



PROJETO DE RECONDICIONAMENTO DE EQUIPAMENTO PRODUTIVO PARA COMPONENTES AUTOMÓVEIS

DIOGO ANDRÉ QUEIRÓS VIEIRA

novembro de 2020

NOVO CONCEITO DE SISTEMA *TRANSFER* PARA EQUIPAMENTOS DE PREPARAÇÃO DE TUBO ESPIRAL

Diogo André Queirós Vieira
1150843

2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



NOVO CONCEITO DE SISTEMA *TRANSFER* PARA EQUIPAMENTOS DE PREPARAÇÃO DE TUBO ESPIRAL

Diogo André Queirós Vieira
1150843

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 Doutor Francisco José Gomes da Silva do Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

2020

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



JÚRI

Presidente

Doutor Arnaldo Manuel Guedes Pinto

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Doutor Francisco José Gomes da Silva

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

Doutor Pedro Miguel Teixeira Marques

Investigador, INEGI e Professor Convidado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Doutor Francisco Silva por todo o apoio, orientação e dedicação ao longo das várias fases da elaboração da dissertação.

À PPRR-Metal pela oportunidade de estágio e pela confiança depositada.

À equipa de projeto da PPRR-Metal, em especial aos Engenheiros Paulos Santos e Hélder Pinto, por todas as sugestões e ajuda prestada durante a realização do projeto.

A toda a minha família, em especial aos meus pais, pelos valores que me transmitiram e a educação que me proporcionaram, e por todos os sacrifícios que fizeram para que pudesse estar nesta posição. Foram um apoio essencial ao longo de todo o meu percurso escolar.

PALAVRAS CHAVE

Máquina de preparação de espiral, Projeto mecânico, Engenharia Mecânica, Indústria Automóvel, Cabos de comando, Tubo espiral, Equipamento flexível

RESUMO

A indústria automóvel caracteriza-se como uma das mais exigentes a nível global. Como tal, a inerente procura por fornecedores que cumpram as suas necessidades ao menor preço, leva a que estes necessitem de encontrar soluções que permitam aumentar a sua competitividade e visibilidade perante a concorrência. Nos últimos anos, este fenómeno tem-se evidenciado na indústria de componentes para automóvel, que tem sofrido enormes desenvolvimentos. O principal desenvolvimento por parte dos fornecedores centra-se na automatização dos processos, que permite uma maior produtividade e qualidade dos produtos fornecidos. A par da competitividade, estes dois pontos são alguns dos pilares para o sucesso dentro da indústria automóvel.

É assim fundamental inovar nos processos e equipamentos utilizados na indústria. Esta inovação faz parte de um processo de melhoria contínua que os fornecedores da indústria automóvel procuram adotar na sua cultura empresarial, por forma a manter a competitividade dos seus produtos em evidência. Um dos exemplos onde isto é aplicado é na produção de cabos de comando, onde a automatização tem tido um papel bastante importante na flexibilidade dos processos e na qualidade do produto. Dentro desta família de produtos, os tubos de espiral, um dos componentes dos cabos de comando, têm-se mostrado como um dos pontos que necessita de uma melhoria contínua. Atualmente, o processo de preparação deste tipo de componente é feito de forma totalmente automatizada, o que comprova a importância da automatização. No entanto, a necessidade de fabrico de diferentes referências em lotes relativamente restritos leva a que os equipamentos utilizados se caracterizem pela sua elevada flexibilidade.

Através deste trabalho foi desenvolvido um projeto mecânico para a melhoria das máquinas de preparação de tubo espiral, cujo foco é aumentar o número de referências possíveis de fabricar, sem que isto prejudique a qualidade e produtividade do equipamento.

KEYWORDS

Conduit preparation machine, Mechanical design, Mechanical Engineering, Automotive Industry, Bowden cables, Conduit, Flexible equipment

ABSTRACT

The automotive industry is characterized as one of the most demanding globally. As such, the inherent demand for suppliers that meet the needs of the industry at the lowest price leads them to find solutions that allow them to increase their competitiveness and visibility facing the competition. In recent years, this phenomenon has been evident in the automobile component industry, which has undergone enormous developments. The main development on the part of suppliers is focused on the automation of processes, which allows for greater productivity and quality of the products supplied. Alongside competitiveness, these two points are some of the pillars for success within the automotive industry

It is therefore essential to innovate in the processes and equipment used in the industry. This innovation is part of a process of continuous improvement that suppliers in the automotive industry seek to adopt in their corporate culture, to keep the competitiveness of their products in evidence. One of the examples where this is applied is in the production of Bowden cables, where automation has played a very important role in the flexibility of processes and product quality. Within this product family, conduits, one of the components of Bowden cables, have proven to be one of the points of continuous improvement. Currently, the production process for this type of components is done in a fully automated way, which proves the importance of automation. However, the need for manufacturing different references means that the equipment used is characterized by its high flexibility.

Through this work, a mechanical project was developed to improve the spiral tube preparation machines, whose focus is to increase the number of possible references to manufacture, without this affecting the quality and productivity of the equipment.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

AFIA	Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
CAD	<i>Computer Aided Design</i> (Desenho Assistido por Computador)
CLP	Controlador Lógico Programável
CNC	<i>Computer Numerical Control</i> (Controlo Numérico Computorizado)
HMN	<i>Human-Machine Network</i> (Rede Homem-Máquina)
I&D	Investigação e Desenvolvimento
IA	Indústria Automóvel
INE	Instituto Nacional de Estatística
IoT	<i>Internet of Things</i>
MEF	Método de Elementos Finitos
OICA	<i>Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles</i> (Organização Internacional dos Fabricantes de Automóveis)
PIB	Produto Interno Bruto
SMED	<i>Single Minute of Exchange of Die</i>
UE	União Europeia
ZAMAK	Acrónimo alemão para os elementos primários da liga Zink (Zinco), Aluminium (Alumínio), Magnesium (Magnésio) e Kupfer (Cobre)

Lista de Unidades

bar	Bar
g	Gramma
Kgf/m ²	Quilograma força por metro quadrado
m	Metro
m/s	Metro por segundo
m/s ²	Metro por segundo quadrado
m ²	Metro quadrado
N	Newton
N·m	Newton metro
Pa	Pascal
s	Segundo

Lista de Símbolos

€	Euro
%	Percentagem

GLOSSÁRIO DE TERMOS

<i>Layout</i>	Disposição do espaço da empresa por zonas/secções, ou seja, departamentos, equipamentos, postos de trabalho, caminhos de passagem, entre outros.
<i>Friction stir welding</i>	Processo de união em estado sólido (o material não é fundido), em que o calor gerado pela fricção entre uma ferramenta e as peças a serem unidas é utilizado para promover a união.
<i>Interface</i>	Conexão entre dois peças de equipamento eletrónicos (por exemplo, dois computadores), ou entre uma pessoa e um computador.
<i>Key players</i>	Numa organização, mercado, evento ou situação em particular, os <i>key players</i> são as pessoas ou organizações envolvidas mais importantes.
<i>Low cost</i>	Baixo custo, ou com custo inferior a outros produtos do mesmo tipo.
<i>Payback</i>	Recuperação/reembolso do investimento realizado.
<i>Ranking</i>	Posição ou nível que algo ou alguém numa lista que compara a sua importância, qualidade, sucesso, entre outros parâmetros e características.
<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 produzida no ciclo seguinte.
<i>State of the art</i>	Termo utilizado para caracterizar algo muito moderno e que utiliza as ideias e métodos mais recentes.
<i>Tailor-made</i>	Termo utilizado quando algo é feito especialmente para uma pessoa, organização ou propósito específico.
<i>Teflon</i>	Nome comercial dado ao politetrafluoretileno (PTFE).
<i>Transfer</i>	Mecanismo utilizado para mover uma peça de um posto de trabalho para outro dentro da máquina, ou de uma máquina para outra.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE VEÍCULOS VENDIDOS A NÍVEL MUNDIAL [3].....	10
FIGURA 2: PRODUÇÃO AUTOMÓVEL EM PORTUGAL [15]	11
FIGURA 3: PESO DA INDÚSTRIA DE COMPONENTES PARA AUTOMÓVEIS NA ECONOMIA NACIONAL [23]	12
FIGURA 4: NÚMERO E LOCALIZAÇÃO DAS DIVERSAS FÁBRICAS EXISTENTES EM PORTUGAL [23]	12
FIGURA 5: EVOLUÇÃO DO VOLUME DE NEGÓCIOS E EXPORTAÇÕES DA INDÚSTRIA DE COMPONENTES NACIONAL [23].....	13
FIGURA 6: EVOLUÇÃO DA EXPORTAÇÃO DE COMPONENTES AUTOMÓVEIS EM PORTUGAL [26]	13
FIGURA 7: DESTINO DAS EXPORTAÇÕES DE COMPONENTES [23]	14
FIGURA 8: CABOS DE COMANDO [39]	15
FIGURA 9: CONSTITUIÇÃO DE UM CABO DE AÇO (ADAPTADO DE [47])	17
FIGURA 10: PADRÕES DE CORDA [47]	18
FIGURA 11: CONFIGURAÇÕES DE CABOS DE AÇO [47].....	18
FIGURA 12: DIFERENTES CONFIGURAÇÕES DE CABO METÁLICO [48]	19
FIGURA 13: CABO DE AÇO 19X7 E RESPECTIVA REPRESENTAÇÃO DA CONFIGURAÇÃO [49].....	19
FIGURA 14: TERMINAIS PRODUZIDOS POR DIFERENTES PROCESSOS: A) TORNEAMENTO; B) ESTAMPAGEM; C) FORJAMENTO; D) SINTERIZAÇÃO	19
FIGURA 15: EXEMPLOS DE TERMINAIS DE CABO DE AÇO, EM DIFERENTES MATERIAIS [50]	20
FIGURA 16: TERMINAIS INJETADOS EM ZAMAK.....	20
FIGURA 17: EXEMPLOS DE FLOR EM DIFERENTES CABOS [37].....	21
FIGURA 18: COMPARAÇÃO DO FORMATO DA FLOR ENTRE CABOS REVESTIDOS E NÃO REVESTIDOS [38]	21
FIGURA 19: TUBO ESPIRAL [ELABORAÇÃO PRÓPRIA].....	22
FIGURA 20: TUBO DE AÇO ENROLADO EM ESPIRAL [46]	22
FIGURA 21: TERMINAL ROSCADO [40]	22
FIGURA 22: CONSTITUIÇÃO DE UM TUBO ESPIRAL, INCLUINDO O CABO DE AÇO [35]	23
FIGURA 23: EXEMPLOS DO TIPO DE TERMINAIS DE TUBO ESPIRAL EXISTENTES [50].....	23
FIGURA 24: TERMINAIS COLOCADOS NA EXTREMIDADE DO TUBO ESPIRAL [39].....	24
FIGURA 25: DIFERENTES SOLUÇÕES DE REDUÇÃO DE RUÍDO: (A) TUBO DE ESPONJA E (B) TUBO DE BORRACHA [54].....	24
FIGURA 26: EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DE TUBO ESTRELA EM CABOS DE COMANDO [ELABORAÇÃO PRÓPRIA].....	25
FIGURA 27: CABOS DE COMANDO E SEUS DIVERSOS COMPONENTES [39].....	26
FIGURA 28: FASE INICIAL DA PRODUÇÃO DE UM CABO DE COMANDO	27
FIGURA 29: ÚLTIMA FASE DA PRODUÇÃO DE CABOS DE COMANDO	28
FIGURA 30: LINHA DE PRODUÇÃO AUTOMÓVEL, UM EXEMPLO TÍPICO DA AUTOMATIZAÇÃO DE PROCESSOS [58]	29

FIGURA 31: RELAÇÃO ENTRE VARIEDADE E QUANTIDADE PRODUZIDA PARA OS DIFERENTES TIPOS DE AUTOMATIZAÇÃO	33
FIGURA 32: EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA AUTOMAÇÃO FIXA [68]	34
FIGURA 33: MÁQUINA DE CONTROLO NUMÉRICO, UM BOM EXEMPLO DE AUTOMAÇÃO PROGRAMÁVEL [70].....	35
FIGURA 34: EXEMPLO DE UM SISTEMA COM AUTOMAÇÃO FLEXÍVEL [67]	36
FIGURA 35: ROBÔS EM AMBIENTE INDUSTRIAL [73]	37
FIGURA 36: ROBÔ DE DOIS BRAÇOS [78]	37
FIGURA 37: ROBÔS DE SOLDADURA NUMA LINHA DE PRODUÇÃO AUTOMÓVEL [85].....	38
FIGURA 38: SENSOR MAGNÉTICO (SENSOR DE PROXIMIDADE INDUTIVO) [100]	44
FIGURA 39: SENSOR MECÂNICO (FIM DE CURSO) [101]	44
FIGURA 40: REPRESENTAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DE UM <i>ENCODER</i> ROTATIVO [102]	47
FIGURA 41: MANÓMETRO DE PRESSÃO [103]	47
FIGURA 42: PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DE UM SENSOR DE ULTRASSONS [104]	47
FIGURA 43: ATUADORES ELÉTRICOS [98]	48
FIGURA 44: ATUADORES PNEUMÁTICOS [106]	48
FIGURA 45: ATUADORES HIDRÁULICOS [98]	49
FIGURA 46: COMPARAÇÃO DOS DIFERENTES TIPOS DE ATUADORES [98]	49
FIGURA 47: EMPRESA PR METAL.....	54
FIGURA 48: FENÓMENO DE FLEXÃO NUM CABO DE COMANDO	55
FIGURA 49: CONCEITO BÁSICO DO EQUIPAMENTO DESENVOLVIDO	56
FIGURA 50: EQUIPAMENTO DESENVOLVIDO	58
FIGURA 51: CASO DE CARGA APRESENTADO PELO FORNECEDOR.....	60
FIGURA 52: TABELA DE FATOR DE CARGA H [108]	61
FIGURA 53: DIAGRAMAS DE ENCURVADURA - CRITÉRIO DE EULER.....	62
FIGURA 54: GRÁFICO CARGA/VELOCIDADE PARA O MODELO LEFS25.....	64
FIGURA 55: GRÁFICO VELOCIDADE/TEMPO	65
FIGURA 56: GRÁFICOS PARA VERIFICAÇÃO DOS MOMENTOS SEGUNDOS OS DIFERENTES EIXOS.....	65
FIGURA 57: DIVISÃO DO EQUIPAMENTO EM CONJUNTOS	69
FIGURA 58: CONJUNTO 02 - <i>TRANSFER</i>	70
FIGURA 59: LOCALIZAÇÃO DO CONJUNTO 02 - <i>TRANSFER</i> NA MÁQUINA.....	70
FIGURA 60: SUBCONJUNTO 020 - PASSO PEREGRINO	71
FIGURA 61: SUPORTE DE ESPIRAIS	71
FIGURA 62: RÉGUA DE FIXAÇÃO DOS SUPORTES DE ESPIRAIS	71
FIGURA 63: BATENTE DE AMORTECIMENTO.....	72
FIGURA 64: BATENTE DE AMORTECIMENTO COM FURO ROSCADO PARA LIGAÇÃO AO CILINDRO	72
FIGURA 65: SUBCONJUNTO 021 - ELEVADOR.....	72
FIGURA 66: PORMENOR DE FIXAÇÃO DO CILINDRO CD55B80-125M E LIGAÇÃO AO SUBCONJUNTO 020 - PASSO PEREGRINO	73
FIGURA 67: PORMENOR DA COLOCAÇÃO, EM LINHA, DOS AMORTECEDORES.....	73
FIGURA 68: DIAGRAMA DE ESFORÇOS DO SUBCONJUNTO 020 – PASSO PEREGRINO	76
FIGURA 69: AMORTECEDOR SMC DA SÉRIE RB [111].....	78
FIGURA 70: EIXO MACIÇO (MEM-20-02110).....	78

FIGURA 71: TENSÃO EQUIVALENTE DE VON MISES DO COMPONENTE MEM-20-02110	80
FIGURA 72: DESLOCAMENTOS DO COMPONENTE MEM-20-02110.....	80
FIGURA 73: BARRA DE SUPORTE DO CONJUNTO 02 - <i>TRANSFER</i> (MEM-20-02111)	80
FIGURA 74: TENSÃO EQUIVALENTE DE VON MISES DO COMPONENTE MEM-20-02111	81
FIGURA 75: DESLOCAMENTOS DO COMPONENTE MEM-20-02111.....	81
FIGURA 76: TENSÕES EQUIVALENTES DE VON MISES DO CONJUNTO 02 - <i>TRANSFER</i>	83
FIGURA 77: DESLOCAMENTO DO CONJUNTO 02 - <i>TRANSFER</i>	83
FIGURA 78: POSIÇÃO DOS SUBCONJUNTOS 04.....	84
FIGURA 79: SUBCONJUNTO 040 – ESCAREAR_ESMERILAR	85
FIGURA 80: FIXADOR EM ALUMÍNIO	85
FIGURA 81: ABERTURA DA CAIXA DE ACESSO ÀS FRESAS	86
FIGURA 82: BATENTE DE POSICIONAMENTO DA ESPIRAL.....	87
FIGURA 83: BATENTE DE POSICIONAMENTO DA ESPIRAL ADAPTADO	87
FIGURA 84: SUBCONJUNTO 041 - MEDIÇÃO DO DIÂMETRO EXTERIOR.....	87
FIGURA 85: PORMENOR DO SISTEMA PASSA/NÃO PASSA.....	88
FIGURA 86: SUBCONJUNTO 042 - BATENTE DE MEDIÇÃO DO COMPRIMENTO	89
FIGURA 87: CONJUNTO 03 - BASE FIXA	89
FIGURA 88: LOCALIZAÇÃO DO CONJUNTO 03 - BASE FIXA NA MÁQUINA	90
FIGURA 89: UM DE VÁRIOS SEGMENTOS QUE CONSTITUEM A BASE CENTRAL DO CONJUNTO 03	90
FIGURA 90: RÉGUAS DE FIXAÇÃO E REFORÇO DO CONJUNTO 03 - BASE FIXA	91
FIGURA 91: UMA DAS DUAS BASES LATERAIS UTILIZADAS NO CONJUNTO 03 - BASE FIXA.....	91
FIGURA 92: PRESSÓSTATO IS30A-C6L-B-A2.....	91
FIGURA 93: CONJUNTO 03 – BASE FIXA E POSTOS DE TRABALHO DO CONJUNTO 04 – ESTAÇÕES DE PASSO PEREGRINO	92
FIGURA 94: TENSÃO EQUIVALENTE DE VON MISES DO CONJUNTO 03 – BASE FIXA	93
FIGURA 95: DESLOCAMENTOS DO CONJUNTO 03 – BASE FIXA	93
FIGURA 96: LOCALIZAÇÃO DO CONJUNTO 05 - CALCADORES NA MÁQUINA	94
FIGURA 97: CONJUNTO 05 – CALCADORES_E	95
FIGURA 98: CONJUNTO 05 – CALCADORES_D.....	95
FIGURA 99: SUPORTE DOS ROLAMENTOS LINEARES	96
FIGURA 100: FURO PARA MONTAGEM/DESMONTAGEM DOS ROLAMENTOS	96
FIGURA 101: POSICIONAMENTO DOS ROLAMENTOS	96
FIGURA 102: SOPRO	97
FIGURA 103: CONJUNTO 06 - ALINHAMENTO DE ESPIRAIS	98
FIGURA 104: VARIANTE DO CONJUNTO 06 - ALINHAMENTO DE ESPIRAIS	98
FIGURA 105: LOCALIZAÇÃO DO CONJUNTO 06 - ALINHAMENTO DE ESPIRAIS NA MÁQUINA	98
FIGURA 106: EMPURRADOR DE ESPIRAIS.....	99
FIGURA 107: PORMENOR DA CALHA ARTICULADA E DA SUA FIXAÇÃO AO CONJUNTO 06 – ALINHAMENTO DE ESPIRAIS	99
FIGURA 108: CILINDRO CDQSB20-10DCM E GUIAMENTO EM GRANZEPE.....	100
FIGURA 109: SENSOR INDUTIVO M8 E RESPECTIVA PEÇA DE FIXAÇÃO	101
FIGURA 110: SOLUÇÃO PARA PRENDER AS ESPIRAIS DURANTE A MEDIÇÃO DO COMPRIMENTO.....	102
FIGURA 111: COMPONENTES MEM-20-06002 (VERMELHO) E MEM-20-06003 (BEGE)	103

FIGURA 112: TENSÃO EQUIVALENTE DE VON MISES DOS COMPONENTES MEM-20-06002 E MEM-20-06003	105
FIGURA 113: DESLOCAMENTOS DOS COMPONENTES MEM-20-06002 E MEM-20-06003	105
FIGURA 114: CONJUNTO 07 - EXTRAÇÃO	105
FIGURA 115: LOCALIZAÇÃO DO CONJUNTO 07 - EXTRAÇÃO NA MÁQUINA	106
FIGURA 116: SUBCONJUNTO 010 - ESTRUTURA PRINCIPAL	107
FIGURA 117: SUBCONJUNTO 011 - SUBESTRUTURA	107
FIGURA 118: SUBCONJUNTO 012 - CAIXA DE ASPIRAÇÃO	107
FIGURA 119: SISTEMA DE AFINAÇÃO DOS CILINDROS CD55B80-25M	107
FIGURA 120: COMPARTIMENTO SOLDADO AO SUBCONJUNTO 011 - ESTRUTURA PRINCIPAL	108
FIGURA 121: SUBCONJUNTO 012 - CAIXA DE ASPIRAÇÃO FIXADO NO RESPETIVO COMPARTIMENTO ..	108
FIGURA 122: SUBCONJUNTO 011 – SUBESTRUTURA COM OS RESPETIVOS COMPONENTES FIXADOS ...	109
FIGURA 123: PÉS NIVELADORES [113]	109
FIGURA 124: TENSÃO EQUIVALENTE DE VON MISES DO SUBCONJUNTO 011 - SUBESTRUTURA	111
FIGURA 125: DESLOCAMENTOS DO SUBCONJUNTO 011 - SUBESTRUTURA	111
FIGURA 126: SUBCONJUNTO 011 - ESTRUTURA PRINCIPAL E OUTROS SUBCONJUNTOS	112
FIGURA 127: TENSÃO EQUIVALENTE DE VON MISES DO SUBCONJUNTO 010 – ESTRUTURA PRINCIPAL	115
FIGURA 128: DESLOCAMENTOS DO SUBCONJUNTO 010 – ESTRUTURA PRINCIPAL	115

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1: NÚMERO DE VEÍCULOS PRODUZIDOS E VENDIDOS ENTRE 2017 E 2019 [3,9–11]	9
TABELA 2: COMPONENTES QUE CONSTITUEM UM CABO DE COMANDO	25
TABELA 3: ESTUDOS QUE COMPROVAM A VANTAGEM DA AUTOMATIZAÇÃO EM RELAÇÃO À ROBOTIZAÇÃO.....	30
TABELA 4: ESTUDOS EM QUE FOI APLICADA A AUTOMATIZAÇÃO DE PROCESSOS	31
TABELA 5: ESTUDOS FOCADOS NA ROBOTIZAÇÃO DE PROCESSOS DE PRODUÇÃO	39
TABELA 6: ESTUDOS RELACIONADOS COM INTERAÇÃO HOMEM/MÁQUINA	42
TABELA 7: CATEGORIAS DE ESTÍMULOS E RESPECTIVAS VARIÁVEIS FÍSICAS [99]	44
TABELA 8: APARELHOS DE MEDIDA USUALMENTE UTILIZADOS EM AUTOMAÇÃO [99]	45
TABELA 9: PARÂMETROS A CONSIDERAR NUMA ANÁLISE DE ELEMENTOS FINITOS	66
TABELA 10: CONJUNTOS DA MÁQUINA E SUAS FUNÇÕES.....	68
TABELA 11: CONDIÇÕES PARA O DIMENSIONAMENTO DO CILINDRO DO MOVIMENTO HORIZONTAL	74
TABELA 12: DADOS PARA VERIFICAÇÃO DA HASTE DO CILINDRO DO MOVIMENTO HORIZONTAL.....	74
TABELA 13: CONDIÇÕES PARA O DIMENSIONAMENTO DO CILINDRO DO MOVIMENTO VERTICAL	75
TABELA 14: DADOS PARA VERIFICAÇÃO DA HASTE DO CILINDRO DO MOVIMENTO VERTICAL.....	75
TABELA 15: PARÂMETROS A CONSIDERAR NA SELEÇÃO DOS PATINS	76
TABELA 16: PARÂMETROS NECESSÁRIA PARA ESTIMAR A VIDA ÚTIL DO SISTEMA DE GUIAMENTO LINEAR	77
TABELA 17: CONDIÇÕES FRONTEIRA NA SIMULAÇÃO DO COMPONENTE MEM-20-02110.....	79
TABELA 18: CONDIÇÕES DE CARGA NA SIMULAÇÃO DO COMPONENTE MEM-20-02110.....	79
TABELA 19: CARACTERÍSTICAS DA MALHA UTILIZADA NA SIMULAÇÃO DO COMPONENTE MEM-20-02110	79
TABELA 20: CONDIÇÕES FRONTEIRA NA SIMULAÇÃO DO COMPONENTE MEM-20-02111.....	81
TABELA 21: CONDIÇÕES DE CARGA NA SIMULAÇÃO DO COMPONENTE MEM-20-02111.....	81
TABELA 22: CARACTERÍSTICAS DA MALHA UTILIZADA NA SIMULAÇÃO DO COMPONENTE MEM-20-02111	81
TABELA 23: CONDIÇÕES FRONTEIRA NA SIMULAÇÃO DO CONJUNTO 02 - <i>TRANSFER</i>	82
TABELA 24: CONDIÇÕES DE CARGA NA SIMULAÇÃO DO CONJUNTO 02 - <i>TRANSFER</i>	82
TABELA 25: CARACTERÍSTICAS DA MALHA UTILIZADA NA SIMULAÇÃO DO CONJUNTO 02 - <i>TRANSFER</i> ...	83
TABELA 26: CONDIÇÕES FRONTEIRA NA SIMULAÇÃO DO CONJUNTO 03 – BASE FIXA	92
TABELA 27: CONDIÇÕES DE CARGA NA SIMULAÇÃO DO CONJUNTO 03 – BASE FIXA	93
TABELA 28: CARACTERÍSTICAS DA MALHA UTILIZADA NA SIMULAÇÃO DO CONJUNTO 03 – BASE FIXA ..	93
TABELA 29: CONDIÇÕES PARA O DIMENSIONAMENTO DO CILINDRO DO CONJUNTO 05 - CALCADORES	97
TABELA 30: CONDIÇÕES FRONTEIRA NA SIMULAÇÃO DO CONJUNTO 06 - ALINHAMENTO DE ESPIRAIS	103
TABELA 31: CONDIÇÕES DE CARGA NA SIMULAÇÃO DO CONJUNTO 06 - ALINHAMENTO DE ESPIRAIS .	104
TABELA 32: CARACTERÍSTICAS DA MALHA UTILIZADA NA SIMULAÇÃO DOS COMPONENTES MEM-20- 06002 E MEM-20-06003	104
TABELA 33: CONDIÇÕES FRONTEIRA NA SIMULAÇÃO DO SUBCONJUNTO 011 - SUBESTRUTURA	110

TABELA 34: CONDIÇÕES DE CARGA NA SIMULAÇÃO DO SUBCONJUNTO 011 - SUBESTRUTURA	110
TABELA 35: CARACTERÍSTICAS DA MALHA UTILIZADA NA SIMULAÇÃO DO SUBCONJUNTO 011 - SUBESTRUTURA	111
TABELA 36: CONDIÇÕES FRONTEIRA NA SIMULAÇÃO DO SUBCONJUNTO 010 – ESTRUTURA PRINCIPAL	112
TABELA 37: CONDIÇÕES DE CARGA NA SIMULAÇÃO DO SUBCONJUNTO 010 – ESTRUTURA PRINCIPAL	113
TABELA 38: CARACTERÍSTICAS DA MALHA UTILIZADA NA SIMULAÇÃO DO SUBCONJUNTO 010 – ESTRUTURA PRINCIPAL	115
TABELA 39: EVOLUÇÃO DA MONTAGEM DO EQUIPAMENTO	116
TABELA 40: ORÇAMENTAÇÃO DO EQUIPAMENTO	120
TABELA 41: PREÇOS DOS DIFERENTES MATERIAIS E TRATAMENTOS UTILIZADOS NO PROJETO	120
TABELA 42: CUSTO DE UTILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTO DE MAQUINAÇÃO, POR HORA	120
TABELA 43: SINALIZAÇÃO TÍPICA	122
TABELA 44: AÇÕES PREVENTIVAS DE MANUTENÇÃO	123
TABELA 45: BALANÇO DOS OBJETIVOS PROPOSTOS E RESULTADOS OBTIDOS	128
TABELA 46: LISTAGEM DE COMPONENTES NORMALIZADOS	143
TABELA 47: LISTAGEM DE COMPONENTES A FABRICAR	145

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	VII
RESUMO	IX
ABSTRACT	XI
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS	XIII
GLOSSÁRIO DE TERMOS	XV
ÍNDICE DE FIGURAS	XVII
ÍNDICE DE TABELAS	XXI
ÍNDICE	XXIII
1 INTRODUÇÃO	3
1.1 Contextualização	3
1.2 Objetivos	3
1.3 Metodologia prática	4
1.4 Empresa de acolhimento	4
1.5 Estrutura da dissertação	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
2.1 Indústria automóvel.....	9
2.1.1 Importância económica.....	9
2.1.2 Importância do fabrico de componentes.....	11
2.1.3 Pilares da indústria automóvel.....	14
2.2 Cabos de comando.....	15
2.2.1 Aplicações/Incorporação nas viaturas.....	16
2.2.2 Constituição/Componentes.....	16
2.2.3 Processos de fabrico.....	26
2.3 Automatização de processos	28
2.3.1 Tipos de automatização	32

2.3.2	Robotização	36
2.3.3	Interação Homem/Máquina.....	40
2.3.4	Sensores e atuadores	43
3	DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS	53
3.1	Caracterização da empresa, do processo e do problema.....	53
3.1.1	Caracterização da empresa	53
3.1.2	Caracterização do processo.....	54
3.1.3	Caracterização do problema	55
3.2	Desenvolvimento e resultados.....	56
3.2.1	Anteprojeto	56
3.2.2	Projeto mecânico	57
3.2.2.1	Metodologias de dimensionamento utilizadas.....	58
3.2.2.1.1	Dimensionamento do sistema de guiamento linear	58
3.2.2.1.2	Dimensionamento de cilindros	60
3.2.2.1.3	Dimensionamento do eixo elétrico.....	63
3.2.2.1.4	Método de Elementos Finitos (MEF).....	66
3.2.2.2	Principais conjuntos do equipamento e suas funções.....	68
3.2.2.3	02 – Transfer	69
3.2.2.4	04 – Estações de passo peregrino.....	83
3.2.2.4.1	040 – Escarear_Esmerilar.....	84
3.2.2.4.2	041 - Medição do diâmetro exterior	87
3.2.2.4.3	042 - Batente de medição de comprimento	88
3.2.2.5	03 – Base fixa	89
3.2.2.6	05 – Calçadores.....	94
3.2.2.7	06 – Alinhamento de espirais	98
3.2.2.8	07 – Extração	105
3.2.2.9	01 – Estruturas.....	106
3.2.3	Listas de componentes.....	116
3.2.4	Procedimento de montagem	116
3.2.5	Análise de custos.....	119
3.2.6	Manual de operação	120
3.2.7	Manual de manutenção	123
4	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	127
4.1	Conclusões	127
4.2	Propostas de trabalhos futuros.....	129
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO.....	133

6	ANEXOS.....	143
6.1	Anexo 1.....	143
6.1.1	Listagem de componentes normalizados.....	143
6.1.2	Listagem de componentes a fabricar	145
6.2	Anexo 2.....	153
6.2.1	Guias e patins	153
6.2.2	Elementos pneumáticos	167
6.2.3	Outros componentes.....	205
6.2.3.1	Eixo elétrico	205
6.2.3.2	Calha articulada	219
6.2.3.3	Casquilhos e rolamentos.....	225
6.2.3.4	Pés niveladores	231
6.3	Anexo 3.....	237
6.3.1	Orçamentos	237
6.4	Anexo 4.....	251
6.4.1	Desenhos técnicos e vistas explodidas.....	251

INTRODUÇÃO

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

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Sendo a indústria automóvel um setor de elevada competitividade e exigência, todas as empresas nele envolvidas estão sujeitas a enorme pressão para se manterem relevantes e competitivas. Assim, é clara a importância da inovação neste setor como fator diferenciador para a concorrência. Aliado a isto, a qualidade do produto e serviços oferecidos tornam-se fulcrais para o sucesso de uma empresa.

Para tal, os fabricantes trabalham com um conjunto de parceiros e fornecedores que, também eles, devem evoluir e inovar para se manterem competitivos, caso contrário correm o risco de se tornarem redundantes.

A automação e flexibilidade dos equipamentos são, assim, dois pontos aos quais deve ser dada especial atenção quando é projetado e desenvolvido um novo equipamento para esta indústria.

Com a constante evolução e inovação, a flexibilidade de um equipamento deve ser maximizada por forma a dar ao cliente um produto com valor acrescentado, pois permite a produção de diversas variantes de um produto sem a necessidade de investir em diferentes equipamentos.

Por fim, a automação de um equipamento é a base para uma qualidade de produção consistente. Adicionalmente, uma maior automatização permite um aumento da produtividade e reprodutibilidade, criando condições para um menor custo do produto e uma mais rápida amortização do investimento no equipamento.

1.2 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um novo sistema *transfer* para máquinas de preparação de espirais metálicas utilizadas em *bowden cables* (em português, cabos de comando), por forma a expandir a gama de produtos fabricados por um dado equipamento.

Dadas as diversas aplicações de cabos de comando existentes na indústria automóvel, é necessário o fabrico de cabos com diferentes comprimentos. Atualmente, a solução de ajuste ao comprimento da espiral aplicada nos equipamentos funciona com base numa plataforma móvel. As espirais são apoiadas nas extremidades, sendo uma delas fixa e a outra móvel. Isto cria dois problemas que podem influenciar a qualidade do produto

produzido e levar à sua rejeição no fim da linha de produção. O primeiro problema prende-se com o facto de, nas espirais de maior comprimento, se verificar o fenómeno de flexão a meio do vão. Por outro lado, dado que apenas um dos pontos de apoio se move, pode levar a falhas no alinhamento da plataforma entre cada parte do processo de produção.

Em suma, os objetivos deste trabalho passam por:

- Corrigir os problemas de flexão existentes em espirais de maior comprimento;
- Corrigir e diminuir falhas no posicionamento dos conjuntos de preparação de espiral;
- Simplificar o sistema *transfer*.

1.3 Metodologia prática

A elaboração do presente trabalho seguiu a metodologia que a seguir se descreve:

- Revisão do estado da arte relativamente ao processo em causa;
- Estudo do conceito proposto e das necessidades/requisitos impostos pelo projeto;
- Análise dos sistemas e conjuntos a utilizar no novo projeto;
- Estudo de todos os conjuntos que são atualmente utilizados pela empresa;
- Projeto e desenvolvimento de novos sistemas e conjuntos;
- Análise e desenvolvimento de alterações necessárias aos conjuntos utilizados atualmente;
- Validação de todo o equipamento;
- Redação da presente Dissertação.

1.4 Empresa de acolhimento

A PPRR - Metal, Lda. (daqui em diante mencionada como PR Metal) é uma empresa especializada no projeto e fabrico de equipamentos para o fabrico de componentes para a indústria automóvel. Pertencente ao Grupo PR, foca-se no desenvolvimento de equipamentos de produção adaptados às necessidades específicas dos clientes. De entre os equipamentos fabricados pela empresa, podem-se destacar os seguintes:

- Máquinas de injeção de ZAMAK;
- Máquinas de dobragem e montagem de arames;
- Máquina de preparação de espiral metálica;
- Máquinas especiais (*Tailor-made*).

O projeto foi desenvolvido durante um estágio curricular de cinco meses na empresa, com orientação tutorial na empresa assegurada pelos Eng.º Gabriel Cunha e Paulo

Santos, através de uma parceria existente entre a mesma e o Mestrado em Engenharia Mecânica do ISEP.

1.5 Estrutura da dissertação

A estrutura deste trabalho está assente, essencialmente, em quatro partes: uma Introdução, onde o leitor é enquadrado com os temas e matérias presentes nesta Dissertação; uma Revisão Bibliográfica inicial, onde são abordados os desenvolvimentos técnicos e científicos publicados em artigos e livros científicos relacionados com o tema em desenvolvimento; o Desenvolvimento da vertente prática do projeto, sequenciando as diversas etapas evolutivas, as soluções geradas, as aproveitadas e rejeitadas e a forma como foi pensada a estrutura do novo equipamento; e a Conclusão, onde são analisados e criticados os resultados obtidos e apresentadas ideias para melhorias futuras.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Indústria automóvel

2.2 Cabos de comando

2.3 Automatização de processos

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Indústria automóvel

2.1.1 Importância económica

Internacional

A indústria automóvel (IA) é um dos principais impulsionadores da indústria mundial e, particularmente, da indústria europeia. O facto de a mobilidade ser uma das características mais importantes para o estilo e qualidade de vida modernos, leva a que a IA tenha uma influência cada vez maior no quotidiano do ser humano.

Segundo os dados disponibilizados pela *Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles* (OICA), entre 2010 e 2017 verificou-se um aumento contínuo no número de veículos produzidos mundialmente. Entre 2017 e 2018 houve uma queda de 1,1% no número de veículos produzidos, tendo essa queda aumentado em 2019, ano em que se verificou uma redução de 5,2% em comparação com o ano anterior. A mesma tendência verifica-se na venda de veículos, com um crescimento contínuo até 2017 e uma diminuição nos dois anos seguintes (Figura 1) [1–11]. Na Tabela 1 estão discriminados os números de veículos produzidos e vendidos entre os anos de 2017 e 2019.

Tabela 1: Número de veículos produzidos e vendidos entre 2017 e 2019 [8–11]

	Nº de veículos produzidos			Nº de veículos vendidos		
	Veículos de passageiros	Veículos comerciais	Total	Veículos de passageiros	Veículos comerciais	Total
2017	73.456.531	23.846.003	97.302.534	70.694.834	24.965.772	95.660.606
2018	70.498.388	25.136.912	95.634.593	68.690.468	26.365.470	95.055.937
2019	67.149.196	24.637.665	91.786.861	64.341.693	26.955.045	91.296.738

A evolução das vendas de veículos desde 2005 está representada no gráfico da Figura 1.

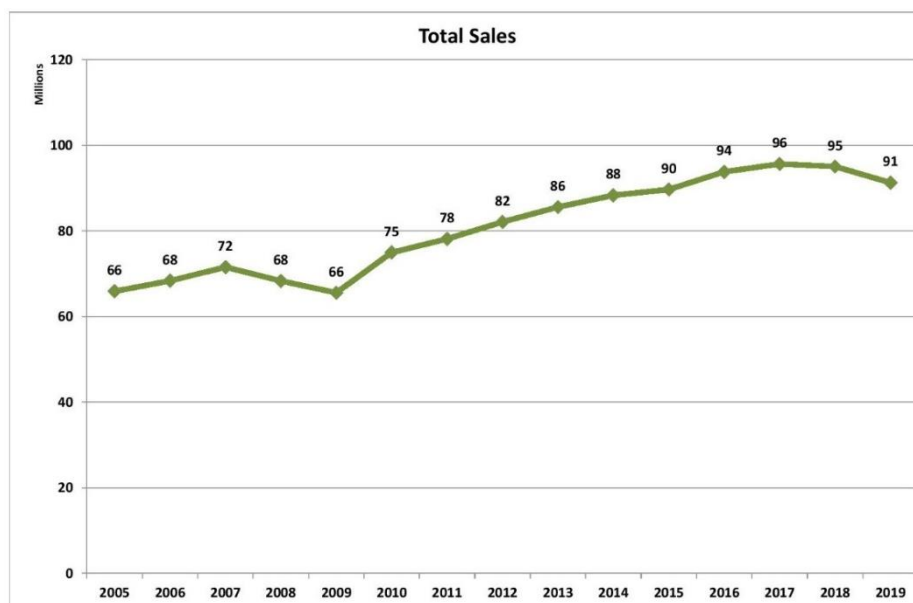


Figura 1: Evolução do número de veículos vendidos a nível mundial [11]

Sendo um fator crucial para a prosperidade da Europa, não é de estranhar que esta indústria seja responsável por dar trabalho a cerca de 13,8 milhões de europeus, direta ou indiretamente. Isto corresponde a 6,1% do emprego total da União Europeia (UE). A IA representa 8,5% da indústria da montagem dentro da EU, o que significa que 2,6 milhões de pessoas trabalham diretamente na montagem de veículos na EU [12]. Estes valores evidenciam o poder económico desta indústria dentro da UE.

Nacional

Portugal é um caso interessante da IA. Em 2019, assistiu-se a um crescimento da indústria a uma taxa de 7% a 8%. Em comparação, a Europa cresceu menos de 1% durante o ano de 2018. A IA tem um peso de 7,5% sobre o Produto Interno Bruto (PIB) nacional. Considera-se assim que o efeito da indústria automóvel sobre a economia do país vai para lá das empresas que estão só ligadas ao automóvel, sendo a Europa o maior mercado, representando mais de 90% dos destinos de vendas do sector [13].

O ano de 2019 foi histórico para Portugal, tendo colocado no mercado automóvel mundial 345.688 veículos (Figura 2), mais 17,4% que no ano anterior. Da produção nacional, 97,3% teve como destino o mercado externo, contribuindo de forma significativa para a balança comercial portuguesa [14,15]. O setor automóvel português, incluindo os fabricantes de veículos e os produtores de componentes, exportou 13 mil milhões de euros em 2019 [16]. Neste particular, a Europa continua a ser o mercado líder nas exportações dos veículos fabricados em território nacional – com 92,7% – com a Alemanha (23,3%), França (15,5%), Itália (13,3%), Espanha (11,1%) e Reino Unido (8,7%) no topo do *ranking* [14,15,17].

	Dezembro 2019		Janeiro – Dezembro 2019	
	Unidades	Var. 19/18	Unidades	Var. 19/18
Ligeiros de Passageiros	19.507	12,0%	282.142	20,5%
Comerciais Ligeiros	4.163	17,9%	58.141	5,9%
Veículos Pesados	396	10,3%	5.405	1,3%
Total Produção Automóvel	24.066	12,9%	345.688	17,4%

Fonte: ACAP

Figura 2: Produção automóvel em Portugal [15]

Em 2020, a Câmara Municipal de Estarreja assinou um protocolo de colaboração com a empresa britânica INEOS Automotive para a implementação de um complexo industrial para a produção de um novo veículo todo o terreno (4x4). A produção de veículos neste complexo representa um investimento que pode ultrapassar os 250 milhões de euros e criar até 500 postos de trabalho, devendo atingir uma cadência de 25 mil veículos por ano quando estiver a trabalhar na sua máxima capacidade [18–20].

2.1.2 Importância do fabrico de componentes

A indústria de componentes suporta cerca de cinco milhões de empregos na Europa [13,21]. Sendo um dos setores mais competitivos, inovadores e resilientes, não é por acaso que investe mais em Investigação e Desenvolvimento (I&D) que qualquer outro setor privado. Por exemplo, os sensores dos *smartphones* que medem o número de passos ou a temperatura ambiente foram inicialmente desenvolvidos para automóveis, tendo posteriormente sido aplicados em telemóveis. Este desenvolvimento foi levado a cabo por fornecedores da IA, altamente qualificados e habituados a desenvolver produtos segundo requisitos extremos, tais como vibração, condições atmosféricas adversas, entre outros [21].

Alguns dos grandes construtores a nível mundial (Peugeot Citroën, Volkswagen, Mitsubishi Fuso e Toyota) escolheram Portugal para instalar as suas fábricas, onde são montadas todas as peças de um *puzzle* que ganha cada vez mais importância na forma como a sociedade vive. Para além da montagem de veículos, cerca de 240 empresas (Figura 3) portuguesas com 265 fábricas (Figura 4), têm um grande contributo na IA ao fabricar as mais variadas peças, desde *tabliers*, para-choques, baterias e portas, entre muitos outros componentes. Os grandes construtores incorporam estes componentes nos seus veículos para garantir a elevada qualidade das suas marcas [22]. Como tal, e com as exigências do mercado a aumentar, é primordial que sejam utilizadas tecnologias *state of the art* no fabrico de componentes em Portugal, sob pena de a indústria perder competitividade e, conseqüentemente, clientes. Audi, BMW, Peugeot Citroën, Porsche, Mercedes, Renault, Volkswagen e Volvo são alguns dos maiores clientes da indústria do fabrico de componentes em Portugal [22].

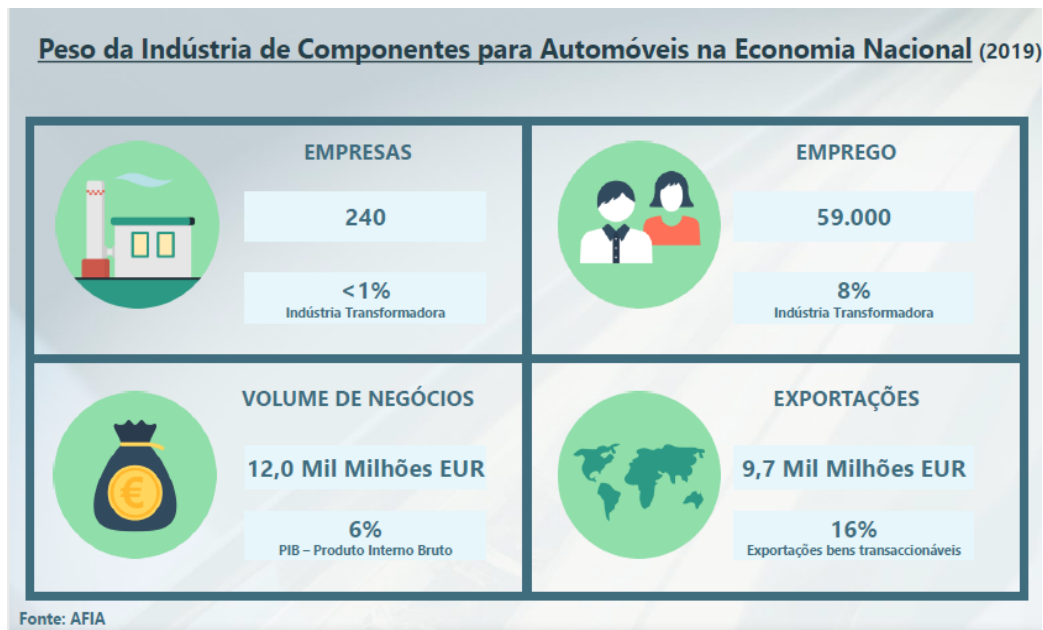


Figura 3: Peso da indústria de componentes para automóveis na economia nacional [23]

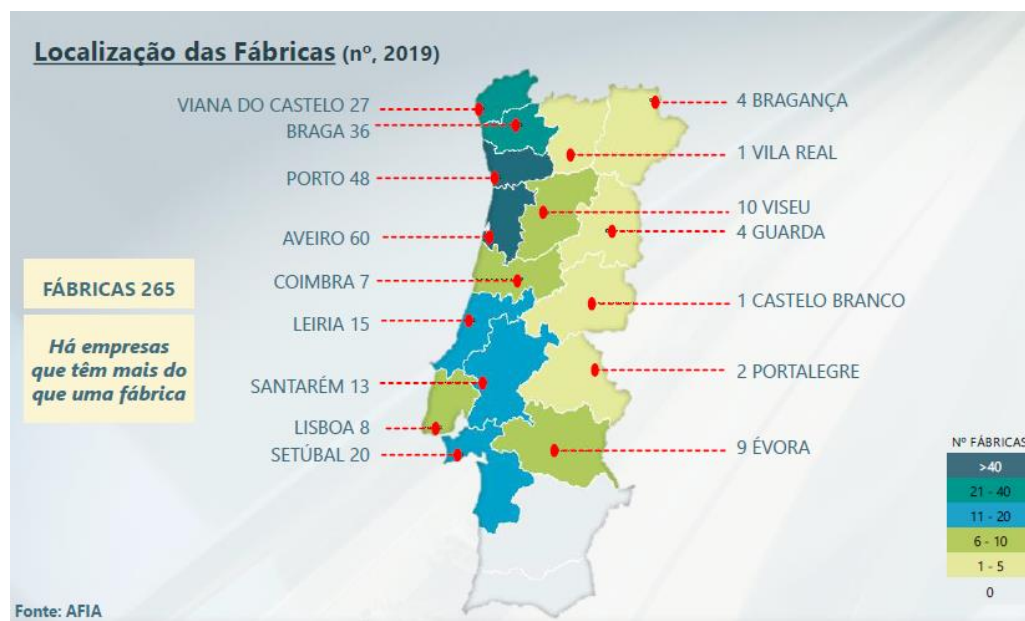


Figura 4: Número e localização das diversas fábricas existentes em Portugal [23]

A indústria dos componentes para automóveis em Portugal continua a crescer de ano para ano, solidificando a sua posição como um dos pilares da economia (Figura 5). Na Figura 3 está representado o peso da indústria de componentes para automóveis na economia nacional, sendo de salientar o facto de o volume de negócios representar 6% do valor do PIB em 2019, e que o valor das exportações representam 16% das exportações de bens transaccionáveis [24].

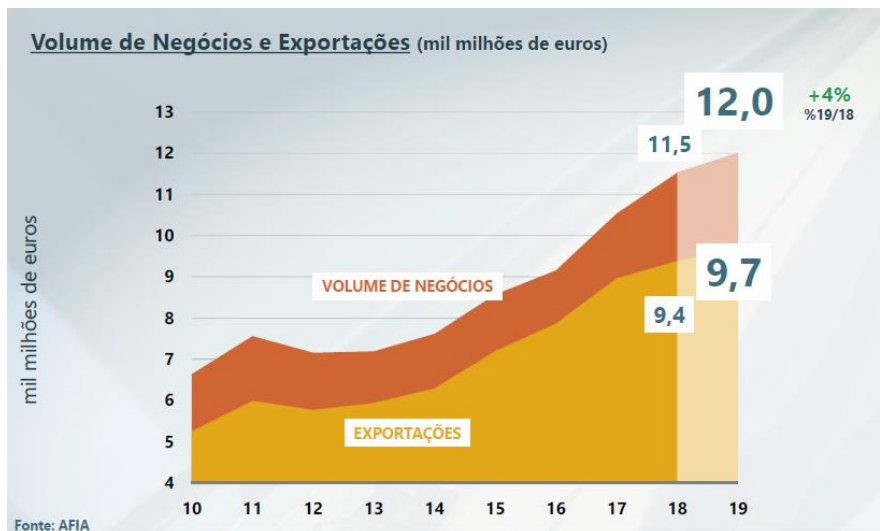


Figura 5: Evolução do volume de negócios e exportações da indústria de componentes nacional [23]

O ano de 2019 foi histórico para a indústria dos componentes em Portugal, dado que foi batido um novo recorde absoluto nas exportações. Ao ultrapassar os 9,7 mil milhões de euros, as exportações registaram um aumento de 4,2% relativamente ao ano transato. Comparando com 2010, o valor registado representa uma subida de 86% (Figura 6). Atualmente, esta indústria representa 16,3% das exportações portuguesas de bens transacionáveis. Com base nos dados do Instituto Nacional de Estatística (INE), a Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel (AFIA) verificou que as exportações do setor de componentes automóveis cresceu 4,1% para os países da UE e 4,3% para o resto do mundo [25]. Já em termos de mercado interno, as empresas de fabrico de componente vendem cerca de 15% da sua produção para dentro de Portugal, o que contrasta com o facto de os construtores em Portugal importarem 85% dos componentes que utilizam [13].

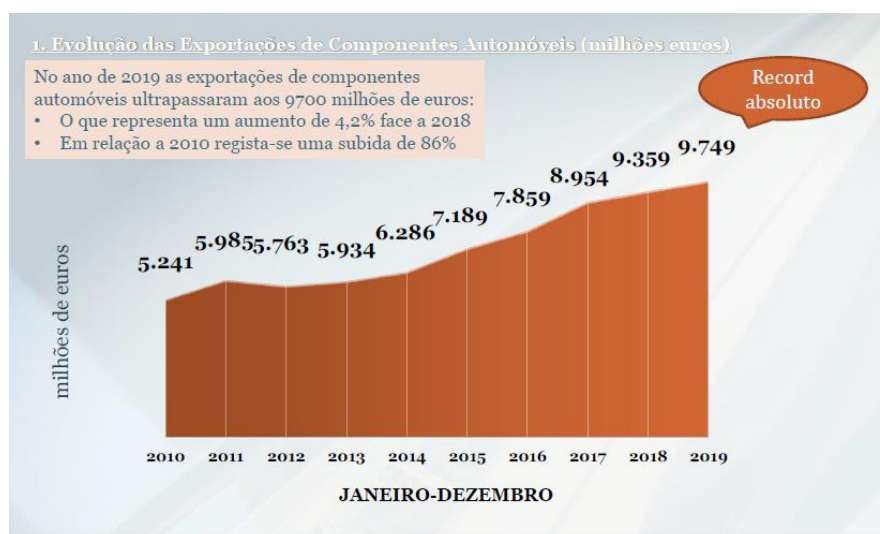


Figura 6: Evolução da exportação de componentes automóveis em Portugal [26]

Tal como nas vendas de automóveis fabricados em Portugal, a Europa é o mercado líder nas exportações de componentes fabricados em Portugal, representando 91,3% do destino de exportações (Figura 7). De referir que 98% dos carros na Europa têm pelo menos uma peça de fabrico nacional [13], o que mostra o quão importante é o posicionamento da indústria de componentes nacional na IA a nível europeu.

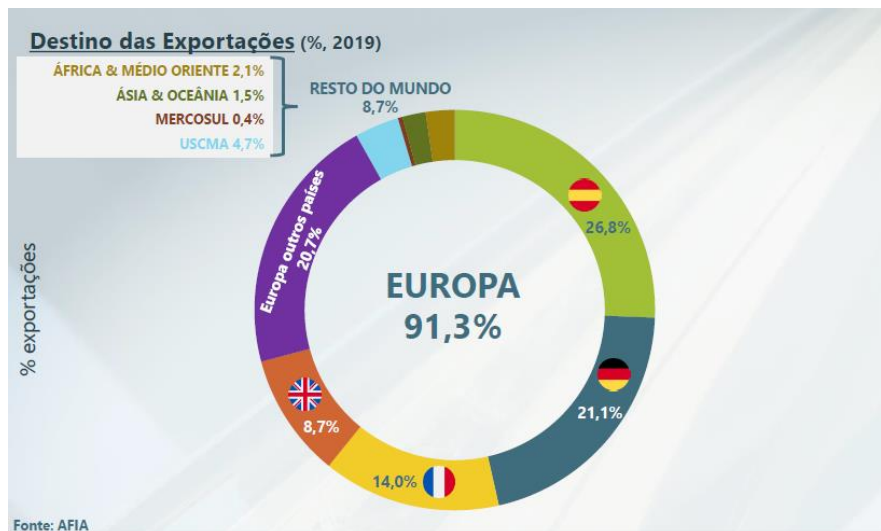


Figura 7: Destino das exportações de componentes [23]

2.1.3 Pilares da indústria automóvel

A IA é um dos setores mais exigentes do mercado global, visto que requer um aumento sistemático da produtividade. No atual cenário económico, os desafios existentes são grandes, pois exigem a redução de custos e o aumento da competitividade sem investimento adicional [27]. A competitividade tem um comportamento dinâmico, tornando-se assim num fator com grande influência no sucesso de uma empresa [28].

Os construtores estão constantemente à procura de fornecedores aos quais possam delegar responsabilidades em áreas como desenvolvimento, aprovisionamento e planeamento. Esta procura cria grande pressão sobre os fornecedores para baixarem os preços e cumprirem prazos de entregas bastante estritos, sem que comprometam a qualidade dos produtos que fornecem. A qualidade e os prazos de entrega são fatores importantes na escolha final de um fornecedor por parte de um construtor da IA. Para além disso, atualmente, os consumidores querem ter influência e participar na fase de desenvolvimento do produto. Esta mudança do paradigma do mercado, que passa de um mercado *standard* e com foco na produção em massa, para um em que a personalização e individualização do produto ganha especial importância, leva a que as empresas necessitem de se adaptar e de aumentar a sua flexibilidade, sendo capazes de produzir uma grande variedade de produtos e suas variantes, por forma a manterem a sua competitividade no mercado. Esta variedade pode afetar os prazos de entrega, que como mencionado, têm um papel importante na competitividade da organização. A

forma como o prazo de entrega é influenciado depende do tipo de produto. Um produto *standard* permite prazos de entrega mais rígidos, enquanto que produtos personalizados aos requisitos dos clientes levam a prazos de entrega maiores. Logo, empresas que escolham este último tipo de produto devem, necessariamente, aumentar a sua flexibilidade por forma a cumprir os prazos de entrega apertados característicos da IA [28–32]. Uma das melhores formas de uma empresa aumentar a sua competitividade num mercado tão competitivo como a IA é focando-se e respondendo melhor à indústria 4.0 e fazer investimentos nas áreas da automatização, informatização e *Internet of Things* (IoT) [13].

Em resumo, pode considerar-se que os pilares sobre os quais a IA assenta são:

- Produtividade;
- Custos;
- Prazos de entrega;
- Qualidade;
- Flexibilidade.

2.2 Cabos de comando

Os cabos de comando (Figura 8) são um tipo de cabo flexível que permite a transmissão de força mecânica ou energia entre dois ou mais sistemas, que estão divididos em atuadores e recetores, seguindo um *layout* que pode ser simples ou complexo. No caso de aplicações em viaturas, em determinados casos o cabo atravessa zonas húmidas e zonas secas do automóvel. A transmissão é feita através do movimento de um cabo interior em relação a um invólucro oco que envolve o cabo (conhecido como tubo espiral) [33–38].



Figura 8: Cabos de comando [39]

Os cabos de comando podem ser caracterizados pelo sentido do movimento em que é transmitida a força. Existem, assim, dois tipos de cabos [40]:

- Cabos *Push-Pull*: em que a transmissão da força é realizada em ambos os sentidos, na direção do movimento do cabo. A válvula do carburador de um motor de corta-relvas, é um exemplo de onde se pode ver este tipo de cabo;
- Cabos *Pull*: em que a transmissão é necessário apenas num sentido, como por exemplo, nos cabos do capô dos automóveis.

O movimento linear do cabo interior é utilizado, na grande maioria dos casos, para transmitir uma força de tração aplicada do lado do atuador. Mas, para pequenas aplicações com pequenas distâncias entre atuador e recetor, é possível movimentar o cabo, pressionando-o do lado do atuador. Um exemplo de aplicação deste último caso são as antigas máquina de fotografar mecânicas, em que era possível utilizar um cabo para fazer acionar o botão de disparo à distância [35,36].

2.2.1 Aplicações/Incorporação nas viaturas

Existem diversas indústrias em que os cabos de comando são utilizados, tais como: automóvel; aviação; climatização (AVAC); construção civil; bicicletas e motorizadas; entre outras. Em termos de aplicações propriamente ditas, este tipo de solução pode ser utilizado como [35,36,41–43]:

- Indústria da aviação: trinco de desengate de emergência, regulador dos bancos, desengate do gancho de carga, controlo do acelerador, mecanismo de controlo do ângulo das hélices, ajustamento dos *flaps*, entre outras;
- Indústria de climatização: controlo das alhetas das condutas de ventilação e da válvula de aquecimento;
- Indústria da construção civil: maquinaria pesada (por exemplo, retroescavadoras), maquinaria ligeira (por exemplo, basculantes e misturadores de cimento), tomada de força para cabos de embraiagem e cabos de atrelados;
- Bicicletas e motorizadas: aplicações com que muitas pessoas já lidaram, as quais incluem os cabos de travão e os cabos de mudanças.

Existem muitas outras aplicações para além das mencionadas anteriormente. Mas a indústria onde os cabos de comando são utilizados mais frequentemente é a indústria automóvel. Aqui, este tipo de cabos cumpre diversas funções em diversas partes ao longo automóvel. A variedade de aplicações para estes cabos inclui: cabos de acelerador; cabos de embraiagem; cabos de travão de mão; cabos de mudança de velocidade; cabos de ajuste dos assentos e pedaleira; cabos de coluna de direção; cabos de desengate do capô; cabo de corte de combustível; cabos de abertura das portas; entre outras [41–45].

2.2.2 Constituição/Componentes

Os cabos de comando são constituídos por vários componentes, todos eles com uma função específica que permite o correto e fiável funcionamento do mecanismo. O componente principal deste tipo de cabos é o cabo de aço, que serve de núcleo flexível

ou rígido, que se movimenta no interior de um invólucro, chamado tubo espiral [43]. Para além disso, os cabos metálicos são também dotados de diferentes tipos de terminais, vitais para o seu correto funcionamento. Normalmente, o cabo metálico interior é fabricado em aço ou aço inoxidável [35,45].

Cabo de aço

O cabo de aço é o componente principal de um cabo de comando, sendo responsável pela transmissão da força mecânica pretendida. Para a construção do cabo é utilizado aço galvanizado ou aço inoxidável [40]. Por vezes, por questões de aparência, ou de forma a proteger o cabo da corrosão e a diminuir o ruído do deslizar do cabo no interior do tubo espiral, este pode ser revestido com um polímero, através de um processo de extrusão [38,46]. No entanto, este revestimento aumenta também a fricção entre o cabo e o tubo espiral, o que leva a que em alguns casos sejam utilizados cabos não revestidos [40].

Um cabo de aço é constituído por quatro componentes base (Figura 9) [47,48]:

1. Fios feitos em metal que formam uma corda;
2. Cordas dispostas num padrão helicoidal em redor de um núcleo;
3. Núcleo feito em aço ou em fibras naturais ou sintéticas;
4. Lubrificante.

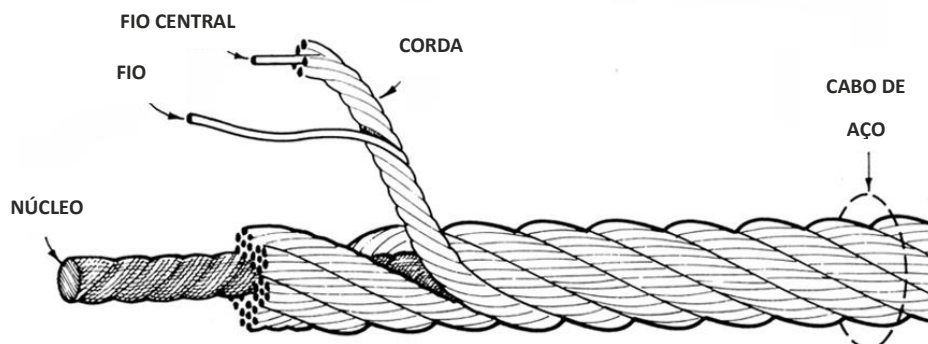


Figura 9: Constituição de um cabo de aço (adaptado de [47])

A escolha do material e da configuração do cabo para uma dada aplicação depende de vários fatores, dos quais se podem destacar a carga, o percurso a realizar do cabo, o ambiente em que vai ser utilizado e a durabilidade [46].

Existem diversos padrões para as cordas que constituem um cabo de aço (Figura 10), sendo estes definidos pelo número de estratos de fios, o número de fios por estrato e dimensão dos fios. De salientar que a dimensão dos fios tem uma grande importância no comportamento do cabo. Cordas formadas por fios de grande diâmetro são mais resistentes ao esmagamento e à abrasão, enquanto que cordas constituídas por fios de menor diâmetro são mais flexíveis e resistentes à fadiga [47].

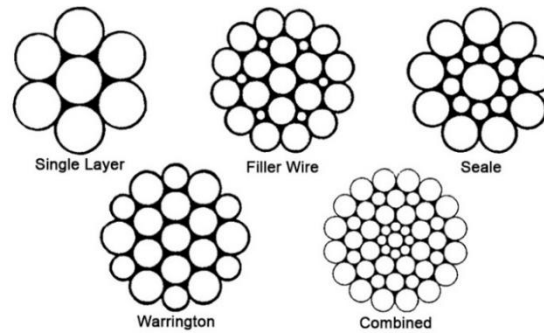


Figura 10: Padrões de corda [47]

Por fim, os cabos de aço podem também ter diversas configurações, dependendo do tipo de aplicação pretendida (Figura 11).

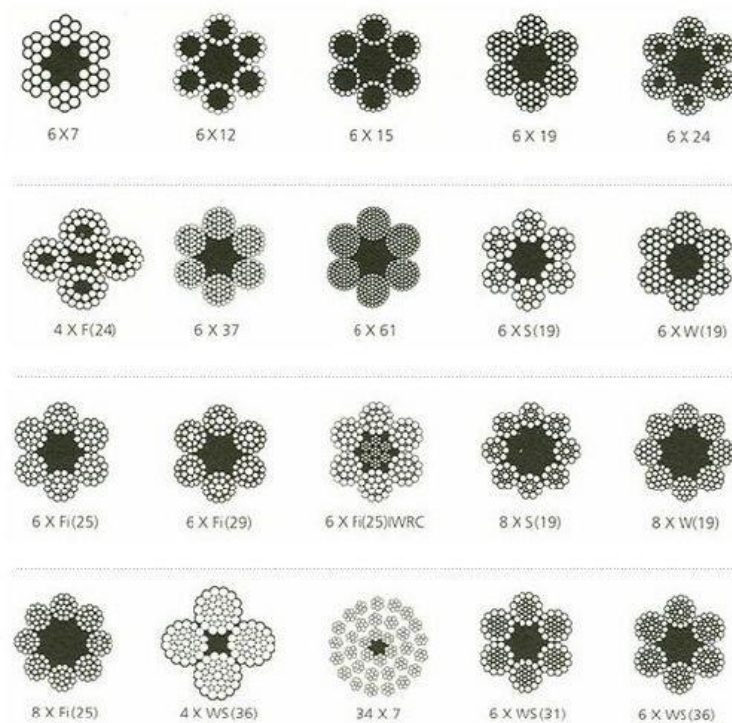


Figura 11: Configurações de cabos de aço [47]

Na Figura 12 estão representados outros exemplos de configurações para os cabos de aço. A denominação destas configurações é explicada da seguinte forma [48]:

- 1x19: cabo formado por 19 fios. Outra forma de caracterizar esta configuração é como sendo formado por uma corda 1x7 do tipo *Single Layer*, rodeada por 12 fios independentes;
- 7x7: cabo formado por sete cordas segundo a configuração 1x7;
- 7x19: cabo formado por sete cordas segundo a configuração 1x19.

Neste exemplo, a configuração 7x19 é mais flexível e a 1x19 menos flexível [40,48].

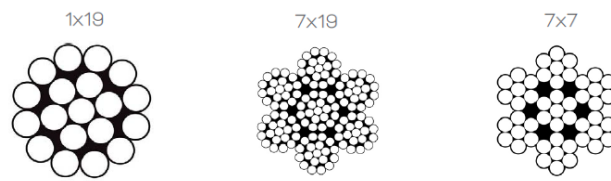


Figura 12: Diferentes configurações de cabo metálico [48]

Na Figura 13 é possível ver um cabo fabricado na configuração 19x7, com a respetiva representação dessa configuração.



Figura 13: Cabo de aço 19x7 e respetiva representação da configuração [49]

Devido às várias opções de conexão aos atuadores e recetores, são utilizados terminais que podem adquirir diferentes formatos, dependendo da forma e local da ligação. Existem também diferentes processos para a produção destes terminais (Figura 14), tais como [43]:

- Torneamento;
- Estampagem;
- Forjamento;
- Injeção;
- Sinterização.

