



Projeto mecânico de um sistema transfer

DANIEL MARQUES NUNES

novembro de 2020

PROJETO MECÂNICO DE UM SISTEMA *TRANSFER*

Daniel Marques Nunes

1150960

2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica



PROJETO MECÂNICO DE UM SISTEMA *TRANSFER*

Daniel Marques Nunes

1150960

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho e coorientação do Doutor Francisco José Gomes da Silva, Professores Adjuntos do Departamento de Engenharia Mecânica do ISEP.

2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica



JÚRI

Presidente

Doutora Isabel Cristina Silva Barros Rodrigues Mendes Pinto
Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho
Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Coorientador

Doutor Francisco José Gomes da Silva
Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

Doutor Abílio Manuel Pinho de Jesus
Professor Associado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradecer à empresa Gestamp Aveiro S.A. pela oportunidade de realização de estágio e por toda a disponibilidade para a conclusão do meu objetivo com sucesso. A toda a equipa do departamento de produção e manutenção de ferramentas, em particular ao orientador de estágio Eng.º João Oliveira, por toda a ajuda prestada ao longo deste percurso.

Aos meus orientadores do ISEP, Professor Raul Campilho e Professor Francisco Silva, pela enorme disponibilidade e acompanhamento prestado ao longo do estágio.

À minha família, por todo o apoio que recebi não só para a realização da dissertação, mas também nos vários anos ao longo da licenciatura e mestrado.

Aos meus amigos e colegas de curso pelas horas de estudo e momentos de diversão, fundamentais para a conclusão desta etapa e desenvolvimento pessoal.

PALAVRAS CHAVE

Componentes automóveis; estampagem; melhoria de processo; projeto mecânico; sistema *transfer*.

RESUMO

A indústria automóvel tem-se imposto cada vez mais como um dos principais pilares da economia à escala global. A globalização dos meios de transporte, quer públicos quer pessoais, exigiu a produção de veículos e componentes a larga escala, através da produção em massa e a preços reduzidos, sem comprometer a qualidade do produto num meio cada vez mais competitivo.

Para se conseguir esse equilíbrio, é necessária a melhoria contínua e otimização dos processos e produtos nas empresas do ramo automóvel. A exigência por parte do cliente é cada vez maior, sendo necessário aumentar o número de pedidos e reduzir os prazos de entrega. Todas estas alterações levam a que os procedimentos utilizados outrora, estejam atualmente ultrapassados e seja necessária a inovação.

No entanto, não é viável reagir ao primeiro impulso de aumentar a mão de obra ou as linhas de produção sem melhorar e otimizar os processos existentes. É neste contexto que se enquadra a presente dissertação: analisando o seu processo de estampagem, a Gestamp Aveiro, Indústria de Acessórios Automóveis, S.A. verificou que certas ferramentas apresentam baixo *overall equipment effectiveness* (OEE), pretendendo diminuir o tempo de *setup* e tempo de paragens de produção através da modificação do seu sistema *transfer*.

O projeto de melhoria dos processos inerentes ao sistema *transfer* de uma ferramenta engloba diversas áreas. Foram aplicadas várias ferramentas de gestão, tal como a *Failure mode and effects analysis* (análise FMEA) na fase pré-projeto. Foi pensado um novo conceito para o *transfer*, de forma a aumentar a estabilidade do mesmo. De forma a melhorar a fiabilidade da manutenção preventiva dos sistemas *transfer*, foi criada e implementada uma instrução de trabalho para esta tarefa.

Os resultados do trabalho desenvolvido na presente dissertação permitiram compreender as alterações no rendimento da ferramenta em causa após a alteração do sistema *transfer*. Assim, a empresa deverá avaliar a implementação deste novo conceito nas restantes ferramentas do tipo *transfer*.

KEYWORDS

Automotive components; stamping; process optimization; mechanical design; transfer system.

ABSTRACT

The automotive industry has increasingly established itself as one of the main pillars of the economy at a global scale. The globalization of means of transport, both public and personal, required the production of vehicles and components at a large scale, through mass production and at low prices, without compromising the quality of the product in an increasingly competitive industry.

To achieve this balance, a continuous improvement and optimization of processes and products in automotive companies are necessary. The costumers' demand is growing, making it necessary to increase the number of orders and reduce deadlines. All these changes showed that the processes used in the past are outdated and innovation is needed.

Nonetheless, it is not viable to react to a first impulse and increase manpower or production lines without improving and optimizing the existing processes. It is in this context that the present dissertation emerges: analyzing its stamping process, Gestamp Aveiro, Indústria de Acessórios Automóveis, S.A. found that certain transfer dies have low overall equipment effectiveness (OEE), and aimed at the modification of the transfer system, to decrease the setup time and production stoppage.

The project to improve the inherent processes to the transfer system of a stamping die includes several areas. Several management tools were applied, such as Failure mode and effects analysis (FMEA analysis) in the pre-project phase. A new concept was devised for the transfer system to increase its stability. A work instruction was created and implemented with the purpose of improving preventive maintenance of transfer systems reliability.

The results of the work developed in this dissertation allowed an understanding of the changes in the performance of the die under analysis, after changing the transfer system. Therefore, the company should evaluate the implementation of this new concept in the remaining transfer dies.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

ACAP	Associação do Comércio Automóvel de Portugal
AFIA	Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel
CAD	<i>Computer-aided design</i>
CCC	Cúbico de corpo centrado
CFC	Cúbico de faces centradas
FMEA	<i>Failure mode and effects analysis</i>
HC	Hexagonal compacto
I&D	Investigação e desenvolvimento
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LDR	<i>Limit drawing ratio</i>
MAG	<i>Metal active gas</i>
MIG	<i>Metal inert gas</i>
NPR	Número prioritário de risco
OEE	<i>Overall equipment effectiveness</i>
S.A.	Sociedade anónima
SMED	<i>Single-minute exchange of dies</i>

Lista de Unidades

kg	Quilograma
mm	Milímetro
s	Segundo
t	Tonelada
°C	Graus Celcius

Lista de Símbolos

e	Espessura da chapa
f	Folga
$M\alpha$	Maior classificação entre as soluções
Q	Quociente entre critérios
R_c	Resistência ao corte do material
R_o	Diâmetro inicial
r_o	Diâmetro do embutido
α	Classificação da solução para cada critério
β	Classificação ponderada da solução
γ	Classificação geral da solução
Ω	Valor final da classificação da solução
ω	Importância do critério
€	Euro
%	Porcentagem

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição de negócios na indústria automóvel em 2019 [7]	11
Figura 2 - Volume de negócios de componentes automóvel em 2019 [7]	11
Figura 3 - Três tipos de sistemas automatizados (adaptado de [13])	14
Figura 4 - Robótica na indústria automóvel [18]	16
Figura 5 - Entradas e saídas de um processo de fabrico [24]	18
Figura 6 - Exemplos de diagramas de Ashby [25]	19
Figura 7 - Estruturas CCC (a), CFC (b) e HC (c) [27]	20
Figura 8 - Alotropia ou polimorfismo [28]	20
Figura 9 - Conformação de metais (autoria própria)	21
Figura 10 - Esquema de molde de fundição [31]	22
Figura 11 - Efeito do encruamento e temperatura nos grãos equiaxiais [36]	25
Figura 12 - Esquema simplificado de punção e matriz (adaptado de [39])	27
Figura 13 - Corte punção-matriz (adaptado de [40])	29
Figura 14 - Punções inclinados e desnivelados [40]	30
Figura 15 - Linha neutra na dobragem [44]	32
Figura 16 - Embutidura de um copo (adaptado de [45])	33
Figura 17 - Prensa de corpo em C [53]	37
Figura 18 - Prensa de duplo montante [54]	37
Figura 19 - Ferramenta progressiva [63]	41
Figura 20 - Ferramenta <i>transfer</i> [65]	43
Figura 21 - Sistema <i>transfer</i> [67]	43
Figura 22 - Distribuição de fábricas e centros I&D pelo mundo (Adaptado de [71])	48
Figura 23 - Gestamp Aveiro: 1- Construção de ferramentas; 2- Estampagem a quente; 3- I&D; 4- Estampagem a frio; 5- Soldadura; 6- Pintura; 7- Logística (Adaptado de [72])	49
Figura 24 - Sequência de processos na produção das peças (Autoria própria)	50
Figura 25 - Evolução do nº de colaboradores da Gestamp Aveiro (Adaptado de [73])	51
Figura 26 - Repartição de peças por grupo cliente em 2019 (Adaptado de [73])	51

Figura 27 - Peças finais 462 e 472	54
Figura 28 - Desenho CAD do sistema <i>transfer</i> convencional.....	55
Figura 29 - Etapa 1 da ferramenta 462 – corte de formato.....	56
Figura 30 - Etapa 2 da ferramenta 462 – estampagem	56
Figura 31 - Etapa 3 da ferramenta 462 – corte.....	57
Figura 32 - Etapa 4 da ferramenta 462 – separação das peças	58
Figura 33 - Etapa 5 da ferramenta 462 - estampagem	58
Figura 34 - Etapa 6 da ferramenta 462 - corte	59
Figura 35 - Gaveta de armazenamento de um sistema <i>transfer</i>	61
Figura 36 - Duplo tubo interior circular	66
Figura 37 - Duplo tubo interior quadrangular	66
Figura 38 - Tubo simples.....	67
Figura 39 - Encaixe para tubo quadrado em L.....	68
Figura 40 - Tubo quadrado em L.....	68
Figura 41 - Vista exterior de braço com sistema de roda dentada e cremalheira.....	69
Figura 42 - Chaveta de posicionamento nas placas de encaixe	70
Figura 43 – Sistema de aperto Finger Tooling [75].....	70
Figura 44 - Mangueira/cabo interior	71
Figura 45 - Palas de resguardo para mangueiras e cabos	72
Figura 46 - Pegas normalizadas	72
Figura 47 – Pegas em tubo redondo.....	73
Figura 48 - Braço em L em perfil normalizado.....	78
Figura 49 - Encaixes para união do perfil normalizado.....	78
Figura 50 - Sistema de ajustamento da pinça para braço em perfil normalizado	79
Figura 51 - Placas de deslize horizontal e vertical	80
Figura 52 - Projeto inicial do braço em L	80
Figura 53 - Placas de deslize desajustadas para as colheres	81
Figura 54 - Utilização de tubo simples para as colheres.....	82
Figura 55 – Suporte angular para pinça.....	82
Figura 56 - Sistema de discos para ajuste angular da pinça	83

Figura 57 - Discos e postigos para pinças e braços.....	83
Figura 58 - Etapa 5 do novo sistema <i>transfer</i>	84
Figura 59 - Veio roscado para aperto do segmento <i>transfer</i>	85
Figura 60 - Desenho CAD do novo sistema <i>transfer</i>	85
Figura 61 - Instrução de trabalho para manutenção de sistemas <i>transfer</i>	87
Figura 62 - Tabela de controlo de manutenção dos sistemas <i>transfer</i>	88
Figura 63 - Pega normalizada da Southco [76]	89
Figura 64 - Sistema de pegas projetado	90
Figura 65 - Protótipo da pega para teste.....	91
Figura 66 - Protótipo da pega fixo no <i>transfer</i>	91
Figura 67 - Pega em tubo redondo montada no <i>transfer</i>	92
Figura 68 – Braços do novo conceito <i>transfer</i> para pinças e colheres da etapa 5	93
Figura 69 - Etapa 5 do novo sistema <i>transfer</i>	94
Figura 70 - Novo conceito do sistema <i>transfer</i> : a) etapa 1; b) etapa 2; c) etapa 3; d) etapa 4	95

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Volume de produção automóvel mundial em 2019 (adaptado de [3])	7
Tabela 2 - Volume de produção automóvel mundial entre 2015 e 2019 (adaptado de [3])	8
Tabela 3 - Volume de produção automóvel em Portugal, em 2019 (adaptado de [3])	9
Tabela 4 - Importância da indústria automóvel na economia nacional (adaptado de [7])	10
Tabela 5 - Estudos sobre melhoria na construção de ferramentas de estampagem	40
Tabela 6 - Impacto do grupo Gestamp Automoción em todo o mundo [71]	47
Tabela 7 - Índice de ocorrência (adaptado de [74])	63
Tabela 8 - Índice de gravidade (adaptado de [74])	63
Tabela 9 - Índice de deteção (adaptado de [74])	63
Tabela 10 - Importâncias dos vários critérios (ω_i)	74
Tabela 11 - Classificação de ideias para cada critério (α)	75
Tabela 12 - Análise do cumprimento dos objetivos inicialmente propostos	100

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	Contextualização	3
1.2	Objetivos	3
1.3	Organização da dissertação	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1	Indústria automóvel.....	7
2.1.1	A importância da indústria automóvel no contexto mundial.....	7
2.1.2	A importância da indústria automóvel no contexto nacional	8
2.1.3	Indústria de componentes para automóvel	10
2.1.4	Pilares da indústria automóvel.....	12
2.1.4.1	Flexibilidade	12
2.1.4.2	Qualidade.....	12
2.1.4.3	Prazo de entrega.....	13
2.2	Automatização de processos	13
2.2.1	Automatização	13
2.2.1.1	Vantagens e desvantagens da automatização.....	15
2.2.2	Robótica	16
2.2.2.1	Vantagens e desvantagens da robótica	17
2.3	Processos de fabrico	17
2.3.1	Fundição	22
2.3.2	Soldadura	23
2.3.3	Conformação plástica	23
2.3.3.1	Estampagem	26
2.3.3.1.1	Corte.....	28
2.3.3.1.2	Dobragem.....	31
2.3.3.1.3	Embutidura	32

2.4	Prensas	35
2.4.1	Geometria da estrutura da prensa	36
2.4.1.1	Prensas de corpo em C	36
2.4.1.2	Prensas de duplo montante.....	37
2.4.2	Tipo de acionamento.....	38
2.4.2.1	Prensas mecânicas	38
2.4.2.2	Prensa hidráulica	38
2.4.2.3	Servo-prensas	38
2.4.3	Tipo de corrediça.....	39
2.5	Ferramentas de estampagem	40
2.5.1	Ferramentas progressivas	41
2.5.2	Ferramentas <i>transfer</i>	42
2.5.2.1	Sistemas <i>transfer</i>	43
3	DESENVOLVIMENTO	47
3.1	Caracterização da empresa	47
3.1.1	Grupo Gestamp	47
3.1.2	Gestamp Aveiro.....	49
3.2	Caracterização do departamento de estampagem a frio	52
3.3	Identificação do problema	53
3.4	Ferramenta 462.....	54
3.4.1	<i>Transfer</i>	55
3.4.1.1	Etapa 1	56
3.4.1.2	Etapa 2	56
3.4.1.3	Etapa 3	57
3.4.1.4	Etapa 4	57
3.4.1.5	Etapa 5	58
3.4.1.6	Etapa 6	59
3.5	Descrição da situação atual.....	59

3.5.1	Tempos de paragem do <i>transfer</i>	59
3.5.2	Circuito do <i>transfer</i>	60
3.5.3	Análise FMEA.....	62
3.6	Tempestade de ideias	64
3.6.1	Braço do <i>transfer</i>	65
3.6.1.1	Duplo tubo interior	65
3.6.1.2	Tubo simples	67
3.6.1.3	Tubo quadrado em L.....	67
3.6.2	Sistemas anti-erro	69
3.6.2.1	Roda dentada e cremalheira.....	69
3.6.2.2	Chaveta de posicionamento	69
3.6.2.3	Finger Tooling	70
3.6.3	Proteção mangueiras/cabos.....	71
3.6.3.1	Mangueira/cabo interior	71
3.6.3.2	Palas de resguardo.....	72
3.6.4	Sistema de pegas	72
3.6.4.1	Pegas normalizadas	72
3.6.4.2	Tubo redondo	73
3.7	Tabela de seleção.....	73
3.8	Braço do <i>transfer</i>	77
3.8.1	Braço em L em perfil	77
3.8.2	Tubo quadrado em L em construção soldada	79
3.9	Instrução de trabalho para a manutenção de um sistema <i>transfer</i>	85
3.9.1	Criação da instrução de trabalho	86
3.9.2	Implementação e controlo	87
3.10	Sistema de pegas.....	88
3.11	Ensaio, montagem do novo sistema <i>transfer</i> e resultados.....	93
4	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	99

5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO.....	105
6	ANEXOS.....	115

INTRODUÇÃO

- 1.1 Contextualização
- 1.2 Objetivos
- 1.3 Organização da dissertação

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Nos dias de hoje, a indústria automível ocupa uma posição de excelência na base da economia mundial. O seu crescimento tem sido exponencial ao longo das últimas décadas, levando à sua globalização e distribuição em massa. A qualidade de vida atual exige comodidade e facilidade de acesso aos diversos meios de transporte, levando a uma crescente competitividade e inovação. A indústria necessita, assim, de corresponder às necessidades do cliente, mantendo a qualidade, variedade e baixo custo de soluções.

Em paralelo, e por consequência direta, a indústria de componentes automível também tem um grande crescimento no fabrico de peças, nomeadamente peças estampadas. O fabrico destas peças requer uma forte componente de engenharia, desde a conceção e projeto da peça para um veículo, ao projeto e construção da ferramenta de estampagem, que necessita de satisfazer as necessidades de curtos prazos de entrega, mas mantendo a qualidade, segurança do produto e preço competitivo. Para ser capaz de suportar e corresponder a este crescimento, é necessário a otimização dos projetos já existentes.

Assim, surge o tema da presente dissertação. O elevado tempo de *setup* das ferramentas de estampagem e as interrupções de produção devido ao sistema *transfer* levam à necessidade de reformulação do seu projeto, identificando os principais pontos críticos e implementando soluções de melhoria.

1.2 Objetivos

O crescimento da indústria automível necessita de uma rápida resposta dos fornecedores de componentes automíveis, mantendo a competitividade e qualidade dos seus produtos num menor espaço de tempo. Assim, é necessária a melhoria e otimização dos vários processos de forma a aumentar a sua disponibilidade. É de esta necessidade que surgem os principais objetivos da presente dissertação, que são:

- Analisar o problema identificado com o sistema *transfer* de uma ferramenta, que apresenta elevado tempo de *setup* e paragens de produção para a sua afinação;

- Estudar e implementar um novo sistema *transfer* capaz de solucionar este problema, com um custo competitivo para ser também implementado nas restantes ferramentas, e criar um documento para o ato da manutenção.

Para conseguir alcançar estes desafios foi necessário:

- Quantificar os tempos de paragem da ferramenta devido ao sistema *transfer*;
- Fazer o levantamento dos principais pontos críticos do sistema *transfer*;
- Analisar possíveis soluções de melhoria e selecionar aquelas que melhores garantias oferecem;
- Implementar o novo conceito do sistema *transfer* e obter os seus resultados;
- Criar instrução de trabalho para a realização de manutenção preventiva do sistema *transfer*.

1.3 Organização da dissertação

A presente dissertação está dividida em seis capítulos, tal como descrito de seguida.

O primeiro capítulo é dedicado à introdução da dissertação. É feita a contextualização do tema da dissertação, enquadrando o panorama mundial da indústria automóvel com a necessidade de otimização e revisão dos processos. São também referidos os principais objetivos da dissertação e a sua organização.

O segundo capítulo diz respeito à revisão bibliográfica, onde é feito o enquadramento teórico com conceitos que suportam a dissertação, desde a indústria automóvel e automatização ao processo de estampagem.

O terceiro capítulo aborda o desenvolvimento da dissertação, onde é apresentado o projeto realizado. Inicialmente, é feita a apresentação da entidade acolhedora e explicado qual o problema encontrado. De seguida, é feita uma análise ao *transfer* atual e indicadas algumas soluções de melhoria. Após a seleção das melhores soluções, é construído o novo sistema *transfer* e são obtidos os resultados.

No quarto capítulo são apresentadas as conclusões obtidas. É feita uma análise ao trabalho desenvolvido ao longo da dissertação, com uma avaliação crítica aos resultados obtidos e cumprimento dos objetivos inicialmente propostos.

Por fim, são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas ao longo da dissertação, seguidas dos anexos.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- 2.1 Indústria automóvel
- 2.2 Automatização de processos
- 2.3 Processos de fabrico
- 2.4 Prensas
- 2.5 Ferramentas de estampagem

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Indústria automóvel

2.1.1 A importância da indústria automóvel no contexto mundial

Nos dias de hoje, a indústria automóvel representa um papel de enorme relevância na economia global, apresentando-se constantemente em desenvolvimento, tanto de tecnologia como de processos de fabrico. Muita da evolução tecnológica presente no dia-a-dia, quer em utensílios básicos do quotidiano como entretenimento e lazer, teve por base o avanço e exploração que existiu na indústria automóvel. Esta cadeia de valor atingiu uma importância assinalável na economia mundial, apresentando-se no último meio século como a solução para a mobilidade de pessoas e mercadorias, criando uma cadeia de valor e de produtos com a indústria têxtil e a indústria metalomecânica [1, 2].

No entanto, este crescimento não foi repentino. No início, a existência escassa de modelos automóveis permitia a produção personalizada dos seus componentes, pelo que não existia uma indústria complementar para a produção dos mesmos [1, 2]. Atualmente, o elevado número de diferentes modelos e a evolução de motores e componentes fazem sobressair a indústria automóvel, tanto na economia global como nos inúmeros postos de trabalho criados em diversos países.

Na Tabela 1 é apresentado o volume de produção automóvel mundial no ano de 2019.

Tabela 1 - Volume de produção automóvel mundial em 2019 (adaptado de [3])

Veículos de passageiros	67 149 196
Veículos comerciais	24 637 665
Total	91 786 861

Como é possível identificar, a indústria automóvel tem uma enorme preponderância na economia global. No total, foram produzidos 91 786 861 veículos, dos quais 67 149 196 são veículos de passageiros e 24 637 665 são veículos comerciais. Tal demonstra que, efetivamente, a produção automóvel atinge atualmente números bastante elevados.

Na Tabela 2 é possível analisar a evolução da produção de veículos de 2015 a 2019.

Tabela 2 - Volume de produção automóvel mundial entre 2015 e 2019 (adaptado de [3])

Veículos produzidos	
2015	90 780 583
2016	94 976 569
2017	97 302 534
2018	95 634 593
2019	91 786 861

Observando a Tabela 2, verifica-se que a tendência entre 2015 e 2017 foi crescente, verificando-se uma quebra entre 2017 e 2019. Esta variação de valores é bastante comum na indústria automóvel devido aos inúmeros fatores externos que interferem nos seus projetos, como a economia global, que influencia a venda de veículos, as indústrias têxtil e metalomecânica, e o preço do combustível.

2.1.2 A importância da indústria automóvel no contexto nacional

A indústria automóvel em Portugal não foi sempre preponderante como nos dias de hoje. Um país com poder tecnológico e mão-de-obra qualificada atrasados em relação à restante Europa serviu de entrave na afirmação do setor automóvel em Portugal. Nos princípios do século XX estes fatores eram bastante visíveis, denotando-se um acesso limitado à indústria automóvel. Os automóveis eram importados e personalizados pelo comprador, dando origem aos primeiros “carroçadores” [4].

Mais uma vez, face às dificuldades em encontrar mão-de-obra qualificada e centros de investigação e inovação especializados, a aposta das grandes marcas no mercado nacional não desenvolveu, ficando estagnada nos processos já existentes e limitados [4]. Mesmo após a 2ª Guerra Mundial, onde existiu um grande avanço tecnológico em várias partes do mundo, Portugal continuava aquém das necessidades dos grandes fabricantes automóveis.

Deste modo, a afirmação do setor automóvel em Portugal nos anos seguintes deveu-se principalmente a três marcos importantes. O primeiro assenta nas leis aplicadas entre 1961 e 1964, em que eram cobradas elevadas taxas na importação de veículos, obrigando a montagem de veículos de passageiros e mercadorias em Portugal [1, 4].

Surgiram assim as primeiras ligações a marcas automóveis, como a *Opel* e a *Ford*, mas a produção de veículos e componentes ainda era bastante limitada.

O segundo marco foi a abertura do mercado ao projeto *Renault*, em 1977, que foi pioneiro no grande investimento em Portugal e na abertura das importações [1, 4]. Este projeto criou inúmeros postos de trabalho, favoreceu a qualificação dos trabalhadores portugueses e incrementou a investigação e avanço tecnológico.

O terceiro marco foi o lançamento do projeto *AutoEuropa* no início dos anos 90, em Palmela, que também abriu portas para o investimento do setor automóvel em Portugal, aumentando o volume de montagens e conseqüente veículos produzidos em Portugal [1, 4].

Assim, Portugal beneficiou bastante desta aposta da indústria automóvel no país, permitindo compreender e utilizar tecnologia de ponta desenvolvida noutros países, aumentar a qualificação dos colaboradores e permitir um maior investimento estrangeiro, contribuindo para a riqueza nacional. De acordo com a Associação do Comércio Automóvel de Portugal (ACAP), o setor automóvel em Portugal [5]:

- Está representado por 28 mil empresas, criando 140 mil postos de trabalho diretos;
- Envolve um volume de negócios que é de cerca de 24 mil milhões de euros;
- Incrementa a exportação de produtos nacionais, sendo responsável por 19,8% dos produtos exportados;
- Gera receitas superiores a 6 mil milhões de euros, representando 4% do produto interno bruto, que corresponde a 21% do total de receitas fiscais.

Na Tabela 3 observa-se o volume de veículos produzidos em Portugal em 2019.

Tabela 3 - Volume de produção automóvel em Portugal, em 2019 (adaptado de [3])

Veículos de passageiros	282 142
Veículos comerciais	63 562
Total de veículos	345 704

Comparativamente, em 2018 foram produzidos 294 366 veículos em Portugal, o que representa um crescimento de 17,4% [3]. De acordo com a ACAP, este foi o melhor ano para a indústria automóvel nacional. No entanto, apesar do crescimento substancial nos veículos ligeiros, a produção de veículos pesados diminuiu cerca de 15,4%. Também é salientada a importância das exportações no aumento da riqueza nacional e do poder comercial português, uma vez que 97% dos veículos produzidos são exportados [6].

2.1.3 Indústria de componentes para automóvel

Além da indústria de montagem e carroçaria automóvel em Portugal, a indústria de componentes automóveis tem também um peso preponderante nas exportações e mercado automóvel.

A Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel (AFIA) faz um levantamento do peso da indústria de componentes automóveis na economia nacional no ano de 2019, conforme se mostra na Tabela 4.

Tabela 4 - Importância da indústria automóvel na economia nacional (adaptado de [7])

Empresas	240, sendo que 50% do capital é português e 50% é estrangeiro
Emprego	59 000 postos criados, superior aos 55 000 de 2018
Volume de negócios	12,0 mil milhões de euros, que representa 6% do produto interno bruto
Exportações	9,7 mil milhões de euros, que representa 16% das exportações de bens transacionáveis

São cerca de 265 fábricas existentes no território nacional, sendo Aveiro o distrito com maior número (60), seguido de Porto (48) e Braga (36). Verifica-se que a maioria das fábricas se situam na costa litoral (cerca de 234 fábricas), e que o norte do país é a região mais ocupada (190 fábricas). De salientar que na região mais a sul (distritos de Beja e Faro) não são registadas fábricas de produção de componentes automóveis [7].

A Figura 1 representa a distribuição de negócios por atividades na indústria automóvel em 2019.

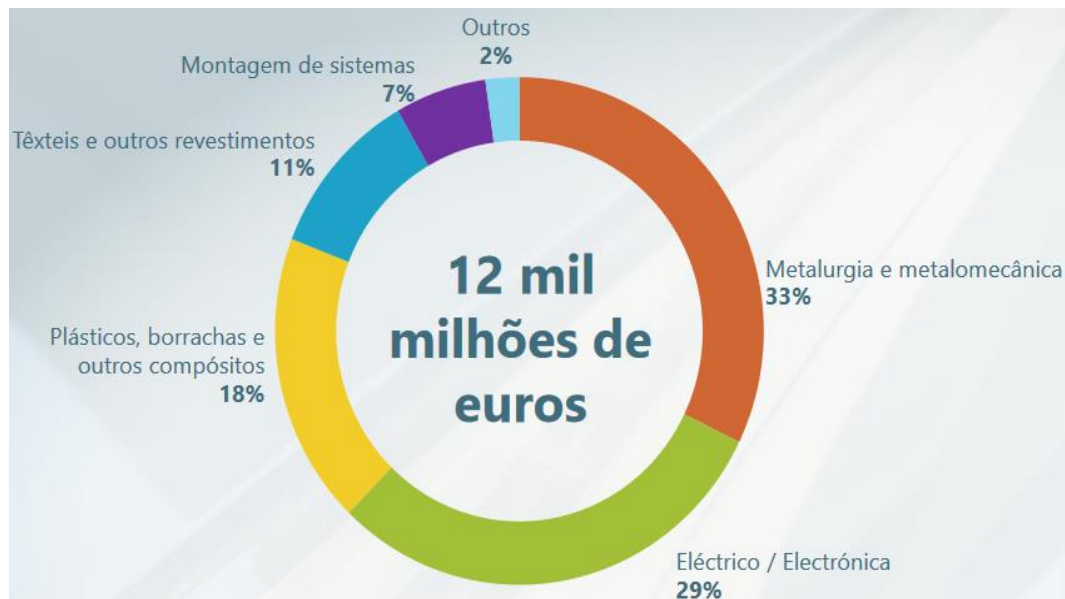


Figura 1 - Distribuição de negócios na indústria automóvel em 2019 [7]

Como é possível observar, o maior volume de negócios está inserido no fabrico de componentes metalúrgicos e metalomecânicos (33%), imediatamente seguido pelos componentes elétricos e eletrónicos (29%). O setor de plásticos, borrachas e outros compósitos representa 18% do volume de negócios, e os têxteis e restantes revestimentos cerca de 11%.

Na Figura 2 observa-se a evolução do volume de negócios e exportações de componentes automóveis na última década.

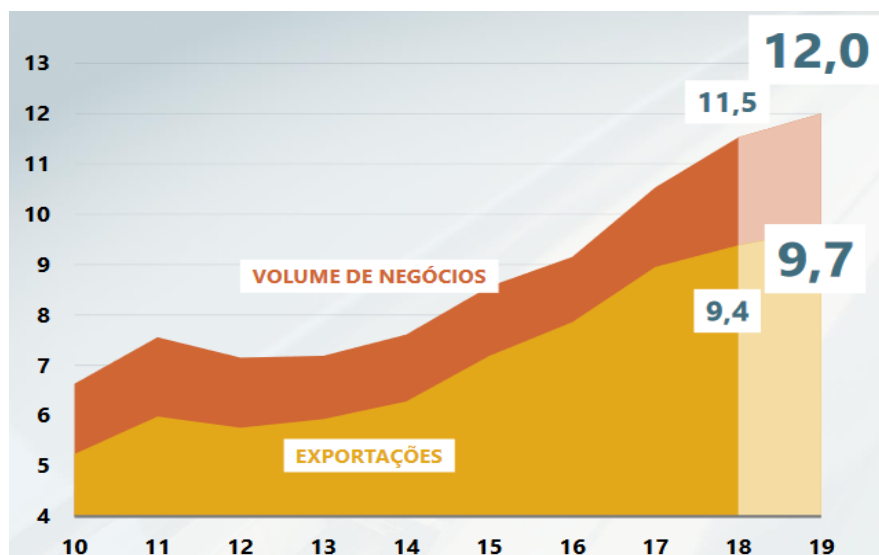


Figura 2 - Volume de negócios de componentes automóvel em 2019 [7]

Na última década, Portugal apresentou um aumento do volume de negócios e exportações, em que no ano de 2019 o volume de negócios atingiu 12 mil milhões de euros e 9,7 mil milhões de exportações. Cerca de 91,3% dos componentes vendidos tem

como destino países europeus, liderada pela Espanha como país com maior compra de componentes produzidos em Portugal (cerca de 26,8%) [7].

2.1.4 Pilares da indústria automóvel

A indústria automóvel evoluiu bastante desde o seu surgimento, passando de um bem de luxo de uma classe social mais rica para uma necessidade quase básica e totalmente globalizada num país desenvolvido. Esta evolução sofrida exige uma maior taxa de produção, elevados níveis de satisfação do cliente e custos competitivos [8]. Assim, a indústria automóvel assenta em três pilares: flexibilidade, qualidade e prazo de entrega.

2.1.4.1 Flexibilidade

A evolução constante no tempo da indústria automóvel para a criação de produtos mais atrativos para o cliente, com melhorias de estética e de desempenho dos seus modelos, e com maior eficiência energética (“amigos” do ambiente), exige mudanças de estratégia de produção e aumenta a competitividade do setor entre fabricantes.

Assim, os fabricantes devem ser capazes de aderir à mudança de paradigma, apresentando flexibilidade e novas soluções tecnológicas e de processos de fabrico. Para isso, deverão implementar ferramentas *Lean*, que se traduzem na redução de desperdício e, conseqüentemente, na redução de custos, para competir com empresas em países de mão-de-obra mais barata [9].

As forças competitivas de um negócio e, neste caso, da indústria automóvel são [9]:

- Surgimento de novos concorrentes;
- Poder de negociação dos compradores;
- Poder negocial dos fornecedores;
- Novos produtos de mercado.

2.1.4.2 Qualidade

A qualidade também é um dos pilares da indústria automóvel. Apresenta-se como horizontal a vários fatores e segmentos, desde fornecedor e matéria-prima, ao processo de fabrico e resultado obtido. Os controlos de qualidade são realizados como uma garantia de um produto ou sistema, reforçando a confiança entre as várias partes interessadas no projeto. A qualidade é aquela exigida pelo consumidor final, por normas ambientais ou por regras de segurança. Assim, estes requisitos devem ser mantidos ao longo de todo o processo e projeto, e devem ser informados a terceiros sempre que for exigido.

Assim, todas as empresas do setor automóvel são alvos de avaliações e auditorias nas mais diversas áreas, quer sejam específicas em algum processo ou setor, ou envolvendo a empresa de forma geral. Após as auditorias, e se avaliadas positivamente, as empresas

recebem um determinado certificado, dando-as como aptas no fator que foi alvo de avaliação. Inicialmente, estes certificados eram opcionais. No entanto, dada a evolução do setor automóvel e a exigência do consumidor, estes certificados são atualmente obrigatórios.

Face a esta necessidade de controlo da qualidade, foi implementada a norma 9001 pela *International Organization for Standardization (ISO)*. Tendo em conta as características e processos do setor automóvel, foi elaborada a norma ISO/TS 16949 pela *International Automotive Task Force*, que tem por base a norma ISO 9001, e que toma como principal objetivo a gestão da qualidade e prevenção de defeitos [10].

2.1.4.3 Prazo de entrega

O prazo de entrega pode ser definido como a capacidade de um fornecedor garantir o cumprimento dos prazos estipulados pelo cliente, sem nunca colocar em causa a qualidade do produto ou serviço. No entanto, nem sempre é fácil conseguir cumprir com todos os prazos. Assim, fica a cargo de cada empresa optar por produtos normalizados ou personalizados. Se o objetivo forem prazos de entrega reduzidos, a empresa deverá optar pelos produtos normalizados. Se pretender entregas mais alargadas, deverá optar pelos produtos personalizados, garantindo sempre flexibilidade e operações que cumpram os prazos acordados [11].

No sentido de reduzir os tempos de entrega dos produtos, de forma a cumprir o prazo estipulado pelo cliente e garantindo a qualidade, foram sendo desenvolvidas técnicas e filosofias para o seu auxílio. Uma das filosofias implementadas foi a *just-in-time*, que tem como foco a correção dos pontos mais fracos e de estrangulamento dos processos (*bottleneck*), tornando-os mais fluídos, produzindo e comprando apenas o necessário de forma a permitir um controlo de tempos mais rigoroso [12].

2.2 Automatização de processos

2.2.1 Automatização

De uma forma geral, a automatização é o conjunto de elementos tecnológicos com a finalidade de controlar as operações numa produção, através de componentes mecânicos, eletrónicos e sistemas de computadores [13]. A automatização, nomeadamente a que se encontra envolvida com a indústria automóvel, tem sofrido uma grande evolução desde meados do século XX. Nas décadas 50 e 60, a produção automóvel baseava-se num trabalho repetitivo e com automatização específica. A partir da década de 70, a automatização tornou-se mais flexível, capaz de se adaptar a uma maior diversificação da procura [14].

O aumento da competitividade exige às empresas uma redução de custos e a melhoria contínua dos seus processos. Para tal, é necessária uma eficaz rentabilização dos seus

recursos, materiais ou de mão-de-obra. Deste modo, a introdução dos sistemas automatizados facilitou esta transição, uma vez que executam operações, inspeções e movimentação de cargas e materiais, reduzindo os recursos humanos e realizando estas operações em tempos bastante reduzidos, diminuindo também o risco de erros e defeitos [15]. A automatização também pode ser vista como a solução para tarefas que coloquem em causa a segurança dos seus intervenientes.

Os sistemas automatizados podem ser divididos em três tipos, em função do volume de produção e da diversidade de produtos, como se observa na Figura 3.

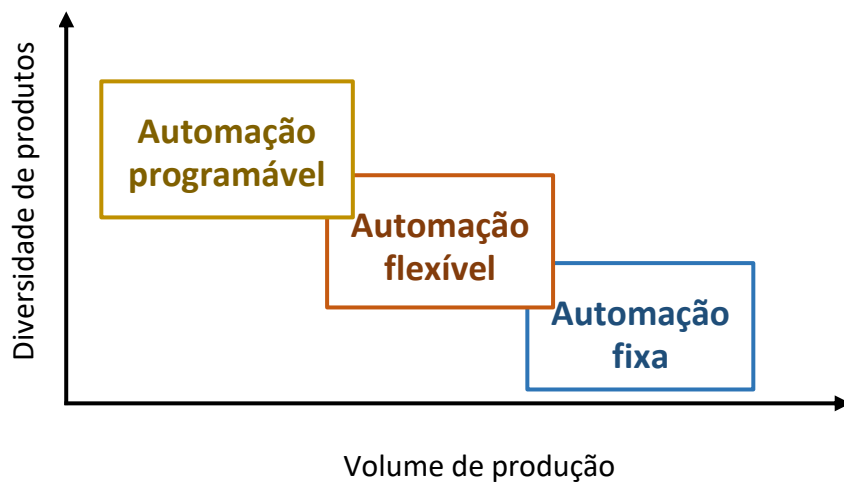


Figura 3 - Três tipos de sistemas automatizados (adaptado de [13])

A automação fixa é interessante quando as produções são de elevadas séries e as peças são sempre iguais. A sequência de processamento é fixa pela configuração do equipamento, e as operações executadas são de baixa complexidade, envolvendo movimentos simples lineares ou rotativos, ou uma operação que envolva os dois movimentos, mas sempre de baixa complexidade. Assim, a automação fixa caracteriza-se por elevadas taxas de produção, baixa flexibilidade na adaptação a novos produtos e envolve um grande investimento inicial. Deste modo, torna-se vantajosa para grandes produções, uma vez que o seu custo é “diluído” por um grande número de peças [13].

A automação programável é o oposto da automação fixa. É facilmente adaptada a diferentes configurações de produtos, permitindo uma grande diversidade de características e processos. As operações e a sua sequência são comandadas por um programa, que contém um código em linguagem própria capaz de ser lida pelo sistema que executa as tarefas. Assim, sempre que seja necessário alterar as configurações e operações do sistema, basta para isso modificar o código. A automação programável caracteriza-se por taxas baixas de produção, elevada flexibilidade e elevado custo de equipamento. Este tipo de automação é adequado para produções organizadas por lotes. Ou seja, é definido um programa para um lote, que executa um determinado volume de peças, modificando-se o programa quando se pretender um novo lote. Esta

alteração do programa e toda a preparação do novo lote designa-se por *setup*, que provoca o aumento do tempo de produção [13].

A automação flexível é um posto intermédio entre a automação fixa e a programável. É eficaz na redução ou eliminação dos tempos de *setup* característicos da automação programável. Tal deve-se ao facto de o sistema ser capaz de executar diferentes programas e operações sem a necessidade de recorrer à produção em lotes, quando a mudança e as diferenças entre os produtos são mínimas. Assim, caracteriza-se por uma produção contínua de diferentes produtos, flexibilidade de produtos, médias taxas de produção e alto investimento inicial [13].

2.2.1.1 *Vantagens e desvantagens da automatização*

Os processos automatizados têm crescido bastante nas últimas décadas, continuando a ser uma grande aposta da indústria automóvel. Apesar de todas as vantagens que foram sendo referidas ao longo do presente capítulo, também apresentam desvantagens quando comparados aos processos manuais.

As principais vantagens da automatização são [13, 16]:

- Aumento da produtividade: permite uma cadência de trabalho superior à intervenção humana;
- Redução de custos de produção: reduz recursos e tempos gastos nos processos;
- Redução de mão-de-obra: a intervenção humana é utilizada apenas no que é necessário;
- Aumento da segurança: trabalho potencialmente perigoso é transferido da mão-de-obra para processos automatizados;
- Competitividade e flexibilidade: rápida resposta aos pedidos dos clientes, a preços mais reduzidos e capacidade de adaptação às necessidades dos clientes;
- Aumento da qualidade: para além de aumentar a cadência de produção, reduz a possibilidade de defeitos das peças;
- Produção de peças impossíveis de realizar manualmente: algumas operações são bastante complexas e impossíveis de executar manualmente, como toleranciamentos de alta precisão, elementos de escala reduzida e grande qualidade ou peças com geometrias dimensionais mais complexas.

No entanto, a automatização também apresenta algumas desvantagens, tais como [13, 16]:

- Investimento inicial: equipamentos requerem um investimento inicial muito elevado, sendo necessário um estudo aprofundado da sua rentabilização;
- Recuperação do investimento: pode levar bastante tempo para o início de obtenção de lucros, exigindo um planeamento rigoroso;

- Aumento do desemprego: a substituição da mão-de-obra por equipamentos automatizados irá diminuir a necessidade de intervenção humana, embora as pessoas possam ser reconduzidas para trabalhos de maior valor acrescentado.

2.2.2 Robótica

Designa-se por *robot* um dispositivo articulado capaz de recolher informação do meio envolvente e, através das suas capacidades de processamento e de forma autónoma, com base num programa, tomar decisões com base nessa informação [16, 17]. Na Figura 4 observa-se um exemplo de aplicação da robótica na indústria automóvel.

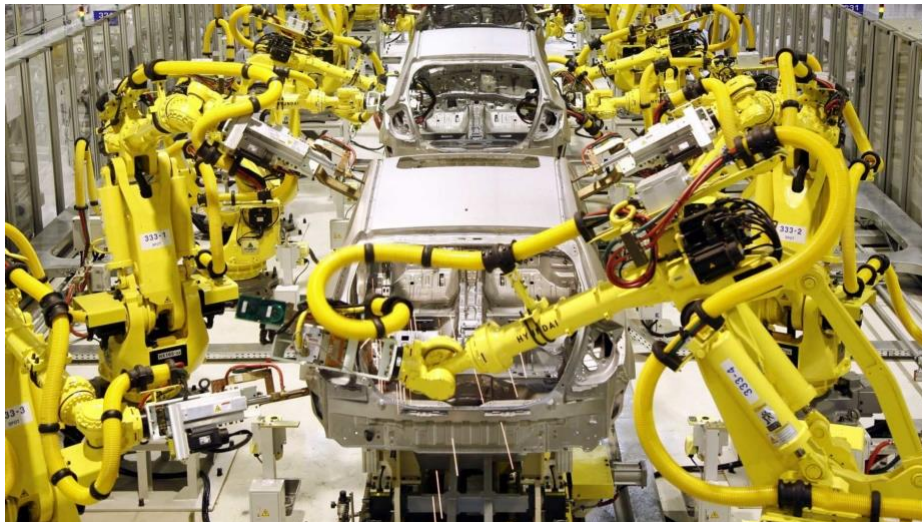


Figura 4 - Robótica na indústria automóvel [18]

Os *robots* nem sempre tiveram o aspeto com que os reconhecemos atualmente. A sua origem remonta ao Antigo Egipto, passando por uma fase de evolução na era do Renascimento, através de Leonardo da Vinci, até então apenas para fins recreativos. Foi na década de 50 que começaram a surgir os primeiros *robots* industriais, inseridos por George DuVall e Joe Engelberger [19]. No entanto, a sua aceitação por parte da indústria surgiu apenas na década de 70, quando a sua evolução se tornou mais vincada. A indústria automóvel foi pioneira e bastante determinante na sua globalização, estando mais especificados para a pintura ou soldadura por pontos.

O *robot* traduz o desejo do Homem de criação de máquinas e equipamentos à sua imagem, com características humanas e inteligentes. Assumem-se como máquinas antropomórficas. Os seus braços articulados conseguem assemelhar-se aos movimentos humanos, e os sentidos humanos, como a visão e audição, são assumidos por sensores, que conseguem recolher informação do meio envolvente. A inteligência e capacidade de tomar decisões é realizada com base num código previamente programado de sistemas de controlo numérico computacional [13].

Assim, os *robots* diferenciam-se pela capacidade de executarem diferentes tarefas, sendo capazes de executar tarefas de produção, transporte ou inspeção com base no mesmo programa [8]. Os *robots* conseguem identificar a peça que transportam, a sua configuração e o local onde a devem colocar, memorizando toda esta informação [20].

Relativamente ao programa de controlo do *robot*, pode ser determinado de várias maneiras. Uma delas é a implementação de sensores e câmaras, capazes de obter informações relativas ao meio e à sua posição, e calcular a trajetória a efetuar pelo *robot*, sendo este método mais flexível, complexo e autónomo. Outra maneira mais comum é o desenvolvimento de programas com informações com coordenadas e velocidades bem definidas, repetidas pelo *robot* [13].

2.2.2.1 Vantagens e desvantagens da robótica

As principais vantagens dos sistemas robóticos são [13, 21]:

- Elevada flexibilidade: os sistemas robóticos têm uma elevada capacidade de adaptação a novos produtos e rotinas, bastando para isso alterar o seu código;
- Adequado para trabalhos monótonos: quando os trabalhos são sequências repetitivas, os robots têm a capacidade de os executar sempre com a mesma consistência;
- Montagens mais complexas: comparativamente à mão-de-obra humana, possuem maior precisão para sistemas complexos;
- Aumento da qualidade: devido à elevada precisão e consistência, conseguem produzir peças com menor risco de defeitos;
- Execução de trabalho perigoso: são sistemas adequados para a execução de tarefas em ambientes perigosos, ou de grande esforço físico que coloque em causa a integridade humana.

