



Mestrado em Engenharia da Conceção e Desenvolvimento de  
Produto

***Otimização de Fabrico numa Cutelaria***

***Empresa: Jorge e Ramalho, Lda.***

**Adriana Castelão Neto**

Leiria, setembro de 2017





Mestrado em Engenharia da Conceção e Desenvolvimento de  
Produto

***Otimização de Fabrico numa Cutelaria***

***Empresa: Jorge e Ramalho, Lda.***

**Adriana Castelão Neto**

Dissertação de Mestrado realizada sob a orientação do Doutor Fábio Jorge Pereira Simões, Professor da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria.

Leiria, setembro de 2017

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Agradecimentos

---

Para a realização deste estudo foi indispensável a colaboração da empresa JERO. É de salientar a ajuda de todos os colaboradores, em especial da seção de corte e serralharia, assim como o apoio por parte da administração da empresa.

É de mencionar o grande contributo da empresa Triumph que me facultou dados e bastante completos sobre as suas máquinas laser e informações sobre o procedimento envolvido na aquisição e manutenção das mesmas.

Um especial agradecimento ao Eng. José Fernandes por todo o apoio prestado na disponibilização de informações e esclarecimentos importantes para este projeto, ao meu tutor Prof. Fábio Simões pela organização e orientação do projeto, ao meu pai Vitor Neto pela paciência e trabalho com a correção dos textos ao longo do projeto e ao Paulo Constantino pela revisão e aperfeiçoamento dos textos.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Resumo

---

Este projeto compreende a análise e otimização dos processos de corte de placas de aço, primeiramente, num sentido geral de uma cutelaria e posteriormente focado na cutelaria específica JERO – Jorge e Ramalho, Lda. sedeadada na Benedita.

Para uma fácil compreensão de como funciona a indústria couteira é feita uma descrição de todo o processo produtivo de uma faca. Este estudo é centrado no levantamento do processo de corte de chapa na secção de corte da cutelaria, em especial na empresa JERO, só após um levantamento profundo das necessidades e dos encargos associados ao tipo de maquinaria utilizada e de uma abordagem aos vários processos disponíveis no mercado é feita uma seleção desses processos de corte de chapa de forma a encontrar o melhor para esta empresa. O corte a laser através da fibra ótica, como será explicado no decorrer deste estudo, é um processo que se destaca pela fácil utilização, produtividade, rapidez e qualidade de corte e também baixo custo de operação e manutenção. Posteriormente este processo será comparado com os atuais processos utilizados pela JERO em termos de funcionamento da tecnologia, da rentabilidade económica e das características comerciais da empresa.

Com este projeto foi possível concluir que o investimento necessário para a aquisição de uma máquina laser TruLaser 3030 fiber 4kW da Triumph requer um volume de vendas superior ao atual produzido pela JERO de forma a tirar as mais valias da utilização desta nova tecnologia.

**Palavras-chave:** cutelaria; processos de corte de chapa metálica tradicionais; processos de corte de chapa metálica a laser; selecção de processos; produção industrial; rentabilidade;

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Abstract

---

This project embraces the analysis and optimization of the sheet metal cutting processes, first, in general sense of a cutlery, and later focused on the specific cutlery JERO - Jorge and Ramalho, Lda. Based in Benedita.

For an easy understanding of how the industrial cutlery works, a description of the whole productive process of how it's made a knife, is present. This study concentrates in all practical aspects of the sheet cutting process in the cutting section of the cutlery, especially in the company JERO, and only after a detailed survey of the needs and costs associated with the type of machinery used, and an approach to the various processes available in the market, is made the selection in order to find out the best process of cutting sheet for this kind of industry. The laser cutting through the fiber optic will be explained in the course of this study as the process that stands out for the easy work operation, cutting speed, cut quality and low operation and maintenance cost. Subsequently this process is compared with the current processes used by JERO according to the working operation itself, the economic profitability and commercial characteristics of the company.

With this project, it was possible to conclude that the necessary investment to purchase a TruLaser 3030 fiber 4kW laser machine from Triumph, requires a higher volume of sales comparing with the current situation of JERO in order to take advantage of the use of this new technology.

**Keywords:** cutlery; sheet metal traditional cutting processes; sheet metal laser cutting processes; selection of process, industrial production; profitability

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Lista de figuras

---

Figura 1 - Ilustração do processo de forjamento em 1500. [Der Schmidt, por Jost Amman].....	2
Figura 2 - Denominações e elementos de uma faca forjada com cabo em POM.....	5
Figura 3 - Guilhotina processo. ....	11
Figura 4 - Princípio do corte. [Tecnologia do Corte].....	12
Figura 5 - Processo de jato de água com abrasivo.....	13
Figura 6 - Processo de corte a laser com CO2.....	15
Figura 7 - Funcionamento do sistema laser com fibra. ....	15
Figura 8 - Processo de corte a plasma. ....	16
Figura 9 - Esquema do processo de corte utilizado na JERO atualmente. ....	22
Figura 10 - Ilustrações dos 3 tipos de prensas. ....	23
Figura 11 - Componentes da ferramenta de corte .....	26
Figura 12 - Operações realizadas por este tipo de ferramenta de corte. ....	26
Figura 13 - Velocidade de avanço de corte laser com a máquina TruLaser3030fiber 4kW segundo os dados das várias espessuras das placas cortadas no ano de 2016 na JERO. ....	34

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Lista de tabelas

---

Tabela 1 - Processos de conformação mecânica. ....	10
Tabela 2 - Tabela comparativa de valores entre o processo de corte a prensa e o processo de corte a laser. ....	43
Tabela 3 - Tabela com valores da subcontratação. ....	44
Tabela 4 - Tabela comparativa de valores hora de cada procedimento: prensa, laser e subcontratação. ....	44

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Lista de quadros

---

Quadro 1 - Características ideais de corte de peças em aço no sector da cutelaria. .....	16
Quadro 2 - Características dos vários processos de corte de chapa metálica [8] [9]. .....	17
Quadro 3 - Comparação e análise dos vários processos de corte de chapa metálica segundo as necessidades da cutelaria [9] [10]. .....	18
Quadro 4 - Lista e características das prensas existentes na JERO. ....	24
Quadro 5 - Lista e características das prensas mais usadas para corte na JERO..	25
Quadro 6 - Parâmetros a considerar na projeção de uma ferramenta de corte. ....	27
Quadro 7 - Dados referentes à deslocação à Cubotonic. ....	30
Quadro 8 - Valores referentes às ordens de fabrico da JERO em 2016 .....	32
Quadro 9 - Volume de peças cortadas a laser segundo os valores de produção da JERO em 2016 e o avanço de corte do laser com a máquina TruLaser3030fiber 4kW ...	35
Quadro 10 - Exemplos práticos e as suas características. ....	37
Quadro 11 - Cruzamento de dados relativos às amostras e os processos de corte. .....	38
Quadro 12 - Dados para cálculo. ....	41
Quadro 13 - Como foram obtidos os dados do Quadro 12. ....	42
Quadro 14 - Quadro explicativo de como foram obtidos os dados da Tabela 2 e da Tabela 3. ....	45

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Lista de siglas

---

LASER - *light amplification by stimulated emission of radiation* - amplificação de luz por emissão estimulada de radiação

POM - Poliacetal - é um termoplástico cristalino de alta rigidez e excelente estabilidade dimensional.

SiC - carboneto de silício, material cerâmico

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## Índice

<b>AGRADECIMENTOS (FACULTATIVO)</b>	<b>IV</b>
<b>RESUMO</b>	<b>VI</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>X</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>XII</b>
<b>LISTA DE QUADROS</b>	<b>XIV</b>
<b>LISTA DE SIGLAS</b>	<b>XVI</b>
<b>ÍNDICE</b>	<b>XVIII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Cutelaria - Processos de fabrico</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Apresentação da empresa</b>	<b>4</b>
<b>1.3. Produção de facas</b>	<b>5</b>
1.3.1. Etapas de produção de lâminas	6
1.3.2. Etapas da produção de um cabo	6
1.3.3. Objetivos do trabalho	7
1.3.4. Organização do relatório	7
<b>2. PROCESSOS DE CORTE DE CHAPAS METÁLICAS</b>	<b>9</b>
<b>2.1. Processos Mecânicos</b>	<b>9</b>
2.1.1. Corte por guilhotina	11
2.1.2. Corte por prensa mecânica	12
2.1.3. Corte por jato de água abrasivo	13
<b>2.2. Processos Térmicos</b>	<b>14</b>
2.2.1. Corte por Laser	14
2.2.2. Corte por plasma	15
<b>2.3. Seleção de Processos</b>	<b>16</b>
<b>3. PROCESSO ATUAL DE CORTE DE CHAPA NA JERO</b>	<b>21</b>
<b>3.1. Máquinas</b>	<b>23</b>
<b>3.2. Ferramentas</b>	<b>25</b>

3.3.	Projetar a Ferramenta	27
3.4.	Manutenção	28
3.5.	Produção	28
3.6.	Segurança	29
3.7.	Subcontratação	30
4.	AS NECESSIDADES ECONÓMICAS E COMERCIAIS DA JERO	31
4.1.	Volume de Encomendas	31
5.	EXEMPLOS PRÁTICOS	37
6.	AVALIAÇÃO DOS CUSTOS RELATIVOS AO PROCESSO DE CORTE DE CHAPA NA JERO	41
7.	CONCLUSÃO	47



# 1. Introdução

---

Diariamente utilizamos diversos utensílios que nos facilitam a vida. A tesoura para cortar a embalagem dos cereais do pequeno-almoço, a faca para descascar a maçã para os nossos filhos, ou a colher para comer aquela sobremesa partilhada com quem mais gostamos. Estes utensílios, que nos auxiliam há muitos séculos e até mesmo milénios, na preparação e na tarefa de ingerir alimentos chamamos talheres. De todos os existentes na atualidade, a faca foi uma das primeiras ferramentas a ser concebida, no ano 100.000 a.C., pelo Homo Sapiens. Feita de pedra lascada em formato pontiagudo, servia para cortar, para caçar e para auto-defesa. Esta ferramenta foi surgindo ao longo da história da humanidade produzida com base em diversos materiais, dos quais se destacam a pedra, o marfim, a madeira e mais tarde o metal.

A utilização do metal teve início pré-história, mais precisamente na época da Idade do Bronze (3300 - 1200 a.C.), na qual se observou uma crescente extração de bronze. Este crescimento foi acompanhado pela evolução do conhecimento relativo às técnicas de manuseio de metais, o que possibilitou a produção de facas em bronze, proveniente da mistura de cobre e estanho.

Durante a Idade Média, a utilização dos talheres era restrita à confeção de alimentos, uma vez que persistia o dogma cristão de que a comida, antes de ser ingerida, só deveria ser tocada pelas próprias mãos. A partir do século XVII, foi o cardeal francês Richelieu (1585-1642) defensor das boas maneiras e das normas de etiqueta, quem incentivou a utilização dos talheres e assim se popularizou o uso da faca, do garfo e da colher para ingestão dos alimentos.

## 1.1. Cutelaria - Processos de fabrico

---

Atualmente é impossível imaginar a civilização sem a existência de objetos em metal, desde de ferramentas a estruturas, bens de consumo e eletrónica, arte e saúde, entre outros. Estes objetos tornaram-se imprescindíveis pela natureza do material de que são feitos. O metal tem inúmeras características, tais como a condutividade, maleabilidade, brilho, rigidez e durabilidade, que permitiram que se tornasse um material essencial. Contudo para que o metal conseguisse tais características e fosse possível a sua utilização, foi necessário um longo percurso de descoberta e desenvolvimento sobre os minerais extraídos da natureza, como o ferro, a prata, o cobre, e elementos químicos como o crómio,

o níquel, ou o carbono, que combinados originam ligas metálicas. A arte da metalurgia, ciência que conjuga técnicas e procedimentos de transformação dos metais, vem de há muitos séculos, e acredita-se que as primeiras ligas produzidas pelo homem tenham sido por engano numa fogueira.

É possível considerar que o processo de forjamento de peças metálicas conhecido e utilizado na atualidade é idêntico ao desenvolvido durante a Idade do Bronze. Este processo metalúrgico consiste na deformação plástica provocada por uma força mecânica e uma alteração térmica sobre o metal, obrigando este a mudar de forma e de propriedades mecânicas. No caso das facas, o metal era aquecido ao ponto de ficar maleável sendo posteriormente martelado sobre a bigorna até se obter a forma e espessura pretendidas. Esta técnica de trabalhar o metal ficou conhecido como forjamento ou forja, pois a forja era o nome dado ao forno onde eram aquecidos os materiais e ferramentas do ferreiro. A atividade está representada na Figura 1.



Figura 1 - Ilustração do processo de forjamento em 1500 [1]

No caso dos garfos e das colheres, o processo produtivo pode ser feito através da fundição. A liga de metal é aquecida até atingir o estado líquido e é vertida para o interior de moldes de cera ou areia. Quando a liga arrefece, regressa ao seu estado sólido e adquire a forma condizente com a cavidade do molde.

Atualmente, a produção de cutelaria utiliza matéria-prima semiacabada em chapa, bobine ou blocos de metal, que serão transformados em lâminas e talheres. O procedimento geral de uma cutelaria é explanado no subcapítulo 1.3.

Idealmente, as chapas e bobines de aço inoxidável adquiridas pelas cutelarias deverão ser provenientes da reciclagem do aço recolhido e separado em lixeiras ou sucateiras, pois este material tem uma grande taxa de aproveitamento no que diz respeito à sua reciclagem. No caso do aço inoxidável, são fundidas toneladas de lixo de aço juntamente com cromo e níquel, o que dará força e resistência à corrosão, características desta liga metálica. De seguida, o aço inoxidável segue para o lingotamento, processo de conformação mecânica através do qual o aço em estado líquido volta ao estado sólido por arrefecimento. O aço é depois depositado numa lingoteira, a forma onde são conformados os lingotes, os blocos ou as placas de aço semiacabados, que posteriormente passam pelo processo de laminação até serem obtidas as espessuras desejadas para as chapas e bobines de aço. A matéria-prima para a produção de lâminas está pronta para ser adquirida pelas cutelarias, onde as chapas ou bobines de aço inoxidável serão novamente conformadas segundo os produtos pretendidos [2][3]

Na grande maioria das fábricas de cuteleira, as chapas de aço inoxidável são conformadas através do processo de corte em lâminas e nas peças desejadas, ficando estas com uma forma muito aproximada à pretendida. Contudo, o aço ainda não tem a dureza exigida para ser trabalhado à superfície facilitando, assim, o seu processo de corte. Depois de cortado, as peças passam por um tratamento térmico que confere ao aço a dureza e flexibilidade necessária para que a faca possua um corte de qualidade. O tratamento térmico começa pela chamada têmpera, onde as lâminas são colocadas sobre uma passadeira, que por sua vez no interior de um forno à temperatura de 1070°, durante um determinado período de tempo, sendo que este depende do tamanho e espessura da peça. De seguida, são conduzidas, na mesma passadeira, para o interior de uma conduta de arrefecimento para que sofram um arrefecimento brusco. A têmpera aumenta a dureza do aço mas torna-o quebradiço e frágil. De forma a corrigir isso, as lâminas são colocadas novamente num segundo forno onde são reaquecidas a uma temperatura 5 vezes inferior à da têmpera durante um determinado tempo. Este segundo processo tem o nome de revenimento e é essencial para retificar a microestrutura do aço após a têmpera, atribuindo alguma tenacidade para que as lâminas não se partam facilmente.

