



DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO CONCEITO DE EQUIPAMENTO FLEXÍVEL PARA A INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

LUÍS MANUEL NETO AFONSO

dezembro de 2019

DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO CONCEITO DE EQUIPAMENTO FLEXÍVEL PARA A INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

Luís Manuel Neto Afonso
1130314

2019
Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO CONCEITO DE EQUIPAMENTO FLEXÍVEL PARA A INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

Luís Manuel Neto Afonso
1130314

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 Francisco José Gomes da Silva e coorientação do Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho, Professores Adjuntos do Departamento de Engenharia Mecânica do ISEP.

2019

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



JÚRI

Presidente

Doutora Isabel Cristina Silva Barros Rodrigues Mendes Pinto
Professora Adjunta, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

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

Coorientador

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

Arguente

Doutor Jorge Humberto Oliveira Seabra
Professor Catedrático, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores, Doutor Francisco Silva e Doutor Raul Campilho, por todo o apoio prestado ao longo das várias fases da elaboração da dissertação. É de realçar, a sua grande disponibilidade e dedicação aos alunos.

Ao antigo Diretor geral da PPRR-Metal, Mário Cardoso, pela oportunidade de estágio e pela partilha da sua vasta experiência profissional.

À equipa de projeto da PPRR-Metal, que me ajudaram sempre que foi necessário. Em particular, ao Diogo Figueiredo, pela maior proximidade ao projeto.

Aos colegas de curso, em particular, ao meu amigo Nuno Martins. Foi uma ajuda essencial, que se prolongou para além do período de estágio que realizamos juntos.

À minha família, pelos valores que me transmitiram e a educação que me proporcionaram. Foram um apoio essencial ao longo de todo o meu percurso escolar.

Aos meus amigos que sempre estiveram comigo, ajudando-me a atravessar os obstáculos que às vezes pareciam intransponíveis.

À minha namorada, por tudo.

“O desenvolvimento progressivo do Homem, depende vitalmente da invenção.”

Nikola Tesla

PALAVRAS CHAVE

Indústria Automóvel, Cabos de Comando, Otimização de processos, Equipamento flexível, Projeto Mecânico.

RESUMO

A indústria automóvel procura o aumento da produtividade de forma sistemática, com foco na redução de custos e no aumento da competitividade. Ao mesmo tempo, os prazos de entrega devem ser cumpridos, mantendo o elevado nível de qualidade exigido pelo cliente.

Atualmente, a indústria automóvel apresenta uma gama de produtos de alta variedade, o que torna clara, a procura por maior flexibilidade nos sistemas de produção. Uma solução para esta variabilidade de encomendas é olhar para inovações tecnológicas, capazes de automatizar processos. Surge assim, a necessidade de desenvolver equipamentos mais automatizados e flexíveis.

Ao longo deste trabalho será desenvolvido um projeto mecânico de um equipamento para o fabrico de cabos de comandos. A principal vantagem deste novo conceito é a otimização do processo com a eliminação de vários desperdícios atualmente existentes. Trata-se de um equipamento flexível, por isso, consegue ajustar facilmente a sua produção às necessidades de cada tipo de produto. Para além disso, a automatização garante à empresa uma menor dependência do fator mão-de-obra, permitindo um maior controlo de produção, maior segurança dos operadores e maior qualidade do produto. A eliminação de desperdícios apresenta uma poupança direta nos custos, aumentando assim, a produtividade. Este é um objetivo fundamental para o desenvolvimento de qualquer empresa, especialmente, neste setor extremamente competitivo.

Os resultados da análise ao trabalho desenvolvido permitem uma rápida amortização de custos, uma vez que é obtido o mesmo produto, com menos uma operação. Isto implica uma redução de 60% no custo da mão de obra, poupança de recursos materiais e energéticos, menos manutenção e mais espaço de fábrica. Por outro lado, o aumento de qualidade diminui os cabos com defeito, e conseqüentemente, aumentam as receitas.

KEYWORDS

Automotive Industry, Bowden Cables, Process Optimization, Flexible Equipment, Mechanical Design.

ABSTRACT

The automotive industry systematically seeks to increase productivity with a focus on reducing costs and increasing competitiveness at the same time. Delivery deadlines must be met while maintaining the high level of quality required by the customer.

Nowadays, the automotive industry presents a high-variety range of products, which makes clear the demand for higher flexibility in production systems. A solution for this kind of variety on demand is to look for technological innovations which are capable of automating processes. Thus, arises the need to develop more automated and flexible equipment.

Throughout this work is developed a mechanical design of an equipment for the Bowden cables manufacturing. The main advantage of this new concept is the optimization of the process by the elimination of many existing wastes. It is a flexible equipment, thus it can easier adjust production to the needs of each type of product. Moreover, automation allows the company less dependent on labor force, allowing as well greater production control, better operator safety and higher quality. Waste elimination has direct cost savings, improving as well the productivity. This goal is crucial for the development of any company, especially in this extremely competitive sector.

Analysis results of this work allow a quick amortization of costs, because with the new equipment, the same product is obtained with one less operation. This results in 60% reduction of the labor force costs, material and energy resources savings, less maintenance and more plant space. Moreover, the quality increase will reduce the defective cables, and consequently provide higher revenue on sales.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

<Termo>	<Designação>
ACAP	Associação Automóvel de Portugal
AFIA	Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel
CAD	<i>Computer Assisted Design</i>
CNC	Controlo Numérico Computorizado
DC	<i>Direct Current</i>
FMSs	<i>Flexible Manufacturing Systems</i>
IA	Indústria Automóvel
ISO	Organização Internacional para a Normalização
IFR	<i>International Federation of Robotics</i>
MEF	Método dos Elementos Finitos
OEE	<i>Overall Equipment Efficiency</i>
OICA	Organização Internacional dos Construtores de Automóveis
PIB	Produto Interno Bruto
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
SWOT	<i>Strenghts – Weaknesses – Opportunities – Threats</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
UE	União Europeia
ZAMAK	Acrónimo alemão para os elementos primários da liga <i>Zink</i> (Zinco), <i>ALuminium</i> (Alumínio), <i>MAGnesium</i> (Magnésio) e <i>Kupfer</i> (Cobre)
ZM1	Zamak Machine 1
ZM2	Zamak Machine 2

Lista de Unidades

<Termo>	<Designação>
°	Grau
<i>bar</i>	bar
°C	Grau Celsius
<i>GPa</i>	Giga Pascal
<i>kg</i>	Quilograma
<i>m</i>	Metro
<i>mm</i>	Milímetro
<i>mm/s</i>	Milímetro por segundo
<i>min</i>	Minuto
<i>Pa</i>	Pascal
<i>N</i>	Newton
<i>s</i>	Segundo

Lista de Símbolos

<Termo>	<Designação>
Al	Símbolo químico - Alumínio
Cu	Símbolo químico - Cobre
Fe	Símbolo químico - Ferro
Pb	Símbolo químico - Chumbo
Ni	Símbolo químico - Níquel
Sn	Símbolo químico - Estanho
€	Euro
%	Percentagem
∅	Diâmetro

GLOSSÁRIO DE TERMOS

<Termo>	<Designação>
<i>Layout</i>	Disposição do espaço da empresa por zonas/secções, ou seja, departamentos, equipamentos, postos de trabalho, caminhos de passagem, entre outros.
<i>Produtividade</i>	Razão entre o que se produz e o tempo que se consome.
<i>Payback</i>	Tempo de recuperação/ reembolso do investimento realizado.
<i>Setup</i>	Processo de mudança da produção de um item para outro na mesma máquina ou equipamento, que exija troca de ferramenta e/ou dispositivo. O tempo de <i>setup</i> é compreendido entre a última unidade produzida de um ciclo, até à primeira unidade com qualidade do ciclo seguinte.
<i>Stock</i>	Material em armazém para expedição para cliente, ou como matéria-prima para fornecimento da própria produção da fábrica.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - EVOLUÇÃO DAS EXIGÊNCIAS DO CLIENTE [ADAPTADO DE (SANTOS, 2015)].....	9
FIGURA 2 - DISTRIBUIÇÃO DAS FÁBRICAS DA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL NO TERRITÓRIO PORTUGUÊS (AFIA, 2019)	12
FIGURA 3 - CABO DE COMANDO DA REFERÊNCIA ZZH (AUTORIA PRÓPRIA)	15
FIGURA 4 - CABOS DE COMANDO PRESENTES NUM AUTOMÓVEL [ADAPTADO DE (LIANYI, 2019)]	16
FIGURA 5 - PROCESSO DE ENROLAMENTO DE UM CABO DE AÇO (SANTOS, 2018)	17
FIGURA 6 - CONFIGURAÇÕES DE UM CABO METÁLICO (CHEN ET AL., 2014)	17
FIGURA 7 - EXEMPLO DE TERMINAIS DE UM CABO DE COMANDO (CARDOSO, 2004).....	18
FIGURA 8 - EXEMPLOS DE TERMINAIS DE CABOS INJETADOS (CARDOSO, 2004)	18
FIGURA 9 - EXEMPLO DE FLOR SEM DEFEITOS (AUTORIA PRÓPRIA).....	20
FIGURA 10 - EXEMPLO DE FLOR COM DEFEITOS (AUTORIA PRÓPRIA).....	20
FIGURA 11 - INJEÇÃO EM CÂMARA FRIA (FERREIRA, 2017)	21
FIGURA 12 - INJEÇÃO EM CÂMARA QUENTE (FERREIRA, 2017).....	22
FIGURA 13 - EXEMPLO DE PREENCHIMENTO INCOMPLETO (FERREIRA, 2017)	25
FIGURA 14 - EXEMPLO DE POROSIDADES	26
FIGURA 15 - EXEMPLO DE RECHUPES.....	26
FIGURA 16 - EXEMPLO DE REBARBAS (FERREIRA, 2017)	26
FIGURA 17 - AUTOMATIZAÇÃO FIXA (SEQUETIN, 2019).....	31
FIGURA 18 - AUTOMATIZAÇÃO PROGRAMÁVEL (LAGUN, 2019)	32
FIGURA 19 - AUTOMATIZAÇÃO FLEXÍVEL (GREENFIELD, 2013).....	32
FIGURA 20 - TIPOS DE AUTOMAÇÃO (SOARES, 2015)	32
FIGURA 21 - ESTIMATIVA DO VOLUME DE VENDAS MUNDIAL, POR ANO, DE ROBÔS INDUSTRIAIS, ((IFR), 2018)	34
FIGURA 22 - CONJUNTO DE REFERÊNCIAS ZZH	42
FIGURA 23 - ESQUEMA DIMENSIONAL DO CABO DE COMANDO	42
FIGURA 24 -ESQUEMA DA SOLUÇÃO ATUAL GLOBAL	43
FIGURA 25 - ESQUEMA DA SOLUÇÃO ATUAL SIMPLIFICADA	44
FIGURA 26 - ESQUEMA DIMENSIONAL DE UM CABO DE COMANDO	45
FIGURA 27 - MÁQUINA ZAMAK STANDARD	46
FIGURA 28 - CONJUNTO BORBOLETA OK/NOK	48
FIGURA 29 - MOVIMENTO DA BANCADA	48
FIGURA 30 - SOLUÇÃO A (DESENROLADOR + COMPENSADOR).....	49
FIGURA 31 - ESBOÇO DA SOLUÇÃO A.....	50
FIGURA 32 - ESBOÇO DA SOLUÇÃO B	51
FIGURA 33 - ANÁLISE SWOT DA SOLUÇÃO A.....	52
FIGURA 34 - ANÁLISE SWOT DA SOLUÇÃO B.....	53
FIGURA 35 - ESQUEMA DE SOLUÇÃO A DESENVOLVER	57
FIGURA 36 - POSICIONAMENTO DO OPERADOR.....	58
FIGURA 37 – VISTA 3D DO PROJETO DO EQUIPAMENTO	59
FIGURA 38 – CONSTITUIÇÃO DO EQUIPAMENTO PELOS VÁRIOS CONJUNTOS	63
FIGURA 39 - CONJUNTO 1-MÁQUINA ZAMAK.....	64

FIGURA 40 - POSTOS DA MÁQUINA ZAMAK.....	64
FIGURA 41 – SUPORTE POSTO DA FLOR.....	66
FIGURA 42 - BASES DE APOIO DE CADA POSTO	66
FIGURA 43 - <i>TRANSFER</i> DESENVOLVIDO	67
FIGURA 44 - CONJUNTO 2- <i>GABARIT</i>	68
FIGURA 45 - ROTAÇÃO E GUIAMENTO DO <i>GABARIT</i>	68
FIGURA 46 – RÉGUA PARA INDEXADORES	69
FIGURA 47 - CONJUNTO 3 <i>TRANSFER</i> EXTRA.....	70
FIGURA 48 - SUBCONJUNTO 31 <i>TRANSFER</i>	70
FIGURA 49 – SUBCONJUNTO 32 MOVIMENTO DO <i>TRANSFER</i>	71
FIGURA 50 - DIAGRAMA DE ESFORÇOS.....	72
FIGURA 51 - LOCALIZAÇÃO DO CENTRO DE MASSA	73
FIGURA 52 – CONJUNTO 4-SUPORTE DE ESPIRAL	74
FIGURA 53 - FUNCIONAMENTO DA CORRENTE.....	75
FIGURA 54 - DETALHE DO SISTEMA DE AJUSTE À ESPIRAL.....	75
FIGURA 55 - CONJUNTO 5-CORTE	76
FIGURA 56 - SUBCONJUNTO 051 BASE MÓVEL.....	77
FIGURA 57 - POSIÇÃO DO CENTRO DE MASSA RELATIVAMENTE AOS PLANOS CENTRAIS	78
FIGURA 58 - PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO DE UM GUIAMENTO LINEAR	78
FIGURA 59 - SUBCONJUNTO 052 PESO	80
FIGURA 60 - SUBCONJUNTO 053 CORTE ELÉTRICO.....	80
FIGURA 61 - SUBCONJUNTO 054 ROLETES.....	81
FIGURA 62 - SUBCONJUNTO 055 TRAÇÃO	82
FIGURA 63 - DESENROLADOR DE CABO	83
FIGURA 64 – ATUADOR DO DESENROLADOR DE CABO.....	83
FIGURA 65 - CAIXA DAS ESPIRAIS	83
FIGURA 66 - CONJUNTO 07 EXTRAÇÃO	84
FIGURA 67 - SISTEMA DE SELEÇÃO DE CABOS DO TAPETE.....	85
FIGURA 68 - CAIXA PARA CABOS COM DEFEITO	86
FIGURA 69 - LOCALIZAÇÃO DA CAIXA DOS CABOS COM DEFEITOS	86
FIGURA 70 - CONJUNTO 08 - ESTRUTURA	87
FIGURA 71 - SUBCONJUNTO 081 ESTRUTURA.....	88
FIGURA 72 - APLICAÇÃO DE CARGAS NA ESTRUTURA.....	89
FIGURA 73 – TENSÕES EQUIVALENTES DE <i>VON MISES</i> PRESENTES NA ESTRUTURA	90
FIGURA 74 - DESLOCAMENTOS PRESENTES NA ESTRUTURA	90
FIGURA 75 - FATOR DE SEGURANÇA PRESENTE NA ESTRUTURA.....	91
FIGURA 76 - SUBCONJUNTO 82 ESTRADO.....	91
FIGURA 77 - SUBCONJUNTO 83 RODAS.....	92
FIGURA 78 - SUBCONJUNTO 84 MOVIMENTAÇÃO	92
FIGURA 79 - CONSOLA DE CONTROLO	97
FIGURA 80 - FLUXOGRAMA DO NOVO CONCEITO DESENVOLVIDO	98
FIGURA 81 - LOCALIZAÇÃO BOTÃO DE EMERGÊNCIA	101

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - PRODUÇÃO AUTOMÓVEL EM PORTUGAL (UNIDADES) (OICA, 2018)	11
TABELA 2 - IMPACTO DA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL, A NÍVEL NACIONAL, NO ANO DE 2018 (AFIA, 2019) .	11
TABELA 3 - COMPONENTES DO CABO DE COMANDO (ELABORAÇÃO PRÓPRIA)	19
TABELA 4 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE DIFERENTES LIGAS DE ZAMAK (VILAS, 2018).....	24
TABELA 5 – DEFEITOS USUAIS NA INJEÇÃO DOS TERMINAIS EM ZAMAK	25
TABELA 6 – CASOS DE ESTUDO RELATIVOS À AUTOMATIZAÇÃO DE PROCESSOS.....	30
TABELA 7 - ESTUDOS QUE DEMONSTRAM A IMPORTÂNCIA DA ROBÓTICA	35
TABELA 8 - CASOS DE ESTUDO APLICANDO METODOLOGIAS LEAN	38
TABELA 9 - EMPRESAS DO GRUPO PR	41
TABELA 10 - REFERÊNCIAS ZZH.....	43
TABELA 11 - CRITÉRIOS DE IMPORTÂNCIA RELATIVA.....	54
TABELA 12 - COMPARAÇÃO ENTRE OS DIFERENTES CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO.....	54
TABELA 13 – ESCALA DE PONTUAÇÃO DOS DIFERENTES CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO	55
TABELA 14 - MATRIZ DE SELEÇÃO	56
TABELA 15 - ETAPAS DE UMA ANÁLISE MEF	60
TABELA 16 - CONSTITUIÇÃO DO EQUIPAMENTO PELOS VÁRIOS CONJUNTOS MOSTRADOS NA FIGURA 35	61
TABELA 17 - REFERÊNCIAS POSICIONADAS PELO INDEXADOR ESQUERDO.....	69
TABELA 18 - REFERÊNCIAS POSICIONADAS PELO INDEXADOR DIREITO.....	69
TABELA 19 - PARÂMETROS PARA O CÁLCULO DO TEMPO DE VIDA ÚTIL DO SISTEMA DE GUIAMENTO LINEAR.....	73
TABELA 20 - DISTÂNCIAS ENTRE PLANOS.....	78
TABELA 21 – VALORES DAS REAÇÕES DE CADA PATIM.....	79
TABELA 22 - PARÂMETROS PARA O CÁLCULO DO TEMPO DE VIDA ÚTIL DO SISTEMA DE GUIAMENTO LINEAR.....	79
TABELA 23 - ORÇAMENTAÇÃO DO EQUIPAMENTO A DESENVOLVER.....	93
TABELA 24 - PREÇO DE DIFERENTES MATERIAIS E TRATAMENTOS.....	94
TABELA 25 - CUSTO DE CADA EQUIPAMENTO DE MAQUINAÇÃO POR HORA	94
TABELA 26 - CUSTOS DE MONTAGENS E AFINAÇÕES.....	94
TABELA 27 - GANHOS DA NOVA SOLUÇÃO RELATIVAMENTE À ATUAL	95
TABELA 28 - LISTA DE MANUTENÇÃO	99
TABELA 29 - SINAIS DE PERIGO (ADAPTADO DE MANUAL PR METAL).....	100
TABELA 30 - CONCLUSÕES FINAIS	105

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	Contextualização	3
1.2	Objetivos	4
1.3	Metodologia.....	4
1.4	Estrutura da dissertação	5
1.5	Empresa de acolhimento	5
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1	Indústria Automóvel	9
2.1.1	Importância económica.....	10
2.1.2	Pilares mais relevantes da indústria automóvel.....	12
2.1.2.1	Competitividade.....	12
2.1.2.2	Qualidade.....	13
2.1.2.3	Flexibilidade	14
2.1.3	Automação vs. Produtividade	14
2.2	Cabos de comando para viaturas.....	15
2.2.1	Constituição dos cabos de comando	16
2.2.1.1	Cabos metálicos	16
2.2.1.2	Terminais do cabo metálico	17
2.2.1.3	Outros componentes do cabo de comando	19
2.2.2	Processos de fabrico utilizados	19
2.2.2.1	Corte e flor do cabo metálico	20
2.2.2.2	Fundição Injetada	20
2.2.3	Ligas de Zamak	23
2.2.4	Problemas usuais.....	25
2.2.5	Fatores que afetam a produtividade.....	26
2.3	Automatização do processo de fabrico	28
2.3.1	Automatização vs. Robótica	31
2.3.2	Custos das diferentes soluções	35
2.3.3	Flexibilidade e Agilidade.....	36
3	DESENVOLVIMENTO	41
3.1	Caracterização da empresa.....	41
3.2	Caracterização do produto e do processo	42
3.3	Caracterização do problema	44

3.4	Tempestade de ideias	47
3.5	Análise crítica das possíveis soluções (SWOT)	49
3.6	Matriz de seleção da melhor opção.....	54
3.7	Projeto.....	56
3.7.1	Conceito	56
3.7.2	Projeto mecânico	58
3.7.2.1	Métodos de dimensionamento utilizados no projeto mecânico	59
3.7.2.1.1	Método dos elementos finitos	60
3.7.2.1.2	Estimativa da vida útil de sistemas de guiamento linear	60
3.7.2.2	Projeto dos vários conjuntos da máquina	61
3.7.2.3	Conjunto 01-Máquina Zamak	63
3.7.2.4	Conjunto 02- Gabarit	67
3.7.2.5	Conjunto 03-Tranfer Extra	69
3.7.2.6	Conjunto 04-Suporte de Espiral	74
3.7.2.7	Conjunto 05-Corte	76
3.7.2.8	Conjunto 06 - Alimentação	82
3.7.2.9	Conjunto 07-Extração	84
3.7.2.10	Conjunto 08-Estrutura	87
3.7.3	Análise de custos	93
3.7.4	Manual do equipamento.....	96
3.7.4.1	Listas de componentes	96
3.7.4.2	Montagem	96
3.7.4.3	Operação e funcionamento	96
3.7.4.4	Manutenção.....	98
3.7.4.5	Cuidados de segurança	99
3.7.5	Análise crítica global.....	101
4	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	105
4.1	CONCLUSÕES.....	105
4.2	PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS.....	107
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO.....	111
6	ANEXOS	119
6.1	ANEXO 1	119
6.1.1	Listagem de compras do material normalizado	119
6.1.2	Listagem de componentes a fabricar	122
6.2	ANEXO 2	125
6.2.1	Séries de Guias Lineares	125
6.2.2	Características das guias lineares HGH.....	127
6.2.3	Fatores para cálculo da Vida Útil de Guias Lineares.....	128
6.2.4	Dados técnicos e cálculos do guiamento linear	129
6.3	ANEXO 3	130
6.4	ANEXO 4	131

INTRODUÇÃO

- 1.1 Contextualização
- 1.2 Objetivos
- 1.3 Metodologia
- 1.4 Estrutura da dissertação
- 1.5 Empresa de acolhimento

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Vivemos na era do conhecimento, caracterizada pelas constantes mudanças. Esse conhecimento promove maiores exigências por parte do consumidor, pois, nos dias de hoje qualquer cliente tem os seus direitos bem presentes. É exigida mais qualidade, tecnologia, segurança, para além da proteção do ambiente, assistência, sem nunca esquecer a melhor relação qualidade preço.

O fator chave para a vitalidade de qualquer empresa é a sua capacidade de inovação e de adaptação às novas necessidades do mercado, bem como nova regulamentação. No sector da indústria automóvel, esta ideia é ainda mais notória. A constante busca por uma melhoria, tanto do processo como do produto, tem de fazer parte do pensamento de todos os colaboradores da empresa. Só através da inovação é possível oferecer competitividade, isto porque, a cada dia é exigida mais qualidade a menores custos, e com prazos mais apertados. Uma máquina nunca está pronta, isto é, podemos sempre melhorar algo.

A indústria automóvel apresenta-se, atualmente, como um dos principais pilares da economia mundial. Por consequência, a indústria de componentes automóvel tem tendência a aumentar e tornar-se cada vez mais competitiva. O cabo de comando é um dos componentes presente em vários sistemas de um automóvel. Como tal, é um produto que se encontra em desenvolvimento, levando assim, ao desenvolvimento dos processos tecnológicos utilizados no seu fabrico. Uma vez que os terminais destes cabos são geralmente injetados em Zamak, surge aqui uma vasta área de negócio. Porém, também são muitas as empresas a lutar por este mercado. Estas empresas procuram cada vez mais equipamentos automatizados, de forma a baixar o custo de mão-de-obra, produzir mais quantidade em menos tempo e, conseqüentemente, oferecer o preço mais competitivo possível.

Se há 20 ou 30 anos atrás uma máquina necessitava de um operador ou mais, atualmente este cenário já não se verifica. Os equipamentos estão a ser programados para reduzir ao máximo o número de operadores, projetando-se um futuro com máquinas 100% automatizadas. O aumento do custo de vida é acompanhado com o aumento salarial, enquanto o custo da máquina é fixo, o que facilita a orçamentação e planeamento de cada projeto.

1.2 Objetivos

O presente trabalho assenta na otimização de um equipamento para produção de cabos de comando. A forte competitividade industrial tem de ser correspondida com inovação, de forma a eliminar desperdícios e rentabilizar ao máximo os recursos disponíveis. A otimização do equipamento exige o desenvolvimento de novas estruturas, obrigando à intervenção de variadas áreas da engenharia. Nesse sentido, foi traçado o objetivo de desenvolver um equipamento capaz de produzir um produto final com qualidade e, simultaneamente, suprimir operações, eliminar desperdícios e, conseqüentemente, simplificar o *layout* global.

Ao desenvolver o projeto do novo mecanismo, dever-se-á ter em atenção o seu impacto no preço final do equipamento, e na sua fiabilidade e manutenção. O mecanismo deve ainda apresentar um sistema de ajustamento simples e rápido, com vista à redução do tempo de *Setup*. E como qualquer equipamento industrial, também este deve ser pensado de forma a garantir a máxima segurança do operador.

O novo equipamento suprime a operação de aparar. Este conceito só é executável se o corte do cabo acontecer depois da introdução do cabo na espiral. Desta forma, o cabo tem de ser cortado na cota exata, evitando assim, a necessidade de o aparar, posteriormente. Este equipamento apresenta várias vantagens face ao equipamento atualmente existente:

- Equipamento mais compacto, pois passa-se de três diferentes máquinas para apenas uma. Conseqüentemente, é ocupado menos chão de fábrica;
- Processo mais eficiente, uma vez que é eliminada uma operação, há menos máquinas para fazer manutenção e por outro lado, deixa de haver desperdícios de cabo e *stocks* intermédios;
- Empresa mais independente e automatizada, a poupança de recursos humanos (menos 1.5 pessoas) é fundamental para fazer face às subidas salariais e manter a competitividade no mercado;
- Trabalhadores mais motivados e conseqüentemente mais produtivos, depois da mudança de operações manuais repetitivas, para tarefas mais estimulativas e com mais valor.

1.3 Metodologia

Para realizar este trabalho, seguiu-se a seguinte estrutura:

- Análise das máquinas de injeção produzidas pela PR Metal;
- Procura e análise de documentação anteriormente publicada sobre o tema;
- *Benchmarking* em torno do mesmo tipo de máquinas;
- Discussão dos objetivos/requisitos propostos;
- Análise de soluções;
- Seleção dos sistemas a implementar;

- Apresentação de soluções à empresa;
- Desenvolvimento das soluções aprovadas;
- Redação do relatório.

1.4 Estrutura da dissertação

A estrutura da dissertação encontra-se dividida em quatro capítulos, que, de seguida, serão descritos brevemente.

O capítulo 1 (*Introdução*), funciona como um enquadramento geral do projeto. Desta forma, o leitor fica a par dos objetivos traçados, da metodologia aplicada e da própria estrutura da dissertação. Para fechar este capítulo, é ainda apresentada a empresa de acolhimento.

No capítulo 2 (*Revisão bibliográfica*), apresenta-se uma pesquisa bibliográfica dos diferentes tópicos considerados pertinentes para a realização deste trabalho. Partindo do tema mais abrangente como a indústria automóvel, para posteriormente focar na teoria dos vários conceitos usados no projeto.

No capítulo 3 (*Desenvolvimento*), é referido o problema existente, são apontadas possíveis soluções e é desenvolvida a solução adotada, justificando cada opção tomada. De uma forma geral, este capítulo destina-se à realização do projeto em concreto, pois é onde se faz o projeto final da estrutura desenvolvida.

O capítulo 4 (*Conclusão*) é o desfecho final, onde são apontadas as conclusões do projeto e retiradas as respetivas ilações finais, pretendendo ser uma resposta ao objetivo inicialmente traçado.

1.5 Empresa de acolhimento

O presente trabalho tem como base um estágio curricular de oito meses realizado na empresa PPRR-Metal, Lda. Por uma questão de simplificação, o nome da empresa é constantemente abreviado para PR Metal. Pelo mesmo motivo, ao longo deste relatório, é adotada essa abreviação. Esta empresa desenvolve equipamentos industriais para o setor automóvel e situa-se em Folgosa, concelho da Maia. A orientação esteve a cargo do Eng. Mário Cardoso.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Indústria Automóvel

2.2 Cabos de comando para viaturas 2.3

Automatização do processo de fabrico

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Indústria Automóvel

A indústria automóvel (IA) passou por grandes mudanças até se tornar competitiva, dinâmica e globalmente abrangente, tal como é hoje. O crescimento e o desenvolvimento da sociedade justificam o aumento da necessidade de mobilidade, fazendo assim com que a IA tenha um papel preponderante na economia mundial INTELI (2005).

A IA, como setor dinâmico que é, está constantemente sujeita a mudanças, resultantes de pressões internas e externas. A exigência por desenvolver, construir e validar novos veículos é cada vez maior (ISQ, 2018). Questões como a globalização da produção, novos mercados e novas tendências industriais, terão de ser seriamente ponderadas pelos construtores e pelas marcas. Ao mesmo tempo, é preciso respeitar a legislação cada vez mais restrita no que toca a emissões, consumos, pesos e segurança (Santos, 2017).

O consumidor, hoje em dia, é mais ativo e consciente da sua importância, possui um nível superior de expectativas e um maior nível de exigência, tal como é mostrado na Figura 1. Consequentemente, a fidelização do cliente está a diminuir, resultando numa forte fragmentação da oferta (Santos, 2015).

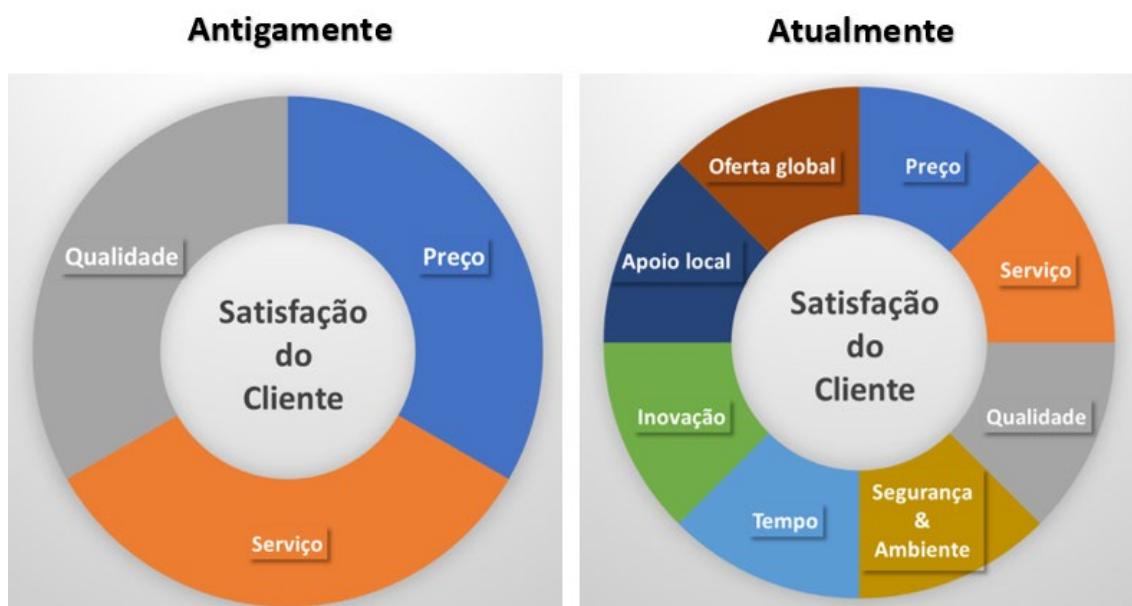


Figura 1 - Evolução das exigências do cliente [adaptado de (Santos, 2015)]

A resposta a estas novas exigências deverá assentar numa melhoria dos conhecimentos dos colaboradores, tal como se verificou nas últimas décadas, com o forte aumento da qualificação dos recursos humanos (Braga, 2015). O setor automóvel foi um dos sectores que mais se transformou em termos das necessidades de qualificação da sua força de trabalho. Ainda assim, em coerência com o estudo da *Engineering UK*, atualmente vigora a opinião generalizada de que não existe pessoal qualificado suficiente para responder às necessidades do universo tecnológico atual (ISQ, 2018).

A nível nacional, o primeiro contacto com a indústria global automóvel surgiu na década de 70. Nessa altura, investiu-se na qualificação, aprendizagem tecnológica e organizacional, atraindo assim os primeiros investimentos estrangeiros. Alguns anos depois, já nas décadas de 80 e 90, nasceram as primeiras empresas de grande dimensão à escala europeia, com os projetos da Renault e AutoEuropa, em Portugal (AICEP, 2014). Desde então, o setor tem vindo a consolidar competências baseadas na qualidade, competitividade e flexibilidade, a fortalecer capacidades de engenharia e a estabelecer redes de cooperação além-fronteiras. A industrialização automóvel foi bastante benéfica para o país, pois trouxe consigo a inovação no domínio dos processos e dos produtos, a *transferência* de tecnologia de outros países mais evoluídos e o aumento do investimento em investigação e desenvolvimento (Veloso *et al.*, 2000).

A IA é constituída por empresas com um perfil altamente tecnológico, com padrões de grande exigência e rigor. Só com estes parâmetros consegue ser reconhecida e fazer a diferença. Pensar no sector automóvel, é pensar numa componente tecnológica e técnica elevadíssima, resultante obviamente de todo um trabalho de Investigação e Inovação (I&I) complexo e apurado, que não pode ser dissociado de uma componente emocional e cognitiva relevante, especialmente no que respeita a padrões de beleza, design, ergonomia e funcionalidade (IAPMEI, 2014). Inovar é fundamental, permitindo assim que as empresas possam aceder a novos mercados, aumentem as suas receitas, realizem novas parcerias, adquiram novos conhecimentos e aumentem o valor das suas marcas (AFIA, 2018). O automóvel abarca um sem-número de componentes de distintas áreas. A IA promove a interligação de setores como eletrónica, eletricidade, metalomecânica, têxtil e uma multiplicidade de tecnologias de tal forma vasta, que a citação de (Druker, 1946) caracteriza da melhor maneira a sua transcendência.

“A indústria automóvel é a indústria das indústrias.” (Druker, 1946)

2.1.1 Importância económica

O automóvel é um produto essencial nas sociedades modernas e, como tal, está no centro do desenvolvimento sócio – económico. A IA tem um impacto significativo em toda a economia, com efeitos em cascata, induzindo a criação de uma vasta cadeia de fornecimento, e gerando uma enorme diversidade de serviços e de fontes de valor acrescentado (AICEP, 2016).

A indústria automóvel impulsiona o crescimento económico em todos os países e Portugal não é exceção. Para além dos veículos, Portugal é um importante fornecedor

de componentes automóveis. A consolidação do crescimento económico e da criação de emprego, constituem os desafios mais relevantes da economia portuguesa e dependem, essencialmente, do reforço da competitividade e inovação das empresas nacionais (Ascensão, 2019). Inovar é fundamental, permitindo que as empresas possam aceder a novos mercados, aumentem as suas receitas, realizem novas parcerias, adquiram novos conhecimentos e aumentem o valor das suas marcas (AFIA, 2018). Segundo a ACAP (2019), a produção de veículos em Portugal atravessa o melhor momento de sempre, depois de atingir um recorde de vendas no ano transato de 2018. A Tabela 1 apresenta o registo de unidades produzidas, das diferentes categorias, no ano de 2018, onde se destaca o aumento de 67,7%, em relação a 2017, perfazendo um total de 294.366 veículos produzidos (OICA, 2018).

Tabela 1 - Produção Automóvel em Portugal (unidades) (OICA, 2018)

	2017	2018	Variação
Veículos Ligeiros de Passageiros	126.426	234.151	+85,2%
Veículos Ligeiros Comerciais	42.816	54.881	+28,2%
Veículos Pesados	6.302	5.334	-15,4%
Total	175.544	294.366	+67,7%

O setor automóvel tem um papel extremamente importante na economia nacional, desde a criação de emprego à contribuição da exportação, sem esquecer as diversas receitas fiscais associadas. Segundo a Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel (AFIA), em 2018, 235 empresas representam 55 mil postos de trabalho (8% do total da indústria transformadora). Estes números da Tabela 2 vão de encontro à tendência de crescimento que se verifica desde 2010, onde apenas se registavam 40 mil postos de trabalho. O volume de negócios também aumentou para 11,3 mil milhões de euros, sofrendo um acréscimo de 13% relativamente ao ano transato. As atividades que mais contribuíram para estes números foram a metalomecânica e eletrónica, com 30% e 32%, respetivamente. O montante de 9,4 mil milhões de euros de exportações, representou 5% do Produto Interno Bruto (PIB). A Tabela 2 traduz o impacto da IA.

Tabela 2 - Impacto da indústria automóvel, a nível nacional, no ano de 2018 (AFIA, 2019)

Área de Impacto	Valores
Emprego	✓ 55.000 Empregos distribuídos por 235 empresas
Volume de Negócios	✓ 11,3 Mil Milhões de Euros
Exportação	✓ Representam 16% da exportação de bens transacionáveis
Receitas Fiscais	✓ Receitas associadas a 9,4 Mil Milhões de Euros de exportações ✓ Representam 5% do PIB

A Figura 2 mostra a distribuição das 235 empresas pelo território português. Os distritos de Aveiro e do Porto destacam-se pela maior concentração de empresas do ramo.



Figura 2 - Distribuição das fábricas da indústria automóvel no território português (AFIA, 2019)

2.1.2 Pilares mais relevantes da indústria automóvel

2.1.2.1 Competitividade

O aumento da produtividade não significa necessariamente aumento da competitividade. Pode-se aumentar a produtividade das empresas e não aumentar a sua competitividade. Para isso, basta que se produza mais produtos, mas de qualidade deficiente, ou produtos ultrapassados, que os consumidores não queiram ou não estejam interessados em adquirir (Bom, 2019). A indústria automóvel é um dos setores mais exigentes do mercado global, pois requer um constante aumento de produtividade. No cenário económico atual, os desafios são grandes, exigindo uma redução de custos e um aumento de competitividade, sem investimento. Para resolver esta situação, a única solução está na otimização do produto e / ou processos (Rosa *et al.*, 2017).

Uma empresa, para se manter competitiva, tem de produzir mais e melhor que a sua concorrente, e tem de o fazer a um custo o mais reduzido possível. Para se conseguir manter competitiva por longos períodos, esta tem de ter boa capacidade de adaptação e estar recetiva a inovações. Segundo *Drucker (2002)*, a inovação “é o instrumento específico dos empreendedores, o processo pelo qual eles exploram a mudança como uma oportunidade para um negócio ou um serviço diferente”. Na indústria automóvel, geralmente, procuram-se taxas de produção muito altas, com elevado grau de precisão, assegurando altos níveis de satisfação do cliente e competitividade. Os clientes procuram o produto com melhor relação qualidade/preço. Desta forma, a indústria está cada vez mais focada na produção em massa para poder assim diluir os custos de produção e, conseqüentemente, oferecer ao mercado um preço mais reduzido (Costa *et al.*, 2018).

Michael Porter (1990) apresentou vários fatores que influenciam a competitividade de uma empresa, que ficaram mais conhecidos como “*As cinco forças de Porter*”:

1. Surgimento de novos concorrentes, isto é, novas empresas que surgem no mercado, tentando marcar a sua posição, podendo apresentar novas ideias a preços mais competitivos;
2. Poder de negociação dos compradores, que são os destinatários dos produtos, e, por isso, as suas exigências têm uma importância máxima;
3. Poder de negociação dos fornecedores, uma vez que têm grande influência na qualidade e no preço final;
4. Ameaça de entrada de novos concorrentes. As novas empresas pretendem atingir uma quota de mercado e, no caso de o conseguirem, podem representar uma perda de rentabilidade por parte da empresa;
5. Ameaça de substituição dos novos produtos, ou seja, produtos que são desenvolvidos por outras empresas e que podem vir a tirar outros produtos do mercado.

2.1.2.2 *Qualidade, preço e prazo de entrega*

A Qualidade é um pilar de grande importância para a indústria automóvel. Nos últimos anos, a Qualidade tornou-se um fator chave na decisão de comprar um produto em detrimento de outro. O sucesso de uma empresa é avaliado pelo *feedback* dos clientes, podendo, assim, melhorar os produtos, processos e serviços. A qualidade está diretamente ligada a fatores como o custo e o prazo de entrega. O custo é o valor atribuído a um produto e que o consumidor está disposto a dar para o adquirir. Assim, um custo associado a uma elevada qualidade, será refletido no valor final de um produto. O prazo de entrega é o tempo que o consumidor está disposto a aguardar pelo produto e é a terceira variável a ter em consideração, pois terá sempre um custo e uma qualidade associados. O peso da qualidade tende a aumentar, não só pela crescente exigência do consumidor, mas também pelos requisitos de segurança e sustentabilidade ambiental impostos por políticas governamentais. Assim sendo, qualquer empresa ligada ao setor automóvel deve apostar em técnicas de gestão centradas na melhoria contínua, e estar preparada para receber constantes auditorias e avaliações, na consequência do processo de certificação (Costa *et al.*, 2018).

A certificação tem ganho bastante importância no meio industrial, sendo atualmente, a garantia de qualidade de um produto. A norma ISO/TS 16949 é a mais relevante para a indústria automóvel, e diz respeito à gestão dos sistemas de qualidade. Esta especificação unifica e substitui as normas de sistemas de qualidade no setor automóvel norte americanas, alemãs, francesas e italianas existentes, onde se incluem as normas QS-9000, VDA6.1, EAQF e ASQ. Identifica os requisitos que têm de ser satisfeitos pelos sistemas de qualidade para o desenho/desenvolvimento, fabrico, instalação e serviço de qualquer produto do setor automóvel. Estas certificações permitem que as empresas ganhem credibilidade e transmitam a confiança necessária para os consumidores, no que toca à qualidade (Ferreira, 2018; Pop e Elod, 2015)

2.1.2.3 Flexibilidade

Nos anos 60, a característica central era um sistema de trabalho repetitivo, de montagem realizada em grandes séries, com sistemas automatizados dedicados. A partir dos anos 70, assistimos a uma progressiva introdução da automatização flexível, para responder a uma maior diversificação da procura e da segmentação de mercados. Com o aumento da procura pelo produto personalizado em detrimento do produto normalizado, as empresas são obrigadas a maiores esforços a vários níveis, para conseguir manter a capacidade de resposta, sem afetar a qualidade, o custo e o prazo de entrega (Moniz, 2006).

Um foco crescente entre as organizações é a sua flexibilidade na produção. A pressão do mercado por produtos com grande variedade em pequenos lotes, leva as organizações a maximizar os seus recursos de forma a adaptar os processos a mudanças constantes. Uma das barreiras mais conhecidas na flexibilidade de processos, é o tempo de troca de equipamentos (Sousa *et al.*, 2019).

A produção deve ser altamente flexível, de maneira a ter a capacidade de se adaptar aos novos desafios que são colocados. Grande diversidade em pequenas quantidades, é uma condição que exige frequentes configurações. Assim, as empresas devem encontrar uma maneira de reduzir os tempos de configuração e eliminar o desperdício de tempo, bem como limitar as operações sem um real valor acrescentado (Rosa *et al.*, 2017).

2.1.3 Automação vs. Produtividade

Para manter a competitividade em países de elevados salários, a solução passa pelo incremento do uso da automação. Com o aumento da automatização, aumenta a qualidade e produtividade, diminuindo assim o refugo e os desperdícios. O conceito de produtividade vai para além do conceito de produção: é importante não confundir os dois. A produtividade está relacionada com a eficiência existente na utilização dos *inputs* para a produção de bens e serviços, enquanto que a produção se refere apenas à atividade de produzir bens e serviços (Araújo *et al.*, 2017)

A automação é caracterizada pelo recurso a vários conceitos tecnológicos, como a informática, a eletrónica e a mecânica, que gerem todo o processo a que foram destinados de uma forma autónoma. Resulta assim na operação de máquinas e sistemas sem intervenção humana significativa, e alcança um desempenho superior à operação manual (Gajmal e Bhatwadekar, 2014). Quando um processo é executado sem nenhum tipo de intervenção humana, é designado como um processo automático, pois consegue executar o seu trabalho, tal como processar um produto, inspecionar o mesmo e proceder à montagem, com uma mão-de-obra humana quase inexistente.

A automatização de sistemas tem vindo a substituir a mão-de-obra humana, e esta tendência é para continuar no futuro. O desenvolvimento e a implementação de melhorias visam ganhar agilidade, produtividade e reduzir os custos operacionais. Na verdade, torna-se possível produzir mais em menos tempo, com um custo associado muito inferior e uma qualidade claramente superior (C-Studio, 2017). Com curtos prazos

de entrega, tolerâncias apertadas e elevada qualidade exigida, surge a necessidade de automatizar os equipamentos. Tanto a automação como a robótica influenciaram vários aspetos a nível industrial, desde o aperfeiçoamento, indicativo de aumento de qualidade dos produtos, à melhoria do ambiente de trabalho, ao ajuste da relação qualidade-preço, até à melhoria da flexibilidade dos processos, quando se pretende alterar um produto (Wadhwa, 2012).

A indústria automóvel é capaz de reunir na montagem diferentes modelos de veículos baseados numa plataforma similar na mesma linha de produção através de sistemas de alimentação inteligentes. Esta filosofia de fabrico pode ser transposta para linhas de montagem de pequenos componentes automóveis. A automação permite reduzir o tempo de *setup*, aumenta a produtividade, garante a precisão da montagem e reduz o fator humano associado a operações de montagem. Assim, os erros associados à fadiga e doenças ocupacionais tendem a ser excluídos (Magalhães *et al.*, 2019; Soares, 2015).

Há tarefas que, ainda que monótonas, requerem elevados níveis de atenção por parte do operador, provocando assim a sua fadiga ao fim de poucas horas. Outro aspeto importante neste tipo tarefas, é o facto de ser muito difícil manter a motivação do trabalhador. Por outro lado, o número de trabalhadores com formação superior tem vindo a aumentar exponencialmente, e a tendência será para continuar. É compreensível que esta nova geração tenha ambições de trabalho diferentes das antepassadas, vendo na automação uma oportunidade de desenvolver competências profissionais, conduzindo a uma maior realização profissional e pessoal (Chen *et al.*, 2012).

2.2 Cabos de comando para viaturas

Um cabo é um componente mecânico flexível, usado para transmitir forças ou movimentos entre dois ou mais sistemas, sujeito essencialmente a esforços de tração. Um cabo de comando pode ser constituído por vários componentes, como é perceptível na Figura 3.



Figura 3 - Cabo de comando da referência ZZH (Autoria própria)

Um cabo apresenta sempre dois recetores, e pode apresentar vários atuadores. Das várias vantagens oferecidas destacam-se a sua flexibilidade e possibilidade de controlo remoto. Ao aplicar força no mecanismo através do cabo de comando é gerado movimento no corpo que se pretende controlar. É possível obter diferentes *layouts*, desde o local em que é aplicada a carga, até onde o seu efeito se faz sentir. Assim sendo, o trajeto descrito pelo cabo pode ser extremamente complexo, permitindo o contorno de uma série de mecanismos/componentes (Pinto e Silva, 2017).

Começou por ser usado em bicicletas no sistema de travagem e, com o desenvolvimento industrial, tornou-se indispensável para a indústria automóvel, sendo ainda usados noutros ramos como a medicina ou a robótica. Um dos grandes objetivos dos projetistas no setor automóvel é a redução do peso do veículo, bem como a redução do volume ocupado pelos componentes (Ascensão, 2019). Outra razão que explica a sua utilização em massa é o facto de não precisarem de suporte ou fixação ao longo do seu trajeto (Cardoso, 2004). Em qualquer automóvel existe uma série de sistemas controlados por cabos, ver Figura 4.