As desvantagens dos sistemas robóticos aproximam-se bastante das que foram listadas para os sistemas automatizados, como o investimento necessário à aquisição e desenvolvimento destes equipamentos, e ao aumento do desemprego [21].

2.3 Processos de fabrico

Os processos de fabrico são intrínsecos às transformações naturais, mesmo sem intervenção humana. Muitos dos elementos da natureza surgiram a partir de uma sequência de processos espontâneos. Por exemplo, a areia é o resultado de processos de erosão e desgaste de milhares de anos (processo de longa duração) por ações do vento ou da água, que transformam rochas de grande dimensão e estratos rochosos em grãos de composição mineral [22].

Também o Homem usou desde o início processos simples e básicos no fabrico das suas ferramentas. Um caso de grande marco e elevado impacto da evolução no tempo foi a

invenção da roda, em que um material de geometria irregular foi transformado num produto redondo através de processos de lapidação e erosão. Os utensílios usados na caça, como lanças, surgem na transformação de ramos de árvores em lanças ergonômicas e afiadas. Estes processos foram evoluindo ao longo do tempo, dando origem aos processos de fabrico convencionais que se conhecem atualmente.

Para a obtenção de produtos e matérias, muitas vezes é necessária uma vasta gama de operações na sua sequência de fabrico. Os processos de fabrico convencionais podem ser divididos em processos subtrativos (retiram material ao produto inicial), processos aditivos (adicionam material ao produto inicial) e processos de conformação (alteram a forma e geometria do produto inicial, sem ganho ou perda de material) [23].

Qualquer processo de fabrico apresenta uma ordem de atividades de entradas e saídas definidas, com o objetivo de incrementar o valor da entrada para o consumidor.

As entradas são o primeiro elemento de um processo de fabrico, apresentando-se como matéria-prima em bruto ou num produto já previamente transformado e que agora irá sofrer nova transformação. Às entradas são aplicadas transformações que mudam o seu formato ou alteram a sua composição, normalmente sob a forma mecânica, em que o produto final apresenta maior valor para o consumidor do que o custo do seu fabrico. Na saída do processo é apresentado o produto final, que pode seguir para o consumidor ou voltar a sofrer um novo processo de transformação. Na Figura 5 verifica-se o esquema de entradas e saídas de um processo de fabrico.

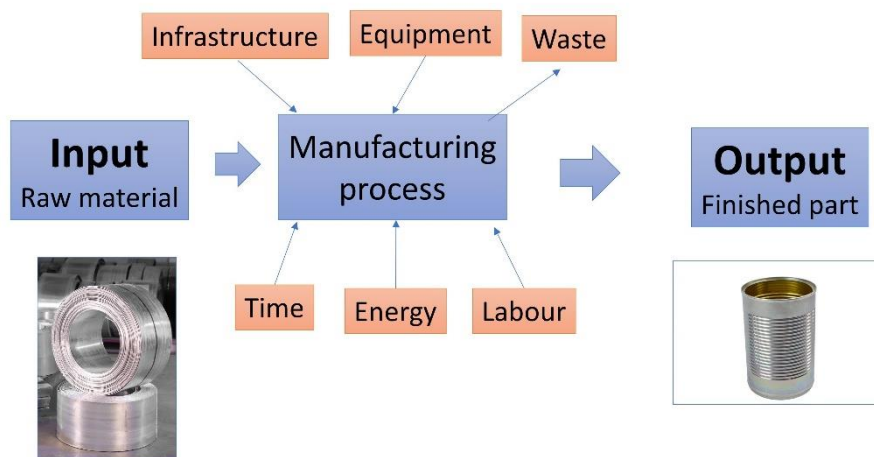


Figura 5 - Entradas e saídas de um processo de fabrico [24]

Um dos principais fatores na escolha do processo de fabrico de um produto é o tipo de material, devendo ser conhecidas as suas principais características, aplicações, vantagens e limitações. Na escolha de um determinado processo é necessário ter em conta [25]:

- Propriedades dos materiais – físicas e químicas;
- Custo e disponibilidade do material – forma de obtenção da matéria-prima e quantidade necessária;
- Tempo de vida e reciclagem – durabilidade e reaproveitamento do material no fim de vida do produto.

Esta seleção de materiais pode ser auxiliada por diagramas para uma melhor execução através de diagramas que relacionam as propriedades dos materiais e as suas características, como se verifica na Figura 6.

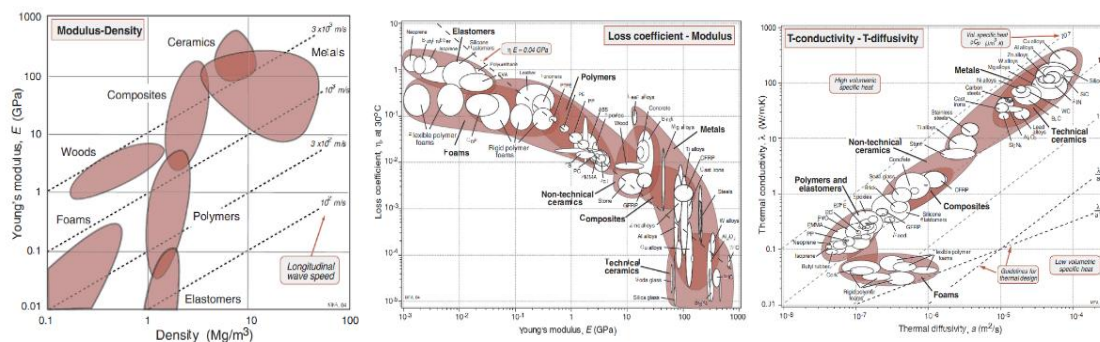


Figura 6 - Exemplos de diagramas de Ashby [25]

O material mais utilizado nos diversos processos de fabrico é o metal. O metal apresenta uma estrutura bastante organizada e estruturada, que lhe confere a resistência e rigidez característica. Essa estrutura tem um aspeto de rede, formada em três dimensões, de átomos organizados e interligados entre si, e normalmente de geometria simétrica. A esta organização dá-se o nome de estrutura cristalina [26]. Ao longo de todo o metal é possível encontrar um padrão de uma determinada unidade estrutural em repetições sucessivas. É da forma geométrica dessa unidade estrutural que resulta o nome da estrutura cristalina.

As estruturas mais comuns são a cúbica de corpo centrado (CCC), cúbica de faces centradas (CFC) e hexagonal compacta (HC) [26].

A estrutura cúbica de corpo centrado caracteriza-se como um cubo com 1/8 de um átomo em cada um dos vértices, e um átomo no seu interior, contabilizando no total 2 átomos e estabelecendo o contacto entre átomos na diagonal. A estrutura cúbica de faces centradas é formada por 1/8 de átomo em cada um dos vértices e 1/2 de átomo em cada face, totalizando 4 átomos por cubo. Comparando a estrutura CFC com a CCC, a estrutura CFC apresenta maior fator de empilhamento (razão entre o volume ocupado pelos átomos e o volume do cubo). Uma outra estrutura característica dos metais, mas não tão comum como as duas anteriores, é a estrutura hexagonal compacta. Apresenta o mesmo fator de empilhamento da estrutura CFC e caracteriza-se por apresentar uma estrutura em forma de prisma hexagonal [26]. Na Figura 7 estão representadas as estruturas do metal.

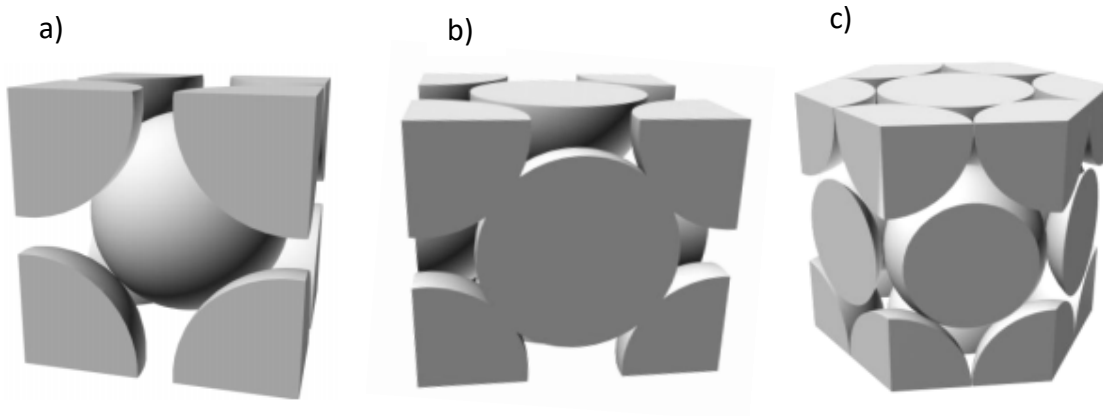


Figura 7 - Estruturas CCC (a), CFC (b) e HC (c) [27]

Uma propriedade bastante relevante quando se aplica um processo de fabrico a um determinado material é a alotropia, ou polimorfismo. Esta propriedade expressa-se quando determinados materiais apresentam diferentes estruturas cristalinas, quer seja pela estrutura ou pela sua simetria, dependendo da temperatura ou pressão [26]. Um exemplo bastante comum é o ferro, que à temperatura ambiente apresenta uma estrutura CCC, aos 912°C a sua estrutura altera para CFC e aos 1394°C volta a uma estrutura CCC (Figura 8). Esta propriedade é relevante em vários processos, pois as transformações cristalinas são normalmente acompanhadas por variação de densidade volúmica e a deformação plástica ocorre preferencialmente ao longo dos planos que apresentem maior densidade atómica.

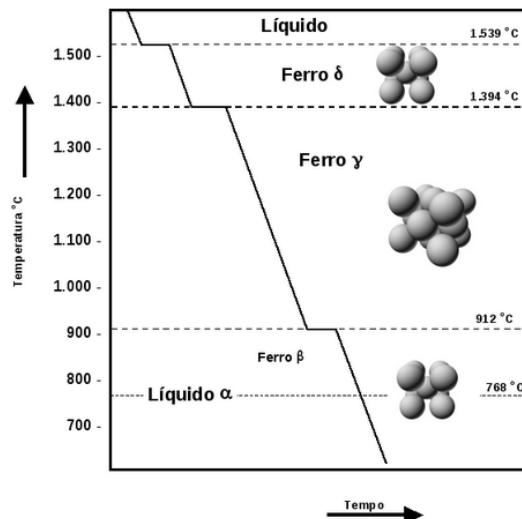


Figura 8 - Alotropia ou polimorfismo [28]

Com a evolução dos processos e da indústria, o mercado tornou-se bastante competitivo, pelo que as empresas deverão procurar a constante melhoria dos seus processos, reduzindo os custos, aumentando a produtividade e garantindo a maior

eficiência na execução dos seus processos [29]. Para complementar as melhorias aplicadas aos seus processos, é necessário implementar metodologias de trabalho que consigam corresponder à eficiência dos seus equipamentos e operadores.

Os processos de fabrico podem ser divididos em dois grandes grupos, como representado na Figura 9 [30]:

- Processos mecânicos – processos onde as principais propriedades são a tensão de cedência, tensão de rotura e ductilidade dos materiais envolvidos, podendo ainda serem divididos em conformação plástica (que envolve processos como a laminagem, forjamento, estampagem, entre outros), onde a tensão aplicada é inferior à tensão de rotura do material, e maquinação (que envolve processos como torneamento, fresagem, retificação, entre outros), em que a tensão aplicada é superior à tensão de rotura do material;
- Processos metalúrgicos – processos nos quais a principal característica é a temperatura, que podem ainda ser dividido em solidificação (processos como a fundição ou a soldadura), no qual a temperatura de trabalho é superior à temperatura de fusão do material, e sinterização, em que a temperatura é inferior à temperatura de fusão.

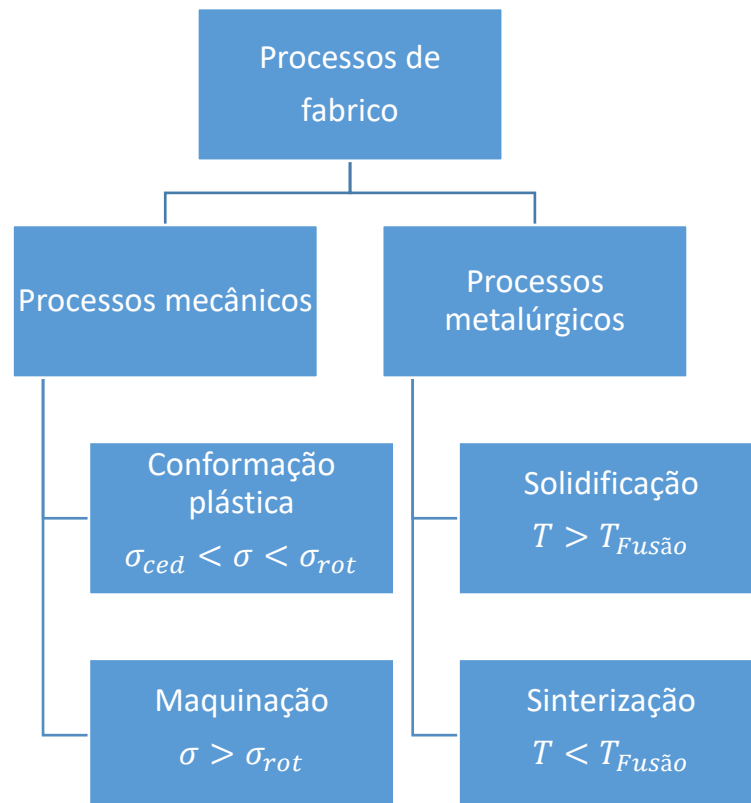


Figura 9 - Conformação de metais (autoria própria)

2.3.1 Fundição

A fundição é um processo de fabrico em que o metal no estado fundido é vazado na bacia de vazamento, fluindo, por efeito da gravidade ou através de uma outra força aplicada, através do gito e dos canais de distribuição até ao molde, que tem a forma total ou parcial da peça a produzir. Uma das vantagens da fundição é a obtenção de peças com geometria complexa, tanto pelo formato externo como interno (através da utilização de machos) [31].

Numa primeira fase, é preparado um molde que pode ser temporário (em areia) ou permanente (matriz), como representado na Figura 10. O metal é então fundido num forno e vazado no molde. Durante a fundição, existem parâmetros fundamentais para a obtenção de peças sãs, como as variações de temperatura, pressão e tempo de solidificação [32]. Para além destes parâmetros, existem outros bastante importantes e que dependem do molde utilizado, como canais e entradas, posicionamento do molde, espessuras a serem preenchidas e método de arrefecimento [31].

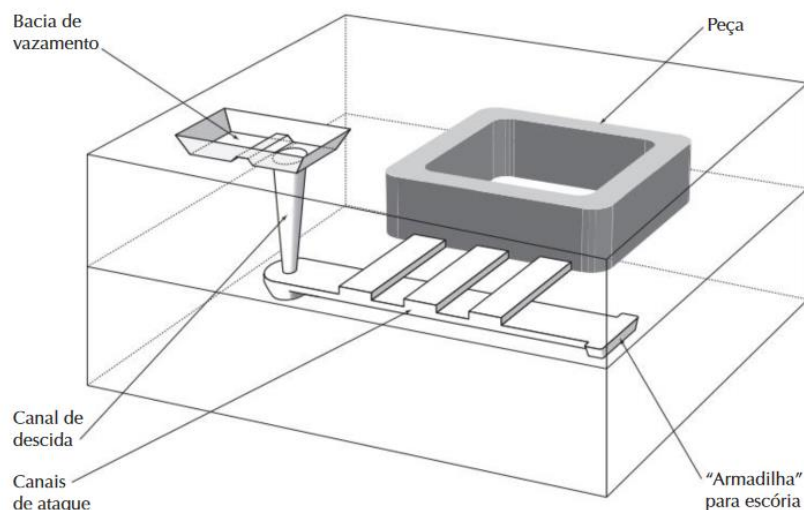


Figura 10 - Esquema de moldação de fundição [31]

Alguns dos processos de fundição produzem a peça já no estado final, devido ao bom aspeto superficial e tolerâncias geométricas que apresentam. Para além disso, podem produzir elevadas séries ou poucas peças, podendo ser de grandes dimensões (dezenas de toneladas) ou pequenas dimensões [31]. Além disso, fazem o reaproveitamento de sucata.

No entanto, apresentam também algumas desvantagens, como alteração das propriedades mecânicas dos materiais, alta probabilidade de porosidades, peças ocas e defeituosas, e limitações de tolerâncias geométricas e rigor dimensional em alguns dos seus processos [31].

2.3.2 Soldadura

A soldadura é um processo de ligação permanente de dois ou mais componentes metálicos, oferecendo elevada resistência e durabilidade, e que constitui uma alternativa à união mecânica (através de parafusos, rebites, entre outros) e à união por adesivos. O processo de soldadura pode ser classificado como [33]:

- Soldadura líquido/líquido: ocorre a fusão parcial dos materiais envolvidos;
- Soldadura sólido/sólido: não ocorre fusão de nenhum dos materiais envolvidos;
- Soldadura sólido/líquido: ocorre apenas a fusão do material de adição.

Existe uma elevada gama de processos de soldadura, com uma enorme escolha de materiais de adição, gases protetores e parâmetros de soldadura, como a intensidade de corrente, polaridade e velocidade de soldadura [33].

A soldadura oferece algumas vantagens relativamente aos restantes processos. Apresenta uma boa relação custo/benefício (economicamente viável) e não é limitada ao contexto industrial, podendo ser utilizada no terreno. Também permite a ligação de matérias com uma extensa gama de espessuras, desde algumas décimas de milímetro a dezenas de centímetro. Para além disso, a junta soldada apresenta excelentes propriedades mecânicas, podendo muitas vezes ser superior às partes que não foram unidas. No entanto, apresenta algumas limitações. Para uma correta soldadura, é necessária experiência e especialização do soldador, aumentando o custo do processo. Além disso, é uma ligação permanente, sendo bastante difícil ou mesmo impossível a separação dos componentes, e apresenta elevada dificuldade na regularização dos parâmetros de soldadura, que pode levar a defeitos difíceis de detetar [31, 33].

2.3.3 Conformação plástica

Entende-se por conformação plástica o processo que tem por base a modificação de um corpo metálico para uma outra forma bem definida [34]. Os processos de conformação plástica caracterizam-se por serem preferenciais em produções de grande dimensão, devido à sua elevada produção de cadência e pelo baixo desperdício de matéria-prima que representam, sendo que praticamente todo o material envolvido no processo se encontra na peça final.

Grande parte dos produtos metálicos usados no quotidiano são obtidos por processos de conformação plástica, sendo submetidos a forças externas capazes de modificar a sua geometria de forma permanente. Tal é possível porque as forças solicitam as peças para além do seu limite elástico, entrando no seu campo de plasticidade, que faz com que mantenham a forma pretendida permanentemente [35].

Apesar do termo “conformação plástica” se referir aos processos que pretendem obter uma determinada forma (normalmente já em peça final), a deformação também é

muitas vezes utilizada nas fases mais iniciais e intermédias no processamento de metais, como na produção de perfis, chapas, lingotes, entre outros.

Para a obtenção de peças finais através da conformação plástica, o processo tem como principais objetivos as especificações de [34]:

1. Dimensão e forma;
2. Propriedades mecânicas;
3. Condições superficiais.

Existem vários critérios para classificar a conformação plástica, sendo que os mais importantes são quanto ao tipo de esforço predominante e quanto à temperatura de trabalho [34].

Quanto ao tipo de esforço predominante, existem processos de conformação por [34]:

- Compressão direta, em que predomina a solitação externa por compressão (forjamento e laminagem);
- Compressão indireta, onde as forças que provocam efetivamente a deformação do material são as forças desenvolvidas pela reação da matriz sobre a peça (trefilagem, extrusão e estampagem);
- Conformação por tração, onde a peça adquire a forma da matriz por forças de tração aplicadas (estiramento).

Em relação à temperatura de trabalho, os processos podem ser divididos em trabalho mecânico a frio ou trabalho mecânico a quente [34]:

- Quando a liga é deformada a frio, ocorre simultaneamente o aumento da resistência mecânica e da dureza e a diminuição da ductilidade. Dado que não ocorre a recristalização da liga nem a sua recuperação a baixa temperatura, a liga sofre encruamento, em que os seus grãos alongam na direção da deformação imposta, que faz aumentar a anisotropia da estrutura. O trabalho a frio permite a obtenção de peças com maior rigor e precisão geométrica. No entanto, exige máquinas de elevada potência, uma vez que é necessária uma maior força para a deformação [35];
- Se a liga for deformada a altas temperaturas ($T > 0,5 T_f$, sendo T a temperatura de trabalho e T_f a temperatura de fusão do material) ocorre a reorganização e reestruturação dos átomos, denominada por recristalização. Este efeito provoca a diminuição da anisotropia da estrutura devido ao crescimento de grão a altas temperaturas, ficando a sua estrutura bastante idêntica à formada durante a fusão e solidificação a quando o vazamento da liga. Com isto, a resistência ao choque e tenacidade baixam, fatores que podem ser combatidos com a deformação plástica. O trabalho a quente não permite a obtenção de peças com elevado rigor e precisão geométrica, e as diferentes taxas de arrefecimento criam peças não homogêneas, devido a expansões e contrações térmicas [35].

De uma forma geral, quanto maior for a temperatura de trabalho de um metal, menor a força necessária para a sua deformação [35]. Assim, para se realizarem elevadas deformações, o trabalho deverá ser efetuado a quente, uma vez que os grãos recristalizam continuamente e não ocorre o encruamento do material, pelo que a deformação é feita a uma tensão constante e baixa praticamente ao longo de todo o processo. Nas etapas finais, o material já poderá ser trabalhado a frio, de modo a definir o tamanho de grão pretendido e obter as propriedades mecânicas finais. Na Figura 11 está representado o efeito do encruamento e da temperatura nos grãos equiaxiais.

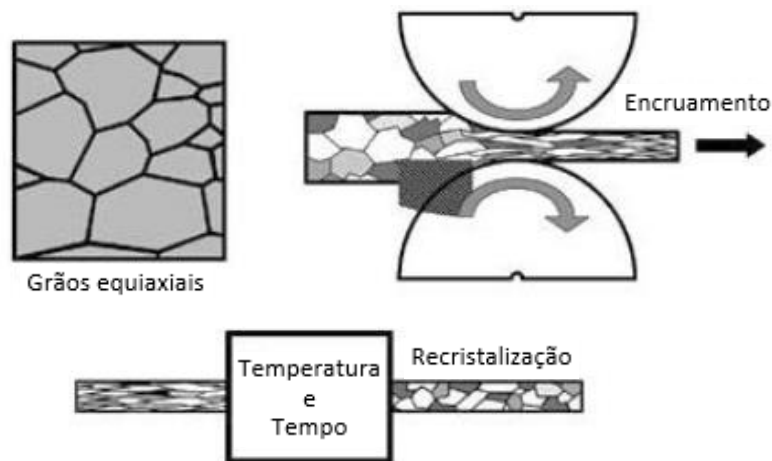


Figura 11 - Efeito do encruamento e temperatura nos grãos equiaxiais [36]

Apesar de estes serem os métodos de classificação predominantes de conformação, existem outros critérios de classificação da conformação plástica [34].

Um dos critérios é a classificação quanto à forma do metal trabalhado, como por exemplo, os processos de trabalho com chapa (laminagem, estampagem) e tubos ou fios (extrusão, estiramento).

O tamanho de grão da região deformada também é outro método de classificação, como os processos de deformação localizada (laminagem, extrusão) ou deformação generalizada, como forjamento ou embutidura.

Quanto ao fluxo de deformação do material, os processos podem ser divididos em processos de movimento constante, como a laminagem, extrusão ou estiramento, ou processos de fluxo intermitente, como o forjamento ou extrusão a frio.

Também podem ser classificados de acordo com o produto obtido. Processos de conformação primária são aqueles dos quais é possível obter como *outputs* produtos semiacabados, e processos de conformação secundária, onde se recebe como *outputs* produtos acabados.

2.3.3.1 Estampagem

Nos dias de hoje, o setor automóvel é um dos principais motores da indústria em Portugal. São inúmeras as empresas dedicadas ao ramo automóvel, abrangendo milhares de postos de trabalho e aumentando a riqueza do país. O reconhecimento da competência do ramo industrial das empresas nacionais já não coloca em causa a produção de vários componentes para automóvel. As variações de processos de fabrico de uma para outra empresa também não são significativas na escolha por parte de uma grande marca, sendo que a flexibilidade das empresas perante as exigências do cliente tem sido fulcral no desenvolvimento da indústria.

A produção contínua e a longo prazo de veículos obriga a elevadas taxas de produção de componentes, a um enorme rigor no controlo de defeitos e à existência de traços geométricos precisos, exigindo um grande equilíbrio entre os custos de produção e a satisfação do cliente. No entanto, os pilares da indústria automóvel têm sido mantidos ao longo do tempo: qualidade, prazos de entrega e flexibilidade. Tal como referido no capítulo 2.1.4, a qualidade e os prazos de entrega são os valores de sempre exigidos pelos clientes, ao contrário da flexibilidade, que tem sido um fator em crescente na visão e necessidades dos clientes. Tal obriga a uma adaptação da indústria para produção em massa, em economias de elevada escala e capaz de se adaptar às alterações exigidas.

Assim, o processo da estampagem começa na organização da própria empresa, com a existência de uma equipa que aborda todos estes temas e problemas, procurando uma solução e planeamento que corresponda tanto às necessidades da empresa como do cliente. Previamente, é realizado um estudo teórico que define uma série de operações capazes de transformar uma forma inicial numa final. No entanto, existem fatores que tornam todo este estudo inicial bastante difícil de concretizar, tais como a forma irregular das peças, a qualidade da matéria-prima que os origina e a qualidade de fabrico das ferramentas para o processo [37, 38].

Apesar da variação de conceitos que possam existir do processo estampagem, no setor automóvel esta pode ser definida como o conjunto de operações em que se submete uma chapa plana a uma ou várias transformações de forma, de maneira a ser obtida uma peça com geometria própria, seja esta plana ou oca, através da deformação plástica do material [38]. Dependendo da complexidade da sua forma, a peça poderá ser deformada em várias etapas ao longo do processo, sendo que normalmente apresenta uma espessura de chapa uniforme e muito inferior à sua dimensão [37].

Estes processos de fabrico são realizados através de ferramentas que transformam a chapa com base em elementos denominados por matrizes e punções (Figura 12), estando estas ferramentas numa prensa, capaz de fornecer a energia necessária à deformação [38].

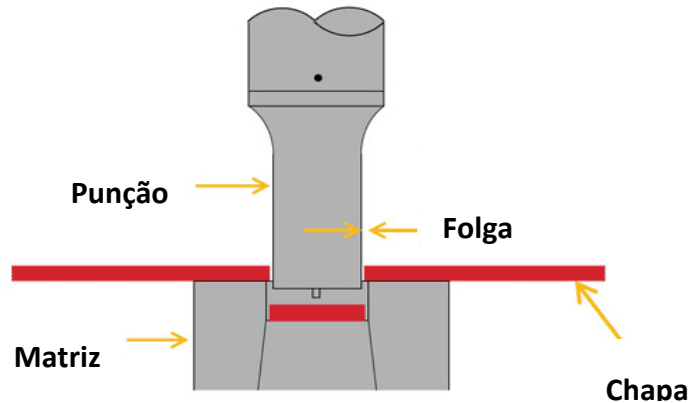


Figura 12 - Esquema simplificado de punção e matriz (adaptado de [39])

As operações de estampagem poderão ser divididas em [37]:

- a) Cortar;
- b) Dobrar;
- c) Embutir.

Geralmente, o corte e a dobragem são realizados a frio. A embutidura tanto poderá ser realizada a frio ou a quente, dependendo da espessura ou qualidade da matéria-prima, ou complexidade da geometria da peça a obter [37]. Todas estas variáveis deverão ser consideradas na fase de planeamento e projeto do processo. Estas operações serão mais aprofundadas ao longo do presente capítulo.

Denomina-se ciclo de estampagem a sequência de operações de estampagem aplicadas numa chapa plana a fim de se obter uma peça com geometria definida. O ciclo de estampagem depende de três fatores [37]:

1. Forma da peça final: a geometria da peça impõe o número de etapas necessárias no processo, sendo diretamente proporcional à complexidade da geometria. Ou seja, quanto mais simples for uma peça (seja relativo a profundidade de embutidura, número de corte ou dobragens), menor é o número de operações;
2. Dimensões da peça: a dimensão final da peça também influencia o número de operações necessárias à sua obtenção. Por exemplo, quanto mais profunda for a embutidura relativamente ao diâmetro de chapa, mais operações progressivas são necessárias, de forma a evitar roturas e deformações imperfeitas do material;
3. Qualidade e estrutura da matéria-prima: a chapa a deformar também influencia o número de etapas para a obtenção de uma peça. Quanto maior a plasticidade

do material, menos são as etapas necessárias para se conseguir uma determinada profundidade de embutidura.

Para determinar o tempo de ciclo de uma determinada estampagem, todos estes fatores são considerados em simultâneo, embora não exista relação entre eles.

2.3.3.1.1 Corte

Num processo de estampagem, o corte é uma operação mecânica a partir do qual se consegue separar parte de uma chapa metálica de outra, obtendo-se instantaneamente uma figura bem definida, utilizando para tal um conjunto de elementos e ferramentas específicas [37].

De uma maneira geral, o corte de chapa pode ser feito de duas formas: através de corte por lâmina (como, por exemplo, guilhotinas), e através de corte com punção-matriz. Na indústria automóvel, o tipo de corte preponderante para a obtenção de peças finais é o corte através de punção-matriz. O corte é feito através de esforço de compressão do punção sobre a chapa, posicionada sobre um furo na matriz, em que o esforço de corte provoca a rotura do material [37]. Neste setor industrial, o corte por lâmina é apenas usado (e não em todos os casos) para o corte de pequenas porções de chapa – formatos – quando uma prensa é alimentada através de uma bobina de chapa metálica, não sendo considerada etapa do processo.

Normalmente, é vantajoso efetuar as principais operações de corte para a obtenção de uma peça nas etapas iniciais, quando a chapa ainda se encontra plana. Estes cortes são realizados apenas no sentido de delimitar com exatidão os contornos da chapa, que posteriormente sofrerá dobragem ou embutidura. Os cortes de menor dimensão, como furos de pequeno diâmetro ou entalhes da peça, são efetuados nas últimas etapas do processo, obtendo-se uma peça acabada.

A estampagem, nomeadamente a operação de corte, apresenta nos dias de hoje uma elevada importância na tecnologia e processos de fabrico, permitindo a obtenção de peças mais complexas. Para além disso, confere boas propriedades mecânicas ao material, nomeadamente resistência mecânica e tenacidade. De um modo convencional, a operação de corte pode ser dividida em três etapas [37]:

1. Esmagamento: o punção desce e encosta na chapa, provocando o esmagamento do material e obrigando-o a passar pelo furo da matriz, originando deformações elásticas na chapa, seguidas por esforços de compressão;
2. Corte real: o punção continua o seu movimento, os esforços de compressão no material dão origem a esforços de corte e a zonas de corte puro onde ocorreu a deformação plástica do metal;
3. Rotura: A tensão exercida supera a tensão de rotura do material e ocorre a separação das duas partes de material.

Na zona do corte, é possível observar-se três zonas distintas que correspondem às etapas de corte (Figura 13): uma primeira banda de esmagamento, de espessura reduzida; uma banda lisa, formada por corte puro e de maior espessura (corte real); uma terceira banda com maior espessura e acabamento mais rugoso, que corresponde à zona de arrancamento de material (rotura) [37].

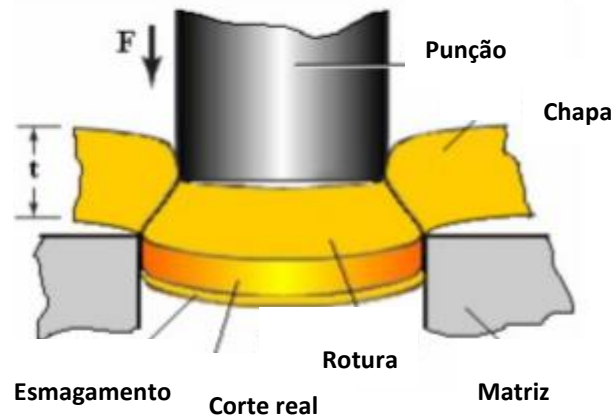


Figura 13 - Corte punção-matriz (adaptado de [40])

O corte é uma operação que tendencialmente não apresenta defeitos e confere boas propriedades mecânicas, permitindo assim um baixo custo, bom acabamento e precisão dimensional para cadências elevadas. Assim, o principal fator de qualidade no corte é a formação de rebarba, que depende da folga. A folga entre matriz e punção é a característica de maior relevância para a formação de rebarba. Se a folga foi muito grande, ocorrerá rebarba excessiva e, se for pequena, resulta num maior desgaste das arestas de corte dos elementos. A folga deverá ser calculada consoante a Equação 1 e Equação 2 [41],

$$f/2 = 0,005 \cdot e \cdot \sqrt{R_c} \quad \text{para } e < 3 \text{ mm} \quad (1)$$

$$f/2 = (0,010 \cdot e - 0,015) \cdot \sqrt{R_c} \quad \text{para } e \geq 3 \text{ mm} \quad (2)$$

sendo f a folga, e a espessura da chapa e R_c a resistência ao corte do material. Uma folga reduzida ou uma grande espessura de material irá provocar um maior desgaste das ferramentas de corte. Também as elevadas cadências de produção irão gerar mais calor na peça e ferramenta que, mesmo com bons materiais condutores de calor, não conseguem dissipar todo o calor gerado. Todos estes fatores irão influenciar no acabamento da superfície cortada, que poderá precisar de etapas de acabamento [41]. No entanto, é possível evitar essas operações extra de acabamento, utilizando para isso um cerra-chapas. Este processo denomina-se por corte fino [37]. À semelhança da operação de embutidura, o cerra-chapas irá pressionar a chapa metálica contra a

superfície da matriz antes de ser efetuado o corte, provocando cortes mais finos e com melhor acabamento (rugosidade entre 0,3 e 1,5 μm).

O corte fino não é um substituto do corte convencional, mas sim um complemento, e pode ser dividido nas seguintes etapas [37]:

1. A chapa metálica é colocada sobre a matriz;
2. O punção e o cerra-chapas descem;
3. O cerra-chapas comprime a chapa contra a superfície da matriz e o punção continua o movimento;
4. O punção provoca a rotura da chapa, sem penetrar na matriz;
5. O punção e cerra-chapas sobem, libertando a peça;
6. Extrai-se da peça cortada do interior da matriz.

No corte, a força necessária para provocar a separação da chapa em duas partes é diretamente proporcional à área de corte, ou seja, o produto entre a espessura da chapa e o perímetro da geometria a cortar. Deste modo, para cortar chapas de espessura considerável ou grande geometria são necessárias forças de elevada ordem de grandeza, muitas vezes não atingíveis pela prensa usada no processo. Assim, é boa prática usarem-se punções de aresta inclinada, em que o corte na chapa é gradual, diminuindo a área de corte instantânea e consequente força de corte. Para prensas que executam mais do que uma etapa de corte em simultâneo, deve-se desnivelar os punções utilizados, não exercendo toda a força ao mesmo tempo, tal como visualizado na Figura 14 [37].

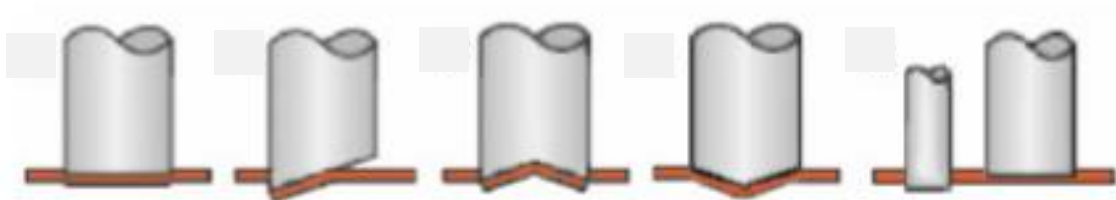


Figura 14 - Punções inclinados e desnivelados [40]

Outro parâmetro importante no corte de chapa é a velocidade de corte. Esta velocidade também tem um papel preponderante no acabamento da área cortada, bem como em garantir uma boa precisão geométrica do furo. No corte, para taxas de deformação inferiores a 10^{-1} s^{-1} , são considerados processos de baixa velocidade. Para taxas de deformação entre 10^{-1} s^{-1} e 10^2 s^{-1} , já são considerados processos de velocidade intermédia e, para taxas de deformação entre 10^2 s^{-1} e 10^7 s^{-1} , o processo é considerado de alta velocidade, dependendo sempre da composição e propriedades do material [42].

2.3.3.1.2 Dobragem

As operações de dobragem ou quinagem são as operações mais simples a seguir ao corte. No entanto, apesar de simples, apresentam um papel muito importante no ciclo de produção da estampagem, sendo que uma peça pode ser submetida a várias destas operações ao longo do seu fabrico [37, 43].

Um dos principais problemas encontrados na dobragem de chapa é a uniformização da espessura de material em toda a estrutura [37]. É fundamental um estudo racional e organizado das várias etapas a efetuar para se produzir uma determinada peça, de maneira a evitar estas variações de espessura. Também a ferramenta utilizada deverá ser construída com elementos que consigam evitar este efeito, nomeadamente para grandes produções em série ou em peças de maior complexidade. Assim, é de elevada importância que se consiga evitar o alargamento da chapa, efetuando as alterações de forma para obtenção de uma peça mantendo a sua espessura constante [43].

A operação de dobragem é bastante rigorosa e de grande precisão, de forma a se obter peças sãs e de qualidade. De uma maneira geral, existem dois fatores principais a ter em conta numa dobragem [37]:

1. Raio de curvatura;
2. Módulo de elasticidade do material.

Sempre que possível, devem ser evitados cantos vivos, tanto interiores como exteriores. Numa análise mais rigorosa, é quase impossível dobrar uma chapa sem um valor mínimo de raio de concordância. No entanto, de forma a ser garantida uma dobragem sem rotura e sem o estiramento exterior da chapa, esses raios de concordância deverão ser sempre maiores ou iguais à espessura da chapa a dobrar. De uma maneira geral, deverão ser considerados os seguintes raios [37]:

1. 1 a 2 vezes a espessura da chapa, quando o material é dúctil;
2. 3 a 4 vezes a espessura da chapa, para materiais mais frágeis.

Outro fator que é necessário ter em atenção e que representa uma grande dificuldade no planeamento de uma dobragem é a recuperação elástica do material, que se verifica quando as forças que provocaram a deformação da chapa desaparecem. Assim, a recuperação elástica irá alterar a forma final da peça, reduzindo o ângulo de dobragem e, conseqüentemente, aumentando o raio de curvatura [34, 37].

Esta recuperação elástica verifica-se, de forma mais acentuada, em materiais com maior limite de elasticidade, maior tendência de encruamento, menor raio de curvatura, maior ângulo de dobramento e maior espessura de chapa. O trabalho a frio também faz aumentar o valor dessa recuperação. Para evitar este retorno do material, são utilizadas algumas técnicas no dobramento chapa, tais como [34, 37]:

- Fazer a compensação do ângulo na fase de projeto da peça e ferramenta;
- Ajustar a profundidade da dobragem;

- Durante a dobragem, proceder ao esmagamento na dobra (nem sempre é possível, necessidade de verificar geometria da peça);
- Proceder à dobragem em temperatura elevada ($T > 0,5 T_f$), que fará diminuir a tensão limite de elasticidade e conseqüente recuperação elástica.

Devido a todos estes fatores, muitas vezes é necessária mais que uma etapa para produzir uma determinada peça, dependendo da geometria final e da quantidade de peças a produzir.

Durante a dobragem de uma chapa, existem basicamente dois tipos de tensões a atuar ao longo do seu comprimento: na zona interior surgem tensões de compressão, e na região exterior surgem tensões de tração [34]. Como a zona interna e externa apresentam tensões em sentido contrário, existe um ponto em que as tensões são nulas – eixo neutro. Unindo todos os pontos neutros ao longo de uma chapa dobrada, obtém-se a linha neutra. O comprimento desta linha, antes e após a dobragem, é admitido ser o mesmo, ao contrário das linhas externas e internas, que tendem a aumentar e diminuir, respetivamente. A linha neutra toma, assim, um papel importante na planificação de projeto, de maneira a ser possível determinar as dimensões iniciais de uma chapa. Antes da dobragem, a linha neutra coincide com a linha de simetria da própria chapa. No entanto, após a dobragem, a linha neutra tende a deslocar-se para a superfície interna da peça, como se verifica na Figura 15 [34].

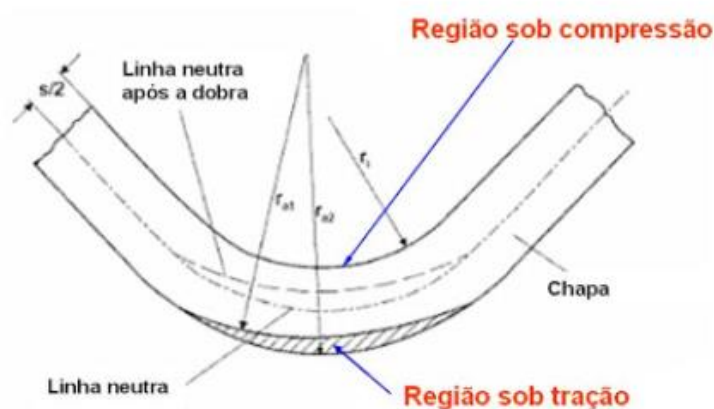


Figura 15 - Linha neutra na dobragem [44]

2.3.3.1.3 Embutidura

O conceito *embutidura* não é completamente explícito e com uma definição universal. Originalmente, a palavra deriva do verbo *embutir*, que designa a conformação de um determinado elemento a um espaço confinado e perfeitamente limitado. O exemplo mais conhecido é o fabrico de cilindro oco (copo) através de um círculo plano, pela ação de uma força externa que lhe confere a forma de uma dada cavidade. Também é muitas vezes diferenciada como uma estampagem mais profunda (*deep drawing*, em inglês). Assim, a operação de embutidura consiste num processo tecnológico de obtenção de

peças ocas por deformação plástica provocada em chapas planas, através de uma ou mais etapas. Distingue-se da dobragem ou quinagem pelo facto de os embutidos possuírem superfícies não planificáveis. É expectável que a espessura de chapa da peça produzida não seja muito distinta da espessura da chapa plana [37].

A embutidura mais simples poderá ser efetuada numa matriz de simples efeito. A operação base consiste em forçar um disco metálico através de um punção (força externa) numa cavidade cilíndrica (matriz), com diâmetro superior ao dobro da espessura da chapa. O material é pressionado contra as paredes da matriz, provocando esforços de compressão e que impedem a formação de dobras, enquanto o fundo do copo deve resistir a forças de esmagamento provocadas pelo punção. No entanto, peças de grandes dimensões ou para embutidos mais profundos, o processo torna-se mais complexo, e existe uma maior dificuldade em manter o contorno de chapa rígido. Para contornar este efeito, são utilizadas ferramentas de duplo efeito. Assim, para além do punção e da matriz, também é utilizado no processo um cerra-chapas. Este elemento irá provocar uma força no contorno da chapa, eliminando a existência de dobras. Apesar de tudo, como o processo não é 100% eficiente e existe sempre uma variação de espessura, a chapa sofre estiramento, que será tanto maior quanto maior for a força exercida pelo cerra-chapas. Assim, os elementos da ferramenta mais importantes na embutidura, que estão representados na Figura 16, são [37]:

- Matriz: elemento estático, que possui a cavidade contra a qual a chapa irá ser pressionada;
- Punção: elemento que se movimenta e provoca força na chapa para a deformar;
- Cerra-chapas: elemento que pressiona o contorno da chapa contra a superfície da ferramenta, fazendo o controlo do escoamento do material para dentro da matriz e do estiramento provocado na espessura da peça.

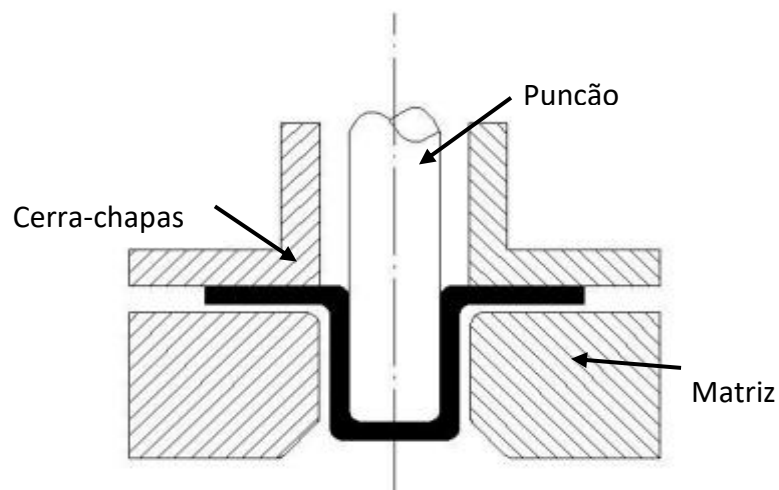


Figura 16 - Embutidura de um copo (adaptado de [45])

De uma forma geral, a sequência de ações na operação de embutidura são [37]:

1. A chapa, já com o devido formato, é posicionada sobre a matriz;
2. O contorno da chapa é pressionado contra a superfície da matriz através do cerra-chapas;
3. O punção força a deformação da chapa contra a cavidade da matriz.

Esta operação deverá ter um bom planeamento, tanto das forças envolvidas como do formato da chapa a conformar. Caso contrário, poderão ocorrer dobras e variação de espessura da chapa ao longo da peça. As forças aplicadas deverão ser tais que superem a tensão de cedência do material (para provocar a deformação), mas que não ultrapasse a sua tensão de rotura. Para isso, é necessário um bom equilíbrio entre a força exercida pelo cerra-chapas e pelo punção.