Após o tratamento térmico é atribuída às lâminas uma forma cônica, característica importante para a qualidade de corte de qualquer faca. Para tal são utilizadas mós com superfície abrasiva que desgastam o aço das lâminas. Por fim, e depois de limpas, às lâminas são aplicados os cabos e estão, finalmente, prontas para a distribuição.

## 1.2. Apresentação da empresa

---

*“Fundada em 1983 por pessoas com larga experiência no ramo, JERO é uma empresa Portuguesa de capitais privados cuja missão é a produção de cutelarias segundo elevados padrões de qualidade e fiabilidade, garantindo a satisfação dos colaboradores e da sociedade. A dinâmica atual da empresa assenta em valores como inovação, design, seleção criteriosa de matérias-primas, qualidade final, competências dos seus serviços e preservação do meio ambiente. Adequando os seus produtos às necessidades do mercado, pretende alcançar o reconhecimento e plena satisfação dos seus clientes, o que se tem vindo a verificar pela fidelidade dos mesmos ao longo dos anos. Esta consciência de mercado e identidade própria permitiu introduzir os produtos em mercados internacionais exigentes de tal forma que, atualmente, cerca de 95 % da produção é exportada para países como os EUA, Suécia, Dinamarca, Alemanha, França, Espanha, Grécia, Holanda, entre outros. A JERO emprega cerca de 90 trabalhadores, tendo uma capacidade de produção acima do 1.500.000 de peças / ano.”*

O texto citado supra é a descrição com que a empresa Jorge e Ramalho, Lda. – JERO se dá a conhecer. Como se pode notar, esta empresa de cutelaria defende a sua posição no mercado segundo seis parâmetros importantes identificados neste excerto: *“...cuja missão é a produção de cutelarias segundo elevados padrões de qualidade e fiabilidade, garantindo a satisfação dos colaboradores e da sociedade. A dinâmica atual da empresa assenta em valores como inovação, design, seleção criteriosa de matérias-primas, qualidade final, competências dos seus serviços e preservação do meio ambiente.”*

- **Qualidade** – em qualquer trabalho é um atributo importante que deve sustentar uma boa empresa.
- **Fiabilidade** – é o grau de confiança no produto e na empresa que fixa o consumidor.
- **Design** – permite acompanhar a evolução dos tempos e manter a empresa competitiva no mercado.
- **Matéria-prima de qualidade** – a matéria-prima condiciona os parâmetros anteriores.
- **Competência de serviços** – é a base de qualquer sistema produtivo bem-sucedido.
- **Preservação do meio ambiente** – hoje em dia é uma imposição global, observar e tomar medidas que visem as questões ambientais.

Estes valores defendidos pela empresa JERO fazem parte de qualquer boa conduta de empreendedorismo que se prese, e devem ser mantidos e respeitados. O projeto de otimização vem ao encontro destes parâmetros de qualidade e de design. Contudo, qualquer empresa que queira ser bem-sucedida no mercado precisa de ter em conta outro fator bastante importante, não mencionado na sua apresentação, que é o fator rentabilidade. Este critério serve de base e sem ele os outros parâmetros não seriam exequíveis. O fator de rentabilidade é fundamental para que uma empresa seja autossuficiente e consiga gerar lucros, mantendo e fortalecendo ao mesmo tempo os respetivos níveis de qualidade, fiabilidade, design, aquisição de boa matéria prima, competência de serviços e cuidado com o ambiente.

### 1.3. Produção de facas

---

A ferramenta – faca – da qual já não é possível prescindirmos no nosso cotidiano, é constituída por dois elementos fundamentais:

**Lâmina** – elemento em metal, na maioria das vezes ligas de aço inoxidável, conformado de forma a cortar.

**Cabo** – parte da faca que permite o seu manuseamento seguro e confortável. O cabo pode ser feito em madeira, plástico, metal, osso, corda, porcelana, entre outros, sendo que os 3 primeiros são os mais usuais.

Em alguns casos é necessário utilizar elementos de ligação, como o rebite ou o parafuso que segura o cabo à lâmina. Na Figura 2 é possível ver os elementos constituintes de uma faca e as suas denominações. A figura apresenta uma faca do tipo forjada e com cabo em POM (poliacetal) seguro com rebites em inox.

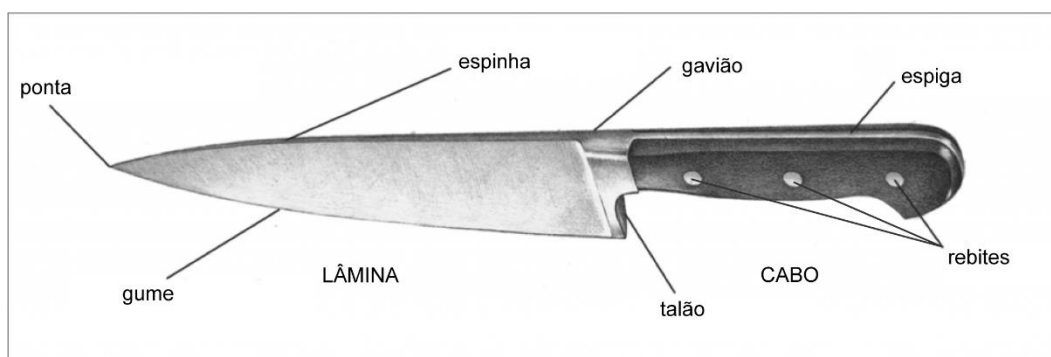


Figura 2 – Elementos e nomenclatura de uma faca forjada com cabo em POM

## **1.3.1. Etapas de produção de lâminas**

---

### **CORTE**

Nesta secção é feito o corte das lâminas a partir de placas de aço inoxidável, sendo atualmente utilizadas prensas mecânicas, ou como são chamadas na gíria, balancés de corte. Este sistema necessita de cortantes próprios para cada peça, cortantes esses que são morosos e caros de produzir.

### **TRATAMENTO TÉRMICO**

Para que as peças em aço inoxidável ganhem as propriedades – dureza e resistência mecânica - pretendidas para a função que lhes compete - cortar maioritariamente alimentos - estas peças cortadas previamente têm que sofrer um processo de têmpera e revenimento.

### **AMOLAÇÃO**

Após as lâminas terem passado pelos processos de têmpera e revenimento, é preciso remover material na zona cortante das mesmas, tendo em conta a função pretendida para cada tipo de faca. Pode-se, assim, através deste método afiar, abrir serrilhas e/ou dar brilho às lâminas necessitem. Este processo de remoção/polimento é conseguido através de mós abrasivas que desgastam o aço.

### **LIMPEZA**

As peças são lavadas em vários banhos consecutivos com uma solução alcalina e com recurso a ultrassons.

## **1.3.2. Etapas da produção de um cabo**

---

### **CARPINTARIA**

Nesta secção são cortados os tacos de madeira natural ou madeira prensada no formato pretendido, recorrendo a fresadoras de comando numérico ou copiadoras. Ainda nesta secção, os cabos são abertos e furados por processos automáticos ou manuais.

### **MONTAGEM**

Esta fase de produção consiste na assemblagem dos vários componentes que constituem a faca, nomeadamente a lâmina, o cabo, único ou dividido em duas partes, e os rebites.

## **POLIMENTO (CABOS)**

Os cabos saem da serração, são montados nas lâminas e seguem para a parte do polimento, onde são colocados lado a lado em “pentes” e são polidos por meio de discos de polimento a alta rotação. Esses discos são feitos em tela e tecido.

## **ACABAMENTO**

Na fase de acabamento, é feito um controlo de qualidade final das peças acabadas, bem como a sua seleção. As peças escolhidas, são limpas cuidadosamente e embaladas, ficando prontas para sair da fábrica.

### **1.3.3. Objetivos do trabalho**

---

A finalidade deste projeto passa por analisar e avaliar a rentabilidade do processo atual de corte e através de números apresentar uma otimização. Este exercício irá permitir dar a conhecer à empresa qual é o melhor processo para o corte de chapa, que substitua ou que complemente os atuais processos e desta forma reduzir custos a médio/longo prazo e ganhar autonomia e flexibilidade no processo de corte.

### **1.3.4. Organização do relatório**

---

O primeiro capítulo serve para elucidar o leitor sobre a indústria da cutelaria, o aço inoxidável, matéria-prima essencial, e sobre os meios produtivos ao longo da história e na atualidade. No capítulo seguinte é dado a conhecer o procedimento produtivo de uma faca na JERO, relativamente aos seus componentes base a lâmina e o cabo. Os processos de conformação que dão origem às lâminas, o elemento principal numa faca, são apresentados para a contextualização dos vários processos mecânicos e térmicos de corte de placas metálicas no geral, no capítulo 2. Neste capítulo são ainda avaliados os processos que melhor se enquadram para o corte de chapas metálicas: a prensa mecânica, o jato de água abrasivo, o laser a CO<sub>2</sub>, o laser com fibra e o plasma. Desta avaliação é concluído que a técnica que melhor se aplica a nível económico, rapidez e qualidade é o corte a laser, dando preferência ao laser a fibra.

Tratando-se de um projeto integrado na empresa JERO, nos capítulos 3 e 4 são explicados todos os procedimentos relativos ao corte de placas de metal nesta empresa desde ordens de fabrico, a máquinas de corte a prensa existentes, às ferramentas e aos procedimentos necessários para o corte de peças metálicas e à própria subcontratação de

serviços de corte adicional que são precisas à fabricação das facas, tendo em conta sempre o volume de encomendas anual da empresa. Após o levantamento da situação atual da JERO, no capítulo 46 é comparado e analisado a nível económico, de velocidade e qualidade os processos de corte a prensa atual e a laser a fibra com um equipamento TruLaser 3030 fiber 4kW da Trumph tendo em conta as necessidades da empresa.

## 2. Processos de corte de chapas metálicas

---

A deformação plástica da chapa metálica, que neste caso específico incide na separação do material através do corte, é essencial para a indústria de transformação e produção de bens de consumo. Tendo em conta as propriedades do metal, a quantidade dos lotes, a velocidade de produção, o tratamento térmico, a qualidade do produto final, os encargos financeiros etc., existem processos de corte que melhor se adequam às necessidades do fabricante.

Os processos convencionais de corte de chapas de metal podem ser agrupados em duas categorias:

- **Processos Mecânicos** – subentendem a aplicação de força física num elemento ou elementos que obrigam o material a romper, provocando, assim, o corte da chapa de metal em partes. Forçosamente, o material que corta tem que ser mais duro que o matéria da chapa de metal a cortar[4].
- **Processos Térmicos** – estes processos implicam uma alteração térmica. O elemento cortante provoca o aquecimento localizado na chapa de metal e o material na zona de contato vaporiza, abrindo uma fissura na chapa.

A conformação de chapas metálicas através do processo de corte é explanada nos subcapítulos seguintes de uma forma geral. Para o caso específico da cutelaria JERO, o processo de corte será descrito no capítulo 3.

### 2.1. Processos Mecânicos

---

Os processos mecânicos, em geral, pressupõem uma força externa exercida através de uma ferramenta com dureza superior ao material da peça a deformar, tendo obrigatoriamente que penetrar a peça.

Existem vários processos de conformação mecânicos, como são apresentados na Tabela 1.

Processo	Força Preponderante	Ilustração
Laminação	Compressão direta	
Trefilação	Compressão indireta	
Extrusão	Compressão indireta	
Forjamento	Compressão direta	
Estampagem	Compressão indireta em parte	
Estiragem	Tração	
Dobramento	Flexão	
Calandragem	Flexão	
Corte	Cisalhamento	

**Tabela 1 - Processos de conformação mecânica.**

Uma vez que existem vários processos de conformação, estes são divididos em diversas categorias, segundo a força preponderante da conformação mecânica. Estas categorias são:

Compressão direta – consiste numa força de compressão aplicada diretamente no material a conformar. Ex: Processos Laminação e Forjamento.

Compressão indireta – a peça sofre uma força de compressão enquanto é aplicada outra força de tração. Ex: Processos Extrusão e Trefilação.

Compressão indireta em parte - a força de compressão é aplicada numa parte da peça e noutra parte é exercida uma força de flexão. Ex: Processo Estampagem.

Tração – a peça é forçada a mudar de forma segundo uma matriz através da força de tração exercida nas suas extremidades. Processo de Estiramento

Flexão – é aplicada uma força com um elemento fletor, o que obriga a peça a fletir segundo este. Processo Dobramento e Calandragem.

Cisalhamento – a força é aplicada numa determinada zona da peça e a restante peça permanece imóvel ou com um movimento contrário provocando o rompimento do material.

### 2.1.1. Corte por guilhotina

---

O corte feito através da guilhotina faz parte dos processos de conformação por cisalhamento. As guilhotinas, de uma forma geral, são compostas por uma parte móvel em metal, chamada lâmina de corte, que trabalha em sentido contrário e lateralmente a outra parte fixa, como mostra a Figura 3.

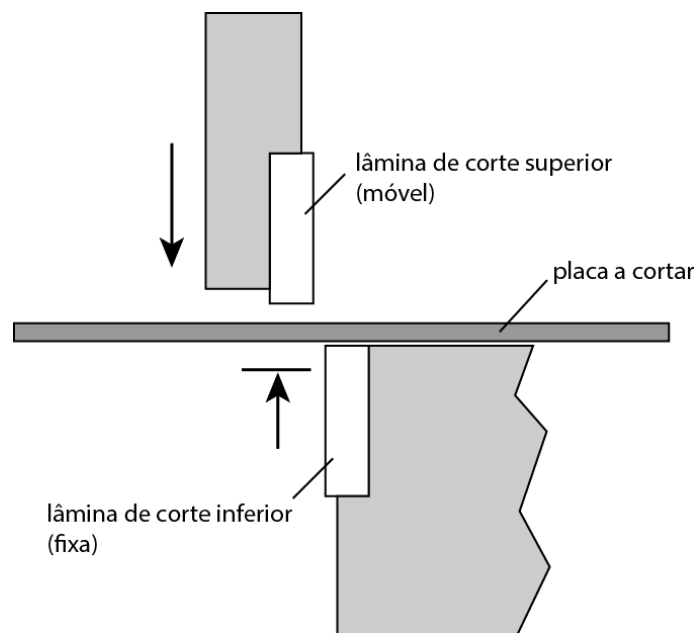


Figura 3 - Guilhotina processo.

A força usada para mover a lâmina pode ser proveniente do peso da própria em queda livre, como as primeiras guilhotinas usadas para a pena de morte através de decapitação no tempo da Revolução Francesa, pode ser proveniente da força manual, como no caso das pequenas guilhotinas de papel ou a força pode ser ampliada através de motores, como é o caso das guilhotinas mecânicas que cortam chapas de material duro. Desta forma o corte de chapas de aço obriga a utilização de guilhotinas mecânicas, pois este corte exige um esforço elevado. As guilhotinas mecânicas podem ser de várias dimensões e podem, ainda, ser adquiridas com punções para fazer alguns processos de dobramento, como demonstra o processo de flexão apresentado na Tabela 1.

