

# **Optimização do projecto de processos para produção de protótipos**



*Carlos Miguel da Costa Gomes Fernandes*

## **Dissertação**

Orientador na Edaetech: Engenheiro António Morais

Orientadores na FEUP: Prof. Mário Vaz e Prof. Paulo Tavares de Castro



**FEUP**

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto**

**Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica**

Julho 2010



## **Resumo**

O objectivo final do presente trabalho é a optimização do projecto de processos para a produção dos protótipos de componentes para a indústria automóvel. Visou-se minimizar o tempo gasto com as tarefas que o próprio autor realizou e assim contribuir para aumentar a eficiência da equipa em que se integrou. O caminho escolhido passou pela programação de macros incorporadas no software CAD, agilizando deste modo alguns dos processos.

A idealização dos processos resulta então no desenvolvimento de ferramentas utilizando para o efeito as potencialidades do software CAD – CATIA V5. A aprendizagem das tecnologias envolvidas no processo tornou-se então essencial para desenvolver as actividades.

Para levar a cabo o trabalho o autor integrou-se numa equipa de engenharia onde se concebem e preparam processos produtivos para obtenção de protótipos, normalmente para a indústria automóvel. A tarefa exigiu a adaptação ao meio empresarial e a percepção do funcionamento de uma empresa e suas implicações.



# The optimization of processes for production of prototypes

## **Abstract**

The main objective of this work is the optimization of processes for the production of prototypes for the automotive industry. To achieve this goal, the author developed means to minimize the time spent on the tasks he performed, and was thus able to give a contribution to the efficiency of the engineering team he joined. The path chosen consisted of programming macros embedded in CAD software, streamlining some processes.

The design of the processes then results in the development of tools. For this purpose he used the capabilities of the CAD software CATIA V5. Learning the technologies involved in the processes then becomes essential to develop the work.

This document describes the integration of the author in an engineering team, where he designed and prepared processes to produce prototypes, typically for the automotive industry. The task required the adaptation to the business environment, the perception of the functioning of an enterprise and its implications.



## **Agradecimentos**

Quero agradecer ao Engenheiro António Morais por todos os conhecimentos transmitidos, ideias e reparos, fundamentais para o desenrolar de todas as actividades.

Agradeço à Edaetech, representada pelo seu administrador Eng. Ventura Belinho, por me receber nesta fase importante da formação académica.

Ao Professor Paulo Tavares de Castro pela iniciativa da realização do estágio na Edaetech.

Aos Professores Paulo Tavares de Castro e Mário Vaz, pelo acompanhamento e visitas realizadas durante o estágio, mostrando todo o interesse e preocupação para o sucesso do mesmo.

Ao Alberto Vassalo, Filipe Martins e Jorge Cabral por todo o apoio e ensinamentos transmitidos. Todas as dúvidas e críticas foram de extrema importância para a minha aprendizagem.

Ao Jorge Ferreira pelos esclarecimentos sobre programação, essenciais na resolução de problemas que foram surgindo.

Ao Hélder Amorim, pelo seu importante papel na minha integração na empresa, assim como pelos conhecimentos transmitidos.

A todos os técnicos pelos esclarecimentos prestados acerca das tecnologias e funcionamento da unidade.

À minha família pelo apoio e incentivo, bem como pelo suporte económico necessário para a minha formação.



# Índice de Conteúdos

1	Introdução.....	1
1.1	Apresentação da Empresa.....	1
1.2	Áreas de Negócio.....	2
1.3	Fluxo de Informação.....	4
1.4	Departamento de Engenharia.....	5
2	Tecnologias Envolvidas.....	7
2.1	Software CAD – CATIA V5.....	7
2.2	Corte Laser.....	7
2.2.1	Corte 2D.....	7
2.2.2	Corte 3D.....	9
2.2.3	Vantagens / Desvantagens do Corte Laser.....	10
2.3	Maquinagem.....	11
2.3.1	Equipamento.....	11
2.3.2	Metodologia.....	11
2.4	Estampagem.....	13
2.5	Quinagem.....	13
3	Processos Para Obtenção de Protótipos em Chapa Metálica.....	15
3.1	Idealização de Processos Para Obtenção de Protótipos em Chapa Metálica.....	15
3.2	Projectos Realizados.....	16
3.2.1	PROTOS 697_698.....	16
3.2.2	RH SWITCH SUPPORT PROTOTYPE.....	16
3.2.3	LH SWITCH SUPPORT PROTOTYPE.....	17
3.2.4	MIDDLE HINGE BRACKET.....	17
3.2.5	FILLER HEAD BRACKET.....	18
3.3	Idealização do Processo ‘Filler Head Bracket’.....	18
3.4	Desenvolvimento em CATIA V5 dos Meios Para Produção dos Protótipos.....	23
3.4.1	Ferramentas de Estampagem.....	23
3.4.2	Planificado.....	28
3.4.3	Ferramenta de Quinagem.....	28
3.4.4	Meios de Fixação (Gabarit de Corte Laser).....	29
3.5	Materialização das Ferramentas Modeladas.....	31
3.6	Materialização dos Protótipos.....	34
3.7	Estudo de Embutidura por Etapas.....	40
4	Otimização do Projecto de Processos para Produção de Protótipos.....	45
4.1	CATScript MACRO.....	45

4.1.1	Codificação de Projectos.....	45
4.1.2	Exportação de Ficheiros IGES.....	47
4.1.3	Exportação de Ficheiros PDF .....	49
4.1.4	Criação da Lista de Componentes.....	49
4.1.5	Indexação de Material e de Dimensões do Bloco ao CAD 3D.....	52
4.1.6	Preenchimento de legenda do desenho .....	55
4.2	Análise de Resultados .....	56
4.2.1	Exportação de Ficheiros IGES.....	56
4.2.2	Exportação de Ficheiros PDF .....	56
4.2.3	Criação da Lista de Componentes.....	57
4.2.4	Preenchimento de legenda do desenho .....	58
4.3	Influência das Alterações introduzidas no tempo dispendido a preparar processos .	58
	Competências Adquiridas .....	61
	Conclusões .....	63
	Bibliografia .....	65
	Anexo A – Materiais de Protótipos Produzidos.....	67
	Anexo B – Desenhos de Projectos Realizados.....	69
	Anexo C – Componentes Standard utilizados nos projectos .....	75
	Anexo D – Código de Macros Programadas.....	79

## Glossário

3DXML – Formato leve e universal baseado em XML para partilha fácil e rápida de dados de modelos 3D

Cabeçal – Órgão de uma máquina laser onde se encontra o bico de corte

DXF – *Data Exchange Format*, formato leve e universal CAD 2D

*Gabarit* – Mecanismo de suporte utilizado para garantir a repetibilidade de um processo

IGES – *Initial Graphics Exchange Specification*, formato leve e universal CAD 3D

*Kerf* – Diâmetro de corte do laser

LASER – *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*

Micro-união – Pequena porção de material usada para manter a peça cortada, pontualmente unida ao material base

*Nesting* – Processo de rentabilização de uma chapa, através da criação do melhor *layout* de corte das peças a obter

*Piercing* – Perfuração inicial da chapa para início do corte laser

Planificado – Esboço em chapa plana

PDF – *Portable Document Format*, sistema de troca de informação de documentos 2D



## **Abreviaturas**

<b>ADM</b>	: Administração
<b>COM</b>	: Comercial
<b>COMP</b>	: Compras
<b>ENG</b>	: Engenharia
<b>LOG</b>	: Logística
<b>OPP</b>	: Ordem de Produção
<b>PLN</b>	: Planejamento
<b>QLD</b>	: Qualidade
<b>SIG</b>	: Sistema Integrado de Gestão



# 1 Introdução

## 1.1 Apresentação da Empresa

«A Edaetech – Engenharia e Tecnologia, S.A., foi criada em 2002 com o objectivo de prestar serviços de Engenharia, quer na criação de produtos, quer no desenvolvimento de novas soluções e novos processos de fabricação.

Actua no desenvolvimento, ensaio e fabricação de protótipos e produção de pequenas séries de componentes metálicos, com especial destaque para a Industria Automóvel.

A Edaetech apoia os seus clientes nas fases de concepção, desenvolvimento, industrialização e alteração de produtos, servindo de interface entre as empresas com actividades de concepção e montagem final e os fornecedores de estampagem, ferramentas, etc. Desta forma é impulsionado o desenvolvimento dos produtos com maior rapidez, factor fundamental na economia de custos e no aproveitamento em tempo útil das oportunidades de negócio.»



Figura 1 – Instalações da Edaetech

A empresa conta com 48 colaboradores, distribuidos pelos departamentos de I&D; Comercial; Engenharia; Qualidade; Compras, Produção, Logística e Informática. De entre os colaboradores cerca de 40% estão em funções de escritório, valor justificável devido à grande componente de projecto e conseqüente necessidade de pessoas qualificadas.

A empresa aposta bastante na qualificação do seu pessoal através de formação interna, bem como empregando funcionários que actualmente estudam e adquirem novas competências. A ligação ao ensino é também uma realidade sendo comum a existência de estágios curriculares.

## 1.2 Áreas de Negócio

- Processamento a Laser

Executa trabalhos usando diversos materiais e as mais complexas geometrias 2D e 3D. Para além do corte é possível serem feitos trabalhos de gravação, soldadura e tratamentos térmicos superficiais.

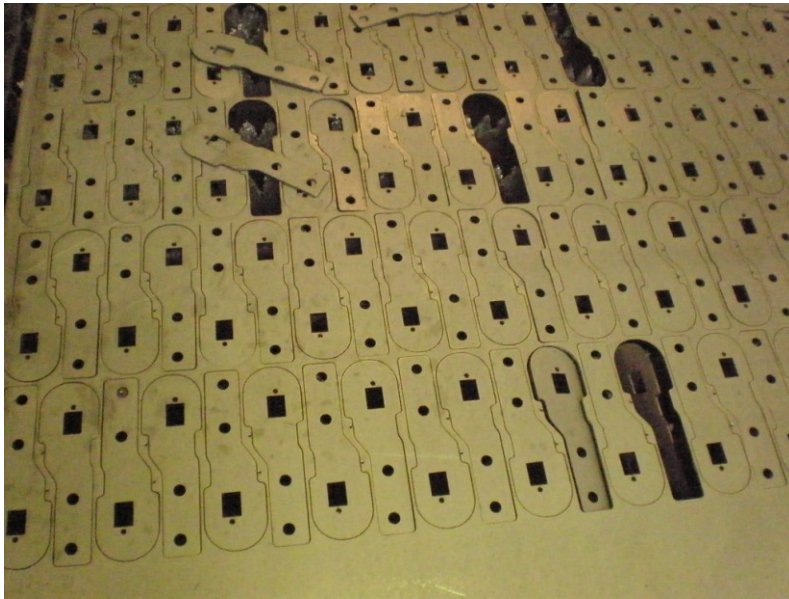


Figura 2 – Processamento a Laser

- Protótipos em Chapa Metálica

A produção de protótipos em chapa metálica representa a maior área de actuação da empresa. A produção é centrada na produção em chapa metálica. O principal cliente é a indústria automóvel através de encomendas de produtos estampados/quinados.



Figura 3 – Eixo de um Automóvel

- Meios de Controlo

Para atestar a qualidade dos seus produtos durante a produção em série, a indústria automóvel necessita de meios de controlo expeditos que validem as especificações geométricas de um produto.

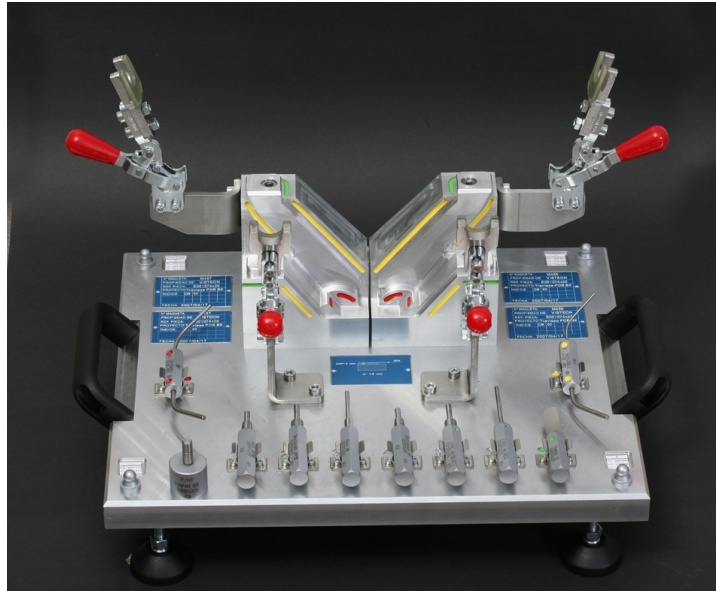


Figura 4 – Meio de Controlo

- Maquinagem

A maquinagem de alta velocidade de 3 e 5 eixos está principalmente vocacionada para a produção de pequenas séries, em diversos materiais (aço temperado, alumínio, inox e titânio), principalmente para a Indústria Automóvel e Aeronáutica.

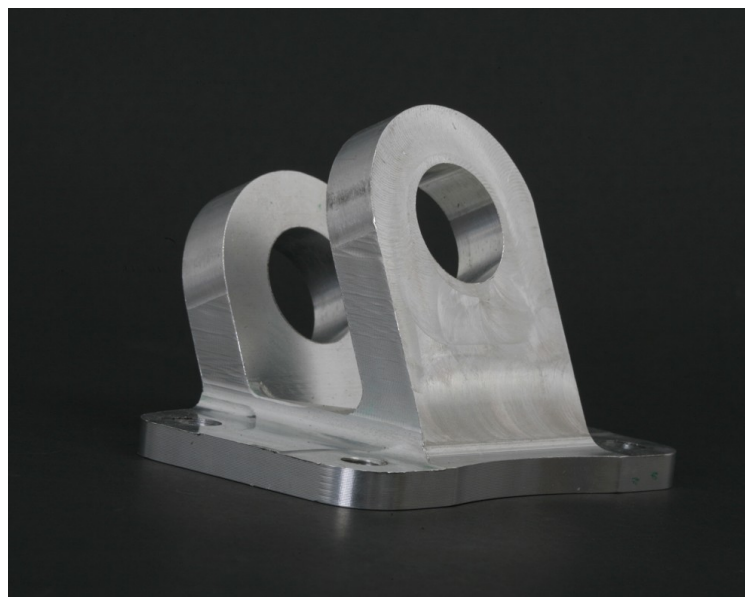


Figura 5 – Componente maquinado em titânio

### 1.3 Fluxo de Informação

As especificações de um novo produto são descritas por um checklist. Este documento contém informações de relevo para prestação de um serviço afecto ao departamento de engenharia (ENG), ou seja, maquinagem, protótipo ou meio de controlo.

Quando o processo/encomenda se refere a processamento laser, o departamento comercial (COM) emite uma Ordem de Produção (OPP) directamente para o departamento de produção (PRD) que se encarrega de todos os procedimentos para execução da encomenda.

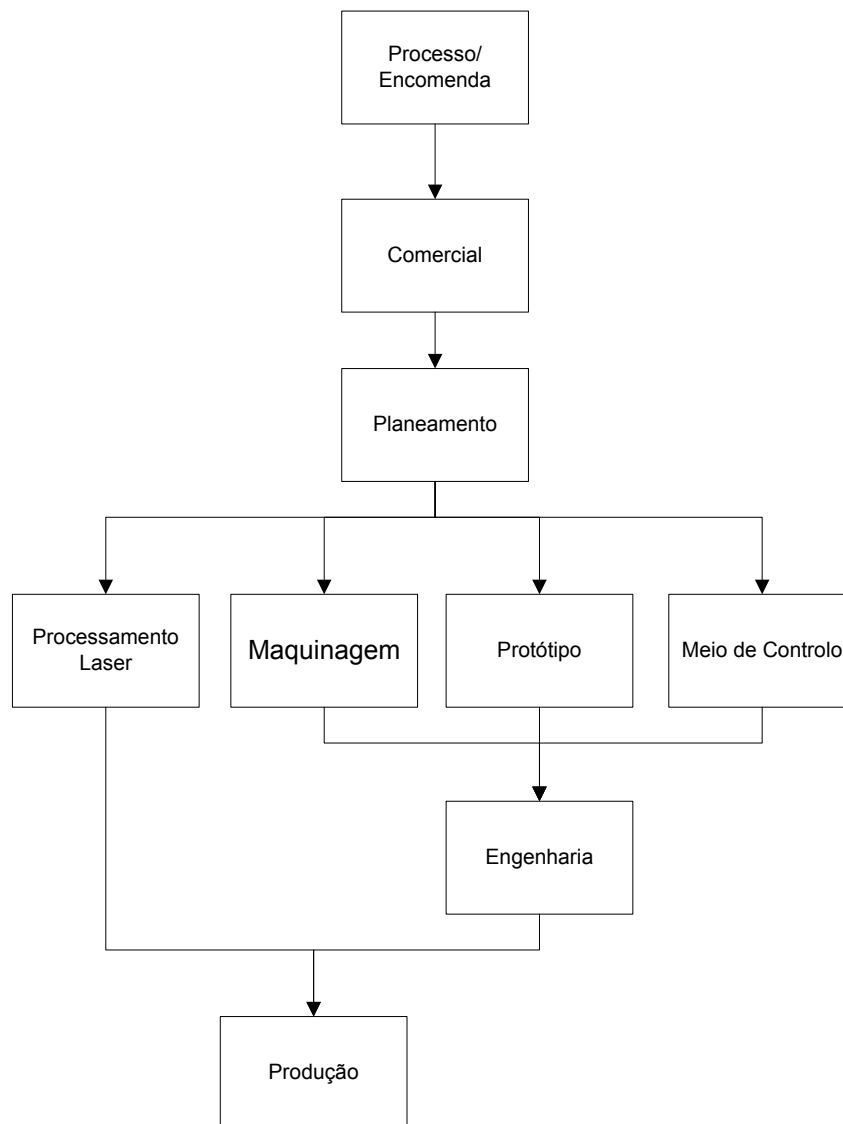


Figura 6 – Fluxo de informação para prestação de um serviço

## 1.4 Departamento de Engenharia

A actividade do departamento de Engenharia é accionada pela entrada de uma nova Ordem de Produção (OPP), no Sistema integrado de Gestão (SIG). Após a recepção da informação referente a um novo serviço a prestar, o ENG faz uma análise de requisitos e idealiza o processo.

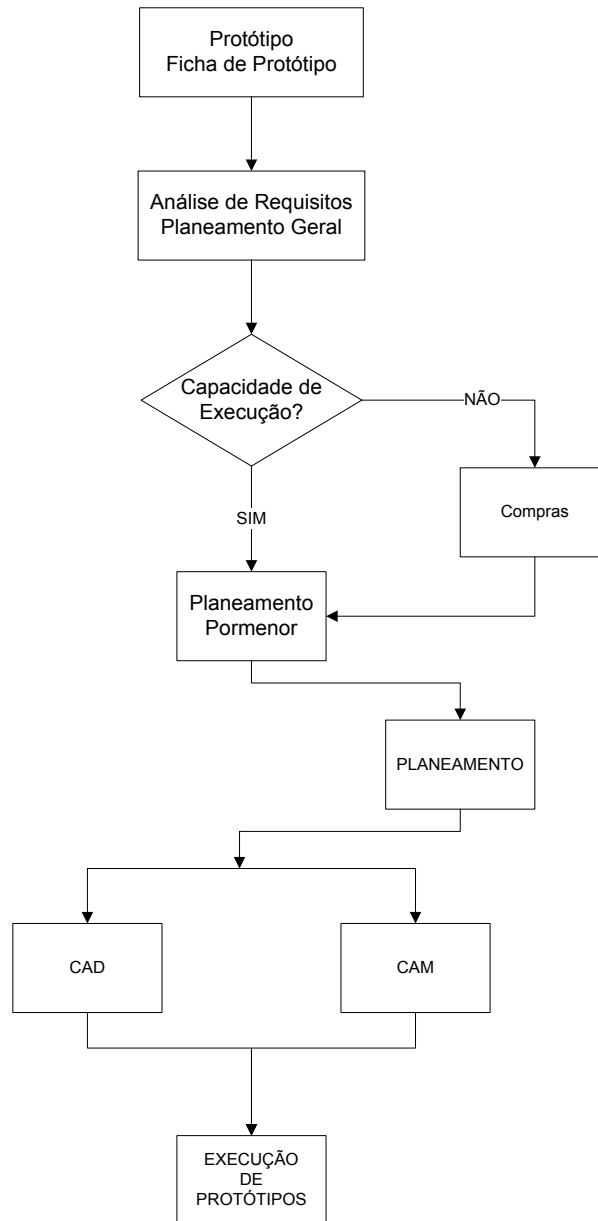


Figura 7 – Fluxograma de Procedimento do ENG



## 2 Tecnologias Envolvidas

### 2.1 Software CAD – CATIA V5

O CATIA V5 é um evoluído software CAD 3D largamente aplicado na indústria automóvel e aeronáutica.

Deste modo torna-se uma ferramenta indispensável para a concepção e desenvolvimento dos projectos propostos ao ENG. O CATIA V5 possui um conjunto de ferramentas que permitem a criação de modelos que posteriormente são processados pelas diversas tecnologias existentes na empresa.

### 2.2 Corte Laser

A tecnologia de corte laser é fundamental no desenrolar das actividades da EDAETECH, actualmente o processo depende essencialmente da flexibilidade desta tecnologia. A fabricação de protótipos (Corte 3D) e de componentes em chapa metálica (Corte 2D) são baseados nesta tecnologia.

#### 2.2.1 Corte 2D

##### 2.2.1.1 Equipamento

No que respeita a equipamento de processamento laser 2D, neste momento a Edaetech conta com uma unidade (figura 8), a qual possui armazém de alimentação automática de chapas.



Figura 8 – Laser CNC 2D Adira CCL 3015

##### 2.2.1.2 Metodologia

Para definição de uma geometria de corte 2D é usado o *software Lantek Expert CAM* que usa como *input*, ficheiros DXF obtidos no software de CAD. Este ficheiro é então importado para o software de programação para selecção do contorno e definição de parâmetros de corte.

Após ser programado o contorno da peça, é feito o *nesting*, ou seja, a distribuição das peças a produzir numa chapa para aproveitar da melhor forma a matéria-prima.

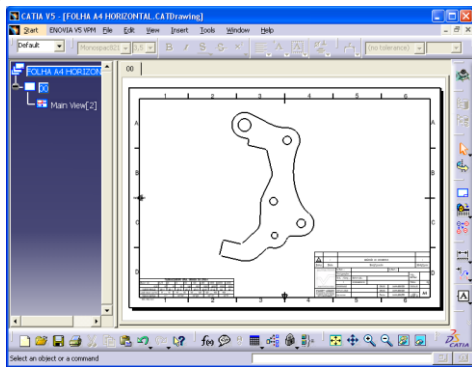


Figura 9 – Desenho CAD

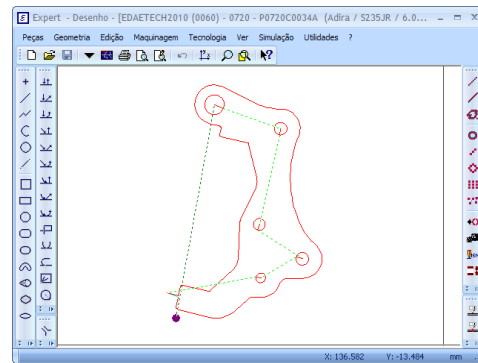


Figura 10 – Programação do Contorno - Lantek

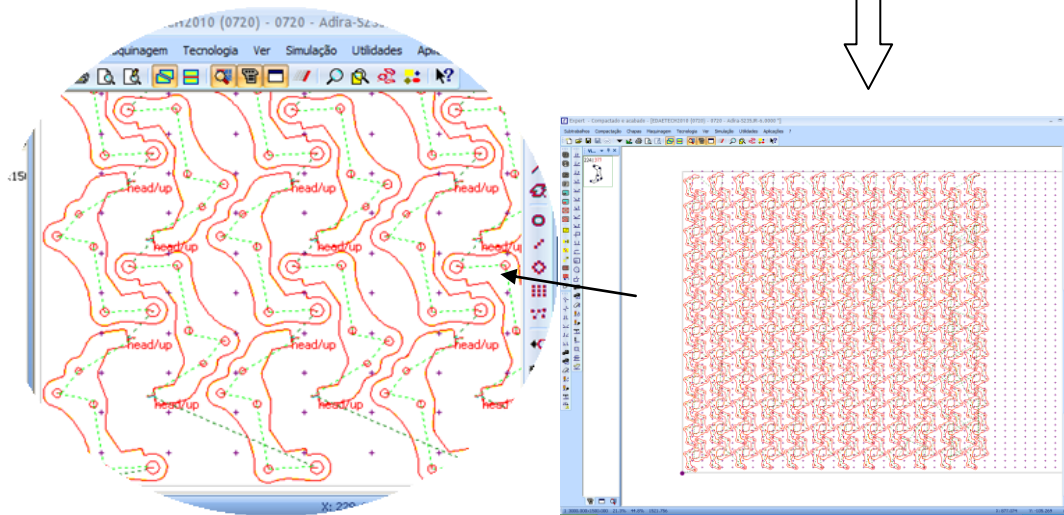


Figura 11 – Nesting da peça numa chapa – Lantek Expert CAM



Figura 12 – Componente instalado na moto

## 2.2.2 Corte 3D

### 2.2.2.1 Equipamento

O corte laser 3D é assegurado por uma unidade Trumpf LASERCELL 1005, possui 5 eixos, sendo possível desta forma a obtenção de formas complexas sem pôr em causa a velocidade e a qualidade de corte obtida.



Figura 13 – Laser CNC 3D 5 eixos Trumpf LASERCELL 1005

### 2.2.2.2 Metodologia

Para programar o corte 3D é necessário utilizar modelos IGES da peça a cortar e do *gabarit* de fixação utilizado para o corte. Estes servem de *input* no software de programação do corte 3D: TOP'S 800. O modelo IGES da peça contém os contornos e define o caminho do corte a realizar. Por outro lado o modelo do *gabarit* serve para simular a inexistência de colisões. Para além disso serve para definir o zero do programa.

O programador define os parâmetros do laser, assim como os movimentos do cabeçal. Questões relacionadas com correcções de geometria de corte normalmente são definidas como variáveis alteráveis pelo utilizador da máquina, para deste modo poderem ser feitos pequenos ajustes no programa pelo operador da máquina sem necessidade de intervenção do programador.

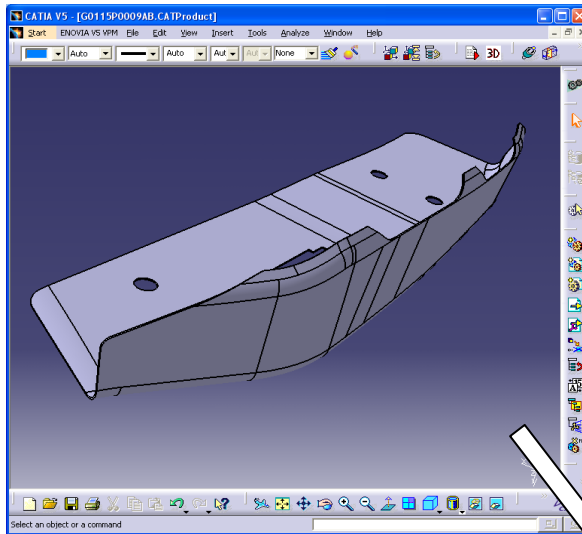


Figura 14 – Modelo CAD – CATIA V5

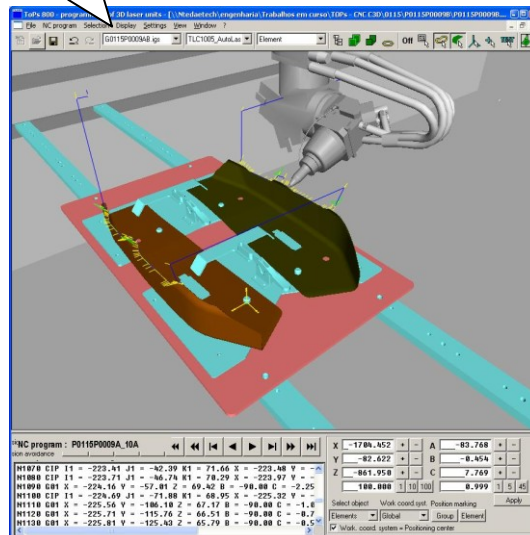


Figura 15 – Programação Laser 3D – TOP's 800

### 2.2.3 Vantagens / Desvantagens do Corte Laser

#### Vantagens

- Obtenção da peça sem contacto ou força;
- Flexibilidade na criação/alteração de qualquer geometria, sem necessidade de recorrer a mudança de ferramentas;
- Separação precisa. O *kerf* mantém-se virtualmente constante e com valores muito pequenos;
- Velocidade de corte elevada;
- Devido à elevada densidade de energia e pequena dimensão do feixe laser, a zona afectada pelo calor é pequena, logo as distorções são mínimas;
- A rugosidade nas superfícies de corte é pequena, evitando operações de acabamento;

- Os aços de uso mais corrente podem ser cortados sem a formação de nenhuma rebarba;
- Flexibilidade de parâmetros para uma ampla gama de materiais;
- Substituição dos cortantes das ferramentas de estampagem, permitindo tolerâncias mais apertadas;
- Processo não dependente das durezas dos materiais;
- Processo altamente vantajoso em pequenas séries.