À semelhança das restantes operações de estampagem, a embutidura é bastante importante no setor automóvel, tendo um papel mais crucial do que nas restantes indústrias. A par disso, são exigidas cada vez mais pelos clientes peças robustas e mais leves. No entanto, a utilização de ligas de alumínio não é eficaz para os processos convencionais quasi-estáticos, principalmente quando a forma da peça é mais complexa, ou em embutiduras mais profundas. Esta baixa formabilidade pode ser contrariada com o aumento da taxa de deformação, aumentando a plasticidade dos materiais [46].

Cao et al. [46] experimentaram um novo método de conformação dinâmica, *Lorentz-force-driven*, na produção de copos cilíndricos em ligas de alumínio. Para isso, utilizaram-se modelos numéricos de mecanismos eletromagnéticos, sob diferentes condições, para entender melhor o processo de conformação plástica. Apesar de os objetivos do trabalho não passarem por fazer uma comparação entre os métodos convencionais e uma estampagem eletromagnética, foi possível concluir que este método tem efeitos diretos na conformação de chapa, apresentando resultados positivos.

Na embutidura, é possível prever a ocorrência de rotura de material através da relação limite de estampagem (em inglês *limit drawing ratio*, LDR) pela Equação 3,

$$LDR = R_0/r_0 \quad (3)$$

sendo R_0 o diâmetro inicial da chapa e r_0 o diâmetro do embutido que se pretende obter. Este valor é calculado para um determinado material, através de métodos analíticos, experimentais ou simulações por elementos finitos. Assim, o rácio deverá ser sempre menor do que o LDR obtido, sendo possível definir a maior dimensão do disco de chapa a embutir sem que ocorra a rotura do material. [47].

2.4 Prensas

Na indústria automóvel, as prensas são máquinas de grandes dimensões capazes de fornecer força a uma ferramenta de estampagem com a finalidade de exercer trabalho sobre uma determinada chapa metálica, obtendo-se uma peça com a forma e as dimensões pretendidas, seja esse trabalho sob a forma de corte, dobragem ou estampagem [48]. Smith [49] faz uma análise mais alargada, referindo que a prensa engloba tanto a máquina como a ferramenta, o material utilizado e o sistema de alimentação da máquina.

O principal critério de distinção entre as várias prensas é a sua força nominal, ou seja, a força máxima que a prensa consegue transmitir sem que ocorram danificações dos seus componentes nem da sua estrutura [50]. O esforço que a prensa transmite é combinado entre a mesa, disposta na parte inferior e que suporta metade da ferramenta de estampagem (denominada *matriz*), e a corrediça, elemento superior da prensa com movimento vertical, que suporta a outra metade da ferramenta de estampagem (denominada *punção*) [48]. A chapa metálica sofre deformação quando se comprime o punção contra a matriz. Para isso, a prensa transforma energia potencial acumulada, de forma mecânica ou por meio de algum fluido, em energia cinética, e transfere-a sob a forma de energia mecânica para a chapa metálica a deformar.

O projeto e o fabrico de uma prensa necessitam de uma informação clara acerca da finalidade da mesma, ou seja, se a prensa será utilizada num processo específico ou se terá uma utilização mais geral e universal. Assim, se a prensa for utilizada numa linha de produção especializada em que execute sempre o mesmo trabalho, o tipo de matéria-prima, curso de trabalho, número de batidas por minuto, e o sistema de alimentação e recolha de peças, são os principais fatores a considerar no projeto. Se a prensa for utilizada de uma forma geral e universal, a prensa deverá ter flexibilidade e deve ser capaz de albergar várias ferramentas de estampagem diferentes, permitindo a regulação do curso de trabalho, das batidas por minuto e acesso à zona de trabalho [48].

Existem vários métodos de classificação de prensas [34, 50]:

1. Geometria da estrutura:
 - Prensa de corpo em C;
 - Prensa de duplo montante;
2. Tipo de acionamento:
 - Prensas mecânicas;
 - Prensas hidráulicas;
 - Servo-prensas;
3. Tipo de corrediça:
 - Simples efeito;
 - Duplo efeito;
 - Triplo efeito.

2.4.1 Geometria da estrutura da prensa

A estrutura da prensa tem um papel preponderante no funcionamento da mesma e na obtenção de peças sãs. Esta estrutura absorve as forças que resultam do processo de estampagem, formando um sistema fechado no qual as forças geradas pelo processo de estampagem se autoequilibram na prensa [51]. Para além disso, a estrutura da prensa garante o alinhamento da corrediça e suporta todos os elementos auxiliares ao processo.

A geometria da prensa depende dos seguintes fatores [48]:

- Força nominal de estampagem – determina a rigidez da estrutura;
- Dimensão da matriz a trabalhar – influencia a área de trabalho;
- Acessibilidade à área de trabalho – condiciona a geometria da prensa;
- Grau de precisão do guiamento – influencia a rigidez e geometria da estrutura.

De uma forma geral, existem dois grandes grupos que definem a geometria da estrutura da prensa [49, 50]:

- Prensas de corpo em C;
- Prensas de duplo montante.

2.4.1.1 Prensas de corpo em C

Tal como o próprio nome indica, a estrutura deste tipo de prensas apresenta-se em forma de C, sendo normalmente produzidas numa única peça, como representado na Figura 17 [51]. A corrediça é montada na parte frontal da prensa e permite a sua inclinação, facilitando assim a rápida e prática extração da ferramenta.

Estas prensas apresentam a vantagem de oferecer um excelente acesso à zona de trabalho, por possuírem três frentes ativas [50, 52]. Assim, a manutenção da ferramenta em prensa é facilitada, bem como a montagem e desmontagem da mesma.

No entanto, as principais limitações destas prensas são a sua deformação e deslocamento angular [49]. À medida que é aumentada a carga nominal de trabalho, esta deformação irá ser mais acentuada. Para trabalhos de baixa exigência, onde as peças não sejam alvo de um rigoroso controlo dimensional, estas prensas podem não apresentar problemas. No entanto, não são recomendáveis para peças que necessitem de uma grande força de estampagem ou apertado toleranciamento geométrico.



Figura 17 - Prensa de corpo em C [53]

2.4.1.2 *Prensas de duplo montante*

As prensas de duplo montante são constituídas por quatro colunas verticais que ligam a parte inferior, onde se encontra a mesa de trabalho, e a parte superior, que suporta a corrediça e os restantes elementos da prensa [51]. As colunas verticais servem igualmente de guiamento no movimento da corrediça (Figura 18). A sua utilização é de certa forma a antítese das prensas de corpo em C. Apresentam a vantagem de conseguirem um grande rigor geométrico de peças devido ao seu alinhamento de quatro colunas, que evita deformações da corrediça em relação à mesa.

Como desvantagem, é mais difícil o acesso à zona de trabalho, onde é montada a ferramenta de estampagem, pois o seu acesso é apenas permitido pela parte frontal e traseira da prensa [49].



Figura 18 - Prensa de duplo montante [54]

2.4.2 Tipo de acionamento

No que diz respeito ao acionamento da prensa, estas podem ser de três tipos [34, 50]:

- Prensas mecânicas;
- Prensas hidráulicas;
- Servo-prensas.

2.4.2.1 Prensas mecânicas

Numa prensa mecânica, a fonte de energia é um motor elétrico, que se encontra ligado a um volante de inércia de elevada massa e que vai armazenando energia devido ao seu movimento rotacional imposto pelo motor elétrico [50].

Através da embraiagem, o volante de inércia é acoplado a um eixo excêntrico, provocando igualmente a sua rotação. Este eixo excêntrico encontra-se ligado a uma biela que, unida à corrediça, provoca o seu deslocamento vertical [34, 50].

Estas prensas não permitem o ajuste de velocidade da corrediça nem da força de trabalho, pois estes movimentos são impostos pela rotação do eixo excêntrico.

2.4.2.2 Prensa hidráulica

As prensas hidráulicas caracterizam-se por possuírem um motor elétrico de maior dimensão do que os usados nas prensas mecânicas, que faz acionar uma bomba hidráulica e que bombeia o óleo para os cilindros hidráulicos, provocando o movimento da corrediça [50].

Como não possuem grandes órgãos mecânicos, estas prensas apresentam um custo inferior. O seu sistema hidráulico poderá ser de maior ou menor complexidade, permitindo um ajuste de caudal e pressão, controlando a velocidade e força de trabalho [50].

No entanto, as prensas hidráulicas não são indicadas para operações que envolvam corte de chapa, devido ao risco de destruição do seu sistema hidráulico.

2.4.2.3 Servo-prensas

As servo-prensas surgiram no Japão, em 1998, e têm sofrido grandes transformações e melhorias ao longo dos últimos anos [52]. Estas prensas têm sido bastante usadas na indústria automóvel e a sua popularidade tem vindo a aumentar em grande escala devido à sua flexibilidade e precisão, simplicidade de fabrico e construção, maiores velocidades e baixo consumo de energia [55].

Distinguem-se das prensas mecânicas por possuírem um sistema de acionamento por um servomotor, de elevado binário e baixa velocidade de rotação, que substitui os motores convencionais de acionamento e o volante de inércia [56, 57].

Este motor de controlo numérico permite o ajuste do curso, movimento e posição da corredeira e a sua velocidade, tornando estas prensas capazes de se ajustarem a diversas condições de trabalho [56, 57].

De uma forma geral, as prensas mecânicas apresentam maior velocidade de trabalho, mas não têm flexibilidade. As prensas hidráulicas permitem o ajuste de vários fatores, mas são mais lentas. As servo-prensas permitem combinar as melhores características destas duas prensas.

2.4.3 Tipo de corredeira

Relativamente ao tipo de corredeira da prensa, estas podem ser divididas em [50]:

- Simples efeito;
- Duplo efeito;
- Triplo efeito.

De uma forma geral, aquilo que define o tipo de efeito da corredeira é o número de elementos que possuem movimento aquando a estampagem. A corredeira é o elemento móvel da prensa, conduzida por guias lubrificadas e fixas à estrutura, na qual é acoplada metade da ferramenta de estampagem (punção).

Assim, uma prensa de simples de efeito é aquela que funciona apenas com uma corredeira móvel, na qual é montada a parte superior da ferramenta (punção) e que é movimentada contra a parte inferior (matriz), estampando a peça [50].

Uma prensa de duplo efeito possui duas corredeiras, que se movimentam no mesmo sentido. Uma das corredeiras é oca, sendo que a outra se movimenta no seu interior [50]. A corredeira em retângulo oco tem a função de prender as bordas da chapa a deformar, enquanto a interior transporta o punção para a estampagem da chapa. Deste modo, evitam-se dobras da chapa, sendo possível estampar peças que necessitem de maior força nominal ou desenvolvam esforços mais complexos.

Nas prensas de triplo efeito, para além do movimento das duas corredeiras existentes nas prensas de duplo efeito, existe um terceiro elemento na mesa que também possui movimento. [50]. Este tipo de prensas é importante quando são necessários esforços em dois sentidos contrários na estampagem de uma peça, como por exemplo para contra embutidos.

Na indústria automóvel, predominam as prensas de simples efeito. Dada a complexidade das peças a obter, os movimentos relativos, tanto da corredeira de retângulo oco como da mesa, podem ser substituídos por cerra-chapas e almofadas, respetivamente. Estes elementos movimentam-se através molas helicoidais ou molas a gás.

2.5 Ferramentas de estampagem

Uma ferramenta de estampagem pode ser mais ou menos complexa, dependendo do trabalho que irá exercer e da máquina em que irá trabalhar. É um elemento fundamental na estampagem de uma peça, onde as elevadas séries de produção e complexidade de peças obrigam a sistemas automatizados para o seu processamento [58].

No projeto e desenvolvimento de uma ferramenta, é importante ter um conhecimento aprofundado em diversos fatores para o bom funcionamento da mesma, tais como o tipo de matéria-prima, a espessura do material a estampar, nº de peças a produzir e qualidade pretendida [59, 60].

Para além disso, existem fatores relativos à empresa que irá estampar que também afetam o projeto e construção da ferramenta, como a máquina onde irá operar, a cadência da máquina, o sistema de alimentação e o modo de remoção de sucata. A dificuldade da construção de uma ferramenta de estampagem tem levado à realização de vários casos de estudo, alguns dos quais indicados na Tabela 5.

Tabela 5 - Estudos sobre melhoria na construção de ferramentas de estampagem

Autor	Descrição
Silva, et al. [61] (2018)	Os autores investigaram a origem de vários problemas detetados numa ferramenta progressiva de estampagem, num aço de alta resistência <i>Dual-Phase</i> . Com recurso ao <i>software Autoform</i> , simulando com o material Arcelor HTC 600 X. Comparando as tensões próximas das bordas com o diagrama limite de formabilidade, e combinando com o teste de expansão do furo, foi possível determinar as zonas mais críticas nas bordas e diminuir o raio de ataque de estampagem, reduzindo o número de peças com rotura.
Gomes, et al. [62] (2017)	Os autores desenvolveram um estudo que permitiu reduzir o número de iterações a realizar no projeto de uma ferramenta de estampagem, de modo a controlar o retorno elástico do material. Baseado na análise de elementos finitos, conseguiram uma redução de cerca de 71% do tempo necessário para a análise e estudo do retorno elástico do material, através das simulações no <i>software Autoform</i> e da aplicação de compensação do retorno elástico.

As ferramentas mais rudimentares apenas permitem uma operação por cada golpe de prensa, ou seja, para cada operação de estampagem é necessária uma ferramenta diferente. No entanto, a indústria automóvel exige cada vez mais elevadas produções e uma rápida resposta aos pedidos do cliente. Assim, as ferramentas abordadas neste capítulo são [58]:

1. Ferramentas progressivas;
2. Ferramentas *transfer*.

2.5.1 Ferramentas progressivas

Uma ferramenta progressiva (Figura 19) pode ser definida como uma ferramenta na qual duas ou mais operações de estampagem são efetuadas em duas etapas consecutivas do ciclo de estampagem, em que a peça deformada é transferida de etapa para etapa. Normalmente, cada tipo de operação de estampagem é executado em etapas diferentes, que podem incluir a furação, embutidura ou dobragem [58].

A matéria-prima encontra-se em formato de bobina, designada por banda, que vai desenrolando continuamente à medida que vão sendo produzidas peças. Em cada golpe da prensa são realizadas operações de estampagem em simultâneo, em diferentes etapas. A banda vai sendo cortada ao longo do processo de estampagem para o formato desejável, sendo que a peça fica sempre unida à banda. Apenas na última etapa, esta é totalmente separada da banda, obtendo-se a peça final. Assim, obtém-se uma peça a cada golpe [59].

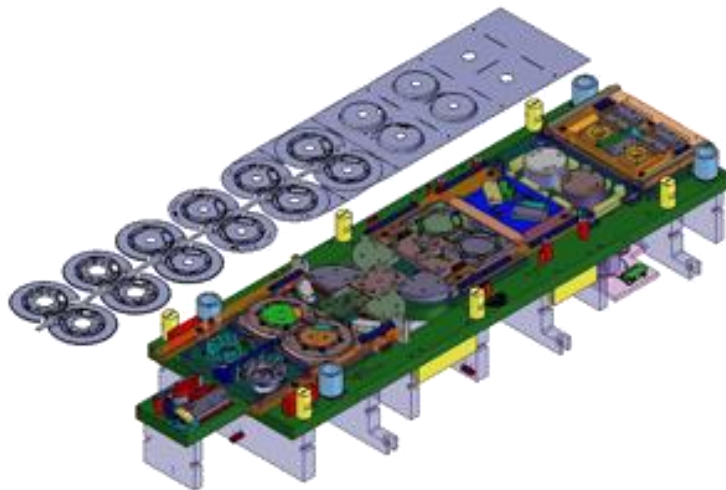


Figura 19 - Ferramenta progressiva [63]

A banda vai avançando na ferramenta e o seu deslocamento linear é geralmente designado por *avanço* ou *passo*. Este deslocamento é igual à distância entre as etapas, e é marcado através de um corte executado nas primeiras etapas do processo, que se designa por *faca de avanço* [59].

A pilotagem é bastante importante nas ferramentas progressivas e designa-se pelo correto posicionamento da banda, para que as operações de estampagem ocorram nos locais adequados. A pilotagem é feita através de centradores (funcionam como pinos de guiamento). Normalmente, existem três tipos de pilotagem. Quando são utilizados furos da peça para se fazer a pilotagem, esta é designada por pilotagem direta [64]. Quando, nas primeiras etapas, são efetuados furos em zonas da banda que serão descartadas para sucata, é chamada de pilotagem indireta. Se forem efetuados furos circulares em locais da peça não circulares e que só obterão a sua forma final nas etapas finais da estampagem, designa-se por pilotagem semidireta.

As ferramentas progressivas oferecem algumas vantagens, tais como custo de trabalho e mão-de-obra reduzidos, elevada velocidade de produção e tolerâncias e geometrias apertadas.

2.5.2 Ferramentas transfer

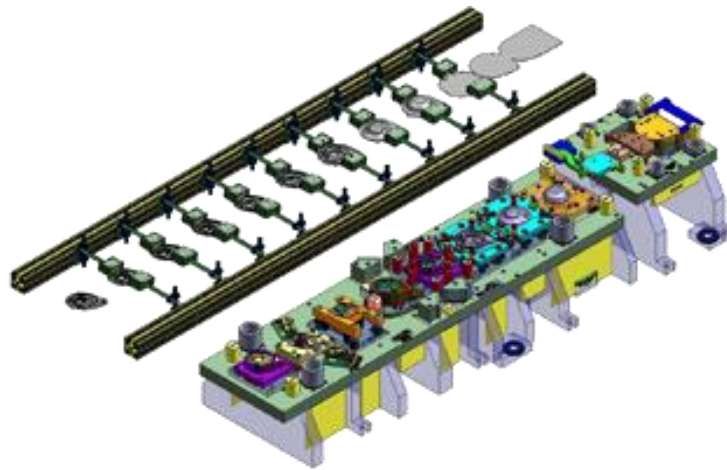
Uma ferramenta *transfer* (Figura 20) pode ser definida como uma ferramenta única ou uma sucessão de ferramentas, normalmente montadas na mesma prensa e sobre uma base comum, que executa diferentes operações de estampagem à medida que a chapa se vai deslocando na matriz, com recurso a sistemas automatizados que movem a peça entre etapas [58].

Nestas ferramentas, a alimentação de matéria-prima é feita de duas maneiras [60]:

- 1) Em bobina, à semelhança das ferramentas progressivas, sendo cortada a dimensão de chapa pretendida na primeira etapa da ferramenta ou através de guilhotina na entrada da prensa;
- 2) Em porções de chapa com dimensões e geometria pretendidos, designados por formatos.

À semelhança das ferramentas progressivas, as operações de estampagem encontram-se de forma sequencial na ferramenta, que vão transformando o formato na peça final pretendida. A diferença reside no método de deslocamento do formato [60]. Nas ferramentas *transfer*, a passagem entre as etapas de estampagem é feita com recurso a sistemas automatizados ou robóticos, através de elementos mecânicos ou pneumáticos. Este movimento é feito em sintonia com o movimento de abertura e fecho da prensa, com a finalidade de reduzir tempos de paragem e melhorar a cadência do processo.

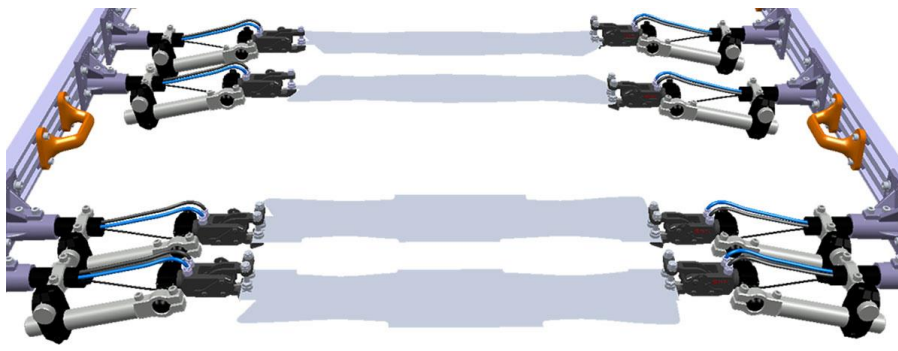
Estas ferramentas apresentam a vantagem de produzir peças com geometria mais complexa, pois como não existe uma ligação física das peças à banda de chapa até à última etapa, pelo que é possível exercer trabalho no local onde uma ferramenta progressiva não permitiria. Para além da flexibilidade apresentada, estas ferramentas permitem uma maior poupança de matéria-prima, uma vez que não gera tanta sucata se o formato tiver as dimensões adequadas [60].

Figura 20 - Ferramenta *transfer* [65]

2.5.2.1 *Sistemas transfer*

Designa-se por sistema *transfer* (Figura 21) o conjunto de elementos encarregues de movimentar o formato ao longo das várias etapas numa ferramenta de estampagem *transfer*. O seu projeto deve surgir juntamente com o da ferramenta, de modo a que os dois se complementem e trabalhem em harmonia, pelo que é necessária informação relativa à prensa onde irá atuar a ferramenta, às especificações do sistema (tais como passo, avanço, altura de elevação, velocidades máximas, entre outros) e dados relativos à peça [66].

A evolução da indústria automóvel levantou algumas necessidades que estiveram na base da criação de um sistema *transfer*. A principal vantagem deste sistema é a redução de custo, tanto de matéria-prima como de tempo de produção. Para peças feitas a partir de matéria-prima de elevado custo ou com espessura considerável, a rentabilização através deste método pode permitir uma poupança de grande volume de material. Este sistema também permite a obtenção de peças mais complexas, pois é capaz de executar rotações até 180° de peças de uma etapa para outra, sendo possível estampar em locais até então inacessíveis [66].

Figura 21 - Sistema *transfer* [67]

Os sistemas poderão ser de dois ou três eixos. Os sistemas com dois eixos não são muito utilizados na indústria automóvel, pois apenas promovem o manuseamento de peças mais simples [68]. Permitem a passagem entre etapas mais rápida pois o seu curso é menor, mas exigem uma ferramenta de estampagem mais simples.

Os sistemas *transfer* com três eixos são os mais utilizados, devido à sua flexibilidade e versatilidade. A sua maior robustez permite o manuseamento de peças de maior dimensão e mais complexas, não comprometendo a estabilidade do sistema [69].

É importante garantir o posicionamento correto das peças. Para isso, podem ser utilizados pinos centradores que ajudam no guiamento da peça para uma correta estampagem. Algumas peças conseguem o seu posicionamento através da sua forma, como por exemplo uma peça cónica [68].

Assim, os passos importantes para o projeto de um sistema *transfer* são [68, 69]:

1. Determinar a área de trabalho: sobrepor *layout* da prensa e da ferramenta de estampagem para perceber onde o *transfer* irá atuar;
2. Determinar pontos de contacto com a peça: é importante estabelecer onde a peça deverá ser manuseada (consoante a sua geometria e peso) para determinar comprimento dos seus elementos;
3. Verificar linha de passagem entre etapas: nem o sistema nem a peça devem colidir com nenhum elemento da ferramenta na passagem entre etapas;
4. Escolher elemento de fixação da peça: poderá ser em colher (simples apoio de peça), garra pneumática ou eletroímã;
5. Projetar a deteção de peça: devem ser implementados sensores nas colheres e garras que possam detetar a falha de uma peça, evitando danos graves na ferramenta;
6. Verificar o posicionamento da peça: a peça deverá ser colocada corretamente na etapa seguinte;
7. Simular o processo e verificar todo o sistema.

Com o avanço tecnológico e a evolução dos sistemas *transfer*, surgiu um novo conceito de um sistema *transfer* integrado na ferramenta (*compact in-die transfer*) [70]. Este é um sistema mais pequeno e que é montado diretamente na ferramenta de estampagem, tornando-se parte da mesma. Apesar de ser considerado um sistema *transfer*, a ferramenta comporta-se como progressiva, não necessitando de elementos externos para o processo. Mesmo estando limitadas a peças mais simples e de menor dimensão, são eficazes na simplificação do processo e nos tempos de transporte entre etapas. Este sistema também permite deslocamentos em dois ou três eixos.

DESENVOLVIMENTO

- 3.1 Caracterização da empresa
- 3.2 Caracterização do departamento de estampagem a frio
- 3.3 Identificação do problema
- 3.4 Ferramenta 462
- 3.5 Descrição da situação atual
- 3.6 Tempestade de ideias
- 3.7 Tabela de seleção
- 3.8 Braço do *transfer*
- 3.9 Instrução de trabalho para a manutenção de um sistema *transfer*
- 3.10 Sistema de pegas
- 3.11 Ensaio, montagem do novo sistema *transfer* e resultados

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Caracterização da empresa

3.1.1 Grupo Gestamp

O grupo Corporación Gestamp foi fundado na década de 90 por Francisco Riberas e atualmente incorpora o grupo multinacional espanhol Acek Desarrollo y Gestion Industrial, SL. Devido ao seu crescimento e desenvolvimento no século XXI, é das maiores empresas de produtos siderúrgicos do mundo, sendo um dos principais fornecedores da indústria automóvel mundial.

O grupo Gestamp Automoción faz parte da divisão automóvel do grupo Corporación Gestamp. É um grupo multinacional que se dedica ao projeto, desenvolvimento e fabrico de componentes metálicos para automóveis. O seu foco passa por inovar e criar componentes cada vez mais leves e seguros, aumentando a qualidade e segurança dos seus clientes e reduzindo o consumo de energia e impacto ambiental [71].

A sua visão é *“ser o fornecedor automóvel mais reconhecido pela sua capacidade de adaptar o negócio à criação de valor para o cliente, mantendo a sustentabilidade económica e desenvolvimento social”* [71]. Nesse sentido, cresceu ao longo de mais de 20 anos e tornou-se um fornecedor automóvel global, reconhecido pela proximidade com o cliente, a forte internacionalização e a inovação contínua.

No desenvolvimento social e internacionalização, destacam-se os fatores indicados na Tabela 6.

Tabela 6 - Impacto do grupo Gestamp Automoción em todo o mundo [71]

Área de impacto	Valores
Países onde trabalha	23 países
Nº de fábricas	112 fábricas
Nº de centros de investigação e desenvolvimento (I&D)	13 centros I&D
Colaboradores	43 000 colaboradores

A distribuição das suas fábricas e centros I&D são de acordo com a Figura 22.

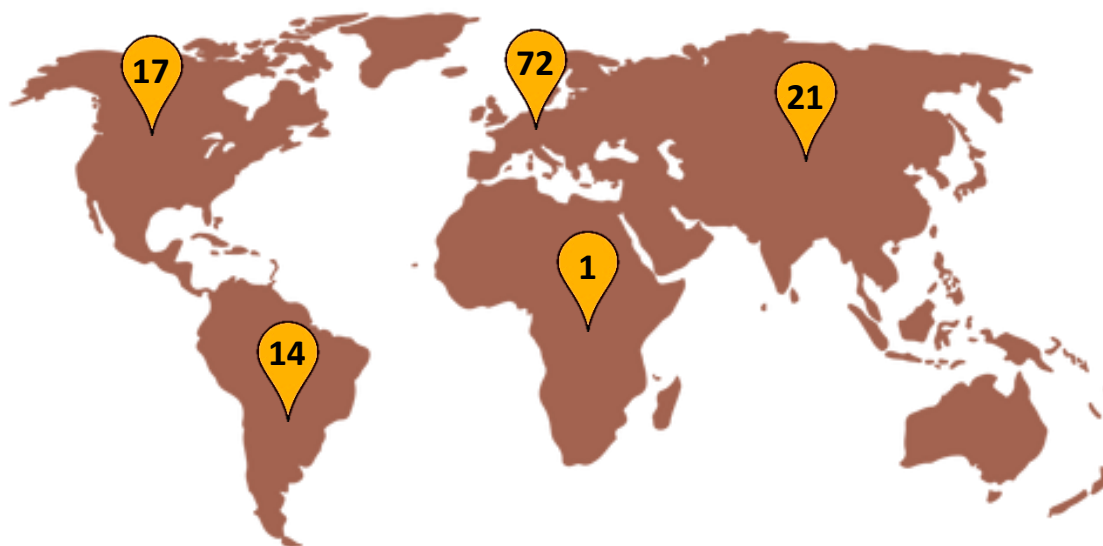


Figura 22 - Distribuição de fábricas e centros I&D pelo mundo (Adaptado de [71])

Os princípios do grupo Gestamp Automoción são [71]:

1. Cliente como centro do negócio – Construção de relações sólidas e honestas que mantêm a satisfação do cliente, através do fornecimento de produtos com alto valor em termos de inovação, qualidade, preço, segurança e impacto ambiental;
2. Excelência operacional como prática regular – Num setor competitivo como é o setor automóvel, a eficiência e eficácia dos processos são as bases do sucesso do negócio, com o conhecimento obtido ao longo dos anos;
3. Inovação como meio do negócio – A inovação permite a consolidação da liderança do grupo, fornecendo novos produtos e processos alternativos capazes de agregar valor para o seu cliente;
4. Sustentabilidade para garantir a sua prolongação no tempo – Solidez financeira, lucrativa e gestão cautelosa e de excelência oferecem garantias de futuro;
5. Pessoas como arquitetos do sucesso – O desenvolvimento profissional e pessoal dos seus colaboradores formam um ativo essencial para o sucesso da empresa, através do talento e motivação.

O grupo dedica-se ao fabrico de uma vasta gama de produtos essenciais na estrutura de um veículo. Do seu portefólio fazem parte produtos como diversos elementos do *body-in-white*, elementos do chassis, mecanismos (componentes mecânicos, nos quais se incluem dobradiças para portas, capôs e porta de bagagens, portas laterais, sistemas de pedais e travões de mão), ferramentas e prensas.

A empresa iniciou apenas com base no processo de estampagem a frio de pequenas peças, mas com a evolução e inovação tecnológica, possui atualmente uma vasta gama de tecnologias, tais como [71]:

- Vasta gama de tecnologias de conformação e estampagem, desde a mais recente estampagem a quente até à hidroconformação;
- Tecnologias avançadas de montagem, como soldadura remota por laser;
- Tecnologias de acabamento, como o revestimento em pó e cataforese.

3.1.2 Gestamp Aveiro

A Gestamp Aveiro, Indústria de Acessórios Automóveis, S.A., encontra-se inserida na divisão automóvel – divisão sul do grupo Gestamp Automoción, e dedica-se ao desenho, estudo, desenvolvimento e fabricação de componentes metálicos para automóveis. Localizada em Nogueira do Cravo, Oliveira de Azeméis, é uma das três fábricas Gestamp em Portugal, sendo as restantes sediadas em Vila Nova de Cerveira e Vendas Novas [72].

Em 1988 é fundada a sociedade “Tavol, indústria de acessórios automóveis, Lda”, fábrica que se dedica à produção de componentes metálicos para a indústria automóvel. Apesar de os primeiros anos serem de produção moderada, em 1992 é desenvolvido um projeto de investimento 3.000.000 € para um aumento de produção e melhorias na gestão de organização. Em 2001, a Tavol é adquirida pelo grupo Gestamp Automoción e passa a denominar-se por Gestamp Aveiro, S.A. [72].

A empresa está dividida em diferentes setores, como é possível observar na Figura 23.

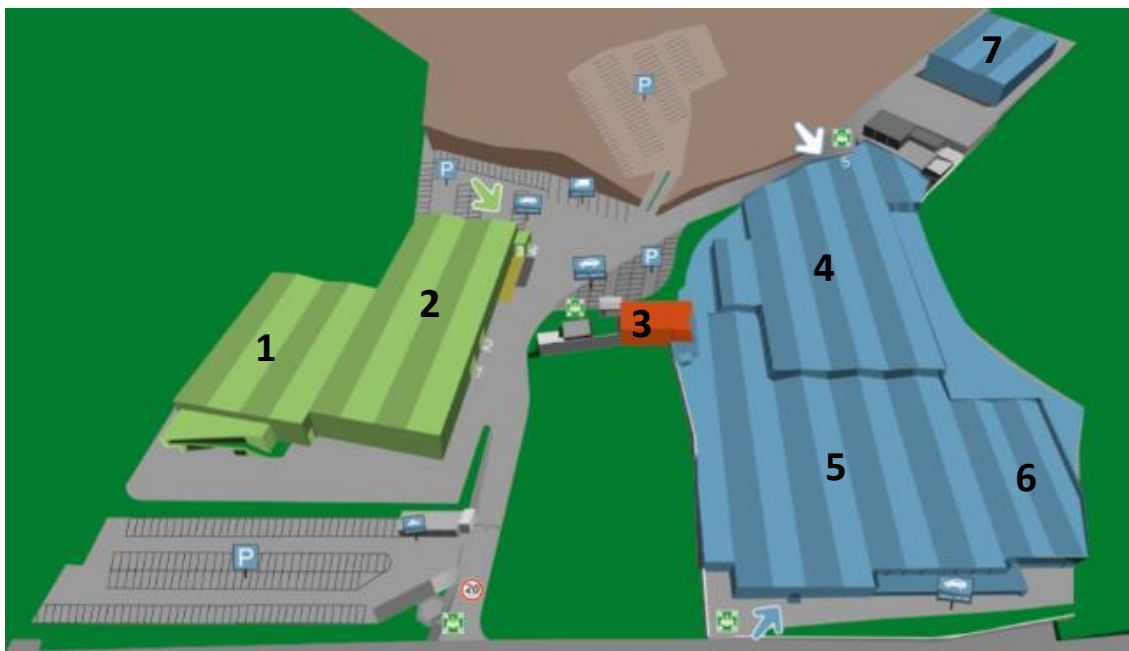


Figura 23 - Gestamp Aveiro: 1- Construção de ferramentas; 2- Estampagem a quente; 3- I&D; 4- Estampagem a frio; 5- Soldadura; 6- Pintura; 7- Logística (Adaptado de [72])

O mais recente processo de fabrico e pioneiro em Portugal é a estampagem a quente. A Gestamp Aveiro desenvolveu uma linha de produção no início de 2019. Foi uma grande aposta do grupo, que tem apresentado bons resultados e satisfação da parte do cliente. Uma vez que a estampagem a quente não possibilita furos nem cortes complexos, as peças são cortadas a laser após a estampagem.

Para além disso, a Gestamp Aveiro apresenta várias prensas de estampagem a frio, com um vasto leque de capacidades, que representam a principal fatia no volume de peças produzidas. No setor de soldadura, que recebe peças após a estampagem, a soldadura é feita em várias células e com recurso a braços robóticos, podendo os elementos serem soldados por *metal inert gas/metal active gas* (MIG/MAG) ou soldadura por pontos. Por fim, no setor da pintura, as peças sofrem um pré-tratamento, sendo depois pintadas, secadas e polimerizadas.

Na Figura 24 encontra-se a sequência de processos para a produção de peças.

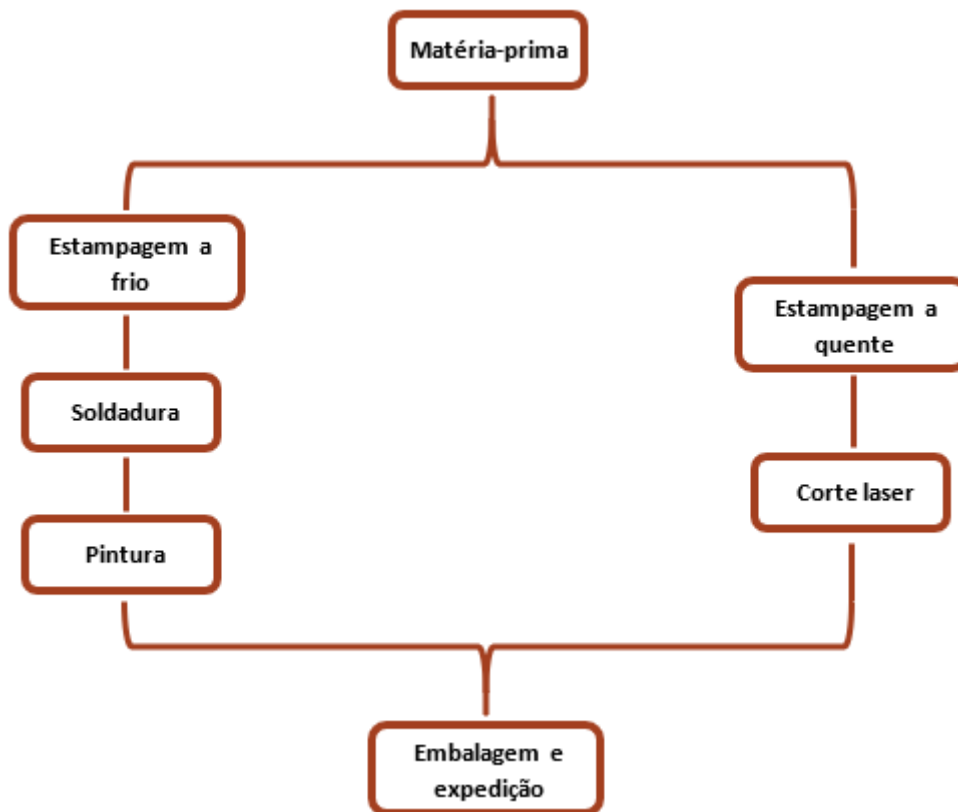


Figura 24 - Sequência de processos na produção das peças (Autoria própria)

Na Figura 25 observa-se a evolução do número de colaboradores de 2016 a 2019 na Gestamp Aveiro (não estão contabilizados trabalhadores temporários).

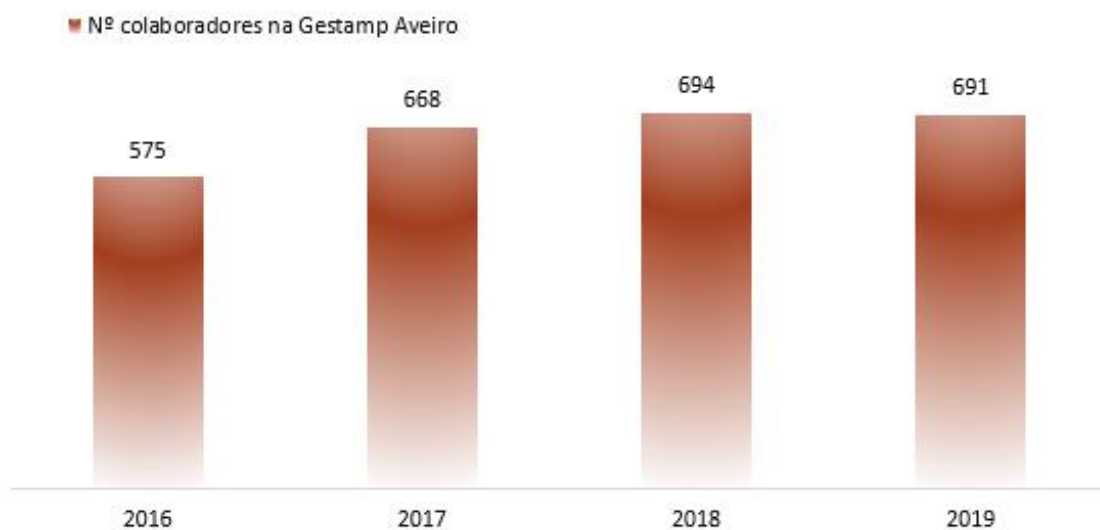


Figura 25 - Evolução do nº de colaboradores da Gestamp Aveiro (Adaptado de [73])

Como se verifica no gráfico, o número de colaboradores tem aumentado consideravelmente. Este dado reforça a ideia de afirmação e crescimento da empresa, com o aumento da capacidade de trabalho, aquisição de novas ferramentas e introdução de uma nova tecnologia, como foi o caso da estampagem a quente.

Na Figura 26 observa-se a repartição em percentagem de peças por grupo cliente no ano 2019.

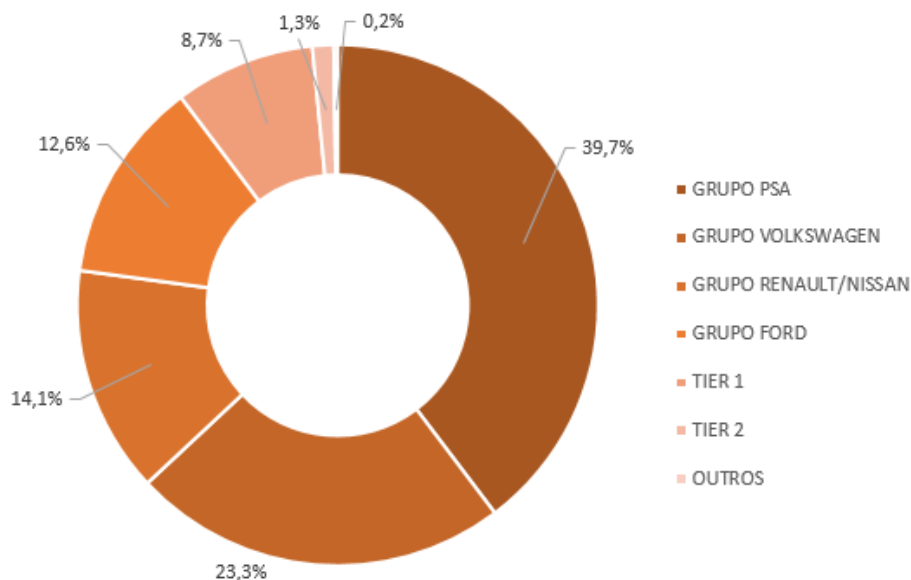


Figura 26 - Repartição de peças por grupo cliente em 2019 (Adaptado de [73])

No ano 2019, o grupo PSA, que engloba marcas como Citroen, Peugeot e Opel, foi o maior cliente da empresa com a compra de 39,7% das peças produzidas, seguido pelo grupo Volkswagen com 23,3%.

3.2 Caracterização do departamento de estampagem a frio

Na Gestamp Aveiro, a equipa de engenharia de manutenção de ferramentas é responsável por três tarefas: projeto de elementos suplentes, quando são detetados nas ferramentas elementos que a médio/longo prazo necessitem de substituição, evitando-se paragens de produção (manutenção preditiva); projeto de elementos urgentes para ferramentas, que por algum motivo se danificaram de forma imprevista e não asseguram produção (manutenção corretiva); projetos de melhoria das ferramentas de forma a melhorar futuras produções. Estas melhorias são ponderadas e analisadas entre os chefes de equipas de serralheiros de manutenção e o coordenador de estampagem, sempre com consciência do volume de peças que produzirá e se compensa o investimento de melhoria previsto. Dado o tema da presente dissertação, considerou-se relevante a exposição e explicação do setor de estampagem.

A estampagem é constituída por várias prensas com diferentes capacidades:

- 1 prensa progressiva de 200 t;
- 2 prensas progressivas de 250 t;
- 5 prensas de 400 t, sendo uma delas *transfer*;
- 2 prensas progressivas de 630 t;
- 1 prensa *transfer* de 710 t;
- 2 prensas de 800 t que comportam ferramentas do tipo *transfer* e progressivas;
- 1 prensa de 1000 t que comporta ferramentas do tipo *transfer* e progressivas;
- 1 prensa de 1250 t que comporta ferramentas do tipo *transfer* e progressivas.

A manutenção das ferramentas é assegurada por três equipas de serralheiros. Uma das equipas trabalha exclusivamente para a prensa de estampagem a quente, sendo constituída por um número inferior de serralheiros, comparativamente à estampagem a frio. As equipas estão divididas em dois turnos diários de trabalho, uma vez que o reduzido número de ferramentas de estampagem a quente não justifica turno noturno.

As outras duas equipas são vulgarmente designadas por ala progressiva e ala *transfer*, sendo responsáveis pela manutenção das ferramentas pertencentes às prensas 250 t a 630 t, e das prensas 710 t a 1250 t, respetivamente. As equipas estão divididas em três turnos diários e um quarto turno que trabalha ao fim de semana, uma vez que é necessário assegurar produção durante todo este tempo.

A equipa de engenharia de manutenção de ferramentas trabalha em apoio das equipas de manutenção. O trabalho em conjunto é constante, quer ao nível de projeto quer ao nível de controlo e gestão.

3.3 Identificação do problema

A indústria automóvel está em crescimento. A indefinição do futuro dos veículos passar por combustão interna, elétricos ou híbridos não é sinónimo de abrandamento de produção ou inovação automóvel. As empresas competem entre si para se saber quem é o pioneiro da nova era, apostando em novos modelos, novas peças e novas estruturas. A uniformização dos vários conjuntos do “esqueleto” do veículo é a chave para um investimento equilibrado com base na incerteza de futuro que se vive. A qualidade de vida e o aumento da população mundial faz também aumentar a venda de veículos e, conseqüentemente, a sua produção.

A Gestamp Aveiro não é imune a toda esta evolução e crescimento de produção. As exigências dos clientes obrigam à reestruturação dos processos e da gestão, de forma a conseguir corresponder à altura daquilo a que a empresa se compromete. O volume de peças encomendadas aumenta significativamente e é necessário responder de forma positiva a toda esta evolução. Mas a Gestamp Aveiro enfrenta um novo desafio: o número de encomendas é superior ao volume de produção possível nas suas instalações. Perante a necessidade dos seus clientes, e mesmo trabalhando em vários turnos e ao fim-de-semana, a produção necessária das prensas é superior à sua carga máxima atual. No entanto, não é viável ceder ao raciocínio primário de investir em mais equipamentos e mão-de-obra. Antes disso, é necessário fazer uma análise interna aos seus processos.

Deste modo, a empresa constatou que é possível melhorar o rendimento dos seus equipamentos, uma vez que as prensas apresentam uma baixa disponibilidade e conseqüente baixo *overall equipment effectiveness* (OEE). Assim, analisaram os processos e identificaram os motivos das paragens ou atrasos de produção. Uma das causas é o elevado tempo de *setup* de algumas ferramentas. Para além da falta de *standards* nas trocas de ferramenta, o tempo de ajuste e afinação dos *transfers* influencia a baixa disponibilidade do equipamento. Assim, surge o tema da presente dissertação.

O sistema *transfer* atual das ferramentas apresenta uma estrutura sem grandes alterações da versão inicial, onde não é dada grande importância ao *transfer*, e este não é tratado como aquilo que realmente é: um componente da ferramenta. É necessário rever e reformular o sistema atual, de forma a torná-lo mais simples, robusto e capaz de aumentar a disponibilidade do equipamento.

