



Sistema inovador de transferência de paletes

FÁBIO RÚBEN CARVALHO PIMENTA

Outubro de 2016

SISTEMA INOVADOR DE TRANSFERÊNCIA DE PALETES

Fábio Ruben Carvalho Pimenta

2016

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



SISTEMA INOVADOR DE TRANSFERÊNCIA DE PALETES

Fábio Ruben Carvalho Pimenta
1090839

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Doutor Francisco José Gomes da Silva, Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

2016

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica

JÚRI

Presidente

<Grau Académico e Nome>

Professor Adjunto do Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Doutor Francisco José Gomes da Silva

Professor Adjunto do Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

<Grau Académico e Nome>

<Categoria, Instituição>

AGRADECIMENTOS

Ao professor Francisco José Gomes da Silva, orientador da dissertação no ISEP, agradeço o apoio, a partilha de conhecimentos, a confiança e a liberdade depositadas durante este percurso.

Na Antípoda, agradeço especialmente, ao Engenheiro Paulo Azevedo por me ter proporcionado as condições necessárias para a elaboração do meu trabalho. Ao Engenheiro José Lima, pelo seu apoio e ajuda na realização da dissertação. Aos meus restantes colegas pelos vários tipos de contributos durante este período.

À Patrícia, quero dar um agradecimento especial, pela paciência, afeto, disponibilidade, carinho e pelas palavras de apoio e encorajamento durante este percurso.

Finalmente, um agradecimento especial aos meus pais, ao meu irmão e à minha avó. É-me impossível descrever aquilo que todos os dias me proporcionam. Agradeço, do fundo do coração, todo o esforço feito durante este longo percurso. Obrigado pelo incansável apoio, pela ajuda e suporte nesta fase da minha vida.

PALAVRAS-CHAVE:

Transportador, transferência, logística, distribuição, projecto, mecânica

RESUMO

Os transportadores são máquinas usadas para a circulação de materiais, produtos e cargas ao longo de uma unidade de produção ou distribuição, em que podem ter uma disposição horizontal, inclinada ou vertical.

Num mercado cada vez mais competitivo surgem necessidades de estar na vanguarda da competição. Por esse motivo foi desenvolvido na Antípoda um sistema inovador de transferência entre transportadores que se distingue pela sua funcionalidade, custo e fácil implementação.

Este trabalho tem como principais objetivos desenvolver, caracterizar e implementar um sistema de transferência de nível único. Para isso, foi realizado o projeto em CAD para simular o funcionamento correto dos mecanismos envolvidos, adaptando as peças existentes no mercado ao sistema.

Os resultados apresentados provam que este novo sistema tem potencial no mercado, uma vez que já foram comercializadas várias unidades para a América do Norte.

KEYWORDS

Conveyor, transfer, logistics, distribution, project, mechanical

ABSTRACT

Conveyors are machines used to move materials, products and loads throughout units of production or goods distribution, in which they can have a horizontal, inclined or vertical arrangement.

In an increasingly competitive market, the need to stand out at the forefront of competition arises. For this reason, it was developed in Antípoda company a transfer system between conveyors distinguished by its functionality, cost and easy implementation.

This work has as main goals to develop, characterize and implement a single level transfer system. Being so, the project was carried out in CAD to simulate the proper functioning of the mechanisms involved, adapting existing parts on the market to this system.

The results presented show that the new system has market potential since some of them have been already marketed for North America.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

EN	<i>European Normative</i>
NPEN	Norma Portuguesa
CE	Comunidade Europeia
EEE	Espaço Económico Europeu
EU	<i>European Union</i>
ARB	<i>Activated Roller Belt</i>
ROI	<i>Rate of input</i>
Ref.	Referência
EPAL	<i>European Pallet Association</i>
GMA	<i>Grocery Manufacturers Association</i>
UTL	Universidade Técnica de Lisboa
ACT	Autoridade para as Condições do Trabalho
PE	Polietileno
EUR	Euro palete
CAD	<i>Computer aided design</i>
CNC	Comando numérico computadorizado
CE	Comunidade Europeia
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>

Lista de Unidades

mm	Milímetro
m	Metro
N	Newton
kN	Quilo-Newton
kg	Quilograma
N.m	Newton Metro
N/m ²	Newton por Metro Quadrado
N/mm ²	Newton por Milímetro Quadrado
kg/m ³	Quilograma por Metro Cubico
K	Kelvin