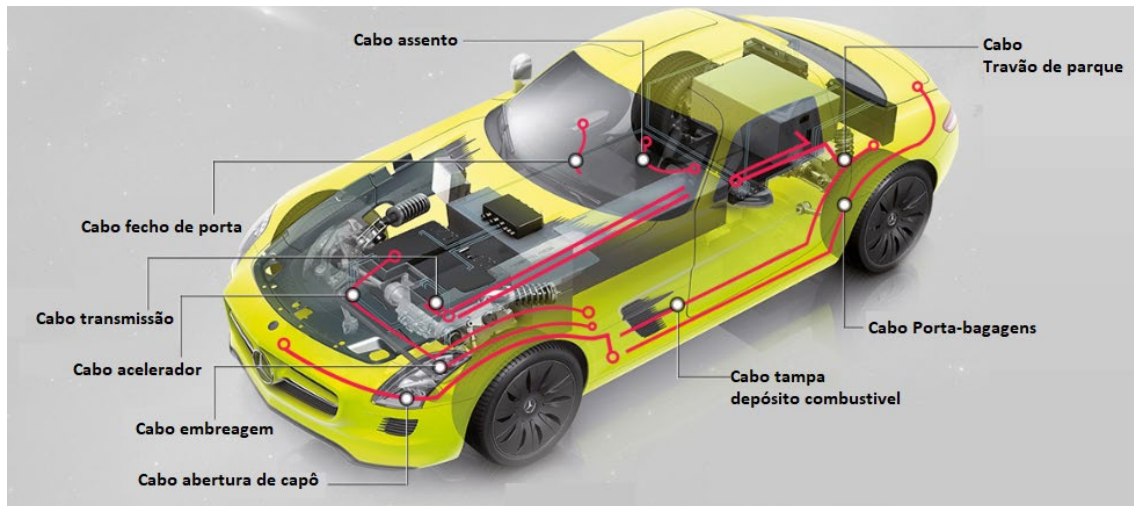


Figura 4 - Cabos de comando presentes num automóvel [adaptado de (LIANYI, 2019)]

2.2.1 Constituição dos cabos de comando

2.2.1.1 Cabos metálicos

Um cabo é uma construção uniforme helicoidal de vários filamentos de arame. É utilizada numa grande variedade de condições operacionais. É constituído por pelo menos por três filamentos juntos, e a construção é normalmente referida como o número de cordas centrais, vezes o número de filamentos que envolvem o núcleo. Estes cabos são normalmente constituídos por fios de aço revestidos a zinco, com vista a proteger o cabo da oxidação (Chen *et al.*, 2014). Na Figura 5 está ilustrado um exemplo de configuração de um cabo de aço, uma alma central envolvida em seis cordões, cada um composto por sete fios.

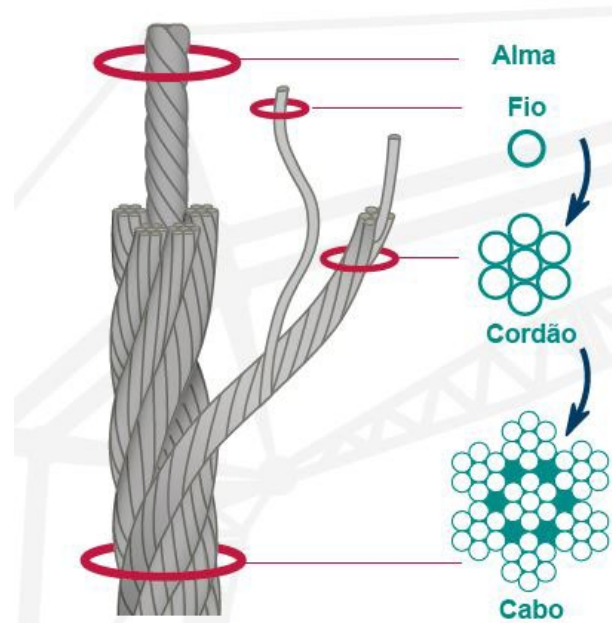


Figura 5 - Processo de enrolamento de um cabo de aço (Santos, 2018)

Aquando da escolha de um cabo de comando, são inúmeros os fatores que afetam o seu desempenho, pelo que é necessário escolher quais os mais importantes. Em função das necessidades, deve-se ajustar o tipo de construção, o diâmetro, o material, o ângulo de flexão e o tipo de revestimento. O nome de um cabo indica o seu tipo de construção. Por exemplo, um cabo 1x7, representado na Figura 6, consiste em um cordão, cada um feito com sete fios de arame (Chen *et al.*, 2014).

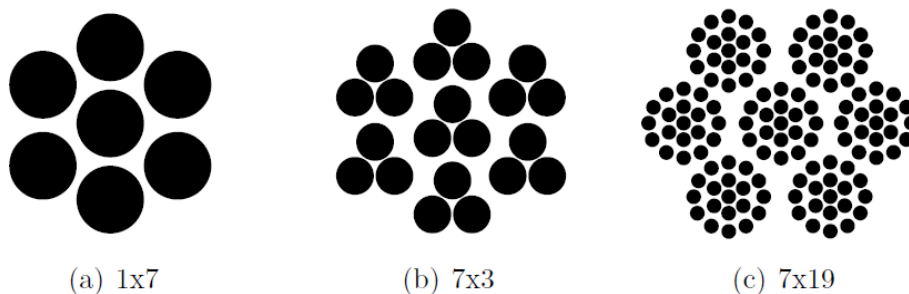


Figura 6 - Configurações de um cabo metálico (Chen *et al.*, 2014)

2.2.1.2 Terminais do cabo metálico

Os terminais situam-se nas extremidades do cabo, tal como é apresentado na Figura 7, podendo ser fabricados através de diversos processos. Entre torneamento, estampagem, forjamento e injeção, destaca-se o último pela sua grande cadência, diversidade geométrica e excelente acabamento superficial.

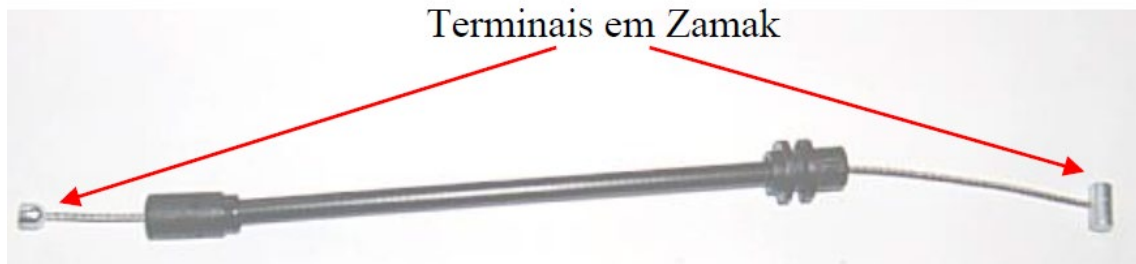


Figura 7 - Exemplo de terminais de um cabo de comando (Cardoso, 2004)

A Figura 8 demonstra bem a grande variedade geométrica e o bom acabamento obtido pelo processo de fundição injetada.



Figura 8 - Exemplos de terminais de cabos injetados (Cardoso, 2004)

2.2.1.3 Outros componentes do cabo de comando

Conforme as especificações do cliente e a funcionalidade de cada tipo de cabo, podem ser adicionados muitos outros componentes. Na Tabela 3 são apresentados alguns dos componentes mais usuais num cabo de comando.

Tabela 3 - Componentes do cabo de comando (elaboração própria)

Componente	Imagem	Descrição
Espiral		A espiral consiste num tubo que tem a função de guiamento e proteção do cabo metálico. Dentro da própria espiral, encontra-se um tubo fino, que impede a fricção entre a espiral e o cabo metálico.
Tubo Interior		Evita a fricção entre o cabo metálico e a espiral.
Terminal De espiral		Os terminais de espiral são responsáveis pelo posicionamento da espiral no mecanismo.
Grommet		O <i>grommet</i> é uma borracha que impede a passagem de humidade e resíduos da zona húmida para a zona seca.
Tubo exterior		Tubo de borracha ou de esponja, com a função de evitar ruídos por possíveis vibrações. Pode apresentar vários formatos, consoante a origem do ruído.

2.2.2 Processos de fabrico utilizados

O processo que está no centro deste projeto é a fundição injetada, tendo como base uma máquina de injeção de terminais de cabo metálico utilizando Zamak. Relativamente aos processos secundários associados, existem vários, tais como o corte elétrico do cabo, o processo de fazer flor, o corte dos gitos, o sistema *transfer*, entre outros.

2.2.2.1 Corte e flor do cabo metálico

O processo de corte de cabo tanto pode ser mecânico como elétrico. O corte mecânico recorre à força mecânica imposta numa lâmina ou cisalha. Já no processo de corte elétrico, o equipamento está munido de eléctrodos. Com o corte mecânico, a ponta do cabo tende a desentrançar. Com o corte elétrico, o topo fica soldado, devido à deformação provocada pelo calor que funde os vários filamentos do cabo. Pelo motivo exposto, a maioria dos cabos são cortados recorrendo ao sistema elétrico (Rosa, 2017).

O processo de flor é aplicado nas pontas dos cabos de forma a aumentar a área de contacto entre o cabo e o metal injetado (Figura 9). De uma forma simplificada, consiste em aplicar uma deformação controlada com vista à obtenção uma maior resistência mecânica. É um processo vital para a fiabilidade do cabo de comando. Assim sendo, deve ser controlado e afinado em função do tipo de cabo e do terminal a injetar. Quando tal não acontece, a flor não é conforme (Figura 10) e, nesses casos, os cabos não devem ser injetados. Se tal acontecer, a resistência do terminal à tração será substancialmente reduzida. Para além disso, deve existir grande probabilidade de aparecerem defeitos na injeção, devido à geometria irregular.



Figura 9 - Exemplo de flor sem defeitos (Autoria própria)



Figura 10 - Exemplo de flor com defeitos (Autoria própria)

2.2.2.2 Fundição Injetada

A fundição a alta pressão ainda continua a ser uma das técnicas de fabricação mais úteis para obter peças para o setor automóvel, com uma forma complexa e de um modo rentável (Nunes *et al.*, 2017). Este processo permite a moldação permanente de ligas metálicas a altas pressões e velocidades. É uma operação repetitiva, onde se obtêm altas taxas de produção de peças idênticas, e é conseguido forçando o metal fundido a preencher sob pressão um molde metálico, que é dividido em duas (ou mais) partes. Por norma, as ligas utilizadas neste processo são ligas não ferrosas, como as de alumínio, zinco, magnésio e cobre (Groover, 2010). A indústria recorre a este processo para o fabrico de muitos componentes de máquinas industriais, ferramentas manuais e até mesmo brinquedos ou bijuteria. Fabricam-se também carcaças de metal com espessuras finas, nervuras e saliências, usadas para variados aparelhos e equipamentos, engrenagens, hélices, casquilhos, bombas e válvulas. Por último, podemos incluir componentes para a indústria automóvel, como pistões, cabeças de cilindro e blocos de motor (Vilas, 2018).

É uma tecnologia que exige robustez dos seus componentes, devido à conciliação da temperatura e elevadas forças de trabalho. Por norma, o metal líquido é injetado com uma pressão entre 70 e 3500 bar, o equivalente a 7 e 350 MPa, respetivamente. A injeção pode ser efetuada através de máquinas de câmara quente ou de câmara fria. A principal diferença destas duas máquinas, encontra-se na forma como o metal líquido é conduzido ao sistema de alimentação do molde. No caso da câmara quente, o sistema de injeção encontra-se mergulhado no metal líquido, e no caso da câmara fria, a fundição do metal é feita exteriormente a este processo de injeção (Ferreira, 2017).

Câmara fria

Neste caso, é necessário um forno externo para fundir o metal que posteriormente será transportado e vazado na câmara de injeção (Figura 11).

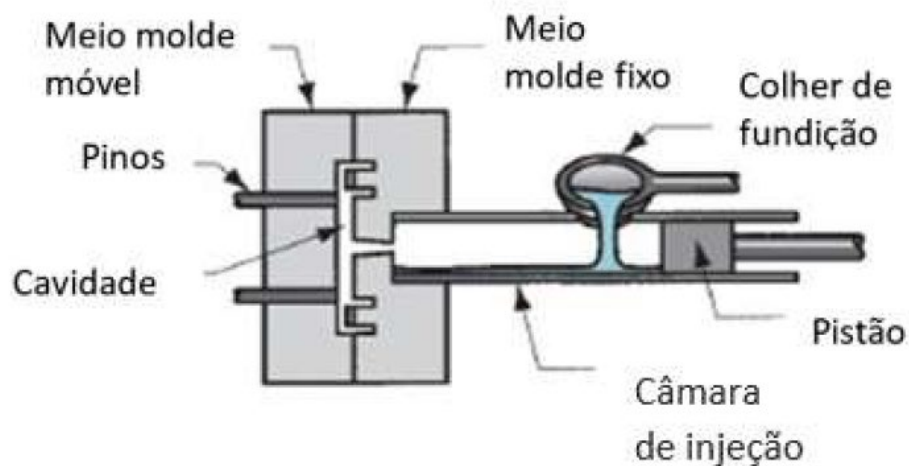


Figura 11 - Injeção em câmara fria (Ferreira, 2017)

A segunda fase do processo consiste no enchimento da cavidade, que deve ser feita a uma velocidade rápida, de forma a forçar o material a preencher toda a cavidade, por ação do êmbolo do cilindro de injeção. De seguida, o molde mantém a pressão constante até se atingir a total solidificação das peças. E no fim do processo, o êmbolo recua, o molde abre e recolhe-se a peça com o auxílio dos pinos extratores.

Câmara quente

Neste caso, os metais têm baixo ponto de fusão, pelo que não danificam cadinhos, cilindros ou pistões. O mecanismo de injeção está mergulhado no metal fundido. O fecho do molde dá início ao processo, de seguida o pistão é acionado por uma bomba pneumática ou hidráulica, forçando assim o metal fundido a entrar no molde. O molde tem de se manter fechado, exercendo pressão sobre o metal, até que este solidifique. Para diminuir o tempo de solidificação, é conveniente refrigerar o molde. Pode ainda ser usado um lubrificante para facilitar a extração das peças. Consoante o tamanho e a complexidade geométrica das peças, pode haver necessidade de usar vários alimentadores, de forma a garantir um preenchimento completo e uniforme (Braga, 2015).

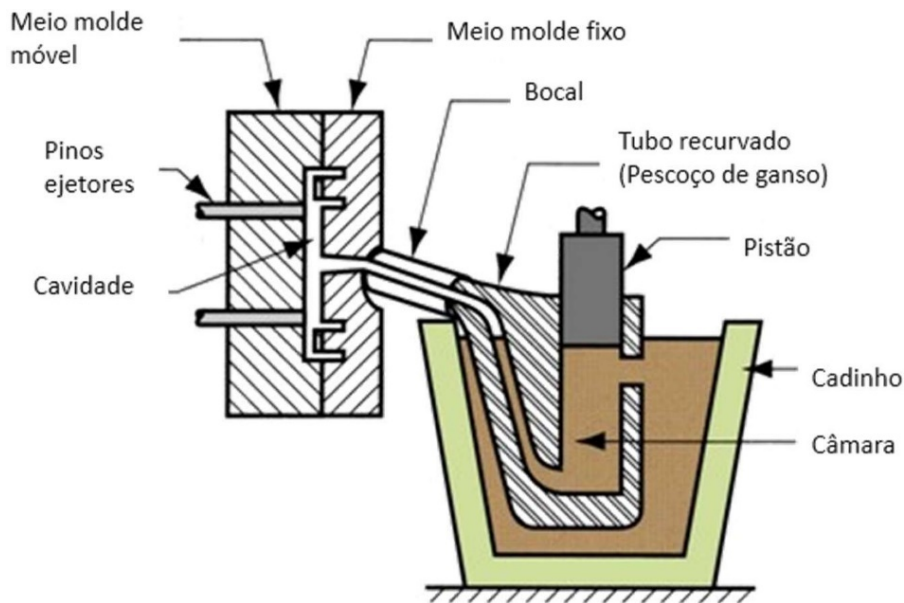


Figura 12 - Injeção em câmara quente (Ferreira, 2017)

Do ponto de vista da eficiência, as máquinas de câmara quente são melhores, porque o metal não perde energia térmica durante o processo, ao passo que nas máquinas de câmara fria, é necessário o transporte da liga de fundição, desde o forno até ao orifício de entrada da câmara fria, o que implica um arrefecimento do metal fundido. Desta forma, necessita ser compensado, sendo mantido a aproximadamente mais 10 °C do que a temperatura de injeção, mas não evitando a criação de óxidos na liga, mesmo antes de entrar no molde.

Principais vantagens do processo:

- Maior flexibilidade geométrica;
- Produção de peças com tolerâncias mais rigorosas;
- Podem apresentar superfícies com texturização;
- É necessária pouca ou nenhuma maquinação;
- Obtêm-se peças com paredes finas;
- Apresentam elevado tempo de vida, estabilidade dimensional e boa qualidade;
- Produzem-se milhares de peças dentro das mesmas especificações dimensionais;
- Permite elevadas cadências;
- Apresenta maior produtividade;
- Podem ser incorporados insertos metálicos;
- Como peça fundida apresenta bom aspeto superficial;
- São facilmente tratadas superficialmente.

Desvantagens:

- Elevado custo das máquinas de injetar;
- Elevado custo de energia a suportar com as máquinas de injetar.

2.2.3 Ligas de Zamak

Zamak é uma liga leve que apresenta propriedades muito boas para peças que não requerem alta resistência mecânica. Devido ao seu baixo ponto de fusão, esta liga é perfeitamente adequado para peças de forma complexa, porque é facilmente moldada por processo de fundição sob alta pressão (Silva *et al.*, 2018).

O Zamak é um metal não ferroso muito utilizado no fabrico de componentes para o setor automóvel, componentes de fechaduras residenciais, fivelas de cintos, válvulas, reguladoras de gás, bijuterias, etc. O mercado tradicional do zinco como matéria-prima abrange uma gama de pequenos componentes produzidos em alta velocidade e em quantidades muito grandes, tanto através de câmara quente, quanto por câmara fria. O nome Zamak é um acrônimo alemão para os elementos primários de liga Zink (zinco), *Aluminium* (alumínio), *MA*gnesium e *Kupfer* (cobre).

O *zinco* é um metal branco prateado, com um ponto de fusão relativamente baixo (419,5 °C), que apresenta baixa taxa de corrosão e fácil acabamento.

O alumínio é um metal de baixa densidade (2.7 g/cm^3), com um baixo ponto de fusão (660 °C) e com um alto ponto de ebulição (cerca de 2000 °C), sendo estas características muito apetecíveis para a indústria de fundição. Este constituinte apresenta boa resistência à corrosão, pois tem a capacidade de formar uma camada de óxidos na sua superfície, o que impede a progressão da corrosão pelo restante material. O seu principal efeito é a diminuição do tamanho do grão e aumento da resistência mecânica. Por fim, o alumínio é essencial para o uso de máquinas de fundição sob pressão de câmara quente, pois reduz o ataque de zinco ao ferro. Podem ser vistas algumas composições típicas na Tabela 4.

O magnésio reduz a suscetibilidade das ligas à corrosão intermetalina. Em concentrações mais elevadas, a resistência ao impacto e a ductilidade são adversamente afetados e promovem a fragilidade a quente.

O cobre aumenta a resistência à tração e a dureza. O teor de cobre não deve exceder 1.25%, pois, acima deste valor, a liga torna-se instável por ficar sujeita ao “envelhecimento”, reduzindo a sua resistência ao choque (Soares, 2008).

Zamak 2 – Das ligas apresentadas na Tabela 4, esta é a que oferece maior dureza, eficácia a nível da fluência e resistência a longo prazo, muito graças ao elevado teor de cobre. É normalmente utilizado como material de chumaceira, eliminando o uso de casquilhos de desgaste e insertos em componentes injetados (Soares, 2008);

Zamak 3 – Caracterizado essencialmente pela sua ductilidade e resistência ao impacto. É recomendado nos casos de toleranciamento dimensional apertado, devido à sua grande estabilidade dimensional. É ainda apropriado para revestimentos múltiplos e para várias opções de acabamento;

Zamak 5 – É muito parecido com o Zamak 3, diferenciando-se por um maior teor de cobre, o qual lhe confere maior resistência mecânica e dureza. Tipicamente, é utilizado para peças funcionais na área automóvel, sujeitas a algum desgaste. Os terminais dos cabos de comando são um bom exemplo do uso desta liga;

ZA-8 – Apresenta maior resistência do que o Zamak 3 e o Zamak 5, funciona também muito bem como revestimento e outras opções de acabamento.

Tabela 4 - Composição química de diferentes ligas de Zamak (Vilas, 2018)

Elementos	ZAMAK 2	ZAMAK 3	ZAMAK 5	ZAMAK 7	ZA-8	ZA-27
Al	3,9-4,3	3,9-4,3	3,9-4,3	3,9-4,3	8,2-8,8	25,5-28
Mg	0,025-0,05	0,03-0,06	0,03-0,06	0,01-0,02	0,02-0,03	0,012-0,02
Cu	2,7-3,3	0-0,10	0,7-1,1	0-0,10	0,9-1,3	2-2,5
Fe	0-0,035	0-0,035	0-0,035	0-0,75	0-0,035	0-0,07
Pb	0-0,004	0-0,004	0-0,004	0-0,003	0-0,005	0-0,005
Cd	0-0,003	0-0,003	0-0,003	0-0,002	0-0,005	0-0,005
Sn	0-0,0015	0-0,0015	0-0,0015	0-0,0010	0-0,002	0-0,002
Ni	0,001-	-	-	0,005-0,02	-	-
Zn	Restante	Restante	Restante	Restante	Restante	Restante

A liga com maior uso na PR Metal é o Zamak 5 para a injeção de terminais, sendo que o Zamak 3 também é usado em certas aplicações, associadas à área da estética e bijutaria. O facto de permitir peças que praticamente se encontram na sua forma final e com o aspeto requerido pelo cliente, permite evitar outros processos como a maquinagem para atingir o resultado pretendido.

O Zamak é usado nos terminais dos cabos de comando porque apresenta uma excelente relação qualidade/preço, à custa dos elevados níveis de produtividade. Com o processo de injeção de Zamak diretamente sobre o cabo, é possível eliminar as operações de prensagem e de zincagem, uma vez que o material apresenta uma boa resistência à corrosão. A aplicação deste material e do processo de injeção foi, sem dúvida, um passo importante para o incremento de produtividade e para o aparecimento de novas geometrias de terminais de cabo (Cardoso, 2004).

2.2.4 Problemas usuais


Ao longo do decorrer dos vários processos de fabrico do cabo de comando, aparecem vários tipos de problema. Desde logo, os defeitos tipicamente associados à injeção. O principal objetivo da indústria de fundição injetada é atingir a meta de zero por cento de defeitos. Para atingir esse objetivo, é preciso investir na pesquisa e desenvolvimento. Neste setor, é muito importante ter um conhecimento completo de todo o processo desenvolvido dentro da máquina de fundição, desde o forno principal até ao molde, para mais facilmente recolher dados que, posteriormente, possibilitem melhorar os parâmetros de enchimento, peças da máquina e moldes. Os defeitos que podem ocorrer são inúmeros, e convém estar ciente do que cada um representa. É essencial fazer uma descrição detalhada dos defeitos, baseada na aparência visual da peça e registar o número de peças defeituosas por molde, por cavidade, por injetora, por turno, por operador e por lote de metal utilizado (Pinto *et al.*, 2019).

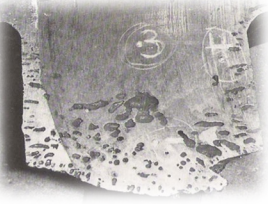


Para além dos defeitos de injeção, verificam-se também outros problemas, como no sistema de fazer flor que, quando mal calibrado, resulta numa flor fora da tolerância geométrica. A operação de corte também requer cuidados para evitar o corte de cabo fora da tolerância, bem como evitar o corte defeituoso, que resultará no “desfiar” do mesmo. Contudo, por muito que a empresa e os colaboradores queiram, até ao momento, é impossível evitar o desperdício de cabo que resulta da operação de aparar. A consequência da maioria destes problemas referidos é uma diminuição de resistência do cabo. Assim sendo, a inspeção torna-se uma operação simplificada, a qual consiste em efetuar um teste de tração final.

Na fundição sob pressão, é essencial entender o comportamento da superfície da cavidade do molde, quando submetida a elevadas pressões, de forma a avaliar a sua resistência ao desgaste. Os moldes são constantemente expostos a condições altamente severas, tais como alta pressão, rápidas flutuações de temperatura e erosão do metal fundido em movimento rápido (Nunes *et al.*, 2017).

De seguida, na Tabela 5, serão abordados alguns tipos de defeitos que podem ocorrer durante o processo de fundição. A Figura 13, Figura 14, Figura 15 e Figura 16 retratam cada um dos defeitos, sendo acompanhadas pela respetiva descrição.

Tabela 5 – Defeitos usuais na injeção dos terminais em Zamak

Defeito	Descrição
<p>Preenchimento incompleto</p>  <p>Figura 13 - Exemplo de preenchimento incompleto (Ferreira, 2017)</p>	<p>Resultam da divisão do fluxo de metal durante o enchimento e estão geralmente relacionados com o aquecimento inadequado do molde ou do metal. Se o metal estiver muito frio, se o tempo de enchimento for demasiado longo ou se o metal for mal orientado no enchimento da cavidade, dá-se a solidificação inicial do metal antes do molde ser completamente preenchido, criando lacunas na peça.</p>

Defeito	Descrição
<p data-bbox="347 237 480 266">Porosidades</p>  <p data-bbox="300 499 528 555">Figura 14 - Exemplo de porosidades</p>	<p data-bbox="587 264 1337 555">As porosidades apresentam-se sob a forma de cavidades com paredes lisas, sensivelmente esféricas, sem comunicação com o exterior. Estão associadas a altas velocidades de enchimento, o que promove o aprisionamento de ar durante o processo na camisa de injeção. As porosidades podem também resultar da libertação de gás dissolvido no metal. Outro cuidado a ter durante o processo de injeção, é a quantidade de lubrificante, isto porque geralmente é composto por 98% de água e gera-se vapor quando encontra o metal fundido.</p>
<p data-bbox="363 589 464 618">Rechupes</p>  <p data-bbox="300 797 528 853">Figura 15 - Exemplo de Rechupes</p>	<p data-bbox="587 633 1337 831">Têm o aspeto de uma cavidade, mas com forma e aspeto diferentes da porosidade. As suas paredes são irregulares e com aparência áspera, o que indica que foi o último ponto a solidificar nessa superfície da peça. Formam-se devido a uma contração nos pontos quentes das superfícies do molde, quando há ausência de fornecimento de metal líquido.</p>
<p data-bbox="363 880 464 909">Rebarbas</p>  <p data-bbox="288 1223 536 1279">Figura 16 - Exemplo de rebarbas (Ferreira, 2017)</p>	<p data-bbox="587 943 1337 1245">Geralmente ocorre vazamento de metal na linha de fecho do molde e nos pinos extratores. Na origem do problema está um desajuste dimensional entre a injetora e o molde. Com o tempo, os moldes tendem a desgastar-se e, conseqüentemente, a pressão de fecho de molde diminui. Outra variável importante a ter em consideração é a temperatura de injeção, uma vez que está diretamente ligada à pressão e velocidade de enchimento. Porém, se a rebarba não afetar o acabamento final e for facilmente removida, não se considera como defeito (Braga, 2015).</p>

2.2.5 Fatores que afetam a produtividade

Motivação

A motivação é essencial para todo o comportamento humano, e a produtividade não foge à regra. A remuneração é uma de muitas formas de motivar os colaboradores, pelo que deveria ser determinada pelos resultados da produtividade. Se a administração puder planejar e executar esquemas efetivos de incentivos, o resultado, invariavelmente, é uma melhoria significativa da produtividade. É também possível melhorar a produtividade obtendo cooperação e participação dos trabalhadores. Esta participação dos trabalhadores teve muito sucesso em variados países. As relações humanas podem ser melhoradas reduzindo a complexidade dos procedimentos de comunicação e minimizando os conflitos. As empresas devem satisfazer as necessidades dos trabalhadores, introduzindo programas efetivos de qualidade de vida, práticas inovadoras de participação dos trabalhadores, métodos de trabalho flexíveis e programas de bem-estar, condições de trabalho decentes, assegurando sempre a máxima segurança (Enshassi *et al.*, 2007).

Ergonomia/Condições de trabalho

O bem-estar dos operadores, durante a execução de tarefas, favorece a sua produtividade. Situações capazes de gerar problemas de saúde devem ser eliminadas. Por exemplo, ao usar sistemas, como elevadores e carrinhos, em movimentações várias vezes repetidas ao longo do dia, é poupado um esforço físico substancial. Assim, a saúde dos operadores pode ser salvaguardada, aumentando o bem-estar e a atmosfera de trabalho. Estes fatores estão diretamente ligados à fadiga, e esta é responsável por uma drástica diminuição dos níveis de concentração que, por sua vez, diminuem a qualidade do produto e aumentam o risco de acidente, com potenciais lesões. O resultado final é um aumento da qualidade e da produtividade, reduzindo o tempo das operações de produção e montagem (Santos, 2019).

Os recursos disponibilizados aos operadores ditam a taxa de produtividade de uma empresa. Esta deve promover o máximo conforto dos trabalhadores, controlando a temperatura, a organização e a limpeza das áreas de trabalho. Os benefícios identificados pelas empresas são principalmente focados na redução de acidentes, aumentando a satisfação / motivação dos funcionários, reduzindo os custos de acidentes e doenças, melhorando a qualidade dos produtos e serviços, reduzindo o absentismo laboral e aumentando a produtividade (Morgado, 2019).

Gestão de Stocks

A grande maioria das empresas está dependente da matéria-prima que lhes é fornecida. Se esta matéria-prima não chegar como desejado e dentro dos prazos, é muito provável que a produtividade da linha venha a ser afetada. Por outro lado, o excesso de artigos em *stock* também causa prejuízos financeiros para a empresa. A movimentação de *stocks* deve ser bem definida.

Layout

O *layout* deverá ser desenhado de forma encadeada e com o contributo da gestão de produção, garantindo um fluxo suave de trabalho, material e informação, porque o *layout* e o design da fábrica afetam enormemente a forma como o trabalho é desenvolvido e, por consequência, a produtividade na linha. O fluxo de trabalho deverá começar pelo armazém das matérias-primas, posicionamento dos recursos humanos e máquinas, tendo em conta a sequência de operações, e acabar na expedição. Quando o *layout* da fábrica é desorganizado, são muitas as perdas de produtividade.

Manutenção dos equipamentos

O desenvolvimento de um produto tende a envolver cada vez mais equipamentos. Estes não tiverem uma manutenção bem planeada e devidamente cumprida, a probabilidade de ocorrer falha é elevadíssima. A melhor forma de evitar uma falha catastrófica que provoque uma longa paragem que afete a produtividade, é fazer uma manutenção preventiva. As atividades de manutenção podem afetar diretamente a competitividade das empresas. O seu desempenho influencia todo o processo de produção, desde a qualidade do produto, até ao cumprimento do prazo de entrega. Procedimentos de

manutenção inadequados podem custar milhões de euros em reparações. Assim, a função de manutenção não deve ser considerada como um custo, mas como uma alavanca crítica para a competitividade estratégica das empresas (Ben-Daya *et al.*, 2009).

Formação/Educação dos colaboradores

A importância da formação contínua é objeto de um consenso generalizado quer junto da comunidade científica, quer dos responsáveis pela sua implementação nos mais variados contextos organizacionais (Almeida e Alves, 2011). O investimento na qualificação dos profissionais, de que depende a produtividade da empresa, em todos os níveis, desde o operário até à alta administração, é vital. A falta de formação, continua a ser uma das principais causas de acidentes, na relação Homem-máquina (Alves, 2012). A formação enriquecerá a pessoa na medida em que lhe abre novas perspetivas no campo do conhecimento e ajuda a fazer da atividade profissional “Uma fonte de satisfação pessoal” (Bernardes, 2016).

Organização da empresa

Incutir uma forte comunicação entre os vários setores/departamentos é essencial. A informação disponível deve estar atualizada e organizada. É essencial fazer um bom planeamento de ações, gerir da melhor forma os recursos disponíveis e manter um apoio próximo. Os principais objetivos devem estar claros para todos, pois é importante que cada trabalhador se sinta uma parte de um todo. Assim, qualquer colaborador tornar-se-á mais confiante, proactivo, recetivo, compreensivo, satisfeito e, conseqüentemente, mais produtivo (Attar *et al.*, 2012).

2.3 Automatização do processo de fabrico

Tendo em vista uma melhoria contínua na gestão dos processos de fabrico, a automatização surge como solução para otimizar os recursos energéticos, materiais e humanos. O nível de automatização de uma empresa reflete-se, principalmente, na produtividade, na qualidade e na segurança dos operadores. Como já foi referido, cada vez mais o mercado exige uma maior eficiência na produção, recorrendo sempre ao menor número possível de recursos humanos. Neste contexto, a automação apresenta a resposta a estas exigências, tornando-se assim num motor fundamental da indústria atual. De seguida, serão apontados alguns objetivos das empresas que apostam no aumento do seu nível de automatização:

- **Aumentar a produtividade:** a automatização de um processo de produção normalmente aumenta a taxa de produção, levando a um maior número de produtos por unidade de tempo;
- **Reduzir custos de produção:** o investimento na automatização é justificado economicamente na substituição de operações manuais. As máquinas têm vindo a substituir a mão-de-obra, reduzindo os custos de produção;

- **Aumento do controlo dos processos:** Qualquer ação passa a ter uma maior repetibilidade e flexibilidade, fazendo os respetivos ajustes dos parâmetros específicos. A recolha de informação é mais fiável e célere, como tal, os erros associados à gestão também tendem a diminuir;
- **Aumentar a qualidade do produto:** aumenta a repetibilidade e a conformidade. A qualidade está sempre refém do operador, por via de inúmeros fatores. Porém com a automatização, essa dispersão de resultados depende apenas da precisão dos equipamentos;
- **Melhoria contínua:** as causas dos problemas são mais facilmente detetadas e por consequência, eliminadas mais rapidamente;
- **Redução dos prazos de entrega:** a automatização ajuda a reduzir o tempo desperdiçado entre o pedido do cliente e a expedição do produto, um aspeto fulcral na competitividade da empresa, que pode muitas vezes definir a entrada de novos pedidos;
- **Executar tarefas que não podem ser efetuadas manualmente:** certas operações não podem ser executadas sem a ajuda das máquinas. Falamos de processos que têm requisitos de precisão específicos, e onde é difícil de manipular um produto por este ser demasiado volumoso ou pesado, ou então, porque possui uma geometria complexa que não pode ser manipulada manualmente (Morgado, 2019);
- **Reduzir ou eliminar rotinas manuais:** as tarefas repetitivas, monótonas e cansativas, devem ser eliminadas a fim de melhorar as condições de trabalho dos operadores. Tarefas pouco apetecíveis e/ou sem grande margem de progressão profissional, têm uma necessidade natural de automatização (Costa *et al.*, 2018; Moreira, 2019; Soares, 2015).

Importa realçar que a automatização de sistemas não pretende eliminar postos de trabalho. Ainda que algumas funções de certos operadores possam ser substituídas, dizer que o operador será dispensável, é uma ideia completamente errada. A automatização pretende efetivamente dar o devido suporte aos trabalhadores, de forma a mantê-los mais motivados e seguros. Será necessário encarar este cenário como uma oportunidade para o operador passar, por exemplo, a monitorizar e controlar a linha, resolver erros de produção, e também concentrar-se em áreas de crescimento, em vez de interagir com movimentos repetitivos e monótonos, atividades não produtivas ou que ponham a sua segurança e bem-estar em causa. Por outro lado, continuará sempre a haver processos e tarefas que apenas o Homem consegue realizar (Soares, 2015; Soares, 2019).

Na Tabela 6 são apresentados vários estudos onde é notória a importância da automatização de processos, especialmente, para o aumento da produtividade.

Tabela 6 – Casos de estudo relativos à automatização de processos

Autor	Descrição
(Nunes e Silva, 2013)	O autor redesenhou uma linha de montagem de peças metálicas usadas no motor do limpa pára-brisas de um automóvel. O estudo foi realizado para minimizar os problemas ergonómicos causados pela fadiga do operador em operações manuais de ciclo curto. Através do novo sistema, importantes ganhos de produtividade também foram obtidos, com o tempo de ciclo, sendo reduzido de 12 para 7 segundos. Além disso, os operadores são poupados a uma tarefa de baixo valor e suscetível a erro, fadiga e geração de doenças.
(Santos <i>et al.</i> , 2019)	O autor desenvolveu um novo conceito de transporte de espirais numa linha de produção automática. Ao longo da linha são realizadas várias operações nas espirais do cabo de controlo, nomeadamente corte, rebarbagem, puncionagem de terminais nas extremidades e inserção de um tubo. Através do novo sistema, o número de subprodutos no processo de fabrico diminuiu, a flexibilidade exigida pelas condições atuais do mercado aumentou significativamente, e reduziu drasticamente o tempo de <i>setup</i> (redução de 97%).
(Santos <i>et al.</i> , 2018)	O autor remodelou a automação aplicada numa máquina APEX usada na indústria de produção de pneus. As melhorias introduzidas reduziram significativamente o tempo de inatividade e o tempo de inatividade dos equipamentos, contribuindo assim para um aumento significativo tanto na taxa de disponibilidade do equipamento como no OEE (<i>Overall Equipment Efficiency</i>). Os tempos de paragem foram reduzidos em 62%.
(Costa <i>et al.</i> , 2018)	O artigo foi desenvolvido para resolver problemas de qualidade relatados no sistema de transmissão dos limpa pára-brisas automóveis, nomeadamente num eixo. O autor desenvolveu um equipamento totalmente automatizado capaz de receber, orientar, montar e controlar a montagem desses eixos. A taxa de produção exigida inicialmente foi excedida em 19%, atingindo-se um processo mais eficiente e otimizado.
(Silva <i>et al.</i> , 2018)	O autor desenvolveu um sistema de alimentação de barras para tornos CNC. O sistema foi desenvolvido para adaptar a um equipamento já em serviço, para aumentar a sua produtividade e evitar tarefas repetitivas realizadas por trabalhadores indiferenciados, permitindo uma progressão dessas pessoas através de formação adequada e criando melhores condições de trabalho.
(Araújo <i>et al.</i> , 2017)	O autor redesenhou uma linha de produção de <i>suspension mats</i> para assentos de carro, tendo eliminado duas estações de trabalho. Além da economia de recursos humanos alcançada, obteve-se um ganho de eficiência de 40% apenas pela mudança do conceito da linha de produção.
(Veiga <i>et al.</i> , 2019)	Foi desenvolvido um novo conceito de uma máquina de montagem automática de componentes automóvel, tendo como objetivo a automatização de tarefas. O resultado verificado através da construção de um protótipo, representou um grande ganho de produtividade, em comparação com a produção manual atual. O autor concluiu que o período de retorno deste investimento, seria próximo de dois anos.
(Ribeiro <i>et al.</i> , 2019)	O processo de produção de cabos de comando envolvia um grande desperdício de graxa lubrificante durante a tarefa de introdução na espiral. A nova solução automatiza o processo, resultando numa diminuição de 70% do desperdício de graxa. Por outro lado, a produtividade aumenta, pelo facto de reduzir o tempo de paragem causado pelo processo de abastecimento dos reservatórios de graxa lubrificante.

2.3.1 Automatização vs. Robótica

A automação e a robótica devem desempenhar um papel importante no aumento substancial, tanto da produtividade como da flexibilidade. No entanto, geralmente existem alguns conflitos entre produtividade e flexibilidade, porque os sistemas pensados para altas taxas de produção tendem a ser dedicados e não flexíveis.

1. Automatização fixa

A automatização fixa envolve um equipamento que repete de forma consecutiva o mesmo processo automático. Por norma, apresenta uma sequência de operações simples, uma reduzida flexibilidade e um elevadíssimo custo (Infaimon, 2018). Estas características fazem deste tipo de automatização uma solução talhada para produções em grande escala, conforme a representação da Figura 20 sugere. Um exemplo deste tipo de automatização são as linhas de montagem automática, ou as linhas de engarrafamento (Figura 17).



Figura 17 - Automatização fixa (Sequetin, 2019)

2. Automatização programável:

A automatização programável está entre a automatização fixa e a automatização flexível. Como o nome indica, caracteriza-se por poder ser programada de forma a acomodar diferentes configurações de produtos. Se, por um lado, se ganha flexibilidade, por outro, perde-se taxa de produção, quando comparado com o sistema de automação fixo. É uma automatização aplicada normalmente às máquinas de controlo numérico, como o exemplo da Figura 18. É também especialmente útil no caso dos processos de produção em que o produto apresenta variantes.



Figura 18 - Automatização Programável (Lagun, 2019)

3. Automatização flexível:

Finalmente, a automatização flexível é aquela que melhor se consegue adaptar a diferentes produtos, através da combinação de diferentes programas conectados entre si. Consequentemente, deixa de haver perdas de tempo para a realização de *setups*, permitindo a produção contínua de diferentes produtos. Devido à complexidade deste tipo de programação, não é possível obter elevadas taxas de produção, quando comparados com os tipos de automatização abordados anteriormente.



Figura 19 - Automatização flexível (Greenfield, 2013)

A Figura 20 - Tipos de automação (Soares, 2015), esquematiza o posicionamento de cada tipo de automação em função do volume de produção e da diversidade de produtos.

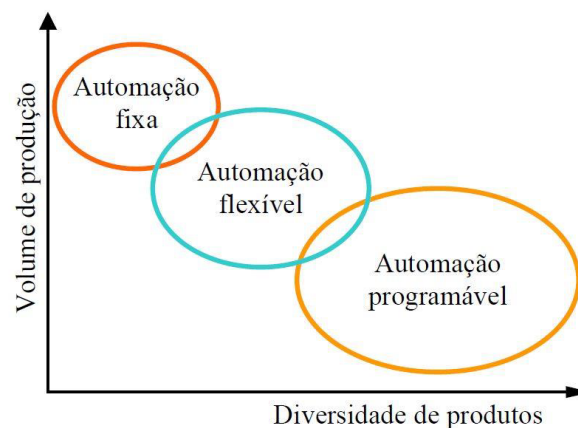


Figura 20 - Tipos de automação (Soares, 2015)

Robótica

A robótica é a ciência responsável pela construção e programação de robôs. Esta engloba diversas áreas, tais como a mecânica, eletrônica, hidráulica, eletricidade, computação, entre outras, e obviamente tendo como base a física, a matemática e a química (César, 2005). A robótica é, de todos os processos de automação, o que mais se aproxima da Automação Programável. Os robôs são máquinas programáveis que possuem muitas vezes características muito idênticas ao corpo humano, em termos de movimentos.

Para a *Robotics Industries Association* (2010), um robô “é um dispositivo mecânico articulado reprogramável, que consegue, de forma autônoma e recorrendo à sua capacidade de processamento para obter informação do meio envolvente utilizando sensores, tomar decisões sobre o que fazer com base nessa informação e em informação obtida à priori, e manipular objetos do meio envolvente utilizando atuadores.”

A origem da palavra *Robot*, provém do checo *Robota*, que significa trabalho penoso ou trabalho escravo, e foi usada pela primeira vez pelo escritor checo *Karel Capek* na sua peça teatral *RUR, Rossum's Universal Robots*, apresentada em 1921. Contudo, o primeiro *robot* industrial só foi utilizado em 1961 numa fábrica da *General Motors*, nos Estados Unidos. Era um manipulador robótico da *Unimate*, com a forma de um braço humano, que fazia soldadura no chassis dos automóveis na linha de montagem (Ribeiro, 2004).

O termo “Robótica” terá sido inicialmente utilizado por Isaac Asimov, no seu conto “*Runaround*”, publicado em 1942. Foi Asimov que recomendou um conjunto de três leis para a robótica, às quais adicionou, posteriormente, uma lei zero (Clarke, 1993):

- **Lei um:** um robô não pode prejudicar um ser humano, ou através da ausência de ação permitir que ele seja prejudicado, a não ser que neste caso a lei zero seja violada.
- **Lei dois:** um robô deve obedecer a ordens dadas por seres humanos, a não ser quando estas violem a lei um.
- **Lei três:** um robô deve proteger a sua existência, desde que esta proteção não entre em conflito com as leis anteriores.
- **Lei zero:** um robô não pode prejudicar a humanidade ou através da ausência de ação permitir que ela seja prejudicada. Cada uma destas leis tem precedência sobre as seguintes, logo um robô não poderá matar um ser humano, mesmo que isso resulte no seu próprio extermínio.

O uso de robôs tem aumentado exponencialmente desde a década de 1960. As primeiras aplicações começaram na pintura, soldadura e montagem na indústria automóvel. Avanços tecnológicos em inteligência artificial, eletrônica, computação e componentes, trouxeram robôs para novas indústrias e aplicações (Thayer, 2017).

O controlo do robô é uma competência essencial para os fabricantes, e como tal, muito desenvolvimento é feito para aumentar o desempenho do robô, de forma a reduzir o

custo e introduzir novas funcionalidades. Exemplos de áreas de desenvolvimento que recebem grande atenção hoje são o controlo multi-robô, controlo de segurança, controlo de força, visão 3D, supervisão remota por robô e comunicação sem fio. A maioria dos robôs de hoje está bem-adaptada para uma produção flexível de alto volume e muito competitivo. Isso tornou necessário que os fabricantes de robôs fizessem grandes esforços nos requisitos básicos de eficiência, de custos, alta fiabilidade e alta produtividade (Brogårdh, 2007).

Graças aos sistemas de segurança avançados dos robôs, as empresas têm liberdade para automatizar diferentes operações com o uso de robôs, podendo trabalhar lado a lado com os trabalhadores. Um bom exemplo é o robô *Tri-Co (Coexistência-Cooperação-Cognição)* desenvolvido pela Fundação de Ciência da China, o qual pode enriquecer a qualidade de vida e de trabalho dos seres-humanos. A parte cooperativa permite interagir com as pessoas ou outros robôs, e a parte cognitiva enfatiza as capacidades de perceber e prever o comportamento e intenção do ambiente e outros agentes através da coleta de informações, e responder de forma adaptativa através da aprendizagem própria, controlo e planeamento de algoritmos (Ding *et al.*, 2017).

A IA é o maior cliente de robôs, com uma participação de 33% da oferta total em 2017, onde as vendas aumentaram 22%. A produção de carros de passageiros tornou-se cada vez mais complexa nos últimos dez anos: a maioria dos processos de produção de hoje em dia exigem soluções de automação que passam pelo uso de robôs ((IFR), 2018).

“Industrial robots are a crucial part of the progress of manufacturing industry” - Junji Tsuda, 2018

Na citação acima, o presidente da Federação Internacional de Robótica (IFR) realça a importância da robótica no progresso da indústria. O gráfico da Figura 21 mostra a evolução das vendas nos últimos anos, e vai de encontro às suas palavras.