## 2.1.2. Corte por prensa mecânica

O corte de placas de aço através da ferramenta ou estampas de corte enquadra-se dentro dos processos de conformação por cisalhamento, como indica a Tabela 1. As máquinas utilizadas para a conformação mecânica de corte de chapas metálicas são chamadas de prensas e/ou guilhotinas. Este processo de conformação do metal consiste em fazer passar uma chapa ou banda de metal entre duas partes de aço, uma com formato a cheio e outra com o mesmo formato vazado. Este conjunto de partes de aço, denominado cortante, é, de uma forma simplista, formado por um punção em metal mais duro que esmaga a chapa de metal contra uma abertura, chamada matriz, obrigando o metal a romper no formato pretendido. A função da prensa é exercer a força mecânica necessária ao conjunto do cortante para que este corte a chapa de metal separando, no caso da cutelaria, a lâmina do desperdício, nome dado ao metal que sobra do contorno [5], estando este processo representado na Figura 4.

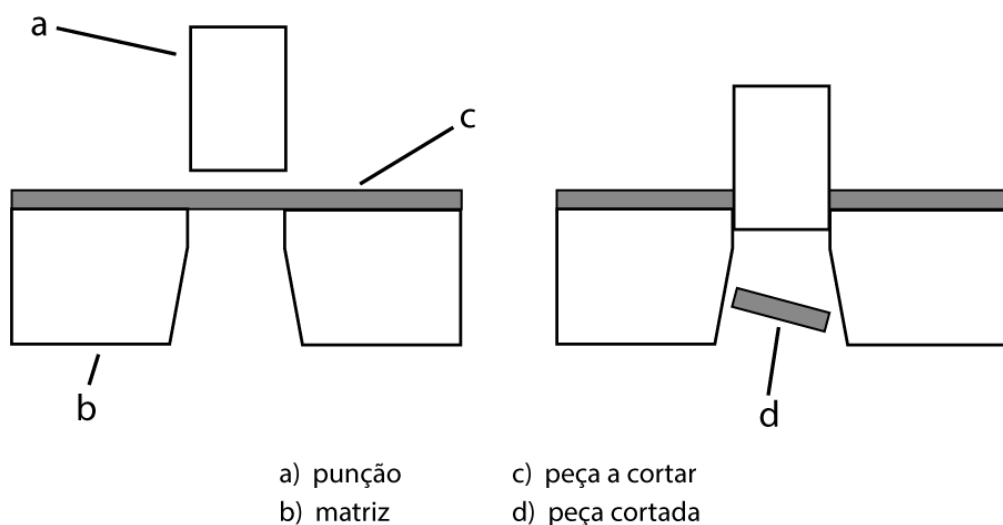


Figura 4 - Princípio do corte. [Tecnologia do Corte]

### 2.1.3. Corte por jato de água abrasivo

---

O processo de corte de chapa de aço através de jato de água com ou sem adição de abrasivo pertence aos processos de conformação mecânica por cisalhamento. Contudo, não é tão linear como os processos de corte anteriores. Em ambos os processos, com ou sem adição de abrasivo, o material a cortar sofre uma força que é proveniente da alta pressão de um jato de água concentrado num único ponto. O elemento cortante neste processo é a própria água pressurizada que força a remoção do material na superfície de contato. Quando o material é mais macio, como o caso dos plásticos e têxteis o jato de água sem abrasivo tem bons resultados no poder de corte, contudo com materiais mais duros a adição de abrasivo é necessária para que o corte seja eficaz. Os abrasivos normalmente são grãos de carboneto de silício (SiC), corindo e vidro. São materiais bastante duros e abrasivos, sendo misturados à água através de um alimentador lateral adjacente à ponteira de corte - Figura 5.

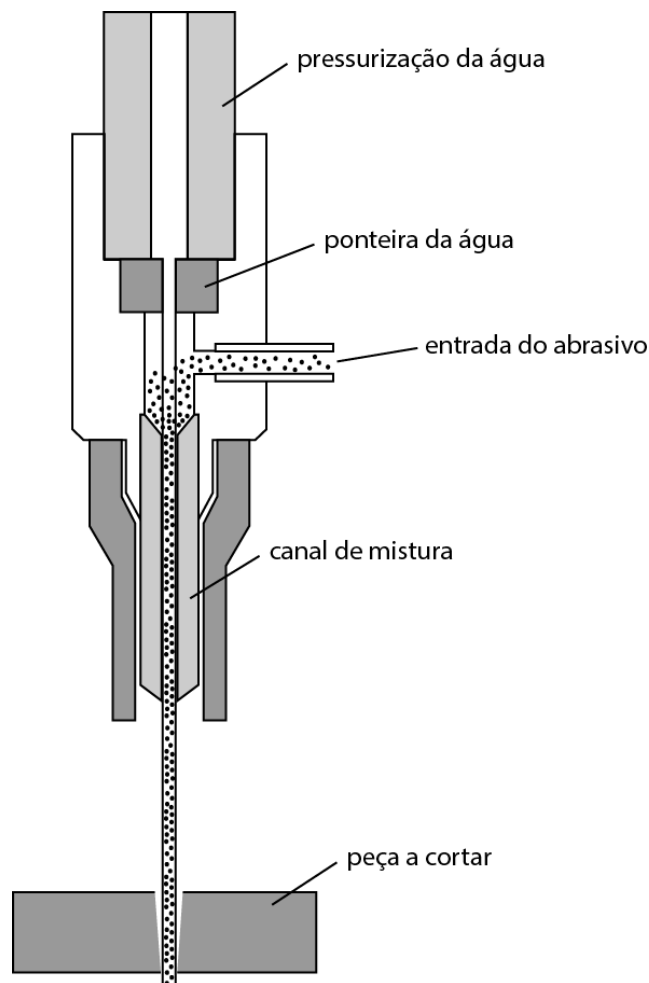


Figura 5 – Processo de jato de água com abrasivo.

## 2.2. Processos Térmicos

---

Os processos térmicos de corte mencionados neste capítulo vão de encontro aos processos mais usuais no que diz respeito ao corte de chapa na indústria convencional. Os processos térmicos de corte de chapa metálica como o nome sugere correspondem à separação do metal pela ação térmica, neste caso pela ação do calor. O elemento cortante atinge a temperatura necessária para que o material a cortar no ponto de contacto vaporize e assim separe a peça em pelo menos 2 partes. Existem vários processos de corte enquadrados na tipologia de térmicos, contudo nem todos se aplicam para a tarefa de corte de chapa de metal com a qualidade e custo necessário à indústria de cutelarias. Desta forma são abordados os 3 processos que mais correspondem a essas exigências: corte por laser a gás CO<sub>2</sub>, corte por laser a fibra e corte por plasma.

### 2.2.1. Corte por Laser

---

A tecnologia laser consiste num sistema que, a partir de uma fonte de energia, gera um feixe de luz de alta densidade que por sua vez dá origem a energia calorífica e quando o feixe entra em contacto com o material provoca a fusão e a evaporação deste.

A sigla LASER é obtida das iniciais *light amplification by stimulated emission of radiation*, ou seja, amplificação de luz por emissão estimulada de radiação. Na prática o sistema laser amplifica, através de múltiplas lentes, a energia em forma de feixe de luz, num ambiente gasoso, líquido ou sólido. A energia é utilizada numa só frequência de radiação, portanto um único comprimento de onda que se desloca coerente, numa só fase. Esta luz monocromática é conduzida através de espelhos altamente refletores que estimulam os fótons a unirem-se. Estes espelhos devidamente orientados concentram alguns fótons excitados que por fim são obrigados a convergir num único ponto, criando um feixe colimado de luz que atinge altas temperaturas [4] [6].

O sistema laser estimula a ampliação da luz no reator num meio gasoso, o gás mais utilizado é o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) pelo seu comprimento de onda ser semelhante ao do infravermelho fornece mais energia aos elétrões, ideal para o aquecimento, Figura 6. O sistema de laser a Fibra faz circular a energia em forma de luz dentro do reator através de filamentos de fibra ótica diminuindo o consumo de gás e aumentando a eficiência em até

duas vezes mais que o laser a CO<sub>2</sub>. O comprimento de onda da luz dentro da fibra é menor que a do gás oferecendo um aquecimento de alta densidade, Figura 7 [6] [7].

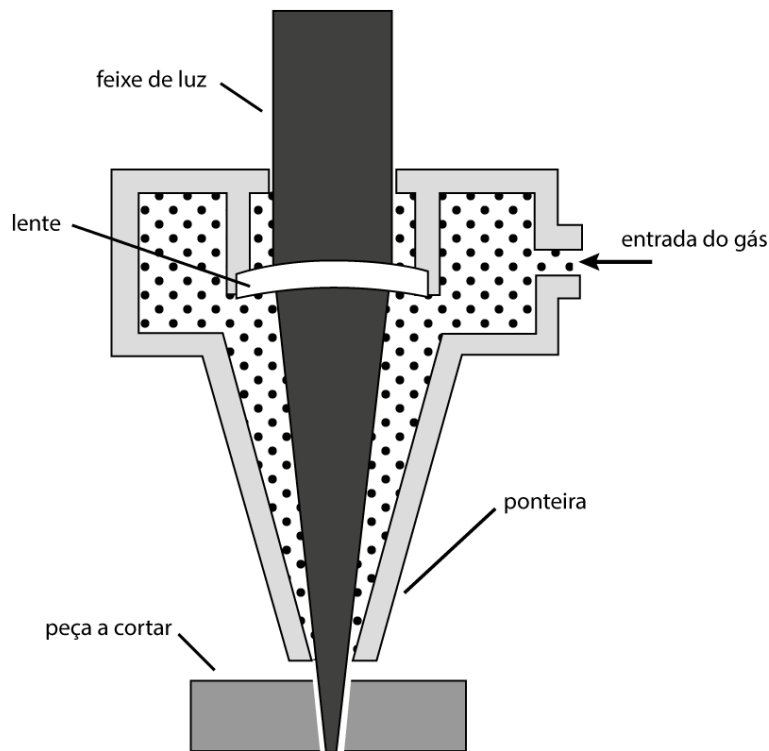


Figura 6 - Processo de corte a laser com CO<sub>2</sub>.

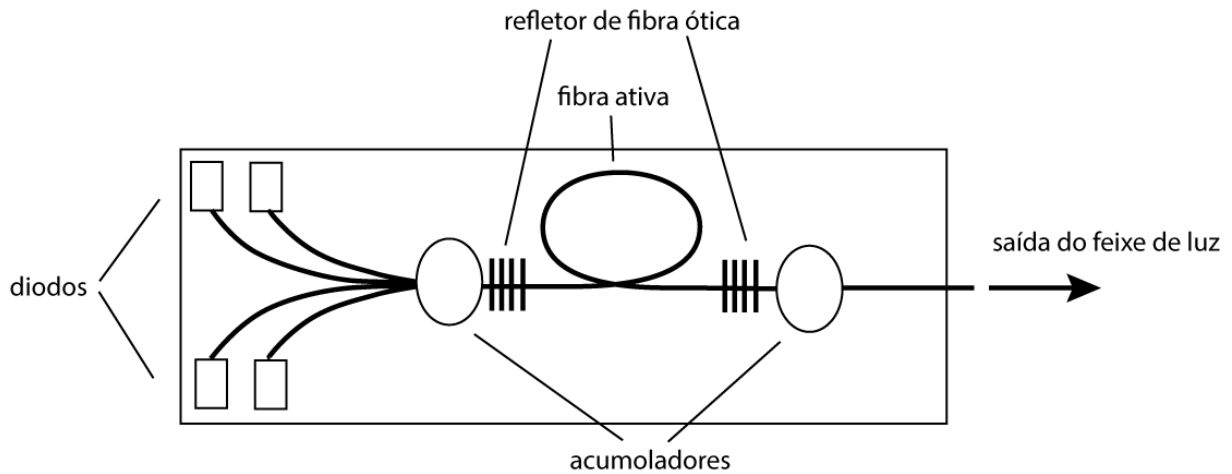


Figura 7 - Funcionamento do sistema laser com fibra.

## 2.2.2. Corte por plasma

O sistema por corte de plasma consiste na reação de ionização que se dá com aquecimento de um gás a altas temperaturas (2000°), os átomos dissociam-se das moléculas criando o plasma. O feixe de plasma quando entra em contacto com a peça de

metal a cortar, sendo esta condutora elétrica, cria um arco elétrico direto à peça, a energia libertada pelo arco em forma calor aquece ao ponto de derreter o metal. No caso em que o material a cortar não é condutor elétrico a passagem do arco é feita dentro da tocha, o arco elétrico não sendo conduzido diretamente à peça surge uma quantidade de calor que é desperdiçada e portanto não atinge temperaturas tão altas com materiais não condutores.

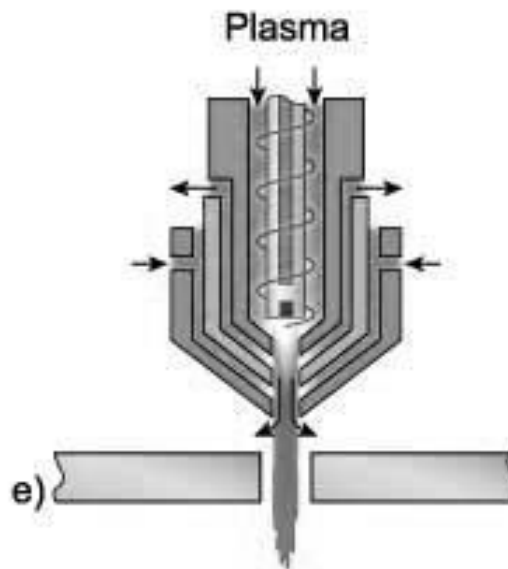


Figura 8 - Processo de corte a plasma.

## 2.3. Seleção de Processos

Em qualquer setor os processos de fabrico utilizados têm que respeitar os objetivos da sua função e diretivas da empresa, na cutelaria, e neste caso específico, na JERO o corte de peças exige determinadas características para a sustentabilidade da mesma, o Quadro 1 elenca essas características.

Quadro 1 - Características ideais de corte de peças em aço no sector da cutelaria.

Características ideais de corte	
<b>Corte de diferentes espessuras</b>	Que permita cortes em várias espessuras (0,6mm - 10,0mm).
<b>Qualidade de aresta</b>	Sem marcas nas arestas das peças, reduz operações extras de retificação.
<b>Precisão</b>	Precisão de corte até 0,01mm.

<b>Tempo de operação</b>	O fator tempo é sempre importante na produção em escala.
<b>Versátil</b>	Versátil na forma a cortar (protótipos) como em alterações que surgem.
<b>Baixo custo</b>	O fator económico é sempre importante na produção em escala.
<b>Sem deformação</b>	Empenamento e zonas de deformação térmicas obrigam a operações extras de retificação.

Dentro dos processos de corte existentes no mercado e dos mais viáveis para o corte de placas de aço na cutelaria, são eles: a prensa mecânica, o jato de água abrasivo, o laser a CO<sub>2</sub>, a laser com fibra e o plasma. O Quadro 2 ressalva as características específicas de cada um desses processos.