#### Desvantagens

- Necessidade de *setup* cuidado e demorado ao equipamento;
- Resultados pouco satisfatórios no corte de furos com diâmetro inferior à espessura;
- Necessidade de rebarbar/limar zona de piercing;
- Para espessuras elevadas, rugosidade indesejável;

## 2.3 Maquinagem

A tecnologia da maquinagem representa um importante papel na criação de protótipos e meios de controlo. Esta é usada principalmente para a criação de ferramentas de estampagem, *gabarit* de fixação para corte laser 3D e componentes de meios de controlo.

### 2.3.1 Equipamento



Figura 16 – MAZAK Variaxis 630 – 5x



Figura 17 – MAZAK VTC

### 2.3.2 Metodologia

O ENG procede à exportação de ficheiros IGES dos componentes que se pretende maquinar. O programador de maquinagem importa então os ficheiros para o *software PowerMill*. Uma vez importado o ficheiro, são definidos parâmetros como velocidade corte, velocidade de avanço e ferramentas. Após gerado o programa este é descarregado na máquina que deste modo executa a maquinagem pretendida. Para tal é necessário o conveniente *setup* do equipamento.

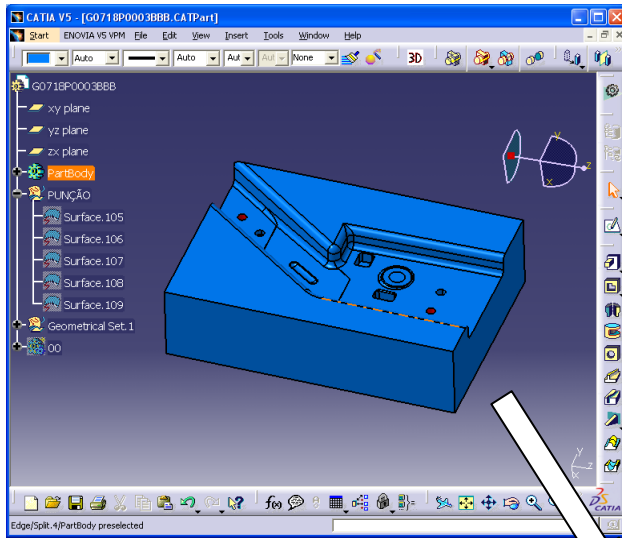


Figura 18 – Modelação de Ferramenta – CATIA V5

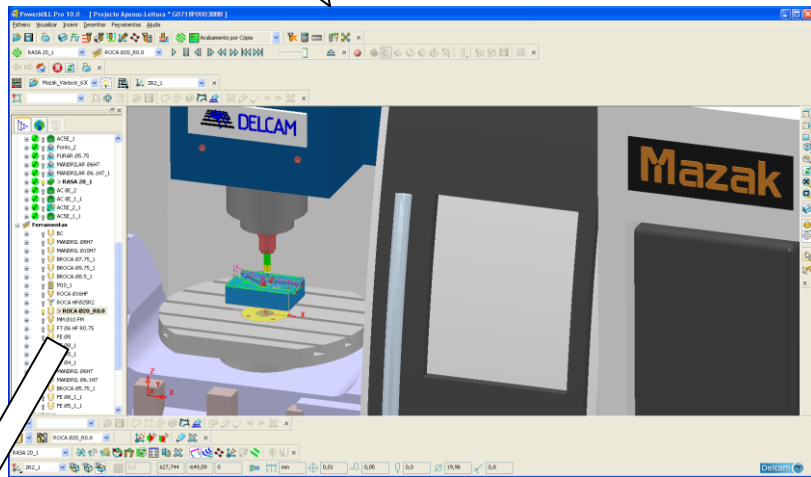


Figura 19 – Programação de Maquinagem – PowerMill



Figura 20 – Maquinagem CNC

## **2.4 Estampagem**

Esta tecnologia é utilizada para a obtenção dos protótipos em chapa metálica. A Edaetech conta com uma prensa hidráulica de duplo efeito de 300 toneladas de capacidade de carga (figura 21). Com esta unidade é possível a execução de embutidura, cunhagem e estampagem. A estampagem engloba três variantes possíveis de execução: simples efeito, duplo efeito e triplo efeito. O simples efeito representa o movimento principal do hidráulico da máquina. O duplo efeito é accionado pelas agulhas/varetas na mesa inferior e quando necessário para o triplo efeito recorre-se à montagem de molas técnicas nas ferramentas.



**Figura 21 – Prensa Hidráulica ADIRA**

## **2.5 Quinagem**

A quinagem é utilizada essencialmente de duas formas no processo produtivo da Edaetech, através das ferramentas e acessórios de quinagem *standard* ou através de ferramentas desenvolvidas para criação de dobragens com formas geométricas não convencionais.



**Figura 22 – Quinadora ADIRA**



### 3 Processos Para Obtenção de Protótipos em Chapa Metálica

A obtenção de peças estampadas é usualmente materializada em duas formas:

As grandes séries usam ferramentas complexas dedicadas que permitem grandes cadências de produção. A obtenção do produto recorrendo a estas ferramentas é muitas das vezes realizado num só posto de trabalho.

Os protótipos e pequenas séries usam ferramentas mais económicas, uma vez que não necessitam de elevadas cadências e ciclos produtivos. Neste tipo de produção opta-se pela criação de ferramentas específicas para cada operação, podendo ser complementadas com outras operações que facilitem e completem o processo tal como corte laser, quinagem e maquinagem.

#### 3.1 Idealização de Processos Para Obtenção de Protótipos em Chapa Metálica

A tarefa de idealização de um processo exige a aquisição de uma enorme sensibilidade acerca das tecnologias utilizadas, assim como do comportamento dos materiais ao serem trabalhados por estas tecnologias.

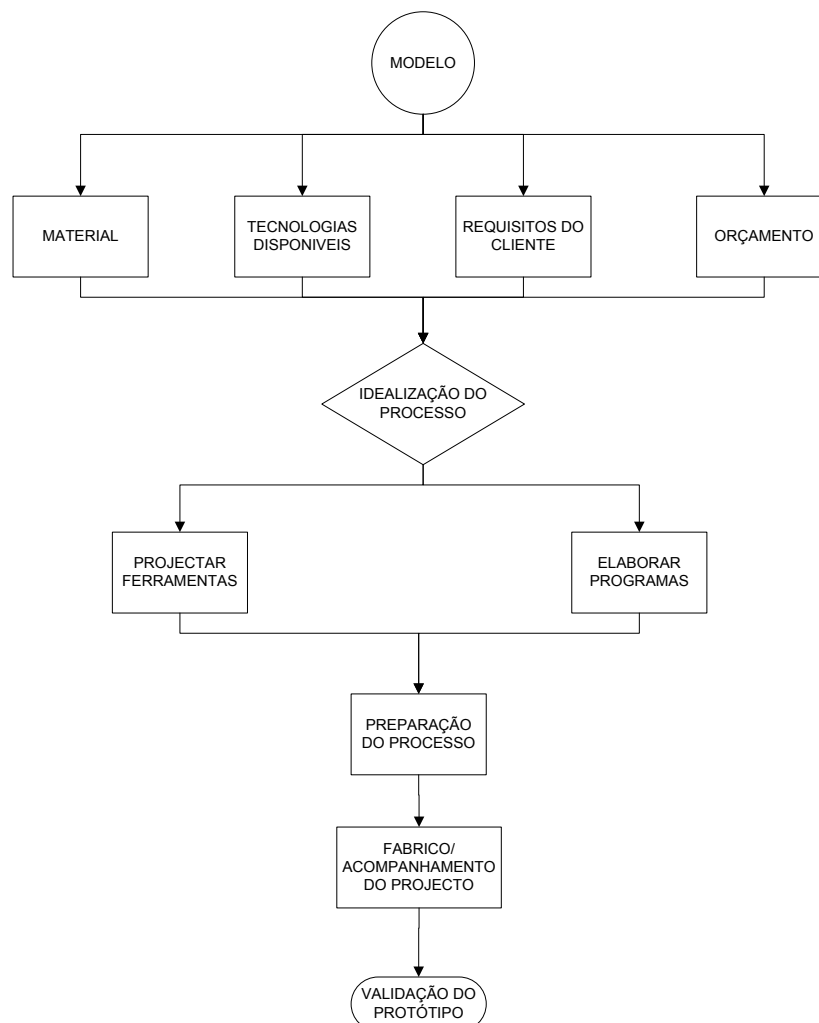


Figura 23 – Procedimento de idealização e desenvolvimento de um processo para obtenção de um protótipo

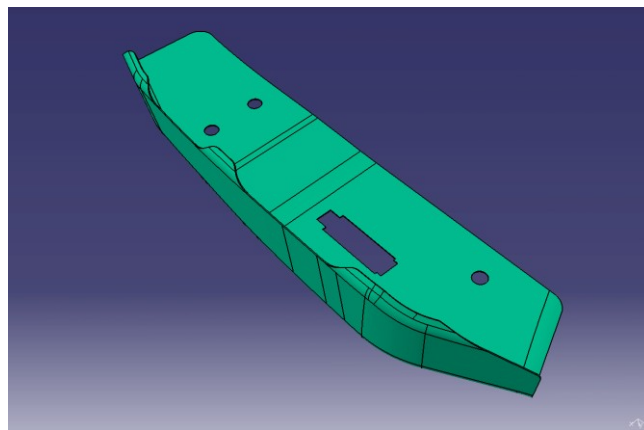
A idealização de um processo de obtenção de protótipos resulta de uma análise dos factores económicos e tecnológicos e sua manipulação, de encontro ao cumprimento dos requisitos e especificações do produto.

### **3.2 Projectos Realizados**

Ao longo do estágio foram realizados vários projectos, com ordem crescente de complexidade mas com uma série de tarefas comuns. As tarefas incorporam a modelação de ferramentas, realização de desenhos, elaboração de planos de controlo dimensional e o acompanhamento do projecto na fase de execução.

#### **3.2.1 PROTOS 697\_698**

Projecto de processamento laser 3D, tendo como objectivo cortar um excedente do protótipo fornecido pelo cliente (figura 24).



**Figura 24 – Protos 697\_698**

**Tabela 1 – Características “Protos 697\_698”**

Material	Aço DX51 X e=0.9 mm
Peso	658 g

#### **3.2.2 RH SWITCH SUPPORT PROTOTYPE**

A particularidade deste protótipo é ter sido obtido recorrendo apenas a operações de quinagem para conformar o protótipo, sendo o corte processado no CNC laser tridimensional. Neste projecto é ainda aplicada a tecnologia de soldadura TIG (figura 25).

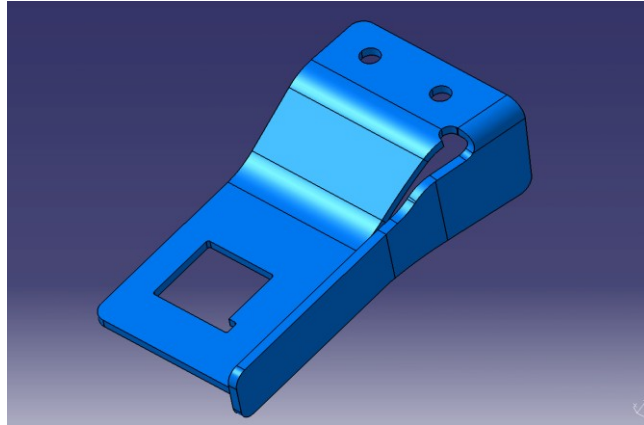


Figura 25 – RH Switch Support Prototype

Tabela 2 – Características “RH Switch Support Prototype”

Funcionalidade	Suporte Interruptor
Material	Aço QSTE 380 e=1.5 mm
Peso	58 g

### 3.2.3 LH SWITCH SUPPORT PROTOTYPE

A obtenção do protótipo utiliza a combinação de estampagem seguida de quinagem para obtenção de abas a 90 °. Os furos e a cavidade são processados a laser. Neste projecto é ainda aplicada a tecnologia de soldadura TIG (figura 26).

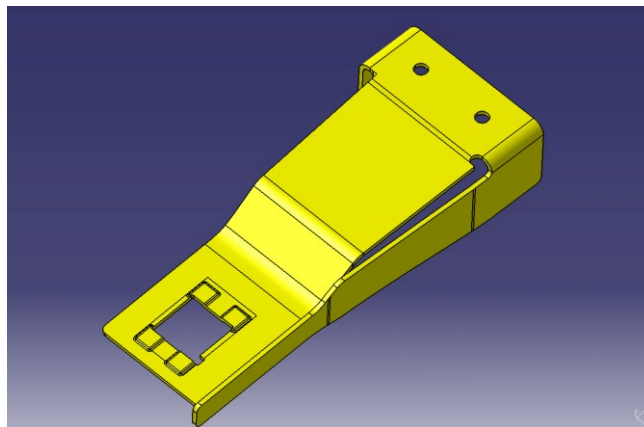


Figura 26 – LH Switch Support Prototype

Tabela 3 – Características “LH Switch Support Prototype”

Funcionalidade	Suporte Interruptor
Material	Aço QSTE 380 e=2 mm
Peso	91 g

### 3.2.4 MIDDLE HINGE BRACKET

Protótipo obtido por estampagem em duas fases. Incorpora a extrusão de uma gola (figura 27).

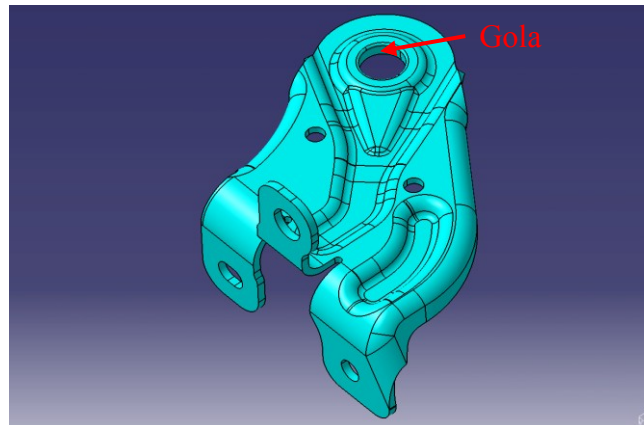


Figura 27 – Middle Hinge Bracket e pormenor da gola

Tabela 4 – Características “Middle Hinge Bracket”

Funcionalidade	Suporte Travão Mão
Material	Aço S355 MC e=3.5 mm
Peso	461 g

### 3.2.5 FILLER HEAD BRACKET

A obtenção deste protótipo necessitou de 2 etapas de estampagem e corte. Além destas possui quinagem com nervuras. A descrição deste processo é feita de forma pormenorizada no tópico seguinte (figura 28).

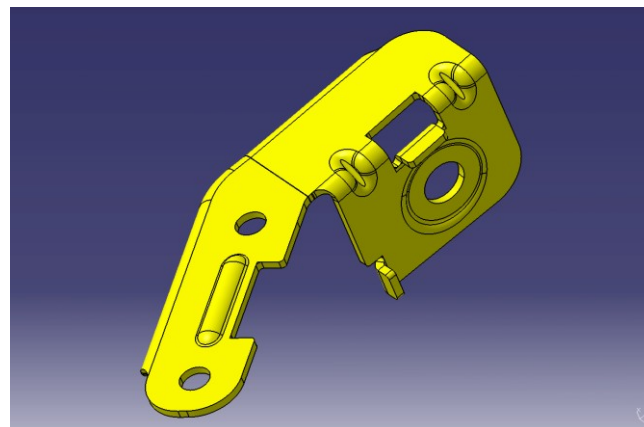


Figura 28 – Filler Head Bracket

Tabela 5 – Características “Filler Head Bracket”

Funcionalidade	Componente Para Depósito de Automóvel
Material	Aço DC 01 e=2 mm
Peso	71 g

### 3.3 Idealização do Processo ‘Filler Head Bracket’

De entre os diversos projectos desenvolvidos seleccionou-se para análise pormenorizada o projecto ‘Filler Head Bracket’ por ser necessário para a sua obtenção a abordagem de todas as tecnologias apresentadas nos capítulos anteriores.

Para a idealização do processo de obtenção do protótipo ‘*Filler Head Bracket*’, analisou-se as seguintes variáveis relevantes:

- Material

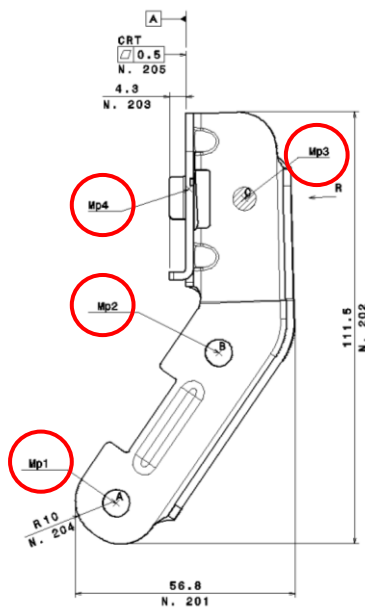
A peça será realizada em Aço DC 01, espessura de 2mm, composição química e propriedades mecânicas no Anexo A. De notar que estamos na presença de um aço bastante macio, facilmente conformável.

- Tecnologias Disponíveis

Tal como anteriormente mencionado deveremos idealizar um processo produtivo recorrendo às Tecnologias existentes na própria unidade fabril: Corte Laser, Estampagem, Quinagem e Maquinagem.

- Requisitos do Cliente

A análise do desenho 2D do protótipo Anexo A – Desenho “P0718P0003B”, permite definir quais os aspectos mais relevantes para a definição do processo. Para o caso em estudo de realçar: tolerância de posicionamento dos furos (figura 29); diâmetro dos furos (figura 30) e planeza de face funcional (figura 31).



REF.	Coordenas Globais			Tipo de Montagem	Tolerâncias			
	X	Y	Z		AE x/a	AE y/b	AE z/c	
N. 1001	Mp1	2828,9	790,7	551,8	Furo	-	-	-
/CS/ N. 1002	Mp2	2826,5	763,3	589,9	Plano	-	±0.5	-
N. 1003	Mp3	2829,2	755,5	629,4	Plano	-	-	-
/CS/ N. 1004	Mp4	2808,1	770,9	632,5	Plano	±1	±0.5	±0.5

Figura 29 – Tolerâncias de posicionamento dos furos “*Filler Head Bracket*”

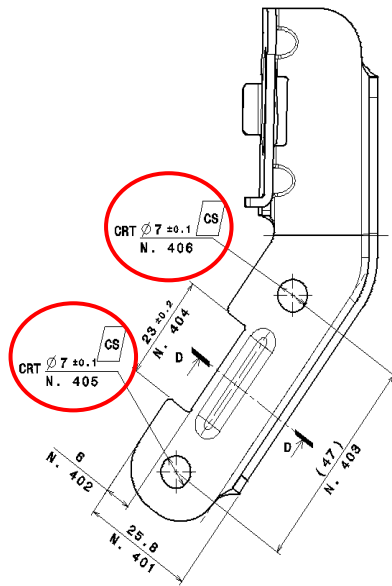


Figura 30 – Tolerância dos furos “Filler Head Bracket”

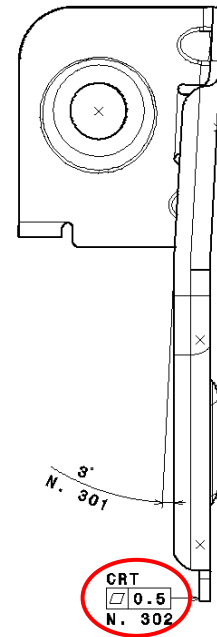


Figura 31 – Tolerância de planeza “Filler Head Bracket”

- Orçamento

Todos os protótipos fabricados são alvo de orçamentação por parte do departamento comercial. O orçamento define o nº de horas que o departamento de Engenharia dispõe para a concepção e desenvolvimento do processo assim como a quantidade de material prevista para o fabrico de ferramentas e do próprio protótipo.

Neste caso para fabrico de ferramentas está previsto: Estampagem – 20 kg de Aço W Nr. 1.1191; Gabarit de Corte Laser – 7 kg de Alumínio 5083.

- Idealização

Neste ponto procedemos à análise das características geométricas da peça e dissociação das etapas produtivas por características identificadas.

A existência de nervuras na peça numa zona dobrada implica a utilização de uma ferramenta específica de quinagem. Nesta existirá uma matriz e um punção, que formam o ângulo de dobragem e as nervuras na mesma operação.

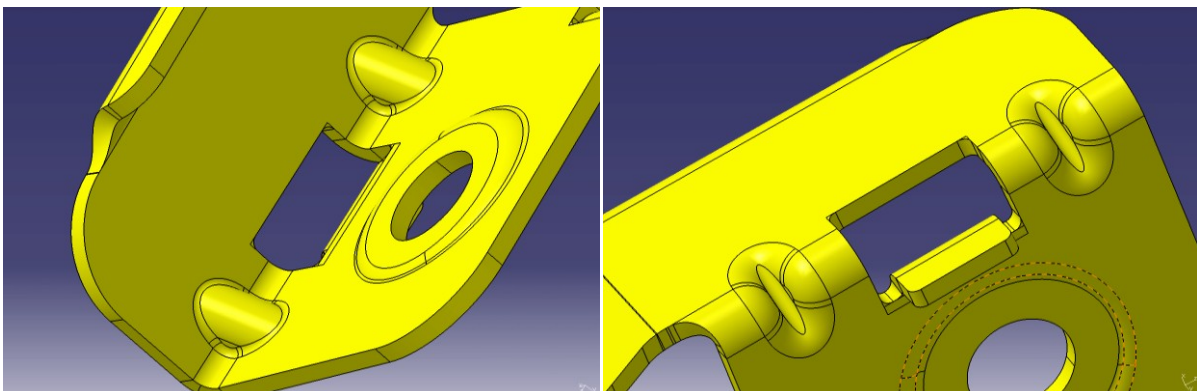
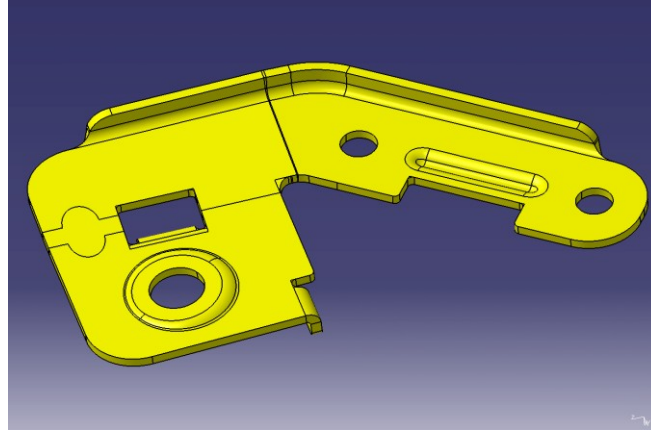


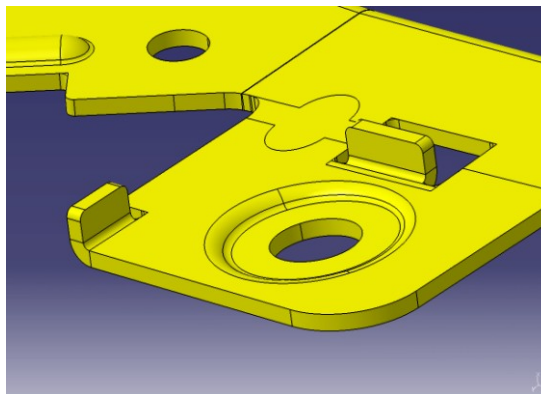
Figura 32 – Pormenor das nervuras existentes no ‘Filler Head Bracket’

Considerando o facto de que a quinagem com nervuras ter de se efectuar numa operação isolada, procede-se então ao desdobramento da peça pela zona quinada, obtendo então um “intermédio”, figura 33.



**Figura 33 – Intermédio ‘Filler Head Bracket’**

Reparemos nas duas abas e furos existentes no protótipo, figura 34.



**Figura 34 – Pormenor de abas no intermédio do ‘Filler Head Bracket’**

Para evitar a introdução de empenos pela realização de tarefas posteriores ao Corte Laser 3D, os furos deverão ser a última operação a ser realizada, pois são exigidas tolerâncias de posicionamento apertadas entre os mesmos.

Por outro lado as abas têm de ter uma altura específica (figura 35), implicando uma dimensão antes de dobragem calculada pela planificação da linha média das abas dobradas. Se eventualmente a sua dobragem ocorresse na primeira estampagem estaríamos sujeitos ao deslocamento e recuperação elástica do material, difíceis de prever, incorrendo em desvios que invalidam o processo.

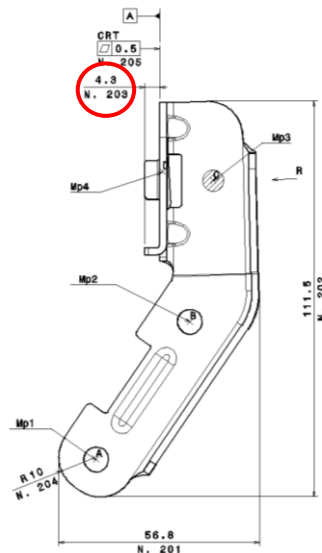


Figura 35 – Cota da altura das abas do “Filler Head Bracket”

Deste modo será conveniente a obtenção de um intermédio no qual a peça não terá abas nem furos (figura 36).

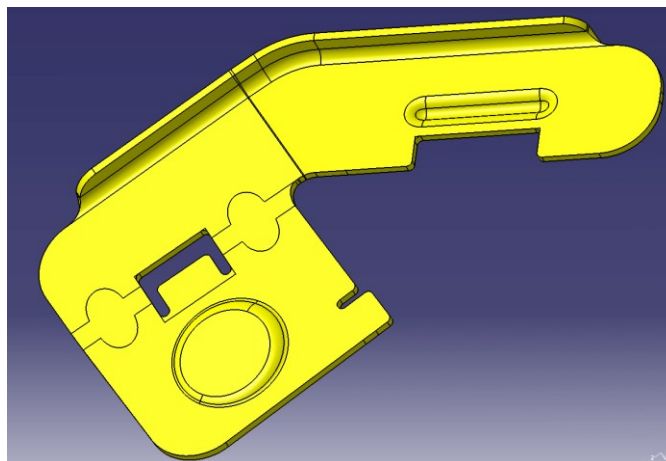


Figura 36 – Intermédio ‘Filler Head Bracket’

Compilemos agora a sequência pela qual as operações deverão ser executadas:

1. Corte de Planificado
2. Estampagem (comformação das formas da peça rebatida – Figura 36)
3. Corte 3D (só contorno e abas a dobrar – Figura 36)
4. Estampagem (dobragem das duas abas – Figura 34)
5. Quinagem (dobragem da aba com nervuras – Figura 32)
6. Corte 3D (corte dos furos com posicionamentos apertados – Figura 28)
7. Metrologia (validação dimensional da peça)

Neste ponto estaremos em condições de iniciar a modelação das ferramentas que permitem a obtenção dos diferentes estágios anteriormente descritos – ver capítulo 3.2.