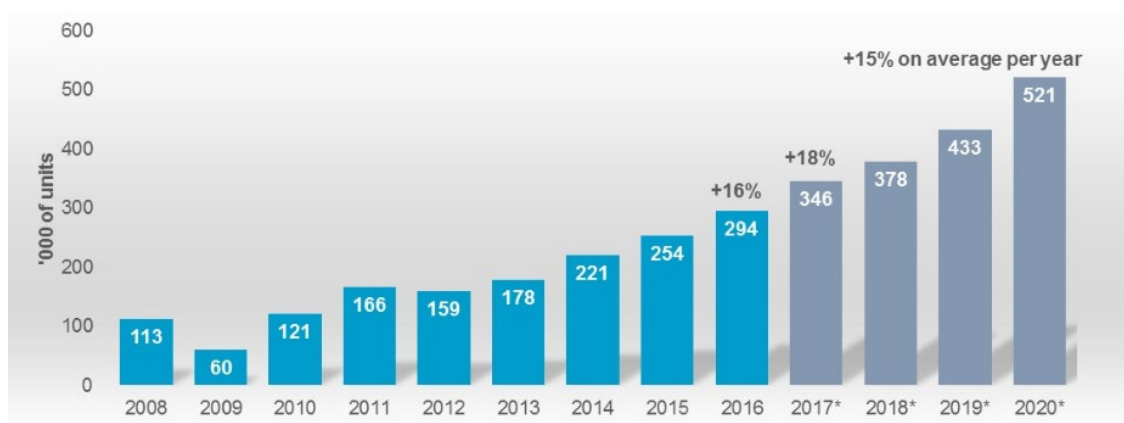


Figura 21 - Estimativa do volume de vendas mundial, por ano, de robôs industriais, ((IFR), 2018)

A densificação de robôs está associada a aumentos na produtividade e reduções nos preços de produção. Estudos efetuados não encontraram qualquer relação significativa entre o aumento do uso de robôs industriais e o emprego geral (Graetz e Michaels, 2018).

Na Tabela 7, são apresentados alguns casos onde se comprova que o recurso a robôs é uma mais valia na resolução de cada problema.

Tabela 7 - Estudos que demonstram a importância da robótica

Autor	Descrição
(Barbosa <i>et al.</i> , 2018)	Neste artigo foi desenvolvido um sistema de alimentação automática para máquinas CNC. Consiste num robô embutido na estrutura de um pequeno armazém posicionado ao lado da máquina CNC, capaz de alimentar várias máquinas e posteriormente fazer a recolha e armazenagem das peças. Assim, esta célula pode ser personalizada, dependendo das necessidades do cliente em termos de robô utilizado, tamanho da prateleira e tipo de sensores usados. A codificação das peças pode ser facilmente tratada através da codificação <i>Quick Response (QR)</i> . Este conceito pode ser facilmente aplicado a empresas que buscam altas cadências de produção com elevada versatilidade e agilidade.
(Castro <i>et al.</i> , 2017)	Este autor realizou um estudo com o objetivo determinar as vantagens do uso de uma célula de soldadura robótica para produzir estruturas de carroçarias de autocarros. Ao comparar o tempo gasto pelos métodos de produção e os resultados dos processos de inspeção, com os subconjuntos fabricados por um humano, ficou provado que este projeto é vantajoso em vários aspetos, no que diz respeito à organização da fábrica e ao investimento económico.
(Magalhães <i>et al.</i> , 2019)	O autor projetou um novo sistema de recolha e orientação dos arames dobrados por meio de uma máquina automática. O sistema também prepara a disposição desses arames para o próximo posto de produção: sobre injeção. Com este sistema, foi poupado muito tempo de ciclo, porque a máquina robótica dobradeira de fio deixa de parar o ciclo de produção apenas para outro braço robótico obter o fio antes de o cortar e posicionar corretamente.
(Ross <i>et al.</i> , 2003)	O artigo baseia-se no desenvolvimento de um robô altamente flexível e produtivo para remover tinta de grandes navios e outras grandes estruturas ferromagnéticas. A corrosão destas estruturas representa um problema ambiental e económico. O uso do robô permitiu um aumento significativo na produtividade, segurança e qualidade na decapagem para além de funcionar de forma ambientalmente correta.
(Gultekin <i>et al.</i> , 2009)	O autor debruçou-se sobre o uso de uma célula robótica para o corte de metal. Estas máquinas são controladas por CNC e são altamente flexíveis. Foi determinado o número ideal de máquinas que minimiza o tempo de ciclo para determinados parâmetros de cada célula, como os tempos de processamento, os tempos de deslocamento do robô e os tempos de carga / descarga das máquinas. Como consequência, cada peça é assumida como um conjunto de operações e cada máquina está preparada para executar todas as operações associadas a essa peça.

2.3.2 Custos das diferentes soluções

O custo das diferentes soluções é sempre fulcral para qualquer tomada de decisão, por parte de uma empresa ligada ao setor automóvel. Porém, cada opção deve ser muito bem ponderada em função do projeto, tempo de implementação, objetivo de negócio e estratégia empresarial. Dependendo do âmbito da aplicação, a automação nos processos pode ser total ou parcial. As empresas devem escolher quais as atividades que deverão ser automatizadas, qual o nível de automação que deve ser usado (desde simples controladores lógicos programáveis, até robôs altamente sofisticados, guiados por sensores e algoritmos adaptativos inteligentes), e que tecnologias devem ser adotadas.

As empresas de menor dimensão, têm a tendência natural para optar pela automatização tradicional, recorrendo às soluções pneumáticas e hidráulicas. Uma das principais atrações da pneumática é o baixo peso, e o bom comportamento dos seus atuadores. Muitas vezes, a solução pode passar por automatizações puramente mecânicas. Para além de conseguirem contornar as dificuldades financeiras, estes sistemas são de fácil implementação, boa fiabilidade e não necessitam de manutenção (Daerden e Lefeber, 2002).

O preço de um robô é determinado pelas suas dimensões, grau de complexidade e fiabilidade. A flexibilidade inerente de um dispositivo que pode ser programado de forma rápida e fácil, diminuirá bastante o número de vezes que um robô precisa repetir uma determinada tarefa para justificar os custos de compra e amortização. À medida que a produção de robôs tem aumentado, os custos têm caído. Nos últimos 30 anos, o preço médio dos robôs foi reduzido para metade. O facto de cada vez ser mais fácil encontrar especialistas para projetar, instalar e operar com robôs, contribuiu para o aumento do seu uso na indústria. A disponibilidade de *softwares* de simulação e programação também contribuiu para a diminuição dos custos associados à produção de um robô (Tilley, 2017).

As limitações da robótica estão diretamente relacionadas com o preço imposto pelo fabricante. Enquanto no caso do trabalhador a empresa decide quanto está disposta a pagar, ao adquirir o robô, está sujeita ao custo inicial e toda a sua manutenção.

2.3.3 Flexibilidade e Agilidade

Antigamente, os produtores de veículos ofereciam um número muito limitado de modelos uma pequena variedade e ciclos de vida relativamente longos, como o *Ford T* e o *Volkswagen Beetle*. Hoje em dia, a indústria automóvel deve fornecer uma gama de produtos de alta variedade e qualidade, para continuar competitiva e garantir que os prazos de entrega estejam de acordo com as expectativas do cliente, permanecendo focada em todas as inovações tecnológicas (Nunes e Silva, 2013).

Os sistemas de produção tradicionais são construídos sobre o princípio de economia de escala. Aqui, os elevados custos são distribuídos pela grande quantidade de produtos produzidos, de forma a reduzir ao máximo o custo unitário. Assim, é produzido um grande número de unidades de um produto específico e, em seguida, é feita a troca sequencial para outro produto. O resultado deste sistema são *stocks* gigantescos, pouca variedade, inflexibilidade de produção e falta de resposta à procura do mercado (Sullivan *et al.*, 2002).

Os princípios Lean são uma alternativa viável, procurando o melhor aproveitamento de todos os recursos, tais como, os trabalhadores, os equipamentos, o espaço fabril, etc. Os princípios Lean, são altamente preocupados com as condições que podem favorecer a produtividade dos operadores, o que é conseguido através do seu bem-estar durante a execução das tarefas (Santos *et al.*, 2019). O pensamento Lean é uma filosofia que surgiu como um sistema de gestão com o objetivo de desenvolver processos com vista

à redução contínua do desperdício ao longo do processo. O *Lean Thinking* é baseado no *Toyota Production System (TPS)*, mas cujos princípios podem ser aplicados a qualquer atividade industrial (Neves *et al.*, 2018).

No sistema de Produção Lean, tudo o que não agrega valor ao produto, visto sob os olhos do cliente, é desperdício. Todo o desperdício apenas adiciona custo e tempo. Todo o desperdício é sintoma e não a causa do problema (Howell, 1999). Recorrendo a fluxogramas perfeitamente detalhados que definem o que pode ser feito a cada momento, permite que a empresa responda afirmativamente à procura do mercado no sentido competitivo, mostrando alta flexibilidade, agilidade e ótima relação qualidade / preço.

O setor automóvel deve ser regido por alguns princípios fundamentais para a sua prosperidade. Flexibilidade e agilidade são um bom exemplo de conceitos cada vez mais aplicados na IA. Contudo, tratam-se de conceitos multidimensionais e polimorfos, com várias definições e interpretações (Wadhawa e Rao, 2003).

Os processos de fabrico têm de se adaptar ao paradigma de mercado atual, focado na produção personalizada. Empresas ligadas ao setor automóvel, devem considerar estratégias como sistemas de produção ágeis, para poder competir globalmente e ter uma capacidade de resposta dinâmica. Sistema de produção ágil é um sistema de produção que pode mudar de forma rápida e fácil, para produzir uma gama planeada de modelos numa dada família de produtos, e ser reconfigurado rapidamente. Sistemas ágeis de produção, permitirão reações rápidas e económicas a procuras de mercado inesperadas e em constante mudança. Estes sistemas têm capacidade de suportar lançamentos rápidos de produtos não previstos inicialmente, feitos sob medida para atender às flutuantes exigências dos clientes. Conceptualmente, um sistema de produção ágil permite que uma empresa na indústria automóvel realoque a capacidade da linha de produção para produtos com uma procura acima da esperada, lançando rapidamente novos produtos (não concebidos previamente na altura do projeto do sistema de fabrico), e ainda reter a capacidade de produção de outros produtos com menor procura que a esperada. Este sistema tem o potencial de reutilização de equipamentos e redução de investimentos nos mesmos (Costa *et al.*, 2017; Moreira *et al.*, 2017).

O compromisso de reutilização de equipamentos está também associado a sistemas flexíveis de produção (FMSs-*Flexible Manufacturing Systems*). Um sistema de produção flexível é um sistema adaptável, versátil, que pode mudar de forma rápida e fácil, para produzir diferentes modelos de produtos. Este sistema de produção oferece uma série de benefícios: possibilita prazos de entrega menores e um elo mais estreito entre a oferta e a procura, acelerando a introdução de novos produtos e simplificando a fabricação de produtos altamente personalizados. Sistemas flexíveis também permitem a introdução de novos modelos de produtos (não planeados), mas com um tempo e um custo associados. A principal diferença entre sistemas ágeis e flexíveis está no custo que lhes é associado. As ferramentas e os acessórios de um sistema flexível são consideravelmente mais caros, o que se justifica pelo facto destas ferramentas estarem preparadas para uma maior variedade de aplicações.

Empresas do ramo automóvel ficaram dececionadas com o *FMS*, porque a promessa de redução de custo para reutilização de equipamentos não correspondeu ao esperado. Na prática, para responder à procura em mudança, um *FMS* exige despesas adicionais e muito tempo para se converter ou adaptar a novos produtos "não planeados" (Debra A. Elkinsa, 2003). Resumidamente, a taxa de rendimento alcançada é muito baixa, tendo em conta o investimento exigido.

Na Tabela 8, são abordados alguns dos princípios Lean, com casos práticos.

Tabela 8 - Casos de estudo aplicando metodologias Lean

Autor	Descrição
(Sousa <i>et al.</i> , 2019)	Através da implementação de ferramentas Lean em equipamentos industriais do setor corticeiro, aumentou-se a flexibilidade no processo de fabricação de rolhas de cortiça. As melhorias implementadas tiveram um impacto positivo no processo, traduzindo-se na redução em 43% do tempo médio de troca de equipamento.
(Santos <i>et al.</i> , 2019)	Neste artigo, analisou-se uma linha de produção capaz de produzir diferentes dispositivos eletrónicos com o objetivo de encontrar deficiências em termos de ergonomia do operador. Apontaram-se algumas situações capazes de colocar em risco a saúde do operador. Posteriormente, foram encontradas soluções para eliminar completamente as ações que exigiam esforços exagerados ou movimentos desnecessários, otimizando claramente o fluxo de montagem e o bem-estar dos operadores da linha.
(Rosa <i>et al.</i> , 2019)	Princípios Lean foram também aplicados numa empresa de produção de cabos de comando. A multiplicidade de modelos agregados à necessidade de economizar tempo nas linhas dedicadas, exigiram uma análise, a fim de eliminar desperdícios de tempo e recuperar a competitividade do produto. As ferramentas Lean têm um papel preponderante nos resultados obtidos, pois levam a uma abordagem sistemática que permite encontrar soluções viáveis de baixo custo, que resultam em um aumento significativo da produtividade, nunca cessando de apostar no envolvimento das pessoas, que apesar da natural resistência à mudança inicial, quando devidamente envolvidas, apresentam sugestões e aderem às melhorias implementadas.

DESENVOLVIMENTO

- 3.1 Caracterização da empresa
- 3.2 Caracterização do produto e do processo
 - 3.3 Caracterização do problema
 - 3.4 Tempestade de ideias
- 3.5 Análise crítica das possíveis soluções (*SWOT*)
 - 3.6 Matriz de seleção da melhor opção
 - 3.7 Projeto

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Caracterização da empresa

A empresa PR Metal teve origem em 1985, inicialmente, com o nome de Molcotex – Indústria de Moldes e Cortantes, Lda. Com o passar dos anos, a empresa cresceu, a sua estrutura evoluiu e encontrou novos mercados. Atualmente, é especialista no desenvolvimento e no fabrico de equipamentos próprio para a injeção de ligas Zamak. Porém, a oferta da empresa vai mais além, procurando dar resposta às necessidades do mercado automobilístico, através do projeto e fabricação de máquinas de dobragem e montagem de arames, máquinas para produção e montagem de cabos de comando, prensas, etc.

Esta empresa está inserida no Grupo PR, um grupo de empresas ligadas a diferentes ramos industriais, desde a metalomecânica de precisão, extrusão de plástico, tornearia, tratamento de superfícies, produção de motores elétricos até ao desenvolvimento e produção de eletrodomésticos. A Tabela 9 dá a conhecer o nome de cada empresa e a respetiva área de desenvolvimento.

Tabela 9 - Empresas do grupo PR

Empresa	Desenvolvimento/Produção
<i>PR Metal</i>	Equipamentos industriais de injeção de ligas leves
<i>VR Motors</i>	Motores elétricos
<i>PR Plásticos</i>	Extrusão de plásticos
<i>PR Home Appliances</i>	Eletrodomésticos de pequena dimensão
<i>Tornipeças Technical Wires</i>	Arames técnicos para sistemas de conforto automóvel
<i>Tornipeças Automotive</i>	Maquinação de precisão
<i>PR Injeção</i>	Injeção de peças em Zamak até 500 g
<i>Croporto</i>	Tratamento de superfície
<i>SS PR</i>	Manutenção industrial

3.2 Caracterização do produto e do processo

O principal objetivo é automatizar o processo de produção de cabos de comando, promovendo uma maior autonomia das máquinas de injeção de Zamak atualmente produzidas pela PR Metal. Para tal, todo o processo tem de ser repensado, de forma a obter a sequência de operações mais favorável. Idealmente, algumas dessas operações deveriam ser mesmo eliminadas. Serão assim estudados e desenvolvidos sistemas que permitam eliminar desperdícios e operações manuais repetitivas. Conseguir evitar as tarefas repetitivas e pouco estimulativas, é um desafio constante, pois, significa o potenciar dos recursos humanos.

Relativamente ao produto a desenvolver, trata-se de um conjunto de 12 referências de cabos de comando do tipo ZZH. Na Figura 22 é visível a variação dimensional de referência para referência.

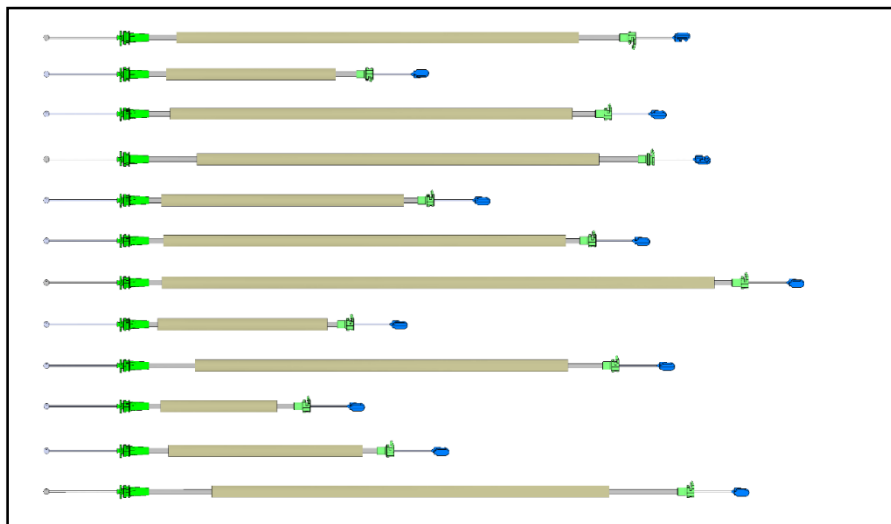


Figura 22 - Conjunto de referências ZZH

A Tabela 10, auxiliada pelo esquema representado na Figura 23, traduz a variabilidade dimensional em números. Para o processo de fabrico, destacam-se os cabos de maior e menor dimensão. Se o equipamento for preparado para estas duas referências, à partida, também estará apto para produzir as restantes compreendidas entre elas. As cotas com maior relevância são a cota A e a cota D, pois são estas dimensões que tornam o cabo de comando funcional.

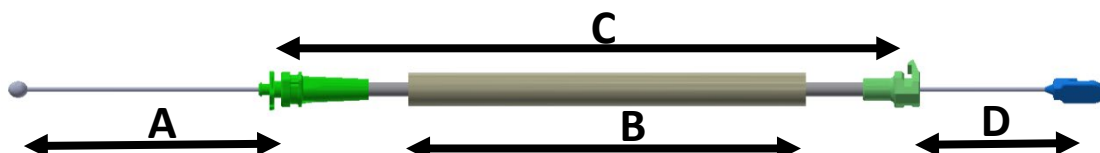


Figura 23 - Esquema dimensional do cabo de comando

Tabela 10 - Referências ZZH

Referência	A (mm)	D (mm)	A+D (mm)	B	C
C37541-104	76,50	54,50	131,00	415,00	523,00
C37622-104	76,50	56,20	132,70	175,00	252,80
C55184-102	76,50	55,00	131,50	415,00	499,00
C62980-102	76,50	56,50	133,00	415,00	543,00
C67510-102	76,50	56,50	133,00	250,00	315,00
C67508-101	76,50	54,20	130,70	415,00	482,00
C86712-101	76,50	56,20	132,70	570,00	640,00
C67509-100	76,50	54,00	130,50	175,00	233,00
C87571-100	76,50	56,20	132,70	385,00	506,50
C90524-101	76,50	55,70	132,20	200,00	274,20
E07718-100	76,50	55,50	132,00	410,00	584,00

Relativamente ao processo de fabrico deste produto, atualmente, apresenta a seguinte sequência de operações:

1. Cortar o cabo;
2. Injetar o primeiro terminal;
3. Introduzir o cabo na Espiral;
4. Aparar o excesso de cabo;
5. Injetar o segundo terminal;
6. Testar à tração.

O desenvolvimento de equipamentos de injeção de Zamak é o ramo de especialização da empresa PR Metal. Como tal, as operações auxiliares aliadas à injeção, já são garantidas de forma automatizada. A máquina Zamak necessita apenas um operador para introduzir o cabo na cavidade do sistema de fazer flor. A partir daí, o resto do processo de injeção é feito sem intervenção do operador. De forma a tirar máximo proveito destas melhorias, é necessário melhorar agora o resto do processo.

A Figura 24 esquematiza o processo de fabrico atual, desde o corte do cabo ao ensaio de tração final.

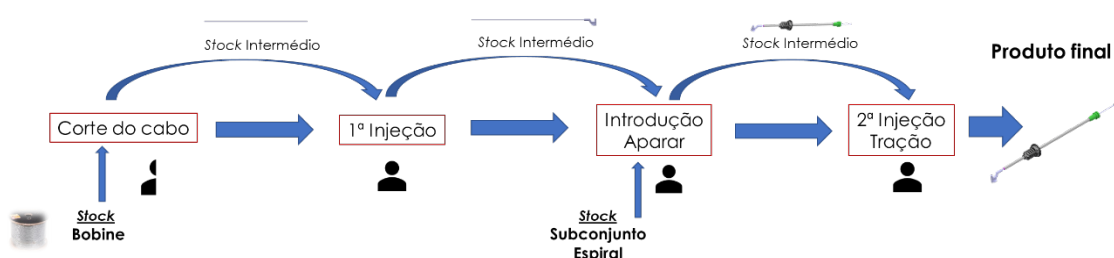


Figura 24 -Esquema da solução atual global

No posto de corte, entram bobinas de cabo e saem cabos à medida de cada referência. Com uma máquina de corte e um operador, é possível cortar cabos para duas linhas de produção. Por uma questão de simplificação, em cada linha de produção é necessário meio operador para cortar o cabo. Ao posto de injeção, chega cabo de aço cortado e sai cabo com a primeira injeção, e como já foi dito, é necessário um operador munido de uma máquina Zamak ZM1. A seguir, é necessário outro operador para introduzir esse cabo na espiral e posteriormente aparar o excesso de cabo. Nesta operação, é necessária uma estrutura de medição e uma máquina de aparar. Por fim, na segunda injeção entra o semi-produto espiral e cabo com um terminal, e sai o produto final. Neste caso, a máquina Zamak utilizada é uma ZM2, uma vez que para além dos três postos habituais, ainda incorpora um sistema que permite realizar o ensaio de tração e rejeitar os cabos que falharem esse teste. Assim, junta-se mais um operador ao processo, resultando num total de três e meio.

No enquadramento do projeto desenvolvido é possível simplificar o esquema, eliminando a injeção do segundo terminal e o ensaio de tração. Assim, o produto do equipamento a desenvolver será um semi-produto composto pela espiral e o cabo metálico com apenas um terminal. No esquema da Figura 25 é visível essa simplificação.

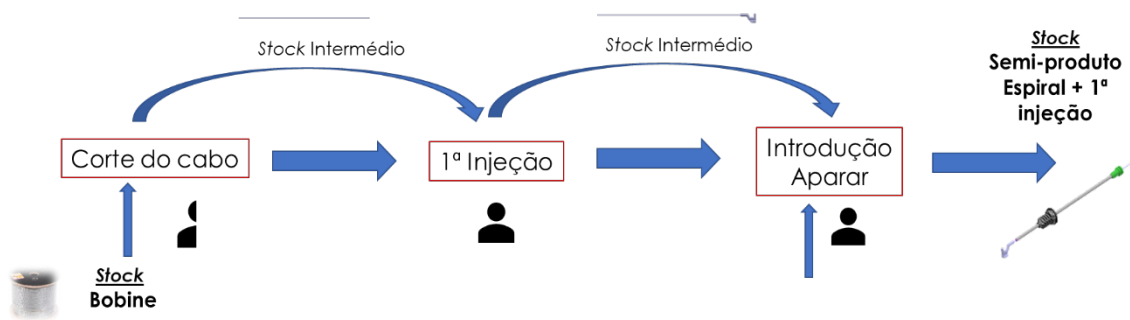


Figura 25 - Esquema da solução atual simplificada

3.3 Caracterização do problema

Este trabalho foi realizado com base na solicitação da empresa PR Metal, a fim de eliminar o desperdício de cabo e de recursos, na produção de cabos de comando. A PR Metal tem como foco responder à exigência do cliente. A verdade é que, nos dias de hoje, o cliente procura cada vez mais equipamentos automatizados, tendo bem presentes todas as vantagens abordadas no capítulo anterior. Para além da automatização do equipamento, todo o processo pode ser otimizado, fazendo uma melhor gestão dos recursos e eliminando desperdícios.

Ao analisar o subcapítulo 3.2 Caracterização do produto e do processo, percebe-se que existe uma dispersão de operações divididas por várias máquinas. O facto de existirem operações com diferentes tempos de ciclo ao longo do processo de fabrico do cabo de comando resulta em *stocks* intermédios, o que acaba por criar vários desperdícios como a área de *stock*, deterioração do produto e custos de energia associados. Com os *stocks* intermédios surgem as movimentações desnecessárias de materiais, funcionários e

equipamentos. A cada operação, por norma, estão associados uma máquina e um operador, acompanhados pelos semi-produtos. Verifica-se, assim, a necessidade de uma grande área de trabalho, o acaba por ser um problema quando se trata de inúmeras linhas de produção e numa altura em que o chão de fábrica tende a ser cada vez mais caro.

No entanto, apesar de existirem vários desperdícios, o mais visível é o desperdício de cabo aliado à operação de aparar. É uma ponta de cabo que vai para o lixo por cada cabo, sem qualquer rendimento. Normalmente, esta ponta ronda os trinta/quarenta milímetros, porém, existem referências onde ultrapassa largamente esses valores. Diferentes referências levam ao corte de diferentes cotas de cabo, porém, o que muitas vezes acontece é cortar vários cabos com a mesma cota, de forma a poupar o tempo de ajuste do *gabarit* da máquina de corte para cada referência. Isto resulta num desperdício de cabo ainda maior que o habitual. Para além do desperdício material, temos todo o desperdício de trabalho, energia e manutenção aliados à máquina de aparar. Posto isto, há uma questão que se impõe, e que é fundamental para a compreensão do problema.

Porquê aparar?

É esta operação que garante que as cotas funcionais do cabo de comando são devidamente cumpridas. A tolerância da espiral é definida pela engenharia do produto, sendo normalmente ± 1.5 mm. Esta tolerância, relativamente elevada, é justificada pelas características do produto e pela complexidade dos processos e materiais associados. Como esta tolerância é superior à tolerância associada às cotas funcionais do cabo de comando, geralmente ± 1 mm, torna o processo muito mais difícil. Isto porque as cotas funcionais estão diretamente dependentes da cota da espiral. Analisando o esquema da Figura 26, a soma da tolerância das cotas A e B é menor que a tolerância da cota Z. A partir do momento em que a dimensão da espiral tem maior desvio que o pretendido no produto final é impossível cortar o cabo à cota final. Assim, a única forma de garantir as cotas funcionais dentro da tolerância é aparar o cabo depois da introdução da espiral.

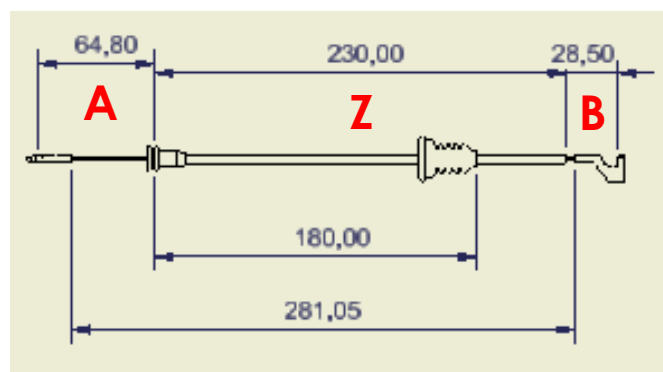


Figura 26 - Esquema dimensional de um cabo de comando

Uma vez entendido o problema, o desafio seria partir da máquina *Zamak Standard* (Figura 27) e construir uma estrutura envolvente que permitisse o corte de cabo após a introdução da espiral. Assim, o cabo seria cortado à cota final e, conseqüentemente, era eliminada a operação de aparar.

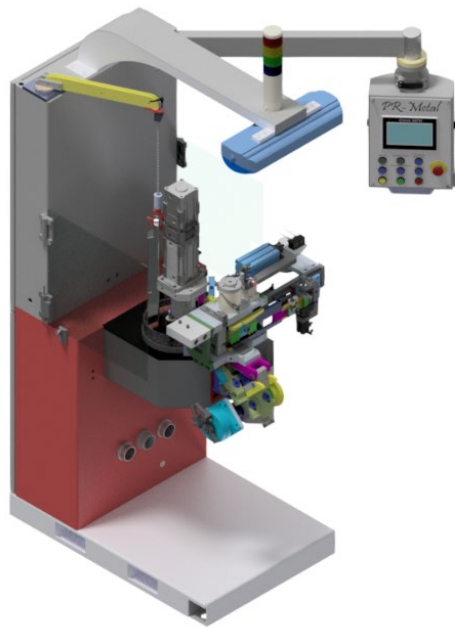


Figura 27 - Máquina Zamak Standard

Como forma de estabelecer objetivos a cumprir e pontos fulcrais a melhorar, foram estabelecidos requisitos iniciais, e outros posteriormente adicionados ao longo do tempo de desenvolvimento.

Principais requisitos propostos:

- Construção de uma estrutura extra, aliada à máquina de injeção;
- Fácil e rápido ajuste às várias referências;
- Absorver os desvios da dimensão da espiral;
- Garantir o transporte do cabo entre operações;
- Durabilidade assegurada;
- Garantir sempre a segurança do operador;
- Garantir acessibilidade para manutenção da máquina;
- Facilidade da sequência de montagem;
- Refrigeração adequada de motores associados;
- Simplicidade e custo reduzido no desenvolvimento e construção de peças;
- Uniformidade no material a utilizar nas peças constituintes da estrutura;
- Tempo de ciclo de 9 s para conseguir alimentar a ZM2.

Outro dos pontos que é necessário ter em conta durante todo o projeto, é o custo que se pretende despende nestes melhoramentos, pois o objetivo é que estes sistemas sejam utilizados em todas as máquinas que são produzidas. Deve-se também procurar obter um sistema simples, mas que cumpra a sua função com a fiabilidade pretendida.

3.4 Tempestade de ideias

Neste ponto da dissertação, são apresentadas da forma cronológica, as várias ideias que foram surgindo ao longo do desenvolvimento do projeto. Algumas destas ideias não foram as escolhidas como solução, mas contribuíram em muito, através de erros de percurso, para o resultado alcançado.

O equipamento foi idealizado a partir de uma máquina de injeção ZM1, tal como sugeriu o Eng. Mário Cardoso, desde o início. Este equipamento, ZM1, é provavelmente o produto mais vezes desenvolvido e produzido pela empresa, ao longo dos últimos anos. Portanto, o primeiro passo foi identificar as modificações necessárias e estudar a viabilidade das variantes já desenvolvidas.

A primeira condição a estabelecer seria alinhar os três postos (flor, injeção e corta-gitos), garantindo que o posto central (injeção) estaria à mesma distância do posto da flor e do corta-gitos. Neste caso, seria possível usar um *transfer* duplo, ou seja, com duas pinças. Assim, o movimento do cabo entre os três postos seria garantido com apenas um movimento do *transfer* o que eliminaria a necessidade de mais do que um atuador pneumático.

O *transfer* duplo, incorporado na máquina de Zamak, é muito útil para agilizar o processo, mas iria ser insuficiente no caso das referências de maior comprimento. Uma ideia seria aumentar as pinças do *transfer*, ou mesmo, criar uns prolongamentos que pudessem ser facilmente aplicados no *transfer* original, sempre que se justificasse. Contudo, surgiu também a ideia de criar uma base de apoio na extremidade do cabo oposta à injeção. Desta forma eliminava o tempo de *setup*, para além de salvaguardar a perda de alguma peça extra, no conjunto das pinças de prolongamento. Tudo isto, para impedir que o cabo fletisse, pois com o cabo fletido, jamais haveria condições para realizar as operações seguintes.

Uma vez cortado o gito, é preciso extrair o cabo, de forma a libertar o equipamento. Seria importante recolher os cabos de forma organizada, ao invés de deixá-los cair aleatoriamente. Visto que a extremidade do cabo se encontra dentro da máquina enquanto passa pelos diferentes postos, seria necessário um movimento longitudinal que o afastasse da máquina Zamak. É neste momento que surge a necessidade de um outro *transfer*, pois não seria prático acumular no *transfer* da ZM1 movimentos transversais e longitudinais. O *transfer* extra seria completamente independente do outro, e conseguia acumular movimentos ao longo dos três eixos.

A ideia inicial de extração seria uma borboleta e duas caixas. A borboleta teria duas posições, e uma caixa de cada lado. Assim, para uma caixa caíam os cabos OK e para a outra os cabos não OK (NOK), ou seja, com defeito. Na Figura 28, é visível o conjunto borboleta, desenvolvido pela empresa para situações semelhantes.

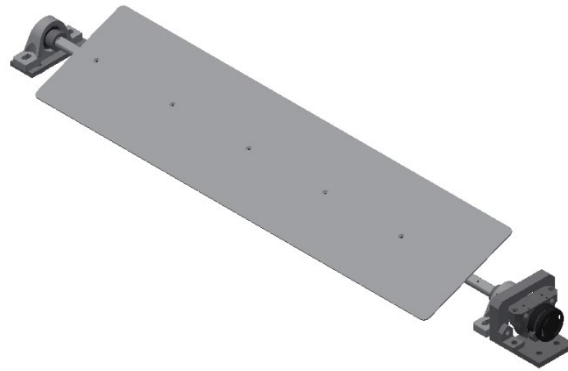


Figura 28 - Conjunto borboleta OK/NOK

Porém, neste caso seria necessário juntar mais um operador ao processo. Dado que se pretende um automatizar ao máximo o processo, a caixa pode ser substituída por um tapete. Este ficará responsável pela extração dos cabos e posterior condução até à máquina ZM2, para fazer a segunda injeção do cabo de comando. Ao substituir a caixa pelo tapete, surgiria o problema da altura de trabalho, ficando a pouco mais de 500 mm do chão. Para além do tempo desperdiçado, ter de apanhar os cabos praticamente do chão, exigiria um enorme esforço da parte do operador. Estes motivos levaram à eliminação da borboleta como solução. Surgiu assim a modificação do tapete, de modo a acrescentar a operação de seleção de cabos, através de uma barreira que é atuada sempre que os sensores detetem um cabo não conforme.

Para travar o movimento da bancada, pensou-se num sistema de travamento, algo robusto que garantisse a imobilização da estrutura. Além disso, deveria ter um funcionamento rápido, uma solução do tipo engate rápido. Mas, para tal, foi instalado um atuador pneumático (Figura 29) com o fim de manter uma distância fixa durante o funcionamento da máquina e afastar a estrutura sempre que for necessário fazer a manutenção. Apesar do longo curso do cilindro, que se irá refletir no custo, o poupar de esforço do profissional de manutenção e a facilidade de implementação, acabam por compensar esse custo.

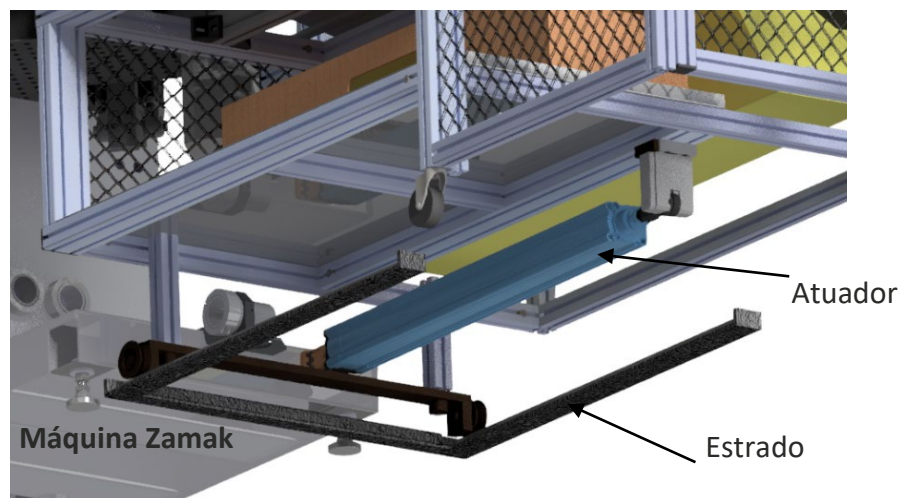


Figura 29 - Movimento da bancada

Relativamente, à alimentação de cabo metálico, foram encontradas diferentes soluções possíveis. Na próxima secção deste relatório é feita a análise de cada solução, pesando os prós e os contras.

Estas foram apenas algumas das ideias que foram surgindo à medida que o projeto avançava. A partilha destas ideias com o Eng.º Mário Cardoso e a equipa de projeto mecânico da PR Metal, tornou a planificação e o projeto das ideias mais percetíveis e objetivos.

3.5 Análise crítica das possíveis soluções (SWOT)

Depois da tempestade de ideia para desenvolver o conceito geral do equipamento, chegou-se à conclusão de que havia pontos do equipamento, já bem definidos. Um exemplo claro para a validade do processo, é que seria necessário garantir que as operações de corte e flor, acontecem praticamente em simultâneo e após a introdução na espiral. Com estas condições, o delineamento desta parte do equipamento é algo mais concreto. No entanto, à medida que se afasta do centro da máquina de injeção, vai aumentando o espaço para a introdução de variantes. Operações como a alimentação, extração, seleção e movimentação de cabos, podem-se realizar através de diferentes mecanismos e de diferentes combinações dos mesmos.

Solução A

Nesta solução, o sistema de alimentação de cabo seria composto por um desenrolador e um compensador, mecanismos já usados nas máquinas de corte automáticas. Como é um conceito já desenvolvido, aplicado e testado em vários equipamentos, oferece algumas garantias de fiabilidade. O desenrolador é constituído por dois rolos, que suportam e giram a bobina. A rotação da bobina é imposta por um moto-reductor, acoplado a um dos rolos. O compensador associado, garante sempre a mesma tensão no cabo. Este é constituído por várias polias, umas fixas e outras móveis, que sobem ou descem de forma a fazer o balanço entre o desenrolar de cabo e as forças aplicadas ao longo do mesmo. No geral, este sistema de alimentação está preparado para trabalhar com grandes bobinas e grandes comprimentos de cabo.

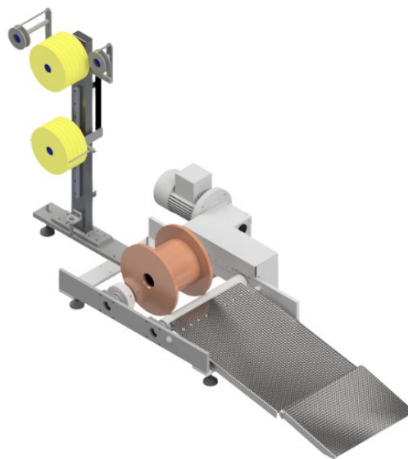


Figura 30 - Solução A (Desenrolador + Compensador)

Para cumprir normas de segurança, este sistema teria de ser obrigatoriamente acompanhado por uma proteção envolvente. Esta proteção iria complicar, ainda mais, o afastamento da estrutura, aquando da manutenção da máquina de Zamak. Devido ao peso do compensador e do desenrolador e às grandes dimensões da proteção, a melhor forma seria evitar o seu movimento de afastamento. Assim, o conjunto de alimentação iria ficar fixo a uma distância da máquina de Zamak, tal que permitisse o afastamento da estrutura ao longo do estrado, sem qualquer interferência. Durante o período de manutenção, a bancada mover-se-ia para o interior da proteção, o ocupando assim o livre até ao compensador como é possível ver no esboço da Figura 31.

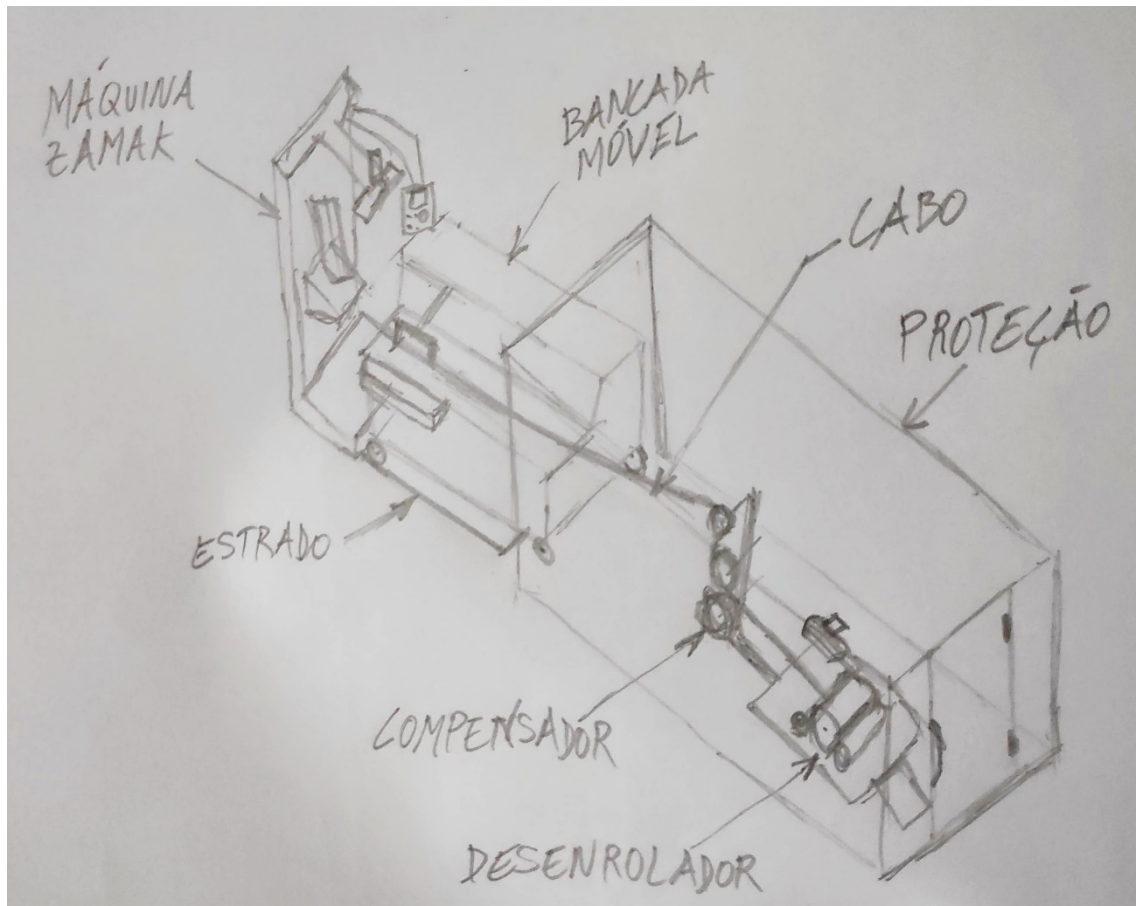


Figura 31 - Esboço da solução A

Relativamente à extração do semi-produto espiral mais cabo com o primeiro terminal, seria feita por um sistema borboleta e duas caixas. Mais uma vez, como se trata de um mecanismo já testado e aplicado noutros equipamentos desta empresa, é possível poupar tempo de projeto e aproveitar a experiência dos operadores de produção e montagem. Este conjunto funciona baseado na informação recolhida pela máquina Zamak. Se a informação recolhida indicar que o cabo se encontra em condições admissíveis, o cilindro rotativo presente neste conjunto irá rodar para uma determinada posição e o cabo é direcionado para uma caixa. Mas, caso seja encontrado algum defeito, o cilindro rotativo irá tomar outra posição, guiando essas espirais para outra caixa, onde apenas estarão os cabos defeituosos.

Solução B

Nesta solução, o sistema de alimentação de cabo seria bem mais pequeno, composto por apenas, um desenrolador. Em vez de rodar a bobina, que é muito pesada e envolve grande esforço, é possível desenrolar o cabo com um tubo a girar em torno do eixo central da bobina. Apesar de não alimentar o cabo sempre tensionado com a mesma tensão, acaba por trazer outras vantagens tais como a poupança de material, de energia e de espaço. Uma outra vantagem é o fato de poder acoplar a proteção à estrutura principal do equipamento, tal como é visível no esboço da Figura 32. Uma vez que a bobina assenta diretamente no chão, não é preciso criar nenhuma rampa de elevação. Essa rampa aumentaria consideravelmente a área ocupada pelo equipamento, pelo que comprometia a viabilidade desta solução.

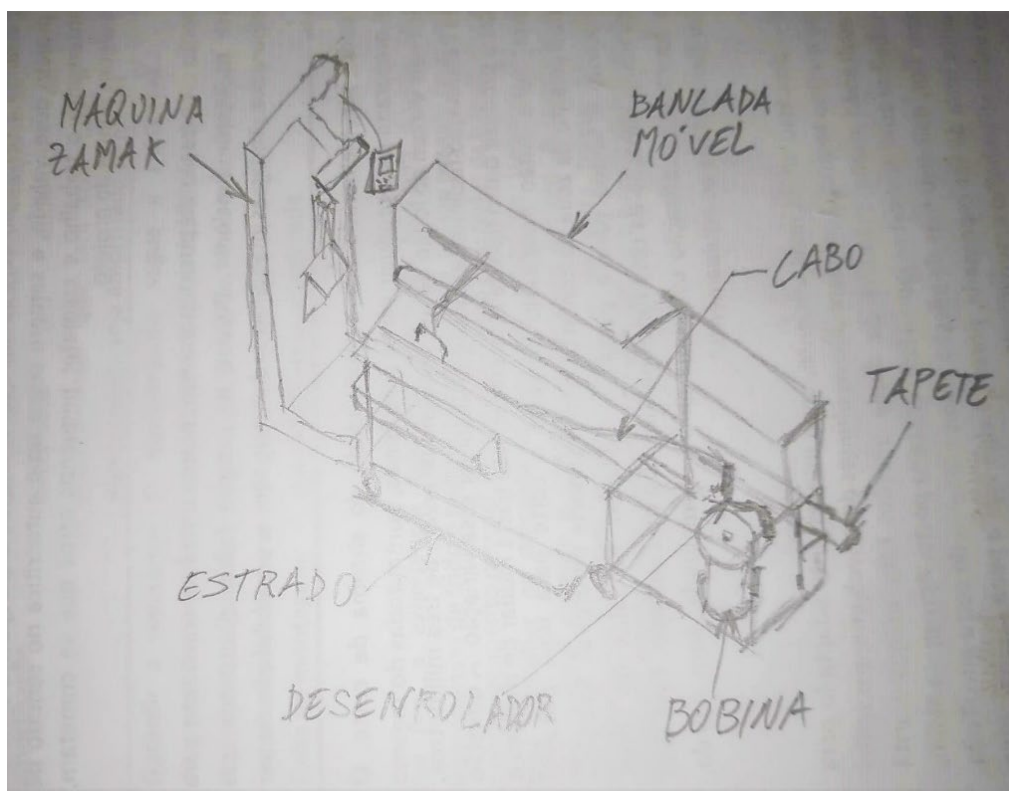


Figura 32 - Esboço da solução B

Relativamente à extração, a ideia seria automatizar o transporte dos cabos até à próxima operação, a realizar na máquina ZM2. Através de um tapete transportador, é possível retirar os cabos, sem a necessidade de mais mão-de-obra. Em vez de os cabos caírem para uma caixa onde, posteriormente alguém teria de os recolher e levar para junto de outra máquina, estes seguem a direção do tapete transportador. Assim, foi realizada uma análise *SWOT* das ideias anteriormente apresentadas, com vista a avaliar a sua viabilidade de implementação. A mesma pode ser vista na Figura 33 e Figura 34.