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - TRANSPORTADOR AÉREO NUMA LINHA DE MONTAGEM DA PORSCHE (FONTE: PORSCHE).	34
FIGURA 2 - EXEMPLO DE ESCADAS ROLANTES (FONTE: DIARIODIGITAL.SAPO.PT).	34
FIGURA 3 - DIVERSOS TIPOS DE PERFIS DE ALUMÍNIO EXTRUDIDOS (FONTE: BONLALUM).	36
FIGURA 4 - TIPOS DE PERFIL DE AÇO COMUNS NA INDÚSTRIA (FONTE: CNAPARMA).	37
FIGURA 5 - EXEMPLO DE UM TRANSPORTADOR DE PALETES FABRICADO EM AÇO S235 (FONTE: ANTÍPODA).	38
FIGURA 6 - EXEMPLO DE TRANSPORTADORES DE TELA CONSTRUÍDOS EM AÇO INOX 304 ESCOVADO (FONTE: ANTÍPODA).	38
FIGURA 7 - QUINADORA DA MARCA PORTUGUESA ADIRA (FONTE: ADIRA).	39
FIGURA 8 - EXEMPLOS DE DIFERENTES TIPOS DE FORMAS OBTIDAS POR QUINAGEM (FONTE: WIKI.UED.IPLEIRIA.PT).	40
FIGURA 9 - EXEMPLO DE UMA PEÇA EM CHAPA QUINADA E A RESPETIVA PLANIFICAÇÃO.	40
FIGURA 10 - PROCESSO DE CORTE POR LASER (FONTE: JENOPTIK).	41
FIGURA 11 - PROCESSO DE SOLDADURA MIG/MAG (FONTE: IMPLIKA).	42
FIGURA 12 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO PROCESSO DE SOLDADURA MIG/MAG (FONTE: COMMONS.WIKIMEDIA.ORG).	42
FIGURA 13 - PROCESSO DE SOLDADURA TIG (FONTE: WELDINGTYPES)	43
FIGURA 14 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO PROCESSO DE SOLDADURA TIG (FONTE: UTL).	44
FIGURA 15 - PROCESSO DE SOLDADURA POR ELÉTRODO REVESTIDO (FONTE: WWW.TOLAJOB.CO.ZA).	44
FIGURA 16 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO PROCESSO DE SOLDADURA POR ELÉTRODO REVESTIDO (FONTE: ISQ).	45
FIGURA 17 - EXEMPLO DE UM TRANSPORTADOR DE TELA (FONTE: ANTÍPODA).	46
FIGURA 18 - CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE RISCOS (FONTE: ANTÍPODA).	49
FIGURA 19 - FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA DA AVALIAÇÃO DE RISCOS (FONTE: ANTÍPODA).	50
FIGURA 20 - EXEMPLOS DE SITUAÇÕES DE PERIGOS MECÂNICOS. (FONTE: IRRST - MACHINE SAFETY).	51
FIGURA 21 - SÍMBOLO DE PERIGO DE CHOQUE ELÉTRICO.	52
FIGURA 22 - ESQUEMA COM OS NÍVEIS DE DECIBÉIS MAIS COMUNS (FONTE: ABLDISTRIBUTION).	53
FIGURA 23 - BARREIRAS DE PROTEÇÃO (FONTE: LOGISMARKET)	54
FIGURA 24 - PROCEDIMENTO DE CERTIFICAÇÃO DE CONFORMIDADE (FONTE: ACT - SEGURANÇA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS DE TRABALHO).	55
FIGURA 25 - SÍMBOLO USADO PARA A MARCAÇÃO CE NUM PRODUTO (FONTE: BSIGROUP).	56
FIGURA 26 - EXEMPLO DE TRANSPORTADOR DE CALHA (FONTE: TECHCONVEYOR).	58
FIGURA 27 - EXEMPLO DE TRANSPORTADOR DE ROLOS LIVRES (FONTE: TITANCONVEYORS).	58
FIGURA 28 - EXEMPLO DE TRANSPORTADOR DE RODAS LIVRES (FONTE: INGALLSCONVEYORS).	59
FIGURA 29 - EXEMPLO DE TRANSPORTADOR DE TELA (FONTE: PRECISIONCONVEYOR).	60
FIGURA 30 - EXEMPLO DE TRANSPORTADOR DE CORRENTES (FONTE: ADEPTCONVEYOR).	60
FIGURA 31 – EXEMPLO DE LINHA DE TRANSPORTE COM SEPARADORES. (FONTE: WILLCOXANDALLEN)	62
FIGURA 32 - CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO DA EMPRESA AMAZON. (FONTE: WIRED)	63
FIGURA 33 - EXEMPLO DE UM DEFLECTOR SIMPLES (FONTE: BPRESS)	64