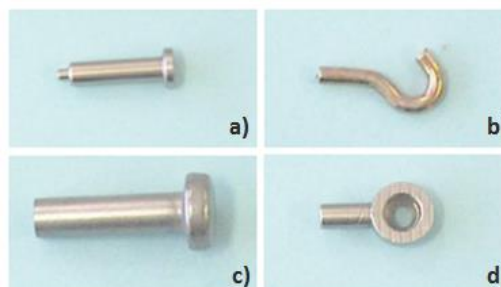


Figura 14: Terminais produzidos por diferentes processos: a) Torneamento; b) Estampagem; c) Forjamento; d) Sinterização

Enquanto o processo de injeção é utilizado apenas para terminais em ZAMAK, os outros processos apresentados permitem a utilização em outros materiais, tais como o aço, latão, aço sinterizado ou polímeros (Figura 15) [50].



Figura 15: Exemplos de terminais de cabo de aço, em diferentes materiais [50]

No caso de serem utilizados terminais em aço, existe a necessidade de os submeter a operações de zincagem ou fosfatação, para aumentar a sua resistência à corrosão. A fixação dos terminais fabricados por processos de torneamento, estampagem ou forjamento, é feita com recurso à prensagem. Devido aos possíveis problemas inerentes ao processo de torneamento e estampagem, antes de serem prensados ao cabo de aço, os terminais sofrem um tratamento térmico de recozimento (aliviando, assim, tensões residuais), evitando que se partam no processo de fixação.

Já no caso dos terminais de ZAMAK (liga de zinco e alumínio), para além de apresentarem uma boa resistência à corrosão, o facto de serem injetados diretamente na extremidade do cabo de aço elimina as operações intermédias necessária para os outros processos de fixação. Para além disso, a injeção de ZAMAK permite o fabrico de cabos em que os terminais apresentam geometrias complexas (Figura 16) [51].



Figura 16: Terminais injetados em ZAMAK

Para a correta injeção de ZAMAK nas extremidades do cabo, é necessário preparar as pontas do cabo. Para tal é realizada a flor, que garante uma maior superfície de contacto entre o terminal e o cabo, aumentando a sua resistência à tração (Figura 17) [37].



Figura 17: Exemplos de flor em diferentes cabos [37]

Tal como mencionado anteriormente, os cabos de aço podem ou não ser revestidos. Este revestimento revela-se importante no processo de afloramento do cabo, dado que vai influenciar o formato que a flor vai tomar. Na Figura 18 é possível ver a diferença entre a flor num cabo revestido e num cabo não revestido. A diferença mais notória é na forma da flor, que no cabo revestido é arredondada e homogénea. Já a flor do cabo não revestido apresenta uma forma mais plana, de maiores dimensões e tem mais espaço para que a liga injetada se infiltre entre os fios do cabo, o que aumenta a área de contacto entre ambos. É devido a isto que, caso sejam utilizados cabos revestidos, o seu processo de fabrico inclui uma operação de remoção do revestimento e limpeza da(s) extremidade(s) a ser injetada(s) [38].

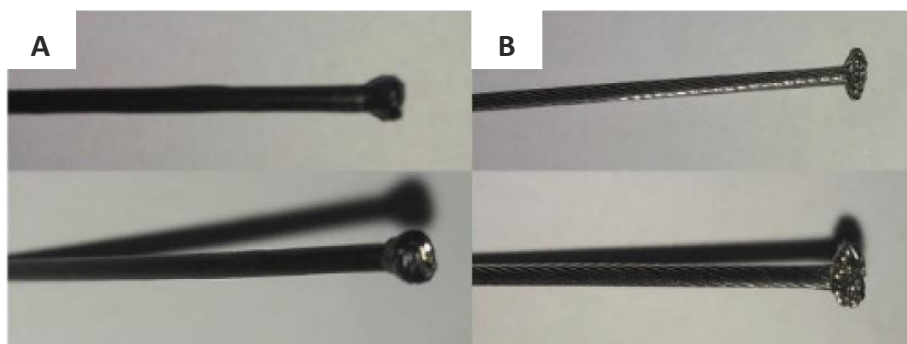


Figura 18: Comparação do formato da flor entre cabos revestidos e não revestidos [38]

Tubo espiral

O tubo espiral (Figura 19) tem como principal função proteger o cabo de aço e conferir guiamento ao mesmo, sendo também utilizado para fixar ao cabo de comando outros componentes com diferentes funções.



Figura 19: Tubo espiral [Elaboração própria]

Este componente é de construção compósita, constituído por um tubo de aço, quadrado ou redondo, enrolado em espiral (Figura 20), tendo no seu interior um revestimento polimérico, normalmente *teflon*, para facilitar o deslizamento do cabo. É também utilizado um invólucro extrudado no exterior, em polímero, para proteger contra a corrosão e sujidade que possam entrar em contacto, tanto com o cabo de aço, como com a espiral em aço [35,36,43,46,52]. Para além do revestimento interno, usualmente é utilizada massa lubrificante para promover uma movimentação suave do cabo no interior do tubo espiral [53]. Para ajustes do comprimento, alguns tubos espiral têm terminais roscados (Figura 21) que facilitam esse ajuste, quando necessário [35,36].



Figura 20: Tubo de aço enrolado em espiral [46]



Figura 21: Terminal roscado [40]

Na Figura 22 é possível ver os componentes mencionados anteriormente, estando numerados da seguinte forma:

1. Invólucro exterior;
2. Tubo de aço enrolado em espiral;
3. Revestimento interior;
4. Cabo de aço.



Figura 22: Constituição de um tubo espiral, incluindo o cabo de aço [35]

Tal como para o cabo de aço, fatores como a carga, o caminho a percorrer pelo cabo de comando, o ambiente em que vai ser utilizado e a durabilidade, influenciam a escolha do material e configuração do tubo espiral [46].

Como mencionado anteriormente, o tubo espiral é também utilizado para fixar o cabo de comando no local e estrutura pretendidos. Para tal, existem diversos terminais (Figura 23), cuja forma varia, dependendo do tipo de fixação e das características da estrutura onde se pretende fixar o cabo.



Figura 23: Exemplos do tipo de terminais de tubo espiral existentes [50]

Estes terminais podem ser fabricados por injeção de plástico ou torneamento, sendo este último processo utilizado para terminais em aço. A sua fixação ao tubo espiral (Figura 24) pode também ser feita através de um de três métodos [50]:

- Injeção;
- Encravamento mecânico;
- Soldadura por ultrassons.



Figura 24: Terminais colocados na extremidade do tubo espiral [39]

Redução de ruído

De entre as aplicações existentes para os cabos de comando, a que mais se destaca é claramente a IA. Assim, para evitar ruídos causados pelo embate do cabo contra outros componentes durante o movimento do veículo, existem três soluções possíveis. Estas consistem na utilização de um de três tipos de tubos diferentes [54]:

- Tubo de esponja (Figura 25a);
- Tubo de borracha (Figura 25b);
- Tubo estrela (Figura 26).



Figura 25: Diferentes soluções de redução de ruído: (a) tubo de esponja e (b) tubo de borracha [54]



Figura 26: Exemplos de aplicação de tubo estrela em cabos de comando [Elaboração própria]

Para além dos componentes mencionados anteriormente, existem outros componentes adicionados aos cabos de comando. Todos os componentes que constituem um cabo de comando estão presentes na Tabela 2, e podem ser vistos na Figura 27.

Tabela 2: Componentes que constituem um cabo de comando

Componente	Imagem	Função
Cabo de aço		Transmitir a força mecânica pretendida.
Terminais de cabo		Ligar o cabo de comando aos sistemas atuador e recetor, permitindo a sua atuação.
Tubo espiral		Proteger o cabo de aço e conferir guiamento ao mesmo, sendo também utilizado para fixar ao cabo de comando outros componentes com diferentes funções.
Terminais de espiral		Fixar o cabo de comando aos sistemas atuador e recetor.
<i>Grommet</i>		Barreira entre a zona húmida e a zona seca.




Componente	Imagem	Função
Clips		Fixar o cabo de comando em diferentes pontos, permitindo que este se ajuste ao <i>layout</i> pretendido.
Guarda pó		Evitar a entrada de resíduos para o interior da espiral.
Tubos para redução de ruído		Evitar ruídos devido ao contacto da espiral com elementos exteriores.



Figura 27: Cabos de comando e seus diversos componentes [39]

Como nota final deste subcapítulo, é importante referir que o desenho, material e espessura de um cabo de comando varia, dependendo da sua aplicação [43].

2.2.3 Processos de fabrico

A produção de cabos de comando tem por base dois processos que decorrem em paralelo, cruzando-se já perto do final da produção do cabo. Estes processos são:

- Preparação da espiral;
- Preparação do cabo de aço.

Dado que a empresa envolvida no projeto desenvolvido não produz equipamentos específicos para a produção de espirais ou de cabo de aço e, por forma a simplificar a análise dos processos, será considerado que a produção do cabo de comando se inicia na alimentação do cabo de aço e da espiral no respetivo equipamento. Assim, não serão mencionados os processos de fabrico aplicados, em específico, na produção da espiral e do cabo de aço.

O processo de fabrico inicia-se, como mencionado anteriormente, com a preparação em paralelo da espiral e do cabo de aço, tal como mostra a Figura 28.

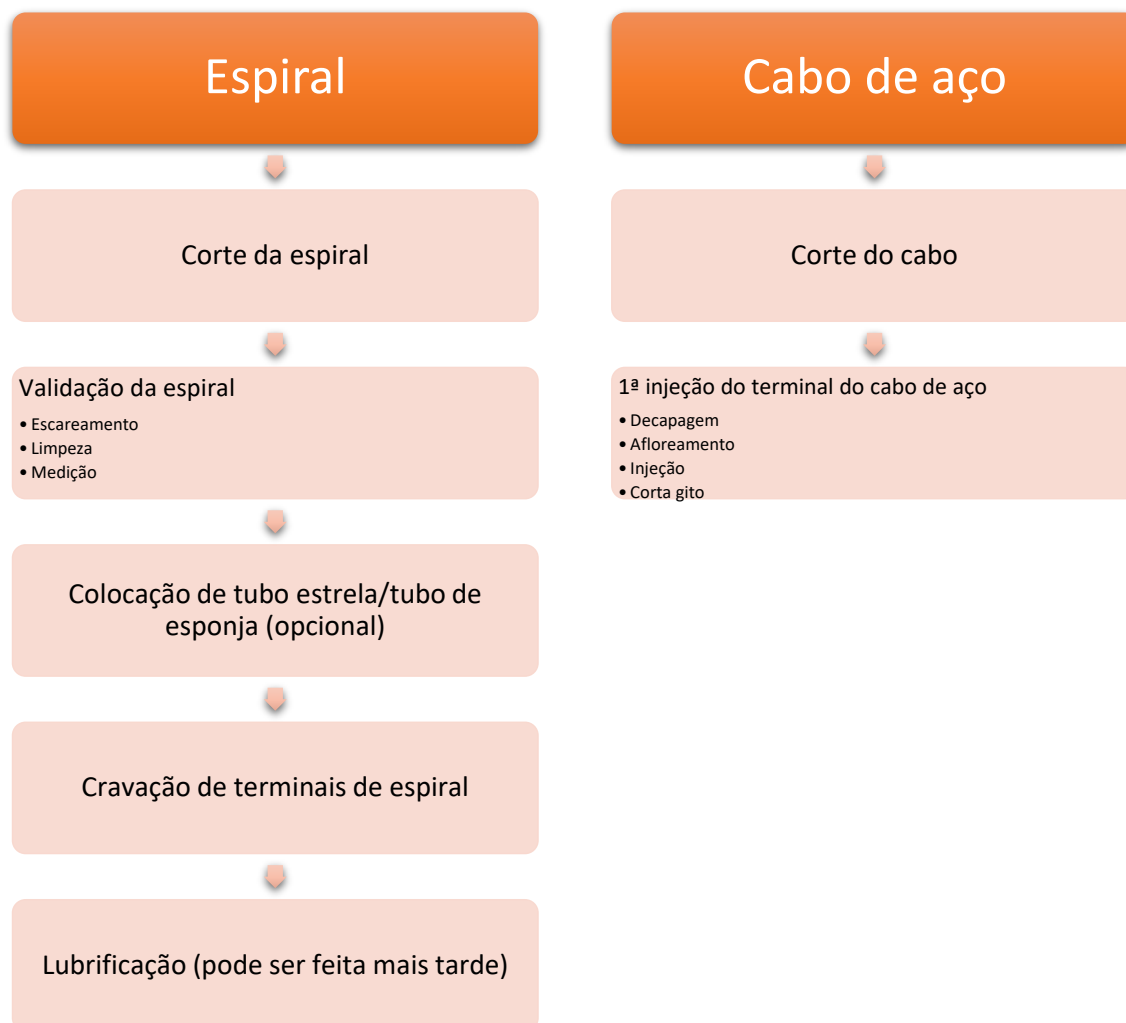


Figura 28: Fase inicial da produção de um cabo de comando

Após a realização dos processos descritos, deixam de existir estes dois processos em paralelo. Inicia-se assim uma nova fase da produção do cabo de comando (Figura 29), que se inicia com a colocação do cabo de aço na espiral.

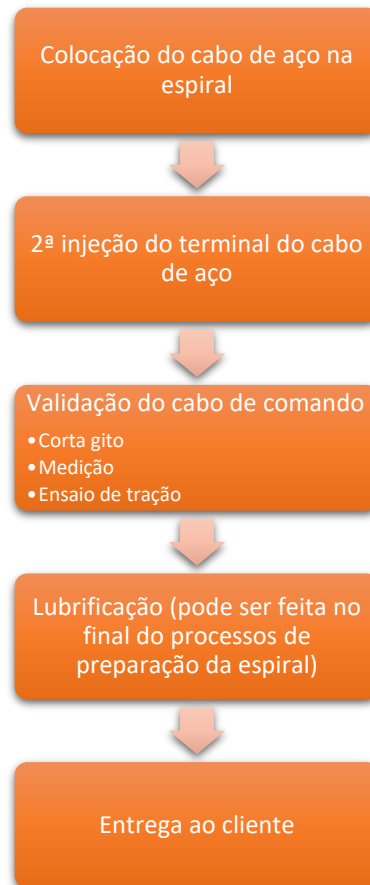


Figura 29: Última fase da produção de cabos de comando

No projeto desenvolvido na presente tese, o foco principal é a preparação da espiral, dado que é neste tipo de equipamento que será feita a aplicação do conceito desenvolvido. No entanto, dado que o conceito tem por base uma construção modular, apenas serão abordados os processos aplicados na validação da espiral. No caso de um equipamento completo, poderia, por exemplo, ser adicionada uma linha de corte de espiral a montante, e uma máquina de corte e inserção de tubo de estrela a jusante.

2.3 Automatização de processos

A automatização de processos é uma tecnologia que utiliza sistemas mecânicos, eletrónicos e computadorizados para o desenvolvimento, operações e controlo de sistemas de produção complexos e flexíveis, em que a intervenção humana é nula ou reduzida [28,55–57]. Exemplos de aplicação de automação podem ser encontrados nas linhas de produção industriais, tais como: máquinas de montagem mecanizadas, sistemas de controlo de produção industrial com realimentação e robôs de uso industrial (Figura 30) [57].



Figura 30: Linha de produção automóvel, um exemplo típico da automatização de processos [58]

Esta redução na dependência da imprevisibilidade da mão-de-obra humana possibilita o aumento da qualidade do produto e diminuição dos custos de produção [28,30]. Devido à elevada concorrência existente na IA, esta mostra-se como uma das indústrias mais exigentes neste aspeto [32], fazendo com que a automação e a robótica tenham um papel importante na produtividade de uma empresa de fabrico de componentes e conjuntos para este setor, sendo alvo de um processo de melhoria contínua [28]. Por exemplo, as operações típicas de montagem de componentes e conjuntos para a IA são realizadas por equipamentos automáticos ou semiautomáticos mas, apesar de permitirem a realização de operações complexas, muitos sistemas semiautomáticos não garantem os níveis de qualidade requeridos pela indústria [31], sendo assim alvo de desenvolvimento e melhorias que muitas vezes levam à transformação destes equipamentos em sistemas totalmente automáticos.

No entanto, pode existir um conflito entre o fator produtividade e a flexibilidade da linha de produção, sendo necessário ter este facto em atenção. De facto, linhas com grande fluxo de produção tendem a ser um sistema dedicado, e não flexível. Na IA, a existência de produtos similares permite que estes sejam montados nas mesmas linhas de produção, com pequenos ajustes entre si. Com a automatização de processos, uma empresa é capaz de reduzir os tempos de *setup*; aumentar a produtividade; aumentar a flexibilidade; melhorar o rigor/precisão do processo de montagem, aumentando assim a qualidade do produto; reduzir custos; reduzir os tempos de entrega; reduzir o número de operações e trabalhos de rotina realizados por humanos, aumentando assim a sua segurança. Devido a isto, uma das grandes preocupações é a possível redundância dos trabalhadores. No entanto, em muitos casos, a mão de obra extra pode ser utilizada para outras operações devido à existência de novos projetos, fazendo com que a automatização não leve diretamente ao desemprego de mão de obra qualificada [28,30,59].

Para além da simples automatização, diversas indústrias utilizam robôs nas suas linhas de produção. A IA, em particular, utiliza robôs em várias etapas da produção e

montagem de veículos. No entanto, diversos estudos provaram que, em alguns casos, a automatização pode melhorar os tempos de ciclo de uma forma mais económica que a robotização [59]. Na Tabela 3 estão apresentados alguns estudos que mostram esta vantagem económica da automatização em relação à robotização.

Tabela 3: Estudos que comprovam a vantagem da automatização em relação à robotização

Autor	Descrição
Araújo <i>et al.</i> [28]	Este trabalho foi realizado com o intuito de reformular uma linha de produção de <i>suspension mats</i> para assentos de automóvel. O autor conseguiu transformar o sistema semiautomático num sistema totalmente automático, através da eliminação de duas estações que envolviam trabalho manual. Para além disto, foi obtido um ganho de eficiência de 40%.
Magalhães <i>et al.</i> [59]	Neste estudo foi desenvolvido um sistema que permite a interconexão entre dois processos de fabrico diferentes. O novo sistema recolhe e orienta arames recém curvados por uma máquina automática, posicionando-os assim corretamente para a etapa seguinte. Com a implementação deste sistema, evitando assim o uso de outro braço robótico, ficou provado que é possível obter um menor tempo de ciclo através da utilização de sistemas de automatização mais económicos.
Martins <i>et al.</i> [37]	O estudo visou desenvolver um novo conceito para um equipamento de produção de cabos de comando para veículos, partindo do conceito utilizado atualmente. O autor desenvolveu um equipamento flexível, com diversas alterações e melhoramentos face ao equipamento original. Estes incluem novas operações e um aumento do nível de automatização do sistema. O novo sistema tem assim uma menor dependência no fator humano e na variabilidade a este associado, aumentando assim a qualidade do produto produzido. Também se observou um aumento da produtividade através da redução do tempo de ciclo em cerca de 25%.
R. Costa <i>et al.</i> [30]	O autor desenvolveu um equipamento totalmente automatizado com capacidade para montar cerca de 20 conjuntos da mesma família. Assim, o equipamento não só se mostra ágil, como alcança reduzidos tempos de <i>setup</i> . O autor do estudo conclui assim que a automação é a melhor opção para melhorar tanto a produção, como a qualidade dos produtos fabricados, permitindo também um alto grau de flexibilidade e agilidade, o que leva a uma melhor gestão da produção em relação aos novos requisitos do mercado: séries baixas ou médias, com entrega rápida e um elevado grau de personalização.

Na Tabela 4 são apresentados outros estudos que se focaram na automatização de processos a nível industrial.

Tabela 4: Estudos em que foi aplicada a automatização de processos

Autor	Descrição
Figueiredo <i>et al.</i> [38]	O objetivo deste projeto foi introduzir uma operação de decapagem das extremidades dos cabos de comando para posterior injeção de ZAMAK. A máquina é capaz de produzir cabos de diferentes comprimentos, com cabos de aço revestidos ou não, de 350 mm a 2500 mm, decapando ambas as extremidades e injetando uma delas. É necessário apenas um operador para alimentar e controlar os principais parâmetros da máquina. Com isto, o autor conseguiu transformar um equipamento semiautomático num equipamento totalmente automático, estando o tempo de <i>payback</i> do investimento inicial estimado em 2,3 anos.
M. Costa <i>et al.</i> [31]	O artigo foi desenvolvido para resolver problemas de qualidade existentes no sistema de transmissão dos limpa para-brisas automóveis, nomeadamente num tubo em latão. Foi desenvolvido um equipamento totalmente automatizado, capaz de receber, orientar, montar e controlar a montagem dos eixos. O equipamento final permitiu exceder a taxa de produção exigida em 19%, sendo apenas necessária intervenção humana para a alimentação da matéria prima e para a configuração dos parâmetros da máquina.
Moreira <i>et al.</i> [60]	Com este projeto o autor pretendeu demonstrar as verdadeiras vantagens da integração de processos através da automatização, ao invés da diversidade de processos automáticos interdependentes. Os pontos trabalhados foram: o tempo de <i>setup</i> , o fluxo de materiais e a manutenção do equipamento. O autor conclui assim que, através do projeto mecânico adequado e automatização de processos, é possível promover a integração de operações de submontagem, aumentar tanto a produtividade como a flexibilidade e eliminar problemas de qualidade.
P. M. M. Santos <i>et al.</i> [61]	O autor desenvolveu uma máquina que corta e cose punhos e colarinhos de forma automática, sendo necessário apenas um operador para alimentar o tecido na estação de costura. Assim, obteve-se uma grande redução no custo de funcionamento da máquina e um aumento na produção, devido à melhoria das operações e à eliminação parcial do fator humano.

Autor	Descrição
P. R. Santos <i>et al.</i> [62]	O projeto consistiu no desenvolvimento de uma nova solução para o transporte de espirais numa linha de produção automática, onde são realizadas várias operações nas espirais do cabo de comando. O novo sistema permitiu um aumento da flexibilidade da linha de produção, que era uma exigência das condições do mercado, uma redução drástica do número de paragens do equipamento devido a problemas com o processo de transporte das espirais e uma redução do tempo de <i>setup</i> em 97%.
R. Santos <i>et al.</i> [63]	Neste projeto foi aplicado um maior nível de automação a uma máquina APEX, utilizada na indústria de produção de pneus. Com isto, o autor reduziu significativamente o tempo de inatividade dos equipamentos e dos operadores, tendo diminuído o tempo de paragem devido a avarias em 62%. Para além disso, este projeto permitiu aumentar o desempenho do equipamento em 9% e diminuir os custos de manutenção em 38%.
Veiga <i>et al.</i> [64]	O trabalho teve como objetivo projetar um equipamento para a montagem automática de componentes para a indústria automóvel, por forma a obter um grande ganho em relação à produção manual atual. O componente em questão é um conector de cabo utilizado nas cablagens dos automóveis. Devido ao aumento da produção decorrente da automação de várias tarefas e à eliminação parcial do fator humano, para um investimento de 63.000€ resulta um <i>payback</i> de aproximadamente 2 anos.

É, então, facilmente compreendido o espaço que a automatização e robotização têm na IA, mostrando-se como um sinónimo de flexibilidade, agilidade, ergonomia, qualidade, menor tempo de ciclo, entre outras vantagens [30].

2.3.1 Tipos de automatização

Os tipos de automatização existentes variam consoante o processo em que é aplicada. Questões como os recursos utilizados e a finalidade do projeto influenciam o tipo de automatização a utilizar, podendo ser dividida em (Figura 31) [65–67]:

- Fixa;
- Programável;
- Flexível;
- Integrada.

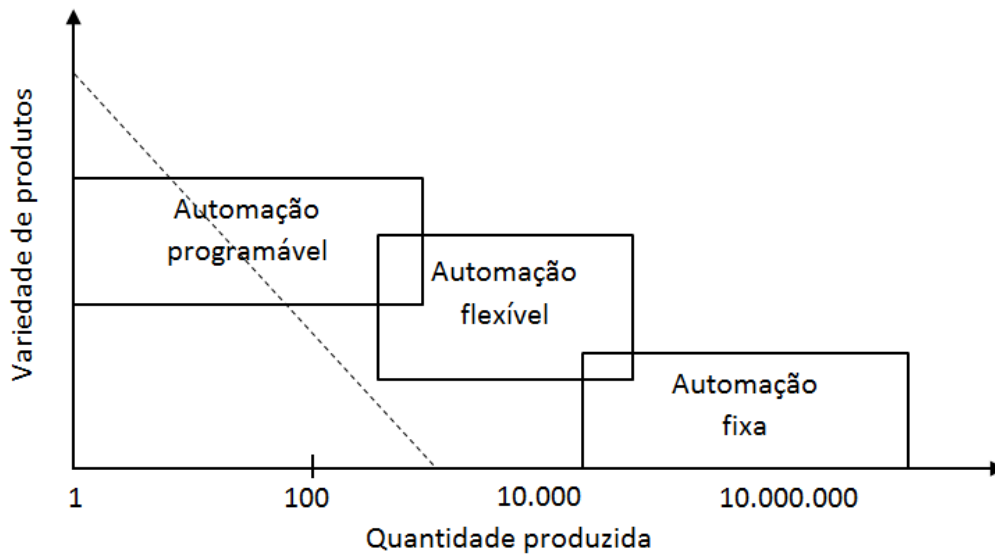


Figura 31: Relação entre variedade e quantidade produzida para os diferentes tipos de automatização

Automação fixa

A automação fixa caracteriza-se por ser configurada apenas uma vez, ou seja, a sequência de produção é fixa devido à rigidez de configuração dos equipamentos. Isto significa que após a instalação do sistema, não é possível ser mudada [55,65,68,69].

Este tipo de automação requer um elevado investimento inicial em equipamentos, pois a intenção é obter uma configuração duradoura. Necessita, assim, de um planeamento cuidadoso, já que qualquer mudança na linha de produção devido a pequenas variações no produto exige um novo projeto, iniciado a partir do zero, o que acarreta custos elevados. Apesar da sua inflexibilidade, a automação fixa permite elevada produtividade e eficiência, dado que as operações são relativamente simples de programar e executar, reduzindo assim o custo por unidade produzida [55,65,68].

Revela-se assim uma opção indicada para linhas de produção com grande volume e elevado nível de padronização [65]. Exemplos onde se podem encontrar sistemas fixos são: refinarias; alguns processos químicos e linhas de montagem automáticas (Figura 32) [55].



Figura 32: Exemplo de aplicação da automação fixa [68]

Automação programável

A automação programável, em comparação com a automação fixa, apresenta maior flexibilidade e menor investimento inicial, facilitando a produção de uma maior variedade de produtos [55,65,68]. Entre os tipos de automação industrial, é considerada uma solução um pouco mais avançada e que atende bem a indústrias com diferentes interesses [65].

As diferentes etapas são executadas segundo as ordens definidas num programa utilizado para o efeito. Assim, sendo definidas classes específicas de produtos numa base de dados, basta seleccionar um programa diferente no controlador para mudar a sequência de operações e/ou o produto [55,65,68]. No entanto, existem casos em que o aumento da complexidade da automação faz com que a mudança no *software* possa não ser tão simples [65]. De realçar que este tipo de automação necessita de um bom planeamento de produção, dado que a reconfiguração do equipamento para um novo produto pode ser demorada, podendo ser necessário ajustar parâmetros de máquina e ferramentas [65,69].

O facto de a capacidade de produção ser inferior à da automação fixa, faz com que a automação programável seja ideal para empresas que fazem a fabricação em lotes [65]. As máquinas de controlo numérico são um bom exemplo deste tipo de automação (Figura 33) [55].

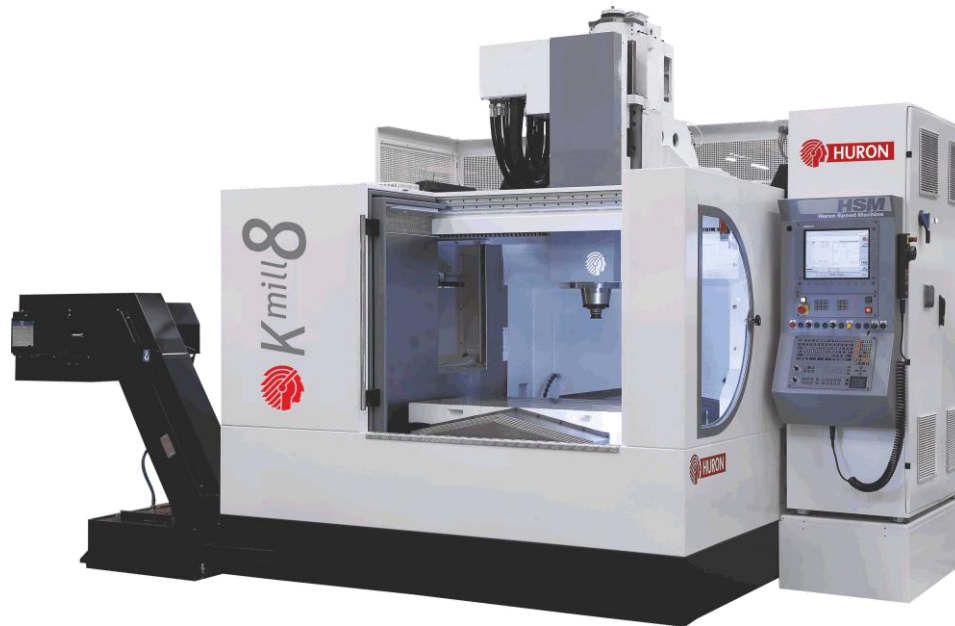


Figura 33: Máquina de controlo numérico, um bom exemplo de automação programável [70]

Automação flexível

A automação flexível é uma extensão da automação programável e, na realidade, a sua definição exata ainda está em evolução [68]. De certo modo, é uma espécie de proposta híbrida, já que combina um pouco das duas anteriores [65].

Neste sistema de automação, o equipamento de controlo oferece uma grande flexibilidade para modificações no *design* do produto. Isto permite que a linha de produção seja ajustada de acordo com processos fixos ou programáveis, através de comandos fornecidos via código pelos operadores [65,68].

Um sistema flexível de produção é capaz de produzir uma grande variedade de produtos, sem perda significativa de tempo de produção quando são realizados ajustes para adição de novos produtos [68]. Esta elevada flexibilidade faz com que este tipo de automação seja utilizado em aplicações com pequenos volumes de produção, sem que a qualidade dos produtos seja comprometida [65,71].

É um sistema ideal para empresas que não optam pelo sistema de lotes, pois permite produzir várias combinações de produtos sem a necessidade de organizá-los em lotes separados [65,68]. Na Figura 34 é possível ver um exemplo de automação flexível, caracterizado pela utilização de robôs industriais.



Figura 34: Exemplo de um sistema com automação flexível [67]

Automação integrada

Neste tipo de automação, o sistema é totalmente automatizado, estando o seu controlo entregue a computadores. Desde o processo de *design* até à expedição, tudo é integrado e automatizado, incluindo os equipamentos, que são manuseados por robôs [66].

2.3.2 Robotização

Em países em que a mão de obra é mais económica, os processos de produção dependem essencialmente do desempenho dos trabalhadores. No entanto, o uso excessivo de mão de obra humana incorre em riscos, devidos às incertezas relacionadas com o comportamento humano e a fadiga. Pequenas operações de montagem com uma grande variedade de modelos e tempos de ciclo curtos são, usualmente, efetuadas à mão. Isto deve-se à sua flexibilidade e agilidade. No entanto, fatores críticos como qualidade, prazo de entrega e aumento de custos de mão de obra, tornam atrativo o desenvolvimento de equipamento flexível e ágil que permita *setups* simples, tempos de ciclo curtos e rastreabilidade [30]. A automatização é a única solução viável para este problema, mas apresenta limitações quando a agilidade do sistema é prioridade. Assim, quando existe uma sistemática mudança de produto a ser produzido, ou quando a produção envolve uma pequena série de produtos da mesma família, a robotização apresenta-se como a melhor solução (Figura 35) [72].



Figura 35: Robôs em ambiente industrial [73]

Um dos grandes problemas da robotização é a modificação da linha de produção para permitir o correto funcionamento dos robôs. É necessário um grande espaço para a instalação dos robôs, equipamento elétrico, barreiras de segurança, entre outros. As alterações ao ambiente fabril implicam custos elevados e podem ser demoradas, o que faz com que pequenas e médias empresas não consigam justificar o investimento nesta tecnologia, apesar das suas inerentes vantagens, tornando-a numa solução não viável em algumas aplicações [30,74]. Como solução para estes problemas, vários estudos têm-se focado na utilização de robôs de dois braços (Figura 36), visto permitirem grande flexibilidade, trabalhando de forma semelhante a um operador humano [74–78].



Figura 36: Robô de dois braços [78]

Com o passar dos anos e com a evolução tecnológica associada, a grande maioria das indústrias escolheram substituir a mão de obra intensiva por modelos com foco na tecnologia, nomeadamente com a utilização de robôs e equipamentos de montagem totalmente automatizados. A IA, em particular, revela-se como um grande utilizador desta tecnologia, devido ao grande número de componentes que constitui um veículo, o que implica o desenvolvimento de sistemas de montagem e produção capazes de

contribuir para o aumento significativo da produtividade e flexibilidade. Na produção de um automóvel, um dos setores com grande utilização de robôs é a soldadura da estrutura do veículo, onde são aplicados diversos processos de soldadura. A implementação de robôs reduz os defeitos que normalmente surgem em soldaduras feitas por mão de obra humana. Por outro lado, estes métodos têm problemas de *setup* que os torna morosos, levando a que diversos estudos se tenham focado na redução dos tempos de *setup*, utilizando método como o SMED (*Single Minute of Exchange of Die*). Estes estudos apresentam bons resultados, verificando-se uma redução nos tempos de *setup* de até 55%, o que leva à aplicação deste método em diversos setores, tais como a IA [29,79–84].



Figura 37: Robôs de soldadura numa linha de produção automóvel [85]

Para além disso, têm sido desenvolvidos algoritmos que permitem melhorar os processos de montagem de produtos com diversos componentes, dada a complexidade associada a estes produtos [30,59,72]. Um bom exemplo da utilização da robotização é nas operações de reparação em centrais nucleares, em que robôs são utilizados para que seja evitada a exposição de trabalhadores a ambientes perigosos, garantindo ao mesmo tempo um elevado grau de eficiência [30].

Na Tabela 5 são apresentados diferentes estudos em que foi aplicada a robotização de processos a nível industrial.

Tabela 5: Estudos focados na robotização de processos de produção

Autor	Descrição
Barbosa <i>et al.</i> [86]	Com este projeto o autor apresentou uma solução para aumentar o nível de automação de centros de maquinagem através da utilização de um robô industrial de seis eixos para substituir o operador, cuja função era alimentar o centro com as peças a ser trabalhadas. O sistema consiste num robô colocado numa célula, que pode ser ligada a uma ou duas máquinas, mantendo a possibilidade de operar de maneira padrão. Esta célula pode ser personalizada de acordo com as necessidades do cliente em termos de robô usado, tamanho de prateleira e tipo de sensores usados.
Castro <i>et al.</i> [87]	Este estudo teve como objetivo determinar as vantagens e a viabilidade de utilizar uma célula de soldadura robotizada para a produção de estruturas para autocarros, e seguir a sua implementação no processo de produção. Para fazer uma comparação confiável, foi escolhida uma parte do compartimento de bagagem do autocarro para realizar todos os testes necessários. Para a realização da soldadura, foi utilizado um robô fora de serviço, do qual a empresa já era proprietária. Ao comparar o tempo despendido por dois métodos de produção (manual e robotizado) e os resultados dos processos de inspeção às estruturas fabricadas por um trabalhador, ficou provado que este projeto seria vantajoso em diversos aspetos, em termos de organização da fábrica e investimento económico. Como tal, o autor estima um <i>payback</i> do investimento de 21 meses, o que aliado à redução de 51% no tempo de ciclo, comprova a viabilidade da solução.
Costa <i>et al.</i> [88]	Este projeto consistiu na validação de um sistema desenvolvido para a soldadura pelo processo <i>friction stir welding</i> . Para garantir que o robô possui rigidez, resistência e binário suficientes para realizar a operação desejada, foi necessário soldar um material conhecido, com parâmetros já estabelecidos, e utilizar uma ferramenta apropriadamente dimensionada. O autor selecionou uma liga AA5052 H43 de 3 mm de espessura, usada na produção de navios, embarcações e estruturas de automóveis. O sistema mostrou-se apto a realizar a tarefa desejada.

Autor	Descrição
Do <i>et al.</i> [74]	Neste artigo é proposto um sistema automático de embalagem de telemóveis, que utiliza dois robôs de dois braços. Para além disso, foi desenhada uma célula cuja disposição permite um embalagem rápido e eficiente. Cada tarefa foi atribuída com o intuito de reduzir o tempo de ciclo e de evitar colisões entre os robôs. O processo de embalagem, realizado por mão de obra humana, foi reestruturado para permitir a utilização dos robôs e uma operação eficiente. No entanto, o resultado obtido levou a um tempo de ciclo três vezes superior. O autor propõe otimizar os percursos realizados pelos robôs e o controlo dos movimentos rápidos, por forma a atingir o mesmo nível dos trabalhadores. O objetivo final é aplicar o sistema proposto ao processo atual.
Silva <i>et al.</i> [72]	O artigo teve como objetivo principal o desenvolvimento de soluções <i>low cost</i> para a inspeção e embalagem automáticos de <i>suspension mats</i> para assentos de veículos. A automação desenvolvida substituiu a mão-de-obra humana utilizada nas operações mencionadas, sendo integrada na linha de produção atual. As operações a ser automatizadas são as únicas que envolvem trabalho manual em toda a linha de produção. A solução encontrada envolve a automatização do processo de inspeção, enquanto que para o embalagem o autor recorreu à utilização de um robô industrial. Com esta solução, o trabalho manual foi eliminado, diminuindo os custos de produção e aumentando a fiabilidade, produtividade e eficiência da inspeção e envio dos produtos. O tempo de ciclo do sistema final é de 9,2 segundos, estando dentro do pretendido, e este permite um retorno do investimento em 21,5 meses.
Yang <i>et al.</i> [89]	Neste projeto é proposta uma linha de produção completamente automática, sem necessidade de intervenção humana em nenhuma tarefa, relacionada direta ou indiretamente com a produção. Foi descrito o conceito de um sistema robotizado que auxilia uma linha de produção flexível, em que serão utilizados robôs para cumprir tarefas de auxílio aos robôs que trabalham diretamente na linha, substituindo assim os trabalhadores que cumpriam este tipo de tarefas.

Apesar da utilização e disponibilidade da robótica a custos acessíveis, a da sua inerente agilidade e flexibilidade, a automatização fixa ou programável continua a ser mais amplamente usada para aumento de produtividade e melhoramento de processos [72].

2.3.3 Interação Homem/Máquina

O uso generalizado de automação e o trabalho humano com robôs oferece uma variedade de opções que podem ser usadas na fabricação e em outras áreas relacionadas, permitindo o aumento da qualidade e eficiência de sistemas críticos de segurança (por exemplo, centrais nucleares, aviões, entre outros) e dispositivos de uso

diário (tais como automóveis, eletrodomésticos, entre outros) [90,91]. Segundo Følstad *et al.*[92], para que uma rede Homem-Máquina seja eficiente, é necessário que a interação entre ambos seja produtiva [92], sendo a confiança das pessoas nos sistemas automatizados crucial para este efeito [90].

Numa sociedade híper conectada, a informática está universalmente disponível, como parte das Redes Homem-Máquina (HMNs), para tarefas anteriormente dependentes de habilidades ou conhecimentos humanos [92]. Com a evolução da tecnologia, existem diversos esforços para melhorar os sistemas automatizados, permitindo aumentar a intervenção das máquinas na HMN [90,92]. Este desenvolvimento é, também, uma fonte importante de melhorias na segurança das máquinas e pode transformar, positivamente, o modo de vida de grandes segmentos da população. Além disso, a competitividade, e conseqüente pressão económica da indústria, leva à necessidade de permanecer na competição internacional em termos tecnológicos [93]. No entanto, os benefícios da automação podem ser perdidos quando os trabalhadores se sobrepõem a estes sistemas, devido a falta de confiança. Esta pode também causar acidentes [90].

Normalmente, as ações das máquinas não substituem as ações humanas, assumindo tarefas dedicadas ou de apoio aos trabalhadores humanos, como por exemplo, aquisição de informações, análise ou tomada de decisão [92]. É, no entanto, necessário calibrar adequadamente a confiança para evitar desuso ou uso indevido da automação [90]. O aumento da intervenção da automação cria preocupações em termos da necessidade da adaptação e flexibilidade dos trabalhadores, bem como dos possíveis efeitos negativos nas ações humanas devido às alterações na perceção das situações dos trabalhadores [92]. Uma maneira de potencialmente superar estes efeitos negativos é projetar sistemas automatizados que possam adaptar-se ao ser humano em tempo real, com base no nível de confiança do ser humano. No entanto, fazer isto requer modelos preditivos, fiáveis e quantitativos do comportamento da confiança humana [90].

Outro ponto com grande importância numa indústria cada vez mais automatizada é a segurança dos trabalhadores, principalmente quando estes devem colaborar com robôs industriais. Este é um tópico amplamente discutido, tendo sido publicados muitos trabalhos de pesquisa neste campo, mas ainda existem algumas áreas pouco estudadas, principalmente relacionadas com dispositivos que variam entre robôs colaborativos e pequenos robôs industriais. Um sistema avançado de monitorização multinível permite atingir um nível de segurança dos trabalhadores elevado, sendo o tempo de inatividade dos robôs diminuído substancialmente. No entanto, faltam sistemas de segurança otimizados, que possam atender a todos os requisitos de segurança e necessidades de fabricação. Diferentes componentes de sistemas, *software* e outras ferramentas, foram utilizados na elaboração de metodologias apropriadas para o estudo da colaboração entre robôs industriais e humanos, sendo a ISO / TS 15066: 2016 a mais recente norma reconhecida para este tipo de sistemas. Como o processo de desenvolvimento no campo

dos robôs colaborativos é bastante rápido, Kuts *et al.* [91] prevê que esta norma seja atualizada nos próximos anos [91].

Para além das claras vantagens económicas, Coiffet [93] refere que o desenvolvimento de máquinas tem também um aspeto humanístico, permitindo que o homem prospere em termos pessoais, ao desenvolver as suas habilidades e inteligência. Assim, pode mostrar as suas capacidades e libertá-lo de alguns dos pesos na vida. O autor termina dizendo que qualquer iniciativa para projetar um sistema automatizado com colaboração amigável entre máquina e robô deve ser incentivada, pois traz consigo um grande valor acrescentado em termos de vocação humana [93].

Na Tabela 6 são apresentados alguns estudos focados na interação Homem/Máquina.

Tabela 6: Estudos relacionados com interação Homem/Máquina

Autor	Descrição
Følstad <i>et al.</i> [92]	Para verificar o impacto do aumento da automação nos trabalhadores, o autor mencionado realizou um estudo utilizando três casos de estudo: gestão de tráfego aéreo, gestão de emergências, e evacuação de uma multidão. Com isto, pretendeu esclarecer de que forma a automação pode fortalecer a ação da mão de obra humana na rede Homem/Máquina, através da partilha e alocação responsável de tarefas, e servir como pré-requisito para inovação e mudança no futuro. Os resultados dos três casos constituem o primeiro passo em direção a uma perspetiva na qual os efeitos da automação são considerados no nível de todo o HMN, em todos os seus estados atuais e futuros, em vez de limitados a processos específicos ou objetivos existentes.
Hu <i>et al.</i> [90]	O autor desenvolveu uma experiência por forma a obter uma dinâmica de confiança humana em contextos de interação homem-máquina e estabelecer um modelo quantitativo do comportamento de confiança humana em relação a esses contextos. O modelo proposto descreve o nível de confiança em função da experiência, confiança cumulativa e expectativas dos trabalhadores. Para além de considerar as dinâmicas da confiança humana na automação, este modelo também caracteriza a forma como os fatores demográficos influenciam esta característica. Em particular, os resultados do estudo mostram que os efeitos da nacionalidade, cultura e género são significativos. O modelo obtido neste estudo pretende auxiliar no desenvolvimento de sistemas automatizados que consigam responder a mudanças do nível de confiança dos trabalhadores, em tempo real. O modelo foi verificado usando dados recolhidos a mais de 800 participantes e tem uma precisão de previsão superior a 92%.

Autor	Descrição
Kuts <i>et al.</i> [91]	Este estudo foi realizado com a finalidade de desenvolver experiências, analisar e modelar sistemas de trabalho colaborativo e monitorização de segurança, utilizando pequenos robôs industriais com limitação de força e potência integrada. Vários métodos foram analisados por forma a encontrar a melhor solução para um sistema de monitorização <i>online</i> . O resultado foi um processo de monitorização <i>online</i> multinível, testado em <i>software</i> de simulação com condições o mais próximas possível da realidade. O avançado sistema de monitorização multinível permite atingir um nível de segurança dos trabalhadores elevado, sendo o tempo de inatividade dos robôs diminuído substancialmente.
P. Oborski [94]	Neste artigo, o autor estuda os problemas existentes nas interações homem-máquina, numa tentativa de modelar o comportamento humano. O objetivo principal do artigo foi classificar o conhecimento sobre interações homem-máquina. O autor conclui que, apesar do elevado nível de automação existente em diferentes indústrias, o fator humano ainda é muito importante para o sucesso dos sistemas automatizados. Como tal, é importante ter em conta os possíveis problemas na interação homem-máquina quando são desenhadas as <i>interfaces</i> necessárias, pois um <i>design</i> fraco pode levar a quebras no desempenho do sistema. O autor termina referindo que em sistemas avançados de fabricação, a ênfase deve ser colocada no problema da cooperação homem-máquina e homem-computador.

2.3.4 Sensores e atuadores

Atualmente, um sistema automatizado pode ser dividido em duas partes [95]:

- Parte operacional: esta é a parte do sistema que atua diretamente no processo. Todos os elementos constituintes desta parte são responsáveis por fazer com que a máquina se mova e realize a operação desejada;
- Parte de controlo: esta parte de um sistema automatizado é a parte programável e é, geralmente, implementada através de um CLP (Controlador Lógico Programável).

Os sensores e atuadores, componentes a ser tratados neste subcapítulo, são alguns dos componentes que constituem a parte operacional de um sistema automatizado. Entre eles estão incluídos os dispositivos de acionamento e pré-acionamento como motores, cilindros, compressores de ar, válvulas, pistões, e também dispositivos de deteção, como sensores indutivos, sensores capacitivos, sensores ultrassónicos, entre outros [95].

Sensores

Os sensores fazem parte das entradas (*inputs*) do sistema e atuam como dispositivos de detecção, visto que captam e transmitem ao sistema de controlo o que está a acontecer no equipamento automatizado [95–98]. Existe uma grande variedade de parâmetros que podem ser monitorizados [95,98], podendo-se caracterizar os sensores pelo tipo de estímulos, tal como está apresentado na Tabela 7.

Tabela 7: Categorias de estímulos e respetivas variáveis físicas [99]

Categoria	Exemplos de variáveis físicas
Elétrico	Tensão elétrica, intensidade de corrente, resistência, condutividade, carga, capacitância.
Magnético (Figura 38)	Campo magnético, condutividade, permeabilidade.
Mecânico (Figura 39)	Posição, velocidade, aceleração, força, binário, pressão, tensão, massa, densidade.
Químico	Identidade de componentes, concentração, nível de pH, presença de ingredientes tóxicos, poluentes.
Radiação	Tipo de radiação, intensidade, comprimento de onda.
Térmico	Temperatura, calor, fluxo de calor, condutividade térmica, calor específico.



Figura 38: Sensor magnético (sensor de proximidade indutivo) [100]



Figura 39: Sensor mecânico (fim de curso) [101]

Para além do tipo de variável medida, os sensores podem também ser classificados segundo a forma como emitem os sinais lidos [95,99]:

- Sensor analógico: um sensor analógico emite um sinal analógico contínuo, tal como uma tensão elétrica, cujos valores variam de forma análoga à variável medida. O sinal de saída do sensor deve ser convertido num sinal digital através de um dispositivo de conversão analógico-digital. Exemplos deste tipo de dispositivo são termopares, extensómetros e potenciómetros;
- Sensor discreto: um sensor discreto emite sinais de saída que só podem conter certos valores. Podem ser divididos em duas subcategorias:
 - Sensor binário: produz um sinal *on/off*. A maior parte dos dispositivos operam ao fecharem um contacto elétrico que está normalmente aberto.

Exemplos deste tipo de sensor são fins de curso, sensores fotoelétricos, ou interruptores de proximidade;

- Sensor digital: emite um sinal digital que representa a quantidade que deve ser medida, como por exemplo, uma série de impulsos que podem ser contados por um *encoder* ótico.

Na Tabela 8 estão presentes os aparelhos de medida mais comuns em automação.

Tabela 8: Aparelhos de medida usualmente utilizados em automação [99]

Aparelho de medida	Descrição
Acelerómetro	Dispositivo analógico usado para medir a aceleração e impactos.
Amperímetro	Dispositivo analógico que mede a intensidade da corrente elétrica.
Dinamómetro	Dispositivo analógico usado para medir força, potência ou binário.
<i>Encoder</i> linear	Dispositivo digital usado para medir posição angular e/ou velocidade, usando um transdutor que lê uma escala linear fixa que indica a posição. A velocidade pode ser medida como a posição dividida pelo intervalo de tempo.
<i>Encoder</i> rotativo (Figura 40)	Dispositivo digital usado para medir posição angular e/ou velocidade, usando um transdutor que converte a localização numa escala circular em posição rotativa. A velocidade de rotação pode ser medida como a posição dividida pelo intervalo de tempo.
Extensómetro	Sensor analógico bastante utilizado para medir forças, binários ou pressões. Baseado na alteração da resistência elétrica, devido à deformação de um material condutivo.
Fim de curso (Figura 39)	Sensor de contacto binário, no qual uma alavanca fecha ou abre um contacto elétrico.
Fotómetro	Sensor analógico que mede a iluminação e a intensidade da luz.
Interruptor de fluxo de fluídos	Interruptor (binário) similar ao fim de curso, mas ativado pelo aumento da pressão do fluido e não por contacto com o objeto.
Interruptor de proximidade (Figura 38)	Sensor binário sem contacto, acionado quando um objeto próximo induz alterações no campo eletromagnético.
Interruptor fotoelétrico	Sensor binário sem contacto que consiste num emissor (fonte luminosa) e num recetor (fotocélula), acionado pela interrupção do feixe de luz.

Aparelho de medida	Descrição
Manómetro (Figura 41)	Dispositivo analógico usado para medir a pressão de um gás ou líquido. Baseado na comparação de pressões conhecidas e não conhecidas. O barómetro é um tipo específico de manómetro, usado para medir a pressão atmosférica.
Ohmímetro	Dispositivo analógico usado para medir resistência elétrica.
Pirómetro de radiação	Dispositivo analógico de medida de temperatura que deteta radiação eletromagnética com comprimento de onda na faixa do campo visível e dos infravermelhos.
Potenciómetro	Sensor de posição analógico, consistindo numa resistência e num contacto deslizante. A posição do contacto deslizante determina a medida de resistência. Disponível para medições lineares e angulares.
Sensor de fluxo de fluídos	Dispositivo analógico de medida do fluxo de um líquido, normalmente baseado na diferença de pressão entre o fluxo de dois tubos de diferentes diâmetros.
Sensor de ultrassons (Figura 42)	O sensor mede o intervalo de tempo entre a emissão e a reflexão (do objeto) dos impulsos da alta frequência do som. Pode ser usado na medida da distância, ou apenas para indicar a presença de um objeto.
Sensor fotoelétrico (Matriz)	Sensor digital que consiste numa série linear de sensores fotoelétricos. O conjunto de sensores estão preparados para indicar a altura ou tamanho do objeto que interrompe alguns, mas não todos os feixes de luz.
Sensor táctil	Dispositivo de medição que indica o contacto físico entre dois objetos.
Tacómetro	Dispositivo analógico que consiste num gerador de corrente continua, que produz uma tensão elétrica proporcional a uma velocidade angular.
Termístor	Dispositivo analógico de medida da temperatura, baseado na diminuição da resistência de um material semiconductor com o aumento da temperatura.
Termo resistência	Dispositivo analógico de medida de temperatura, baseado no aumento da resistência elétrica de um material metálico com o aumento de temperatura.
Termómetro bimetalico	Dispositivo analógico de medição de temperatura constituído por uma bobina bimetalica, que muda de forma em resposta a uma variação de temperatura. A alteração da forma pode ser calibrada para indicar a temperatura.

Aparelho de medida	Descrição
Termopar	Dispositivo analógico de medida da temperatura, baseado no efeito termoelétrico, no qual a junção de dois fios de metal diferente dá origem a uma pequena tensão elétrica, que é função da temperatura da junção.
Transdutor de nível	Boia ligada a um braço de alavanca. O movimento basculante do braço pode ser usado para medir o nível de um líquido num recipiente (dispositivo analógico) ou para atuar um interruptor (dispositivo binário).
Transdutor piezoelétrico	Dispositivo analógico baseado no efeito piezoelétrico de alguns materiais (por exemplo, o quartzo), no qual é produzida uma carga elétrica quando o material é deformado. A carga pode ser medida e é proporcional à deformação. Pode ser usado para medir força, pressão e aceleração.
Transformador diferencial variável linear	Sensor de posição analógico que consiste numa bobina primária e em duas bobinas secundárias, separadas por um núcleo magnético. Quando a bobina primária é energizada, induz uma tensão na bobina secundária, em função da posição do núcleo. Também pode ser adaptado para medir força ou pressão.

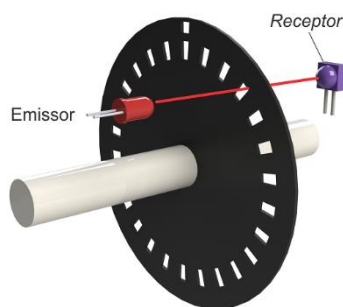


Figura 40: Representação do funcionamento de um *encoder* rotativo [102]



Figura 41: Manómetro de pressão [103]

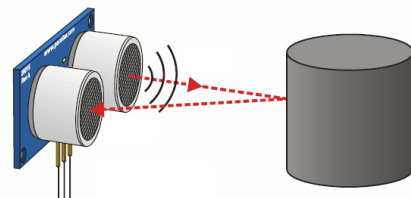


Figura 42: Princípio de funcionamento de um sensor de ultrassons [104]

Atuadores

Os atuadores são elementos de saída de um sistema (*outputs*) e atuam sobre uma variação do elemento final do processo, em resposta a um sinal de comando recebido. Estes elementos convertem a energia recebida (elétrica, hidráulica ou pneumática) em energia mecânica, útil para o ambiente industrial, e podem ser classificados em [95–98]:

- Elétricos;
- Pneumáticos;
- Hidráulicos.

Os atuadores elétricos (Figura 43), que tal como o nome indica são alimentados com energia elétrica, são adequados para movimentos angulares e de rotação, com ou sem controlo de velocidade. Alguns exemplos são os motores de corrente contínua, motores de corrente alternada e servo motores [95].



Figura 43: Atuadores elétricos [98]

Os atuadores pneumáticos (Figura 44) utilizam ar comprimido para exercer uma força ou movimento. A natureza binária do movimento de cilindros pneumáticos (atuado ou não atuado) faz com que esta solução seja mais simples, económica e segura que os outros tipos de automação [98,105]. Estes são adequados para aplicações que necessitam de movimentos lineares curtos (existindo também atuadores pneumáticos capazes de movimentos rotativos) [95].



Figura 44: Atuadores pneumáticos [106]

Já os atuadores hidráulicos (Figura 45) são utilizados principalmente quando a força necessária é muito alta, ou quando uma máquina em marcha lenta necessita de um controlo preciso (neste último caso, dependendo da aplicação, os atuadores hidráulicos tendem a ser substituídos por servo motores). São chamados hidráulicos, pois o fluido que os alimenta é óleo hidráulico [95,98].



Figura 45: Atuadores hidráulicos [98]

Na Figura 46 é apresentado um quadro em que são comparados os três tipos de atuadores.

Características:	PNEUMÁTICO	HIDRAULICO	ELETRICO
Complexidade	Simples	Media	Media/Alta
Possibilidade de impacto	Alta	Muito alta	Alta
Tamanho/força	Baixo tamanho pela força gerada	Muito baixo tamanho pela força gerada	Médio tamanho pela força gerada
Controle	Válvulas simples	Válvulas simples	Controle eletrônico
Precisão no posicionamento	Boa	Boa	Melhor
Velocidade	Rápido	Lento	Rápido
Custo de compra	Baixo	Alto	Alto
Custo de operação	Médio	Alto	Baixo
Custo de manutenção	Baixo	Alto	Baixo
Requer	Compressor, eletricidade e tubulação	Bomba, eletricidade e tubulação	Eletricidade somente
Eficiência	Baixa	Baixa	Alta
Confiabilidade	Excelente	Boa	Boa
Manutenção	Pequena	Media	Media

Figura 46: Comparação dos diferentes tipos de atuadores [98]

DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

- 3.1 Caracterização da empresa, do processo e do problema
- 3.2 Desenvolvimento e resultados

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Caracterização da empresa, do processo e do problema

3.1.1 Caracterização da empresa

A PR Metal (Figura 47), fundada em 1992, é uma empresa pertencente ao Grupo PR, o qual teve origem com a mudança de nome da Molcotex – Indústria de Moldes e Cortantes, Lda., a qual foi fundada no ano de 1985. A empresa é especialista no projeto, desenvolvimento e instalação de equipamentos e linhas de produção personalizados às necessidades dos seus clientes, na sua grande maioria *key players* no fornecimento de componentes para a indústria automóvel. Para além da PR Metal, o grupo é constituído pelas seguintes oito empresas:

- Croporto – especializadas em tecnologias de tratamentos superficiais de deposição catódica;
- PR Home Appliances – desenvolvimento e produção de pequenos eletrodomésticos;
- PR Injeção – dedicada à injeção de peças em ZAMAK;
- PR Plásticos – dedicada à extrusão de plásticos para a indústria;
- SS PR – especializada em manutenção de equipamentos industriais;
- Tornipeças Automotive - dedicada à área da tornearia, focada nos sectores automóvel, automação industrial, indústria alimentar, entre outras;
- Tornipeças Technical Wires – dedicada à produção de produtos em arame para aplicações multifacetadas, nomeadamente para bancos de automóveis;
- VR Motor – desenvolvimento e produção de motores elétricos.

Apesar da principal área de negócio da PR Metal ser a indústria automóvel, a mesma está presente nas mais variadas áreas, entre elas, a indústria têxtil e a indústria alimentar. Apesar de efetuar algumas vendas em solo nacional, cerca de 70% dos negócios da empresa são exportações para países como Polónia, México, Alemanha e Espanha.



Figura 47: Empresa PR Metal

3.1.2 Caracterização do processo

Atualmente, o processo utilizado para a preparação de espiral é totalmente automatizado, havendo intervenção humana apenas no *setup* e manutenção do equipamento. Como tal, o mesmo é esperado deste novo conceito.

O conceito apresentado tem onze estações de passo peregrino, sendo realizadas quatro operações em cada extremidade do cabo. Estas operações seguem a seguinte ordem:

1. Escarear/Esmerilar interior da espiral (operação realizada duas vezes);
2. Escarear/Esmerilar exterior da espiral;
3. Soprар;
4. Verificar diâmetro exterior da espiral.

Após a realização das quatro operações em cada extremidade da espiral, é medido o comprimento da espiral.

Apesar das operações apresentadas, estas não são as únicas que podem ser realizadas num equipamento deste género. Dependendo do que se pretende realizar na preparação da espiral, o conceito pode ser ajustado (tanto em termos dimensionais como em termos de conjuntos para realização de operações) às preferências do cliente. Outras operações usuais na preparação de espiral são injeção de massa lubrificante ou o punctionamento de terminais, conjuntos esses que podem ser aplicados neste conceito.

3.1.3 Caracterização do problema

O problema proposto pela empresa trata-se do desenvolvimento de um novo conceito para uma máquina de preparação de espiral. Nas máquinas fabricadas atualmente pela empresa, o sistema *transfer* utilizado para transportar as espirais entre as diferentes estações de operações, apoia as espirais pelas extremidades. Isto causa problemas nas espirais de maior comprimento, que sofrem o fenómeno de flexão (exemplo na Figura 48, no caso para cabos do tipo IBT LASSO), levando a que estas não fiquem corretamente posicionadas nos pontos definidos para a realização das diferentes operações. Assim, por forma a diminuir o número de rejeições, foi proposto pela empresa um novo conceito.



Figura 48: Fenómeno de flexão num cabo de comando [37]

Sendo o problema anteriormente mencionado a razão principal para o desenvolvimento deste novo conceito, existem outras oportunidades de melhoria em relação ao conceito usado atualmente. Uma delas é o sistema de ajustamento ao comprimento das espirais, que na máquina atual é feito através do movimento de um dos lados da máquina. Ou seja, enquanto que um dos lados onde estão colocados os conjuntos das operações realizadas é fixo, o outro é móvel e permite o ajuste ao comprimento da espiral. Devido ao facto de a máquina ter um comprimento elevado e de o ajuste ser feito a todo o comprimento (através de três pontos guiados— extremidade inicial, extremidade final, e centro da estrutura), de uma só vez, pode levar a desalinhamentos de todo o conjunto e, conseqüentemente, a perda na qualidade do produto.

Por último, é esperado que este novo conceito permita simplificar o sistema *transfer*, dado que o atual utiliza apenas um cilindro para o movimento horizontal, sendo o vertical realizado por meio de uma alavanca. Ou seja, o movimento vertical está dependente de o movimento horizontal se realizar. O novo conceito permitirá independência de movimentos, sendo utilizado um cilindro para o movimento horizontal e quatro para o movimento vertical.

Dada a grande diversidade de máquinas já fabricadas pela empresa, existe a possibilidade de utilizar peças e componentes *standard* já utilizados/fabricados pela empresa para outros equipamentos. Assim, no caso de estes apresentarem um historial

de fiabilidade e eficiência noutros equipamentos, optou-se por os utilizar neste novo conceito. Exemplos destes componentes são o sistema de extração e os conjuntos para a realização das operações de preparação da espiral. Sempre que necessário, serão realizadas alterações para que estes se ajustem ao novo conceito da máquina, bem como melhorias no seu funcionamento.

3.2 Desenvolvimento e resultados

3.2.1 Anteprojeto

O ponto de partida para o desenvolvimento deste projeto foi um conceito básico já proposto pela empresa, no qual foi definida a configuração base para o seu funcionamento. Este conceito pode ser visto na Figura 49.

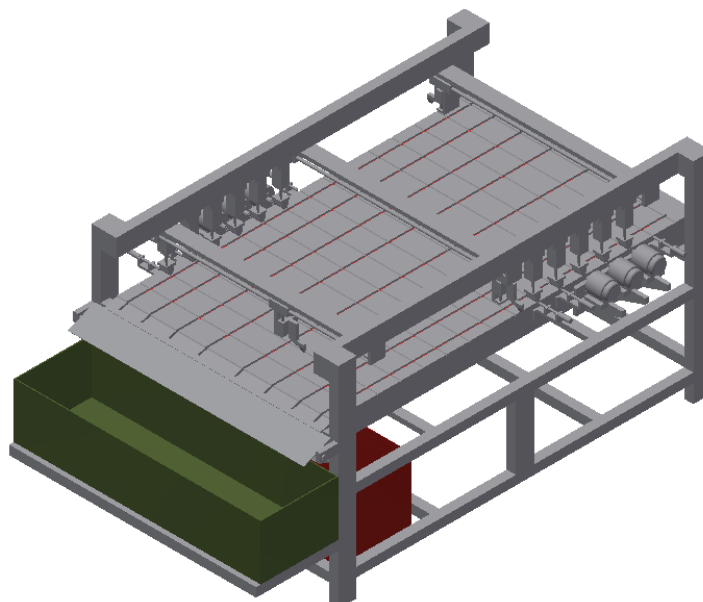


Figura 49: Conceito básico do equipamento desenvolvido

Partindo deste conceito, foi projetado um sistema *transfer* que cumprisse com um passo de 125 mm. Foram também avaliados todos os conjuntos que fariam parte do equipamento, sendo necessário projetar uma base que permita a sua fixação. Apesar de os conjuntos selecionados já terem sido utilizados pela empresa noutros equipamentos, foram alvo de pequenas alterações, necessárias para o seu correto funcionamento neste novo conceito. Ao longo do projeto, foram efetuadas todas as alterações necessárias ao conceito básico apresentado, de forma a poder eliminar o maior número de problemas possível.

3.2.2 Projeto mecânico

Dado que o projeto em questão se trata de um conceito, optou-se por fazer uma referência completa, segundo um método baseado no utilizado pela empresa acolhedora. A única diferença entre os métodos é que, na nomeação dos diferentes componentes, não existe referência a um número do equipamento, dado que este apenas será aplicado aquando da construção de uma máquina completa. Assim sendo, foi dado o código MEM-20 [Linha de preparação de espiral] ao projeto, sendo a divisão efetuada em termos de subconjuntos mecânicos da máquina a seguinte:

- 01 - Estruturas;
- 02 - *Transfer*;
- 03 - Base fixa;
- 04 - Estações de passo peregrino;
- 05 - Calçadores;
- 06 - Alinhamento de espirais;
- 07 – Extração.

No que toca ao dimensionamento dos conjuntos e componentes, a ordem não será a mesma da indicada acima, mas sim uma ordem que permita compreender melhor a lógica e evolução do desenvolvimento do projeto.

Tratando-se de um projeto mecânico de um novo conceito, pretende-se obter um protótipo o mais completo, eficiente, seguro e com a maior durabilidade possível, que permita a sua fácil adaptação e aplicação em futuros projetos. Assim sendo, o ideal seria efetuar um dimensionamento componente a componente, garantindo a sua funcionalidade e capacidade de cumprir a sua função a 100%. No entanto, devido ao elevado número de componentes que fazem parte desta máquina, e de forma a cumprir os prazos acordados com a empresa, tal análise não seria exequível. Desta forma, definiu-se que o foco do dimensionamento seriam os componentes com mais importância para o correto funcionamento do conjunto, nomeadamente componentes que estarão sujeitos a elevadas solicitações mecânicas. De salientar que uma das bases deste projeto era a máxima reutilização de componentes e conjuntos já utilizados pela empresa, não sendo assim necessário o seu dimensionamento.

A escolha dos materiais e eventuais tratamentos térmicos de todas as peças é outro aspeto bastante importante na fase do projeto. Se um material não for selecionado corretamente, tendo em conta os esforços a que a peça estará sujeita, ou até mesmo à gama de temperatura de trabalho de cada componente, a probabilidade de uma falha catastrófica do equipamento poderá aumentar drasticamente, podendo colocar em perigo a segurança do operador e levando a um aumento do tempo de manutenção da máquina. Pode também ser necessário recorrer a tratamentos térmicos para se tirar o maior proveito possível das características de cada material, sempre com a finalidade de obter um equipamento funcional. A seleção dos materiais e tratamentos térmicos foi realizada em conjunto com a equipa de projeto da PR Metal, dada a experiência

adquirida pela empresa ao longo dos anos no fabrico deste tipo de equipamentos. O material mais utilizado no equipamento é o aço C45E, um aço de construção corrente e de vasta utilização na indústria. Dada a sua integridade microestrutural, este aço não necessita de qualquer tratamento térmico antes da sua aplicação. O aço X153CrMoV12 apresenta uma elevada resistência ao desgaste, característica necessária em certas aplicações do equipamento. No entanto, as suas modestas propriedades mecânicas levam a que seja necessário utilizar o tratamento de têmpera, seguido de revenido, por forma a aumentar as suas propriedades mecânicas. Por fim, o aço 40CrMnMo7 apresenta-se como uma opção mais económica em relação ao X153CrMoV12, dado que é possível aumentar a sua resistência ao desgaste através do tratamento de nitruração. Como tal, em aplicações de maior dimensão, este aço foi selecionado em detrimento do X153CrMoV12. Estes são os principais materiais selecionados, tendo sido também utilizados o aço inoxidável, alumínio e bronze em outras aplicações.