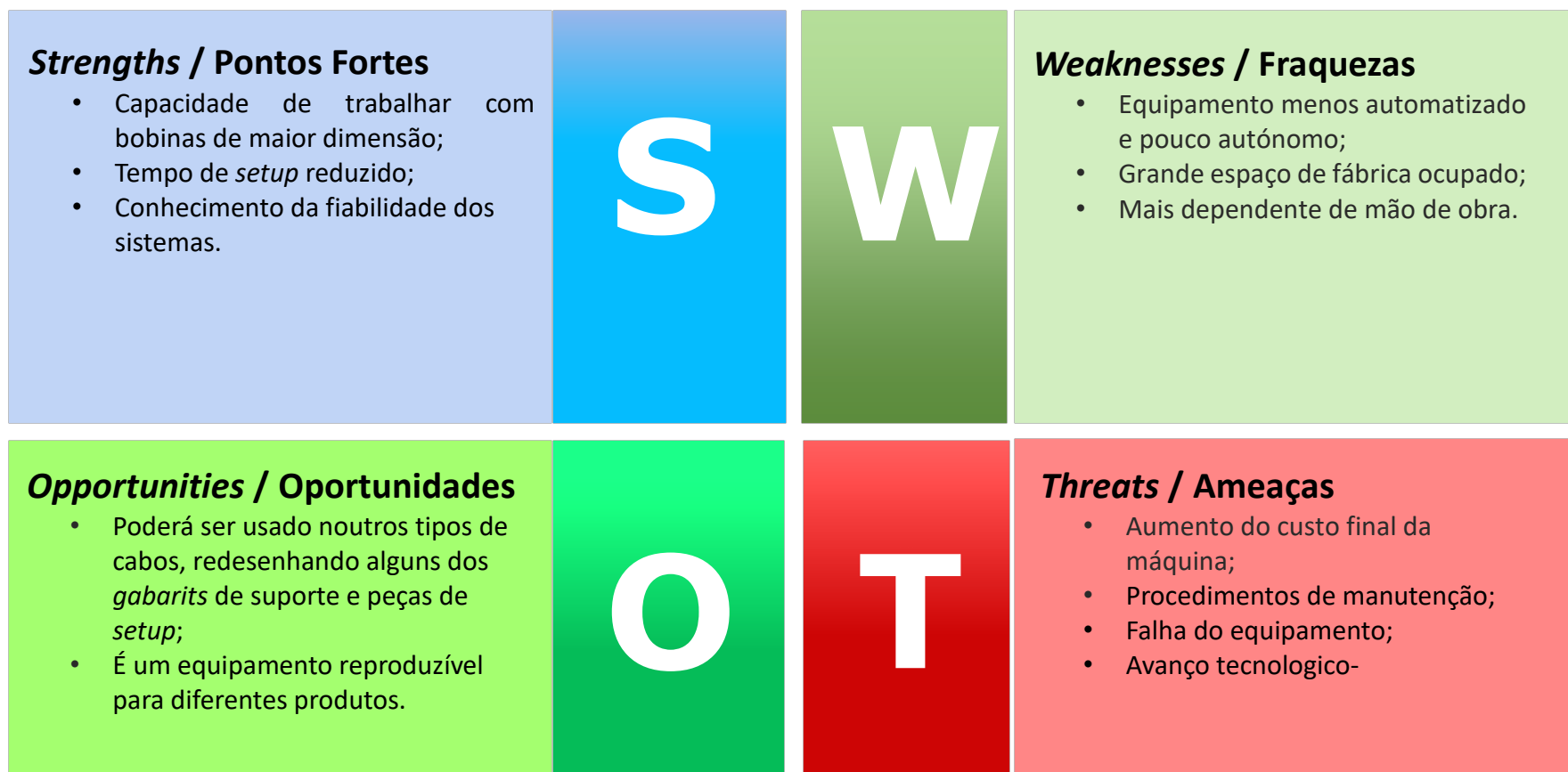


Figura 33 - Análise SWOT da solução A

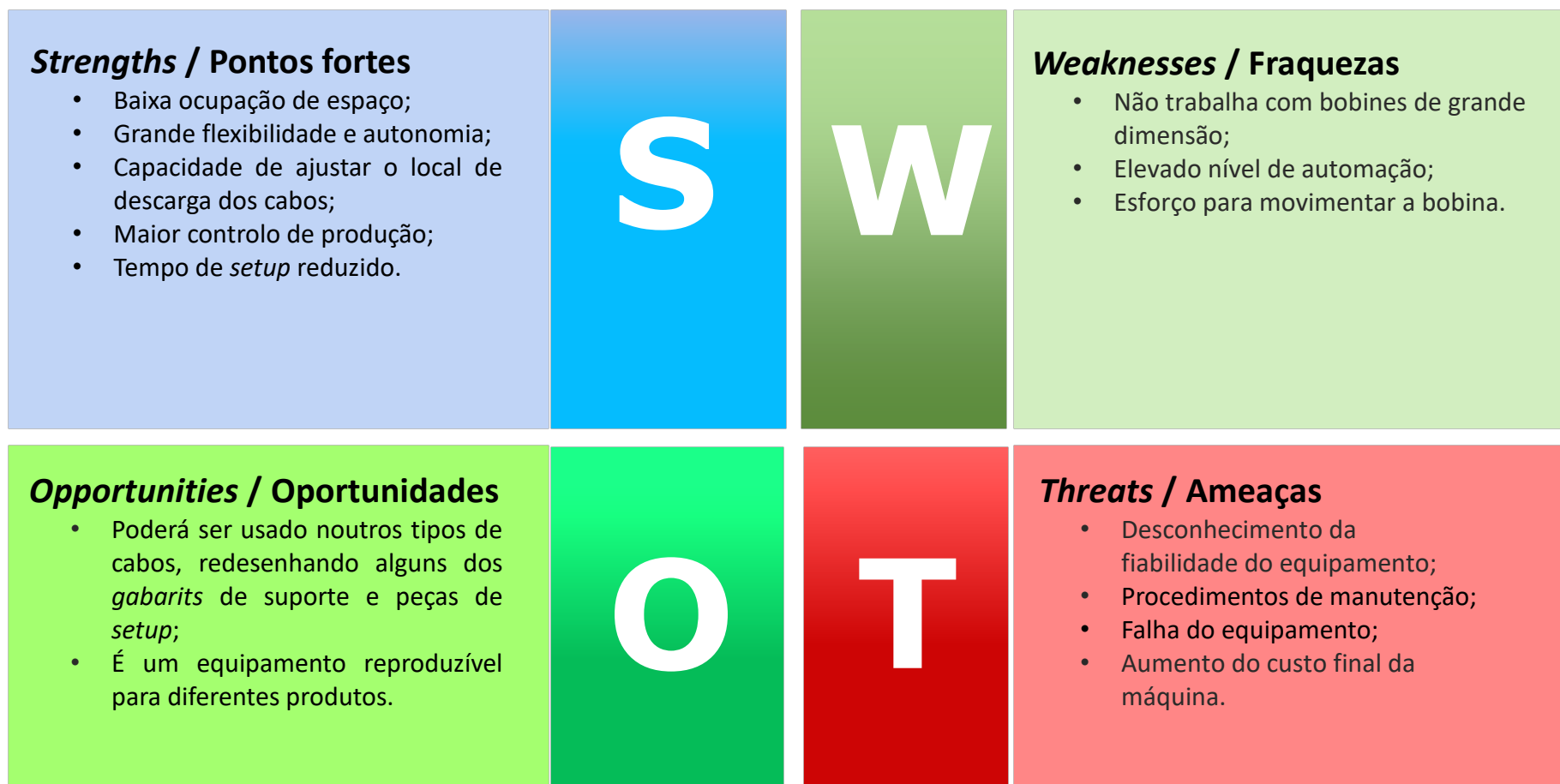


Figura 34 - Análise SWOT da solução B

3.6 Matriz de seleção da melhor opção

Para orientar o processo de seleção das diferentes soluções, foi desenvolvida uma matriz de seleção. Esta ferramenta de comparação, agiliza as tomadas de decisão ao definir, com critérios, o nível de importância de cada um. Por fim, a opção que atingir o índice de desempenho mais elevado, é geralmente a escolhida.

Os vários critérios de avaliação escolhidos foram os seguintes:

1. Facilidade de construção;
2. Facilidade de implementação;
3. Espaço ocupado;
4. Flexibilidade;
5. Segurança;
6. Custo de construção;
7. Custo de funcionamento;
8. Manutenção.

O primeiro passo foi definir a importância relativa. Para tal, recorreu-se à Tabela 11.

Tabela 11 - Critérios de importância relativa

1	Menos importante do que
2	Tão importante como
3	Mais importante do que

Os valores da Tabela 12 foram atribuídos com base nos principais critérios. Com os resultados obtidos, conclui-se que a segurança é o critério que tem maior peso, embora, à partida, não deve ser este o critério com maior influência na tomada de decisão, pois ambas as soluções oferecem segurança.

É esperado que critérios como a ocupação de espaço ou o custo, tenham maior contributo para a escolha da solução a implementar.

Tabela 12 - Comparação entre os diferentes critérios de avaliação

	Critérios de Avaliação	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Facilidade de Construção	-	2	3	3	3	3	3	3
2	Facilidade de Implementação	2	-	3	3	3	3	3	3
3	Espaço ocupado	1	1	-	1	3	2	3	1
4	Flexibilidade	1	1	3	-	3	3	3	1
5	Segurança	1	1	2	1	-	1	1	1

Critérios de Avaliação		1	2	3	4	5	6	7	8
6	Custo de construção	1	1	2	1	3	-	2	1
7	Custo de funcionamento	1	1	2	1	3	2	-	1
8	Manutenção	1	1	3	3	3	3	3	-
Somatório		8	8	18	13	21	17	18	11
Pesos		0,07	0,07	0,16	0,11	0,18	0,15	0,16	0,10
Pesos (Porcentagem)		7%	7%	16%	11%	18%	15%	16%	10%

Depois de conhecer o peso de cada critério, é necessário fazer uma quantificação. Para não complicar muito esta quantificação, cada critério apenas foi dividido por quatro níveis, conforme descrito na Tabela 13.

Tabela 13 – Escala de pontuação dos diferentes critérios de avaliação

Critérios de Avaliação	Pontuação				
	0	1	2	3	4
Facilidade de Construção	Estrutura Complexa	Pontuação subjetiva			Sistema Simples com peças normalizadas
Facilidade de Implementação	Não é possível implementar	Pontuação subjetiva			
Critérios de Avaliação	Pontuação	Critérios de Avaliação			
	0	1	2	3	4
Espaço ocupado	Espaço enorme	Pontuação subjetiva			
Flexibilidade	Pouco flexível	Pontuação subjetiva			Adaptação fácil e rápida a diferentes produtos
Segurança	Não é seguro	Pontuação subjetiva			Não coloca o operador em perigo
Custo de Construção	Alto custo	Pontuação subjetiva			
Custo de Funcionamento	Alto custo	Pontuação subjetiva			
Manutenção	Manutenção diária	Pontuação subjetiva			Manutenção Anual

Com os resultados obtidos na matriz de seleção, Tabela 14, conclui-se que a solução B apresenta um melhor índice de desempenho. Por consequência, foi a opção tomada para o projeto.

Tabela 14 - Matriz de seleção

Critérios de Avaliação	Pesos	Solução A		Solução B	
		Score	S x W	Score	S x W
Facilidade de Construção	0,07	4	0,28	4	0,28
Facilidade de Implementação	0,07	4	0,28	3	0,21
Espaço ocupado	0,16	2	0,32	4	0,63
Flexibilidade	0,11	4	0,46	3	0,34
Segurança	0,18	3	0,55	3	0,55
Custo de construção	0,15	2	0,30	3	0,45
Custo de funcionamento	0,16	3	0,47	3	0,47
Manutenção	0,10	3	0,29	3	0,30
Somatório	1,00	25	2,95	26	3,23
Índice de desempenho			0,74		0,81
Classificação			2º		1º

3.7 Projeto

3.7.1 Conceito

Pretende-se desenvolver um equipamento capaz de produzir diferentes referências de cabo de comando. O objetivo é obter o subconjunto de espiral com o primeiro terminal injetado. Neste subconjunto, o cabo apresenta-se na sua dimensão final, pelo que elimina a necessidade de aparar. O conceito é criar uma estrutura envolvente à máquina de Zamak, capaz de levar o cabo desde a bobina ao posto da flor da máquina de Zamak. O cabo é movimentado através de uns roletes, até próximo da máquina de injeção. O operador controlará a movimentação do cabo de forma a conseguir introduzi-lo na espiral. A posição de trabalho do operador permite desempenhar essa tarefa e ainda controlar todo o equipamento.

O esquema da Figura 35, simplifica o conceito do equipamento a desenvolver. Um sistema que condensa as várias operações em apenas um equipamento, o qual será alimentado de cabo de aço e espiral, com vista a obter o semi-produto cabo de comando sem a segunda injeção. Em comparação com o esquema da solução atual, representado na Figura 24, esta nova solução consegue produzir o mesmo produto, mas de uma forma muito mais compacta, simplificada e eficiente.

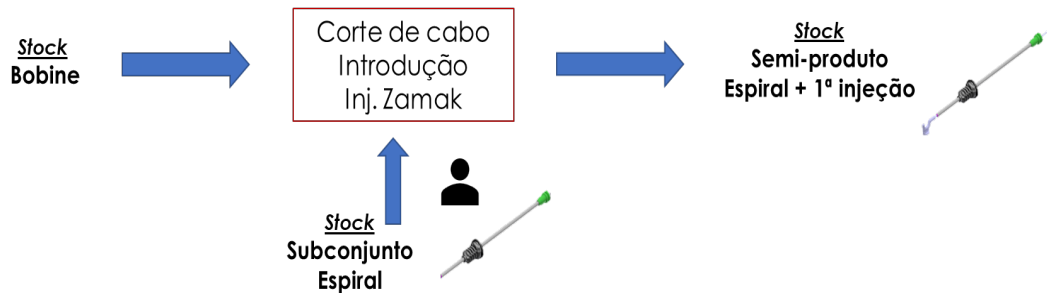


Figura 35 - Esquema de solução a desenvolver

Quando o cabo chega ao posto da flor, o sensor deteta a presença do cabo, a pinça fecha e prepara-se para fazer a flor. Neste momento, é acionado o sistema de tração, de forma a garantir que o cabo está esticado no momento do corte. O sistema de corte é preciso e ajustável às várias referências. Após o corte, e a pinça largar o cabo, o *transfer* fica responsável por realizar o transporte do cabo metálico para os postos seguintes e por fim encaminhá-lo para o tapete transportador. Chegado ao tapete, o cabo tem dois destinos possíveis: pode ser transportado até ao fim do tapete, se for um cabo conforme, ou pode ser expulso para a caixa dos cabos não conformes, se apresentar defeitos.

Analisando a Figura 36, percebe-se melhor a principal tarefa do operador. Tirar o subconjunto espiral da caixa e posicioná-lo corretamente no suporte. Feito isto, dá autorização para o movimento do cabo.

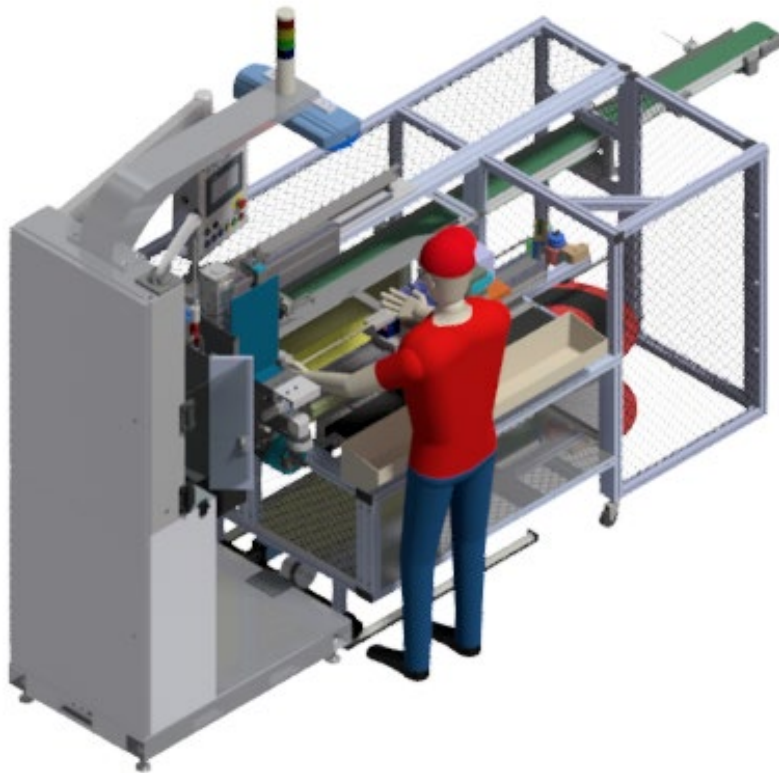


Figura 36 - Posicionamento do operador

Todo este projeto foi pensado de forma a oferecer flexibilidade, eficiência, eficácia, ergonomia, e consequentemente, evitar a fadiga do operador. Para além da melhoria da qualidade de trabalho do operador, a empresa beneficia, e muito, com a eliminação dos vários desperdícios.

3.7.2 Projeto mecânico

O projeto foi desenvolvido com recurso ao *software* de CAD 3D, *Autodesk Inventor*[®]. O projeto mecânico encontra-se dividido em conjuntos de forma a facilitar a organização e a compreensão do mesmo. A Figura 37, dá a conhecer uma imagem global do equipamento. Este é constituído por oito conjuntos que serão detalhadamente descritos no decorrer deste relatório. No ANEXO 1 é possível consultar a listagem de peças a produzir para cada um dos conjuntos, bem como a listagem de material normalizado a comprar. O equipamento apresenta dimensões relativamente reduzidas, tendo em conta a sua capacidade de trabalho. Conta com uma altura de 2100 mm, uma largura de 1090 mm e um comprimento de 2900 mm.

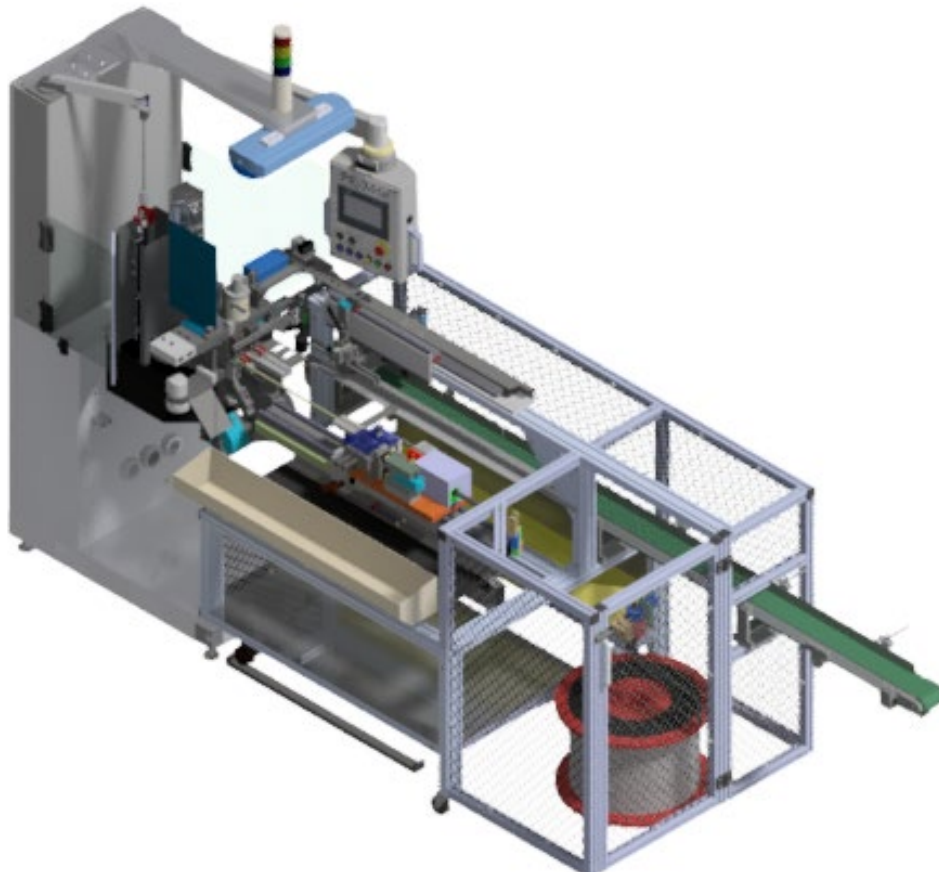


Figura 37 – Vista 3D do projeto do equipamento

3.7.2.1 Métodos de dimensionamento utilizados no projeto mecânico

O dimensionamento dos componentes de um projeto mecânico é essencial para a sua qualidade e durabilidade, para evitar a ocorrência de falhas ou fenómenos inesperados, evitar gastos desnecessários devido ao sobredimensionamento de componentes, entre muitos outros fatores.

O ideal seria que todos os componentes fossem dimensionados. Contudo quando se trata de máquinas ou conjuntos complexos, o tempo útil e viável para seu desenvolvimento, torna isso impossível. Desta forma, são dimensionados somente os componentes mais críticos e, no caso deste trabalho, não foi diferente. Os componentes dimensionados foram apenas os que sofrem elevadas solicitações mecânicas ou são essenciais para o correto funcionamento do equipamento.

A seleção dos materiais dos componentes foi feita na sua maioria com base na experiência da equipa de engenharia da PR Metal. Esta etapa é essencial, porém nem sempre é suficiente. Alguns materiais devem ser submetidos a tratamentos térmicos e acabamentos superficiais para obter melhores propriedades.

A seguir, será tratada a formulação e os métodos utilizados nos dimensionamentos.

3.7.2.1.1 Método dos elementos finitos

Em casos em que a distribuição de esforços seja bastante complexa, poderá utilizar-se o Método dos Elementos Finitos. Simplifica a análise de estruturas de geometria complexa, dividindo-a em pequenas secções. O MEF permite a obtenção de soluções aproximadas, através da resolução de um sistema de equações lineares. O número de equações lineares é determinado pelo produto do número de nós pelo número de variáveis nodais (Campilho, 2012).

Todos os estudos realizados neste projeto foram feitos utilizando a ferramenta CAD Inventor®. A metodologia de trabalho, no que toca a simulações pelo MEF deste *software*, é realizada de acordo com a Tabela 15 - Etapas de uma análise MEF.

Tabela 15 - Etapas de uma análise MEF

Etapa	Descrição
Tipo de Estudo	Indicar qual o tipo de análise que se pretende realizar. Dentro de todos os tipos de estudos disponíveis, apenas se realizaram estudos estáticos, pois todos os outros não se enquadravam no tema que foi abordado neste trabalho.
Materiais	A escolha dos materiais é parte importante do estudo, pois o MEF necessita de determinadas propriedades dos materiais. O módulo de elasticidade e o coeficiente de Poisson, são essenciais para poder realizar uma análise.
Condições de Fronteira	Nesta fase, deve-se estabelecer quais são as condições de fronteira/fixações existentes no conjunto que se está a analisar.
Esforços aplicados	Nesta etapa do processo, é possível atribuir os esforços externos a que a estrutura estará sujeita. Estas cargas é que vão ser responsáveis por criar instabilidade no sistema, podendo até, caso se encontre mal dimensionado, levar à rotura de um ou mais componentes.
Ligações	Dentro dos vários tipos de ligações entre os componentes dos conjuntos em estudo, as mais utilizadas foram a ligação soldada entre componentes e a ligação sem penetração.
Escolha da malha	A ferramenta Inventor® permite escolher entre vários tipos de malha, como, por exemplo, uma malha baseada na curvatura. Esta tem como característica um maior refinamento em zonas com maior curvatura, como, por exemplo, em entalhes ou zonas com furos. Existe ainda também a malha padrão, que é sempre uniforme.

3.7.2.1.2 Estimativa da vida útil de sistemas de guiamento linear

Em vários conjuntos desta máquina, recorreu-se à utilização de sistemas de guiamento linear. Este tipo de solução foi utilizado devido ao baixo atrito existente entre o patim e o carrinho, e devido ao grau de precisão que existe no guiamento. Por uma questão de uniformização no projeto, decidiu-se que todas as guias utilizadas seriam fornecidas pela HIWIN Corporation®. Esta empresa apresenta vários tipos de guiamentos lineares diferentes, cada um com características específicas.

Os sistemas de guiamento linear utilizados são da série HG. Esta série de guias lineares apresenta como principais características o facto de possuir capacidades de carga iguais em múltiplas direções e conseguirem absorver possíveis desalinhamentos que ocorram durante a instalação.

O dimensionamento do tempo de vida estimado das guias lineares foi realizado de acordo com o catálogo do fornecedor. Este dimensionamento permite obter uma estimativa sobre a distância que o patim poderá percorrer (L) até ter de ser substituído. Para obter esse valor, recorre-se à equação (1).

$$L = \left(\frac{Fh \times Ft \times C}{Fw \times Pc} \right)^3 \times 50 [km] \quad (1)$$

Onde:

- Fh é o fator de dureza;
- Ft é o fator de temperatura;
- C é a razão de carga dinâmica (kN);
- Fw é o fator de carga;
- Pc é a carga a que o patim vai estar sujeito (kN).

O fator de dureza (Fh), o fator de carga (Fw) e o fator de temperatura (Ft), são obtidos através de gráficos que se encontram no ANEXO 2, Secção 6.2.3. A razão de carga dinâmica (C) representa a carga máxima do patim, quando esta não varia, nem em direção, nem em magnitude.

3.7.2.2 Projeto dos vários conjuntos da máquina

Os conjuntos presentes no equipamento foram desenvolvidos para desempenharem determinada função. A Tabela 16 aponta as principais funções de cada um dos oito conjuntos identificados na Figura 38

Tabela 16 - Constituição do equipamento pelos vários conjuntos mostrados na Figura 38

Conjunto	Funções
1 Máquina Zamak	A máquina é responsável por várias operações como fazer flor, injetar os terminais e cortar o gito. O transporte do cabo ao longo dos três postos fica a cargo do <i>transfer</i> duplo, incorporado na estrutura da máquina.
2 <i>Gabarit</i>	Suporta e guia os conjuntos 04 Suporte Espiral e 05 Corte. Posiciona o suporte de espiral, através dos seus indexadores, em função de cada uma das referências. O <i>gabarit</i> está livre de movimento de rotação para poder acompanhar a rotação da máquina de Zamak no momento da injeção.

Conjunto	Funções
3 <i>Transfer</i> extra	Transporte do cabo desde o posto corta-gito ao tapete de extração. À semelhança do <i>transfer</i> da máquina de Zamak, este também possui movimento transversal e em altura. Além disso, apresenta ainda movimento longitudinal, com o objetivo de entregar o cabo de comando corretamente, evitando colisões do mesmo com qualquer parte do equipamento.
4 Suporte Espiral	Posiciona a espiral, sendo que os seus terminais devem ser devidamente encaixados nas cavidades pelo operador. Este suporte foi concebido de forma a conseguir absorver a variação dimensional de espiral para espiral.
5 Corte	Corta o cabo eletricamente por meio de uns mordentes. Através do sistema de roletes, começa por puxar o cabo desde a bobina e posteriormente, conduz o mesmo até à máquina de injeção Zamak. Este conjunto contém ainda um sistema de tensionamento do cabo, para o esticar e garantir a sua dimensão aquando da operação de corte.
6 Alimentação	Desenrola, controladamente, o cabo metálico da bobina. Quando o cabo é puxado pelo sistema de roletes, o tubo do desenrolador gira livremente, e quando o cabo pára de ser puxado é acionado um atuador pneumático que trava essa rotação.
7 Extração	O tapete irá trabalhar, ininterruptamente, a uma velocidade constante, sendo responsável pela extração de todos os cabos. Tem a particularidade de fazer a divisão dos cabos, os defeituosos são empurrados para fora do tapete, acabando por cair na caixa. No caso de não apresentar defeitos, prosseguem caminho até ao fim do tapete transportador.
8 Estrutura	A estrutura é o conjunto que está mais interligado com os restantes. É assim responsável pelo posicionamento dos vários conjuntos, conferindo-lhes suporte e robustez. A estrutura também é móvel sempre que necessário, isto é, permite o seu afastamento, para facilitar os trabalhos de manutenção.

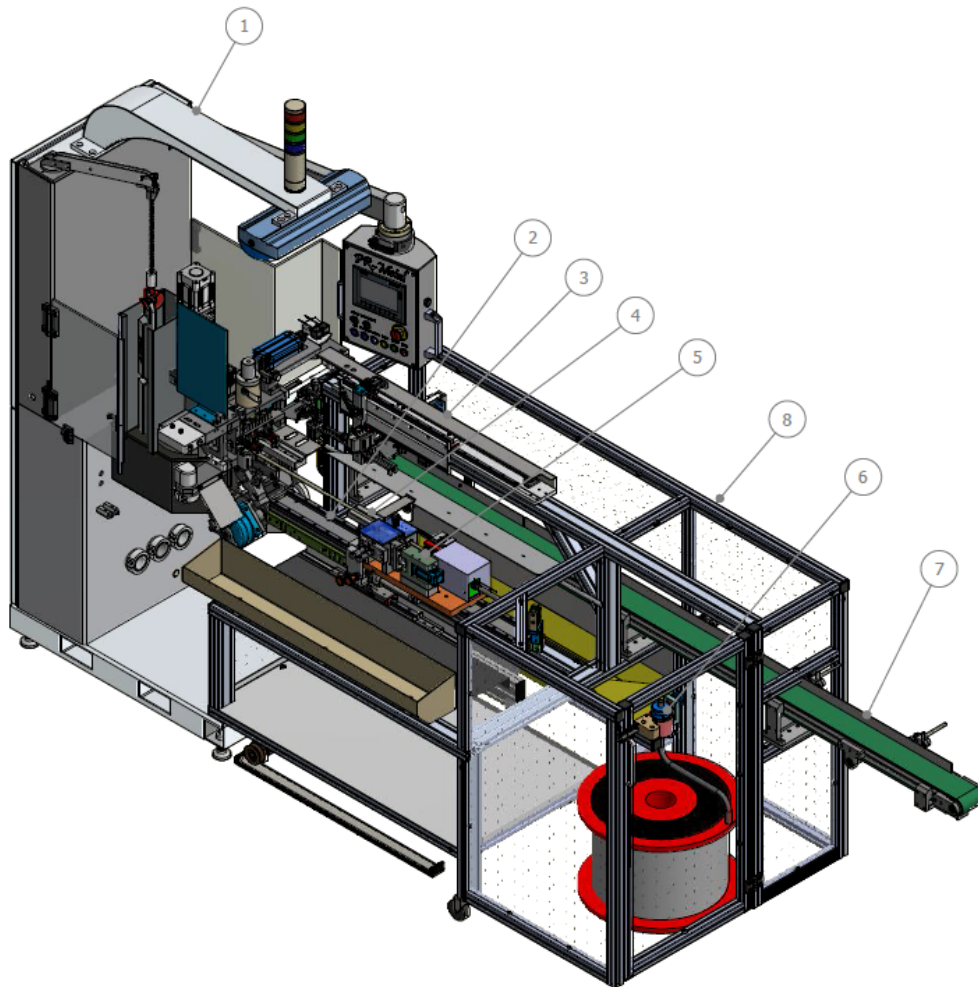


Figura 38 – Constituição do equipamento pelos vários conjuntos

Alguns dos conceitos presentes neste equipamento já tinham sido utilizados anteriormente, e com bons resultados, pelo que não houve necessidade de efetuar nenhuma alteração nesses conjuntos. Já noutros conjuntos, foram detetados alguns pontos a melhorar, em função nas novas necessidades. Relativamente a essas alterações, enquanto algumas foram simples, houve conjuntos que sofreram uma reformulação quase completa. Para além de todas as melhorias efetuadas, também foram criados novos conceitos, de forma a satisfazer as exigências do cliente final.

3.7.2.3 Conjunto 1 - Máquina Zamak

As máquinas de injeção de Zamak já sofreram automatizações consideráveis desde as primeiras fabricadas pela PR Metal, conhecidas por Máquinas de Zamak Manuais. Para aumentar a produtividade e facilidade de processo, evoluiu-se para máquinas mais automatizadas, designadas por semiautomáticas. Irá ser feita uma breve abordagem às máquinas de zamak manuais e uma abordagem mais detalhada às máquinas semiautomáticas, visto que as máquinas manuais têm tendência a acabar. A principal diferença entre elas, é que as máquinas semiautomáticas (Figura 39), tem incorporado um sistema de fazer flor no cabo. De forma a tornar o processo mais automático, está

também equipada de um *transfer*, que faz a passagem do cabo do sistema de fazer flor para o molde, onde será injetado o Zamak. Posteriormente, posiciona o cabo num suporte para cortar o gito.

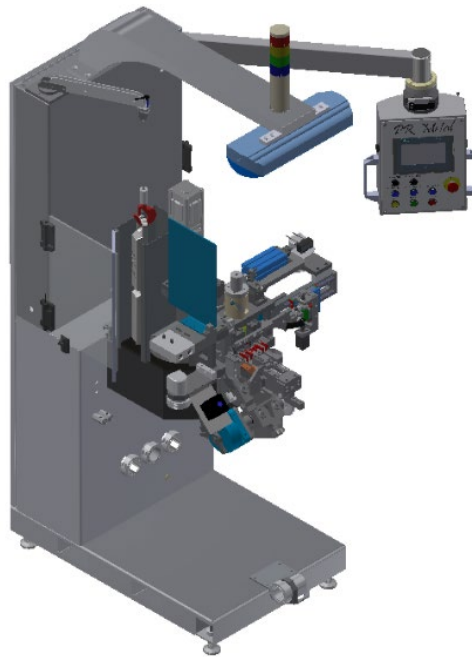


Figura 39 - Conjunto 1-Máquina Zamak

Na Figura 40 é visível em pormenor a zona de trabalho de uma máquina semiautomática. De seguida, será feita uma breve descrição dos elementos mais importantes, bem como o seu modo de operação.

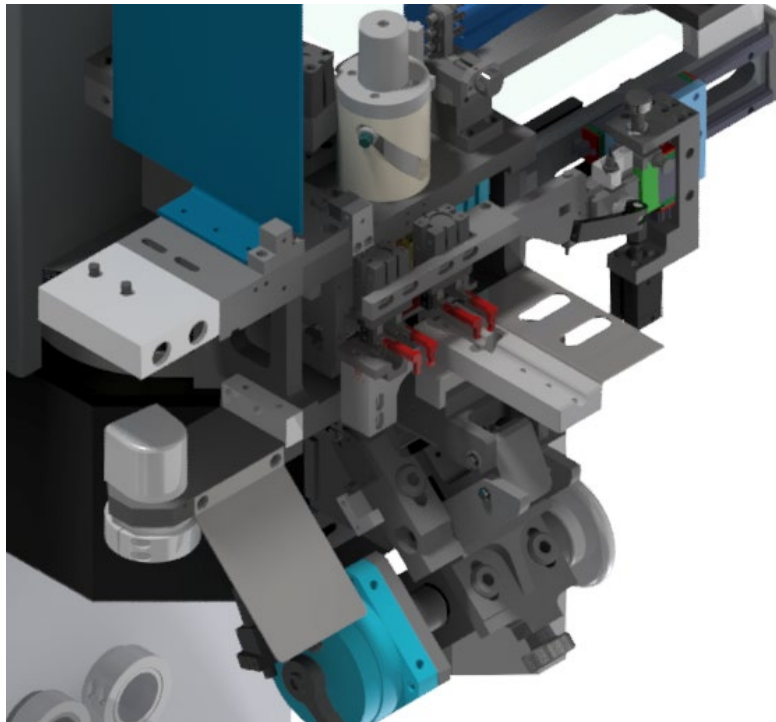


Figura 40 - Postos da máquina Zamak

Na área de trabalho, a máquina Zamak apresenta três postos (Flor, Injeção e Corta-gito) e um *transfer* que é responsável pela movimentação do cabo ao longo desses postos. O operador começa por colocar uma extremidade do cabo no posto da flor. Neste momento, é atuado um sensor que aciona o mecanismo. Uma vez feita a flor, é dada ordem ao *transfer* para se mover com o cabo com flor, e posicioná-lo no interior do molde para a operação de injeção. Ao mesmo tempo que o pistão de injeção é atuado, chega um novo cabo para fazer flor. Posteriormente, e após ter completado o ciclo de injeção, o molde abre, o cabo passa para o posto de corte do gito. Simultaneamente, o novo cabo passa da flor para a injeção. A injeção de Zamak só se realiza com o acionamento do sensor do mecanismo de fazer a flor. Sendo assim, para injetar o terminal de um determinado cabo, temos forçosamente de introduzir outro no mecanismo de fazer flor (garantia de que a flor foi realizada no cabo).

Este foi o ponto de partida para o desenvolvimento do novo conceito. Entender bem o funcionamento de uma máquina de injeção semiautomática para de seguida encontrar possíveis pontos a melhorar. Para além disso, apontar novas necessidades e ponderar a forma mais viável. Uma diferença clara, é trabalhar um cabo metálico solto e passar a trabalhar um cabo já introduzido no subconjunto de espiral. Surge a necessidade de um maior número de pontos de apoio e, conseqüentemente, o aumento da área de trabalho. Por outro lado, o normal funcionamento da máquina deve ser garantido, isto é, sempre que alguma coisa for alterada ou acrescentada, não pode limitar as ações de qualquer mecanismo. Um exemplo disto mesmo, foi a preocupação de evitar que a nova estrutura atingisse a altura da consola. A máquina possui um braço de rotação livre, que suporta a consola que serve de controlo dos parâmetros de injeção. Aliado a isso, possui muita informação útil como os registos dos dados executados. Comprovada a sua utilidade não faria sentido limitar a sua liberdade de movimento. Por motivos de segurança, também é uma mais valia, porque o colaborador pode necessitar de interromper o funcionamento da máquina. Como tal, pode acionar o botão de emergência presente na consola, nas diferentes zonas envolventes da máquina.

Acrescentaram-se ainda bases de apoio ao cabo nos postos de flor e injeção. O suporte da Figura 41 é muito importante para a afinação da cota de corte do cabo de aço. Este suporte apresenta uma cavidade para albergar a espiral e um encaixe para o seu terminal. Tem ainda um canal estreito, de forma a guiar o cabo de aço linearmente. Por vezes, o cabo vem ondulado, com a forma que ganhou na bobina. Para controlar esse efeito e assegurar que o cabo não sai fora do canal, colocou-se um íman. Um outro cuidado tido em conta, foi a máxima aproximação do suporte aos mordentes. Deixando apenas o espaço necessário para o *transfer* poder agarrar o cabo. À medida que o cabo é desenrolado da bobina, o cabo adquire diferentes formas/ondulações. Assim é necessário evitar espaços sem guiamento ao longo de todo o trajeto.

Analisando o produto e as suas dimensões, presentes na Tabela 10, verifica-se uma ligeira variação das cotas funcionais, entre referências. Estas cotas funcionais são as principais dimensões a respeitar, e apresentam-se ao longo de um intervalo de dois milímetros e meio. Este sistema será responsável por compensar essas oscilações, aproximando ou afastando a espiral do posto da flor. Por uma questão de orientação do operador, criou-se um referencial de posicionamento no suporte. Relativamente à

escolha dos materiais utilizados, a peça superior na Figura 41, necessita de maior dureza para fazer face ao desgaste provocado pelo cabo. Por este motivo, usou-se o aço K100 temperado. Já na peça inferior, usou-se o aço C45E, pois consegue conjugar boas propriedades com um baixo custo. Por este motivo, qualquer peça que não esteja sujeita a grande desgaste, é geralmente concebida a partir do aço C45E. Com alguma experiência, este tipo de raciocínio já é feito quase que de forma automática.

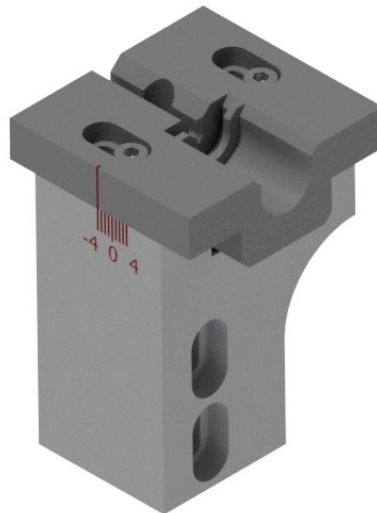


Figura 41 – Suporte posto da flor

Para suporte no posto corta-gito, foi criada uma base em chapa de aço inoxidável. Optou-se por uma chapa mais espessa de forma a aumentar a sua robustez e salvaguardar algum impacto inesperado. Assim, a perda de resistência mecânica causada pelos furos feitos para as pinças dos *transfers* acaba por ser compensada com uma chapa de 3 mm.

Na Figura 42, é visível essa chapa de apoio, aparafusada à base de injeção.

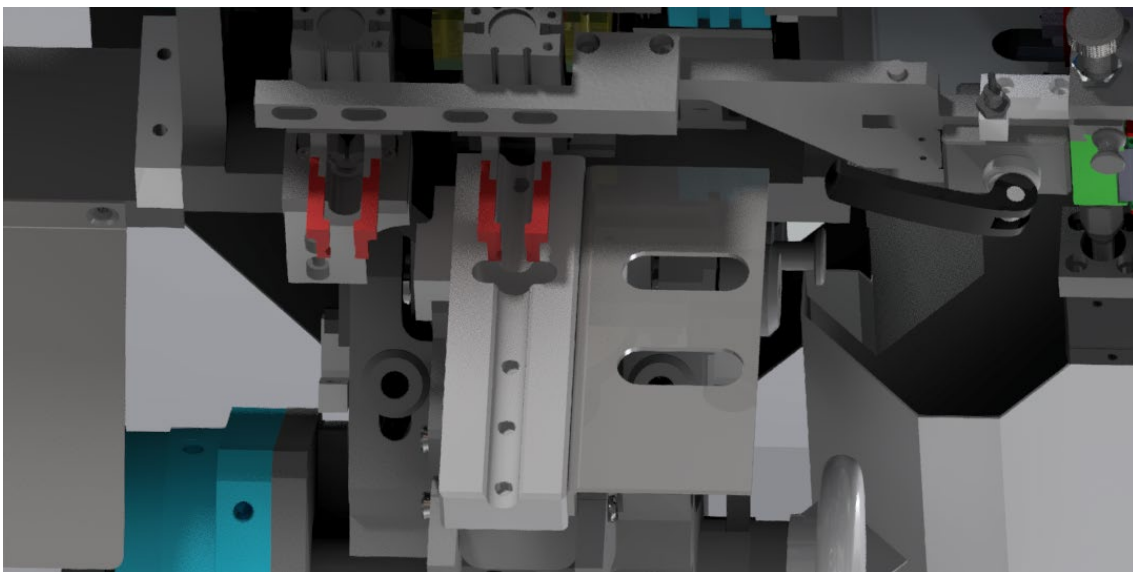


Figura 42 - Bases de apoio de cada posto

Foi necessário desenvolver uma solução que fosse o mais compacta possível. No caso do *transfer*, foi necessário adaptá-lo de forma a segurar simultaneamente dois cabos com espiral. Se até este momento, um ponto de fixação era suficiente para prender um cabo, neste novo conceito é necessário prender o cabo e a sua espiral. Caso contrário, segurando apenas o cabo a espiral acabaria por sair do cabo e cair para o chão. Assim sendo, o *transfer* da máquina ZM2, responsável pela segunda injeção, está mais próximo do pretendido (Figura 43).

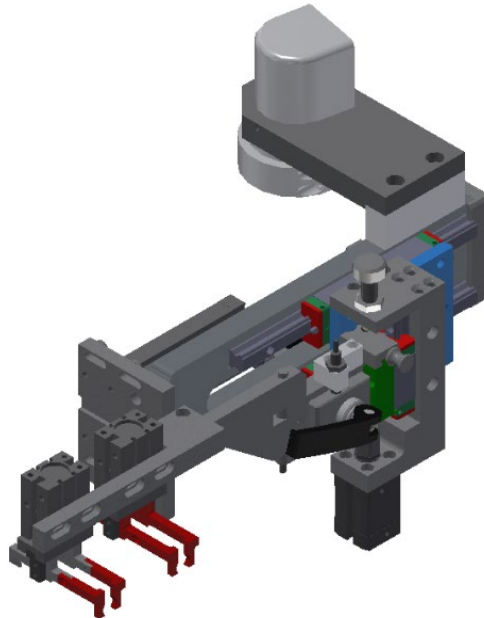


Figura 43 - *Transfer* desenvolvido

O conjunto da Figura 43, foi desenvolvido a partir do *transfer* da máquina ZM2. O mecanismo nasceu da necessidade de segurar dois cabos e duas espirais, aproveitando um conceito já desenvolvido e o espaço existente na estrutura atual. Uma vez que a segunda injeção, já dá com o cabo inserido na espiral, o *transfer* usado para segurar o cabo possui dois pontos de fixação. Porém, na máquina ZM2 o operador faz a flor e de seguida, posiciona o conjunto no *gabarit* para realizar a injeção. Portanto, o *transfer* usado apenas auxilia o movimento desde a injeção até ao corte do gito. Trata-se de um *transfer* simples, visto que apresenta uma única garra. O passo a seguir foi alterar as peças necessárias para acrescentar uma nova garra *MHZ2_20D*. As especificações deste produto pneumático encontram-se no ANEXO 3.

3.7.2.4 Conjunto 2 - *Gabarit*

O *gabarit* é fixo à estrutura e tem a função de suportar e guiar os conjuntos de corte e suporte da espiral. Este conjunto foi desenvolvido com recurso a perfil de alumínio, tal como a estrutura global do equipamento. Já numa fase mais avançada do projeto, surgiu necessidade de fixar, na extremidade oposta à máquina Zamak, um pequeno sistema para guiar a alimentação de cabo. Assim, não se corre o risco de o cabo metálico prender em qualquer zona do equipamento. Para além de afetar a segurança do operador e o funcionamento da máquina, há a questão da sujidade. O cabo metálico está cheio de óleo, pelo que pode sugar toda a zona de contacto.

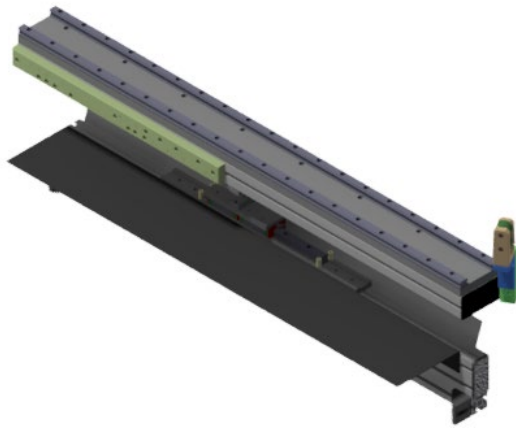
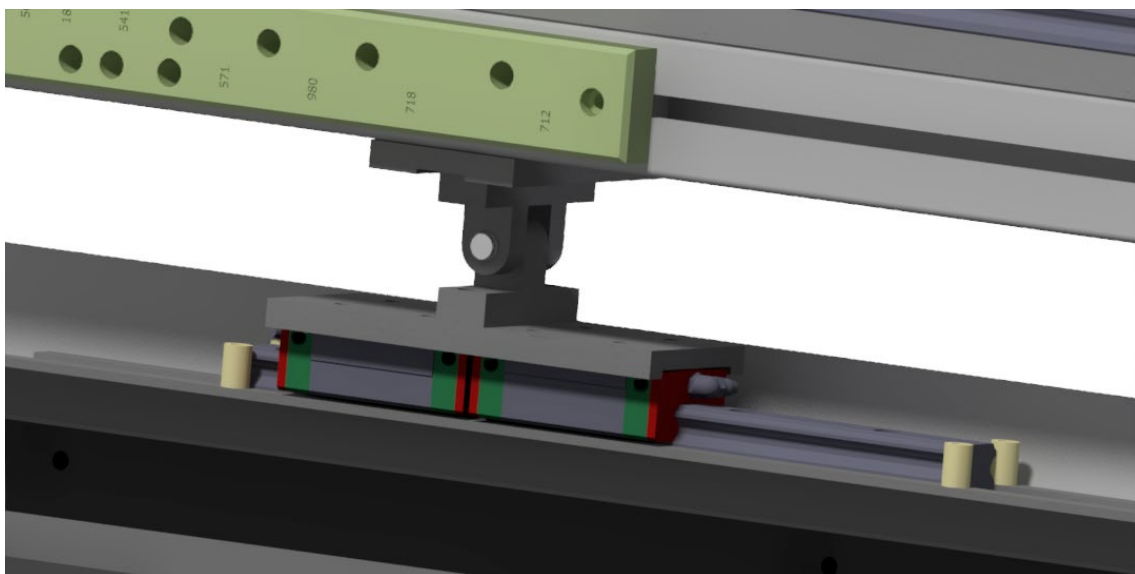


Figura 44 - Conjunto 2-Gabarit

Este suporte tem restrição em termos de rotação para, desta forma, poder acompanhar a rotação da máquina Zamak. Uma vez que o centro de massa deste conjunto varia em função da disposição dos conjuntos suportados, surgiu a necessidade de criar um guiamento que permitisse a deslocação do apoio. Este guiamento é muito curto e usado com pouca frequência. Por estas razões, não há necessidade de estimar a sua vida útil. Optou-se então por aplicar os mesmos patins que foram aplicados nas situações mais exigentes deste projeto.