FIGURA 34 - EXEMPLO DE UM SEPARADOR DE RODA DIVERGENTE (FONTE: INTELLIGRATED)	65
FIGURA 35 - EXEMPLO DE UM SEPARADOR DE ROLO EMERGENTE (FONTE: CONVEYCO).	65
FIGURA 36 - SEPARADOR DE LINHA ARB (FONTE: INTRALOX)	66
FIGURA 37 - EXEMPLO DE UM SEPARADOR DE SAPATAS DESLIZANTES (FONTE: TGW-CONVEYOR).	66
FIGURA 38 - SEPARADOR DE PALETES PNEUMÁTICO (FONTE: TITANCONVEYORS).	67
FIGURA 39 - EXEMPLO DE UMA MESA DE ROTATIVA (FONTE: ANTÍPODA).	68
FIGURA 40 - EXEMPLO DE UM CARRO DE TRANSFERÊNCIA COM TRANSPORTADORES DE ROLOS (FONTE: LODIGE)	69
FIGURA 41 - SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA PARA FABRICADO PARA A EMPRESA JEAN MIRMONT (FONTE: ANTÍPODA)	76
FIGURA 42 - SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA FABRICADO PARA A IKEA (FONTE: ANTÍPODA)	77
FIGURA 43 - EXEMPLO DE UM CILINDRO ELÁSTICO (FONTE: WWW.GRUPOORIA.COM)	77
FIGURA 44 - TRANSFERÊNCIA DE PALETES DE NÍVEL ÚNICO LADO A LADO.	78
FIGURA 45 - RENDER 3D DA TRANSFERÊNCIA DE PALETES (CORRENTES COM COR VERMELHA PARA DESTAQUE)	83
FIGURA 46 - VISTA LATERAL E DE TOPO COM RESPETIVAS COTAS DA TRANSFERÊNCIA DE PALETES.	83
FIGURA 47 - MOTO-REDUTOR DA MARCA SEW USADO NAS TRANSFERÊNCIAS (FONTE: SEW).	84
FIGURA 48 - DISTINÇÃO ENTRE OS TRÊS MÓDULOS DA TRANSFERÊNCIA.	84
FIGURA 49 - LIGAÇÃO ENTRE OS EXCÊNTRICOS E AS RODAS DE CADA UM DOS MÓDULOS DE ROLOS E CORRENTES.	85
FIGURA 50 - ESQUEMA COM A SOBREPOSIÇÃO DE DOIS EXCÊNTRICOS DESFASADOS 180 GRAUS. DIMENSÕES EM MM.	86
FIGURA 51 - GRÁFICO QUE REPRESENTA O PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DOS EXCÊNTRICOS.	86
FIGURA 52 - ESTICADOR DAS CORRENTES DE ELEVAÇÃO.	87
FIGURA 53 - DESENHO 3D DO MÓDULO DE BASE DA TRANSFERÊNCIA.	89
FIGURA 54 - REPRESENTAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE FORÇAS NO VEIO DE ELEVAÇÃO.	90
FIGURA 55 - REPRESENTAÇÃO DAS COTAS REFERENTES AS CARGAS NO VEIO DE ELEVAÇÃO. DIMENSÕES EM MM.	90
FIGURA 56 - ESQUEMA COM IDENTIFICAÇÃO DE CADA CONJUNTO DO MÓDULO DE BASE.	92
FIGURA 57 - ESTUDO ESTÁTICO DO MEF NO CONJUNTO 1 DA BASE.	92
FIGURA 58 - ESTUDO ESTÁTICO DO MEF NO CONJUNTO 2 DA BASE.	93
FIGURA 59 - ESTUDO ESTÁTICO DO MEF NO CONJUNTO 3 DA BASE.	94
FIGURA 60 - ESTUDO ESTÁTICO DO MEF NO CONJUNTO 1 DA BASE.	95
FIGURA 61 - ESTUDO ESTÁTICO DO MEF NO CONJUNTO 2 DA BASE.	96
FIGURA 62 - ESTUDO ESTÁTICO DO MEF NO CONJUNTO 3 DA BASE.	97
FIGURA 63 - REPRESENTAÇÃO SIMPLIFICADA DA CORRENTE DE ELEVAÇÃO.	98
FIGURA 64 - DESENHO 3D DO MÓDULO DOS ROLOS DA TRANSFERÊNCIA.	99
FIGURA 65 - ESTUDO ESTÁTICO DO MEF NO MÓDULO DE ROLOS.	100
FIGURA 66 – REPRESENTAÇÃO 3D DO SISTEMA DE CORRENTES DA TRANSFERÊNCIA (VISTA ISOMÉTRICA).	101
FIGURA 67 - REPRESENTAÇÃO 3D DO SISTEMA DE CORRENTES DA TRANSFERÊNCIA (VISTA INFERIOR).	102
FIGURA 68 - ESQUEMA COM IDENTIFICAÇÃO DE CADA CONJUNTO DO MÓDULO DAS CORRENTES.	103

FIGURA 69 - ESTUDO ESTÁTICO PELO MEF NO CONJUNTO 1 DO MÓDULO DE CORRENTES.	104
FIGURA 70 - ESTUDO ESTÁTICO PELO MEF NO CONJUNTO 2 DO MÓDULO DE CORRENTES.	105
FIGURA 71 - PONTO DE TENSÃO MÁXIMA NO CONJUNTO 2 DO MÓDULO DE CORRENTES.	105
FIGURA 72 - AUTOCOLANTES DE SINALIZAÇÃO DE PERIGO DE ESMAGAMENTO.	106
FIGURA 73 - BLINDAGENS E PEÇAS DE PROTEÇÃO DA TRANSFERÊNCIA.	107
FIGURA 74 - PROTÓTIPO DA TRANSFERÊNCIA A REALIZAR OS PRIMEIROS TESTES DE CARGA.	108
FIGURA 75 - NOVAS BLINDAGENS DA CORRENTE APLICADAS NO MÓDULO DE ROLOS.	109
FIGURA 76 - VERSÃO FINAL PRONTA A SER ENVIADA PARA O CLIENTE.	109
FIGURA 77 - CÉLULAS DE DETECÇÃO MONTADAS NA TRANSFERÊNCIA.	110
FIGURA 78 - DIMENSÕES DA PALETE EURO (EM MM).	111
FIGURA 79 - DIMENSÕES DA PALETE GMA.	112
FIGURA 80 - EXEMPLO DE UM <i>LAYOUT</i> COM TRANSFERÊNCIAS APLICADAS.	113
FIGURA 81 - RENDER DA TRANSFERÊNCIA COM AS PISTAS ESTENDIDAS.	114
FIGURA 82 - TRANSFERÊNCIA EM EXPOSIÇÃO NO <i>STAND</i> DA ANTÍPODA NA FEIRA CEMAT.	115
FIGURA 83 - ESQUEMA DE FORÇAS APLICADAS NO VEIO.	127
FIGURA 84 - ESQUEMA DE FORÇAS APLICADAS NO VEIO.	131