Na Figura 50 é possível ver o equipamento na sua forma final.

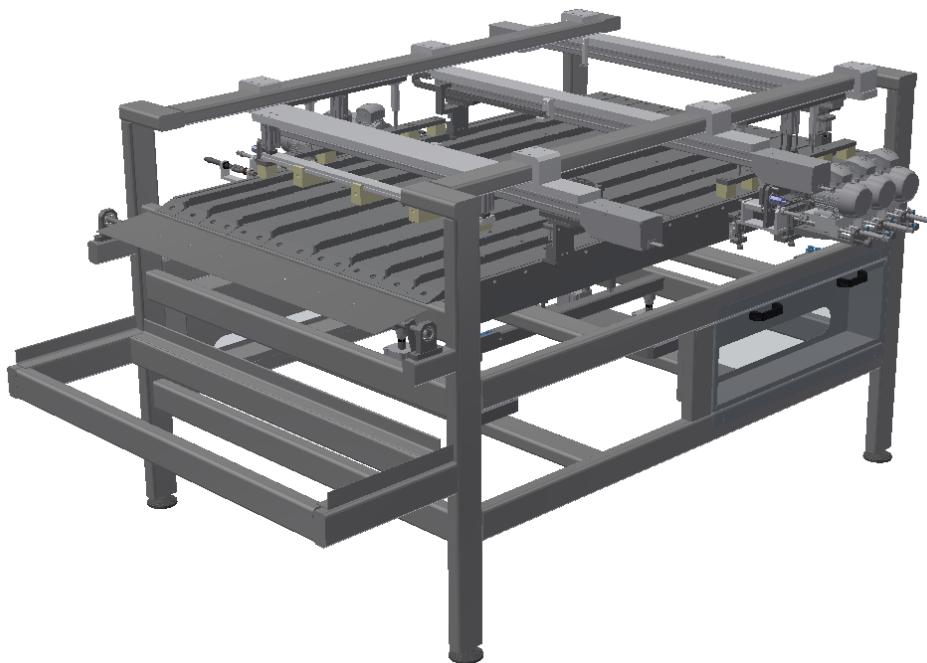


Figura 50: Equipamento desenvolvido

3.2.2.1 Metodologias de dimensionamento utilizadas

3.2.2.1.1 Dimensionamento do sistema de guiamento linear

Para permitir o movimento horizontal do *transfer*, recorreu-se à utilização de um sistema de guiamento linear composto por guias e patins, devido ao baixo atrito existente entre o patim e a guia e, sobretudo, devido ao grau de precisão que existe no guiamento. Por uma questão de uniformização, e dado já serem utilizados em diversos

equipamentos fabricados pela empresa, apresentando um bom desempenho, as guias e patins utilizados serão fornecidos pela HIWIN® Corporation. Esta empresa fornece diferentes tipos de guamentos lineares, cada um com características específicas. No Anexo 2, secção 6.2.1, encontram-se todos os tipos de guamentos lineares existentes.

Juntamente com a equipa de projeto da PR Metal, foi selecionado o sistema da série HG. Esta série de guias lineares apresenta uma capacidade de carga igual em todas as direções e consegue absorver possíveis desalinhamentos que ocorram durante a sua instalação [107].

O cálculo da longevidade estimada (em km) das guias lineares foi realizado de acordo com a informação presente no catálogo do fornecedor. Este cálculo será relevante dado que permite obter uma aproximação sobre a distância que o patim poderá percorrer (L), em km, até ter de ser substituído, o que permitirá elaborar um plano de manutenção adequado. Para obter esse valor, recorre-se à equação (1), retirada do catálogo do fornecedor, presente no Anexo 2, secção 6.2.1.

$$L = \left(\frac{f_h \times f_t \times C_{dyn}}{f_w \times P} \right)^3 \times 50 \text{ km} \quad (1)$$

Onde:

- f_h : Fator de dureza;
- f_t : Fator de temperatura;
- f_w : Fator de carga;
- C_{dyn} : Razão de carga dinâmica [N];
- P: Carga máxima a que o patim vai estar sujeito [N].

O fator de dureza (f_h), o fator de temperatura (f_t) e o fator de carga (f_w) são retirados de gráficos presentes no catálogo do fabricante. A razão de carga dinâmica (C_{dyn}) representa a carga (em direção e magnitude) para a qual o patim atinge uma longevidade de 50 km.

Em relação ao fator P, diversos são os fatores que afetam o cálculo das cargas que atuam na guia linear (como a posição do centro de gravidade do componente, ou as forças de inércia no momento de arranque e paragem). De modo a obter o valor de carga correto, cada condição de carga deve ser cuidadosamente considerada. Todas as condições de carga estão presentes no catálogo do fornecedor (Anexo 2, secção 6.2.1). A título de exemplo, apresenta-se um dos casos de carga presentes no catálogo na Figura 51.

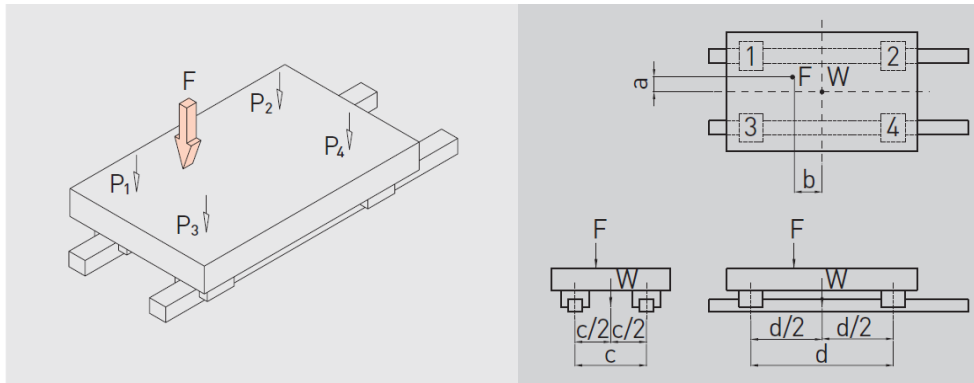


Figura 51: Caso de carga apresentado pelo fornecedor

As equações para as forças P1, P2, P3 e P4 (N), correspondentes a cada um dos patins, são igualmente fornecidas pelo fabricante:

$$P_1 = \frac{W}{4} + \frac{F}{4} + \frac{F \times a}{2 \times c} + \frac{F \times b}{2 \times d} \quad (2)$$

$$P_2 = \frac{W}{4} + \frac{F}{4} + \frac{F \times a}{2 \times c} - \frac{F \times b}{2 \times d} \quad (3)$$

$$P_3 = \frac{W}{4} + \frac{F}{4} - \frac{F \times a}{2 \times c} + \frac{F \times b}{2 \times d} \quad (4)$$

$$P_4 = \frac{W}{4} + \frac{F}{4} - \frac{F \times a}{2 \times c} - \frac{F \times b}{2 \times d} \quad (5)$$

Onde:

- W: Peso dos componentes suportados pelo patim [N];
- F: Forças externas a atuar nos patins [N];
- a, b: Distâncias entre os pontos de aplicação das forças externas e o centro geométrico do sistema de guiamento [mm];
- c: Distância entre guias [mm];
- d: Distância entre patins [mm];

Os restantes casos encontram-se presentes no catálogo do fabricante que se encontra no Anexo 2, secção 6.2.1.

3.2.2.1.2 Dimensionamento de cilindros

Para que o dimensionamento dos cilindros seja feito corretamente, são necessárias diferentes variáveis de projeto. Assim, o cálculo do diâmetro mínimo do êmbolo aceitável para um cilindro de haste simples no avanço é dado pela equação (6) [108].

$$d_c = 2 \times \sqrt{\frac{F_p}{\eta \times \pi \times P_t}} \quad (6)$$

Em que:

- d_c : diâmetro mínimo do êmbolo aceitável [cm];
- F_p : Força de projeto, ou seja, força necessária para a operação [kg];
- η : Fator de carga;
- P_t : Pressão de trabalho [kgf/cm²].

O fator de carga η é retirado da tabela presente na Figura 52.

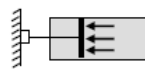
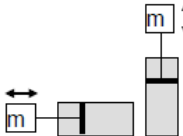
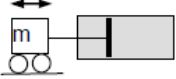
Tipo de funcionamento	Simbologia	Fator de carga η
Cilindros estacionários (Cargas aplicadas no final do curso)		0,7
Cilindros dinâmicos (Cargas aplicadas ao longo de toda ação do cilindro)		0,5
Cilindros com guia horizontal (Movimentação horizontal de cargas)		1,0

Figura 52: Tabela de fator de carga η [108]

Com isto, é possível selecionar o cilindro necessário para a realização da ação pretendida. No entanto, apesar de este cálculo permitir conhecer o diâmetro do êmbolo, é ainda necessário verificar se a haste do cilindro cumpre com os requisitos necessários para o seu correto funcionamento. A verificação das hastes dos cilindros à encurvadura é feita segundo o critério de Euler [108]. Com este critério é possível analisar a relação entre o comprimento da haste e o tipo de fixação do cilindro, denominada de comprimento livre de encurvadura. Esta relação assume diferentes valores, os quais estão presentes na tabela da Figura 53.

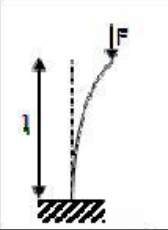
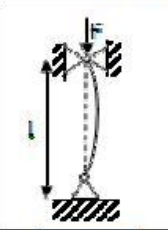

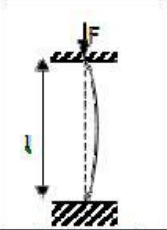
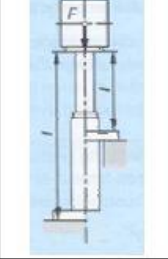
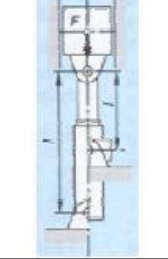
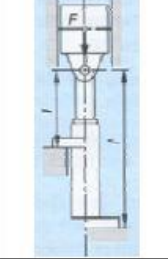
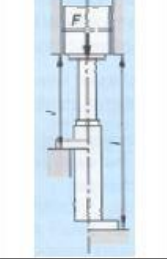
Diagramas de encurvadura – Critério de Euler			
Tipo de solicitações			
			
			
Caso 1 Uma extremidade livre e outra fixa	Caso 2 Duas extremidades articuladas	Caso 3 Uma extremidade articulada e outra fixa	Caso 4 Duas extremidades fixas
$l_0 = 2l$	$l_0 = l$	$l_0 = 0,7l$	$l_0 = 0,5l$

Figura 53: Diagramas de encurvadura - Critério de Euler

Depois de determinado o comprimento de encurvadura da haste do cilindro, deve-se efetuar o cálculo do diâmetro mínimo da haste. Esse cálculo é feito com base na equação (7) [108].

$$d_h \geq \sqrt[4]{\frac{64 \times l_0^2 \times F_a \times S}{\pi^3 \times E}} \quad (7)$$

Em que:

- d_h : diâmetro mínimo da haste aceitável [cm];
- l_0 : comprimento livre de encurvadura da haste [cm];
- F_a : força de avanço, ou atuação, do cilindro [N];
- S : coeficiente de segurança (pode tomar os valores de 3,5 e 5);
- E : módulo de elasticidade do material da haste [N/cm²].

A força de avanço F_a é calculada pela equação (8).

$$F_a \geq \frac{F_p}{\eta} \quad (8)$$

Em que:

- F_a : força de avanço, ou atuação, do cilindro [N];
- F_p : Força de projeto, ou seja, força necessária para a operação [kg];
- η : Fator de carga.

Por fim, dado que os cilindros a utilizar no projeto são todos de duplo efeito, é necessário proceder à verificação do seu funcionamento no recuo. Para tal, utiliza-se a equação (9) [108].

$$F_p = \eta \times A \times P_t \quad (9)$$

Em que:

- F_p : Força de projeto, ou seja, força necessária para a operação [kg];
- η : Fator de carga;
- A : área da secção [cm²];
- P_t : Pressão de trabalho [kgf/cm²].

Com este procedimento, é possível selecionar todos os cilindros necessários ao longo do projeto.

3.2.2.1.3 Dimensionamento do eixo elétrico

Tal como acontece com os cilindros, o fornecedor do eixo elétrico será a SMC® Corporation. Este componente é utilizado para movimentar as espirais para o lado da máquina correspondente à extremidade a ser trabalhada, e também para medir o comprimento da espiral no final de todas as operações de preparação. O dimensionamento deste componente foi feito em duas fases: numa primeira fase utilizou-se o catálogo do fornecedor (Anexo 2, secção 6.2.3.1) para definir o tipo de eixo elétrico a selecionar e as suas características principais; numa segunda fase, e com o auxílio de um comercial da SMC®, foi utilizado um *software online* [109] disponibilizado por esta empresa.

Segundo o catálogo, o primeiro passo para o dimensionamento do eixo elétrico é definir as condições de serviço do equipamento. Estas são:

- Peso da peça a fixar no eixo [kg];
- Velocidade [mm/s];
- Aceleração/Desaceleração [mm/s];
- Curso [mm];
- Orientação de montagem do eixo elétrico.

De seguida, é selecionado o modelo através de um gráfico Carga-Velocidade. Um exemplo deste gráfico, retirado do catálogo do fornecedor, pode ser visto na Figura 54. Como mostra a figura, existem dois gráficos diferentes, cada um referente a uma orientação de montagem. Este gráfico permite também escolher, dentro de cada modelo, qual o passo que se adequa melhor às condições de funcionamento definidas inicialmente.

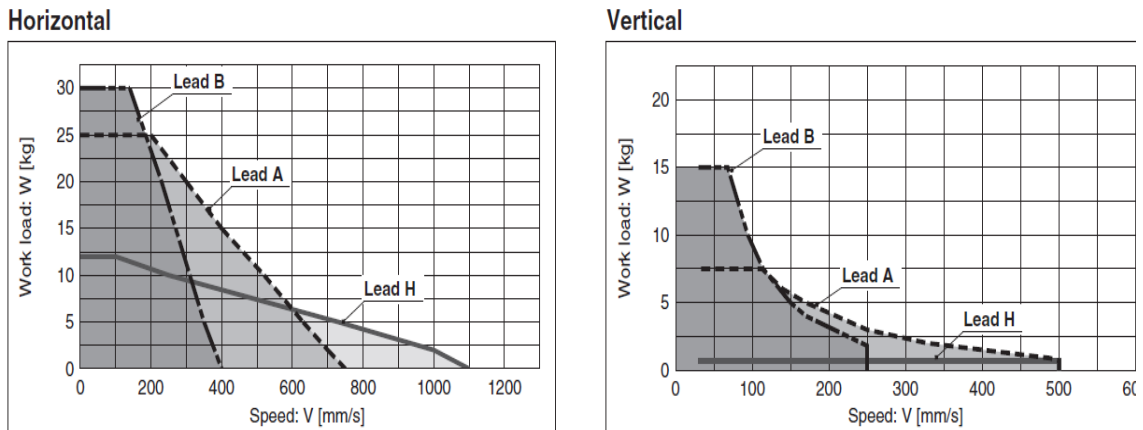


Figura 54: Gráfico Carga/Velocidade para o modelo LEFS25

O passo seguinte envolve o cálculo do tempo de ciclo do eixo, sendo utilizada para tal a equação (10).

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 \text{ [s]} \quad (10)$$

Sendo:

- T_1 : Tempo de aceleração [s];
- T_2 : Tempo a velocidade constante [s];
- T_3 : Tempo de desaceleração [s];
- T_4 : Tempo de posicionamento [s].

Para o tempo T_4 , o fabricante recomenda o valor de referência de 0,2 s. Os tempos T_1 e T_3 são calculados através das equações (11) e (12).

$$T_1 = \frac{V}{a_1} + [s] \quad (11)$$

$$T_3 = \frac{V}{a_2} + [s] \quad (12)$$

Em que:

- V : Velocidade [mm/s];
- a_1 : Aceleração [mm/s²];
- a_2 : Desaceleração [mm/s²].

Por fim, o tempo T_2 é calculado pela equação (13).

$$T_2 = \frac{L - 0,5 \times V \times (T_1 + T_3)}{V} \text{ [s]} \quad (13)$$

A evolução da velocidade ao longo do tempo deste tipo de equipamento pode ser visto no gráfico da Figura 55.

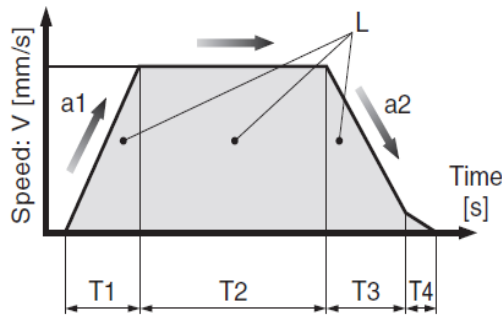


Figura 55: Gráfico Velocidade/Tempo

O último passo do dimensionamento é verificar se os momentos segundo os diferentes eixos cumprem com as especificações do fabricante. Para tal, são retiradas as distâncias entre o centro de massa da peça e o seu ponto de fixação ao eixo, e utilizados gráficos iguais ao que se pode ver na Figura 56.

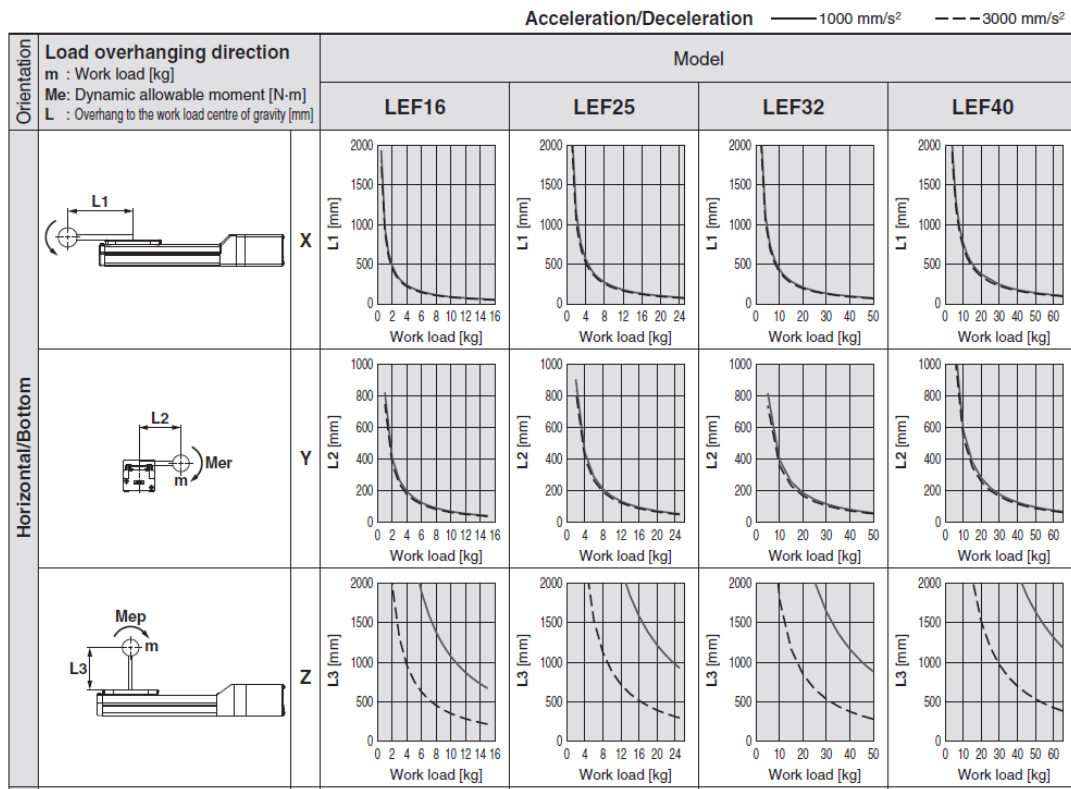


Figura 56: Gráficos para verificação dos momentos segundo os diferentes eixos

Após estes três passos, estando o eixo elétrico dimensionado, foi utilizado o *software* mencionado [109] para verificar a escolha e retirar as características de funcionamento do eixo.

3.2.2.1.4 Método de Elementos Finitos (MEF)

O MEF é um método numérico que permite determinar as soluções aproximadas de um conjunto de equações diferenciais. No âmbito do dimensionamento de estruturas e componentes, cuja função é fulcral para o correto funcionamento da máquina, este método permite obter o estado de tensão e de deformação de componentes com geometrias complexas, quando sujeitos a vários tipos de esforços internos ou externos.

Todos os estudos de MEF efetuados foram realizados utilizando a ferramenta CAD (*Computer Aided Design*) Autodesk Inventor®. De referir que existem limitações ao refinamento da malha impostas pelo *software*, o que se demonstrou em algumas das simulações realizadas. Em termos de metodologia a aplicar para as simulações, para que o estudo a realizar se aproxime o mais possível das condições reais de funcionamento, será necessário selecionar quais os parâmetros a utilizar (Tabela 9).

Tabela 9: Parâmetros a considerar numa análise de elementos finitos

Parâmetro	Funcionalidade
Tipo de estudo	Tipo de estudo que se pretende realizar, estático ou dinâmico. Dentro de todos os tipos de estudos disponíveis, apenas se realizaram estudos estáticos.
Materiais	A escolha dos materiais é uma parte muito importante do estudo, pois o MEF necessita de determinadas propriedades dos materiais, como por exemplo o módulo de elasticidade e o coeficiente de Poisson, para poder realizar uma análise completa ao que está em estudo. Com materiais atribuídos incorretamente, ou não atribuídos de todo, a análise do MEF não será aproximada à realidade, podendo conduzir a resultados enganadores.

Parâmetro	Funcionalidade
Condições de fronteira	<p>Neste campo, é possível estabelecer quais são as condições de fronteira/fixações existentes no conjunto que se está a analisar. O <i>software</i> apresenta várias opções para as condições de fronteira, a saber:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Fixo; ○ Deslizante; ○ Rótula; ○ Simetria.
Ligações	<p>Ligação entre os componentes presentes no conjunto, por exemplo, ligação soldada e ligação com ou sem penetração. Nos componentes em estudo, as ligações mais utilizadas foram a ligação soldada entre componentes e a ligação sem penetração.</p> <p>A ligação soldada considera que dois corpos estão completamente unidos e funcionam apenas como um só. Já a ligação sem penetração permite que, em casos em que exista contacto entre duas superfícies, não ocorra penetração em duas superfícies em contacto.</p>
Esforços aplicados	<p>Aplicação dos esforços externos no conjunto em análise. Estes esforços é que vão ser responsáveis por criar instabilidades e deformações no sistema que, em último caso, poderão levar à falha do conjunto ou de um componente.</p>
Tipo de malha	<p>Existem diferentes tipos de malha utilizados no MEF, os quais podem ser: malha baseada na curvatura (maior refinamento em zonas com maior curvatura); malha <i>standard</i> do <i>software</i> (malha padrão, que já não contempla o maior refinamento em zonas de maior curvatura); ou malha personalizada em que os parâmetros são selecionados por quem realiza o estudo.</p>

Tendo os parâmetros selecionados, é possível realizar a simulação. É muito importante efetuar uma análise crítica aos resultados obtidos, pois, qualquer erro na seleção dos parâmetros pode levar a resultados que não se adequam à situação em estudo.

3.2.2.2 Principais conjuntos do equipamento e suas funções

Tal como referido anteriormente, a máquina encontra-se dividida em vários conjuntos, cada um com uma função específica para o funcionamento do equipamento. Na Tabela 10 estão indicados os principais conjuntos que fazem parte desta máquina, bem como as suas funções.

Tabela 10: Conjuntos da máquina e suas funções

Conjunto	Função
01 - Estruturas	Este conjunto inclui todas as estruturas que suportam os diferentes conjuntos da máquina.
02 - Transfer	Este conjunto tem como função o transporte das espirais, a partir do momento em que estas entram na máquina, entre os diferentes postos de preparação da espiral (conjunto 04).
03 - Base fixa	Este conjunto é responsável por suportar as espirais enquanto estas se encontram a ser trabalhadas em cada posto. Para além disso, será a este conjunto que serão fixados os postos de trabalho do conjunto 04.
04 - Estações de passo peregrino	Este conjunto tem a função de realizar a preparação da espiral.
05 - Calçadores	Este conjunto é responsável por impedir que as espirais se movam durante a fase de trabalho do conjunto 04.
06 - Alinhamento de espirais	Este conjunto é responsável pelo alinhamento das espirais junto do lado onde estas serão trabalhadas. Também é utilizado, juntamente com o conjunto 04, para a medição das espirais.
07 - Extração	Este conjunto é responsável pela extração de todas as espirais da máquina, após estas serem validadas, e fazer a sua separação em OK e NOK.

Os conjuntos indicados anteriormente podem ser vistos e realçados a diferentes cores, na Figura 57, e em que o código numérico corresponde ao respetivo conjunto presente na Tabela 10.

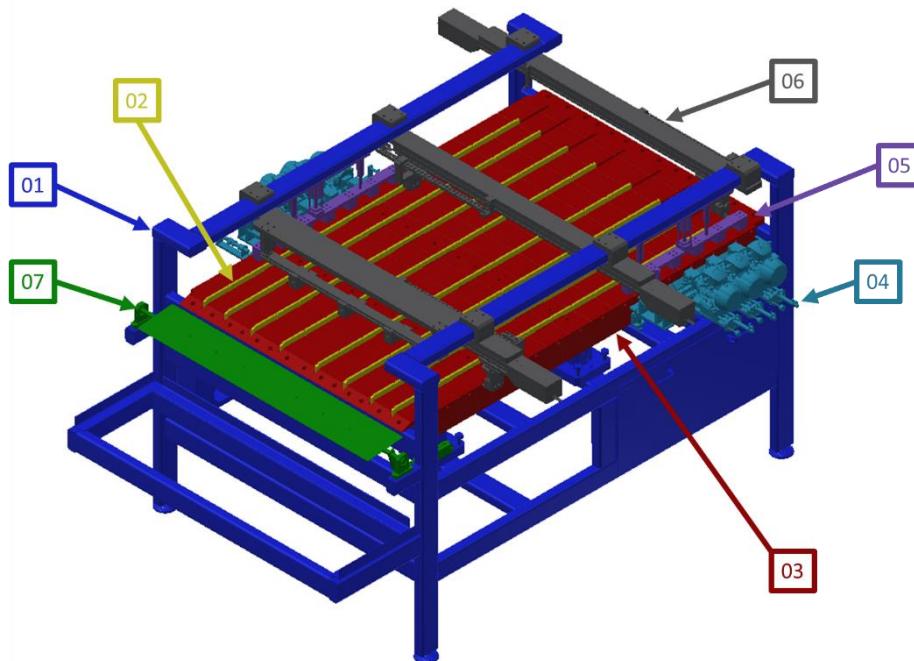


Figura 57: Divisão do equipamento em conjuntos

De mencionar que alguns dos conjuntos mencionados já tinham sido utilizados anteriormente pela empresa, estando assim o seu funcionamento comprovado. Em alguns destes conjuntos não houve necessidade de efetuar qualquer alteração funcional, tendo apenas sido adaptadas as dimensões de alguns dos componentes às necessidades deste novo conceito. Noutros conjuntos, foram detetados alguns problemas, cuja resolução envolveu alterações aos conjuntos, que poderiam ir desde a mudança de um simples componente do conjunto, até à reformulação por completo do mesmo. No entanto, estas alterações não colidiram com o funcionamento do conjunto em si, estando o foco na fixação destes à máquina.

3.2.2.3 02 – Transfer

O conjunto 02 – *Transfer* (Figura 58) é o conjunto principal deste conceito, sendo a parte em redor da qual todo o equipamento foi projetado. Como referido no capítulo 3.2.2.2, a função deste conjunto é transportar as espirais ao longo da máquina, colocando-as na estação de trabalho respetiva. Para o cumprimento dessa função, é necessário que o conjunto tenha dois movimentos, um na horizontal e outra na vertical. Para tal, dividiu-se o conjunto em dois subconjuntos: 020 – Passo peregrino (Figura 58 – Cor de laranja) e 021 – Elevador (Figura 58 - Vermelho).

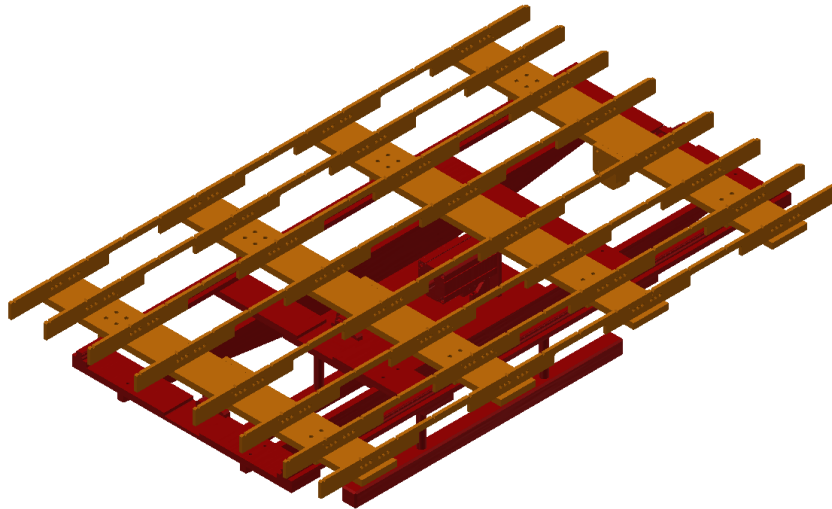


Figura 58: Conjunto 02 - *Transfer*

A localização do conjunto na máquina pode ser vista na Figura 59.

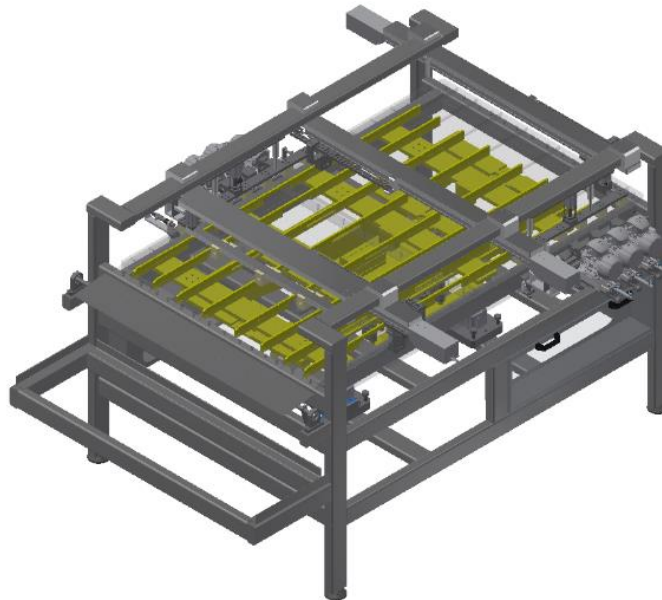


Figura 59: Localização do conjunto 02 - *Transfer* na máquina

O subconjunto 020 – Passo peregrino, responsável pelo movimento horizontal de transporte das espirais, é constituído por dois componentes principais: os suportes de espirais (Figura 60 – Azul e Figura 61) e as réguas de fixação dos suportes (Figura 60 – Verde e Figura 62).

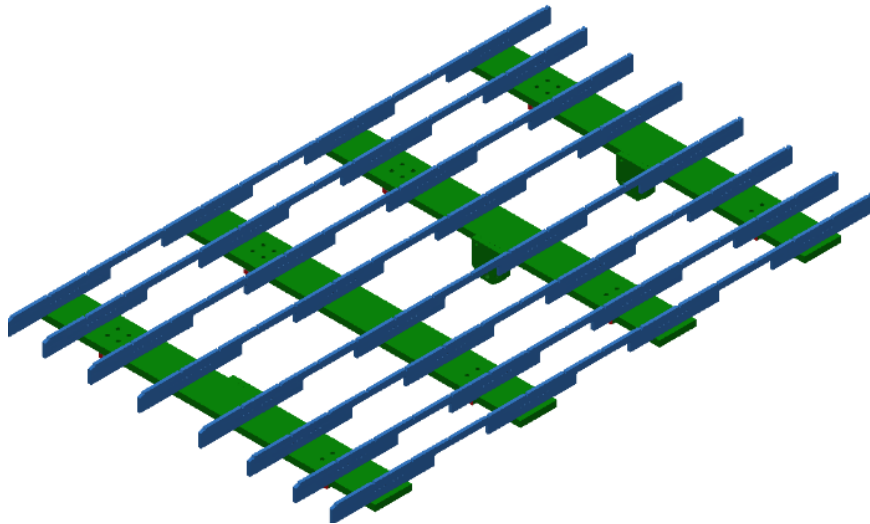


Figura 60: Subconjunto 020 - Passo peregrino



Figura 61: Suporte de espirais

Figura 62: Régua de fixação dos suportes de espirais

As régua apresentadas, para além de terem como função a fixação dos suportes de espirais, também servem de fixação aos batentes (Figura 63 e Figura 64) nos quais irão contactar os amortecedores (que serão explicados mais à frente), e como fixação dos patins que permitem a movimentação na horizontal de todo o subconjunto.

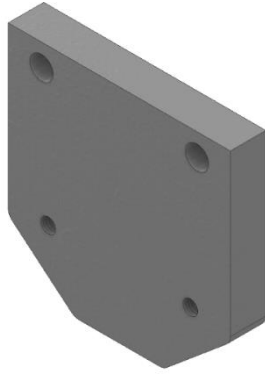


Figura 63: Batente de amortecimento

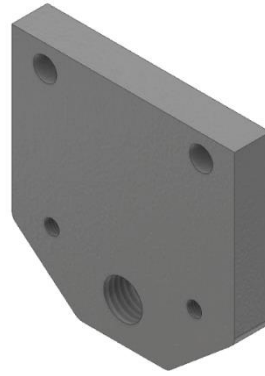


Figura 64: Batente de amortecimento com furo roscado para ligação ao cilindro

O subconjunto 021 – Elevador, como o nome indica, é responsável pelo movimento vertical do transporte das espirais. Neste conjunto, os componentes a realçar são o suporte para fixação do cilindro CD55B80-125M e respetivos reforços (Figura 65 – Azul e Figura 66), as réguas para fixação dos amortecedores (Figura 65 – Amarelo) e as barras responsáveis por suportar todo o conjunto 02 – *Transfer*, e por o fixar aos quatro cilindros CD55B80-25M (Figura 65 – Vermelho).

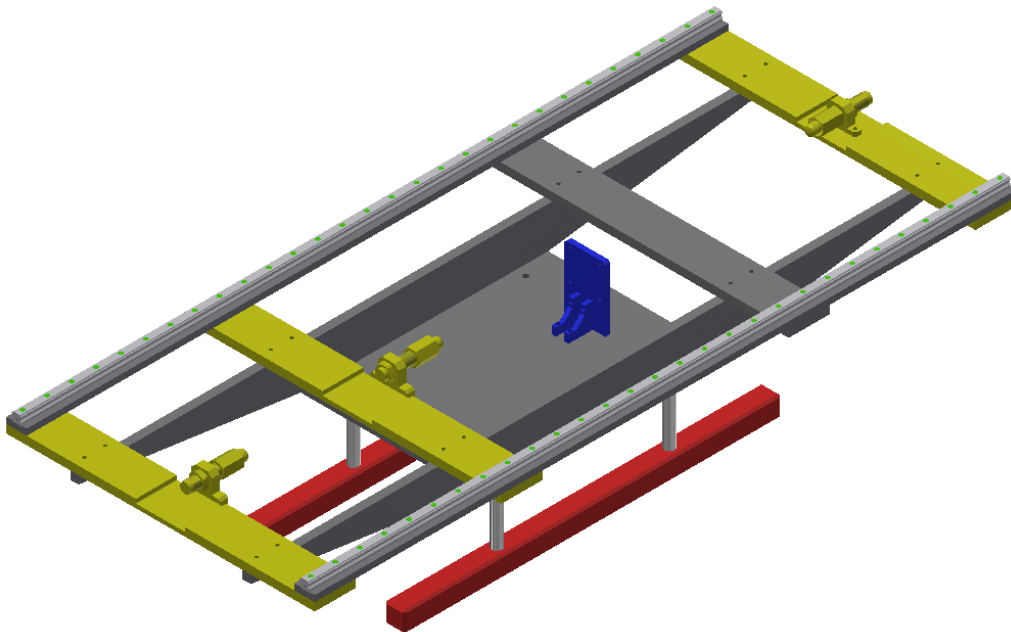


Figura 65: Subconjunto 021 - Elevador

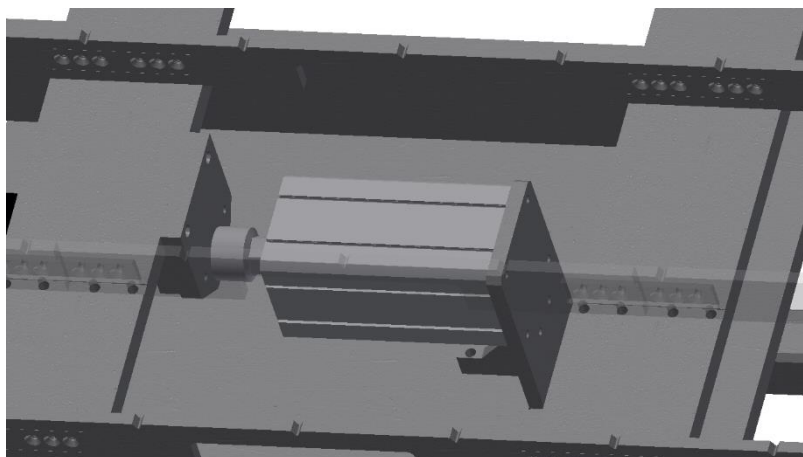


Figura 66: Pormenor de fixação do cilindro CD55B80-125M e ligação ao subconjunto 020 - Passo peregrino

Um dos pormenores mais importantes deste subconjunto é o posicionamento dos amortecedores. O embate do êmbolo nos fins de curso não só torna o funcionamento do cilindro ruidoso, como a longo do prazo pode causar danos e desgaste excessivo nos seus componentes. Assim, decidiu-se juntamente com a equipa de projeto aplicar amortecimento neste conjunto. Como referido, o posicionamento dos amortecedores é importante. Isto deve-se à sua afinação, pois é muito difícil conseguir afinar a posição de dois amortecedores de forma a que cumpram a sua função exatamente ao mesmo tempo. Então, ao invés de colocar, por exemplo, dois amortecedores lado a lado, correndo o risco de um começar a amortecer o movimento do subconjunto 020 – Passo peregrino primeiro, a melhor solução é colocá-los em linha, tal como se pode ver na Figura 65 e na Figura 67. Isto permite afinar cada amortecedor individualmente, de forma a que trabalhem ao mesmo tempo.



Figura 67: Pormenor da colocação, em linha, dos amortecedores

O funcionamento de todo o conjunto é bastante simples. No seu estado de repouso, o cilindro CD55B80-125M encontra-se atuado e os cilindros CD55B80-25M encontram-se recuados. Quando todas as operações de preparação de espiral terminam, os cilindros CD55B80-25M são atuados, elevando todo o conjunto e, conseqüentemente, removendo as espirais do conjunto 03 - Base fixa. Quando estes cilindros atingem o seu fim de curso, o cilindro CD55B80-125M recua até atingir o seu fim de curso. De seguida, os cilindros CD55B80-25M recuam, voltando a colocar as espirais sobre o conjunto 03 – Base fixa, iniciando-se assim um novo ciclo.

Dimensionamento dos cilindros

Para o dimensionamento do cilindro do movimento horizontal, foi utilizado o método descrito no capítulo 3.2.2.1.2. As condições que caracterizam este dimensionamento são apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11: Condições para o dimensionamento do cilindro do movimento horizontal

Massa [kg]	132
Pressão de trabalho [bar]	6
Fator de carga	1

O valor obtido para a dimensão do êmbolo do cilindro foi de 52,8 mm. Após consulta do catálogo da SMC® Corporation, verificou-se que as dimensões de êmbolo disponíveis imediatamente acima do valor obtido eram 63 mm e 80 mm. Junto com a equipa da PR Metal, foi decidido que seria utilizado um cilindro de 80 mm. Assim, garante-se o correto funcionamento do sistema e uma margem de segurança caso seja necessário fazer alguma adaptação ao sistema, e essa adaptação leve ao aumento da massa do subconjunto. Após a escolha do cilindro tendo em conta a dimensão do êmbolo, é necessário verificar a haste à encurvadura. Assim, para esta verificação são necessários os dados contidos na Tabela 12. Dos valores presentes na tabela, deve ser salientado que para o cálculo do comprimento livre de encurvadura da haste, l_0 , foi utilizado um curso de cilindro de 125 mm, sendo este o passo utilizado na máquina. A força de atuação do cilindro, F_a , pode ser retirada da tabela de forças presente no Anexo 2, secção 6.2.2.

Tabela 12: Dados para verificação da haste do cilindro do movimento horizontal

l_0 [mm]	87,5
F_a [N]	3020
S	5
E [GPa]	210

O valor obtido para o diâmetro da haste foi de 5,8 mm, o que é bastante menor que os 25 mm da haste que equipa o cilindro de 80 mm. O cilindro escolhido foi então um cilindro CD55B80-125M, cujas características podem ser vistas no Anexo 2, secção 6.2.2.

Para os cilindros responsáveis pela elevação do conjunto foi feito o mesmo procedimento. As condições que caracterizam este dimensionamento são apresentadas na Tabela 13. De salientar que os cálculos iniciais foram feitos considerando que seria utilizado apenas um cilindro.

Tabela 13: Condições para o dimensionamento do cilindro do movimento vertical

Massa [kg]	316
Pressão de trabalho [bar]	6
Fator de carga	0,5

O valor obtido para a dimensão do êmbolo do cilindro foi de 115,77 mm. Por forma a uniformizar o tipo de componentes *standard* utilizado, foi decidido junto com a empresa acolhedora que seriam utilizados cilindros da mesma dimensão em todo o conjunto. Assim, tal como no caso anterior, o cilindro a utilizar seria de 80 mm. Como o dimensionamento realizado mostra, um cilindro de 80 mm não é suficiente para suportar a carga pretendida. Logo, é necessário aumentar o número de cilindros. A escolha recaiu em incluir quatro cilindros, o que permite não só distribuir a carga por vários elementos, como também permite que o movimento elevatório seja mais estável do que se fossem utilizados apenas dois cilindros. Após a escolha do cilindro tendo em conta a dimensão do êmbolo, verificou-se a haste à encurvadura. Num cilindro de 80 mm, o diâmetro da haste é de 25 mm, e o curso de cilindro necessário é de 25 mm. Com a relação 1:1 do diâmetro e comprimento da haste, não seria necessário fazer o cálculo à encurvadura da haste. No entanto, por questões didáticas e por forma a comprovar o método utilizado, foi entendido por bem realizar o cálculo. Assim, para esta verificação são necessários os dados contidos na Tabela 14. Para o cálculo do comprimento livre de encurvadura da haste, l_0 , foi utilizado um curso de cilindro de 25 mm. A força de atuação do cilindro, F_a , pode ser retirada da tabela de forças presente no Anexo 2, secção 6.2.2.

Tabela 14: Dados para verificação da haste do cilindro do movimento vertical

l_0 [mm]	17,5
F_a [N]	3020
S	5
E [GPa]	210

O valor obtido para o diâmetro da haste foi de 2,59 mm. Assim, o modelo de cilindro escolhido foi o CD55B80-25M, cujas características podem ser vistas no Anexo 2, secção 6.2.2.

Dimensionamento do sistema de guiamento linear

Para o correto dimensionamento do sistema linear, é necessário saber quais os esforços a que o subconjunto 020 – Passo peregrino estará sujeito. Na Figura 68 é possível ver o diagrama de esforços utilizado para o cálculo das solicitações em questão.

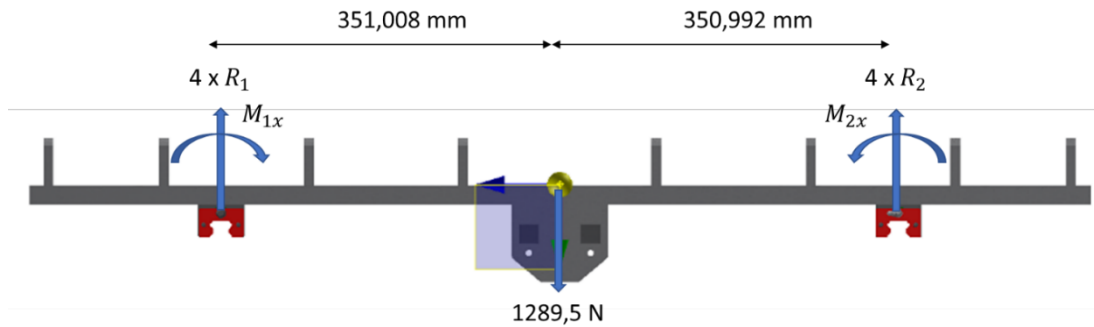


Figura 68: Diagrama de esforços do subconjunto 020 – Passo peregrino

Como se pode verificar, o centro de massa do subconjunto está muito próximo de estar centrado em relação ao posicionamento dos patins. Por isso, decidiu-se fazer uma aproximação e considerar que o centro de massa está centrado em relação aos patins, por forma a facilitar nos cálculos necessários. Assim, para o cálculo das reações nos patins, basta dividir a carga total a que estes estão sujeitos (correspondente ao peso do subconjunto) pelo número total de patins. Na Figura 68, as duas reações, R_1 e R_2 , estão a multiplicar por quatro, pois existem quatro patins em cada lado, o que perfaz um total de oito. A solicitação a que cada patim estará sujeito é então calculada segundo a equação (14).

$$R = \frac{131,448 \times 9,81}{8} = 161,19 \text{ N} \quad (14)$$

Outra solicitação que é importante saber aquando da escolha do patim é o momento torsor a que este estará sujeito. Aproximando o caso em estudo a uma viga encastrada nas duas extremidades, o momento torsor é calculado segundo a equação (15).

$$M_x = \frac{F \times d}{8} \quad (15)$$

Em que:

- M : Momento torsor em torno dos eixos do patim [N·m];
- F : Forças que estão a atuar sobre o subconjunto [N];
- d : distância entre os patins [m].

Em resumo, os parâmetros mais importantes a considerar na seleção do patim estão presentes na Tabela 15.

Tabela 15: Parâmetros a considerar na seleção dos patins

R [N]	161,19
M_{1x} [N·m]	112,84
M_{2x} [N·m]	112,84

Com os cálculos necessários efetuados, a escolha recaiu sobre patins do modelo HGH25CAZ0H e respetivas guias HGR25R1710H, cujas características estão presentes Anexo 2, secção 6.2.1.

Após a escolha das guias e patins, é necessário proceder à estimativa da sua vida útil, dado que estes elementos são considerados parte do sistema de desgaste da máquina. Para tal, foi utilizado o procedimento descrito no capítulo 3.2.2.1.1, sendo os parâmetros a considerar os presentes na Tabela 16.

Tabela 16: Parâmetros necessária para estimar a vida útil do sistema de guiamento linear

f_h	1
f_t	1
f_w	1,2
C_{dyn} [N]	26.480
P [N]	161,19

O valor obtido para a vida útil do sistema linear selecionado foi de $128,28 \times 10^6$ km.

Dimensionamento dos amortecedores

Dado que todos os componentes relativos à parte pneumática seriam fornecidos pela SMC®, foi decidido junto com a equipa de projeto que os amortecedores seriam também desta marca. Assim, aproveitando as ferramentas disponibilizadas pela SMC no seu *website* [110], e com a ajuda de um dos seus comerciais, procedeu-se à seleção do modelo de amortecedor a utilizar.

Os resultados obtidos podem ser vistos no Anexo 2, secção 6.2.2, tendo sido selecionado o modelo RBC2725S (Figura 69). Este modelo de amortecedor será utilizado tanto para o amortecimento do subconjunto 020 – Passo peregrino durante o seu movimento em ambos os sentidos, como para o amortecimento do conjunto completo na fase de descida.

As características do amortecedor selecionado podem ser vistas no Anexo 2, secção 6.2.2.



Figura 69: Amortecedor SMC da série RB [111]

Simulação do conjunto através do MEF

O MEF foi o método escolhido para validar o dimensionamento do conjunto. Esta validação focou-se não só no conjunto em si, mas também em dois elementos que estarão sujeitos a grandes cargas. Estes elementos são os eixos maciços (MEM-20-02110) utilizados no guiamento do movimento de elevação do conjunto, e as barras (MEM-20-02111) que suportam todo o conjunto e que o fixam aos cilindros CD55B80-25M.

Começando pelos eixos maciços (Figura 70), existem quatro destes componentes responsáveis pelo guiamento do conjunto ao longo do seu movimento vertical. Assim, para a simulação realizada, a carga a aplicar corresponde ao peso de todos os componentes suportados pelos eixos, a dividir por quatro.



Figura 70: Eixo maciço (MEM-20-02110)

As condições de fronteira e de carga da simulação realizada estão presentes na Tabela 17 e na Tabela 18.

Tabela 17: Condições fronteira na simulação do componente MEM-20-02110

Condição fronteira aplicada	Representação no <i>software</i>
Ponto de fixação do componente à barra MEM-20-02111 fixo.	

Tabela 18: Condições de carga na simulação do componente MEM-20-02110

Condição de carga aplicada	Representação no <i>software</i>
Força de 683,3 N aplicada no ponto de fixação ao conjunto em análise.	

As características da malha utilizada na simulação estão apresentadas na Tabela 19.

Tabela 19: Características da malha utilizada na simulação do componente MEM-20-02110

Nº de elementos	1103
Nº de nós	1998

Os resultados obtidos podem ser vistos na Figura 71 e na Figura 72.

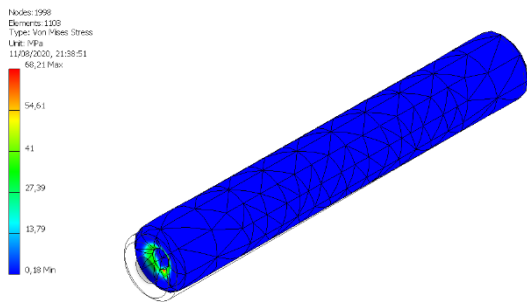


Figura 71: Tensão equivalente de von Mises do componente MEM-20-02110

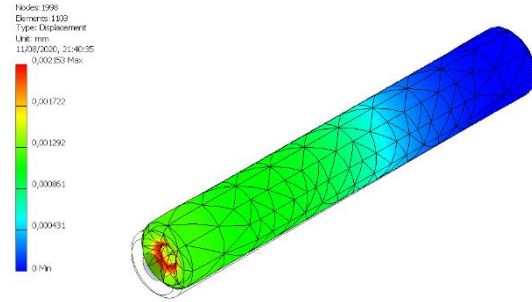


Figura 72: Deslocamentos do componente MEM-20-02110

Analisando os resultados, verifica-se que a tensão equivalente de von Mises máxima obtida foi de 68,21 MPa e o deslocamento máximo obtido foi de 0,0022 mm. Sendo este um elemento de guiamento do conjunto, é fulcral que o deslocamento seja o mais próximo de zero possível. Assim, dado os valores obtidos, nomeadamente o valor de deslocamento máximo de, aproximadamente, 0 mm, é possível concluir que este componente não só é capaz de suportar o peso dos componentes, verificando-se uma elevada margem de segurança, como é também capaz de cumprir com a sua função de guiamento do conjunto.

Para as barras de suporte do conjunto (Figura 73), foi utilizado o mesmo princípio. A carga que estas devem suportar é ligeiramente superior, pois para além dos componentes suportados pelos eixos maciços, estas devem também suportar o peso desses mesmos eixos.



Figura 73: Barra de suporte do conjunto 02 - *Transfer* (MEM-20-02111)

As condições de fronteira e de carga da simulação realizada estão presentes na Tabela 20 e na Tabela 21.

Tabela 20: Condições fronteira na simulação do componente MEM-20-02111


Condição fronteira aplicada	Representação no software
Pontos de fixação do componente aos cilindros fixos.	

Tabela 21: Condições de carga na simulação do componente MEM-20-02111

Condição de carga aplicada	Representação no software
Força de 1378,39 N aplicada em cada ponto de fixação aos eixos maciços.	

As características da malha utilizada na simulação estão apresentadas na Tabela 22.

Tabela 22: Características da malha utilizada na simulação do componente MEM-20-02111

Nº de elementos	3588
Nº de nós	6331

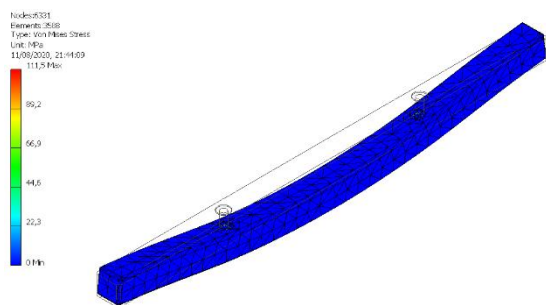


Figura 74: Tensão equivalente de von Mises do componente MEM-20-02111

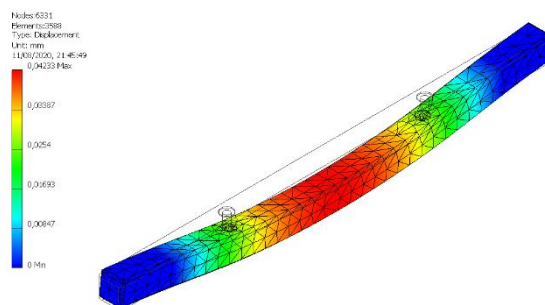


Figura 75: Deslocamentos do componente MEM-20-02111

Os resultados obtidos mostram uma tensão equivalente de von Mises máxima de 111,5 MPa (Figura 74) e um deslocamento máximo de 0,04 mm (Figura 75). Dado que o valor do deslocamento obtido é muito próximo de 0 mm, pode-se concluir que este componente cumpre perfeitamente com a sua função, mostrando-se até ligeiramente sobredimensionado.

Por fim, de forma a validar o dimensionamento do conjunto como um todo, foi aplicado o MEF para simular a situação de maior carga a que este estaria sujeito. Assim, posicionou-se o subconjunto 020 – Passo peregrino de forma a que os batentes de amortecimento estejam encostados nas porcas de limitação de curso dos amortecedores. Dado que a força exercida pelo cilindro é maior quando este está atuado, após consulta da tabela de força disponível no Anexo 2, secção 6.2.2, foi considerada uma força de 3020 N no ponto de ligação do cilindro CD55B80-125M ao subconjunto 020 – Passo peregrino.

As condições de fronteira e de carga da simulação realizada estão presentes na Tabela 23 e na Tabela 24.

Tabela 23: Condições fronteira na simulação do conjunto 02 - *Transfer*

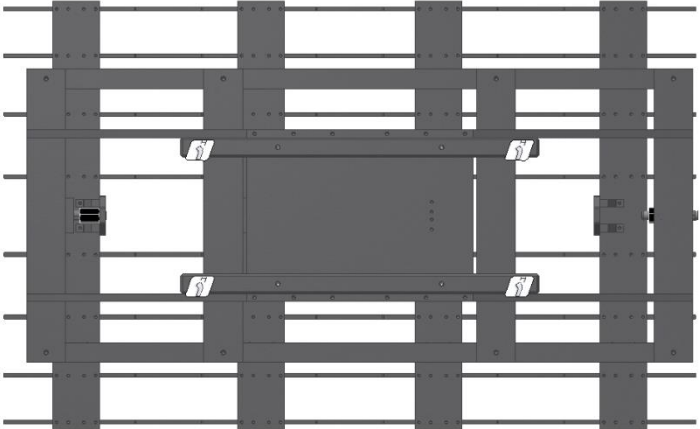
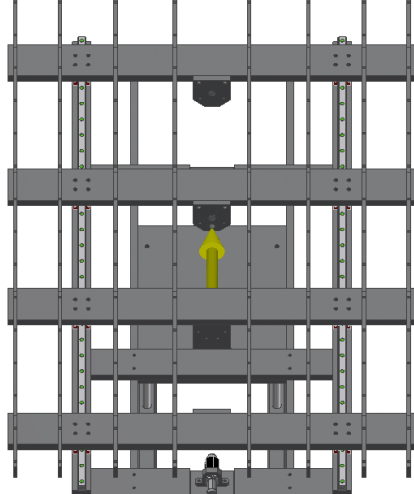
Condição fronteira aplicada	Representação no <i>software</i>
Pontos de fixação dos componentes MEM-20-02111 aos cilindros fixos.	

Tabela 24: Condições de carga na simulação do conjunto 02 - *Transfer*

Condição de carga aplicada	Representação no <i>software</i>
Força de 3020 N aplicada no ponto de ligação do cilindro CD55B80-125M ao subconjunto 020.	

As características da malha utilizada na simulação estão apresentadas na Tabela 25.

Tabela 25: Características da malha utilizada na simulação do conjunto 02 - *Transfer*

Nº de elementos	566.118
Nº de nós	993.117

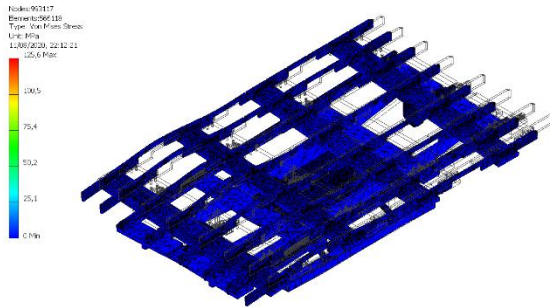


Figura 76: Tensões equivalentes de von Mises do conjunto 02 - *Transfer*

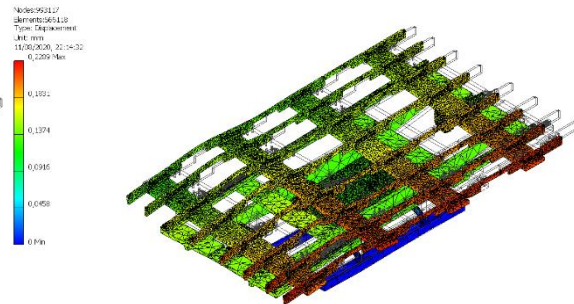


Figura 77: Deslocamento do conjunto 02 - *Transfer*

Como se pode ver na Figura 76, o valor máximo obtido para a tensão equivalente de von Mises foi de 125,6 MPa. Em termos de deslocamento, o valor máximo obtido foi de, aproximadamente, 0,23 mm (Figura 77). Tendo por base o procedimento utilizado na empresa acolhedora, o deslocamento admissível não deve ultrapassar o valor de 0,5 mm. Assim, tendo em conta o valor de deslocamento obtido, conclui-se que o conjunto suporta as solicitações a que estará sujeito durante o seu funcionamento, estando ligeiramente sobredimensionado. Convém lembrar que esta simulação é feita numa situação estática, não sendo assim analisadas as vibrações a que este conjunto estará sujeito durante o funcionamento da máquina. O sobredimensionamento de todo o conjunto torna-se, assim, importante para garantir que qualquer vibração ou embate mais forte do conjunto não sejam prejudiciais para o seu funcionamento e solidez estrutural.

3.2.2.4 04 – Estações de passo peregrino

O conjunto 04 – Estações de passo peregrino, é o conjunto que engloba todos os postos de trabalho necessários para a preparação de espiral. Assim, este está dividido em três subconjuntos:

- 040 – Escarear_Esmerilar;
- 041 - Medição do diâmetro exterior;
- 042 - Batente de medição de comprimento.

A posição de cada subconjunto na máquina pode ser vista na Figura 78.

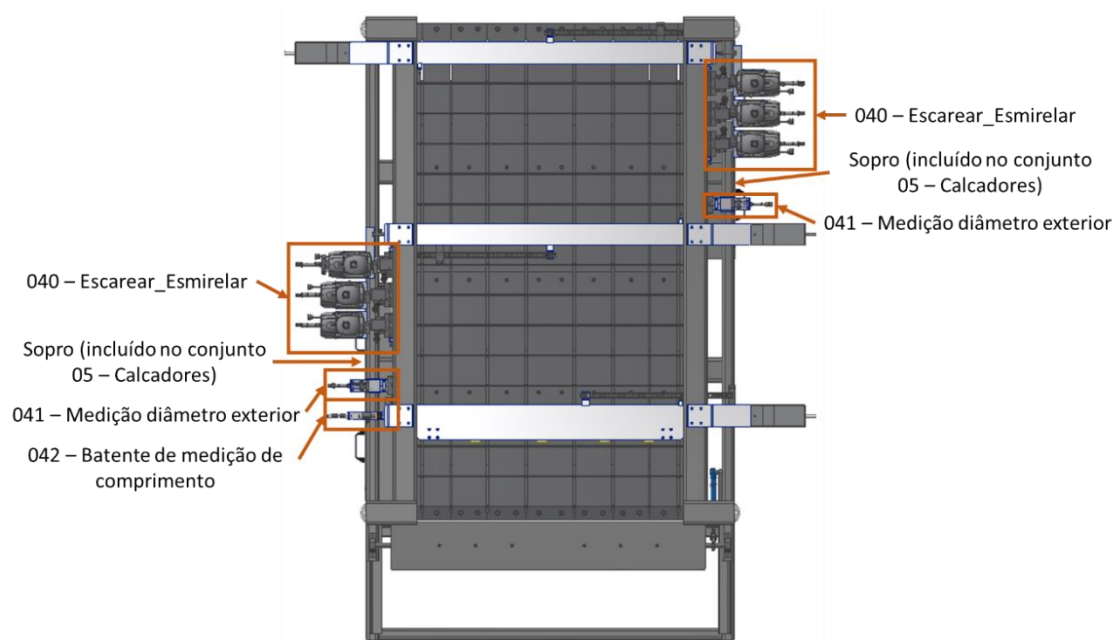


Figura 78: Posição dos subconjuntos 04

3.2.2.4.1 040 – Escarear_Esmerilar

A função deste subconjunto (Figura 79) é fazer a preparação das pontas da espiral. Esta etapa é necessária pois, após o corte da espiral, podem existir rebarbas, quer no exterior, quer no interior da espiral, o que pode causar uma dificuldade acrescida na colocação dos terminais da espiral. Assim, por exigência da empresa acolhedora, este processo deve ser realizado, em cada extremidade da espiral, da seguinte forma:

- 1.º escareamento do interior da espiral;
- 2.º escareamento do interior da espiral;
3. Escarear do exterior da espiral.

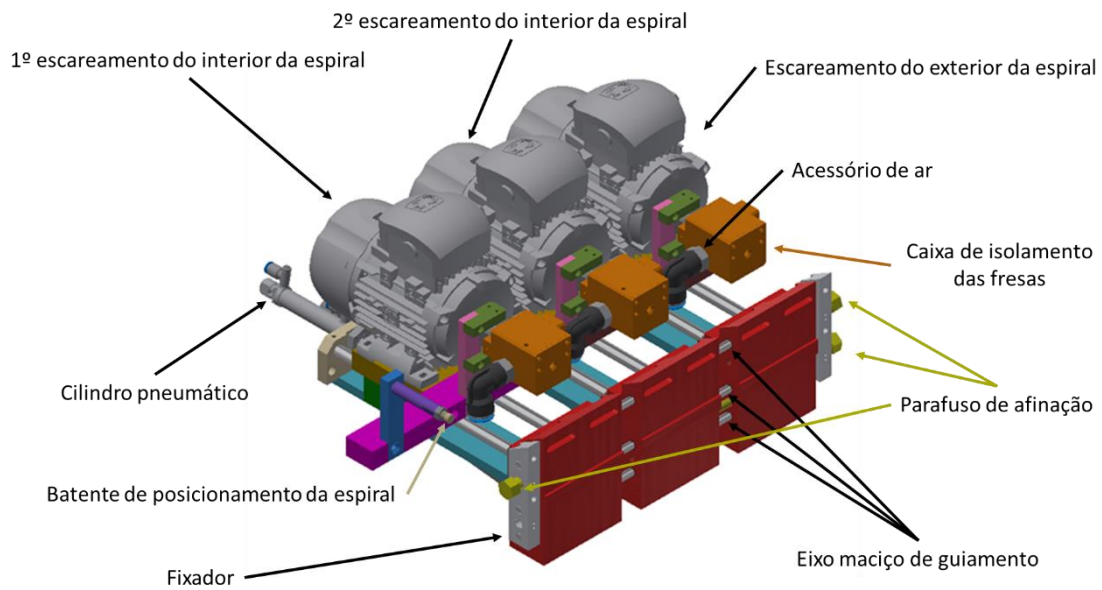


Figura 79: Subconjunto 040 – Escarear_Esmerilar

Os postos de trabalho que constituem este subconjunto já foram utilizados em várias máquinas, fazendo parte dos conjuntos *standard* da empresa acolhedora, no que toca a preparação de espiral. Assim, não foram feitas alterações de relevo a nível funcional. No entanto, foi necessário alterar a filosofia de montagem do subconjunto. Noutras ocasiões, estes postos foram montados individualmente, mas, devido a algumas das características do projeto, nomeadamente o grande passo da máquina em questão (125 mm), que impede que existam estações intermédias em que não é realizado trabalho, não era possível montar cada posto individualmente lado a lado. Este problema existia devido ao facto de não existir espaço para que os fixadores de alumínio (Figura 80), utilizados para fixar o posto de trabalho à máquina ficassem lado a lado. Assim, foi necessário encontrar uma forma de os poder fixar todos de uma só vez.

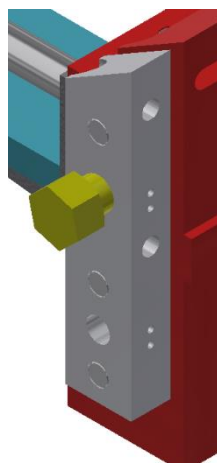


Figura 80: Fixador em alumínio

A solução encontrada permitiu diminuir o número de fixadores de seis (caso fossem montados os postos individualmente) para dois. A alteração mais predominante com esta solução foi alterar o sistema de afinação, aumentando o número de eixos maciços de dois para três, colocando um parafuso de afinação para cada um dos postos que estão nas extremidades, e um parafuso de maior comprimento que permita afinar a posição do posto de trabalho central.

Outra limitação criada pela falta de espaço diz respeito à manutenção e limpeza das fresas. Dado que este subconjunto apresenta aspiração para remoção dos detritos causados pelo processo de escarear da espiral (cujo acessório de ligação do tubo de aspiração pode ser visto na Figura 81), é necessário algo que isole as fresas do exterior. Para tal, é utilizada uma espécie de caixa, sendo assim possível a criação de vácuo no seu interior, e conseqüente aspiração dos detritos. Esta caixa, na sua configuração original, tinha abertura lateral. Dado que com a solução apresentada anteriormente existe uma grande limitação no espaço entre os postos de trabalho, foi necessário alterar a caixa de forma a que esta abra para cima, tal como mostra a Figura 81.