### 3.4 Desenvolvimento em CATIA V5 dos Meios Para Produção dos Protótipos

A utilização do software CAD3D permite a redução do número de documentos necessários para a partilha de informação entre postos de trabalho.

Para além das geometrias definidas nos modelos dos componentes das ferramentas, também são definidas as exigências funcionais/dimensionais identificando as superfícies de acordo com um código de cores pré estabelecido.

#### 3.4.1 Ferramentas de Estampagem

A ferramenta de estampagem será constituída em termos genéricos por uma matriz e um punção. As geometrias da ferramenta (punção+matriz) são geradas em parte por cópia e prolongamento das superfícies do modelo da peça a obter. Além disso é preciso ter em consideração os aspectos construtivos e funcionais da ferramenta.

Para assegurar que durante a estampagem o material está devidamente equilibrado segundo linhas de eixo visíveis na figura 37 e 38, a ferramenta será simétrica segundo estes eixos. De outro modo haveria escoamento do material em direcções indesejadas. Por outro lado este pormenor proporciona o próprio equilíbrio da ferramenta.

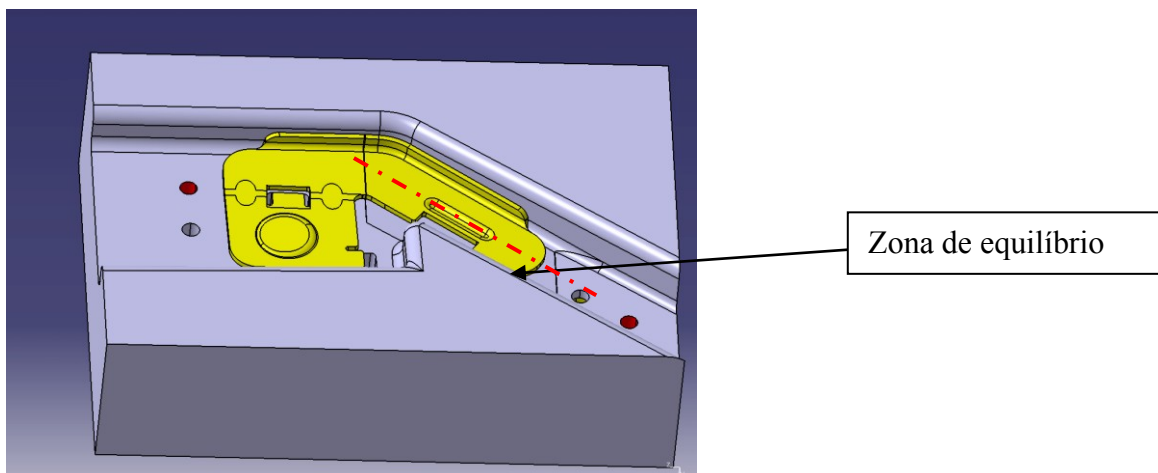


Figura 37 – Pormenor de zonas de equilíbrio para a matriz de estampagem

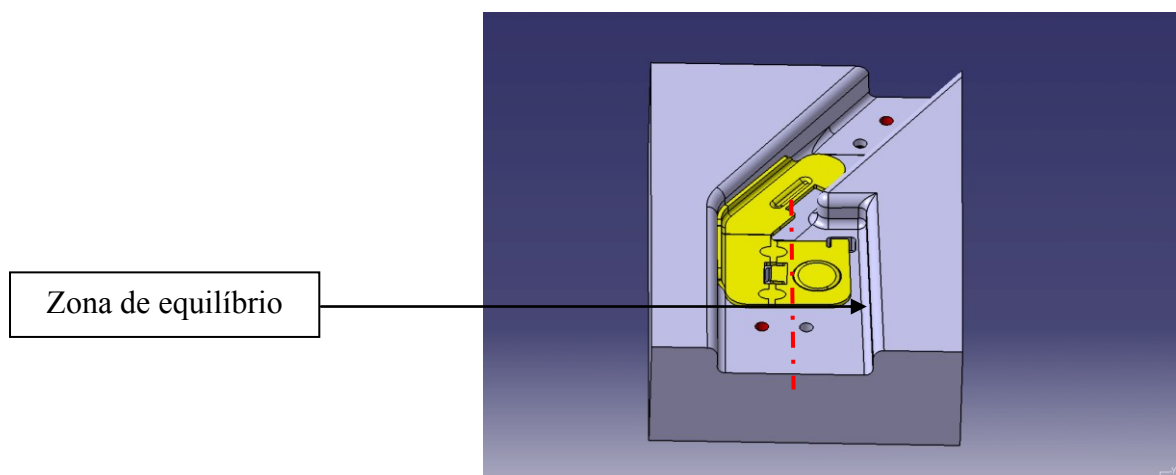
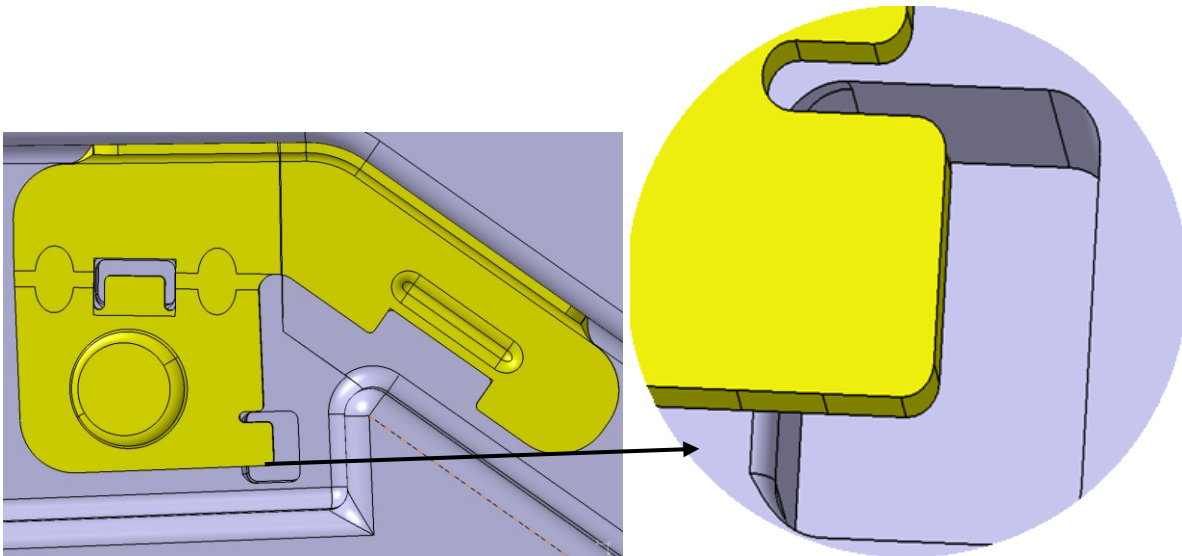
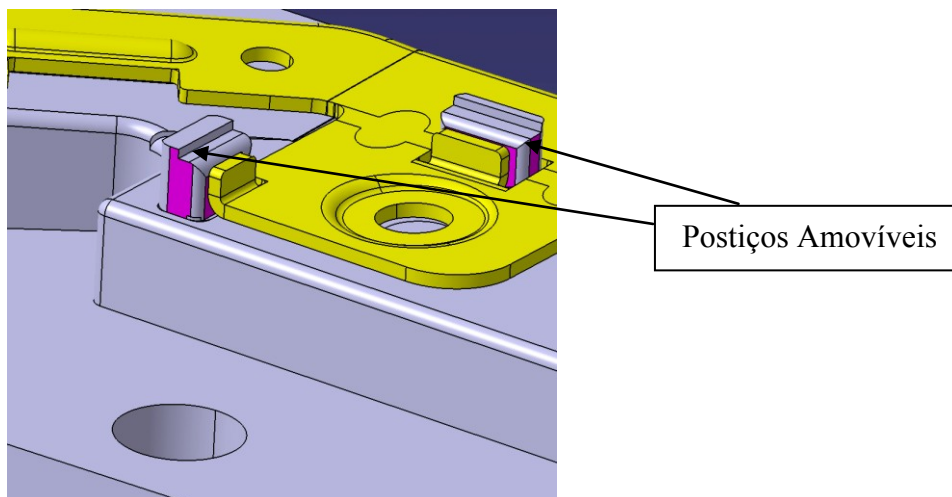


Figura 38 – Pormenor de zonas de equilíbrio para a matriz de estampagem

Como foi possível verificar na idealização do processo, será necessário a dobragem de duas abas. Para tal foram criadas duas caixas que permitam a sua execução. Estas caixas serão necessárias após a obtenção da peça estampada sem as abas. Isto consegue-se usando para o efeito dois posições removíveis no punção da ferramenta de estampagem, figura 39.



**Figura 39 – Pormenor caixas para estampagem das abas**



**Figura 40 – Pormenor dos posições montados no punção para execução das abas**

Para permitir que a peça seja guiada na ferramenta sem impedir o escoamento do material durante a estampagem foram adicionados apêndices. Estes apêndices possuem dois furos oblongos que permitem montagem nas cavilhas introduzidas na matriz (figura 41).

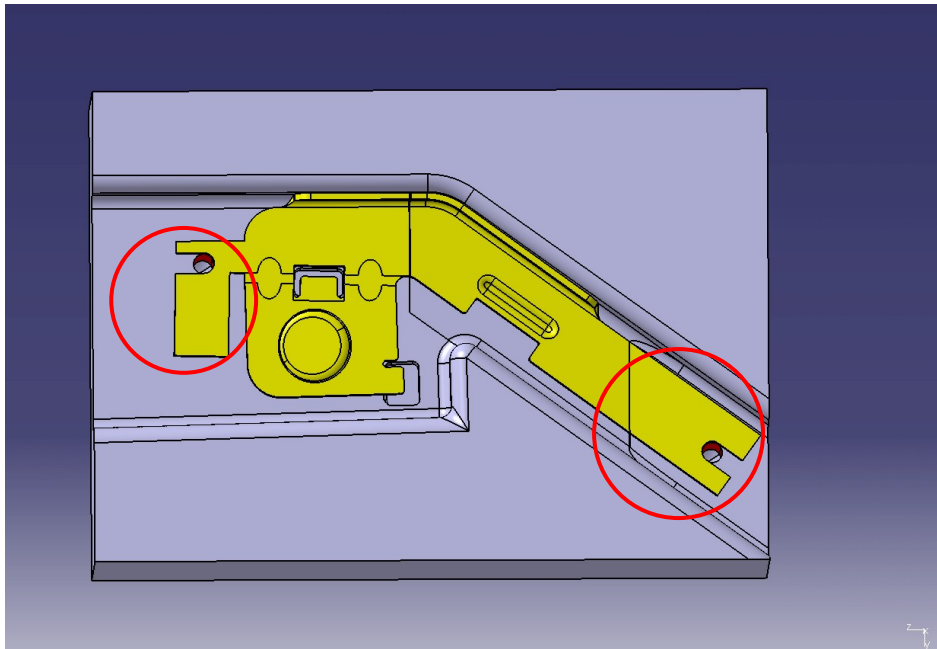


Figura 41 – Apêndices adicionados para posicionamento

Na região dos apêndices existe a necessidade de introduzir punções de corte para permitir a execução de dois furos que são usados para posterior posicionamento da peça no *gabarit* de corte laser.

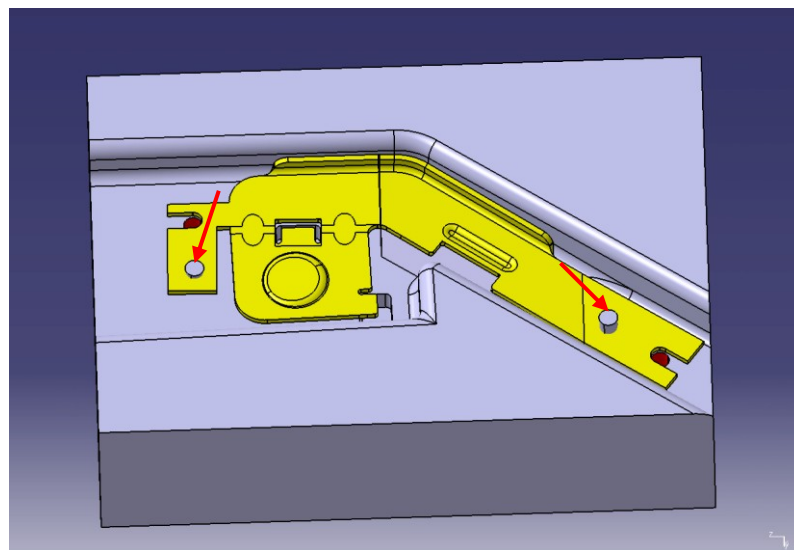


Figura 42 – Punções de corte a perfurar protótipo

Nesta fase é necessário saber como será materializada a fixação e funcionamento da ferramenta na prensa. A Edaetech possui uma biblioteca de modelos CAD dos componentes *standard* pertencentes a cada máquina. Isto permite importar para a modelação estes componentes e verificar qual o mais adequado para a função pretendida.

Dadas as dimensões da ferramenta a escolha recaiu por um porta-ferramentas *standard* de 350x400 mm, figura 43.

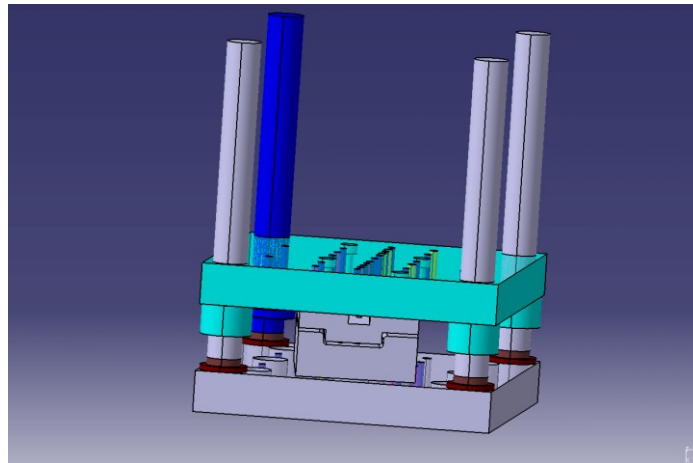


Figura 43 – Simulação da montagem da ferramenta no porta-ferramentas 350x400 mm

Após escolhido o porta-ferramenta podemos então definir a orientação da ferramenta para obter a funcionalidade desejada. No caso em análise era necessário accionamento dos punções de corte, pelo que as agulhas da prensa deverão coincidir com a zona de accionamento da ferramenta, figura 44.

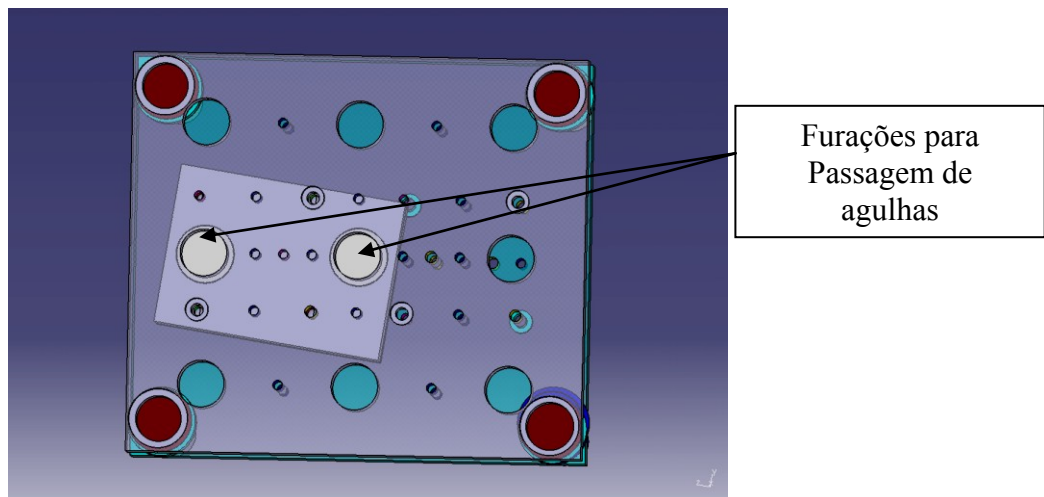


Figura 44 – Posição das agulhas da prensa no porta-ferramentas

Uma vez determinada a orientação pretendida para a ferramenta, ficam definidas as furações para posicionamento (cavilhas) e roscagem da ferramenta de estampagem ao porta-ferramenta.

Olhemos então agora para a forma como serão accionados os punções de corte. A ferramenta foi posicionada de tal modo que após a descida do punção de estampagem, duas agulhas são accionadas pelo duplo efeito da prensa fazendo cada punção de corte actuar no protótipo e deste modo executar os furos. Após a execução do furo as agulhas descem e o punção é extraído do furo através da força das molas montadas para o efeito (ver figura 45).

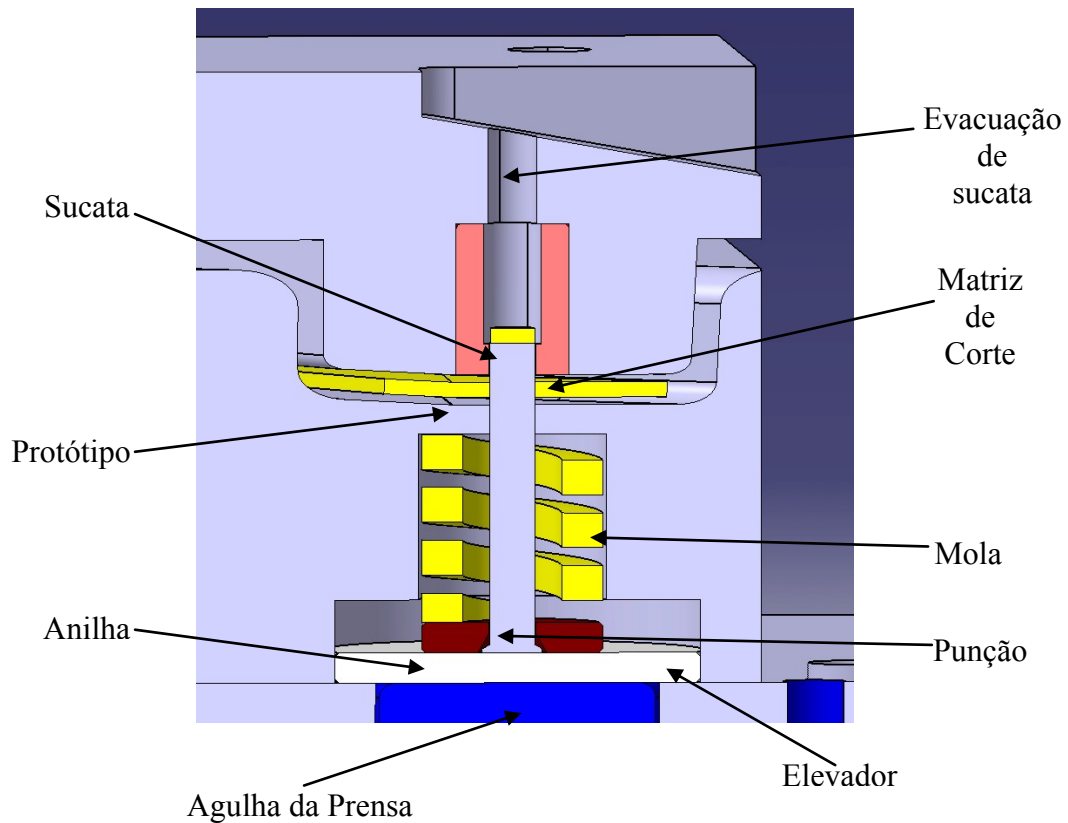


Figura 45 – Mecanismo de accionamento do punção de corte

Para se obter um furo com qualidade, que permita um fácil posicionamento nas cavilhas, a folga entre o punção e a matriz deverá ser correctamente definida.

«Uma folga demasiado pequena, provoca um aumento considerável da taxa de desgaste das ferramentas, enquanto que uma folga excessiva provoca um “arqueado”, um ângulo de ruptura e uma rebarba demasiado marcadas, ou seja uma má qualidade do produto.» [6]

Deste modo é proposto o seguinte ábaco para determinação da folga entre matriz e punção de corte

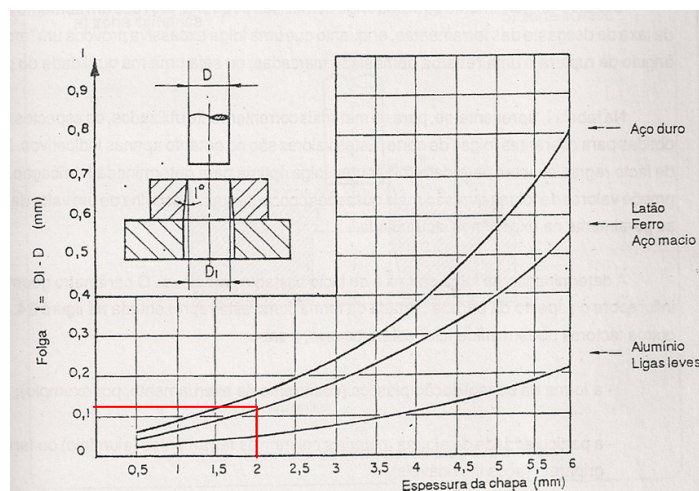


Figura 46 – Gráfico para determinar a folga entre punção e a matriz [6]

Optou-se por um punção Ø6.1 mm e a matriz Ø6.3 mm, especificações no Anexo C.

### 3.4.2 Planificado

A definição do planificado é o ponto de partida para obtenção do produto. A aplicação do corte laser 3D no processo de obtenção do protótipo, facilita a tarefa de definição do planificado, pois todo o excedente de material é facilmente removido.

«O cálculo analítico é facilmente aplicável a peças ocas de formas geométricas regulares ou de secção circular. Para as peças complexas e irregulares, nem sempre se pode efectuar um cálculo analítico aproximado. Recorre-se nestes casos a métodos experimentais que consistem em cortar um primeiro esboço sobredimensionado realizando-se um primeiro embutido.» [6]

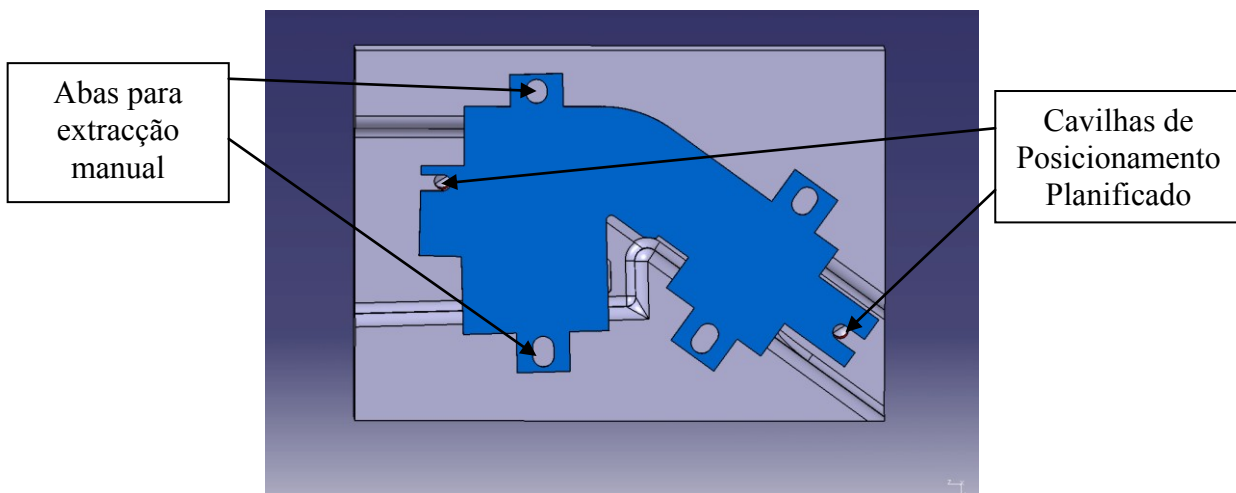


Figura 47 – Definição do planificado após modelação de ferramenta de estampagem

O planificado deve possuir mecanismos de posicionamento na ferramenta, neste caso optou-se pelo posicionamento através de cavilhas. Estas cavilhas asseguram que a estampagem ocorre na zona idealizada e evita que haja escoamento de material para zonas indesejadas. Foram ainda incorporados mecanismos de extracção do estampado da ferramenta, isto consegue-se através de quatro abas com 4 furos oblongos, figura 47.

### 3.4.3 Ferramenta de Quinagem

Devido à geometria das nervuras na zona dobrada da peça foi então necessário desenvolver uma ferramenta de quinagem dedicada. A forma assumida para o protótipo nesta fase é o representado na figura 48.

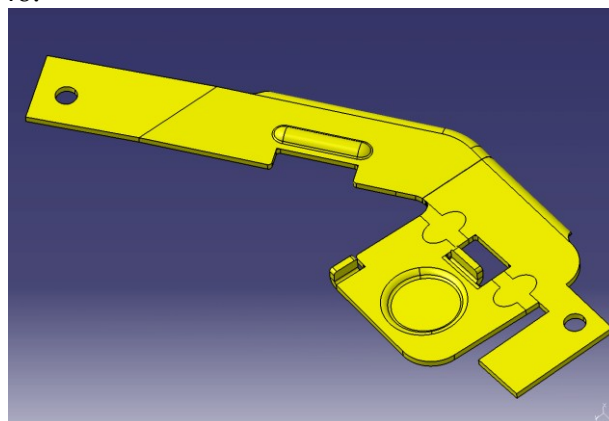
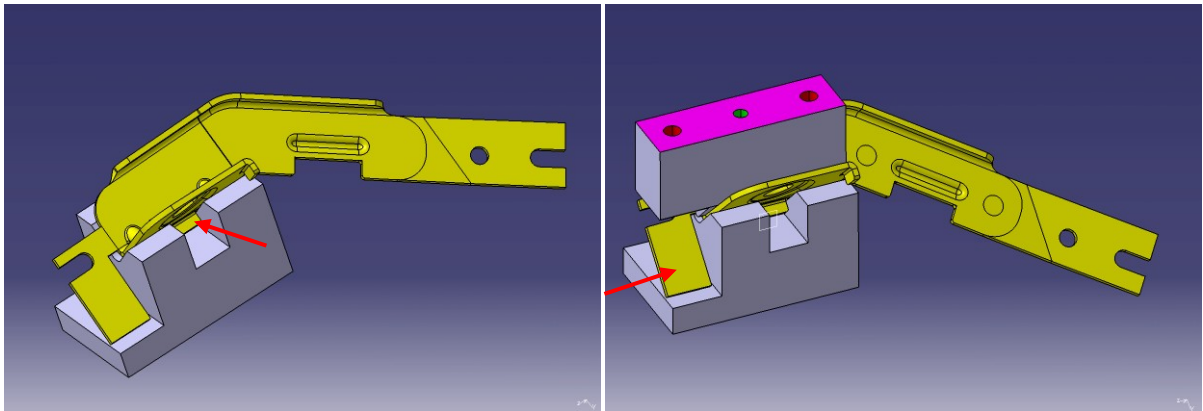


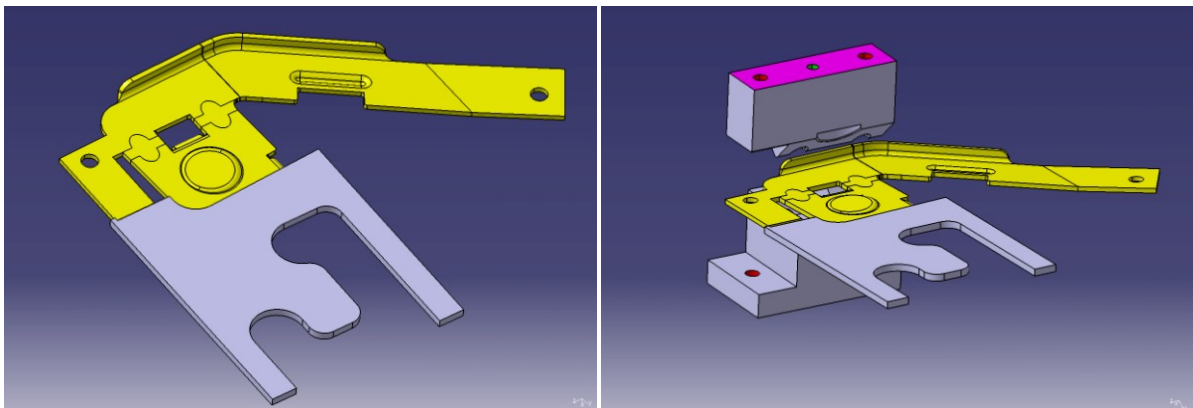
Figura 48 – Geometria do protótipo antes de se proceder à quinagem

A ferramenta de quinagem dedicada copia a forma geométrica da peça e ainda possui alívios para evitar colisões das características geométricas já definidas nas anteriores fases de estampagem.