**Quadro 2 - Características dos vários processos de corte de chapa metálica [8] [9].**

Características	Prensa Mecânica	Jato de Água Abrasivo	Laser CO <sub>2</sub>	Laser Fibra	Plasma
<b>Velocidade de corte</b>	depois de preparação das tiras é bastante rápido	o mais lento, inferior a 1m/min	2 a 25 m/min (mais rápido em finas espessuras)	2 a 50 m/min (mais rápido em finas espessuras)	lento 0,5 a 8 m/min
<b>Espessura do material</b>	melhor com chapas finas	até 75mm	melhor até 7mm	melhor até 7mm	até 30mm
<b>Materiais</b>	não recomendado para aços frágeis ou duros	todos	aços macios, aços inoxidáveis, alumínio	aços macios, aços inoxidáveis, alumínio, cobre, latão	todos
<b>Tolerância à sujidade</b>	suficiente	muito bom	suficiente	suficiente	mau
<b>Corte de múltiplas camadas</b>	não	sim	não	não	não
<b>Deformação térmica</b>	não	não	sim	sim	sim
<b>Deformação mecânica</b>	alguma	não	possível	possível	possível
<b>Precisão do corte</b>	0.03 a 0.2 mm	0.025 a 0.08 mm	0.025 a 0.05 mm	0.025 a 0.05mm	0.75 a 1.55 mm
<b>Custo de operação</b>	custo da ferramenta e manutenção associada, na operação é o mais barato	caro devido aos consumíveis (abrasivo e ponteiros)	acessível (energia e gás)	mais acessível que o CO <sub>2</sub> (energia e gás)	barato
<b>Gases da vaporização</b>	não	não	sim	sim	sim
<b>Tempo de preparação</b>	planeamento, produção de ferramenta, preparação demorada	rápido e fácil	rápido e diferentes parâmetros do material	rápido e diferentes parâmetros do material	relativamente fácil

Agora há que correlacionar as necessidades específicas do setor da cutelaria de forma a chegar ao processo que melhor se aplica, Quadro 3 resume essa análise.

**Quadro 3 - Comparação e análise dos vários processos de corte de chapa metálica segundo as necessidades da cutelaria [9] [10].**

Características Cutelaria		Prensa Mecânica	Jato de Água Abrasivo	Laser CO2	Laser Fibra	Plasma	Análise
Corte de diferentes espessuras	Espessura do material	melhor com finas	até 75mm	melhor até 7mm	melhor até 7mm	até 30mm	tendo em conta que na cutelaria as espessuras máximas a cortar são 12,0mm, só o <b>laser</b> poderá ser uma má opção.
Qualidade de aresta	Qualidade de arestas	suficiente	bom	muito bom	muito bom	suficiente	destaca-se a qualidade das arestas no processo de corte a <b>laser</b> .
Precisão	Precisão do corte	0.03 a 0.2 mm	0.025 a 0.08 mm	0.025 a 0.05 mm	0.025 a 0.05mm	0.75 a 1.55 mm	tanto o corte a <b>jato de água abrasivo</b> como <b>laser</b> são boas opções.
Tempo de operação	Velocidade de corte	depois do corte prévio da chapa em tiras é bastante rápido	o mais lento, inferior a 1m/min	2 a 25 m/min (mais rápido em finas espessuras)	2 a 50 m/min (mais rápido em finas espessuras)	lento 0,5 a 8 m/min	após a preparação o corte a <b>prensa</b> é o mais rápido por ciclo e se for com bobine de aço e alimentador automático é ainda mais rápido
	Tempo de preparação	planeamento, produção de ferramenta, prestação demorada	rápido e fácil	rápido mas conforme a espessura e material diferentes parâmetros	rápido mas conforme a espessura e material diferentes parâmetros	relativamente fácil	o <b>jato de água abrasivo</b> é o processo mais rápido e fácil em termos de preparação de corte
	Múltiplas camadas	não	sim	não	não	não	só o <b>jato de água abrasivo</b> é capaz de cortar em múltiplas camadas
Versátil	c/ Sujidade	suficiente	muito bom	suficiente	suficiente	mau	o aço no setor da cutelaria normalmente vem limpo, contudo o <b>jato de água abrasivo</b> não terá dificuldades com a sujidade do material a cortar
	Tipo	não recomendado para aços frágeis ou duros	todos	aços macios, aços inoxidáveis, alumínio	aços macios, aços inoxidáveis, alumínio, cobre, latão	todos	na cutelaria os metais mais cortados são: aços macios, aços inoxidáveis, alumínio, cobre, latão, logo o <b>jato de água abrasivo</b> , o <b>laser a fibra</b> e o <b>plasma</b> são considerados
Baixo custo	Custo de operação	na operação é o mais barato (excluindo o custo da ferramentana)	caro devido aos consumíveis (abrasivo e ponteiras)	acessível (energia e gás)	mais acessível que o CO2 (energia e gás)	barato	a níveis económicos os vencedores são a <b>prensa</b> e o <b>plasma</b> .
Sem deformação	Deformação	alguma	não	possível	possível	possível	o <b>jato de água abrasivo</b> é o processo que menos deformação tem mas contudo é dos mais lentos
	Deformação térmica	não	não	sim	sim	sim	a deformação térmica não acontece nos processos de corte a <b>prensa</b> e a <b>jato de água abrasivo</b> pois não cortam com energia térmica

Após a analisar os vários atributos dos processos de corte e comparando com as características para o corte de aço da cutelaria é possível concluir que o processo de corte a jato de água abrasivo é o que reúne mais capacidades, contudo olhando para os dois fatores importantes como o económico e o tempo de corte, este processo não satisfaz as necessidades, assim o jato de água abrasivo é abandonado neste estudo, no sentido em que, é um processo lento e custoso no que diz respeito à operação em si. Assim os processos que vão ser analisados mais de perto são o **corte a prensa mecânica** e o **laser com fibra**.



### 3. Processo atual de corte de chapa na JERO

---

Como é sabido, os processos de conformação mecânica podem ser inúmeros, ver capítulo 2.1, e para o corte de chapas metálicas no sector das cutelarias são utilizados 3 desses processos: cisalhamento, estampagem e forjamento. O processo de corte por cisalhamento nas guilhotinas é utilizado para o corte das placas metálicas em tiras com a largura necessária ao processo de corte e estampagem que se segue, através do corte por prensa. Existem outras cutelarias que produzem peças através do processo de forjamento, dando forma 2D e 3D às peças como no caso das peças forjadas (Figura 2) ou colheres e garfos. No caso da JERO só existem os processos de cisalhamento e estampagem. Para as facas o perfil das lâminas é cortado em 2D ao mesmo tempo que a lâmina é marcada em baixo relevo por esmagamento. A estampagem também é utilizada para conformar garfos e outras peças utilitárias, como por exemplo anilhas e descascadores.

Atualmente a empresa de cutelaria, JERO, dispõe de um processo de corte de chapa mecânico constituído por uma guilhotina e várias prensas mecânicas de biela-manivela e de parafuso. Este processo, como já vimos, é um processo sustentável, quando se pretende uma produção em grande escala, permite uma produção rápida e o custo/operação não é alto. Mas no caso de uma produção em pequena quantidade este processo de corte de chapa, através das prensas mecânicas, acarreta altos custos na produção das ferramentas, e torna-se muito demorado.

Desde que se decide produzir uma determinada lâmina, até que esta se possa produzir é requerido muito tempo. Tendo já a lâmina delineada, no gabinete de Design é necessário projetar o cortante, que requer vários elementos e cada caso tem que ser estudado devido às suas especificações. Com a planificação de todos os elementos para o cortante, o passo seguinte é já na serralharia, onde são produzidos os vários elementos, e após a montagem do conjunto de peças que formam o cortante há sempre ajustes e testes que requerem uma nova revisão por parte do gabinete de Design e novamente alguma operação na serralharia. Estas fases de conceção de um cortante podem demorar mais ou menos 4 meses conforme a dificuldade da ferramenta, os meios de produção utilizados, surgimento de erros e/ou ajustes finais.

Os custos, e principalmente o tempo despendido nas fases de conceção de um cortante tornam-se por vezes um risco, quando se está a enfrentar um mercado cada vez

mais feroz e de rápida substituição, um ou dois meses de atraso podem arruinar o sucesso no lançamento de um novo produto.

**Processo de corte na JERO (atualmente)**

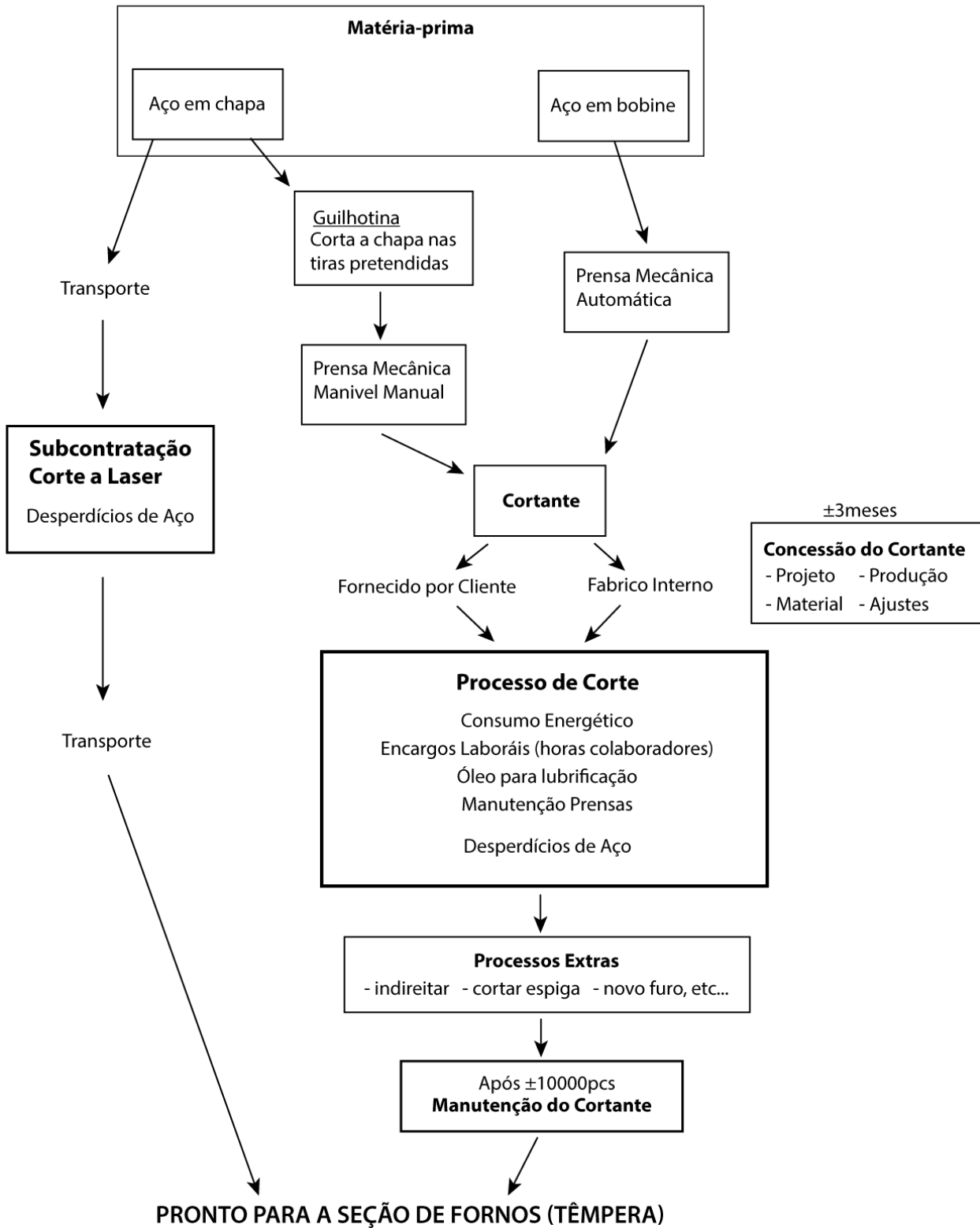
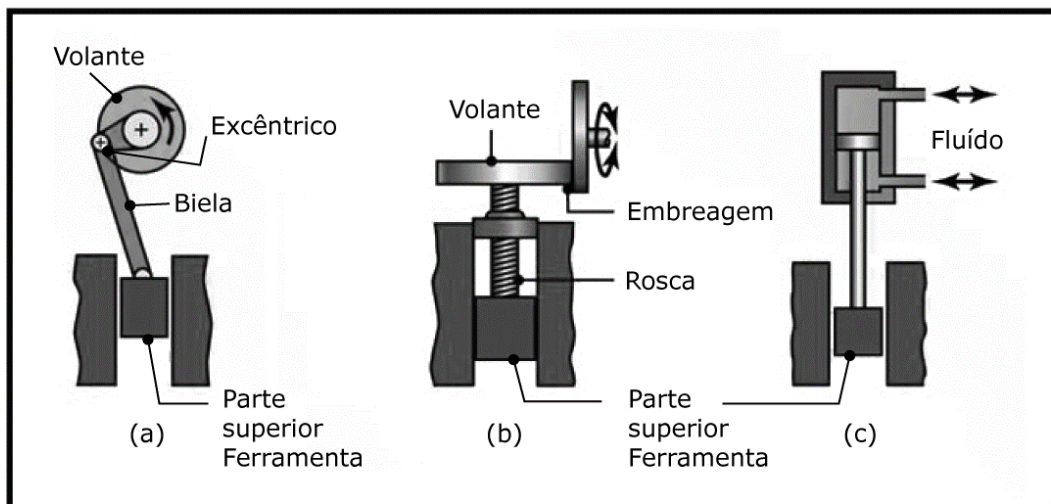


Figura 9 - Esquema do processo de corte utilizado na JERO atualmente.

### 3.1. Máquinas

A secção de corte na JERO é constituída pelo armazém do aço, onde são guardadas as paletes com as placas e bobines de aço e por duas alas, uma com a prensa hidráulica automática e a guilhotina de 3060mm lineares, na outra ala concentram-se as prensas de manivela excêntrica e de parafuso, a Figura 10 ilustra 3 tipos diferentes de prensas mecânicas.

Numa situação de produção é dada ordem de fabrico ao encarregado, que por sua vez, distribui o trabalho aos colaboradores que irão cotar as peças. É identificada a peça através da sua referência e é colocado o respetivo cortante na prensa que melhor se adapta ao trabalho. Entretanto o cortante, entre 80 a 220kg, é montado na prensa e são cortadas as tiras com o comprimento específico para o cortante da referência em questão.



(a) Prensa de manivela excêntrica  
(b) Prensa de parafuso  
(b) Prensa hidráulica

Figura 10 - Ilustrações dos 3 tipos de prensas [14].

O princípio de funcionamento os 3 tipos de prensas:

- **Prensa de manivela excêntrica** consiste na acumulação de energia no volante que por sua vez transmite para um excêntrico que dá sequência ao cabeçote através de uma biela, o cabeçote desliza dentro de guias e está acoplado à parte superior da ferramenta de corte, a parte inferior está fixa por meio de parafusos à base da prensa [11].
- **Prensa de parafuso** a energia é transmitida ao volante através da embreagem conforme o movimento ascendente ou descendente que

enrosca ou desenrosca respetivamente a rosca, esta está ligada ao cabeçote que segura a parte de superior da ferramenta.

- **Prensa hidráulica** funciona com uma bomba que bombeia o fluido dentro do cilindro dando pressão ao pistão que por sua vez está ligado ao cabeçote que sustenta a parte de superior da ferramenta.