Figura 45 - Rotação e guiamento do *gabarit*

A régua da Figura 46, é essencial para ajustar o posicionamento de cada espiral, conforme a sua referência. Através dos indexadores, o operador consegue trocar de referência de uma forma simples, rápida e eficaz. Contudo, devido à proximidade dimensional de algumas referências, foi necessário desalinhar os furos de posicionamento e acrescentar outro posicionador. Assim, as referências foram divididas por dois indexadores. Tanto os indexadores como a régua são compostos por materiais que passaram por tratamentos térmicos de modo a melhorar as suas propriedades, no que diz respeito à dureza e à resistência ao desgaste.



Figura 46 – Régua para indexadores

Com o objetivo de orientar o operador, identificaram-se as referências na régua, através da marcação dos três últimos dígitos característicos. Os dígitos inscritos na parte superior da régua, correspondem ao indexador esquerdo. Já a parte inferior diz respeito ao indexador direito.

Todo o processo foi pensado para evitar ao máximo, a perda desnecessária de tempo. A partir do momento em que o operador conhece a referência a produzir, só precisa de encontrar os três últimos dígitos na régua e alinhá-los com uma das ranhuras do suporte de espiral. As referências apresentadas na Tabela 17 são posicionadas pelo indexador esquerdo, enquanto o indexador direito fica responsável pelas restantes, apresentadas na Tabela 18.

Tabela 17 - Referências posicionadas pelo indexador esquerdo

Referência	A (mm)	D (mm)	A+D (mm)	B	C
C37541-104	76,50	54,50	131,00	415,00	523,00
C37622-104	76,50	56,20	132,70	175,00	252,80
C55184-102	76,50	55,00	131,50	415,00	499,00
C67510-102	76,50	56,50	133,00	250,00	315,00
C67508-101	76,50	54,20	130,70	415,00	482,00
C67509-100	76,50	54,00	130,50	175,00	233,00
C90524-101	76,50	55,70	132,20	200,00	274,20

Tabela 18 - Referências posicionadas pelo indexador direito

Referência	A (mm)	D (mm)	A+D (mm)	B	C
C62980-102	76,50	56,50	133,00	415,00	543,00
C86712-101	76,50	56,20	132,70	570,00	640,00
C87571-100	76,50	56,20	132,70	385,00	506,50
E07718-100	76,50	55,50	132,00	410,00	584,00

3.7.2.5 Conjunto 3 - Tranfer Extra

Para projetar este conjunto, aproveitou-se todo o trabalho já desenvolvido para o sistema *transfer* da máquina *ZM1*, bem como a *ZM2*. É um sistema que tem vindo a ser cada vez mais desenvolvido, uma vez que aumenta significativamente o nível de automatização dos equipamentos. Existe uma preocupação crescente, no meio industrial, na eliminação deste tipo de tarefas manuais, muito repetitivas e pouco estimulativas.

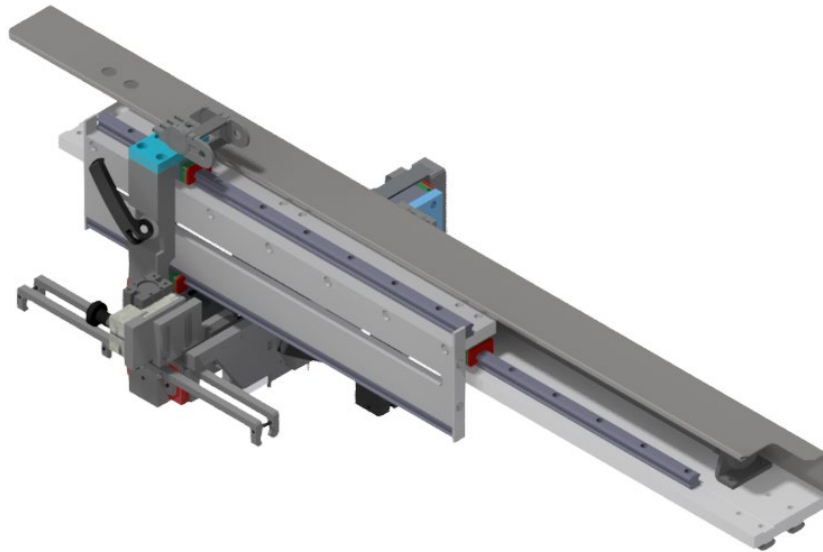


Figura 47 - Conjunto 3-Transfer Extra

Tal como o *transfer* da máquina Zamak, o conceito assenta na filosofia de “*pick and place*”. Isto não é mais do que um sistema no qual um mecanismo retira os objetos de uma posição (*pick*) e os coloca noutra localização (*place*). Neste caso, o manipulador agarra o cabo no posto do corta-gito e larga-o em cima da rampa direcionada para o tapete de extração.

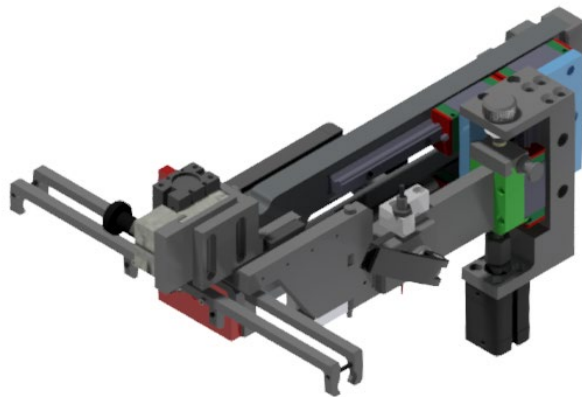


Figura 48 - Subconjunto 31 Transfer

As garras que seguram o cabo possuem uns prolongamentos que podem ser facilmente retirados no caso de surgir essa necessidade. Basta, para isso, desapertar os parafusos que fazem a ligação. Assim, o transporte do cabo é sempre garantido, desde o mais pequeno até ao maior.

O operador tem a facilidade de ajustar rapidamente a posição do *transfer*, uma vez que este se encontra guiado linearmente e fixo por um puxador de aperto rápido. De forma, a facilitar a visualização e o entendimento do mecanismo, retirou-se a proteção superior (Figura 49).

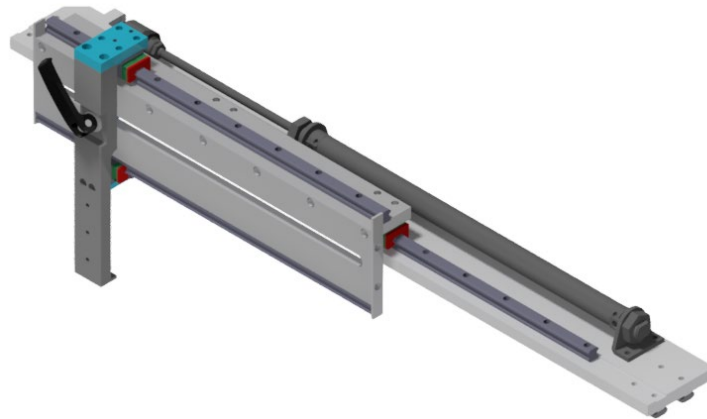


Figura 49 – Subconjunto 32 Movimento do *transfer*

O movimento longitudinal do *transfer*, permite extrair o cabo do interior da máquina Zamak. Para realizar este movimento, instalou-se um atuador pneumático com a referência: DSNU-25-400-PPV-A. A força do peso do conjunto sobre o guiamento é de, aproximadamente, 150 N, e o coeficiente de atrito entre os elementos de guiamento é de 0.004, conforme consulta ao catálogo do fornecedor. Posto isto, calculou-se a força de atrito, através da equação (2).

$$F_a = \mu \times P \quad (2)$$

Devido ao baixíssimo coeficiente de atrito, a força que o cilindro terá de vencer também será muito reduzida. Porém, é necessário que o curso do cilindro seja suficiente para afastar o cabo e posicioná-lo corretamente. Por motivos de robustez, à semelhança da maior parte das escolhas pneumáticas, optou-se por um atuador sobredimensionado. Consultando os seus dados técnicos no ANEXO 3, percebe-se que este cilindro oferece um bom controlo de movimento. O seu sistema de amortecimento é fulcral, para a longevidade deste conjunto e, por sua vez, de todo o equipamento.

O guiamento usado para o ajuste da posição do *transfer* é composto por duas guias e dois patins. Uma vez que apenas servirá para fazer ajustes e no caso de haver essa necessidade, não irá sofrer desgaste acentuado. Em contrapartida, o guiamento do movimento longitudinal, será solicitado com elevada frequência. É um movimento feito na recolha de cada cabo, por isso é importante dimensionar o seu guiamento para confirmar as opções tomadas. Tal como se encontra referido no ponto 3.7.2.1.2 deste relatório, todos os sistemas de guiamento linear serão da série HG. A escolha recaiu por um guia e dois patins HGH20CAZ0C-HiwinCorporation®. De forma a calcular o tempo de vida estimado destes elementos, é necessário determinar os esforços atuantes em cada um deles.

Em termos de solicitações, consideraram-se como sendo principais dois tipos de esforços diferentes: o primeiro é o esforço normal, correspondente ao peso de todos os componentes que se encontram apoiados nos patins, e o segundo é o momento tursor provocado na guia, devido ao descentramento existente entre o centro de massa dos patins e o centro de massa dos restantes componentes. O diagrama de forças considerado para o dimensionamento do sistema de guiamento linear encontra-se na Figura 50.

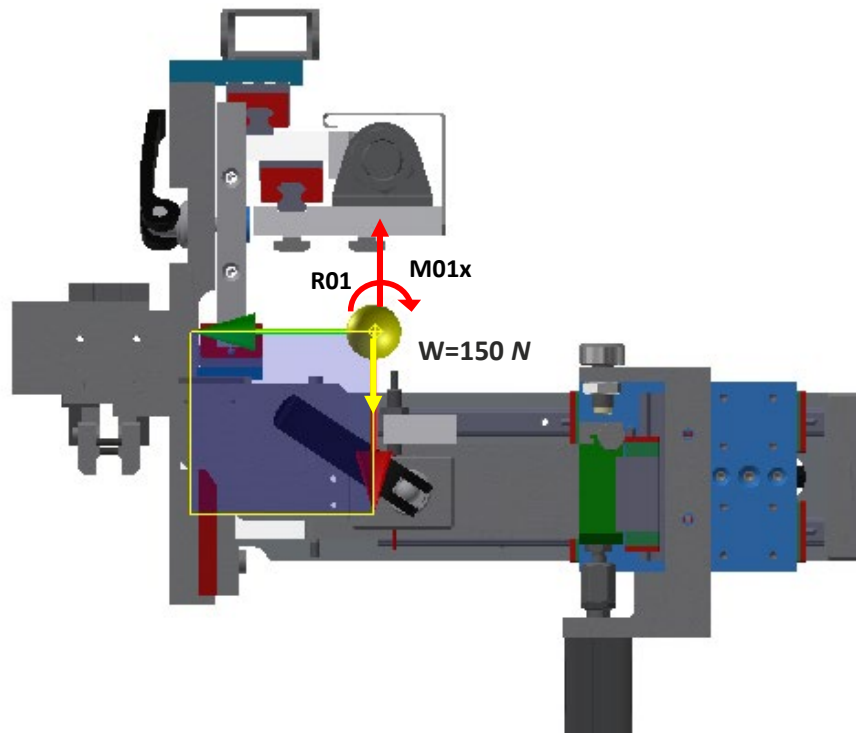


Figura 50 - Diagrama de esforços

De forma a determinar as solicitações a que o patim se encontra sujeito, recorre-se às equações (3) (somatório de forças no eixo Z) e (4) (cálculo do momento em torno do eixo X do patim).

$$\sum F_z = 0 \Leftrightarrow R_{01} - 150 = 0 \Leftrightarrow R_{01} = 150 \text{ N} \quad (3)$$

$$M_{01x} = 150 \times 0,048 \Leftrightarrow M_{01x} = 7,2 \text{ Nm} \quad (4)$$

A localização do centro de massa neste conjunto é uma variante, pois o operador pode movimentá-lo a qualquer momento, como já foi referido anteriormente. Por isso, para determinar as reações em cada patim, localizou-se o conjunto na situação mais crítica. Essa situação está retratada na Figura 51, onde é visível que o centro de massa do conjunto quase coincide com o centro de um dos patins. O resultado é um desgaste relativo muito superior nesse patim.

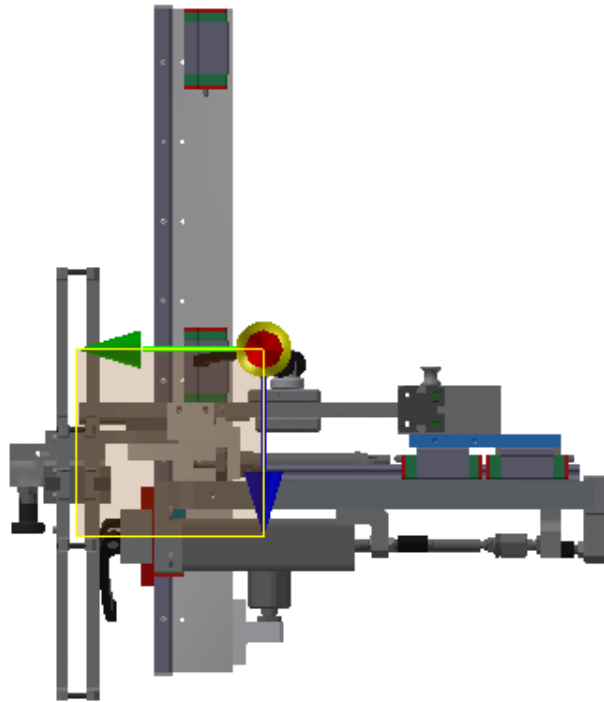


Figura 51 - Localização do centro de massa

De seguida, mediu-se a distância do centro de massa do conjunto, ao centro de cada patim. Sabendo que a distância entre patins é de 240 mm e que a distância ao centro do patim mais afastado (ponto A) é de 237 mm, foram utilizadas as equações (5) e (6). Foi então aplicado o somatório das forças segundo o eixo Z e o somatório dos momentos resultantes no ponto A, respetivamente.

$$\sum F_z = 0 \Leftrightarrow R_{01} + R_{02} - 150 = 0 \quad (5)$$

$$\sum M_A = 0 \Leftrightarrow 150 \times (237 - 240) - R_{01} \times 237 = 0 \quad (6)$$

As reações nos patins 1 e 2 são, respetivamente, 2 N e 148 N. Desta forma, o valor crítico de carga (P_c) será o valor do patim 1, 148 N. Os restantes parâmetros utilizados para o cálculo encontram-se na Tabela 19.

Tabela 19 - Parâmetros para o cálculo do tempo de vida útil do sistema de guiamento linear

Parâmetro	Valor
Ft	1
Fh	1
Fw	1,2
C (N)	27100
Pc (N)	148

Assim, recorrendo à equação (1), obtém-se o valor de $8,83 * 10^8 \text{ km}$ para a distância útil estimada deste sistema de guiamento linear. Apesar de ser muito difícil estimar o tempo de vida destes elementos, os valores obtidos asseguram uma longa durabilidade do guiamento.

3.7.2.6 Conjunto 4 - Suporte de Espiral

No momento de posicionar a espiral, o operador deve certificar-se que este conjunto se encontra na posição correta. Isto é, o indexador deve estar colocado no respetivo furo. O conjunto está guiado, linearmente, por duas guias e dois patins HGH20CAZ0C-HiwinCorporation®. Depois de fixo, com recurso a um dos indexadores, uma parte do conjunto tem liberdade de movimento de 5 mm, de forma a absorver a tolerância da espiral. Embora a tolerância típica seja de $\pm 1.5 \text{ mm}$, no caso de referências de maiores dimensões, já ultrapassa esses valores. Porém, para cumprir os objetivos do projeto proposto, esta liberdade dimensional é suficiente. Este ajuste deve ser fácil e rápido, mas oferecer precisão ao mesmo tempo. Dados os requisitos, a melhor solução foi guiar esta parte móvel por meio de veios e rolamentos lineares.

O posicionamento da espiral e do próprio cabo é uma constante preocupação. Como é visível na Figura 52, a zona que segura o cabo não é muito profunda. Para ajudar o trabalho do operador foram acoplados ímanes no sistema. Para além, de obrigar o cabo a correr junto ao suporte, facilita o posicionamento da espiral.

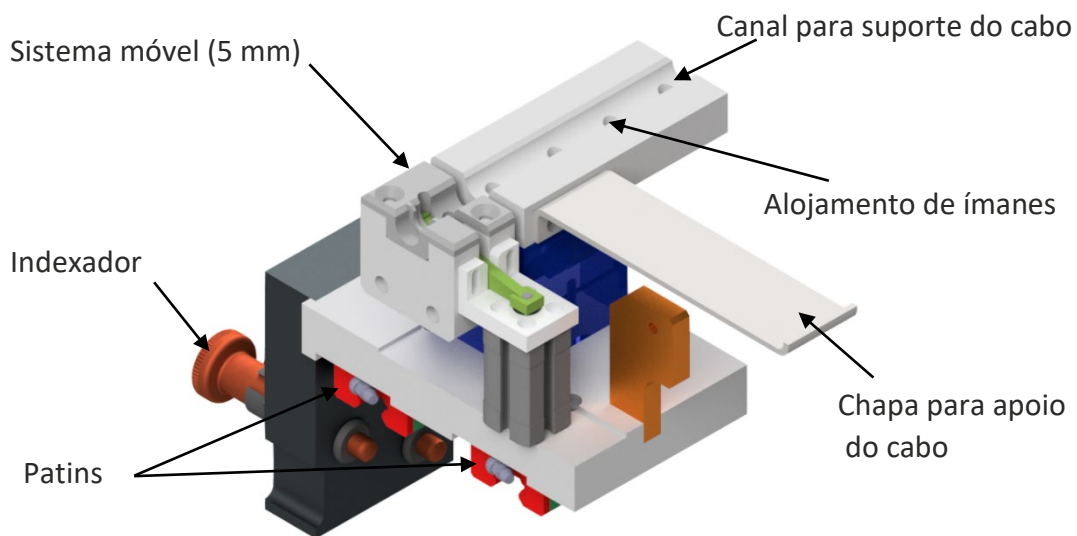


Figura 52 – Conjunto 4-Suporte de Espiral

Este conjunto apresenta ainda uma peça encastrada na base, que serve para amarrar uma corrente. Esta corrente tem grande importância para a viabilidade do projeto. Transmite uma força que faz movimentar o sistema de corte até encostar na parte móvel do suporte da espiral. É possível visualizar a situação na Figura 53.

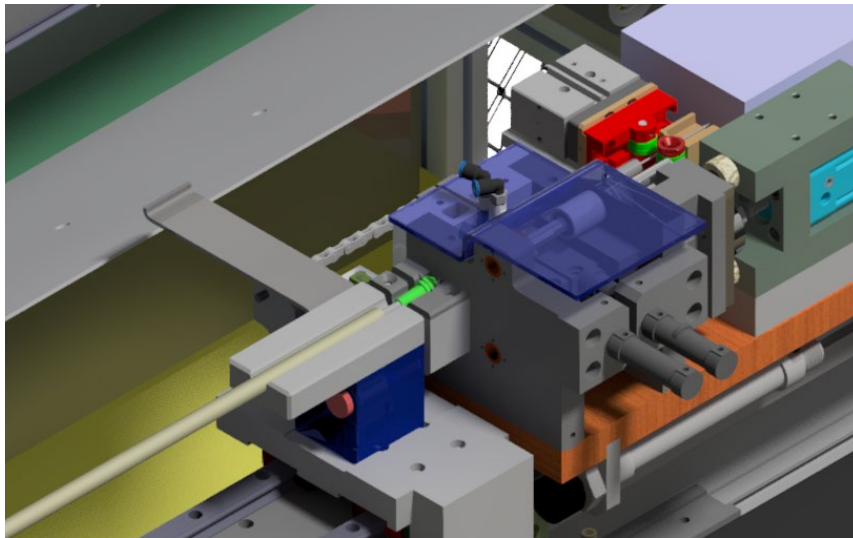


Figura 53 - Funcionamento da corrente

De forma a facilitar a extração da espiral e evitar que a mesma ficasse presa na ranhura do encaixe, colocou-se o cilindro ADN-12-15-A-P-A.

Apesar do tipo de referência ZZH não ser muito flexível, apresentando bastante rigidez, cria-se sempre uma curvatura no cabo. Quanto maior o comprimento do cabo, maior será a curvatura do mesmo, dificultando as suas movimentações. Com o sistema da Figura 54, o problema é eliminado, pois a patilha faz saltar o cabo.

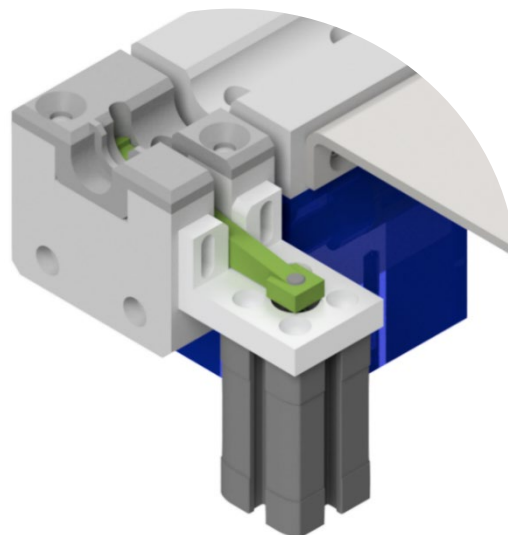


Figura 54 - Detalhe do sistema de ajuste à espiral

Depois de expulsar o cabo do suporte, é conveniente manter um apoio na extremidade do cabo, durante a passagem para os postos seguintes. De forma a evitar essa flexão, foi aparafusada a este conjunto uma chapa, para dar apoio ao cabo. De resto, esta foi uma solução já aplicada no posto corta-gito da máquina Zamak.

3.7.2.7 Conjunto 5 – Corte

Uma vez que o cabo é fornecido em bobinas, é necessário realizar o corte para o comprimento de referência. O conjunto de corte, representado na Figura 55, é composto pelo sistema de corte e vários subconjuntos que controlam o comportamento do cabo.

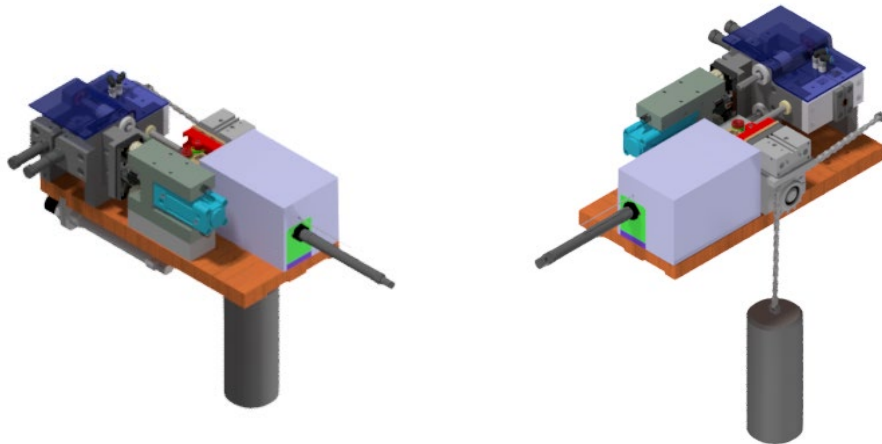


Figura 55 - Conjunto 5-Corte

Existem dois tipos de corte. Tanto pode ser mecânico como elétrico. O corte mecânico foi o mais adotado inicialmente, apesar de originar alguns problemas. O principal problema é ter tendência a desentrançar os fios do cabo e, conseqüentemente, dificultar a introdução na espiral. Por outro lado, com o corte elétrico, isto já não acontece, porque o topo do cabo, após o corte elétrico, fica soldado, devido à deformação provocada pelo calor (funde os vários filamentos do cabo). Esta foi a principal razão da opção pelo corte elétrico. No entanto, foi necessário implementar mais meios de segurança devido à magnitude do perigo. Foi instalada uma proteção de policarbonato, de forma a proteger o operador das limalhas e projeções libertadas pelo corte. Os tubos e acessórios pneumáticos são em cobre, de forma a evitar possíveis perfurações.

51-Base móvel

O sistema de corte, assenta numa base que se move ao longo do guiamento linear (Figura 56). As forças necessárias ao movimento são aplicadas pelo peso adicionado ao sistema e pelo atuador pneumático DSNU-20-100-PPV-A. O sistema de peso garante a cota funcional do cabo de comando, independentemente do desvio da espiral. Para dar continuidade ao processo, depois do corte, é acionado o atuador pneumático. Através da força de avanço aplicada no suporte espiral, o conjunto fixo afasta o próprio sistema de corte, de maneira a retirar o cabo do seu interior. A força aplicada pelo atuador terá de vencer o somatório da força do peso com a força de atrito.

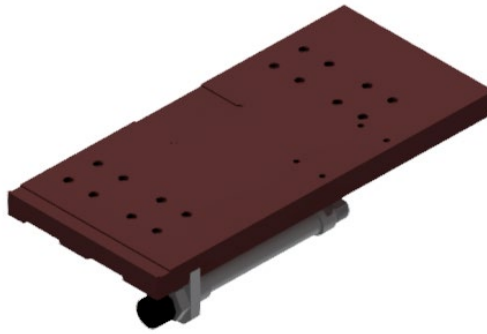


Figura 56 - Subconjunto 051 Base móvel

Tendo em conta que a massa total do conjunto é de, aproximadamente, 20 kg , esta massa resulta numa força gravítica de $196,2\text{ N}$. O coeficiente de atrito entre o patim e guia é de 0.004 , consultando o catálogo do fornecedor. Calculou-se a força de atrito, através da equação (2).

Devido ao baixíssimo coeficiente de atrito, a força de atrito também será muito baixa, inferior a 1 N . Assim sendo, usou-se um peso tipicamente aplicado em sistemas onde se pretende uma pequena força. Um peso de 5 kgf confere uma força constante e adequada para a movimentação do conjunto.

Depois de conhecer o módulo da soma da força de atrito e do peso, segue-se o dimensionamento do atuador pneumático. Para além da força de trabalho, é importante ter em conta o curso do mesmo, garantindo que é suficiente para retirar o cabo do interior do sistema de corte. O pneumático foi selecionado com o auxílio do *software* da Festo® e tem a seguinte referência: DSNU-20-100-PPV-A. A folha com as especificações situa-se no ANEXO 3. O atuador pneumático, com uma pressão correspondente a 6 bar , aplica uma força teórica no avanço de $188,5\text{ N}$, ou seja, suporta facilmente o efeito do peso, com massa igual a 5 kg . Como se apresenta sobredimensionado, salvaguarda qualquer sobrecarga no sistema, tornando-o ainda mais robusto.

O conjunto está guiado, linearmente, por duas guias e quatro patins HGH20CAZ0C-HiwinCorporation®. Este guiamento foi o último ponto de dimensionamento de todo o conjunto, todavia como está presente neste subconjunto, surge como fecho da análise deste subconjunto. Depois de retirar os patins do conjunto, verificou-se uma massa de 19.2 kg .

De seguida, foi encontrada a posição do centro de massa. A Figura 57, representa o último passo no abordado no subcapítulo 3.7.2.1.2. Foram criados planos centrais entre os patins, nas duas direções, de forma a quantificar a distância ao centro de massa.

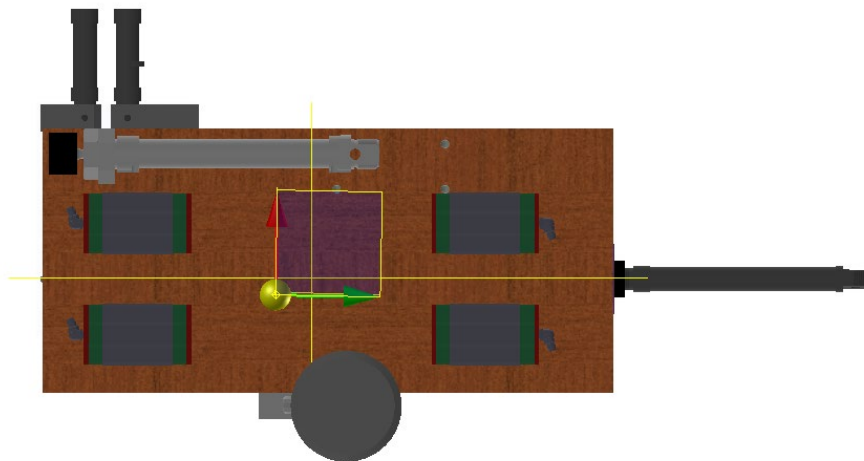


Figura 57 - Posição do centro de massa relativamente aos planos centrais

Consultando o catálogo do fabricante, de onde foi retirada a Figura 58, começou-se por medir as distâncias necessárias, recorrendo ao *software CAD*. Essas medidas, foram introduzidas na folha de cálculo, criada com o fim de automatizar o processo e evitar erros de cálculo. Encontram-se também, na Tabela 20.

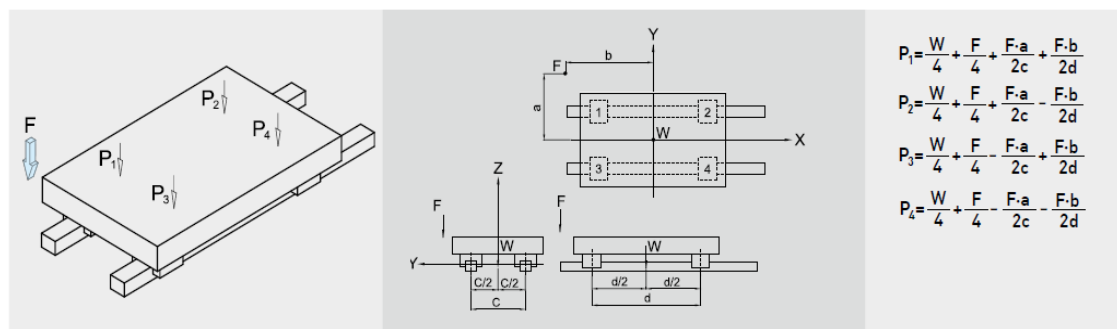


Figura 58 - Parâmetros de dimensionamento de um guiamento linear

Posteriormente, aplicando as fórmulas de cálculo presentes no catálogo, Figura 58, foram obtidos os resultados da Tabela 21.

Tabela 20 - Distâncias entre planos

Distância	Valor (mm)
a	21,59
b	-15,86
c	80
d	250

Tabela 21 – Valores das reações de cada patim

Patim	Reação (N)
P1	70,644
P2	83,332
P3	16,669
P4	29,357

No ANEXO 2, encontra-se toda a informação sobre cada um dos valores atribuídos aos parâmetros da Tabela 22.

Tabela 22 - Parâmetros para o cálculo do tempo de vida útil do sistema de guiamento linear

Parâmetro	Valor
Ft	1
Fh	1
Fw	1,2
C (N)	27100
Pc (N)	200

O resultado do dimensionamento do guiamento linear, recorrendo à equação (1), foi o seguinte: $L = 9.95 * 10^8$ km. Com este resultado, concluiu-se que os patins selecionados suportam facilmente o esforço, podendo mesmo ser substituídos por outros de menor dimensão. Contudo, pretende-se um equipamento robusto e durável. Por outro lado, o número de ciclo por dia que este componente vai sofrer é desconhecido.

Outra razão, é a questão da uniformização. Ao usar sempre o mesmo produto em diferentes conjuntos do equipamento, facilita-se o trabalho de todos os setores. Para além de melhorar o aspeto estético, simplifica as operações de manutenção e ainda simplifica uma eventual substituição de peças.

052-Peso

O peso usado para promover o movimento do conjunto tem uma massa de 5 kg (Figura 59). Foram modeladas duas peças para suportar o carro e a força imposta pela corrente. No interior do carro foi colocado um rolamento de esferas, 6003-2RSR. O anel elástico, DIN 471 - 17x1, acoplado no veio, tem a função de manter a posição do rolamento.



Figura 59 - Subconjunto 052 Peso

A corrente foi selecionada com recurso ao *software* da empresa Renold®. Depois de preencher vários valores como a força aplicada e o comprimento da corrente, o *software* apontou para uma corrente 06B-1. O relatório dimensional encontra-se no ANEXO 4.

Com a corrente dimensionada, é agora possível dimensionar o carreto que fará movimentar a corrente. Assim, consultando o catálogo do fornecedor Rolisa®, para uma corrente do tipo 06B-1, é possível selecionar um carreto do tipo 3/8" x 7/32" com 14 dentes

053-Corte Elétrico

O corte elétrico (Figura 60) é um sistema delicado, pelo que deve ser muito bem pensado para evitar potenciais perigos. É fundamental evitar a propagação da corrente elétrica para qualquer parte do equipamento. Assim, as peças em contacto com o corte elétrico serão em Celeron, material que possui um baixo coeficiente de condutividade. Trata-se de um laminado industrial, duro e denso, mas fácil de maquinar e que oferece um alto grau de insensibilidade à ação de óleos e graxas, característica importante. Visto que os cabos vêm com muito óleo, este conjunto irá estar, permanentemente, exposto a este tipo de resíduos. Ao fim de algumas horas de trabalho, este óleo costuma acumular uma "goma" nos mordentes. Com o objetivo de evitar essa acumulação de resíduos, instalaram-se dois sistemas, um sopro de ar comprimido e um jato de líquido de limpeza.

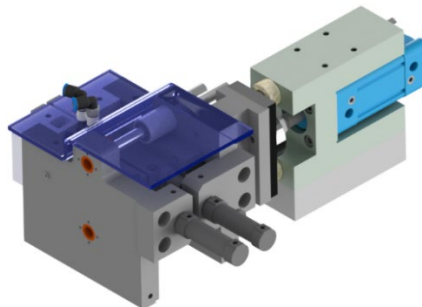


Figura 60 - Subconjunto 053 Corte elétrico

O cilindro DNC 32-10-PPV tem dimensões exageradas, de forma a permitir maior controlo. O objetivo é deixar as pontas do cabo com forma cónica, e ainda ajudar no processo de corte. Se o corte for defeituoso, o cabo forma uma espécie de cabeça, tipo pingos de solda, que dificultam as operações seguintes, na realização da flor e na introdução do cabo na espiral. Desta forma, o cabo fica com a ponta soldada e evita o desafinamento. A atuação dos mordentes é feita por meio de dois cilindros DSNU-16-10-P-A. As especificações técnicas encontram-se no ANEXO 3.

054- Roletes

O sistema de roletes (Figura 61) tem como base de funcionamento um servo motor em constante funcionamento. Consultando o catálogo de produtos do fabricante Orientalmotor® e fazendo uso do *software* de seleção disponibilizado pelo mesmo, selecionou-se o servo motor BLEM46-A. As especificações encontram-se no ANEXO 4. Trata-se de um dispositivo compacto, potente e eficiente. Destaca-se ainda pela sua ampla faixa de velocidades. Permite assim, um maior controlo do comportamento do cabo, por exemplo, aumentar a velocidade do cabo para as referências de maior comprimento.

Para a movimentação do cabo, instalou-se um cilindro com guia integrada que junta os roletes para imprimir movimento no cabo e afasta um dos roletes para interromper esse movimento. A opção passou por um cilindro Festo®, DFM-16-10-P-A-KF, cujo relatório dimensional se encontra no ANEXO 3. O seu curso de 10 mm, é condição mais que suficiente para o desempenho da função. Ainda que apresente um curso reduzido, é importante garantir o alinhamento com o rolete acoplado no servo motor, a fim de assegurar o melhor funcionamento do sistema. O rolete cujo movimento é controlado pelo cilindro deve poder girar livremente. Como tal, foi instalado o rolamento de esferas W 628/6-2Z no seu interior.

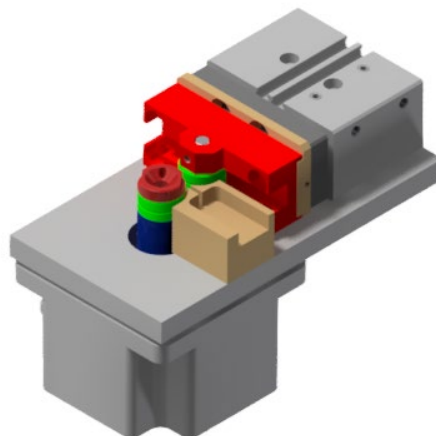


Figura 61 - Subconjunto 054 Roletes

O sistema de roletes fica alinhado entre os subconjuntos corte elétrico e tração, o que facilita o guiamento do cabo metálico. Ainda assim, acrescentou-se uma peça para guiar o cabo de aço e garantir que este é puxado na zona de maior resistência dos roletes. As

peças de contato com o cabo apresentam uma concavidade, de forma a aumentar a área de contacto com o cabo. Apesar do seu material apresentar elevada dureza e resistência ao desgaste, são peças de desgaste e, como tal, a facilidade da sua substituição também foi tida em conta.

055- Tração

O sistema de tração atua após os mordentes da flor segurarem o cabo. Neste momento, o sistema estica o cabo, de forma a garantir a cota, evitando ondulações. Este processo é especialmente útil nas referências de maior dimensão. Mais uma vez, deve estar no alinhamento dos restantes conjuntos, pelo que possui afinação na sua base.

Este mecanismo já foi testado e aprovado pela empresa. Como se enquadra com as exigências deste projeto, não foram realizadas melhorias. De qualquer forma, o conjunto foi estudado, com o objetivo de validar as escolhas e ter contacto com novos produtos. A Figura 62, ilustra o conjunto e o seu funcionamento. Este subconjunto possui ainda uma chapa envolvente que protege o operador.

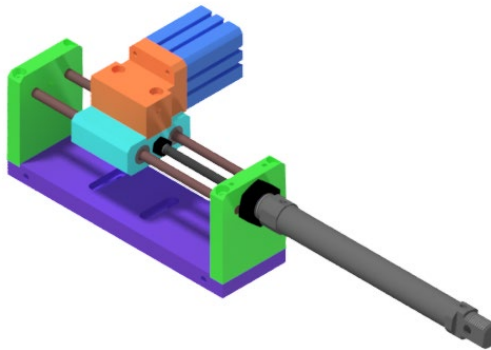


Figura 62 - Subconjunto 055 Tração

Foram utilizados veios de precisão da INA. Esses são produzidos a partir de aços de elevada qualidade, sendo temperados superficialmente e posteriormente, retificados. A dureza e a qualidade da superfície são a garantia para um bom funcionamento. Para além disso, apresenta um longo tempo de vida em serviço e uma elevada estabilidade dimensional. De modo a fazer uso dos veios, foram acoplados rolamentos (KH10-B) de movimento linear do mesmo fabricante dos veios. Desta forma, a montagem e funcionamento garantirão certamente um bom desempenho.

O cilindro CDQSBS20-10DC, quando atuado, prende o cabo metálico que passa pelo interior da peça superior. Depois de bloquear o movimento do cabo, é necessário mover o sistema com o objetivo de tracionar o cabo. Para este efeito, o mecanismo apresenta outro cilindro, CD85N16-100-B. Ambos os atuadores pneumáticos são fabricados pela SMC®, outra empresa especializada em produtos pneumáticos.

3.7.2.8 Conjunto 6 - Alimentação

O sistema de alimentação de cabo metálico escolhido é um mecanismo bastante simples. Com poucas peças, foi possível construir um desenrolador que cumpre com o

seu propósito (Figura 63). Como se trata de um sistema compacto, poupa-se espaço útil de trabalho. Por outro lado, não é preciso levantar a bobina para cima de nenhuma plataforma porque vai ficar mesmo no chão. Basta alinhá-la com o eixo de desenrolador. Assim, o tubo gira em torno desse eixo, onde estão acoplados vários rolamentos com vista à diminuição do atrito e ao aumento da durabilidade do sistema.

Para controlar a rotação do tubo, isto porque depois do sistema de roletes puxar o cabo, o tubo tem tendência a permanecer em rotação mais que o desejado, foi colocado um pequeno atuador pneumático, com a referência CDQSB20-5D, para travar a rotação do veio. Assim sendo, o cabo não ficará desenrolado de forma aleatória, correndo o risco de se entrelaçar, situação que levaria a uma paragem não planeada. Outro cenário do qual ficamos salvaguardados, é a possível lesão de qualquer operador resultante de tropeçar no cabo. A Figura 64, ajuda a visualizar o mecanismo usado para controlar o desenrolamento do cabo.

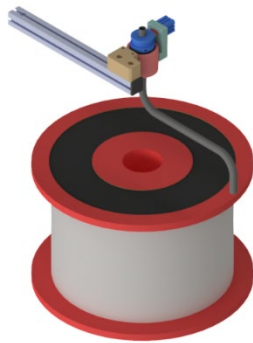


Figura 63 - Desenrolador de cabo

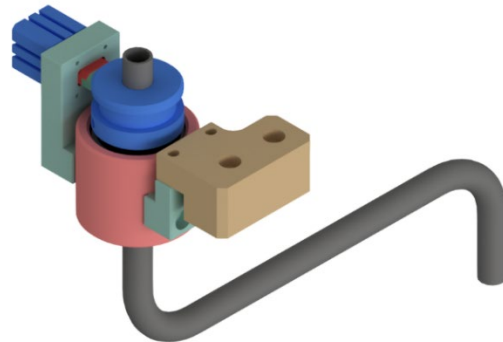


Figura 64 – Atuador do desenrolador de cabo

A proteção desenvolvida para este sistema foi incorporada no conjunto da estrutura, e será analisada mais detalhadamente no ponto 3.7.2.10. Como se trata de um sistema de alimentação compacto, não se justificaria criar uma proteção individual. Por outro lado, desta forma a proteção acompanha a estrutura, sem qualquer esforço do operador.

Para finalizar a alimentação, foi criada uma caixa (Figura 65) para dar suporte ao operador com os subconjuntos de espiral. Esta caixa deverá ficar o mais próxima possível do operador e à altura dos restantes mecanismos. Como tal, ficará apoiada sobre três calços cilíndricos, aparafusados à estrutura.

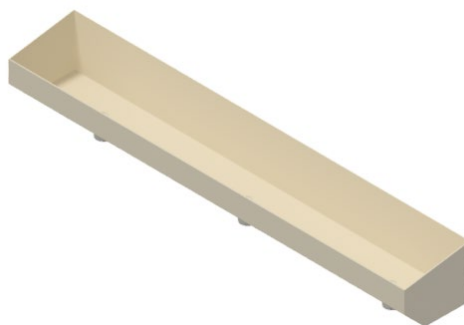


Figura 65 - Caixa das espirais

3.7.2.9 Conjunto 7 - Extração

Depois do cabo ter passado por todos os postos, é necessário proceder à sua extração. A necessidade do tapete transportador, prende-se com o facto de a posição normal de trabalho do operador se situar no lado oposto ao da extração. Nesta circunstância, o operador não teria grande controlo sobre os cabos produzidos, e teria de se deslocar ao lado oposto do equipamento para recolher os mesmos.

Com recurso ao tapete, os cabos OK são depositados junto do posto de trabalho do operador que irá fazer a segunda injeção. Para o efeito, instalou-se o tapete transportador da Figura 66.

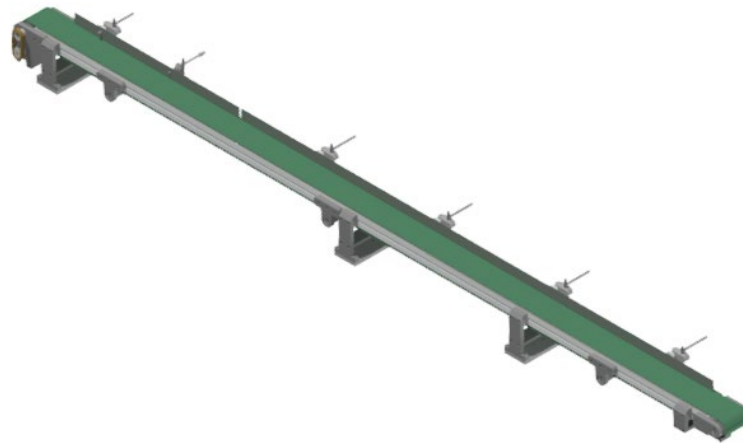


Figura 66 - Conjunto 07 Extração

Este conjunto foi desenvolvido pela empresa a pedido de um cliente. Embora, mais simplificado, cumpria a sua principal função de transporte. Para este projeto, aproveitou-se esse trabalho, e foi incrementada mais uma função. Começou-se por explorar os componentes presentes no conjunto, com vista a perceber o seu funcionamento. A força do movimento correia da extração é produzida por um motor DC com redutor axial e *driver* incorporados. Esta força é transmitida a um dos seis rolos que suportam a correia, através de uma corrente de elos. O conjunto contém esticadores que permitem ajustar a tensão da tela consoante necessário. Como forma de guiamento, existe uma pequena chapa ao longo de todo o tapete.

Na fase seguinte, fizeram-se pequenos ajustes nos apoios e, posteriormente, foi desenvolvida uma solução que permitisse expulsar os cabos com defeito.

Estes defeitos podem ter várias causas com origem na máquina. Grande parte dos erros são detetados pelos vários sensores distribuídos pelo equipamento. De seguida, serão apontados alguns desses erros que ocorrem no posto de injeção.

1. Falta de flor conforme

Como já referido, a operação de flor é importantíssima para a fiabilidade de um cabo de comando. Assim, é necessário garantir que antes de o cabo chegar ao posto de injeção, já apresenta flor conforme. Esta verificação pode ser mecânica ou através de um sensor que regista o aumento do volume na extremidade do cabo. No caso de o cabo não apresentar flor, o sistema mecânico não segura o cabo e, por consequência, não o

transporta para o posto de injeção. Com o sensor, é detetado o erro e o cabo passa diretamente para a zona de extração.

2. Erro na deteção do cabo

Se o sensor não detetar o cabo no interior do molde, o processo de injeção não chega a ser iniciado e o cabo fica apenas com a flor.

3. Mau funcionamento da máquina Zamak

Este ponto abrange qualquer aspeto que interfira com o normal funcionamento da máquina, como por exemplo, haver desvios na rotação da máquina, avaria no pressostato ou o bico de injeção estar danificado. Os bicos de injeção são peças de grande desgaste, pelo que é necessário manter os devidos cuidados durante a utilização/ regulação dos parâmetros da máquina, de forma a prolongar a sua vida.

4. Temperatura insuficiente

Enquanto a temperatura do metal não atingir valores suficientes para a sua completa fusão, o processo de injeção também não é iniciado

5. Problemas no molde

O molde deve-se encontrar devidamente dimensionado, posicionado e limpo. Lixo no molde, desalinhamento ou qualquer razão que impeça o seu fecho tem como consequência mais um cabo sem injeção. O controlo do fecho do molde é de extrema importância e responsabilidade, pois, se porventura for acionada a injeção com o molde aberto ou mal fechado, o resultado é um acidente de trabalho de elevada gravidade. Do diálogo com os colaboradores, apurou-se que é justamente neste ponto que se dão os acidentes de trabalho de maior gravidade.

Partindo do transportador com tela, alimentado por um motor DC, foi desenvolvida uma nova variante. Recorrendo à Figura 67, é perceptível que o cilindro instalado, quando atuado, faz mover a barreira, que por sua vez expulsa o cabo para fora do tapete.