No entanto, não seria eficaz para os processos da empresa tentar implementar uma melhoria em todas as ferramentas em simultâneo. Assim, é necessário escolher uma ferramenta e fazer os testes nessa mesma ferramenta. Em caso de aprovação, o sistema seria implementado nas restantes ferramentas.

Decidiu-se optar pela prensa de 1250 t de capacidade, por ser uma prensa com ferramentas mais complexas e na qual os resultados seriam mais fidedignos. Com base

nos dados retirados do sistema, que reflete várias estatísticas referentes à produção, escolheu-se aquela ferramenta que mais tempo de *setup* e tempo de paragem apresenta. Assim, escolheu-se a ferramenta que é vulgarmente conhecida como 462.

3.4 Ferramenta 462

A ferramenta 462 é uma ferramenta do tipo *transfer* e uma das ferramentas com maior produção na empresa. Esta ferramenta foi construída no ano 2017 e está previsto terminar a sua produção no ano 2026, tendo para o presente ano uma estimativa de produção de mais de 500 mil peças.

A ferramenta possui uma referência de codificação interna e uma referência do cliente. No entanto, é reconhecida como 462, parte da referência interna que distingue as peças a produzir. Para salvaguardar a privacidade do cliente, ao longo da presente dissertação esta ferramenta será denominada de 462.

Em simultâneo, são produzidas duas peças: a 462 e a 472. As peças são bastante similares, visualmente simétricas, possuindo apenas ligeiras diferenças no formato 3D que apresentam. São produzidas através de uma banda de chapa, com 2,5 mm de espessura, que vai sofrendo deformações e cortes ao longo de 6 etapas até atingir a sua forma final, como apresentada na Figura 27.

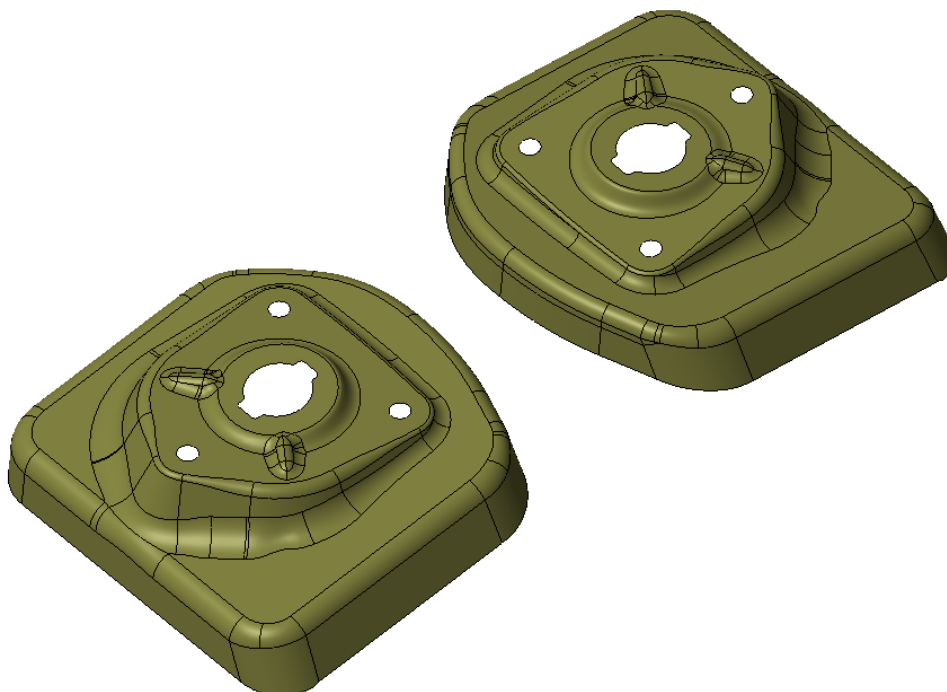


Figura 27 - Peças finais 462 e 472

3.4.1 Transfer

O *transfer* da ferramenta 462 é composto por 4 segmentos (2+2 simétrico), de forma a diminuir o peso de cada segmento e facilitar a sua montagem na prensa. O conjunto transporta a peça ao longo de 6 etapas consecutivas, desde a matéria-prima em bobina (rolo de chapa) até à peça final. Na Figura 28 encontra-se o desenho no formato *computer-aided design* (CAD) do sistema *transfer* atual.

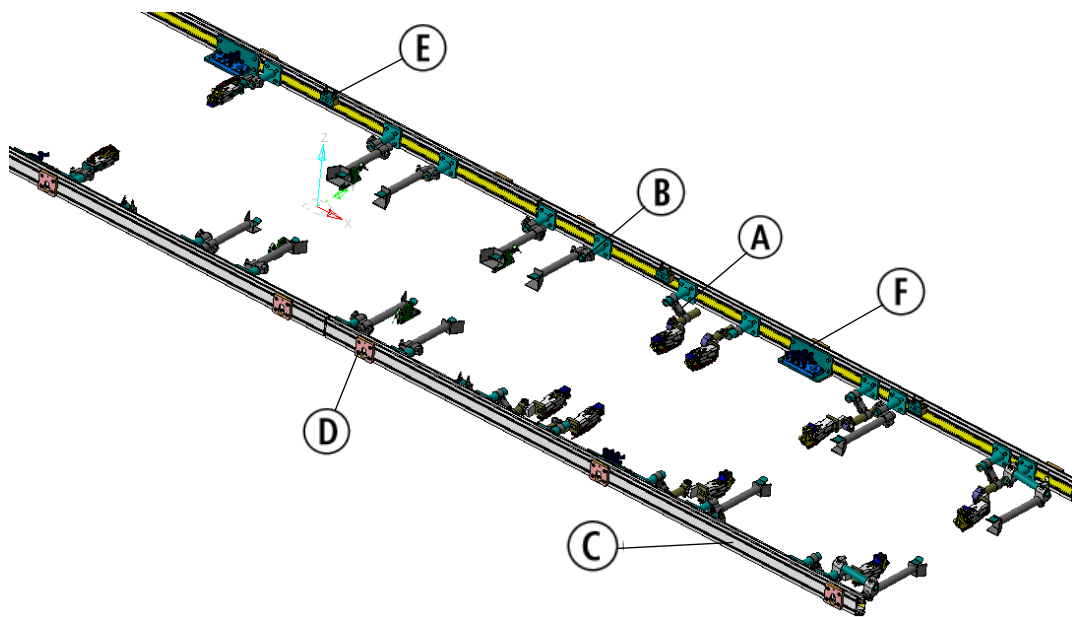


Figura 28 - Desenho CAD do sistema *transfer* convencional

Os principais elementos do *transfer* são as pinças (Figura 28-A) e as colheres (Figura 28-B), pois estão em contacto direto com a peça, e são eles os responsáveis pela movimentação da mesma entre etapas. As pinças são elementos acionados pneumaticamente, de duplo efeito, capazes de agarrar a peça e fazer a sua passagem entre etapas. Já as colheres servem apenas de apoio, atuando normalmente em conjunto com uma pinça para maior estabilidade da peça. Tanto as pinças como as colheres têm sensores de deteção de peça, capazes de parar a produção no caso de alguma peça não ter avançado de posto. Estes elementos estão fixos ao restante *transfer* por meio de rótulas, braçadeiras e suportes base, que por sua vez estão acoplados a um perfil normalizado (Figura 28-C). Através de elementos de encaixe existentes na parte traseira do perfil (Figura 28-D), este é fixo à mesa da prensa através de alavancas de pressão. Para além dos elementos essenciais, como as pinças e as colheres, os perfis também suportam caixas de entrada de ar comprimido (Figura 28-E) e as caixas de ligação elétrica dos sensores (Figura 28-F).

A lista de materiais completa do *transfer* atual encontra-se no anexo I. Todos estes elementos totalizam uma massa de 15 kg no segmento mais leve e 23 kg no segmento mais pesado, tendo a totalidade do *transfer* (4 segmentos) uma massa de 76 kg, aproximadamente.

3.4.1.1 Etapa 1

Tal como referido inicialmente, a prensa é alimentada por bobina de chapa. À entrada da prensa, é efetuado um pré-corte e nesta primeira etapa é feito o corte da chapa com o formato ideal para a restante estampagem. Dada a simplicidade e estabilidade da peça, apenas é necessário um par de pinças para fazer a movimentação para a etapa seguinte, tal como indicado na Figura 29.

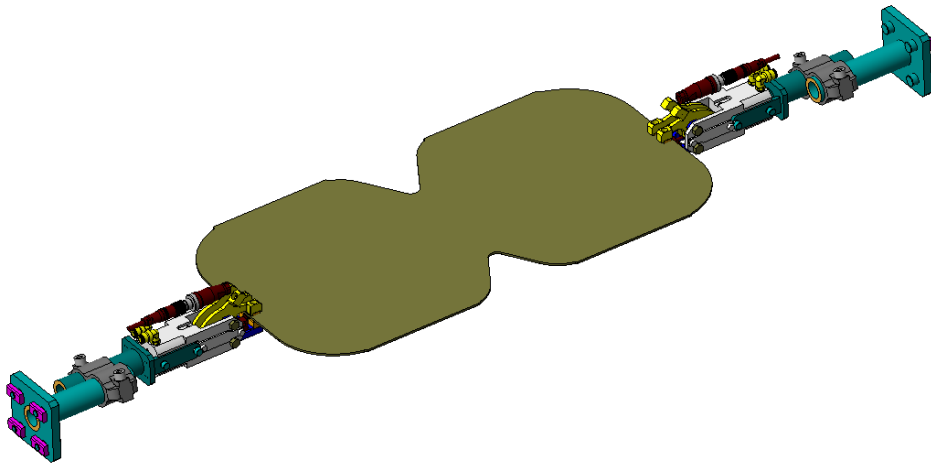


Figura 29 - Etapa 1 da ferramenta 462 – corte de formato

3.4.1.2 Etapa 2

Na segunda etapa o formato adquire grande parte da forma final. O formato é estampado, mas as duas peças continuam a manter-se unidas por chapa. Na passagem para a terceira etapa, são necessários dois pares de colheres, uma vez que a base da chapa continua plana e não necessita de grande esforço de fixação, como se verifica na Figura 30.

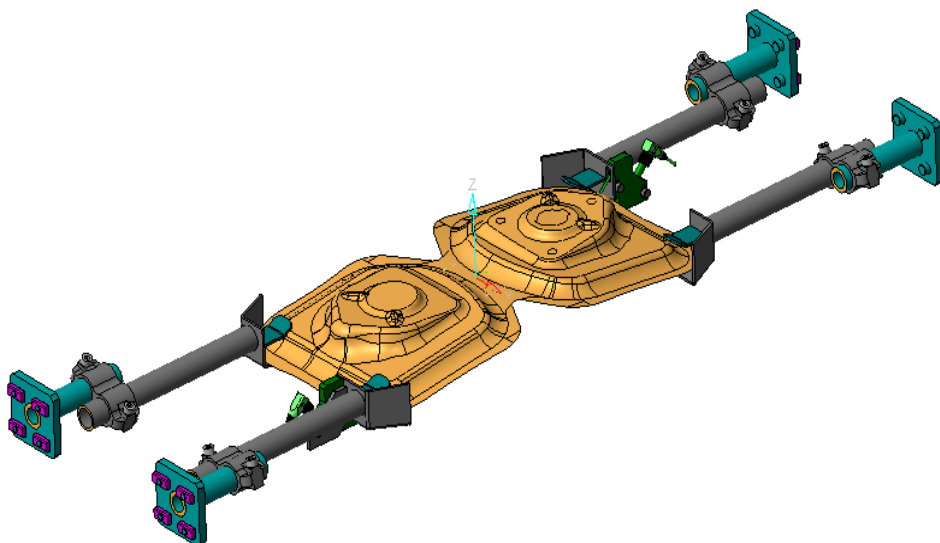


Figura 30 - Etapa 2 da ferramenta 462 – estampagem

3.4.1.3 Etapa 3

São efetuados os primeiros cortes que visam à separação das duas peças, uma vez que o esforço necessário para a total separação é demasiado elevado apenas para uma etapa. Nesta etapa, também se aproveita para fazer um furo na parte central da peça para o seu posicionamento nos pinos centradores. À semelhança do posto anterior, a passagem da peça para a etapa 4 é feita com recurso a dois pares de colheres, como representado na Figura 31.

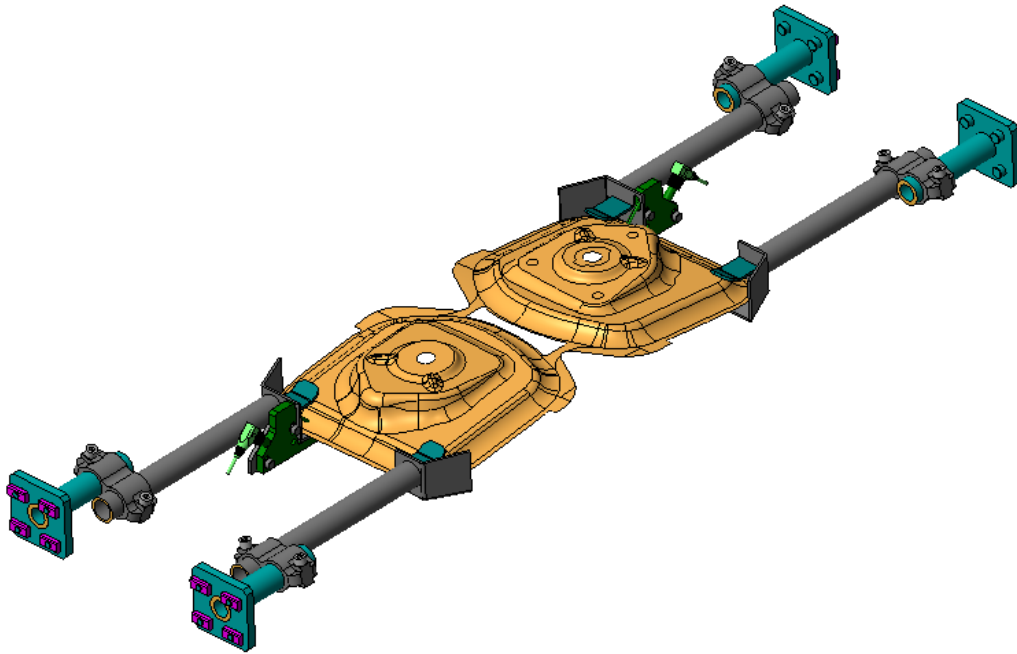


Figura 31 - Etapa 3 da ferramenta 462 – corte

3.4.1.4 Etapa 4

Nesta etapa são feitos os cortes finais através de uma técnica denominada por corte procurado, que visa dar a compensação de material para estampagem das abas, para a separação das duas peças, obtendo-se então as peças 462 e a 472. Uma vez que as peças já se encontram separadas e ainda não estão estampadas as abas, a passagem de postos é feito com recurso a dois pares de pinças, de modo a manter a estabilidade (Figura 32).

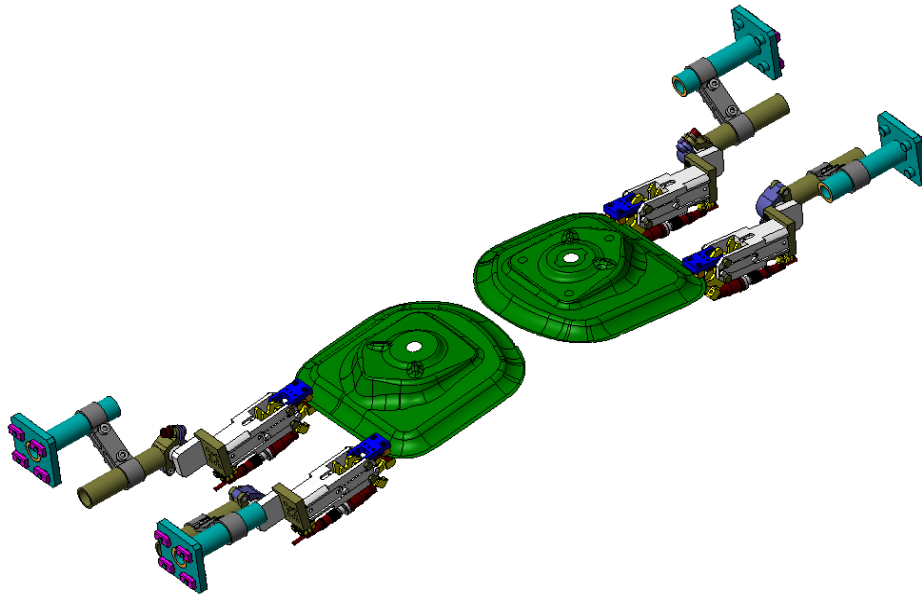


Figura 32 - Etapa 4 da ferramenta 462 – separação das peças

3.4.1.5 Etapa 5

Na etapa 5 são estampadas as abas de cada peça, ficando estas com as dimensões finais, não existindo a necessidade de calibração. Para levar as peças para a próxima etapa, combinam-se um par de colheres e um par de pinças. Neste caso, as pinças são diferentes das anteriores, uma vez que precisam de fixar a peça através da aba, que se encontra na vertical. As colheres servem de apoio para manter a estabilidade das peças, como indicado na Figura 33.

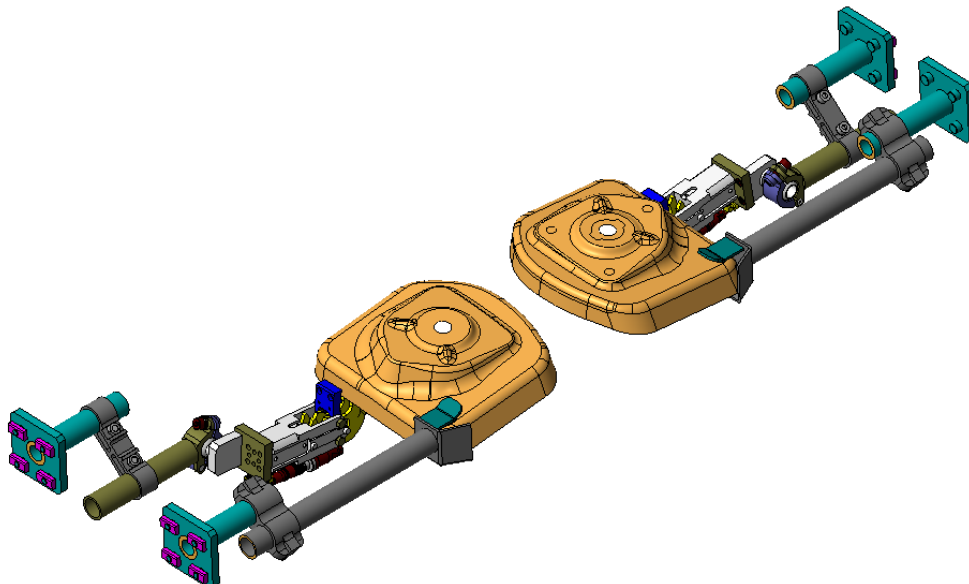


Figura 33 - Etapa 5 da ferramenta 462 - estampagem

3.4.1.6 Etapa 6

Na última etapa são realizados os três furos na parte superior de ambas as peças, e é criado o entalhe na face central. A passagem das peças para o tapete de saída é semelhante à etapa anterior, com um par de colheres e um par de pinças, como se verifica na Figura 34. Assim, são obtidas as duas peças (462 e 472), com uma massa de aproximadamente 1,3 kg cada.

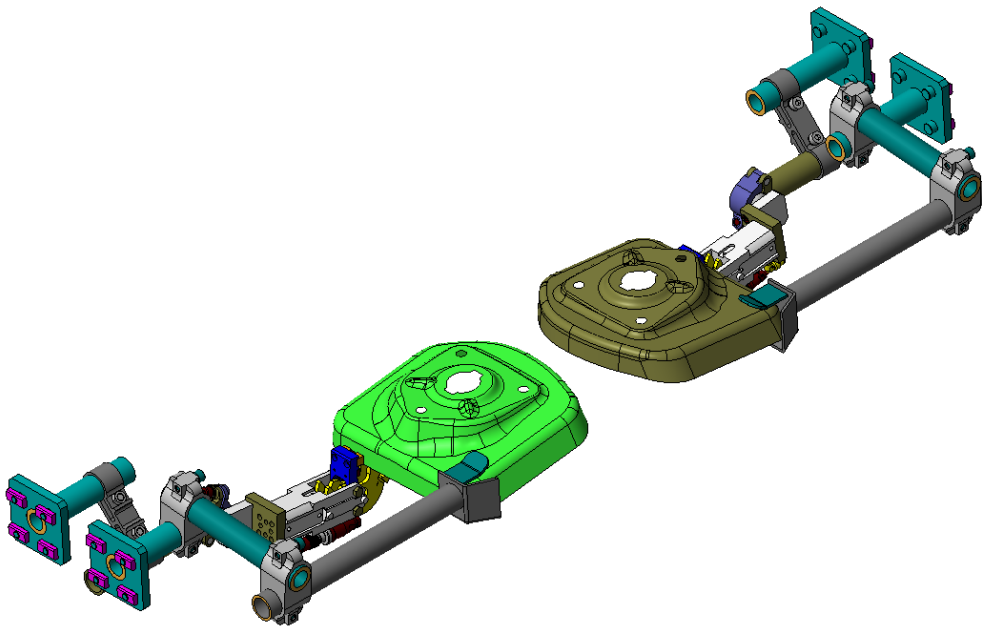


Figura 34 - Etapa 6 da ferramenta 462 - corte

3.5 Descrição da situação atual

Antes de se iniciar uma mudança que vise melhorar um determinado processo ou produto, é necessário estudar e entender a situação atual, determinar os pontos críticos e estudar a melhor maneira de se conseguir melhorar. Assim, inicialmente procede-se à análise e descrição do *transfer* atual e dos processos nos quais está envolvido.

3.5.1 Tempos de paragem do transfer

É importante quantificar o problema detetado pela empresa e perceber a dimensão do mesmo. A empresa dispõe de um sistema informático em todos os seus processos, capaz de verificar em tempo real o seu ponto de situação, e armazenar esses mesmos dados. Por exemplo, na prensa 1250 t (prensa em estudo onde trabalha a ferramenta 462), o operador indica no sistema o início de *setup* da ferramenta. Sempre que o *setup* sofre algum desvio e a montagem da ferramenta não ocorre como previsto, o operador deverá registar o tempo dessa mesma falha e indicar a sua origem. Após o *setup*, indica

o início de produção e no final indica o seu fim. Sempre que a prensa sofra interrupções de produção, o operador indica o tempo de paragem e a sua causa.

No entanto, até ao final do ano de 2019, a empresa não fazia a distinção entre a ferramenta e o sistema *transfer* na contabilização de paragens no sistema. Assim, sempre que a ferramenta atrasava o *setup* ou parava a produção por problemas relacionados com o sistema *transfer*, estes tempos eram declarados como paragens devido à ferramenta. Isto leva a que os problemas do sistema *transfer* estejam camuflados com problemas relacionados com matrizes e punções, por exemplo, não sendo possível fazer a sua distinção nos tempos declarados no sistema.

No anexo II, encontram-se os dados referentes ao tempo de paragem da ferramenta 462 e a sua influência na produção, entre agosto e dezembro de 2019.

Na tabela dos tempos do *transfer* estão discriminadas três colunas com tempos: o tempo total, que contabiliza todo o tempo do *transfer* na prensa, desde o *setup* ao fim da produção; o tempo de produção, que se refere ao tempo efetivo que a ferramenta esteve a produzir peças; o tempo de paragem por ferramenta, que totaliza o tempo de paragem por problemas relacionados com a ferramenta, incluindo o sistema *transfer*. Para além disso, são apresentadas duas colunas que mostram a percentagem de tempo parado devido à ferramenta, resultado do quociente entre o tempo de paragem devido à ferramenta e o tempo total, e o rácio entre ferramenta parada e ferramenta em produção (por exemplo, um rácio de 100% significa que a ferramenta esteve tanto tempo a produzir como parada).

Como é possível verificar, esta ferramenta tem uma elevada produção, sendo das ferramentas com maior produção na empresa. No entanto, apresenta diversos problemas por paragem de ferramenta, apresentando uma média 9,2% de tempo parado em prensa devido a problemas relacionados com a ferramenta. O principal objetivo passa por reduzir estes tempos e aumentar a produtividade da máquina.

3.5.2 Circuito do *transfer*

De seguida, foi analisado o circuito feito pelo *transfer* entre produções, de forma a entender que colaboradores têm contacto com o *transfer*, de que forma é feito o seu manuseamento e como este pode comprometer o seu bom funcionamento. No anexo III encontra-se o fluxograma do circuito do *transfer*.

Inicie-se o ciclo após terminarem os trabalhos de produção na prensa 1250 t. Distribuídos por conjuntos de prensas, existem colaboradores responsáveis por fazer a troca de ferramenta (e respetivo *transfer*, quando aplicável), denominados por montadores. Os montadores, com a ajuda dos operadores da prensa, retiram o *transfer* da mesa da prensa e colocam o mesmo numa gaveta, que é uma estrutura soldada desenhada para acomodar o *transfer* no seu transporte pelo empilhador e no seu armazenamento (Figura 35). O projeto atual do *transfer* não permite o manuseamento fácil e seguro do mesmo, por não possuir pegas. Deste modo, as barras do *transfer* são manuseadas diretamente pelos braços de suporte das pinças e colheres. Numa ligação aparafusada e com tantos graus de liberdade, este tipo de exercício provoca o afrouxamento da ligação, havendo pequenas movimentações capazes de desafinar o *transfer* da sua posição original. No entanto, não existe nenhum modo operatório implementado que indique qual o procedimento mais correto.



Figura 35 - Gaveta de armazenamento de um sistema *transfer*

Uma vez colocado na gaveta, o *transfer* aguarda na área circundante da prensa pelo empilhador. O seu transporte pode ser feito para dois locais: caso a área da manutenção tenha disponibilidade para receber o *transfer* (só existe espaço para três gavetas de cada vez nesta área), o *transfer* segue para a manutenção; se não houver disponibilidade, o *transfer* é armazenado e volta à manutenção assim que haja espaço.

Na manutenção, os problemas são semelhantes aos dos montadores. Os *transfers* são colocados nuns cavaletes para facilitar a sua manutenção. Mais uma vez, como não têm pegas, o serralheiro de manutenção necessita de movimentar as barras do *transfer* através dos braços das pinças e colheres. Caso exista algum elemento danificado que necessite de reparação ou substituição, o serralheiro necessita de o retirar do seu local. Voltando a colocar esse elemento, é bastante difícil saber qual o posicionamento exato dos braços de colheres ou pinças, uma vez que os pontos de contacto das pinças e das colheres com a peça são pontos de grande sensibilidade, que podem comprometer o normal funcionamento da produção por não conseguirem fixar devidamente a peça no seu movimento (devido à sua complexa geometria). Assim, caso alguma pinça ou colher não estejam no local correto, a sua afinação em prensa aumenta o tempo de *setup*.

Concluída a manutenção, o *transfer* pode novamente seguir dois caminhos: se for iniciada produção no imediato, segue para a área da prensa; em caso contrário, é armazenado, sendo movimentado para a área da prensa quando for necessária a produção da ferramenta. A montagem na mesa da prensa é novamente feita pelo montador, contando com a ajuda dos operadores da prensa.

Analisando o circuito feito pelo *transfer*, é possível destacar algumas situações críticas e como se pode contornar as mesmas. No mínimo, existem dois colaboradores distintos em contacto direto com o *transfer*: o montador e o serralheiro de manutenção. Com demasiados graus de liberdade e sem um critério bem definido de localização de cada elemento é difícil de se conseguir uma uniformização de afinamento de pontos de contacto, uma vez que o montador e o serralheiro poderão afinar o *transfer* em pontos de movimento diferentes. Para isso, deverá ser definido um critério inequívoco da posição dos elementos que fazem a ferramenta trabalhar nas melhores condições.

O manuseamento do *transfer* também não é o mais indicado, pelo que o *transfer* deveria ter algum tipo de pegas para que se pudesse movimentar o mesmo em segurança. Tanto o montador como o serralheiro pegam no *transfer* pelos braços das pinças e das colheres. Uma vez que todo o projeto é feito por ligações aparafusadas, isto provoca o afrouxamento das ligações.

Por fim, o circuito estabelecido pelo *transfer* não é cuidado nem organizado, aumentando o risco de o *transfer* ser armazenado e não sofrer manutenção até a ferramenta voltar a produzir. No entanto, a equipa de engenharia de processo está a desenvolver o projeto para melhorar o circuito do *transfer* e o processo *single-minute exchange of dies* (SMED) da prensa 1250 t.

3.5.3 Análise FMEA

A *failure mode and effects analysis* (análise FMEA) é um método que se utiliza frequentemente para prevenir falhas e analisar os riscos inerentes a um determinado produto ou processo, identificando-se as causas e os efeitos das respetivas falhas detetadas. O objetivo desta análise passa por avaliar todos os pontos do *transfer*, fazendo uma análise mais cuidada e específica dos seus pontos críticos. Deste modo, é possível procurar e corrigir esse problema e, conseqüentemente, diminuir a probabilidade de este voltar a acontecer, aumentando a qualidade do produto. Para esta análise, foi elaborada uma tabela com os seguintes pontos:

- Função do elemento;
- Modo de falha;
- Causa da falha;
- Efeito da falha;
- Índices (ocorrência, gravidade e deteção).

Atualmente, a empresa não elabora análises FMEA dos *transfers* nem das ferramentas de forma contínua, não sendo possível consultar tal informação diretamente. Para além disso, não é feito um registo dinâmico dos motivos de paragens dos *transfers*, nem que elementos provocaram a falha. Deste modo, a informação retirada na análise FMEA foi com base no conhecimento e experiência do serralheiro de manutenção dos *transfers* e do montador da prensa. Foi explicado o conceito e apresentados os índices que deveriam avaliar cada um dos problemas detetados:

- Ocorrência: indica a probabilidade de uma causa de falha poder ocorrer numa escala de 1 a 10, como indicado na Tabela 7;
- Gravidade: traduz o impacto negativo que o modo de falha pode ter num produto ou processo numa escala de 1 a 10, como indicado na Tabela 8;
- Detecção: assinala a probabilidade de se verificar uma determinada falha numa escala de 1 a 10, como indicado na Tabela 9.

Tabela 7 - Índice de ocorrência (adaptado de [74])

Índice de ocorrência									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nunca	Raramente	Muito baixa	Baixa	Moderada baixa	Moderada	Moderada alta	Alta	Muito alta	Sempre

Tabela 8 - Índice de gravidade (adaptado de [74])

Índice de gravidade									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sem efeito	Muito menor	Menor	Muito baixa	Baixa	Moderada	Alta	Muito alta	Perigoso	Muito perigoso

Tabela 9 - Índice de deteção (adaptado de [74])

Índice de deteção									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Quase certa	Muito alta	Alta	Moderada alta	Moderada	Baixa	Muito baixa	Remota	Muito remota	Quase impossível

O número prioritário de risco (NPR), que indica os elementos mais críticos, é obtido pelo produto dos três índices. O resultado da análise FMEA encontra-se no anexo IV.

Dos resultados obtidos, consideraram-se três grupos para os modos de falha, consoante o RPN apresentado:

- De 0 a 100, consideraram-se falhas com pouca relevância para o bom funcionamento do *transfer*, não suscitando grandes esforços para a sua correção;
- De 101 a 200 são os modos de falha que necessitam de análise para uma possível correção, mas que não deverão ser priorizados nem é garantido que colocará o bom funcionamento do *transfer* em causa;
- Acima de 201 são os modos de falha mais críticos, aos quais se deve dar prioridade para a sua melhoria.

Analisando os resultados, verifica-se que os modos de falha mais críticos são os empenos e/ou desalinhamentos dos braços de suporte das colheres e pinças, tal como já foi indicado em capítulos anteriores. O elevado número de graus de liberdade leva ao afrouxamento das ligações, deslocando o braço e alterando o ponto de contacto com a peça. O manuseamento incorreto do *transfer*, tal como indicado no capítulo 3.5.2, também leva à ocorrência destas situações.

Como modos de falha menos críticos consideraram-se o desgaste da face interior das colheres, que provoca vibração e movimento das peças entre etapas, criando instabilidade no processo. Este desgaste deve-se aos pontos de contacto incorretos, efeito derivado do desalinhamento dos braços. Por vezes ocorre a corrosão do cilindro pneumático no interior das pinças devido à presença residual de água no circuito pneumático. Este ponto deverá ser transmitido à equipa de engenharia de manutenção de equipamentos, responsáveis pela sua regulação. A obstrução dos canais de ar comprimido por acumulação de água/óleo deve-se, essencialmente, à falta ou descuidada manutenção, que poderá ocorrer devido à não uniformização do circuito do *transfer* e incorreta manutenção do mesmo. Por último, refere-se a rotura de mangueiras de ar comprimido. Atualmente, as mangueiras estão presas ao longo dos braços através de abraçadeiras, falhando muitas vezes a sua verificação durante a manutenção. Deverá ser analisada uma alternativa a este método de fixação das mangueiras.

3.6 Tempestade de ideias

Terminada a fase de análise ao *transfer* atual e detetados os principais pontos críticos, passou-se à fase de determinar as soluções e alternativas a testar. O tema desenvolvido nesta dissertação é bastante específico ao contexto industrial da própria Gestamp Aveiro. Assim, é bastante difícil a pesquisa de sistemas alternativos apresentados pelas outras indústrias, dada a competitividade do setor. Para além disso, existe uma grande

restrição na pesquisa de outras dissertações semelhantes e que se possam aplicar no projeto mecânico do sistema *transfer*.

Deste modo, a busca de informação e sistemas *transfer* alternativos teve como base artigos científicos publicados em revistas relacionadas com o processo de estampagem, hipóteses apresentadas pelos fornecedores de material para *transfer* e pelo conhecimento e experiência dos colaboradores da Gestamp Aveiro.

Após levantamento de hipóteses alternativas ao sistema atual, foi feita uma reunião onde as mesmas foram apresentadas e discutidas. Da reunião fizeram parte:

- Coordenador da engenharia de manutenção de ferramentas;
- Projetista de manutenção de ferramentas;
- Chefe dos serralheiros de manutenção de ferramentas ala *transfer*;
- Dois serralheiros de manutenção de ferramentas com experiência noutras empresas;
- Coordenador dos montadores;
- Montador com bastante experiência na Gestamp Aveiro.

As ideias resultantes da reunião encontram-se descritas ao longo do presente capítulo.

3.6.1 Braço do *transfer*

Inicialmente foram apresentadas ideias alternativas ao braço de suporte das pinças e colheres. O sistema atual apresenta bastantes problemas, principalmente devido ao elevado número de graus de liberdade que apresenta. Assim, o principal foco será reduzir apenas para os três graus de liberdade essenciais.

3.6.1.1 Duplo tubo interior

Para este sistema, os tubos utilizados deslizam dentro de um outro para o posicionamento pretendido, e podem ser divididos em dois tipos de tubo. Uma primeira hipótese seria a utilização de um tubo circular. Um primeiro tubo estaria unido a uma placa, com aperto de fixação no perfil normalizado do *transfer*. Dentro deste tubo estaria um outro que permitiria o seu deslocamento perpendicular ao perfil. Na extremidade, teria uma espécie de abraçadeira que prenderia um outro tubo circular, permitindo o deslocamento vertical e permitindo a sua rotação. Na extremidade, seria acoplada a pinça ou a colher. Este sistema encontra-se na Figura 36.

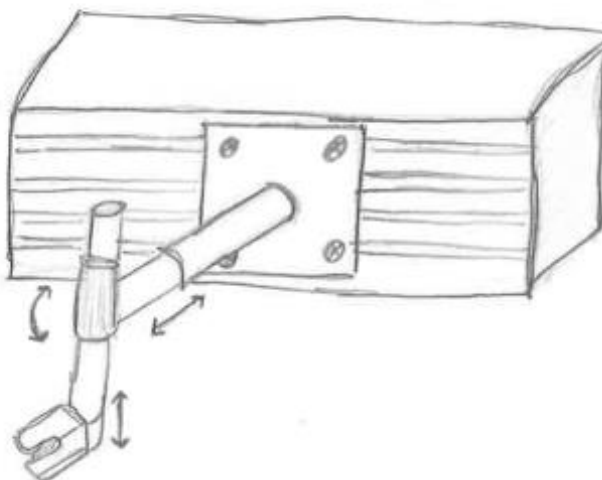


Figura 36 - Duplo tubo interior circular

Apesar de este sistema apresentar uma simplificação do número de graus de liberdade, parece não ser o mais indicado por possuir rotação no tubo que suporta a pinça ou colher. O seu ponto para afinação continuaria difícil de obter por permitir uma rotação de 360°. O tipo de aperto teria de ser estudado, de forma a não facilitar o afrouxamento da ligação.

Uma alternativa seria, então, a substituição do tubo circular por um tubo quadrangular, mas de funcionamento idêntico ao anterior. Um primeiro tubo estaria acoplado a uma placa que permitira deslocamento paralelo ao perfil normalizado do *transfer*. Dentro deste tubo quadrangular correria outro tubo, permitindo o deslocamento perpendicular ao perfil do *transfer*. Na extremidade estaria um sistema de abraçadeira que fixaria e permitiria a afinação de um terceiro tubo quadrado na vertical, que suportaria a pinça ou a colher na extremidade. Este sistema encontra-se ilustrado na Figura 37.

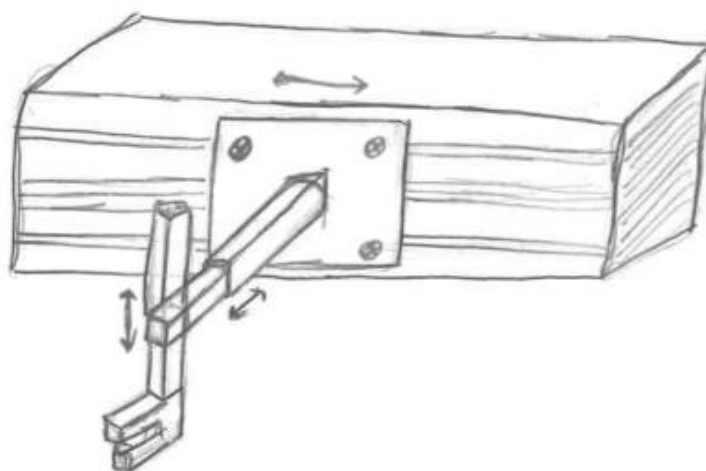


Figura 37 - Duplo tubo interior quadrangular

Este sistema apresenta vantagens relativamente ao tubo circular, uma vez que permite apenas ajuste nos três graus de liberdade necessários, e o tubo quadrado não permite a rotação da pinça ou colher. No entanto, mais uma vez, este sistema não parece ser suficientemente robusto para suportar os esforços necessários para o trabalho realizado pelo *transfer*.

3.6.1.2 *Tubo simples*

Este sistema aparenta ser mais simples e robusto do que o sistema de duplo tubo interior. Um tubo quadrangular estaria fixo a uma placa que permitiria o deslocamento no sentido paralelo ao perfil do *transfer*. Na extremidade desse tubo, estaria um encaixe a estudar *a posteriori* que permitisse o deslocamento perpendicular ao perfil do *transfer* e na vertical, que suportaria então a pinça ou a colher, tal como indicado na Figura 38.

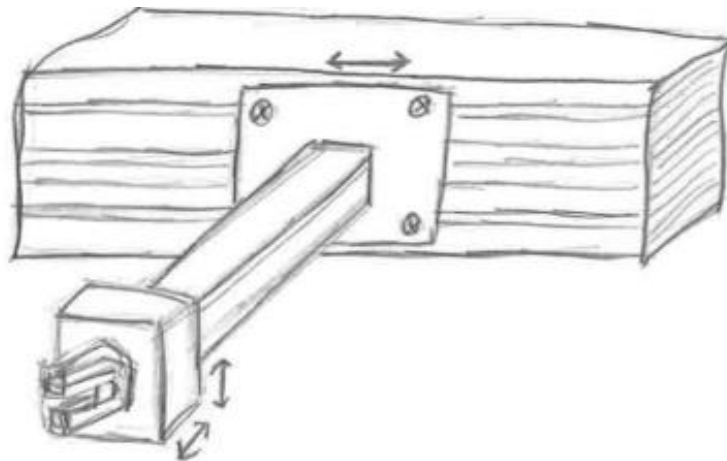


Figura 38 - Tubo simples

Este sistema apresenta a vantagem de não ter tantas ligações que permitam o afrouxamento nem a rotação dos seus componentes, contendo apenas os graus de liberdade necessários para afinação. No entanto, o encaixe de suporte da pinça ou colher teria de ser estudado e projetado para permitir a mínima afinação possível, devido à falta de espaço. Para além disso, seria necessário verificar se a mesa de trabalho da prensa permite baixar o *transfer* para a altura pretendida.

3.6.1.3 *Tubo quadrado em L*

Este sistema é mais complexo, mas garante também maior estabilidade do processo, através de uma estrutura em L com um encaixe traseiro mais elaborado, constituído por duas placas: uma exterior, fixa ao perfil do *transfer* e que permite o deslocamento paralelo ao mesmo, e uma interior, que desliza ao longo da placa exterior e permite o deslocamento na vertical (Figura 39). Uma estrutura em L de tubo quadrado estaria fixa na placa de deslize interior que permitiria o deslocamento perpendicular ao perfil do

transfer, e na extremidade estaria um outro bloco que correria interno a este, suportando a colher ou pinça, como indicado na Figura 40.

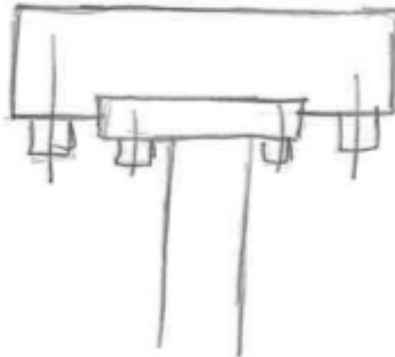


Figura 39 - Encaixe para tubo quadrado em L

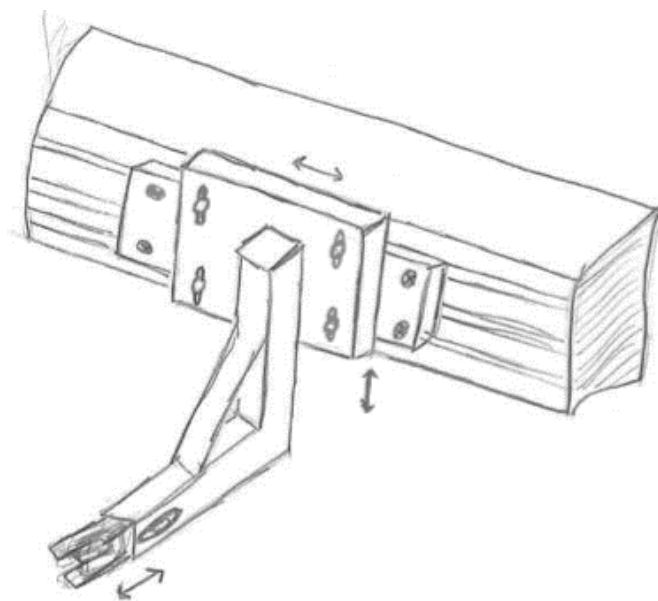


Figura 40 - Tubo quadrado em L

Este sistema é mais complexo do que os anteriores e comporta algumas das características de cada um. A sua estrutura é robusta e aparenta suportar a carga necessária ao trabalho do *transfer*. Todo o sistema seria em liga de alumínio para tornar a estrutura mais leve do que a atual. No entanto, seria necessário avaliar a capacidade de o material resistir aos esforços impostos.

3.6.2 Sistemas anti-erro

Depois de serem lançadas algumas ideias de alternativa ao braço do *transfer*, pensou-se em soluções anti-erro que permitissem ao montador ou operador o seu afinamento correto em todas as produções, diminuindo o tempo de *setup* da ferramenta.

3.6.2.1 Roda dentada e cremalheira

Este sistema é indicado para sistemas de braço com tubos interiores. Seria fixa uma cremalheira no tubo interior, que seria afinada através de uma roda dentada com rotação no tubo exterior. O seu posicionamento de funcionamento seria definido através de uma régua (Figura 41).

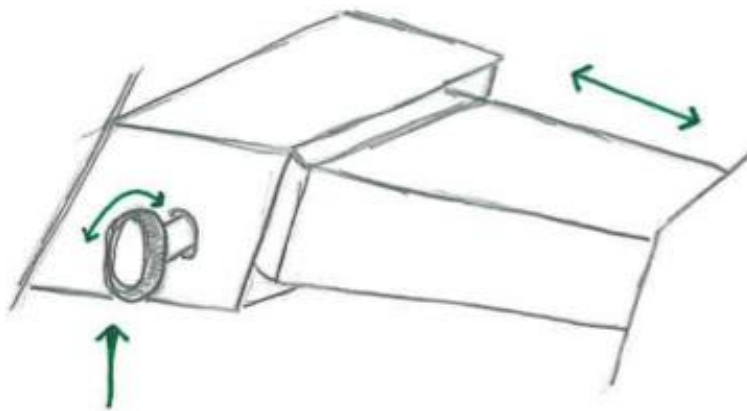


Figura 41 - Vista exterior de braço com sistema de roda dentada e cremalheira

Este sistema apresenta a vantagem de permitir um afinamento minucioso, sem deslocamentos bruscos. O posicionamento seria registado em algum caderno de registo de produção, que seria consultado antes de todas as produções e afinado corretamente. Como desvantagem, este sistema é mais complexo do que a simples fixação e poderá não ser compatível com a exigência do trabalho do *transfer* devido às cargas existentes no processo.

3.6.2.2 Chaveta de posicionamento

Para a solução de braço com placas de deslizamento, pensou-se numa solução de posicionamento através de uma chaveta. Ambas as placas teriam um rasgo que permitiria que a chaveta bloqueasse o deslocamento vertical do braço, como ilustrado na Figura 42.