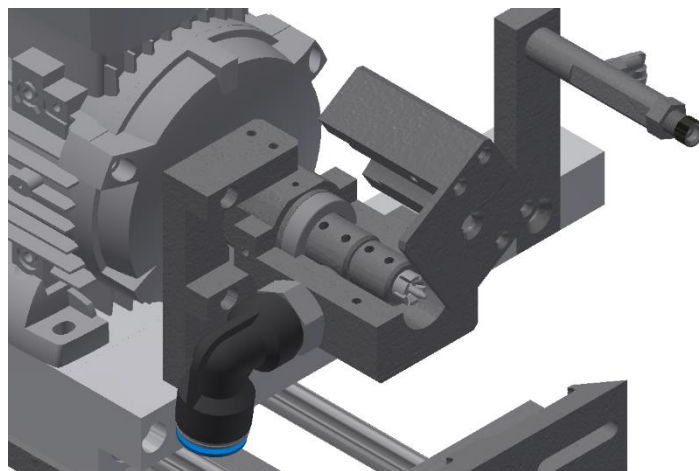


Figura 81: Abertura da caixa de acesso às fresas

As fresas mencionadas são responsáveis pela limpeza da espiral. Estas encontram-se ligadas a um motor, tal como pode ser visto na Figura 81. Para além das fresas, este subconjunto tem um batente (Figura 82 e Figura 83) colocado do lado onde será realizada a primeira operação de escarear. Este batente tem como função posicionar a espiral, de forma a que a fresa consiga atuar eficazmente, e fazer a limpeza. Devido à necessidade de verificar se a espiral se encontra completamente limpa por dentro, será utilizado um sopro nos empurradores dos eixos elétricos que transportam a espiral de um lado para o outro da máquina (explicado em detalhe mais à frente). Assim, foi necessário adaptar um dos batentes (Figura 83), por forma a permitir a passagem de ar pelo seu interior. O ar do sopro irá passar pela espiral e pelo interior do batente, sendo que o tubo de ar irá ligar o batente a um pressóstato utilizado para medir a pressão de ar. Para ligar o batente ao tubo de ar foi acrescentado um acessório para ligação de tubos de ar, que pode ser visto na Figura 83.

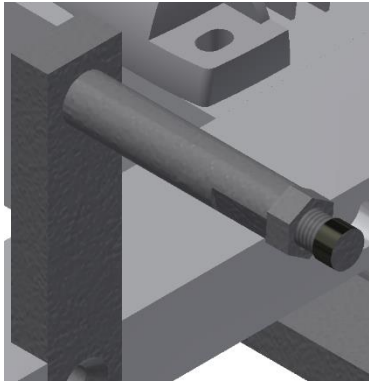


Figura 82: Batente de posicionamento da espiral

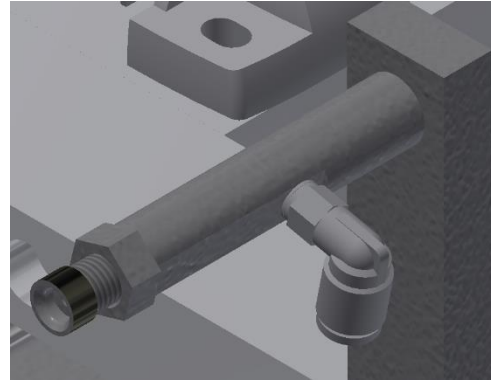


Figura 83: Batente de posicionamento da espiral adaptado

O posicionamento de cada posto de escarear/esmerilar junto da espiral é realizado por um cilindro que, quando atuado, permite que todo o conjunto se desloque, de forma a entrar em contacto com a espiral.

3.2.2.4.2 041 - Medição do diâmetro exterior

O subconjunto de medição (Figura 84) tem uma grande importância num equipamento de preparação de espiral, pois permite controlar o diâmetro das espirais e definir se, após a etapa de medição, é ou não necessário realizar as outras etapas na espiral controlada.

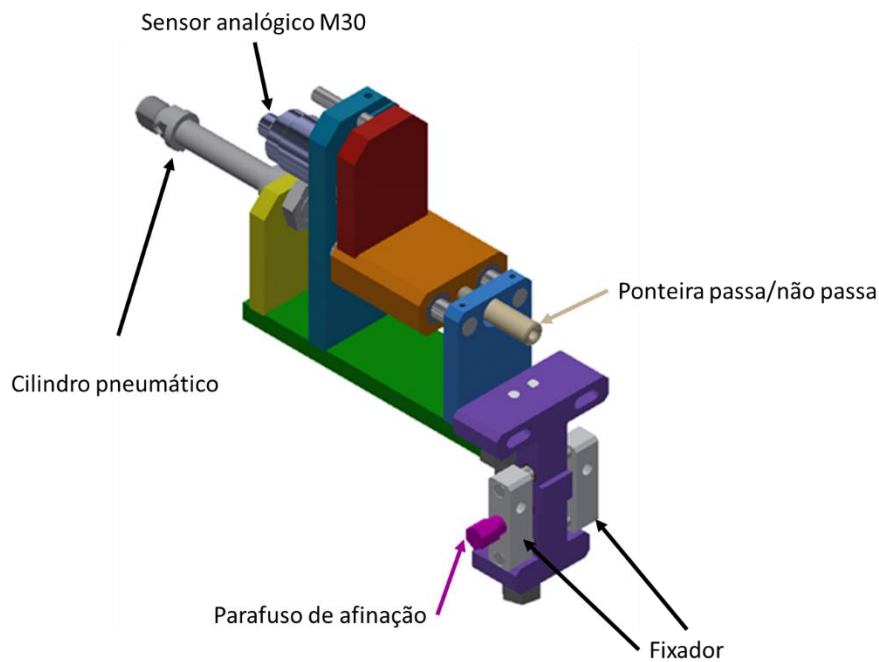


Figura 84: Subconjunto 041 - Medição do diâmetro exterior

Este posto de medição já foi utilizado em diversas máquinas projetadas pela empresa acolhedora. No entanto, foi projetado originalmente para medir o comprimento das espirais. Para que fosse possível controlar o diâmetro, foi necessário aplicar um sistema passa/não passa (Figura 85), através de uma ponteira montada no cilindro. Para além desta alteração, foi acrescentado um sistema de afinação do posicionamento do subconjunto, semelhante ao utilizado no subconjunto 040 – Escarear_Esmerilar.

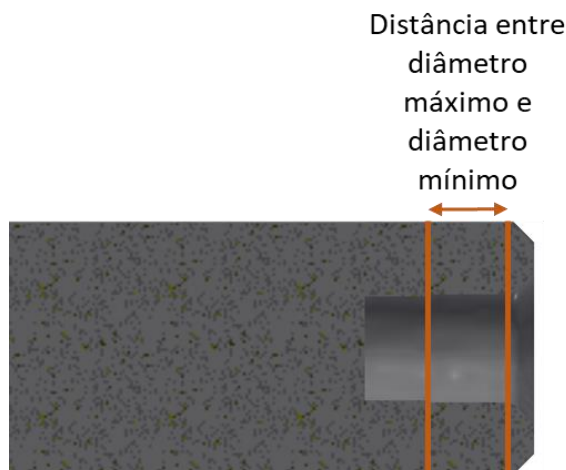


Figura 85: Pormenor do sistema passa/não passa

No sistema passa/não passa, é definido o diâmetro mínimo e máximo que a espiral pode ter (tendo as respetivas tolerâncias em consideração). Se a espiral não entrar na ponteira, quer dizer que o diâmetro é superior ao máximo admitido. No caso de entrar na ponteira, é definida uma distância máxima de penetração na ponteira. Se esta distância for ultrapassada, significa que o diâmetro da espiral é menor que o mínimo admissível. A medição da distância percorrida pela espiral no interior da ponteira é feita por um sensor analógico M30, que irá registar o deslocamento que a ponteira irá realizar até embater na espiral.

3.2.2.4.3 042 - Batente de medição de comprimento

Este subconjunto, que pode ser visto na Figura 86, tem como função posicionar a espiral numa posição que será considerada o zero, e mantê-la nessa posição, para a medição do seu comprimento. A medição será realizada por um eixo elétrico (explicado em detalhe mais à frente), sendo utilizado um cilindro para movimentar o batente deste subconjunto.

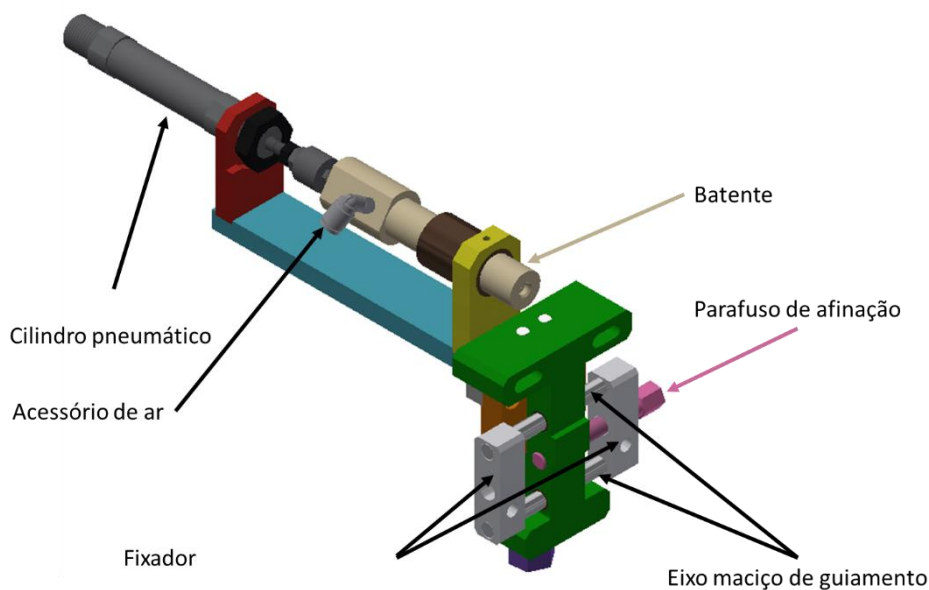


Figura 86: Subconjunto 042 - Batente de medição do comprimento

Este subconjunto já foi utilizado noutras máquina, tendo sido acrescentado apenas o mesmo sistema de afinação utilizado no subconjunto 041 - Medição do diâmetro exterior, e também um acessório para ligação de tubos de ar. Este último componente foi acrescentado para permitir verificar se a espiral está limpa por dentro, tal como foi explicado anteriormente.

3.2.2.5 03 – Base fixa

O conjunto 03 – Base fixa (Figura 87), tem como função suportar as espirais durante cada etapa da sua preparação. O desenho deste conjunto impede a flexão das espirais durante a sua fase de preparação, garantindo que estas não se movam da sua posição ideal.

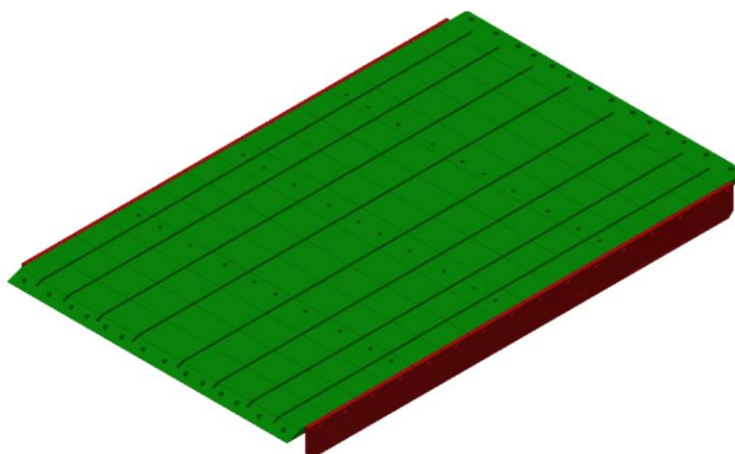


Figura 87: Conjunto 03 - Base fixa

Para além da função descrita anteriormente, será a este conjunto que serão fixados todos os postos de trabalho do conjunto 04 – Estações de passo peregrino (Figura 93).

A localização deste conjunto no equipamento pode ser vista na Figura 88.

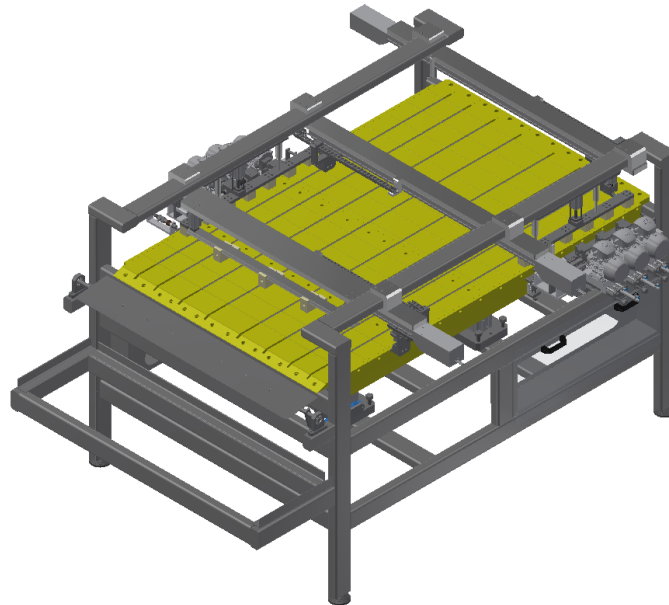


Figura 88: Localização do conjunto 03 - Base fixa na máquina

O conjunto é composto por dois componentes principais, uma base central (Figura 87 – Verde) e as bases laterais (Figura 87 – Vermelho). A base central é formada por vários segmentos semelhantes aos da Figura 89.

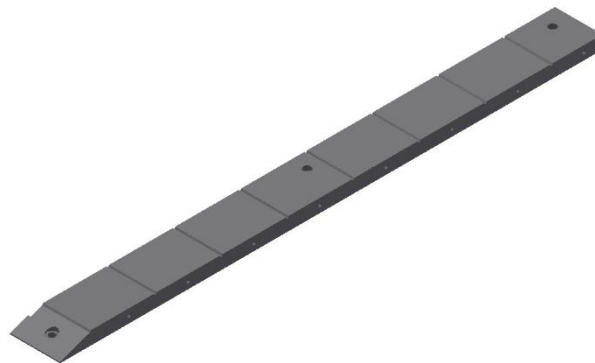


Figura 89: Um de vários segmentos que constituem a base central do conjunto 03

Os conjuntos estão fixados a régua (realçadas a azul na Figura 90), que se encontram debaixo do conjunto, que para além desta função, ajudam a diminuir os problemas de flexão causados pelo peso do próprio conjunto, pois aumentam a sua rigidez.

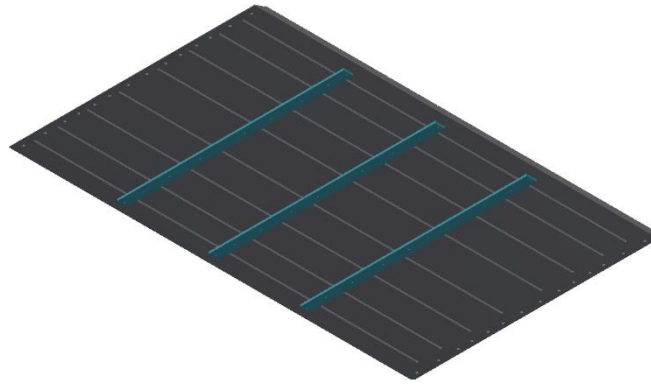


Figura 90: Régua de fixação e reforço do conjunto 03 - Base fixa

As bases laterais (Figura 91) são o componente ao qual os postos de trabalho do conjunto 04 – Estações de passo peregrino serão fixados. Para além disso, será a uma das bases que serão fixados os pressóstatos (Figura 92) que, como mencionado anteriormente, serão utilizados para verificar se o interior da espiral se encontra limpo.

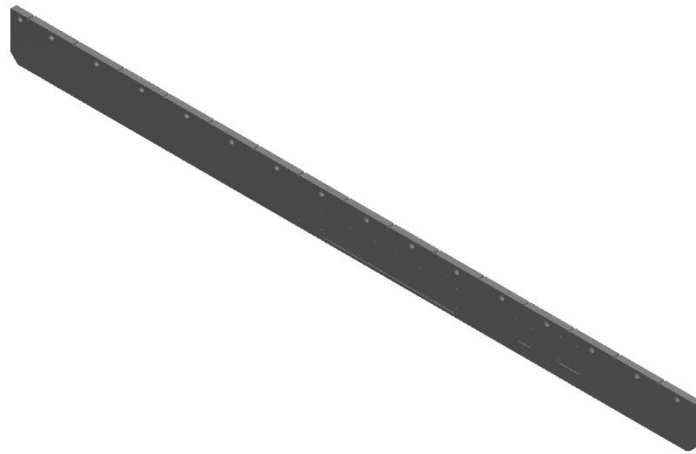


Figura 91: Uma das duas bases laterais utilizadas no conjunto 03 - Base fixa

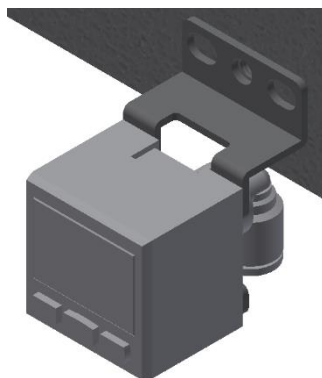


Figura 92: Pressóstato IS30A-C6L-B-A2

Simulação do conjunto através do MEF

Para a realização da simulação, optou-se por fixar ao conjunto 03 – Base fixa, os postos de trabalho do conjunto 04 – Estações de passo peregrino (Figura 93), de forma a verificar se a base fixa não só é capaz de aguentar com o seu próprio peso, como também com o peso dos conjuntos que a ela são fixados. Foi, no entanto, necessário remover os motores elétricos de cada subconjunto 040 – Escarear_Esmerilar, pois a forma como foram modelados em CAD estava a causar problemas durante a simulação. Estes foram substituídos por cargas equivalentes nos seus pontos de fixação.



Figura 93: Conjunto 03 – Base fixa e postos de trabalho do conjunto 04 – Estações de passo peregrino

As condições de fronteira e de carga da simulação realizada estão presentes na Tabela 26 e na Tabela 27.

Tabela 26: Condições fronteira na simulação do conjunto 03 – Base fixa

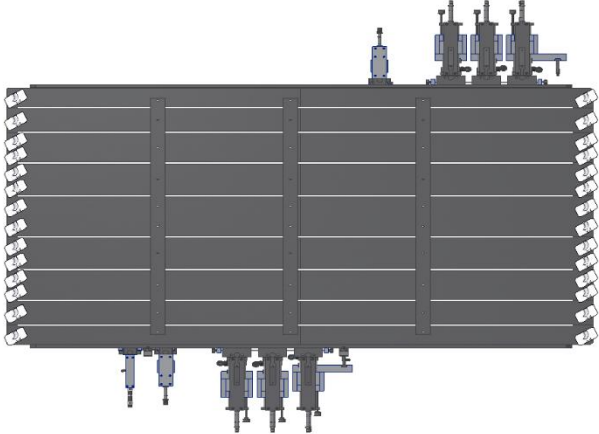
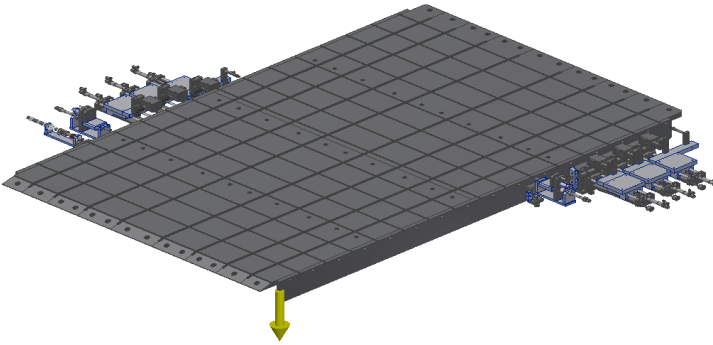
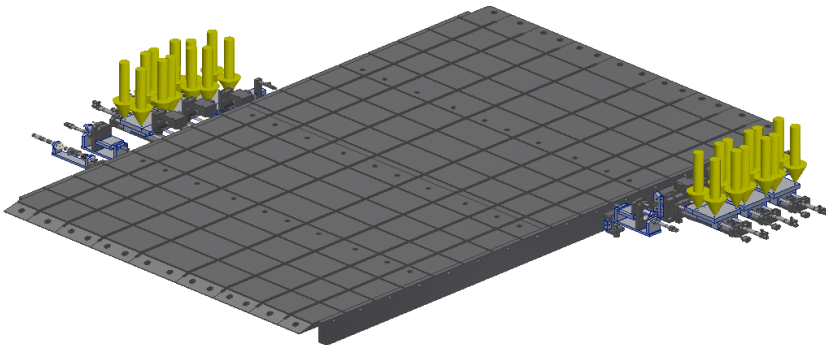
Condição fronteira aplicada	Representação no <i>software</i>
Pontos de fixação do conjunto fixos.	

Tabela 27: Condições de carga na simulação do conjunto 03 – Base fixa

Condição de carga aplicada	Representação no <i>software</i>
Peso próprio do conjunto em análise. A seta representada no <i>software</i> apenas indica a direção e sentido da força gravítica.	
Força de 50 N equivalente à carga de cada motor elétrico do subconjunto 040 – Escarear_Esmerilar .	

As características da malha utilizada na simulação estão apresentadas na Tabela 28.

Tabela 28: Características da malha utilizada na simulação do conjunto 03 – Base fixa

Nº de elementos	2.024.118
Nº de nós	3.488.869

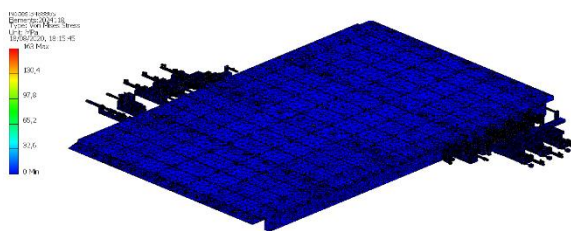


Figura 94: Tensão equivalente de von Mises do conjunto 03 – Base fixa

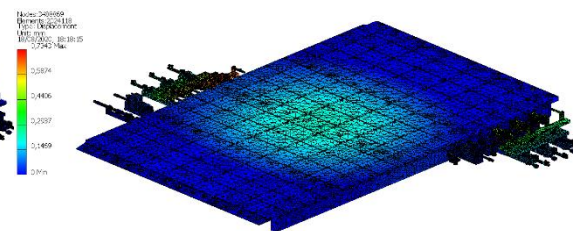


Figura 95: Deslocamentos do conjunto 03 – Base fixa

Os resultados obtidos mostram uma tensão equivalente de von Mises máxima de 163 MPa (Figura 94) e um deslocamento máximo de, aproximadamente, 0,73 mm (Figura 95). Os valores de tensão máxima de von Mises e de deslocamento máximo obtidos

aparecem junto ao cilindro utilizado para movimentar o posto de escarear. Dado que este conjunto já foi utilizado pela empresa várias vezes, sem qualquer problema a reportar, leva a crer que estes valores podem ter surgido devido à forma como os cilindros e respetivas rótulas são modeladas pelo fornecedor. Conclui-se assim que o conjunto 03 se mostra capaz de suportar as cargas que atuam sobre ele.

3.2.2.6 05 – Calçadores

O conjunto de calçadores cumpre uma função de extrema importância para que as etapas de preparação de espiral sejam efetuadas com sucesso. Quando uma espiral é posicionada numa estação de trabalho, a movimentação do posto que realiza a etapa de preparação pode fazer com que a espiral se desloque do sítio pretendido, comprometendo assim a qualidade do produto final. Assim, é necessária uma solução que prenda a espiral durante a realização de cada etapa.

A localização deste conjunto na máquina pode ser vista na Figura 96.

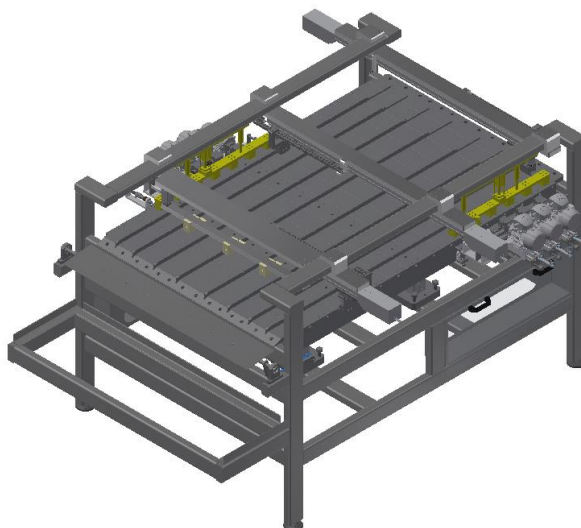


Figura 96: Localização do conjunto 05 - Calçadores na máquina

Uma solução simples para este problema seria fixar um cilindro com um calçador por cima de cada posto de trabalho. No entanto, um problema que surge com essa solução é que, numa máquina de grandes dimensões e com vários postos de preparação, o número de cilindros pode ser exageradamente elevado, o que faz com que os custos aumentem bastante. Consequentemente, o número elevado de cilindros faz com que seja necessário fornecer um elevado caudal de ar, para que todos os componentes funcionassem corretamente. Procurou-se então uma solução que permitisse prender todas as espirais de um dos lados da máquina com apenas um cilindro. A solução encontrada pode ser vista na Figura 97 e na Figura 98. As duas soluções são praticamente iguais, alterando apenas o número de calçadores, sendo acrescentado um calçador do lado direito da máquina em relação ao lado esquerdo. Isto porque, na

primeira fase de preparação da espiral, esta é encostada ao lado esquerdo da máquina e são realizadas as operações de escarear/esmerilar e a medição do diâmetro exterior. Quando a espiral é transportada para o lado direito da máquina, para além de se repetir as operações mencionadas, é também realizada a medição do comprimento da espiral, sendo esta a última operação de preparação da espiral.

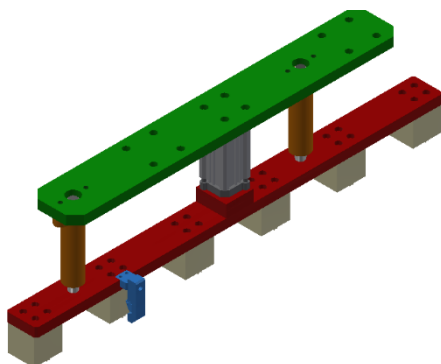


Figura 97: Conjunto 05 – Calçadores_E

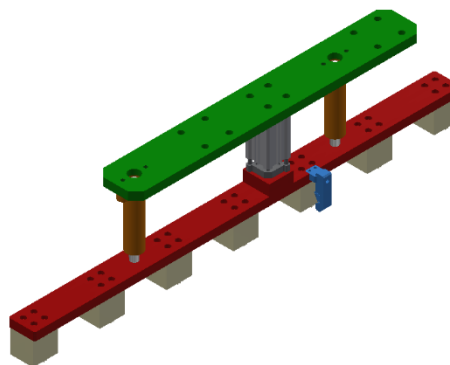


Figura 98: Conjunto 05 – Calçadores_D

O funcionamento do conjunto é muito simples. Quando a espiral é colocada na respetiva estação de trabalho, antes de ser realizado o movimento de aproximação do posto para a realização da etapa em questão, o cilindro CDQMA32-50 é atuado. Isto faz com que a espiral fique presa em posição, não permitindo que esta se mova durante a realização do trabalho.

Para garantir que os calçadores prendem corretamente a espiral em todos os ciclos realizados pela máquina, é necessário que estes mantenham sempre o alinhamento com a espiral. Para tal, foi necessário colocar um sistema de guiamento constituído por dois suportes para rolamentos lineares (Figura 99) e duas guias. Nesta solução, uma das extremidades de cada guia encontra-se livre, enquanto que a outra é fixa no componente realçado a vermelho na Figura 97 e na Figura 98. Assim, para que o guiamento seja o mais preciso possível, os rolamentos devem estar o mais próximo possível destas extremidades (pois uma está sujeita à carga do cilindro e a outra está livre, não tendo suporte). Isto cria uma limitação no que toca ao comprimento do suporte apresentado na Figura 99, pois quando maior o espaçamento entre os rolamentos, maior terá de ser o suporte. A elevada dimensão do suporte iria dificultar a montagem e desmontagem dos rolamentos. Para resolver esta situação, os suportes permitem a montagem/desmontagem dos rolamentos pela parte de cima ou pela parte de baixo, e a base que suporta todo o conjunto e à qual os suportes irão ser fixados, tem também um furo que permite montar/desmontar os rolamentos pela parte de cima do conjunto (Figura 100).



Figura 99: Suporte dos rolamentos lineares



Figura 100: Furo para montagem/desmontagem dos rolamentos

O posicionamento aproximado dos rolamentos dentro dos suportes pode ser visto na Figura 101. Este posicionamento não é fixo, podendo ser alterado se necessário.

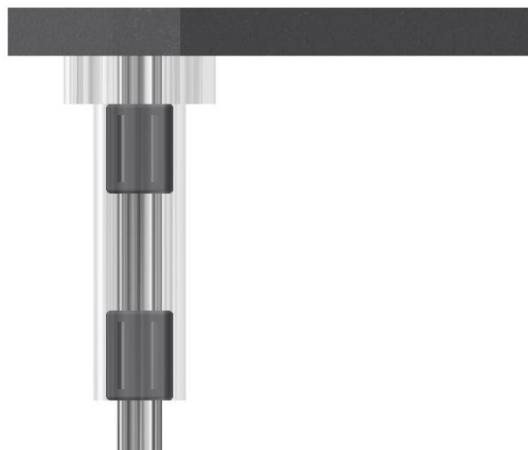


Figura 101: Posicionamento dos rolamentos

Neste conjunto, está também incluído um pequeno sopro (Figura 102). Como mencionado anteriormente, o conjunto 040 – Escarear_Esmerilar (capítulo 3.2.2.4.1) tem integrado um sistema de aspiração. Apesar de este sistema permitir a quase total remoção dos detritos, pode acontecer que alguns destes detritos fiquem presos na espiral, o que poderia afetar a medição do diâmetro exterior da espiral. Assim, entre a etapa de escarear a espiral e a etapa de medição do diâmetro, existe um posto em que um sopro irá atuar sobre a espiral, soltando qualquer detrito que possa ter ficado preso nesta.

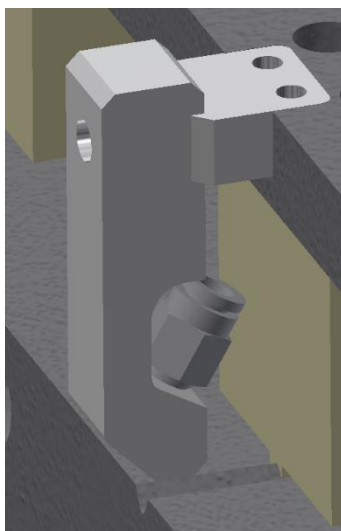


Figura 102: Sopro

Dimensionamento do cilindro

O dimensionamento do cilindro segue o mesmo método utilizado anteriormente. As condições que caracterizam este dimensionamento são apresentadas na Tabela 29.

Tabela 29: Condições para o dimensionamento do cilindro do conjunto 05 - Calçadores

Massa [kg]	5,524
Pressão de trabalho [bar]	6
Fator de carga	0,5

O valor obtido para a dimensão do cilindro foi de 15,3 mm. Após consulta do catálogo do fornecedor, e tendo por base o tipo de cilindro já utilizado pela empresa neste tipo de sistema, optou-se por um cilindro CDQMA32-50, cujas características podem ser vistas no Anexo 2, secção 6.2.2. Este cilindro, com êmbolo de 32 mm, caracteriza-se por ter integrado na sua construção duas guias. Apesar disto, foi decidido acrescentar duas guias ao conjunto, pois as guias integradas no cilindro são de pequena dimensão, e a grande dimensão da placa de fixação dos calçadores poderia levar a que o conjunto não funcionasse corretamente. A escolha recaiu sobre este cilindro também numa tentativa de uniformizar ao máximo a máquina, tentando utilizar o mesmo tipo de componente no maior número de conjuntos possível. Assim, apesar de ser necessário acrescentar um sistema de guiamento à parte daquele que já está integrado no cilindro, a necessidade de utilizar cilindros guiados noutra conjunto (a explicar em detalhe mais à frente) levou a que a escolha se mantivesse neste modelo.

Tendo em conta que o cilindro vai trabalhar com a haste constantemente à tração, não é necessário verificar a haste à encurvadura. Sendo assim, o dimensionamento do cilindro fica concluído.

3.2.2.7 06 – Alinhamento de espirais

O presente conjunto, como mencionado anteriormente, é responsável pelo transporte das espirais de um lado para o outro da máquina, e pela medição do comprimento da espiral. Existem, no total, três destes conjuntos na máquina, sendo um deles uma variante dos outros dois. Esta variante é utilizada, juntamente com o conjunto 04, para a medição das espirais. Na Figura 103 é possível ver o conjunto 06, estando a sua variante representada na Figura 104. Na Figura 105 é possível ver a localização deste conjunto na máquina.

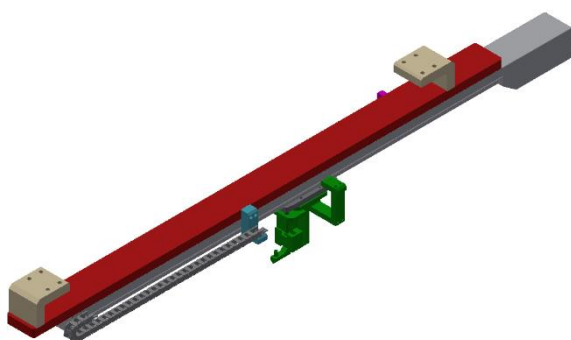


Figura 103: Conjunto 06 - Alinhamento de espirais

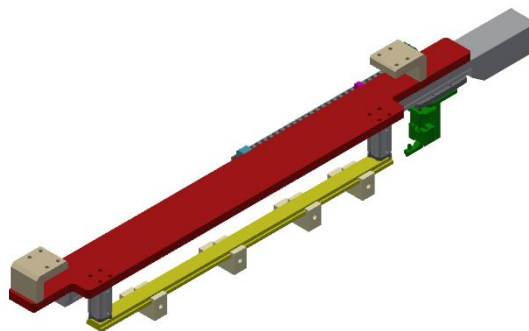


Figura 104: Variante do conjunto 06 - Alinhamento de espirais

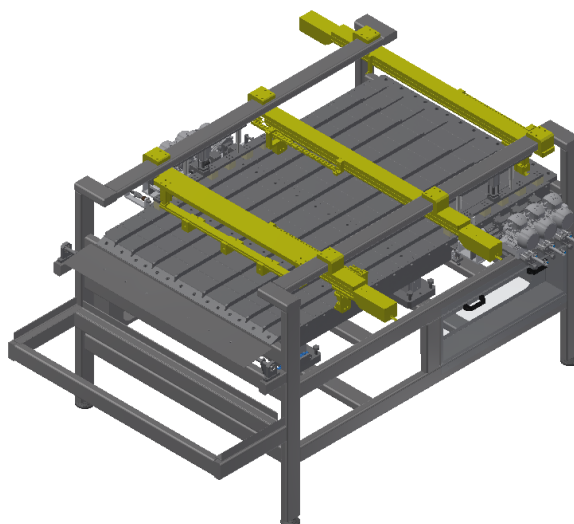


Figura 105: Localização do conjunto 06 - Alinhamento de espirais na máquina

O transporte da espiral é realizado com recurso a um eixo elétrico, também fornecido pela SMC® Corporation. Para tal, é necessário um empurrador que, tal como o nome indica, terá a função de entrar em contacto com a espiral e empurrá-la para a posição pretendida. Este empurrador pode ser visto, realçado a verde, na Figura 103 e na Figura 104, e em pormenor na Figura 106.

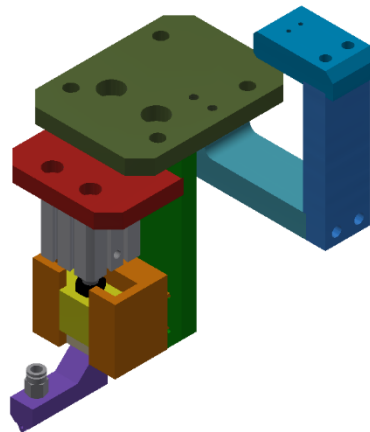


Figura 106: Empurrador de espirais

Como mencionado anteriormente, este empurrador será também utilizado para verificar se a espiral se encontra limpa no seu interior. Na Figura 106 é possível ver o acessório de ligação de tubos de ar, fixado na peça realçada a roxo. Nesta mesma figura, é possível ver um conjunto de peças realçadas a diferentes tons de azul. Estas peças são parte da fixação da calha articulada utilizada em cada conjunto 06 (Figura 107). Esta calha permite que os tubos de ar que ligam ao cilindro e ao acessório acompanhem o movimento do empurrador, quando este se desloca de um lado para o outro da máquina.

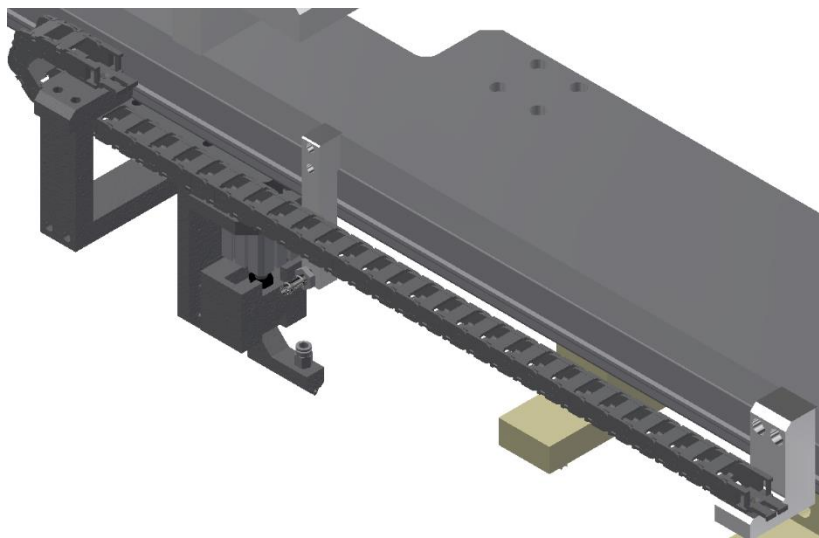


Figura 107: Pormenor da calha articulada e da sua fixação ao conjunto 06 – Alinhamento de espirais

Devido ao movimento vertical do conjunto 02 – *Transfer*, é necessário que o empurrador se afaste do conjunto 03 – Base fixa, para que não haja embate entre os dois conjuntos. Assim, foi necessário acrescentar um cilindro que permitisse baixar e elevar o empurrador. Este cilindro pode ser visto na Figura 106 e na Figura 108. O modelo selecionado foi o CDQSB20-10DCM, cujas características podem ser vistas no Anexo 2,

secção 6.2.2. Dado que a massa do conjunto movimentado é muito baixa (cerca de 0,3 kg), não foi necessário dimensionar o cilindro segundo o método descrito no capítulo 3.2.2.1.2. Assim, a maior preocupação na escolha do cilindro seria a possibilidade de este ter amortecimento interno, dado que a limitação de espaço nesta zona do empurrador impede a fixação de qualquer tipo de amortecedor. Assim, junto com o comercial da SMC®, foi selecionado este modelo, que inclui na sua construção amortecimento interno.

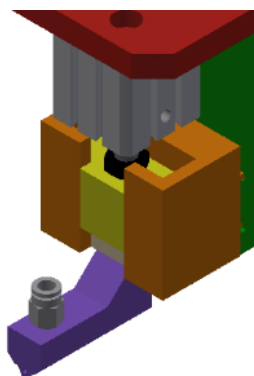


Figura 108: Cilindro CDQSB20-10DCM e guiamento em granzepe

Para garantir que o empurrador se mantém em posição e não sofre qualquer flexão durante a medição do comprimento, foi feito um guiamento em granzepe, que pode também ser visto na Figura 108. Optou-se por esta solução pois, devido ao espaço limitado, a utilização de patins ou eixos maciços limitaria a escolha a componentes pequenos, que poderiam não ter rigidez suficiente para impedir qualquer movimento.

Outro componente importante deste conjunto é o sensor indutivo M8, que pode ser visto na Figura 109, juntamente com a peça de fixação. Este sensor será responsável por detetar a chegada do conjunto empurrador a um ponto definido, permitindo assim fazer o zero do eixo elétrico e ter uma referência para a programação do mesmo. Esta referência é de especial importância aquando da medição do comprimento da espiral, pois esta característica é um fator importante na validação da espiral. Assim, esta medição tem de ser realizada corretamente e com grande precisão, algo possível com a utilização deste sensor.

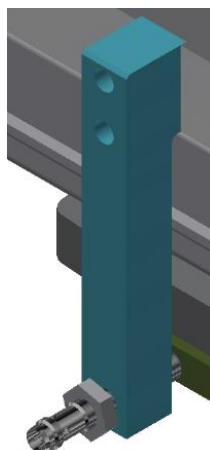


Figura 109: Sensor indutivo M8 e respetiva peça de fixação

Como foi dito, este conjunto mostrado na Figura 103 tem como função transportar as espirais de um lado para o outro da máquina. Isto é feito em dois pontos da máquina. O primeiro é logo na entrada da espiral na linha, em que a espiral é empurrada para o primeiro lado onde será realizada a operação de escarear. Como explicado anteriormente, o batente existente no subconjunto 040 – Escarear_Esmerilar será responsável por colocar a espiral na sua posição final. O segundo ponto em que o conjunto 06 empurra a espiral é a seguir à primeira operação de medição do diâmetro exterior. Após esta etapa, a espiral é empurrada para o outro lado da máquina para iniciar a segunda operação de escarear.

Já a variante deste conjunto (Figura 104) é utilizada, juntamente com o subconjunto 042 - Batente de medição de comprimento, para medir o comprimento da espiral. Assim, ao contrário dos outros dois conjuntos, este terá de encostar a espiral no batente do conjunto 042 e mantê-la encostada até terminar a leitura. Isto pode causar um problema relacionado com a origem do projeto, que tem a ver com a flexibilidade das espirais. O facto de o eixo elétrico ter de fazer força para manter a espiral encostada no batente, pode fazer com que esta sofra flexão, levando a que o valor medido pelo eixo não seja correto. Esta preocupação levou à necessidade de encontrar uma solução que permite prender a espiral em posição durante a medição do comprimento. A solução encontrada (Figura 110) envolve a utilização de dois cilindros CDQMA32-50, tais como os utilizados no conjunto 05 – Calcadores, e de uma barra onde podem ser fixados tantos calcadores quantos o cliente quiser, sendo possível posicioná-los em qualquer sítio ao longo do comprimento da barra. Dado que a barra tem um peso de 2,5 kg e que são utilizados dois cilindros, não foi necessário dimensioná-los novamente, pois como se pode ver na Tabela 29, um cilindro no conjunto 05 – Calcadores é suficiente para movimentar uma peça com o dobro da massa da barra em questão.

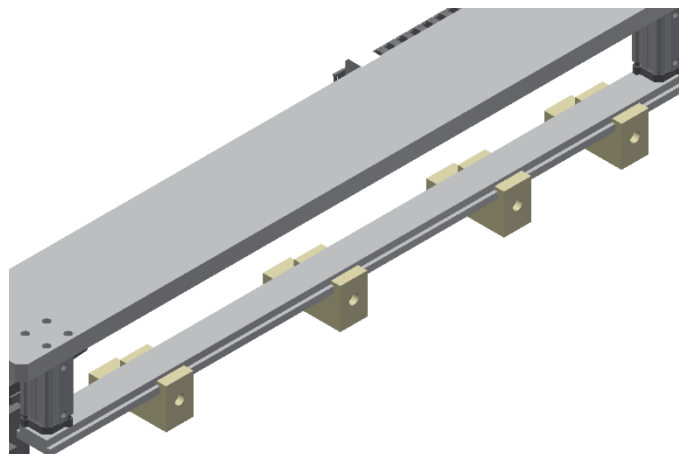


Figura 110: Solução para prender as espirais durante a medição do comprimento

Em termos de funcionamento desta solução, quando a espiral é transportada pelo conjunto 02 – *Transfer* para a posição em que será feita a medição do comprimento, o eixo elétrico irá empurrar a espiral até esta encostar ao batente do subconjunto 042 - Batente de medição de comprimento, e os cilindros CDQMA32-50 vão ser atuados, prendendo a espiral e impedindo que esta sofra qualquer flexão que possa comprometer os resultados da medição.

Dimensionamento do eixo elétrico

Tal como os amortecedores e todos os componentes relativos à parte pneumática, o modelo do eixo elétrico será selecionado de entre as várias opções disponíveis no catálogo da SMC®. Assim, aproveitando as ferramentas disponibilizadas pela SMC® no seu *website* [112], e com a ajuda de um dos seus comerciais, procedeu-se à seleção do eixo elétrico mais adequado ao caso de carga em análise.

Os resultados obtidos podem ser vistos no Anexo 2, secção 6.2.3.1. Numa primeira análise, o modelo obtido no *software* de seleção foi o LEFSH40S4H-1200. Foram realizadas mais duas análises, variando a aceleração/desaceleração e a velocidade de movimento da placa de fixação do eixo, de forma a garantir que o eixo trabalha abaixo da sua capacidade, garantindo assim uma margem de segurança. Dada a largura da máquina, à qual o comprimento do eixo deve ser próximo, existe uma grande limitação nas configurações possíveis. Por exemplo, a dimensão do fuso do eixo fica bloqueada automaticamente nos 40 mm, que é o diâmetro máximo disponibilizado pelo fornecedor. Isto garante-nos que, dada a pequena massa a transportar pelo eixo (cerca de 3 kg), o eixo é mais que suficiente para aguentar a carga a que estará sujeito.

As características do eixo elétrico selecionado podem ser vistas no Anexo 2, secção 6.2.3.1.

Simulação do conjunto através do MEF

Para a simulação do conjunto, foi escolhido simular a variante apresentada na Figura 104, pois a base (MEM-20-06002) que deverá suportar todo o conjunto, estará sujeita a uma maior carga. Assim, é possível concluir que se esta variante da base suportar a carga, a base do conjunto da Figura 103, dadas as semelhanças entre ambas, também estará bem dimensionada para a carga que deve suportar.

Os componentes do conjunto a simular podem ser vistos na Figura 111.

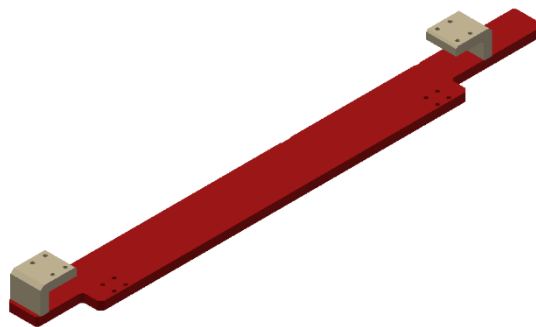


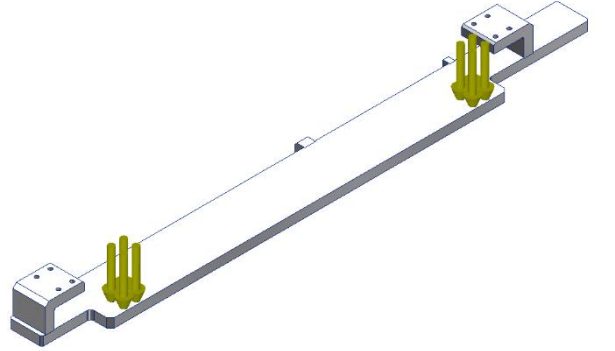
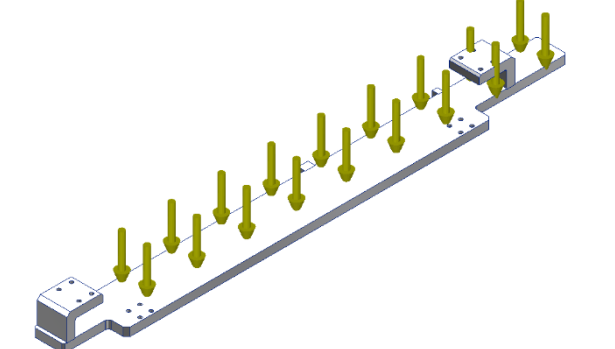
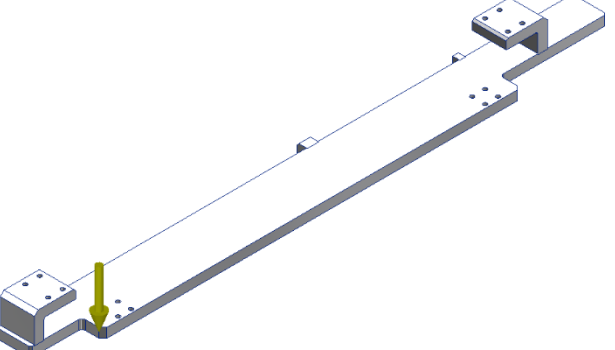
Figura 111: Componentes MEM-20-06002 (Vermelho) e MEM-20-06003 (Bege)

As condições de fronteira e de carga da simulação realizada estão presentes na Tabela 30 e na Tabela 31.

Tabela 30: Condições fronteira na simulação do conjunto 06 - Alinhamento de espirais

Condição fronteira aplicada	Representação no <i>software</i>
Faces dos componentes MEM-20-06003 (realçados a azul) que encostam à estrutura da máquina fixas.	

Tabela 31: Condições de carga na simulação do conjunto 06 - Alinhamento de espirais

Condição de carga aplicada	Representação no <i>software</i>
Força de 50 N (equivalente a aproximadamente 5 kg) nos pontos de fixação dos cilindros de movimentação dos calcadores.	
Força de 300 N (equivalente a aproximadamente 30 kg) distribuída uniformemente pelos pontos de fixação do eixo elétrico.	
Peso próprio dos componentes em análise. A seta representada no <i>software</i> apenas indica a direção e sentido da força gravítica.	

As características da malha utilizada na simulação estão presentes na Tabela 32.

Tabela 32: Características da malha utilizada na simulação dos componentes MEM-20-06002 e MEM-20-06003

Nº de elementos	40.882
Nº de nós	67.012

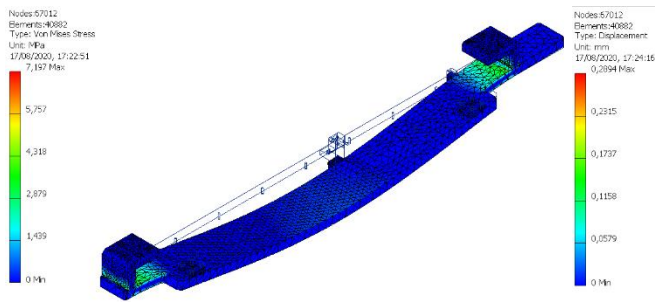


Figura 112: Tensão equivalente de von Mises dos componentes MEM-20-06002 e MEM-20-06003

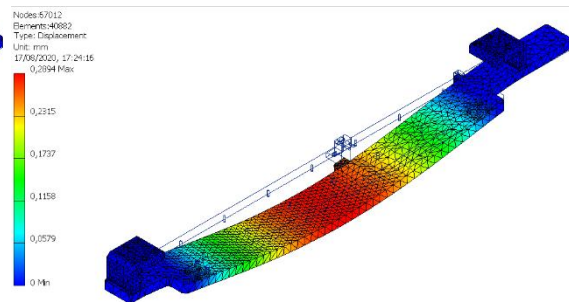


Figura 113: Deslocamentos dos componentes MEM-20-06002 e MEM-20-06003

Os resultados obtidos mostram uma tensão equivalente de von Mises máxima de, aproximadamente, 7,2 MPa (Figura 112) e um deslocamento máximo de, aproximadamente, 0,29 mm (Figura 113). Tal como anteriormente, foi considerado o valor de 0,5 mm para o deslocamento máximo admissível. Pode-se então concluir que estes componentes estão dimensionados corretamente para as condições de carga estática a que estarão sujeitos.

3.2.2.8 07 – Extração

Após a conclusão da preparação e validação da espiral, é necessário proceder à sua extração. Essa é a função deste conjunto (Figura 114), que separa as espirais de acordo com o resultado da validação realizada, ou seja, a separação é realizada entre as espirais que cumprem com as dimensões admissíveis e as espirais que não cumprem com essas dimensões.

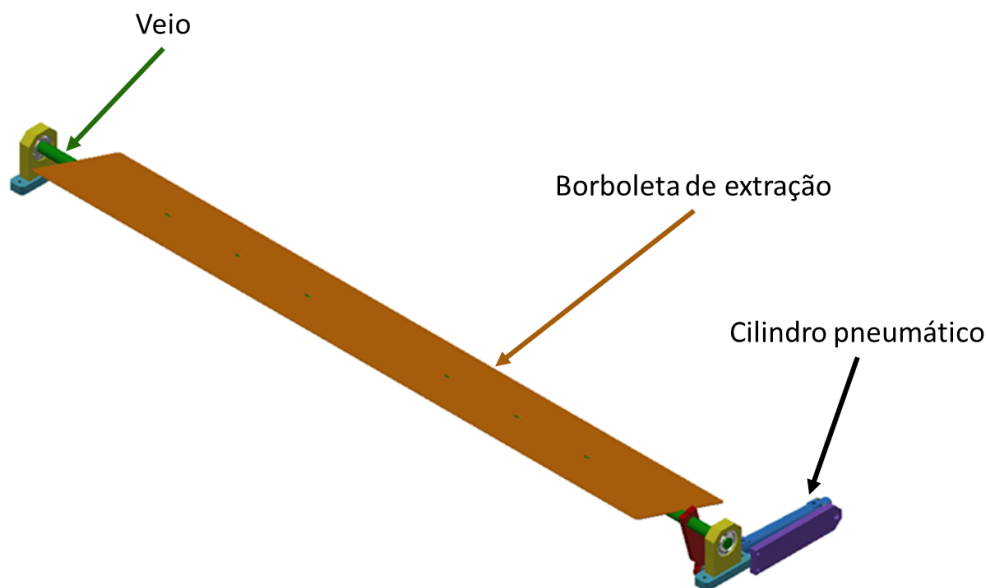


Figura 114: Conjunto 07 - Extração

A localização deste conjunto na máquina pode ser vista na Figura 115.

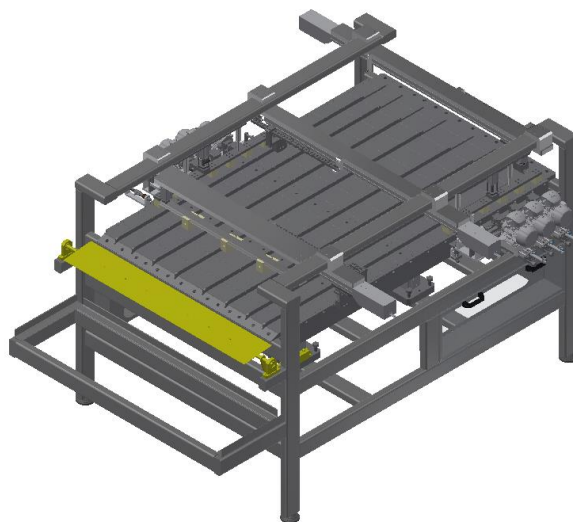


Figura 115: Localização do conjunto 07 - Extração na máquina

Inicialmente, a rotação da borboleta seria feita com recurso a um cilindro rotativo. No entanto, este tipo de cilindros tem mostrado alguns problemas de fiabilidade que iriam aumentar os custos de manutenção da máquina. Assim, após consulta com a equipa de projeto da empresa acolhedora, conclui-se que a melhor opção seria escolher outra solução já utilizada pela empresa, aqui apresentada, em que é utilizado um cilindro pneumático convencional para realizar a rotação da borboleta. Como este conjunto já foi utilizado noutras máquinas sem apresentar qualquer problema, apenas foram necessários alguns ajustes dimensionais, de forma a que este se ajuste ao conceito do equipamento.

O funcionamento do conjunto tem por base a informação recolhida ao longo da preparação da espiral, em ambos os postos de medição do diâmetro exterior e no posto de medição do comprimento. Se ao longo da preparação de uma espiral, esta cumprir com as dimensões admissíveis em todos os postos de validação, o cilindro será colocado na posição de recuado, desviando a espiral para o recipiente das espirais OK. Caso contrário, o cilindro será atuado, colocando as espirais no recipiente de espirais NOK.

3.2.2.9 01 – Estruturas

O conjunto 01 – Estruturas deste equipamento, é constituído por três subconjuntos: 010 – Estrutura principal (Figura 116), 011 – Subestrutura (Figura 117), 012 – Caixa de aspiração (Figura 118). Ambos os subconjuntos 010 e 011 serão fabricados a partir de perfis tubulares em aço estrutural.

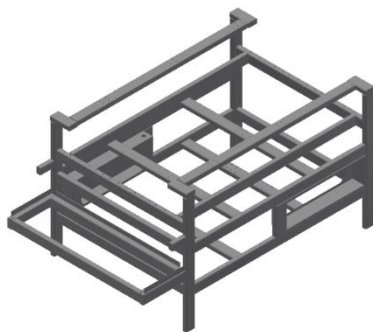


Figura 116: Subconjunto 010 - Estrutura principal

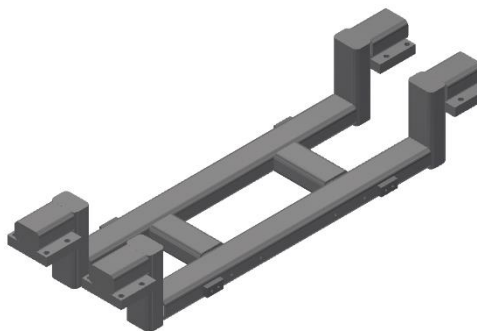


Figura 117: Subconjunto 011 - Subestrutura

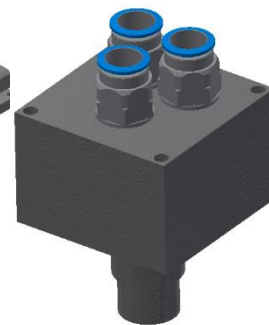


Figura 118: Subconjunto 012 - Caixa de aspiração

O subconjunto 010 – Estrutura principal é, como o nome indica, a estrutura principal da máquina. Tem como principal função fixar e suportar todos os componentes que constituem a máquina projetada, sendo por isso o componente sujeito a maiores esforços externos. Será neste subconjunto que ficarão fixos os cilindros CD55B80-25M, responsáveis pelo movimento vertical do conjunto 02 – *Transfer*, e o respetivo sistema de afinação. Este sistema, que pode ser visto na Figura 119, permite fazer pequenas afinações milimétricas à altura dos cilindros, durante a montagem da máquina, corrigindo assim qualquer desalinhamento existente entre o conjunto 02 – *Transfer* e o conjunto 03 – Base fixa, que pudesse causar o mau funcionamento do equipamento. O conceito utilizado para este sistema é igual a outros já utilizados pela empresa acolhedora. No fundo, os parafusos realçados a vermelho na Figura 119 encostam nas bases realçadas a verde. A rotação no sentido horário de cada parafuso irá elevar a base azul, elevando assim o cilindro, enquanto que a rotação no sentido anti-horário baixa a base azul.

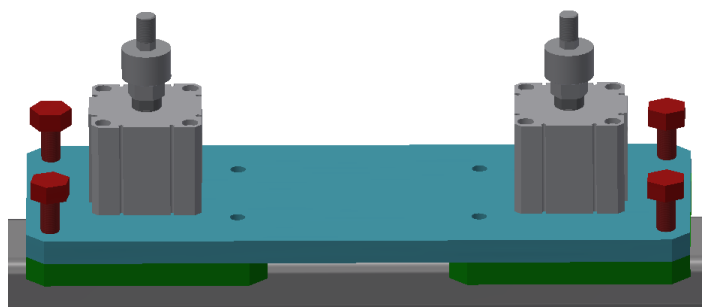


Figura 119: Sistema de afinação dos cilindros CD55B80-25M

A este subconjunto serão também soldados dois compartimentos (um de cada lado da máquina), que podem ser vistos na Figura 120, realçados a verde, onde será colocado o saco do lixo para recolher os detritos aspirados dos subconjuntos 040 – *Escarear_Esmerilar*. Para além disso, estes compartimentos podem ser utilizados para fixar unidades de tratamento de ar, conjuntos de válvulas, ou outros componentes necessários para o funcionamento da máquina.

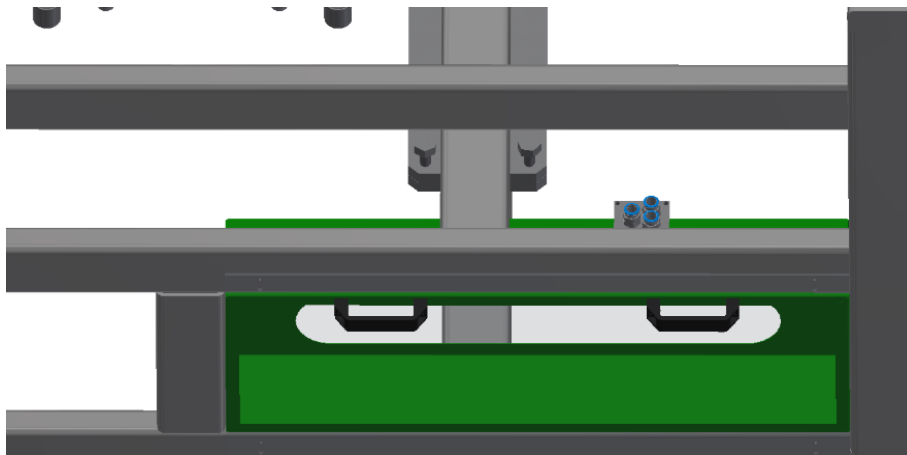


Figura 120: Compartimento soldado ao subconjunto 011 - Estrutura principal

Fixados no topo destes compartimentos, estão os subconjuntos 012 – Caixa de aspiração, tal como se pode ver na Figura 121, que têm como função ligar os tubos de aspiração dos subconjuntos 040 ao aspirador utilizado para aspirar os detritos.

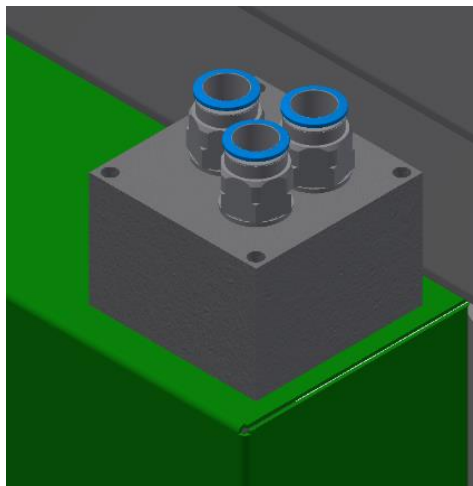


Figura 121: Subconjunto 012 - Caixa de aspiração fixado no respetivo compartimento

Por último, existe o subconjunto 011 – Subestrutura, que tem como função fixar os quatro amortecedores responsáveis por amortecer a descida do conjunto 02 – *Transfer*, e também por fixar os quatro conjuntos de rolamentos utilizados para guiar o movimento vertical. Este subconjunto, com todos os componentes fixados, pode ser visto na Figura 122.

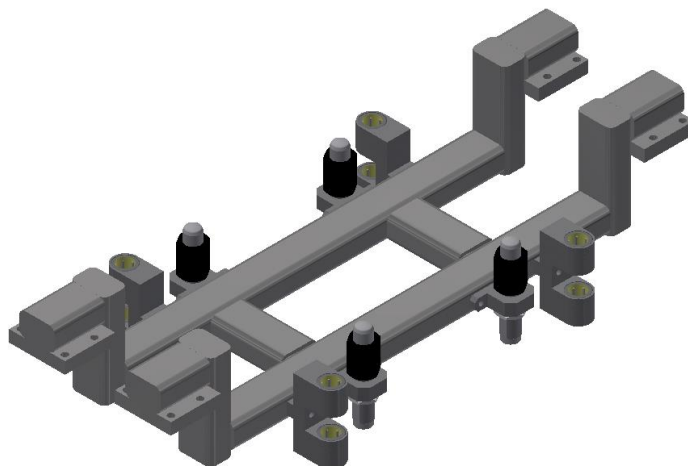


Figura 122: Subconjunto 011 – Subestrutura com os respetivos componentes fixados

O último componente que foi necessário dimensionar foram os pés niveladores (Figura 123), nos quais irá assentar a máquina. Para tal, é necessário saber o peso total do equipamento. Segundo o *software* utilizado para a modelação da máquina, o seu peso total é de 1609,011 kg. Como existem componentes de compra, cujo 3D em CAD foi retirado do *website* do fornecedor, que podem não estar modelados na sua totalidade, foi considerada uma massa de 1700 kg para a seleção deste componente. Dada a existência de quatro bases, isto significa que cada pé nivelador deve ter capacidade para suportar uma carga estática de, aproximadamente, 4170 N. Após consulta do catálogo da empresa Elessa, S.p.A, o modelo selecionado foi o LV.A-100-14-AS-M16x108, com capacidade para 18 000 N, cujas características podem ser vistas no Anexo 2, secção 6.2.3.4.



Figura 123: Pés niveladores [113]

Simulação do conjunto através do MEF

O primeiro subconjunto a ser simulado foi o subconjunto 011 – Subestrutura. Dado que o amortecimento foi dimensionado de forma a que possa amortecer por completo a queda, considerou-se que este subconjunto apenas terá de suportar o peso do conjunto 02 – *Transfer* em repouso. Para dar uma margem de segurança, a carga aplicada na

simulação é cerca de 400 N superior à carga equivalente ao peso do conjunto 02, garantindo assim que a existência de falhas no amortecimento ou impactos e/ou vibrações, não colocam em causa a integridade estrutural do subconjunto. O subconjunto e todos os seus componentes simulados podem ser vistos na Figura 122.

As condições de fronteira e de carga da simulação realizada estão apresentadas na Tabela 33 e na Tabela 34.

Tabela 33: Condições fronteira na simulação do subconjunto 011 - Subestrutura

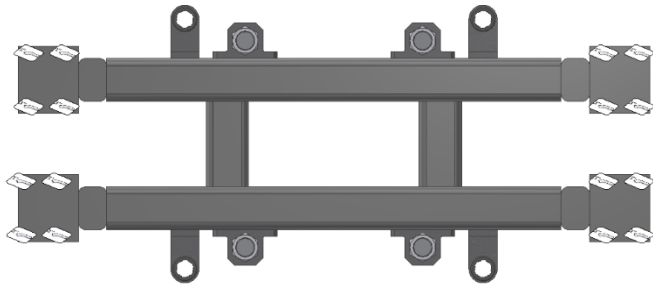
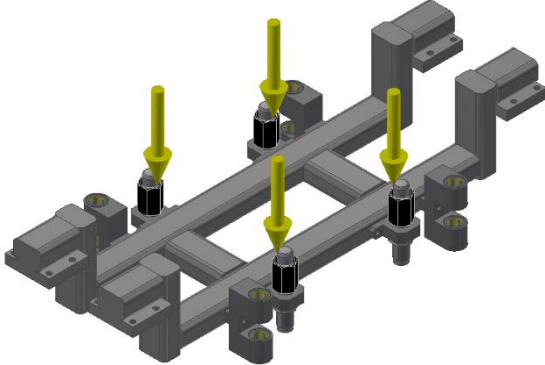
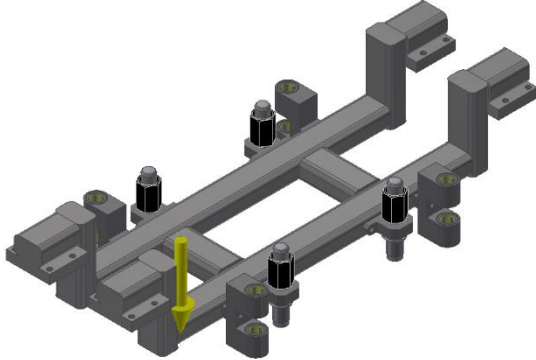
Condição fronteira aplicada	Representação no <i>software</i>
Pontos de fixação ao subconjunto 010 – Estrutura principal fixos.	