**Quadro 4 - Lista e características das prensas existentes na JERO.**

Ref. JERO	Modelo	Tipo	Alimentação	Capacidade (t)
100 Adira	GHS-1330	Mecânica Guilhotina	Manual	61,6
101 Mecânica Exacta	CPE 150	Mecânica Manivela Excêntrica	Manual Auto	150
102 Mecânica Exacta	CPE 90	Mecânica Manivela Excêntrica	Manual	90
103 Mecânica Exacta	CPE 65	Mecânica Manivela Excêntrica	Manual	65
104 Mecânica Exacta	CP 10	Mecânica Manivela Excêntrica	Manual	10
105 Carl Müller	EPS 32vT	Mecânica Manivela	Manual	32
106 Weingarlen	XJ II	Mecânica Manivela	Manual	18
107 Guifil		Mecânica Manivela	Manual	12
108 OSIS	PEE 10	Mecânica Manivela	Manual	10
109 Mecampe	Porto	Mecânica Parafuso	Manual	120
110 Oslo Maskinservice	AL4P 630	Mecânica Pneumática	Auto	Sem Informação

**Quadro 5 - Lista e características das prensas mais usadas para corte na JERO.**

Ref. JERO	Área de trabalho (mm)	Espessura / Perímetro <100 mm	Espessura / Perímetro >1500 mm	Altura entre montantes (mm)	Cavalo-vapor (CV)	Potência (kW)	Ciclos (corte/min)	Consumo (kWh)
100 Adira	3060	Espessura máx.13mm		-		16,00	-	
101 Mecânica Exacta	1000x620	>15	3,2	370	10	7,36	42	6,62
102 Mecânica Exacta	750x525	12	2	320	5,5	4,05	55	2,29
103 Mecânica Exacta	650x450	9,5	2,2	290	4	2,94	66	3,74
104 Mecânica Exacta	412x250	2,5	N/A	170	1,5	1,10	140	

## 3.2. Ferramentas

Para o corte da chapa de aço através do processo de prensa mecânica é imprescindível a utilização da ferramenta de corte ou do chamado cortante. Esta ferramenta é composta por duas partes fundamentais, a matriz e o punção, contudo para obter um trabalho perfeito há que recorrer a elementos complementares como a Figura 11 indica.

De modo a que a ferramenta seja capaz de cortar aço é necessário que esta exerça e suporte a pressão superior à resistência da chapa a cortar para tal a ferramenta tem que ser feita de aços especiais. Estes aços exigem os maiores cuidados e atenção, tanto sob o ponto de vista da fabricação quanto da sua aplicação, ou seja, quanto a sua fundição, tratamento térmico e até mesmo montagem.

O conjunto punção/matriz tem como principal funcionalidade o corte, contudo é possível fazer outros tipos de operações para além do corte da peça extraída da chapa. São realizáveis operações de corte em comprimento, puncionagem, entalhar, calibrar, rebarbagem, arrombar e redobrar, alguns destes exemplos podem ser vistos na Figura 12.

A operação de puncionagem é muito semelhante à de corte, contudo o punção não afunda ao ponto de romper a chapa, deixando uma marca em baixo relevo no aço. É importante mencionar esta operação, pois no caso da cutelaria JERO é muito utilizada para marcar as peças em relevo, e este processo é feito concomitantemente com o do corte, ou

seja, a ferramenta de corte para além dos punções de corte do perfil e das furações tem outro punção que serve para marcar em baixo relevo a peça [5], [12], [13].

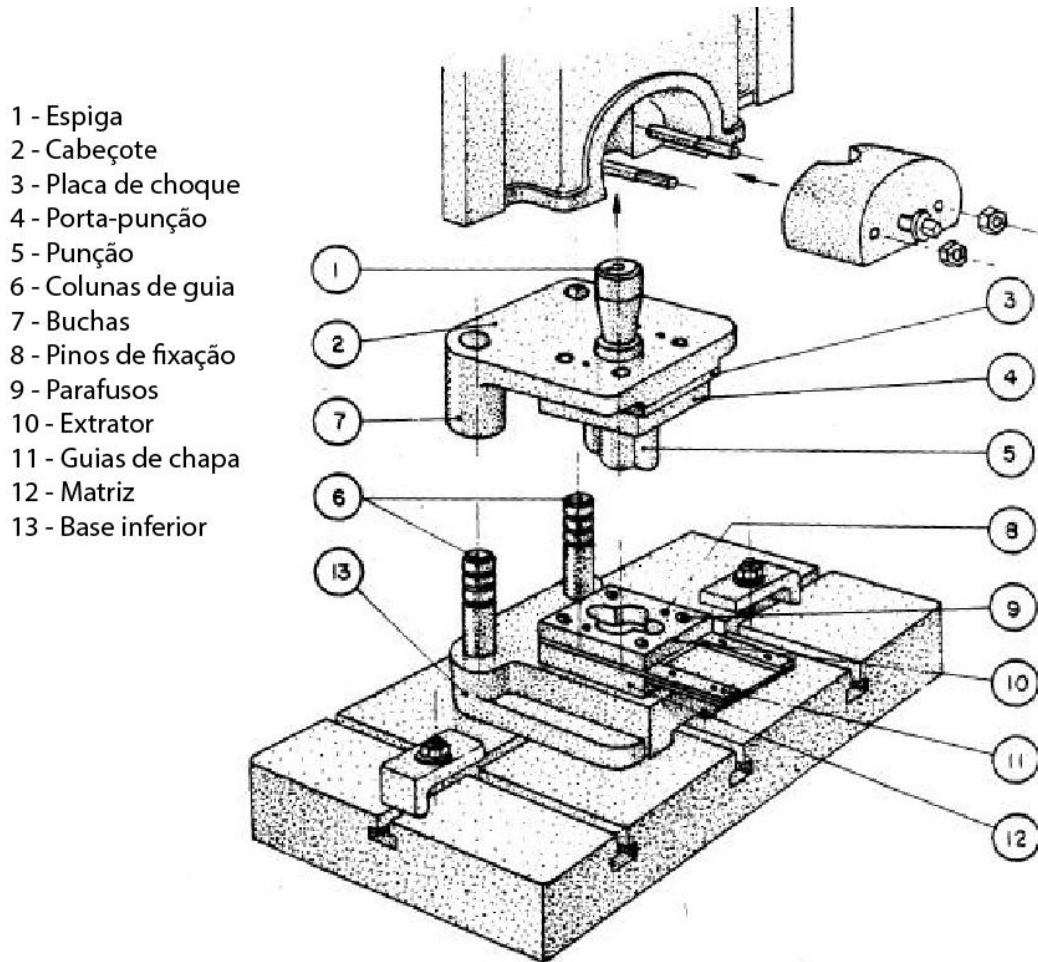


Figura 11 - Componentes da ferramenta de corte [12].

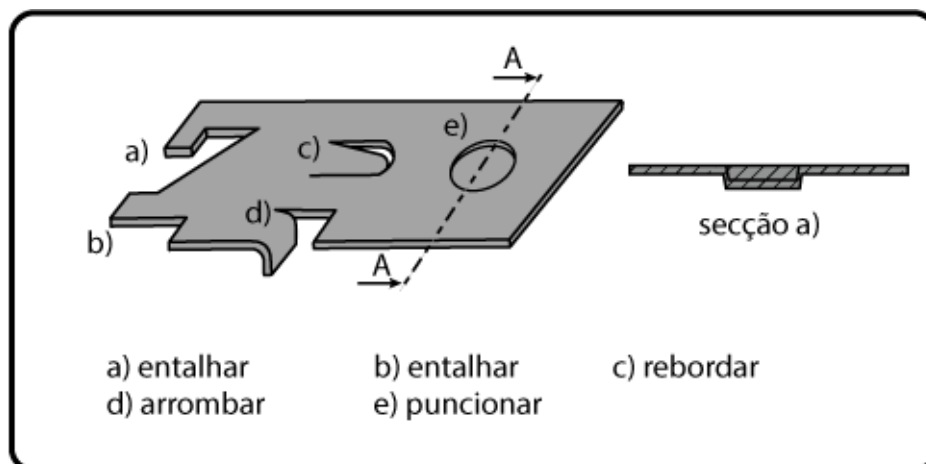


Figura 12 - Operações realizadas por este tipo de ferramenta de corte [12].

### 3.3. Projetar a Ferramenta

---

A ferramenta de corte, ou cortante, é o elemento chave do processo de conformação com prensa mecânica, é o que permite cortar a chapa de aço em peças com o formato pretendido. Sempre que há a necessidade de criar um novo produto em aço, na sua grande maioria lâminas, é preciso fazer uma ferramenta de corte para obter a peça no formato desejado, para tal há que projetar essa ferramenta segundo uma série de parâmetros necessários para o bom funcionamento do cortante. Quem projeta, no caso da empresa JERO, é o designer, o qual tem que ter em conta os parâmetros listados no Quadro 6.

Quadro 6 - Parâmetros a considerar na projeção de uma ferramenta de corte.

Parâmetros	Descrição
<b>Dimensões da peça e a sua posição</b>	Com as dimensões e a posição em que a peça vai ser retirada é determinado a dimensão da ferramenta e o aproveitamento do aço com a melhor disposição da peça em relação à tira
<b>Espessura da peça</b>	Conforme a espessura a cortar depende o tipo de cortante e elementos a considerar. E é o valor de referência para os cálculos do projeto
<b>Qualidade do produto final</b>	A precisão dimensional e o tipo de cortante variam conforme os níveis de qualidade que o produto terá que respeitar
<b>Quantidades</b>	Para séries grandes o cortante terá que ser mais complexo e logo mais dispendioso
<b>Tipo de metal</b>	Segundo a dureza do metal depende o material de que é feito cortante e a forma como ele irá cortar
<b>Capacidade funcional do cortante</b>	Facilidade de montagem e desmontagem, manutenção, afinação do cortante podem reduzir custos no seu funcionamento
<b>Cadência</b>	Se se trata de uma alimentação manual ou automática o cortante será diferente

Em todos os casos o projetista deve procurar o máximo de aproveitamento da chapa de metal, determinando sempre o mínimo de intervalo existente entre as peças e a margem da tira.

É nesta fase de projeto que se podem simplificar e prevenir muitas situações e problemas que numa fase mais avançada seriam custosos e demorados para se resolverem.

### **3.4. Manutenção**

---

Numa situação ideal um cortante que esteja a funcionar perfeitamente só terá que ser revisto após o corte de 10.000 peças. Nesta altura os punções são retificados 0,1 a 0,2 mm a fim de reaverem arestas vivas. Essa mesma ferramenta, após cortar outras 10.000 peças terá que ser revista novamente. Os punções serão afiados e agora a matriz também será retificada, ganhando arestas vivas em ambas as zonas de corte. Esta manutenção requiere a desmontagem da ferramenta nos vários componentes, sendo feita a verificação de cada peça individualmente e após a lubrificação e montagem da mesma é necessário testar o seu corte na prensa dando por terminado o tempo de manutenção, caso esteja tudo conforme.

### **3.5. Produção**

---

As lâminas são cortadas segundo uma ordem de produção que é lançada por parte da gestão conforme as encomendas e o stock existente. Essa ordem de produção é recebida pelo encarregado da secção de corte que gere o trabalho segundo os prazos, máquinas disponíveis e pessoal.

Existem lâminas que devido ao número de peças por série, pequenas dimensões e espessura de aço podem, e devem ser cortadas na prensa hidráulica de alimentação automática, para tal, foram construídas ferramentas de corte que se adequam a este tipo de produção. Para este tipo de corte a matéria prima vem em bobines que são colocadas no desenrolador que alimenta um passador que puxa e endireita a tira antes de entrar no cortante, este é calibrado conforme o cortante e as características do material a cortar, o tipo de aço e a espessura requerida. As lâminas já cortadas caem dentro da caixa, e para facilitar, o desperdício pode ser seccionado por um cortante concebido para o efeito que se encontra no fim da linha de corte. Este processo para além de ter uma cadência de

corte mais rápida que as prensas de alimentação manual reduz o desperdício de início e fim da tira de aço, provenientes das placas de aço.

Só as grandes séries são cortadas com alimentação automática pois requerem uma logística maior e a maquinaria demora tempo a afinar, contudo caso a alimentação automática fosse implementada em mais prensas e permanentemente a JERO faria melhor aproveitamento do corte a prensa.

Para o processo de alimentação manual são utilizadas placas de aço com 1000 por 2000 milímetros que são cortadas em tiras com largura específica exigida pela ferramenta de corte na guilhotina mecânica, as sobras da placa sem a largura são aproveitadas para outras ferramentas ou caso não dê para aproveitar vão para o desperdício. As tiras são recolhidas e transportadas até junto da prensa onde o operador já montou previamente a ferramenta de corte. Esta pode pesar entre 80 a 220 quilogramas. Inicia-se o processo de corte através da alimentação manual tendo sempre em consideração as normas de segurança básicas, explanadas no subcapítulo 3.6 Segurança. As lâminas cortadas caem da matriz pela parte inferior da ferramenta para uma gaveta e o desperdício segue em tira ou seccionado do lado ao oposto à alimentação. O operador quando acaba de cortar a tira recolhe as lâminas cortadas da gaveta e coloca-las na caixa e inicia outro ciclo de corte com uma tira por cortar.

Após o corte existem peças que por vezes necessitam de operações extras como furações, estampagens de conformação ou configurações adicionais na forma, contudo a grande maioria das peças estão prontas para fase seguinte, a fase de tratamento térmico.

## **3.6. Segurança**

---

O processo de corte com prensas mecânicas, como a maioria de processos industriais que envolvam máquinas e operações manuais são tarefas que comprometem a segurança dos seus operadores.

As prensas mecânicas são máquinas que na sua função exercem uma força em queda de várias toneladas tornando-se potencialmente lesivas para integridade física dos seus operadores. O operador aciona a prensa através de um pedal, pois é necessário que as duas mãos controlem a entrada da tira na ferramenta de corte, desta forma é fácil surgirem acidentes, acionar a máquina com o pé deixando os membros superiores à mercê da máquina. Para minorar os riscos as ferramentas de corte são construídas de forma fechada, ou seja não permitem que o operador deixe ficar as mãos dentro da cavidade em que se dá o corte.

A níveis de exposição pessoal diária do trabalhador ao ruído a seção de corte está acima da ação inferior, ou seja, entre 80 dB e 85 dB referente ao período de trabalho das 8h e entre 135 dB e 137 dB relativo ao pico de pressão sonora que o trabalhador está exposto. Para este tipo de exposição sonora é recomendado, pela empresa que realiza as avaliações da exposição ao ruído da JERO, Mcs ProtecSgur – Equipamentos, higiene e segurança, Lda., informar os trabalhadores sobre os riscos de exposição ao ruído, facultar dispositivos protetores auditivos para um uso facultativo e a realização de exames de audição de dois em dois anos.

### 3.7. Subcontratação

---

O corte a prensa é um processo que requer, como já foi referido neste estudo, um grande investimento inicial com a ferramenta de corte para cada peça a produzir, por esse motivo só se justifica o investimento quando é previsto uma produção de grande série. Contudo na indústria da cutelaria é necessário fazer novas produções, protótipos e pequenas séries para tal o corte por prensa não é uma solução viável para estes casos. Para cortar estas pequenas quantidades a empresa JERO recorre a subcontratação do corte a laser a uma empresa externa de Mafra, Cubotónic. O volume de peças que foram cortadas no ano de 2016 representou 3,20% do total da produção da JERO, como é mencionado no capítulo 4.