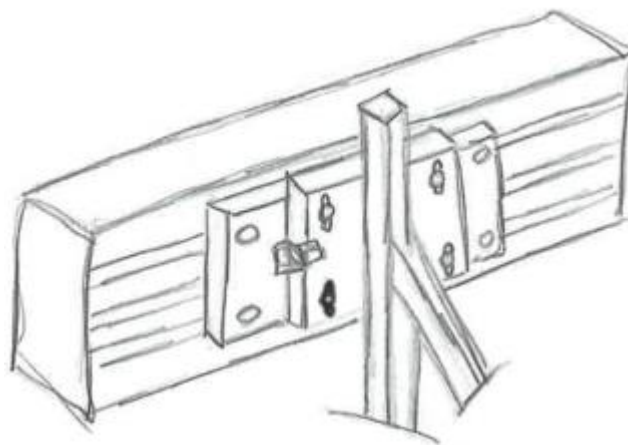


Figura 42 - Chaveta de posicionamento nas placas de encaixe

Apesar de este sistema bloquear o deslocamento do braço, não parece ser o mais indicado, uma vez que permite a fixação de apenas uma posição. Como o projeto CAD pode não corresponder exatamente ao projeto real, é bastante difícil conseguir o posicionamento *a priori* da chaveta. Assim, deverá ser adotado um sistema que permita o ajuste na prensa.

3.6.2.3 Finger Tooling

Este sistema anti-erro, fornecido pela Atlas Technologies, é composto por dois elementos: um que está fixo ao perfil do *transfer* e que possui uma alavanca, e um segundo que se encontra preso na extremidade do braço de suporte da pinça ou colher. Assim, o braço de suporte fica completamente fixo no perfil do *transfer*, como indicado na Figura 43.

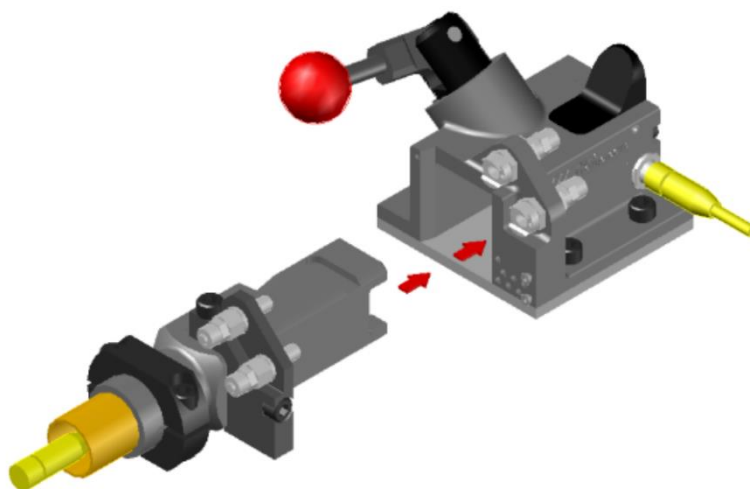


Figura 43 – Sistema de aperto Finger Tooling [75]

Este sistema apresenta inúmeras vantagens. Para além de ser um elemento normalizado, e por isso não haver necessidade de fabricar, permite o encaixe do braço em apenas uma posição, não sendo possível posicionar de forma contrária. Além disso, facilita a substituição, uma vez que o desacoplamento e acoplamento é bastante rápido em caso de acidente. No entanto, o sistema é bastante caro, e seriam necessários elementos suplentes em maior número para a substituição dos braços de suporte, que é contrário ao objetivo da empresa, que passa por solucionar o problema de *setup* e afinações do *transfer* com custo reduzido.

3.6.3 Proteção mangueiras/cabos

Outros dos problemas levantados foram os danos e roturas que ocorrem nas mangueiras de ar comprimido ou cabos elétricos dos sensores. Deste modo, foram levantadas duas possíveis soluções, apresentadas no presente capítulo.

3.6.3.1 Mangueira/cabo interior

Este tipo de sistema é adequado para braços em tubo, pois permite a passagem das mangueiras e cabos pelo seu interior. Após saída do braço, as mangueiras e cabos seguem pelo interior do perfil do *transfer* (protegido pela calha) até à caixa central elétrica ou pneumática, como ilustrado na Figura 44.

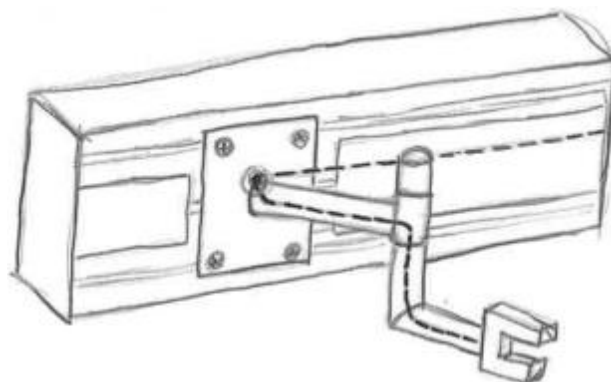


Figura 44 - Mangueira/cabo interior

Esta solução permite a proteção de cabos e mangueiras, por estes ficarem completamente resguardados, e não encarece o processo. No entanto, na ocorrência de um acidente e surgimento de necessidade de substituição do braço de suporte, esta solução não facilitaria a troca e aumentaria o tempo de paragem de produção.

3.6.3.2 Palas de resguardo

Esta alternativa passa pela aplicação de palas de resguardo ao longo do braço de suporte, não permitindo que o cabo fique solto, como indicado na Figura 45.

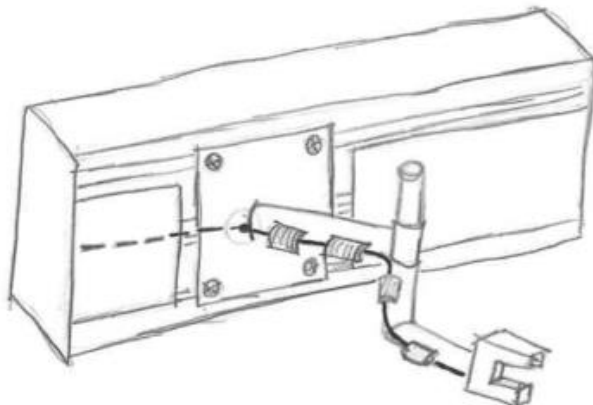


Figura 45 - Palas de resguardo para mangueiras e cabos

Este método apresenta a vantagem de permitir uma rápida substituição do cabo ou mangueira em caso de obstrução ou rotura. No entanto, aumenta o tempo e custo de execução dos braços de suporte. Para além disso, as palas traduzem uma baixa segurança no trabalho, uma vez que podem provocar cortes no seu manuseamento.

3.6.4 Sistema de pegas

Tal como indicado na análise FMEA do *transfer*, um dos motivos para o desafinamento do *transfer* é o seu manuseamento, que é feito pelos braços de suporte das pinças ou colheres. Assim, foram sugeridas alternativas para pegas.

3.6.4.1 Pegas normalizadas

Uma primeira alternativa seria a utilização de pegas normalizadas, que estariam fixas lateralmente no perfil do *transfer*, como indicado na Figura 46.

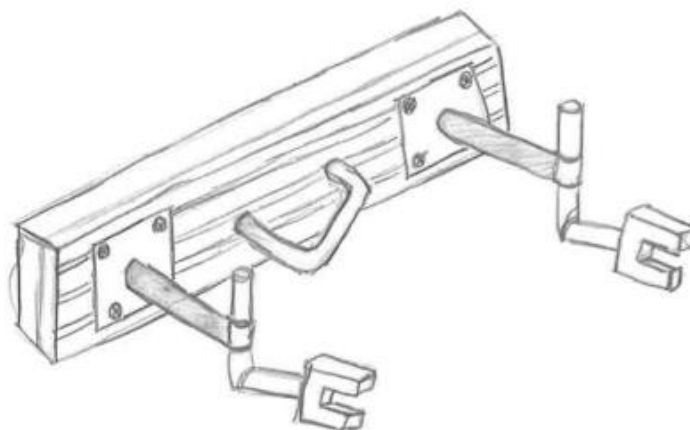


Figura 46 - Pegas normalizadas

Esta alternativa de pegas parece solucionar o problema do manuseamento do *transfer*. Terá de ser analisado o seu impacto na abertura e fecho da ferramenta, problema que poderá ser resolvido com pegas rebatíveis. Teria também de ser verificada a sua comodidade de manuseamento, uma vez que o peso provocado pelas pinças poderá provocar a rotação do *transfer* durante a sua movimentação.

3.6.4.2 Tubo redondo

Uma outra solução para as pegas do *transfer* seria a utilização de um tubo redondo que estaria fixo ao perfil do *transfer*. O eixo de manuseamento deixa de ser paralelo ao perfil *transfer* e passa a ser perpendicular, tal como indicado na Figura 47.

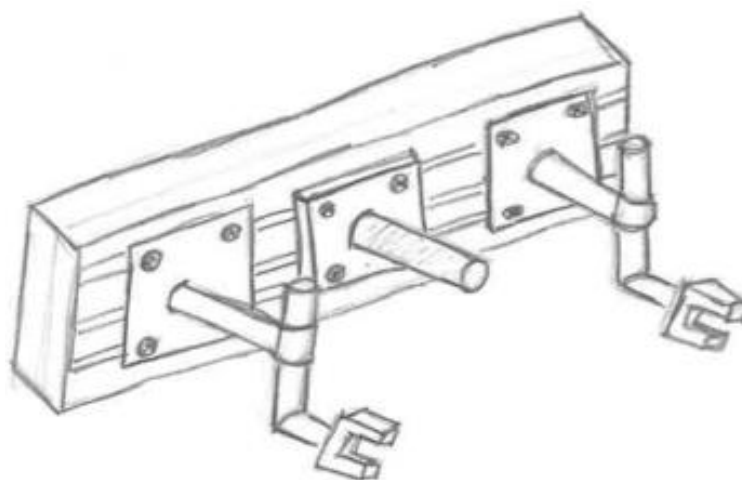


Figura 47 – Pegas em tubo redondo

Este sistema aparenta ser mais ergonómico e cómodo para o manuseamento do *transfer*, impedindo a sua rotação. Os elementos utilizados são bastante simples e podem ser reutilizados os tubos do braço de suporte atual do *transfer*, uma vez que possuem a fixação necessária ao perfil do *transfer*, e não são necessários gastos na sua execução. No entanto, é necessário verificar se estes interferem com o fecho e abertura da ferramenta em prensa.

3.7 Tabela de seleção

Após a tempestade de ideias feita em equipa, é altura de selecionar a melhor ideia para cada um dos pontos abordados. Como descrito no capítulo 3.6, existem pontos positivos e pontos negativos para cada uma das alternativas. Assim, é necessário definir um ou vários critérios que consigam definir qual a ideia a implementar no *transfer*.

Para isso foi criada uma tabela de seleção. O principal fator numa tabela de seleção é o seu reportório de alternativas. Nesta situação, as alternativas a serem alvo de estudo são as alternativas apresentadas no capítulo anterior de tempestade de ideias.

Escolhidas as alternativas, é necessário definir-se quais os critérios que as irão distinguir. Estes critérios foram também definidos na reunião de tempestade de ideias, com a equipa escolhida para a melhoria do projeto *transfer*, bem como pelas indicações dadas pelo diretor de produção daquela que seria a visão e necessidade da empresa naquele momento, tal como abordado anteriormente. Critérios como o custo, a estabilidade do processo e tempo de *setup* são alguns dos principais tópicos a abordar. Assim, os critérios que farão parte da tabela de seleção são:

1. Facilidade de montagem (*setup*);
2. Custo;
3. Estabilidade do processo;
4. Facilidade de manutenção;
5. Segurança no trabalho;
6. Facilidade de execução.

No entanto, estes critérios não apresentam todos a mesma importância para o projeto. Alguns critérios deverão ter maior peso na altura da escolha das melhores soluções. Para quantificar este peso, foi feita uma tabela da importância das soluções, sendo determinado o quociente (Q) entre os vários critérios e aquele que se considerou com maior relevância (facilidade de montagem). No final, é determinada a importância final do critério (ω_i), através do quociente entre Q_i e $\sum Q_i$, tal como se verifica na Tabela 10.

Tabela 10 - Importâncias dos vários critérios (ω_i)

Critério	(1/2)	(1/3)	(1/4)	(1/5)	(1/6)	Q_i	ω_i
1	55	55	60	65	65	1,00	0,2283
2	45					0,8182	0,1868
3		45				0,8182	0,1868
4			40			0,6667	0,1523
5				35		0,5385	0,1229
6					35	0,5385	0,1229
						$\Sigma=4,3801$	$\Sigma=1$

O critério que se considerou como o mais importante foi a facilidade de montagem. De facto, o principal objetivo da empresa com este projeto de melhoria é reduzir o tempo de *setup* e conseqüente tempo de afinação do *transfer*. De seguida, definiu-se o custo e

a estabilidade do processo de estampagem com igual grau de importância. Apesar de o principal foco ser a redução de tempo de *setup*, a empresa tem como objetivo a sua otimização sem grandes custos implícitos, devendo a alternativa ser sustentável para aplicar nas restantes ferramentas *transfer*. A estabilidade do processo deverá ser igualmente assegurada, pois não deverá ser criado um problema de produção para corrigir um problema de *setup*. A facilidade de manutenção do *transfer* também é algo a ter em conta nesta seleção. Embora a manutenção se deva adaptar ao produto e processo, não é expectável que a sua dificuldade seja muito aumentada, de forma a manter a manutenção o mais simples possível e com o menor tempo. Com menor grau de importância foram definidos os critérios de segurança de trabalho e facilidade de execução dos elementos. Apesar de a segurança de trabalho ser um dos pilares fundamentais da indústria, as ideias apresentadas e o processo de montagem do *transfer* não colocam em risco a integridade física dos colaboradores. Como as sugestões apresentam por si só um nível de segurança satisfatório, decidiu-se colocar o fator da segurança do trabalho como critério a respeitar, mas não de forma significativa. A facilidade de execução dos elementos também deverá ser um critério de seleção, mas, uma vez que esta se encontra relacionada com o custo e a facilidade de manutenção, o seu grau de importância também é reduzido.

Definida a importância de cada critério, é necessário atribuir uma nota a cada uma das ideias e para cada critério (α), sendo esta a nota que servirá de comparação entre as várias sugestões. De maneira a facilitar cada uma das atribuições, foi aplicada uma classificação simplificada de acordo com a Tabela 11. Por exemplo, uma ideia de melhoria bastante cara para os objetivos da empresa terá classificação entre 1 e 2 para esse critério, enquanto uma ideia em que não seja necessário manutenção terá classificação entre 9 e 10 nesse critério.

Tabela 11 - Classificação de ideias para cada critério (α)

Nada favorável	Pouco favorável	Favorável	Muito favorável	Extremamente favorável
1-2	3-4	5-6	7-8	9-10

Com as classificações atribuídas a cada uma das ideias, é necessário determinar o valor da sua classificação ponderada, definido por β . Uma vez que é desejável que o valor atribuído a cada ideia seja o maior possível, o valor de β é calculado de acordo com a Equação 4.

$$\beta = \frac{\alpha_i}{M\alpha_i} \times 100 \quad (4)$$

sendo $M\alpha_i$ o maior valor da classificação entre as várias ideias para cada um dos critérios. O valor final de classificação da ideia para cada critério (Ω) é determinado de acordo com a Equação 5.

$$\Omega = \omega_i \times \beta_i \quad (5)$$

Por fim, é calculado o índice de classificação geral de cada uma das ideias, γ , como indicado na Equação 6.

$$\gamma = \sum(\omega_i \times \beta_i) \quad (6)$$

Uma vez que as ideias se encontram divididas em vários grupos de acordo com os pontos críticos do *transfer*, a classificação ponderada é apenas referente às ideias dentro de cada um dos grupos. Para além disso, as soluções de sistemas anti-erro não serão comparadas entre si, uma vez que não existe exclusividade entre elas. Assim, a sua classificação servirá apenas para análise de cada uma das soluções. No anexo V encontra-se a tabela de seleção com os respetivos índices de cada uma das ideias propostas.

Para o braço do *transfer*, há um bom equilíbrio de índices entre o tubo simples e o tubo quadrado em L. O duplo tubo interior quadrado ficou com uma pontuação mediana, uma vez que apesar de reduzir os graus de liberdade do braço, não transmite a estabilidade necessária para o processo. O duplo tubo interior circular ficou de imediato fora de questão, apresentando vários problemas e não solucionando o principal: reduzir o tempo de *setup*. Entre o tubo simples e o tubo quadrado em L, decidiu-se optar pelo segundo. Apesar dos principais critérios serem equilibrados, o tubo quadrado em L apresenta melhor estabilidade para o processo de estampagem, o que é uma mais valia. Para além disso, seria ainda necessário desenvolver o sistema de ajuste na solução de tubo simples, e verificar se a mesa de trabalho da prensa permite que o *transfer* alcance a posição necessária em altura.

Nos sistemas anti-erro, a combinação de roda dentada e cremalheira obteve uma pontuação razoável, levantando algumas questões relativamente à estabilidade do processo e à manutenção. Uma vez que se trata de um sistema minucioso e que exige precisão, foi excluído do projeto por não se considerar adequado, devido à inerente presença de óleo e forças solicitadas ao braço. A chaveta de posicionamento obteve também uma pontuação razoável, tendo, no entanto, uma baixa pontuação na facilidade de montagem. Esta pontuação deve-se ao facto de o sistema apenas permitir a fixação do braço num ponto, não sendo possível ajustar. Uma vez que o projeto CAD pode não coincidir com elevada precisão ao sistema real, seria bastante difícil determinar exatamente a cota de fixação do braço do *transfer*. O sistema normalizado *Finger Tooling* foi também excluído devido ao seu elevado custo, uma vez que não torna sustentável a sua futura aplicação para as restantes ferramentas *transfer*. Assim, terá de

ser pensado um sistema anti-erro mais simples e eficaz ao longo da elaboração do projeto.

Na proteção de mangueiras e cabos, a solução mais favorável é aquela que permite a passagem dos cabos e mangueiras pelo interior do braço. As palas de resguardo apresentam menor estabilidade do processo e custos acrescidos, para além de aumentarem substancialmente a probabilidade de corte dos colaboradores. Assim, o projeto de melhoria a desenvolver para o *transfer* deverá, dentro dos possíveis, suportar a passagem de mangueiras e cabos no interior do braço.

No sistema de pegas, o índice entre as pegas normalizadas e o tubo redondo também foi equilibrado. Analisando o sistema de pegas normalizadas, a sua orientação não parece ser a mais indicada para a estabilidade e comodidade no seu transporte. Uma vez que as pegas normalizadas facilitam a aplicação a outras ferramentas e têm um aspeto mais favorável, decidiu-se analisar esta solução, mas com a pega perpendicular ao perfil do *transfer* e não paralela tal como está indicada no esboço.

3.8 Braço do *transfer*

3.8.1 Braço em L em perfil

Após a tempestade de ideias e da tabela de seleção, é necessário abordar as sugestões que melhores índices obtiveram. Nem todas as ideias poderão ser utilizadas em simultâneo, e assim é necessário estudar a sua possibilidade de implementação.

Assim, será abordada a hipótese de tubo quadrado em L. Esta ideia baseia-se numa construção sólida e robusta, que permite um ajustamento preciso e rigoroso para manter o processo de estampagem com bom desempenho.

Foram levantadas duas hipóteses para a construção do corpo em L: através de perfil ou por construção soldada. Inicialmente foi estudada a hipótese de corpo em perfil. Esta solução apresenta as vantagens de ser mais fácil a sua implementação nas restantes ferramentas *transfer*, por utilizar materiais normalizados, de reduzir o custo do projeto e de o braço do *transfer* apresentar boa resistência à flexão. No entanto, é necessário verificar a sua eficácia para esta situação em específico e comercialização de encaixes normalizados para ligação de perfis. O braço em L projetado em perfil está representado na Figura 48.

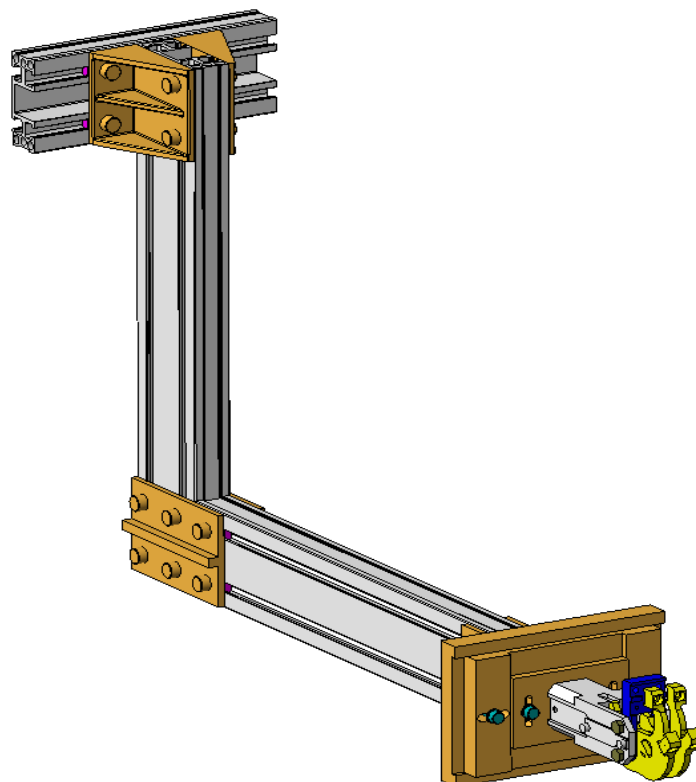


Figura 48 - Braço em L em perfil normalizado

Desde logo, esta ideia apresenta problemas que descartam a sua implementação. Os encaixes para união do perfil (Figura 49) não são normalizados, sendo necessário o seu fabrico. Não existem no mercado estes encaixes que permitam a sua rápida e barata implementação. Assim, não é rentável a execução destes elementos para o projeto de melhoria do *transfer*.

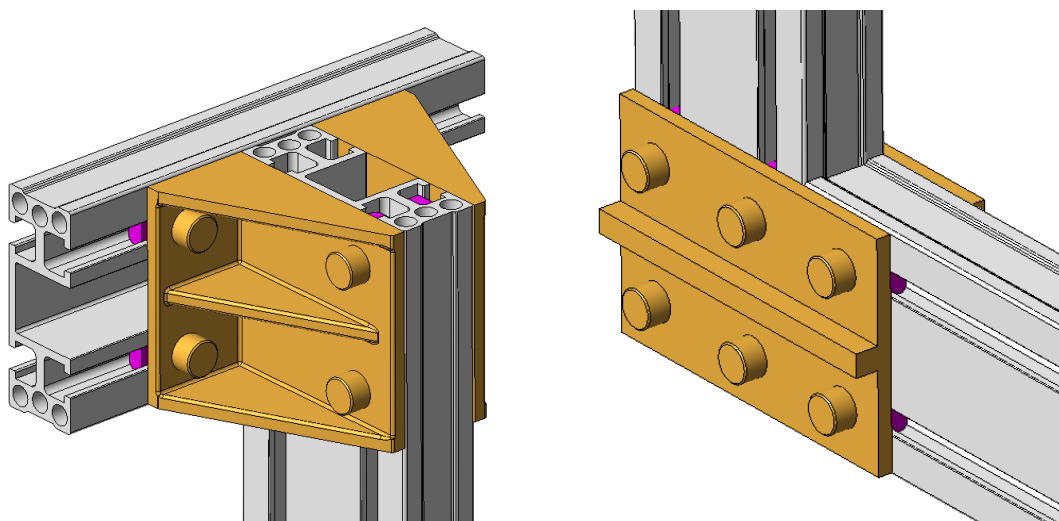


Figura 49 - Encaixes para união do perfil normalizado

Para o sistema de ajustamento da pinça (Figura 50), foi pensado um sistema semelhante às placas de deslize idealizadas na tempestade de ideias, de forma a permitir a correta posição da pinça ou colher no contacto com a peça estampada. No entanto, este sistema não é viável, pois provoca o contacto com a ferramenta durante a produção. O braço do *transfer* em perfil não é eficaz nem exequível, sendo então estudada a possibilidade de tubo quadrado em L em construção soldada.

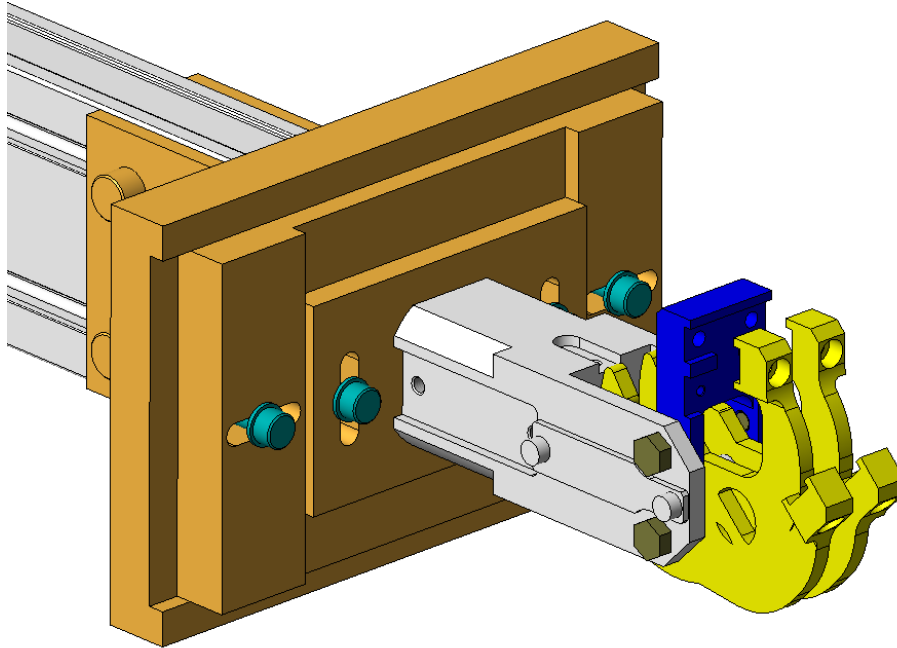


Figura 50 - Sistema de ajustamento da pinça para braço em perfil normalizado

3.8.2 Tubo quadrado em L em construção soldada

Como demonstrado anteriormente, o braço construído em perfil não apresenta vantagens relevantes para a sua implementação neste novo sistema *transfer*. Deste modo, é necessário projetar o braço do *transfer* de acordo com a ideia inicialmente prevista na tempestade de ideias, ou seja, através de construção soldada.

Inicialmente foram desenhadas as duas placas de deslize, que servem de encaixe do braço no perfil normalizado do *transfer*. As duas placas são feitas em alumínio e serão maquinadas consoante a geometria pretendida. O seu ajustamento será H7/h6, de forma a que o seu deslizamento seja justo e não permita demasiada folga, melhorando a sua fixação. A placa de deslize horizontal (exterior) será também furada de forma a permitir a sua fixação no perfil normalizado do *transfer*, enquanto a placa vertical (interior) terá rasgos oblongos para permitir o seu deslocamento vertical. Na Figura 51 é possível observar o desenho das placas e a sua montagem no perfil.

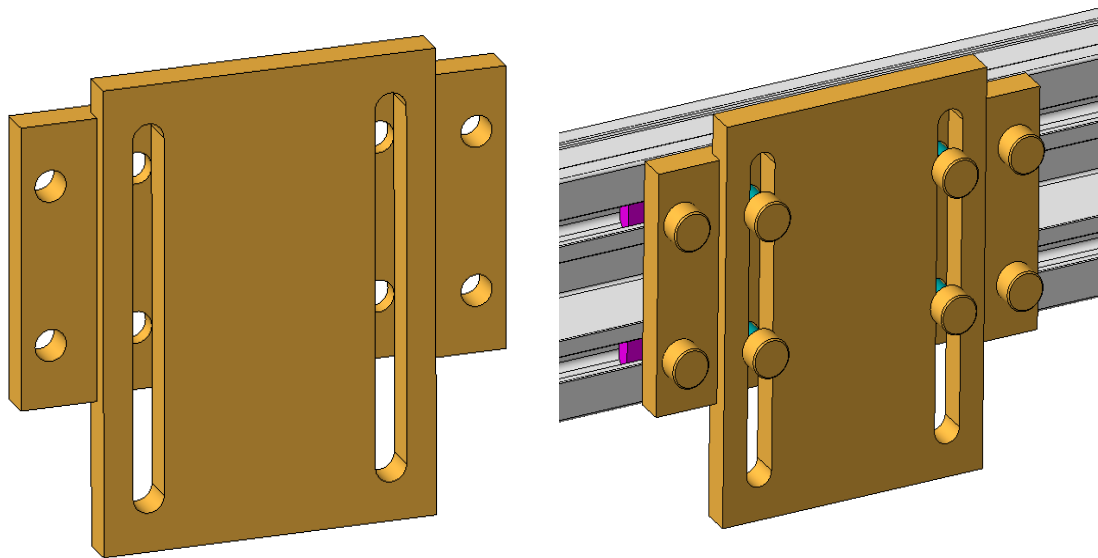


Figura 51 - Placas de deslize horizontal e vertical

Após as placas de deslize, foi desenhado o braço em L. Foi escolhido um tubo quadrado de 40 mm de lado e 4 mm de espessura em alumínio, de forma a tornar a estrutura mais leve. Este projeto do braço teve como objetivo inicial cumprir o posicionamento e pontos de contacto das colheres e pinças em todas as etapas com as peças. Na Figura 52 encontra-se o projeto inicial para o braço do *transfer* em L.

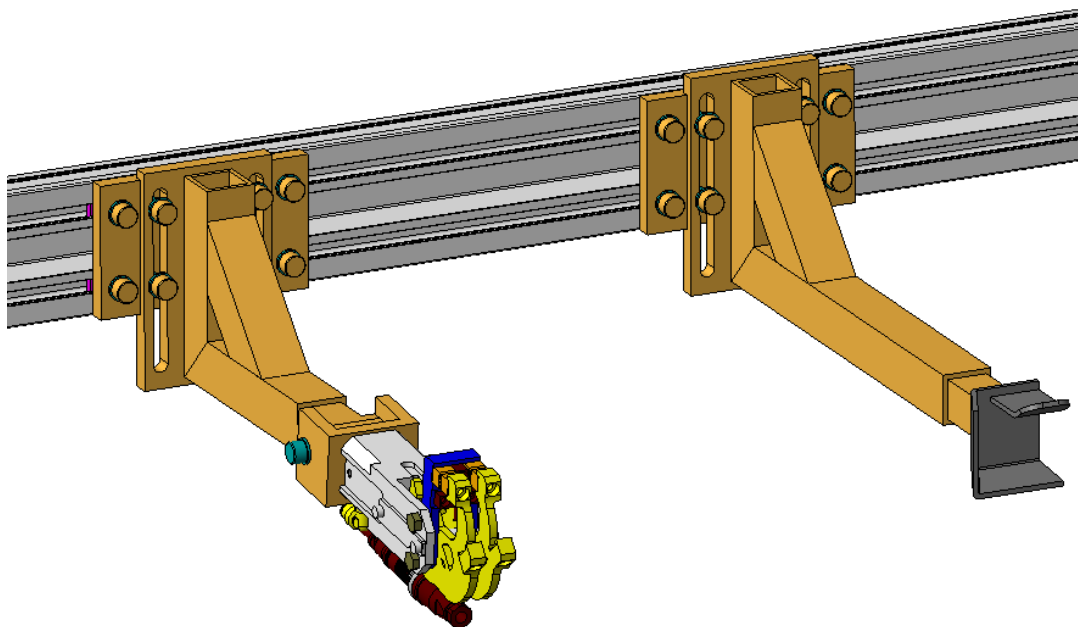


Figura 52 - Projeto inicial do braço em L

Definida a geometria pretendida para o braço do *transfer*, é necessário posicionar as pinças e colheres para os pontos de contacto reais. Uma vez que não será alterada a altura de trabalho do *transfer* na prensa, é necessário ajustar as pinças e colheres do novo sistema *transfer* para os pontos de contacto do projeto original. Ao fazer este ajuste nas várias etapas, verifica-se que as placas de deslize para as colheres ficam bastante desajustadas, podendo colidir com a ferramenta e não permitindo o ajuste em máquina por falta de margem, como se observa na Figura 53.

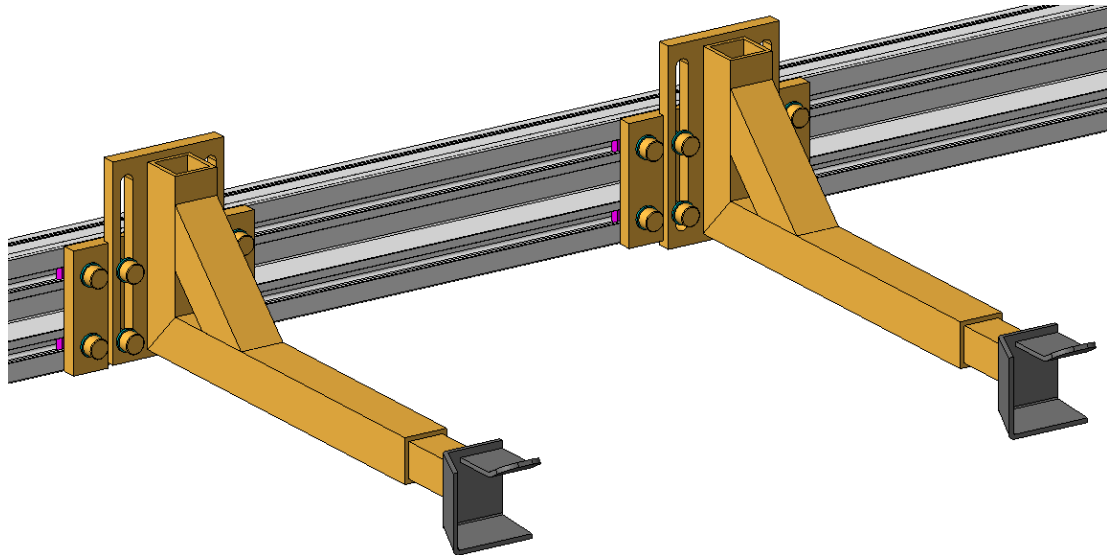


Figura 53 - Placas de deslize desajustadas para as colheres

Assim, surgiram duas alternativas para contornar este problema. A primeira seria a utilização de placas de deslize diferentes para pinças e colheres. As placas de deslize para as colheres teriam dimensões diferentes que se enquadrassem melhor com os pontos de contacto das colheres. No entanto, considerou-se que a existência de placas de deslize diferentes, mas com geometrias semelhantes, aumentaria a probabilidade de erro do colaborador na substituição de elementos danificados, e aumentaria o *stock*. A outra alternativa seria a alteração do braço do *transfer* para as colheres, em que o ponto de contacto com a peça é superior. Assim, aproveitando a ideia descrita no capítulo 3.6 do tubo simples e que apresenta um bom índice na tabela de seleção, foi implementado este tipo de braço para as colheres (Figura 54). Apesar de este tipo de braço não apresentar a mesma robustez do tubo quadrado em L, considerou-se que seria um bom complemento para o sistema global, permitindo assim a uniformização das placas de deslize. Este sistema também foi utilizado para as pinças da primeira etapa.

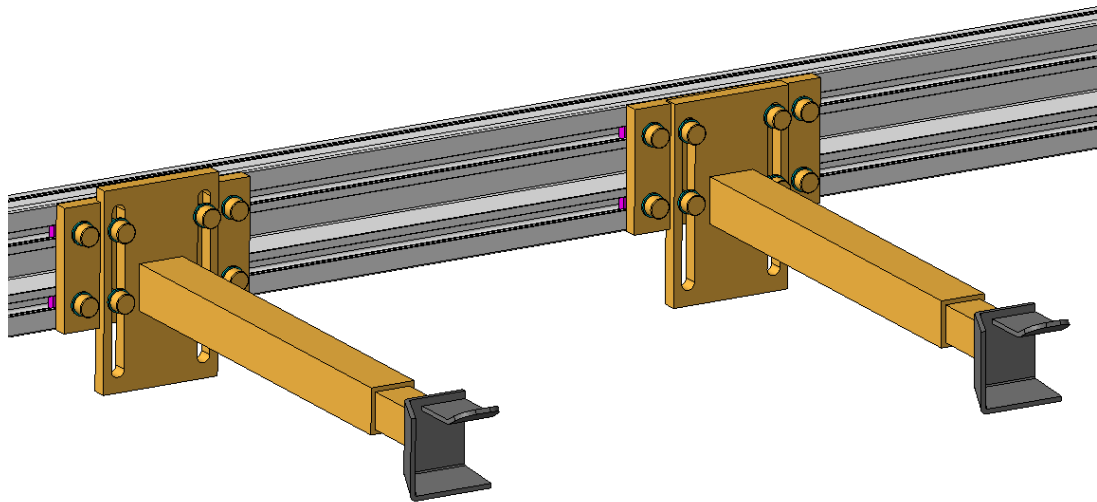


Figura 54 - Utilização de tubo simples para as colheres

Nas etapas finais, as pinças necessitam de uma rotação de cerca de 7° , em torno de um eixo de rotação perpendicular ao braço do *transfer*. Para permitir este ajuste, foi projetado um suporte angular, com um furo central e um oblongo, para permitir a sua rotação, que permite a fixação da pinça na posição pretendida. Para este sistema foram utilizados parafusos ISO 7379, de corpo retificado, para minimizar a folga existente e melhorar a fixação. A pinça seria, então, fixa ao suporte angular (Figura 55).

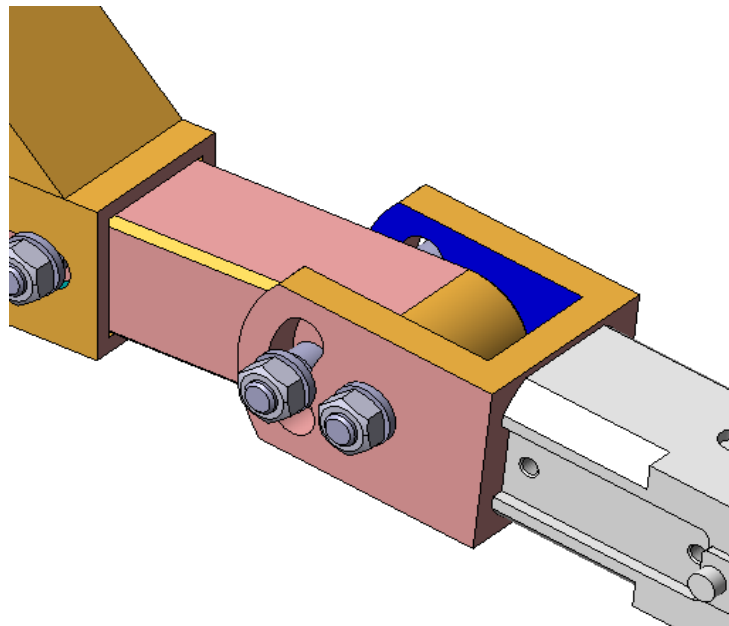


Figura 55 – Suporte angular para pinça

Na etapa 4, as pinças necessitam também de uma inclinação com eixo de rotação paralelo ao braço do *transfer*. Para permitir este ajuste, foi idealizado um sistema com dois discos, alinhados entre si no centro, em que um dos discos tem dois rasgos oblongos (um superior e um inferior), enquanto o outro disco tem furos simples, permitindo a

fixação no ponto pretendido através de dois parafusos (Figura 56). Assim, as pinças serão fixas ao braço lateralmente, e não na parte traseira como nas restantes etapas.

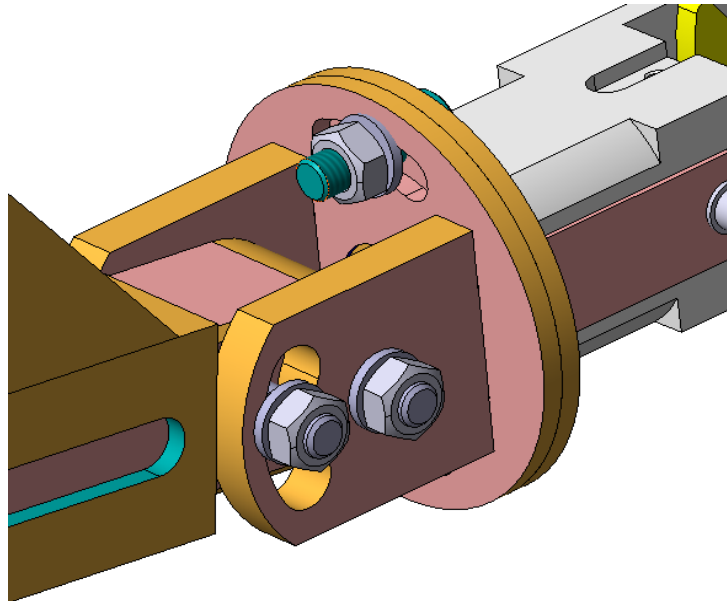


Figura 56 - Sistema de discos para ajuste angular da pinça

Dada a dificuldade de execução dos discos num só elemento, foi feita a separação dos discos e dos dois postigos. Cada disco terá duas caixas de posicionamento dos postigos, que serão soldados. Assim, é possível a sua fixação no guiamento da colher e das pinças. Na Figura 57 observam-se os discos e os postigos para a pinça e para o braço.

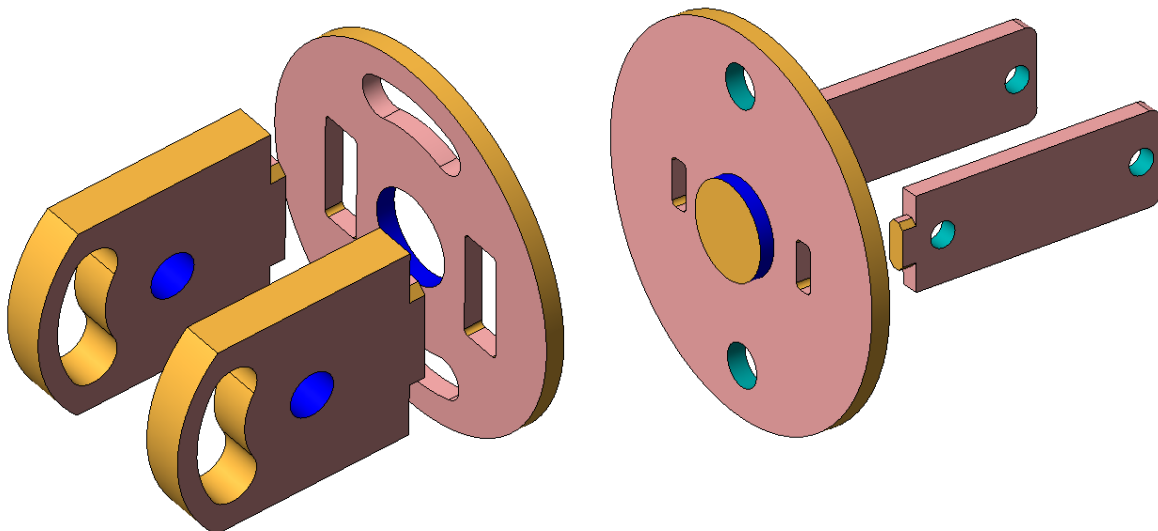


Figura 57 - Discos e postigos para pinças e braços

No tubo quadrado do braço do *transfer* é também feito um furo que servirá para o deslocamento da pinça ou da colher. Nos guiamentos de pinças e colheres, também em alumínio, é maquinado um rasgo oblongo que permite o aperto através de um parafuso de corpo retificado ISO 7379. Na Figura 58 observa-se uma etapa do novo sistema, onde se deslocam os braços utilizados para pinças e colheres, sistemas de ajuste do braço e suporte angular para a pinça.

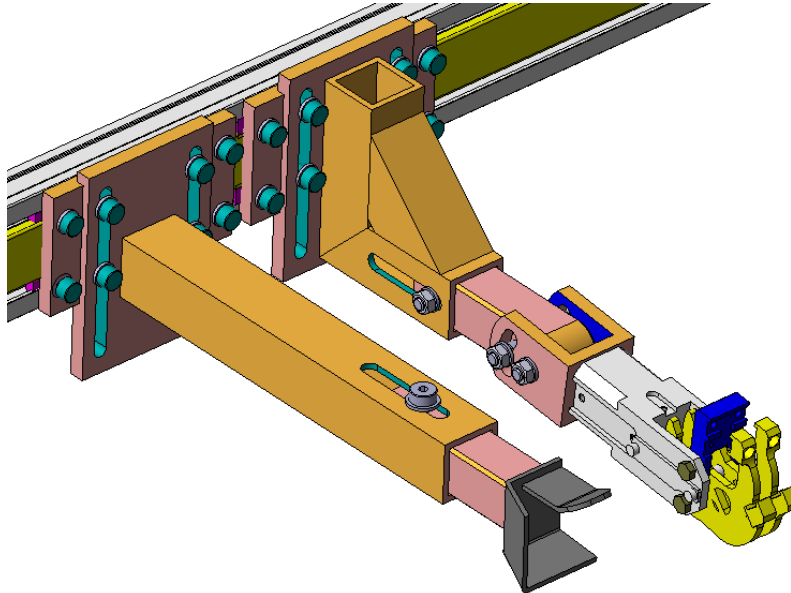


Figura 58 - Etapa 5 do novo sistema *transfer*

Perante as dimensões e geometria dos novos elementos do sistema *transfer*, fica inviabilizada a solução apresentada para a passagem de mangueiras e cabos pelo seu interior. Um dos problemas associados a mangueiras e cabos é que, após a manutenção, os mesmos continuam soltos e sem abraçadeiras. De forma a contornar esta situação, foi sugerida em tempestade de ideias a passagem das mangueiras e cabos pelo interior dos braços. Não sendo esta solução possível no sistema atual, considera-se que esta questão poderá ser minimizada com a criação de uma instrução de trabalho para a manutenção do *transfer* e um maior controlo da mesma.

Na última etapa do sistema *transfer* (etapa 6) não será possível implementar este novo conceito. Tal como referido no capítulo 3.4.1, os segmentos do *transfer* são fixos à mesa da prensa através de alavancas de pressão. No entanto, na parte final do *transfer* não existem alavancas de pressão, pois estas condicionam a movimentação do *transfer*. Neste posto, a fixação do segmento é feita através de um veio roscado, tal como indicado na Figura 59. Assim, fica inviável a implementação do novo conceito nesta etapa, pois o posicionamento das placas de deslizamento não permite o aperto dos segmentos através do veio roscado. Apesar de esta situação, manter os braços do sistema atual apenas na etapa 6 não é prejudicial, uma vez que esta etapa apenas retira as peças da ferramenta para o tapete de saída da prensa.