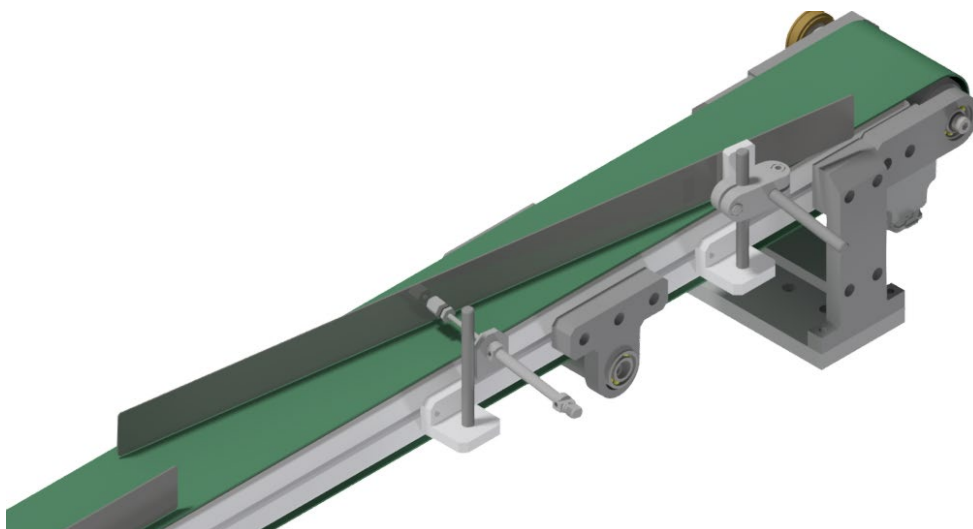


Figura 67 - Sistema de seleção de cabos do tapete

O cilindro usado para o efeito foi um DSNU-8-50-P-A, cuja ficha técnica se encontra no ANEXO 3. Apesar de cumprir com a função, com uma força teórica de avanço de 30.2 N, apresenta pouca robustez. Esta razão prende-se com o facto da falta de espaço entre o tapete e a rede da estrutura. A ideia de ultrapassar a delimitação da rede seria descabida, pois tornar-se-ia numa situação potencialmente perigosa. Posto isto, aproximou-se o cilindro do apoio giratório da barreira. Esta foi a melhor maneira de conseguir a amplitude de movimento pretendida, com um curso reduzido. A liberdade de movimento conferida, tanto pela rótula 6528 FK-M4, como pelo suporte do cilindro, evita esforços de flexão na haste do cilindro.

Ao lado do tapete está uma caixa (Figura 68) para recolher os cabos que apresentam defeitos. Esta caixa apresenta grandes dimensões com o fim de amparar a queda do cabo, independentemente do seu comprimento. Por outro lado, poupa o trabalho de recolha, na medida em que é necessário fazê-lo menos vezes.



Figura 68 - Caixa para cabos com defeito

A caixa é aparafusada ao conjunto *gabarit* e a recolha de cabos é feita pela parte traseira do equipamento, como mostra a Figura 69. Desta forma, não interfere com o normal desenvolvimento da produção. A facilidade de acesso também foi pensada, de maneira a ser rápida e não obrigar o operador a posições de demasiado esforço.

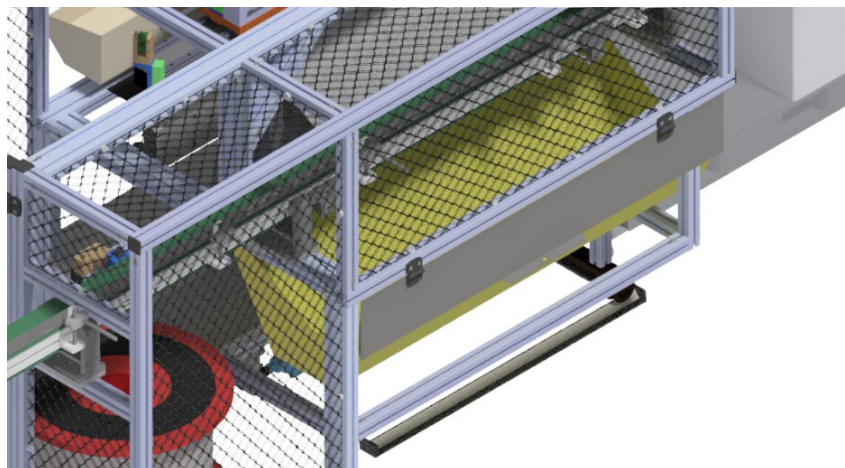


Figura 69 - Localização da caixa dos cabos com defeitos

3.7.2.10 Conjunto 8 - Estrutura

O conjunto da estrutura do equipamento (Figura 70), é composto por diferentes subconjuntos interligados. O principal requisito de uma estrutura é servir de suporte para os conjuntos necessários ao funcionamento do equipamento. Para além disso, a estrutura também serve de proteção, evitando qualquer contacto involuntário dos colaboradores com o sistema de alimentação, por exemplo.



Figura 70 - Conjunto 08 - Estrutura

081-Estrutura

O material usado na estrutura foi o alumínio, apresentando uma considerável redução de peso em comparação com as estruturas de aço. Apesar de ser um material mais caro, a verdade é que também é mais duradouro e acarreta menos custos de manutenção. A poupança e facilidade associadas à manutenção, em função da sua grande resistência à corrosão, suportam a escolha. O alumínio apresenta baixo módulo de elasticidade, quando comparado com o aço, correspondendo a um terço do valor do aço. Este fator faz com que as estruturas em alumínio apresentem uma satisfatória resposta sob o efeito de tensões oriundas de impactos, deformações e ajustes. Em contrapartida, o baixo módulo de elasticidade determina a necessidade de uma cuidadosa avaliação da rigidez dos elementos e da estrutura, no global.

A estrutura foi desenvolvida com o *software* MayCad, disponibilizado pela empresa Maytec®. Utilizando um total de 45 perfis de alumínio, ligados por 145 conetores e 9 painéis de rede em alumínio, foi possível projetar uma estrutura robusta, capaz de responder às exigências do projeto global. Ver Figura 71.

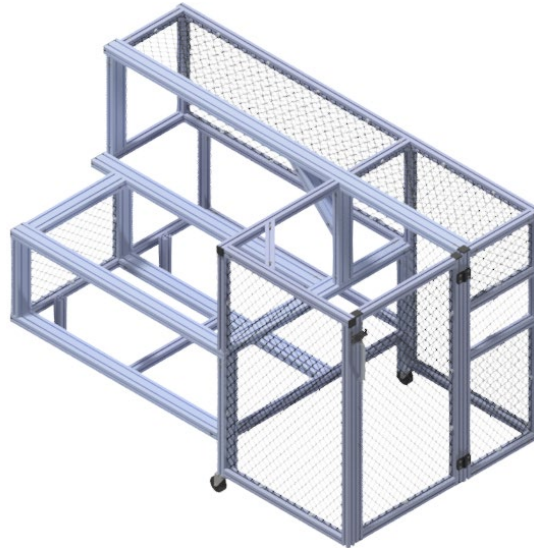


Figura 71 - Subconjunto 081 Estrutura

Depois da modelação da estrutura em função das necessidades dos restantes conjuntos, foi feito um estudo para avaliar a sua robustez. Recorreu-se ao programa Solidworks®, de modo a fazer uso dos conhecimentos adquiridos na unidade curricular de Métodos dos Elementos Finitos.

Para realizar o ensaio, simplificou-se a estrutura ao máximo. Foram eliminados puxadores, dobradiças, rodas e a malha de rede. Partindo do princípio de que as rodas estão já dimensionadas para os esforços anunciados no catálogo, não carecem de simulação para determinação de esforços internos. Estes elementos têm geometrias muito complexas e alguns componentes na sua modelação apresentavam-se apenas na forma de superfícies, o que iria dificultar o processamento. Os recursos computacionais são limitados, para além de que o contributo resistivo destes elementos é quase nulo.

A análise de elementos finitos foi efetuada com os seguintes parâmetros da malha:

- Malha Sólida;
- Tipo de malha *Standard* do Solidworks®;
- Tamanho máximo do elemento: 200 mm;
- Tamanho mínimo do elemento: 40 mm;
- Número de elementos: 1 039 043;
- Número de nós: 1 994 140.

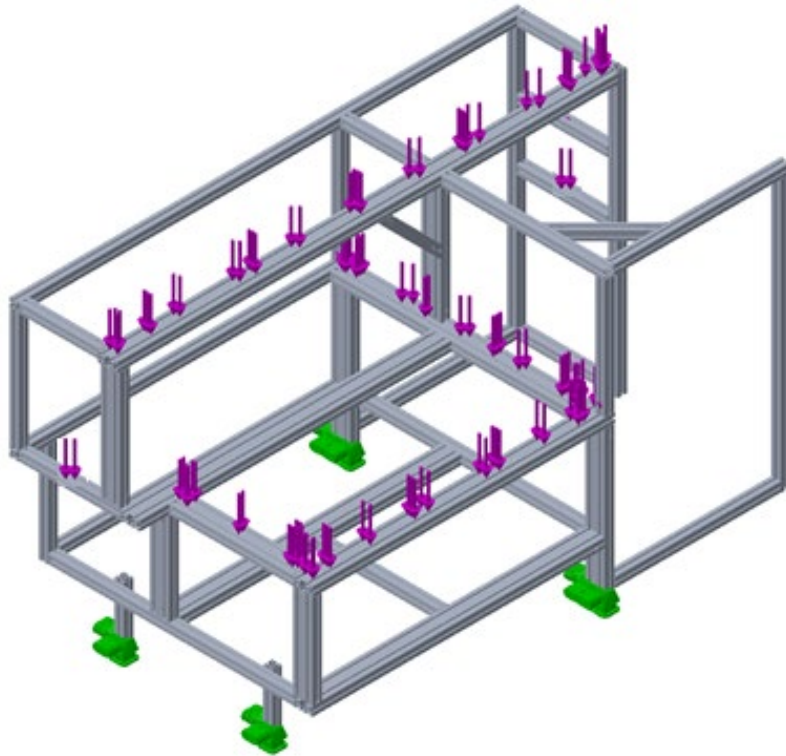


Figura 72 - Aplicação de cargas na estrutura

Na Figura 72, são visíveis os quatro apoios considerados. Embora estes apoios, na realidade, sejam quatro rodas, para efeitos de estudo foram considerados apoios fixos. A estrutura vai estar quase sempre imobilizada pela ação de um cilindro. Relativamente às cargas aplicadas, considerou-se a distribuição do peso de cada conjunto pela respetiva área de contacto. Toda a carga suportada pelo conjunto *gabarit* é transmitida para os dois perfis transversais. A distribuição de cargas devido ao peso do *gabarit* extra, na realidade não é bem como na Figura 72. Na realidade, não chega a ser aplicada na parte suspensa da estrutura. Esta falha na delimitação da força, em nada compromete a validação dos resultados. Antes pelo contrário, pois está a aumentar as cargas numa zona sem apoios. A carga correspondente ao tapete transportador é dividida por três perfis transversais. Na zona da caixa, aplicou-se uma força superior, tendo em conta o peso dos conjuntos espiral.

Na Figura 73, estão expostos os resultados relativos às tensões de Von Mises presentes na estrutura. O valor máximo obtido foi de cerca de 176 MPa , pelo que é possível aferir que em relação às tensões não existirá qualquer problema, dado que, este valor é inferior a 275 MPa , valor da tensão de cedência do material.

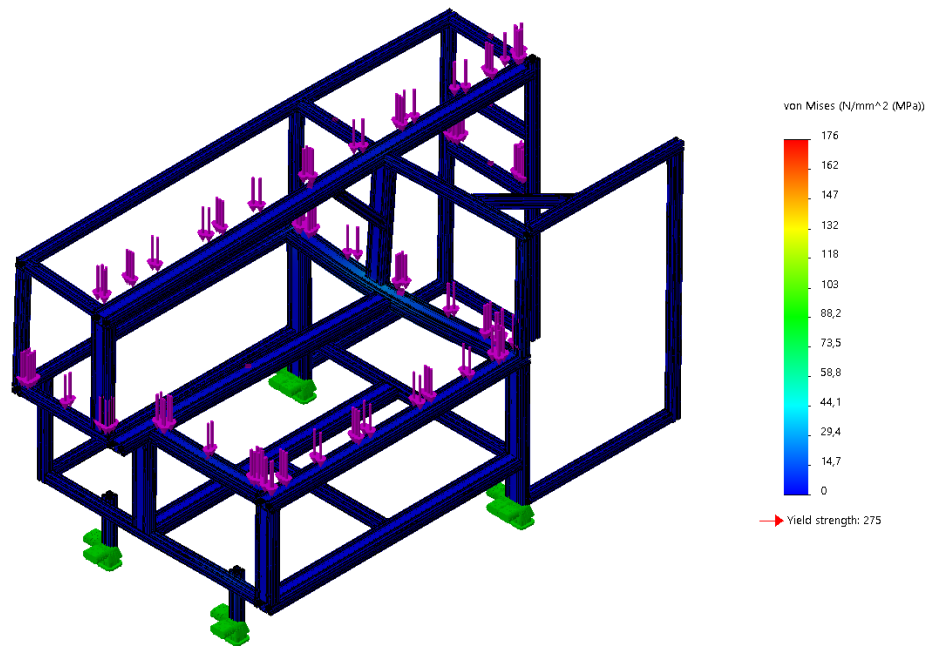


Figura 73 – Tensões equivalentes de *Von Mises* presentes na estrutura

A distribuição dos deslocamentos neste conjunto encontra-se na Figura 74. Como é possível constatar, os deslocamentos são bastante reduzidos. O maior deslocamento é de 1.75 mm, pelo que não compromete o funcionamento do equipamento. Deste modo, a estrutura encontra-se validada pelos resultados de deslocamentos e não é necessário reforçá-la.

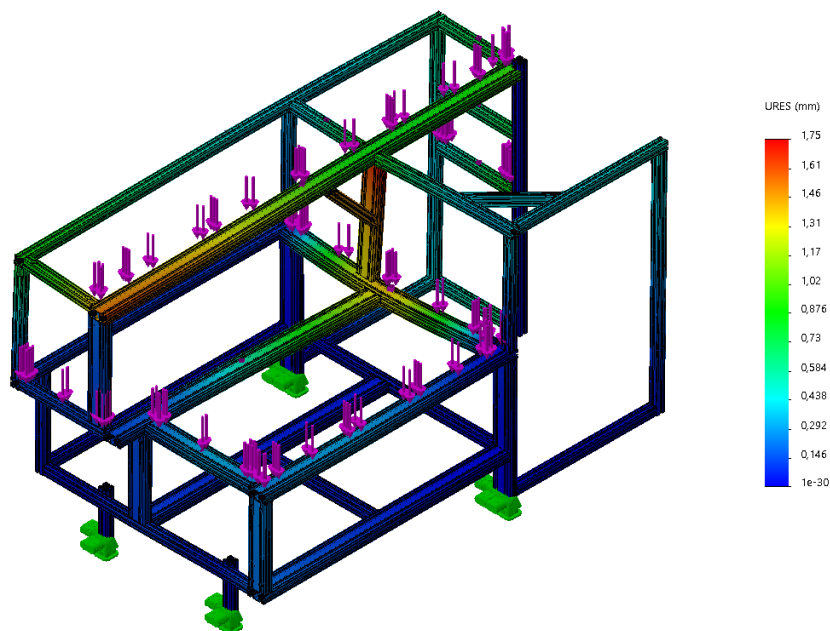


Figura 74 - Deslocamentos presentes na estrutura

Os resultados do fator de segurança também foram positivos. Analisou-se a Figura 75 e verificou-se um fator de segurança mínimo de 1,56, portanto é um valor aceitável.

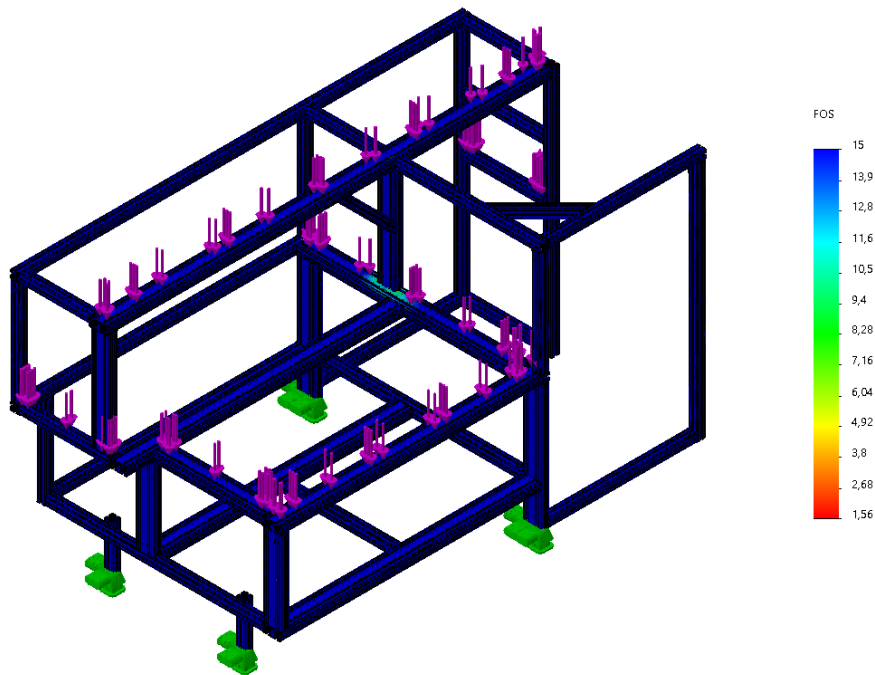


Figura 75 - Fator de segurança presente na estrutura

82-Estrado

O estrado presente na Figura 76, guia toda a estrutura, quando é necessário fazer a manutenção da máquina de Zamak. Este subconjunto é composto por várias barras ligadas por processos de soldadura. É conveniente garantir o alinhamento das barras superiores que vão funcionar como guias. Idealmente, estas devem passar pelo processo de retificação final.



Figura 76 - Subconjunto 82 Estrado

83-Rodas

O conjunto de rodas sustenta, movimenta e guia a estrutura. As rodas apresentam a superfície com uma cavidade em formato triangular, com vista a ajustarem-se perfeitamente na guia do estrado. Acoplado a cada roda, está um rolamento de esferas para carga radial do fabricante SKF® com a seguinte designação: DIN 625 W 6004-2RS1. Estes rolamentos não saem da sua posição devido ao uso de anéis elásticos DIN 472 42x1,75 acoplados no interior das rodas.

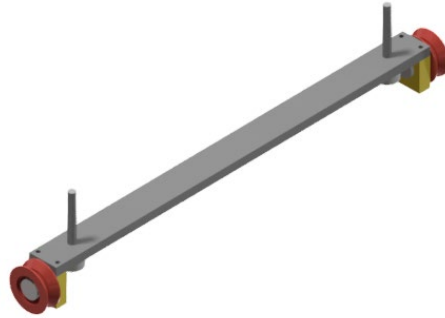


Figura 77 - Subconjunto 83 Rodas

84-Movimentação

O movimento da estrutura foi pensado de forma a ser simples, eficaz e rápido. Como tal, um atuador pneumático cumpre com os requisitos. Trata-se de uma solução relativamente cara, como já foi dito, devido à necessidade de um cilindro de longo curso. Tendo em conta o comprimento do estrado e a distância de afastamento necessária, selecionou-se um cilindro com o curso de 750 mm. Recorreu-se novamente ao *software* da Festo® e chegou-se à conclusão de que a melhor referência para este caso seria DSBC-63-750-PPVA-N3. Teve-se o cuidado de escolher um cilindro com amortecimento pneumático nas posições de fim de curso. O passo a seguir foi encontrar os acessórios necessários. Sabendo de antemão que o cilindro teria de ter liberdade rotativa, selecionaram-se a flange oscilante SNCS-63 e o garfo SG-M16X1,5. Já para a extremidade da haste, optou-se pela articulação esférica SGS-M16X1,5. Para finalizar a ligação à estrutura, desenvolveram-se mais duas peças e um veio. Esta ligação tipo pino é travada por meio de dois anéis elásticos exteriores DIN 471 16x1. Este subconjunto pode ser visto na Figura 78.

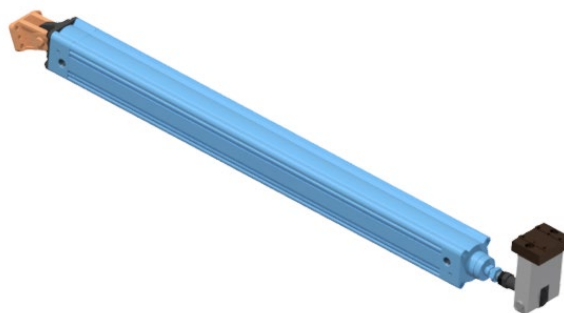


Figura 78 - Subconjunto 84 movimentação

3.7.3 Análise de custos

Importa referir que o cálculo do custo de um equipamento não é tarefa fácil. São tantas as variáveis que é preciso ter em conta, que os próprios orçamentistas têm dificuldade em apontar um valor preciso. Contudo, é fundamental apontar para um intervalo de valores, tão curto quanto possível.

Um dos vários aspetos que a análise de custos deve ter em conta, é a experiência trabalho em casos iguais ou idênticos. Num projeto inovador, a probabilidade de surgirem falhas e imprevistos aumenta significativamente. Em contrapartida, a inovação permite ganhar mercado e, posteriormente, valorizar o conhecimento e a experiência adquirida. Embora o conceito deste projeto assente numa inovação, existem projetos já desenvolvidos que servem de suporte a cada novo projeto. Essa experiência, dá maior sensibilidade e confiança à orçamentação.

Um dos cuidados tidos em conta no momento da criação do projeto, foi dar prioridade aos materiais e componentes normalizados, habitualmente usados na empresa. Isto, porque existe mais conhecimento do seu comportamento e possibilita o recurso ao *stock* já existente na empresa. De seguida, é apresentado na Tabela 23 o resumo da orçamentação do equipamento a desenvolver.

Tabela 23 - Orçamentação do equipamento a desenvolver

Descrição	Valor (€)
Engenharia	
Projeto 3D	4 500 €
Desenhos 2D	900 €
Descrição	Valor (€)
Compras	
Matéria Prima	5 500 €
Tratamentos Térmicos e Superficiais	2 000 €
Material Pneumático e Elétrico	18 000 €
Normalizados – Componentes <i>Standard</i> e Acessórios	8 000 €
Estruturas Metálicas e Proteção	3 521,39 €
Produção	
Centro de maquinagem CNC; Fresadora convencional; Torno.	25 000 €
Montagem	
Montagem (Mecânica; Pneumática; Elétrica) Programação e afinações.	7 200 €
Formação e Suporte/Assistência	
Formação para operador e instalação	5 000 €
Total	74 621,39 €

Relativamente à Engenharia, foram assumidas 180 horas para o desenvolvimento do projeto 3D. Já para a criação de desenhos de fabrico, estimaram-se 60 horas. Os valores apresentados na Tabela 23, no campo do projeto 3D e 2D foram obtidos com o preço por hora de 25€ e 15€, respetivamente.

No separador de compras, para a matéria-prima e tratamentos, foram assumidos os valores da Tabela 24.

Tabela 24 - Preço de diferentes materiais e tratamentos

Material	Custo/kg	Tratamento	Custo/kg
C45E	1,15 €	Nitruração	2,90 €
K110	5,50 €	Temperar	4,19 €
Alumínio 6060	3,80 €	---	---
Inox - R304	3,85 €	---	---
Cobre	12,50 €	---	---

Com relação à maquinação, o preço foi calculado a partir do preço por hora de serviço da empresa, e é apresentado na Tabela 25.

Tabela 25 - Custo de cada equipamento de maquinação por hora

Equipamento	Preço/hora
Frezadora CNC / Erosão	35,00 €
Frezadora Convencional	25,00 €
Torno Convencional	25,00 €

As tabelas apresentadas, Tabela 24 e Tabela 25, são constituídas por valores indicativos, alterados como forma de preservar a confidencialidade da empresa e privacidade de dados. É o suficiente para ter uma noção de custos relativos em relação ao material e à mão de obra.

Nas restantes áreas da orçamentação, montagem e validação, foram assumidos valores típicos para um equipamento inovador que irá necessitar de mais tempo que o normal. Desde a programação às afinações finais, é um número de horas incalculável, pelo que é melhor apontar para um valor mais elevado, de forma a salvaguardar imprevistos.

Tabela 26 - Custos de montagens e afinações

Área de trabalho	Custo/hora	Tempo	Custo total
Montagem	15 €	10 dias	1 200 €
Eletrificação	15 €	10 dias	1 200 €
Programação	35 €	10 dias	2 800 €
Afinações	25 €	10 dias	2 000 €
Total			7 200 €

Quanto à instalação no cliente, é necessário pesar os custos de transporte, alojamento, aluguer de viatura, combustível, refeições e a própria mão de obra. Supondo que as instalações do cliente são no centro da Europa, apontou-se para o valor de cinco mil euros.

A soma do valor de todos os recursos necessários para conceber o equipamento ronda um custo total de setenta e cinco mil euros.

Payback

Para estimar o tempo de recuperação do investimento no novo conceito é necessário pesar todos os ganhos obtidos com o mesmo. A Tabela 27, quantifica os principais ganhos obtidos. Alguns valores poderão estar desajustados, contudo, será descrito o raciocínio de forma breve. Desta forma, futuramente, e na posse de dados concretos, será possível aproximar esses valores à realidade.

Tabela 27 - Ganhos da nova solução relativamente à atual

Benefício	Descrição	Valor Mensal
Menos mão obra	1,5 salários x 3 turnos	4 500 €
Desperdício de cabo eliminado	40 mm x 297 000 cabos	1 782 €
Menos espaço ocupado	2 máquinas + <i>stocks</i>	320 €
Menos manutenção	2 máquinas	100 €
Mais qualidade		750 €
	Total	7 452 €

Como já foi referido, com o novo modelo, para realizar o mesmo serviço seria necessário apenas um operador. Os restantes ficariam disponíveis para realizar outros trabalhos. Assim sendo, no custo desta solução iria abater o salário de um operador e meio, em cada turno. Sabendo um operador representa um custo mensal ligeiramente acima de mil euros, englobando todas as despesas desde salário base, impostos, subsídio de alimentação e seguros. Tendo como referência, o valor de mil euros, chegou-se a um total de 4 500€, valor que poderá até ser maior, uma vez que a necessidade de controlo e supervisão será menor.

Relativamente ao desperdício da ponta de cabo, embora possa parecer que trinta ou quarenta milímetros é pouco significativo, a verdade é que uma só linha produz milhares de cabos por dia. Com um tempo de ciclo de seis segundos, aproximadamente, são produzidos mais de treze mil cabos por dia, em tempo útil de trabalho. Ao fim de um mês, o comprimento total de cabo enviado diretamente para o lixo é superior a dez quilómetros. Sabendo que o custo do cabo de aço ronda os quinze cêntimos por metro, é possível poupar mais de mil e setecentos euros em cabo por mês.

O espaço de fábrica é um bem cada vez mais valorizado pelas organizações. A passagem de três máquinas para apenas uma, ainda que maior, é um ganho significativo. Desde logo, são eliminados vários *stocks* intermédios. Somando a área de trabalho dos

operadores realocados e as zonas de segurança, considerou-se um ganho de dezasseis metros quadrados.

Na manutenção de uma máquina está associado o seu consumo energético, o seu desgaste, as inspeções e as reparações. Tudo isto representa um custo, ainda que difícil de quantificar. Embora o novo equipamento necessite de muita manutenção, devido à quantidade de mecanismos presentes e à sua complexidade, será sempre inferior ao conjunto das três máquinas, atualmente.

A qualidade do produto vai aumentar, porque a taxa de erro no processo irá diminuir. É expectável que a quantidade de cabos com defeito diminua. Assumindo que 20% da produção é refugo, são produzidos cerca de trinta mil cabos não conforme por mês. Basta estes números baixarem 5%, para recuperar 1 500 cabos, resultando num ganho de 750 €.

A confirmarem-se todos os valores apresentados, o novo equipamento oferecia um ganho mensal acima de sete mil euros. Em menos de um ano seria amortizado o custo do equipamento na totalidade. Mais precisamente, ao fim de 10 meses, os 74 621€ do custo da máquina seriam anulados pela redução das despesas e aumento das vendas de cabos.

3.7.4 Manual do equipamento

3.7.4.1 Listas de componentes

De forma a existir uma maior organização relativamente aos componentes normalizados e não normalizados deste equipamento, foram feitas duas listas (ANEXO 1) onde se encontram algumas informações pertinentes para o processo de fabrico e para o processo de compras.

3.7.4.2 Montagem

O manual de montagem do equipamento é um dos documentos mais importantes em todo o projeto. Para que uma máquina possa funcionar na sua plenitude, é vital que a sua montagem seja feita de uma forma correta e, sempre que possível, acompanhada de perto pelo projetista, para garantir que toda a montagem é efetuada de acordo com o projetado. A divisão da máquina em conjuntos e subconjuntos dá uma grande ajuda na montagem do equipamento.

3.7.4.3 Operação e funcionamento

Antes do funcionamento do equipamento, será essencial ter em consideração alguns pontos importantes, nomeadamente:

- Verificar a existência de detritos ou objetos a obstruir quer os conjuntos móveis do equipamento, quer os elementos de guiamento linear, evitando eventuais falhas;

- Confirmar se não existem cabos já presentes no equipamento de uma referência diferente daquela que se pretende produzir;
- Limpeza do posto de trabalho.

De seguida, pode começar por certificar-se que vai usar o molde de injeção correto. Depois de ligar a máquina, o operador deve ajustar os parâmetros de injeção, através da consola presente na Figura 79.

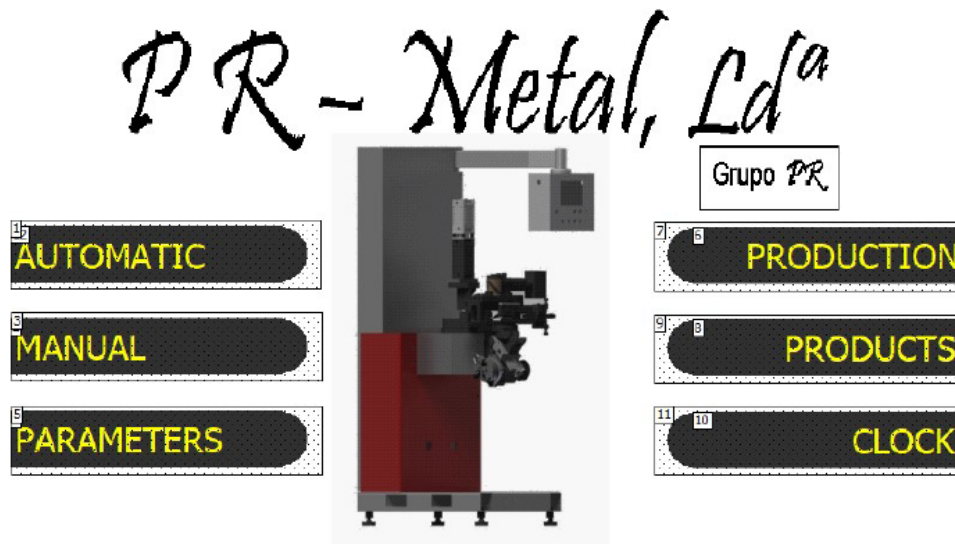


Figura 79 - Consola de controlo

Terá de fazer um compasso de espera até que o metal atinja a temperatura de injeção. Entretanto, pode seleccionar o posicionamento do suporte de espiral para a referência que pretende produzir, bem como garantir que o *transfer* extra está na melhor posição para agarrar o cabo. Averiguar a necessidade dos prolongamentos nas pinças e verificar o seu funcionamento sem qualquer interferência com o resto do equipamento.

A partir do momento em que começa a funcionar, torna-se cíclico. Começa por posicionar a espiral, encaixando os seus terminais no respetivo lugar. De seguida, dá ordem para o desenrolar do cabo. Neste momento, o operador deve certificar-se que o cabo é introduzido na espiral e vai de encontro ao sistema de fazer flor. Quando a ponta do cabo chega ao posto de flor, o sensor deteta o cabo e automaticamente é interrompido o movimento do cabo. De seguida atua o sistema de tração, flor e corte, praticamente em simultâneo. Uma vez o cabo cortado e a flor feita, é atuado o *transfer*. Já no posto de injeção, esse cabo fica a aguardar um novo ciclo, até que outro cabo chegue ao ponto da flor. Assim, estas operações ocorrem ao mesmo tempo, sendo uma garantia de que a flor foi realmente realizada. O fluxograma da Figura 80, dá a conhecer as diferentes operações que fazem parte do processo de fabrico do novo conceito desenvolvido.

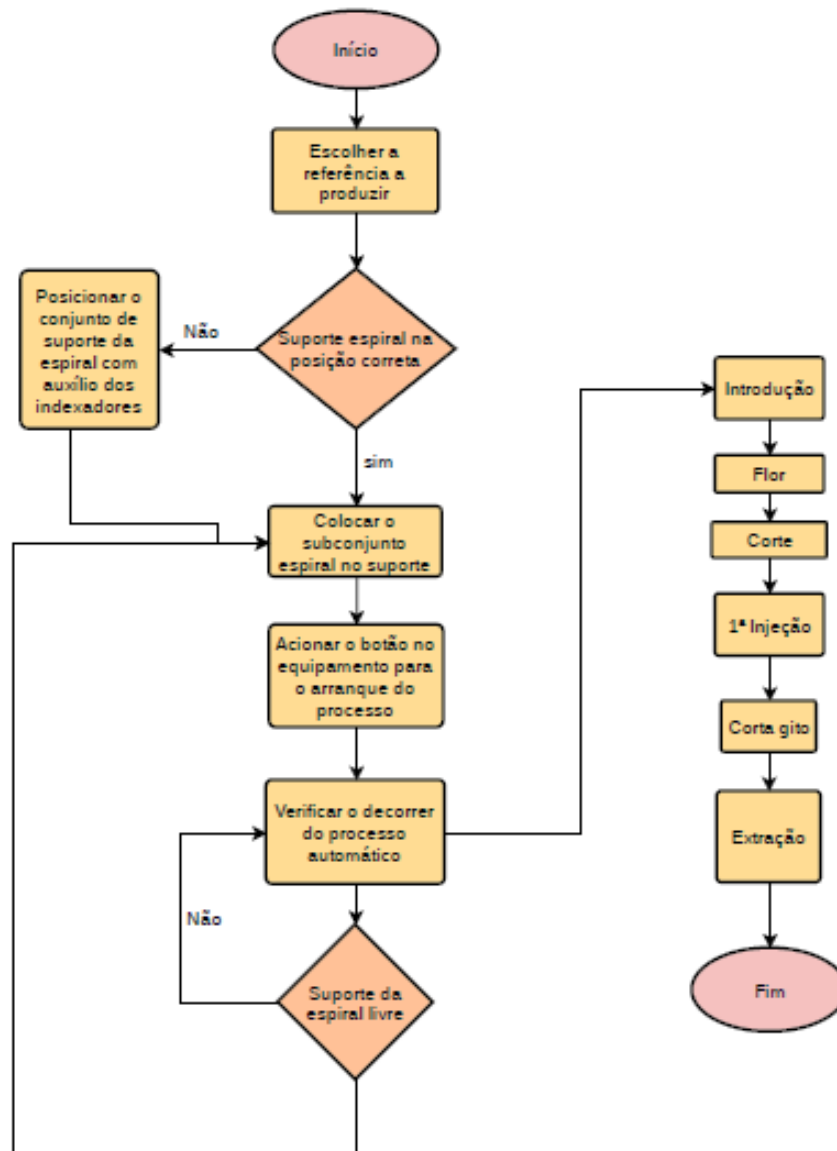


Figura 80 - Fluxograma do novo conceito desenvolvido

3.7.4.4 Manutenção

O tempo de vida e desempenho do equipamento dependem da regularidade da manutenção. Uma manutenção insuficiente pode resultar em danos graves para a instalação, exigindo intervenções de manutenção corretiva mais complexas, demoradas e dispendiosas.

Relativamente à manutenção do equipamento, esta encontra-se dividida em três níveis:

- Primeiro nível - associada ao operador;
- Segundo nível - associada ao técnico de manutenção;
- Terceiro nível - associada ao técnico de manutenção da empresa que projetou o equipamento.

O sistema deve ser isolado eletricamente e pneumaticamente ao realizar os procedimentos de manutenção. Nos sistemas em que não é possível determinar o número de ciclos que irá fazer, como por exemplo o guiamento linear, definiu-se um plano de manutenção semestral. O tipo de manutenção e a sua periodicidade variam consoante cada componente do equipamento, tal como é possível constatar na Tabela 28.

A manutenção do armário da máquina será limitada à limpeza, usando ar comprimido e substituindo as lâmpadas de iluminação conforme necessário. A periodicidade da limpeza fica ao critério do operador, a fim de manter a higiene da estação de trabalho.

Tabela 28 - Lista de manutenção

Designação	Periodicidade	Manutenção
Correntes	Semanal	Desengorduramento e Lubrificação
Tubagens e ligações pneumáticas	Mensal	Revisão das tubagens e fugas de ar
Quadro elétrico	Anual	Revisão quadro elétrico em geral e ligações elétricas
Cilindro Pneumático	Anual	Verificar estado do componente e alimentação pneumática
Guias e patins	Semestral	Ver estado das guias, acumulação de pó e lixo que dificulte o movimento
Ligações aparafusadas	Mensal	Inspeção visual de todos os apertos e possíveis folgas das peças
Peças de desgaste	Trimestral	Verificação das peças de desgaste.

3.7.4.5 Cuidados de segurança

Em primeiro lugar, a operação e a manutenção do equipamento devem ser realizadas somente por trabalhadores qualificados e devidamente instruídos. A segurança deve estar sempre presente no comportamento dos colaboradores, principalmente no funcionamento e manutenção da máquina.

Para proteção do operador, este está obrigado a usar luvas, óculos e bata de proteção enquanto se encontra em contacto com o equipamento. Para além destas medidas de proteção, o equipamento apresenta ainda sinalização nas zonas de maior perigo.

Alguma da sinalização presente neste equipamento encontra-se na Tabela 29.

Tabela 29 - Sinais de perigo (adaptado de manual PR Metal)

Sinal	Nome	Descrição
	Perigo de Eletrocussão	Este sinal alerta o operador para o perigo de eletrocussão. Enquanto o equipamento é alimentado por corrente elétrica, não abrir nenhuma parte do equipamento onde esta sinalização esteja presente.
	Perigo de Projeções	Este sinal adverte o operador da máquina de um local onde poderá existir projeção de partículas.
	Perigo de Superfícies quentes	Para evitar queimaduras, deve-se prestar especial atenção à superfície quente de sistemas dotados com este sinal.
	Perigo de Esmagamento	Este sinal alerta para o perigo de esmagamento causado por dois componentes que apresentam mobilidade. Em locais onde esta sinalética se encontrar presente, é expressamente proibido colocar as mãos enquanto o equipamento estiver em funcionamento.
	Vários Perigos	Esta sinalética adverte o operador para a existência de vários perigos, no local em que o sinal se encontra.

É extremamente importante que o operador respeite a sinalização, para não colocar a sua segurança em risco. Essa sinalização permite-lhe ter uma noção da perigosidade de alguns dos componentes que se encontram na máquina, podendo assim adequar o seu comportamento de forma a evitar acidentes. No caso de os trabalhadores não respeitarem estas indicações, a entidade que desenvolveu o equipamento é ilibada de responsabilidades.

Em caso de acidente ou mau funcionamento, o operador deve acionar o botão de emergência, imediatamente. O botão de emergência é de fácil acesso e fica junto à consola, tal como é mostrado na Figura 81.



Figura 81 - Localização botão de emergência

3.7.5 Análise crítica global

Analisando globalmente o trabalho desenvolvido, são notórios os benefícios apresentados à empresa de acolhimento, na medida em que foram encontradas soluções para fazer face aos problemas atuais. O novo conceito acrescenta muito valor ao processo de fabrico de cabos de comando. O equipamento destaca-se pela sua eficiência e flexibilidade, capaz de produzir doze referências diferentes e sem desperdício de cabo. Melhora ainda, a qualidade de vida e de trabalho do operador, apresentando cuidados ergonómicos que evitem colocar em causa a sua saúde.

Apesar do conceito ainda não ter sido implementado em nenhum equipamento, crê-se que representa uma oportunidade no desenvolvimento e evolução para empresa. Ainda que este projeto fosse pensado para um só tipo de cabos, a verdade é que poderá ser usado para outros, redesenhando alguns dos *gabarits* de suporte e peças de *setup*. Para mais, criaram-se sistemas/mecanismos reproduzíveis em equipamentos produzidos de momento pela empresa. Poderão ainda vir a ser aplicados às máquinas *Zamak standard* antigas, numa perspetiva de renovação e automatização das mesmas.

CONCLUSÕES

4.1 CONCLUSÕES

4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS



4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

4.1 CONCLUSÕES

Como forma de conclusão do trabalho, foi feito um balanço em relação aos objetivos inicialmente propostos e resultados obtidos. A Tabela 30, expõe dessa forma os principais contributos da realização deste trabalho.

Tabela 30 - Conclusões finais

Objetivo	Conclusões	✓ / ✗
Eliminar o desperdício de cabo metálico	O equipamento desenvolvido permite eliminar a ponta de cabo resultante da operação de aparar.	✓
Otimização do processo de fabrico	O novo conceito permite suprimir uma operação e acumular as restantes num só equipamento. Terminam assim, vários <i>stocks</i> intermédios, libertando espaço de fábrica.	✓
Eliminar grande número de tarefas repetitivas por parte do operador.	Tarefas como recolha de cabos cortados, posicionamento de cabo para aparar e introdução manual do cabo na espiral, foram eliminadas.	✓
Diminuir a área de ocupação na fábrica	Existem menos máquinas, menos operadores e menos <i>stocks</i> intermédios, o que permite reduzir a área de ocupação.	✓
Baixa dependência de mão de obra	O equipamento necessita apenas de um operador durante o seu funcionamento normal, que colocará a espiral nos <i>gabarits</i> , e controla o equipamento.	✓

Baixo custo e rápida amortização	Apesar do investimento inicial no equipamento ser elevado, através das melhorias implementadas e diminuição do tempo de ciclo do equipamento, obter-se-á um aumento de produtividade que fará com que o equipamento seja amortizado em 10 meses.	
Garantir a segurança do operador em caso de falha de algum dos sistemas presentes na linha de montagem.	O equipamento segue a DIRECTIVA 2006/42/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO de 17 de maio de 2006, o que faz com que a segurança do operador esteja assegurada.	

Por fim, a experiência industrial adquirida foi, sem dúvida, uma das maiores recompensas de todo o trabalho desenvolvido. Foi um período de grande aprendizagem e enriquecimento pessoal. O contacto direto com todos os trabalhadores foi importante para perceber as dificuldades de cada posto de trabalho. Ter esta perceção é fundamental durante a criação de qualquer projeto. A oportunidade de conhecer detalhadamente estes equipamentos, e de certa forma, contribuir para o seu desenvolvimento, será, certamente, algo útil para o resto da minha vida profissional.

4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

Nesta secção, serão apresentadas oportunidades de melhoria que podem ainda ser implementadas, visando a realização de trabalhos futuros. Numa perspetiva vista de fora de todo o projeto desenvolvido, e sempre como uma autocrítica no sentido de melhorar constantemente o trabalho e colmatar pequenos erros que se cometam, foram analisados alguns pontos do projeto.

No dimensionamento e perceção do posicionamento, houve uma luta constante para que tudo pudesse realmente funcionar. Porém, há sempre falhas e aspetos que poderiam ser melhorados. Todas as máquinas industriais têm a possibilidade de ser melhoradas.

Um ponto que pode ser melhorado é a flexibilidade do sistema de corte. O equipamento está preparado para produzir várias referências, porém, todas do mesmo tipo. As cotas funcionais variam ao longo de um pequeno intervalo de três milímetros, pelo que o sistema de afinação facilmente consegue absorver essa variação. A questão é que, para começar a produzir outro tipo de referências, não basta mudar de moldes e *gabarits* de suporte. Seria então necessário preparar o corte para uma possível aproximação ou afastamento da zona de contacto com o suporte de espiral. Soluções como um veio roscado e furado para a passagem do cabo, na saída do corte, possibilitariam uma maior variação da cota funcional do cabo de comando. Esse veio seria facetado, de forma a dar afinação com uma chave normalizada. Sem dúvida, conferia ainda maior flexibilidade ao equipamento.

Com vista a tornar o processo ainda mais eficiente, seria interessante adaptá-lo para injetar dois cabos ao mesmo tempo, acompanhando os últimos desenvolvimentos feitos pela PR Metal, resultando numa máquina de dupla injeção. Esta máquina está configurada para trabalhar com dois cabos lado a lado em cada posto. Apresenta assim, dois sistemas de fazer flor, dois sistemas de injeção e dois sistemas de corta-gito. Toda a estrutura envolvente teria de ser repensada, porém, é algo em que vale a pena pensar, pois acrescentaria muito valor ao trabalho desenvolvido.

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- (IFR), I. F. o. R. (2018). Global industrial robot sales doubled over the past five years – IFR reports.
- ACAP. (2019). Produção de viaturas automóveis em Portugal. Melhor ano de sempre com 294 mil unidades produzidas em 2018.
- AFIA. (2018). Exportações de componentes para automóvel atingem valor recorde.
- AFIA. (2019). Indústria de componentes para automóveis.
- AICEP. (2014). *Portugal Global*, 67.
- AICEP. (2016). Indústria automóvel e componentes. *Portugal Global*, 87.
- Almeida, A. J. d., & Alves, N. (2011). A formação profissional nas empresas portuguesas: entre a tradição e os desafios da competitividade. *Actas do II Simpósio Nacional Formação e Desenvolvimento Organizacional*, 121-136.
- Alves, A. M. R. C. D. (2012). *Análise de acidentes de trabalho numa indústria metalomecânica*. Tese de Mestrado em Segurança e Higiene do Trabalho. Escola Superior de Ciências Empresariais, Setúbal, Portugal.
- Araújo, W., Silva, F., Campilho, R., & Matos, J. (2017). Manufacturing cushions and suspension mats for vehicle seats: a novel cell concept. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 90(5-8), 1539-1545.
- Ascensão, P. (2019). Componentes Automóveis : uma indústria com a inovação no DNA. *Compete 2020*. 07-02-2019
- Attar, A., Gupta, A., & Desai, D. (2012). A study of various factors affecting labour productivity and methods to improve it. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 1(3), 11-14.
- Barbosa, M., Silva, F., Pimentel, C., & Gouveia, R. M. (2018). A Novel Concept of CNC Machining Center Automatic Feeder. *Procedia Manufacturing*, 17, 952-959.
- Ben-Daya, M., Ait-Kadi, D., Duffuaa, S. O., Knezevic, J., & Raouf, A. (2009). *Handbook of maintenance management and engineering* (Vol. 7): Springer, London. ISBN 978-1-84882-472-0
- Bernardes, A. (2016). Políticas e práticas de formação em grandes empresas—Situação actual e perspectivas futuras. *Sísifo*(6), 57-70/EN 57-70.
- Bom, L. T. (2019). Competitividade e produtividade. *Joanal de Negócios*. 07-01-2019
- Braga, E. M. G. F. (2015). *Otimização do processo de injeção de Zamak*. Tese de Mestrado. Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior Do Porto, Porto, Portugal.
- Brogårdh, T. (2007). Present and future robot control development—An industrial perspective. *Annual Reviews in Control*, 31(1), 69-79.
- C-Studio. (2017). Automação de processos. O que tem a sua empresa a ganhar? *Jornal de Negócios*. 21-09-2017
- Campilho, R. (2012). Método de elementos finitos. *Publindústria, Portugal*. ISBN: 9789897230295
- Cardoso, M. (2004). Manual Técnico de Zamak. Publicação interna Ficocables, Portugal.