A subcontratação do corte a laser na Cubtónic, requer uma pré-organização de forma a juntar o maior número de peças a cortar segundo as necessidades e prazos de entrega deste tipo encomendas porque condiciona a logística do processo. A matéria-prima a cortar ou seja, placas de aço, é transportada da JERO para a Cubotónic com os meios da empresa e são trazidas as peças cortadas e o desperdício do aço. Para minimizar as deslocações o ideal é levar as placas de aço que irão ser cortadas e trazer material que foi cortado anteriormente. Contudo para efeitos de cálculo as deslocações do funcionário têm que ser consideradas juntamente com o valor do serviço de corte, ver Quadro 7. A deslocação à Cubotónic tem um encargo de 107,40 €.

**Quadro 7 - Dados referentes à deslocação à Cubotónic.**

Distância ir e vir	196 km
Tempo de viagem ir e vir	02:40:00
Custo portagem ir e vir	9,40 €
Valor por km (cedido pela JERO)	0,50 €

## 4. As necessidades económicas e comerciais da JERO

---

Após ter sido identificado o processo, presente no mercado, que melhor se adapta às necessidades produtivas da JERO, o corte a laser através da fibra ótica, e depois de elaborar o levantamento dos dados e do funcionamento do procedimento atual na JERO é necessário compreender a fluidez económica e comercial da cutelaria. Com os dados cedidos pela empresa é possível contabilizar o volume de vendas anuais e tirar conclusões sobre capacidade produtiva de ambos os processos e perceber se à necessidade a níveis de quantidades de produção e capacidade financeira para o investimento de uma nova tecnologia de corte.

### 4.1. Volume de Encomendas

---

Um fator importante em qualquer empresa é o seu volume de vendas e para uma boa gestão há que adequar a capacidade de produção de forma a corresponder com o número de encomendas e ao mesmo tempo não produzir muitos excedentes que criam *stocks* empatados. Para implantação de um novo processo de fabrico na empresa, neste caso específico, uma máquina de corte a laser, é fundamental precisar o volume de peças que a empresa precisa de produzir anualmente de forma a justificar o investimento. De maneira a realizar o estudo de otimização do processo de corte na JERO foi necessário obter o volume de venda anual da mesma e correlacionar com a capacidade produtiva do novo processo de corte.

Para melhor entendimento de como é possível obter os valores anuais de aço cortado na JERO:

1. segundo o volume de produtos encomendados, a empresa lança **ordens de fabrico** com as informações necessárias – desenho, tipo e espessura do aço e processos seguintes até à conclusão da peça;
2. as **ordens de fabrico** são entregues ao responsável da seção de corte de chapa de aço onde é iniciado a produção da grande maioria das peças encomendadas à JERO.

Para compreender se a JERO tem um volume de venda que justifique o investimento de um processo de corte mais flexível e autónomo e ao mesmo tempo um investimento de

capital avultado, foi determinado o valor de peças anuais recomendado segundo os dados das **ordens de fabrico** de 2016 - Quadro 8.

**Quadro 8 - Valores referentes às ordens de fabrico da JERO em 2016**

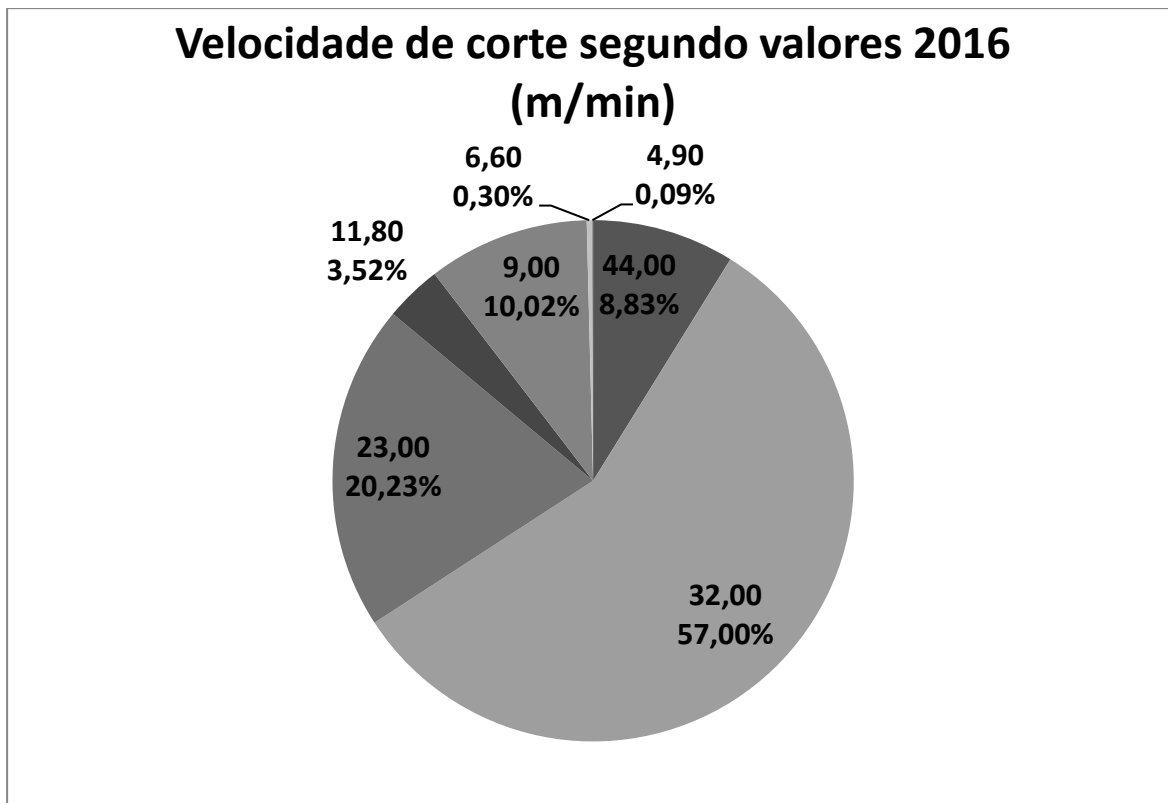
Espessura aço (mm)	Nº de ordens fabrico	Peças cortadas JERO	Subcontratação	Percentagem	Avanço do corte (m/min)
0,60	3,00	65 000	0	3,32%	44,00
0,80	3,00	82 000	0	4,19%	44,00
1,00	2,00	2 555	0	0,13%	44,00
1,20	5,00	23 340	0	1,19%	44,00
1,50	59,00	838 559	1 072	42,85%	32,00
1,60	4,00	94 700	0	4,84%	32,00
1,65	4,00	45 450	1 030	2,32%	32,00
1,75	9,00	136 810	1 006	6,99%	32,00
1,80	11,00	55 316	0	2,83%	23,00
1,98	2,00	1 285	0	0,07%	23,00
2,00	75,00	247 711	3 754	12,66%	23,00
2,20	3,00	91 547	0	4,68%	23,00
2,50	28,00	41 640	5 795	2,13%	11,80
2,53	6,00	22 670	0	1,16%	11,80
2,56	1,00	4 080	0	0,21%	11,80
2,75	2,00	590	0	0,03%	11,80
2,80	1,00	1 020	1 020	0,05%	9,00
2,99	11,00	7 035	0	0,36%	9,00
3,00	91,00	175 105	41 865	8,95%	9,00
3,50	6,00	11 845	5 005	0,61%	9,00
3,51	1,00	1 077	1 077	0,06%	9,00
4,00	7,00	4 468	868	0,23%	6,60
4,04	2,00	1 495	0	0,08%	6,60
5,00	6,00	1 695	181	0,09%	5,00
Totais	342	1 956 993	62 673	100%	28,12

Através das ordens de fabrico foi possível identificar as quantidades de peças cortadas no ano de 2016 assim como as espessuras de aço, o tipo de aço também varia dentro dos aços inoxidáveis, porém para efeitos de corte a laser não é preciso ser mais

específico. Analisando o Quadro 8, 1 956 993 é o número total de peças cortadas das placas de aço tanto na empresa JERO como as cortadas na Cubotonic no ano de 2016. Dentro das 24 espessuras de aço inoxidável diferentes, 42,85% do total de peças cortadas em 2016 foram em chapas de aço de 1,50mm de espessura, seguido pela espessura de 2,00mm com 12,66% e 3,00mm com 8,95% do total de peças. As restantes 21 espessuras juntas representam 35,55% do volume total de peças cortadas em chapa de aço. Com estes valores é possível identificar duas situações, que a espessura de aço mais cortada é de 1,50mm e que as restantes espessuras são muito díspares.

No corte de aço a laser para além do tipo de aço, a espessura deste é relevante para a performance e desempenho do corte, com os dados do Quadro 8 é possível concluir que quase metade da produção poderá ser realizada com um tipo de parâmetro, para a espessura de 1,5mm. Em contrapartida mais de metade do corte terá que ser programado para uma grande variedade de espessuras, dando origem a erros e perda de tempo com o *set up*. Os valores do consumo de energia e gás do corte a laser variam segundo as espessuras assim como tempo de corte, o Anexo 1 contém uma tabela cedida pela Trumph com os valores avanço de corte (m/min) conforme as várias espessuras de aço inoxidável e aço macio.

Com os valores do Quadro 8 foi possível calcular o avanço de corte a laser com uma máquina TruLaser 3030 fiber 4kW segundo os valores da tabela da Trumph para o exemplo de peças cortadas em 2016 na JERO, o gráfico da Figura 13 oferecer uma noção direta desse valores. É possível calcular uma velocidade de 32m/min de corte para 57% do trabalho anual, este valor é importante para calcular o número de peças médio por hora resultante do processo de corte a laser conforme o volume de produção da JERO, esses valores serviram para a análise descrita no Capítulo 6.



**Figura 13 - Velocidade de avanço de corte laser com a máquina TruLaser3030fiber 4kW segundo os dados das várias espessuras das placas cortadas no ano de 2016 na JERO.**

Voltando ao volume de produção da JERO, no ano de 2016 foi de 1 956 993 ou seja perto de 2 000 000 peças/ano, utilizando o processo de corte por prensa e o corte a laser subcontratado, o qual este último representa 3,20% das peças totais, respetivamente 62 673 peças no ano de 2016.

Imaginando que estas peças seriam cortadas na futura máquina a laser adquirida pela JERO e segundo os valores de 2016, este processo cortaria 2 000 000 peças em 101 dias de trabalho num turno de 8h em que a máquina cortaria no total 7h, portanto durante um ano, considerando 220 dias de trabalho, o laser cortaria quase 5.000.000 peças por ano. Porém a própria produtora de máquinas laser Trumpf recomenda, para um melhor aproveitamento e amortização do investimento financeiro, é conveniente que a máquina trabalhe pelo menos 2 turnos de 8h, considerando 7h de funcionamento por turno, duplicando assim o número de peças anuais em 10.000.000 peças/ano, é possível concluir estes valores com a ajuda do Quadro 9.

**Quadro 9 - Volume de peças cortadas a laser segundo os valores de produção da JERO em 2016 e o avanço de corte do laser com a máquina TruLaser3030fiber 4kW**

Espessura aço (mm)	Peças cortadas JERO	Porcentagem	Avanço do corte (m/min)	Horas laser (peças 2016)	Avanço do corte (m/ano em 7h)	Corte laser (peças/ano em 7h)
0,6	65 000	3,32%	44	12	134 978	67 489
0,8	82 000	4,19%	44	16	170 349	340 697
1	2 555	0,13%	44	0	5 285	10 571
1,2	23 340	1,19%	44	4	48 381	96 761
1,5	838 559	42,85%	32	218	1 266 989	2 533 978
1,6	94 700	4,84%	32	25	143 109	286 218
1,65	45 450	2,32%	32	12	68 598	137 196
1,75	136 810	6,99%	32	36	206 680	413 361
1,8	55 316	2,83%	23	20	60 143	120 286
1,98	1 285	0,07%	23	0	1 488	2 975
2	247 711	12,66%	23	90	269 050	538 101
2,2	91 547	4,68%	23	33	99 459	198 919
2,5	41 640	2,13%	11,8	29	23 224	46 448
2,53	22 670	1,16%	11,8	16	12 648	25 295
2,56	4 080	0,21%	11,8	3	2 290	4 579
2,75	590	0,03%	11,8	0	327	654
2,8	1 020	0,05%	9	1	416	832
2,99	7 035	0,36%	9	7	2 994	5 988
3	175 105	8,95%	9	162	74 428	148 856
3,5	11 845	0,61%	9	11	5 073	10 146
3,51	1 077	0,06%	9	1	499	998
4	4 468	0,23%	6,6	6	1 403	2 805
4,04	1 495	0,08%	6,6	2	488	976
5	1 695	0,09%	5	3	416	832
Totais	1 956 993	100%	28,12	707	2 598 713	4 994 959



## 5. Exemplos práticos

---

A realização deste estudo exige a utilização de exemplos práticos que permitissem fazer a comparação entre os vários processos de corte: a prensa utilizada na JERO; a laser de subcontratação e a laser de possível aquisição. O corte através da prensa, como é sabido, necessita obrigatoriamente da ferramenta de corte e essa condicionante foi tida em conta para a primeira fase da escolha das amostras. Foi tido em consideração para segunda fase da escolha o processo de corte a laser subcontratado, dado que este é utilizado para peças que não são cortadas atualmente a prensa na JERO e por isso é impossível comparar com as mesmas peças, assim foram escolhidas peças semelhantes, mas que estivessem a ser produzidas no decurso do estudo para a recolha dos dados, ver Quadro 10. Os desenhos técnicos das três amostras enviadas às duas empresas produtoras de máquinas laser – Trumpf e PrimaPower – podem ser consultados nos Anexo 2, Anexo 3 Anexo 4.

A estas empresas foi pedido que preenchessem uma tabela com informações relativas ao corte de cada amostra e dos custos diretos com o processo de corte, ver Anexo 5 e Anexo 6. O tipo de equipamento foi mencionado por forma a ter informações sobre o corte a laser a CO<sub>2</sub>, a fibra de 3 e 4kW e com opção de cabeça puncionadora, neste último caso só a PrimaPower é que comercializa este equipamento, sendo o propósito da Amostra 3.

**Quadro 10 - Exemplos práticos e as suas características.**

	<b>Prensa</b>		
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
<b>Referência</b>	<b>5700</b>	<b>1290</b>	<b>118</b>
Área (mm <sup>2</sup> )	5490	7480	8352
Perímetro (mm)	569	634	751
Espessura (mm)	2	3	3
Furos	3	2	N/A
	<b>Laser subcontratado</b>		
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
<b>Referência</b>	<b>813</b>	<b>Sashimi</b>	<b>N/A</b>
Área (mm <sup>2</sup> )	4012	9936	
Perímetro (mm)	572	858	
Espessura (mm)	1,75	3	
Furos	4	3	

	Laser a adquirir		
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
<b>Referência</b>	<b>7118</b>	<b>Sashimi</b>	<b>118</b>
Área (mm <sup>2</sup> )	3563	9936	8352
Perímetro (mm)	500	858	751
Espessura (mm)	1,5	3	3
Furos	2	3	N/A

Estas amostras foram enviadas às duas empresas produtoras de máquinas laser por forma a obter dados que indiquem o tempo e quantidade de corte tanto como encargos diretos e indiretos com o processo de corte: equipamento; instalação; manutenção; consumíveis; energia e operações. Foi levado a cabo o levantamento de dados referentes ao procedimento do corte a prensa e à subcontratação por forma a fazer um cruzamento de dados como é possível consultar no Quadro 11.