Tabela 34: Condições de carga na simulação do subconjunto 011 - Subestrutura

Condição de carga aplicada	Representação no <i>software</i>
Força de 3500 N aplicada nos quatro batentes limitadores de curso dos amortecedores.	
Peso próprio dos componentes em análise. A seta representada no <i>software</i> apenas indica a direção e sentido da força gravítica.	

As características da malha utilizada na simulação são apresentadas na Tabela 35.

Tabela 35: Características da malha utilizada na simulação do subconjunto 011 - Subestrutura

Nº de elementos	94.086
Nº de nós	168.445

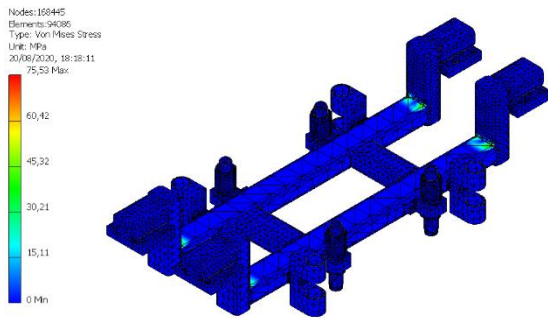


Figura 124: Tensão equivalente de von Mises do subconjunto 011 - Subestrutura

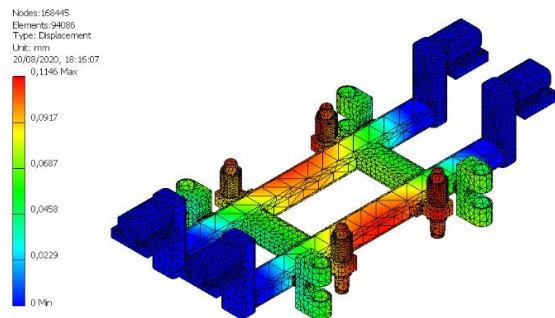


Figura 125: Deslocamentos do subconjunto 011 - Subestrutura

Os resultados obtidos mostram uma tensão equivalente de von Mises máxima de 75,53 MPa (Figura 124) e um deslocamento máximo de, aproximadamente, 0,11 mm (Figura 125). Sendo este valor inferior a 0,5 mm (valor de referência utilizado na empresa acolhedora para o deslocamento máximo admissível), pode-se então concluir que estes componentes estão dimensionados corretamente para as condições de carga estática a que estarão sujeitos. No entanto, é possível verificar na Figura 124 e na Figura 125 que a malha utilizada é bastante grosseira na zona de aplicação da carga. Devido às limitações no refinamento da malha impostas pelo *software* utilizado, não foram realizadas outras simulações, mas entende-se que é necessário explorar melhorar a zona mencionada através da utilização de uma malha mais refinada.

De seguida, realizou-se a simulação para o subconjunto 010 – Estrutura principal, com ambos os subconjuntos 011 e 012 nele fixados (Figura 125).

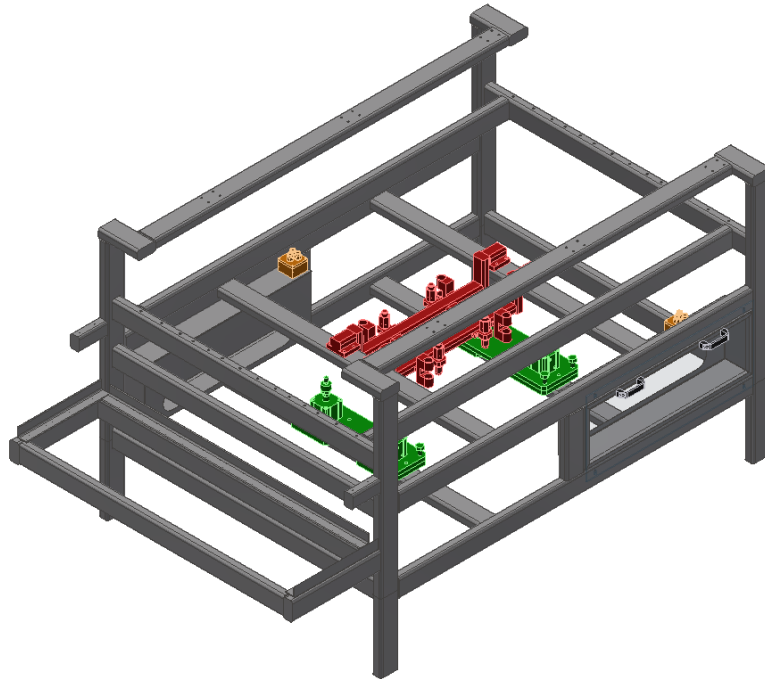


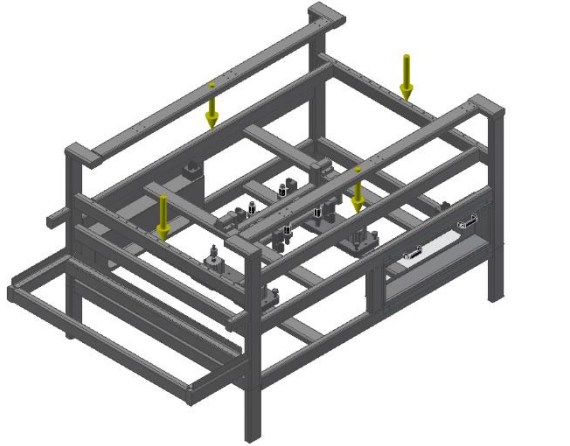
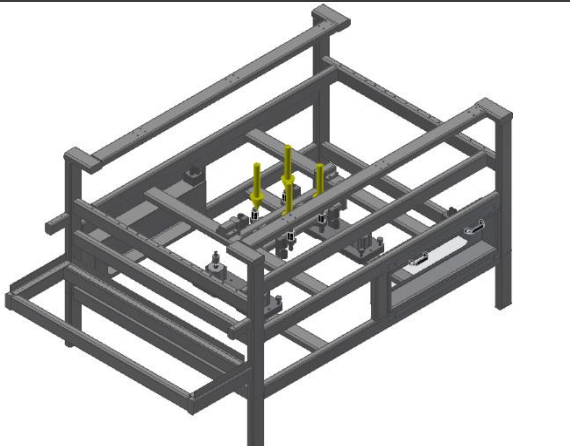
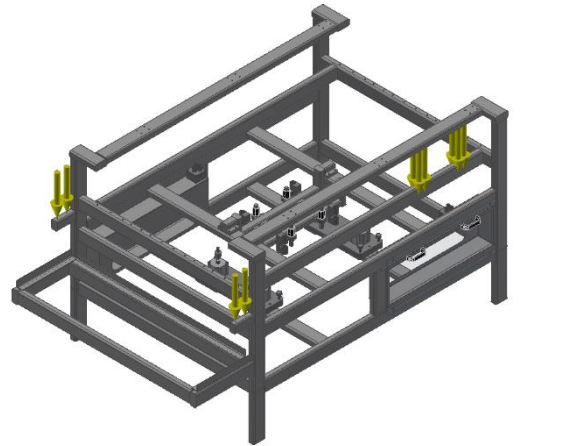
Figura 126: Subconjunto 011 - Estrutura principal e outros subconjuntos

As condições de fronteira e de carga da simulação realizada são apresentadas na Tabela 36 e na Tabela 37.

Tabela 36: Condições fronteira na simulação do subconjunto 010 – Estrutura principal

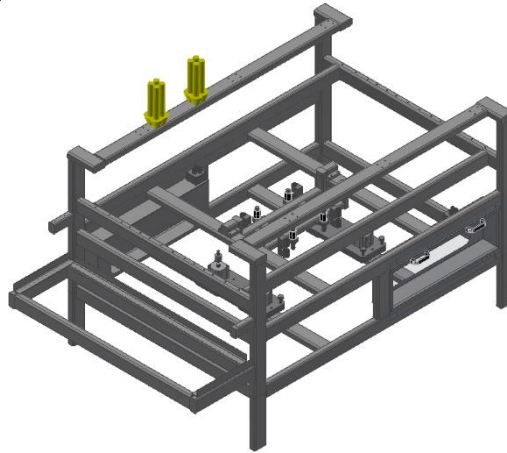
Condição fronteira aplicada	Representação no <i>software</i>
Bases da estrutura fixas.	A 2D software representation of the structure. It shows a dark grey frame with four white circular markers at the base corners, indicating fixed boundary conditions. The internal components are shown in a simplified, schematic style.

Tabela 37: Condições de carga na simulação do subconjunto 010 – Estrutura principal

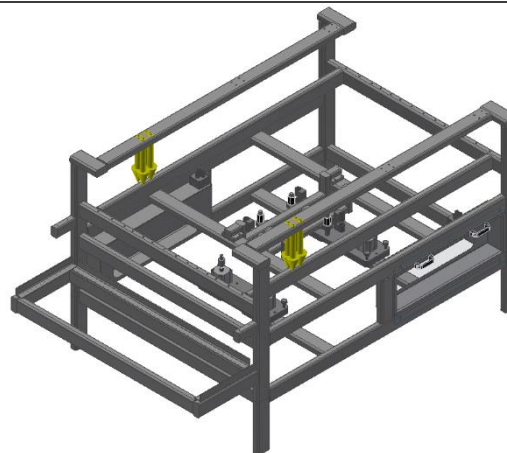
Condição de carga aplicada	Representação no <i>software</i>
Força de 6500 N aplicada ao longo dos perfis que suportam os conjuntos 03 – Base fixa e 04 – Estações de passo peregrino.	
Força de 3500 N aplicada nos quatro batentes limitadores de curso dos amortecedores no subconjunto 011 – Subestrutura.	
Força de 100 N nos pontos de fixação dos conjuntos 05 – Calçadores_E e 07 – Extração.	

Condição de carga aplicada**Representação no software**

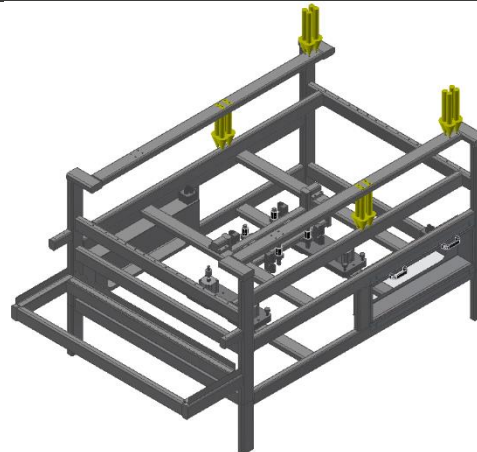
Força de 110 N nos pontos de fixação do conjunto 05 – Calçadores_D.

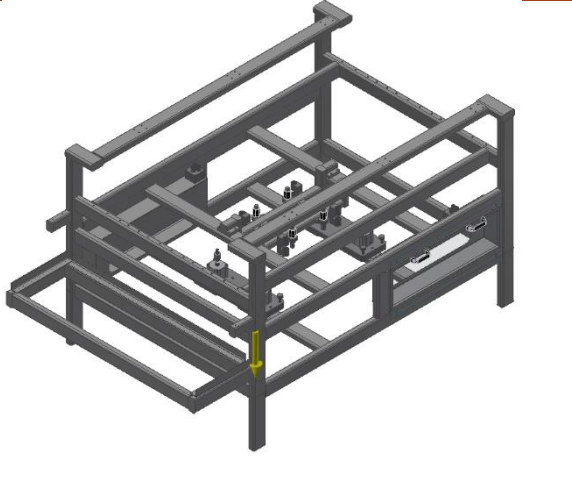


Força de 2500 N nos pontos de fixação da variante do conjunto 06 - Alinhamento de espirais.



Força de 300 N nos pontos de fixação do conjunto 06 - Alinhamento de espirais.



Condição de carga aplicada	Representação no <i>software</i>
<p>Peso próprio dos componentes em análise. A seta representada no <i>software</i> apenas indica a direção e sentido da força gravítica.</p>	

As características da malha utilizada na simulação estão presentes na Tabela 38.

Tabela 38: Características da malha utilizada na simulação do subconjunto 010 – Estrutura principal

Nº de elementos	798.555
Nº de nós	1.411.292

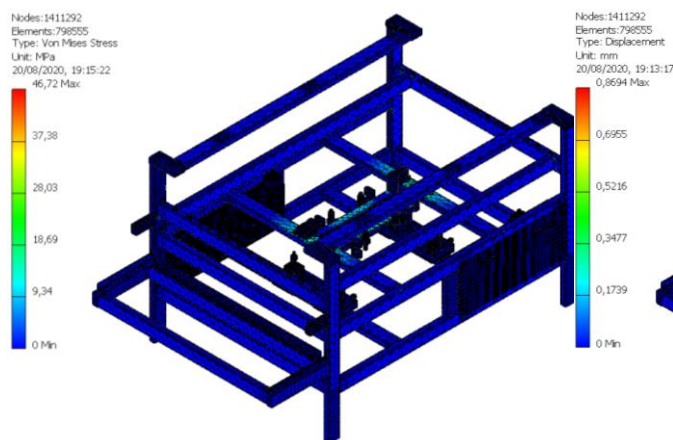


Figura 127: Tensão equivalente de von Mises do subconjunto 010 – Estrutura principal

Figura 128: Deslocamentos do subconjunto 010 – Estrutura principal

Das simulações realizadas, obteve-se uma tensão equivalente de von Mises máxima de 46,72 MPa (Figura 127) e um deslocamento máximo de, aproximadamente, 0,87 mm (Figura 128). Este valor é superior ao utilizado anteriormente como referência (0,5 mm). Tendo em conta que a simulação não é realizada com todos os componentes, nomeadamente os cilindros responsáveis pelo movimento vertical do conjunto 02 – *Transfer* e que também suportam o seu peso, e após uma análise, em conjunto com a equipa de projeto da PR Metal, de casos semelhantes noutros equipamentos produzidos

anteriormente, conclui-se que o valor de deslocamento obtido não compromete o funcionamento da máquina. A estrutura encontra-se, assim, validada.

3.2.3 Listas de componentes

Dada a elevada quantidade de componentes normalizados e de componentes a fabricar (não normalizados) existentes na máquina, por questões de organização optou-se por fazer duas listas, separando-os assim nos dois grupos mencionados. Estas listas estão presentes no Anexo 1.

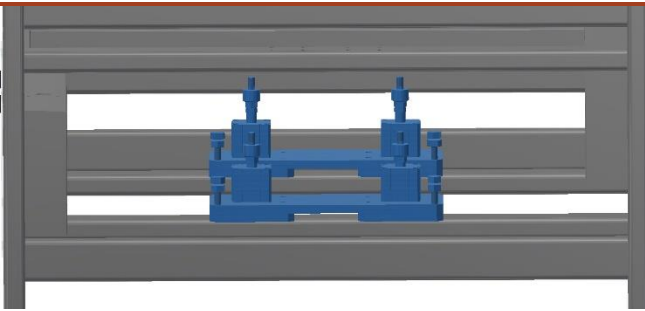
3.2.4 Procedimento de montagem

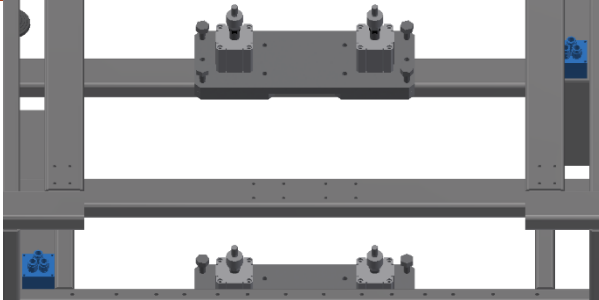
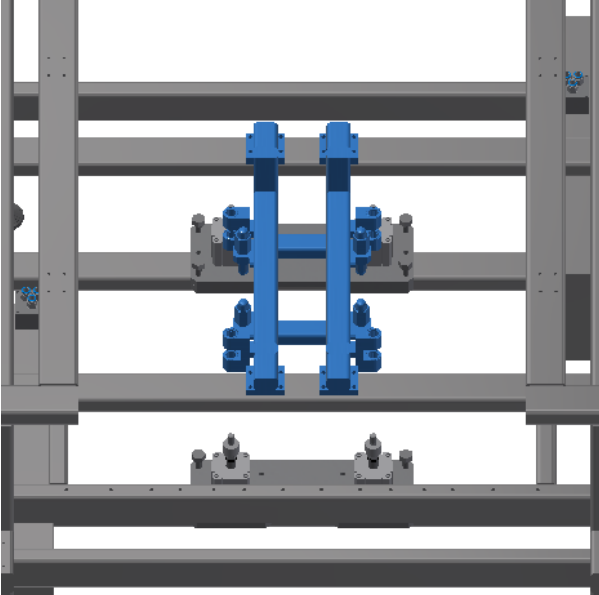
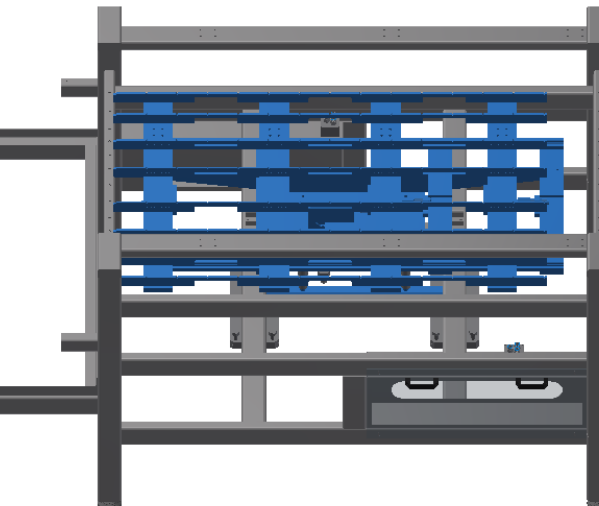
O manual de montagem do equipamento é um dos documentos mais importantes em todo o projeto. É essencial que a montagem do equipamento seja realizada de forma correta e exemplar, caso contrário, poderá conduzir a um mau funcionamento do equipamento, ou mesmo a uma falha catastrófica. Assim, toda a montagem deverá ser realizada de acordo com o projeto mecânico, sendo acompanhada de perto pelo projetista, sempre que possível, para garantir que o projeto é seguido ao longo de todo este processo.

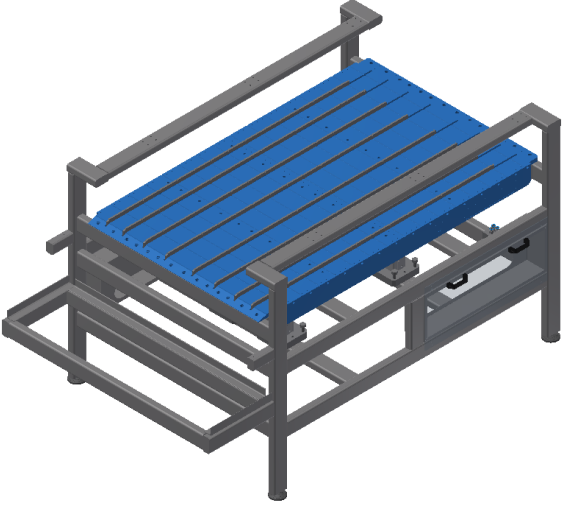
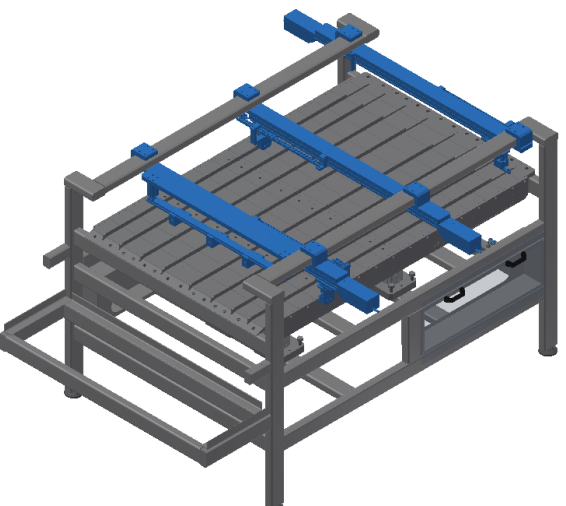
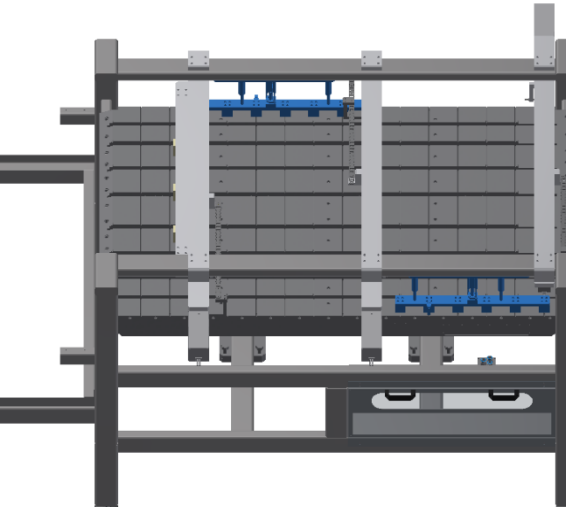
Apesar da complexidade do equipamento, a divisão que foi efetuada no capítulo 3.2.2 permite que a complexidade na montagem fique mais reduzida. Aliando a informação apresentada no capítulo mencionado com todas as vistas explodidas dos diferentes conjuntos apresentadas no Anexo 4, garante que a montagem pode ser executada de forma organizada e o mais simples possível.

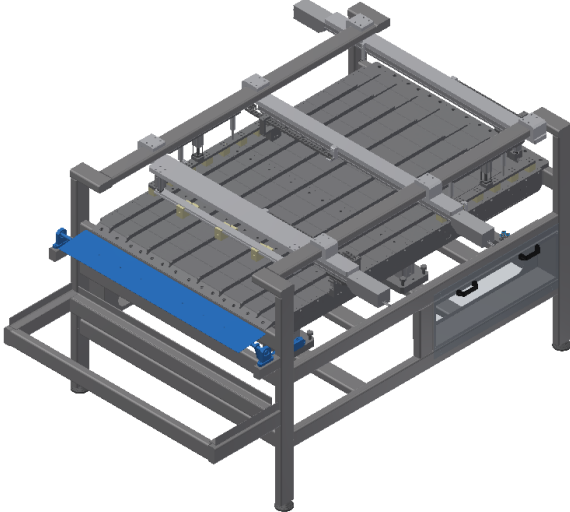
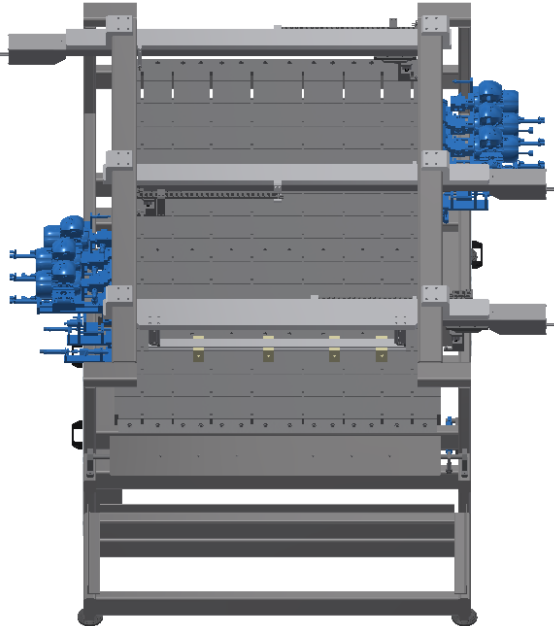
Na Tabela 39 é possível ver como seria a evolução da montagem deste equipamento, partindo da estrutura principal, que pode ser vista na Figura 116. De salientar que nesta tabela apenas está presente a montagem dos conjuntos finais no equipamento específico, não sendo detalhada a montagem de cada conjunto em particular.

Tabela 39: Evolução da montagem do equipamento

Passo	Imagem	Descrição
1		Montagem dos cilindros CD55B80-25M, bases e respetivo sistema de afinação.

Passo	Imagem	Descrição
2		Fixação dos subconjuntos 012 - Caixa de aspiração.
3		Fixação do subconjunto 011 – Subestrutura.
4		Fixação do conjunto 02 – Transfer.

Passo	Imagem	Descrição
5		Fixação do conjunto 03 – Base fixa.
6		Fixação dos conjuntos 06 – Alinhamento de espirais.
7		Fixação dos conjuntos 05 – Calçadores.

Passo	Imagem	Descrição
8		<p>Fixação do conjunto 07 – Extração.</p>
9		<p>Fixação dos conjuntos 04 – Estações de passo peregrino.</p>

3.2.5 Análise de custos

De forma a facilitar a estimativa do custo que um equipamento deste tipo acarreta, foi realizada uma pequena análise de custos, que pode ser vista na Tabela 40. De referir que, dada a natureza conceptual do projeto, a orçamentação apresentada engloba apenas o custo dos componentes normalizados e uma estimativa do custo da matéria prima, tratamentos térmicos e superficiais e fabricação de componentes. Os custos de engenharia, montagem e assistência não foram contabilizados, dado que estes variam dependendo do equipamento final onde este conceito seria aplicado.

Tabela 40: Orçamentação do equipamento

Descrição	Custo [€]
Compras	
Matéria prima	1425,20 €
Tratamentos térmicos e superficiais	134,19 €
Componentes normalizados	8568,32 €
Maquinagem	
CNC, Fresadora convencional, Torno	28 579,70 €
Total	38 707,41 €

Para o cálculo dos custos associados à matéria prima e tratamentos, foram utilizados como referência os valores apresentados na Tabela 41.

Tabela 41: Preços dos diferentes materiais e tratamentos utilizados no projeto

Material	Custo/kg [€]	Tratamento	Custo/kg [€]
K110	5,50 €	Temperar	3,66 €
C45E	1,15 €	-	-
W 1.2311	2,16 €	Nitruração	2,90 €
Alumínio	3,80 €	-	-
Aço inoxidável	3,85 €	-	-
Bronze	12,50 €	-	-

Quanto ao custo da maquinagem, os preços assumidos tiveram por base informação fornecida pela PR Metal. Os valores assumidos podem ser vistos na Tabela 42.

Tabela 42: Custo de utilização de equipamento de maquinação, por hora

Equipamento	Custo/h
Fresadora CNC/Erosão	35,00 €
Fresadora convencional	25,00 €
Torno convencional	25,00 €

No Anexo 3 podem ser vistos os orçamentos dos componentes normalizados.

3.2.6 Manual de operação

Sendo o projeto apresentado um protótipo de uma parte de um equipamento de preparação de espiral, este não está preparado para operar em ambiente fabril. Exemplo disso é o facto de a máquina não incluir proteções, consola de controlo,

sinalética de segurança, entre outros elementos necessários à sua operação. Como tal, não existe um manual de operação para este equipamento.

No entanto, existem três pontos importantes que devem ser verificados antes de colocar qualquer equipamento em operação, que são:

- Verificar a existência de detritos ou objetos a obstruir, quer os conjuntos móveis do equipamento, quer os elementos de guiamento linear, evitando eventuais falhas;
- Verificar se não existem espirais já presentes na linha de preparação de espiral. Caso exista, é necessário retirá-los;
- Limpeza do posto de trabalho.

Estas verificações são transversais a qualquer equipamento deste tipo. Só depois de efetuadas todas as referidas verificações, é que o operador deverá proceder ao *setup* do equipamento e consequente operação da máquina. O *setup* a realizar varia, dependendo do tipo de conjuntos colocados a montante e jusante do presente módulo.

Do mesmo modo que existem verificações transversais a todos os equipamentos, e que devem ser realizadas antes de os operar, existem também uma série de normas a cumprir durante a operações de uma máquina. Estas normas visam salvaguardar a segurança do operador e do equipamento durante o seu funcionamento, para que não ocorram situações que possam dar origem a danos no equipamento, ou mais gravoso ainda, colocar em risco a integridade física do operador. As normas de segurança, que deverão ser cumpridas integralmente, são as seguintes:

- Familiarização com os comandos da máquina e suas funções;
- Não remover as proteções móveis e/ou fixas, bem como dispositivos de segurança presentes no equipamento, sem que as fontes de energia estejam devidamente desligadas;
- Verificar regularmente se as proteções e dispositivos de proteção se encontram na posição correta e em perfeitas condições de funcionamento;
- Não colocar as mãos junto a elementos em movimento;
- A manutenção ou limpeza da máquina deve ser realizada com esta desligada. Caso contrário, os elementos em movimento poderão provocar acidentes;
- Manter o equipamento e a área em redor limpa e isenta de resíduos ou objetos;
- Manter o quadro elétrico fechado;
- Respeitar a sinalização presente na máquina.

A nível da segurança e bem-estar do operador, o respeito pela sinalização de segurança é de especial importância. Esta tem como objetivo alertar relativamente a perigos particulares, obrigações ou proibições, permitindo que o operador adeque o seu comportamento por forma a evitar acidentes. A sinalização típica presente neste tipo de equipamentos pode ser vista na Tabela 43.

Tabela 43: Sinalização típica

Sinal	Descrição
	Este sinal indica que é obrigatória a utilização de óculos de proteção durante a utilização do equipamento.
	Este sinal indica que é obrigatória a utilização de proteções para os ouvidos enquanto o equipamento estiver em funcionamento.
	Este sinal informa o operador da obrigatoriedade da utilização de luvas de proteção enquanto se encontra a operar o equipamento.
	Este sinal indica ao operador que é obrigatório utilizar roupa de proteção, sempre que estiver em contacto com o equipamento.
	Este sinal informa da obrigatoriedade do uso de capacete de proteção enquanto se efetuam ações de manutenção.
	Este sinal de perigo geral adverte o operador para a existência de vários perigos no local em que o sinal se encontra.
	Este sinal alerta o operador para o perigo de eletrocussão. Caso seja necessário realizar alguma ação em locais onde o sinal se encontra, é necessário garantir que o equipamento não se encontra alimentado por corrente elétrica.
	Este sinal alerta para o perigo de esmagamento causado por componentes que apresentam deslocamento. Nos locais onde esta sinalética se encontrar presente, é expressamente proibido colocar as mãos, ou qualquer parte do corpo, caso o equipamento esteja em funcionamento.
	Este sinal alerta o operador para um local onde poderá existir projeção de partículas.

3.2.7 Manual de manutenção

A manutenção é uma parte fulcral para aumentar o tempo de vida e desempenho de qualquer equipamento, devendo esta ser regular e cuidada. A manutenção deverá ter início logo na fase de projeto, passando pela instalação/início de funcionamento do equipamento. Cumprindo estas etapas, a manutenção passará a ter funções de vigilância, permanente ou periódica, desenvolvimento de ações corretivas (reparações) ou ações preventivas. Uma manutenção insuficiente pode resultar em danos graves para a instalação, exigindo intervenções de manutenção corretiva mais complexas, demoradas e dispendiosas.

No que toca à manutenção de equipamentos deste nível, esta pode ser dividida em diferentes 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.

Durante a realização da manutenção, a fim de garantir a segurança de quem manuseia o equipamento (operador, técnico de manutenção) durante a sua realização, é fundamental que sejam seguidas algumas normas de segurança. A mais importante é o bloqueio mecânico e/ou desativação elétrica da máquina, seguido do procedimento de *lockout/tagout* (Bloqueio/Etiquetagem). Este procedimento evita que o equipamento entre em funcionamento de forma indesejada e repentina, evitando potenciais danos no equipamento ou ferimentos na pessoa que realizou o procedimento de manutenção.

Na empresa acolhedora, é usual criar uma lista de ações preventivas e respetivas periodicidade, que devem ser realizadas. Estas podem ser vistas na Tabela 44.

Tabela 44: Ações preventivas de manutenção

Ação	Periodicidade
Verificar estado dos diferentes elementos pneumáticos, nomeadamente cilindros	Anual
Revisão do quadro elétrico e das ligações elétricas	Anual
Controlo e revisão das tubagens de ar, por forma a detetar/evitar fugas	Mensal
Verificação de ligações aparafusadas	Mensal
Lubrificação das partes móveis	Mensal

Ação	Periodicidade
Limpeza do equipamento e posto de trabalho	Semanal
Verificar estado dos sistemas de guiamento linear, acumulação de detritos e proceder à respetiva limpeza e lubrificação	Semestral
Realização de ensaios e testes de verificação após ações preventivas	Semestral
Inspeção dos componentes eletrónicos	Trimestral
Verificação das peças de desgaste	Trimestral

CONCLUSÕES

4.1 Conclusões

4.2 Propostas de trabalhos futuros

4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

4.1 Conclusões

Este projeto tem como base uma necessidade transversal a qualquer indústria, que é a necessidade de melhoria contínua. O conjunto em redor do qual este equipamento foi projetado foi o *transfer*, um sistema que já sofreu várias evoluções ao longo dos anos e dos diferentes equipamentos produzidos pela PR Metal. A principal vantagem deste conceito é a sua elevada flexibilidade, pois permite a produção de uma grande variedade de tipos de espirais para cabos de comando. A simplicidade do *setup* do equipamento é também uma vantagem, pois para produzir um tipo de espiral diferente, basta selecionar o programa pretendido e alterar pequenos componentes dos conjuntos de preparação de espiral (como por exemplo, a ponteira do subconjunto 040 – Escarear_Esmerilar). Assim, o cliente pode aumentar a sua gama de produção, sem que para isso tenha de realizar elevados investimentos. No caso de o cliente já possuir um equipamento de produção de espiral, dependendo do tipo de equipamento e das suas características, poderá ser possível atualizá-lo para este novo conceito. No entanto, para realizar a atualização poderão ser necessárias algumas adaptações a, por exemplo, sistemas de alimentação e de extração.



Este conceito permite, também, uma construção completamente modular de máquinas no seu todo. Ou seja, tomando como módulo central este conceito, é possível acrescentar a montante e a jusante qualquer tipo de conjunto que o cliente necessite. Por exemplo, a montante do módulo central é possível acrescentar uma linha de corte de espirais, sendo estas alimentadas posteriormente no equipamento. Desta forma, o operador responsável não necessita de verificar constantemente se o alimentador se encontra com espirais. Já a jusante, é possível adicionar um conjunto de introdução de tubo estrela na espiral. Esta hipótese está já a ser estudada pela empresa acolhedora, através da adaptação, a este conceito, do conjunto utilizado noutros equipamentos. A construção modular de equipamentos torna-se, assim, numa vantagem significativa para a empresa, principalmente num mercado que exige cada vez mais equipamentos flexíveis adaptados às suas necessidades específicas.


Por outro lado, a experiência industrial adquirida foi, sem dúvida, uma parte importante do trabalho desenvolvido ao longo do estágio. Permitiu uma constante interação com os processos envolvidos no desenvolvimento de um projeto e, conseqüentemente, uma

aprendizagem e enriquecimento pessoal que complementam todo o conhecimento teórico adquirido ao longo dos últimos anos de curso. A interação com os diferentes trabalhadores permitiu perceber as dificuldades de cada posto de trabalho, revelando-se esta uma informação valiosa para o futuro.

Para concluir o trabalho, foi feito um balanço dos objetivos propostos, permitindo uma melhor análise do seu cumprimento e das vantagens das soluções encontradas. A Tabela 45 mostra esse balanço, concluindo-se assim quais os principais contributos do projeto.

Tabela 45: Balanço dos objetivos propostos e resultados obtidos

Objetivo	Conclusões	Avaliação
Corrigir os problemas de flexão existentes em espirais de maior comprimento.	O sistema de <i>transfer</i> e base de apoio das espirais corrige na totalidade qualquer flexão que ocorria noutros equipamentos. Esta solução é também utilizada para fixar os conjuntos de preparação de espiral, tendo influência na correção de alguns problemas de qualidade detetados noutros equipamentos (ver em detalhe objetivo seguinte).	
Corrigir e diminuir falhas no alinhamento das espirais nos diversos processos de produção.	Ao contrário das soluções de projeto utilizadas anteriormente, o facto de toda a estrutura do equipamento ser fixa, e de o alinhamento das espirais ser feito individualmente entre cada espiral, permite que os desalinhamentos dos conjuntos de preparação de espiral ocorridos noutros equipamentos sejam eliminados no processo de <i>setup</i> da máquina. Assim, é possível reduzir o número de problemas de qualidade detetados em equipamentos anteriores e, conseqüentemente, reduzir os custos, dos clientes, associados a produção defeituosa.	

Objetivo	Conclusões	Avaliação
Simplificar o sistema <i>transfer</i> .	O novo sistema utiliza apenas cilindros pneumáticos, o que permite independência de movimentos. Esta solução substitui assim os sistemas anteriores que recorriam a cilindros pneumáticos para o movimento horizontal, e a alavancas para o movimento vertical. Com isto, o sistema torna-se mais simples de fabricar e de montar e, ao mesmo tempo, mais fiável. Torna-se, assim, numa solução vantajosa em termos de manutenção do equipamento, reduzindo os custos associados a esta operação.	

Por fim, de referir que este equipamento se caracteriza pela reutilização de conjuntos já utilizados na empresa, no caso de estes já terem um historial de funcionamento fiável. Foram, no entanto, efetuadas melhorias aonde considerado necessário e relevante.

De um modo geral, este projeto permite assegurar a qualidade das espirais produzidas através da correção dos problemas de qualidade registados anteriormente, causados pelas deficiências existentes nos equipamentos anteriores. Para além disso, permite a construção modular de diferentes equipamentos do mesmo tipo, reduzindo assim o tempo de projeto e de montagem e, conseqüentemente, os custos associados aos mesmos.

Numa nota final, deve ser referido que o projeto e a presente dissertação foram realizados durante a fase da pandemia de COVID-19 do ano de 2020, com todas as condicionantes existentes durante esse período. Apesar das dificuldades causadas, e de alguns atrasos inerentes à situação em curso, foi possível concluir o projeto, tendo sido atingidos todos os objetivos.

4.2 Propostas de trabalhos futuros

A pressão criada pela indústria nos seus fornecedores leva a uma necessidade acrescida para a implementação de uma cultura de melhoria contínua, sendo esta um pilar na competitividade e sucesso de uma empresa no mercado. Da mesma forma que a necessidade de melhoria contínua levou ao início deste projeto, é de esperar que no futuro exista a possibilidade de trabalhar e melhorar este conceito, por forma a cumprir com as necessidades futuras dos clientes.

Sendo assim, numa perspetiva de enriquecimento pessoal e autocrítica do trabalho realizado, foram propostos alguns pontos de melhoria do equipamento.

O ponto principal onde deveria ser focada maior atenção é o sistema de alinhamento/transporte das espirais de um lado para o outro da máquina. A solução encontrada, apesar de se mostrar capaz de cumprir com o pretendido, caracteriza-se pelo seu custo elevado, associado à utilização de eixos elétricos. Idealmente, de forma a tornar o preço do equipamento mais competitivo, deveria ser encontrada uma nova solução mais económica, sem que se perdesse a fiabilidade da solução encontrada neste projeto. Por outro, e tendo por base a ideia apresentada neste conceito, a nova solução de alinhamento das espirais deverá ter em conta a verificação do estado de limpeza do interior da espiral. Isto porque a solução encontrada poderá apresentar problemas de sujidade nos pressóstatos, o que iria aumentar os custos associados à manutenção da máquina.

Por fim, o sistema de sopro apresentado poderá causar problemas de sujidade, nomeadamente nos postos de trabalho adjacentes. Apesar de ser um ponto de discórdia durante o projeto, uma melhoria neste sistema tornaria a manutenção e limpeza da máquina mais simples. Uma possibilidade seria fazer o sopro no interior do posto de trabalho de escarear, aproveitando a existência de aspiração nesse posto para recolher todos os detritos causados por esse processo de preparação da espiral.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES
DE INFORMAÇÃO**

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

1. 2010 Statistics | OICA [Internet]. [accessed 2020 Mar 20]. Available from: <http://www.oica.net/category/production-statistics/2010-statistics/>
2. 2011 statistics | OICA [Internet]. [accessed 2020 Mar 20]. Available from: <http://www.oica.net/category/production-statistics/2011-statistics/>
3. 2012 Statistics | OICA [Internet]. [accessed 2020 Mar 20]. Available from: <http://www.oica.net/category/production-statistics/2012-statistics/>
4. 2013 Statistics | OICA [Internet]. [accessed 2020 Mar 20]. Available from: <http://www.oica.net/category/production-statistics/2013-statistics/>
5. 2014 Statistics | OICA [Internet]. [accessed 2020 Mar 20]. Available from: <http://www.oica.net/category/production-statistics/2014-statistics/>
6. 2015 Statistics | OICA [Internet]. [accessed 2020 Mar 20]. Available from: <http://www.oica.net/category/production-statistics/2015-statistics/>
7. 2016 Statistics | OICA [Internet]. [accessed 2020 Mar 20]. Available from: <http://www.oica.net/category/production-statistics/2016-statistics/>
8. 2017 Statistics | OICA [Internet]. [accessed 2020 Mar 20]. Available from: <http://www.oica.net/category/production-statistics/2017-statistics/>
9. 2018 Statistics | OICA [Internet]. [accessed 2020 Mar 20]. Available from: <http://www.oica.net/category/production-statistics/2018-statistics/>
10. 2019 Statistics | OICA [Internet]. [accessed 2020 Mar 20]. Available from: <http://www.oica.net/category/production-statistics/2019-statistics/>
11. Sales Statistics | OICA [Internet]. [accessed 2020 Mar 20]. Available from: <http://www.oica.net/category/sales-statistics/>
12. Automotive industry | Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs [Internet]. [accessed 2020 Mar 18]. Available from: https://ec.europa.eu/growth/sectors/automotive_en
13. Indústria automóvel perde até “três mil postos de trabalho” até 2021 - TSF [Internet]. [accessed 2020 Mar 18]. Available from: <https://www.tsf.pt/portugal/economia/industria-automovel-perde-ate-tres-mil-postos-de-trabalho-ate-2021-11615775.html>
14. Expresso | Há um recorde histórico em Portugal na indústria automóvel [Internet]. [accessed 2020 Mar 18]. Available from: <https://expresso.pt/economia/2020-01-14-Ha-um-recorde-historico-em-Portugal-na-industria-automovel>
15. 2019 foi o melhor ano da indústria automóvel em Portugal – Jornal diariOnline Região Sul. O seu portal de notícias Algarve e Alentejo Portugal [Internet]. [accessed 2020 Mar 18]. Available from: <https://regiao-sul.pt/2020/01/25/economia/2019-foi-o-melhor-ano-da-industria-automovel-em-portugal/485984>
16. Setor automóvel exportou 13 mil milhões de euros no ano passado - AFIA - Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel [Internet]. [accessed 2020 Mar 18]. Available from: <https://afia.pt/setor-automovel-exportou-13-mil-milhoes-de-euros-no-ano-passado/>

17. Há um recorde histórico em Portugal na indústria automóvel - AFIA - Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel [Internet]. [accessed 2020 Mar 19]. Available from: <https://afia.pt/ha-um-recorde-historico-em-portugal-na-industria-automovel/>
18. Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel destaca importância de novo investimento em Estarreja - Notícias de Aveiro [Internet]. [accessed 2020 Mar 19]. Available from: <https://www.noticiasdeaveiro.pt/associacao-de-fabricantes-para-a-industria-automovel-destaca-importancia-de-novo-investimento-em-estarreja/>
19. Nova fábrica traz 250 milhões de euros e cria 500 postos de trabalho em Estarreja - AFIA - Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel [Internet]. [accessed 2020 Mar 19]. Available from: <https://afia.pt/nova-fabrica-traz-250-milhoes-de-euros-e-cria-500-postos-de-trabalho-em-estarreja/>
20. Primeiros carros “made in Estarreja” em abril de 2022 - AFIA - Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel [Internet]. [accessed 2020 Mar 19]. Available from: <https://afia.pt/primeiros-carros-made-in-estarreja-em-abril-de-2022/>
21. Industrial renaissance? Why automotive is a critical technology for Europe - AFIA - Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel [Internet]. [accessed 2020 Mar 19]. Available from: <https://afia.pt/industrial-renaissance-why-automotive-is-a-critical-technology-for-europe/>
22. Automóvel [Internet]. [accessed 2020 Mar 18]. Available from: <http://www.portugalglobal.pt/pt/comprarportugal/fileiras/automovel/Paginas/automovel.aspx>
23. AFIA. Indústria de componentes para automóveis. AFIA - Indústria de Componentes para Automóveis. AFIA - Indústria de Componentes para Automóveis; 2014. p. 7.
24. Estatísticas | AFIA - Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel [Internet]. [accessed 2020 Mar 20]. Available from: <https://afia.pt/estatisticas/>
25. Exportações de componentes automóveis com novo record - AFIA - Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel [Internet]. [accessed 2020 Mar 18]. Available from: <https://afia.pt/exportacoes-de-componentes-automoveis-com-novo-record/>
26. AFIA. Exportações janeiro-dezembro 2019 indústria de componentes para automóveis. AFIA - Indústria de Componentes para Automóveis; 2020. p. 1–7.
27. Rosa C, Silva FJG, Ferreira LP. Improving the Quality and Productivity of Steel Wire-rope Assembly Lines for the Automotive Industry. *Procedia Manuf.* 2017;11(June):1035–42.
28. Araújo WFS, Silva FJG, Campilho RDSG, Matos JA. Manufacturing cushions and suspension mats for vehicle seats: a novel cell concept. *Int J Adv Manuf Technol.* 2017;90(5–8):1539–45.
29. Rosa C, Silva FJG, Ferreira LP, Campilho R. SMED methodology: The reduction of setup times for Steel Wire-Rope assembly lines in the automotive industry. *Procedia Manuf.* 2017;13:1034–42.
30. Costa RJS, Silva FJG, Campilho RDSG. A novel concept of agile assembly machine for sets applied in the automotive industry. *Int J Adv Manuf Technol.* 2017;91(9–12):4043–54.
31. Costa MJR, Gouveia RM, Silva FJG, Campilho RDSG. How to solve quality problems by advanced fully-automated manufacturing systems. *Int J Adv Manuf Technol.* 2018;94(9–12):3041–63.

32. Costa T, Silva FJG, Pinto Ferreira L. Improve the extrusion process in tire production using Six Sigma methodology. *Procedia Manuf.* 2017;13:1104–11.
33. Pinto H, Silva FJG. Optimisation of Die Casting Process in Zamak Alloys. *Procedia Manuf.* 2017;11(June):517–25.
34. Bowden cables | Bowden cable supplies - Cable-Tec [Internet]. [accessed 2020 Mar 26]. Available from: <https://www.cable-tec.co.uk/applications/bowden-cables/>
35. Bowden Cable – Hindle Controls [Internet]. [accessed 2020 Mar 26]. Available from: <https://www.hindlecontrols.com/product/bowden-cable/>
36. Bowden Cable | Frank Bowden [Internet]. [accessed 2020 Mar 26]. Available from: <https://cybermotorcycle.com/components/bowden-cable.htm>
37. Martins N, Silva FJG, Campilho RDSG, Ferreira LP. A novel concept of Bowden cables flexible and full-automated manufacturing process improving quality and productivity. 2020;00(2019).
38. Figueiredo D, Silva FJG, Campilho RDSG, Silva A, Pimentel C, Matias JCO. A new concept of automated manufacturing process for wire rope terminals. 2020;00(2019).
39. Lumbar Cables for Automotive Seating | Grand Rapids Controls [Internet]. [accessed 2020 Apr 5]. Available from: <https://www.grcontrols.com/cables/>
40. Custom Push-Pull Controls | Push-Pull Cable Assemblies [Internet]. [accessed 2020 Mar 28]. Available from: <https://www.tylermadison.com/push-pull-controls/>
41. Group TD. Cables and Controls Rods.
42. Push Pull Cables | Control Cables | Glassmaster Controls [Internet]. [accessed 2020 Mar 27]. Available from: <https://www.gcontrols.com/push-pull-cables-light-duty.html>
43. Bowden cables - DT Spare Parts [Internet]. [accessed 2020 Mar 26]. Available from: <https://www.dt-spareparts.com/en/products/product-portraits/product-portraits-detail/portrait/bowden-cables/>
44. Industrial control cables [Internet]. [accessed 2020 Mar 27]. Available from: <https://www.venhill.co.uk/cables-amp-components/industrial-control-cables.html>
45. Pinto G, Silva FJG, Fecheira JS, Campilho RDSG, Viana F, Baptista A. Studying the ZnO formation in coated steel wire ropes for the automotive industry. 2020;00(2019).
46. Wire-Rope Cable Strand Manufacturer | Grand Rapids Controls [Internet]. [accessed 2020 Apr 5]. Available from: <https://www.grcontrols.com/strand-and-conduit/>
47. What is Wire Rope? Understanding the Specifications and Construction [Internet]. [accessed 2020 May 26]. Available from: <https://www.mazzellacompanies.com/Resources/Blog/what-is-wire-rope-specifications-classifications-construction>
48. Cable C. CHOOSING THE BEST CONTROL CABLE FOR YOUR APPLICATION Cable / Wire Rope Construction Individual Elements of Wire Rope Wire Rope.
49. Ungalvanized & Galvanized Multi Strand Wire Ropes, Rs 25 /meter | ID: 7944208833 [Internet]. [accessed 2020 May 24]. Available from: <https://www.indiamart.com/proddetail/multi-strand-wire-ropes-7944208833.html>
50. Strand Cable Fittings - Conduit End Fittings | Grand Rapids Controls [Internet].

- [accessed 2020 Apr 5]. Available from: <https://www.grcontrols.com/terminals-and-fittings/>
51. Pinto HA, Silva FJG, Martinho RP, Campilho RDSG, Pinto AG. Improvement and validation of Zamak die casting moulds. *Procedia Manuf.* 2019;38(2019):1547–57.
 52. What is a Bowden Cable? [Internet]. [accessed 2020 Mar 26]. Available from: <https://www.wisegeek.com/what-is-a-bowden-cable.htm>
 53. Ribeiro R, Silva FJG, Pinto AG, Campilho RDSG, Pinto HA. Designing a Novel System for the Introduction of Lubricant in Control Cables for the Automotive Industry. *Procedia Manuf.* 2019;38(2019):715–25.
 54. Adjusters & Splitters Manufacturer | Grand Rapids Controls [Internet]. [accessed 2020 Apr 5]. Available from: <https://www.grcontrols.com/engineered-components-for-cables/>
 55. Automação Industrial [Internet]. [accessed 2020 May 28]. Available from: http://www.antonioguilherme.web.br.com/Arquivos/automa_index.php
 56. Rojas AM, Barbieri G. A Low-Cost and Scaled Automation System for Education in Industrial Automation. *IEEE Int Conf Emerg Technol Fact Autom ETFA.* 2019;2019-Sept:439–44.
 57. Silva DS da, Nascimento JMA do. *Automação Industrial.* 2003.
 58. How Robotics Is Shaping India's Future - TechStory [Internet]. [accessed 2020 Jun 2]. Available from: <https://techstory.in/robotics-india-future-tech-story/>
 59. Magalhães AJA, Silva FJG, Campilho RDSG. A novel concept of bent wires sorting operation between workstations in the production of automotive parts. *J Brazilian Soc Mech Sci Eng.* 2019;41(1):1–10.
 60. Moreira BMDN, Gouveia RM, Silva FJG, Campilho RDSG. A Novel Concept of Production and Assembly Processes Integration. *Procedia Manuf.* 2017;11(June):1385–95.
 61. Santos PMM, Campilho RDSG, Silva FJG. Design of a novel equipment for automated clothing manufacturing. *Procedia Manuf.* 2018;17:766–73.
 62. Santos PR, Silva FJG, Campilho RDSG, Pinto GFL, Baptista A. A novel concept of a conduit transport system. *Procedia Manuf.* 2019;38(2019):848–57.
 63. Santos RFL, Silva FJG, Gouveia RM, Campilho RDSG, Pereira MT, Ferreira LP. The Improvement of an APEX Machine involved in the Tire Manufacturing Process. *Procedia Manuf.* 2018;17:571–8.
 64. Veiga NFM, Campilho RDSG, Silva FJG da, Santos PMM, Lopes PV. Design of automated equipment for the assembly of automotive parts. *Procedia Manuf.* 2019;38(2019):1316–23.
 65. Quais são os principais tipos de automação industrial? [Internet]. [accessed 2020 May 28]. Available from: <https://blog.kalatec.com.br/quais-sao-os-principais-tipos-de-automacao-industrial/>
 66. Conheça os tipos de automação industrial [Internet]. [accessed 2020 May 28]. Available from: <https://avozdaindustria.com.br/inova-o/conhe-os-tipos-de-automa-o-industrial>
 67. Tipos de Automação Industrial - Automação Industrial [Internet]. [accessed 2020 May 28]. Available from: <https://automacaoindustrial.pt/tipos-automacao-industrial/>
 68. Tipos de automação industrial: qual o ideal para sua empresa? | Fersiltec [Internet]. [accessed 2020 May 28]. Available from: <https://fersiltec.com.br/blog/tipos-de-automacao-industrial-ideal-empresa/>

69. Automação da produção industrial: conheça 3 benefícios [Internet]. [accessed 2020 May 28]. Available from: <https://www.totvs.com/blog/gestao-industrial/automacao-da-producao/>
70. Kmill 8 - HURON GRAFFENSTADEN | cnc machine, cnc lathe, cnc turning center, cnc milling machine, cnc machining center, cnc vertical machining center, cnc, vmc, hmc. [Internet]. [accessed 2020 May 28]. Available from: <http://huron.fr/our-products/kmill8/>
71. Automação industrial - Indústria - InfoEscola [Internet]. [accessed 2020 May 28]. Available from: <https://www.infoescola.com/industria/automacao-industrial/>
72. Silva FJG, Swertvaegher G, Campilho RDSG, Ferreira LP, Sá JC. Robotized solution for inspection and delivery of complex automotive parts. 2020;00(2019).
73. Servitization: Empowering Sales For Growth | Showpad [Internet]. [accessed 2020 Jun 2]. Available from: <https://www.showpad.com/blog/servitization-how-to-empower-sales-to-drive-growth-loyalty-and-value/>
74. Do HM, Choi TY, Kyung JH. Automation of cell production system for cellular phones using dual-arm robots. *Int J Adv Manuf Technol*. 2016;83(5–8):1349–60.
75. Park C, Park K. Design and kinematics analysis of dual arm robot manipulator for precision assembly. *IEEE Int Conf Ind Informatics*. 2008;430–5.
76. Do HM, Park C, Kyung JH. Dual arm robot for packaging and assembling of IT products. *IEEE Int Conf Autom Sci Eng*. 2012;1067–70.
77. Park C, Park K, Park D II, Kyung JH. Dual arm robot manipulator and its easy teaching system. *Front Assem Manuf Sel Pap from ISAM 2009*. 2010;(November):5–19.
78. Stolt A, Linderoth M, Robertsson A, Johansson R. Force controlled robotic assembly without a force sensor. *Proc - IEEE Int Conf Robot Autom*. 2012;1538–43.
79. Sousa V, Silva FJG, Fecheira JS, Campilho RDSG, Vandermeulen V. A Novel Modular Design of an Equipment to Produce “ T ” -Profiles by Laser Welding. 2020;00.
80. Martins M, Godina R, Pimentel C, Silva FJG, Matias JCO. A Practical Study of the Application of SMED to Electron-beam Machining in Automotive Industry. *Procedia Manuf*. 2018;17:647–54.
81. Sousa E, Silva FJG, Ferreira LP, Pereira MT, Gouveia R, Silva RP. Applying SMED methodology in cork stoppers production. *Procedia Manuf*. 2018;17:611–22.
82. Monteiro C, Ferreira LP, Fernandes NO, Sá JC, Ribeiro MT, Silva FJG. Improving the machining process of the metalworking industry using the lean tool SMED. *Procedia Manuf*. 2019;41:555–62.
83. Vieira T, Sá JC, Lopes MP, Santos G, Félix MJ, Ferreira LP, et al. Optimization of the cold profiling process through SMED. *Procedia Manuf*. 2019;38(Faim 2019):892–9.
84. Ribeiro P, Sá JC, Ferreira LP, Silva FJG, Pereira MT, Santos G. The impact of the application of lean tools for improvement of process in a plastic company: A case study. *Procedia Manuf*. 2019;38(2019):765–75.
85. 10 Auto Industry Jobs that Will Die Due to Automation [Internet]. [accessed 2020 Jun 2]. Available from: <https://moneyinc.com/10-auto-industry-jobs-will-die-due-automation/>
86. Barbosa M, Silva FJG, Pimentel C, Gouveia RM. A Novel Concept of CNC Machining Center Automatic Feeder. *Procedia Manuf*. 2018;17:952–9.
87. Castro AF, Silva MF, Silva FJG. Designing a Robotic Welding Cell for Bus Body

- Frame Using a Sustainable Way. *Procedia Manuf.* 2017;11(June):207–14.
88. Cota BS, Bracarense AQ. Validação de um sistema robotizado recém desenvolvido para a soldagem pelo processo friction stir welding por meio da união e caracterização de juntas da liga de alumínio 5052 H34. *Soldag e Insp.* 2017;22(4):494–510.
89. Yang HZ, Yamafuji K, Tanaka K. Development of a robotic system which assists unmanned production based on cooperation between off-line robots and on-line robots. Part 2. Operational analysis of off-line robots in a cellular assembly shop. *Int J Adv Manuf Technol.* 2000;16(1):65–70.
90. Hu WL, Akash K, Reid T, Jain N. Computational Modeling of the Dynamics of Human Trust during Human-Machine Interactions. *IEEE Trans Human-Machine Syst.* 2019;49(6):485–97.
91. Kuts V, Sarkans M, Otto T, Tähemaa T. Collaborative work between human and industrial robot in manufacturing by advanced safety monitoring system. *Ann DAAAM Proc Int DAAAM Symp.* 2017;(December):996–1001.
92. Følstad A, Haugstveit IM, Engen V, Pickering B. Automation in Human-Machine Networks: How Increasing Machine Agency Affects Human Agency. 2018;659(November 2017).
93. Coiffet P. Man machine interaction and man machine interface - Critical issues for the human environment. *Prod Eng Eco-Design, Technol Green Energy.* 2005;31–54.
94. Oborski P. Man-machine interactions in advanced manufacturing systems. *Int J Adv Manuf Technol.* 2004;23(3–4):227–32.
95. O que é Automação Industrial [Internet]. [accessed 2020 May 29]. Available from: <https://www.citisystems.com.br/o-que-e-automacao-industrial/>
96. Sensores atuadores e controladores - Mais [Internet]. [accessed 2020 Jun 1]. Available from: <http://www.maisindustrial.com.br/sensores-atuadores-e-controladores>
97. Automação Industrial Sensores E Atuadores - Máxima Automação Industrial [Internet]. [accessed 2020 Jun 1]. Available from: https://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/automatizacao-e-robotica/maxima-automacao-industrial/produtos/automacao_industrial/automacao-industrial-sensores-e-atuadores
98. Guia completo de automação industrial - MTIBrasil [Internet]. [accessed 2020 Jun 1]. Available from: <https://www.mtibrasil.com.br/tudo-sobre-automacao-industrial.php>
99. Groover MP. *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing.* 4th ed. Pearson Higher Education, Inc; 2015. 811 p.
100. Stainless Steel Sick Inductive Sensor, Sensing Distance: 8 Mm, Model Number: IME18, Rs 900 /unit | ID: 20356505633 [Internet]. [accessed 2020 Jun 1]. Available from: <https://www.indiamart.com/proddetail/sick-inductive-sensor-20356505633.html>
101. O que são sensores mecânicos? - Ensinando Elétrica | Dicas e Ensinamentos [Internet]. [accessed 2020 Jun 1]. Available from: <https://ensinandoelettrica.blogspot.com/2018/09/sensores-mecanicos-sao.html>
102. O que é Encoder? Para que serve? Como escolher? Como interfacear? | HI Tecnologia [Internet]. [accessed 2020 Jun 1]. Available from: <https://www.hitecnologia.com.br/blog/o-que-e-encoder-para-que-serve-como-escolher-como-interfacear/>

103. Manómetro Glicerina D63 0-80 bar - Catálogo Peças Alfaias Pulverizadores Manómetros [Internet]. [accessed 2020 Jun 1]. Available from: <http://agricom.pt/pt/manometros-pulverizadores/354-manometro-glicerina-d63-0-80-bar-a02767.html>
104. Como Ligar o Sensor Distancia Ultrassom HC-SR04 ao Arduino - Arduino Portugal [Internet]. [accessed 2020 Jun 1]. Available from: <https://www.arduinoportugal.pt/como-ligar-o-sensor-distancia-ultrassom-hc-sr04-ao-arduino/>
105. Inácio MJ. Sensores e Atuadores. Faculdade de Ciência e Tecnologia (FACIT); 2009.
106. Atuadores Pneumáticos – FARK Tecnologia [Internet]. [accessed 2020 Jun 1]. Available from: <https://fark.eng.br/2018/09/03/atuadores-pneumaticos/>
107. HG Series – Heavy Load Ball Type Linear Guideway On Hiwin Corporation [Internet]. [accessed 2020 Jun 25]. Available from: <https://motioncontrolsystems.hiwin.com/category/hg-series-heavy-load-ball-type-linear-guideway>
108. Silva F da. Apontamentos de Automação I. 2018.
109. Electric Actuators Selector | SMC [Internet]. [accessed 2020 Jun 26]. Available from: https://www.smc.eu/en-eu/products/engineering-tools/electric_actuators_selector
110. Shock Absorber Selector | SMC [Internet]. [accessed 2020 Aug 12]. Available from: https://www.smc.eu/en-eu/products/engineering-tools/shock_absorber_selector
111. RB, Shock Absorber [Internet]. [accessed 2020 Aug 12]. Available from: <https://www.smc.eu/en-eu/products/rb-shock-absorber~17869~cfg>
112. Electric Actuator Model Selection Software - SMC Corporation [Internet]. [accessed 2020 Aug 17]. Available from: <https://mssc.smcworld.com/eamss/index.php?language=en>
113. LV.A Levelling elements | Eles+Ganter [Internet]. [accessed 2020 Aug 20]. Available from: <https://www.elesa-ganter.com/en/www/products/levelling-elements--1/Levelling-elements--Levelling-elements--LVA#sortby=0&facetvalue=>

ANEXOS

6 ANEXOS

6.1 Anexo 1

6.1.1 Listagem de componentes normalizados

Tabela 46: Listagem de componentes normalizados

Conjunto	Subconjunto	Referência	Fornecedor	Quantidade
01 - Estruturas	012	Conexão rápida 186105 QS-G1/2-16	Festo	6
01 - Estruturas	010	Pegas M.443/140-6-CH- C9	REIMAN	4
01 - Estruturas	010	Base LV.A-100-14-AS	REIMAN	4
01 - Estruturas	010	Perno roscado SM-14- M16x108	REIMAN	4
01 - Estruturas	011	Rolamento KH25-PP	ROLPEDRA	8
01 - Estruturas	010	Cilindro CD55B80-25M	SMC	4
01 – Estruturas/02 - Transfer	011/021	Amortecedor RBC2725S	SMC	7
01 – Estruturas/02 - Transfer	010/020	Rótula JA50-16-150	SMC	5
02 - Transfer	020	Patim HGH25CAZ0H	JUNCOR	8
02 - Transfer	020	Guia HGR25R1710H	JUNCOR	2
02 - Transfer	020	Cilindro CD55B80-125M	SMC	1
03 – Base fixa	031	Pressóstato IS30A-C6L-B- A2	SMC	2
04 – Estações passo peregrino	040	Fresas de escarear interior	Afipre	6
04 – Estações passo peregrino	040	Fresas de escarear exterior	Afipre	6
04 – Estações passo peregrino	040	Rótula 2061 FK-M6	Festo	6
04 – Estações passo peregrino	040	Conexão rápida 153055 QSL-1/2-16	Festo	6

Conjunto	Subconjunto	Referência	Fornecedor	Quantidade
04 – Estações passo peregrino	040	Cilindro 1908262 DSNU-16-35-P-A	Festo	6
04 – Estações passo peregrino	041	Sensor analógico 538294 SIEA-M30B-UI-S	Festo	2
04 – Estações passo peregrino	041	Cilindro 1908257 DSNU-12-30-P-A	Festo	2
04 – Estações passo peregrino	040	Motor elétrico 0,09KW 4P B14 BMT562-4 IP55 230/400V-50HZ - Motor Trif.	REIMAN	6
04 – Estações passo peregrino	040	Casquilho PAP EGB0812-E40-B-Y	ROLPEDRA	60
04 – Estações passo peregrino	040	Rolamento KH12-PP	ROLPEDRA	24
04 – Estações passo peregrino	041	Rolamento KH10-PP	ROLPEDRA	8
04 – Estações passo peregrino	041/042	Casquilho PAP EGB0810-E40-B-Y	ROLPEDRA	12
04 – Estações passo peregrino	041/042	Casquilho PAP EGB0610-E40-B-Y	ROLPEDRA	12
04 – Estações passo peregrino	040/042	Conexão rápida KQ2L06-M5A	SMC	2
04 – Estações passo peregrino	042	Cilindro CD85E16-25-B	SMC	1
04 – Estações passo peregrino	041/042	Rótula JA15-6-100	SMC	3
04 – Estações passo peregrino	040	Retentor Radial DIN 3760	Sove	6
05 - Calcadores	-	Rolamento KH14-PP	ROLPEDRA	8
05 – Calcadores/06 – Alinhamento de espirais	-	Cilindro CDQMA32-50	SMC	4
05 – Calcadores/06 – Alinhamento de espirais	-	Conexão rápida KQ2H06-M5A	SMC	5
06 – Alinhamento de espirais	-	Sensor indutivo 150387 SIEN-M8B-PS-S-L	Festo	3

Conjunto	Subconjunto	Referência	Fornecedor	Quantidade
06 – Alinhamento de espirais	-	Calha articulada 0.66m E2.10.16.018.0 + E2.100.16.12PZ.A2	IGUS	3
06 – Alinhamento de espirais	-	Eixo elétrico LEFSH40S4H-1200	SMC	3
06 – Alinhamento de espirais	-	Cilindro CDQSB20-10DCM	SMC	3
07 - Extração	070	Cilindro 19223 DSNU-25-100-P-A	Festo	1
07 - Extração	070	Elemento para hastes 6144 SG M10x1,25	Festo	1
07 - Extração	070	Rolamento 6204-C-2Z	ROLPEDRA	2
07 - Extração	070	Anel elástico DIN 471 20x1,2	ROLPEDRA	2

6.1.2 Listagem de componentes a fabricar

Tabela 47: Listagem de componentes a fabricar

Conjunto	Subconjunto	Referência	Quantidade	Material
01 - Estruturas	010	MEM-20-01002	2	C45E
01 - Estruturas	010	MEM-20-01003	8	C45E
01 - Estruturas	010	MEM-20-01004	4	C45E
01 - Estruturas	011	MEM-20-01102	4	C45E
01 - Estruturas	011	MEM-20-01103	4	C45E
01 - Estruturas	011	MEM-20-01104	4	C45E
01 - Estruturas	012	MEM-20-01201	2	C45E
01 - Estruturas	012	MEM-20-01202	2	C45E
01 - Estruturas	012	MEM-20-01203	2	Policarbonato
02 - Transfer	020	MEM-20-02001	8	W 1.2311
02 - Transfer	020	MEM-20-02002	8	W 1.2311
02 - Transfer	020	MEM-20-02003	8	W 1.2311
02 - Transfer	020	MEM-20-02004	8	W 1.2311
02 - Transfer	020	MEM-20-02005	8	W 1.2311
02 - Transfer	020	MEM-20-02006	32	W 1.2311
02 - Transfer	020	MEM-20-02007_A	2	C45E
02 - Transfer	020	MEM-20-02007_B	1	C45E
02 - Transfer	020	MEM-20-02008	6	C45E
02 - Transfer	020	MEM-20-02009_A	1	C45E