- Castro, A. F., Silva, M., & Silva, F. (2017). Designing a robotic welding cell for bus body frame using a sustainable way. *Procedia Manufacturing*, 11, 207-214.
- César, D. R. (2005). Robótica educacional com tecnologias livres. *Fórum Internacional de Software Livre*, 1, 1-6. Centro de Educação Tecnológica de Itabirito, Brasil.
- Chen, D., Yun, Y., & Deshpande, A. D. (2014). *Experimental characterization of bowden cable friction*. Paper presented at the 2014 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). IEEE, Hong Kong, China. ISBN: 978-1-4799-3685-4.
- Chen, X., Gao, S., Guo, S., & Bai, J. (2012). A flexible assembly retrieval approach for model reuse. *Computer-Aided Design*, 44(6), 554-574.
- Clarke, R. (1993). Asimov's laws of robotics: implications for information technology-Part I. *Computer*, 26(12), 53-61.
- Costa, M. J. R., Gouveia, R., Silva, F., & Campilho, R. (2018). How to solve quality problems by advanced fully-automated manufacturing systems. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94(9-12), 3041-3063.
- Costa, R., Silva, F., & Campilho, R. (2017). A novel concept of agile assembly machine for sets applied in the automotive industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 91(9-12), 4043-4054.
- Daerden, F., & Lefeber, D. (2002). Pneumatic artificial muscles: actuators for robotics and automation. *European journal of mechanical and environmental engineering*, 47(1), 11-21.
- Debra A. Elkinsa, N. H., Jeffrey M. Alden. (2003). Agile manufacturing systems in the automotive industry. *International Journal of Production Economics*. Volume 91, Issue 3, 18 October 2004, Pages 201-214
- Ding, H., Yang, X., Zheng, N., Li, M., Lai, Y., & Wu, H. (2017). Tri-Co Robot: a Chinese robotic research initiative for enhanced robot interaction capabilities. *National Science Review*, 5(6), 799-801.
- Drucker, P. F. (2002). The discipline of innovation. *Harvard business review*, 80, 95-104.
- Drucker, P. (1946). *Concept of Corporation*: John Day Company. Pp. ix and 297. \$3.00.
- Enshassi, A., Mohamed, S., Mustafa, Z. A., & Mayer, P. E. (2007). Factors affecting labour productivity in building projects in the Gaza Strip. *Journal of civil engineering and management*, 13(4), 245-254.
- Ferreira, A. M. D. T. (2018). *Integração e melhoria de processos na vulcanização de pneus*. Tese de Mestrado. Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior Do Porto, Porto, Portugal.
- Ferreira, D. C. C. (2017). *Mitigação das causas geradoras de defeitos em peças metálicas injetadas de carácter estético*. Tese de Mestrado. Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior Do Porto, Porto, Portugal.
- Gajmal, S. S., & Bhatwadekar, S. G. (2014). Low Cost Automation (LCA): A Case Study.
- Graetz, G., & Michaels, G. (2018). Robots at work. *Review of Economics and Statistics*, 100(5), 753-768.
- Groover, M. P. (2010). *Fundamentals of modern manufacturing: Part 2*: John Wiley & Sons, Inc. United States of America. ISBN 978-0470-467002.
- Gultekin, H., Karasan, O. E., & Akturk, M. S. (2009). Pure cycles in flexible robotic cells. *Computers & Operations Research*, 36(2), 329-343.

- Howell, G. A. (1999). *What is lean construction-1999*. Paper presented at the Proceedings IGLC. University of California, Berkeley, CA, USA
- IAPMEI. (2014). *Estratégia Nacional de Investigação e Inovação para uma Especialização Inteligente EI&I 2014-2020*. Lisboa: IAPMEI.
- Infaimon. (2018). *Automatização e robótica industrial*.
- INTELI. (2005). *Diagnostico da Industria Automóvel em Portugal*.
- ISQ. (2018). *Indústria Automóvel: os desafios para a qualificação dos Recursos Humanos*
- Lagun. (2019). www.lagunmt.com/. 23-03-2019
- LIANYI. (2019). www.lianyiautoparts.com/ 20-01-2019
- Magalhães, A., Silva, F., & Campilho, R. (2019). A novel concept of bent wires sorting operation between workstations in the production of automotive parts. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 41(1), 25.
- Moniz, A. (2006). Competitivy in the Portuguese automotive sector and innovative forms of employment management. *MPRA Paper*, 6970.
- Moreira, B. M. D. N., Gouveia, R., Silva, F. J. G., & Campilho, R. (2017). *A Novel Concept of Production and Assembly Processes Integration* (Vol. 11). *Procedia Manufacturing*, Volume 17, 2018, Pages 611-622
- Moreira, L. (2019). 5 Razões para Investir em Automação com Robots. *Blog Europneumaq*. 25-04-2019
- Morgado, L. (2019). Mapping Occupational Health and Safety Management Systems in: Portugal: outlook for ISO 45001:2018 adoption.(FAIM2019). *Procedia Manufacturing*. Aceite para publicação.
- Neves, P., Silva, F., Ferreira, L., Pereira, T., Gouveia, A., & Pimentel, C. (2018). Implementing Lean Tools in the Manufacturing Process of Trimmings Products. *Procedia Manufacturing*, 17, 696-704.
- Nunes, P., & Silva, F. (2013). Increasing flexibility and productivity in small assembly operations: a case study *Advances in Sustainable and Competitive Manufacturing Systems* (pp. 329-340): Springer, Heidelberg.
- Nunes, V., Silva, F., Andrade, M., Alexandre, R., & Baptista, A. (2017). Increasing the lifespan of high-pressure die cast molds subjected to severe wear. *Surface and Coatings Technology*, 332, 319-331.
- OICA. (2018). World motor vehicle production by country and type. www.oica.net/category/production-statistics/2018-statistics/. 25-01-2019.
- Pinto, H., & Silva, F. (2017). Optimisation of die casting process in Zamak alloys. (FAIM2019). *Procedia Manufacturing*, 11, 517-525.
- Pinto, H. A., F. J. G. Silva, R. P. Martinho, R. D. S. G. Campilho, & Pinto, A. G. (2019). Improvement and validation of Zamak die casting moulds. *Procedia Manufacturing*. Aceite para publicação.
- Pop, L. D., & Elod, N. (2015). Improving product quality by implementing ISO/TS 16949. *Procedia Technology*, 19, 1004-1011.
- Porter, M. E. (1990). The Competitive Advonige of Notions. *Harvard business review*.
- RIA. (2010). *Robot Terms and Definitions*.
- Ribeiro, I. (2004). *O que é um robot? Ciclo de Colóquios Despertar para a Ciência 2004*. Instituto de Sistemas e Robótica. Instituto Superior Técnico Lisboa.
- Ribeiro, R.; Silva, F. J. G.; A. G. P., R. D. S. G. Campilho, & Pinto, H. A. (2019). Designing a Novel System for the Introduction of Lubricant in Control Cables for the Automotive Industry. *Procedia Manufacturing*. Aceite para publicação.

- Rosa, C., Silva, F., & Ferreira, L. P. (2017). Improving the quality and productivity of steel wire-rope assembly lines for the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, *11*, 1035-1042.
- Rosa, C., Silva, F., Ferreira, L. P., & Campilho, R. (2017). SMED methodology: The reduction of setup times for Steel Wire-Rope assembly lines in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, *13*, 1034-1042.
- Rosa, C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & Sá, J. C. (2019). Lean manufacturing applied to the production and assembly lines of complex automotive parts. *Lean Manufacturing: Implementation, Opportunities and Challenges*(Nova Science Publishers, New York, U.S.A.).
- Rosa, M. d. C. M. (2017). *Mapeamento de processos industriais na Ficocables*.
- Ross, B., Bares, J., & Fromme, C. (2003). A semi-autonomous robot for stripping paint from large vessels. *The international journal of robotics research*, *22*(7-8), 617-626.
- Santos, J., Silva, F. J. G., Pinto, G., & Baptista, A. (2019). Lean and Ergonomics: how to increase the productivity improving the wellbeing of the workers – a case study. *Lean Manufacturing: Implementation, Opportunities and Challenges*, Nova Science Publishers. New York, U.S.A. Agosto de 2019 (in Press). ISBN: 978-1-53615-725-3.
- Santos, P. R., F. J. G. Silva, Campilho, R. D. S. G., & G. F. L. Pinto, A. B. (2019). A novel concept of a conduit transport system. (FAIM2019). *Procedia Manufacturing*. Aceite para publicação.
- Santos, P. R. O. (2018). Desenvolvimento do projeto de uma máquina de preparação de tubo espiral. Tese de Mestrado. Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior Do Porto, Porto, Portugal.
- Santos, R. (2015). *Indústria de interiores automóvel e aeronáutico em Portugal*.
- Santos, R., Silva, F., Gouveia, R., Campilho, R., Pereira, M., & Ferreira, L. (2018). The Improvement of an APEX Machine involved in the Tire Manufacturing Process. *Procedia Manufacturing*, *17*, 571-578.
- Santos, R. F. L. (2017). *Melhoria do sistema de movimentação do transportador de cunha e posicionamento do tabuleiro de aplicação Apex*.
- Sequetin. (2019) www.sequetin.blogspot.com/. 05/03/2019.
- Silva, F., Campilho, R., Ferreira, L. P., & Pereira, M. (2018). Establishing Guidelines to Improve the High-Pressure Die Casting Process of Complex Aesthetics Parts. *Transdisciplinary Engineering Methods for Social Innovation of Industry*, *4*.
- Silva, G. B., Silva, F., Campilho, R., & Gouveia, R. (2018). Designing a Novel Feeding System for CNC Turning Machines. *Procedia Manufacturing*, *17*, 1144-1153.
- Soares, M. J. R. (2015). *Desenvolvimento de sistemas automáticos de alimentação e descarga de injectora de plásticos*. Tese de Mestrado. Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior Do Porto, Porto, Portugal.
- Soares, N. (2019). Robotização: Ameaça ou Oportunidade de Crescimento? *Blog Europneumaq*.
- Soares, O. J. A. (2008). Melhorias de produto/processo pela utilização de ligas de zamac. Tese mestrado Engenharia mecânica. Universidade de Taubaté, Brasil.
- Sousa, E., Silva, F. J. G., Pimentel, C. M. O., & Ferreira, L. P. (2019). SMED Applied to composed cork stoppers. *Lean Manufacturing: Implementation, Opportunities*

- and Challenges*, Nova Science Publishers, New York, U.S.A. Agosto de 2019 (in Press). ISBN: 978-1-53615-725-3
- Sullivan, W. G., McDonald, T. N., & Van Aken, E. M. (2002). Equipment replacement decisions and lean manufacturing. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 18(3-4), 255-265.
- Thayer, K. (2017). What Is the Real Cost of an Industrial Robot Arm?
- Tilley, J. (2017). Automação, robótica e a fábrica do futuro.
- Veiga, N. F. M., R.D.S.G. Campilho, F.J.G. da Silva, P.M.M. Santos, & Lopes, P. V. (2019). Design of automated equipment for the assembly of automotive parts. *Procedia Manufacturing*. Aceite para publicação.
- Veloso, F., Henry, C., Roth, R., & Clark, J. P. (2000). Global Strategies for the development of the Portuguese Autoparts Industry. *Lisboa, IAPMEI*.
- Vilas, J. P. M. J. (2018). *Projeto de melhoria de equipamento para a produção de cabos de comando para veículos*. Tese de Mestrado. Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior Do Porto, Porto, Portugal.
- Wadhwa, S., & Rao, K. (2003). Flexibility and agility for enterprise synchronization: knowledge and innovation management towards flexagility. *Studies in Informatics and Control*, 12(2), 111-128.
- Wadhwa, R. S. (2012). Flexibility in manufacturing automation: A living lab case study of Norwegian metalcasting SMEs. *Journal of Manufacturing Systems*, 31(4), 444-454.

ANEXOS

6.1 ANEXO 1

6.2 ANEXO 2

6.3 ANEXO 3

6.4 ANEXO 4

6 ANEXOS

6.1 ANEXO 1

6.1.1 Listagem de compras do material normalizado

Conjunto	Subconjunto	Referência	Quantidade
01-Zamak	014	536236 ADN-20-15-A-P-A---(asm_0)	1
01-Zamak	014	536250 ADN-25-90-A-P-A---(0)	1
01-Zamak	014	Fêmea M12x1	1
01-Zamak	014	GN.31961	1
01-Zamak	014	Guia Pequena	1
01-Zamak	014	HGH15CAZ0C	5
01-Zamak	014	MHZ2-20D(16.3_0)	2
01-Zamak	014	RBC0806S(0)	2
02-Gabarit	021	HGH20CAZ0C-HiwinCorporation	2
02-Gabarit	021	HGR20R2000C-HiwinCorporation	3
02-Gabarit	021	MayTec cap rectangle 50x100	2
02-Gabarit	021	MayTec GD-AL, 42x42	3
03-Transfer Extra	031	35193 DSNU-25-400-PPV-A	1
03-Transfer Extra	031	536236 ADN-20-15-A-P-A	1
03-Transfer Extra	031	536250 ADN-25-90-A-P-A	1
03-Transfer Extra	031	Fêmea M12x1	1
03-Transfer Extra	031	Guia Pequena	1
03-Transfer Extra	031	HGH15CAZ0C	9
03-Transfer Extra	031	ISO 4762 - M3 x 5	6
03-Transfer Extra	031	ISO 8734 - 4 x 30 - A	4
03-Transfer Extra	031	Indexing plunger GN 617.1-6-A	2

03-Transfer Extra	031	MHZ2-20D(16.3_0)	2
03-Transfer Extra	031	MSC12M1LLFZ+R35.6-17.8/17.8N	1
03-Transfer Extra	031	MSC12M35.6-17.8/17.8N	1
03-Transfer Extra	031	RBC0806S(0)	2
03-Transfer Extra	031	150386 SIEN-M8B-PS-K-L---(4_0)	1
03-Transfer Extra	031	19200 DSNU-16-40-P-A---(0)	1
03-Transfer Extra	031	20160321-070541-20716539	2
03-Transfer Extra	031	20160321-070541-20716539_500	2
03-Transfer Extra	031	20160321-070541-20716539_800	1
03-Transfer Extra	031	2062 FK-M8---(asm_0_0)	2
03-Transfer Extra	032	5128 HBN-20/25x2	2
03-Transfer Extra	032	6140 FK-M10x1.25	1
03-Transfer Extra	032	DIN-439-B - M22x1.5(F)	1
03-Transfer Extra	032	gn_31961_01	2
03-Transfer Extra	032	gn_31961_02	2
03-Transfer Extra	032	gn_31961_03	2
03-Transfer Extra	032	gn_31961_04	2
03-Transfer Extra	032	14038.3PZ	1
03-Transfer Extra	032	2018_05_18__10-23-19-484_5	1
03-Transfer Extra	032	GN.31961	1
04-Suporte Espiral	04	HGH20CAZ0C	2
04-Suporte Espiral	04	536206 ADN-12-15-A-P-A---(asm_0)	1
04-Suporte Espiral	04	Corrente 06-B1	1
04-Suporte Espiral	04	_Indexing plungers -M20x1.5-SST	2
04-Suporte Espiral	04	inafag_kh10	2
05 -Corte	051	HGH20CAZ0C-HiwinCorporation	4
05 -Corte	051	19239 DSNU-20-100-PPV-A---(0)	1
05 -Corte	052	Corrente 06-B1	1
05 -Corte	052	roda dentada	1
05 -Corte	052	inafag_6003-2rsr_97	1

05 -Corte	052	DIN 471 - 17x1	1
05 -Corte	053	34487 FENG-32-10-KF---(asm_0)	1
05 -Corte	053	193989 DSNU-16-10-P-A-MQ	2
05 -Corte	053	163318 DNC-32-10-PPV---(asm_0)	1
05 -Corte	053	KH_10_PP	1
05 -Corte	053	KH10-PP	3
05 -Corte	053	186353 QSML-M7-6	2
05 -Corte	054	ble46-roundshaft	1
05 -Corte	054	170907 DFM-16-10-P-A-KF---(0)	1
05 -Corte	054	W 628/6-2Z	1
05 -Corte	055	KH0622	4
05 -Corte	055	CDQSBS20-10DC	1
06 - Alimentação	060	Rolamento 6007	1
06 - Alimentação	060	FA_008_019_016_023	1
07- Extração	070	6528 FK-M4	
07- Extração	070	DSNU-8-50-P-A	1
08 - Estrutura	083	DIN 625 SKF 6004-RS1	2
08 - Estrutura	083	DIN 472 42x1,75	2
08 - Estrutura	084	SGS-M16x1,5	1
08 - Estrutura	084	SNCS-63	1
08 - Estrutura	084	LBG-63	1
08 - Estrutura	084	DSBC-63-750-PPVA-N3	1
08 - Estrutura	084	DIN 471 16x1	2

6.1.2 Listagem de componentes a fabricar

Número da peça	Quantidade	Material
19-01401	1	C45E
19-01402	1	Nylon
19-01404	1	C45E
19-01405	4	C45E
19-01406	1	Alumínio
19-01407	1	K110
19-01408	1	K110
19-01411	1	K110
19-01414	1	C45E
19-01416	1	C45E
19-01417	1	C45E
19-01418	1	K110
19-01419	1	C45E
19-01421	1	K110
19-01422	1	K110
19-01423	1	K100
19-02102	1	C45E (F10)
19-02103	1	C45E (F10)
19-02104	1	C45E (F10)
19-02105	1	Varão INA
19-02106	1	C45E (F10)
19-02107	1	C45E
19-02109	1	C45E (F10)
19-02110	4	Nylon 6 Branco
19-02111	1	Inox (R304)
19-02114	1	Inox (R304)
19-02115	1	C45E
19-02116	1	K110 (C265)
19-02117	1	C45E (F10)
19-02201	1	C45E (F10)
19-02202	2	C45E (F10)
19-02203	1	C45E (F10)
19-02204	2	C45E (F10)
19-02205	1	C45E (F10)
19-03101	1	C45E
19-03102	1	Nylon
19-03103	4	C45E
19-03104	1	Alumínio
19-03105	1	K110
19-03106	1	K110
19-03107	1	K110
19-03109	1	C45E
19-03110	1	C45E
19-03111	1	C45E

19-03112	1	K110
19-03113	1	K100
19-03114	1	C45E
19-03115	1	C45E
19-03116	1	C45E
19-03117	1	C45E
19-03118	1	C45E
19-03119	1	C45E
19-03120	2	K110
19-03121	2	K110
19-03122	1	C45E
19-03123	1	C45E
19-03124	1	C45E
19-03125	1	Alumínio
19-03130	1	Alumínio
19-03131	1	Alumínio
19-03132	1	C45E
19-03133	1	C45E
19-03134	1	C45E
19-03135	1	K110 (C265)
19-03135_MIR	1	K110 (C265)
19-03136	1	2311
19-03136_MIR	1	2311
19-03140	2	C45E (F10)
19-03141	1	C45E (F10)
19-03142	1	C45E (F10)
19-03203	1	Alumínio
19-03204	1	C45E
19-03207	1	C45E
19-03209	1	C45E
19-03210	2	Inox (R304)
19-03212	1	Alumínio
19-03213	1	Alumínio
19-03215	1	Alumínio
19-03216	4	C45E
19-03217	1	C45E
19-03218	1	Inox
19-0401	1	C45E
19-0402	1	C45E
19-0403	1	C45E
19-0404	1	C45E
19-0405	1	C45E
19-0406	1	C45E (F10)
19-0407	2	C45E
19-0408	1	C45E
19-0409	1	C45E
19-0410	1	Alumínio
19-0411	1	K110

19-0412	1	C45E
19-05101	1	Celeron
19-05102	1	C45E
19-05103	1	Nylon 6
19-05201	1	C45E
19-05202	1	C45E
19-05203	1	C45E
19-05301	1	K110
19-05302	1	Cobre Berílio
19-05303	2	K110
19-05304	2	K110
19-05305	2	K110
19-05306	1	K110
19-05307	1	C45E
19-05308	1	K110
19-05309	1	K100
19-05310	1	C45E
19-05311	2	Cobre berílio
19-05312	2	Cobre Berílio
19-05313	1	Nylon
19-05314	1	Tungsténio
19-05315	1	C45E
19-05316	1	Cobre Berílio
19-05317	2	Alumínio
19-05318	2	Varão INA
19-05319	1	Aço Prata
19-05320	2	Celeron
19-05321	1	Aço Prata
19-05322	2	Nylon
19-05323	1	Policarbonato
19-05324	1	C45E
19-05401	1	C45E
19-05402	1	C45E
19-05403	1	C45E
19-05404	1	C45E
19-05501	1	C45E
19-05502	2	C45E
19-05503	2	Varão INA
19-05504	1	K110
19-05505	1	C45E
19-05319	1	Aço Prata
19-05320	2	Celeron
19-05321	1	Aço Prata
19-05322	2	Nylon
19-05323	1	Policarbonato
19-05324	1	C45E
19-05401	1	C45E
19-05402	1	C45E

19-05403	1	C45E
19-05404	1	C45E
19-05501	1	C45E
19-05502	2	C45E
19-05503	2	Varão INA
19-05504	1	K110
19-06001	1	C45E
19-06002	1	C45E
19-06003	1	C45E
19-08201	2	K110
19-08202	2	C45E
19-08204	1	C45E
19-08301	1	C45E
19-08301	1	C45E
19-08401	2	C45E
19-08402	1	k110
19-08403	1	Varão INA

6.2 ANEXO 2

6.2.1 Séries de Guias Lineares

Series	Assembly Height	Load	Square Tap hole	Flange Tap hole	Drilled hole	Combination
HG	High	Heavy Load	HGH-CA	-	-	-
		Super Heavy Load	HGH-HA	-	-	-
	Low	Heavy Load	HGL-CA	HGW-CA	HGW-CB	HGW-CC
		Super Heavy Load	HGL-HA	HGW-HA	HGW-HB	HGW-HC
EG	Low	Medium Load	EGH -SA	EGW-SA	EGW-SB	-
		Heavy Load	EGH -CA	EGW-CA	EGW-CB	-
WE	Low	Heavy Load	WEH-CA	-	-	WEW-CC
MGN	-	Standard	MGN-C	-	-	-
		Long	MGN-H	-	-	-
MGW	-	Standard	MGW-C	-	-	-
		Long	MGW-H	-	-	-
MGN-O	-	Standard	MGN-C-O	-	-	-
		Long	MGN-H-O	-	-	-
MGW-O	-	Standard	MGW-C-O	-	-	-
		Long	MGW-H-O	-	-	-
QH	High	Heavy Load	QHH-CA	-	-	-
		Super Heavy Load	QHH-HA	-	-	-
	Low	Heavy Load	-	QHW-CA	QHW-CB	QHW-CC
		Super Heavy Load	-	QHW-HA	QHW-HB	QHW-HC
QE	Low	Medium Load	QEH -SA	QEW-SA	QEW-SB	-
		Heavy Load	QEH -CA	QEW-CA	QEW-CB	-
QW	Low	Heavy Load	QWH-CA	-	-	QWW-CC
CG	High	Heavy Load	CGH-CA	-	-	-
		Super Heavy Load	CGH-HA	-	-	-
	Low	Heavy Load	-	-	-	CGW-CC CGW-CA ^{III}
		Super Heavy Load	-	-	-	CGW-HC CGW-HA ^{III}
RG	High	Heavy Load	RGH-CA	-	-	-
		Super Heavy Load	RGH-HA	-	-	-
	Low	Heavy Load	RGL-CA	-	-	RGW-CC
		Super Heavy Load	RGL-HA	-	-	RGW-HC
QR	High	Heavy Load	QRH-CA	-	-	-
		Super Heavy Load	QRH-HA	-	-	-
		Heavy Load	QRL-CA	-	-	QRW-CC

6.2.2 Características das guias lineares HGH

Model No.	Dimensions of Assembly (mm)				Dimensions of Block (mm)										Dimensions of Rail (mm)										Mounting Bolt for Rail (mm)	Basic Dynamic Load Rating C ₁ (kN)	Basic Static Load Rating C ₂ (kN)	Static Rated Moment			Weight	
	H	H ₁	N	W	B	B ₁	C	L ₁	L	K ₁	K ₂	G	MxL	T	H ₁	H ₂	W ₂	H ₂	D	h	d	P	E	M _x				M _y	M _z	Block	Rail	
																												kN-m	kN-m	kN-m	kg	kg/m
HGH15CA	28	4.3	9.5	34	26	4	26	39.4	61.4	10	4.85	5.3	M4x5	6	7.95	7.7	15	15	7.5	5.3	4.5	60	20	M4x16	14.7	23.47	0.12	0.10	0.10	0.18	1.45	
HGH20CA	30	4.6	12	44	32	6	36	50.5	77.5	12.25	6	12	M5x6	8	6	6	20	17.5	9.5	8.5	6	60	20	M5x16	27.1	36.68	0.27	0.20	0.20	0.30	2.21	
HGH20HA							50	65.2	92.2	12.6															32.7	47.96	0.35	0.35	0.35	0.39		
HGH25CA	40	5.5	12.5	48	35	6.5	35	58	84	15.7	6	12	M6x8	8	10	9	23	22	11	9	7	60	20	M6x20	34.9	52.82	0.42	0.33	0.33	0.51	3.21	
HGH25HA							50	78.6	104.6	18.5															42.2	69.07	0.56	0.57	0.57	0.69		
HGH30CA	45	6	16	60	40	10	40	70	97.4	20.25	6	12	M8x10	8.5	9.5	13.8	28	26	14	12	9	80	20	M8x25	48.5	71.87	0.66	0.53	0.53	0.88	4.47	
HGH30HA							60	93	120.4	21.75															58.6	93.99	0.88	0.92	0.92	1.16		
HGH35CA	55	7.5	18	70	50	10	50	80	112.4	20.6	7	12	M8x12	10.2	16	19.6	34	29	14	12	9	80	20	M8x25	64.6	93.88	1.16	0.81	0.81	1.45	6.30	
HGH35HA							72	105.8	138.2	22.5															77.9	122.77	1.54	1.40	1.40	1.92		
HGH45CA	70	9.5	20.5	86	60	13	60	97	139.4	23	10	12.9	M10x17	16	18.5	30.5	45	38	20	17	14	105	22.5	M12x35	103.8	146.71	1.98	1.55	1.55	2.73	10.41	
HGH45HA							80	128.8	171.2	28.9															125.3	191.85	2.63	2.68	2.68	3.61		
HGH55CA	80	13	23.5	100	75	12.5	75	117.7	166.7	27.35	11	12.9	M12x18	17.5	22	29	53	44	23	20	16	120	30	M14x45	153.2	211.23	3.69	2.64	2.64	4.17	15.08	
HGH55HA							95	155.8	204.8	36.4															184.9	276.23	4.88	4.57	4.57	5.49		
HGH65CA	90	15	31.5	126	76	25	70	144.2	200.2	43.1	14	12.9	M16x20	25	15	15	63	53	26	22	18	150	35	M16x50	213.2	287.48	6.65	4.27	4.27	7.00	21.18	
HGH65HA							120	203.6	259.6	47.8															277.8	420.17	9.38	7.38	7.38	9.82		

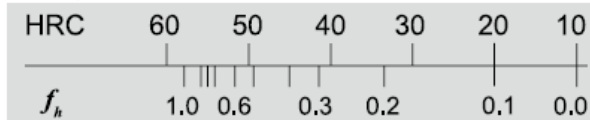
Note : 1 kgf = 9.81 N

6.2.3 Fatores para cálculo da Vida Útil de Guias Lineares

(1) Hardness factor (f_h)

In general, the raceway surface in contact with the rolling elements must have the hardness of HRC 58-62 to an appropriate depth. When the specified hardness is not obtained, the permissible load is reduced and the nominal life is decreased. In this situation, the basic dynamic load rating and the basic static load rating must be multiplied by the hardness factor for calculation.

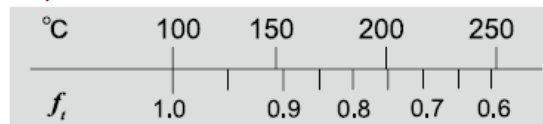
Raceway hardness



(2) Temperature factor (f_t)

Due to the temperature will affect the material of linear guide, therefore the permissible load will be reduced and the nominal service life will be decreased when over 100°C. Therefore, the basic dynamic and static load rating must be multiplied by the temperature factor. As some accessories are plastic which can't resist high temperature, the working environment is recommended to be lower than 100°C.

Temperature



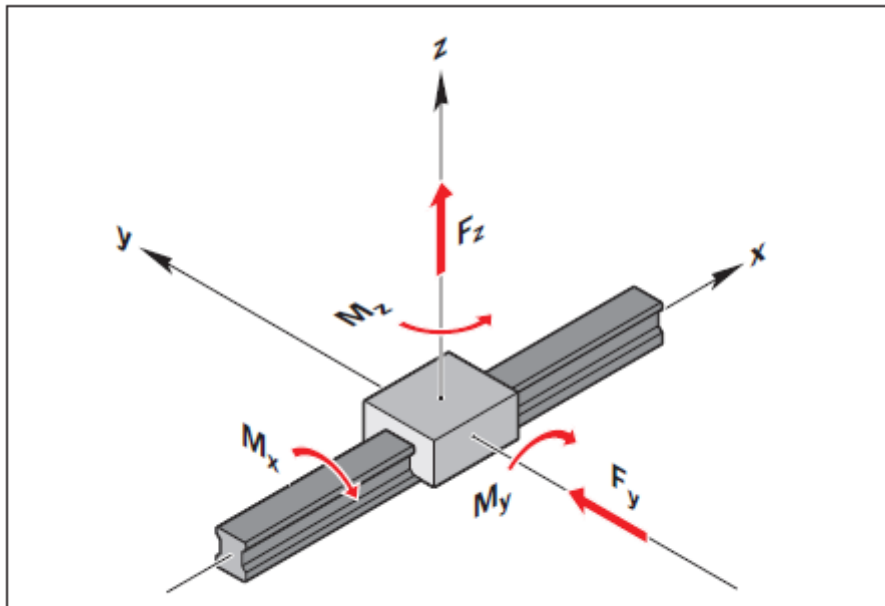
(3) Load factor (f_w)

The loads acting on a linear guideway include the weight of slide, the inertia load at the times of start and stop, and the moment loads caused by overhanging. These load factors are especially difficult to estimate because of mechanical vibrations and impacts. Therefore, the load on a linear guideway should be divided by the empirical factor.

Table 1-2 Load factor





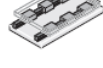
Loading Condition	Service Speed	f_w
No impacts & vibration	$V \leq 15$ m/min	1 - 1.2
Small impacts	15 m/min $< V \leq 60$ m/min	1.2 - 1.5
Normal load	60 m/min $< V \leq 120$ m/min	1.5 - 2.0
With impacts & vibration	$V > 120$ m/min	2.0 - 3.5

6.2.4 Dados técnicos e cálculos do guiamento linear



▲ Sobrecarga de um único patim de guia por forças e momentos.

A tabela a seguir mostra as disposições mais usadas na prática. Dependendo da disposição selecionada, devem ser respeitados os valores $F_{y \max}$ e $M_{z \max}$ para patim de guia do IMS. Consulte os valores No capítulo correspondente sobre carrinho de rodízio/esfera.

Variante	Disposição	Forças		Momentos		
		em direção z Força de tração/ força da pressão	em direção y Equilíbrio lateral	em torno no eixo x Momento de torção	em torno no eixo y Momento longitudinal	em torno no eixo z Momento longitudinal
1	1 guia 1 patim 	F_z	F_y	M_x	M_y	M_z
2	1 guia 2 patins 	F_z	F_y	M_x	-	-
3	2 guias 2 patins 	F_z	F_y	-	M_y	M_z
4	2 guias 4 patins 	F_z	F_y	-	-	-
5	2 guias 6 patins 	F_z	F_y	-	-	-

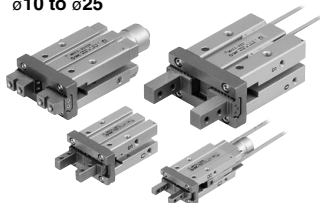
6.3 ANEXO 3

Fichas técnicas de componentes pneumáticos

ø6



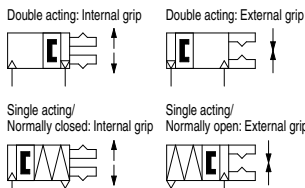
ø10 to ø25



ø32, ø40



Symbol



Refer to pages 454 to 458 for the specifications with auto switch.

- Auto switch installation examples and mounting positions
- Auto switch hysteresis
- Auto switch mounting
- Protrusion of auto switch from edge of body



Made to Order: Individual Specifications
(For details, refer to pages 459 and 460.)

Symbol	Specifications/Description
-X46	Built-in needle valve for finger speed control
-X51	MHQ2/MHQG2-compliant flat type fingers



Made to Order
(Refer to pages 725 to 748 for details.)

Symbol	Specifications/Description
-X4	Heat resistance (100°C)
-X5	Fluororubber seal
-X7	Closing direction spring assist
-X12	Opening direction spring assist
-X50	Without magnet
-X53	EPDM seal/Fluorine grease
-X56	Axial ported type
-X63	Fluorine grease
-X79	Grease for food processing machines, Fluorine grease
-X79A	Grease for food processing machines
-X81A	Anti-corrosive treatment of finger
-X81B	Anti-corrosive treatment of finger and guide

Specifications

		Fluid	Air
Operating pressure	Double acting	ø6: 0.15 to 0.7 MPa ø10: 0.2 to 0.7 MPa ø16 to ø40: 0.1 to 0.7 MPa	
	Single acting	Normally open	ø6: 0.3 to 0.7 MPa ø10: 0.35 to 0.7 MPa ø16 to ø40: 0.25 to 0.7 MPa
Ambient and fluid temperature		-10 to 60°C	
Repeatability		ø6 to ø25: ±0.01 mm ø32, ø40: ±0.02 mm	
Max. operating frequency		ø6 to ø25: 180 c.p.m. ø32, ø40: 60 c.p.m.	
Lubrication		Not required	
Action		Double acting/Single acting	
Auto switch (Option) ^{Note)}		Solid state auto switch (3-wire, 2-wire)	

Note) Refer to pages 797 to 850 for further information on auto switches.

* Use the gripper with dust cover when used in a place where there may be dust.

Model

Action	Model	Bore size (mm)	Gripping force ^{Note 1)}		Opening/Closing stroke (Both sides) (mm)	Weight ^{Note 2)} (g)	
			Gripping force per finger Effective value (N)				
			External	Internal			
Double acting	MHZ2-6D	6	3.3	6.1	4	27	
	MHZ2-10D(N)	10	11	17	4	55	
	MHZ2-16D(N)	16	34	45	6	115	
	MHZ2-20D(N)	20	42	66	10	230	
	MHZ2-25D(N)	25	65	104	14	420	
	MHZ2-32D	32	158	193	22	715	
Single acting	Normally open	MHZ2-40D	40	254	318	30	1275
		MHZ2-6S	6	1.9	—	4	27
		MHZ2-10S(N)	10	7.1	—	4	55
		MHZ2-16S(N)	16	27	—	6	115
		MHZ2-20S(N)	20	33	—	10	235
		MHZ2-25S(N)	25	45	—	14	425
	Normally closed	MHZ2-32S	32	131	—	22	760
		MHZ2-40S	40	217	—	30	1370
		MHZ2-6C	6	—	3.7	4	27
		MHZ2-10C(N)	10	—	13	4	55
		MHZ2-16C(N)	16	—	38	6	115
		MHZ2-20C(N)	20	—	57	10	235
		MHZ2-25C(N)	25	—	83	14	425
		MHZ2-32C	32	—	161	22	760
MHZ2-40C	40	—	267	30	1370		

Note 1) Values based on pressure of 0.5 MPa, gripping point L = 20 mm, at center of stroke.

Note 2) Values excluding weight of auto switch.

Option

● Body Option/End Boss Type

Symbol	Piping port location	Type of piping port						Applicable model	
		MHZ2-6	MHZ2-10	MHZ2-16	MHZ2-20	MHZ2-25	MHZ2-32	MHZ2-40	Double acting
Nil	Basic type	M3 x 0.5	—	—	—	—	M5 x 0.8	●	●
E	Side ported	—	M3 x 0.5	—	—	—	M5 x 0.8	●	●
W	Axial ported	—	—	With ø4 One-touch fitting for coaxial tubing		—	—	●	—
K	Axial ported	—	—	With ø4 One-touch fitting		—	—	—	●
M	Axial ported	—	—	M5 x 0.8		—	—	—	●

* For detailed body option specifications, refer to option specifications on pages 424 and 425.

Entrada - parâmetros do sistema

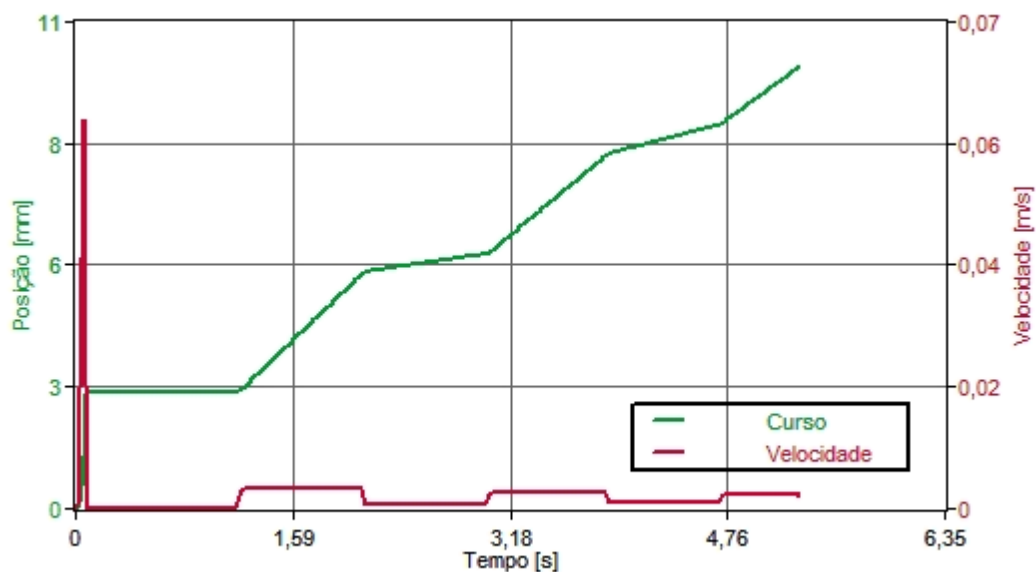
Curso necessário	0.01 m	Direção do movimento	Avanço
Massa movida	5 kg	Pressão de operação	6 bar
Ângulo de montagem	0 deg		

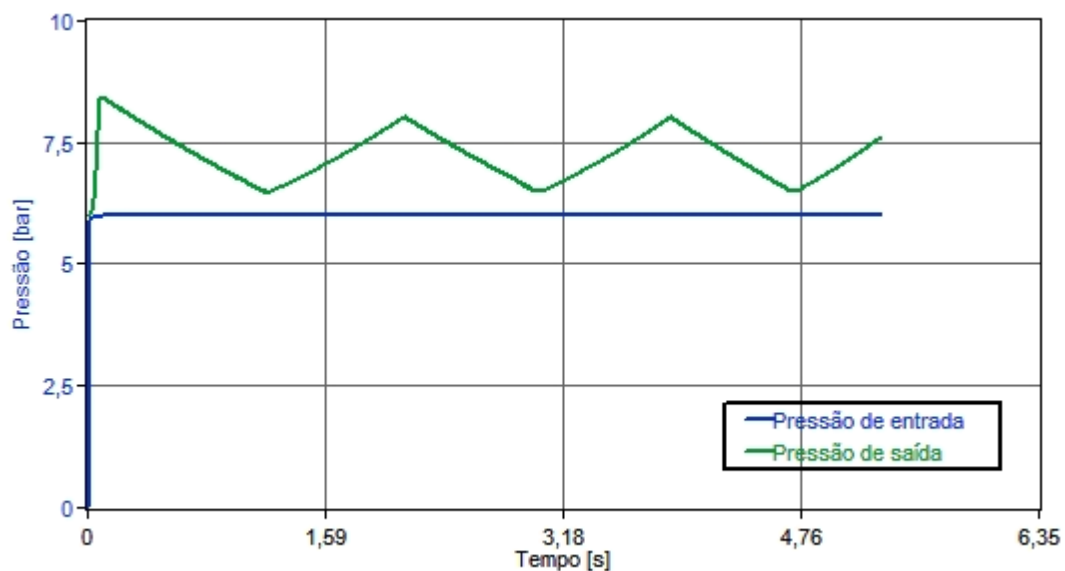
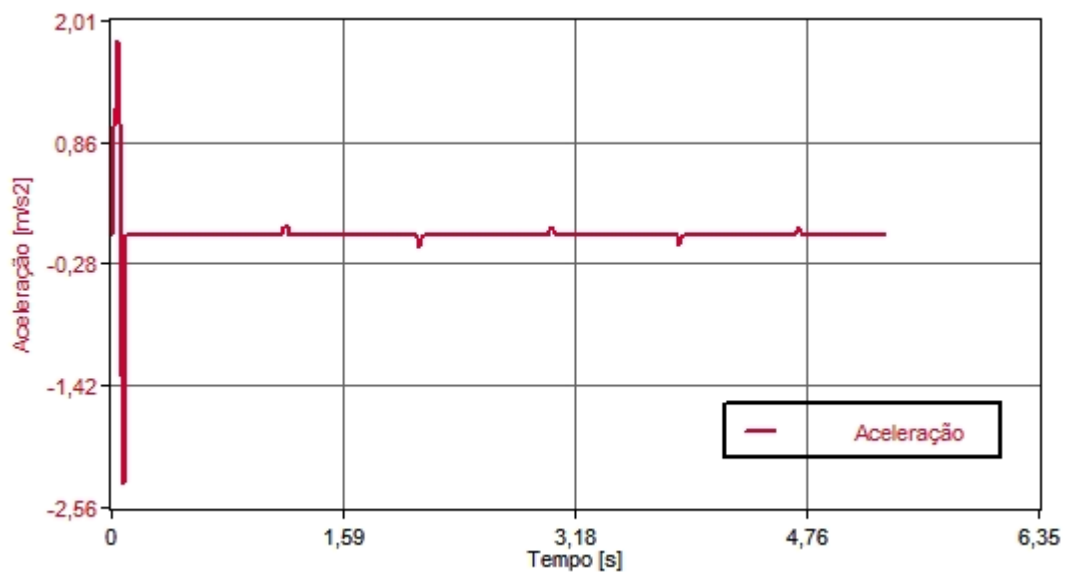
Lista de materiais

Atuador	DFM-16-10-P-A-KF	170907		
Válvula de retenção unidirecional	GRLA-M5-QS-4-D	193138	Configuração:	Vazão1.2 Rotações abertas
Válvula direcional	VUVG-L10-M52-RT-M5-1P3	566457		
Silenciador				
Tubo flexível [atuador > válvula]	PUN-H-4x0,75-BL	197383	Comprimento do tubo flexível	1 m
Conexão1	CRQST-M5-4	164200		
Tubo flexível [fonte > válvula]	PUN-H-4x0,75-BL	197383	Comprimento do tubo flexível	1 m
Conexão2	CRQST-M5-4	164200		

Resultados calculados

Tempo de posicionamento total	5.290 s	Velocidade de impacto	0.002 m/s
Velocidade média	0.000 m/s	Velocidade máxima	0.064 m/s
Consumo de ar por ciclo	0.098 l		
Energia cinética de impacto	0.000 J		





A Festo não assume qualquer responsabilidade por danos que venham a ocorrer em função da utilização ou não utilização deste software, ainda que em razão de defeitos. O mesmo se aplica mesmo que a possibilidade do defeito seja de conhecimento Festo.

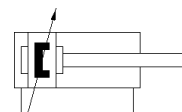
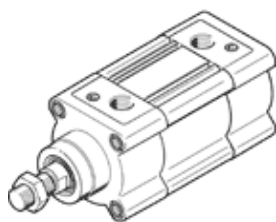
Os dados/resultados que podem ser calculados com este programa servem somente para a descrição do produto e não representam quaisquer garantias e características no sentido legal.

Standard cylinder DSBC-63-80-PPVA-N3

Part number: 1383581

★ Core product range

FESTO



Data sheet

Feature	Value
Stroke	80 mm
Piston diameter	63 mm
Piston rod thread	M16x1,5
Cushioning	PPV: Pneumatic cushioning adjustable at both ends
Assembly position	Any
Conforms to standard	ISO 15552
Piston-rod end	Male thread
Design structure	Piston Piston rod Profile barrel
Position detection	For proximity sensor
Variants	Single-ended piston rod
Working pressure	0.4 ... 12 bar
Mode of operation	double-acting
Operating medium	Compressed air in accordance with ISO8573-1:2010 [7:4:4]
Note on operating and pilot medium	Lubricated operation possible (subsequently required for further operation)
Corrosion resistance classification CRC	2 - Moderate corrosion stress
Ambient temperature	-20 ... 80 °C
Impact energy in end positions	1.3 J
Cushioning length	22 mm
Theoretical force at 6 bar, return stroke	1,682 N
Theoretical force at 6 bar, advance stroke	1,870 N
Moving mass with 0 mm stroke	430 g
Additional weight per 10 mm stroke	62 g
Basic weight for 0 mm stroke	1,740 g
Additional mass factor per 10 mm of stroke	25 g
Mounting type	Optional with internal (female) thread with accessories
Pneumatic connection	G3/8
Materials note	Conforms to RoHS
Material cover	Aluminum die cast coated
Material seals	TPE-U(PU)
Material piston rod	High alloy steel
Material cylinder barrel	Wrought Aluminum alloy Smooth anodized

guided drive DFM-16-10-P-A-KF

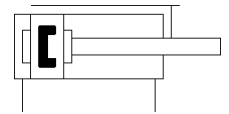
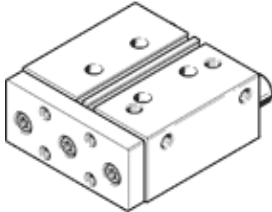
Part number: 170907

★ Core product range

With integrated guide.

The proximity switch, type SMTSO-8E, is not suitable for this product.