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - ANÁLISE SWOT DO EQUIPAMENTO DE TRANSFERÊNCIA DE DOIS NÍVEIS.	78
TABELA 2 - ANÁLISE SWOT DO EQUIPAMENTO DE TRANSFERÊNCIA COM CILINDRO ELÁSTICO.	79
TABELA 3 - ANÁLISE SWOT DO EQUIPAMENTO DE TRANSFERÊNCIA DE NÍVEL ÚNICO.	80
TABELA 4 - CUSTO APROXIMADO DO EQUIPAMENTO 1.	81
TABELA 5 - CUSTO APROXIMADO DO EQUIPAMENTO 2.	81
TABELA 6 - CUSTO APROXIMADO DO EQUIPAMENTO 3.	82
TABELA 7 - CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DO AÇO S235.	88
TABELA 8 - DADOS REFERENTES AO MÓDULO DE BASE DA TRANSFERÊNCIA.	89
TABELA 9 - CARACTERÍSTICAS DOS COMPONENTES USADOS NA ELEVAÇÃO DE CARGA.	99
TABELA 10 - DADOS REFERENTES AO MÓDULO DE ROLOS DA TRANSFERÊNCIA.	100
TABELA 11 - DADOS REFERENTES AO MÓDULO DAS CORRENTES DA TRANSFERÊNCIA.	102

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	27
1.1	Enquadramento e apresentação do projeto	27
1.2	Objetivos	27
1.3	Metodologia	28
1.4	Estrutura da Tese	28
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	33
2.1	Sistemas de transporte	33
2.1.1	Necessidades e aplicações	33
2.1.2	Áreas de aplicação principais	34
2.1.3	Qualidade e tipo de construção	35
2.1.4	Materiais e Processos	36
2.1.4.3.1	Quinagem	39
2.1.4.3.2	Corte a laser	41
2.1.4.3.3	Soldadura	41
2.1.5	Vantagens e desvantagens dos transportadores	45
2.1.6	Paradigmas da produção	46
2.1.7	Enquadramento legal	47
2.1.7.1.1	Requisitos essenciais de segurança	48
2.1.7.1.1.1	Risco mecânico	50
2.1.7.1.1.2	Riscos elétricos	52
2.1.7.1.1.3	Risco Ruido	52
2.1.7.1.1.4	Dispositivos de proteção	53
2.1.7.1.2	<i>Dossier</i> técnico de fabrico	54
2.1.7.1.3	Marcação CE e Declaração de Conformidade	55
2.2	TRANSPORTADORES	58
2.2.1	Transportadores por Gravidade	58
2.2.2	Transportadores Motorizados	59
2.3	SEPARADORES (“SORTERS”)	62
2.3.1	SEPARADORES DE OBJETOS	64
2.3.2	SEPARADORES DE PALETES	67
3	DESENVOLVIMENTO	73
3.1	Caracterização da empresa - Antípoda	73

3.2	Caracterização do problema	73
3.2.1	Requisitos funcionais	74
3.2.2	Requisitos de qualidade	74
3.2.3	Requisitos de manutenção	75
3.2.4	Requisitos de custo (Limites).....	75
3.3	Anteprojeto	76
3.3.1	<i>Brainstorming</i>	76
3.3.2	Análise SWOT dos equipamentos.....	78
3.3.3	Viabilidade económica para cada solução	79
3.3.4	Seleção da empresa	82
3.4	Projeto.....	82
3.4.1	Projeto Mecânico.....	88
3.4.2	Projeto Elétrico	110
3.5	Orçamentação	111
3.6	Implementação.....	111
4	CONCLUSÕES.....	119
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO.....	123
6	ANEXOS	127
6.1	ANEXO 1	127
6.2	Anexo 2.....	135
6.3	Anexo 3.....	141
6.4	Anexo 4.....	142
6.5	Anexo 5.....	144
6.6	Anexo 6.....	146
6.7	Anexo 7.....	148
6.8	Anexo 8.....	149
6.9	Anexo 9.....	150
6.10	Anexo 10.....	151
6.11	Anexo 11.....	152

6.12 Anexo 12.....	158
6.13 Anexo 13.....	161
6.14 Anexo 14.....	167
6.15 Anexo 15.....	169
6.16 Anexo 16.....	172

INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO

1.2 OBJETIVOS

1.3 METODOLOGIA

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento e apresentação do projeto

A indústria da logística e armazenamento tem vindo a desenvolver-se cada vez mais ao longo do século XX devido à crescente expansão da revolução industrial. À medida que a necessidade de eficiência e rapidez dos processos industriais foi surgindo, cada vez mais novas soluções foram surgindo resultando assim numa alta competitividade entre fabricantes.

Este trabalho foi realizado com o intuito de criar um produto novo e competitivo no mercado dos transportadores industriais.

Este tipo de equipamentos fazem a ligação entre diversas linhas de transporte de paletes permitindo intercalar os vários processos associados a logística destes produtos.

1.2 Objetivos

Este trabalho teve como principal objetivo criar um novo equipamento que se destacasse positivamente dos restantes existentes, a nível de custo e eficiência. Desta forma, para a realização deste trabalho foi necessário alcançar os seguintes objetivos:

- Estudo do estado de arte a nível de transportadores e separadores de linha
- Fazer uma avaliação geral de separadores ao nível do gasto energético, custo de fabrico, flexibilidade de uso e modularidade para com outros sistemas existentes;
- Escolha de uma solução mais vantajosa reforçada pelos *inputs* adquiridos;
- Desenvolvimento de um separador tendo em vista as vantagens e se possível a eliminação de problemas comuns a estes tipos de mecanismos
- Desenhos em CAD 3D com simulação de esforços mecânicos com o auxílio do MEF.

1.3 Metodologia

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

- Análise dos pontos fortes e pontos fracos dos vários tipos de sistemas de transferência criados anteriormente pela empresa;
- “Brainstorming” sobre possíveis soluções para os problemas detetados anteriormente;
- Apresentação de novas ideias à empresa com fundamento técnico coerente;
- Criação do primeiro protótipo do equipamento;
- Análise da montagem e dificuldades de manutenção;
- Projeto definitivo do equipamento.