Conjunto	Subconjunto	Referência	Quantidade	Material
02 - Transfer	020	MEM-20-02009_B	3	C45E
02 - Transfer	021	MEM-20-02101	1	C45E
02 - Transfer	021	MEM-20-02102	2	C45E
02 - Transfer	021	MEM-20-02103	1	C45E
02 - Transfer	021	MEM-20-02104_A	2	C45E
02 - Transfer	021	MEM-20-02104_B	1	C45E
02 - Transfer	021	MEM-20-02105	2	C45E
02 - Transfer	021	MEM-20-02106	1	C45E
02 - Transfer	021	MEM-20-02107	2	C45E
02 - Transfer	021	MEM-20-02108	1	C45E
02 - Transfer	021	MEM-20-02109	2	C45E
02 - Transfer	021	MEM-20-02110	4	Varão INA
02 - Transfer	021	MEM-20-02111	2	C45E
03 – Base fixa	030	MEM-20-03001	1	C45E
03 – Base fixa	030	MEM-20-03002	2	C45E
03 – Base fixa	030	MEM-20-03003	2	C45E
03 – Base fixa	030	MEM-20-03004	2	C45E
03 – Base fixa	030	MEM-20-03005	1	C45E
03 – Base fixa	030	MEM-20-03006	1	C45E
03 – Base fixa	030	MEM-20-03007	1	C45E
03 – Base fixa	030	MEM-20-03008	2	C45E
03 – Base fixa	030	MEM-20-03009	2	C45E
03 – Base fixa	030	MEM-20-03010	2	C45E
03 – Base fixa	030	MEM-20-03011	1	C45E
03 – Base fixa	030	MEM-20-03012	1	C45E
03 – Base fixa	030	MEM-20-03013	3	C45E
03 – Base fixa	031	MEM-20-03101_E	1	C45E
03 – Base fixa	031	MEM-20-03102_D	1	C45E
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04001	4	Alumínio
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04002	6	Varão INA
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04003	6	C45E
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04004	4	C45E
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04005	2	C45E
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04006_A	4	C45E

Conjunto	Subconjunto	Referência	Quantidade	Material
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04006_B	2	C45E
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04007	12	Varão INA
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04008	6	C45E
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04009	6	C45E
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04010	12	Varão INA
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04011	6	C45E
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04012	6	Alumínio
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04013	6	C45E
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04014	6	C45E
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04015	6	C45E
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04016	6	Alumínio
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04017	6	C45E
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04018_A	2	C45E
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04018_B	4	C45E
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04019_A	1	K110
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04019_B	1	K110
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04020	2	C45E
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04021_A	1	C45E
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04021_B	1	C45E
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04022	2	C45E

Conjunto	Subconjunto	Referência	Quantidade	Material
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04023	4	Alumínio
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04024_A	1	Alumínio
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04024_B	1	Alumínio
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04025	6	C45E
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04026	12	C45E
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04027	6	C45E
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04028	6	C45E
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04029	6	C45E
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04030	6	C45E
04 – Estações passo peregrino	040	MEM-20-04031	6	C45E
04 – Estações passo peregrino	041	MEM-20-04101	2	C45E
04 – Estações passo peregrino	041	MEM-20-04102	2	C45E
04 – Estações passo peregrino	041	MEM-20-04103	2	K110
04 – Estações passo peregrino	041	MEM-20-04104	2	Alumínio
04 – Estações passo peregrino	041	MEM-20-04105	2	Alumínio
04 – Estações passo peregrino	041	MEM-20-04106	2	Alumínio
04 – Estações passo peregrino	041	MEM-20-04107	2	Alumínio
04 – Estações passo peregrino	041	MEM-20-04108	4	Varão INA
04 – Estações passo peregrino	041	MEM-20-04109	2	Varão INA
04 – Estações passo peregrino	041	MEM-20-04110	2	K110

Conjunto	Subconjunto	Referência	Quantidade	Material
04 – Estações passo peregrino	041	MEM-20-04111	4	Alumínio
04 – Estações passo peregrino	041	MEM-20-04112	4	Varão INA
04 – Estações passo peregrino	041	MEM-20-04113	2	C45E
04 – Estações passo peregrino	041	MEM-20-04114	2	C45E
04 – Estações passo peregrino	041	MEM-20-04115	2	C45E
04 – Estações passo peregrino	041	MEM-20-04116	4	Varão INA
04 – Estações passo peregrino	042	MEM-20-04201	1	Alumínio
04 – Estações passo peregrino	042	MEM-20-04202	1	Bronze
04 – Estações passo peregrino	042	MEM-20-04203	1	Alumínio
04 – Estações passo peregrino	042	MEM-20-04204	1	C45E
04 – Estações passo peregrino	042	MEM-20-04205	1	K110
04 – Estações passo peregrino	042	MEM-20-04206	1	Alumínio
04 – Estações passo peregrino	042	MEM-20-04207	2	Alumínio
04 – Estações passo peregrino	042	MEM-20-04208	2	Varão INA
04 – Estações passo peregrino	042	MEM-20-04209	1	C45E
04 – Estações passo peregrino	042	MEM-20-04210	1	C45E
04 – Estações passo peregrino	042	MEM-20-04211	1	C45E
04 – Estações passo peregrino	042	MEM-20-04212	1	Alumínio
04 – Estações passo peregrino	042	MEM-20-04213	2	Varão INA
05 - Calcadores	-	MEM-20-05001	2	C45E
05 - Calcadores	-	MEM-20-05002_A	1	C45E

Conjunto	Subconjunto	Referência	Quantidade	Material
05 - Calçadores	-	MEM-20-05002_B	1	C45E
05 - Calçadores	-	MEM-20-05003	4	Alumínio
05 - Calçadores	-	MEM-20-05004	4	Varão INA
05 - Calçadores	-	MEM-20-05005	13	Nylon 6/6
05 - Calçadores	-	MEM-20-05006	2	Alumínio
05 - Calçadores	-	MEM-20-05007	2	Alumínio
06 – Alinhamento de espirais	-	MEM-20-06001	2	Alumínio
06 – Alinhamento de espirais	-	MEM-20-06002	1	Alumínio
06 – Alinhamento de espirais	-	MEM-20-06003	6	Alumínio
06 – Alinhamento de espirais	-	MEM-20-06004	3	Alumínio
06 – Alinhamento de espirais	-	MEM-20-06005_A	2	C45E
06 – Alinhamento de espirais	-	MEM-20-06005_B	1	C45E
06 – Alinhamento de espirais	-	MEM-20-06006	3	C45E
06 – Alinhamento de espirais	-	MEM-20-06007	3	C45E
06 – Alinhamento de espirais	-	MEM-20-06008	3	K110
06 – Alinhamento de espirais	-	MEM-20-06009	3	K110
06 – Alinhamento de espirais	-	MEM-20-06010	3	C45E
06 – Alinhamento de espirais	-	MEM-20-06011	3	C45E
06 – Alinhamento de espirais	-	MEM-20-06012	1	Alumínio
06 – Alinhamento de espirais	-	MEM-20-06013	-	Nylon 6/6
06 – Alinhamento de espirais	-	MEM-20-06014	-	Nylon 6/6
06 – Alinhamento de espirais	-	MEM-20-06015	-	Nylon 6/6
06 – Alinhamento de espirais	-	MEM-20-06016	3	C45E

Conjunto	Subconjunto	Referência	Quantidade	Material
06 – Alinhamento de espirais	-	MEM-20-06017	3	C45E
06 – Alinhamento de espirais	-	MEM-20-06018	3	Alumínio
06 – Alinhamento de espirais	-	MEM-20-06019	3	C45E
07 - Extração	070	MEM-20-07001	2	C45E
07 - Extração	070	MEM-20-07002	1	C45E
07 - Extração	070	MEM-20-07003	1	Aço inoxidável
07 - Extração	070	MEM-20-07004	1	C45E
07 - Extração	070	MEM-20-07005	1	C45E
07 - Extração	070	MEM-20-07006	1	C45E
07 - Extração	070	MEM-20-07007	1	C45E
07 – Extração	070	MEM-20-07008	2	C45E

6.2 Anexo 2

6.2.1 Guias e patins

HIWIN®

Motion Control & Systems

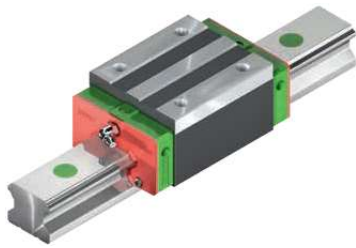


Linear Guideways

Linear guideways

Product overview

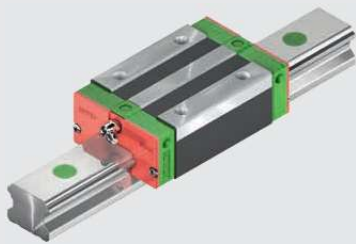
1. Product overview



Linear guideway, series HG and QH

[Page 29](#)

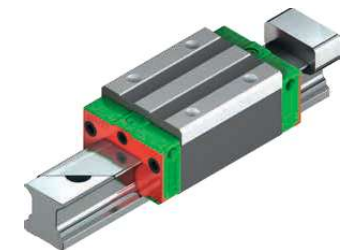
- 4-row recirculation ball bearing guide
- 45° contact angle
- High loading capacity in all mounting positions
- High rigidity
- Block with SynchMotion™ technology (QH series)



Linear guideway, series EG and QE

[Page 47](#)

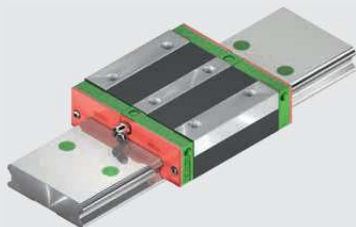
- 4-row recirculation ball bearing guide
- 45° contact angle
- High loading capacity in all mounting positions
- Low installation height
- Block with SynchMotion™ technology (QE series)



Linear guideway, series CG

[Page 62](#)

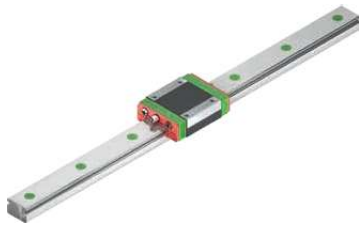
- 4-row recirculation ball bearing guide
- O-arrangement with 45° contact angle
- High torque loading capacity, especially rolling moment capacity
- Optional: rail with cover strip



Linear guideway, series WE and QW

[Page 78](#)

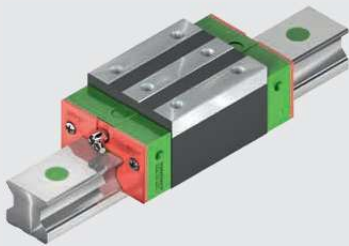
- 4-row recirculating ball bearing guide
- 45° contact angle
- High torque loading capacity
- Low installation height
- Block with SynchMotion™ technology (QW series)



Linear guideway, series MG

[Page 90](#)

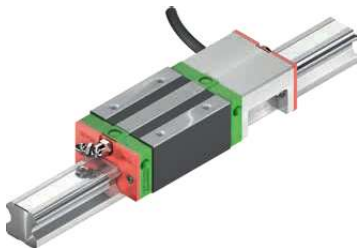
- 2-row recirculating ball bearing guide
- 45° contact angle
- Compact construction
- Narrow and wide designs



Linear guideway, series RG and QR

[Page 103](#)

- 4-row recirculation ball bearing guide
- 45° contact angle
- Roller guide
- Very high loading capacity
- Very high rigidity
- Block with SynchMotion™ technology (QR series)



Linear guideway, series PG

[Page 120](#)

- HG, QH, CG series with integrated distance measuring system
- Zero contact distance measurement
- Simple attachment and assembly
- Signal output in real time

Accessories

[Page 128](#)

- Grease nipple
- Lubrication adapter
- Push-in fittings

Linear guideways

General information

2.3 Load ratings

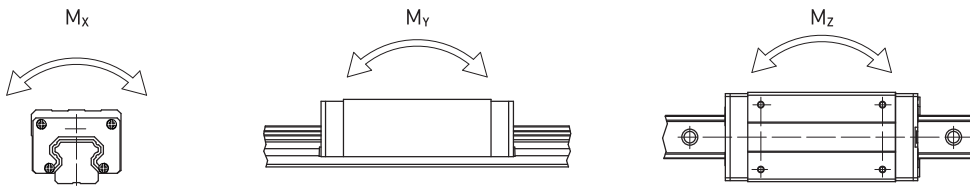
2.3.1 Static load rating C_0

If a linear guideway is subject to disproportionately high loads or impact during movement or when stationary, local permanent deformation occurs between the block and balls. Once this permanent deformation exceeds a particular level, it impacts on how easily the guide moves. By definition, the static load rating corresponds to a static load which causes a permanent deformation of $0.0001 \times$ ball diameter at the point of

contact subject to the most loading. The values are stated in the tables for each linear guideway. These tables can be used to select a suitable linear guideway. The maximum static load to which a linear guideway is subjected must not exceed the static load rating.

2.3.2 Permissible static moment M_0

The permissible static moment is the moment that corresponds to the greatest possible loading of moving parts by the static load rating in a defined direction and magnitude. The permissible static moment is defined in three directions (MX, MY and MZ) for linear movement systems.



2.3.3 Static structural safety

Static structural safety, which depends on the ambient and operating conditions, must be taken into account for rail systems at rest or moving slowly. A higher level of structural safety is especially important for guides subject to impact loads, see [Table 2.1](#). The static structural safety can be calculated using [F 2.1](#).

F 2.1

$$f_{SL} = \frac{C_0}{P} ; f_{SM} = \frac{M_0}{M}$$

- f_{SL} Static structural safety
- f_{SM} Static safety factor for torque loading
- C_0 Static load rating [N]
- M_0 Permissible static moment [Nm]
- P Equivalent static working load [N]
- M Equivalent static moment [Nm]

Please note: The load-bearing capacity of the linear guideway is often limited not by its load-bearing strength, but the screw connection. We therefore recommend checking the maximum permitted load-bearing capacity of the screw connection in accordance with VDI 2230.

Loading	f_{SL} ; f_{SM} [min.]
Normal loading	1.25 – 3.00
With impact and vibration	3.00 – 5.00

2.3.4 Dynamic load rating C_{dyn}

The dynamic load rating is the defined loading (in direction and magnitude) at which a linear guideway achieves a nominal lifetime of $50 \text{ km}^{1)}$ travel distance (HG, QH, EG, QE, CG, WE, QW, MG) or $100 \text{ km}^{1)}$ (RG, QR). The dynamic load rating is stated for each guide in the dimension charts. This can be used to calculate the lifetime of one particular guide.

¹⁾ The dynamic load rating of linear guideways is stated for a lifetime of 50 or 100 km travel distance depending on the manufacturer. The following factors can be used to convert the dynamic load rating.

$$C_{dyn} 50 \text{ km} = 1.26 \times C_{dyn} 100 \text{ km (series HG, QH, EG, QE, CG, WE, QW, MG)}$$

$$C_{dyn} 50 \text{ km} = 1.23 \times C_{dyn} 100 \text{ km (series RG, QR)}$$

2.4 Lifetime calculation

2.4.1 Definition of lifetime

Continual and repeat loading of the tracks and balls on a linear guideway causes signs of fatigue on the track surface. Ultimately this results in what is known as pitting. The lifetime of a linear guideway is defined as the total travel distance covered until pitting starts to form on the surface of the track or balls.

2.4.2 Nominal lifetime (L)

The lifetime may vary significantly even if the linear guideways are produced in the same way and used under the same movement conditions. The nominal lifetime should therefore be viewed as a rough estimate of the lifetime of a linear guideway. The nominal lifetime corresponds to the total travel distance which 90 % of a group of identical linear guideways reach under the same conditions without failure.

2.4.2.1 Nominal lifetime calculation

The actual loading affects the nominal lifetime of a linear guideway. The nominal lifetime can be calculated with Formulas [F 2.2](#) and [F 2.3](#) using the selected dynamic load rating and equivalent dynamic loading.

Formulas for calculating nominal lifetime (L)

Series HG, QH, EG, QE, CG, WE, QW, MG:

F 2.2

$$L = \left(\frac{C_{dyn}}{P} \right)^3 \times 50 \text{ km}$$

L Nominal lifetime [km]
C_{dyn} Dynamic load rating [N]
P Equivalent dynamic loading [N]

Series RG, QR:

F 2.3

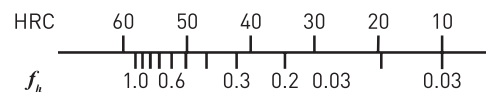
$$L = \left(\frac{C_{dyn}}{P} \right)^{10/3} \times 100 \text{ km}$$

2.4.2.2 Factors affecting nominal lifetime

The type of loading, hardness of the track and temperature of the guide have a considerable impact on the nominal lifetime. Formulas [F 2.4](#) and [F 2.5](#) show the relationship between these factors.

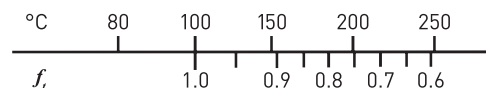
Hardness factor (f_h)

The tracks of the linear guideways have a hardness of 58 HRC. A hardness factor of 1.0 applies. If the hardness differs from this, the hardness factor shown on the right should be used. If the stated hardness is not reached, the permissible loading is reduced. If this happens, the dynamic and static load ratings must be multiplied by the hardness factor.



Temperature factor (f_t)

Standard rails can be used in an ambient temperature range of -10 to 80 °C. At ambient temperatures up to 150 °C, linear guideways with a metallic end cap must be used (identified in the type code by the addition "/SE"). Intermittent ambient temperatures of up to 180 °C are possible. However, we do recommend contacting our technical support team to be sure. If the temperature of a linear guideway exceeds 100 °C, the permissible load and lifetime are reduced. The dynamic and static load ratings must therefore be multiplied by the temperature factor.



Linear guideways

General information

Load factor (f_w)

The equivalent dynamic load is multiplied by the load factor according to Table 2.2. This takes into account the external effects on the rail's service life that are not entered directly in the calculations (e.g. vibrations, impacts, and high speed). For short-stroke applications (stroke < 2 × block length), the load factor determined must be doubled.

Type of loading	Speed of travel	f_w
No impact and vibration	up to 15 m/min	1.0 – 1.2
Normal load	15 m/min to 60 m/min	1.2 – 1.5
Little impact	60 m/min to 120 m/min	1.5 – 2.0
With impact and vibration	greater than 120 m/min	2.0 – 3.5

Formula for calculating nominal lifetime (taking factors into account)

Series HG, QH, EG, QE, CG, WE, QW, MG:

$$F 2.4 \quad L = \left(\frac{f_h \times f_t \times C_{dyn}}{f_w \times P} \right)^3 \times 50 \text{ km}$$

L Nominal lifetime [km]
 f_h Hardness factor
 C_{dyn} Dynamic load rating [N]
 f_t Temperature factor
 P Equivalent dynamic loading [N]
 f_w Load factor

Series RG, QR:

$$F 2.5 \quad L = \left(\frac{f_h \times f_t \times C_{dyn}}{f_w \times P} \right)^{10/3} \times 100 \text{ km}$$

2.4.3 Lifetime calculation (L_h)

The speed of travel and frequency of movement are used to calculate the lifetime in hours from the nominal lifetime.

Formula for calculating lifetime (L_h)

Series HG, QH, EG, QE, CG, WE, QW, MG:

$$F 2.6 \quad L_h = \frac{L}{v \times 60} = \frac{\left(\frac{C_{dyn}}{P} \right)^3 \times 50,000}{v \times 60}$$

L_h Lifetime [h]
 L Nominal lifetime [m]
 v Speed [m/min]
 C_{dyn}/P Ratio between load rating and load

Series RG, QR:

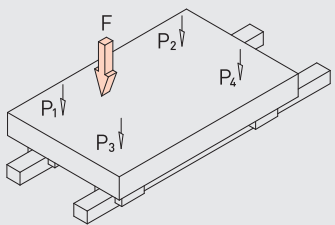
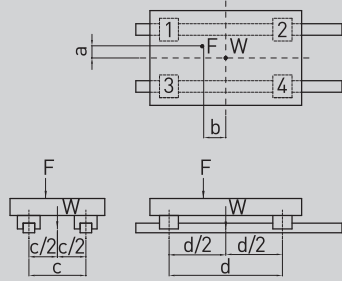
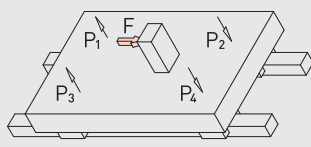
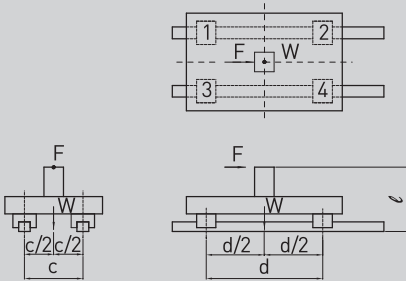
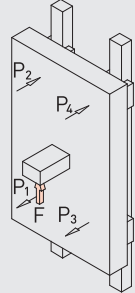
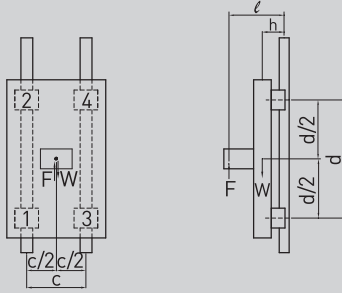
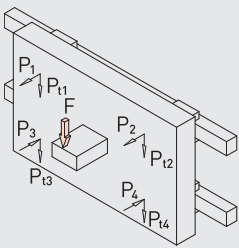
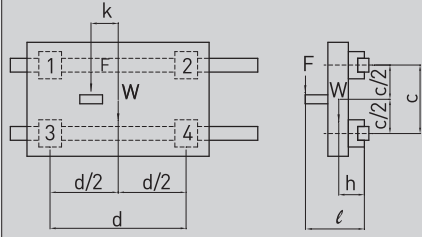
$$F 2.7 \quad L_h = \frac{L}{v \times 60} = \frac{\left(\frac{C_{dyn}}{P} \right)^{10/3} \times 100,000}{v \times 60}$$

2.5 Operating load

2.5.1 Operating load

When calculating the loads acting on a linear guideway, various factors must be taken into account, e.g. the focal point of the load, the motion force's point of entry and the mass inertia at the start and end of movement. To obtain a correct value, each parameter must be taken into account.

Load on a block

Table 2.3 Load on a block (examples of calculating load on a block)		
Typical examples	Distribution of load	Load on a block
		$P_1 = \frac{W}{4} + \frac{F}{4} + \frac{F \times a}{2c} + \frac{F \times b}{2d}$ $P_2 = \frac{W}{4} + \frac{F}{4} + \frac{F \times a}{2c} - \frac{F \times b}{2d}$ $P_3 = \frac{W}{4} + \frac{F}{4} - \frac{F \times a}{2c} + \frac{F \times b}{2d}$ $P_4 = \frac{W}{4} + \frac{F}{4} - \frac{F \times a}{2c} - \frac{F \times b}{2d}$
		$P_1 = P_3 = \frac{F \times l}{2d}$ $P_2 = P_4 = \frac{W}{4} + \frac{F \times l}{2d}$
		$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = -\frac{W \times h}{2d} + \frac{F \times l}{2d}$
		$P_1 = P_2 = -\frac{W \times h}{2c} - \frac{F \times l}{2c}$ $P_3 = P_4 = \frac{W \times h}{2c} + \frac{F \times l}{2c}$ $P_{t1} = P_{t3} = \frac{W}{4} + \frac{F}{4} + \frac{F \times k}{2d}$ $P_{t2} = P_{t4} = \frac{W}{4} + \frac{F}{4} - \frac{F \times k}{2d}$

$P_1 \dots P_4$ Load on the individual block
 W Weight of load
 F Motion force; other force arising
 l Distance from external force to carriage

c Rail spacing
 d Block spacing
 a, b, k Distance from external force to geometric center
 h Distance from center of gravity to driver

Linear guideways

General information

Load and mass inertia

Table 2.4 Load and mass inertia (examples of calculating load and mass inertia)	
<p>Consideration of acceleration and deceleration</p>	<p>Load on one block</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Constant velocity $P_1 \dots P_4 = \frac{W}{4}$ ○ Acceleration $P_1 = P_3 = \frac{W}{4} + \frac{1}{2} \times \frac{W}{g} \times \frac{v_c}{t_1} \times \frac{l}{d}$ $P_2 = P_4 = \frac{W}{4} - \frac{1}{2} \times \frac{W}{g} \times \frac{v_c}{t_1} \times \frac{l}{d}$ ○ Deceleration $P_1 = P_3 = \frac{W}{4} - \frac{1}{2} \times \frac{W}{g} \times \frac{v_c}{t_3} \times \frac{l}{d}$ $P_2 = P_4 = \frac{W}{4} + \frac{1}{2} \times \frac{W}{g} \times \frac{v_c}{t_3} \times \frac{l}{d}$

$P_1 \dots P_4$ Load on the individual block

W Weight of load

F Motion force

F_A Reaction force

g Gravitational acceleration [m/s^2]

v_c Velocity [m/s]

t_1 Acceleration time [s]

t_2 Constant speed time [s]

t_3 Deceleration time [s]

c Rail spacing [m]

d Block spacing [m]

l Distance from center of gravity to carriage [m]

2.5.2 Calculation of equivalent load during changing loads

If loading of a linear guideway fluctuates greatly, an equivalent load must be used in the lifetime calculation. The equivalent load is defined as the load which causes the same wear on the bearings as the changing loads. It can be calculated using [Table 2.5](#).

Table 2.5 Examples of calculating equivalent load (P_m)		
<p>Gradual change</p>	<p>Steady change</p>	<p>Sinusoidal change</p>
$P_m = \sqrt[3]{\frac{1}{L} (P_1^3 \times L_1 + P_2^3 \times L_2 + \dots + P_n^3 \times L_n)}$	$P_m = \frac{1}{3} (P_{\min} + 2 \times P_{\max})$	$P_m = 0.65 \times P_{\max}$

P_m Equivalent load

P_n Changing load

P_{\min} Minimum load

P_{\max} Maximum load

L Total travel distance

L_n Travel distance under load P_n

3. Linear guideways

3.1 HG and QH series

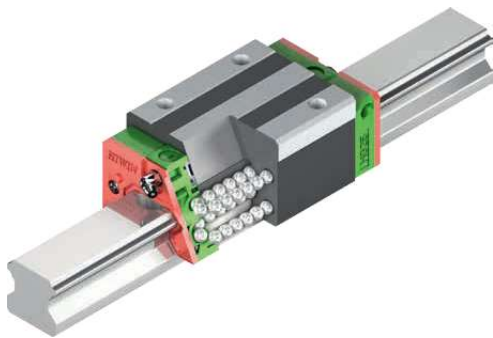
3.1.1 Properties of the linear guideways, series HG and QH

The HIWIN linear guideways of the HG series with four ball tracks are designed for high loads and rigidities. Due to the 45° arrangement of the ball tracks the HG series can equally take loads from all directions. Low displacement forces and a high efficiency are further features of the HG series. The ball retainers prevent the balls from falling out when the block is pulled off the rail during assembly.

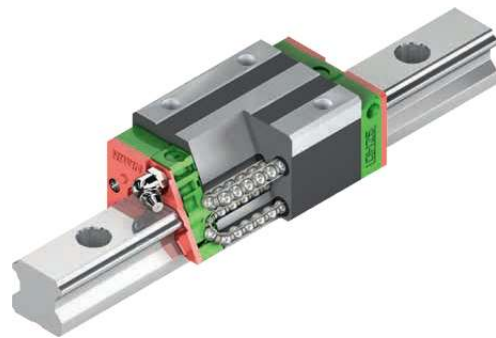
The models of the QH series with SynchMotion™ technology offer all the advantages of the standard series HG. Controlled movement of the balls at a defined distance also results in improved synchronous performance, higher reliable travel speeds, extended lubrication intervals and less running noise. Since the installation dimensions of the QH blocks are identical to those of the HG blocks, they are also fitted on the HGR standard rail and can therefore be interchanged with ease. For more information, refer to [Page 24](#).

3.1.2 Design of the HG/QH series

- 4-row recirculation ball bearing guide
- 45° contact angle of ball tracks
- Ball retainers prevent the balls from falling out when the block is removed
- Various sealing variants depending on the field of application
- 6 options for connecting grease nipple or lubrication adapter
- SynchMotion™ technology (QH series)



Design of the HG series



Design of the QH series

Advantages:

- Zero play
- Interchangeable
- High accuracy
- High loading capacity in all loading directions
- Low friction losses even with preload thanks to optimized ball tracks and 2-point contact

Additional advantages of QH series:

- Improved synchronous performance
- Optimized for higher travel speeds
- Extended lubrication intervals
- Less running noise
- Higher dynamic load capacities

3.1.3 Order codes for the HG/QH series

For HG/QH linear guideways, a distinction is made between fully assembled and unmounted models. The dimensions of both models are the same. The main difference is that the block and rail in the unmounted models can be freely interchanged. Block and rail can be ordered separately and fitted by the customer. Their accuracy extends to class P.

3.1.9 Dimensions of the HG/QH blocks

3.1.9.1 HGH/QHH

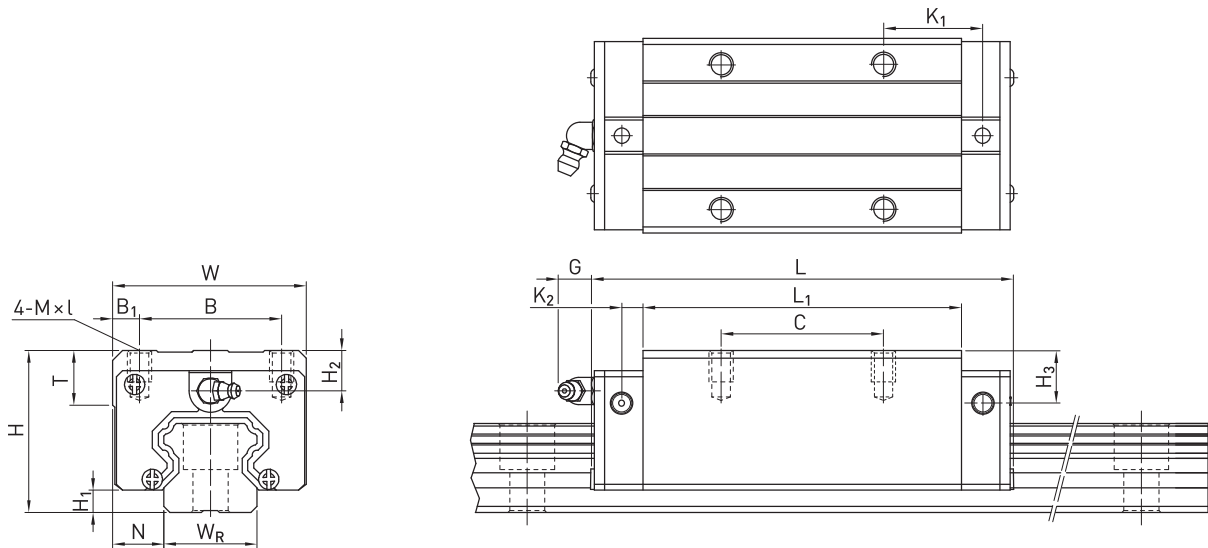


Table 3.6 Dimensions of the block

Series/ size	Installation dimensions [mm]			Dimensions of the block [mm]													Load ratings [N]		Weight [kg]
	H	H ₁	N	W	B	B ₁	C	L ₁	L	K ₁	K ₂	G	M × l	T	H ₂	H ₃	C _{dyn}	C ₀	
HGH15CA	28	4.3	9.5	34	26	4.0	26	39.4	61.4	10.00	4.85	5.3	M4 × 5	6.0	7.95	7.7	11,380	16,970	0.18
QHH15CA	28	4.0	9.5	34	26	4.0	26	39.4	61.4	10.00	5.00	5.3	M4 × 5	6.0	7.95	8.2	13,880	14,360	0.18
HGH20CA	30	4.6	12.0	44	32	6.0	36	50.5	77.5	12.25	6.00	12.0	M5 × 6	8.0	6.00	6.0	17,750	27,760	0.30
HGH20HA							50	65.2	92.2	12.60							21,180	35,900	0.39
QHH20CA	30	4.6	12.0	44	32	6.0	36	50.5	76.7	11.75	6.00	12.0	M5 × 6	8.0	6.00	6.0	23,080	25,630	0.29
QHH20HA							50	65.2	91.4	12.10							27,530	31,670	0.38
HGH25CA	40	5.5	12.5	48	35	6.5	35	58.0	84.0	15.70	6.00	12.0	M6 × 8	8.0	10.00	9.0	26,480	36,490	0.51
HGH25HA							50	78.6	104.6	18.50							32,750	49,440	0.69
QHH25CA	40	5.5	12.5	48	35	6.5	35	58.0	83.4	15.70	6.00	12.0	M6 × 8	8.0	10.00	9.0	31,780	33,680	0.50
QHH25HA							50	78.6	104.0	18.50							39,300	43,620	0.68
HGH30CA	45	6.0	16.0	60	40	10.0	40	70.0	97.4	20.25	6.00	12.0	M8 × 10	8.5	9.50	13.8	38,740	52,190	0.88
HGH30HA							60	93.0	120.4	21.75							47,270	69,160	1.16
QHH30CA	45	6.0	16.0	60	40	10.0	40	70.0	97.4	19.50	6.25	12.0	M8 × 10	8.5	9.50	9.0	46,490	48,170	0.87
QHH30HA							60	93.0	120.4	21.75							56,720	65,090	1.15
HGH35CA	55	7.5	18.0	70	50	10.0	50	80.0	112.4	20.60	7.00	12.0	M8 × 12	10.2	16.00	19.6	49,520	69,160	1.45
HGH35HA							72	105.8	138.2	22.50							60,210	91,630	1.92
QHH35CA	55	7.5	18.0	70	50	10.0	50	80.0	113.6	19.00	7.50	12.0	M8 × 12	10.2	15.50	13.5	60,520	63,840	1.44
QHH35HA							72	105.8	139.4	20.90							73,590	86,240	1.90
HGH45CA	70	9.5	20.5	86	60	13.0	60	97.0	139.4	23.00	10.00	12.9	M10 × 17	16.0	18.50	30.5	77,570	102,710	2.73
HGH45HA							80	128.8	171.2	28.90							94,540	136,460	3.61
QHH45CA	70	9.2	20.5	86	60	13.0	60	97.0	139.4	23.00	10.00	12.9	M10 × 17	16.0	18.50	20.0	89,210	94,810	2.72
QHH45HA							80	128.8	171.2	29.09							108,720	128,430	3.59
HGH55CA	80	13.0	23.5	100	75	12.5	75	117.7	166.7	27.35	11.00	12.9	M12 × 18	17.5	22.00	29.0	114,440	148,330	4.17
HGH55HA							95	155.8	204.8	36.40							139,350	196,200	5.49
HGH65CA	90	15.0	31.5	126	76	25.0	70	144.2	200.2	43.10	14.00	12.9	M16 × 20	25.0	15.00	15.0	163,630	215,330	7.00
HGH65HA							120	203.6	259.6	47.80							208,360	303,130	9.82

¹⁾ 98.8 for version SE; ²⁾ 121.8 for version SE

For dimensions of the rail see Page 38, for standard and optional lubrication adapters see Page 128.

Linear guideways

HG and QH series

3.1.10 Dimensions of the HG rail

The HG rails are used for both the HG and QH blocks.

3.1.10.1 Dimensions of HGR_R

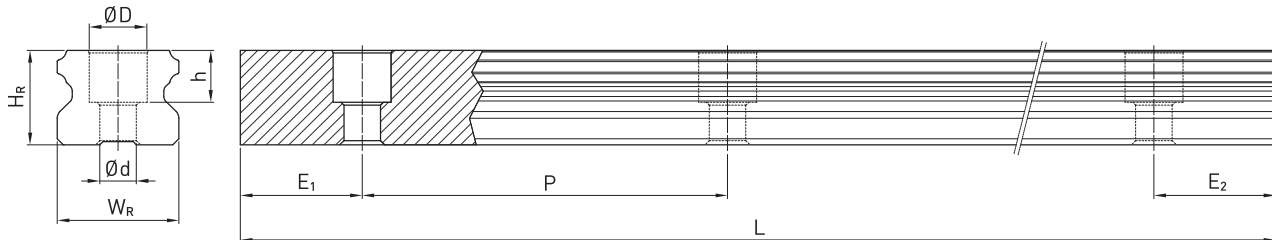


Table 3.9 Dimensions of rail HGR_R

Series/ size	Assembly screw for rail [mm]	Dimensions of rail [mm]						Max. length [mm]	Max. length $E_1 = E_2$ [mm]	Min. length [mm]	$E_{1/2}$ min [mm]	$E_{1/2}$ max [mm]	Weight [kg/m]
		W_R	H_R	D	h	d	P						
HGR15R	M4 × 20	15	15.0	7.5	5.3	4.5	60	4,000	3,900	132	6	54	1.45
HGR20R	M5 × 20	20	17.5	9.5	8.5	6.0	60	4,000/5,600 ¹⁾	3,900/5,520 ¹⁾	134	7	53	2.21
HGR25R	M6 × 25	23	22.0	11.0	9.0	7.0	60	4,000/5,600 ¹⁾	3,900/5,520 ¹⁾	136	8	52	3.21
HGR30R	M8 × 30	28	26.0	14.0	12.0	9.0	80	4,000/5,600 ¹⁾	3,920/5,520 ¹⁾	178	9	71	4.47
HGR35R	M8 × 35	34	29.0	14.0	12.0	9.0	80	4,000/5,600 ¹⁾	3,920/5,520 ¹⁾	178	9	71	6.30
HGR45R	M12 × 45	45	38.0	20.0	17.0	14.0	105	4,000/5,600 ¹⁾	3,885/5,460 ¹⁾	234	12	93	10.41
HGR55R	M14 × 55	53	44.0	23.0	20.0	16.0	120	4,000/5,600 ¹⁾	3,840/5,440 ¹⁾	268	14	106	15.08
HGR65R	M16 × 65	63	53.0	26.0	22.0	18.0	150	4,000/5,600 ¹⁾	3,750/5,350 ¹⁾	330	15	135	21.18

¹⁾ Optional version on request

3.1.10.2 Dimensions of HGR_T

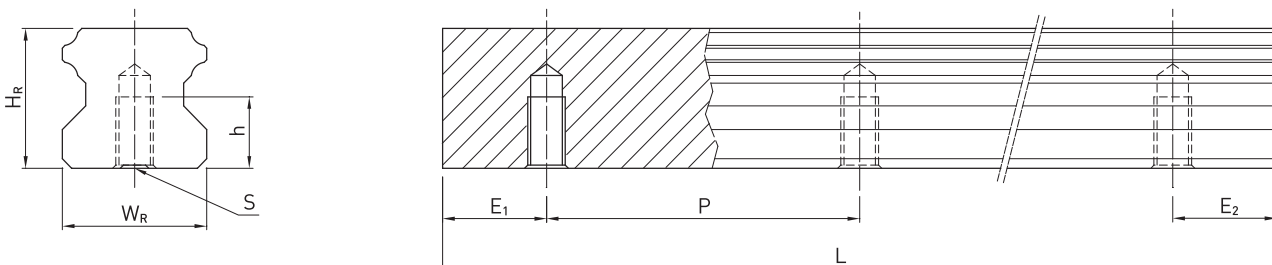


Table 3.10 Dimensions of rail HGR_T

Series/ size	Dimensions of rail [mm]					Max. length [mm]	Max. length $E_1 = E_2$ [mm]	Min. length [mm]	$E_{1/2}$ min [mm]	$E_{1/2}$ max [mm]	Weight [kg/m]
	W_R	H_R	S	h	P						
HGR15T	15	15.0	M5	8	60	4,000	3,900	132	6	54	1.48
HGR20T	20	17.5	M6	10	60	4,000	3,900	134	7	53	2.29
HGR25T	23	22.0	M6	12	60	4,000	3,900	136	8	52	3.35
HGR30T	28	26.0	M8	15	80	4,000	3,920	178	9	71	4.67
HGR35T	34	29.0	M8	17	80	4,000	3,920	178	9	71	6.51
HGR45T	45	38.0	M12	24	105	4,000	3,885	234	12	93	10.87
HGR55T	53	44.0	M14	24	120	4,000	3,840	268	14	106	15.67
HGR65T	63	53.0	M20 ¹⁾	30	150	4,000	3,750	330	15	135	21.73

¹⁾ Deviating from DIN 645

Note:

1. The tolerance for E is +0.5 to -1 mm for standard rails and 0 to -0.3 mm for joints.
2. If the $E_{1/2}$ dimensions are not indicated, the maximum possible number of mounting holes will be determined under consideration of $E_{1/2}$ min.
3. The rails are shortened to the required length. If the $E_{1/2}$ dimensions are not indicated, these will be carried out symmetrically.

6.2.2 Elementos pneumáticos

Compact Cylinder

ISO Standards [ISO/21287]

New

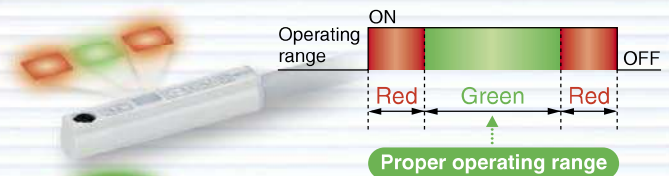
It is possible to mount small auto switches on 4 surfaces.

Auto switches can be mounted on any of the 4 surfaces, depending on the installation conditions. Improved flexibility of system design.



2-colour indication solid state auto switch

Appropriate setting of the mounting position can be performed without mistakes.



The **green** light lights up at a proper operating range.

Even if 2-colour indication solid state auto switches are fixed at a proper operating range (the green light lights up), the operation may become unstable depending on the installation environment or magnetic field disturbance.

(Magnetic body, external magnetic field, proximal installation of cylinders with built-in magnet and actuators, temperature change, other factors for magnetic force fluctuation during operation, etc.)

NEW Bore sizes
ø80, ø100 added.



Series **C55**



CAT.EUS20-184B-UK



⚠ Caution

Be sure to read before handling.

- ① Refer to back cover for Safety Instructions and "Handling Precautions for SMC Product" (M-E03-3) for Actuators and Auto Switches Precautions.
- ② This product should not be used as a stopper.
- ③ Use the PF thread fittings for this cylinder.

Theoretical Output



Unit: N

Bore size (mm)	Operating direction	Operating pressure (MPa)		
		0.3	0.5	0.7
20	IN	71	118	165
	OUT	94	157	220
25	IN	113	189	264
	OUT	147	245	344
32	IN	181	302	422
	OUT	241	402	563
40	IN	317	528	739
	OUT	377	628	880
50	IN	495	825	1150
	OUT	589	982	1370
63	IN	841	1400	1960
	OUT	935	1560	2180
80	IN	1360	2270	3180
	OUT	1510	2520	3520
100	IN	2150	3580	5010
	OUT	2360	3930	5500

Mounting Bracket Part No.

Bore size (mm)	Foot	Flange	Single clevis
20	C55-L020	C55-F020	C55-C020
25	C55-L025	C55-F025	C55-C025
32	C55-L032	C55-F032	C55-C032
40	C55-L040	C55-F040	C55-C040
50	C55-L050	C55-F050	C55-C050
63	C55-L063	C55-F063	C55-C063
80	C55-L080	C55-F080	C55-C080
100	C55-L100	C55-F100	C55-C100

- Order two foot brackets per cylinder.
- Parts belonging to each bracket are as follows. Foot, Flange, Single clevis/Body mounting bolt

Specifications

Type	Pneumatic (Non-lube)	
Action	Double acting, Single rod	
Fluid	Air	
Proof pressure	1.5 MPa	
Maximum operating pressure	1.0 MPa	
Minimum operating pressure	0.05 MPa (ø20 to ø63), 0.03 MPa (ø80, ø100)	
Ambient and fluid temperature	Without auto switch: -10 to 70°C (No freezing) With auto switch: -10 to 60°C (No freezing)	
Cushion	Rubber bumper on both end	
Stroke length tolerance ^{Note)}	+1.0 0 mm	
Mounting	Through-hole/Both ends tapped common	
Piston speed	ø20 to ø63	50 to 500 mm/s
	ø80, ø100	50 to 300 mm/s

Note) Stroke length tolerance dose not include the amount of bumper change.

Standard Stroke

Bore size (mm)	Standard stroke (mm)
20 to 63	5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 80, 100, 125, 150
80, 100	10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 80, 100, 125

Manufacture of Intermediate Stroke

Description	Dealing with the stroke by the 1 mm interval by using an exclusive body with the specified stroke
Part no.	Refer to "How to Order" for the standard model no. (page at left)
Stroke range	6 to 149
Example	Part no.: C55B32-47
	Makes 47 stroke tube

Weight

Without Auto Switch

Unit: g

Bore size (mm)	Cylinder stroke (mm)														
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	80	100	125	150
20	111	124	137	150	163	176	189	202	215	228	254	306	357	422	487
25	152	168	183	199	214	230	246	261	277	292	323	386	448	526	603
32	250	273	295	317	339	362	384	406	428	451	495	584	673	785	896
40	315	339	364	388	412	436	461	485	509	533	582	679	776	897	1018
50	497	534	570	607	644	681	718	755	791	828	902	1049	1197	1381	1565
63	677	717	757	797	837	877	917	957	997	1037	1117	1277	1437	1638	1838
80	—	1164	1223	1281	1339	1398	1456	1514	1573	1631	1748	1981	2214	2506	—
100	—	2213	2295	2377	2459	2541	2623	2705	2787	2870	3034	3362	3690	4101	—

With Auto Switch (Built-in magnet)

Unit: g

Bore size (mm)	Cylinder stroke (mm)														
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	80	100	125	150
20	113	126	139	152	165	178	191	204	216	229	255	307	359	424	489
25	154	170	185	201	217	232	248	263	279	294	325	388	450	528	606
32	254	277	299	321	343	366	388	410	432	455	499	588	677	788	900
40	319	344	368	392	416	441	465	489	513	537	586	683	780	901	1022
50	502	539	575	612	649	686	723	760	796	833	907	1054	1202	1386	1570
63	685	725	765	805	845	885	925	965	1005	1045	1125	1285	1445	1645	1845
80	—	1188	1246	1305	1363	1421	1480	1538	1596	1654	1771	2004	2238	2529	—
100	—	2248	2330	2412	2494	2577	2659	2741	2823	2905	3069	3397	3726	4136	—

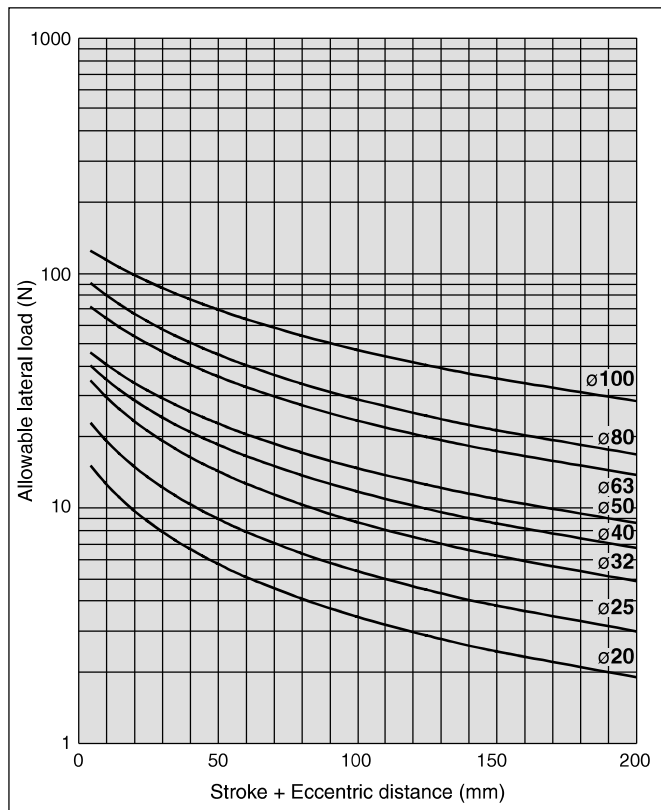
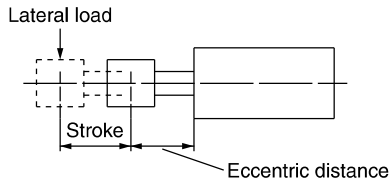
Add each weight of auto switches and mounting brackets when mounting an auto switches. Refer to pages 16 to 21 for auto switch weight.

Series C55

Allowable Lateral Load

Make sure to operate strictly within the allowable lateral load range to the rod end.

Operation outside of this range may result in shorter service life or damage to the device.

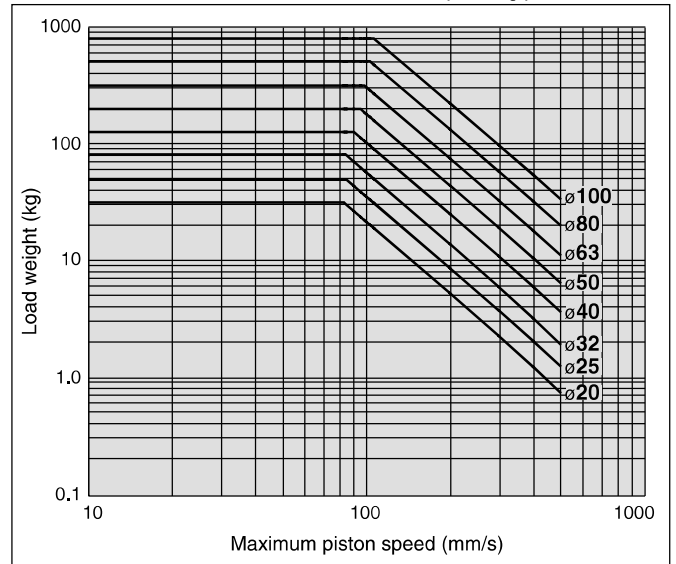


Allowable Kinetic Energy

Make sure to operate strictly within the allowable range of the load weight and maximum speed.

Operation outside of this range may cause excessive impact, which may result in damage to the device.

Operating pressure: 1 MPa



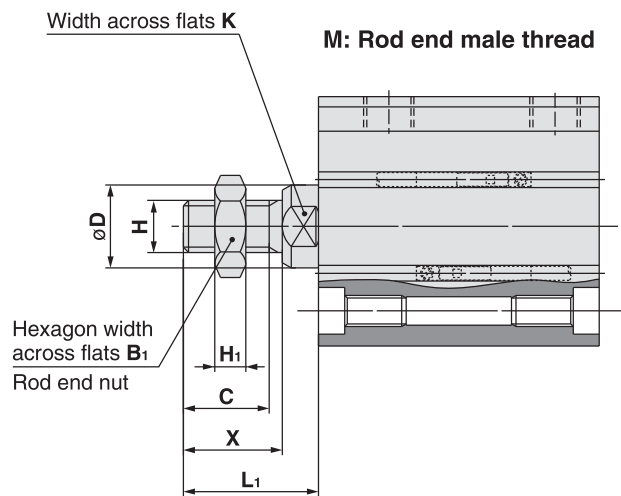
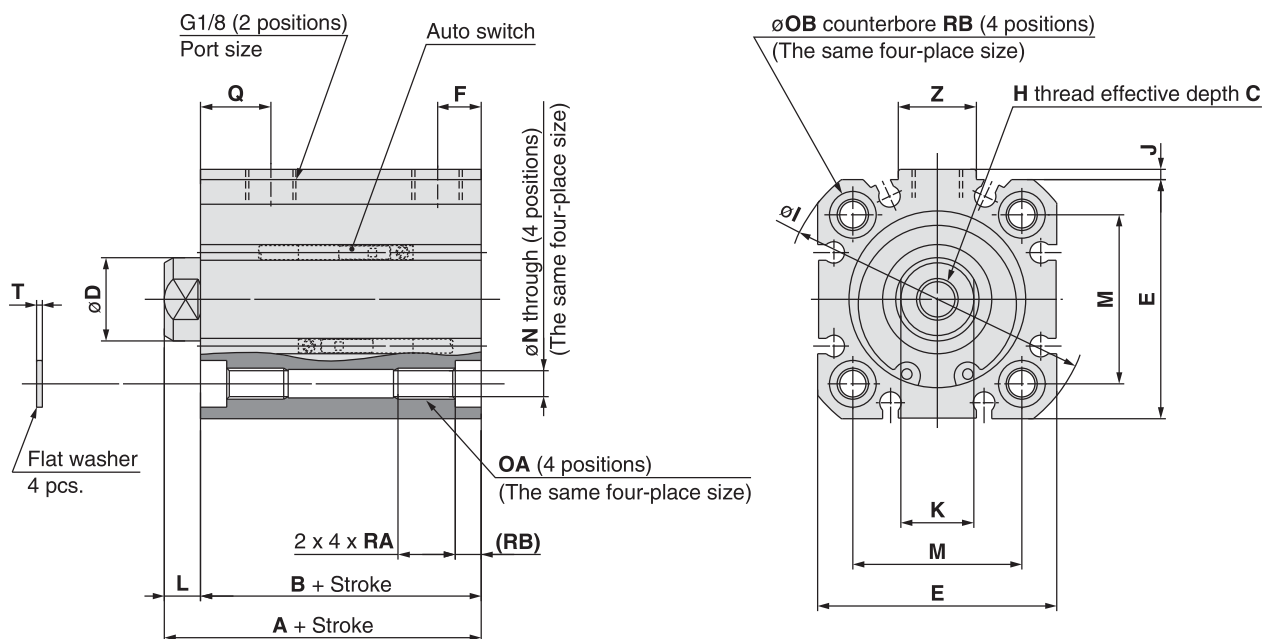
* Refer to Model Selection in Best Pneumatics No.2 for details about model selection procedure.

Series C55

Dimensions

[First angle projection]

ø32 to ø63



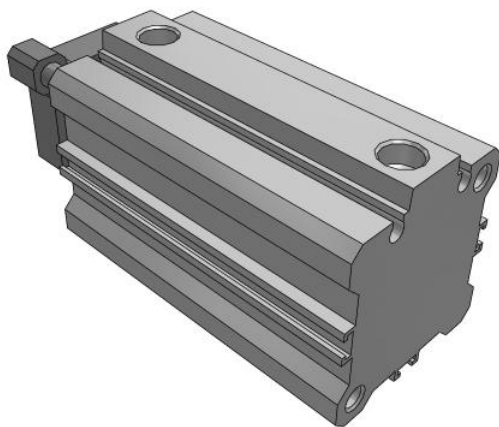
Rod End Male Thread (mm)

Bore size (mm)	B ₁	C	D	H	H ₁	K	L ₁	X
32	17	16.5	16	M10 x 1.25	6	14	26	19
40	17	16.5	16	M10 x 1.25	6	14	26	19
50	19	19.5	20	M12 x 1.25	7	17	30	22
63	19	19.5	20	M12 x 1.25	7	17	30	22

Basic Style

(mm)

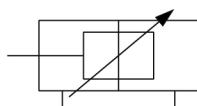
Bore size (mm)	A	B	C	D	E	F	H	I	J	K	L	M	N	OA	OB	Q	RA	RB	T	Z
32	51	44	12	16	46	8.5	M8 x 1.25	59	2	14	7	32.5	5.5	M6 x 1.0	9	14.5	11	5	1	15
40	52	45	12	16	52	9.5	M8 x 1.25	67	3	14	7	38	5.5	M6 x 1.0	9	14.5	11	5	1	17
50	53	45	16	20	64	10.5	M10 x 1.5	82	2	17	8	46.5	6.6	M8 x 1.25	10.5	13.5	15	5	1.6	17
63	57	49	16	20	74	14.5	M10 x 1.5	96	3	17	8	56.5	6.6	M8 x 1.25	10.5	15.5	15	5	1.6	17



C(D)QM, Compact Cylinder, Guide Rod Type CDQMA32-50

Datasheet

The CQM is a compact cylinder integrated with a guide rod and plate. The series is available in 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80 and 100mm bore sizes with the same mounting dimensions as the CQ2. The guide rod and plate allow work to be directly mounted. The CQM series offers 4 times the lateral load resistance of the CQ2K and non-rotating accuracy of $\pm 0.2^\circ$.



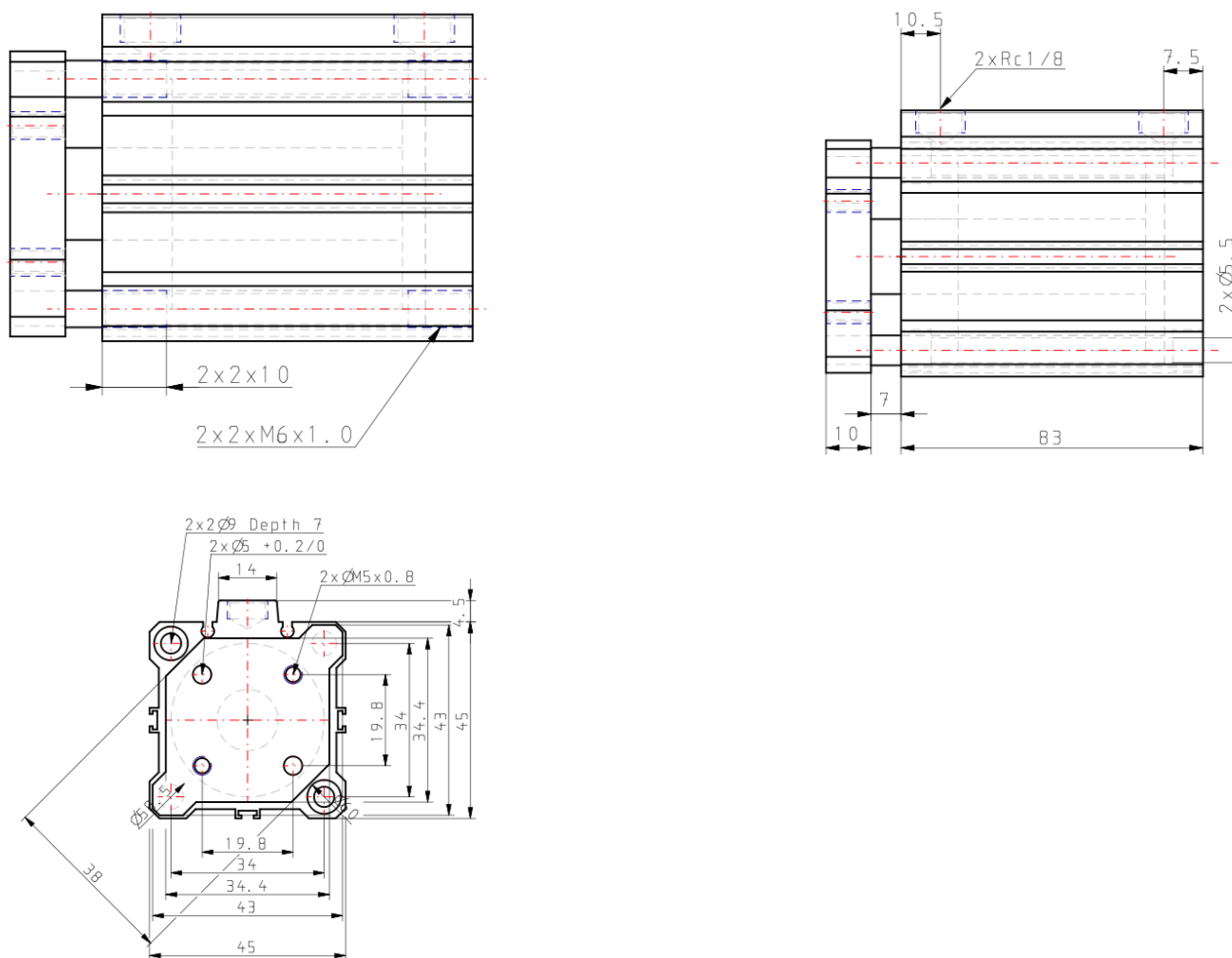
Double-acting cylinder with cushioning adjustable at both ends, single piston rod

Standard specifications

Magnet	D (Built-in)
Mounting	A [Double End Tapped]
Bore Size	Ø32 mm
Port Thread	M Thread
Rc	
Stroke	50 mm
Auto Switch	No Switch
Lead Wire or Prewired Connector	0.5 m
Number	2 pcs.
Pressure medium	Compressed air
Maximum temperature of pressure medium with magnet	60 °C
Minimum temperature of pressure medium with magnet	-10 °C (with no freezing)
Maximum operating pressure	1.0 MPa
Minimum operating pressure	0.1 MPa
Proof pressure	1.5 MPa
Maximum ambient temperature with magnet	60 °C
Minimum ambient temperature with magnet	-10 °C (with no freezing)
Number of pneumatic connections	2 pcs.
Pneumatic input connection	R 1/8
Pneumatic exhaust connection	R 1/8

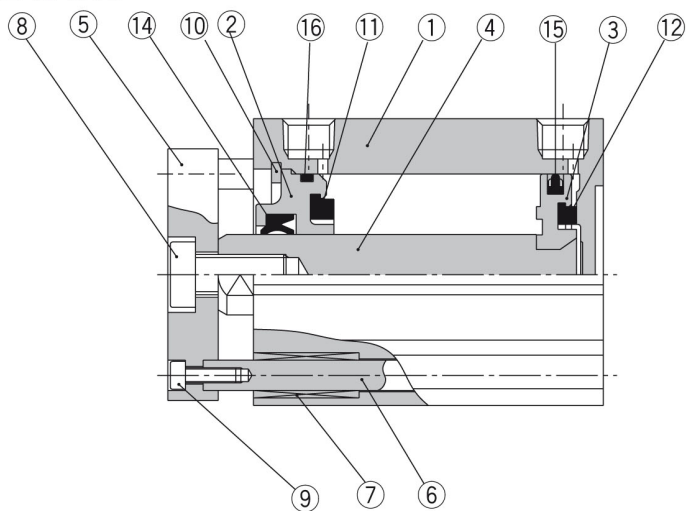
Theoretical cylinder force, advance stroke (at 0.5 MPa)	402
Theoretical cylinder force, return stroke (at 0.5 MPa)	302
Maximum piston speed	500 mm/s
Type of cushioning	Rubber bumper on both ends
Piston rod end	Without thread
Non-rotating accuracy of plate	$\pm 0.1^\circ$
Allowable rotational torque	0.32N·m
Weight	0.448 Kg

Dimensions

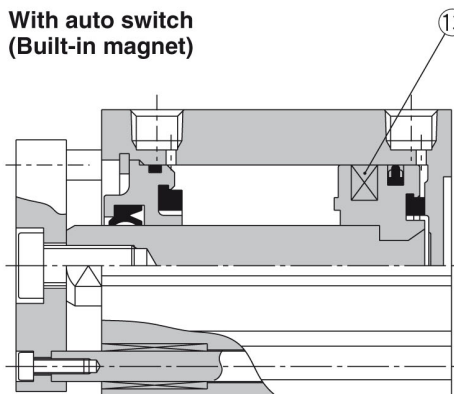


Constructions

ø32 to ø40



With auto switch
(Built-in magnet)



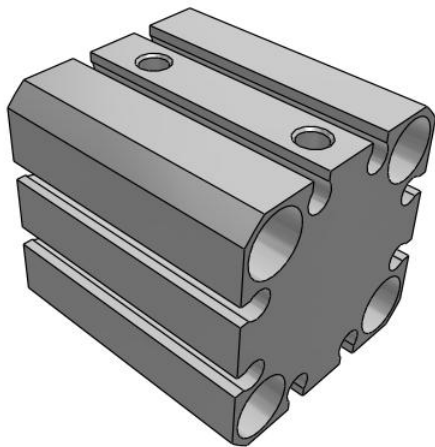
Component Parts

No.	Description	Material	Note
1	Cylinder tube	Aluminium alloy	Hard anodised
2	Collar	Aluminium alloy	Anodised
3	Piston	Aluminium alloy	Chromated
4	Piston rod	Carbon steel	Hard chrome plated
5	Plate	Aluminium alloy	Anodized
6	Guide rod	Stainless steel	Hard chrome plated
7	Bushing	Oil-impregnated sintered alloy	
8	Hexagon socket head cap screw	Carbon steel	Nickel plated
9	Hexagon socket head cap screw	Carbon steel	Nickel plated
10	Snap ring	Carbon tool steel	Phosphate coated
11	Bumper A	Urethan	
12	Bumper B	Urethan	
13	Magnet	—	
14	Rod seal	NBR	
15	Piston seal	NBR	
16	Gasket	NBR	

Additional information

Catalogue

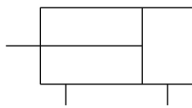
[CQM_EU.pdf](#)



C(D)QS, Compact Cylinder, Double Acting, Single Rod configurator CDQSB20-10DCM

Datasheet

The CQS compact cylinder is available for those small bore cylinder applications where saving space is a concern. While sharing many of the outstanding features of the CQ2 series, the CQS offers standard long strokes (up to 300mm) in four bore sizes from 12 to 25mm. Long stroke versions incorporate a wear band and thicker piston to handle the increased bearing needs of the longer strokes. Both switch capable and non-switch capable body styles are the same, and switches can be mounted on three (12-16 bore) and four (20-25 bore) sides. An increased side load version (CQS*S) is available for more demanding applications.