Figura 59 - Veio roscado para aperto do segmento *transfer*

Na Figura 60 está representado o desenho CAD do novo sistema *transfer* a implementar. No anexo VI encontra-se a lista de materiais do novo sistema *transfer*.

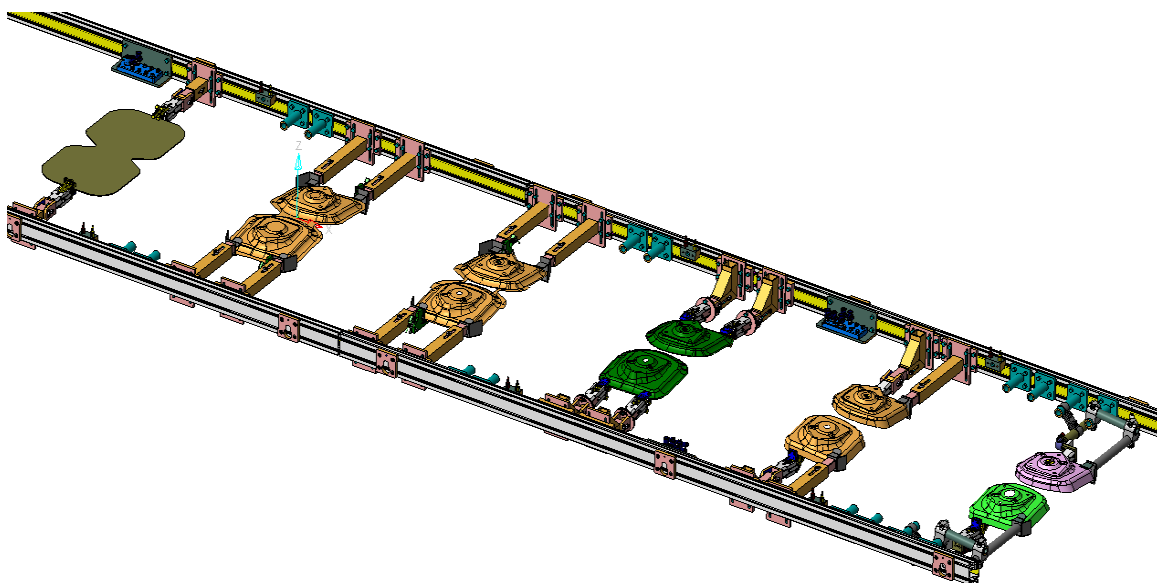


Figura 60 - Desenho CAD do novo sistema *transfer*

3.9 Instrução de trabalho para a manutenção de um sistema *transfer*

Após a conclusão do novo sistema *transfer*, foi constatado que não é possível que a passagem das mangueiras e cabos seja feita pelo interior dos braços do *transfer*. Assim, é necessária uma alternativa capaz de corrigir os problemas dos cabos e mangueiras soltos durante a produção, que podem levar à sua rotura. Deste modo, a criação de uma

instrução de trabalho para a manutenção de um sistema *transfer* e o seu controlo irá reduzir as ocorrências das mangueiras e cabos não estarem fixos com abraçadeiras na produção.

A criação e implementação da instrução do trabalho foi realizada antes de implementar o novo sistema *transfer* na ferramenta 462. Uma vez que a empresa dispõe de um vasto conjunto de sistemas *transfer* distintos entre si, considerou-se que a instrução de trabalho deverá ser global a todos os sistemas e não aplicada apenas ao novo sistema *transfer* da ferramenta 462.

3.9.1 Criação da instrução de trabalho

A primeira etapa na criação de uma instrução de trabalho é a observação do método de trabalho. A manutenção dos sistemas *transfer* é realizada por apenas um serralheiro, o que facilita o processo de observação, mas dificulta a otimização do mesmo. Assim, foram acompanhados os trabalhos de manutenção do serralheiro, procurando-se sempre entender todas as etapas e processos com base nas questões “quando?”, “como?” e “porquê?”. Só deste modo é possível compreender-se o método atual e qual a maneira de se conseguir melhorar esse método. Foram sugeridas algumas alternativas de diferentes operações ao serralheiro, a fim de se obter um comentário crítico de aprovação ou rejeição de um novo método, e a sua justificação.

Após a observação de várias manutenções de sistemas *transfer* diferentes, foi feito um rascunho da instrução de trabalho. Este rascunho abordaria os diferentes métodos de manutenção consoante o tipo de *transfer*, bem como a ordem cronológica de todas as tarefas. Foram também referidas algumas medidas de melhoria para a manutenção do *transfer*, em alternativa à manutenção convencional. Após a conclusão do rascunho, este foi apresentado e validado pelo serralheiro responsável pela manutenção do *transfer* e pelo chefe dos serralheiros de manutenção de ferramentas *transfer*.

Concluído o rascunho da instrução de trabalho e delineadas as operações da mesma, é necessário agrupar toda a informação num documento capaz de servir de suporte ao colaborador que executar a manutenção do *transfer*. Uma vez que a empresa já possui *layout* para instruções de trabalho, não foi necessário criar um de raiz. Foram preenchidas todas as colunas do *layout*, sendo que as operações estão acompanhadas por fotografias de auxílio à manutenção. No final, foram registados tempos das várias operações da manutenção do *transfer*, que foram também incluídos no *layout* da instrução de trabalho. O documento foi validado pelo diretor do departamento de higiene e segurança no trabalho e pelo diretor de produção.

No anexo VII é possível consultar a instrução de trabalho criada para a manutenção preventiva de um sistema *transfer*.

3.9.2 Implementação e controlo

A implementação de uma instrução de trabalho não termina com a elaboração do documento. É necessário expor a instrução de trabalho e formar os colaboradores, retirando qualquer dúvida acerca das operações a realizar na manutenção do *transfer*.

O documento foi impresso em grandes dimensões e afixado na zona de manutenção de ferramentas e sistemas *transfer*, como se verifica na Figura 61. Assim, qualquer colaborador poderá consultar o documento sempre que tiver alguma dúvida relacionada com a manutenção.



Figura 61 - Instrução de trabalho para manutenção de sistemas *transfer*

De seguida, foi dada formação a todos os serralheiros de manutenção de ferramentas *transfer*. Apesar de atualmente ser apenas um serralheiro a fazer a manutenção dos sistemas *transfer*, o objetivo é que todos os serralheiros sejam capazes de fazer a manutenção. Após a formação teórica de manutenção do *transfer*, os serralheiros foram escalados para executar a manutenção durante o seu turno de trabalho, de forma a adquirirem conhecimento e experiência para realizar a manutenção de qualquer sistema *transfer*. Desde modo, o conhecimento é descentralizado, aumentando as rotinas e probabilidade de se executarem melhorias na instrução de trabalho.

É importante salientar com todos os intervenientes que uma instrução de trabalho não é um documento estático. É fundamental a contribuição de cada um para a melhoria contínua da instrução, alertando sempre que surgir uma ideia ou alternativa capaz de facilitar alguma etapa da manutenção de um sistema *transfer*. Assim, o cumprimento da

instrução de trabalho deverá ser sempre acompanhado com sentido crítico da mesma, e não com mera conformação com as tarefas e etapas a executar.

Sempre que surge uma nova rotina que altere o procedimento habitual de tarefas, a reação natural do ser humano é de rejeição e subconscientemente manter as rotinas antigas. Assim, na implementação de uma instrução de trabalho, é importante criar uma rotina de controlo para verificar se todos os passos da instrução de trabalho estão a ser cumpridos. Este controlo não se deve à descrença e desconfiança na vontade de melhoria e na qualidade de trabalho dos colaboradores, mas sim por ser natural uma aversão à nova rotina e ser necessário a sua verificação. Esta mensagem deve ser passada aos colaboradores, de forma a não criar desconfiança nem mau ambiente de trabalho.

Para este controlo, foi criada uma tabela com verificações periódicas por parte do chefe dos serralheiros de manutenção de ferramentas *transfer*, do coordenador de estampagem e do diretor de produção. Assim, o chefe dos serralheiros de manutenção de ferramentas *transfer* deve fazer uma verificação diária do cumprimento da instrução de trabalho e rubricar no dia correspondente da tabela. Por outro lado, o coordenador de estampagem deve verificar uma vez por semana se o chefe dos serralheiros verificou diariamente a execução da manutenção *transfer*, e o diretor de produção verifica mensalmente se o coordenador de estampagem fez a sua verificação. Na Figura 62 observa-se a tabela utilizada para este controlo de manutenção de sistemas *transfer*.

Gestamp		Monitorização Manutenção Preventiva Transfer										
										Assinalar com um visto, cada auditoria efetuada		
Responsável: Chefe serralharia					Responsável: Coordenador setor					Responsável: Diretor Produção		
SEGUNDA	TERÇA	QUARTA	QUINTA	SEXTA	SEMANA					JANEIRO		
6	7	8	9	10	S02							
13	14	15	16	17	S03							
20	21	22	23	24	S04							
27	28	29	30	31	S05							
SEGUNDA	TERÇA	QUARTA	QUINTA	SEXTA	SEMANA					FEVEREIRO		
3	4	5	6	7	S06							
10	11	12	13	14	S07							
17	18	19	20	21	S08							
24	25	26	27	28	S09							

Figura 62 - Tabela de controlo de manutenção dos sistemas *transfer*

3.10 Sistema de pegas

O projeto de melhoria e estudo do braço do *transfer* é algo complexo que necessita de uma análise profunda ao sistema atual, percebendo quais os pontos de contacto a ter com a peça e as suas posições, de forma a criar um braço normalizado capaz de ser adaptado a todas as etapas do *transfer*, bem como encaixar todas as outras sugestões de melhoria lançadas na tempestade de ideias.

Assim, e em paralelo ao desenvolvimento do projeto do braço do *transfer*, foi desenvolvido e estudado o sistema de pegas. Uma vez que este sistema não se encontra diretamente relacionado com o braço, é possível abordar o sistema de pegas no *transfer* atual, ficando a sua análise já feita para a futura construção de um novo *transfer*.

Da tabela de seleção (anexo V) constata-se que a pega normalizada é aquela que porventura melhor servirá os efeitos para o qual está a ser elaborada. Esta pega deverá ser rebatível, de modo a que interfira o menos possível com o processo quando o *transfer* estiver montado em prensa. A ideia será criar um elemento permanente no *transfer*, sem a necessidade de montar e desmontar entre produções.

A ideia dada na reunião de tempestade de ideias indica uma pega que fosse paralela ao perfil do *transfer*, disposta na horizontal. Este tipo de sistema de pegas é aquele que originalmente foi pensado na Gestamp para o fabrico do *transfer*, mas a sua baixa comodidade fez com que o seu uso e implementação deixasse de existir. Isto deve-se à disposição da pega, que não torna favorável o seu transporte, provocando uma rotação do *transfer* devido ao peso provocado pelas pinças e colheres. Assim, a alternativa seria dispor as pegas de forma perpendicular ao perfil do *transfer*, criando uma reação à rotação provocada por pinças e colheres.

O primeiro passo foi analisar o material normalizado existente, pois este apresentaria custos mais reduzidos e a sua expansão para as restantes ferramentas seria mais rápida. Internamente, a Gestamp não tem disponível nenhum sistema que necessite de este tipo de pegas rebatíveis, pelo que não existe em *stock* este material. Posto isto, é necessário analisar o mercado para procurar este elemento normalizado.

Após procurar em alguns fornecedores, encontrou-se aquele com melhores pegas para a situação pretendida. Trata-se da Southco, que fornece pegas com a referência P9-096-40-M4-X-11-P (Figura 63), cuja ficha técnica se encontra no anexo VIII. Este tipo de pegas, com rosca M4 exterior, suporta uma carga máxima de 400 N. Como serão necessárias pelo menos duas pegas por cada segmento do *transfer*, esta capacidade é suficiente para o *transfer* em questão. Assim, seria apenas necessário executar as bases onde essas pegas iriam apertar.



Figura 63 - Pega normalizada da Southco [76]

No entanto, é necessário fazer primeiro o estudo do sistema. Na fase inicial do projeto, evitou-se investir na compra das pegas normalizadas devido à incerteza se estas seriam as mais indicadas para o *transfer* em questão. Assim, é necessário criar um protótipo que simule este sistema e que dê resultados acerca da sua implementação. Com base na ficha técnica do produto, foi criada uma pega similar, com as mesmas dimensões, mas não rebatível, o que facilita a sua execução. Para a base de fixação, projetaram-se dois elementos, um que seria fixo ao perfil do *transfer* e outro que fixaria a pega. Estes elementos seriam de fácil execução, uma vez que o seu fabrico ficaria cingido a processos de corte, quinagem e furação de chapa. Estes elementos seriam soldados entre si. Na Figura 64 encontra-se o sistema de pega projetado para teste no *transfer*.

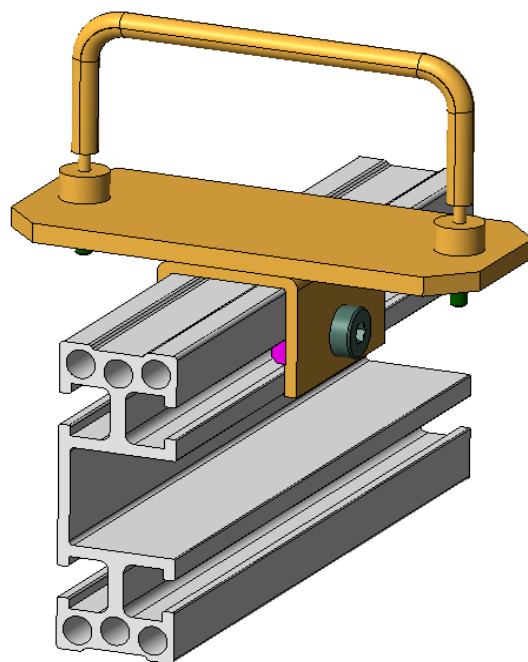


Figura 64 - Sistema de pegas projetado

Tal como verificado na figura, a base de assentamento da pega encontra-se centrada com o perfil. Porém, considerou-se que este posicionamento não seria vantajoso para a movimentação do *transfer*. Assim, deslocou-se a pega o máximo possível transversalmente, reduzindo assim o momento criado pelas pinças e colheres, e que provocam a rotação do *transfer*.

Com o protótipo feito, foi feito o pedido de execução a uma serralharia de suporte à Gestamp. Os desenhos técnicos (anexo IX) foram elaborados de forma simples e com a finalidade de esclarecer o efeito destes elementos, realçando não ser necessário nenhum acabamento especial, mas apenas testar a parte funcional da pega. Foi pedida a execução de duas pegas, de forma a ser possível testar apenas um dos segmentos do *transfer*. Na Figura 65 observa-se o protótipo da pega executada.



Figura 65 - Protótipo da pega para teste

Na serralharia de manutenção de ferramentas, as pegas foram montadas no segmento do *transfer*. Este sistema foi projetado de forma a que a sua fixação ao perfil fosse feita de forma normalizada, com o mesmo tipo de parafusos e mesmo tipo de apertos que os restantes elementos fixos no perfil, simplificando a sua aplicação. Na Figura 66 observa-se uma pega fixa num dos segmentos do *transfer*.



Figura 66 - Protótipo da pega fixo no *transfer*

Antes de se testar a sua funcionalidade na montagem do *transfer* na mesa de trabalho da prensa, tentou-se movimentar o segmento do *transfer* na área da manutenção com base neste novo sistema, e desde logo se verificou que tal não seria possível avançar. Apesar das alterações feitas na ideia inicial de pega, com base à diminuição do momento provocado pelas pinças e colheres, este tipo de pegas ainda não seria suficiente para contrariar a rotação do segmento do *transfer*. A força era bastante elevada e impossibilitava a movimentação do *transfer* de forma cómoda e segura.

Uma vez que esta movimentação era feita através dos braços do *transfer* (de forma errada), é favorável encontrar um sistema que simule esta situação mais cómoda para os colaboradores. Assim, a alternativa passa por testar o sistema de pegas em tubo redondo. Ainda na serralharia, as pegas foram substituídas pelos tubos redondos que normalmente servem de suporte aos braços do *transfer*, pelo que o material se encontra disponível em *stock*. Para além disso, os tubos redondos foram pintados de cor vermelha, de modo a simbolizar que é um elemento a verificar se interfere com a produção em prensa, tal como indicado na Figura 67.

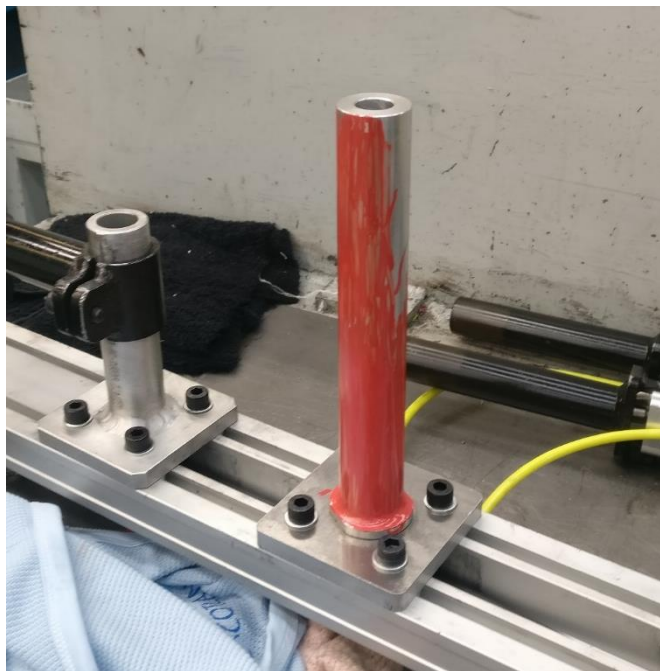


Figura 67 - Pega em tubo redondo montada no *transfer*

De seguida, foi acompanhada a montagem e produção da ferramenta, de forma a compreender a funcionalidade deste sistema e receber o *feedback* por parte do montador. Na movimentação e montagem na mesa de trabalho, o montador considerou este sistema eficaz e cómodo. No entanto, deveriam existir dois pares de pegas por cada segmento de *transfer*, um para o montador e outro para o operador que auxilia na montagem. Apesar disso, os tubos tiveram de ser retirados do *transfer* já depois de montados e no interior da prensa, uma vez que colidiam com a ferramenta e impossibilitavam a produção.

Concluído o teste das pegas, foi possível obter resultados e conclusões a aplicar futuramente no novo *transfer*. As pegas rebatíveis não seriam opção, uma vez que não contrariam o momento provocado pelas pinças e colheres. Então, o sistema de pegas a adotar será o de tubo redondo. No entanto, não será possível utilizar diretamente o material existente em *stock*. Os tubos deverão ser mais curtos de forma a não interferir com a ferramenta. Para além disso, devem ser colocados dois pares de pegas por cada segmento do *transfer*, uma vez que apenas uma pega para cada colaborador não é suficiente para movimentar o *transfer* de forma segura e cómoda.

3.11 Ensaio, montagem do novo sistema *transfer* e resultados

Concluído o projeto do novo sistema *transfer* e projetados todos os novos elementos, é necessário estudar e ensaiar o novo *transfer* em prensa para verificar se este cumpre com a produção eficaz das peças e se corrige os problemas observados no *transfer* atual.

No entanto, não é viável a construção na íntegra do novo sistema, uma vez que os custos associados poderão ser em vão caso este novo modelo não seja uma mais-valia comparado com o *transfer* atual. Assim, decidiu-se estudar apenas uma etapa do *transfer* na fase inicial e, em caso de aprovação, expandir a análise para as restantes etapas.

Analisando a produção das peças 462 e 472 e o projeto do sistema *transfer* atual, verifica-se que a etapa 5 é das etapas mais complexas e aquela que mais problemas apresenta durante a produção, devido à instabilidade na passagem de peças entre etapas. Deste modo, numa primeira fase será ensaiada a etapa 5 do *transfer*.

Os novos elementos foram fabricados em subcontrato, de acordo com os desenhos técnicos inseridos no anexo X. Como forma de reaproveitamento, foram utilizadas as mesmas colheres do sistema *transfer* atual, uma vez que estas já foram fabricadas de acordo com a geometria das peças 462 e 472. Na Figura 68 observam-se os braços em tubo quadrado fabricados para suportar as colheres e pinças da etapa 5.



Figura 68 – Braços do novo conceito *transfer* para pinças e colheres da etapa 5

Recebidos os elementos, foi feita a substituição dos braços do *transfer* convencional com os braços fabricados para o novo sistema. Aproveitando uma altura de baixa produção na empresa, testou-se o novo sistema *transfer* na etapa 5 em prensa. Na Figura 69 observam-se os novos elementos do sistema *transfer* montados na prensa.



Figura 69 - Etapa 5 do novo sistema *transfer*

Com este ensaio, feito apenas na etapa 5, já foi possível obter algumas ilações acerca do novo sistema *transfer*. A instabilidade da peça na passagem entre etapas foi minimizada, uma vez que estes braços apresentam maior robustez em funcionamento. O processo de afinação também está mais simplificado, pois apenas permite ajuste nos graus de liberdade necessários ao correto posicionamento da colher e da pinça.

Concluído o ensaio, procedeu-se à montagem dos restantes elementos para o novo sistema *transfer*. À semelhança dos elementos para a etapa 5, estes elementos foram executados em subcontrato, de acordo com os desenhos técnicos do anexo X. Após a sua execução, foi feita a substituição dos braços e colheres convencionais pelos novos, mantendo os restantes elementos. Consideraram-se as mesmas barras de perfil normalizado, uma vez que o seu comprimento não alterou. As caixas de ligação elétrica e entradas de ar comprimido foram reposicionadas de forma a permitir a fixação dos braços. Na Figura 70 é possível observar as restantes etapas com os elementos correspondentes ao novo conceito do *transfer* da ferramenta 462. Tal como referido no capítulo 3.8, a etapa 6 não sofreu alterações da versão original.

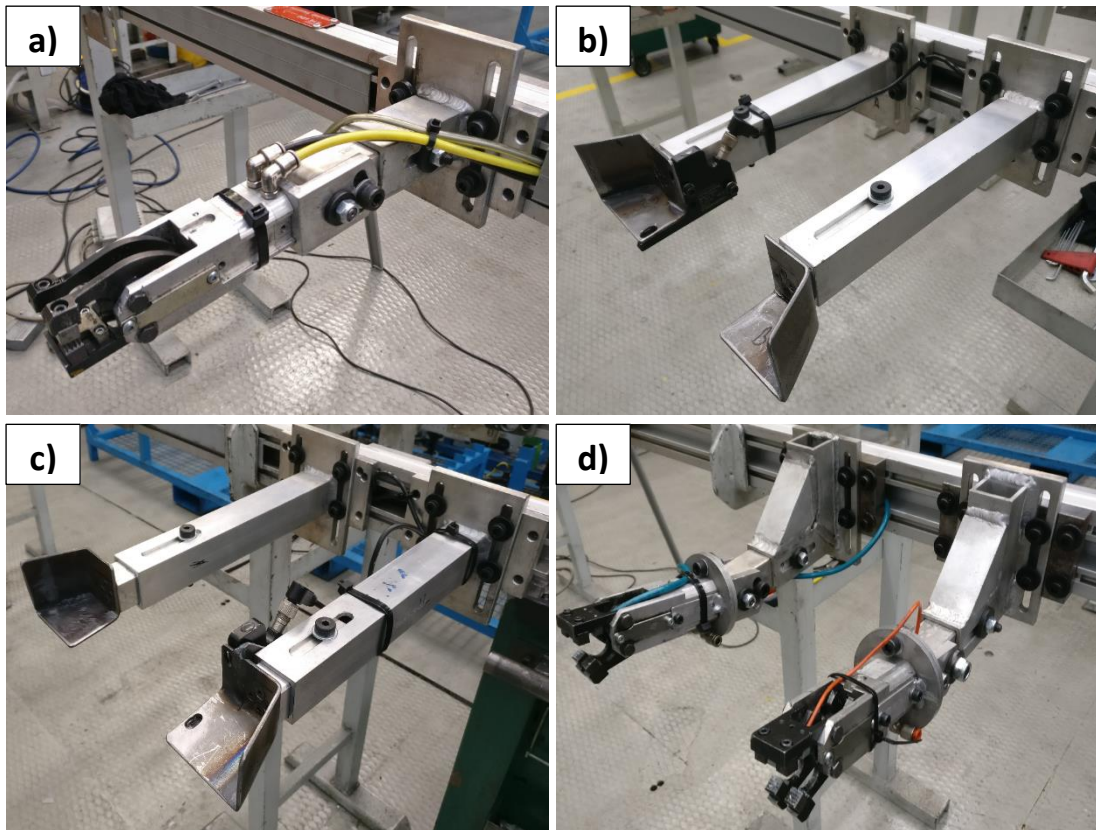


Figura 70 - Novo conceito do sistema *transfer*: a) etapa 1; b) etapa 2; c) etapa 3; d) etapa 4

Após a montagem dos novos elementos, foi planeada uma produção que não compromettesse a entrega de peças ao cliente (pois existe sempre um risco inerente ao teste de um novo conceito), de forma a afinar o *transfer* e verificar se está tudo dentro das conformidades. Após isso, o *transfer* ficou disponível para as produções seguintes, onde foi possível obter novos tempos de produção da ferramenta 462, e comparar com os tempos obtidos em produções anteriores. Os novos tempos de produção após a implementação do novo sistema *transfer* da ferramenta 462 encontram-se no anexo XI.

Tal como referido no capítulo 3.5.1, até ao final do ano 2019, a empresa não fazia a separação entre paragens devido apenas à ferramenta ou paragens devido ao sistema *transfer*, uma vez que o sistema não estava desse modo estabelecido. No entanto, no presente ano, essa divisão já é feita, sendo possível verificar no anexo XI uma coluna relativa aos tempos de paragem devido ao sistema *transfer*. Os tempos de paragem devido à ferramenta também incluem os tempos de paragem devido ao sistema *transfer*, juntamente com outros problemas detetados na ferramenta. Por exemplo, no dia 1 de julho, a ferramenta esteve parada cerca de 3 horas e 12 minutos, dos quais cerca de 7 minutos foi devido a problemas relacionados com o sistema *transfer*.

Como se verifica, cerca de 33,3% das produções analisadas necessitaram de intervenção no sistema *transfer*. O ajuste mais demorado foi de 14 minutos e 17 segundos, seguido de um outro tempo de 12 minutos e 31 segundos, que se podem ter devido à substituição de um elemento na manutenção e que necessitem de uma afinação mais

demorada em prensa, ou pela avaria de uma pinça ou sensor. Os restantes tempos são residuais quando comparados com o tempo de produção, devendo-se a pequenos ajustes do processo. Relativamente aos tempos de paragem devido a problemas na ferramenta, verificou-se uma redução de 9,2% para 6,3%. Mais uma vez, salienta-se que esta redução não se deveu exclusivamente a melhorias do sistema *transfer*, mas também a outras melhorias na ferramenta que foram sendo desenvolvidas em paralelo com este processo.

No final do projeto, também é possível verificar a redução da massa total do sistema *transfer*. Apesar de alguns dos componentes se manterem inalterados, os novos braços são em liga de alumínio, e não em aço como os anteriores. Analisando o novo sistema *transfer*, verifica-se que o segmento mais leve tem uma massa de 12 kg e o segmento mais pesado uma massa de 19 kg, pelo que o sistema *transfer* tem no seu total (4 segmentos) uma massa de 62 kg. Comparando com o sistema *transfer* convencional (com massa total de 76 kg), verifica-se uma redução de 18,4%. Esta diferença é uma melhoria a nível de segurança no trabalho, pois reduz o risco de lesão na movimentação do sistema *transfer*, e na manutenção e fiabilidade da prensa, pois o *transfer* montado é mais leve.

**CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE
TRABALHOS FUTUROS**

4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS





O aumento da produtividade dos vários processos industriais, através da redução dos tempos de *setup* e dos períodos de paragem de produção, é um dos principais focos da indústria, que aumenta a capacidade de resposta para com o cliente e reduz os custos de produção. Estas paragens de produção são bastante comuns na indústria de estampagem, sendo dos principais entraves à sua evolução tecnológica.

Assim, o objetivo global para este trabalho recaiu sobre a diminuição dos tempos de *setup* de uma ferramenta de estampagem através da modificação estrutural do seu sistema *transfer* e dos processos envolvidos, bem como a diminuição dos tempos de paragem para afinação do mesmo.

Inicialmente, foi analisada a ferramenta 462 e o seu sistema *transfer*. Foi possível compreender as várias etapas da ferramenta, e a forma como o *transfer* movimenta as peças entre etapas. Foi também dada a conhecer a lista de materiais do sistema *transfer* inicial e a sua principal constituição, nomeadamente os braços para colheres e pinças. De seguida, foram identificadas as principais causas dos elevados tempos de paragem para ajuste do sistema *transfer*. Para isso, foi estudado o circuito realizado pelo sistema *transfer* entre produções, a fim de se perceber quais os motivos que levam ao desajuste dos braços do *transfer*. Foi também feita uma análise FMEA para destacar os pontos críticos do sistema *transfer*. Identificados os principais pontos críticos, foi realizada uma tempestade de ideias para serem sugeridas alternativas ao sistema *transfer* convencional, e utilizada uma tabela de seleção para auxílio na identificação das melhores ideias. Por fim, foi realizado o projeto do novo sistema *transfer* e elaborada uma instrução de trabalho para a manutenção preventiva do sistema *transfer*.

A análise ao cumprimento dos objetivos apresentados inicialmente encontra-se na Tabela 12.

Tabela 12 - Análise do cumprimento dos objetivos inicialmente propostos

Objetivo	Ações tomadas	Avaliação
Redução do tempo de <i>setup</i> e de paragens de produção	Apesar de os tempos apresentados do “antes” e “depois” não representarem as mesmas condições, os tempos de intervenção no novo sistema <i>transfer</i> em prensa foram reduzidos.	
Capacidade de adaptação às restantes ferramentas	Os elementos criados são uniformes e normalizados, e o ajustamento das pinças e colheres é feito de forma simples e rápida, sendo este sistema facilmente adaptado às restantes ferramentas <i>transfer</i> .	
Criação de instrução de trabalho	Foi criada uma instrução de trabalho para a manutenção preventiva de um sistema <i>transfer</i> , adequado para qualquer sistema <i>transfer</i> da empresa.	
Custo reduzido para implementação nos restantes sistemas <i>transfer</i>	O custo inicial do sistema <i>transfer</i> para a ferramenta 462 foi de 18 470 €. A melhoria desenvolvida apresenta a vantagem de reutilizar alguns dos elementos do <i>transfer</i> convencional. O custo da melhoria do sistema <i>transfer</i> , incluindo material e maquinaria de subcontrato, teve um custo total de 2 336 €.	

Analisando o trabalho desenvolvido, conclui-se que este foi realizado com sucesso. Os objetivos propostos pela empresa foram concretizados, e o novo conceito *transfer* teve um *feedback* positivo durante os testes à nova solução, tal como apresentado no capítulo 3.11. Assim, a empresa acolhedora aumentará a sua produtividade, o que irá fazer aumentar os lucros e a capacidade de resposta face aos pedidos do cliente.

Também para o mestrando este estágio foi bastante positivo, servindo para aumentar o seu conhecimento técnico e contribuindo para o crescimento pessoal. Foram desenvolvidos vários aspetos, tais como:

- Cumprimento de horários e prazos de entrega;
- Análise crítica;
- Criatividade e capacidade na resolução de problemas;
- Trabalho em equipa;
- Capacidade de adaptação a diversas áreas.

O projeto realizado foi concluído com sucesso na empresa acolhedora, mas existem trabalhos a realizar para a melhoria de todo este projeto, impossibilitados de se realizar no prazo definido para o estágio:

- Após ensaio e implementação do novo conceito, verificaram-se alguns pontos a melhorar no sistema *transfer*. Por exemplo, a furação das placas traseiras deve ser modificada de forma a permitir que a placa de deslize vertical aperte diretamente na placa de deslize horizontal;
- Montado o novo sistema *transfer*, deverá ser realizada uma nova análise FMEA para verificar se os elementos modificados reduzem a criticidade apresentada inicialmente. Caso algum elemento continue crítico, deverão ser estudadas novas formas de corrigir o problema detetado;
- A instrução de trabalho poderá ser mais aprofundada. Algumas das tarefas apresentadas poderão ter uma instrução de trabalho própria, orientadas para a especificidade em cada operação. Cada sistema *transfer* das várias ferramentas também poderá ter uma instrução de trabalho exclusiva, de acordo com a constituição dos seus elementos;
- Por fim, poderá ser implementado este novo conceito do sistema *transfer* nas restantes ferramentas *transfer*. Uma vez que o resultado é positivo e a solução apresenta preço competitivo, este conceito apresenta-se como alternativa viável ao *transfer* convencional. O conceito para o sistema *transfer* também poderá ser inserido no caderno de encargos da empresa, de forma a regular a construção de futuros sistemas *transfer*.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES
DE INFORMAÇÃO**

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

1. INTELI. (2005). *Diagnóstico da Indústria Automóvel em Portugal*. Lisboa, Portugal: Inteligência Em Inovação, Centro De Inovação.
2. GM. *History of the Automobile*. General Motors. Acedido em: novembro de 2019. Disponível em: www.gm.ca/media/about/history/history_automobile_en_CA.pdf.
3. OICA. *2019 Productions Statistics*. Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles. Acedido em: agosto de 2020. Disponível em: <http://www.oica.net/category/production-statistics/2019-statistics/>.
4. Féria, L. (1999). *A História do Setor Automóvel em Portugal (1895-1995)*. Lisboa, Portugal: GEPE. ISBN 972-8170-47-5.
5. ENEI. (2014). *Estratégia Nacional de Investigação e Inovação para uma Especialização Inteligente 2014-2020*. Lisboa, Portugal: Estratégia Nacional de Especialização Inteligente.
6. JN. *Produção de automóveis atinge novo recorde em 2019*. JN. Acedido em: agosto de 2020. Disponível em: <https://www.jn.pt/economia/producao-de-automoveis-atinge-novo-recorde-em-2019-11706316.html>.
7. AFIA. *Indústria de Componentes para Automóveis*. Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel. Acedido em: agosto de 2020. Disponível em: https://afia.pt/wp-content/uploads/2020/03/afia_indcompautomoveis.pdf.
8. Costa, M., Gouveia, R., Campilho, R. (2018). How to solve quality problems by advanced fully-automated manufacturing systems. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Vol: 94. pp. 3041-3065.
9. Porter, M. (1990). *The Competitive Advantage of Nations*. Nova Iorque, EUA: Free Press. ISBN 978-857-001-758-1.
10. Fonseca, L., Domingues, J. (2017). Reliable and Flexible Quality Management Systems in the Automotive Industry: Monitor the Context and Change Effectively. *Procedia Manufacturing*. Vol: 11. pp. 1200-1206.

11. DeTreville, S., Shapiro, R., Hameri, A. (2004). From Supply Chain to Demand Chain: The Role of Lead Time Reduction in Improving Demand Chain Performance. *Journal of Operations Management*. Vol: 21. pp. 613-627.
12. Andjelkovic, A. (2017). Implementation of Just-in-sequence concept in automotive industry: Comparison of Austrian and Serbian model. *Industrija*. Vol: 45. pp. 83-99.
13. Groover, M. (2008). *Automation, Production Systems, and Computer-integrated Manufacturing*. Nova Jersey, EUA: Prentice Hall. ISBN 978-013-239-321-8.
14. Moniz, A. (2006). *Competitividade no sector automóvel e formas inovadoras de gestão do emprego em Portugal*. Lisboa, Portugal: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
15. Nunes, P., Silva, F. (2013). Increasing Flexibility and Productivity in Small Assembly Operations: A Case Study. In: A. Azevedo (ed.), *Advances in Sustainable and Competitive Manufacturing Systems*. Cham, Suíça: Springer International Publishing. pp. 329-340. ISBN 978-3-319-00557-7.
16. Gupta, A., Arora, S. (2009). *Industrial Automation and Robotics*. Nova Dehli, Índia: Laxmi Publications. ISBN 978-813-180-592-3.
17. Cecil, J., Powell, D., Vasquez, D. (2007). Assembly and manipulation of micro devices: A state of the art survey. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. Vol: 23. pp. 580-588.
18. Razão Automóvel. *Homem e máquina: como são fabricados os automóveis modernos*. Razão Automóvel. Acedido em: novembro de 2019. Disponível em: <https://www.razaoautomovel.com/2017/07/hyundai-automoveis-modernos>.
19. Albus, J. (1990). Robotics: Where has it been? Where is it going? *Robotics and Autonomous Systems*. Vol: 6. pp. 199-219.
20. He, Y., Smith, M., Dudek, R. (2010). Robotic material handler scheduling in flexible manufacturing systems for mass customization. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. Vol: 26. pp. 671-676.
21. Boothroyd, G. (1984). Use of Robots in Assembly Automation. *CIRP Annals*. Vol: 33. pp. 475-484.
22. Brady, G., Clauser, H., Vaccari, J. (2002). *Materials Handbook*. Nova Iorque, EUA: McGraw-Hill. ISBN 978-007-136-076-0.
23. Gutowski, T., Dahmus, J., Thiriez, A. (2006). Electrical Energy Requirements for Manufacturing Processes. *Energy*. Vol: 2. pp. 623-628.

24. Mechademic. *Manufacturing Processes*. Mechademic. Acedido em: outubro de 2019. Disponível em: http://www.mechademic.com/courses/course_detail/6/.
25. Ashby, M. (2011). *Materials Selection in Mechanical Design*. Oxford, Reino Unido: Butterworth-Heinemann. ISBN 978-185-617-663-7.
26. Smith, W. (2006). *Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais*. Nova Iorque, EUA: McGraw-Hill. ISBN 972-8298-68-4.
27. ETEC Trajano Camargo. *Estruturas Cristalinas*. ETEC Trajano Camargo. Acedido em: outubro de 2019. Disponível em: http://www.trajanocamargo.com.br/wp-content/uploads/2012/05/Estrutura_Cristalina_materialdeapoio2.pdf.
28. Magalhães, A. (2016). *Ligas Ferro-Carbono*. Aços. Porto, Portugal: Instituto Superior de Engenharia do Porto.
29. Rosa, C., Silva, F., Ferreira, L., Pereira, T., Gouveia, R. (2018). Establishing Standard Methodologies To Improve The Production Rate Of Assembly Lines Used For Low Added-Value Products. *Procedia Manufacturing*. Vol: 17. pp. 555-562.
30. Bolanho, P. (2017). *Manufatura Mecânica: Conformação dos Metais*. Londrina, Brasil: Educacional S.A. ISBN 978-855-220-190-8.
31. Kiminami, C., Castro, W., Oliveira, M. (2013). *Introdução aos Processos de Fabricação de Produtos Metálicos*. São Paulo, Brasil: Editora Blucher. ISBN 978-852-120-682-8.
32. Silva, F., Campilho, R., Ferreira, P., Pereira, M. (2018). Establishing Guidelines to Improve the High-Pressure Die Casting Process of Complex Aesthetics Parts. In: M. Peruzzini (ed.), *Transdisciplinary Engineering Methods for Social Innovation of Industry 4.0*. Amsterdão, Holanda: IOS Press. pp. 887-896. ISBN 978-1-61499-897-6.
33. Silva, F. (2016). *Tecnologia da Soldadura: Uma abordagem técnico-didática*. Porto, Portugal: Publindústria. ISBN 978-989-723-170-4.
34. Filho, E., Silva, I., Batalha, G., Button, S. (2011). *Conformação Plástica dos Metais*. Campinas, Brasil: Editora da Unicamp. ISBN 978-858-668-664-1.
35. Soares, J. (2009). *Aços: Características e Tratamentos*. Porto, Portugal: Publindústria. ISBN 978-989-20-1797-6.

36. ABAL. *Alumínio: Características químicas e físicas*. Associação Brasileira do Alumínio. Acedido em: novembro de 2019. Disponível em: <http://abal.org.br/aluminio/caracteristicas-quimicas-e-fisicas/temperas/#accordion2>.
37. Rossi, M. (1978). *Estampando en frío de la Chapa*. Barcelona, Espanha: Dossat. ISBN 978-842-370-384-5.
38. Santos, A., Duarte, J., Rocha, A. (2005). *Tecnologia da Embutidura*. Porto, Portugal: INEGI. ISBN 972-8826-03-06.
39. Dayton. *Dayton's Engineered Clearance*. Dayton. Acedido em: novembro de 2019. Disponível em: <https://www.daytonlamina.com/node/1050>.
40. Magalhães, L. (2017). *Processo de Fabrico*. Porto, Portugal: Instituto Superior de Engenharia do Porto.
41. Castro, T., Silva, F., Campilho, R. (2017). Optimising a Specific Tool for Electrical Terminals Crimping Process. *Procedia Manufacturing*. Vol: 11. pp. 1438-1447.
42. Neugebauer, R., Bouzakis, K., Denkena, B., Klocke, F., Sterzing, A., Tekkaya, A., Wertheim, R. (2011). Velocity effects in metal forming and machining processes. *CIRP Annals*. Vol: 60. pp. 627-650.
43. Rodrigues, J., Martins, P. (2010). *Tecnologia da Deformação Plástica – Vol. II*. Vila Franca de Xira, Portugal: Escolar Editora. ISBN 978-972-592-280-4.
44. Souza, J. *Conformação de chapas/ Estampagem*. The Metal+Forma Blog. Acedido em: outubro de 2019. Disponível em: <http://metal-e-forma.blogspot.com/p/conformacao-de-chapas.html>.
45. CBCM. *Estampagem Profunda*. CBCM. Acedido em: outubro de 2019. Disponível em: <http://cbcm-metalforming.com/cbcm/restrito/LvChapas/Cap%C3%ADtulo%205.pdf>.
46. Cao, Q., Du, L., Li, Z., Lai, Z., Li, Z., Chen, M., Li, X., Xu, S., Chen, Q., Han, X., Li, L. (2019). Investigation of the Lorentz-force-driven sheet metal stamping process for cylindrical cup forming. *Journal of Materials Processing Technology*. Vol: 271. pp. 532-541.
47. Nie, H., Chi, C., Chen, H., Li, X., Liang, W. (2019). Microstructure evolution of Al/Mg/Al laminates in deep drawing process. *Journal of Materials Research and Technology*. Vol: 8. pp. 5325-5335.

48. Schuler GmbH. (1998). *Metal Forming Handbook*. Berlim, Alemanha: Springer-Verlag. ISBN 978-364-258-857-0.
49. Smith, D. (2005). *Mechanical Press Types and Nomenclature*. Michigan, EUA.
50. ASM. (1988). *Metals Handbook: Forming and Forging*. Ohio, EUA: ASM International. ISBN 978-087-170-020-9.
51. Mäkelt, H. (1976). *Mechanical Presses*. Londres, Reino Unido: Hodder Arnold. ISBN 978-071-313-176-5.
52. Halicioglu, R., Dulger, L., Bozdana, A. (2016). Structural design and analysis of a servo crank press. *Engineering Science and Technology, an International Journal*. Vol: 19. pp. 2060-2072.
53. N. VIR Engineers. *Hydraulic Press Machines's Photo Gallery*. N. VIR Engineers. Acedido em: outubro de 2019. Disponível em: https://www.nvir.in/photo_gallery.html.
54. Giacomo, S. *Prensas de duplo montante de única e dupla biela*. San Giacomo. Acedido em: outubro de 2019. Disponível em: <https://www.sangiacomopresse.it/pt-br/presse/prensas-de-duplo-montante-unica-e-dupla-biela/>.
55. Kawamoto, K., Ando, H., Yamamichi, K. (2018). Application of servo presses to metal forming processes. *Procedia Manufacturing*. Vol: 15. pp. 31-38.
56. Murata, C., Hashimoto, Y., Sunagawa, H., Ichikawa, K. (2018). Visualized press working and new feedback control for servo press. *Procedia Manufacturing*. Vol: 15. pp. 1033-1040.
57. Osakada, K., Mori, K., Altan, T., Groche, P. (2011). Mechanical servo press technology for metal forming. *CIRP Annals*. Vol: 60. pp. 651-672.
58. Hendrick, A. *Die Science: Stamping 101: Die basics*. Stamping Journal. Acedido em: novembro de 2019. Disponível em: https://www.thefabricator.com/stamping_journal/article/stamping/stamping-101-die-basics.
59. Korneli, M. *Designing progressive dies*. Stamping Journal. Acedido em: novembro de 2019. Disponível em: <https://www.thefabricator.com/stampingjournal/article/stamping/designing-progressive-dies>.
60. Stouten, E. *Transfer die design considerations*. The Fabricator. Acedido em: novembro de 2019. Disponível em: <https://www.thefabricator.com/thefabricator/article/stamping/transfer-die-design-considerations>.

61. Silva, C., Silva, F., Gouveia, R. (2018). Investigations on the edge crack defect in Dual Phase steel stamping process. *Procedia Manufacturing*. Vol: 17. pp. 737-745.
62. Gomes, T., Silva, F., Campilho, R. (2017). Reducing the Simulation Cost on Dual-phase Steel Stamping Process. *Procedia Manufacturing*. Vol: 11. pp. 474-481.
63. STM Manufacturing, Inc. *Progressive Dies*. STM Manufacturing, Inc. Acedido em: novembro de 2019. Disponível em: <http://www.stmtooling.com/progressive-dies.php>.
64. Ghatrehnaby, M., Arezoo, B. (2010). Automatic piloting in progressive dies using medial axis transform. *Applied Mathematical Modelling*. Vol: 34. pp. 2981-2997.
65. STM Manufacturing, Inc. *Transfer Dies*. STM Manufacturing, Inc. Acedido em: novembro de 2019. Disponível em: <http://www.stmtooling.com/transfer-dies.php>.
66. Pausus, B. *4 steps to press transfer efficiency*. Stamping Journal. Acedido em: novembro de 2019. Disponível em: <https://www.thefabricator.com/stampingjournal/article/stamping/4-steps-to-press-transfer-efficiency>.
67. Brisk. *Flexible Finger Tooling On Press Transfer System*. Brisk. Acedido em: novembro de 2019. Disponível em: <http://www.b-gripper.com/Finger-Tooling>.
68. Zhang, T. *Creating finger tooling for three-axis transfer presses*. Stamping Journal. Acedido em: novembro de 2019. Disponível em: <https://www.thefabricator.com/stampingjournal/article/stamping/creating-finger-tooling-for-three-axis-transfer-presses>.
69. Patton, S. *Standardizing finger tooling*. Stamping Journal. Acedido em: novembro de 2019. Disponível em: <https://www.thefabricator.com/stampingjournal/article/stamping/standardizing-finger-tooling>.
70. Gunst, B. *6 Q&A about compact in-die transfer tooling*. Stamping Journal. Acedido em: novembro de 2019. Disponível em: <https://www.thefabricator.com/stampingjournal/article/stamping/6-q-a-about-compact-in-die-transfer-tooling>.
71. Gestamp (2019). *Sustainability report 2018*. Madrid, Espanha: Gestamp Automocion.
72. Gestamp Aveiro. *Gestamp Aveiro - História*. Gestamp Aveiro. Acedido em: março de 2020. Disponível em: <https://www.gestampaveiro.com/history.php>.
73. Gestamp Aveiro. (2020). *Declaração Ambiental*. Oliveira de Azeméis, Portugal: Gestamp Aveiro.