**Figura 49 – Simulação de interferências da ferramenta com o protótipo**

A quinagem por si é uma operação que incorre numa grande instabilidade. Para isto o posicionamento da peça na ferramenta terá um papel fulcral nos resultados obtidos. Para o efeito desenvolveu-se um dispositivo que será montado numas garras existentes na quinadora. Este dispositivo adapta-se ao contorno da peça numa zona adequada para o efeito, proporcionando assim que a linha de quinagem da peça coincida com a da ferramenta.



**Figura 50 – Simulação do posicionamento do protótipo para a operação de quinagem**

### **3.4.4 Meios de Fixação (Gabarit de Corte Laser)**

A fixação da peça para proceder ao processamento laser será realizada recorrendo a um dispositivo que garante:

- Repetibilidade no posicionamento da peça;
- Fixação suficientemente estável para as forças envolvidas;
- Zonas de evacuação dos gases provenientes do laser;

Tal como já definido na idealização do processo para a obtenção da peça, temos a necessidade de intervenção do corte laser 3D em dois estados distintos. De notar que em cada estado o protótipo apresenta geometrias diferentes. Temos a possibilidade de seguir com duas

soluções: fabrico de um gabarit com geometria para suportar as duas operações de corte ou fabrico de um gabarit por cada operação de corte realizada. Optou-se pela primeira opção por questões de economia de material, de notar a construção em Alumínio 5083 – Anexo A.

O gabarit será montado num acessório específico da máquina de corte laser 3D, também este presente na biblioteca de ferramentas da Edaetech. Este é um elemento chave na definição do dispositivo de fixação, pois este determina as dimensões do *gabarit* assim como as furações a realizar para permitir a montagem dos elementos.

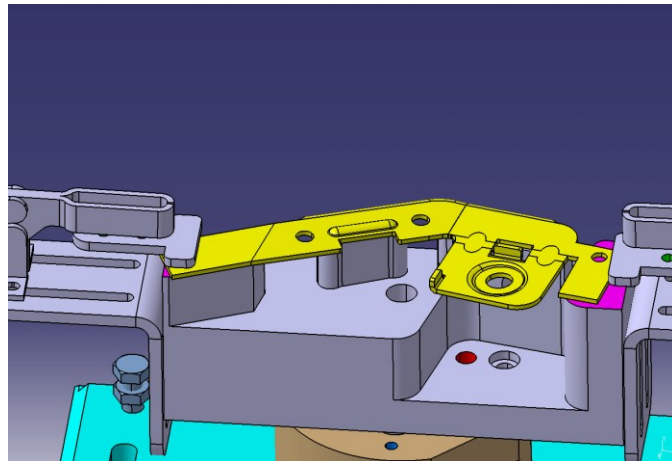


Figura 51 – Posicionamento da peça para primeira fase de corte

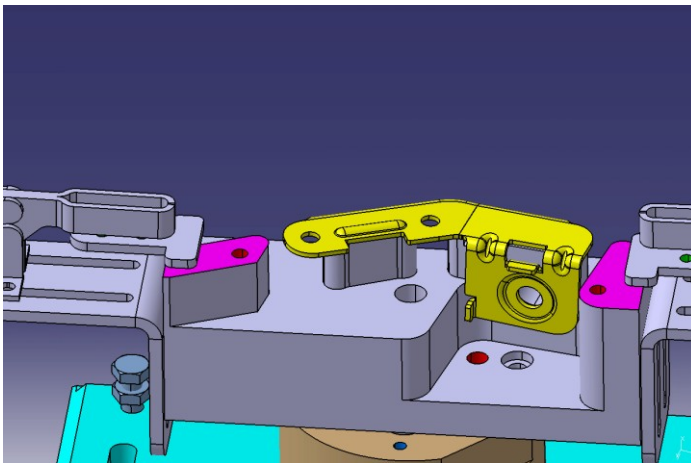


Figura 52 – Posicionamento da peça para segunda fase de corte

Uma questão muito importante nos meios de fixação para o corte dos protótipos é assegurar que não é obstruída a saída dos gases provenientes do processamento laser. Para isto são abertos canais que permitem a sua evacuação, garantindo deste modo a ausência de turbulência e a criação de rebarba.

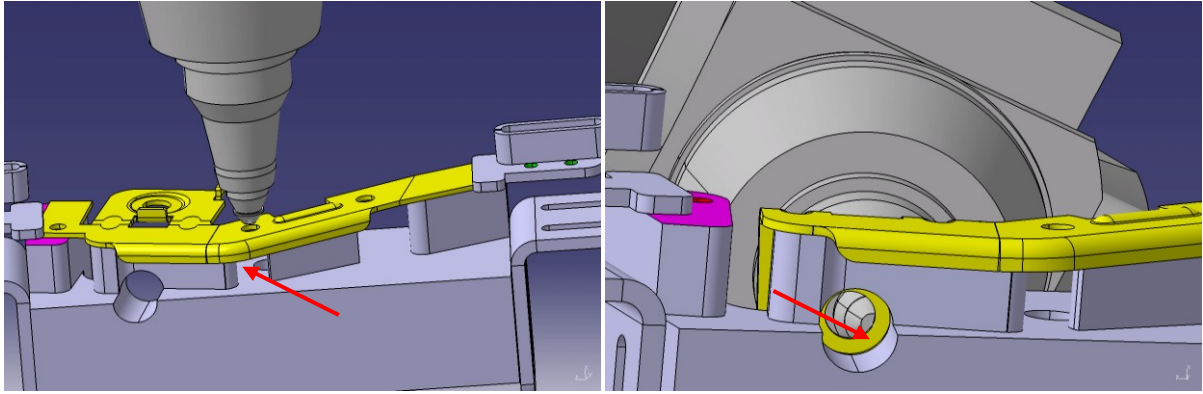


Figura 53 – Canais de evacuação de gases de corte

O *gabarit* modelado deve garantir que a trajectória descrita pelo cabeçal da máquina não provoca colisões entre elementos. Para tal não acontecer é necessária uma cuidada verificação. O método de verificação consiste em importar o modelo 3D do cabeçal para o produto que contém o *gabarit* modelado. Uma vez importado o cabeçal podemos então simular de forma eficaz que o corte é feito de forma segura para os equipamentos (figura 54).

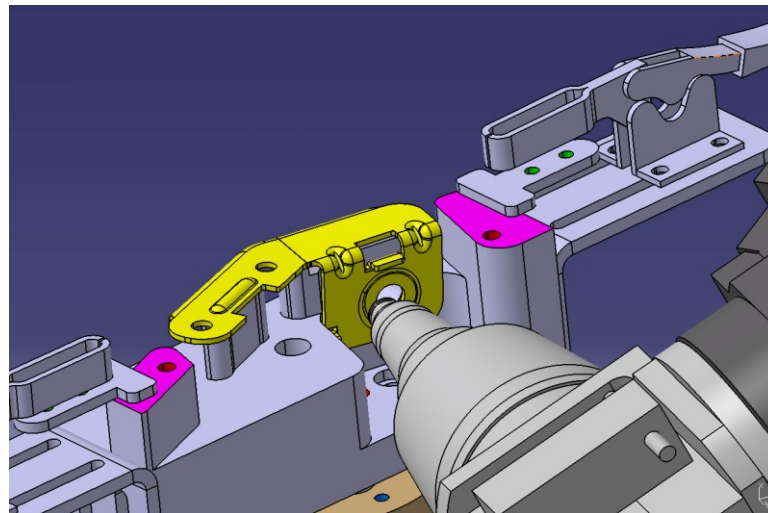


Figura 54 – Pormenor da verificação de interferências do cabeçal com o gabarit em zona de difícil acesso

### 3.5 Materialização das Ferramentas Modeladas

A maquinação é programada considerando as especificações da ferramenta, como dito anteriormente, o código de cores utilizado pela Edaetech permite ao operador agir em conformidade com as necessidades da ferramenta a maquinar. Furos rectificadados, zonas de acostagem, furos roscados são representados segundo o código interno de cores, permitindo deste modo o cumprimento das especificações pretendidas para a ferramenta.

As ferramentas usadas para conformação de material (estampagem e quinagem) são realizadas em Aço 1.1191

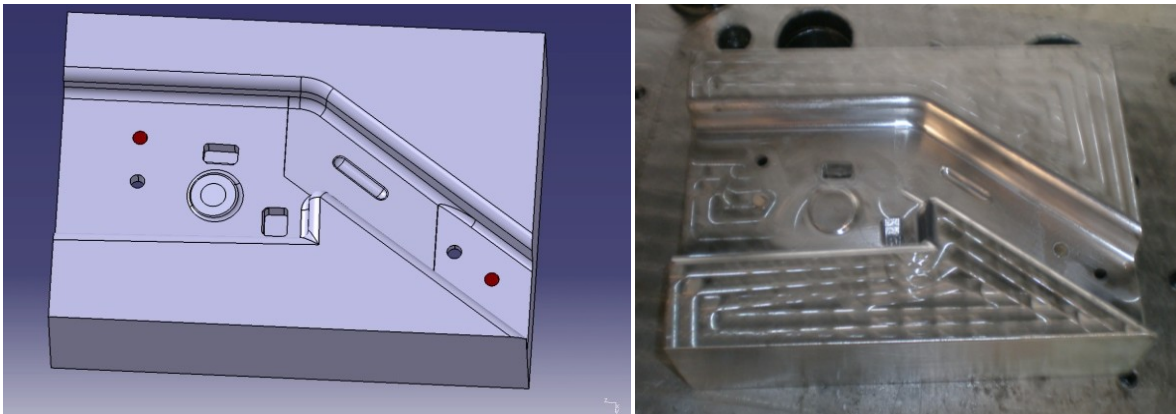


Figura 55 – Matriz de estampagem ‘Filler Head Bracket’ – Modelação/Ferramenta

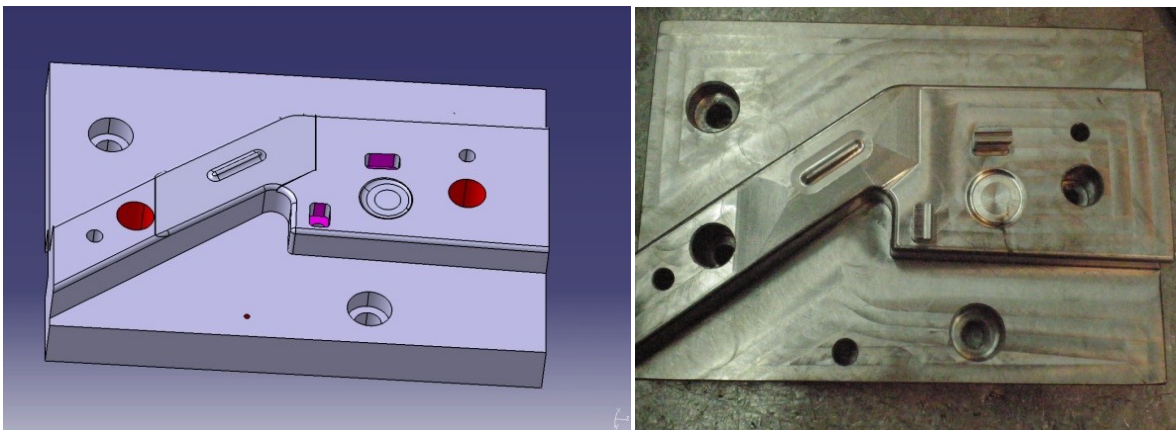


Figura 56 – Punção de estampagem ‘Filler Head Bracket’ – Modelação/Ferramenta

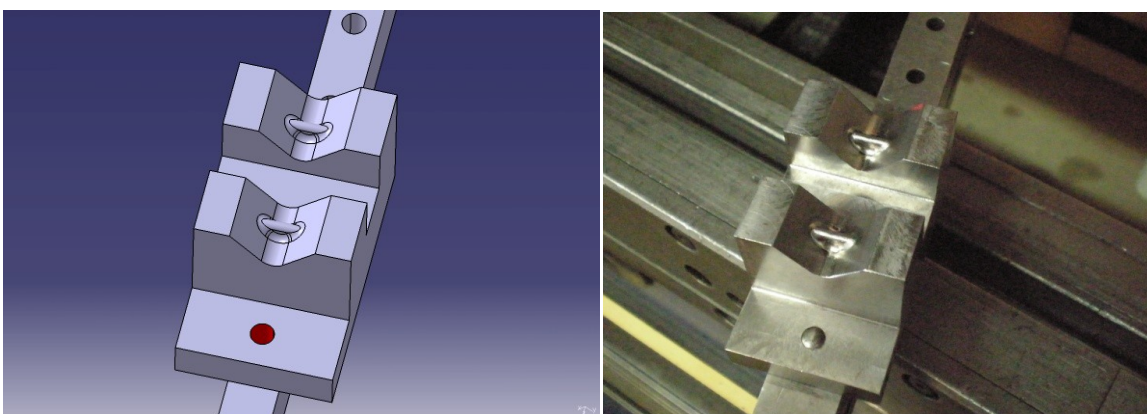


Figura 57 – Matriz de Quinagem ‘Filler Head Bracket’ – Modelação/Ferramenta

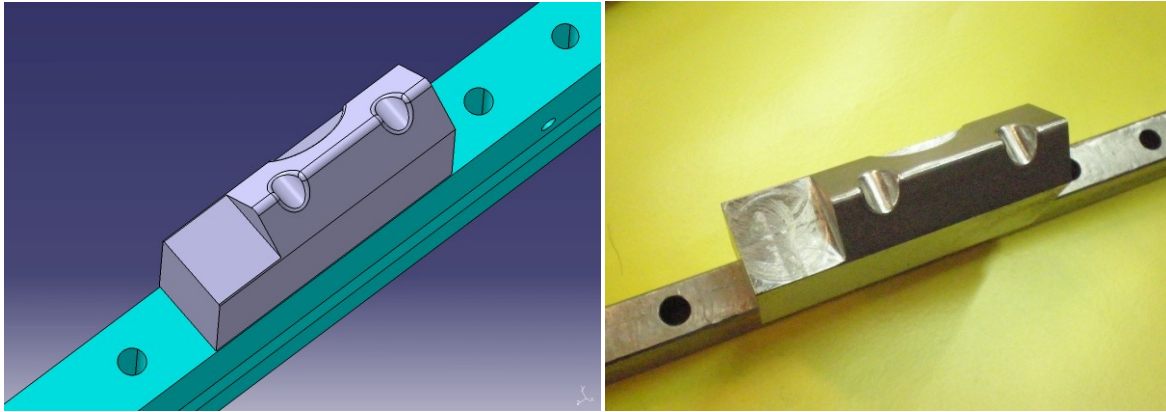


Figura 58 – Punção de Quinagem ‘Filler Head Bracket’ – Modelação/Ferramenta

A máscara de guiamento é fabricada em Aço S235 JR  $e=3\text{mm}$ , o elemento foi obtido recorrendo ao corte laser 2D.

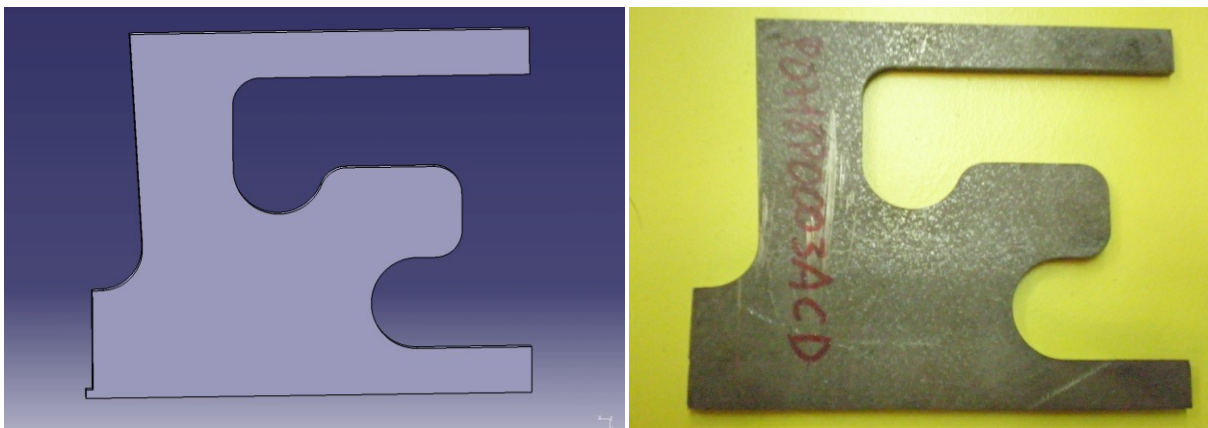


Figura 59 – Máscara de Guiamento ‘Filler Head Bracket’ – Modelação/Ferramenta

O *gabarit* de corte laser à semelhança da ferramenta de estampagem e quinagem é obtido por maquinagem. Este é realizado em alumínio 5083.

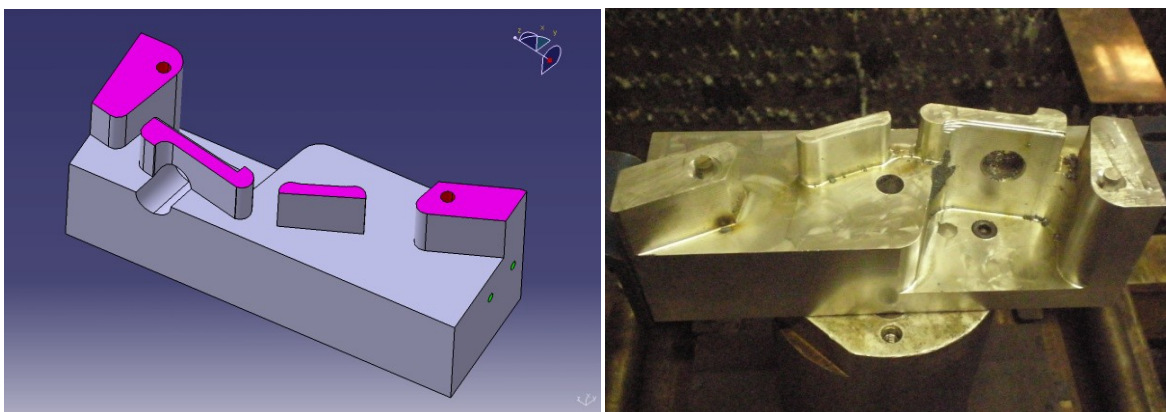


Figura 60 – Gabarit de Corte Laser ‘Filler Head Bracket’ – Modelação/Ferramenta

Após modelação e produção dos componentes da ferramenta, é feito um controlo dimensional com base nos mesmos modelos desenvolvidos para produção. Deste modo evita-se a criação de protótipos que não cumprem os requisitos por efeito de ferramentas mal desenvolvidas ou de fabrico defeituoso.

### 3.6 Materialização dos Protótipos

Após reunida toda a informação e produzidas as ferramentas necessárias à produção do protótipo, é convocada uma reunião com os responsáveis pela supervisão da produção para apresentação do projecto. São debatidos os aspectos relevantes do projecto e eventuais pontos críticos previstos.

Após a passagem do processo para a responsabilidade do departamento de Produção, o início da produção/ensaios acontecerá de acordo com o planeamento do departamento de produção (PRD). Nessa fase poderá haver acompanhamento dos ensaios pelo responsável da concepção e desenvolvimento do projecto, para deste modo ser mais fácil a resolução de eventuais problemas.

Conforme definido no plano de operações para a produção do protótipo Filler Head Bracket, a produção inicia-se pela obtenção do planificado, figura 61.



Figura 61 – Planificado do “Filler Head Bracket”

Paralelamente ao corte laser do planificado, procede-se ao *setup* da ferramenta de estampagem na prensa hidráulica existente na unidade produtiva.



Figura 62 – Preparação da Ferramenta e montagem na prensa

A estampagem é conseguida pelo movimento da parte superior da prensa contra a parte inferior, conformando assim o planificado previamente posicionado. De seguida o operador procede à extracção do estampado. Fá-lo nas zonas previamente definidas para evitar empenos, figura 63.



Figura 63 – Extracção do estampado do ‘Filler Head Bracket’

O produto obtido de estampagem deverá agora ser sujeito à operação de corte para definir o contorno do protótipo, ou seja retirar o excesso de material.

A montagem do protótipo no *gabarit* para o processamento do corte laser 3D, deverá ser uma operação que o operador não pode descorar (Figura 64). A qualidade do posicionamento determina se as tolerâncias geométricas da operação são satisfeitas assim como assegura a repetibilidade da operação de corte.

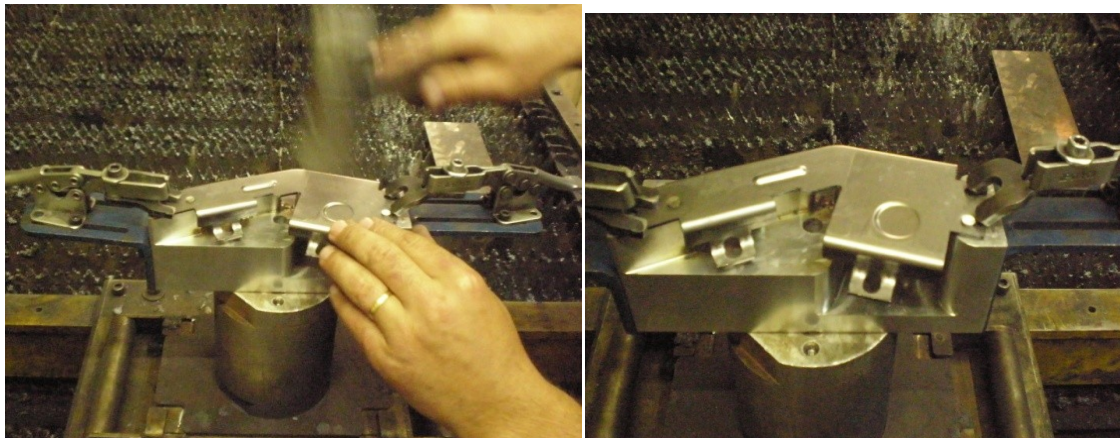


Figura 64 – Posicionamento da Peça no Gabarit de Corte Laser

Antes de proceder ao corte de todos os protótipos, o operador faz um cuidadoso *setup*. Esta operação incorpora a verificação do programa, fazendo para tal correr o programa em vazio, ou seja, apenas os movimentos do cabeçal sem corte. Esta operação visual poderá rastrear desde já eventuais erros de posicionamento e programação. Os erros detectados nesta fase serão alvo de correcções/compensações.

No software de CAD 3D define-se uma linha de contorno para programação e simulação do corte Laser 3D, tal como já foi explicado no capítulo 2. Esta linha representa o corte desejado no actual estado do protótipo, figura 65.

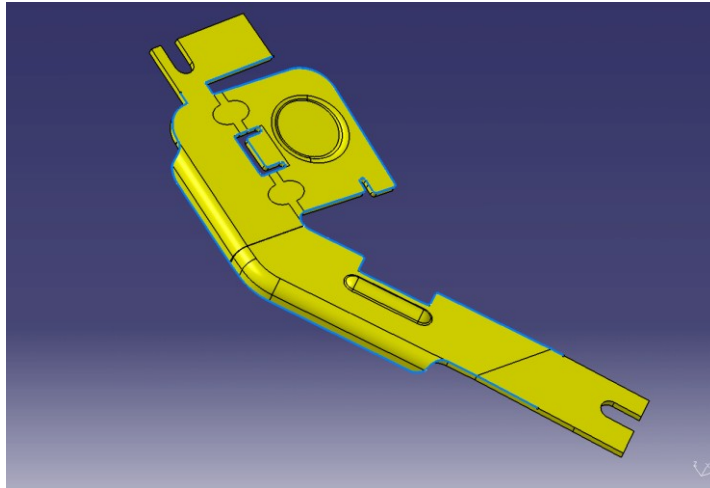


Figura 65 – Modelo IGES com contorno de corte pretendido



Figura 66 – Execução do Corte do Protótipo no Laser 3D

Na operação de corte aplicaram-se micro-uniões para evitar desprendimento da peça e “afundamentos” do cabeçal do laser. Estes “afundamentos” acontecem quando o sensor capacitivo, incorporado no cabeçal, deixa de detectar a presença de material.



Figura 67 – Protótipo após o corte, zonas de para quebra manual

Logo após a operação de corte o excedente de material é removido por uma simples quebra manual da micro-união (figura 67).

O processo prossegue para a dobragem das abas pequenas, a operação é executada na ferramenta de estampagem, mas desta vez com os postigos montados.

Esta operação serve, para além da dobragem das abas para calibrar todas as formas da peça e deste modo anular eventuais empenos provocados pelo calor no corte 3D da operação anterior.



Figura 68 – Pormenor da montagem dos postigos para dobragem das abas



Figura 69 – Peça com dobragem de abas

Na próxima etapa a peça é submetida à quinagem com nervuras. A tarefa começa com o *setup* da máquina.



Figura 70 – Máscara de guiamento montada na quinadora



Figura 71 – Ferramenta montada na Quinadora

Após garantido o correcto *setup* da ferramenta e da máquina, o operador procede ao posicionamento da peça usando a máscara de guiamento criada para o efeito. A determinação da posição de quinagem é conseguida facilmente devido à existência de comando numérico na quinadora. Para isso basta introduzir a cota pretendida segundo o eixo x, figura 72.

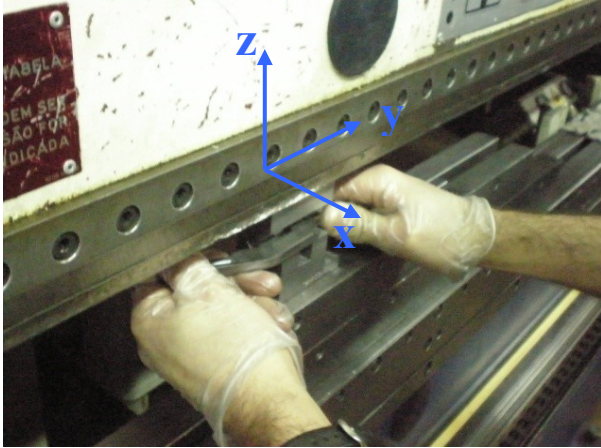


Figura 72 – Posicionamento do protótipo



Figura 73 – Quinagem do 'Filler Head Bracket'

Após a quinagem o protótipo segue como definido para o corte dos furos e remoção dos apêndices com furos de posicionamento.

Na figura 74 podemos observar o posicionamento do protótipo no *gabarit* de corte laser.