**Quadro 11 - Cruzamento de dados relativos às amostras e os processos de corte.**

	Prensa	Laser subcontratado	Laser a adquirir		
			Trumpf Fiber 3kW	Trumpf Fiber 4kW	Prima Power Fiber
<b>Amostra 1</b>	<b>REF. 5700</b>	<b>REF. 813</b>	<b>REF. 7118</b>	<b>REF. 7118</b>	<b>REF. 7118</b>
Peças Placa (pcs)	196	335	304	304	324
Tempo Placa (min)	00:15:41	-	00:16:52	00:15:53	00:16:56
Peças Hora (pcs)	1680	-	1081	1148	1148
Aproveitamento Placa	53,80%	67,26%	54,16%	54,16%	57,72%
<b>Amostra 2</b>	<b>REF. 1290</b>	<b>SASHIMI</b>	<b>SASHIMI</b>	<b>SASHIMI</b>	<b>SASHIMI</b>
Peças Placa (pcs)	175	135	115	115	130
Tempo Placa (min)	00:15:41	-	00:19:17	00:16:37	00:17:38
Peças Hora (pcs)	1500	-	358	415	442
Aproveitamento Placa	65,45%	67,01%	57,13%	57,13%	64,58%

	Prensa	Prima Power Fiber + Puncionadora
<b>Amostra 3</b>	<b>REF. 118</b>	<b>REF. 118</b>
Peças Placa (pcs)	105	160
Tempo Placa (min)	00:02:20	00:42:40
Peças Hora (pcs)	900	225
Aproveitamento Placa	43,85%	66,82%

Os dados cedidos pelas empresas Trumph e PrimaPower abrangeram os gastos com a consumíveis e energia, contudo o Quadro 11 só elenca a quantidade possível a extrair de cada placa de 2m por 1m e numa hora de trabalho, o tempo que leva a operação e a

percentagem de aproveitamento do material cortado da chapa em cada processo, pois os restantes serão abordados no capítulo 6. Com estes dados é possível concluir que o corte a prensa é o processo que permite produzir mais peças por hora de trabalho.



## 6. Avaliação dos custos do processo de corte na JERO

---

Como já foi referido, o corte de lâminas e peças em placas de aço, é feito atualmente na JERO, através de corte por prensa para grandes séries e é subcontratado o corte a laser para pequenas séries, protótipos e novas peças, que segundo o ano 2016 representa 3,20% do total cortado. Para apurar custos com o corte atual é necessário recolher informações relativas à energia, custos globais de trabalho na empresa, maquinaria, ferramentas, custos operacionais, manutenção e transporte. Foi feito um levantamento dentro da empresa JERO por forma a obter os dados respetivos com o corte a prensa e a laser subcontratado. No que diz respeito aos dados do corte feito com um futuro equipamento a laser, foi pedido através de e-mail a duas empresas conhecidas por trabalharem com a cutelaria concorrente, Triumph e PrimaPower, consultar Anexo 5 e Anexo 6.

A resposta da Triumph além de rápida foi muito completa, enviando 3 ficheiros PDF com dados isolados de cada uma das máquinas que foram solicitadas e 1 Excel com dados relativos ao custo e amortização de cada equipamento, os custos indiretos como manutenção e logística. Tabelas com os gastos em energia e gás relativos a cada tipo de aço e espessura, foram incluídos assim como avanços de corte. Já a PrimaPower deixou a desejar com uma resposta após três e-mails a lembrar o pedido e com dados muito sucintos relativos só ao corte das amostras em questão.

O Quadro 12 elenca estes valores, assim como os dados relativos ao corte laser do equipamento TruLaser 3030 fiber 4kW da Triumph por forma a comparar com os valores da atual situação utilizada pela empresa.

**Quadro 12 - Dados para cálculo.**

Dados	Valor
Custo Energia Contratada	0,14 €/kW
Custo Nitrogénio N2	0,15 €/Nm <sup>3</sup>
Custo Operador JERO	8,00 €/h
Custo Designer Interno	8,00 €/h
Custo Designer Externo	25,00 €/h
Custo Transporte	0,50 €/km
Avanço médio corte laser	20,52 m/h

Perímetro médio de corte	0,500 m
Valor Prensa Mecânica	82 818,00 €
Valor Máquina Laser Fibra 4kW	568 000,00 €
Ferramenta de corte	3 500,00 €

Os dados recolhidos são obtidos através de diferentes fontes, no Quadro 13 é explicado como são obtidos esses dados.

**Quadro 13 - Como foram obtidos os dados do Quadro 12.**

Dados	Como obtidos
Custo Energia Contratada	do total faturado pela distribuidora de energia dividido pelo número de kWh consumidos (fatura de outubro de 2016)
Custo Nitrogénio N2	valor fornecido pela Trumph, produtora de máquinas laser
Custo Operador JERO	valor fornecido pela JERO, soma dos custos globais com o volume salarial, seguro e taxas dividido pelo número de horas de trabalho
Custo Designer Interno	valor fornecido pela JERO, soma dos custos globais com o volume salarial, seguro e taxas dividido pelo numero de horas de trabalho
Custo Designer Externo	valor fornecido pelo designer externo, Daniel Gameiro
Custo Transporte	valor fornecido pela JERO, totaliza combustível, amortização, seguro, selo, inspeções, manutenção da carrinha e condutor.
Avanço médio corte laser	calculado segundo Quadro 6 e Gráfico 1, chegando a uma velocidade média de corte/hora 32m/min e com perímetro médio de 0,5m peça.
Perímetro médio de corte	segundo a média de perímetros das peças cortados pela JERO
Valor Prensa Mecânica	valor fornecido pela Mecânica Exacta, S.A., para uma CC100
Valor Máquina Laser Fibra 4kW	valor fornecido pela Trumph, para uma Máquina de Laser Fibra 4kW (TruLaser3030fiber 4kW - TruDisk 4001)
Ferramenta de corte	valor fornecido pela JERO, cortante do tipo fechado e de complexidade média

Com os dados do Quadro 12 é possível fazer uma estimativa dos custos hora dos dois processos de corte e da subcontratação do corte a laser. Nas Tabela 2 e Tabela 3 é feito um apanhado dos valores obtidos para cada processo, que por sua vez, condicionam os custos. Para a compreensão desses valores, o Quadro 14 contém a explicação de como foram encontrados. Os procedimentos de corte, que são passíveis de serem realizados dentro das instalações da empresa, foram comparados na mesma tabela (Tabela 2) pois contém parâmetros idênticos e direta comparação. Os valores relativos à subcontratação, foram tidos em conta, segundo critérios com encargos globais a nível de transporte e custo cobrado por corte de peça, pela empresa de subcontratação Cubotónic. A Tabela 4 apresenta a soma dos valores dessas tabelas, e por forma a serem comparáveis, os valores são contabilizados em custo por hora.

Para efeitos de cálculo foram considerados 217 dias de trabalho anuais, 8 horas de trabalho por dia e para os casos em que foi preciso o tempo efetivo de trabalho 7 horas, dando 1736 ou 1519 horas de trabalho por ano respetivamente.

**Tabela 2 - Tabela comparativa de valores entre o processo de corte a prensa e o processo de corte a laser.**

		<b>Prensa</b>	<b>Laser</b>
	Custo operador	8,00 €/h	8,00 €/h
	Amortização Máquina	6,72 €/h	42,51 €/h
	Ciclos de corte	1680 pcs/h	1148 pcs/h
Projeto/ Programação	Tempo	25 h	1 h
	Custo	25,00 €/h	8,00 €/h
Preparação	Tempo	0,12 h	S/D
	Custo	8,00 €/h	8,00 €/h
Manutenção	Tempo	1 h	S/D
	Custo	10,00 €/h	3,34 €/h
	Consumíveis	0,15 €/h	1,10 €/h
	Ferramenta de corte	11,76 €/h	N/A
	Energia	6,62 €/h	2,47 €/h
	Gás (N2)	N/A	2,93 €/h
	Aproveitamento da placa(2x1m)	54,37 %	60,85 %

Olhando para a Tabela 2 é possível realçar que os valores com a amortização da máquina têm uma grande disparidade, penalizando o laser com o valor de 42,51 €/h em comparação com o valor hora da prensa de 6,72 €. Em contrapartida os valores dedicados ao projeto/programação requerem um maior investimento em tempo e custo hora para o projeto da ferramenta e o custo da própria ferramenta de corte em si, elemento imprescindível no corte de cada referência com a prensa, em comparação com a única

tarefa de programação do corte com a máquina a laser. A soma desses valores implica 625 € para o projeto e 3.500 € para a produção da ferramenta, logo 4.125 €, esse valor é amortizado em 500.000 peças cortadas, valor de peças útil estimado para uma ferramenta, sabendo que a prensa pode cortar 1680 peças numa hora e por isso são precisas cerca de 300h, assim conclui-se que 13,75€/h são só para pagar o cortante. Relativamente ao corte a laser esses valores não se aplicam pois não usa ferramenta, para além da facilidade e flexibilidade de cortar vários formatos na mesma tarefa de corte por placa, será só preciso programar com os desenhos através do software da máquina estimando 1h por programação segundo as referências necessárias uma única vez.

**Tabela 3 - Tabela com valores da subcontratação.**

	<b>Subcontratação (exemplo ref. 813)</b>
Custo corte (pc)	0,20 €/pc
Deslocação (ida/volta)	107,4 €
Tempo	4 h
Custo corte (h)	50,30 €/h
Deslocação (h)	26,85 €/h

**Tabela 4 - Tabela comparativa de valores hora de cada procedimento: prensa, laser e subcontratação.**

	<b>Prensa</b>	<b>Laser</b>	<b>Subcontratação</b>
Valor hora nos primeiros 7 anos	34,28 €/h	53,15 €/h	77,15 €/h
Após 7 anos (tempo de amortização das máquinas)	15,70 €/h	10,64 €/h	

Analisando a Tabela 4 identifica-se que o processo de corte a laser é mais caro nos primeiros 7 anos devido ao investimento da máquina, sendo quase 20€/h mais caro que o atual processo a prensa, mesmo contabilizando a compra de uma prensa nova, ou cerca de 38€/h mais caro do que na situação atual da JERO que já amortizou as prensas com que trabalha há anos. Após os 7 anos o laser torna-se mais barato quase 5€/h que a prensa pois esta precisa de comportar os custos com a ferramenta. A subcontratação é o procedimento com o valor mais alto, em que 50,30€/h representa o valor do corte em si e 26,85€/h são a deslocação à empresa de corte a laser Cubotonic e ainda assim não é contabilizado o tempo com a logística que é necessária fazer para que as peças sejam cortadas a tempo de serem maquinadas e expedidas dentro dos prazos. Contudo o valor podia ser reduzido se em vez de ser subcontratado o corte a uma empresa de Mafra fosse

a uma empresa localizada numa área mais próxima à JERO reduzindo no gasto com a deslocação.

**Quadro 14 - Quadro explicativo de como foram obtidos os dados da** Erro! A origem da referência não foi encontrada. **e da** Erro! A origem da referência não foi encontrada..

Dados	Corte a Prensa	Corte a Laser
<b>Amortização da Máquina</b>	o valor da máquina é amortizado em termos contabilísticos em 7anos, sendo assim o valor total de aquisição é dividido por 7anos x(8 horas de trabalho dia x 217 dias de trabalho ano)	dados fornecidos pela Trumpf
<b>Ciclos por corte</b>	foi cronometrado o número de peças que são cortadas por minuto e o valor multiplicado por 60, resultando no nº de ciclos / hora	através do valor de avanço de corte cedido pela Triumph e segundo as quantidades e espessuras cortadas 2016 é calculada a velocidade de avanço média hipotética para o corte laser
<b>Projeto / Programação</b>	diz respeito ao tempo de desenvolvimento do projeto da ferramenta de corte, que neste caso é realizado pelo designer externo com mais experiência	trata-se do tempo de preparação do desenho a cortar e programação no programa de corte laser para o corte da peça. Neste caso o designer interno pode realizar este trabalho
<b>Preparação</b>	tempo de montagem da ferramenta de corte na prensa e afinação da prensa. Trabalho realizado pelos operadores da seção de corte da empresa com auxilio da serralharia	realização do <i>set up</i> pelo operador da máquina na empresa, programar os parâmetros da máquina para o corte da chapa que à partida ficam gravados para próximos cortes da mesma referência
<b>Manutenção</b>	Custo de manutenção principal da ferramenta de corte, que consiste em retificar o punção de 10.000 em 10.000 peças e à matriz de 20.000 a 20.000 peças, pelo o operadores da serralharia	dados fornecidos pela Trumpf
<b>Consumíveis</b>	Custo com os lubrificantes ano a dividir por 217 dias com 7horas de trabalho efetivo	dados fornecidos pela Trumpf
<b>Ferramenta de Corte</b>	Custo da ferramenta. O valor cedido pela JERO é amortizado pelo número de peças estimadas para o tempo útil de vida da ferramenta, 500.000 peças	N/A
<b>Energia</b>	Custo de energia: kWh = (Ampere x Volt x $\sqrt{3}$ x Fator de potência)/1000 a multiplicar pelo custo do kWh pago na JERO	dados fornecidos pela Trumpf
<b>Aproveitamento da placa(2x1m)</b>	média das percentagens de aproveitamento segundo as amostras explicadas no capítulo5	média das percentagens de aproveitamento segundo as amostras explicadas no capítulo5
<b>Gás (N2)</b>	N/A	dados fornecidos pela Trumpf



## 7. Conclusão

---

Este projeto tem o intuito de analisar e avaliar o processo de corte da chapa de metal na empresa de cutelaria JERO, para tal foi realizado um levantamento dos vários processos de corte de chapa de metal, tendo em conta as tendências do mercado e as necessidades da cutelaria, conclui-se que o corte a prensa e a laser são os processos que melhor satisfazem as exigências. Ambos os processos executam um bom trabalho a níveis de qualidade de corte, rapidez e baixo custo de produção, capacidade de cortar diferentes tipos de metais e espessuras, porém são distintos no que diz respeito no investimento de um novo equipamento, a máquina laser é bastante dispendiosa, e na produção de pequenas e diversificadas séries de peças a prensa não é viável.

Para que fosse possível compreender se as desvantagens principais da aquisição de uma máquina laser, o seu custo, eram compensadas pelas vantagens de trabalhar com séries mais reduzidas e permitir uma grande flexibilidade no corte de peças com desenhos diferentes, foi feito um levantamento do volume de vendas da JERO, concluído que não é compensatório o investimento para situação atual da cutelaria. Foi identificada também que a importância gasta com a subcontratação do corte a laser na empresa Cubotonic situada em Mafra é elevada e pode ser minorada caso se opte por uma empresa mais próxima da JERO.

A aquisição de uma máquina laser só será viável caso a empresa precise de evoluir segundo um rumo de ampliação de mercado duplicando as quantidades de peças produzidas por ano.