1.4 Estrutura da Tese

A presente dissertação contém 4 capítulos, incluindo este primeiro capítulo introdutório.

O capítulo 2 está dividido em vários subcapítulos, fazendo um estudo de mercado dos sistemas de transporte no geral (*Benchmarking*), caracterizando os tipos de transportadores e transferências disponíveis atualmente.

O capítulo 3 tem como objetivo descrever todo o projeto realizado, assim como todo o material e peças necessárias para o desenvolvimento do sistema de transferência.

No capítulo 4 são referidas as conclusões traçadas a partir dos resultados obtidos e a análise aos objetivos concretizados, assim como propostas de trabalhos futuros.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SISTEMAS DE TRANSPORTE

2.2 TRANSPORTADORES

2.3 SEPARADORES (“*SORTERS*”)

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistemas de transporte

Os transportadores são usados para a circulação de materiais, produtos e cargas ao longo de uma unidade de produção ou distribuição, em que podem ter uma disposição horizontal, inclinada ou vertical. O transporte do produto pode ser efetuado por gravidade, hidráulicamente ou através de energia elétrica. As cargas circulam em cima de rolos ou tapetes ao longo de um caminho fixo, com pontos de carga e descarga específicos. Como permitem a deslocação rápida de grandes volumes de material em armazéns ou processos de fabrico, os transportadores permitem reduzir custos de mão-de-obra ao eliminar o tempo de transporte [2].

Os transportadores têm um particular reconhecimento mundial dados os seus benefícios como, por exemplo, na capacidade de transporte eficiente de vários tipos de produtos, assim como na segurança, sendo uma operação que não requer o contacto direto com operadores. Têm uma grande variedade de funções, tendo um bom reconhecimento na indústria devido às vantagens que fornecem, como a automação, flexibilidade, e as suas práticas seguras [3]

Depois do sistema de transporte reunir os produtos, existem diversos equipamentos usados na distribuição automática dos mesmos. Uma das aplicações mais habituais destes sistemas automáticos é enviar produtos para estações de embalagem, assim como separar encomendas acabadas para destinos específicos ou para docas de expedição. Existem diversas tecnologias disponíveis que devem ser escolhidas com base numa variedade de fatores como o tipo de item, tamanho e requisitos de processamento, custo, entre outros [4].

2.1.1 Necessidades e aplicações

Um elevado número de sectores industriais conta com o uso de vários modelos de transportadores diferentes para os vários tipos de operações, desde produção e embalagem até ao abastecimento de materiais e bens.

Duas das aplicações mais convencionais referem-se ao manuseamento de materiais e ao seu acondicionamento. Na maioria dos casos, estes sistemas são implementados em qualquer operação que incorpore recolocar um produto de um lugar para outro num fluxo constante sem paragens. Isto significa que os artigos dirigidos por estes

sistemas de transporte podem ir desde algo de tamanho considerável (figura 1), como automóveis em linhas de montagem, a itens mais leves, como recipientes de plástico [3].



Figura 1 - Transportador aéreo numa linha de montagem da Porsche (fonte: Porsche).

Para além da indústria, os transportadores são também utilizados noutras áreas, como centros comerciais e aeroportos (figura 2), para o transporte de pessoas (escadas rolantes) e malas [3].

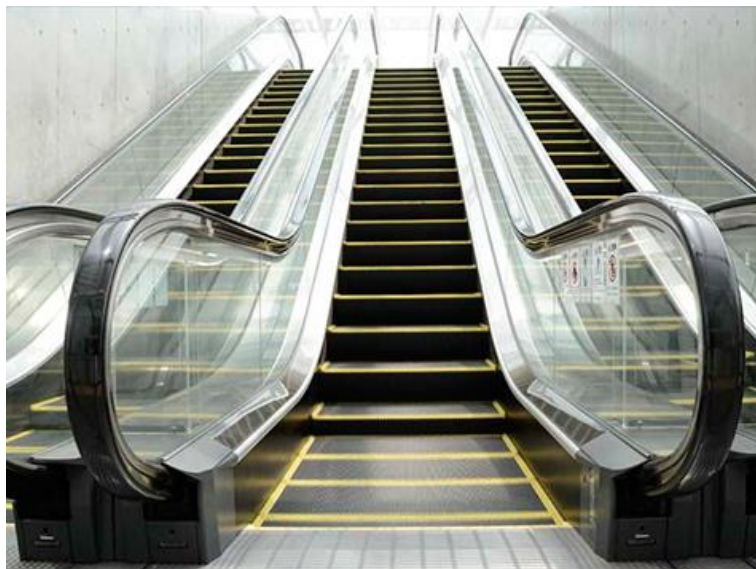


Figura 2 - Exemplo de escadas rolantes (fonte: diariodigital.sapo.pt).

2.1.2 Áreas de aplicação principais

Os transportadores permitem um transporte rápido e eficaz de uma grande variedade de materiais, tornando-os bastante populares na indústria do embalamento e manuseamento de embalagens. Existe um grande número de sistemas de transportadores disponíveis, usados de acordo com as várias necessidades de cada

indústria. Têm uma utilidade especial em aplicações que envolvem o transporte de materiais pesados e/ou a granel [5].