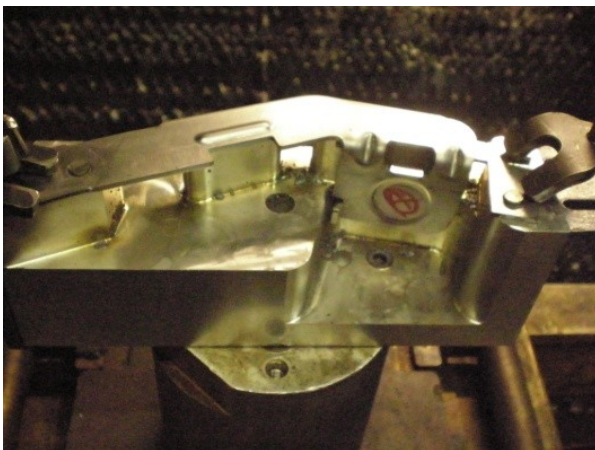


Figura 74 – Posicionamento da peça no gabarit de corte

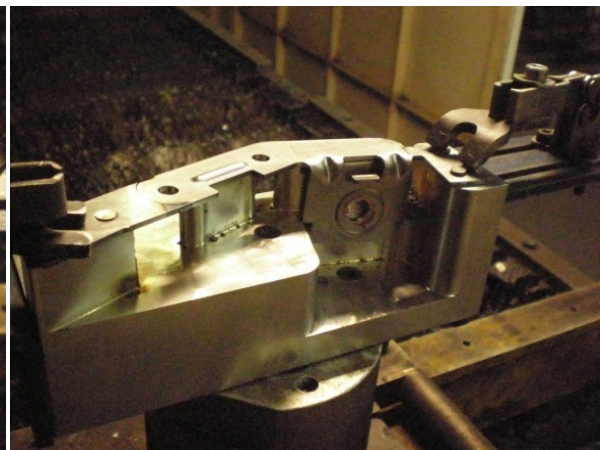


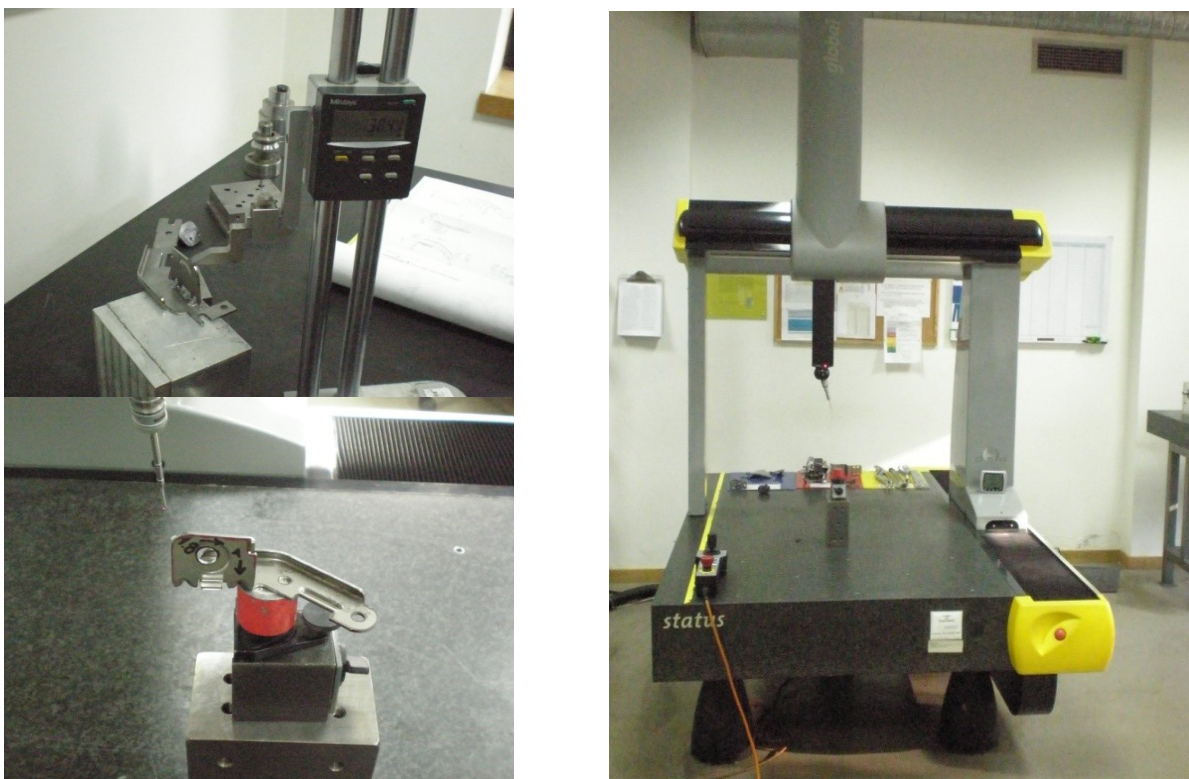
Figura 75 – Corte dos furos materializado

Tal como explicado no primeiro corte executado, o protótipo obtido após o corte laser 3D necessita de quebra manual da micro-união existente.



**Figura 76 – Pormenor de micro-união após o corte**

Os protótipos não poderão ser expedidos sem antes verificar se estão cumpridos todos os requisitos. Esta operação está a cargo do departamento de Qualidade, que possuindo instrumentos de medição tridimensionais fazem um levantamento de cotas ao protótipo, verificando se estas coincidem com o plano elaborado (Anexo B – “Plano de Controlo Dimensional”). Embora aqui apenas se exponha a operação metrológica final, esta decorre em todas as operações, para se poder rastrear problemas e intervir mais rapidamente.



**Figura 77 – Processo de metrologia e controlo da qualidade**

A amostragem é previamente definida pelo departamento de Engenharia, de acordo com dados do cliente ou segundo critérios de garantia de qualidade e repetibilidade do processo.

A metrologia elabora então um relatório dimensional que deve seguir juntamente com a encomenda para o cliente, nele devem claramente ser indicados os pontos críticos e resultados das medições efectuadas.

### **3.7 Estudo de Embutidura por Etapas**

Neste capítulo é abordado o cálculo do número de etapas necessárias para obtenção da embutidura num protótipo. O produto é obtido a partir de chapa de aço S420 MC  $e=2.8$  mm.

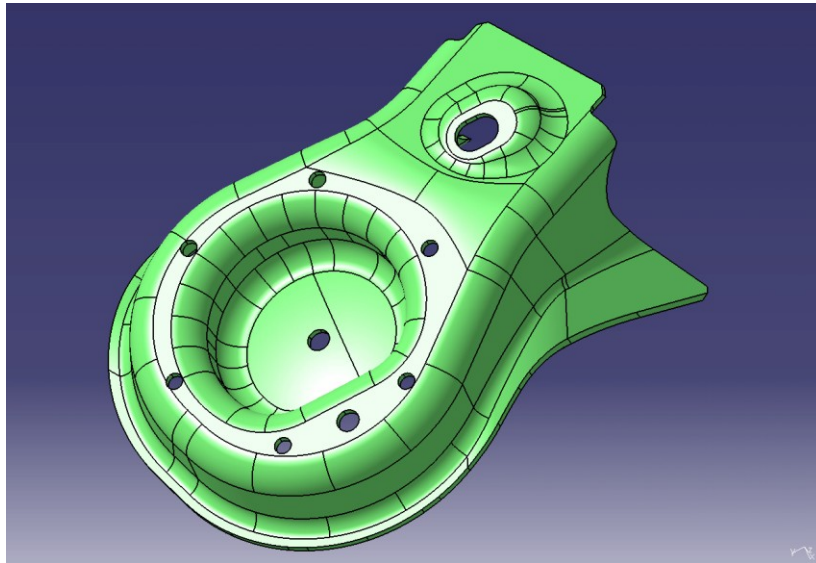


Figura 78 – “Spring Seat” – apoio para mola de suspensão

A produção do componente contempla o fabrico de um componente simétrico ao representado. Nestes será montada a mola de suspensão do automóvel. Por razões de idealização do processo estes dois componentes serão obtidos na mesma ferramenta partindo para o efeito do mesmo planificado.

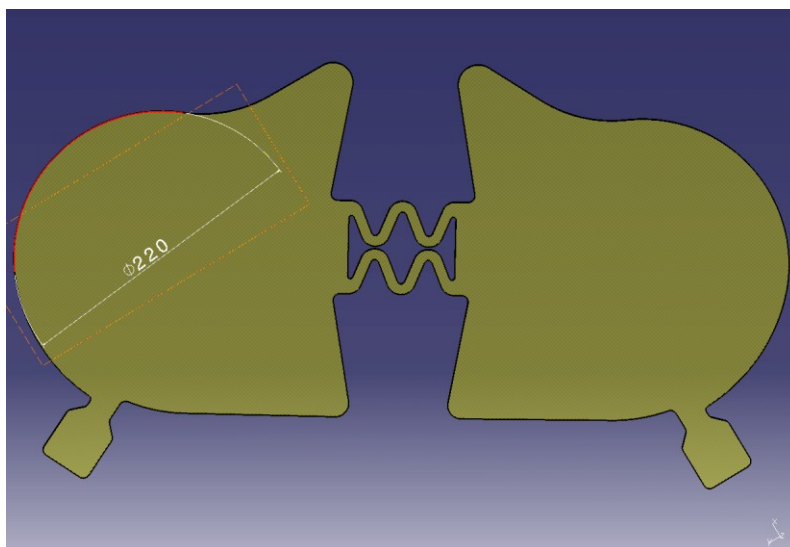


Figura 79 – Planificado do “Spring Seat”

Para determinar o número de etapas necessárias para execução do componente utilizou-se o método que consiste no princípio que a área é constante ao longo das etapas. Deste modo para a primeira etapa vem:

$$d_{(1)} = kD$$

$k$  – Constante de redução de área para a 1ª etapa

$d$  – diâmetro do embutido obtido

$D$  – diâmetro inicial do planificado

$$d_{(2)} = k'd_{(1)}$$

$k'$  – Constante de redução de área para restantes etapas

$d_{(2)}$  – diâmetro do embutido obtido

$d_{(1)}$  – diâmetro inicial do embutido

Generalizando:

$$d_n = k(k')^{n-1}D$$

**Tabela 6 – Valores do coeficiente de redução de área para diferentes materiais**

Material da chapa	com cerra chapa	
	k (1ªetapa)	k' (n etapas)
aço	0,6	0,8
latão, cobre e prata	0,5	0,75
zinco	0,75	0,9
aluminio	0,55	0,8
inox	0,6	0,8

A altura em cada etapa é calculada pela seguinte equação:

$$h_{(n)} = \frac{D^2 - d_{(n)}^2}{4d_{(n)}}$$

Assume-se como simplificações que o componente contém uma embutidura em forma cilíndrica e que o planificado é circular e de diâmetro  $\varnothing=220$  mm.

Através das dimensões do planificado podemos então calcular o número de etapas mínimas para obtenção da profundidade de embutidura pretendida.

Dimensões da Embutidura Pretendida:  $\varnothing=72$  mm x  $h=32$  mm.

A altura desejada ( $h=32$ mm) é inferior ao valor possível de obter com a primeira etapa, contudo o valor do diâmetro do embutido pretendido obriga à execução em 4 etapas de embutidura (ver tabela 2).

**Tabela 7 – Valores de diâmetro e altura em cada etapa**

Etapas	Diâmetro	Altura
1	132	59
2	106	88
3	84	122
4	68	162
5	54	210
6	43	269
7	35	341



**Figura 80 – Obtenção de pré-forma de embutidura “Spring Seat”**



**Figura 81 – Última etapa de embutidura “Spring Seat”**

Estas etapas de embutidura estão aplicadas no processo do protótipo para conseguir o escoamento de material de modo a atingir uma forma geométrica que seria impossível por estampagem directa.

Posteriormente são aplicadas operações de estampagem e corte, obtendo-se o protótipo pretendido, figura 82.



Figura 82 – Protótipo “Spring Seat”



## 4 Optimização do Projecto de Processos para Produção de Protótipos

A integração do autor no ENG permitiu a constatação duma realidade: necessidade de introdução de melhorias no projecto de processos com o fim de tornar o departamento mais eficiente e rentável. Cada hora de trabalho de um técnico do departamento representa um enorme encargo no preço final de um protótipo, quer pelo custo salarial quer pelo custo dos equipamentos e softwares.

A preparação do processo para produção de protótipos significa a criação de uma elevada quantidade de informação que se pretende que esteja devidamente organizada e identificada, para tornar a coordenação e comunicação entre departamentos o mais eficaz possível.

Ao longo dos tempos tem sido implementadas diversas melhorias do ponto de vista dos processos, contudo existia um campo que era necessário melhorar: a incorporação de automatismos no software de CAD CATIA V5. Os colaboradores do ENG sabem deste aspecto, contudo o tempo disponível para estudo e incorporação de melhorias é escasso.

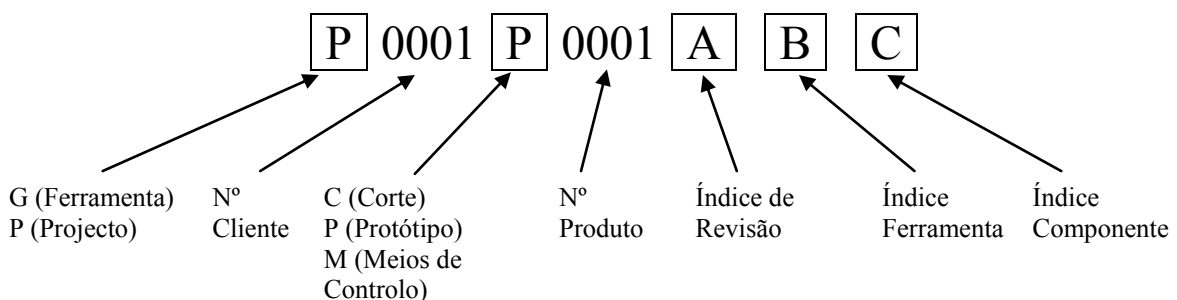
Foi então lançado o desafio de automatizar as tarefas repetitivas. A experiência de todos os colaboradores apontou um caminho: programação de macros.

### 4.1 CATScript MACRO

Uma macro é um conjunto de rotinas programadas com a finalidade de automatizar tarefas. O software de CAD utilizado permite a programação ou gravação destas macros. A linguagem de programação é Visual Basic, podendo usar-se a variante VBScript ou a variante CATScript (esta última específica do software utilizado).

#### 4.1.1 Codificação de Projectos

Os projectos realizados têm um sistema de codificação que passo a descrever. Todos os protótipos, ferramentas e meios de controlo têm um código associado que permite a sua fácil identificação. Deste modo o código deve identificar o tipo de objecto a considerar: é um projecto ou ferramenta.



Exemplos:

P0001P0001A – Projecto do Cliente 0001, protótipo 0001, revisão A

G0001P0001ABC – Ferramenta do Cliente 1, associada ao Protótipo 1, revisão A, componente C da ferramenta B.

O departamento de Engenharia tem um directório associado na rede (figura 83), no qual se armazena os ficheiros. Das pastas existentes no directório os colaboradores do ENG têm permissão de escrita na pasta “Trabalhos em curso” e “Projectos Partilhados”.

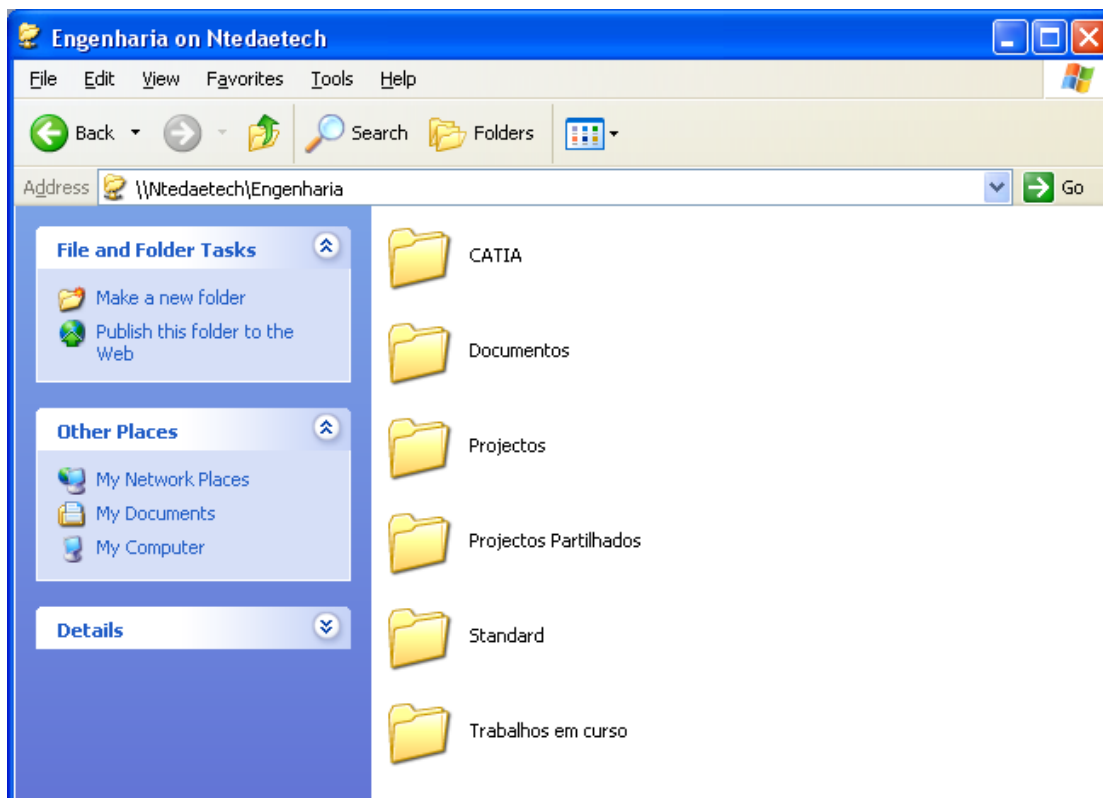


Figura 83 – Directório do departamento de Engenharia na rede Ntedaetech

Em “Trabalhos em curso”, os colaboradores gravam a informação dos projectos que realizam, informação de acesso exclusivo para o departamento.

Os “Projectos Partilhados” contêm toda a informação necessária para a materialização de protótipos: modelos das ferramentas, instruções de montagem, desenhos de pormenor e conjunto, necessário para a actividade dos departamentos PRD e QLD na execução e controlo dos protótipos.

Após modelação o ENG tem de partilhar a informação criada na referida Pasta “Projectos Partilhados”. É sobre estas tarefas obrigatoriamente executadas em todos os processos que as macros serão implementadas.

### 4.1.2 Exportação de Ficheiros IGES

Para se entender o funcionamento da macro é necessária uma pequena abordagem à filosofia organizacional do software de modelação CATIA V5.

A figura seguinte permite verificar que no topo da árvore está o produto (1), no nível seguinte encontram-se os componentes (2) do produto.

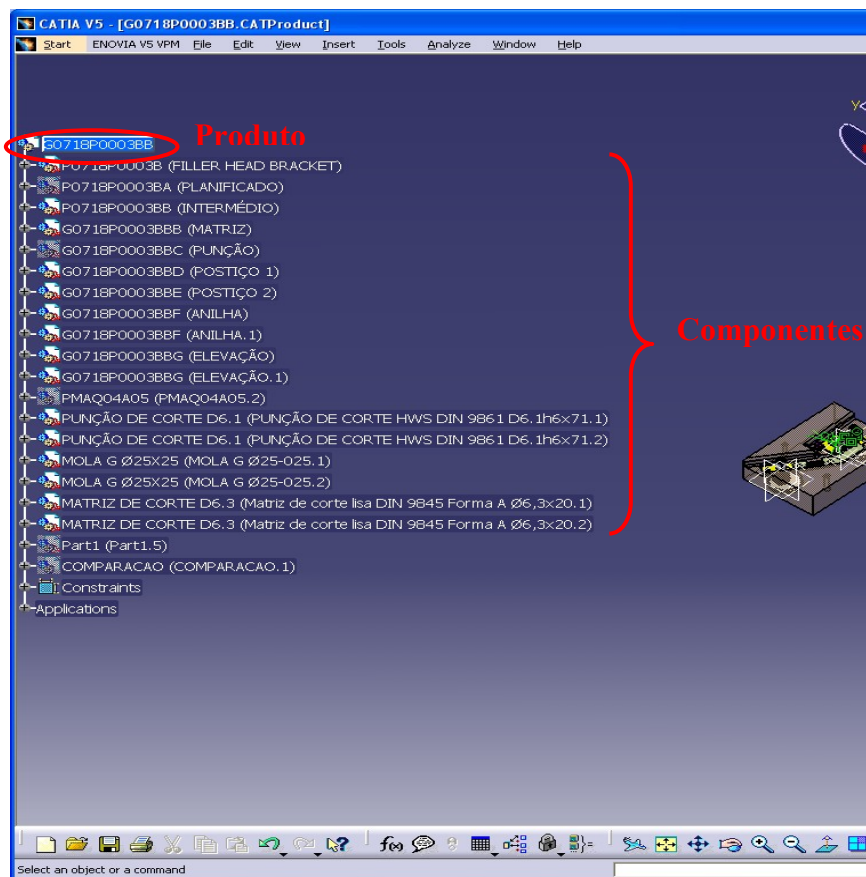


Figura 84 – Estrutura da árvore do CATIA V5

Após a criação da respectiva macro associou-se a esta um botão de fácil incorporação no software de CAD que facilita a sua activação, figura 85.

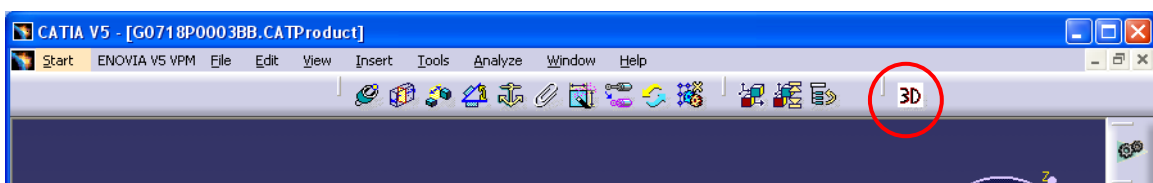


Figura 85 – Botão de accionamento da Macro

Após a activação da macro é pedido ao utilizador para seleccionar o produto e a macro extrai a informação necessária para criação de directórios nos quais se colocará toda a informação necessária para Produção.

Para exemplificar, usando o produto:

**G0718P0003BB**



Determinação do Cliente ao qual o projecto se refere, através de extracção dos primeiros 4 dígitos numéricos

A extracção da informação do Ciente permite a criação do directório: “\Projectos Partilhados\0718”

No caso em estudo o produto refere-se a uma ferramenta para produção do protótipo “P0718P0003B”. Deste modo o algoritmo cria o código do protótipo trocando o primeiro dígito do produto “G0718P0003BB” por “P” e agrupa os 10 dígitos seguintes. Assim estaremos em condições de determinar o caminho para os ficheiros do protótipo:

“\Projectos Partilhados\0718\P0718P0003B”

Como procedimento habitual do ENG dentro da pasta de projecto criada anteriormente, existe 4 pastas, cada qual para os diferentes tipos de ficheiro usados (3DXML, DXF, IGES e PDF). Deste modo a macro encarrega-se de criar estes directórios (figura 86). Caso existam salta para o próximo procedimento.

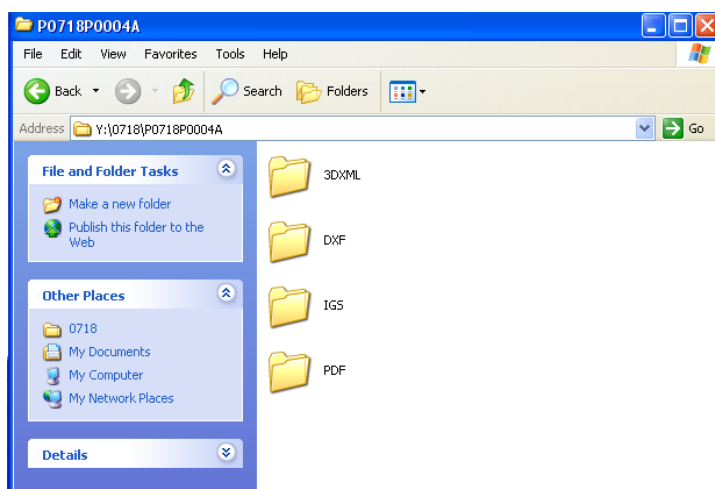


Figura 86 – Organização de ficheiros dos “Projectos Partilhados” da rede Edaetech

O procedimento nesta fase consiste na exportação do produto seleccionado após activação da macro no formato 3DXML. A exportação é feita para o directório já criado “\Projectos Partilhados\0718\P0718P0003B\3DXML”.

Após receber a informação que os directórios foram criados, o utilizador escolhe na árvore os componentes que é necessário proceder à exportação de informação. A macro exporta automaticamente os ficheiros no formato IGES (Initial Graphics Exchange Specification) para as pastas previamente criadas.

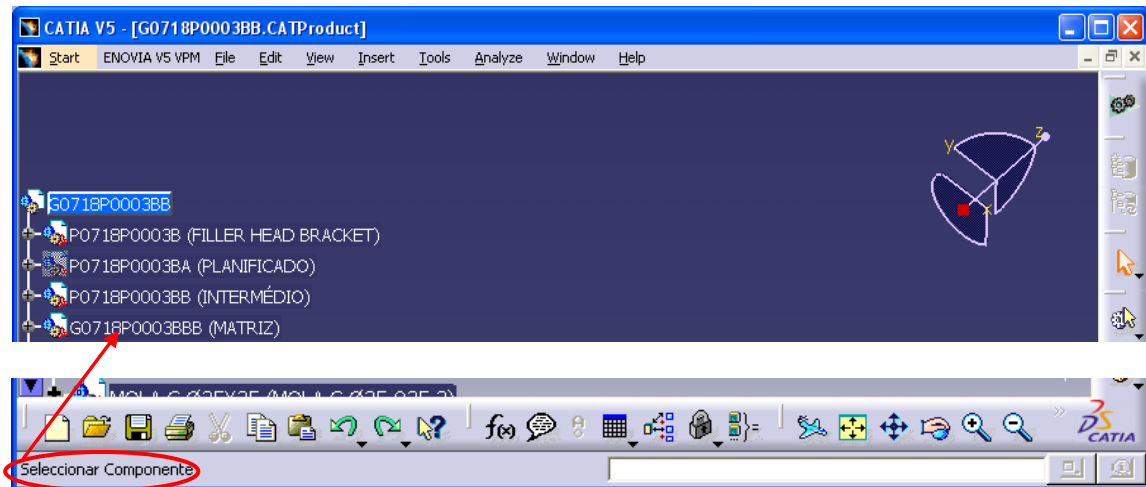


Figura 87 – Sistema de selecção de ficheiros

### 4.1.3 Exportação de Ficheiros PDF

O princípio de funcionamento da macro assenta no já descrito em 4.1.2, contudo está incorporada no módulo de desenho do software CAD.

Ao accionar o botão que se definiu para activação da macro (figura 88), esta procede à criação de directórios caso não existam e automaticamente exporta o desenho activo no formato PDF para a pasta pretendida.

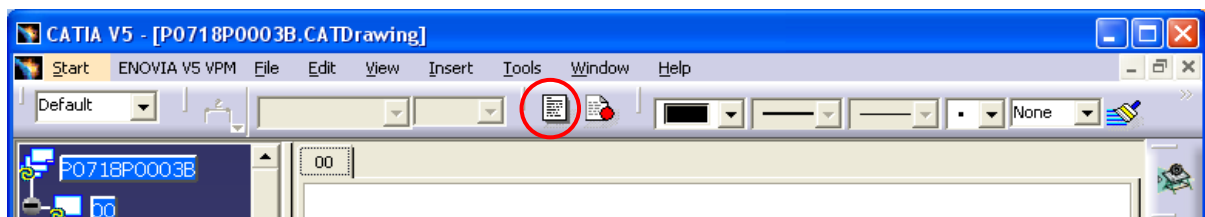


Figura 88 – Incorporação de botão para accionamento da Macro “Exportação de PDF”

### 4.1.4 Criação da Lista de Componentes

No departamento de Engenharia apercebi-me da ineficácia do processo de criação da lista de componentes dos desenhos. Quando se está a falar de produtos com perto de uma centena de componentes a tarefa torna-se bastante morosa, pois é feita por preenchimento manual de uma tabela.

A lista de componentes criada automaticamente pelo software CAD 3D torna o seu uso muito limitado devido a questões de formatação do desenho e necessidade de adição manual de campos.