# Bibliografia

---

- [1] Jost Amman, “Der Schmidt,” *Period Sketches, Paintings and Photos of Blacksmiths / Gulf Coast Blacksmith Association*. [Online]. Available: <https://gulfcoastblacksmith.com/discoveries-gallery/paintings-and-sketches/>. [Accessed: 16-Mar-2017].
- [2] “Processo Siderúrgico | Aço: Processos de Fabricação | Aços & Ligas | Infomet.” [Online]. Available: <http://www.infomet.com.br/site/acos-e-ligas-conteudo.php?codAssunto=130>. [Accessed: 02-May-2017].
- [3] EUROSTAT, “Statistics - Metals and metal products,” *Met. Met. Prod.*, pp. 129–150, 2013.
- [4] H. El-Hofy, *Fundamentals of Maching Processes*. CRC Press, 2007.
- [5] T. Andre and M. D. E. Castro, “Projeto de uma ferramenta específica para cravação de terminais elétricos,” Instituto Politécnico do Porto, 2016.
- [6] “How CO2 and Fiber laser cutting machine work? - SteelTailor’ Blog.” [Online]. Available: <http://www.steeltailor.com/blog/how-co2-and-fiber-laser-cutting-machine-work/>. [Accessed: 10-Jan-2017].
- [7] A. Tabain Kole, “Telecurso 2000 - Processos de Fabricação 62,” *Corte com laser*. [Online]. Available: <http://essel.com.br/cursos/material/01/ProcessosFabricacao/62proc.pdf>.
- [8] “The Fabricator - Metal Fabricating News, Products, Articles, and More.” [Online]. Available: <http://www.thefabricator.com/>. [Accessed: 23-May-2017].
- [9] “Waterjet Cutting Compared | Abrasive Water Jet Cutting Machine.” [Online]. Available: <https://www.omax.com/learn/waterjet-cutting-compared>. [Accessed: 22-May-2017].
- [10] “Estimating your cutting costs - The Fabricator.” [Online]. Available: <http://www.thefabricator.com/article/plasmacutting/estimating-your-cutting-costs>. [Accessed: 02-Jun-2017].
- [11] F. Penteadó, “Processos de Estampagem.” [Online]. Available: <http://bmalbert.yolasite.com/resources/Estampagem.pdf>. [Accessed: 27-Sep-2017].
- [12] A. B. Rocha and J. F. Duarte, *Tecnologia do Corte em Prensa*. Associação Portuguesa das Tecnologias de Conformação Plástica, 1990.

- [13] O. de Brito, *Estampos de Corte*. Brasil: Hemus - Livraria Editora Ltda., 1981.
- [14] S. Kalpakjian, "Manufacturing engineering and technology," 2006. [Online]. Available: <https://www.slideshare.net/garacaloglu/ch14-forging>. [Accessed: 12-Oct-2016].

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Anexos

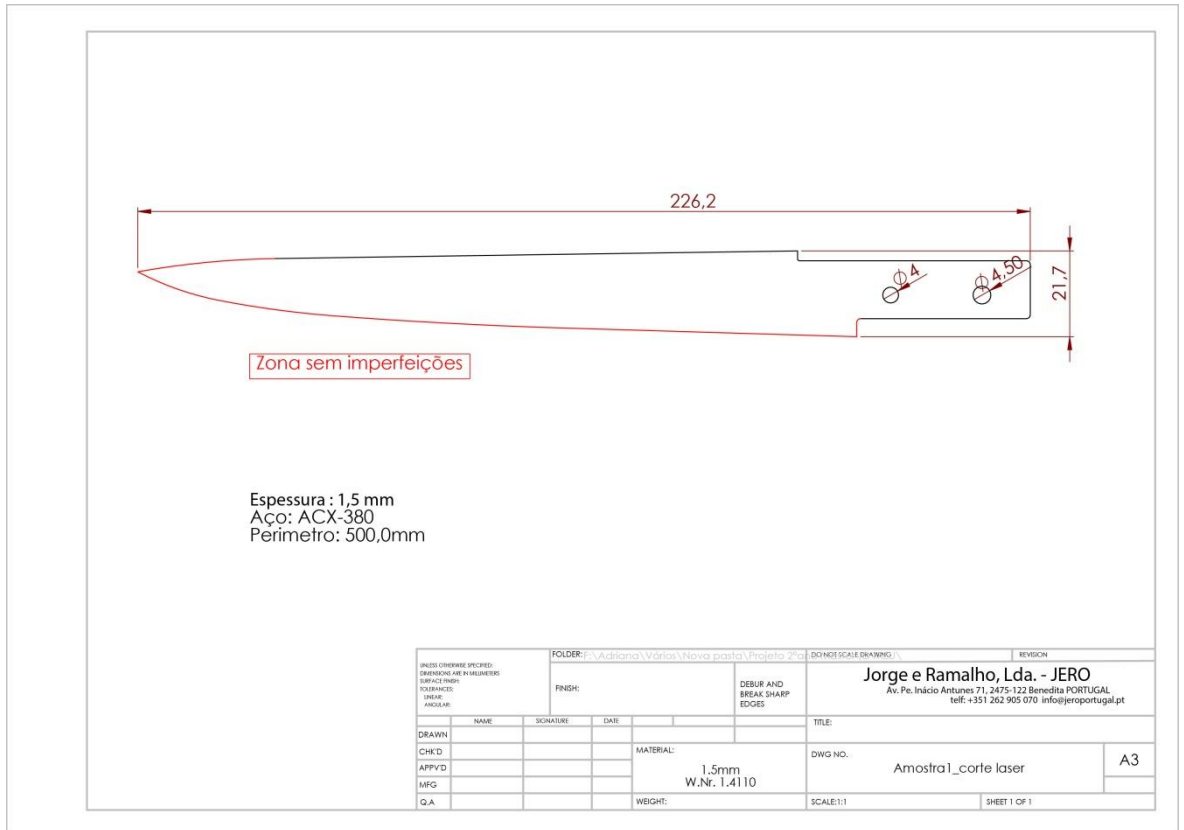
## Anexo 1 - Tabela com valores de avanço de corte laser para aços. Fornecida pela Trumph

Avanço		TruLaser3030 (L20longitudinal) (4kW)	TruLaser3030fiber (L49)(3kW)	TruLaser3030fiber (L49)(4kW)-1
Material	Espessura [mm]	[m/min]	[m/min]	[m/min]
Aço Inox (N2)	0,5	24,10	38,00	44,00
Aço Inox (N2)	1,0	24,10	38,00	44,00
Aço Inox (N2)	1,5	13,10	26,00	32,00
Aço Inox (N2)	2,0	6,70	17,00	23,00
Aço Inox (N2)	2,5	5,20	10,00	11,80
Aço Inox (N2)	3,0	4,10	7,50	9,00
Aço Inox (N2)	4,0	3,20	5,00	6,60
Aço Inox (N2)	5,0	2,50	3,30	4,90
Aço Inox (N2)	6,0	2,20	2,00	3,30
Aço Inox (N2)	8,0	1,40	1,00	1,40
Aço Inox (N2)	10,0	0,80	0,70	0,90
Aço Inox (N2)	12,0	0,50	0,40	0,60
Aço Inox (N2)	15,0	0,40	0,30	0,30
Aço Inox (N2)	20,0	-	-	0,20
Aço macio (N2)	0,5	25,00	35,00	44,00
Aço macio (N2)	1,0	25,00	35,00	44,00
Aço macio (N2)	1,5	12,00	24,00	31,40
Aço macio (N2)	2,0	6,00	17,60	24,00
Aço macio (N2)	2,5	4,90	12,00	18,00
Aço macio (N2)	3,0	3,70	8,00	10,00
Aço macio (N2)	4,0	2,60	4,80	7,20
Aço macio (N2)	5,0	2,30	2,80	4,70
Aço macio (N2)	6,0	2,00	2,00	2,80
Aço macio (O2)	0,5	8,20	9,00	9,00
Aço macio (O2)	1,0	8,20	9,00	9,00
Aço macio (O2)	1,5	6,40	7,00	7,00
Aço macio (O2)	2,0	5,40	5,50	5,50
Aço macio (O2)	2,5	5,10	4,70	4,70
Aço macio (O2)	3,0	5,00	4,30	4,30
Aço macio (O2)	4,0	4,00	3,70	3,70
Aço macio (O2)	5,0	3,50	3,10	3,40
Aço macio (O2)	6,0	3,00	2,80	2,90
Aço macio (O2)	8,0	2,40	2,10	2,40

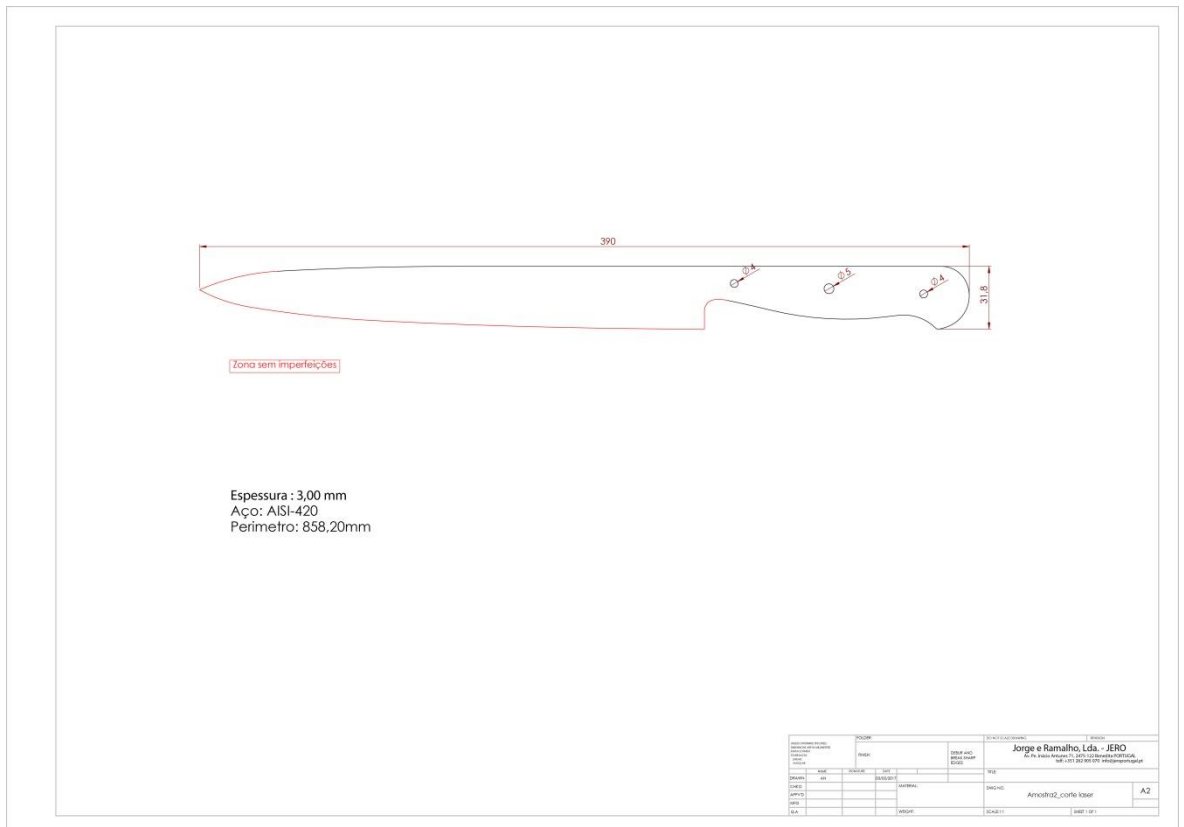
<b>Avanço</b>		<b>TruLaser3030 (L20longitudinal) (4kW)</b>	<b>TruLaser3030fiber (L49)(3kW)</b>	<b>TruLaser3030fiber (L49)(4kW)-1</b>
<b>Material</b>	<b>Espessura [mm]</b>	<b>[m/min]</b>	<b>[m/min]</b>	<b>[m/min]</b>
<b>Aço macio (O2)</b>	10,0	2,00	1,80	2,00
<b>Aço macio (O2)</b>	12,0	1,60	1,50	1,60
<b>Aço macio (O2)</b>	15,0	1,30	1,00	1,30
<b>Aço macio (O2)</b>	20,0	0,90	0,70	0,90
<b>Aço macio (O2)</b>	25,0	-	-	0,70

*Nenhuma responsabilidade é tida em conta pela exactidão desta informação. Se não nos disponibilizar dados específicos, o cálculo acima será baseado nos valores recolhidos pela experiência. Entretanto, como a situação real difere de caso para caso, o cálculo abaixo não pode ser considerado uma declaração de obrigatoriedade para os custos operacionais da sua máquina. Toda a informação é dada sem garantias expressas ou implícitas, e serve apenas como valor guia. Todas as reclamações resultantes de erros ou omissões no cálculo, são por conseguinte excluídas. Os custos de peças e consumíveis são baseados em dados históricos do departamento de peças TRUMPF. Os valores são baseados em máquinas. Adicionalmente 1 % do preço de compra por ano e por turno, são adicionados a esses custos para assegurar que os valores são realistas. Inclui, por exemplo, o custo da mão-de-obra para a manutenção por máquina.*

Anexo 2 – Amostra 1, ref. 7118 corte a laser a adquirir.



Anexo 3 – Amostra 2, ref. Sashimi corte a laser a adquirir.





Anexo 5 – Tabela enviada à empresa Trumph com a informação pedida.

Encargos com o processo de corte a laser				
Máquina	Trulaser 3030 TruFlow 4000	Trulaser 3030 TruDisk 3001	Trulaser 3030 TruFlow 4000	Trulaser 3030 TruDisk 3001
Laser				
Extras	s/extras	s/extras	Brighthouse Código de Matriz de Pontos Prevenção Inteligente de Colisões	Brighthouse fiber Prevenção Inteligente de Colisões
Custo da Máquina				
Custo de Instalação				
Consumíveis e seus custos				
Tempo de preparação/série*				
Tempo de recolha das peças cortadas*				
Tempo de manutenção interna*				
Custos do Serviço de manutenção externa*				
Tempo de paragens por avarias mais comuns*				
<b>Operabilidade</b>				
<b>Amostra 1</b>				
Quantidade de peças por placa de 1000x2000mm				
Tempo de corte por placa				
<b>Amostra 2</b>				
Quantidade de peças por placa de 1000x2000mm				
Tempo de corte por placa				

\* estes valores correspondem a uma média prevista

Anexo 6 – Tabela enviada à empresa PrimaPower com a informação pedida.

Encargos com o processo de corte a laser			
Máquina	Platino 1530	Feltino 2.0 fiber	Combi Genius 1530
Laser	4000 W	3000 W	3000 W
Custo da Máquina			
Custo da Instalação			
Consumíveis e seus custos			
Tempo de preparação/série*			
Tempo de recolha das peças cortadas*			
Tempo de manutenção interna*			
Custos do Serviço de manutenção externa*			
Tempo de paragens por avarias mais comuns*			
<b>Operabilidade</b>			
<b>Amostra 1</b>			
Quantidade de peças por placa de 1000x2000mm			
Tempo de corte por placa			
<b>Amostra 2</b>			
Quantidade de peças por placa de 1000x2000mm			
Tempo de corte por placa			
<b>Amostra 3</b>			
Quantidade de peças por placa de 1000x2000mm			
Tempo de corte por placa e punção			

\* estes valores correspondem a uma média prevista

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Glossário

---

Arco elétrico – é um fenómeno de “faísca” que ocorre da descarga de energia de um gás para uma atmosfera normalmente isolante como o ar.

Colimado – colimação, processo de tornar paralelo

Fotões – partículas de luz