FESTO



Data sheet

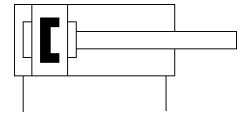
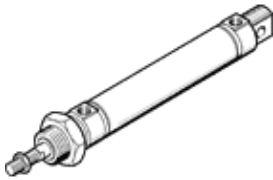
Feature	Value
Centre of gravity distance from working load to yoke plate	50 mm
Stroke	10 mm
Piston diameter	16 mm
Operating mode of drive unit	Yoke
Cushioning	P: Flexible cushioning rings/plates at both ends
Assembly position	Any
Guide	Recirculating ball bearing guide
Design structure	Guide
Position detection	For proximity sensor
Operating pressure	2 ... 10 bar
Max. speed	0.8 m/s
Mode of operation	double-acting
Operating medium	Compressed air in accordance with ISO8573-1:2010 [7:4:4]
Note on operating and pilot medium	Lubricated operation possible (subsequently required for further operation)
Corrosion resistance classification CRC	0 - No corrosion stress
Ambient temperature	-5 ... 60 °C
Impact energy in end positions	0.15 Nm
Max. force F _y	389 N
Max. force F _y static	415 N
Max. force F _z	389 N
Max. force F _z static	415 N
Max. torque M _x	8.95 Nm
Max. torque M _x static	9.55 Nm
Max. torque M _y	3.89 Nm
Max. torque M _y static	4.15 Nm
Max. torque M _z	3.89 Nm
Max. torque M _z static	4.15 Nm
Max. permissible torque load M _x as a function of the stroke	2.19 Nm
Max. useful load as a function of the stroke at defined distance x _s	45 N
Theoretical force at 6 bar, return stroke	90 N
Theoretical force at 6 bar, advance stroke	121 N
Moving mass	212 g
Product weight	426 g
Centre of gravity of the moving mass as a function of the stroke	13.4 mm
alternative connections	See product drawing
Pneumatic connection	M5
Materials note	Free of copper and PTFE Conforms to RoHS
Material cover	Wrought Aluminium alloy
Material seals	NBR
Material housing	Wrought Aluminium alloy
Material piston rod	High alloy steel, non-corrosive

ISO cylinder DSNU-16-10-P-A

Part number: 19198

★ Core product range

FESTO



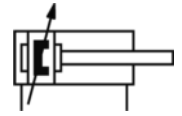
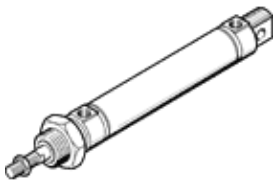
Data sheet

Feature	Value
Stroke	10 mm
Piston diameter	16 mm
Piston rod thread	M6
Cushioning	P: Flexible cushioning rings/plates at both ends
Assembly position	Any
Conforms to standard	CETOP RP 52 P ISO 6432
Piston-rod end	Male thread
Design structure	Piston Piston rod Cylinder barrel
Position detection	For proximity sensor
Variants	Single-ended piston rod
Operating pressure	1 ... 10 bar
Mode of operation	double-acting
Operating medium	Compressed air in accordance with ISO8573-1:2010 [7:4:4]
Note on operating and pilot medium	Lubricated operation possible (subsequently required for further operation)
Corrosion resistance classification CRC	2 - Moderate corrosion stress
Ambient temperature	-20 ... 80 °C
Maritime classification	see certificate
Impact energy in end positions	0.15 J
Theoretical force at 6 bar, return stroke	103.7 N
Theoretical force at 6 bar, advance stroke	120.6 N
Moving mass with 0 mm stroke	23 g
Additional weight per 10 mm stroke	4.6 g
Basic weight for 0 mm stroke	89.9 g
Additional mass factor per 10 mm of stroke	2 g
Mounting type	with accessories
Pneumatic connection	M5
Materials note	Conforms to RoHS
Material cover	Wrought Aluminium alloy neutral anodisation
Material seals	NBR TPE-U(PU)
Material piston rod	High alloy steel, non-corrosive
Material cylinder barrel	High alloy steel, non-corrosive

Normzylinder DSNU-20-100-PPV-A

Teilenummer: 19239

FESTO



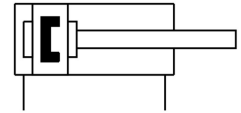
Datenblatt

Merkmal	Werte
Hub	100 mm
Kolben-Durchmesser	20 mm
Kolbenstangengewinde	M8
Dämpfung	PPV: pneumatische Dämpfung beidseitig einstellbar
Einbaulage	beliebig
Entspricht Norm	CETOP RP 52 P ISO 6432
Kolbenstangenende	Außengewinde
Konstruktiver Aufbau	Kolben Kolbenstange Zylinderrohr
Positionserkennung	für Näherungsschalter
Varianten	einseitige Kolbenstange
Betriebsdruck	1 ... 10 bar
Funktionsweise	doppeltwirkend
Betriebsmedium	Druckluft nach ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Hinweis zum Betriebs- und Steuermedium	Geölter Betrieb möglich (im weiteren Betrieb erforderlich)
Korrosionsbeständigkeitsklasse KBK	2
Umgebungstemperatur	-20 ... 80 °C
Zulassung	Germanischer Lloyd
Aufprallenergie in den Endlagen	0,2 J
Dämpfungslänge	15 mm
Theoretische Kraft bei 6 bar, Rücklauf	158,3 N
Theoretische Kraft bei 6 bar, Vorlauf	188,5 N
Bewegte Masse bei 0 mm Hub	44 g
Gewichtszuschlag pro 10 mm Hub	7,2 g
Grundgewicht bei 0 mm Hub	186,8 g
Zuschlag bewegte Masse pro 10 mm Hub	4 g
Befestigungsart	mit Zubehör
Pneumatischer Anschluss	G1/8
Werkstoffhinweis	RoHS konform
Werkstoffinformation Deckel	Aluminium-Knetlegierung farblos eloxiert
Werkstoffinformation Dichtungen	NBR TPE-U(PU)
Werkstoffinformation Kolbenstange	hochlegierter Stahl rostfrei
Werkstoffinformation Zylinderrohr	hochlegierter Stahl rostfrei

Compact air cylinder ADN-12-15-A-P-A

Part number: 536206

FESTO



Data sheet

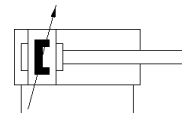
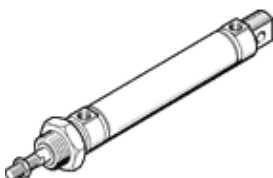
Feature	Value
Stroke	15 mm
Piston diameter	12 mm
Piston rod thread	M5
Type code	ADN
Cushioning	Elastic cushioning rings/pads at both ends
Mounting position	Any
Conforms to standard	ISO 21287
Piston rod end	External thread
Position sensing	For proximity sensor
Symbol	00991217
Variants	Piston rod at one end
Operating pressure	1 bar ... 10 bar
Mode of operation	Double-acting
Operating medium	Compressed air as per ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Information on operating and pilot media	Operation with oil lubrication possible (required for further use)
Corrosion resistance class (CRC)	2 - Moderate corrosion stress
Ambient temperature	-20 °C ... 80 °C
Impact energy in the end positions	0.07 J
Theoretical force at 6 bar, retracting	51 N
Theoretical force at 6 bar, advancing	68 N
Moving mass at 0 mm stroke	9 g
Additional weight per 10 mm stroke	12 g
Basic weight with 0 mm stroke	77 g
Additional moving mass per 10 mm stroke	2 g
Type of mounting	Optionally: With internal thread With accessories With through-hole
Pneumatic connection	M5
Note on materials	RoHS-compliant
Cover material	Aluminum Anodized
Seals material	TPE-U(PUR)
Piston rod material	High-alloy steel
Material of cylinder barrel	Smooth anodized Wrought aluminum alloy

cilindro normalizado DSNU-25-400-PPV-A

Código da peça: 35193

FESTO

conforme DIN ISO 6432 para detecção sem contato direto. Várias opções de fixação, com e sem elementos de fixação adicionais. Com amortecimento de fim de curso ajustável.



Ficha técnica

Característica	Valor
Curso	400 mm
Diâmetro do êmbolo	25 mm
Rosca da haste	M10x1,25
Amortecimento	PPV: Amortecimento pneumático regulável nas posições finais de curso
Posição de instalação	Nos dois lados
Conforme norma	CETOP RP 52 P ISO 6432
Extremidade da haste	Rosca externa
Princípio construtivo	Êmbolo Haste Camisa do atuador
Detecção de posição	Para sensor de proximidade
Variantes	Haste do êmbolo unilateral
Pressão de trabalho	1 ... 10 bar
Modo de operação	de dupla ação
Meio operacional	Ar comprimido conforme ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Observação sobre meio operacional e do piloto	Permite operação com lubrificação (necessária para operações subsequentes)
Classe de resistência à corrosão KBK	2 – Resistência à corrosão moderada
Temperatura ambiente	-20 ... 80 °C
Classificação marítima	ver certificado
Energia de impacto nas posições finais	0,3 J
Curso de amortecimento	17 mm
Força teórica a 6 bar, retorno	247,4 N
Força teórica a 6 bar, avanço	294,5 N
Massa móvel com curso de 0 mm	71 g
Peso adicional por 10 mm de curso	11 g
Peso básico para curso de 0 mm	238 g
Fator de massa adicional por 10 mm de curso	6 g
Tipo de fixação	com acessórios
Conexão pneumática	G1/8
Observações sobre material	Conforme RoHS
Material da proteção	Liga de alumínio anodização neutra
Material das vedações	NBR TPE-U(PU)
Material da haste do pistão	Aço alta liga, inoxidável
Material da camisa do atuador	Aço alta liga, inoxidável

ISO Cylinder: Standard/Non-rotating Type Double Acting, Single/Double Rod

Series **C85**

ø8, ø10, ø12, ø16, ø20, ø25

Features

- Conforms to CETOP RP52P and ISO 6432 standards
- Double acting models
- High speed actuation
- Auto switch sensing option
- Special rod seal gives high resistance to dust ingress
- Easy & accurate mounting
- Exceptional service life
- Non-rotating and double rod options
- Air cushioning option

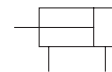


Technical Specifications

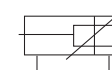
Bore size (mm)		8	10	12	16	20	25
Piston rod dia. (mm)		4	4	6	6	8	10
Piston rod thread		M4	M4	M6	M6	M8	M10 x 1.25
Port size		M5	M5	M5	M5	G 1/8	G 1/8
Action		Double acting, Single/Double rod					
Fluid		Air					
Proof pressure		1.5 MPa					
Max. operating pressure		1.0 MPa					
Min. operating pressure	Spring return	0.1 MPa	0.08 MPa	0.05 MPa	0.05 MPa		
	Spring extended				0.08 MPa		
Ambient and fluid temperature		-20 to 80°C (Built-in magnet: -10 to 60°C)					
Cushion		Rubber cushion, Air cushion (Except ø8) (Non-rotating: Rubber bumper only)					
Lubrication		Not required. Use turbine oil Class 1 ISO VG32, if lubricated.					
Rod boot	Nylon tarpaulin	—				Max. ambient temperature 60°C	
	Heat resistant tarpaulin	—				Max. ambient temperature 110°C*	
Piston speed		50 to 1500 mm/s					
Allowable kinetic energy	Rubber cushion	0.02 J	0.03 J	0.04 J	0.09 J	0.27 J	0.4 J
	Air cushion	—	0.17 J	0.19 J	0.4 J	0.66 J	0.97 J
Non-rotating accuracy		±1° 30'	±1° 30'	±1°	±1°	±0° 42'	±0° 42'
Stroke tolerance (mm)		0/+1				0/+1.4	

Symbol

Double acting, Single rod

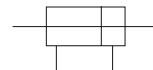


Rubber cushion

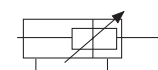


Air cushion

Double acting, Double rod

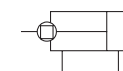


Rubber cushion



Air cushion

Non-rotating rod: Double acting, Single rod



Replacement Parts

For Standard Cylinders

Bore size (mm)	Part no.	Note
20	C85-20PS	Every set includes: n°1 rod packing n°1 packing retaining washer n°1 retaining ring
25	C85-25PS	



CAD CD-ROM AVAILABLE



CATALOGUE E309-A AVAILABLE



PDF AVAILABLE ONLINE

Compact Cylinder: Standard Type Double Acting, Single Rod

Series **CQS**

ø12, ø16, ø20, ø25

Features

- ➔ Very compact, lightweight, space saving design
- ➔ Bore sizes ø12, ø16, ø20, ø25mm
- ➔ Rubber cushion option
- ➔ Flush fitting autoswitch design capability
- ➔ New 2 way basic mounting (through hole/both ends tapped)
- ➔ Higher side load version available

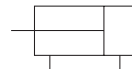


Specifications

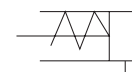
Type	Pneumatic (Non-lube)
Action	Double acting, Single rod
Fluid	Air
Proof pressure	1.5 MPa
Maximum operating pressure	1.0 MPa
Ambient and fluid temperature	Without auto switch: -10 to 70°C (No freezing) With auto switch: -10 to 60°C (No freezing)
Rubber bumper	Standard stroke: None, Long stroke: Standard equipment
Rod end thread	Female thread
Rod end thread tolerance	JIS Class 2
Stroke length tolerance	Standard stroke: $^{+1.0}_0$ Long stroke: $^{+1.4}_0$
Mounting	Through-hole/Both ends tapped common
Piston speed	50 to 500 mm/s

Symbol

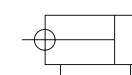
Double acting,
Single rod type



Single acting,
Spring return



Non-Rotating



How to Order

Without magnet

CQS [] B 20-30 D

With magnet

CDQS [] B 20-30 D

➔ Auto Switch Specifications
Refer to switch section.

Built-in magnet

Rod Type

-	Standard single Rod Type
K	Non-rotating Rod type*

*Non-rotating rod type for double acting only

Mounting style

B	Through-hole/Both ends tapped common (Standard)
L	Foot style
F	Rod side flange style
G	Head side flange style

*In the case of long strokes, use either ends tapped mounting or bracket mounting.

*Mounting brackets are shipped together, (but not assembled).

Bore size

12	12 mm
16	16 mm
20	20 mm
25	25 mm

Action

D	Double acting
S	Single acting

*Non-rotating type not available.

Cylinder stroke for Double Acting Type (mm)

Bore size (mm)	Standard stroke (mm)	Long stroke (mm)
12, 16	5, 10, 15, 20, 25, 30	35, 40, 45, 50, 75, 100
20	5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50	75, 100, 125, 150, 175, 200
25		* 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300

*Intermediate stroke upon request.

*Long stroke for non-rotating type (-K) not available

Cylinder stroke for Single Acting Type

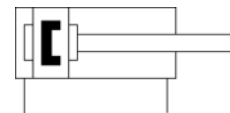
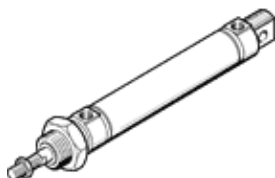
Bore size	Standard stroke (mm)
12,16,20,25	5, 10

Standard cylinder DSNU-8-50-P-A

Part number: 19180

FESTO

Based on DIN ISO 6432, for proximity sensing. Various mounting options, with or without additional mounting components. With elastic cushioning rings in the end positions.



Data sheet

Feature	values
Stroke	50 mm
Piston diameter	8 mm
Piston rod thread	M4
Cushioning	P: Flexible cushioning rings/plates at both ends
Assembly position	Any
Conforms to standard	CETOP RP 52 P ISO 6432
Piston-rod end	Male thread
Design structure	Piston Piston rod Cylinder barrel
Position detection	For proximity sensor
Variants	Single-ended piston rod
Working pressure	1.5 ... 10 bar
Mode of operation	double-acting
Operating medium	Compressed air in accordance with ISO8573-1:2010 [7:4:4]
Note on operating and pilot medium	Lubricated operation possible (subsequently required for further operation)
Corrosion resistance classification CRC	2
Ambient temperature	-20 ... 80 °C
Authorization	Germanischer Lloyd
Impact energy in end positions	0.03 J
Theoretical force at 6 bar, return stroke	22.6 N
Theoretical force at 6 bar, advance stroke	30.2 N
Moving mass with 0 mm stroke	7.5 g
Additional weight per 10 mm stroke	2.4 g
Basic weight for 0 mm stroke	34.6 g
Additional mass factor per 10 mm of stroke	1 g
Mounting type	with accessories
Pneumatic connection	M5
Materials note	Conforms to RoHS
Materials information for cover	Wrought Aluminum alloy neutral anodization
Materials information for seals	NBR TPE-U(PU)
Materials information for piston rod	High alloy steel, non-corrosive
Materials information for cylinder barrel	High alloy steel, non-corrosive

Technical data

Part number: 1463483
Order code: DSBC-63-750-PPVA-N3

FESTO

Dados técnicos

Feature	Value
Curso	750 mm
Ø do atuador	63 mm
Abreviação do tipo	DSBC
Amortecimento	Pneumatic cushioning adjustable at both ends
Posição de instalação	Indiferente
Tipo de construção	Êmbolo Haste Tubo de perfil
Detecção de posição	Para sensores de proximidade
Pressão operacional	0.05 ... 12.0 bar
Funcionamento	De dupla ação
meio de operação	Ar comprimido conforme ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Note operating/pilot medium	ar comprimido filtrado, com ou sem lubrificação
Corrosion resistance CRC	2 - Moderada resistência à corrosão
Temperatura do meio ambiente	-20 ... 80 °C
Impact energy in end p.	1,3 J
Theor. force 6 bar, ret.	1682 N
Theor. force 6 bar, adv..	1870 N
Perm. mov. mas. p.10mm h.	0 g 25 g
Tipo de fixação	rosca fêmea Com acessórios alternativo:
Conexão pneumática	G3/8
Indicação sobre os materiais	Contém substâncias com LABS Conformidade RoHS
Information about cover materials	Die-cast aluminium, coated
Info on cylinder barrel material	Smooth-anodised wrought aluminium alloy

6.4 ANEXO 4

Fichas técnicas dos restantes componentes

RENOLD

Chain Drive Calculation - 29-May-2019

Company: ISEP

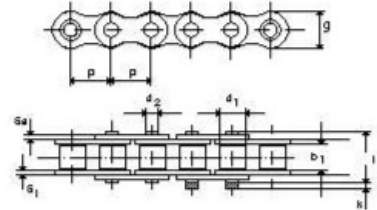
Contact: **Luis Afonso**
Dimensionamento de corrente - sistema de peso

Chain: 06 B (ISO 606) Simplex Renold

Serial Number: 06B1

Chain Data

Pitch:	$p = 9.525 \text{ mm}$	Height:	$g = 8.20 \text{ mm}$
ISO Breaking Load:	$F_b = 8900 \text{ N}$	Inner Plate Thickness:	$s_i = 1.25 \text{ mm}$
Inner Width:	$b_1 = 5.72 \text{ mm}$	Outer Plate Thickness:	$s_a = 1.00 \text{ mm}$
Roller Diameter:	$d_1 = 6.35 \text{ mm}$	Pin Length:	$l = 12.50 \text{ mm}$
Pin Diameter:	$d_2 = 3.28 \text{ mm}$	Connecting Pin Ext.:	$k = 1.30 \text{ mm}$
Mass:	$q = 0.39 \text{ kg/m}$	Bearing Area:	$f = 0.28 \text{ cm}^2$



Loading Condition

Input Power:	$P = 0.08 \text{ kW}$	Input Speed:	$n_1 = 449.94 \text{ rpm}$
Torque:	$T = 1.70 \text{ Nm}$	Static Force:	$F = 80.00 \text{ N}$
Chain Linear Velocity:	$v = 1.00 \text{ m/s}$	Centrifugal Force:	$F_f = 0.39 \text{ N}$
Bearing Pressure:	$P_r = 4.28 \text{ N/mm}^2$	Dynamic Force:	$F_d = 119 \text{ N}$
Chain Safety Factors:	Static: 111.25 Dynamic: 74.54	Total Force:	$F_g = 119.79 \text{ N}$

Environment Conditions

Loading Classification:	Driving Machine: Slight Shocks. Driven Machine: Moderate Shocks.
Service Conditions:	Inadequate lubrication (relative to lubrication).
Environment Condition:	Normal Environment. Indoor Application.

Expected Working Life of the Chain

The working life of the chain is > 15000

After this time, roller & bush fractures are possible.

Chain Drive

Number of Links:	$X = 98$	
Chain Length:	$l = 933.45 \text{ mm}$	
Centre Distance:	$a = 400.05 \text{ mm}$	
Ratio:	$i = 1.00$	
Number of Teeth:	Driving Sprocket (Z1): 14	Driven Sprocket (Z2): 14
Pitch Circle Diameter:	Driving Sprocket (Z1): 42.80 mm	Driven Sprocket (Z2): 42.80 mm
Recommended Lubrication:	Manual Lubrication	

Only valid for the above Renold product number.

Brushless Motor and Driver Package BLE Series

<Additional Information>

- Technical reference → Page H-1
- Regulations & Standards → Page I-2

Standard Type

RS-485
Communication
Type



● For detailed information about regulations and standards, please see the Oriental Motor website.



View Expanded Product Information, Specifications, CAD, Accessories & more online. Visit www.orientalmotor.com/catalog or use the QR code and select "BLE Series".

- A brushless motor and driver package designed with all the necessary functions for effective speed control.
- Speed Control Range: 100~4000 r/min (speed ratio 40:1)
- By using the control module (sold separately), additional performance and functions are possible.
- An RS-485 communications type is also available for easy connection to a wide variety of industrial networks and host systems.

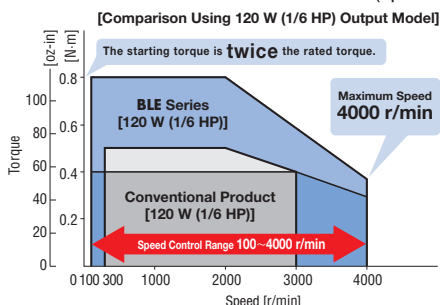
FLEX About FLEX → Page F-4

Features

Speed Control Range of 100~4000 r/min (Speed ratio 40:1)

Compared with conventional products, the speed control range is greatly expanded. Use in high-speed applications even at a maximum speed of 4000 r/min is possible.

Speed control range **BLE Series**: 100~4000 r/min (speed ratio 40:1)
Conventional Product: 300~3000 r/min (speed ratio 10:1)



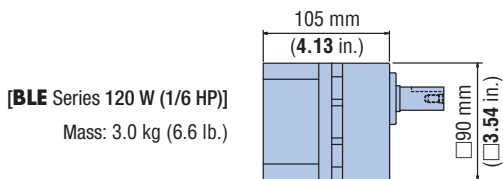
Excellent Speed Stability

The speed regulation (load) is $\pm 0.5\%$. For this reason, this mechanism ensures that the motor drives at a stable speed over its entire speed range from low to high, even when the load condition fluctuates.

[Conventional Product]	[BLE Series*]
Load -1%	Load $\pm 0.5\%$
Voltage $\pm 1\%$	Voltage $\pm 0.5\%$
Temperature $\pm 1\%$	Temperature $\pm 0.5\%$
	*During Analog Setting

Compact yet Powerful

High power is achieved with a slim body, efficient gearhead and a compact design allowing for additional space savings.

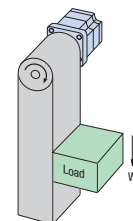


Energy Savings

Brushless motors use permanent magnets in the rotor. In comparison with inverter-controlled motors, they are high-efficiency with little loss, which means that energy savings is possible.

Speed Control during Vertical Operation is Possible

The electromagnetic brake type motor enables stable speed control even during vertical operation (gravitational operation). The electromagnetic brake is automatically controlled via the driver in accordance with the operation command signal. When the power is turned OFF, such as during a blackout, the motor stops instantaneously to hold the load in place.



Note

● Since regenerated energy is produced during vertical operation, a regeneration unit, sold separately, is required. Regeneration units → Page D-188

Additional Performance and Function

Functionality and performance can be improved by using in combination with the control module **OPX-2A** or the data setting software **MEXE02**.



● Control Module **OPX-2A**
(Sold separately)

or



● Data Setting Software **MEXE02**
The software can be downloaded from the Oriental Motor website.

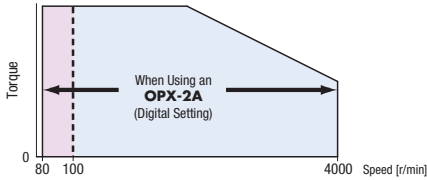
Various Settings	Speed, torque limit, acceleration time, deceleration time, I/O assignment, gear ratio, speed increasing ratio, conveyor gear ratio, conveyor speed increasing ratio, speed attainment range, overload warning level, overload warning function (enable/disable), JOG (test) run speed, JOG (test) run torque, digital/analog input signal selection ● Up to 16 points of operating data (speed, torque limit, acceleration time, and deceleration time) can be set*1
Monitoring Function (OPX-2A)	Speed, conveyor transportation speed, load factor, operating data No., alarm/warning (code indication), alarm/warning log (code indication), I/O monitor
Monitoring Function (MEXE02)	Status monitor: Speed, gear shaft speed, conveyor speed, load factor, operating selection number, alarm/warning, alarm/warning log I/O monitor: I/O signals, current internal/external potentiometer setting Waveform monitor: Setting speed, detected speed, I/O signals
Test Function	I/O test, JOG (test) operation
Data Copy	Download, upload, query*2, reset

*1 Specifications for the RS-485 communication type. Specifications of the standard type are up to 8 points.

*2 This function is only for the control module (**OPX-2A**).

◇ Speed Control Range Expanded to 80~4000 r/min

The digital speed setting function expands the speed control range to cover 80~4000 r/min (speed ratio 50:1).

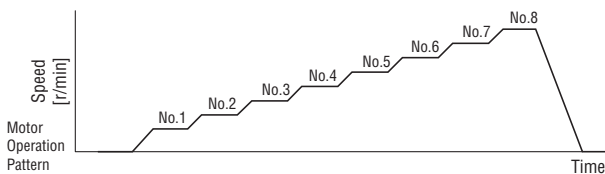


◇ Improved Speed Regulation

[BLE Series]	[When using digital speed setting]
Load ±0.5%	Load ±0.2%
Voltage ±0.5%	Voltage ±0.2%
Temperature ±0.5%	Temperature ±0.2%

◇ Multistep Speed-Change Operation up to 16 Speeds is Possible*

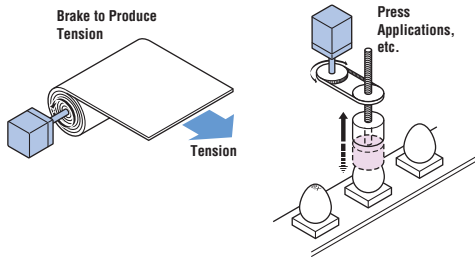
Multistep speed-change operation up to 16 speeds is possible using the **OPX-2A** or **MEXE02**. Speed setting in 1 r/min units as well as separate setting of the acceleration and deceleration time are possible.



*Specifications for the RS-485 Communication Type. Up to 8 types of operations are possible for the standard type.

◇ Limiting the Motor Output Torque

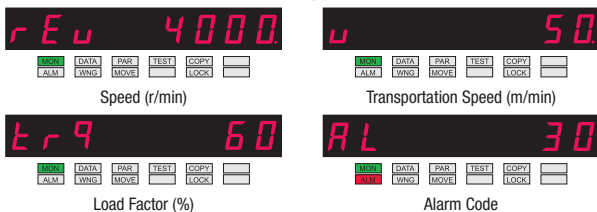
The motor output torque can be suppressed in accordance with the application and use condition.



◇ Various Digital Indications are Possible (Control module **OPX-2A**)

Speed, load factor, alarm code, etc. can be displayed digitally.

● The speed can be displayed as the speed of the gearhead output shaft.



Product Line

2 different types are available based on the system requirements.

- Standard Type
- **CLEO** RS-485 Communication Type
- Motor Types



Combination Type with Parallel Shaft Gearhead	Combination Type with Hollow Shaft Flat Gearhead	Round Shaft Type
Standard or with electromagnetic brake	Standard or with electromagnetic brake	Standard or with electromagnetic brake
Output Power 30 W (1/25 HP), 60 W (1/12 HP), 120 W (1/6 HP)		

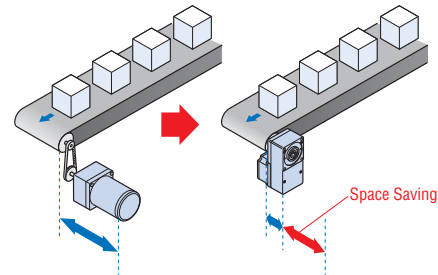
Gearhead Rated Life of 10000 Hours

The rated life of the parallel shaft gearhead and hollow shaft flat gearhead is 10000 hours. The parallel shaft gearhead has a long life that is twice as long as that of a conventional product.

- The parallel shaft gearheads for the 60 W (1/12 HP) and 120 W (1/6 HP) models have a tapped hole at the output shaft end.

Space Saving is Achieved with a Hollow Shaft Flat Gearhead

Direct connection to the drive shaft is possible without using a coupling, which will enable space saving.

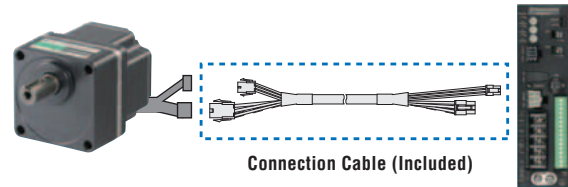


- Refer to page D-14 for further information on the features of parallel shaft gearheads and hollow shaft flat gearheads.

Cable Length and Flexible Extension Cable Can be Selected

◇ The Included Cable is 3 m (9.8 ft.)

Comes with a cable that is 3 m (9.8 ft.) in length for connecting the motor to the driver.



◇ Cables up to 20 m (65.6 ft.) are Available (Sold separately)

When the distance between the motor and the driver is 5 m (16.4 ft.) or longer, an accessory connection cable (sold separately) must be used. The distance between the motor and the driver can be extended up to 20 m (65.6 ft.).

- Connection Cables → Page D-183

◇ Flexible Extension Cables are Also Available (Sold separately)

Use the flexible connection cable in applications where the cable is bent and flexed.

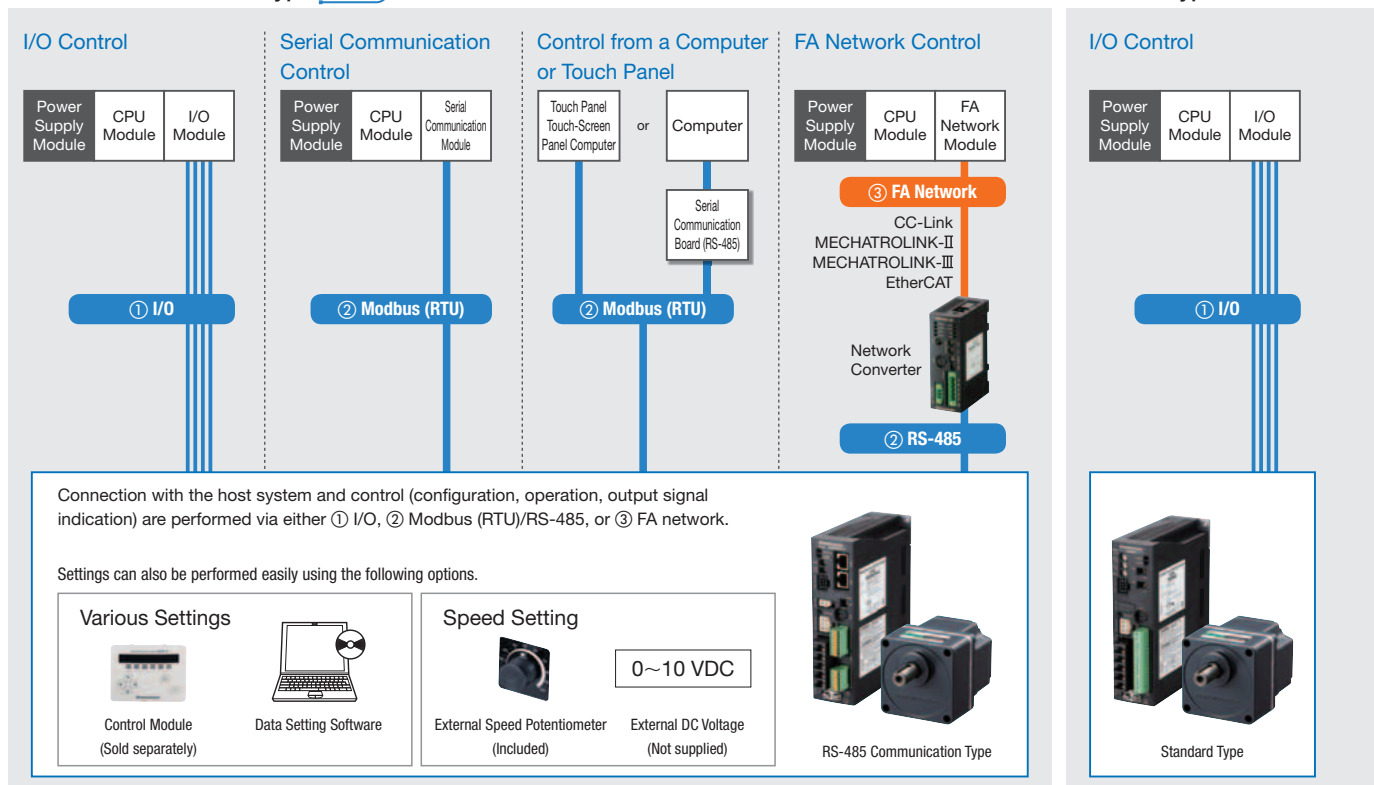
- Flexible Connection Cables → Page D-183

Connecting to a Wide Variety of Industrial Networks and Host Systems

In addition to the conventional I/O control, FA network control is now possible using Modbus (RTU) or network converters.

RS-485 Communication Type **FLEX**

Standard Type



① I/O

Connect directly to a switch box or PLC to construct an operation system controlled via I/O communication.

② Modbus (RTU)/RS-485

RS-485 communication can be used to set operating data and parameters, as well as input operation commands. Up to 31 drivers can be connected to 1 serial communication driver. There is a function that enables multiple shafts to be started simultaneously. The Modbus (RTU) protocol is supported and can be used to connect to panel computers and PCs.

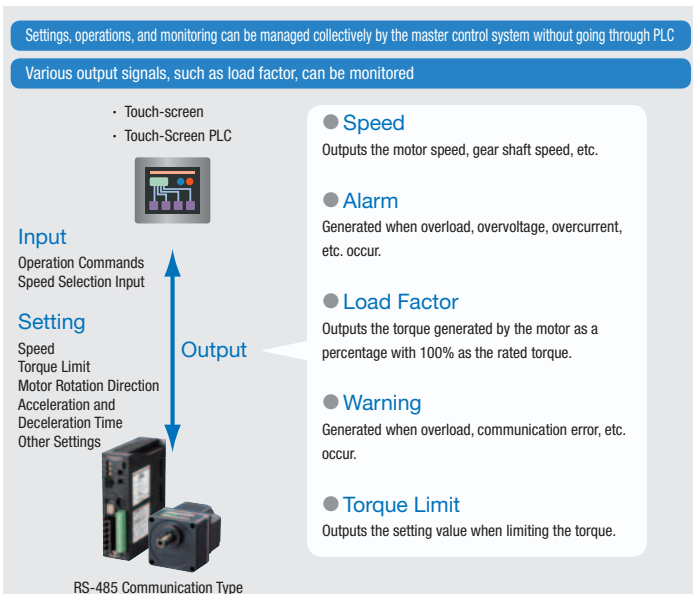
③ FA Network

By using a network converter (sold separately), CC-link communication, MECHATROLINK communication or EtherCAT communication is possible. All of these can be used to set operating data and parameters, as well as input operation commands.

◇ Advantages of the RS-485 Communication Type

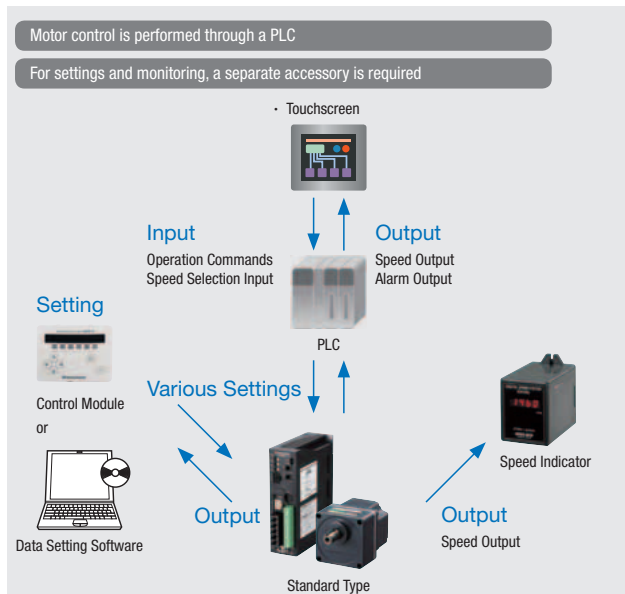
The **BLE** Series FLEX RS-485 Communication Type can be controlled entirely from a host system because operation, configuration, and monitoring are fed back to the host system. When controlling with a touch-screen or panel computer, load factor and other output signals can be monitored.

• RS-485 Communication Type



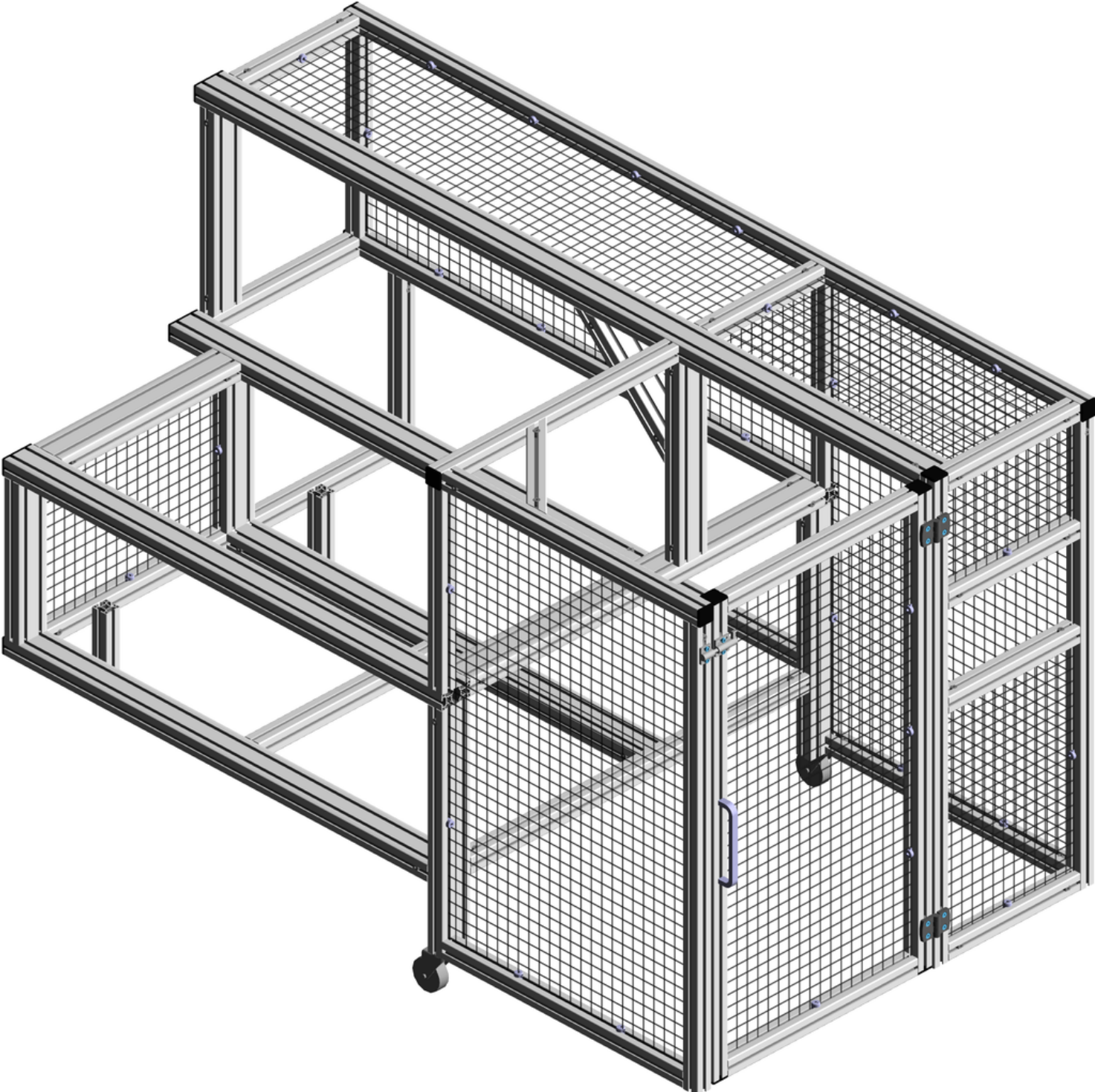
- The motor can be controlled directly from the host system such as a touch-screen or touch-screen PLC. The motor outputs its operating status such as motor speed and load factor to the host system to help improve equipment reliability.

• Standard Type



- The motor is controlled through inputs received from a switch box, PLC, or the like. Motor speed, alarm, and other signals are output to the master control system.

Design Title :
Revision Level :
Approved by :
Designer :
Company :
Address :
E-Mail :
Phone :
Date : 2019-08-03



Bill of materials

Pos	Article-No	Description	Units	Qty	Each €	Price €
1	1.11.040040.43LP-DA3DA3/351.1	Profile 40x40, 4E, light, plain ***PER DRAWING 1***	MM	1	10.54	10.54
2	1.11.040040.43LP-AA1AA2/400	Profile 40x40, 4E, light, plain	MM	1	9.67	9.67
3	1.11.040040.43LP-A00AA4/410	Profile 40x40, 4E, light, plain	MM	1	8.30	8.30
4	1.11.040040.43LP-AA1AA1/469	Profile 40x40, 4E, light, plain	MM	1	10.57	10.57
5	1.11.040040.43LP-AA4AA4/490	Profile 40x40, 4E, light, plain	MM	1	10.84	10.84
6	1.11.040040.43LP-A00AA4/650	Profile 40x40, 4E, light, plain	MM	1	11.41	11.41
7	1.11.040040.43LP-AA4AA4/660	Profile 40x40, 4E, light, plain	MM	1	13.04	13.04
8	1.11.040040.43LP-AA1AA1/660	Profile 40x40, 4E, light, plain	MM	1	13.04	13.04
9	1.11.040040.43LP-AA4A00/700	Profile 40x40, 4E, light, plain	MM	1	12.06	12.06
10	1.11.040040.43LP-AA4AA4/930	Profile 40x40, 4E, light, plain	MM	1	16.53	16.53
11	1.11.040040.43LP-AA4AA4/970	Profile 40x40, 4E, light, plain	MM	1	17.05	17.05
12	1.11.040040.43LP-A00AA4/1077	Profile 40x40, 4E, light, plain	MM	1	16.93	16.93
13	1.11.040040.43LP-AA4A00/1077	Profile 40x40, 4E, light, plain	MM	1	16.93	16.93
14	1.11.040040.43LP-A00A00/1095	Profile 40x40, 4E, light, plain	MM	1	15.66	15.66
15	1.11.040040.43LP-A00A00/1095	Profile 40x40, 4E, light, plain ***PER DRAWING 2***	MM	1	21.66	21.66
15.A	Q11A4I07161-5.5	Counterbore, left Ø 5.5 mm, distance 457.5 mm, Side: 4	EA	1		0.00
15.B	Q11A4I07161-5.5	Counterbore, left Ø 5.5 mm, distance 637.5 mm, Side: 4	EA	1		0.00
16	1.11.040040.43LP-A00A00/1117	Profile 40x40, 4E, light, plain	MM	1	15.95	15.95
17	1.11.040040.43LP-AA4AA4/1120	Profile 40x40, 4E, light, plain	MM	1	18.99	18.99
18	1.11.040040.43LP-A00A00/1315	Profile 40x40, 4E, light, plain	MM	1	18.51	18.51
19	1.11.040040.43LP-A00A00/2015	Profile 40x40, 4E, light, plain	MM	1	27.57	27.57
20	1.11.040040.43LP-A00A00/200	Profile 40x40, 4E, light, plain ***PER DRAWING 3***	MM	2	6.69	13.37
20.A	ZA4/20.0	Parallel-connector distance left: 20.0 mm, anchor on side: 1	EA	2		0.00
21	1.11.040040.43LP-AA1AA1/320	Profile 40x40, 4E, light, plain	MM	2	8.64	17.28
22	1.11.040040.43LP-AA4AA4/360	Profile 40x40, 4E, light, plain	MM	2	9.16	18.31
23	1.11.040040.43LP-AA1AA1/360	Profile 40x40, 4E, light, plain	MM	2	9.16	18.31
24	1.11.040040.43LP-AA4AA4/469	Profile 40x40, 4E, light, plain	MM	2	10.57	21.13
25	1.11.040040.43LP-AA4AA4/520	Profile 40x40, 4E, light, plain	MM	2	11.23	22.45
26	1.11.040080.64LP-KB1KB1/354	Profile 40x80, 6E, light, plain ***PER DRAWING 4***	MM	1	19.27	19.27
27	1.11.040080.64LP-FB1FB1/490	Profile 40x80, 6E, light, plain	MM	1	20.30	20.30
28	1.11.040080.64LP-FB1FL0/568	Profile 40x80, 6E, light, plain Depth of thread, right: 31.0 mm Position of thread, right: a	MM	1	21.21	21.21

Bill of materials

Pos	Article-No	Description	Units	Qty	Each €	Price €
29	1.11.040080.64LP-FB0FL0/568	Profile 40x80, 6E, light, plain Position for cross bushing bore, left: AE; Depth of thread, right: 31.0 mm Position of thread, right: b	MM	1	21.21	21.21
30	1.11.040080.64LP-FB1FB0/970	Profile 40x80, 6E, light, plain Position for cross bushing bore, right: AC;	MM	1	32.06	32.06
31	1.11.040080.64LP-FB1FB1/1120	Profile 40x80, 6E, light, plain	MM	1	35.74	35.74
32	1.11.040080.64LP-F00FB1/1160	Profile 40x80, 6E, light, plain	MM	1	33.72	33.72
33	1.11.040080.64LP-F00F00/1200	Profile 40x80, 6E, light, plain	MM	1	31.70	31.70
34	1.11.040080.64LP-FB0F00/1235	Profile 40x80, 6E, light, plain Position for cross bushing bore, left: BD;	MM	1	35.55	35.55
35	1.11.040080.64LP-FB0F00/1985	Profile 40x80, 6E, light, plain Position for cross bushing bore, left: CF;	MM	1	53.93	53.93
36	1.11.040080.64LP-FB4FB4/370	Profile 40x80, 6E, light, plain	MM	2	17.36	34.73
37	1.11.040080.64LP-FB0FB0/469	Profile 40x80, 6E, light, plain Position for cross bushing bore, left: AC;Position for cross bushing bore, right: AE;	MM	2	19.79	39.58
47	1.42.20404.2	Cover cap 40x40, dia: 12, black	EA	10	0.96	9.60
48	1.42.20408.2	Cover cap 40x80, black	EA	4	1.43	5.72
49	1.45.21075	Swivel castor with bolt hole, dia: 75	EA	2	9.10	18.20
50	1.61.210	Handle light	EA	1	7.56	7.56
51	1.65.2538078	Lock GD-ZN	EA	1	15.59	15.59
52	0.63.D06912.05035	Cylindric head screw, DIN 6912 - M5x35	EA	2	0.18	0.36
53	0.63.D06912.06016	Cylindric head screw, DIN 6912 - M6x16	EA	4	0.18	0.72
54	0.63.D06912.10030	Cylindric head screw, DIN 6912 - M10x30	EA	2	0.18	0.36
55	0.63.D07991.06014	Flat head screw, DIN 7991 - M6x14	EA	12	0.18	2.16
56	1.21.4E0	Connector, universal	EA	79	2.30	181.70
57	1.21.4E5	Connector, parallel-square	EA	2	2.30	4.60
58	1.21.4EK1	Connector, oblique-hinge l. + r.	EA	6	4.55	27.30
59	1.81.510E3	Mounting socket, E3	EA	64	2.82	180.48
60	1.32.4EM6	T-Nut for subsequent insertion, w. spring E, M6	EA	16	1.13	18.08
61	1.35.1141030	Threaded insert M14/M10, L30	EA	2	1.66	3.32
62	1.62.448.22/17	Hinge 48 fixed, A 22.5 A1 17.5	EA	2	3.58	7.16
63	1.62.448.22/22	Hinge 48 fixed, A 22.5	EA	2	3.58	7.16
Frame weight:				67.56 kg (148.94 lbs)	Frame price: € 1265.19	
38	1.88.143030-99	Woven wire net, steel galvanized, 4x30x30, SIZE: 340.00MM x 1255.00MM ***PER DRAWING 5***	SM	1	27.65	27.65
39	1.88.143030-99	Woven wire net, steel galvanized, 4x30x30, SIZE: 489.00MM x 1256.00MM ***PER DRAWING 6***	SM	1	32.33	32.33
40	1.88.433-99	Wire net, Alu, 4x30x30, SIZE: 250.00MM x 380.00MM ***PER DRAWING 7***	SM	1	13.25	13.25

Bill of materials

Pos	Article-No	Description	Units	Qty	Each €	Price €
41	1.88.433-99	Wire net, Alu, 4x30x30, SIZE: 390.00MM x 510.00MM ***PER DRAWING 8***	SM	1	18.44	18.44
42	1.88.433-99	Wire net, Alu, 4x30x30, SIZE: 380.00MM x 547.00MM ***PER DRAWING 9***	SM	1	18.89	18.89
43	1.88.433-99	Wire net, Alu, 4x30x30, SIZE: 340.00MM x 680.00MM ***PER DRAWING 10***	SM	1	20.05	20.05
44	1.88.433-99	Wire net, Alu, 4x30x30, SIZE: 540.00MM x 1047.00MM ***PER DRAWING 11***	SM	1	36.75	36.75
45	1.88.433-99	Wire net, Alu, 4x30x30, SIZE: 680.00MM x 1057.00MM ***PER DRAWING 12***	SM	1	44.42	44.42
46	1.88.433-99	Wire net, Alu, 4x30x30, SIZE: 680.00MM x 1057.00MM ***PER DRAWING 13***	SM	1	44.42	44.42

Panels weight: 9.87 kg (21.76 lbs) **Panels price:** € 256.20

Total Weight: 77.43 kg (170.71 lbs) **Total (EURO):** € 1521.39

* The price indicated above, does not include assembly, packaging, taxes and transport.