Estes sistemas têm a capacidade de transportar cargas de todos os tamanhos, formas e pesos em segurança, que quando efetuado por mão-de-obra humana poderia ser mais perigoso, demorado e dispendioso. Grande parte dos transportadores possuem sistemas de segurança avançados que permitem a redução de acidentes de trabalho. Podem ser instalados praticamente em qualquer lugar, sendo mais seguros e previsíveis que o uso de empilhadores ou outro tipo de máquina semelhante [5].

Os transportadores são geralmente usados em indústrias como a automóvel, agricultura, eletrónica, processamento de alimentos, aeroespacial, farmacêutica, química, engarrafamento e de conservas, acabamento de impressão e embalagem [4][5]. Antes da implementação destes sistemas, é importante ter especial atenção a alguns fatores essenciais. Alguns dos temas a ter em consideração são a função do transportador em si, como por exemplo, se irá ser usado apenas para o transporte de materiais, ou também para acumulação e/ou separação de materiais. O tamanho, peso, e forma dos produtos, assim como a posição dos pontos de carregamento e descarregamento são também fatores importantes a ter em conta no projeto do sistema [4][5].

Os transportadores portáteis têm igualmente sofrido uma maior exposição no sector da construção. Os equipamentos transportadores mais vendidos são os de rolos “*line shaft*”, transportadores de correntes e transportadores de tela em fábricas de embalagem e instalações industriais onde normalmente o acabamento e monitorização de produtos é realizada. Os sectores comerciais e civis têm vindo a aumentar a implementação de transportadores em aeroportos, centros comerciais, entre outros [5].

2.1.3 Qualidade e tipo de construção

Tirando algumas exceções, os transportadores são projetados e construídos recorrendo ao uso de chapas quinadas e/ou perfil de alumínio estrutural. Uma das principais razões para o uso destes materiais é a sua relação entre o custo e a rigidez estrutural disponível. Existem no mercado imensas configurações diferentes de transportadores onde pelo menos um destes materiais faz parte da sua construção.

2.1.4 Materiais e Processos

2.1.4.1 Alumínio Estrutural

Desde o século XIX que o alumínio tem vindo a ser usado na construção de produtos e equipamentos. Ao longo dos anos foi investida uma quantidade significativa de recursos no desenvolvimento e investigação do alumínio, sendo hoje o segundo metal mais usado na indústria, sendo apenas ultrapassado pelo aço. A nobreza que o alumínio oferece em relação à sua leveza, resistência a corrosão, versatilidade de formas, elegância e estética, associadas à possibilidade de vários tipos de acabamentos superficiais, permitem fazer face aos requisitos dos mais diversos sectores industriais, como a indústria aeroespacial, automóvel, etc.

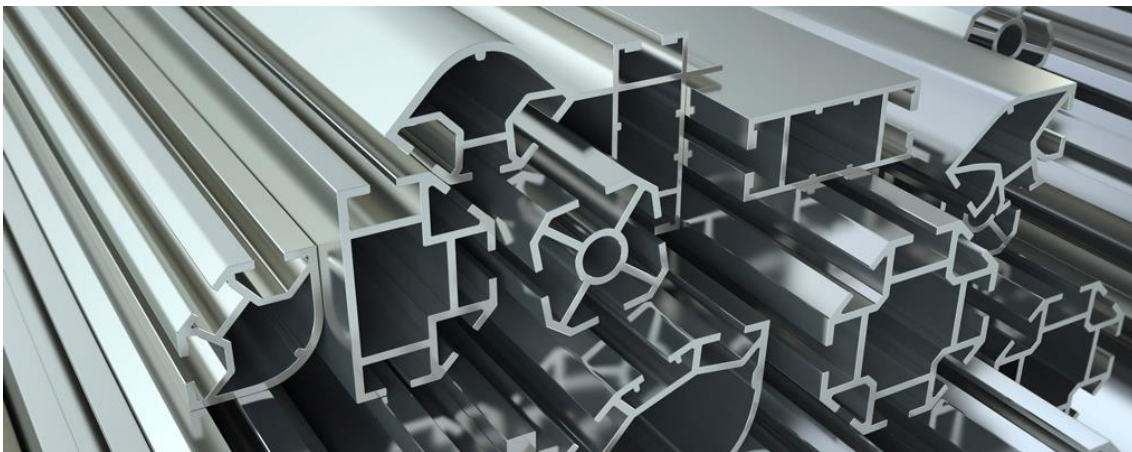


Figura 3 - Diversos tipos de perfis de alumínio extrudidos (fonte: bonlalum).

A extrusão é um dos processos de fabrico mais comuns para o alumínio, pois possibilita o fabrico de perfis com diversas formas que não seriam possíveis realizar em aço (figura 3). Desta forma, é possível construir máquinas com um melhor desempenho estrutural e diminuir o número de componentes, assim como o seu peso. Para além disso, facilita o fabrico e a montagem e diminui a manutenção. Uma das principais vantagens do alumínio é a possibilidade da sua reciclagem sem perder características. Na indústria dos transportadores utilizam-se os perfis estruturais conhecidos por “*T-Slot*”, pois fornecem boa rigidez estrutural, melhoram a construção na medida em que reduz o tempo de fabrico das máquinas, pode ser realizado na fábrica pelos operadores e oferece uma boa flexibilidade de construção [6].

2.1.4.2 Aço Estrutural

O aço é a liga metálica com mais importância na indústria. É produzido numa grande variedade de formas devido à crescente procura deste tipo de material, quer seja pela composição química, propriedades específicas ou mesmo a sua forma final, como chapas, perfis, tubos, entre outros (figura 4) [7].