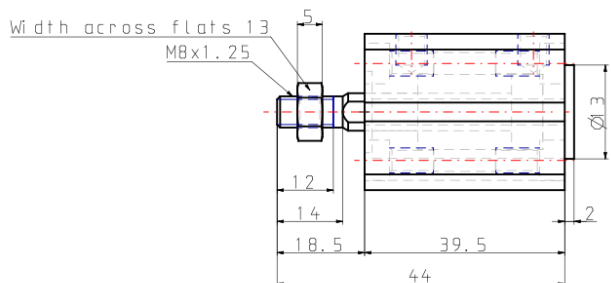
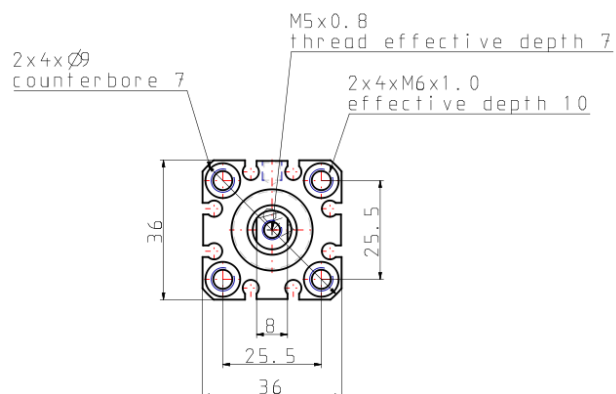
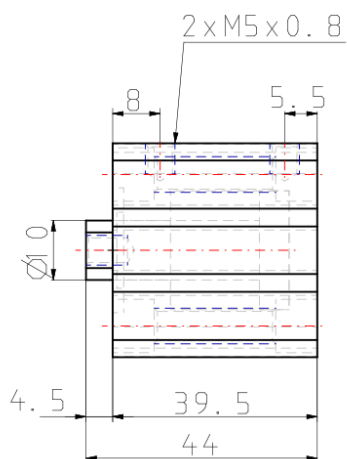
Double-acting, single-rod cylinder

Standard specifications

Magnet	D (Built-in)
Mounting	B (Through Hole, Both Ends Tapped)
Bore Size	Ø20 mm
Lube-retainer	Without Stable Lubrication Function
Stroke	10
Option	CM (Rubber Cushion, Rod End Male Thread)
Auto Switch	No Switch
Lead Wire or Prewired Connector	0.5 m (Or None in the Case of No Switch)
Number	2 pcs.
Dust Resistant	None
Rod End Options	None
Pressure medium	Air
Maximum temperature of pressure medium	60 °C
Minimum temperature of pressure medium	-10 °C
Maximum operating pressure	1.0 MPa
Minimum operating pressure	0.05 MPa
Proof pressure	1.5 MPa
Maximum ambient temperature	60 °C

Minimum ambient temperature	-10 °C
Conform to the European RoHS Directive	Conform
Numero of pneumatic connections	2 pcs.
Pneumatic input connection	M5
Mode of operation of drive	Double acting
Theoretical cylinder force, advance stroke (at 0.5 MPa)	157 N
Theoretical cylinder force, return stroke (at 0.5 MPa)	118 N
Maximum piston speed	500 mm/s
Piston rod end	External thread
Geometric form of the piston rod	Round piston rod
Male thread of rod end	M8
Female thread of rod end	M5
Minimum piston speed	50 mm/s
Lubrication	Non-lube
Weight	0.500 Kg

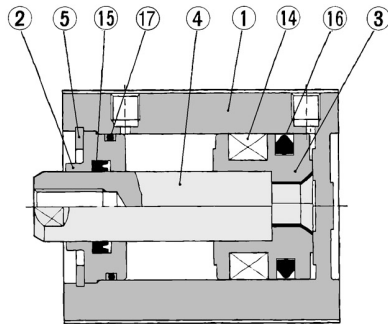
Dimensions



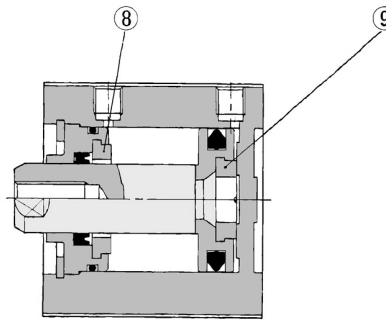
Constructions

Construction

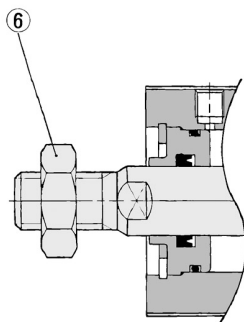
With auto switch
(Built-in magnet)
ø20, ø25



With rubber bumper



Rod end male thread



Component Parts

No.	Description	Material	Note
①	Cylinder tube	Aluminum alloy	Hard anodized
②	Collar	Aluminum bearing alloy	Anodized
③	Piston	Aluminum alloy	Chromated
④	Piston rod	Stainless steel	
⑤	Snap ring	Carbon tool steel	Phosphate coating
⑥	Rod end nut	Carbon steel	Nickel plated
⑧	Bumper A	Urethane	
⑨	Bumper B	Urethane	
⑭	Magnet	—	
⑮	Rod seal	NBR	
⑯	Piston seal	NBR	
⑰	Tube gasket	NBR	

Additional information

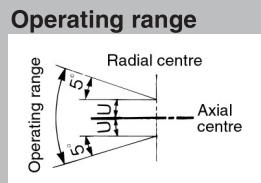
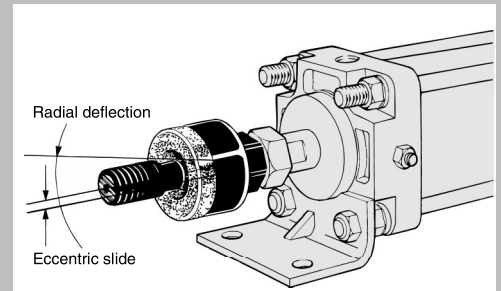
Catalogue

[CQS_EU.pdf](#)




Floating Joint Series JA/JAH/JB

The floating joint can absorb any “off-centring” or “loss of parallel accuracy” between the cylinder and the driven body.

- Centring is unnecessary.
- A high level of machining accuracy is unnecessary.
- The installation time is dramatically reduced.
- It is compact and is suitable for high tensile stresses.
- Long life (with dustproof cover)
- Rotation angle: $\pm 5^\circ$



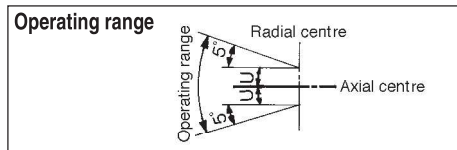
Variations

Series	Operating pressure		Cylinder bore size (mm)	Mounting	Page
	Air cylinder	Hydraulic cylinder			
Series JA 	1MPa or less	3.5MPa or less	6, 10, 15, 20 25, 32, 40, 50 63, 80, 100, 125 140, 160	Basic Flange Foot	6-4
Series JAH (Heavy load) 	—	7MPa or less	40, 50, 63 80, 100	Basic Flange Foot	6-9
Series JB (For compact cylinder) 	1MPa or less	—	12, 16, 20, 25 32, 40, 50, 63 80, 100	Basic (Female thread)	6-12

Floating Joint/Standard Series JA

Specifications

Operating pressure	Air cylinder: $\leq 1\text{MPa}$
	Hydraulic cylinder: $\leq 3.5\text{MPa}$
Mounting	Basic, Flange, Foot



Series JA

⚠ Precautions

Be sure to read before handling.
Refer to p.0-39 to 0-46 for Safety Instructions and common precautions.

Mounting

⚠ Warning

- To screw the male threads of the rod into the female threads of the socket or the case, make sure that it does not bottom out. If the floating joint is used with its rod bottom out, the stud will not be able to float, causing damage. Refer to the dimensions (P.5.2-4) for the screw-in depth of the female threads. As a rule, after the rod bottoms out, back off 1 to 2 turns.
- To use a floating joint to connect the cylinder rod to a driven body, secure it in place by applying a torque that is appropriate for the thread size. Also, if there is a risk of loosening during operation, take measures to prevent loosening, such as using a locking pin or thread adhesive. In the event that the connected portion becomes loose, the driven body might lose control or fall off, leading to equipment damage or injury to personnel.

Maintenance

Warning

- Do not reuse if disassembled. High strength adhesive is applied to the portion of the connection that is threaded to prevent it from loosening, and it must not be disassembled. If it is forcefully disassembled, it could lead to damage.

Model/Specifications

Model	Cylinder bore size (mm)	Thread nominal size	Max. operating force (tension/compression) (N)			Allowable eccentricity U (mm)	Rot. angle	
			Basic	Flange	Foot			
Standards/Thread nominal size								
JA6-3-050	6	M3	19	—	—	0.5	±5°	
JA10-4-070	10	M4	54	—	—	0.5		
JA15-5-080	10/15	M5	123	—	—	0.5		
JA15-6-100	15	M6	123	—	—	0.5		
JA□20-8-125	20	M8	1100	1100	1000*	0.5		
JA□30-10-125	25/30	M10 X 1.25	2500	2500	2000*	0.5		
JA□40-14-150	40	M14 X 1.5	6000	4400	4400	0.75		
JA□63-18-150	50/63	M18 X 1.5	11000	11000	9000*	1		
JA□80-22-150	80	M22 X 1.5	18000	18000	14000*	1.25		
JA□100-26-150	100	M26 X 1.5	28000	28000	22000*	2		
JA□140-30-150	125/140	M30 X 1.5	54000	36000*	36000*	2.5	±5°	
JA□160-36-150	160	M36 X 1.5	71000	55000*	55000*	3		
Options/Thread nominal size								
JA□20-8-100	20	M8 X 1	1100	1100	1000*	0.5		
JA□25-10-150	25	M10 X 1.5	2500	2500	2000	0.5		
JA□32-10-100	32	M10 X 1	2500*	2500*	2000*	0.5		
JA□40-12-125	30/40	M12 X 1.25	4400	4400	4400	0.75		
JA□40-12-150	40	M12 X 1.5	4400	4400	4400	0.75		
JA□40-12-175	30/40	M12 X 1.75	4400	4400	4400	0.75		
JA□50-16-150	50/63	M16 X 1.5	11000	11000	9000	1		
JA□63-16-200	50/63	M16 X 2	11000	11000	9000*	1		
JA□80-20-250	80	M20 X 2.5	18000	18000	14000*	1.25		
JA□100-24-300	100	M24 X 3	28000	28000	22000*	2		
JA□100-27-150	100	M27 X 1.5	28000	28000	22000*	2		
JA□125-27-200	125	M27 X 2	28000*	28000*	22000*	2		
JA□160-33-200	160	M33 X 2	71000	55000*	55000*	3		
JA160-36-200	160	M36 X 2	71000	—	—	3		

* In case of hydraulic cylinder 3.5MPa, use it within max. operating force.

* Applicable cylinder bore sizes are approximate. Look at the thread size to select the product.

How to Order

JA F 40 — 14-150

Mounting	
—	Basic
F	Flange
L	Foot

Applicable cylinder bore size (mm)		
Model	Symbol	Applicable cylinder bore size (mm)
Standard	6	6
	10	10
	15	10/15
	20	20/25
	30	25/30
	40	40
	63	50/63
	80	80
	100	100
	140	125/140
160	160	

Thread nominal size (Standard)

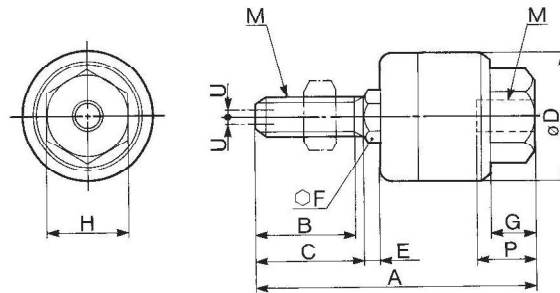
Nominal size	Applicable cylinder thread nominal size
3-050	M3
4-070	M4
5-080	M5
6-100	M6
8-125	M8
10-125	M10 X 1.25
14-150	M14 X 1.5
18-150	M18 X 1.5
22-150	M22 X 1.5
26-150	M26 X 1.5
30-150	M30 X 1.5
36-150	M36 X 1.5

* Applicable cylinder bore sizes are approximate. Look at the thread size to select the product.

Series JA

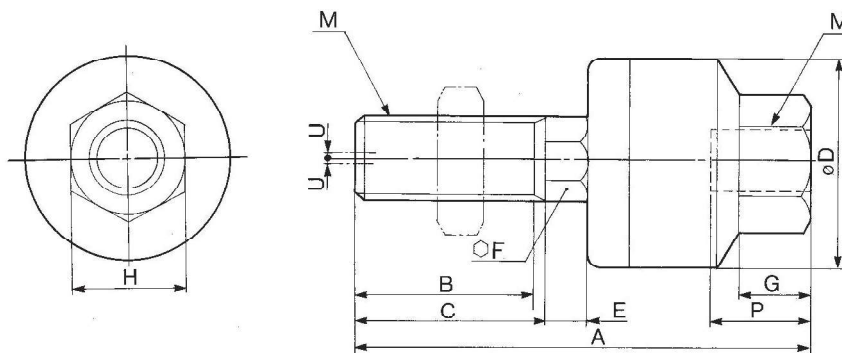
Basic/JA6 to JA160

JA6 to 15

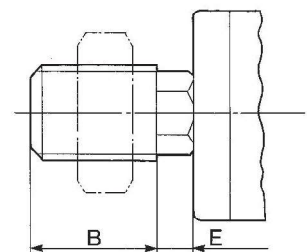


Use the precision spanner for clock 4mm in case of mounting male thread of JA6 and JA10.

JA20 to 160



Without C-dimension

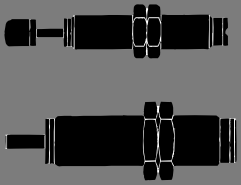


Cylinder bore size	Model	M		A	B	C	D	E	F	G	H	Max. thread depth P	Allowable eccentricity U	Max. operating force (tension/compression) (N)	Weight (kg)
		Nominal size	Pitch												
6	JA6-3-050	3	0.5	23.2	7	8	12	1.5	4	3.2	5.5	5	0.5	19	0.01
10 (CJ1)	JA10-4-070	4	0.7	26	9	10	12	1.5	4	4	7	5.5	0.5	54	0.01
10 (CZ1)/15 (CJ1)	JA15-5-080	5	0.8	34.5	12.5	14	16	2	6	5	10	7	0.5	123	0.02
15 (CZ1)	JA15-6-100	6	1	34.5	12.5	14	16	2	6	5	10	7	0.5	123	0.02
20	JA20-8-125	8	1.25	44	17.5	—	21	4.5	7	7	13	8	0.5	1100	0.05
25/30	JA30-10-125	10	1.25	49.5	19.5	—	24	5	8	8	17	9	0.5	2500	0.07
40	JA40-14-150	14	1.5	60	20	—	31	6	11	11	22	13	0.75	6000	0.16
50/63	JA63-18-150	18	1.5	74.5	25	—	41	7.5	14	13.5	27	15	1	11000	0.31
80	JA80-22-150	22	1.5	89.5	29	—	50	9.5	19	16	32	18	1.25	18000	0.58
100	JA100-26-150	26	1.5	110	35	—	59.5	11.5	24	20	41	24	2	28000	1.08
125/140	JA140-30-150	30	1.5	152	42	45	79	14	30	22	46	38	2.5	54000	2.7
160	JA160-36-150	36	1.5	178	52	55	96	16	36	24	55	42	3	71000	4.7

Options Air cylinder: Max. 1MPa Hydraulic cylinder: Max. 3.5MPa

20	JA20-8-100	8	1	44	17.5	—	21	4.5	7	7	13	8	0.5	1100	0.05
25	JA25-10-150	10	1.5	49.5	19.5	—	24	5	8	8	17	9	0.5	2500	0.07
32	JA32-10-100	10	1	49.5	19.5	—	24	5	8	8	17	9	0.5	2500*	0.07
30/40	JA40-12-125	12	1.25	60	20	—	31	6	11	11	22	13	0.75	4400	0.16
40	JA40-12-150	12	1.5	60	20	—	31	6	11	11	22	13	0.75	4400	0.16
30/40	JA40-12-175	12	1.75	60	20	—	31	6	11	11	22	13	0.75	4400	0.16
50/63	JA50-16-150	16	1.5	71.5	22	—	41	7.5	14	13.5	27	15	1	11000	0.3
50/63	JA63-16-200	16	2	71.5	22	—	41	7.5	14	13.5	27	15	1	11000	0.3
80	JA80-20-250	20	2.5	90.5	27	30	50	9.5	19	16	32	18	1.25	18000	0.6
100	JA100-24-300	24	3	110	32	35	59.5	11.5	24	20	41	24	2	28000	1.05
100	JA100-27-150	27	1.5	110	35	—	59.5	11.5	24	20	41	24	2	28000	1.08
125	JA125-27-200	27	2	123	34	38	66	13	27	20	41	24	2	28000*	1.5
160	JA160-33-200	33	2	165	38	42	96	16	36	24	55	42	3	71000	4.5
160	JA160-36-200	36	2	178	51	55	96	16	55	24	55	42	3	71000	4.7

* In case a hydraulic cylinder 3.5MPa, use it within the above max. operating force.



Shock Absorber Series RB

Impact and noise absorption

Dampening to meet the high speed requirements of the modern world.

Shock Absorber: Series RB
Coolant Resistant: Series RBL

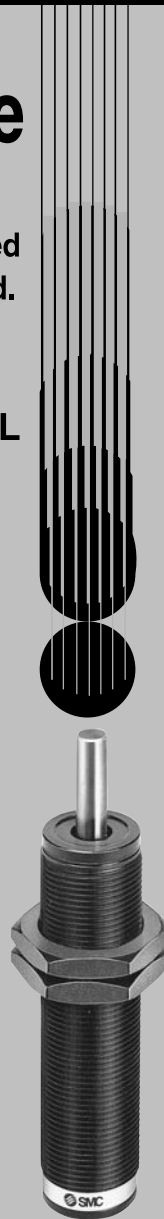
Usable without a stopper nut
The strong body can be positioned directly.

Short Style
Shock Absorber: Series RBQ

A compact style that has been shortened lengthwise

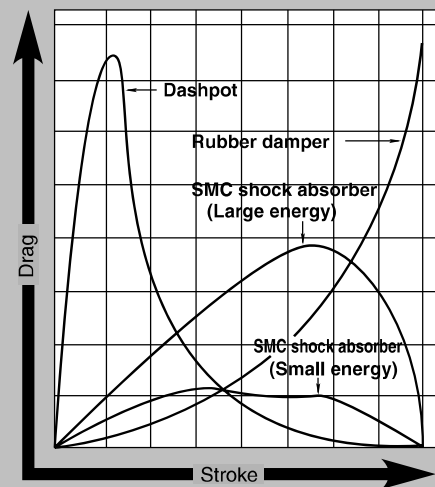
Allowable eccentric angle 5°
Suitable for absorption of rotation energy.

Usable without a stopper nut
The strong body can be positioned directly.



Automatic adjustment to the most appropriate absorption performance

Specially designed orifice can absorb energy comprehensively and most appropriately in many different applications. This ranges from high speed low loads, to low speed high loads; without requiring additional adjustment of the shock absorber.



Variations

Series	Basic	With cap or bumper (Option)	Lock nut*	Stopper nut (Option)	Foot bracket	Page
Series RB 	Series RB	●	●	●	●	5.1-2
	Coolant resistant Series RBL (Except 08 type)	●	●	●	●	5.1-7
Series RBQ 	Series RBQ	●	●	●		5.1-10

*2 lock nuts are attached for series RB and standard models RBQ.

Shock Absorber Series *RB*

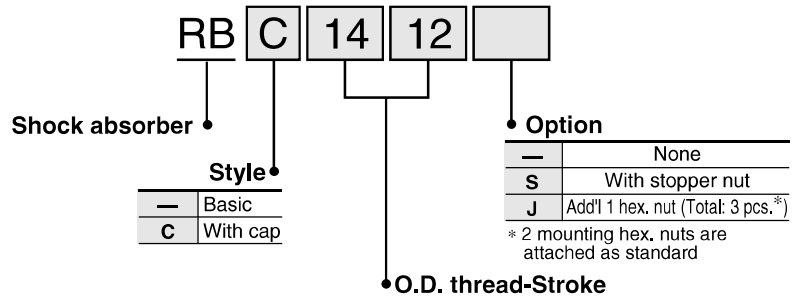


Specifications

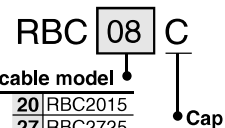
Model	Basic	RB0805	RB0806	RB1006	RB1007	RB1411	RB1412	RB2015	RB2725	
	With cap	RBC0805	RBC0806	RBC1006	RBC1007	RBC1411	RBC1412	RBC2015	RBC2725	
Max. energy absorption (J)		0.98	2.94	3.92	5.88	14.7	19.6	58.8	147	
Stroke absorption (mm)		5	6	6	7	11	12	15	25	
Impact speed (m/s)	0.05 to 5									
Max. operation* (cycle/min)		80	80	70	70	45	45	25	10	
Max. allowable thrust energy (N)		245	245	422	422	814	814	1961	2942	
Allowable temp. range (°C)	-10 to 80 (No freezing)									
Spring force (N)	Extended	1.96	1.96	4.22	4.22	6.86	6.86	8.34	8.83	
	Compressed	3.83	4.22	6.18	6.86	15.30	15.98	20.50	20.01	
Weight (g)		15	15	25	25	65	65	150	360	
Option	Stopper nut	Basic	RB08S		RB10S		RB14S		RB20S	RB27S
		With cap	RBC08S		RBC10S		RBC14S		RBC20S	RBC27S

* At max. energy absorption per cycle. Max. operation cycle/min can increase in proportion to energy absorption.

How to Order

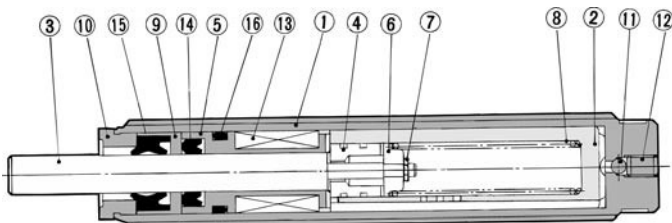


Replacement Part No./Cap (Resin part only)

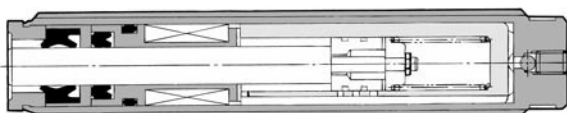


Construction

Extended



Compressed



Component Parts

No.	Description	Material	Note
①	Outer tube	Rolled steel	Gray coated
②	Inner tube	Special steel	Heat treatment
③	Piston rod	Special steel	Hard chrome plated
④	Piston	Special steel	Heat treatment
⑤	Bearing	Special bearing material	
⑥	Spring guide	Rolled steel	Zinc chromated
⑦	Pushing nut	Steel for spring	
⑧	Return spring	Piano wire	Zinc chromated
⑨	Seal holder	Copper alloy	
⑩	Stopper	Carbon steel	Zinc chromated
⑪	Steal ball	Bearing steel	
⑫	Set screw	Special steel	
⑬	Accumulator	NBR	Foam rubber
⑭	Rod seal	NBR	
⑮	Scraper	NBR	
⑯	Gasket	NBR	

Series RB How to Select

Selection Procedure

1 Classification of impact

- Cylinder stroke at load (horizontal)
- Cylinder stroke at load (downward)
- Cylinder stroke at load (upward)
- Conveyor stroke at load (horizontal)
- Free horizontal impact
- Free dropping impact
- Rotation impact (with torque)

2 Details of applications

Symbol	Condition of application	Unit
m	Impacting object/weight	kg
v	Impacting object/speed	m/sec
h	Dropping height	m
ω	Angle/speed	rad/sec
r	Distance between axis of cylinder and impact point	m
d	Bore size	mm
P	Cylinder operating pressure	MPa
F	Thrust energy	N
T	Torque	Nm
n	Operation cycle	cycle/min
t	Ambient temperature	°C
μ	Friction coefficient	-

3 Specifications and Operational instructions

Ensure that the impact speed, thrust energy, operation cycle, ambient temperature and atmosphere fall within the specifications.

*Be aware of the min. installation radius in the case of oscillating impacts.

4 Calculation of kinetic energy E₁

Using the equation suitable for the classification of impact.

In the case of cylinder stroke at load and free horizontal impact, substitute respective figures for **Data A** in order to calculate E₁.

5 Calculation of thrust energy E₂

Select any shock absorber as a provisional model.

In the case of thrust energy of cylinder, substitute respective figures for **Data B or C**.

6 Calculation of corresponding weight of impacting object Me

Energy absorption $E = E_1 + E_2$
Corresponding weight of impacting object $Me = \frac{2}{v^2} E$

Substitute both energy absorption E and impacting object speed V for **Data A** in order to calculate the corresponding weight of the impacting object.

7 Selection of applicable model

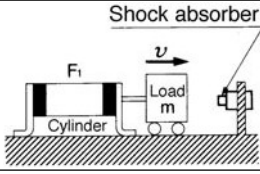
Taking into consideration the corresponding weight of the impacting object Me, calculated using **Data D** and impacting object speed V, check provisional model compatibility with the condition of application. If this is satisfactory, then the said provisional model will be the applicable one.

Caution

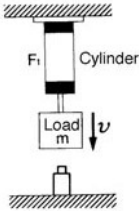
To enable the shock absorber to operate accurately for long hours, it is necessary to select a model that is well-suited to your operating conditions. If the impact energy is smaller than 5% of the maximum absorption energy, select a model that is one class lower.

5.1-3

Example of Selection

Cylinder stroke at load (Horizontal)	
1 Classification of impact	
Impact object /speed U ⁽¹⁾	v
Kinetic energy E ₁	$\frac{1}{2} m v^2$
Thrust energy E ₂	F ₁ S
Energy absorption E	E ₁ +E ₂
Impacting object/ corresponding weight Me ⁽²⁾	$\frac{2}{v^2} E$
2 Details of applications	m=50kg v=0.3m/s d=40mm p=0.5MPa n=20cycle/min t=25°C
3 Specifications Operational instructions	v 0.3<5 (max.) t -10 (min.)<25<80 (max.) F F ₁ <628<1961 (max.) YES
4 Calculation of kinetic energy E₁	Use Formula to calculate E ₁ . Substitute 50 for m and 0.3 for v. E₁ ≒ 2.3J
5 Calculation of thrust energy E₂	Use Data B to calculate E ₂ . Substitute 40 for d.44Calculation of corresponding weight of impacting object. E₂ ≒ 9.4J
6 Calculation of corresponding weight of impacting object Me	Use the formula "Energy absorption E=E ₁ +E ₂ =2.3+9.4=11.7J" to calculate Me. Substitute 11.7J for E and 0.3 for v. Me ≒ 260kg
7 Selection of applicable model	According to Data D , the tentatively selected RB2015 satisfies Me= 260kg<400kg at v=0.3. Ultimately, it will result in an operating frequency of n<20<25, without causing a problem. YES Select RB2015

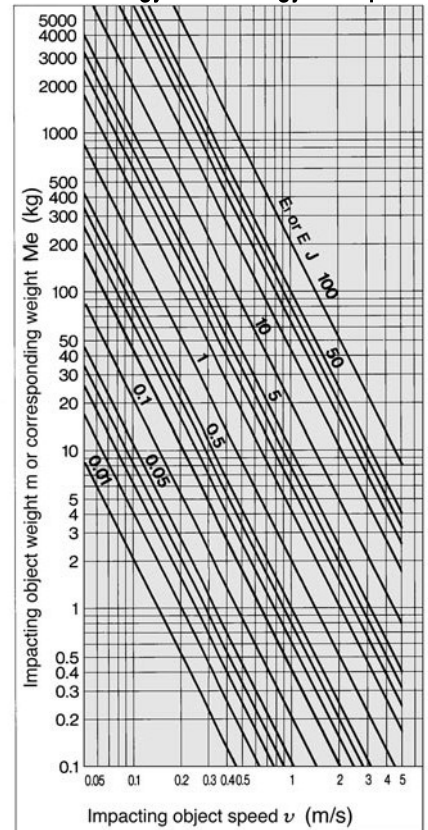
1 Classification of Impact

Classification of impact	(Downward)	
		
Impact object /speed v ⁽¹⁾	v	
Kinetic energy E ₁	$\frac{1}{2} m v^2$	
Thrust energy E ₂	F ₁ S+mgs	
Energy absorption E	E ₁ +E ₂	
Impacting object/ corresponding weight Me ⁽²⁾	$\frac{2}{v^2} E$	

Note 1) Impacting object speed is momentary velocity at which object is impacting against shock absorber.

Data A

Kinetic energy E₁ or Energy absorption E



(Upward)	Conveyor driving at load (Horizontal)	Free dropping impact	Rotation impact (With torque)
v	v	$\sqrt{2gh}$	ωR
$\frac{1}{2} m v^2$	$\frac{1}{2} m v^2$	mgh	$\frac{1}{2} I \omega^2$
$F_1 S - mgS$	$mg\mu S$	mgS	$T \frac{S}{R}$
$E_1 + E_2$	$E_1 + E_2$	$E_1 + E_2$	$E_1 + E_2$
$\frac{2}{v^2} E$	$\frac{2}{v^2} E$	$\frac{2}{v^2} E$	$\frac{2}{v^2} E$

«Symbol table»

Symbol	Specifications	Unit
d	Bore size	mm
E	Energy absorption	J
E1	Kinetic energy	J
E2	Thrust energy	J
F1	Cylinder thrust	N
g	Acceleration of gravity	m/s ²
h	Dropping height	m
I ⁽³⁾	Moment of inertia around the center of gravity	kgm ²
n	Operation cycle	cycle/min
p	Cylinder operation pressure	MPa
R	Distance between axis of cylinder and impact point	m
S	Shock absorber stroke	m
T	Torque	Nm
t	Ambient temperature	°C
v	Impacting object speed	m/s
m	Impacting object weight	kg
Me	Corresponding weight of impacting object	kg
ω	Angle speed	rad/s
μ	Friction coefficient	—

Note 2) An "Impact body equivalent weight" is the weight of an impact body without involving thrust, into which an object's total energy has been converted.

Note 3) Refer to the catalog of rotary actuator for the formula of moment of inertia (Kgm²).

Data B

Thrust energy of cylinder F-S (Operating pressure 0.5MPa)
Unit: J

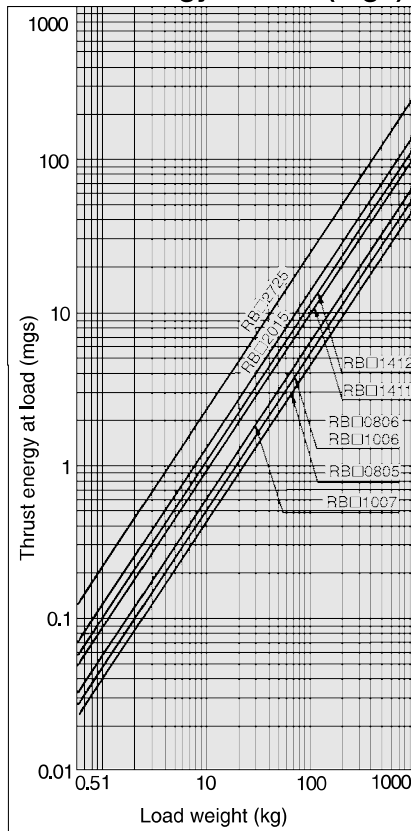
Model	RB□0805	RB□0806	RB□1006	RB□1007	RB□1411	RB□1412	RB□2015	RB□2725
Stroke absorption (mm)	5	6	7	11	12	15	25	
Bore size d (mm)	6	0.071	0.085	0.099	0.156	0.170	0.212	0.353
	10	0.196	0.236	0.274	0.432	0.471	0.589	0.982
	15	0.442	0.530	0.619	0.972	1.06	1.33	2.21
	20	0.785	0.942	1.10	1.73	1.88	2.36	3.93
	25	1.23	1.47	1.72	2.70	2.95	3.68	6.14
	30	1.77	2.12	2.47	3.89	4.24	5.30	8.84
	40	3.14	3.77	4.40	6.91	7.54	9.42	15.7
	50	4.91	5.89	6.87	10.8	11.8	14.7	24.5
	63	7.79	9.35	10.9	17.1	18.7	23.4	39.0
	80	12.6	15.1	17.6	27.6	30.2	37.7	62.8
	100	19.6	23.6	27.5	43.2	47.1	58.9	98.2
	125	30.7	36.8	43.0	67.5	73.6	92.0	153
	140	38.5	46.2	53.9	84.7	92.4	115	192
	160	50.3	60.3	70.4	111	121	151	251
180	63.6	76.3	89.1	140	153	191	318	
200	78.5	94.2	110	173	188	236	393	
250	123	147	172	270	295	368	614	
300	177	212	247	389	424	530	884	

■ Operating pressure other than 0.5MPa:
Multiply by the following coefficient

Operating press (MPa)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
Coefficient	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8

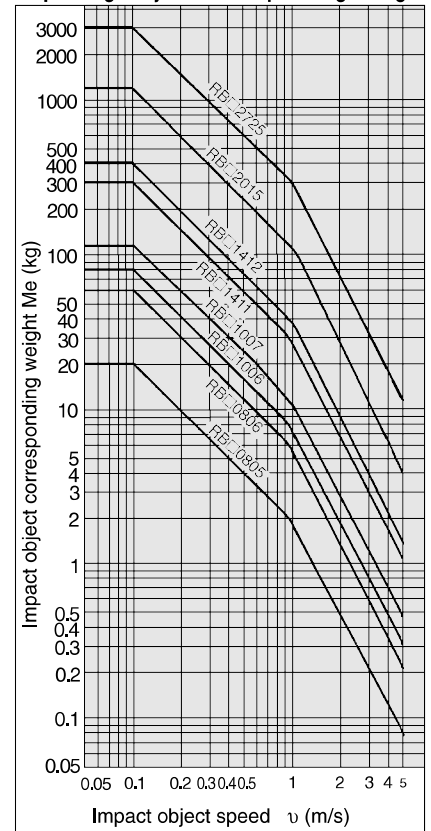
Data C

Thrust energy at load (mgs)



Data D

Impacting object corresponding weight



RB

J

D

-X

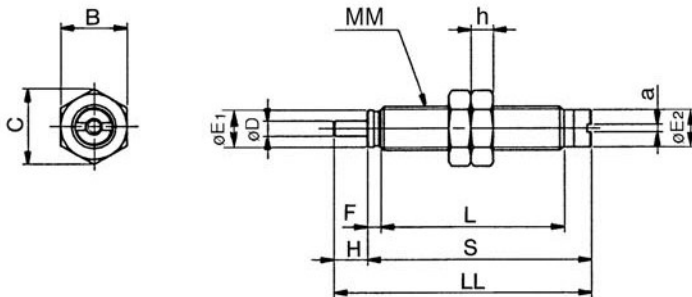
20-

Technical Data

Series RB

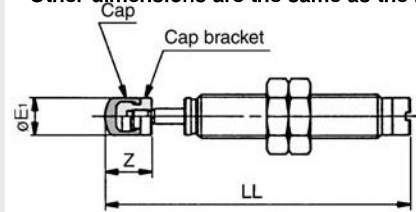
Dimensions

Basic/RB0805, RB0806, RB1006, RB1007



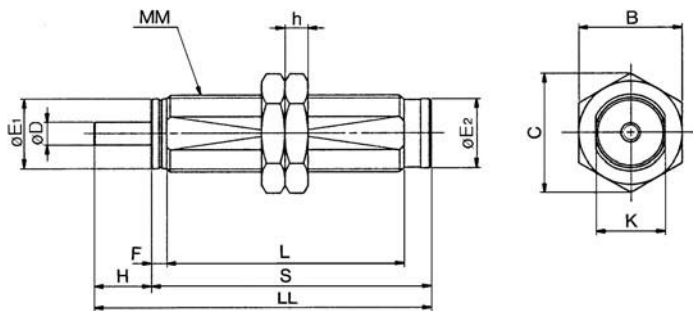
With cap/RBC0805, RBC0806 RBC1006, RBC1007

* Other dimensions are the same as the basic style.



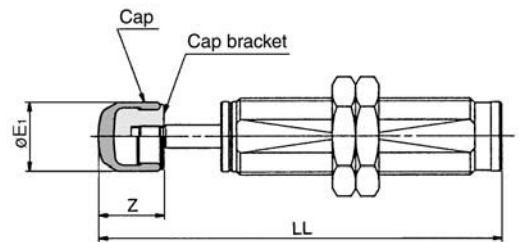
Model		Basic										With cap*			Hexagon nut		
Basic	With cap	D	E1	E2	F	H	a	L	LL	MM	S	E1	LL	Z	B	C	h
RB0805	RBC0805	2.8	6.8	6.8	2.4	5	1.4	33.4	45.8	M8 X 1.0	40.8	6.8	54.3	8.5	12	13.9	4
RB0806	RBC0806	2.8	6.8	6.8	2.4	6	1.4	33.4	46.8	M8 X 1.0	40.8	6.8	55.3	8.5	12	13.9	4
RB1006	RBC1006	3	8.8	8.6	2.7	6	1.4	39	52.7	M10 X 1.0	46.7	8.7	62.7	10	14	16.2	4
RB1007	RBC1007	3	8.8	8.6	2.7	7	1.4	39	53.7	M10 X 1.0	46.7	8.7	63.7	10	14	16.2	4

Basic/RB1411, RB1412, RB2015, RB2725



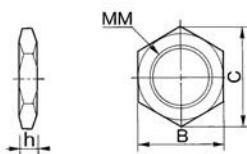
With cap/RBC1411, RBC1412 RBC2015, RBC2725

* Other dimensions are the same as the basic style.



Model		Basic										With cap*			Hexagon nut		
Basic	With cap	D	E1	E2	F	H	K	L	LL	MM	S	E1	LL	Z	B	C	h
RB1411	RBC1411	5	12.2	12	3.5	11	12	58.8	78.3	M14 X 1.5	67.3	12	91.8	13.5	19	21.9	6
RB1412	RBC1412	5	12.2	12	3.5	12	12	58.8	79.3	M14 X 1.5	67.3	12	92.8	13.5	19	21.9	6
RB2015	RBC2015	6	18.2	18	4	15	18	62.2	88.2	M20 X 1.5	73.2	18	105.2	17	27	31.2	6
RB2725	RBC2725	8	25.2	25	5	25	25	86	124	M27 X 1.5	99	25	147	23	36	41.6	6

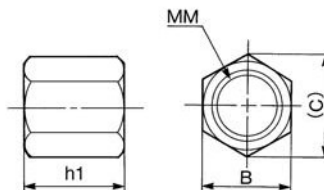
Hexagon Nut (2 pcs. as standard)



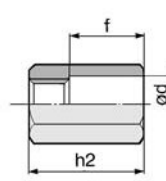
Option

Stopper nut

For basic style

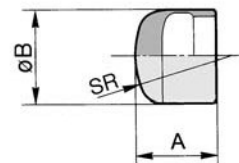


For cap style



Replacement Part

Cap * (These are the replacement parts for the cap style. Not available for the basic style.)



Part No.	Dimensions			
	MM	h	B	C
RB08J	M8 X 1.0	4	12	13.9
RB10J	M10 X 1.0	4	14	16.2
RB14J	M14 X 1.5	6	19	21.9
RB20J	M20 X 1.5	6	27	31.2
RB27J	M27 X 1.5	6	36	41.6

Part No.	Dimensions							
	Basic	With cap	B	C	h1	h2	MM	d
RB08S	RBC08S	12	13.9	6.5	23	M8 X 1.0	9	15
RB10S	RBC10S	14	16.2	8	23	M10 X 1.0	11	15
RB14S	RBC14S	19	21.9	11	31	M14 X 1.5	15	20
RB20S	RBC20S	27	31.2	16	40	M20 X 1.5	23	25
RB27S	RBC27S	36	41.6	22	51	M27 X 1.5	32	33

Part No.	Dimensions		
	A	B	R1
RBC08C	6.5	6.8	6
RBC10C	9	8.7	7.5
RBC14C	12.5	12	10
RBC20C	16	18	20
RBC27C	21	25	25

Shock Absorbers Model Selection Software

Selection results

Standard Type
RBC2725S

Reference photos



Specifications

Max. energy absorption : 147 J
Stroke : 25 mm
Collision speed : 0.05~5 m/s
Max. operating frequency : 10 cycle/min
Max. allowable thrust : 2,942 N
Ambient temperature range : -10~80 °C
Spring force (Extended) : 8.83 N
Spring force(Retracted) : 20.01 N
Weight : 400 g
Part No. of cap/bumper replacement part (to be ordered separately) : RBC27C
Foot bracket for shock absorber (to be ordered separately) : RB27-X331
Allowable rotating eccentric angle : 3 °
Allowable eccentric angle : 1 °

Input conditions

Linear impact⇒Horizontal⇒Cylinder thrust
Mass : 131.448 kg
Friction factor : 0.1
Bore size : 80 mm
Cylinder operating pressure : 0.600 MPa
Collision speed : 1 m/s
Number of parallel connected shock absorbers : 2 pcs.
Operating frequency : 5 cycle/min
Body type : With cap
Option : Hex. nut 2 pcs./Stopper nut 1 pc.
O.D. thread size : M27X1.5

Calculation results

Items	Unit	Input values/Calc. values	Allowable range	Load factor
Equivalent weight per shock absorber	kg	229.83	14.70~294	78%
Collision speed	m/s	1	0.05~5	20%
Thrust per shock absorber	N	2,406	0~2,942	82%
Operating frequency	cycle/min	5	10	-
Min. installation radius	mm	-	916	-
Corresponding mass of impact object	kg	275.80	-	-
Kinetic energy	J	65.72	-	-
Thrust energy	J	72.17	-	-
Absorbed energy	J	137.90	-	-

Precautions

The maximum absorbed energy and maximum operating frequency are based on an ordinary temperature (20 to 25°C). Please contact your SMC representative when using the product at a temperature out of the ordinary temperature range.

Comments

Shock Absorbers Model Selection Software

Selection results

Standard Type
RBC2725S

Reference photos



Specifications

Max. energy absorption : 147 J
Stroke : 25 mm
Collision speed : 0.05~5 m/s
Max. operating frequency : 10 cycle/min
Max. allowable thrust : 2,942 N
Ambient temperature range : -10~80 °C
Spring force (Extended) : 8.83 N
Spring force(Retracted) : 20.01 N
Weight : 400 g
Part No. of cap/bumper replacement part (to be ordered separately) : RBC27C
Foot bracket for shock absorber (to be ordered separately) : RB27-X331
Allowable rotating eccentric angle : 3 °
Allowable eccentric angle : 1 °

Input conditions

Linear impact⇒Vertical downward⇒Cylinder thrust
Mass : 315.812 kg
Bore size : 80 mm
Cylinder operating pressure : 0.600 MPa
Collision speed : 1 m/s
Number of parallel connected shock absorbers : 4 pcs.
Operating frequency : 5 cycle/min
Body type : With cap
Option : Hex. nut 2 pcs./Stopper nut 1 pc.
O.D. thread size : M27X1.5

Calculation results

Items	Unit	Input values/Calc. values	Allowable range	Load factor
Equivalent weight per shock absorber	kg	258.96	14.70~294	88%
Collision speed	m/s	1	0.05~5	20%
Thrust per shock absorber	N	2,548	0~2,942	87%
Operating frequency	cycle/min	5	10	-
Min. installation radius	mm	-	916	-
Corresponding mass of impact object	kg	621.51	-	-
Kinetic energy	J	157.91	-	-
Thrust energy	J	152.85	-	-
Absorbed energy	J	310.76	-	-

Precautions

The maximum absorbed energy and maximum operating frequency are based on an ordinary temperature (20 to 25°C). Please contact your SMC representative when using the product at a temperature out of the ordinary temperature range.

Comments

2-Colour Display High-Precision Digital Pressure Switch



RoHS compliant

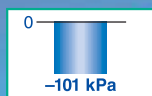
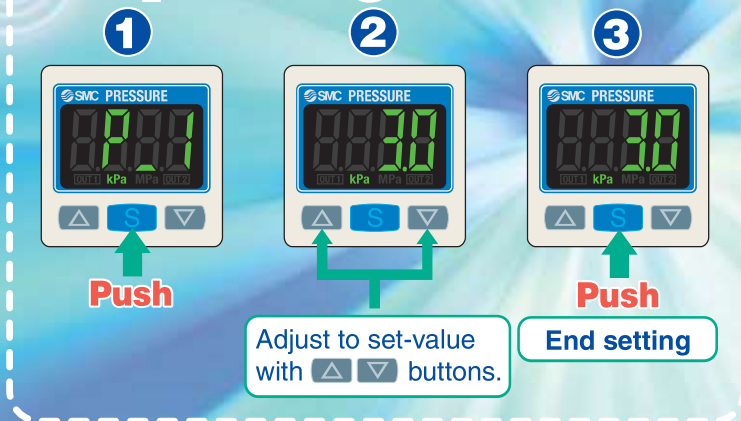
Settings can be copied to up to 10 slave sensors at once.

The settings of the master sensor can be copied to the slave sensors.

- Reduced setting efforts
- Reduced chance of set-value input error

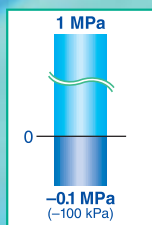


3-step setting



Added vacuum range.

- Rated pressure range: 0.0 to -101.0 kPa



Expanded pressure range for positive pressure type to the vacuum range:

- Rated pressure range: -0.1 to 1.0 MPa



2 added outputs:

- NPN or PNP open collector 2 outputs
- NPN or PNP open collector 1 output + analogue output (1 to 5 V or 4 to 20 mA)

Series **ZSE30A(F)/ISE30A**

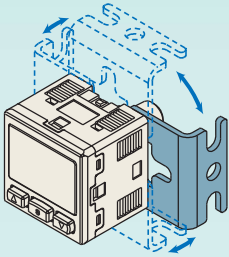


CAT.EUS100-70B-UK

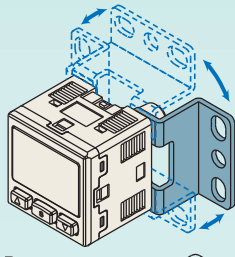
Mounting

Bracket configuration allows mounting in four positions.

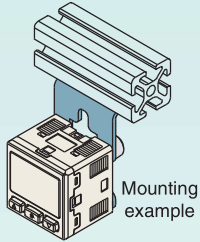
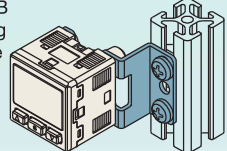
Bracket A



Bracket B/C

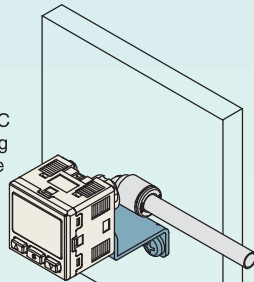


Bracket B
Mounting
example



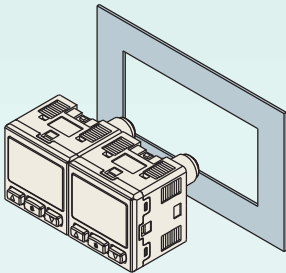
Mounting
example

Bracket C
Mounting
example



Panel mount

Mountable side by side
without clearance



One opening!

- Reduction of panel-cut job
- Space-saving

Series

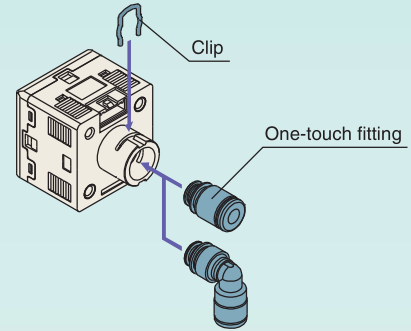
Series **ZSE30A** (vacuum) **ZSE30AF** (compound) **ISE30A** (positive)



	ZSE30A (vacuum)	ZSE30AF (compound)	ISE30A (positive)
Rated pressure range	0.0 to -101.0 kPa 	-100.0 to 100.0 kPa 	-0.100 to 1.000 MPa
Set pressure range	10.0 to -105.0 kPa	-105.0 to 105.0 kPa	-0.105 to 1.050 MPa
Withstand pressure	500 kPa	500 kPa	1.5 MPa
Minimum unit setting	0.1 kPa	0.1 kPa	0.001 MPa
Output	NPN or PNP open collector 1 output NPN or PNP open collector 2 outputs NPN or PNP open collector 1 output + Analogue output (voltage or current)		
Piping	R1/8, NPT1/8 (M5 female threaded) ø4, ø6, ø5/32, ø1/4 one-touch fittings		

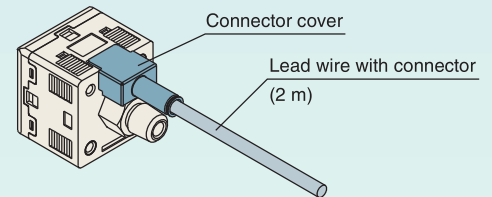
Replaceable one-touch fittings

The clip type allows easy removal of fittings.
Fitting's type and size can be changed.



Lead wire

Connector cover added.



4-digit display

4-digit display allows easy reading of displayed values.

Example: 0.5 MPa



Series 30
(Conventional)



Series 30A
(New)

Possible to check set-value during key locking

Additional functions

- ◆ **Secret code setting function**
The key locking function keeps unauthorized users from tampering with buttons.
- ◆ **Power-saving function**
Power consumption is reduced by turning off the monitor (power consumption reduced by up to 20%).
- ◆ **Resolution-switch function**
It reduces the monitor to flicker.

1/1000 ↔ 1/100
(Accuracy does not change, only displayed values.)
- ◆ **MPa/kPa switch function**
Vacuum, compound and/or positive pressure can be displayed both in MPa or kPa.



2-Color Display High-Precision Digital Pressure Switch



Series ZSE30A(F)/ISE30A



How to Order

For positive pressure

For vacuum/
compound pressure

Rated pressure range

ISE30A	-0.1 to 1 MPa
--------	---------------

Rated pressure range

ZSE30A	0 to -101 kPa
ZSE30AF	-100 to 100 kPa

Output

N	NPN open collector 1 output
P	PNP open collector 1 output
A	NPN open collector 2 outputs
B	PNP open collector 2 outputs
C ^{Note)}	NPN open collector 1 output + Analogue voltage output
D ^{Note)}	NPN open collector 1 output + Analogue current output
E ^{Note)}	PNP open collector 1 output + Analogue voltage output
F ^{Note)}	PNP open collector 1 output + Analogue current output

Note) Made to Order

Made to Order (P.12)

X510	For M12 4-pin pre-wired connector
------	-----------------------------------

Available only for output "A" or "B".

Option 3

Symbol	Option 3	
	Operating manual Booklet	Calibration certificate
—	○	—
Y	—	—
K	○	○
T	—	○

Piping

Code	Description	Image
01	R1/8 (M5 female threaded)	
^{Note)} N01	NPT1/8 (M5 female threaded)	
C4H	One-touch fitting ø4 mm, ø5/32 inch	Straight type
C6H	One-touch fitting ø6 mm	
N7H	One-touch fitting ø1/4 inch	Elbow type
C4L	One-touch fitting ø4 mm, ø5/32 inch	
C6L	One-touch fitting ø6 mm	
N7L	One-touch fitting ø1/4 inch	

Note) Made to Order

Display unit

—	With unit display ^{Note 2)} switching function
M	Fixed SI unit ^{Note 3)}
^{Note 1)} P	With unit display ^{Note 2)} switching function (Initial value PSI)

Note 1) Made to Order

Note 2) Under the New Measurement Law, sales of switches with the unit switching function have not been allowed for use in Japan.

Note 3) Fixed unit kPa, MPa

Option 1

—	Without lead wire	
L	Lead wire with connector (Lead wire length 2 m) ^{Note)}	
G	Lead wire with connector (lead wire length 2 m) ^{Note)} and with connector cover	

Note) For output types N and P, the number of core of lead wires will be 3, and for other types, it will be 4.

Option 2

—	None	
A1	Bracket A	
A2	Bracket B	
A3	Bracket C	
B	Panel mount adapter	
D	Panel mount adapter + Front protection cover	

One-touch Fittings

RoHS

The New "KQ2"

KQ, KQ2, KG and KJ consolidated into the "KQ2"

- Enhanced variation
- Lightweight
- Compact



New KQ2 Series



New Oval type release button added!

New Metal material: Stainless Steel 303



Body type: total of **51** models

Seal method: **3** types

Thread material/Surface treatment (Treated or Non-treated): **3** types^{*1}

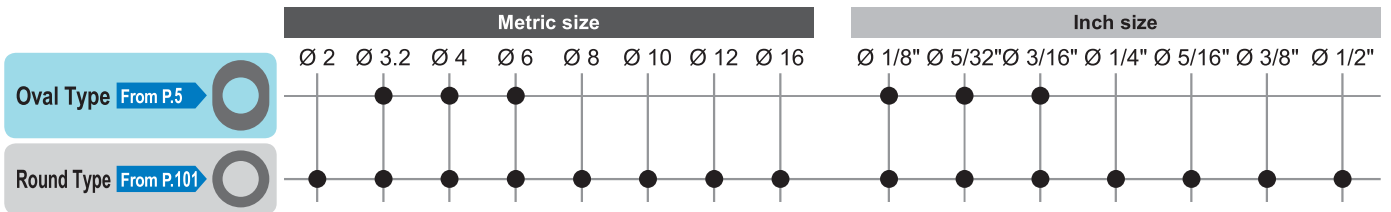
*1 Brass, Brass + Electroless nickel plating, Stainless Steel 303

Applicable tubing	Connection thread	Seal method/Release button shape					
		Sealant		Gasket seal		Face seal	
		Oval Type	Round Type	Oval Type	Round Type	Oval Type	Round Type
Metric size 	M						
	R						
	G						
	Uni						
Inch size 	UNF						
	NPT						
	M						
	R						
	Uni						

KQ2 Series


































































































































CAT.EUS50-37Dd-UK



Refer to the next page for details on the applicable tubing sizes of each shape.

Oval Type/Round Type Variations

Hexagon Socket Head Male Connector KQ2S*   	45° Male Elbow KQ2K   	Bulkhead Union KQ2E*   	Universal Female Elbow KQ2VF   
Universal Male Elbow KQ2V*   	Extended Male Elbow KQ2W*   	Bulkhead Connector KQ2E*   	Branch Universal Female Elbow KQ2ZF  
Male Connector KQ2H*   	Female Connector KQ2F*   	Straight Union KQ2H   	Different Diameter Straight KQ2H   
Cross KQ2TW   	Male Elbow KQ2L*   	Union Elbow KQ2L   	Plug-in Elbow KQ2L   
Reducer Elbow KQ2L   	Different Diameter Cross KQ2TX   	Male Branch Tee KQ2T*   	Union Tee KQ2T   
Different Diameter Tee KQ2T   	Different Diameter Tee KQ2T   	Different Diameter Cross KQ2TY   	Hexagon Socket Head Universal Male Elbow KQ2VS   
Branch Male Elbow KQ2LU*  	Female Elbow KQ2LF   	Double Universal Male Elbow KQ2VD   	Triple Universal Male Elbow KQ2VT   
Branch Universal Male Elbow KQ2Z  	Double Branch Universal Male Elbow KQ2ZD  	Male Run Tee KQ2Y*   	Triple Branch Universal Male Elbow KQ2ZT  
Branch Union Elbow KQ2LU  	Extended Plug-in Elbow KQ2W   	Male Delta Union KQ2D   	Delta Union KQ2D   
Double Branch "Y" KQ2UD*  	Different Diameter Double Union "Y" KQ2UD  	Different Diameter Plug-in "Y" KQ2X  	Double Plug-in "Y" KQ2XD  
Union "Y" KQ2U  	Different Diameter Union "Y" KQ2U  	Plug-in "Y" KQ2U  	Branch "Y" KQ2U*  
Plug-in Reducer KQ2R   	Bulkhead Male Elbow KQ2LE   	Tube Cap KQ2C   	

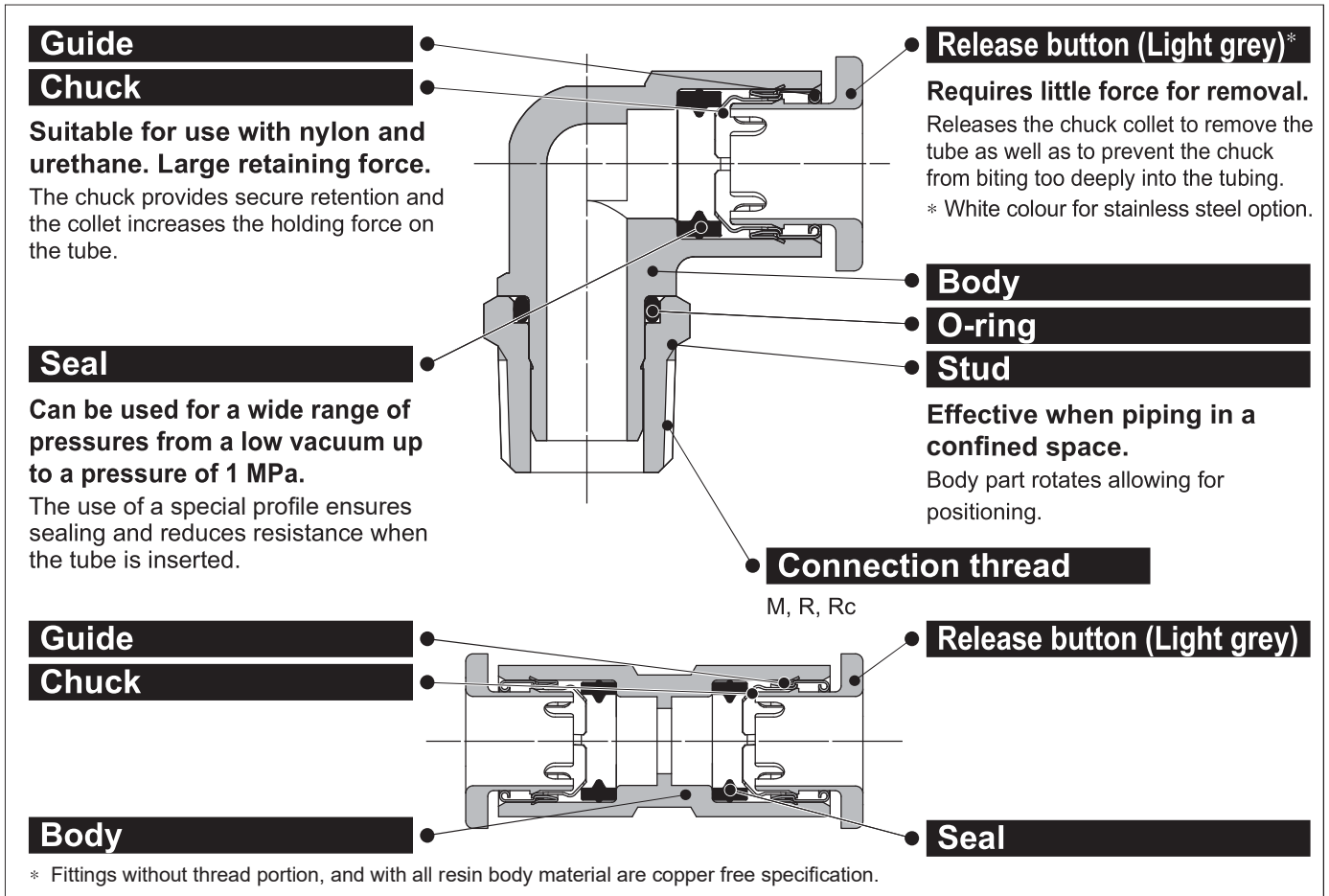
The supported release button type (oval type/round type) is shown next to each product.

* Stainless steel option available (KQ2-G)

Oval Type Metric Size One-touch Fittings

Applicable Tubing: Metric Size, Connection Thread: M, R, Rc

KQ2 Series



One-touch IN/OUT connection.
Possible to use in vacuum to -100 kPa.



Applicable Tubing

Tubing material	FEP, PFA, Nylon, Soft nylon, Polyurethane
Tubing O.D.	Ø 3.2, Ø 4, Ø 6

Specifications

Fluid		Air, Water*1
Operating pressure range*2		-100 kPa to 1 MPa
Proof pressure (at 23 °C)		3 MPa
Ambient and fluid temperature		-5 to 60 °C, Water: 0 to 40 °C (No freezing)
Thread	Mounting section	JIS B0203 (Taper thread for piping) JIS B0205 (Metric coarse thread)
	Nut section	JIS B0205 (Metric fine thread)
Seal on the threads		With sealant

*1 The surge pressure must be under the maximum operating pressure.

*2 Do not use the fittings with a leak tester or for vacuum retention because they are not guaranteed for zero leakage.

Principal Parts Material

Body	C3604, PBT, PP, Stainless steel 303
Stud	C3604 (Thread portion), Stainless steel 303 (Thread portion)
Chuck	Stainless steel 304
Guide	Stainless steel 304
Release button	POM
Seal, O-ring	NBR
Gasket	Stainless steel 304, NBR



Made to Order
(Refer to page 27 for details.)

KQ2 Series

Oval Type Applicable Tubing: Metric Size, Connection Thread: M, R, Rc

Dimensions

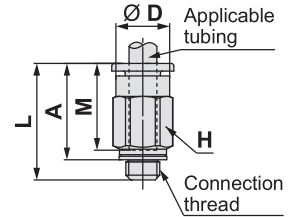
Male Connector: KQ2H (Gasket seal)



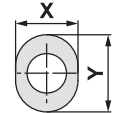
Applicable tubing O.D. [mm]	Connection thread	Model	H (Width across flats)	Ø D	Release button dimensions		L	A	M	Effective area [mm ²]		Min. port size	Weight [g]
					X	Y				Nylon	Urethane		
Ø 3.2	M3 x 0.5	KQ2H23-M3G1	7	6.9	6.7	9.5	17	14.4	13.3	0.9	0.9	1.2	2.4
	M5 x 0.8	KQ2H23-M5□1	7	6.9	6.7	9.5	17.3	14.3	13.3	3	2.5	2.5	2.7
Ø 4	M3 x 0.5	KQ2H04-M3G1	8	7.9	7.7	10	17.1	14.5	13.3	0.9	0.9	1.2	2.9
	M5 x 0.8	KQ2H04-M5■1	8	7.9	7.7	10	17.7	14.7	13.3	4	4	2.5	3.3
Ø 6	M6 x 1.0	KQ2H04-M6□1	8	7.9	7.7	10	18.7	14.7	13.3	5.6	4	3	3.6
	M5 x 0.8	KQ2H06-M5■1	10	9.9	9.7	12	17.7	14.7	13.3	4	4	2.5	4.1
	M6 x 1.0	KQ2H06-M6□1	10	9.9	9.7	12	18.8	14.8	13.3	5.6	5.6	3	4.4

□: A (Brass), N (Brass + Electroless nickel plating)

■: A (Brass), N (Brass + Electroless nickel plating), G (stainless steel)



Release button dimensions



Male Connector: KQ2H (Sealant)

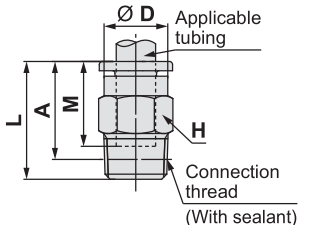


Applicable tubing O.D. [mm]	Connection thread	Model	H (Width across flats)	Ø D	Release button dimensions		L	A*1	M	Effective area [mm ²]		Min. port size	Weight [g]
					X	Y				Nylon	Urethane		
Ø 3.2	1/8	KQ2H23-01□S1	10	—	6.7	9.5	14	10.9	13.3	3.4	2.9	2.5	6
	1/4	KQ2H23-02□S1	14	—	6.7	9.5	16.7	12	13.3	3.4	2.9	2.5	15.3
Ø 4	1/8	KQ2H04-01■S1	10	—	7.7	10	14.3	11.2	13.3	4.8	3.4	3	5.6
	1/4	KQ2H04-02■S1	14	—	7.7	10	16.7	12	13.3	4.8	3.4	3	14.6
Ø 6	1/8	KQ2H06-01■S1	10	9.9	9.7	12	18.4	15.3	13.3	13.1	10.4	4.5	5.8
	1/4	KQ2H06-02■S1	14	—	9.7	12	16.7	12	13.3	13.1	10.4	4.5	12.5
	3/8	KQ2H06-03■S1	17	—	9.7	12	18.1	13	13.3	13.1	10.4	4.5	24.5

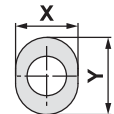
□: A (Brass), N (Brass + Electroless nickel plating)

■: A (Brass), N (Brass + Electroless nickel plating), G (stainless steel)

*1 Reference dimensions after installation of R thread



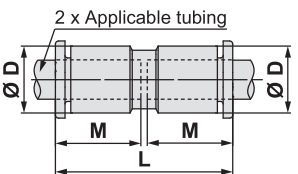
Release button dimensions



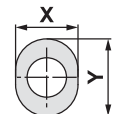
Straight Union: KQ2H



Applicable tubing O.D. [mm]	Model	Ø D	Release button dimensions		L	M	Effective area [mm ²]		Min. port size	Weight [g]
			X	Y			Nylon	Urethane		
Ø 3.2	KQ2H23-00A1	7.1	6.7	9.5	27.6	13.3	3.4	2.9	2.5	1.4
Ø 4	KQ2H04-00A1	8.2	7.7	10	27.6	13.3	5.6	4	3	1.6
Ø 6	KQ2H06-00A1	10.4	9.7	12	27.6	13.3	13.1	10.4	4.5	2.1



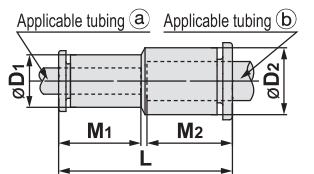
Release button dimensions



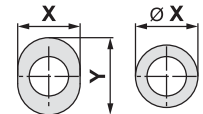
Different Diameter Straight: KQ2H



Applicable tubing O.D. [mm]	Model	Ø D ₁	Release button dimensions (a)		Ø D ₂	Release button dimensions (b)		L	M ₁	M ₂	Effective area [mm ²]		Min. port size	Weight [g]	
			Ø X (X)	Y		Ø X (X)	Y				Nylon	Urethane			
Ø 2	Ø 3.2	KQ2H02-23A1	5.8	5.5	—	7.1	6.7	9.5	26.2	11.9	13.3	—	0.9	1.4	1.1
Ø 2	Ø 4	KQ2H02-04A1	5.8	5.5	—	8.2	7.7	10	26.2	11.9	13.3	—	0.9	1.4	1.2
Ø 3.2	Ø 4	KQ2H23-04A1	7.1	6.7	9.5	8.2	7.7	10	27.6	13.3	13.3	3.4	2.9	2.5	1.5
Ø 3.2	Ø 6	KQ2H23-06A1	7.1	6.7	9.5	10.4	9.7	12	27.6	13.3	13.3	3.4	2.9	2.5	1.8
Ø 4	Ø 6	KQ2H04-06A1	8.2	7.7	10	10.4	9.7	12	27.6	13.3	13.3	5.6	5.6	3	2
Ø 6	Ø 8	KQ2H06-08A1	10.4	9.7	12	13.2	13	—	28.5	13.3	14.2	13.1	10.4	4.5	2.9



Release button dimensions



Applicable tubing O.D.:
Ø 3.2, Ø 4, Ø 6

KQ2 Series

Oval Type Applicable Tubing: Metric Size, Connection Thread: M, R, Rc

Dimensions

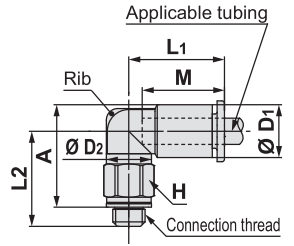
Male Elbow: KQ2L (Gasket seal)



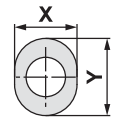
Applicable tubing O.D. [mm]	Connection thread M	Model	H (Width across flats)	Ø D1	Release button dimensions		Ø D2	L1	L2	A	M	Effective area [mm ²]		Min. port size	Weight [g]	With a rib
					X	Y						Nylon	Urethane			
Ø 3.2	M3 x 0.5	KQ2L23-M3G1	7	7.1	6.7	9.5	7	15.3	13.8	14.8	13.3	0.8	0.8	1.2	2.7	●
	M5 x 0.8	KQ2L23-M5□1	7	7.1	6.7	9.5	7	15.3	14.3	14.9	13.3	2.6	2.2	2.5	3.1	●
Ø 4	M3 x 0.5	KQ2L04-M3G1	7	8.2	7.7	10	7	15.4	14.3	15.8	13.3	0.8	0.8	1.2	2.7	●
	M5 x 0.8	KQ2L04-M5■1	7	8.2	7.7	10	7	15.4	14.8	15.9	13.3	3.5	3.5	2.5	3.1	●
Ø 6	M6 x 1.0	KQ2L04-M6□1	8	8.2	7.7	10	7	15.4	15.8	15.9	13.3	3.5	3.5	2.5	4.2	●
	M5 x 0.8	KQ2L06-M5■1	7	10.4	9.7	12	7	14.5	16.5	18.7	13.3	3.5	3.5	2.5	3.2	●
	M6 x 1.0	KQ2L06-M6□1	8	10.4	9.7	12	7	14.5	17.5	18.7	13.3	3.5	3.5	2.5	4.3	●

□: A (Brass), N (Brass + Electroless nickel plating)

■: A (Brass), N (Brass + Electroless nickel plating), G (stainless steel)



Release button dimensions



Male Elbow: KQ2L (Sealant)

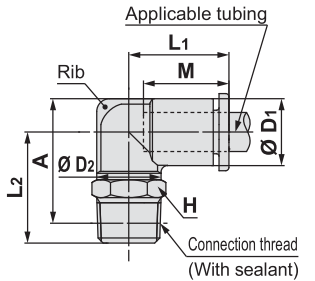


Applicable tubing O.D. [mm]	Connection thread R	Model	H (Width across flats)	Ø D1	Release button dimensions		Ø D2	L1	L2	A*1	M	Effective area [mm ²]		Min. port size	Weight [g]	With a rib
					X	Y						Nylon	Urethane			
Ø 3.2	1/8	KQ2L23-01□S1	10	7.1	6.7	9.5	10	14.5	16.7	17.2	13.3	3	2.5	2.5	4.6	—
	1/4	KQ2L23-02□S1	14	7.1	6.7	9.5	10	14.5	21.2	20.1	13.3	3	2.5	2.5	14.1	—
Ø 4	1/8	KQ2L04-01■S1	10	8.2	7.7	10	10	14.8	16.2	17.2	13.3	4.6	3.3	3	4.8	●
	1/4	KQ2L04-02■S1	14	8.2	7.7	10	10	14.8	21.7	21.1	13.3	4.6	3.3	3	14.3	●
Ø 6	1/8	KQ2L06-01■S1	10	10.4	9.7	12	10	15.5	17.3	19.4	13.3	11.4	9	4.5	5.2	—
	1/4	KQ2L06-02■S1	14	10.4	9.7	12	10	15.5	22.8	23.3	13.3	11.4	9	4.5	14.7	—
	3/8	KQ2L06-03■S1	17	10.4	9.7	12	10	15.5	24.1	24.2	13.3	11.4	9	4.5	26.5	—

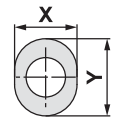
□: A (Brass), N (Brass + Electroless nickel plating)

■: A (Brass), N (Brass + Electroless nickel plating), G (stainless steel)

*1 Reference dimensions after installation of R thread



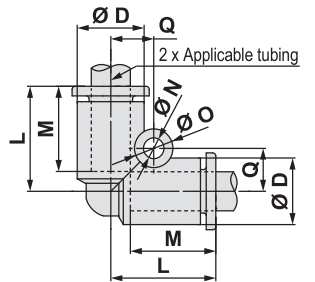
Release button dimensions



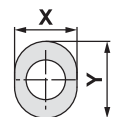
Union Elbow: KQ2L



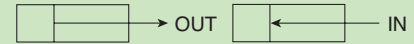
Applicable tubing O.D. [mm]	Model	Ø D	Release button dimensions		L	Q	M	Ø O	Ø N	Effective area [mm ²]		Min. port size	Weight [g]
			X	Y						Nylon	Urethane		
Ø 3.2	KQ2L23-00A1	7.1	6.7	9.5	14.9	5.4	13.3	6	3.2	3	2.5	2.5	1.6
Ø 4	KQ2L04-00A1	8.2	7.7	10	15.3	5.7	13.3	6	3.2	4.2	4.2	3	1.9
Ø 6	KQ2L06-00A1	10.4	9.7	12	16.3	6.8	13.3	6	3.2	11.4	9	4.5	2.7



Release button dimensions



Tablas de fuerzas teóricas



Nota: Fuerza teórica de un cilindro = presión x área efectiva. A la hora de seleccionar los cilindros para las diferentes aplicaciones, considere factores de carga adecuados. La información aquí suministrada sólo es aplicable a los cilindros de doble efecto. Todos los valores mostrados en estas tablas son en Newtons y están redondeados al número entero más próximo.