74. Lao, E., Salas, A., Figuerola, M., Moreno, E., Paraire, A. (2017). Errors of Clinical Laboratory and Its Impact on Patient Safety. *Open Journal of Social Sciences*. Vol: 05. pp. 243-253.
75. Atlas Technologies. *Universal Tooling Receiver*. Atlas Technologies. Acedido em: abril de 2020. Disponível em: <https://atlastechnologies.com/tooling/flex-finger-tooling/universal-tool-receiver/>.
76. Southco. *P9 - Puxadores de Posicionamento Infinito de 90º*. Southco. Acedido em: abril de 2020. Disponível em: <https://www.southco.com/pt-br/p9>.

ANEXOS

6 Anexos

ANEXO I – Lista de materiais do *transfer* convencional

LISTA DE MATERIAIS - FERRAMENTA 462

Rev. 1.0

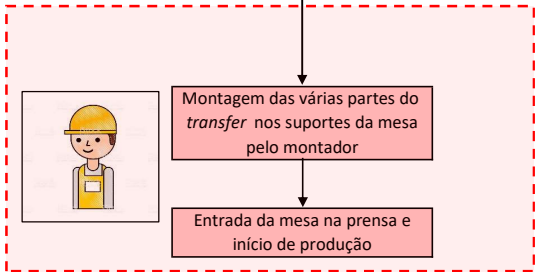
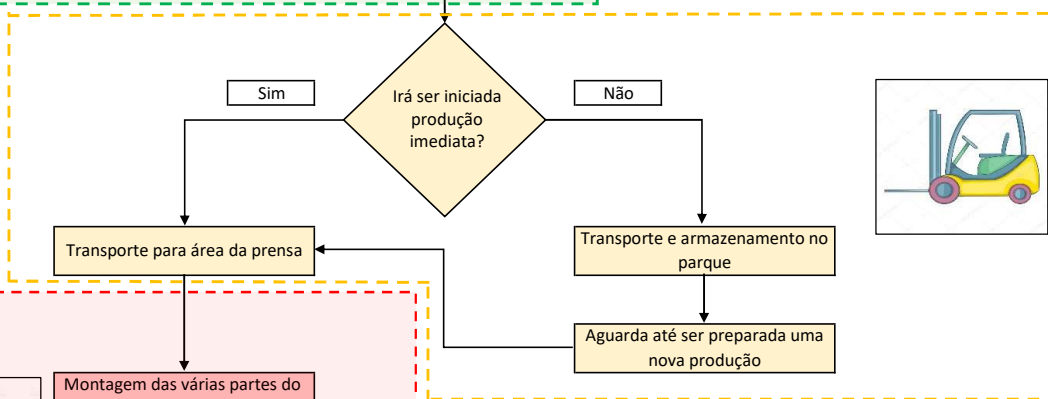
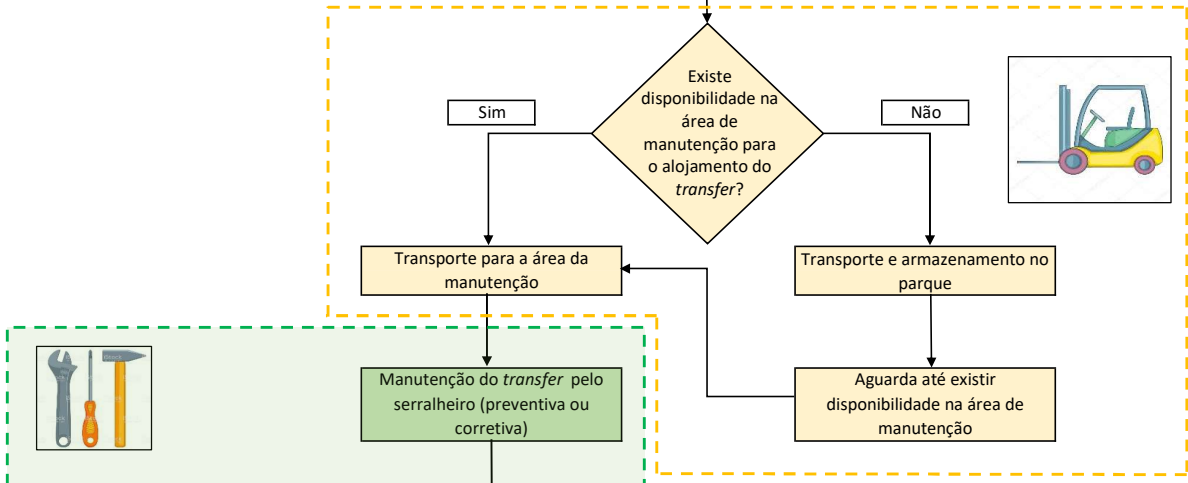
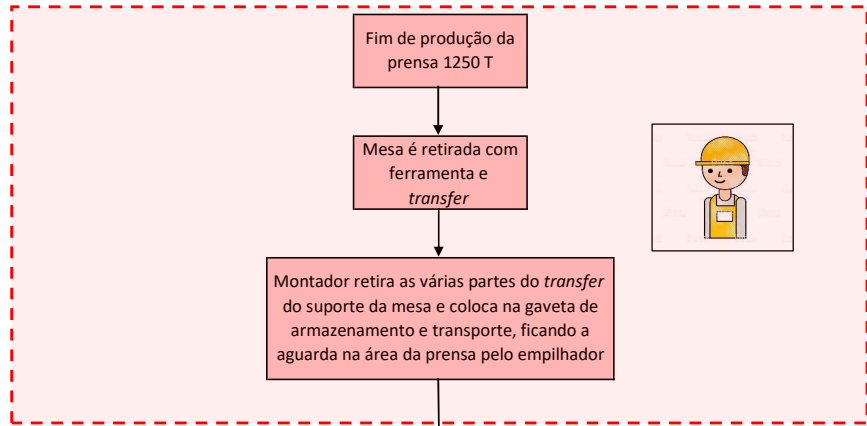
Nº	Designação	Material	Dimensões	Marca norm.	Referência Norm.	Qt.
0003_30_120	Suporte braço	1.1191	80x80x140			22
0021_30_260	Colher direita c/sensor	1.1191	70x82x314			3
0023_30_260	Colher esquerda c/sensor	1.1191	70x82x314			1
0024_30_260	Colher esquerda s/sensor	1.1191	54x63x312			5
0026_30_280	Colher direita s/sensor	1.1191	53x57x316			3
0030_30_100	Suporte pinça 84A2	1.1191	40x58x171			2
0042	Caixa de ar			GAVDCF	WUM9900070	6
0050	Perfil			Misati	P-30x80-2770	2
0051	Perfil			Misati	P-30x80-2590	2
0060	Pinça 84A2Y11			Destaco	84A2Y110000000	6
0061	Pinça 84A2Y12			Destaco	84A2Y120000000	4
0071	Mordente			Destaco	8JZ-027-1	24
0072	Mordente			Destaco	8JZ-029-1	8
0080	Sensor pinça 84A2			Destaco	8EA-075-2	10
0090	Ficha macho p/pinça			Weidmuller	9457550000	10
0091	Ficha fêmea p/pinça			Contrinex	S12-4FVG-050	10
0100	Caixa central elétrica			Senstronic	REP8 DES23L	4
0101	Ficha ligação p/sensor			Weidmuller	SAISW-4_7 (9457290000)	14
0120	Conetor pneumático			Camozzi	6522 6-M5	20
0121	Válvula ar amarela			Staubli	RBE 03.6151_0	6
0122	Válvula ar preta			Staubli	RBE 03.6151_9	6
0150	Mordente			Destaco	8JZ-028-1	16
0151	Suporte caixa central elét.	AW6063	80x80x200			4
0153	Tubo ligação p/braço	AW6063	Ø30x200			2
0160	Aperto p/perfil			Misati	ARI-2634	166
0161	Paraf. cabeça rebaixada			DIN 7984	M8x12	48
0162	Calha protetora p/perfil			Misati	TAP-30x80A-2770	2
0163	Calha protetora p/perfil			Misati	TAP-30x80A-2590	2
0200	Abraçadeira p/braço			Destaco	PC-30M-30M-A	12
0201	Alojamento p/rótula			Destaco	ESS-32B-30M-150-S	4
0202	Rótula			Destaco	GT-BGA-A	8
0203	Abraçadeira p/braço			Misati	UPL-30-30-A	8
0204	Alojamento p/rótula			Destaco	ESS-32B-30M-120-S	4
0205	Abraçadeira cruzada			Destaco	CL-30M-30M-A	4
0206	Pala limitadora	St44	13x30x49			12
0251	Encaixe p/perfil	AW6063	12x80x80			12
P0042	Parafuso CHC			ISO 4762	M8x30	6
P0100	Parafuso CHC			ISO 4762	M4x20	12
P0150	Parafuso CHC			ISO 4762	M8x20	16

ANEXO II – Tempos de paragem da ferramenta 462 com
sistema *transfer* convencional

Data	Tempo total	Tempo produção	Tempo paragem ferramenta	% Tempo parado devido a ferramenta	Rácio parado / produção
22/08/2019	08:49:38	03:19:31	02:43:29	30,87%	81,94%
28/08/2019	11:03:48	03:39:04	02:12:20	19,94%	60,41%
12/09/2019	10:15:46	03:34:20	00:14:09	2,30%	6,60%
15/09/2019	07:36:31	03:45:36	00:00:00	0,00%	0,00%
26/09/2019	06:04:05	03:14:13	00:14:19	3,93%	7,38%
30/09/2019	05:29:25	03:10:36	00:54:22	16,50%	28,52%
04/10/2019	15:35:24	07:21:02	01:26:05	9,20%	19,52%
15/10/2019	10:08:38	05:30:37	00:58:09	9,55%	17,59%
25/10/2019	09:37:24	03:39:41	00:59:46	10,35%	27,20%
03/11/2019	10:51:38	05:49:50	02:30:42	23,13%	43,08%
06/11/2019	06:11:48	02:45:33	00:00:00	0,00%	0,00%
10/11/2019	09:09:43	04:58:56	00:30:11	5,49%	10,10%
13/11/2019	07:10:50	03:51:06	00:45:59	10,67%	19,90%
18/11/2019	09:37:37	05:19:50	01:29:44	15,54%	28,06%
21/11/2019	10:07:46	04:04:11	00:02:18	0,38%	0,94%
25/11/2019	06:22:38	04:02:49	00:46:32	12,16%	19,16%
27/11/2019	05:25:04	04:22:48	00:00:00	0,00%	0,00%
02/12/2019	14:20:05	07:50:17	00:23:56	2,78%	5,09%
05/12/2019	08:36:43	03:50:40	00:26:09	5,06%	11,34%
09/12/2019	12:50:20	09:20:14	00:08:53	1,15%	1,59%
12/12/2019	10:49:30	05:48:34	00:41:17	6,36%	11,84%
17/12/2019	11:23:58	04:27:42	02:03:13	18,02%	46,03%
19/12/2019	08:15:45	04:29:46	00:55:05	11,11%	20,42%
22/12/2019	10:09:14	06:08:58	00:23:28	3,85%	6,36%

ANEXO III – Fluxograma do circuito feito pelo sistema *transfer*

Montador
Empilhador
Serralheiro manutenção



ANEXO IV – Análise FMEA do sistema *transfer* convencional

Elemento	Função	Modo de falha	Causas de falha	Ocorrência	Efeito	Gravidade	Deteção	NPR
Perfil	- Dar estabilidade a todo o transfer, oferecendo pontos de ligação entre as pinças e o sistema de movimentação da prensa.	- Empeno e desalinhamento ao longo do perfil.	- Manuseamento incorreto do transfer pelos operadores; - Esforços excessivos provocados pelos braços.	3	- Posicionamento incorreto das pinças e colheres; - Dificuldade na montagem do transfer na mesa; - Necessidade de ajustar em máquina.	7	2	42
		- Desalinhamento dos entalhes de fixação do perfil.	- Aplicação de esforços elevados nos braços do transfer depois de fixo à mesa; - Impactos na mesa aquando a montagem.	3	- Dificuldade/impossibilidade no aperto e substituição dos vários componentes.	5	4	60
Encaixes traseiros	- Permitem o acoplamento entre o perfil e o sistema de movimentação da prensa.	- Desgaste.	- Folgas existentes que provoquem vibrações do encaixe na mesa; - Material demasiado macio.	2	- Folgas elevadas; - Movimento do transfer no funcionamento da prensa.	6	6	72
		- Fissuração.	- Material frágil que não resiste ao impacto nem às forças exigidas pelo transfer.	1	- Impossibilidade de montar transfer na mesa.	6	4	24
		- Entupimento.	- Acumulação de poeiras e limalhas no entalhe para o encaixe; - Manutenção pouco rigorosa; - Acumulação de óleo.	1	- Dificuldade em montar transfer na mesa; - Desalinhamento do transfer.	6	4	24
Caixa central elétrica	- Central com entradas dos cabos elétricos dos sensores para ligação a circuito elétrico da prensa.	- Avaria elétrica.	- Falha dos componentes devido a problemas de fabricação.	3	- Interrupção de produção pelo sistema de segurança da prensa (não deteta sensores); - Aumento da possibilidade de peças defeituosas.	7	1	21
		- Danificação das entradas e saídas elétricas.	- Manuseamento incorreto do transfer; - Impactos/Arrancamento.	4	- Dificuldade ou impossibilidade de conectar sensores ao sistema da prensa.	7	1	28
Cabos elétricos	- Ligação entre os sensores e a caixa central elétrica.	- Rotura do cabo elétrico.	- Cabos calcados nos movimentos do transfer; - Cabos soltos que possam prender em algum local.	5	- Impossibilidade de conectar sensores ao sistema da prensa; - Interrupção de produção.	7	1	35
Braços	- Posicionamento das pinças e das colheres, sendo acoplados ao perfil e permitindo movimentos em x, y e z.	- Empeno e desalinhamento.	- Afrouxamento das ligações aparafusadas; - Manuseamento incorreto do transfer; - Demasiados pontos de afinação; - Contacto com a ferramenta.	7	- Posicionamento incorreto das pinças e colheres.	7	5	245
Colheres	- Movimentam a peça para a etapa seguinte apenas sob o efeito gravítico e encosto lateral.	- Empenos e desalinhamentos.	- Manuseamento incorreto do transfer; - Afições inadequadas que provoquem contacto com a ferramenta.	7	- Posicionamento incorreto; manuseamento incorreto das peças; - Afição na prensa; - Peças defeituosas;	7	5	245
		- Desgaste interior.	- Movimento relativo das peças entre as etapas.	6	- Manuseamento incorreto das peças; - Pontos de contacto incorretos; - Peças defeituosas.	5	4	120
Sensor normal	- Usado nas colheres, permite a deteção de peça devido ao corte do feixe existente.	- Danificação do sensor.	- Problemas de fabricação; - Colisões; - Desgaste.	6	- Interrupção de produção; - Peças defeituosas.	7	1	42

Elemento	Função	Modo de falha	Causas de falha	Ocorrência	Efeito	Gravidade	Deteção	NPR
Sensor indução metálico	- Usado nas pinças, permite a deteção de peça por indução metálica.	- Danificação do sensor.	- Problemas de fabricação; - Colisões/Desgaste; - Calço não uniforme que provoca fissuras no sensor.	6	- Interrupção de produção; - Peças defeituosas.	7	1	42
Entradas de ar comprimido	- Central com saídas de ar comprimido para acionamento das pinças, fornecido pela rede de ar da prensa.	- Obstrução dos canais.	- Acumulação de água/óleo; - Manutenção pouco rigorosa.	5	- Má circulação de ar comprimido; - Falta de força necessária nas pinças.	6	4	120
		- Danificação das entradas.	- Manuseamento incorreto do transfer; - Impactos.	5	- Impossibilidade ou dificuldade na ligação ao circuito de ar comprimido da prensa.	6	2	60
Mangueiras de ar comprimido	- Passagem do ar comprimido desde a entrada de ar comprimido até às pinças.	- Obstrução dos canais.	- Existência de resíduos no circuito de ar comprimido.	4	- Má circulação de ar comprimido; - Falta de força necessária nas pinças.	7	3	84
		- Fugas de ar devido a roturas.	- Cabos calcados nos movimentos do transfer; - Cabos soltos que se possam prender em algum local.	5	- Má circulação de ar comprimido; - Falta de força necessária nas pinças.	7	3	105
Pinças	- Permite o manuseamento da peça para a etapa seguinte por fixação de mordentes.	- Empenos e desalinhamentos.	- Impactos na ferramenta; - Manuseamento incorreto.	7	- Impossibilidade ou dificuldade em agarrar a peça; - Posicionamento incorreto; - Afinação na prensa; - Peças defeituosas.	7	5	245
		- Corrosão do cilindro pneumático.	- Resíduos de água no circuito de ar comprimido.	4	- Avaria da pinça.	5	7	140
		- Fugas de ar.	- Má vedação nas entradas e saídas de ar.	5	- Falta de força necessária para fixar a peça; - Manuseamento incorreto da peça; - Peças defeituosas; - Danos na ferramenta.	7	2	70

ANEXO V – Tabela de seleção

				Facilidade de montagem (setup)		Custo		Estabilidade do processo		Facilidade de manutenção		Segurança no trabalho		Facilidade de execução		Índice geral
				ω	0,2284	ω	0,1868	ω	0,1868	ω	0,1522	ω	0,1229	ω	0,1229	γ
Braço do transfer	Duplo tubo interior circular	α	Ω	3	8,57	6	16,01	3	6,23	5	9,51	6	9,22	5	8,78	58,31
		β		37,50		85,71		33,33		62,50		75,00		71,43		
	Duplo tubo interior quadrado	α	Ω	6	17,13	5	13,34	5	10,38	5	9,51	6	9,22	5	8,78	68,36
		β		75,00		71,43		55,56		62,50		75,00		71,43		
	Tubo simples	α	Ω	8	22,84	7	18,68	6	12,45	8	15,22	7	10,75	7	12,29	92,24
		β		100,00		100,00		66,67		100,00		87,50		100,00		
	Tubo quadrado em L	α	Ω	7	19,99	7	18,68	9	18,68	7	13,32	8	12,29	6	10,53	93,49
		β		87,50		100,00		100,00		87,50		100,00		85,71		
Sistemas anti-erro	Roda dentada e cremalheira	α	Ω	8	18,27	6	11,21	5	9,34	4	6,09	7	8,60	7	8,60	62,11
		β		80,00		60,00		50,00		40,00		70,00		70,00		
	Chaveta de posicionamento	α	Ω	4	9,14	8	14,94	7	13,08	7	10,65	7	8,60	7	8,60	65,02
		β		40,00		80,00		70,00		70,00		70,00		70,00		
	Finger tooling	α	Ω	7	15,99	2	3,74	5	9,34	4	6,09	8	9,83	7	8,60	53,59
		β		70,00		20,00		50,00		40,00		80,00		70,00		
Proteção mangueiras e cabos	Mangueira/cabo interior	α	Ω	8	22,84	9	18,68	8	18,68	5	10,87	9	12,29	8	12,29	95,65
		β		100,00		100,00		100,00		71,43		100,00		100,00		
	Palas de resguardo	α	Ω	6	17,13	7	14,53	6	14,01	7	15,22	4	5,46	5	7,68	74,03
		β		75,00		77,78		75,00		100,00		44,44		62,50		
Sistema de pegas	Pegas normalizadas	α	Ω	7	19,99	6	14,01	8	18,68	7	13,32	7	12,29	6	9,22	87,50
		β		87,50		75,00		100,00		87,50		100,00		75,00		
	Tubo redondo	α	Ω	8	22,84	8	18,68	6	14,01	8	15,22	6	10,53	8	12,29	93,57
		β		100,00		100,00		75,00		100,00		85,71		100,00		

ANEXO VI – Lista de materiais do novo sistema *transfer*

LISTA DE MATERIAIS - FERRAMENTA 462

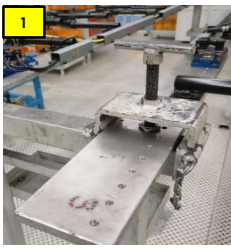
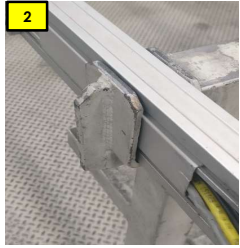










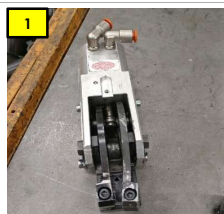






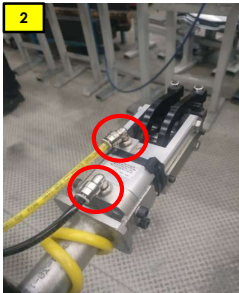







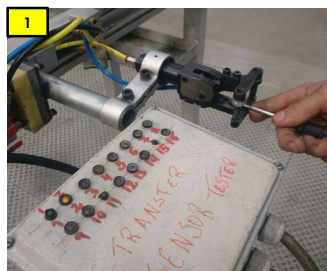



Rev. 2.0

Nº	Designação	Material	Dimensões	Marca norm.	Referência Norm.	Qt.
0003_30_120	Suporte braço	1.1191	80x80x140			20
0021_30_260	Colher direita c/sensor	1.1191	70x82x314			3
0023_30_260	Colher esquerda c/sensor	1.1191	70x82x314			1
0024_30_260	Colher esquerda s/sensor	1.1191	54x63x312			5
0026_30_280	Colher direita s/sensor	1.1191	53x57x316			3
0030_30_100	Suporte pinça 84A2	1.1191	40x58x171			0
0042	Caixa de ar			GAVDCF	WUM9900070	6
0050	Perfil			Misati	P-30x80-2770	2
0051	Perfil			Misati	P-30x80-2590	2
0060	Pinça 84A2Y11			Destaco	84A2Y110000000	6
0061	Pinça 84A2Y12			Destaco	84A2Y120000000	4
0071	Mordente			Destaco	8JZ-027-1	24
0072	Mordente			Destaco	8JZ-029-1	8
0080	Sensor pinça 84A2			Destaco	8EA-075-2	10
0090	Ficha macho p/pinça			Weidmuller	9457550000	10
0091	Ficha fêmea p/pinça			Contrinex	S12-4FVG-050	10
0100	Caixa central elétrica			Senstronic	REP8 DES23L	4
0101	Ficha ligação p/sensor			Weidmuller	SAISW-4_7 (9457290000)	14
0120	Conector pneumático			Camozzi	6522 6-M5	20
0121	Válvula ar amarela			Staubli	RBE 03.6151_0	6
0122	Válvula ar preta			Staubli	RBE 03.6151_9	6
0150	Mordente			Destaco	8JZ-028-1	16
0151	Suporte caixa central elét.	AW6063	80x80x200			4
0153	Tubo ligação p/braço	AW6063	Ø30x200			2
0160	Aperto p/perfil			Misati	ARI-2634	294
0161	Paraf. cabeça rebaixada			DIN 7984	M8x12	48
0162	Calha protetora p/perfil			Misati	TAP-30x80A-2770	2
0163	Calha protetora p/perfil			Misati	TAP-30x80A-2590	2
0200	Abraçadeira p/braço			Destaco	PC-30M-30M-A	0
0201	Alojamento p/rótula			Destaco	ESS-32B-30M-150-S	2
0202	Rótula			Destaco	GT-BGA-A	2
0203	Abraçadeira p/braço			Misati	UPL-30-30-A	2
0204	Alojamento p/rótula			Destaco	ESS-32B-30M-120-S	0
0205	Abraçadeira cruzada			Destaco	CL-30M-30M-A	4
0206	Pala limitadora	St44	13x30x49			12
0251	Encaixe p/perfil	AW6063	12x80x80			12
P0042	Parafuso CHC			ISO 4762	M8x30	6
P0100	Parafuso CHC			ISO 4762	M4x20	12
P0150	Parafuso CHC			ISO 4762	M8x20	24
P0200	Parafuso CHC			ISO 7379	Ø10x35-M8	18
P0250	Parafuso CHC			ISO 7379	Ø10x45-M8	16
T02_001	Placa deslize horizontal	AW5083	10x80x138			18
T02_002	Placa deslize vertical	AW5083	10x94x137			18
T02_003	Guiamento pinça	AW5083	32x32x122			8
T02_004	Guiamento colher	AW5083	32x32x120			10
T02_005	Suporte angular	AW5083	40x50x64.5			4
T02_006	Perfil horizontal pinça	AW6063	40x40x111.5			6
T02_007	Perfil vertical pinça	AW6063	40x40x120			6
T02_008	Perfil horizontal colher	AW6063	40x40x120			10
T02_009	Disco ajuste braço	AW5083	4xØ80			4
T02_010	Disco ajuste pinça	AW5083	7xØ80			4
T02_011	Perfil horizontal pinça	AW6063	40x40x83			2
T02_013	Postiço disco pinça	AW5083	4x20xx58.4			8
T02_014	Postiço disco braço	AW5083	9x44x57			8
T02_015	Reforço perfil	AW6063	40x40x89			6

ANEXO VII – Instrução de trabalho para manutenção preventiva do *transfer*


Equipamentos de Proteção Individual



Item	Elemento	Ajuda Visual	Tipo de Ação	Meios	Instrução	Tempo	Frequência
1	Montagem do transfer nos cavaletes	 			<p>1.1. – Se for transfer com perfil: 1.1.1. – Alinhar par de cavaletes com encaixe lateral a uma distância capaz de suportar o transfer; 1.1.2. – Colocar os dois segmentos superiores da gaveta sobre o cavalete, fixando nos encaixes laterais (Imagem 1); 1.2. – Se for transfer com barra: 1.2.1. – Alinhar os dois pares de cavaletes de aperto mecânico a uma distância capaz de suportar o transfer; 1.2.2. – Colocar ambos os segmentos do transfer sobre o cavalete e apertar com a alavanca roscada (Imagem 2).</p> <p>Nota: manusear barras com cuidado para não provocar empeno nem desalinhamento das garras.</p>	3 min	1x por ciclo
2	Limpeza	   	  	 	<p>2.1. – Estender mangueira de ar comprimido para junto do transfer; 2.2. – Encaixar torneira pneumática na extremidade da mangueira (Imagem 1); 2.3. – Limpar com ar os segmentos do transfer (perfil, suportes, braços, pinças) para limpeza e detecção de possíveis defeitos existentes; 2.4. – Aplicar produto Fun Ball (Imagem 2) e limpar transfer com pano (Imagem 3) (enquanto se efetua a limpeza, ir verificando empenos, desgaste, rebarbas ou faltas de parafusos) 2.5. – Efetuar também limpeza na parte traseira do perfil (local de encaixe e fixação - Imagem 4).</p>	10 min	1x / 2x por ciclo
3	Substituição de elementos		  	 	<p>3.1. – Verificar existência de elementos com empenos ou roturas (Imagem 1); 3.2. – Se aplicável, referenciar no perfil ou na placa, com o marcador, local dos elementos a substituir; 3.3. – Substituir elementos; 3.4. – Limpar marcas efetuadas.</p>	30 min	1x / 2x por ciclo
4	Verificação dos apertos	 	 		<p>4.1. – Verificar e selecionar chaves necessárias ao aperto; 4.2. – Efetuar aperto dos vários parafusos (garras, sensores, encaixe traseiro) por cada chave individualmente (Exemplo: apertar todos os parafusos M8 do transfer com chave 6, apertar todos os parafusos M6 do transfer com chave 5, etc.); 4.3. – Se aplicável, acrescentar parafusos em falta; 4.4. – Verificar ligação dos cabos elétricos dos sensores (Imagem 1).</p> <p>Notas: - Nesta etapa não deverá ser efetuado o aperto das mangueiras de ar comprimido nas pinças (Imagem 2); - Deve ser apenas feita a verificação do aperto e, se necessário, reapertar parafuso, não devendo ser feito um aperto exagerado.</p>	10 min	1x / 2x por ciclo
5	Verificação pneumática	 	 		<p>5.1. – Unir mangueira à válvula mecânica pneumática (Imagem 1); 5.2. – Encaixar válvula mecânica pneumática à entrada de ar comprimido do transfer (Imagem 2); 5.3. – Acionar alavanca e verificar movimento das pinças e atuadores pneumáticos existentes; 5.4. – Verificar possíveis fugas de ar ou variação de volume considerável das mangueiras e, se necessário, proceder à sua substituição; 5.5. – Repetir procedimento nas restantes entradas de ar comprimido do transfer.</p> <p>Atenção: manter distância de segurança das pinças e dos atuadores no momento de verificação.</p>	10 min	1x / 2x por ciclo
6	Verificação elétrica		 		<p>6.1. – Ligar Transfer Sensor Tester à corrente elétrica e à caixa de entrada elétrica do transfer; 6.2. – Verificar funcionalidade dos sensores: 6.2.1. – No caso de sensor indutivo metálico, aproximar corpo metálico do sensor e verificar sinalização na caixa de verificação (Imagem 1); 6.2.2. – No caso de sensor de deteção de peça, aproximar qualquer corpo do sensor e verificar sinalização na caixa de verificação; 6.2.3. – No caso de sensor de espessura, verificar sinalização por indução metálica, e afinação através do manuseamento de uma peça; 6.3. – Se necessário, proceder à substituição ou ajuste do sensor.</p>	10 min	1x / 2x por ciclo

Equipamentos de Proteção Individual



Item	Elemento	Ajuda Visual	Tipo de Ação	Meios	Instrução	Tempo	Frequência
7	Verificação abraçadeiras	 	 	 	7.1. – Verificar mangueiras soltas (Imagem 1); 7.2. – Ajustar mangueiras com braçadeira, sem aperto excessivo para não danificar; 7.3. – Remover excesso de braçadeira (Imagem 2).	10 min	1x / 2x por ciclo
8	Manutenção 2º segmento de transfer (aplicável a transfer de perfil)	 			8. – Manutenção do segundo segmento do transfer (apenas aplicável a transfer com perfil); 8.1. – Colocar 1º segmento do transfer com manutenção feita sobre cavalete (Imagem 1); 8.2. – Retirar 2º segmento do transfer da gaveta e posicionar nos encaixes laterais (Imagem 2); 8.3. – Repetir do ponto #2 ao #7 no 2º segmento do transfer.	3 min	1x por ciclo
9	Colocar transfer na gaveta	 			9. – Colocar transfer pronto na gaveta; 9.1. – Colocar o último segmento do transfer que foi retirada da gaveta na parte inferior (Imagem 1); 9.2. – Posicionar o outro segmento do transfer na parte superior (Imagem 2). ⚠️ Atenção: posicionar transfer na gaveta de maneira que não haja contacto entre as várias garras.	10 min	1x por ciclo
10	Atualizar cartão OK	  <p>Transfer com Manutenção</p> <p>Serralheiro: _____</p> <p>Data: / / </p> <p>Responsável: _____</p>	 	   	10.1. – Com um pano e Fun Ball, limpar registo existente no cartão (Imagem 1). 10.2. – O serralheiro que efetuou a manutenção deverá assinar e atualizar a data de manutenção (Imagem 2); 10.3. – Alertar responsável acerca do fim da manutenção.	3 min	1x por ciclo

Emissão:
Revisão : 1.0

Elaborado: Daniel Nunes
Aprovado:

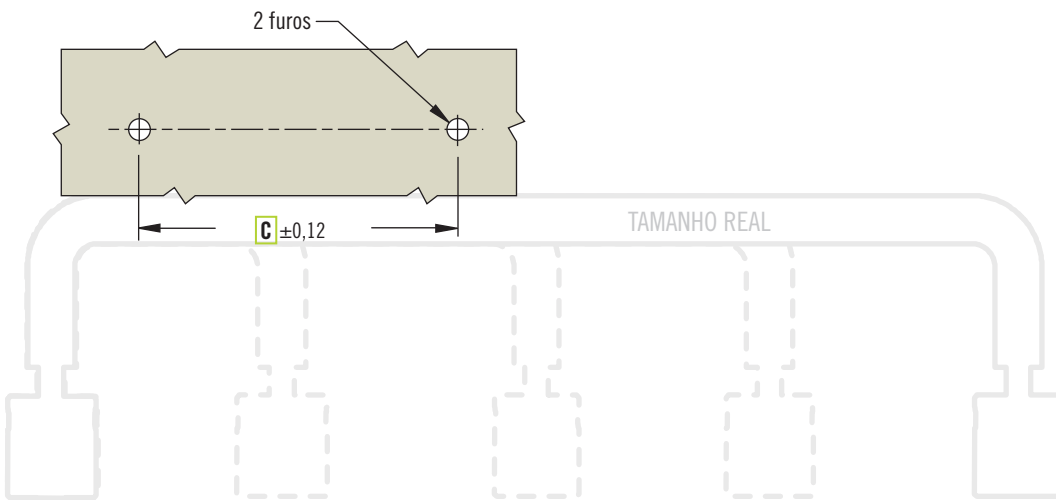
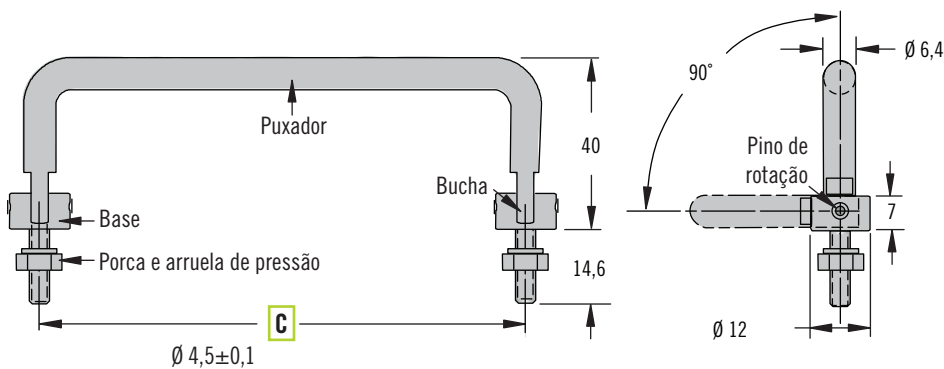
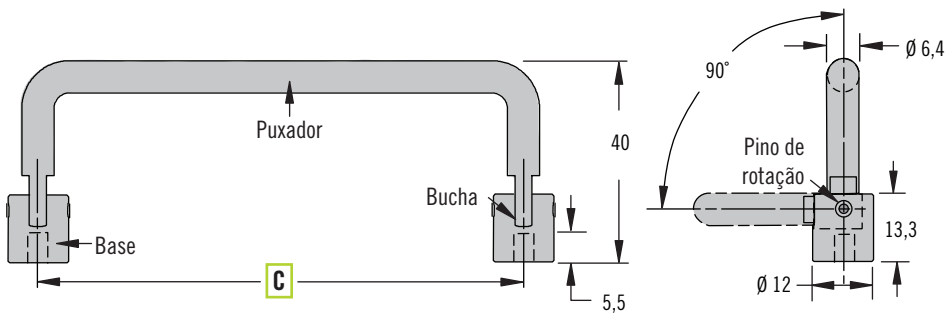
ANEXO VIII – Ficha técnica da pega

P9 - Puxadores Tipo Alça

Puxadores dobráveis: Instalação de superfície



519



P9 - C - 40 - T B - 1 F - P

C Distância entre furos

040 40 mm
064 64 mm
096 96 mm
128 128 mm

T Rosca

08 Rosca imperial 8-32
M4 Rosca métrica M4 x 0,7

B Tipo de base

N Rosca interna
X Rosca externa

P Opções de embalagem

Omitir para embalagem individual (1 por pacote)
3 Embalagem em camadas, contate a Southco

F Acabamento

1 Anodizado incolor
5 Anodizado preto

- Modelo dobrável, com baixa saliência
- Instalação oculta
- Recurso de fricção, anti-ruídos

Materiais e acabamentos

Puxador e base:

Alumínio, anodizado incolor ou preto
Pino de rotação, porcas e arruelas de pressão: aço inoxidável passivado

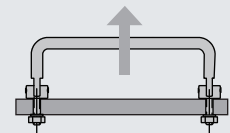
Buchas: Nylon

Resistência

Carga estática máxima:

Versão com rosca interna: 600 N

Versão com rosca externa: 400 N



Instalação

Rosca interna:

Parafusos não inclusos.

Calcule o comprimento dos parafusos usando a seguinte fórmula:

Espessura da porta + 5

Torque de aperto máximo para os parafusos de instalação: 1,7 N•m

Rosca externa:

Espessura máxima da porta: 8,4

Porcas de instalação inclusas.

Torque de aperto máximo para as porcas: 11,5 N•m

Seleção do código de produto

Para identificação visual:

Produtos com rosca M4 apresentam furos rebaixados. Produtos com rosca 8-32 apresentam furos escareados.

Outras opções disponíveis. Para mais informações sobre modelos, códigos, instalação e especificações, visite



www.southco.com/P9

ANEXO IX – Desenhos técnicos da pega

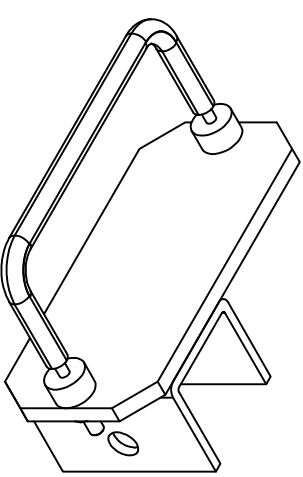
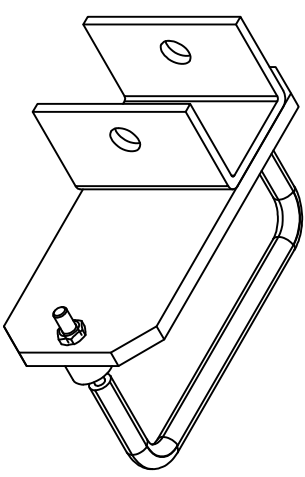
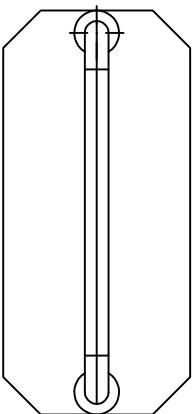
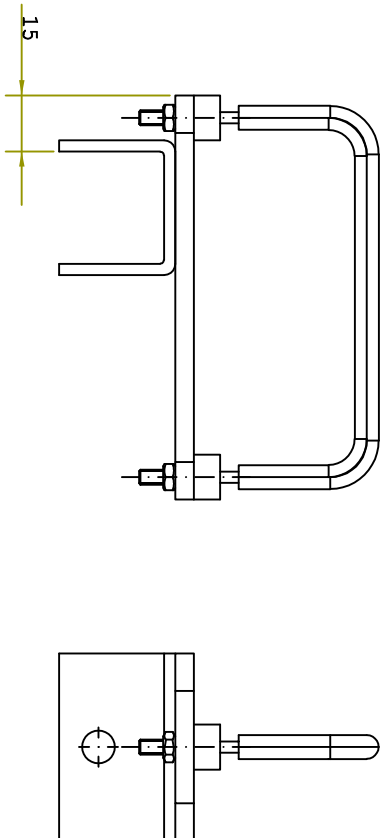
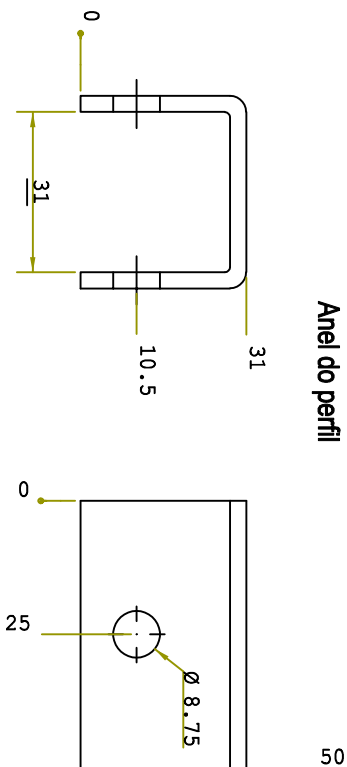


TABELA AUTO CONTROLO		Dimensões Máximas		NOTA: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CODIGO DE CORES	
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	ISO 2768-M	GEN. TOLERANCE	
A					
B					
C					
D					
E					
F					
G					
H					
I					
J					
K					

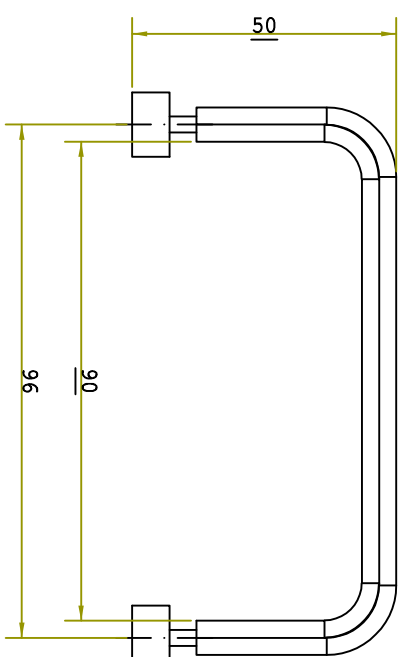
REVISÃO Nº REVISION N°: 2.0	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY 2019/1/13 dannunes	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY	CLIENTE CLIENT DMF	REF. CLIENTE CLIENT REF.: //	PROJECTO PROJECT Pega Transfer	ESCALA SCALE 1:1.43	DESIGNAÇÃO DESIGNATION Conjunto completo // // //	CODIGO DES DRAW CODE //	A3
--	---	--------------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------	---	---	----------------------------------	--	--------------------------------------	-----------



Anel do perfil



Pega



Base

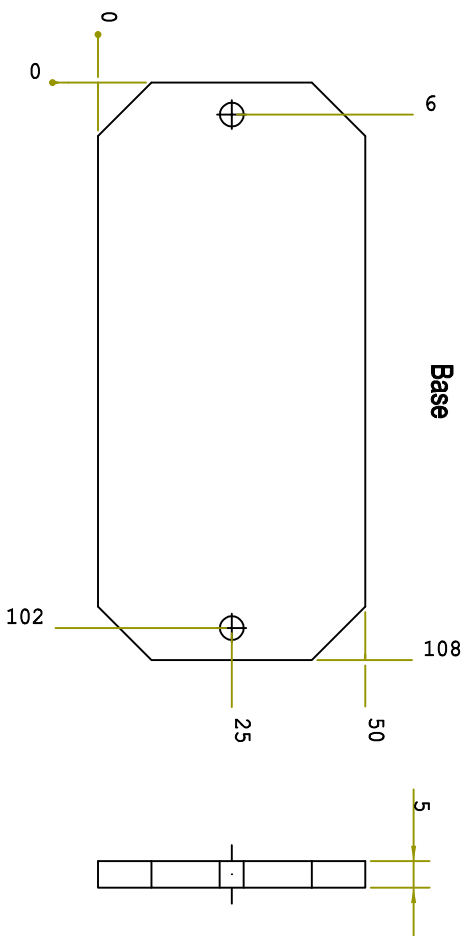






TABELA AUTO CONTROLO		OPERADOR
DIM	RES. MEDIÇÃO	
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
I		
J		
K		

TOL. GENERAL GEN. TOLERANCE ISO 2768-MH		Dimensões Máximas		NOTA: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CODIGO DE CORES			
Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, não pode ser copiado ou divulgado sem autorização. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.		QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO NR ELEMENT N°
REVISÃO Nº REVISION N°: 2.0	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY: 2019/1/13 dânnunes	3x2	//	//	//	//	//
CLIENTE CLIENT DMF	REF. CLIENTE CLIENT REF.: //	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY:	PROLECTO PROJECT Pega Transfer	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY:	 		
ESCALA SCALE 1:1	DESIGNAÇÃO DESIGNATION: Anel do perfil Base Pega						A3
					CODIGO DES:  DWG CODE: //		