Para contornar o problema programou-se uma macro que extrai a informação pretendida para uma folha Excel previamente criada com a formatação desejada. A folha Excel serve para armazenamento de informação, bem como para extracção automática de informação para o Desenho.

O programa desenvolvido possui duas partes:

- a primeira parte é incorporada no módulo de modelação 3D e tem por função extrair a informação do modelo 3D e criar a lista de peças em Excel
- a segunda parte é incorporada no módulo de desenho 2D e tem por função importar a lista de peças para o desenho \*.CATDrawing.

A primeira parte do programa é accionado pelo botão adicionado à barra de menus do CATIA V5, figura 89.



Figura 89 – Botão de activação da macro “Criação de Lista de Componentes” – módulo de modelação 3D

O accionamento da macro abre uma folha Excel com a formatação pretendida, previamente gravada em directório protegido. Com a folha Excel activa, o utilizador selecciona os componentes sequencialmente.

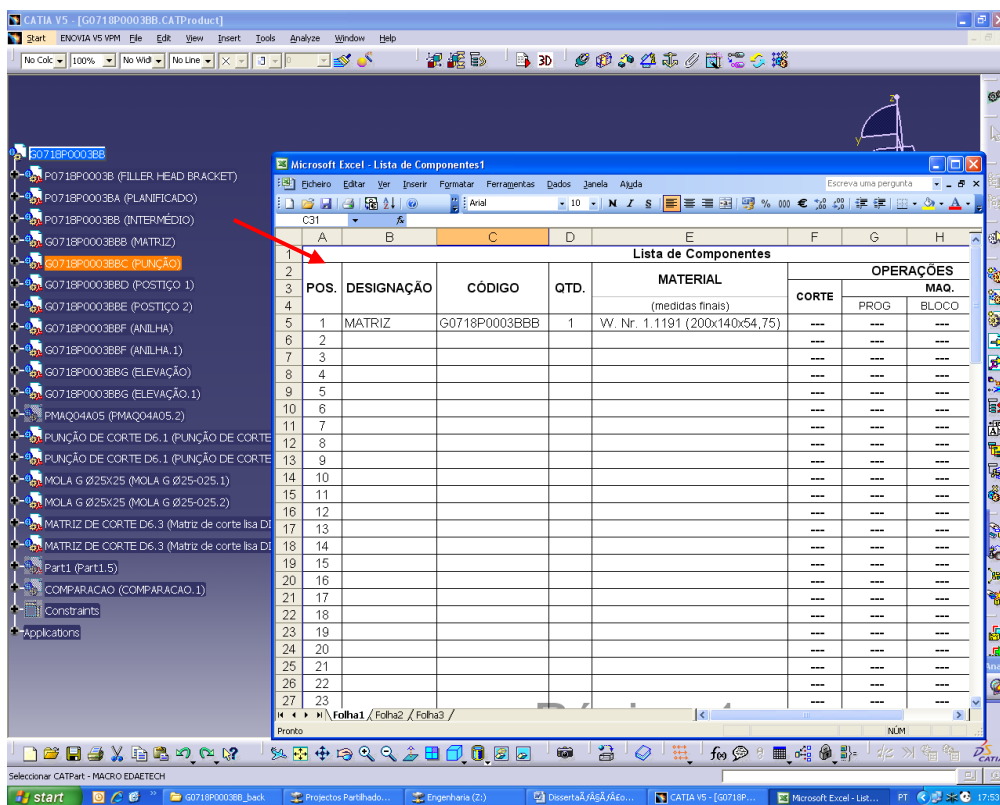


Figura 90 – Extracção de informação para folha Excel – 1º componente

Neste processo é o utilizador que define a ordem que pretende que os componentes apareçam na lista, ou seja, a ordem de selecção representa a ordem da lista.

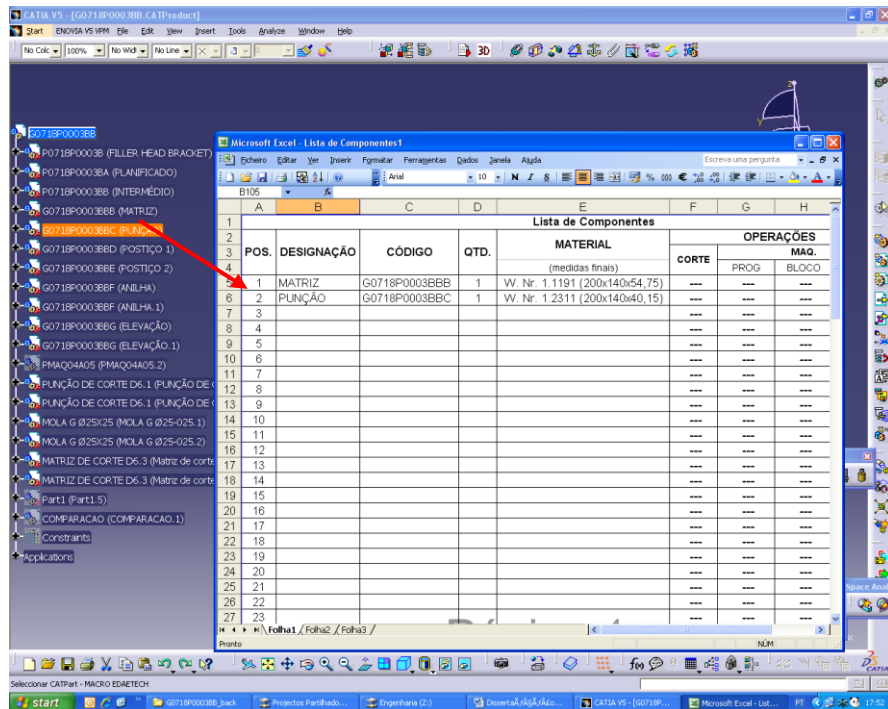


Figura 91 - Extração de informação para folha Excel – 2º componente

A tarefa conclui-se quando o utilizador pressiona a tecla “ESC”, sendo gravado o ficheiro Excel no mesmo directório do ficheiro CATIA V5, e com o mesmo nome do Produto CATIA V5 no qual está a ser feito o projecto.

Já no módulo de Desenho 2D ao accionar a segunda parte da macro, será aberto automaticamente o ficheiro Excel, previamente criado, com o mesmo nome do desenho. O utilizador terá então de introduzir o número de peças presente na lista de componentes criada anteriormente, para deste modo poder dimensionar a tabela do desenho (figura 92).

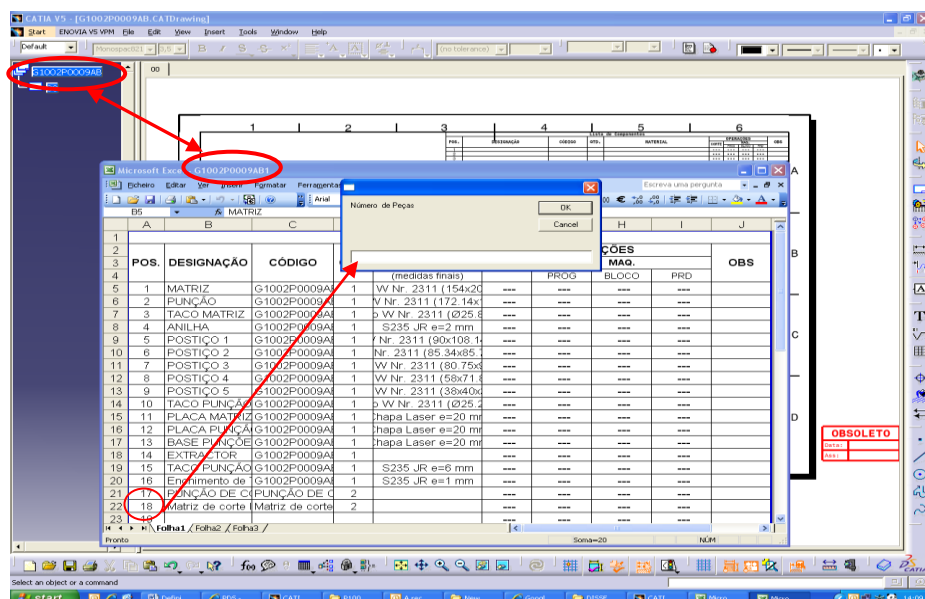


Figura 92 – Introdução da dimensão de tabela pretendida para lista de componentes do desenho

Após a introdução do número de peças a macro importa a lista de peças para a tabela nativa do desenho que está previamente formatada nos *templates* utilizados pela Edaetech. O resultado final é ilustrado na figura 93.

POS.	DESIGNAÇÃO	CÓDIGO	QTD.	MATERIAL	OPERAÇÕES			OBS
					CORTE	RETO	REI	
1	MATRIZ	G1002P0009ABB	1	Bloco W Nr. 2311 (154x206x48)	...	...	...	
2	PUNÇAO	G1002P0009ABC	1	Bloco W Nr. 2311 (172,14x180x58)	...	...	...	
3	TACO MATRIZ	G1002P0009ABD	1	Bloco W Nr. 2311 (825,8x17)	...	...	...	
4	ANILHA	G1002P0009ABE	1	S235 JR e=2 mm	...	...	...	
5	POSTICO 1	G1002P0009ABF	1	Bloco W Nr. 2311 (90x108,14x85,75)	...	...	...	
6	POSTICO 2	G1002P0009ABG	1	Bloco W Nr. 2311 (85,34x85,75x77,76)	...	...	...	
7	POSTICO 3	G1002P0009ABH	1	Bloco W Nr. 2311 (80,75x90x70)	...	...	...	
8	POSTICO 4	G1002P0009ABI	1	Bloco W Nr. 2311 (58x71,86x29)	...	...	...	
9	POSTICO 5	G1002P0009ABJ	1	Bloco W Nr. 2311 (38x40x34,68)	...	...	...	
10	TACO PUNÇAO	G1002P0009ABK	1	Bloco W Nr. 2311 (825,8x30)	...	...	...	
11	PLACA MATRIZ	G1002P0009ABL	1	Chapa Laser e=20 mm	...	...	...	
12	PLACA PUNÇAO	G1002P0009ABM	1	Chapa Laser e=20 mm	...	...	...	
13	BASE FUNÇES E EXTRACTOR	G1002P0009ABN	1	Chapa Laser e=20 mm	...	...	...	
14	EXTRACTOR	G1002P0009ABO	1	Chapa Laser e=20 mm	...	...	...	
15	TACO PUNÇAO DE CORTE	G1002P0009ABP	1	S235 JR e=6 mm	...	...	...	
16	Enchimento de TACO	G1002P0009ABQ	1	S235 JR e=1 mm	...	...	...	
17	PUNÇAO DE CORTE IWS DIN 9861 D6,1H6x71,1	G1002P0009ABR	2		...	...	...	
18	Matriz de corte lisa DIN 9845 Forma A Ø6,3x20,1		2		...	...	...	
19					...	...	...	
20					...	...	...	

Figura 93 – Lista de Componentes introduzida no desenho CAD

#### 4.1.5 Indexação de Material e de Dimensões do Bloco ao CAD 3D

Após a modelação de ferramentas é necessário atribuir um material ao modelo criado e deste modo saber qual a quantidade de matéria-prima necessária, ou seja, dimensões do bloco (largura x comprimento x altura) e peso associado ao volume medido. Deste modo, durante a fase de projecto é possível introduzir ajustes na ferramenta para conduzir o material gasto para valores similares aos orçamentados.

Vulgarmente um colaborador do ENG necessita de fazer as seguintes operações:

- Determinar as dimensões mínimas de um bloco para a elaboração de uma ferramenta;
- Saber a densidade do material utilizado;
- Calcular o peso do bloco;

As dimensões mínimas de um bloco seriam então introduzidas manualmente na lista de componentes, assim como o material.

Ao correr a macro desenvolvida para o efeito, é activado o sistema de selecção de componentes do CATIA V5. O utilizador selecciona na árvore o componente ao qual pretende atribuir material e determinar as dimensões do bloco. Foi incorporado na macro a possibilidade de tornar invisíveis os restantes componentes do conjunto para deste modo ser facilitada a operação de medição.

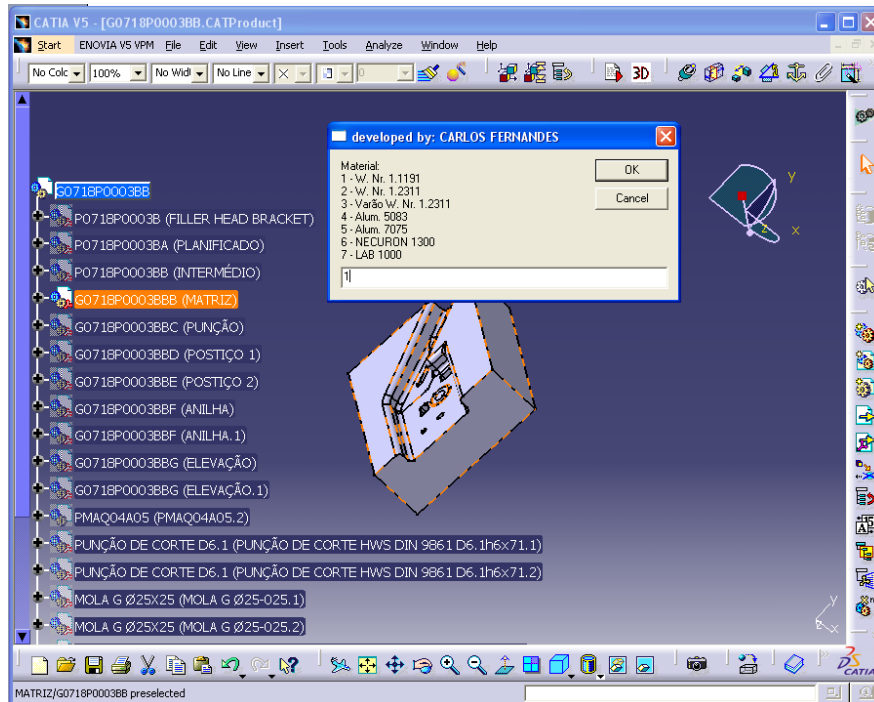


Figura 94 – Seleção de um componente para atribuição de material

Como já mencionado, após correr a macro inicia-se a escolha na árvore do componente a medir sendo atribuído um material ao componente. A atribuição do material representa o início da tarefa seguinte: medição das dimensões máximas segundo o comprimento, largura e altura. Deste modo ficará definido a dimensão de bloco necessária para a criação da ferramenta ou protótipo.

A macro faz uso das ferramentas de medição do CATIA V5, bastando para isso seleccionar duas entidades entre as quais se pretende a medição. Após a selecção das entidades o sistema de medição interno devolve o valor medido que é então guardado em memória figuras 95 e 96.

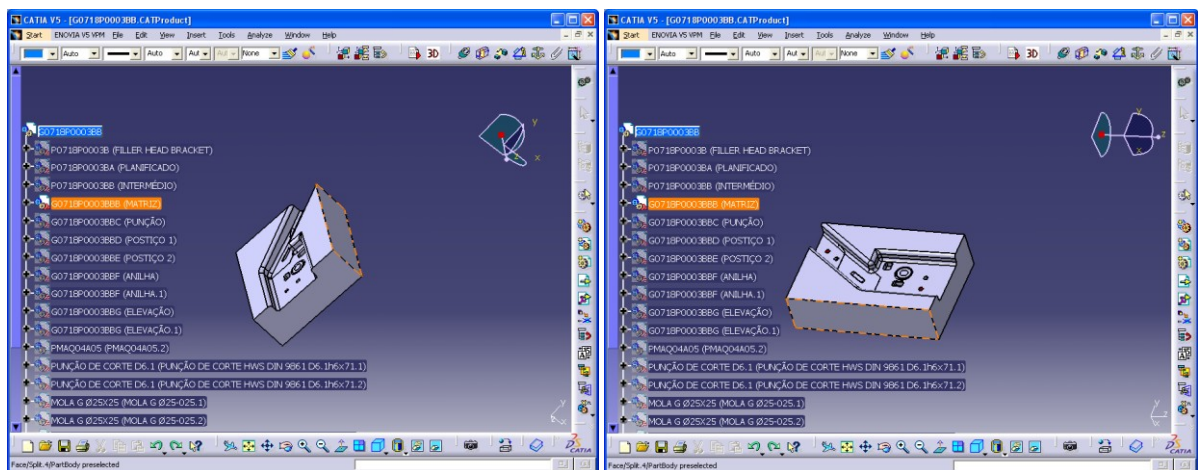


Figura 95 – Seleção das faces para determinar a dimensão do bloco

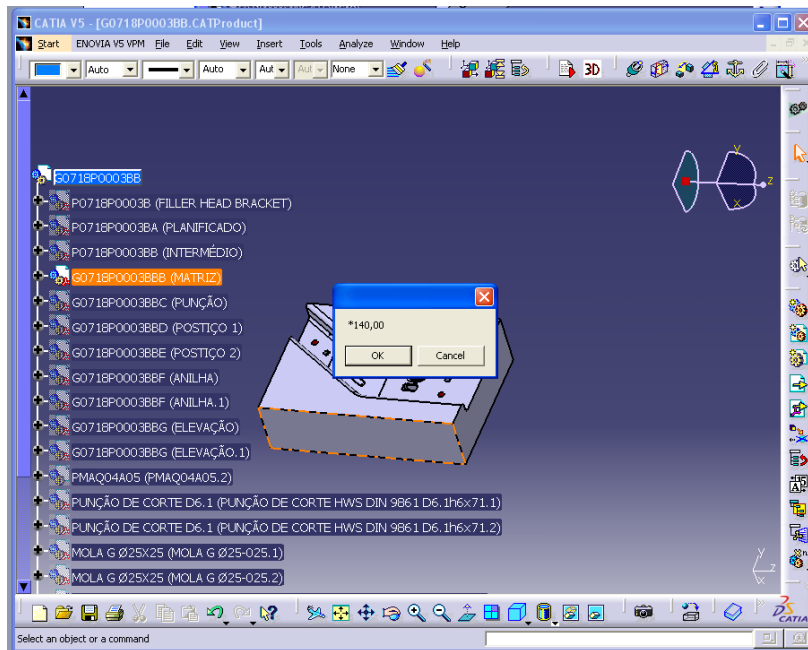


Figura 96 – Caixa de mensagem com valor medido

A medição das três direcções pretendidas permite criar em memória uma matriz 3x1. Nesta fase o algoritmo encarrega-se de ordenar de forma decrescente os valores armazenados. A ordenação obtida é conveniente para se conseguir a formatação pretendida nas “Propriedades” do componente analisado (figura 97). A informação produzida com esta macro será então utilizada para a criação da lista de componentes, já abordada na alínea anterior.

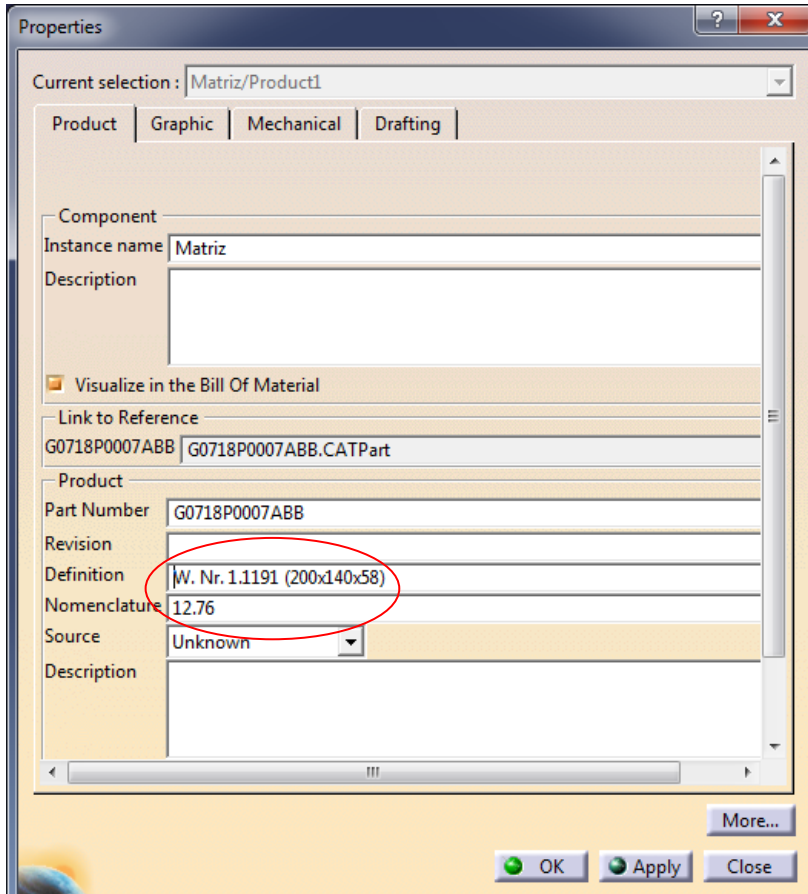


Figura 97 – Pormenor “Propriedades” componente após a utilização da macro

### 4.1.6 Preenchimento de legenda do desenho

O Preenchimento da legendagem é obviamente realizado em todos os desenhos. Este processo embora simples é pouco ágil devido ao princípio de funcionamento do Software (por exemplo: obriga a clicar duas vezes no campo da tabela que se pretende editar).

00		-		Emissão do documento		-	
Index	Data	Modificação				Modificou	
 <small>engenharia   tecnologia</small> <small>Este documento é propriedade da EDAETECH, é expressamente proibida a sua reprodução ou transmissão total ou parcial sem prévia autorização.</small>	N/Ref.:			V/Ref.:			
	Designação:					To1. Geral:	
	Qtd. /Conj.:	Material:				Peso:	
		Acabamento:				Escala:	
	Desenhou:	Data:					
Verificou:	Data:						
Aprovou:	Data:						
						- CAD - CATIA V5	<b>A4</b>

Figura 98 – Legenda dos desenhos Edaetech

Criou-se para o efeito uma macro que substituiu o habitual sistema de introdução de dados por um sistema de InputBox Windows®, que torna a tarefa mais expedita.

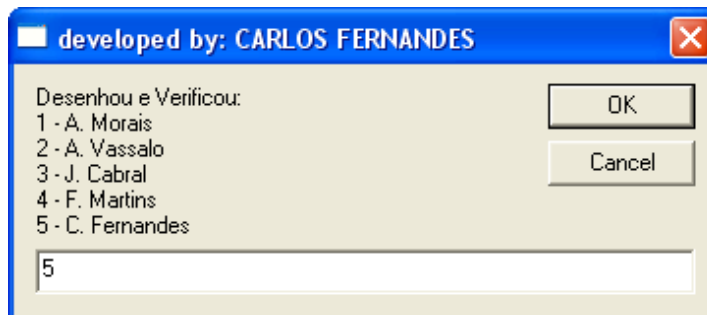


Figura 99 – InputBox preenchimento dos campos ‘Desenhou’ e ‘Verificou’

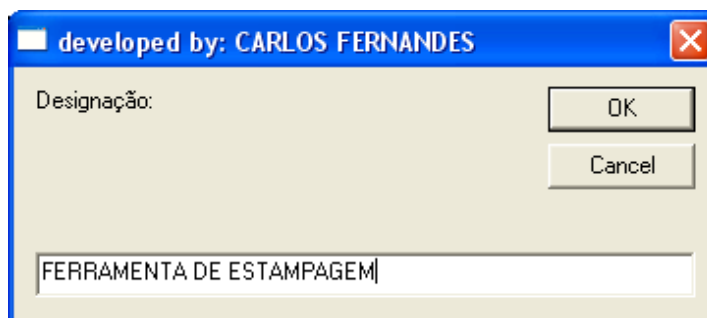


Figura 100 – Preenchimento do campo ‘Designação’

Por outro lado os campos “N/Ref.:" e “Data:” são automaticamente preenchidos, através da informação do desenho em causa bem como as definições locais de data do computador.

A forma de accionamento da macro assenta no descrito nos restantes programas desenvolvidos, ou seja, é accionada por um botão incorporado no módulo de desenho do CATIA V5.

## 4.2 Análise de Resultados

Numa economia cada vez mais competitiva, a necessidade de rentabilizar os recursos torna-se fundamental. A Edaetech por ser uma pequena empresa, o seu sucesso está directamente dependente da capacidade de extracção de produtividade dos seus meios humanos e tecnológicos. Reduzir o tempo gasto em tarefas repetitivas, bem como os erros que estas por vezes introduzem é então essencial.

Nos parágrafos seguintes é feita uma pequena análise e comparação de resultados obtidos com as alterações implementadas.

### 4.2.1 Exportação de Ficheiros IGES

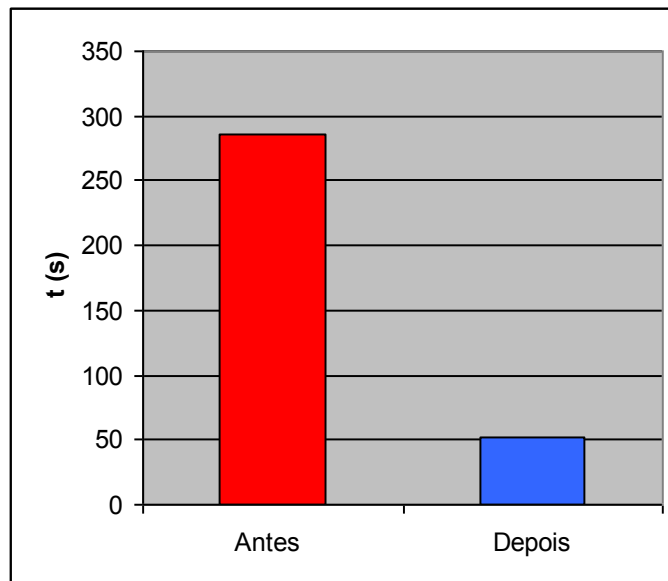


Figura 101 – Comparação de tempos: procedimento anterior vs implementação macro exportação ficheiros IGES

A figura 101 representa a cronometragem da mesma tarefa, realizada com o procedimento habitual da EDAETECH e com a implementação da macro criada pelo autor.

O estudo foi realizado num produto que continha 12 modelos (peças) a exportar. Esta situação é muito comum na preparação de processos, contudo, os ganhos podem ser mais significativos. Quando os projectos têm um número de modelos que ultrapassam a meia centena, a poupança de tempo pode chegar aos 15 min.

### 4.2.2 Exportação de Ficheiros PDF

Na situação da criação de PDF e directórios, a principal vantagem não está no ganho de tempos mas sim na forma como a tarefa é executada. O utilizador não necessita de criar os directórios associados ao ficheiro que pretende exportar. A tarefa é agora mais expedita e isenta de erros, na escolha e na criação errada de directorias.

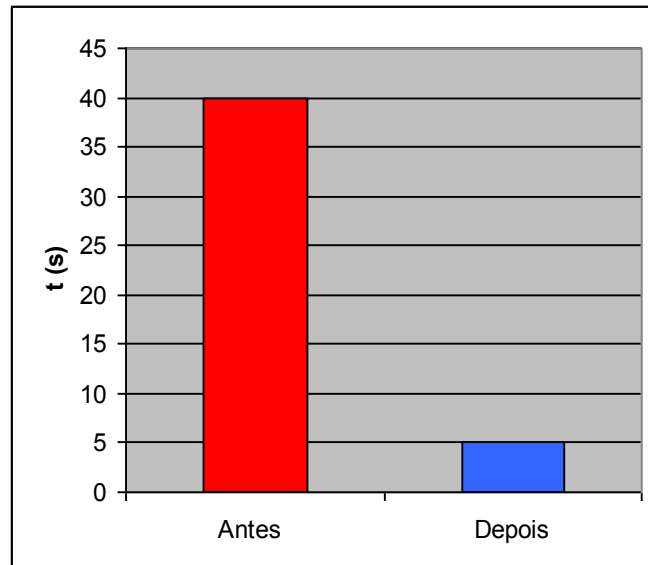


Figura 102 – Comparação de tempos: procedimento anterior vs implementação macro Exportação PDF

A comparação aqui efectuada considera a situação mais desfavorável: necessidade de criação de pastas e posterior exportação de ficheiros. Na prática isto nem sempre é necessário executar o que diminui a diferença de tempos representada.