Existe uma enorme variedade de tipos de aço, onde mais de metade deles foram desenvolvidos nos últimos 30 anos. Os aços ao carbono têm na sua composição quantidades muito limitadas de elementos de liga, tais como silício, manganês, enxofre e fosforo, assim como outros elementos químicos [7].



Figura 4 - Tipos de perfil de aço comuns na indústria (fonte: Cnaparma).

Um aço é definido pela quantidade de carbono presente na sua composição. Aços com baixo carbono possuem um teor máximo de 0,3% deste elemento, apresentando boa ductilidade e soldabilidade, sendo usados na construção de edifícios, pontes e automóveis, entre outros. Aços com médio carbono possuem teores entre 0,3% e 0,6%, conseguindo-se obter boa tenacidade e resistência mecânica, sendo normalmente usados em engrenagens, bielas e outros componentes mecânicos. Aços com mais de 0,6% de carbono, depois de temperados apresentam elevada dureza e resistência mecânica, sendo usados frequentemente em ferramentas, molas, engrenagens, entre outros [7].

Na Europa, o aço estrutural deve obedecer à Norma Europeia EN10025:2004. Existem várias categorias de aço estrutural normalizado na Europa como o S235, S275, S355, entre outros. Para a construção dos transportadores é mais comum a utilização do aço de baixo carbono S235 (St37 segundo a norma DIN) (figura 5), devido à sua abundância no mercado, custo, boa soldabilidade e ductilidade. Existem alguns casos onde se verifica a necessidade de utilizar aço inox em substituição do S235 (figura 6). Fazem parte da Série 300 (conforme as especificações da SAE) que abrangem um conjunto de

ligas crómio-níquel austeníticos, com uma composição química que inclui 18% de crómio e 8% de níquel. O crómio, na sua constituição, é responsável pela resistência à corrosão, graças à formação de um óxido protetor fazendo de barreira entre o metal de base e a atmosfera agressiva [8].



Figura 5 - Exemplo de um transportador de paletes fabricado em aço S235 (fonte: Antípoda).



Figura 6 - Exemplo de transportadores de tela construídos em Aço Inox 304 escovado (fonte: Antípoda).

Os aços inoxidáveis são fáceis de formar, soldar e fabricar, sendo amplamente utilizados nas indústrias relacionadas com o processamento de alimentos e bebidas devido à sua resistência à corrosão. Não necessitam de pintura ou outro tipo de acabamento para o seu correto funcionamento, no entanto, existem processos como a escovagem ou o polimento, para uma aparência mais agradável e elegante [9].

2.1.4.3 Processos de Fabrico

2.1.4.3.1 Quinagem

A quinagem é um processo de deformação plástica de chapa que possibilita o fabrico de superfícies planificáveis com geometrias cilíndricas, cónicas ou prismáticas. A máquina utilizada para realizar este tipo de procedimento designa-se por quinadora (também conhecida como dobradeira) (figura 7), tendo um princípio de funcionamento semelhante ao de uma prensa hidráulica ou mecânica com movimento retilíneo ou rotativo [10].



Figura 7 - Quinadora da marca portuguesa ADIRA (fonte: Adira).

Depois dos anos 50, os avanços na tecnologia hidráulica e controlos computadorizados travaram o domínio das quinadoras mecânicas no mercado, levando à implementação de uma solução hidráulica. As prensas hidráulicas proporcionam melhor qualidade de fabrico, níveis de segurança mais elevados e baixo consumo de energia. No entanto, em aplicações que não requerem forças tão exigentes, é mais comum usar-se quinadoras servoelétricas. No geral, estas máquinas possuem uma mesa comprida e estreita, onde é possível instalar diversos tipos de ferramentas de geometrias simples, adequadas ao fabrico de uma grande variedade de produtos, quer em forma como em dimensão. O campo de aplicação específico da quinagem convencional de chapa é a produção de pequenas séries de fabrico [10].

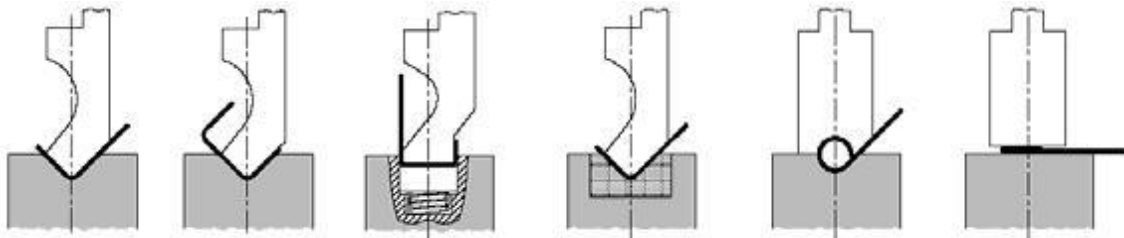


Figura 8 - Exemplos de diferentes tipos de formas obtidas por quinagem (fonte: wiki.ued.ipleiria.pt).

Com o processo de quinagem é possível obter as mais variadas geometrias (figuras 8 e 9), desde as mais simples às mais complexas, sendo desta forma um processo de fabrico usado em varias áreas, como por exemplo, o fabrico de chassis para a industria automóvel, agrícola e ferroviária, estruturas metálicas para casas, coberturas, contentores, transportadores e mobiliário metálico.