ANEXO X – Desenhos técnicos dos elementos do novo sistema *transfer*

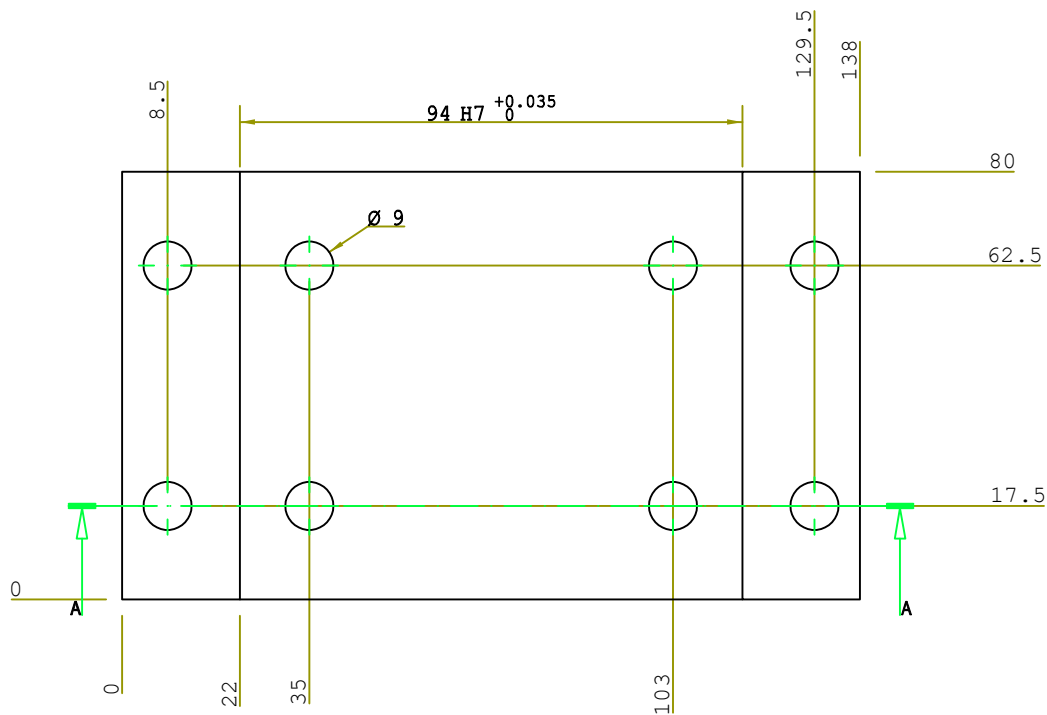
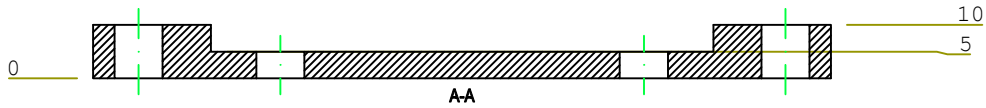
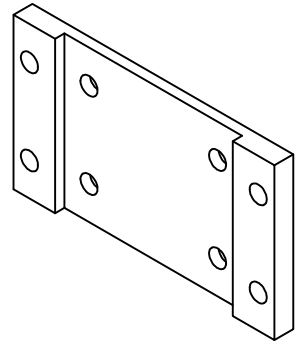



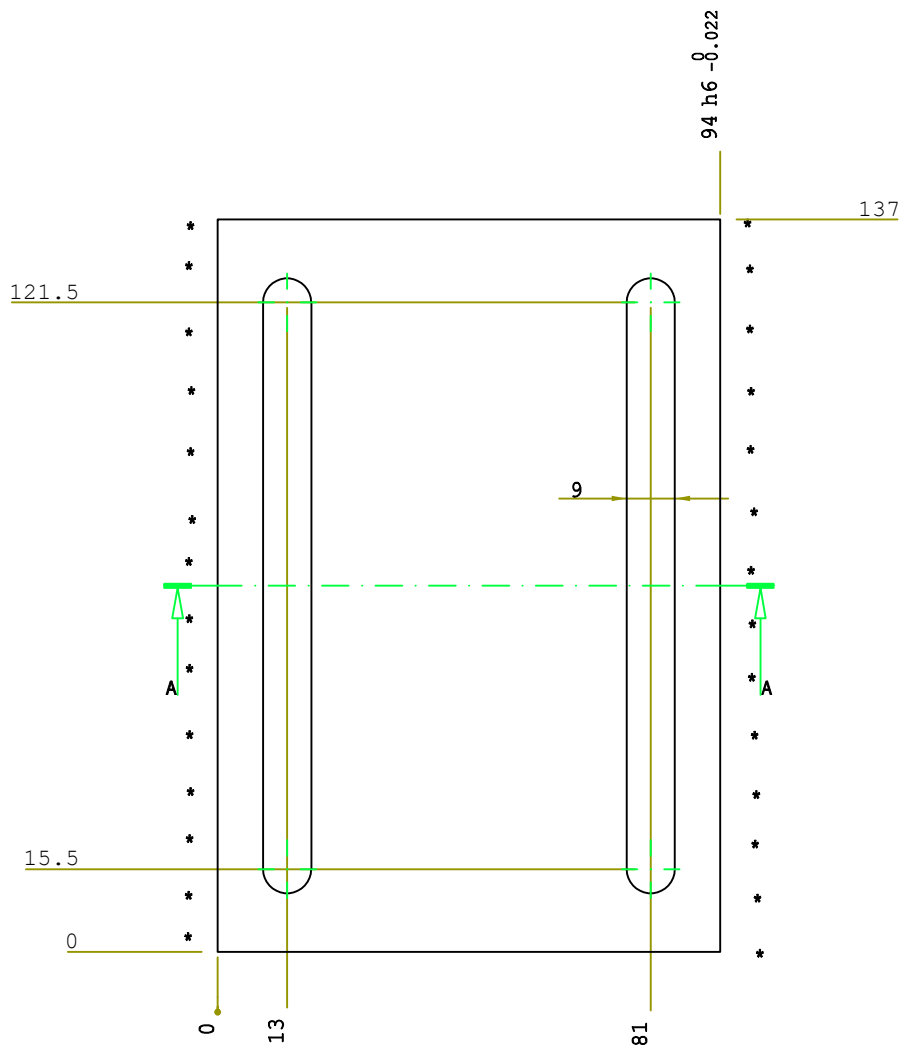
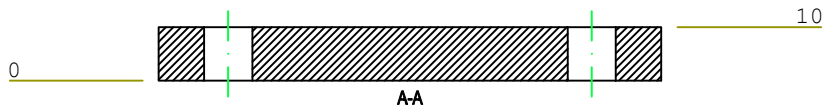
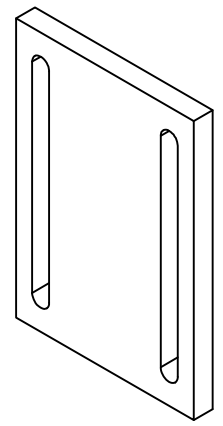

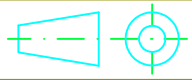


TABELA AUTO CONTROLO			TOL. GERAL GEN. TOLERANCE	Dimensões Máximas		NOTA: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES						
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	ISO 2768-M	10x80x138		QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT N°	
A			Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.			18	5083 Retif.	//	// / LADO	//	T02_001	
B			REVISAO Nº REVISION N°	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		 				
C			1.0	- dannunes								
D			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.	PROJECTO PROJECT							
E			//	462	//							
F			ESCALA SCALE	DESIGNAÇÃO DESIGNATION	Placa deslize horizontal // Transfer							
G									A4			
H			1:1				CODIGO DES. DRAW CODE					
I							//					
J												
K												



* Para corte por jato de água, deixar sobre-espessura de 1mm nas faces assinaladas

TABELA AUTO CONTROLO			TOL. GERAL GEN. TOLERANCE	Dimensões Máximas		NOTA: NOTE: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES					
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	ISO 2768-M	10x94x137		QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TÉRMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT N°
A			Este desenho é propriedade da GESTAMP AVEIRO, não pode ser copiado ou divulgado sem autorização. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.			18	5083 Retif.	//	// / LADO	//	T02_002
B			REVISÃO Nº REVISION N°	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		 Gestamp Aveiro			
C			1.0	- dannunes							
D			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.	PROJECTO PROJECT						
E			//	462	//						
F			ESCALA SCALE	DESIGNAÇÃO DESIGNATION		CODIGO DES. DRAW CODE		A4			
G			1:1	Placa deslizes vertical // Transfer		//					
H											
I											
J											
K											

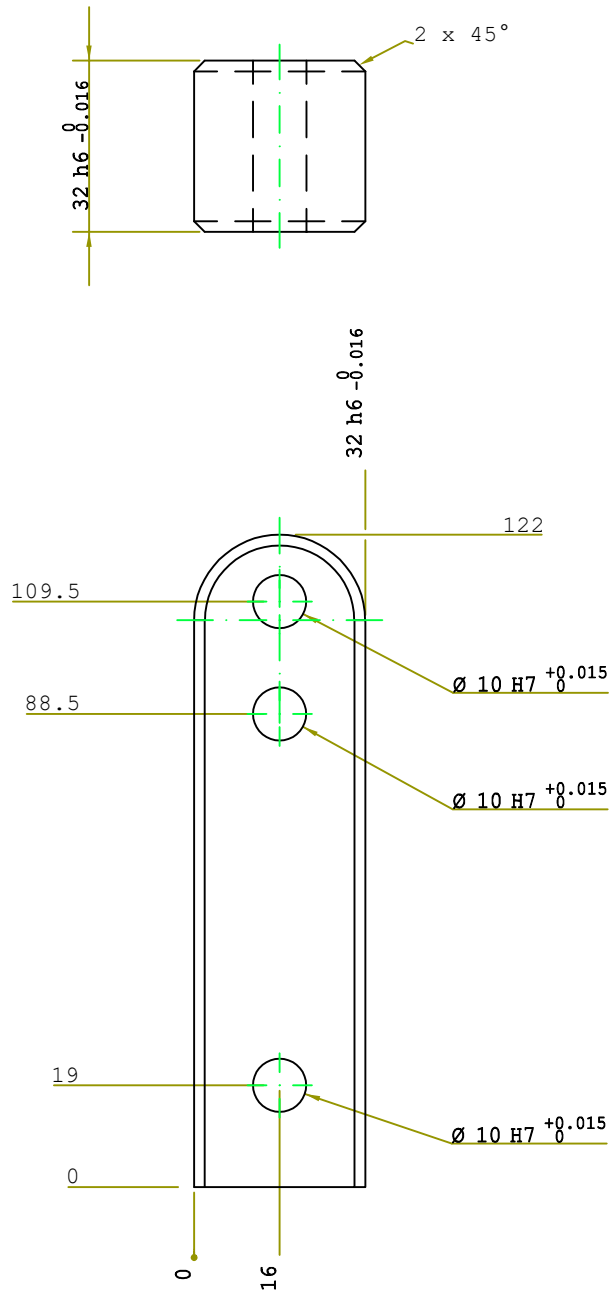
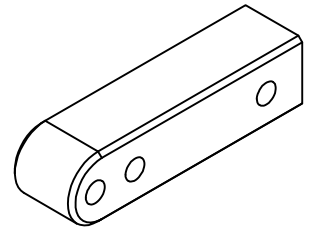





TABELA AUTO CONTROLO			TOL. GERAL GEN. TOLERANCE	Dimensões Máximas		NOTA: NOTE: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES					
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	ISO 2768-M	32x32x122		QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT N°
A			Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.		8	5083 Retif.	//	// / LADO	//	T02_003	
B			REVISAO Nº REVISION N°	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		 			
C			1.0	- dannunes							
D			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.	PROJECTO PROJECT						
E			//	462	//						
F			ESCALA SCALE	DESIGNAÇÃO DESIGNATION	Guiamento pinça // Transfer				A4		
G			1:1								
H											
I											
J							CODIGO DES. DRAW CODE				
K							//				

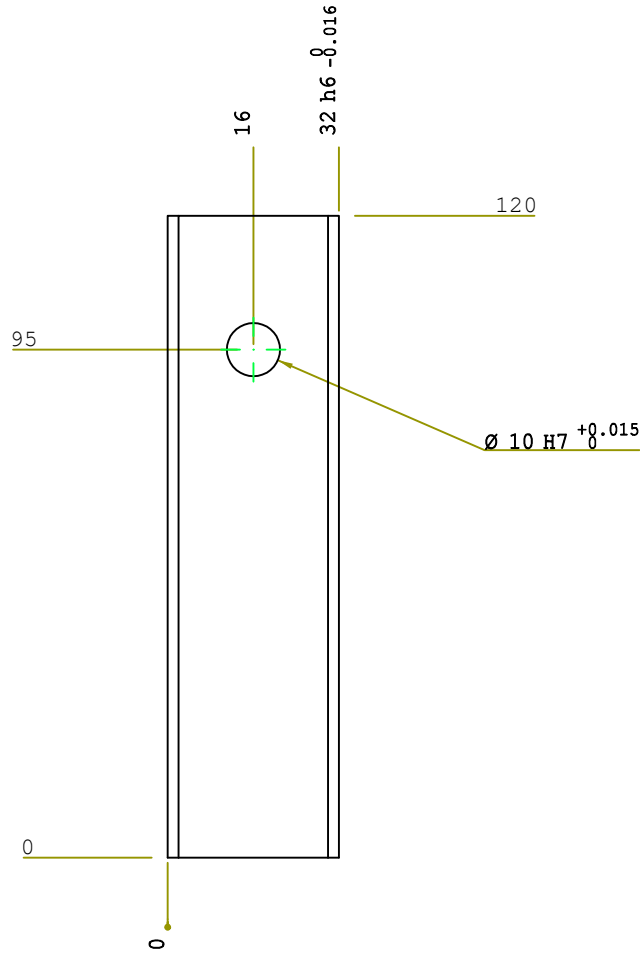
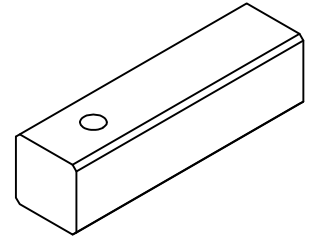
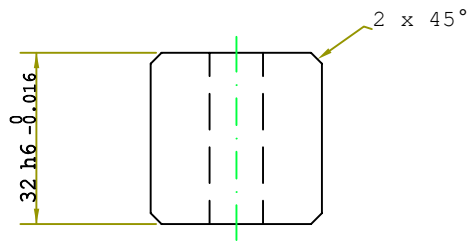

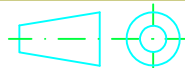
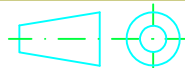


TABELA AUTO CONTROLO			TOL. GERAL GEN. TOLERANCE ISO 2768-TH		Dimensões Máximas 32x32x120		NOTA: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, não pode ser copiado ou divulgado sem autorização. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.		QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT N°
A					10	5083 Retif.	//	// / LADO	//	T02_004
B										
C										
D			REVISAO Nº REVISION N°	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		 Gestamp Aveiro		
E			1.0	- dannunes						
F			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.	PROJECTO PROJECT					
G			//	462	//					
H			ESCALA SCALE	DESIGNAÇÃO DESIGNATION	Guiamento colher // Transfer					A4
I			1:1							
J							CODIGO DES. DRAW CODE			
K							//			

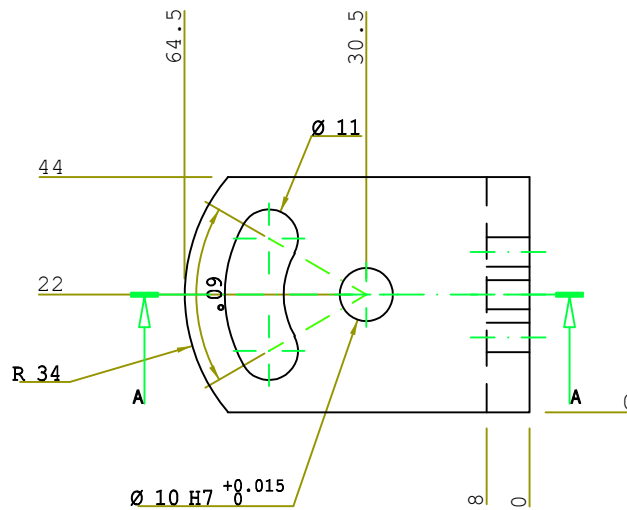
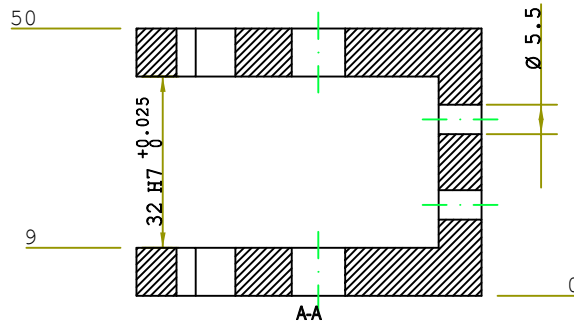
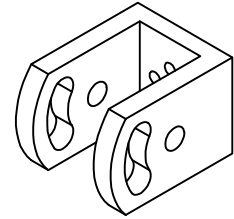

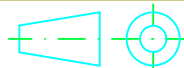


TABELA AUTO CONTROLO			TOL. GERAL GEN. TOLERANCE	Dimensões Máximas		NOTA: NOTE: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES					
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	ISO 2768-M	44x50x64.5		QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT N°
A			Este desenho é propriedade da GESTAMP AVEIRO, não pode ser copiado ou divulgado sem autorização. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.			4	5083 Retif.	//	// / LADO	//	T02_005
B											
C											
D			REVISÃO Nº REVISION N°	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		 Gestamp Aveiro			
E			1.0	- dannunes							
F			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.	PROJECTO PROJECT						
G			//	462		//					
H			ESCALA SCALE	DESIGNAÇÃO DESIGNATION	Suporte angular // Transfer				A4		
I			1:1				CODIGO DES. DRAW CODE				
J							//				
K											

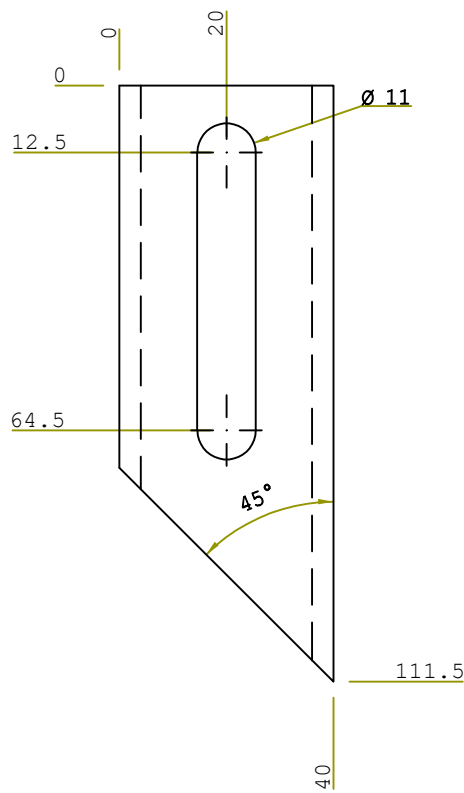
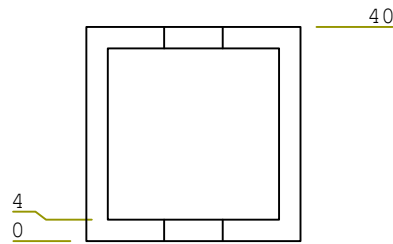
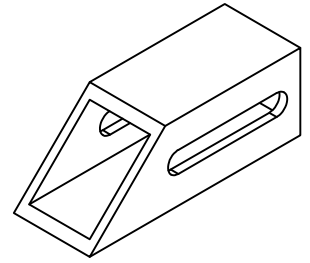


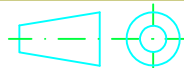


TABELA AUTO CONTROLO			TOL. GERAL GEN. TOLERANCE ISO 2768-M		Dimensões Máximas 40x40x111.5		NOTA: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	Este desenho é propriedade da GESTAMP AVEIRO, não pode ser copiado ou divulgado sem autorização. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.		QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT N°
A					6	AW6063	//	// / LADO	//	T02_006
B										
C										
D			REVISAO Nº REVISION N°	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		 		
E			1.0	- dannunes						
F			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.	PROJECTO PROJECT					
G			//	462	//					
H			ESCALA SCALE	DESIGNAÇÃO DESIGNATION	Perfil horiz pinça // Transfer					A4
I			1:1							
J							CODIGO DES. DRAW CODE			
K							//			

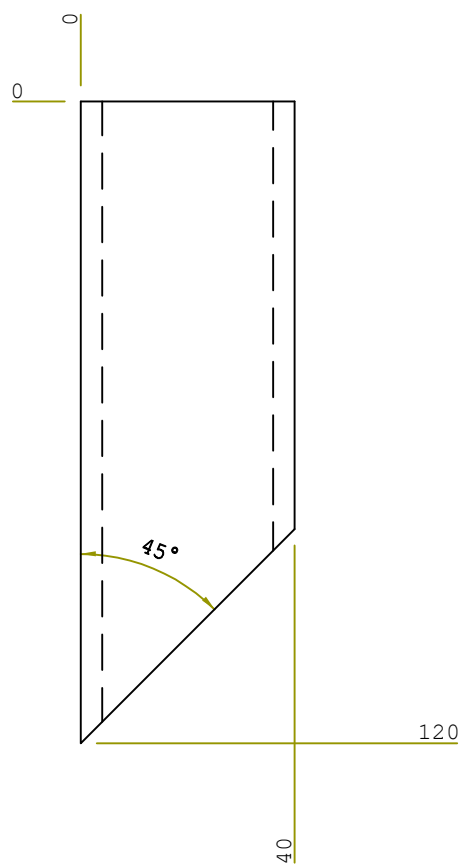
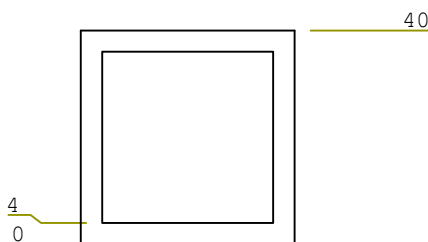
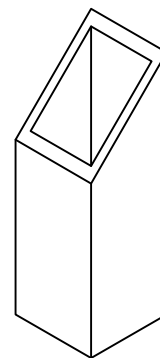

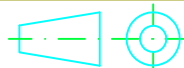
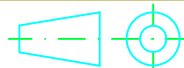


TABELA AUTO CONTROLO			TOL. GERAL GEN. TOLERANCE	Dimensões Máximas		NOTA: NOTE: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES					
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	ISO 2768-TH	40x40x120		QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT N°
A			Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.			6	AW6063	//	// / LADO	//	T02_007
B			REVISAO Nº REVISION N°	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		 Gestamp Aveiro			
C			1.0	- dannunes							
D			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.	PROJECTO PROJECT						
E			//	462	//						
F			ESCALA SCALE	DESIGNAÇÃO DESIGNATION	Perfil vert pinça // Transfer						
G			1:1								
H						CODIGO DES. DRAW CODE		A4			
I						//					
J											
K											

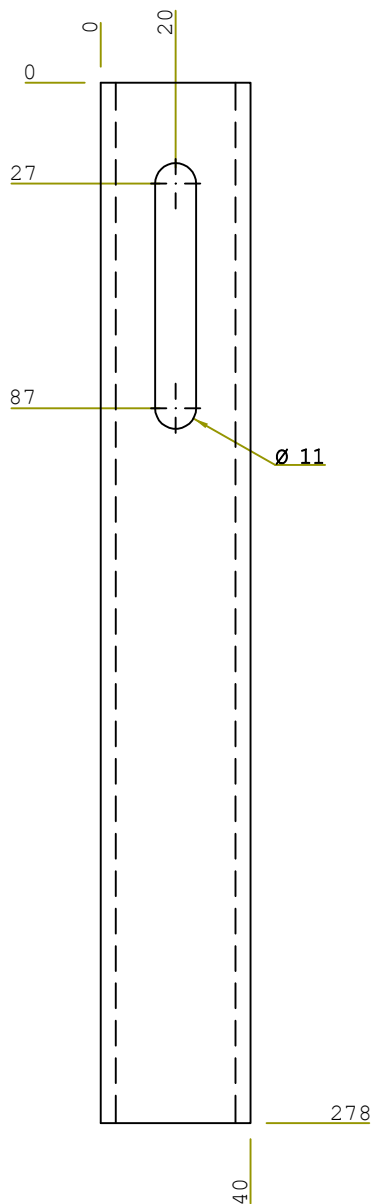
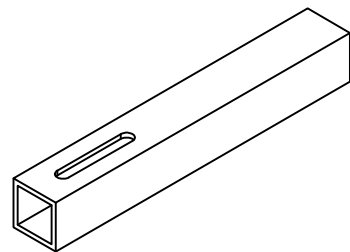
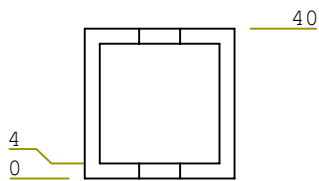










TABELA AUTO CONTROLO			TOL. GERAL GEN. TOLERANCE	Dimensões Máximas		NOTA: NOTE: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES					
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	ISO 2768-M	40x40x278		QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT N°
A			Este desenho e propriedade da GESTAMP AVEIRO, nao pode ser copiado ou divulgado sem autorizacao. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.		10	AW6063	//	// / LADO	//	T02_008	
B			REVISAO Nº REVISION N°	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		 			
C			1.0	- dannunes							
D			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.	PROJECTO PROJECT						
E			//	462	//						
F			ESCALA SCALE	DESIGNAÇÃO DESIGNATION	Perfil horiz colher // Transfer						
G			1:1.43								
H											
I											
J											
K											
											
											

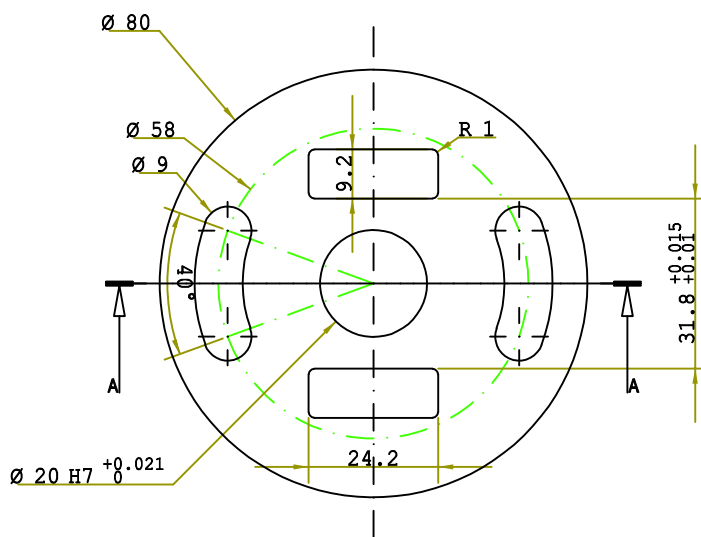
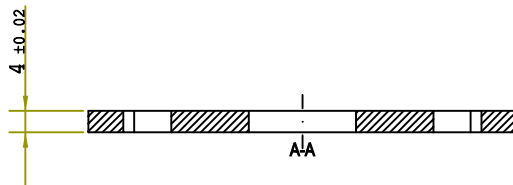
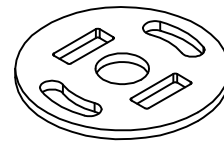




TABELA AUTO CONTROLO			TOL. GERAL GEN. TOLERANCE ISO 2768-fH		Dimensões Máximas 4xØ80		NOTA: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	Este desenho é propriedade da GESTAMP AVEIRO, não pode ser copiado ou divulgado sem autorização. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.		QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT N°
A					4	5083 Retif.	//	// / LADO	//	T02_009
B										
C										
D			REVISAO Nº REVISION N°	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		 Gestamp Aveiro		
E			1.0	- dannunes						
F			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.	PROJECTO PROJECT					
G			//	462	//					
H			ESCALA SCALE	DESIGNAÇÃO DESIGNATION	Disco ajuste braço // Transfer				A4	
I			1:1							
J										
K										
							CODIGO DES. DRAW CODE		//	

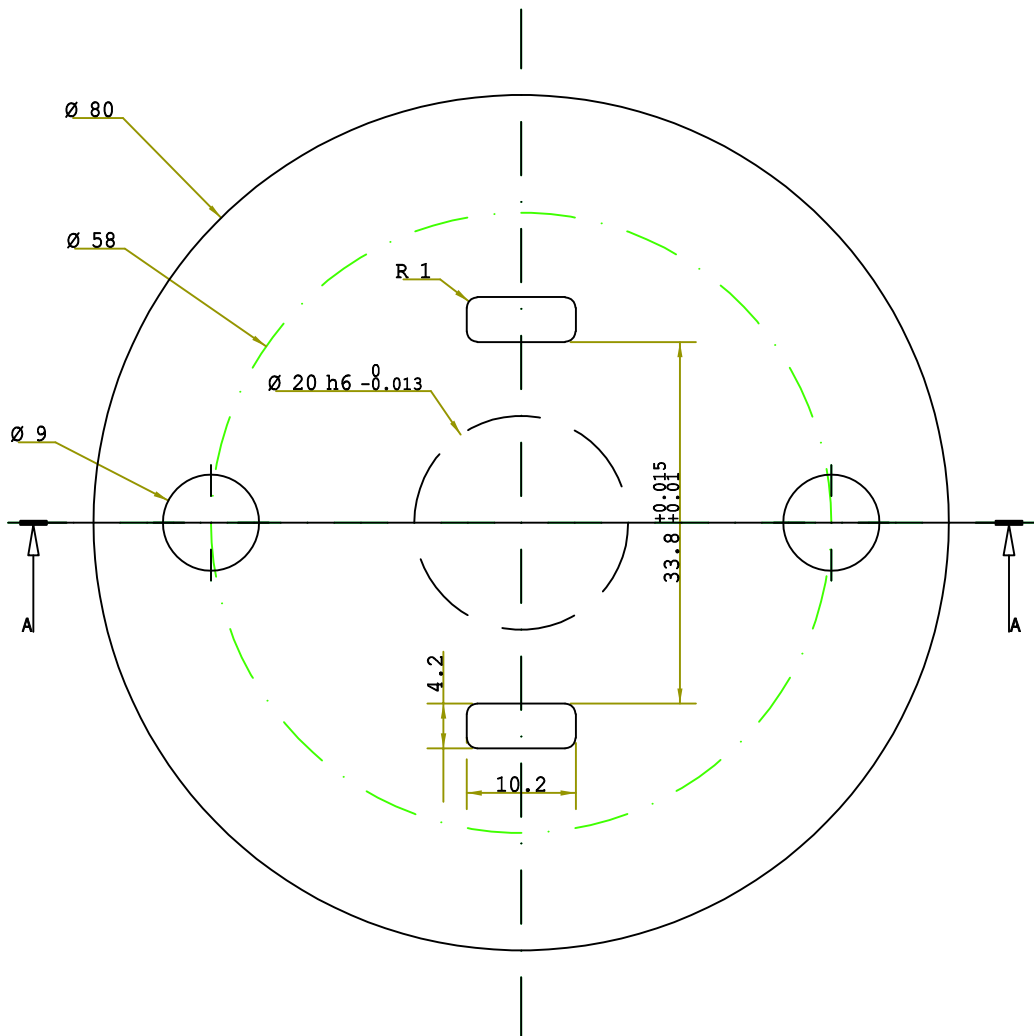
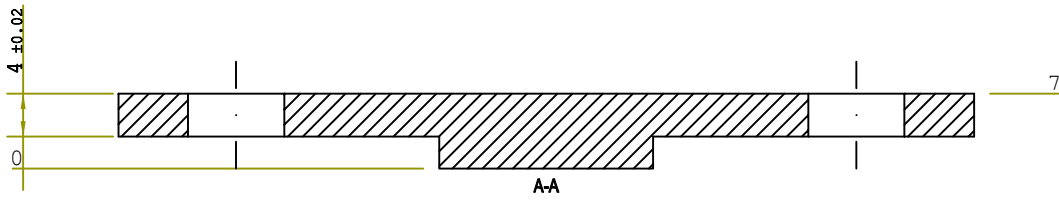

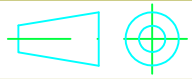


TABELA AUTO CONTROLO			TOL. GERAL GEN. TOLERANCE ISO 2768-M		Dimensões Máximas 7xØ80		NOTA: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	REVISÃO Nº REVISION Nr.	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT Nr.
A			1.0	dannunes			//	// / LADO	//	T02_010
B										
C										
D										
E										
F										
G										
H										
I										
J										
K										

Gestamp 

Gestamp Aveiro



A4

CODIGO DES. DRAW CODE

//

Disco ajuste pinça
// | Transfer

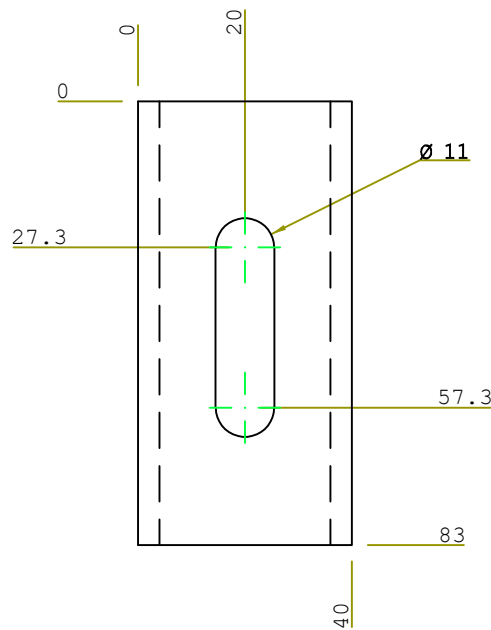
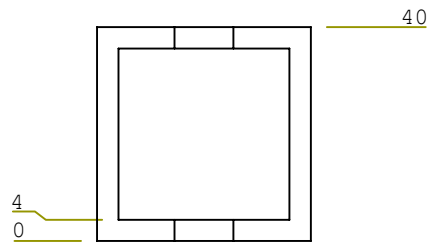
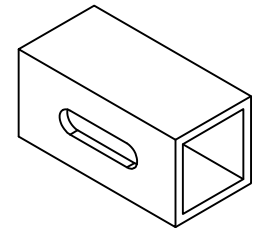


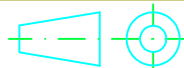


TABELA AUTO CONTROLO			TOL. GERAL GEN. TOLERANCE ISO 2768-1H		Dimensões Máximas 40x40x83		NOTA: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES		
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT N°	
A			2	AW6063	//	// / LADO	//	T02_011	
B									
C									
D			REVISAO Nº REVISION N°	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		 	
E			1.0	- dannunes					
F			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.	PROJECTO PROJECT				
G			//	462	//				
H			ESCALA SCALE	DESIGNAÇÃO DESIGNATION					A4
I			1:1	Perfil horiz pinça // Transfer					
J						CODIGO DES. DRAW CODE			
K						//			

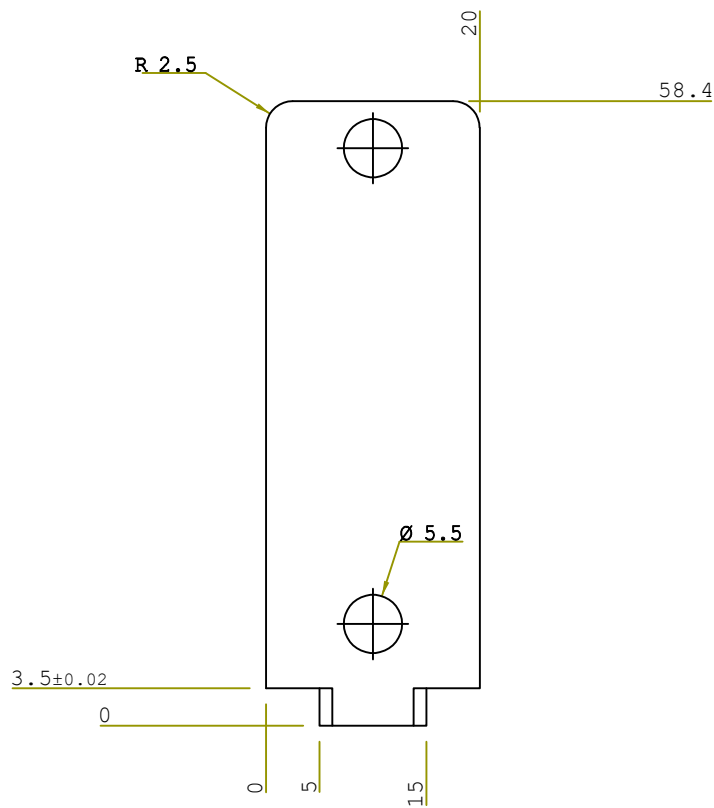
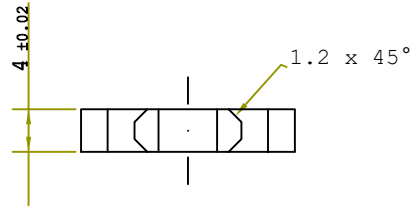


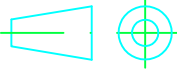




TABELA AUTO CONTROLO			TOL. GERAL GEN. TOLERANCE	Dimensões Máximas		NOTA: NOTE: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES					
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	ISO 2768-M	4x20x58.4		QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT N°
A			Este desenho é propriedade da GESTAMP AVEIRO, não pode ser copiado ou divulgado sem autorização. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.			8	5083 Retif.	//	// / LADO	//	T02_013
B			REVISÃO Nº REVISION N°	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		 			
C			1.0	- dannunes							
D			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.	PROJECTO PROJECT		 				
E			//	462	//						
F			ESCALA SCALE	DESIGNAÇÃO DESIGNATION	Postiço disco pinça // Transfer						
G			2:1								
H					CODIGO DES. DRAW CODE						
I					//						
J											
K											

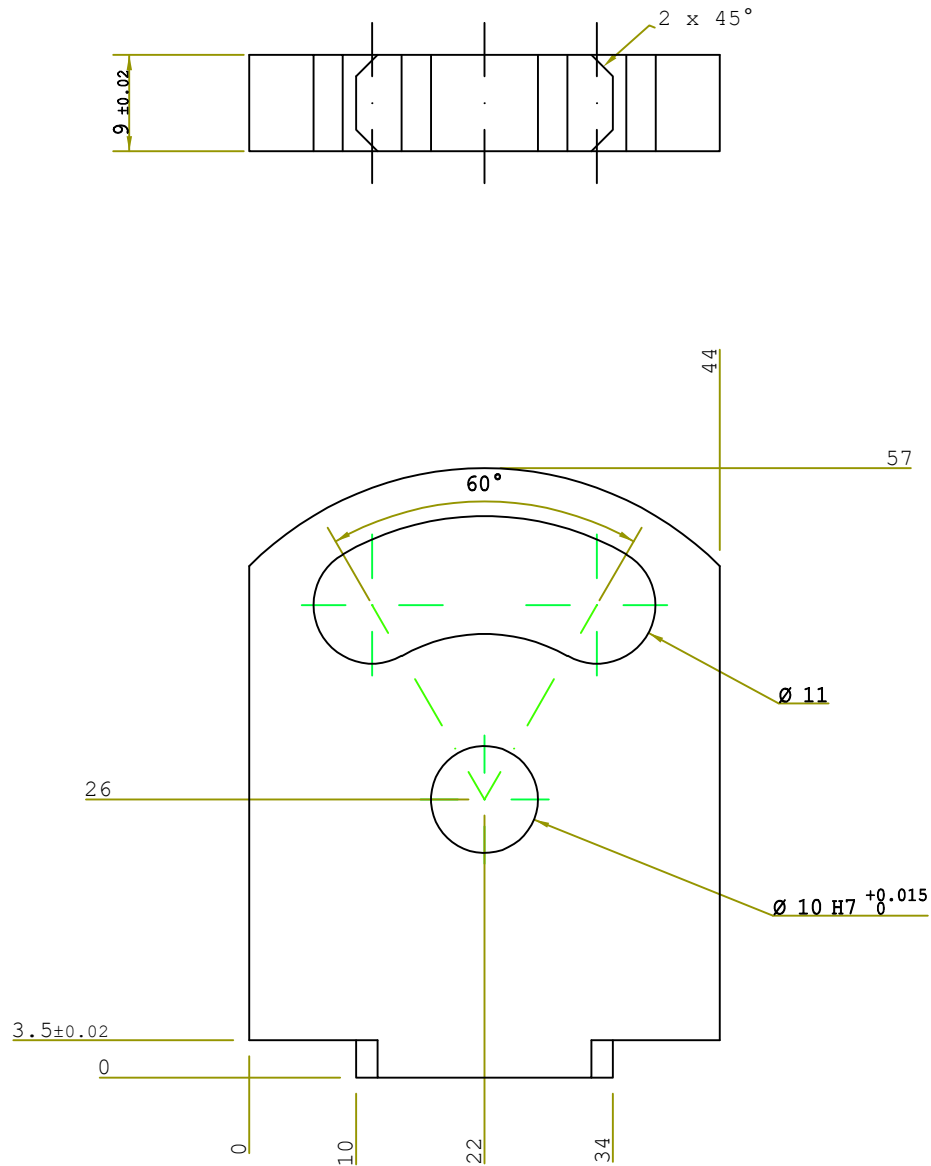

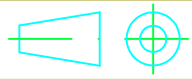



TABELA AUTO CONTROLO			TOL. GERAL GEN. TOLERANCE ISO 2768-1H		Dimensões Máximas 9x44x57		NOTA: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES			
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	ESTE DESENHO É PROPRIEDADE DA GESTAMP AVEIRO, NÃO PODE SER COPIADO OU DIVULGADO SEM AUTORIZAÇÃO. THIS DRAWING IS PROPERTY OF GESTAMP AVEIRO, CANNOT BE DUPLICATED OR CIRCULATED WITHOUT PERMISSION.	QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT N°	
A			Este desenho é propriedade da GESTAMP AVEIRO, não pode ser copiado ou divulgado sem autorização. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.	8	5083 Retif.	//	// / LADO	//	T02_014	
B				REVISÃO Nº REVISION N°	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY	 Gestamp Aveiro		
C				1.0	-					
D				CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.	PROJECTO PROJECT				
E				//	462	//				
F				ESCALA SCALE	DESIGNAÇÃO DESIGNATION	Postiço disco braço // Transfer				
G				2:1						
H										A4
I										
J										
K										

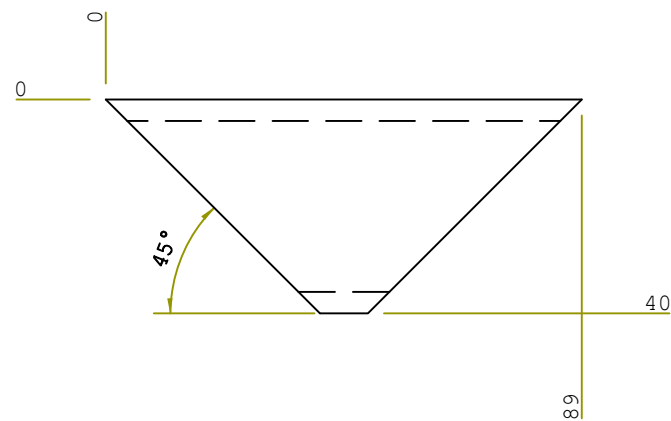
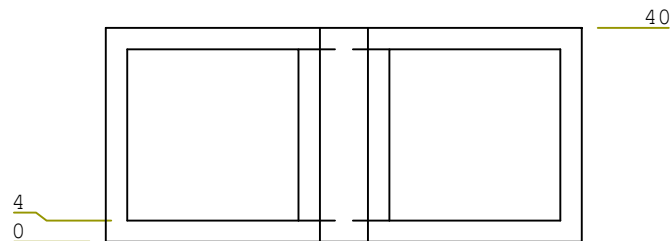
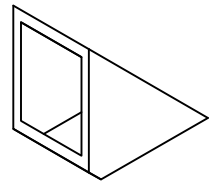






TABELA AUTO CONTROLO			TOL. GERAL GEN. TOLERANCE	Dimensões Máximas		NOTA: TOLERÂNCIAS DO 2D PREVALECEM SOBRE CÓDIGO DE CORES					
DIM	RES. MEDIÇÃO	OPERADOR	ISO 2768-M	40x40x89		QUANTIDADE QUANTITY	MATERIAL MATERIAL	TRAT. TERMICO HEAT TREAT.	FOLGA CORTE REST CUT	SOBRE-ESP. ALLOWANCE	ELEMENTO Nº ELEMENT N°
A			Este desenho é propriedade da GESTAMP AVEIRO, não pode ser copiado ou divulgado sem autorização. This drawing is property of GESTAMP AVEIRO, cannot be duplicated or circulated without permission.			6	AW6063	//	// / LADO	//	T02_015
B			REVISÃO Nº REVISION N°	DESENHADO EM POR DRAW DATE BY	VERIFICADO EM POR CHECKED DATE BY	APROVADO EM POR APPROVED DATE BY		 			
C			1.0	- dannunes							
D			CLIENTE CLIENT	REF. CLIENTE CLIENT REF.	PROJECTO PROJECT						
E			//	462	//						
F			ESCALA SCALE	DESIGNAÇÃO DESIGNATION	Reforço perfil // Transfer						
G			1:1								
H						CODIGO DES. DRAW CODE		A4			
I						//					
J											
K											

ANEXO XI – Tempos de paragem da ferramenta 462 com
o novo sistema *transfer*

Data	Tempo total	Tempo produção	Tempo paragem <i>transfer</i>	% Tempo parado - <i>transfer</i>	Tempo paragem ferramenta	% Tempo parado - ferramenta	Rácio parado / produção
01/07/2020	16:47:27	09:43:57	00:07:04	0,70%	03:12:19	19,09%	32,93%
07/07/2020	10:34:53	06:10:03	00:00:00	0,00%	01:16:41	12,08%	20,72%
08/07/2020	07:18:00	04:38:25	00:00:00	0,00%	00:23:23	5,34%	8,40%
09/07/2020	05:36:43	03:15:04	00:00:00	0,00%	01:07:18	19,99%	34,50%
12/07/2020	19:15:56	13:21:11	00:03:30	0,30%	01:19:02	6,84%	9,86%
21/07/2020	12:10:36	08:15:05	00:12:31	1,71%	00:12:31	1,71%	2,53%
24/07/2020	02:07:49	01:20:54	00:04:03	3,17%	00:08:35	6,72%	10,61%
27/07/2020	03:42:56	02:00:04	00:00:00	0,00%	00:03:38	1,63%	3,03%
30/07/2020	13:38:33	08:36:46	00:14:17	1,74%	01:59:24	14,59%	23,11%
18/08/2020	10:42:34	06:29:34	00:00:00	0,00%	00:00:05	0,01%	0,02%
19/08/2020	06:32:09	05:14:46	00:00:00	0,00%	00:00:00	0,00%	0,00%
22/08/2020	11:28:35	08:25:15	00:00:00	0,00%	00:31:19	4,55%	6,20%
28/08/2020	13:45:07	10:48:10	00:00:00	0,00%	00:00:00	0,00%	0,00%
02/09/2020	11:20:51	07:40:05	00:02:13	0,33%	00:55:46	8,19%	12,12%
06/09/2020	04:22:08	03:05:52	00:00:00	0,00%	00:00:00	0,00%	0,00%
07/09/2020	03:17:09	02:17:39	00:00:00	0,00%	00:14:13	7,21%	10,33%
10/09/2020	08:22:00	02:48:48	00:00:00	0,00%	00:00:00	0,00%	0,00%
14/09/2020	05:28:44	03:06:16	00:00:00	0,00%	00:01:53	0,57%	1,01%