### 4.2.3 Criação da Lista de Componentes

Criar uma lista de componentes é agora um processo bastante mais eficiente, apesar das carências registadas que futuramente seria interessante colmatar. De destacar a necessidade de gastar tempo adicional na introdução de informação relativa ao material e dimensões dos blocos de matéria-prima. Embora seja uma operação adicional tem como vantagem centralizar a informação permitindo reduzir os erros. A figura 103 representa a comparação do tempo gasto para realizar uma lista de componentes segundo a norma Edaetech para um produto com 94 componentes.

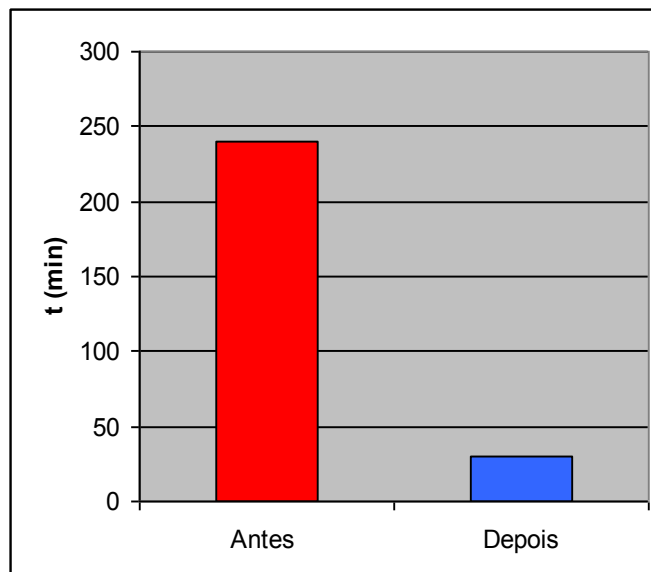


Figura 103 – Comparação de tempos: procedimento anterior vs implementação macro de Criação da Lista de Componentes

#### 4.2.4 Preenchimento de legenda do desenho

A incorporação da macro de preenchimento da legenda do desenho apresenta como vantagem tornar a tarefa mais intuitiva para o utilizador. No gráfico seguinte é apresentada uma cronometragem efectuada aos dois modos de preencher a legenda do desenho.

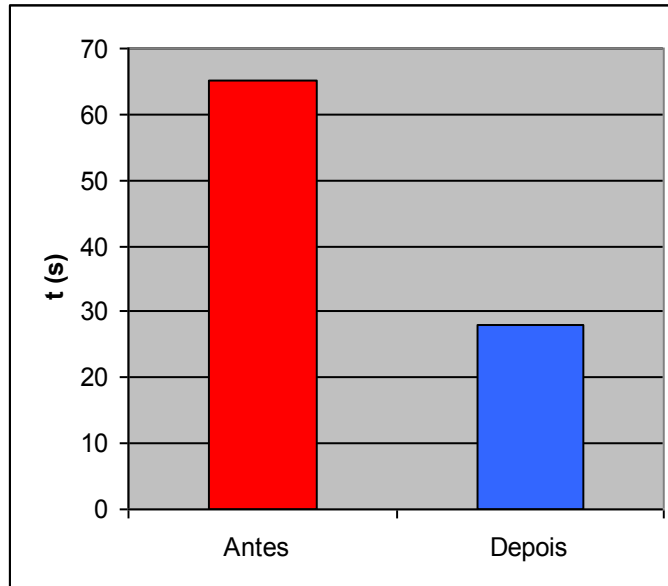


Figura 104 – Comparação de tempos: procedimento anterior vs implementação macro preenchimento de legenda do desenho

#### 4.3 Influência das Alterações introduzidas no tempo dispendido a preparar processos

Para atestar as vantagens e ganhos obtidos com a introdução destas soluções, procedeu-se à cronometragem das tarefas visadas pelas alterações inseridas num projecto de um Meio de Controlo.

O Meio de Controlo é constituído por 94 componentes; tendo um tempo previsto (orçamentado) para concepção e desenvolvimento de 55 horas.

Os ganhos de tempo conseguidos com a alteração de procedimentos na preparação do processo de um projecto são visivelmente elevados (figura 105).

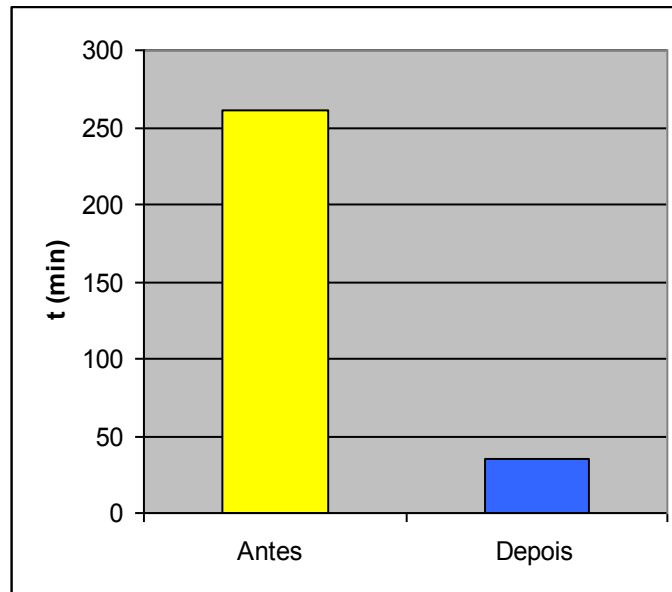


Figura 105 – Comparação de tempos: procedimentos anteriores vs alterações implementadas

Podemos constatar que o tempo ganho foi cerca de 3 h 45 min, a nível percentual conseguiu-se uma melhoria de 6.8% no total do tempo previsto para todo o projecto.

As macros criadas para auxílio à preparação dos processos resulta numa série de vantagens:

- Ganhos de tempo significativos;
- Tarefa mais intuitiva;
- Reduz o risco de erros;
- Rentabilização de meios e recursos;

Como desvantagens as macros apresentam ainda algumas carências do ponto de vista da flexibilidade. Os programas desenvolvidos não permitem o completo controlo por parte do utilizador, um erro na utilização da macro poderá representar a necessidade de repetir a tarefa. Embora não seja comum é um facto que pode ser verificado.



## **Competências Adquiridas**

O trabalho num ambiente industrial permitiu ver a existência de problemas como: tempos de entrega, problemas produtivos e questões económicas e de mercado.

Após este semestre, poderei afirmar que juntei à minha formação um vasto leque de competências que espero serem bastante úteis no futuro.

Trabalho em equipa: percepção da ligação dos diferentes departamentos de uma empresa, bem como a necessidade de comunicação entre os mesmos. Tomada de decisões sob pressão quando confrontado com problemas produtivos associados aos projectos realizados.

Sensibilização para a necessidade de rastreabilidade e organização da informação dos diferentes departamentos de uma empresa visando uma eficaz comunicação.

Abordagem das tecnologias de maquinagem, estampagem, quinagem e corte laser numa vertente prática. Embora o tempo não tenha sido o necessário para uma maturação e real conhecimento, inculcaram sim uma sensibilidade acerca dos mesmos.

Uso de softwares CAD: *CATIA V5* e *AUTOCAD*, sendo estes códigos bastante divulgados podendo ser considerados *standard* na indústria Mecânica.

Aprendizagem de programação de corte laser 2D, através do uso do software *Lantek Expert CAM*. Necessidade da aprendizagem de aspectos tecnológicos relevantes para a programação das máquinas.

Sensibilização para a necessidade de melhoria contínua de procedimentos através da sua alteração ou automação.



## Conclusões

A possibilidade da realização da dissertação em ambiente industrial revelou-se extremamente enriquecedora para um aluno em fase final de formação académica.

A abordagem prática de conceitos estudados ao longo do plano de estudos colocados agora num ponto de vista mais prático da percepção sobre a forma como trabalhar o material.

Se considerar o objectivo principal do estágio, optimização do projecto de processos para produção de protótipos, este jamais estaria concluído. Ideologicamente poderei dizer que: ***Enquanto não existir um simples botão que substitua todo o trabalho humano existirá sempre uma interminável quantidade de soluções que poderão ser estudadas e implementadas.***

Atingir o estado óptimo de agilização dos processos está em contínua mutação (tem de se adaptar ao estado evolutivo das tecnologias) e é conseguido pelo somar de pequenos passos. Esses foram largamente dados durante o estágio, tendo em conta a inexistência de qualquer trabalho realizado até então, neste campo. O ter explorado este campo abriu um cem números de opções e sugestões por parte dos colaboradores que acolheram as macros com agrado.

Como trabalho futuro a possibilidade de se apostar na melhoria das macros já incorporadas assim como o desenvolvimento de outras, dada a extensa lista de ideias e possibilidades que o departamento de engenharia da Edaetech proporciona.



## **Bibliografia**

- [1] [http://www.w3schools.com/vbscript/vbscript\\_ref\\_functions.asp](http://www.w3schools.com/vbscript/vbscript_ref_functions.asp);
- [2] Jones, Don; “*Managing Windows® with VBScript and WMI*”; Addison-Welsey Professional; 2004;
- [3] Morais, José Manuel de Simões; “*Desenho Técnico Básico 3*”; Porto Editora; Dezembro 2007;
- [4] “*Sheet Steel Handbook – Design and fabrication in high strength sheet steel – Edition III*”; SAAB Tunntplat; Gotemburgo; 1996;
- [5] Polack, Antonio Valenciano; “*Manual Prático de Estampagem*”; HEMUS; 2005;
- [6] Santos, A. Dias dos; Duarte, J. Ferreira; Rocha, A. Barata; “*Tecnologia da Embutidura – Princípios e Aplicações*”; INEGI; Porto; Maio 2005;



## **Anexo A – Materiais de Protótipos Produzidos**

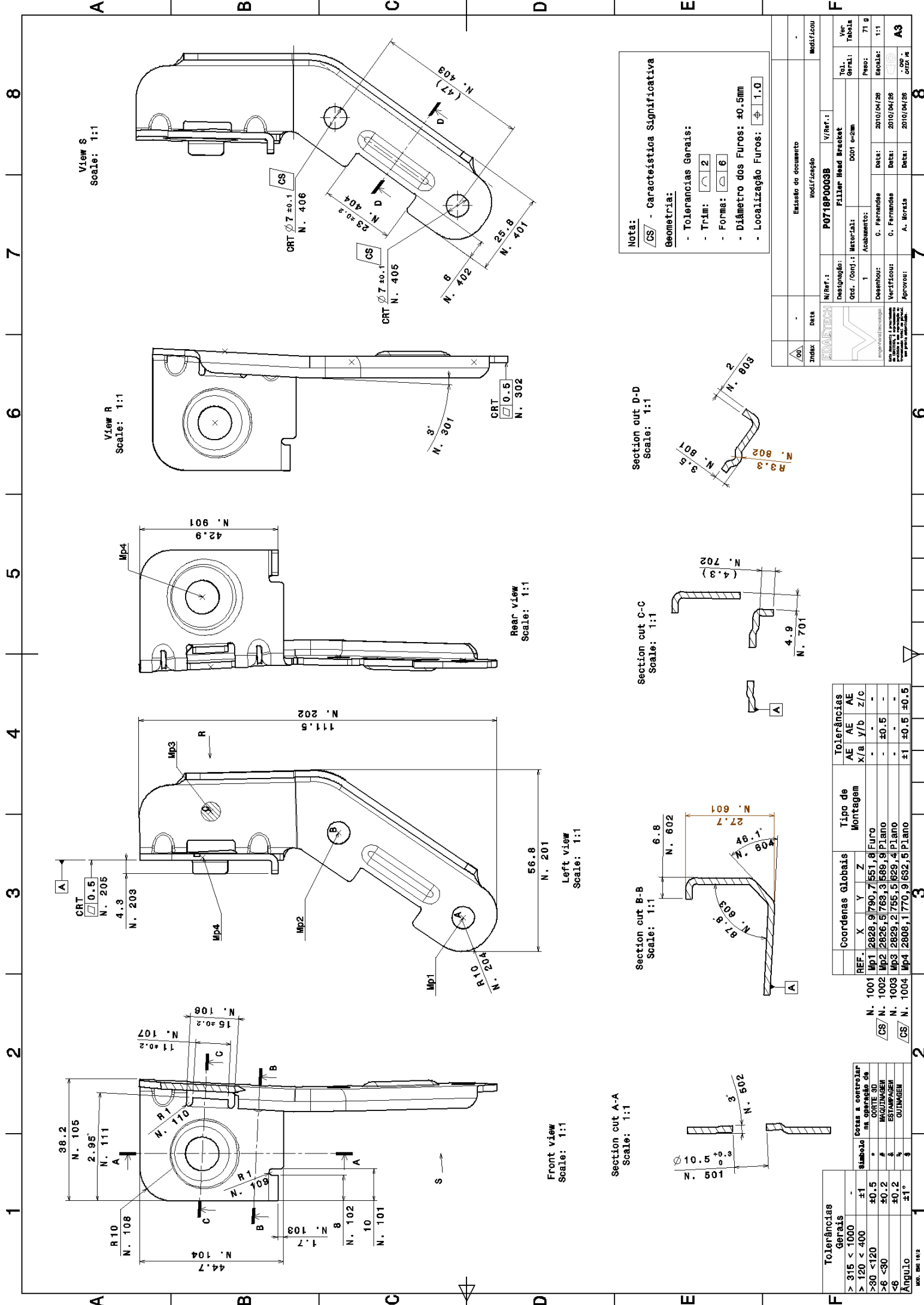
### **Aço DC 01 e=2mm**

COMPOSIÇÃO QUÍMICA (%) – EN 10130						
	C	Mn	Si	P	S	Nb
DC 01	≤0.12	-	-	≤0.045	≤0.045	-

CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS – EN 10130			
	Re (N/mm <sup>2</sup> )	Rm (N/mm <sup>2</sup> )	A80 (%)
DC 01	140-280	270-410	≥28



## **Anexo B – Desenhos de Projectos Realizados**



View S  
Scale: 1:1

View R  
Scale: 1:1

Rear view  
Scale: 1:1

Left view  
Scale: 1:1

Front view  
Scale: 1:1

Section cut A-A  
Scale: 1:1

Section cut B-B  
Scale: 1:1

Section cut C-C  
Scale: 1:1

Section cut D-D  
Scale: 1:1

Nota:  
CS - Característica Significativa

Geometria:

- Tolerâncias Gerais:
- Trím:
- Forma:
- Diâmetro dos Furos: ±0.5mm
- Localização Furos: ± 1.0

Tolerâncias Gerais	Coordenadas Globais	Tipo de Montagem	Tolerâncias				
> 315 < 1000	REF	X	Y	Z	AE	AE	AE
±1	Mp1	2828,9	790,7	551,8	Furo	-	Z/c
> 120 < 400	Mp2	2826,5	763,3	589,9	Pilano	-	-
> 30 < 120	Mp3	2829,2	755,5	629,4	Pilano	-	-
> 6 < 30	Mp4	2808,1	770,9	632,5	Pilano	±1	±0.5 ±0.5
< 6							
Ângulo							

Tolerâncias Gerais	Coordenadas Globais	Tipo de Montagem	Tolerâncias				
> 315 < 1000	REF	X	Y	Z	AE	AE	AE
±1	Mp1	2828,9	790,7	551,8	Furo	-	Z/c
> 120 < 400	Mp2	2826,5	763,3	589,9	Pilano	-	-
> 30 < 120	Mp3	2829,2	755,5	629,4	Pilano	-	-
> 6 < 30	Mp4	2808,1	770,9	632,5	Pilano	±1	±0.5 ±0.5
< 6							
Ângulo							

Índice	Data	Exatidão do documento	Modificação	Modificado
001				

Nº Ref.:	V/Ref.:
P0718P0003B	

Designação:	Designação:
FILLER HEAD BRACKET	

Ord. Comp.:	Material:	Acabamento:	Desenho:	Data:	Proj.:
1	D001 e-2mm		2010/04/28	2010/04/28	71 9

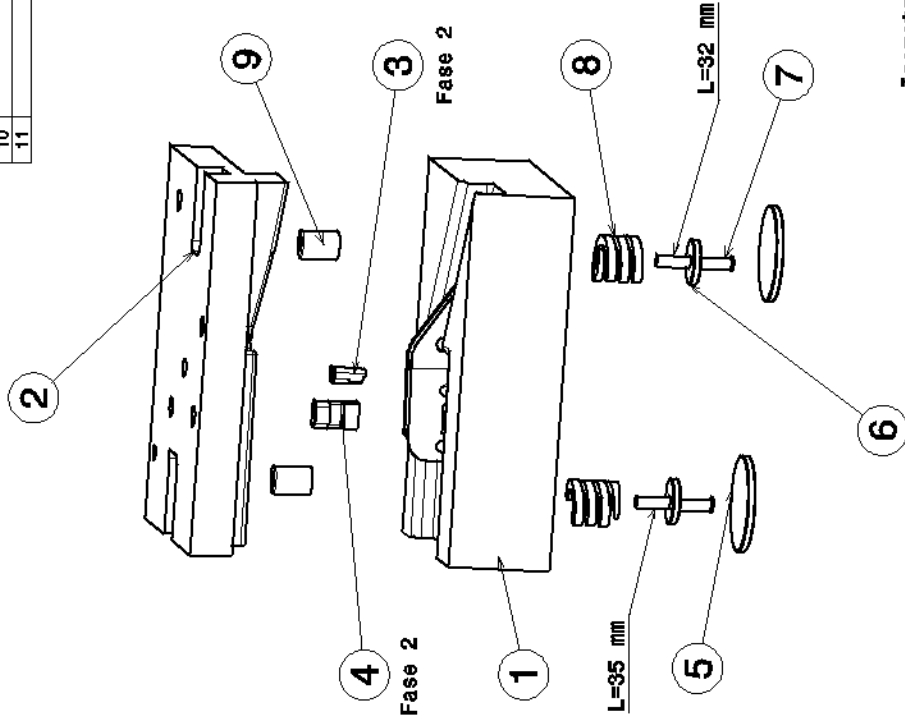
Ver.:	Tab.:
71 9	1:1

Ver.:	Tab.:
71 9	1:1

1 2 3 4 5 6

Lista de Componentes

POS.	DESIGNAÇÃO	CÓDIGO	QTD.	MATERIAL (medidas finais)	OPERAÇÕES			OBS.
					CORTE	TRAB.	TRD.	
1	Matriz	G0718P0003ABB	1	ACO W Nr. 1191 (200x140x56)	---	---	---	
2	Punção	G0718P0003ABC	1	ACO W Nr. 1191 (200x140x36)	---	---	---	
3	Postigo 1	G0718P0003ABD	1	ACO W Nr. 2311	---	---	---	
4	Postigo 2	G0718P0003ABE	1	ACO W Nr. 2311	---	---	---	
5	Elevador	G0718P0003ABF	2	S235 JR e=4mm	---	---	---	
6	ANLinha Mola	G0718P0003ABG	2	S235 JR e=4mm	---	---	---	
7	Punção de Corte HWS DIN 9861 D6.1xH6		2		---	---	---	
8	Mola Ø 925-025		2		---	---	---	
9	Matriz de Corte Lisa DIN 9845 Forma A Ø6.3x20		2		---	---	---	
10					---	---	---	
11					---	---	---	



Isometric view  
Scale: 1:4

TOLERÂNCIAMENTO GERAL SEMIUMO ISO 2768-1										
MELHOR DO	0,5	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	
Até	5	6	90	120	400	1000	2000	4000	8000	
Classe média	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	
Lado mais curto	0 ... 10	10 ... 50	50 ... 120	120 ... 400	400 ...					
Classe média	±1°	±0°30'	±0°20'	±0°10'	±0°5'					

2010/05/13	Modificação da Ferramenta - Novos Postigos	C. Fernandes
-	Emissão do documento	-
Data	Modificação	Modificou
Index		
EDAETECH	N/Ref.: G0718P0003BB	V/Ref.:
	Designação: FERRAMENTA DE ESTAMPAGEM	
	Ord. / Conj.:	Material:
	1	Acabamento:
	Desenhou: C. Fernandes	Data: 2010/04/28
	Verificou: C. Fernandes	Data: 2010/04/28
	Aprovou:	Data:
		Tol. Geral:
		Peso: Kg
		Escala:
		Cap. - OUTA %
		A4

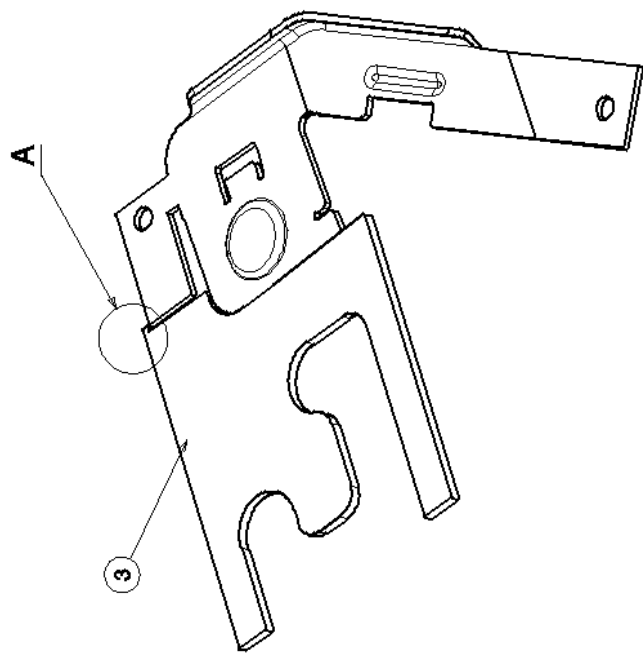
1 2 3 4 5 6

1 2 3 4 5 6

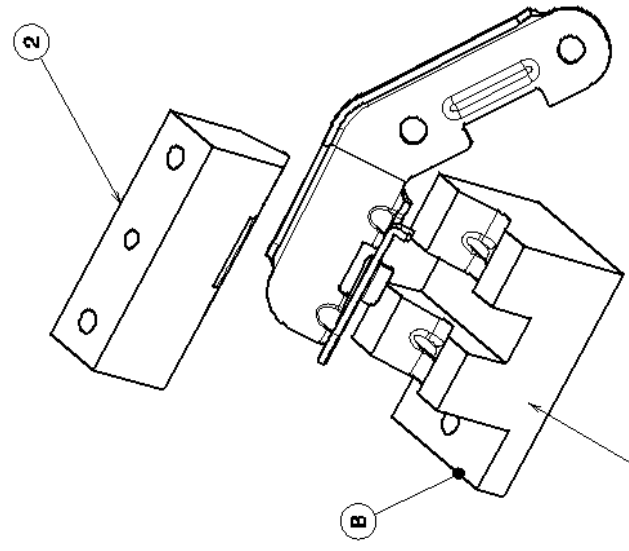
DISTÂNCIA A FACE B DA MATRIZ É ZERO



**Detail A**  
Scale: 2:1



**Isometric view**  
Scale: 1:2



POS.	DESIGNAÇÃO	CÓDIGO	QTD.	MATERIAL		OPERAÇÕES		OBS.
				(medida fixada)	(medida fixada)	CARTE	MAQ.	
1	Matriz	G0718P0003ACB	1	Aço W Nr. 1181	(88x40x38)	---	---	
2	Punção	G0718P0003AGC	1	Aço W Nr. 1181	(88x20x36,87)	---	---	
3	Máscara Guiamento	G0718P0003ACD	1	S235 JR	ø-8mm	---	---	

**Lista de Componentes**

TOLERÂNCIAS DE ACABAMENTO DE ACORDO COM ISO 2768-1									
RAZÃO DE	0,5	3	6	30	120	400	1000	2000	4000
RAZÃO	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3
Classe média	0 ... 10	10 ... 50	50 ... 120	120 ... 400	400 ... 1000	1000 ... 2000	2000 ... 4000	4000 ... 8000	8000 ... 16000
Lado mais curto	±1'	±0*30'	±0*20'	±0*10'	±0*10'	±0*10'	±0*10'	±0*10'	±0*10'
Classe média	±1'	±0*30'	±0*20'	±0*10'	±0*10'	±0*10'	±0*10'	±0*10'	±0*10'

ISO 2768-1

Índice	00	Data		Emissão do documento		Modificação	
Designação:	G0718P0003BC						
Qtzd. /Conj.:	1						
Material:	C. Ferramentas						
Acabamento:	C. Ferramentas						
Desenho:	2010/04/28						
Verificou:	2010/04/28						
Aprovou:	2010/04/28						
				Ferramenta de Guiagem			
Este documento é propriedade da EDAPTECH e não pode ser reproduzido, total ou parcialmente, sem a devida autorização.				Tol. Geral:			
				Peso:			
				Escala:			
				- Dup. - CARTA VE			

A B C D

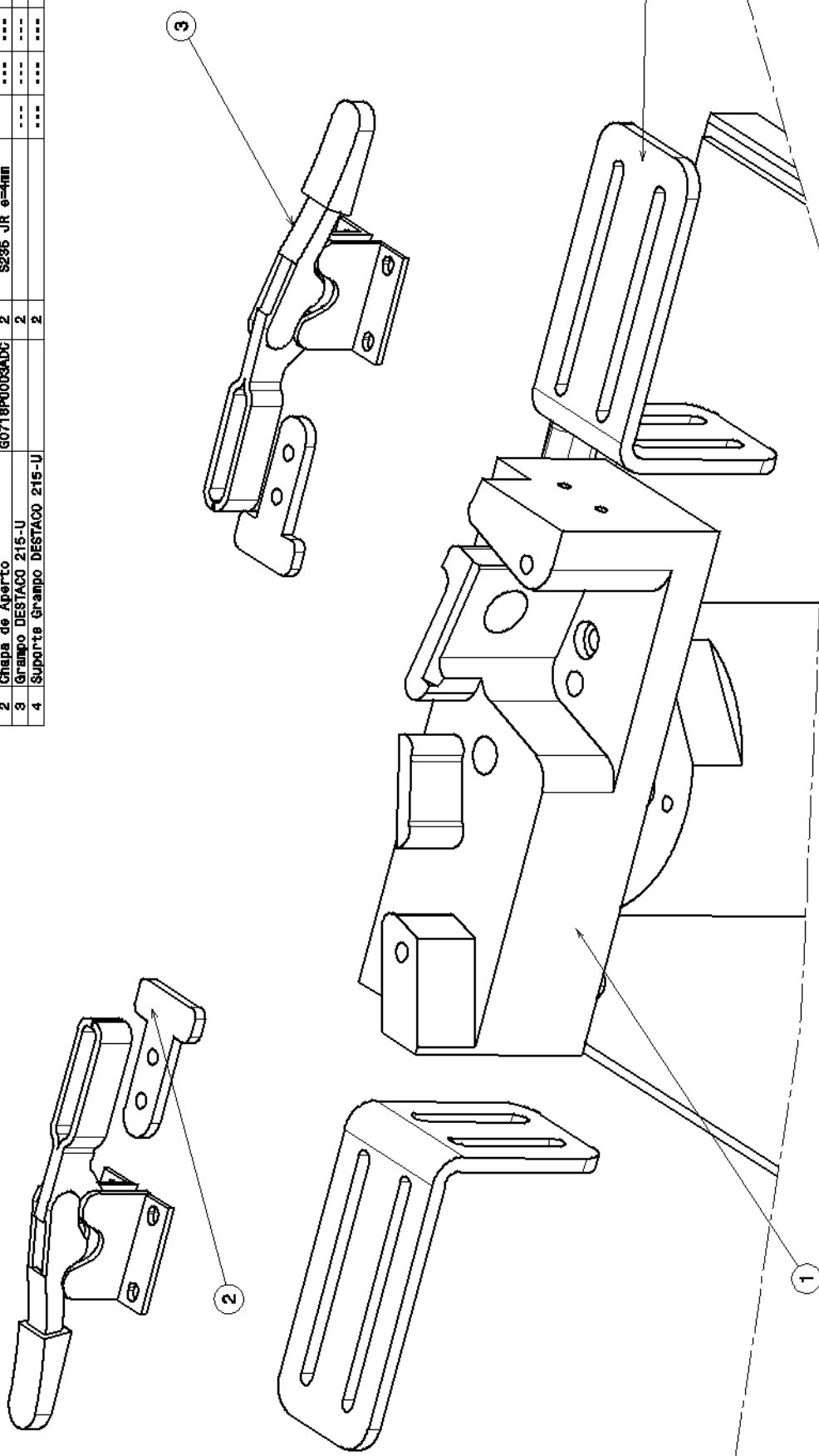
A B C D

1 2 3 4 5 6

1 2 3 4 5 6

A B C D

POS.	DESTINAÇÃO	CÓDIGO	QTD.	MATERIAL (medida 7/16/15)	OPERAÇÕES			OBS.
					CONTI	PROR	BLISS	
1	Gabarit	G0718P0003ADB	1	AL 5083 (180x62x68)	***	***	***	
2	Chapa de Aperto	G0718P0003ADC	2	S235 JR e=4mm	***	***	***	C2D-Roscagen
3	Grampo DESTACO 215-U		2		***	***	***	
4	Supporte Grampo DESTACO 215-U		2		***	***	***	