Tabla de fuerzas teóricas 1

Serie aplicable:

C76, C85, C95, C96, CG1, CG3, CP96, CS1, MXH (presión máx. 0.7 MPa).

Cuando se incluya más de un tamaño de vástago, revise las páginas de dimensiones para confirmar el diámetro de vástago aplicable. [N]

Diámetro [mm]	Tamaño de vástago [mm]	Dirección de funcionamiento	Área del émbolo [mm ²]	Presión de trabajo [MPa]								
				0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
6	3	OUT	28	6	8	11	14	17	20	—	—	—
		IN	21	4	6	8	11	13	15	—	—	—
8	4	OUT	50	10	15	20	25	30	35	40	45	50
		IN	38	8	11	15	19	23	26	30	34	38
10	4	OUT	79	16	24	31	39	47	55	63	71	79
		IN	66	13	20	26	33	40	46	53	59	66
12	6	OUT	113	23	34	45	57	68	79	90	102	113
		IN	85	17	25	34	42	51	59	68	76	85
16	5	OUT	201	40	60	80	101	121	141	161	181	201
		IN	181	36	54	73	91	109	127	145	163	181
	6	OUT	201	40	60	80	101	121	141	161	181	201
		IN	173	35	52	69	86	104	121	138	156	173
	8	OUT	201	40	60	80	101	121	141	—	—	—
		IN	151	30	45	60	75	90	106	—	—	—
20	8	OUT	314	63	94	126	157	188	220	251	283	314
		IN	264	53	79	106	132	158	185	211	238	264
	10	OUT	314	63	94	126	157	188	220	251	283	314
		IN	236	47	71	94	118	141	165	188	212	236
25	10	OUT	491	98	147	196	246	295	344	393	442	491
		IN	412	82	124	165	206	247	288	330	371	412
32	12	OUT	804	161	241	322	402	482	563	643	724	804
		IN	691	138	207	276	346	415	484	553	622	691
40	14	OUT	1260	252	378	504	630	756	882	1010	1130	1260
		IN	1100	220	330	440	550	660	770	880	990	1100
	16	OUT	1260	252	378	504	630	756	882	1010	1130	1260
		IN	1060	212	318	424	530	636	742	848	954	1060
50	20	OUT	1960	392	588	784	980	1180	1370	1570	1760	1960
		IN	1650	330	495	660	825	990	1160	1320	1490	1650
63	20	OUT	3120	624	936	1250	1560	1870	2180	2500	2810	3120
		IN	2800	560	840	1120	1400	1680	1960	2240	2520	2800
80	25	OUT	5030	1010	1510	2010	2520	3020	3520	4020	4530	5030
		IN	4540	908	1360	1820	2270	2720	3180	3630	4090	4540
100	30	OUT	7850	1570	2360	3140	3930	4710	5500	6280	7070	7850
		IN	7150	1430	2150	2860	3580	4290	5010	5720	6440	7150
125	36	OUT	12300	2460	3690	4920	6150	7380	8610	9840	11100	12300
		IN	11300	2260	3390	4520	5650	6780	7910	9040	10200	11300
140	36	OUT	15400	3080	4620	6160	7700	9240	10800	12300	13900	15400
		IN	14400	2880	4320	5760	7200	8640	10100	11500	13000	14400
160	40	OUT	20100	4020	6030	8040	10100	12100	14100	16100	18100	20100
		IN	18800	3760	5640	7520	9400	11300	13200	15000	16900	18800
180	45	OUT	25400	5080	7620	10200	12700	15200	17800	20300	22900	25400
		IN	23900	4780	7170	9560	12000	14300	16700	19100	21500	23900
200	50	OUT	31400	6280	9420	12600	15700	18800	22000	25100	28300	31400
		IN	29500	5900	8850	11800	14800	17700	20700	23600	26600	29500
250	60	OUT	49100	9820	14700	19600	24600	29500	34400	39300	44200	49100
		IN	46300	9260	13900	18500	23200	27800	32400	37000	41700	46300
300	70	OUT	70700	14100	21200	28300	35400	42400	49500	56600	63600	70700
		IN	66800	13400	20000	26700	33400	40100	46800	53400	60100	66800

Atuadores

Série	Tempo de Vida
C55	10 milhões ciclos / 1000km
C85	10 milhões ciclos
CG5	10 milhões ciclos / 3000km
CJP2	5 milhões ciclos
CM2	6,9 milhões ciclos
CP96	3457km (32-100); 1826km (125-250)
CQ2	10 milhões ciclos
CQM	5 milhões ciclos
CQS	10 milhões ciclos
CRB2	10 milhões ciclos
CUJ	10,2 milhões ciclos
JMGPM	5 milhões ciclos / 1000km
LEFB	5 milhões ciclos / 5000 km
LEFS	4,6 milhões / 7400km
LEY	5000km ou 30 milhões ciclos
MGPL	10 milhões ciclos
MGPM	10 milhões ciclos
MHZ2	31 milhões
MK2	3 milhões ciclos
MKB	3 milhões
MXQ	8,6 milhões
MXS	10 milhões
MY1B	3000 km
MY1M	3000km
RSDQ	2 milhões ciclos



6.2.3 Outros componentes

6.2.3.1 Eixo elétrico



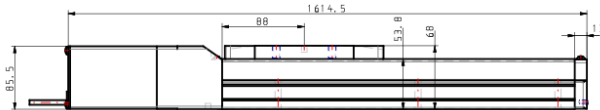
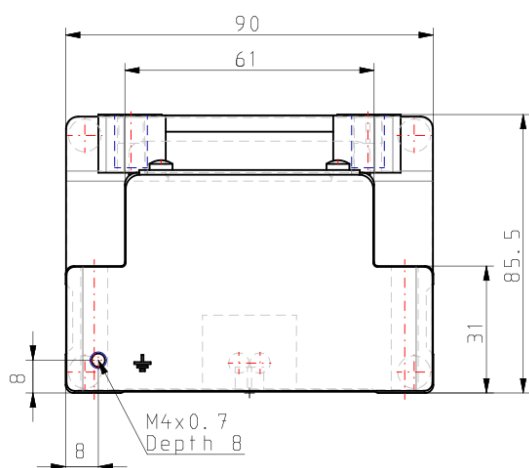
LEFS, Ball Screw Drive LEFSH40S4H-1200

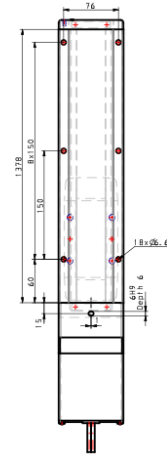
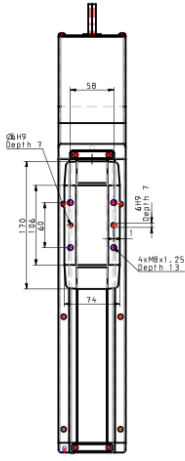
Datasheet

- Simplicity of installation and operation
- Locking mechanism for drop prevention
- Adjustable speed and positioning
- Compatible controllers: LECS, LECS-T and LECY.

Accuracy	H (High precision type)
Size	40 mm
Motor Mounting Position	In-line
AC Servo Motor	S4 (400W Output, Incremental Encoder, LECSA2)
Lead Screw	H (Size 25: 20mm, Size 32: 24 mm, Size 40: 30 mm)
Stroke	1200 mm
Motor Option	w/o Lock
Auto Switch Mounting Bracket	None
Seal Band Stopper	Standard
Positioning Pin Hole	Housing B Bottom
Actuator Cable	w/o Cable
Actuator Cable Length	w/o Cable
Driver	w/o Driver
I/O Connector	w/o Connector
Maximum ambient temperature	40 °C
Minimum ambient temperature	5 °C
Conform to the European RoHS Directive	Conform
Approvals	CE
Impact/Vibration resistance	50/20 m/s ²
Encoder	Incremental 17-bit encoder (Resolution: 131072 p/rev)
Horizontal work load	30 kg
Vertical work load	7 kg
Speed	500 mm/s
Max. Acceleration/deceleration	2000 mm/s ²

Dimensions

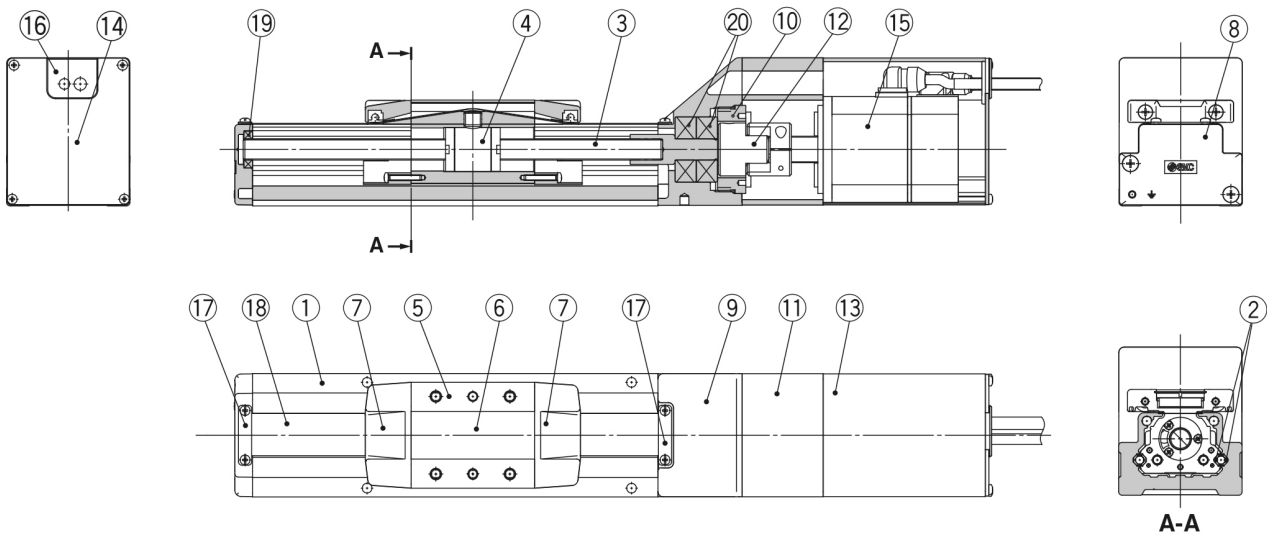




Constructions

Construction

In-line motor



Component Parts

No.	Description	Material	Note
1	Body	Aluminium alloy	Anodised
2	Rail guide	—	
3	Ball screw shaft	—	
4	Ball screw nut	—	
5	Table	Aluminium alloy	Anodised
6	Blanking plate	Aluminium alloy	Anodised
7	Seal band stopper	Synthetic resin	
8	Housing A	Aluminium die-cast	Coating
9	Housing B	Aluminium die-cast	Coating
10	Bearing stopper	Aluminium alloy	

No.	Description	Material	Note
11	Motor mount	Aluminium alloy	Coating
12	Coupling	—	
13	Motor cover	Aluminium alloy	Anodised
14	Motor end cover	Aluminium alloy	Anodised
15	Motor	—	
16	Grommet	NBR	
17	Band stopper	Stainless steel	
18	Dust seal band	Stainless steel	
19	Bearing	—	
20	Bearing	—	

Additional information

Catalogue

[LEF-Ee_EU.pdf](#)

Electric Actuator Model Selection Software

Selection results	Condition Input
<p>Electric actuator+Driver number : LEFSH40S4H-1200[]-[]A2[]</p> <p>Electric actuator number : LEFSH40S4H-1200</p> <p>Driver type : LECSA2-S4</p>	<p>Operation Method : Line</p> <p>Application : Transfer/Positioning</p> <p>Mounting orientation : Ceiling</p> <p>Stroke : 1200 mm</p> <p>Ambient temperature : 20 °C</p> <p>Work load : 10.00 kg</p> <p>Speed : 500.0 mm/s</p> <p>Duty ratio : 60 %</p> <p>Lx : 24 mm</p> <p>Ly : 0 mm</p> <p>Lz : 50 mm</p> <p>Acceleration : 10000 mm/s²</p> <p>Deceleration : 10000 mm/s²</p>
Specifications	
<p>Motor layout : In-line mounting</p> <p>Motor type : AC servo motor (incremental encoder)</p> <p>Guide type : Linear guide</p> <p>Lead ? : 30 mm</p> <p>Lost motion ? : 0.05 or less mm</p> <p>Positioning repeatability : +/-0.01 mm</p> <p>Mass : 11.72 kg</p> <p>Encoder : Incremental 17bit encoder(resolution: 131072p/rev)</p> <p>Power consumption ? : 210 W</p> <p>Standby power consumption ? : 2 W</p> <p>Immediate maximum power ? : 1275 W</p>	

Cycle time	
	<p>Traveling distance <input type="text" value="1200"/> mm [1~1200]</p> <p>Acceleration <input type="text" value="10000"/> mm/s² [1~19985]</p> <p>Speed <input type="text" value="500.0"/> mm/s [0.1~500]</p> <p>Deceleration <input type="text" value="10000"/> mm/s² [1~19985]</p> <p>Settling time ? <input checked="" type="radio"/> With <input type="radio"/> Without</p> <p>Acceleration timeT1 ? : 0.05 s</p> <p>Constant speed timeT2 ? : 2.35 s</p> <p>Deceleration timeT3 ? : 0.05 s</p> <p>Settling timeT4 : 0.05 s</p> <p>Cycle timeT : 2.49 s</p>
<p>⚠ Caution: The settling time varies due to conditions such as motor type, workload or step data specifying "In-Posn" positioning width. The settling time mentioned above is for reference only.</p>	

Calculation results				
Result	Unit	Input values/ Calc. values	Allowable range	Rate
Acceleration	mm/s ²	10000	1~19985	50%
Deceleration	mm/s ²	10000	1~19985	50%
Speed	mm/s	500.0	0.1~500	100%
Work load	kg	10.00	0~30	33%
Load factor	-	0.16	0~1	16%

Comments

Please provide a description.

2020-06-26

Version:1.8.03

Electric Actuator Model Selection Software

Selection results	Condition Input
<p>Electric actuator+Driver number : LEFSH40S4H-1200[]-[]A2[]</p> <p>Electric actuator number : LEFSH40S4H-1200</p> <p>Driver type : LECSA2-S4</p>	<p>Operation Method : Line</p> <p>Application : Transfer/Positioning</p> <p>Mounting orientation : Ceiling</p> <p>Stroke : 1200 mm</p> <p>Ambient temperature : 20 °C</p> <p>Work load : 10.00 kg</p> <p>Speed : 400.0 mm/s</p> <p>Duty ratio : 60 %</p> <p>Lx : 24 mm</p> <p>Ly : 0 mm</p> <p>Lz : 50 mm</p> <p>Acceleration : 5000 mm/s²</p> <p>Deceleration : 5000 mm/s²</p>
Specifications	
<p>Motor layout : In-line mounting</p> <p>Motor type : AC servo motor (incremental encoder)</p> <p>Guide type : Linear guide</p> <p>Lead ? : 30 mm</p> <p>Lost motion ? : 0.05 or less mm</p> <p>Positioning repeatability : +/-0.01 mm</p> <p>Mass : 11.72 kg</p> <p>Encoder : Incremental 17bit encoder(resolution: 131072p/rev)</p> <p>Power consumption ? : 210 W</p> <p>Standby power consumption ? : 2 W</p> <p>Immediate maximum power ? : 1275 W</p>	

Cycle time	
	<p>Traveling distance <input type="text" value="1200"/> mm [1~1200]</p> <p>Acceleration <input type="text" value="5000"/> mm/s² [1~19985]</p> <p>Speed <input type="text" value="400.0"/> mm/s [0.1~500]</p> <p>Deceleration <input type="text" value="5000"/> mm/s² [1~19985]</p> <p>Settling time ? <input checked="" type="radio"/> With <input type="radio"/> Without</p> <p>Acceleration timeT1 ? : 0.08 s</p> <p>Constant speed timeT2 ? : 2.92 s</p> <p>Deceleration timeT3 ? : 0.08 s</p> <p>Settling timeT4 : 0.05 s</p> <p>Cycle timeT : 3.13 s</p>
<p>⚠ Caution: The settling time varies due to conditions such as motor type, workload or step data specifying "In-Posn" positioning width. The settling time mentioned above is for reference only.</p>	

Calculation results				
Result	Unit	Input values/ Calc. values	Allowable range	Rate
Acceleration	mm/s ²	5000	1~19985	25%
Deceleration	mm/s ²	5000	1~19985	25%
Speed	mm/s	400.0	0.1~500	80%
Work load	kg	10.00	0~30	33%
Load factor	-	0.11	0~1	11%

Comments

Please provide a description.

2020-06-29

Version:1.8.03

Electric Actuator Model Selection Software

Selection results

Electric actuator+Driver number : LEFSH40S4H-1200-[]A2[]
Electric actuator number : LEFSH40S4H-1200
Driver type : LECSA2-S4

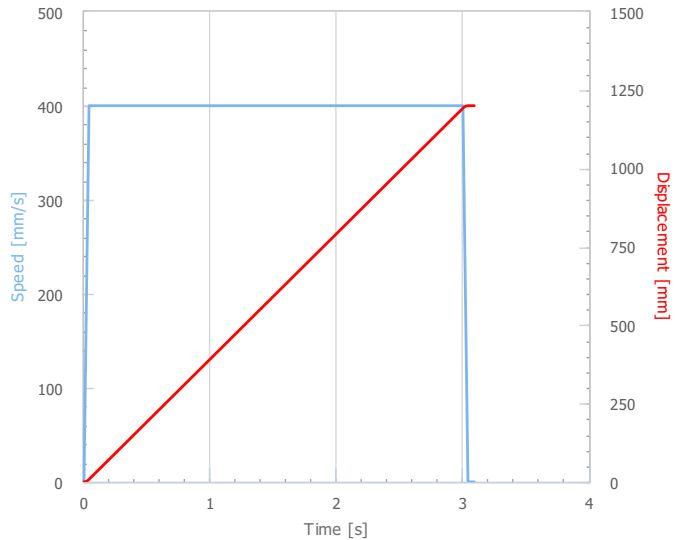
Condition Input

Operation Method : Line
Application : Transfer/Positioning
Mounting orientation : Ceiling
Stroke : 1200 mm
Ambient temperature : 20 °C
Work load : 10.00 kg
Speed : 400.0 mm/s
Duty ratio : 60 %
Lx : 24 mm
Ly : 0 mm
Lz : 50 mm
Acceleration : 10000 mm/s²
Deceleration : 10000 mm/s²

Specifications

Motor layout : In-line mounting
Motor type : AC servo motor (incremental encoder)
Guide type : Linear guide
Lead ? : 30 mm
Lost motion ? : 0.05 or less mm
Positioning repeatability : +/-0.01 mm
Mass : 11.72 kg
Encoder : Incremental 17bit encoder(resolution: 131072p/rev)
Power consumption ? : 210 W
Standby power consumption ? : 2 W
Immediate maximum power ? : 1275 W

Cycle time



Traveling distance mm [1~1200]
Acceleration mm/s² [1~19985]
Speed mm/s [0.1~500]
Deceleration mm/s² [1~19985]
Settling time ? With Without
Acceleration timeT1 ? : 0.04 s
Constant speed timeT2 ? : 2.96 s
Deceleration timeT3 ? : 0.04 s
Settling timeT4 : 0.05 s
Cycle timeT : 3.09 s

⚠ Caution:
 The settling time varies due to conditions such as motor type, workload or step data specifying "In-Posn" positioning width.
 The settling time mentioned above is for reference only.

Calculation results

Result	Unit	Input values/ Calc. values	Allowable range	Rate
Acceleration	mm/s ²	10000	1~19985	50%
Deceleration	mm/s ²	10000	1~19985	50%
Speed	mm/s	400.0	0.1~500	80%
Work load	kg	10.00	0~30	33%
Load factor	-	0.16	0~1	16%

Comments

Please provide a description.

2020-06-29

Version:1.8.03

6.2.3.2 *Calha articulada*

Folha de dados de produto 0.66m E2.10.16.018.0 + E2.100.16.12PZ.A2

Configuração

Opções	Valores
Área de produto	31
Nº de artº	E2.10.16.018.0
Modus	0
DimSketch	0
SaveConfig	0
Detalhes	1
Parâmetros internos	1
Calha articulada	
Nº de art.	E2.10.16.018.0
Largura interior da calha articulada Bi (mm)	16
Largura exterior da calha articulada Ba (mm)	23.4
Raio de curvatura R (mm)	18
Tipo de aplicação	Sem suporte
Altura nominal com folga H (mm)	51
Altura necessária com folga HF (mm)	61
Comprimento da calha	Calcular
Ponto fixo no centro do curso	Sim
Curso S	1100
Posição do ponto móvel	550
Terminal no ponto móvel	Plástico fixo com elemento de fixação
Terminal no ponto fixo	Plástico fixo com elemento de fixação
Condições de instalação possíveis	A2
Informação do pedido	
Calha articulada	E2.10.16.018.0
Anschlusselemente Satz	E2.100.16.12PZ.A2
Designação para encomenda	0.66m E2.10.16.018.0 + E2.100.16.12PZ.A2
Apresentar opções / valores calculados	
Nível de detalhe	Standard
Visualização	Calha completa
Comprimento da calha calculado [mm]	660
Nº de elos da calha articulada	33
Tenha em atenção que o espaço de instalação necessário para a calha articulada é diferente do apresentado no desenho. As especificações precisas estão incluídas no nosso catálogo online.	

Anexos / Ficheiros CAD

Clique duas vezes com o botão esquerdo do mouse sobre o símbolo de um clipe para abrir um arquivo. É possível também salvar um arquivo ao clicar no símbolo com o botão direito do mouse.

[0_66m_E2_10_16_018_0__E2_100_16_12PZ_A2_17.stp \(STP AP 214\)](#)

[0_66m_E2_10_16_018_0__E2_100_16_12PZ_A2_17_front.dwf \(DWF\)](#)

6.2.3.3 *Casquilhos e rolamentos*



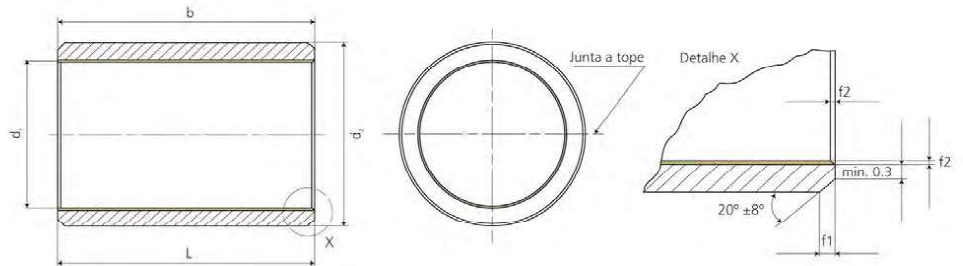
POLYLANEMA

PRODUTOS STANDARD
CASQUILHOS SELFOIL
CASQUILHOS METÁLICOS
SILENCIADORES E FILTROS BRONFIL
VEIOS RECTIFICADOS E TEMPERADOS
CHAVETAS



02 CASQUILHOS METÁLICOS

PAP - P11



PAP - P11

d= Ø int.	Referência	Peso g	Medidas				
			d ₁	d ₂	b _{±0,25}	f ₁ '	f ₂ '
4	PAP 0406 P11	0.8	4	6	6	0.6	0.3
5	PAP 0505 P11	0.8	5	7	5	0.6	0.3
6	PAP 0606 P11	1.1	6	8	6	0.6	0.3
6	PAP 0610 P11	1.9	6	8	10	0.6	0.3
8	PAP 0808 P11	1.8	8	10	8	0.6	0.3
8	PAP 0810 P11	2.2	8	10	10	0.6	0.3
8	PAP 0812 P11	2.7	8	10	12	0.6	0.3
10	PAP 1005 P11	1.4	10	12	5	0.6	0.3
10	PAP 1010 P11	2.7	10	12	10	0.6	0.3
10	PAP 1015 P11	4.2	10	12	15	0.6	0.3
10	PAP 1020 P11	5.6	10	12	20	0.6	0.3
12	PAP 1210 P11	3.3	12	14	10	0.6	0.3
12	PAP 1212 P11	4.1	12	14	12	0.6	0.3
12	PAP 1215 P11	5.2	12	14	15	0.6	0.3
12	PAP 1220 P11	6.9	12	14	20	0.6	0.3
12	PAP 1225 P11	8.7	12	14	25	0.6	0.3
14	PAP 1415 P11	6	14	16	15	0.6	0.3
15	PAP 1515 P11	6.8	15	17	15	0.6	0.3
15	PAP 1525 P11	10.3	15	17	25	0.6	0.3
16	PAP 1615 P11	6.7	16	18	15	0.6	0.3
16	PAP 1625 P11	11	16	18	25	0.6	0.3
18	PAP 1815 P11	7.4	18	20	15	0.6	0.3
18	PAP 1825 P11	12.2	18	20	25	0.6	0.3
20	PAP 2015 P11	13.3	20	23	15	0.6	0.4
20	PAP 2020 P11	17	20	23	20	0.6	0.4
20	PAP 2025 P11	21.3	20	23	25	0.6	0.4
20	PAP 2030 P11	25.5	20	23	30	0.6	0.4
22	PAP 2215 P11	15.7	22	25	15	0.6	0.4
22	PAP 2220 P11	20.9	22	25	20	0.6	0.4

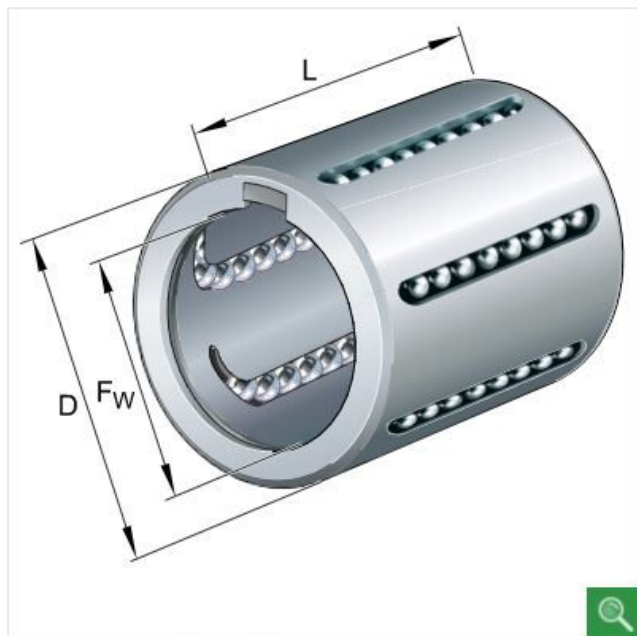
d= Ø int.	Referência	Peso g	Medidas				
			d ₁	d ₂	b _{±0,25}	f ₁ '	f ₂ '
22	PAP 2225 P11	26.5	22	25	25	0.6	0.4
24	PAP 2430 P11	34.1	24	27	30	0.6	0.4
25	PAP 2525 P11	29.4	25	28	25	0.6	0.4
25	PAP 2530 P11	35.3	25	28	30	0.6	0.4
28	PAP 2830 P11	46	28	32	30	1.2	0.4
30	PAP 3020 P11	36.8	30	34	20	1.2	0.4
30	PAP 3030 P11	55	30	34	30	1.2	0.4
30	PAP 3040 P11	74	30	34	40	1.2	0.4
35	PAP 3520 P11	44	35	39	20	1.2	0.4
35	PAP 3530 P11	66	35	39	30	1.2	0.4
40	PAP 4050 P11	119	40	44	50	1.2	0.4
45	PAP 4550 P11	186	45	50	50	1.8	0.6
50	PAP 5030 P11	134	50	55	30	1.8	0.6
50	PAP 5040 P11	179	50	55	40	1.8	0.6
50	PAP 5060 P11	269	50	55	60	1.8	0.6
55	PAP 5540 P11	155	55	60	40	1.8	0.6
60	PAP 6040 P11	168	60	65	40	1.8	0.6
60	PAP 6050 P11	211	60	65	50	1.8	0.6
60	PAP 6060 P11	253	60	65	60	1.8	0.6
60	PAP 6070 P11	295	60	65	70	1.8	0.6
70	PAP 7050 P11	245	70	75	50	1.8	0.6
70	PAP 7070 P11	342	70	75	70	1.8	0.6
80	PAP 8060 P11	332	80	85	60	1.8	0.6
80	PAP 80100 P11	554	80	85	100	1.8	0.6
90	PAP 9060 P11	353	90	95	60	1.8	0.6
90	PAP 90100 P11	588	90	95	100	1.8	0.6
95	PAP 9560 P11	430	95	100	60	1.8	0.6
100	PAP 10060 P11	412	100	105	60	1.8	0.6
100	PAP 100115 P11	790	100	105	115	1.8	0.6























Tolerâncias de montagem recomendadas:

Eixo	5 ≤ dw < 80: f7	Alojamento	H7
	80 ≤ dw		:h8

Tolerâncias para os chanfros exteriores e interiores :

f ₁ = 0.6: ± 0.4	f ₂ = 0.3: ± 0.2
f ₁ = 1.2: ± 0.4	f ₂ = 0.4: ± 0.3
f ₁ = 1.8: ± 0.6	f ₂ = 0.6: ± 0.4



	F_w mm	D mm	L mm	
KH06	6	12	22	CAD  
KH08	8	15	24	CAD  
KH10	10	17	26	CAD  
KH12	12	19	28	CAD  
KH14	14	21	28	CAD  
KH16	16	24	30	CAD  
KH20	20	28	30	CAD  
KH25	25	35	40	CAD  
KH30	30	40	50	CAD  
KH40	40	52	60	CAD  
KH50	50	62	70	CAD  
	F_w mm	D mm	L mm	

6.2.3.4 *Pés niveladores*

LV.A-ESD-C

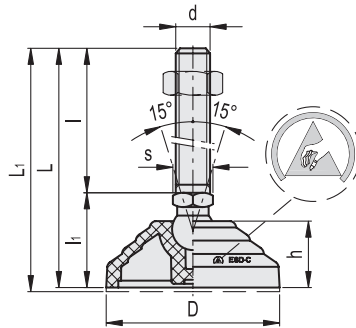
LV.A-AS-ESD-C

Code	Description	Code	Description	D	d	L	L1#	l	li	h	s	Articulation Ø	Max. limit static load* [N]	Δ ₁	Δ ₂	#
303621-ESD	LV.A-60-24-M16x58-ESD-C	307621-ESD	LV.A-60-24-AS-M16x58-ESD-C	60	M16	101	104	58	43	24	24	24	18000	205	224	
303625-ESD	LV.A-60-24-M16x98-ESD-C	307625-ESD	LV.A-60-24-AS-M16x98-ESD-C	60	M16	141	144	98	43	24	24	24	18000	256	275	
303641-ESD	LV.A-60-24-M16x138-ESD-C	307641-ESD	LV.A-60-24-AS-M16x138-ESD-C	60	M16	181	184	138	43	24	24	24	18000	306	325	
303661-ESD	LV.A-60-24-M16x158-ESD-C	307661-ESD	LV.A-60-24-AS-M16x158-ESD-C	60	M16	201	204	158	43	24	24	24	18000	333	352	
303725-ESD	LV.A-60-24-M20x98-ESD-C	307725-ESD	LV.A-60-24-AS-M20x98-ESD-C	60	M20	141	144	98	43	24	24	24	18000	326	345	
303741-ESD	LV.A-60-24-M20x138-ESD-C	307741-ESD	LV.A-60-24-AS-M20x138-ESD-C	60	M20	181	184	138	43	24	24	24	18000	405	424	
303761-ESD	LV.A-60-24-M20x158-ESD-C	307761-ESD	LV.A-60-24-AS-M20x158-ESD-C	60	M20	201	204	158	43	24	24	24	18000	444	463	
303781-ESD	LV.A-60-24-M20x198-ESD-C	307781-ESD	LV.A-60-24-AS-M20x198-ESD-C	60	M20	241	244	198	43	24	24	24	18000	527	546	
303825-ESD	LV.A-60-24-M24x98-ESD-C	307825-ESD	LV.A-60-24-AS-M24x98-ESD-C	60	M24	141	144	98	43	24	24	24	18000	424	443	
303861-ESD	LV.A-60-24-M24x158-ESD-C	307861-ESD	LV.A-60-24-AS-M24x158-ESD-C	60	M24	201	204	158	43	24	24	24	18000	596	615	
303881-ESD	LV.A-60-24-M24x198-ESD-C	307881-ESD	LV.A-60-24-AS-M24x198-ESD-C	60	M24	241	244	198	43	24	24	24	18000	714	733	
304005-ESD	LV.A-70-14-M8x43-ESD-C	308005-ESD	LV.A-70-14-AS-M8x43-ESD-C	70	M8	71	74	43	28	19	14	14	14000	60	80	
304011-ESD	LV.A-70-14-M8x68-ESD-C	308011-ESD	LV.A-70-14-AS-M8x68-ESD-C	70	M8	96	99	68	28	19	14	14	14000	72	92	
304021-ESD	LV.A-70-14-M10x43-ESD-C	308021-ESD	LV.A-70-14-AS-M10x43-ESD-C	70	M10	71	74	43	28	19	14	14	14000	69	89	
304025-ESD	LV.A-70-14-M10x68-ESD-C	308025-ESD	LV.A-70-14-AS-M10x68-ESD-C	70	M10	96	99	68	28	19	14	14	14000	81	101	
304031-ESD	LV.A-70-14-M10x98-ESD-C	308031-ESD	LV.A-70-14-AS-M10x98-ESD-C	70	M10	126	129	98	28	19	14	14	14000	95	115	
304061-ESD	LV.A-70-14-M12x43-ESD-C	308061-ESD	LV.A-70-14-AS-M12x43-ESD-C	70	M12	71	74	43	28	19	14	14	14000	79	99	
304065-ESD	LV.A-70-14-M12x68-ESD-C	308065-ESD	LV.A-70-14-AS-M12x68-ESD-C	70	M12	96	99	68	28	19	14	14	14000	96	116	
304071-ESD	LV.A-70-14-M12x98-ESD-C	308071-ESD	LV.A-70-14-AS-M12x98-ESD-C	70	M12	126	129	98	28	19	14	14	14000	117	137	
304075-ESD	LV.A-70-14-M14x68-ESD-C	308075-ESD	LV.A-70-14-AS-M14x68-ESD-C	70	M14	96	99	68	28	19	14	14	14000	118	138	
304081-ESD	LV.A-70-14-M14x98-ESD-C	308081-ESD	LV.A-70-14-AS-M14x98-ESD-C	70	M14	126	129	98	28	19	14	14	14000	139	159	
304085-ESD	LV.A-70-14-M14x148-ESD-C	308085-ESD	LV.A-70-14-AS-M14x148-ESD-C	70	M14	176	179	148	28	19	14	14	14000	222	242	
304101-ESD	LV.A-70-14-M16x68-ESD-C	308101-ESD	LV.A-70-14-AS-M16x68-ESD-C	70	M16	96	99	68	28	19	16	14	14000	140	160	
304105-ESD	LV.A-70-14-M16x108-ESD-C	308105-ESD	LV.A-70-14-AS-M16x108-ESD-C	70	M16	136	139	108	28	19	16	14	14000	192	212	
304111-ESD	LV.A-70-14-M16x148-ESD-C	308111-ESD	LV.A-70-14-AS-M16x148-ESD-C	70	M16	176	179	148	28	19	16	14	14000	244	264	
304115-ESD	LV.A-70-14-M16x168-ESD-C	308115-ESD	LV.A-70-14-AS-M16x168-ESD-C	70	M16	196	199	168	28	19	16	14	14000	270	290	
304121-ESD	LV.A-80-14-M8x43-ESD-C	308121-ESD	LV.A-80-14-AS-M8x43-ESD-C	80	M8	76	79	43	33	24	14	14	16000	83	109	
304125-ESD	LV.A-80-14-M8x68-ESD-C	308125-ESD	LV.A-80-14-AS-M8x68-ESD-C	80	M8	101	104	68	33	24	14	14	16000	95	121	
304221-ESD	LV.A-80-14-M10x43-ESD-C	308221-ESD	LV.A-80-14-AS-M10x43-ESD-C	80	M10	76	79	43	33	24	14	14	16000	92	118	
304225-ESD	LV.A-80-14-M10x68-ESD-C	308225-ESD	LV.A-80-14-AS-M10x68-ESD-C	80	M10	101	104	68	33	24	14	14	16000	104	130	
304231-ESD	LV.A-80-14-M10x98-ESD-C	308231-ESD	LV.A-80-14-AS-M10x98-ESD-C	80	M10	131	134	98	33	24	14	14	16000	118	144	
304321-ESD	LV.A-80-14-M12x43-ESD-C	308321-ESD	LV.A-80-14-AS-M12x43-ESD-C	80	M12	76	79	43	33	24	14	14	16000	102	128	
304325-ESD	LV.A-80-14-M12x68-ESD-C	308325-ESD	LV.A-80-14-AS-M12x68-ESD-C	80	M12	101	104	68	33	24	14	14	16000	119	145	
304331-ESD	LV.A-80-14-M12x98-ESD-C	308331-ESD	LV.A-80-14-AS-M12x98-ESD-C	80	M12	131	134	98	33	24	14	14	16000	140	166	
304421-ESD	LV.A-80-14-M14x68-ESD-C	308421-ESD	LV.A-80-14-AS-M14x68-ESD-C	80	M14	101	104	68	33	24	14	14	16000	141	167	
304431-ESD	LV.A-80-14-M14x98-ESD-C	308431-ESD	LV.A-80-14-AS-M14x98-ESD-C	80	M14	131	134	98	33	24	14	14	16000	162	188	
304441-ESD	LV.A-80-14-M14x148-ESD-C	308441-ESD	LV.A-80-14-AS-M14x148-ESD-C	80	M14	181	184	148	33	24	14	14	16000	245	271	
304521-ESD	LV.A-80-14-M16x68-ESD-C	308521-ESD	LV.A-80-14-AS-M16x68-ESD-C	80	M16	101	104	68	33	24	16	14	16000	163	189	
304525-ESD	LV.A-80-14-M16x108-ESD-C	308525-ESD	LV.A-80-14-AS-M16x108-ESD-C	80	M16	141	144	108	33	24	16	14	16000	215	241	
304541-ESD	LV.A-80-14-M16x148-ESD-C	308541-ESD	LV.A-80-14-AS-M16x148-ESD-C	80	M16	181	184	148	33	24	16	14	16000	267	293	
304561-ESD	LV.A-80-14-M16x168-ESD-C	308561-ESD	LV.A-80-14-AS-M16x168-ESD-C	80	M16	201	204	168	33	24	16	14	16000	293	319	
304621-ESD	LV.A-80-24-M16x58-ESD-C	308621-ESD	LV.A-80-24-AS-M16x58-ESD-C	80	M16	101	104	58	43	24	24	24	18000	225	251	
304625-ESD	LV.A-80-24-M16x98-ESD-C	308625-ESD	LV.A-80-24-AS-M16x98-ESD-C	80	M16	141	144	98	43	24	24	24	18000	276	302	
304641-ESD	LV.A-80-24-M16x138-ESD-C	308641-ESD	LV.A-80-24-AS-M16x138-ESD-C	80	M16	181	184	138	43	24	24	24	18000	326	352	
304661-ESD	LV.A-80-24-M16x158-ESD-C	308661-ESD	LV.A-80-24-AS-M16x158-ESD-C	80	M16	201	204	158	43	24	24	24	18000	353	379	
304725-ESD	LV.A-80-24-M20x98-ESD-C	308725-ESD	LV.A-80-24-AS-M20x98-ESD-C	80	M20	141	144	98	43	24	24	24	18000	346	372	
304741-ESD	LV.A-80-24-M20x138-ESD-C	308741-ESD	LV.A-80-24-AS-M20x138-ESD-C	80	M20	181	184	138	43	24	24	24	18000	425	451	
304761-ESD	LV.A-80-24-M20x158-ESD-C	308761-ESD	LV.A-80-24-AS-M20x158-ESD-C	80	M20	201	204	158	43	24	24	24	18000	464	490	
304781-ESD	LV.A-80-24-M20x198-ESD-C	308781-ESD	LV.A-80-24-AS-M20x198-ESD-C	80	M20	241	244	198	43	24	24	24	18000	547	573	
304825-ESD	LV.A-80-24-M24x98-ESD-C	308825-ESD	LV.A-80-24-AS-M24x98-ESD-C	80	M24	141	144	98	43	24	24	24	18000	444	470	
304861-ESD	LV.A-80-24-M24x158-ESD-C	308861-ESD	LV.A-80-24-AS-M24x158-ESD-C	80	M24	201	204	158	43	24	24	24	18000	616	642	
304881-ESD	LV.A-80-24-M24x198-ESD-C	308881-ESD	LV.A-80-24-AS-M24x198-ESD-C	80	M24	241	244	198	43	24	24	24	18000	734	760	

* The max static load is the value above which the load applied to the element may cause some plastic material breakage, in particular conditions of use. Obviously, a factor that takes into consideration the importance and the safety level of the specific application must be applied to this value.

Data with no-slip disk mounted.





LV.A-ESD-C

LV.A-AS-ESD-C

Code	Description	Code	Description	D	d	L	l1#	l	h	s	Articulation	Max. limit static load* [N]	#	
305451-ESD	LV.A-100-14-M8x43-ESD-C	309451-ESD	LV.A-100-14-AS-M8x43-ESD-C	100	M8	76	79	43	33	24	14	18000	91	146
305453-ESD	LV.A-100-14-M8x68-ESD-C	309453-ESD	LV.A-100-14-AS-M8x68-ESD-C	100	M8	101	104	68	33	24	14	18000	103	158
305461-ESD	LV.A-100-14-M10x43-ESD-C	309461-ESD	LV.A-100-14-AS-M10x43-ESD-C	100	M10	76	79	43	33	24	14	18000	100	155
305463-ESD	LV.A-100-14-M10x68-ESD-C	309463-ESD	LV.A-100-14-AS-M10x68-ESD-C	100	M10	101	104	68	33	24	14	18000	112	167
305465-ESD	LV.A-100-14-M10x98-ESD-C	309465-ESD	LV.A-100-14-AS-M10x98-ESD-C	100	M10	131	134	98	33	24	14	18000	126	181
305471-ESD	LV.A-100-14-M12x43-ESD-C	309471-ESD	LV.A-100-14-AS-M12x43-ESD-C	100	M12	76	79	43	33	24	14	18000	110	165
305473-ESD	LV.A-100-14-M12x68-ESD-C	309473-ESD	LV.A-100-14-AS-M12x68-ESD-C	100	M12	101	104	68	33	24	14	18000	127	182
305475-ESD	LV.A-100-14-M12x98-ESD-C	309475-ESD	LV.A-100-14-AS-M12x98-ESD-C	100	M12	131	134	98	33	24	14	18000	148	203
305477-ESD	LV.A-100-14-M14x68-ESD-C	309477-ESD	LV.A-100-14-AS-M14x68-ESD-C	100	M14	101	104	68	33	24	14	18000	149	204
305479-ESD	LV.A-100-14-M14x98-ESD-C	309479-ESD	LV.A-100-14-AS-M14x98-ESD-C	100	M14	131	134	98	33	24	14	18000	170	225
305480-ESD	LV.A-100-14-M14x148-ESD-C	309480-ESD	LV.A-100-14-AS-M14x148-ESD-C	100	M14	181	184	148	33	24	14	18000	253	308
305481-ESD	LV.A-100-14-M16x68-ESD-C	309481-ESD	LV.A-100-14-AS-M16x68-ESD-C	100	M16	101	104	68	33	24	16	18000	171	226
305483-ESD	LV.A-100-14-M16x108-ESD-C	309483-ESD	LV.A-100-14-AS-M16x108-ESD-C	100	M16	141	144	108	33	24	16	18000	223	278
305485-ESD	LV.A-100-14-M16x148-ESD-C	309485-ESD	LV.A-100-14-AS-M16x148-ESD-C	100	M16	181	184	148	33	24	16	18000	275	330
305487-ESD	LV.A-100-14-M16x168-ESD-C	309487-ESD	LV.A-100-14-AS-M16x168-ESD-C	100	M16	201	204	168	33	24	16	18000	301	356
305521-ESD	LV.A-100-24-M16x58-ESD-C	309521-ESD	LV.A-100-24-AS-M16x58-ESD-C	100	M16	101	104	58	43	24	24	25000	251	305
305525-ESD	LV.A-100-24-M16x98-ESD-C	309525-ESD	LV.A-100-24-AS-M16x98-ESD-C	100	M16	141	144	98	43	24	24	25000	302	356
305541-ESD	LV.A-100-24-M16x138-ESD-C	309541-ESD	LV.A-100-24-AS-M16x138-ESD-C	100	M16	181	184	138	43	24	24	25000	352	406
305561-ESD	LV.A-100-24-M16x158-ESD-C	309561-ESD	LV.A-100-24-AS-M16x158-ESD-C	100	M16	201	204	158	43	24	24	25000	379	433
305625-ESD	LV.A-100-24-M20x98-ESD-C	309625-ESD	LV.A-100-24-AS-M20x98-ESD-C	100	M20	141	144	98	43	24	24	25000	372	426
305641-ESD	LV.A-100-24-M20x138-ESD-C	309641-ESD	LV.A-100-24-AS-M20x138-ESD-C	100	M20	181	184	138	43	24	24	25000	451	505
305661-ESD	LV.A-100-24-M20x158-ESD-C	309661-ESD	LV.A-100-24-AS-M20x158-ESD-C	100	M20	201	204	158	43	24	24	25000	490	544
305681-ESD	LV.A-100-24-M20x198-ESD-C	309681-ESD	LV.A-100-24-AS-M20x198-ESD-C	100	M20	241	244	198	43	24	24	25000	573	627
305725-ESD	LV.A-100-24-M24x98-ESD-C	309725-ESD	LV.A-100-24-AS-M24x98-ESD-C	100	M24	141	144	98	43	24	24	25000	470	524
305761-ESD	LV.A-100-24-M24x158-ESD-C	309761-ESD	LV.A-100-24-AS-M24x158-ESD-C	100	M24	201	204	158	43	24	24	25000	642	696
305781-ESD	LV.A-100-24-M24x198-ESD-C	309781-ESD	LV.A-100-24-AS-M24x198-ESD-C	100	M24	241	244	198	43	24	24	25000	760	814
306521-ESD	LV.A-125-24-M16x58-ESD-C	310221-ESD	LV.A-125-24-AS-M16x58-ESD-C	125	M16	125	128	58	67	46	24	28000	386	512
306525-ESD	LV.A-125-24-M16x98-ESD-C	310225-ESD	LV.A-125-24-AS-M16x98-ESD-C	125	M16	165	168	98	67	46	24	28000	437	563
306541-ESD	LV.A-125-24-M16x138-ESD-C	310241-ESD	LV.A-125-24-AS-M16x138-ESD-C	125	M16	205	208	138	67	46	24	28000	487	613
306561-ESD	LV.A-125-24-M16x158-ESD-C	310261-ESD	LV.A-125-24-AS-M16x158-ESD-C	125	M16	225	228	158	67	46	24	28000	514	640
306625-ESD	LV.A-125-24-M20x98-ESD-C	310325-ESD	LV.A-125-24-AS-M20x98-ESD-C	125	M20	165	168	98	67	46	24	28000	507	633
306641-ESD	LV.A-125-24-M20x138-ESD-C	310341-ESD	LV.A-125-24-AS-M20x138-ESD-C	125	M20	205	208	138	67	46	24	28000	586	712
306661-ESD	LV.A-125-24-M20x158-ESD-C	310361-ESD	LV.A-125-24-AS-M20x158-ESD-C	125	M20	225	228	158	67	46	24	28000	625	751
306681-ESD	LV.A-125-24-M20x198-ESD-C	310381-ESD	LV.A-125-24-AS-M20x198-ESD-C	125	M20	265	268	198	67	46	24	28000	708	834
306725-ESD	LV.A-125-24-M24x98-ESD-C	310425-ESD	LV.A-125-24-AS-M24x98-ESD-C	125	M24	165	168	98	67	46	24	28000	605	731
306761-ESD	LV.A-125-24-M24x158-ESD-C	310461-ESD	LV.A-125-24-AS-M24x158-ESD-C	125	M24	225	228	158	67	46	24	28000	777	903
306781-ESD	LV.A-125-24-M24x198-ESD-C	310481-ESD	LV.A-125-24-AS-M24x198-ESD-C	125	M24	265	268	198	67	46	24	28000	895	1021

* The max static load is the value above which the load applied to the element may cause some plastic material breakage, in particular conditions of use. Obviously, a factor that takes into consideration the importance and the safety level of the specific application must be applied to this value.

Data with no-slip disk mounted.



6.3 Anexo 3

6.3.1 Orçamentos



ORÇAMENTO 2006868/2020-07-06

CLIENTE 4717
CONDIÇÕES PAGAMENTO 60 DIAS S/DESCONTO
EXPEDIÇÃO V/CARRO
VALIDADE 30 dias

PPRR - METAL, LDA.
 RUA PROF.ANTONIO MARQUES, 330 - FOLGOSA
 4425-364 MAIA
Portugal



Caro Sr/a.,

Agradecemos o interesse demonstrado na Juncor.

Em resposta ao seu pedido de cotação, apresentamos a nossa proposta de preços, com toda a informação relativa aos artigos requisitados.

Qualquer questão relacionada com os artigos, poderá ser apresentada editando a tabela e devolvendo a mesma em resposta a este e-mail.

Os melhores cumprimentos,
Juncor S.A. - Acessórios Industriais e Agrícolas

Artigo	Descrição	Qt.	Preço UN	Desc. %	Total	Entrega(1)
6600HGH25CAZ0H	HGH25CAZ0H - HIWIN	6,00	30,70	0,00	184.20	Em stock
6600HGH25CAZ0H	HGH25CAZ0H - HIWIN	2,00	30,70	0,00	61.40	4 Dias
	PRÉ-CARGA Z0 / PRECISÃO H					
9999999968	GUIA HGR25RH L=1710mm - HIWIN	2,00	106,96	0,00	213.92	4 Dias
	PRECISÃO H					
	PF INDICAR DISTÂNCIA DO TOPO AO 1º FURO DAS GUIAS					
	PREÇOS VÁLIDOS P/ TOTALIDADE ENCOMENDA					
	OBS: DEVIDO À ESPECIFICIDADE DO MATERIAL					
	NÃO NOS É POSSÍVEL ACEITAR A DEVOLUÇÃO					
	DO MESMO (MATERIAL CORTADO)					

VALOR TOTAL A TRANSPORTAR € 459.52



NOTAS

1 Número de dias úteis aproximado a contar da data de confirmação por escrito da V/ENCOMENDA (excepto venda)

Prazo de entrega baseado numa estimativa em dias úteis. A Juncor não se responsabiliza por situações fora do nosso controle, como avarias nas máquinas, greves de trabalhadores, condições meteorológicas, férias, etc. A Juncor não aceita penalizações por incumprimento dos prazos de entrega, a menos que tenha sido acordado por escrito pelas partes, em documento particular extra orçamento.

2 Caso pretendam um prazo exacto para entrega, queiram solicitar por escrito para nossa confirmação.

Não assumimos qualquer responsabilidade de atrasos no processo de colagens no local pois tal operação tem condicionantes exógenas, tais como condições meteorológicas, dificuldades no acesso ao local, manobras de máquinas, falta de pessoal de apoio, etc.

3 Os preços apresentados foram calculados em conjunto. Caso a encomenda não seja feita na totalidade, a Juncor reserva-se ao direito de ajustar os preços da proposta.

4 Os portes (se aplicável) serão debitados posteriormente. Se pretender uma estimativa do valor dos portes desta proposta, por favor solicite-o aquando do pedido da proposta dos preços à Juncor S.A..

IBAN MILLENNIUM BCP PT50 0033 0000 4555 1237 8310 5

IBAN SANTANDER TOTTA PT50 0018 0003 4873 1848 0201 7

RESUMO

MERCADORIA	€ 459.52
OUTROS SERVIÇOS	€ 0.00
IVA (23%)	€ 105.69
DESCONTO	€ 0.00
TOTAL	€ 565.21

Distribuidor Autorizado INA/FAG
CERTIFICADO N.º 0013511916



Cotação

Nº Cotação Cliente
.

Nº Cotação SMC	Código Cliente	Cliente	ATT.
0032673860	J51834	PPRR - METAL, LDA.	.

Data	Página	Criado por	Assessor técnico SMC
23/07/2020	1 de 4	Abilio Silva	Abilio Silva

Cliente

PPRR - METAL, LDA.







RUA PROF. ANTONIO MARQUES,Nº330

4425-364 FOLGOSA-MAIA
PORTUGAL

Cotação

Linha	Referência SMC Descrição	Quantidade Prazo de entrega	Preço líquido unitário	Total Líquido
1  Detalhes do produto	CD55B80-25M CILINDRO COMPACTO ISO 21287 ø80 C=25	4 / PCE Stock	84,68	338,72
2  Detalhes do produto	RBC2725S AMORTIZADOR HIDRÁULICO M27 C=25	7 / PCE Stock	61,70	431,90
3  Detalhes do produto	JA50-16-150 ARTICULAÇÃO FLUTUANTE STANDARD ø50 M16	5 / PCE Stock	33,65	168,25
4  Detalhes do produto	CD55B80-125M CILINDRO COMPACTO ISO 21287 ø80 C=125	1 / PCE Stock	108,13	108,13
5  Detalhes do produto	ISE30A-C6L-B-G PRESSOSTATO DIGITAL AR TUBO ø6, 2 SAÍDA PNP	2 / PCE 3 dias	51,31	102,62
6  Detalhes do produto	ZS-38-A2 SUPORTE B	2 / PCE Stock	2,42	4,84
7  Detalhes do produto	KQ2L06-M5A RACOR COTOVELO ORIENTÁVEL Ø6 M5	10 / PCE Stock	2,13	21,30

Cotação

Linha	Referência SMC Descrição	Quantidade Prazo de entrega	Preço Líquido unitário	Total Líquido
8	 Detalhes do produto	CD85E16-25-B CILINDRO ISO 6432 ø16 C=25	1 / PCE 6 dias	25,94 25,94
9	 Detalhes do produto	JA15-6-100 ARTICULAÇÃO FLUTUANTE STANDARD ø15 M6	3 / PCE Stock	6,97 20,91
10	 Detalhes do produto	CDQMA32TF-50 CILINDRO COMPACTO GUIADO ø32 C=50	4 / PCE 3 dias	67,37 269,48
11	 Detalhes do produto	LEFSH40S4H-1200-S5A2H ACTUADOR ELÉCT.SEM HASTE DE FUSO TAMANHO 40 C=1200 +DRIVER	3 / PCE 15 dias	1.629,62 4.888,86
12	 Detalhes do produto	CDQSB20-10DCM CILINDRO COMPACTO ø20 C=10	3 / PCE 3 dias	22,38 67,14
13	 Detalhes do produto	KQ2H06-M5A RACOR RECTO MACHO HEXAGONAL Ø6 M5	10 / PCE Stock	1,39 13,90
			Total Líquido (EUR)	6.461,99
			Total (EUR)	6.461,99

Termos e Condições

As imagens nesta cotação podem não corresponder a 100% da configuração seleccionada.

Os preços indicados não incluem IVA.

Período de validade da cotação é 60 dias.

Os prazos indicados começarão apartir da recepção e confirmação da encomenda.

Os prazos indicados correspondem à saída do material do nosso armazém, em dias LABORÁVEIS.

Notas e instruções

Indique por favor o nº da cotação SMC na sua encomenda, caso exista.

Se por algum motivo não estiver satisfeito com algum produto ou serviço, por favor contacte-nos através da SMC mais próxima, do seu contacto habitual, do número de telefone (+351) 226 166 570 ou ainda por email: postpt@smc.smces.es.”

SMC España (Sucursal), S.A.

Rua Eng. Ferreira Dias, 452
Tel: (22) 616 65 70
Fax: (22) 616 65 89
email: apoioclientept@smc.smces.es



Sistemas de calhas articuladas ... cabos chainflex®
Polímeros dry-tech® ... iglidur® ... igubal® ... drylin®

igus Lda.
R. Eng. Ezequiel Campos, 239
4100-231 Porto
Tel.: +351 226 109 000
Fax: +351 228 328 321
www.igus.pt ... plastics for longer life®

PPRR-Metal, Lda
R. Prof. Antonio Marques 330
4425-364 Folgosa - Maia

Tel.: 229822905
Fax: 229829255

Data: 06/07/2020
Nº de
cliente: 7051526
Consulta nº: Consulta
Preço_PPRR-METAL
Contacto: André Couto
Tel.: +351 226 199 116
Email: acouto@igus.net

NIF: 505018985

Proposta nº 20-146877-ECS-PT-ACO [p.f. referir em caso de encomenda]

Exma. Sra. Elzita Marques,

Desde já agradecemos a sua consulta.

Junto enviamos o nosso melhor preço para o eventual fornecimento do material descrito a partir da página seguinte.
Para qualquer esclarecimento adicional, por favor, não hesite em nos contactar.
Aguardamos com muito interesse as vossas notícias sobre o teor desta proposta.

Subscreva [aqui](#) a nossa newsletter e receba uma amostra grátis! Fique a par das novidades dos motion plastics®

Com os nossos melhores cumprimentos
igus Lda.

André Couto
Inside Sales

Pos	Nº artigo e descrição	Qty.	Un.	Preço / Un.	Preço total
1.000	E2.10.16.018.0 Calha articulada igus série E2.10 3 unidade(s) com 660 mm	3	33 elo(s)	EUR 0,48 / 1	EUR 47,52
2.000	E2.100.16.12PZ Conj. de terminais de fixação igus	3	1 cj.	EUR 3,85 / 1	EUR 11,55
Valor total da proposta					EUR 59,07

Preços sem IVA incluído.

Em caso de encomenda, agradecemos o favor de enviar por email para o endereço: encomendas@igus.net
Nota: Devem verificar a atualização da situação dos envios relativa ao Covid-19, na nossa página na internet.
Até ao momento de envio desta proposta não temos informação de nenhuma restrição.

Mais de 1350 cabos eléctricos chainflex para calhas articuladas e com garantia de 36 meses.
...em stock, sem comprimento mínimo, sem custos de corte...
veja aqui mais informação: <http://www.igus.pt/Chainflex>

Condições de envio	Portes: Transporte normal GRÁTIS para pedidos da gama ECS iguais ou superiores a 100 €. Para pedidos de valor inferior a 100 €: 10,99 €. Em caso de envio à cobrança: acresce 10 €. Para embalagens com dimensão igual ou superior a 2,5 metros de comprimento: 30 € (independentemente do valor da encomenda) Portes de transporte urgente: Segundo peso e volume, por favor consultar
Condições de venda	Segundo as condições gerais de venda em www.igus.pt . Validade da proposta: 60 dias
Prazo de entrega	Transporte normal: 6 a 9 dias úteis nas vossas instalações após confirmação da encomenda. Transporte urgente: 24h-48h após saída de fábrica. Salvo venda. Por favor entre em contacto connosco caso o prazo de entrega não seja aceitável no seu caso.
Condições de pagamento	Com a encomenda

MODO DE EXPEDIÇÃO PROVÁVEL

Outro: _____

Cliente: 00929

PPRR - METAL, LDA.

Referência:
Cond. Pagamento: Noventa Dias
Operador: BMONTEIRO

MORADA DE ENTREGA

RUA PROFESSOR ANTONIO MARQUES 330

MAIA
 4425-364 MAIA

Outra: _____

Artigo	Descrição	Qtd.	Preço	Valor	Data Entrega	Conf.
0017207750000	KH25-PP	8,000	11,8300	94,6400	09-07-2020	<input type="checkbox"/>
0705483820000	EGB0812-E40-B-Y	60,000	0,5500	33,0000	09-07-2020	<input type="checkbox"/>
0000329210000	KH12-PP	24,000	8,5300	204,7200	09-07-2020	<input type="checkbox"/>
0002016000000	KH10-PP	8,000	8,1400	65,1200	09-07-2020	<input type="checkbox"/>
0001915310000	KH14-PP	8,000	8,5600	68,4800	09-07-2020	<input type="checkbox"/>
0593721090000	6204-C-2Z	2,000	2,2200	4,4400	09-07-2020	<input type="checkbox"/>
0101147120	DIN 471-20	2,000	0,0600	0,1200	09-07-2020	<input type="checkbox"/>
0705482420000	EGB0810-E40-B-Y	12,000	0,5100	6,1200	09-07-2020	<input type="checkbox"/>
0704100030000	EGB0610-E40-B-Y	12,000	0,4700	5,6400	09-07-2020	<input type="checkbox"/>
Entrega prevista: 5/10 dias após confirmação de encomenda.					09-07-2020	<input type="checkbox"/>

Total 482,28

NOTAS: _____

Subtotal	482,28
Descontos	0
Base Incidência	482,28
Total IVA	110,93
Total a Pagar (EUR)	599,21

Aguarda ENC/FORN. N.º: _____

ENC. TOTALMENTE SATISFEITA

MATERIAL SEPARADO

POR: _____

MATERIAL CONFERIDO

POR: _____

ENCOMENDADO A FORN. POR: _____

REIMAN, LDA.Sede Social: RUA MANUEL SOUSA MARQUES, ARMZ 1
4475-482 NOGUEIRA MAIATelefones (+351) 22 9618090 - 22 9618097
Telefax (+351) 22 9618001
Rede Móvel (+351) 91 9286559
E-Mail comercial@reiman.ptNIPC: PT 502107677
Mat.C.R.C.Vila do Conde, nº 973
Cap. Social: 150.000,00 €
Sociedade por Quotaswww.reiman.pt**PPRR-METAL, LDA.**

Rua Prof. Antº Marques, 330

Folgosa

4425-364 MAIA

A/C Exmº Sr(a). Elzita Marques | V.Consulta Email**Data: 06.07.2020****Resp.: Marco Pimenta****V/ N.I.P.C. : 502907266 Proposta CRM Nº 74354****Agradecendo desde já a V/ consulta, vimos propor as n/ condições para o eventual fornecimento do seguinte material:**

Referência	Designação	Quant.	Preço Unitário	Desc.	Total	Iva
BMT.09414	0,09KW 4P B14 BMT562-4 IP55 230/400V-50HZ - Motor Trif.	6,0	32,4873		194,93 €	

Este documento contém artigos das seguintes marcas:



RESERVA DE PROPRIEDADE: Todos os produtos / equipamentos constantes neste documento, são propriedade da REIMAN, LDA. até ao seu integral pagamento.

Página 1 de 1

MILLENNIUM BCP * IBAN: PT50 0033 0000 0000 3307 4090 8 * BIC / SWIFT: BCOMPTP

Prazo de Entrega: Imediato, salvo venda e imprevistos

Preços Líquidos sujeitos à taxa de IVA de 23%

Condições de Pagamento: 30 dias data factura

Proposta válida por 30 dias

Esta Proposta está sujeita às nossas CONDIÇÕES GERAIS DE VENDA

Gratos pela V/ melhor atenção,

Adjudicação do Cliente:

Nome: _____

Rúbrica e carimbo: _____

Marco Pimenta

REIMAN, LDA.

Sede Social: RUA MANUEL SOUSA MARQUES, ARMZ 1
4475-482 NOGUEIRA MAIA

Telefones (+351) 22 9618090 - 22 9618097
Telefax (+351) 22 9618001
Rede Móvel (+351) 91 9286559
E-Mail comercial@reiman.pt

NIPC: PT 502107677
Mat.C.R.C.Vila do Conde, nº 973
Cap. Social: 150.000,00 €
Sociedade por Quotas

www.reiman.pt



REIMAN®

PPRR-METAL, LDA.

Rua Prof. Antº Marques, 330

Folgosa

4425-364 MAIA

A/C Exmº Sr(a). Elzita Marques

Data: 06.07.2020

Resp.: Maria José Pinto

V/ N.I.P.C. : 502907266 Proposta CRM Nº 74355

Agradecendo desde já a V/ consulta, vimos propor as n/ condições para o eventual fornecimento do seguinte material:

Referência	Designação	Quant.	Preço Unitário	Desc.	Total	Iva
302525	SM-14-M16x108 - Perno roscado	8,0	4,2838		34,27 €	
301761	LV.A-100-14-AS - Base	8,0	4,8812		39,05 €	
3882	M.443/140-6-N-CH - Pega	4,0	1,5725		6,29 €	

Este documento contém artigos das seguintes marcas:



RESERVA DE PROPRIEDADE: Todos os produtos / equipamentos constantes neste documento, são propriedade da REIMAN, LDA. até ao seu integral pagamento.

Página 1 de 1

MILLENNIUM BCP * IBAN: PT50 0033 0000 0000 3307 4090 8 * BIC / SWIFT: BCMPTP

Prazo de Entrega: Imediato s.v.

Preços Líquidos sujeitos à taxa de IVA de 23%

Condições de Pagamento: 30 dias data factura

Proposta válida por 30 dias

Esta Proposta está sujeita às nossas CONDIÇÕES GERAIS DE VENDA

Gratos pela V/ melhor atenção,

Maria José Pinto

Adjudicação do Cliente:

Nome: _____

Rúbrica e carimbo: _____

6.4 Anexo 4

6.4.1 Desenhos técnicos e vistas explodidas