Isometric view  
Scale: 1:2

TOLERÂNCIAMENTO GERAL SEGUNDO ISO 2768-1										
Menor de	0.6	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	8000
Até	0.6	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	8000
Classe média	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±1.6	±2	±3
Lado mais quarto	0	...	10	...	50	80	...	150	...	400
Classe média	±1°	±0°30'	±0°30'	±0°20'	±0°10'	±0°10'	±0°10'	±0°10'	±0°5'	±0°5'

Index	Data	Emissão do documento	Modificação	Modificou
00				

N/Ref.:	V/Ref.:
G0718P0003BD	

Designação:	Material:	Acabamento:	C. Fernandes	Data:	2010/04/28	Tol. Geral:
1						

Desenhou:	Verificou:	Aprovou:	Peso:	Escala:
			Kg	1:2

Proj.:	Data:	Proj.:	Data:

1 2 3 4 5 6



## **Anexo C – Componentes Standard utilizados nos projectos**

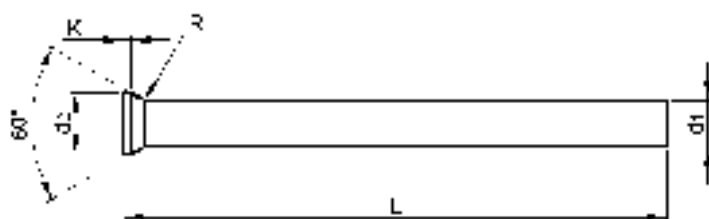


# Normalizados para a Indústria de Ferramentas

## Punções de Precisão WS

### EXEMPLO DE PEDIDO

SSPP-WS Ø6x80



### Tipo

SSPP-WS  
DIN 9881  
Forma DA - WS

### Material

WS = Aço ao Carbono

### Dureza

Cabeça: 45 ± 5 HRC  
Corpo: 60 – 62 HRC

### Execução

Rectificado - Polido  
Cabeça estampada a quente

$d_1$ $h_8$	$L$ $+0,5$	$d_2$	$k$ $+0,2$
0,5	70 - 80	0,9	0,2
0,55		1,0	
0,6		1,1	
0,65		1,2	
0,7 - 0,75		1,3	
0,8 - 0,85	70 - 80 - 100	1,4	0,4
0,9 - 0,95		1,6	
1,0 - 1,1	71 80 100	1,8	0,5
1,15 - 1,3		2,0	
1,35 - 1,5		2,2	
1,55 - 1,7		2,5	
1,75 - 1,9		2,8	
1,95 - 2,0		3,0	
2,05 - 2,2		3,2	
2,25 - 2,5		3,5	
2,55 - 2,95		4,0	
3,0 - 3,4		4,5	
3,5 - 3,9	5,0		
4,0 - 4,4	5,5		
4,5 - 4,9	6,0		
5,0 - 5,4	6,5		
5,5 - 5,9	7,0		
6,0 - 6,4	8,0		
6,5 - 7,4	9		
7,5 - 8,4	10		
8,5 - 9,4	11	1,0	
9,5 - 10,4	12		
10,5 - 11,4	13		
11,5 - 12,4	14		
12,5 - 13,4	15		
13,5 - 14,4	16	1,5	
14,5 - 15,4	17		
15,5 - 16,4	18		
16,5 - 17,4	19		
17,5 - 18,4	20		
18,5 - 19,4	21		
19,5 - 20,4	22		
20,5 - 21,4	23		
21,5 - 22,4	24		
22,5 - 23,4	25		
23,5 - 24,4	26		
24,5 - 25,4	27		

Revestimento TIN sob pedido

Sociedade de Produtos Normalizados e Acessórios para a Indústria, Lda

Edifício VIA NORTE – Rua do Espido, 164 B 4470-177 MAIA Tlf: 22 943 86 30 Fax: 22 944 00 81  
supranor@supraportugal.com – www.supranor.com

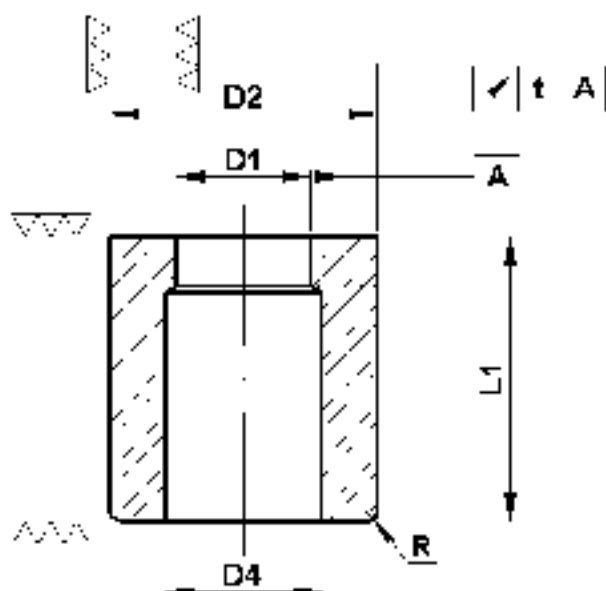


# Normalizados para a Indústria de Ferramentas

## Matriz de Corte Lisa

### EXEMPLO DE PEDIDO

SSMC-L Ø4,5x20mm



### Tipo

SSMC-L  
DIN 9845  
Forma A

### Material

HWS

### Dureza

60±2 HRC

### Execução

Temperada e  
revenida

D1 (H8)	D2 (n6)	D4 ±0,1	L1+0 +0,3		Progressão
0,8 – 1,0	5	d1+0,3			0,1
1,1 – 2,0	6	d1+0,3			0,1
2,0 – 3,3	7	d1+0,5	20	28	0,1
3,1 – 4,0	8	d1+0,5	20	28	0,1
4,1 – 5,0	10	d1+0,7	20	28	0,1
5,1 – 6,0	12	d1+0,7	20	28	0,1
6,1 – 8,0	15	d1+0,7	20	28	0,1
8,1 – 10	18	d1+1,0	20	28	0,1
10,1 – 12	22	d1+1,0	20	28	0,1
12,1 – 15	26	d1+1,0	20	28	0,1
15,5 – 18	30	d1+1,0		28	0,5
18,5 – 22	35	d1+1,0		28	0,5
22,5 – 26	42	d1+1,0		28	0,5
26,5 – 30	48	d2+2,0			0,5

Medidas centesimais sob pedido.

Sociedade de Produtos Normalizados e Acessórios para a Indústria, Lda

Edifício VIA NORTE – Rua do Espido, 164 B 4470-177 MAIA Tlf: 22 943 86 30 Fax: 22 944 00 81  
supranor@supraportugal.com – www.supranor.com



## **Anexo D – Código de Macros Programadas**

### **`Criar Directórios e Exportar IGES**

```
Language="VBSCRIPT"

Sub CATMain ()

Dim CATProdDoc As ProductDocument
Dim CATProd As Product
Dim CATObject As AnyObject
Dim i As Integer
Dim Msg As String
Dim Filter(0)
Dim dummy
Dim nome as string
Dim directorioi as string
Dim directorioj as string
Dim clientei as string
Dim clientej as string

Set CATProdDoc = CATIA.ActiveDocument
Msg = "Please Select a Product"
Filter(0) = "Product"
Set dummy = CATProdDoc
Call dummy.Selection.SelectElement2(Filter, Msg, False)
Set CATObject = CATProdDoc.Selection.Item(1).Value
Set CATProd = CATObject

nome=CATProd.Name
clientei=Left(nome,5)
clientej=Right(clientei,4)
directorioi=Left(nome,11)
directorioj=Right(directorioi,10)

'Criação de Pastas
dim filesys, folder, folderp, folderdxf, folderpdf, folderdxml,
folderigs, path, pathp, pathdxf, pathpdf, pathdxml, pathigs
path = "\\Ntedaetech\Engenharia\Projectos Partilhados\" &
clientej
pathp= "\\Ntedaetech\Engenharia\Projectos Partilhados\"&
clientej & "\P" & directorioj
pathdxf = "\\Ntedaetech\Engenharia\Projectos Partilhados\" &
clientej & "\P" & directorioj & "\DXF"
pathpdf = "\\Ntedaetech\Engenharia\Projectos Partilhados\" &
clientej & "\P" & directorioj & "\PDF"
pathdxml = "\\Ntedaetech\Engenharia\Projectos Partilhados\" &
clientej & "\P" & directorioj & "\3DXML"
pathigs = "\\Ntedaetech\Engenharia\Projectos Partilhados\" &
clientej & "\P" & directorioj & "\IGES"
Set filesys=CreateObject("Scripting.FileSystemObject")
If Not filesys.FolderExists(path) Then
```

```
Set folder = filesystem.CreateFolder(path)
End If

Set filesystem=CreateObject("Scripting.FileSystemObject")
If Not filesystem.FolderExists(pathp) Then
Set folderp = filesystem.CreateFolder(pathp)
End If

Set filesystem=CreateObject("Scripting.FileSystemObject")
If Not filesystem.FolderExists(pathdxf) Then
Set folderp = filesystem.CreateFolder(pathdxf)
End If

Set filesystem=CreateObject("Scripting.FileSystemObject")
If Not filesystem.FolderExists(pathpdf) Then
Set folderp = filesystem.CreateFolder(pathpdf)
End If

Set filesystem=CreateObject("Scripting.FileSystemObject")
If Not filesystem.FolderExists(pathpdf) Then
Set folderp = filesystem.CreateFolder(pathpdf)
End If

Set filesystem=CreateObject("Scripting.FileSystemObject")
If Not filesystem.FolderExists(pathdxml) Then
Set folderp = filesystem.CreateFolder(pathdxml)
End If

Set filesystem=CreateObject("Scripting.FileSystemObject")
If Not filesystem.FolderExists(pathigs) Then
Set folderp = filesystem.CreateFolder(pathigs)
End If

CATProdDoc.ExportData pathdxml & "\" & nome,"3dxml"

MsgBox "Pastas Criadas"

'Selecção de Componentes a Exportar

Dim InputObjectType(0)
Dim InputDocType(0)

InputDocType(0) = "Part"
Set ActiveDoc = CATIA.ActiveDocument
Set ActDocSel = ActiveDoc.Selection

Do

Result = ActDocSel.SelectElement2(InputDocType, "Seleccionar
Componente", False)
```

```
If Result = "Cancel" Then
    MsgBox ("Exportado!")
    Exit Sub
End If

Set componente =
CATIA.Documents.Item(ActDocSel.Item(1).value.name &
".CATPart")

nomePart=componente.Name

componente.ExportData pathigs & "\" & nomePart,"igs"

Loop
End Sub
```

### **`Criar Directórios e Exportar PDF**

```
Language="VBSCRIPT"

Sub CATMain ()

Dim CATDrw As Drawing
Dim CATDnome As String
Dim i As Integer
Dim CATFilter(0)
Set CATDrw = CATIA.ActiveDocument
Set CATDnome=CATDrw

Dim nome as string
Dim directorioi as string
Dim directorioj as string
Dim clientei as string
Dim clientej as string
nome=CATDnome.Name
clientei=Left(nome,5)
clientej=Right(clientei,4)
directorioi=Left(nome,11)
directorioj=Right(directorioi,10)

' Criação de Pastas
dim filesys, folder, folderp, folderdxf, folderpdf, folderdxml,
folderigs, path, pathp, pathdxf, pathpdf, pathdxml, pathigs
path = "\\Ntedaetech\Engenharia\Projectos Partilhados\" &
clientej
pathp= "\\Ntedaetech\Engenharia\Projectos Partilhados\"&
clientej & "\P" & directorioj
pathdxf = "\\Ntedaetech\Engenharia\Projectos Partilhados\" &
clientej & "\P" & directorioj & "\DXF"
```

```
pathpdf = "\\Ntedaetech\Engenharia\Projectos Partilhados\" &  
clientej & "\P" & directorioj & "\PDF"  
pathxml = "\\Ntedaetech\Engenharia\Projectos Partilhados\" &  
clientej & "\P" & directorioj & "\3DXML"  
pathigs = "\\Ntedaetech\Engenharia\Projectos Partilhados\" &  
clientej & "\P" & directorioj & "\IGES"  
Set filesys=CreateObject("Scripting.FileSystemObject")  
If Not filesys.FolderExists(path) Then  
Set folder = filesys.CreateFolder(path)  
End If
```

### **'Criação de Lista de Componentes - Módulo Assembly**

```
Language="VBSCRIPT"
```

```
Sub CATMain()
```

```
Dim oRootProduct As Product  
Set oRootProduct = CATIA.ActiveDocument.Product  
sFileName = oRootProduct.Parent.FullName  
mFile=Left(sFileName,Len(sFileName)-11)  
Dim InputObjectType(0)  
Dim InputDocType(0)
```

```
InputDocType(0) = "Product"
```

```
Set ActiveDoc = CATIA.ActiveDocument  
Set ActDocSel = ActiveDoc.Selection
```

```
Dim Excel As Excel.Application
```

```
Set Excel = CreateObject("Excel.Application")  
strFileName = "\\Ntedaetech\Engenharia\CATIA\MACROS\Lista de  
Componentes.xls"  
Excel.Workbooks.Add strFileName  
Excel.Application.Visible = True  
Dim EXCELWSH As worksheet  
Set EXCELWSH = Excel.ActiveSheet
```

```
'Preenchimento de Folha Excel Activa
```

```
Dim k as integer  
n=5
```

```
Do
```

```
Resultado = ActDocSel.SelectElement2(InputDocType,  
"Seleccionar CATPart - MACRO EDAETECH", False)  
If Resultado = "Cancel" Then  
EXCELWSH.SaveAs mFile  
Excel.Quit  
MsgBox "BOM Criado!",1,"developed by: CARLOS FERNANDES"  
Exit Sub
```

```
End If

quantidade=0

Set componente = ActDocSel.item(1).value
numeroPart=componente.PartNumber

For i = 1 to oRootProduct.Products.Count
Set oChildProduct = oRootProduct.Products.Item(i)
documents=oChildProduct.PartNumber
If numeroPart=documents Then
quantidade = quantidade +1
End If
For j=1 to oChildProduct.Products.Count
Set oChildProduct2 = oChildProduct.Products.Item(j)
documents=oChildProduct2.PartNumber
If numeroPart=documents Then
quantidade = quantidade +1
End If
For k=1 to oChildProduct2.Products.Count
Set oChildProduct3 = oChildProduct2.Products.Item(k)
documents=oChildProduct3.PartNumber
If numeroPart=documents Then
quantidade = quantidade +1
End If
For l=1 to oChildProduct3.Products.Count
Set oChildProduct4 = oChildProduct3.Products.Item(l)
documents=oChildProduct4.PartNumber
If numeroPart=documents Then
quantidade = quantidade +1
End If
For m=1 to oChildProduct4.Products.Count
Set oChildProduct5 = oChildProduct4.Products.Item(m)
documents=oChildProduct5.PartNumber
If numeroPart=documents Then
quantidade = quantidade +1
End If
Next
Next
Next
Next
Next

designacao = componente.name
codigo = componente.partnumber
material = componente.definition

Excel.Cells(n, 1).Value =n-4
Excel.Cells(n, 2).Value = designacao
Excel.Cells(n, 3).Value = codigo
Excel.Cells(n, 4).Value = quantidade
Excel.Cells(n, 5).Value = material
```

```
n=n+1  
Loop
```

```
End Sub
```

### **'Criação de Lista de Componentes - Módulo Drafting**

```
Language="VBSCRIPT"
```

```
Sub CATMain()
```

```
Dim oDocument As Document  
Dim oDrawingDoc As DrawingDocument  
Dim oDrawingSheets As DrawingSheets  
Dim oDrawingSheet As DrawingSheet  
Dim oDrawingViews As DrawingViews  
Dim oDrawingView As DrawingView  
Dim oDrawingTables As DrawingTables  
Dim oDrawingTable As DrawingTable  
Dim oBackgroundView As DrawingView  
'Activar Desenho  
Set oDocument = CATIA.ActiveDocument  
sFileName = oDocument.FullName  
sFile=Left(oDocument.Name,Len(oDocument.Name)-11)  
mFile=Left(sFileName,Len(sFileName)-11) & ".xls"
```

```
'Definir Variáveis  
Set oDrawingDoc = CATIA.ActiveDocument  
Set oDrawingSheets = oDrawingDoc.Sheets  
Set oDrawingSheet = oDrawingSheets.ActiveSheet  
Set oDrawingViews = oDrawingSheet.Views  
Set oBackgroundView = oDrawingViews.Item("Background View")  
Set oDrawingTables = oBackgroundView.Tables
```

```
For n = 1 To oDrawingTables.Count  
Set oDrawingTable = oDrawingTables.Item(n)  
If oDrawingTable.Name = "Table.10" Then  
End If  
Next
```

```
oDrawingTable.ComputeMode = CatTableComputeOFF
```

```
Dim Excel As Excel.Application  
Set Excel = CreateObject("Excel.Application")  
Excel.Workbooks.Add mFile  
Dim EXCELWSH As worksheet  
Set EXCELWSH = Excel.ActiveSheet  
Excel.Application.Visible = True  
numeropeças=inputBox("Número de Peças")
```

```
'Preenche Tabela
For n = 1 To numeropecas
Set Designacao=EXCELWSH.Cells(n+4,2)
Set Codigo=EXCELWSH.Cells(n+4,3)
Set Quantidade=EXCELWSH.Cells(n+4,4)
Set Material=EXCELWSH.Cells(n+4,5)
Set Corte=EXCELWSH.Cells(n+4,6)
Set MaqProg=EXCELWSH.Cells(n+4,7)
Set MaqBloco=EXCELWSH.Cells(n+4,8)
Set MaqProd=EXCELWSH.Cells(n+4,9)
Set Observacoes=EXCELWSH.Cells(n+4,10)

Designacaostr=Design.Text
Codigostr=Codigo.Text
Quantstr=Quant.Text
Materialstr=Material.Text
Cortestr=Corte.Text
MaqProgstr=MaqProg.Text
MaqBlocostr=MaqBloco.Text
MaqProdstr=MaqProd.Text
Observacoesstr=Obs.Text

Call oDrawingTable.SetCellString(n + 4,2,Designstr)
Call oDrawingTable.SetCellString(n + 4,3,Codigostr)
Call oDrawingTable.SetCellString(n + 4,4,Quantstr)
Call oDrawingTable.SetCellString(n + 4,5,Materialstr)
Call oDrawingTable.SetCellString(n + 4,6,Cortestr)
Call oDrawingTable.SetCellString(n + 4,7,MaqProgstr)
Call oDrawingTable.SetCellString(n + 4,8,MaqBlocostr)
Call oDrawingTable.SetCellString(n + 4,9,MaqProdstr)
Call oDrawingTable.SetCellString(n + 4,10,Observacoesstr)

Next

numerolinhas=numeropecas+7
For n = numlinhasdel To oDrawingTable.NumberOfRows
oDrawingTable.RemoveRow numerolinhas
Next

Excel.Workbooks.Close
Excel.Quit

oDrawingTable.ComputeMode=CatTableComputeON
CATIA.ActiveWindow.ActiveViewer.Reframe

End Sub
```

## **'Atribuição de Material e Extração de Dimensões dos Componentes**

```
Sub CATMain()  
  
Dim oRootProduct As Product  
Set oRootProduct = CATIA.ActiveDocument.Product  
sFileName = oRootProduct.Parent.FullName  
mFile=Left(sFileName,Len(sFileName)-11)  
  
Dim InputObjectType(0)  
Dim InputDocType(0)  
Dim InputObjectType1(0)  
Dim InputObjectType2(0)  
Dim InputObjectType3(0)  
Dim InputObjectType4(0)  
Dim InputObjectType5(0)  
Dim InputObjectType6(0)  
Dim InputDocType7(0)  
  
Dim A(2) As Variant  
  
InputDocType(0) = "Product"  
  
Set ActiveDoc = CATIA.ActiveDocument  
Set ActDocSel = ActiveDoc.Selection  
  
Do  
Result = ActDocSel.SelectElement2(InputDocType, "Seleccionar  
Componente - MACRO EDAETECH", False)  
  
If Result = "Cancel" Then  
MsgBox ("Concluído!")  
Exit Sub  
End If  
  
Set WorkDoc = ActDocSel.item(1).value  
  
Dim visPropertySet1 As VisPropertySet  
Set visPropertySet1 = ActDocSel.VisProperties  
visPropertySet1.SetShow 0  
  
material=inputbox("Material:"& vbCrLf &"1 - W. Nr. 1.1191"&  
vbCrLf & "2 - W. Nr. 1.2311"& vbCrLf & "3 - Varão W. Nr.  
1.2311"& vbCrLf &"4 - Alum. 5083"& vbCrLf & "5 - Alum. 7075"&  
vbCrLf & "6 - NECURON 1300"& vbCrLf & "7 - LAB  
1000","developed by: CARLOS FERNANDES")  
  
If material="1" Then  
materialdefinition="W. Nr. 1.1191"  
densidade=7860  
End If
```

```
If material="2" Then
materialdefinition="W. Nr. 1.2311"
densidade=7860
End If
If material="3" Then
materialdefinition="Varão W. Nr. 1.2311"
densidade=7860
End If
If material="4" Then
materialdefinition="Alum. 5083"
densidade=2710
End If
If material="5" Then
materialdefinition="Alum. 7075"
densidade=2710
End If
If material="6" Then
materialdefinition="NECURON 1300"
densidade=1150
End If
If material="7" Then
materialdefinition="LAB 1000"
densidade=1670
End If
If Result = "Cancel" Then
MsgBox ("Concluído!")
Exit Sub
End If

`Primeira Dimensão
Dim selection As Selection
Set selection = CATIA.ActiveDocument.Selection
CATIA.ActiveDocument.Selection.Clear
InputObjectType1(0) = "AnyObject"
Status = selection.SelectElement2(InputObjectType1,
"Seleccionar Face 1", True)
If (Status = "cancel") Then Exit Sub
Set FirstFace = selection.Item(1).Value
selection.Clear
InputObjectType2(0)="Face"
Status=Selection.SelectElement2(InputObjectType2,"Seleccionar
Face 2",true)
if (Status = "cancel") then Exit Sub
Set SecondFace = Selection.Item(1).Value
Dim TheSPAWorkbench As Workbench
Set TheSPAWorkbench = CATIA.ActiveDocument.GetWorkbench (
"SPAWorkbench" )
Dim Measure As Measurable
Set Measure = TheSPAWorkbench.GetMeasurable(FirstFace)
Dim MinimumDistance1 As double
MinimumDistance1 = Measure.GetMinimumDistance(SecondFace)
distancial=MinimumDistance1
```

```
Selection.Clear
IntMsgRtrn =MsgBox ("*" & FormatNumber(distancia1,2),1)

'Segunda Dimensão
Dim selection1 As Selection
Set selection1 = CATIA.ActiveDocument.Selection
CATIA.ActiveDocument.Selection.Clear
InputObjectType3(0) = " AnyObject "
Status1 = selection1.SelectElement2(InputObjectType3,
"Seleccionar Face 1", True)
If (Status = "cancel") Then Exit Sub
Set FirstFace1 = selection.Item(1).Value
selection.Clear
InputObjectType4(0)=" AnyObject "
Status1=Selection1.SelectElement2(InputObjectType4,"Selecciona
r Face 2",true)
if (Status = "cancel") then Exit Sub
Set SecondFace1 = Selection.Item(1).Value
Dim TheSPAWorkbench1 As Workbench
Set TheSPAWorkbench1 = CATIA.ActiveDocument.GetWorkbench (
"SPAWorkbench" )
Dim Measure1 As Measurable
Set Measure1 = TheSPAWorkbench1.GetMeasurable(FirstFace1)
Dim MinimumDistance2 As double
MinimumDistance2 = Measure1.GetMinimumDistance(SecondFace1)
distancia2=MinimumDistance2
Selection1.Clear
IntMsgRtrn =MsgBox (FormatNumber(distancia1,2) & vbCrLf & "*"
& FormatNumber(distancia2,2),1)

'Terceira Dimensão
Dim selection2 As Selection
Set selection2 = CATIA.ActiveDocument.Selection
CATIA.ActiveDocument.Selection.Clear
InputObjectType5(0) = " AnyObject "
Status2 = selection2.SelectElement2(InputObjectType5,
"Seleccionar Face 1", True)
If (Status = "cancel") Then Exit Sub
Set FirstFace2 = selection2.Item(1).Value
selection2.Clear
InputObjectType6(0)=" AnyObject "
Status2=Selection2.SelectElement2(InputObjectType6,"Selecciona
r Face 2",true)
if (Status = "cancel") then Exit Sub
Set SecondFace2 = Selection2.Item(1).Value
Dim TheSPAWorkbench2 As Workbench
Set TheSPAWorkbench2 = CATIA.ActiveDocument.GetWorkbench (
"SPAWorkbench" )
Dim Measure2 As Measurable
Set Measure2 = TheSPAWorkbench2.GetMeasurable(FirstFace2)
Dim MinimumDistance3 As double
```

```
MinimumDistance3 = Measure2.GetMinimumDistance(SecondFace2)
distancia3=MinimumDistance3
Selection2.Clear
IntMsgRtrn =MsgBox (FormatNumber(distancia1,2) & vbCrLf &
FormatNumber(distancia2,2) & vbCrLf & "*" &
FormatNumber(distancia3,2),1)

A(0) = distancia1
A(1) = distancia2
A(2) = distancia3
num = 3
For i = 0 To num - 1
    For j = i + 1 To num - 1
        If FormatNumber(A(i),0) / FormatNumber(A(j),0)<1 Then
            temp = A(j)
            A(j) = A(i)
            A(i) = temp
        End If
    Next
Next

d1=FormatNumber(A(0),2)
d2=FormatNumber(A(1),2)
d3=FormatNumber(A(2),2)

If Right(d1,3)=",00" Then
distanciaf1=Left(d1,len(d1)-3)
Else
distanciaf1=d1
End If

If Right(d2,3)=",00" Then
distanciaf2=Left(d2,len(d2)-3)
Else
distanciaf2=d2
End If

If Right(d3,3)=",00" Then
distanciaf3=Left(d3,len(d3)-3)
Else
distanciaf3=d3
End If
Peso=distancia1*distancia2*distancia3*densidade/1000000000
Pesof=FormatNumber(Peso,3)
WorkDoc.Definition=materialdefinition & " (" & distanciaf1 &
"x" & distanciaf2 & "x" & distanciaf3 & ")"
WorkDoc.Nomenclature=Pesof

Set ActiveDoc1 = CATIA.ActiveDocument
Set ActDocSell = ActiveDoc1.Selection
InputDocType7(0) = "Product"
```

```
Result1 = ActDocSell.SelectElement2(InputDocType7,  
"Seleccionar Componente - MACRO EDAETECH", False)  
  
If Result1 = "Cancel" Then  
    MsgBox ("Concluído!")  
    Exit Sub  
End If  
coiso=0  
  
Set WorkDoc1 = ActDocSell.item(1).value  
  
Dim visPropertySet2 As VisPropertySet  
Set visPropertySet2 = ActDocSell.VisProperties  
  
visPropertySet1.SetShow 1  
  
Loop  
  
End Sub
```