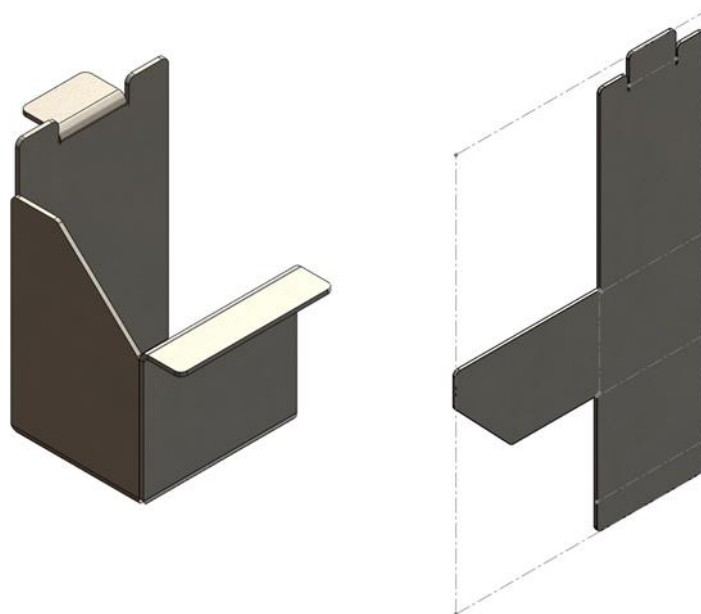


Figura 9 - Exemplo de uma peça em chapa quinada e a respetiva planificação.

2.1.4.3.2 Corte a laser

O processo de corte a laser consiste numa tecnologia que utiliza um laser para cortar materiais, sendo tipicamente utilizado para a construção industrial, mas tem vindo a ser utilizada também por escolas e pequenas empresas (figura 10). Neste processo, um feixe laser de alta potência é direcionado para cortar vários tipos de matérias. Normalmente, um laser industrial deste tipo é controlado por um sistema de controlo de movimento CNC seguindo as linhas do desenho planificado 2D, tendo como profundidade máxima de corte aproximadamente 20 mm. É um processo de corte de alta precisão, com pouca perda de material, alta qualidade da superfície obtida, mínima distorção e elevada velocidade [11].



Figura 10 - Processo de corte por laser (fonte: jenoptik).

2.1.4.3.3 Soldadura

Soldadura é um processo de fabrico que une materiais, normalmente metais ou termoplásticos, ao causar a fusão entre eles. Para além de fundir os metais de base, pode ser adicionado um material de adição que, depois de arrefecido, pode ficar tão ou mais resistente do que o material de base. Existem três processos de soldadura principais usados na Antípoda: MIG/MAG, TIG e eléctrodo revestido [12].

Soldadura MIG/MAG

O processo MIG/MAG (*Metal Inert Gas* – MIG ou *Metal Active Gas* – MAG) consiste num processo de soldadura que produz uma coalescência de metais ao aquecê-los através de um arco eléctrico entre o eléctrodo de metal de adição e o metal de base (figura 11). Este processo usa um gás inerte protetor de uma fonte externa para proteger a poça de fusão do ambiente exterior [12].



Figura 11 - Processo de soldadura MIG/MAG (fonte: implika).

Este processo tem uma utilização bastante alargada na indústria devido à sua capacidade de proporcionar cordões de soldadura com alta qualidade para uma vasta gama de ligas ferrosas e não-ferrosas, a baixo custo. Uma das vantagens deste processo é a capacidade de união de várias gamas de materiais e espessuras, sendo ainda um equipamento relativamente barato, acessível e facilmente adaptável a robots e processos automatizados. É um processo fácil e expedito que não deixa escória (figura 12). Uma das limitações é não ser apropriado para utilizar ao ar livre, devido às correntes de ar interagirem com a proteção do gás [12][13].

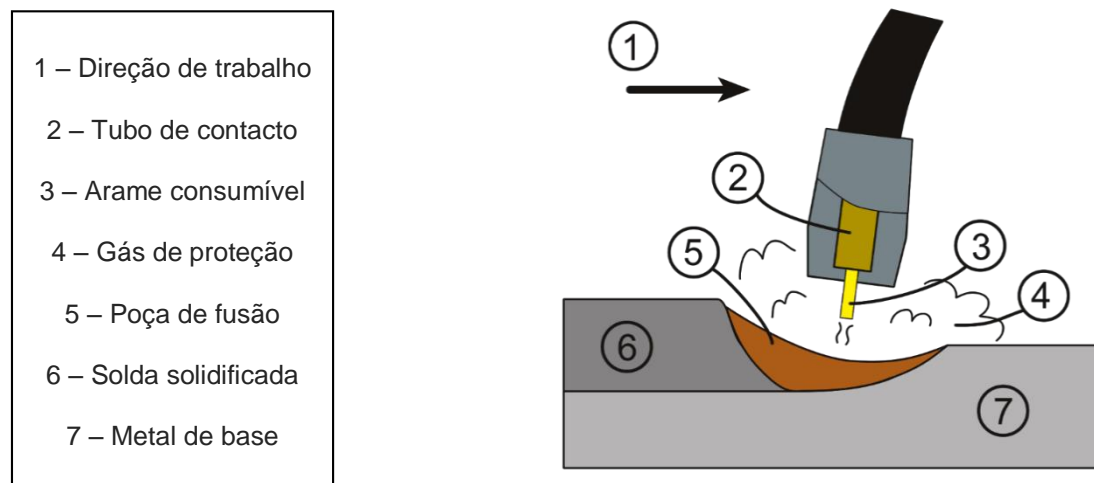


Figura 12 - Representação esquemática do processo de soldadura MIG/MAG (fonte: commons.wikimedia.org).

Soldadura TIG

O processo TIG (*Tungsten Inert Gas*) é um processo de soldadura por arco eléctrico que usa um eléctrodo de tungsténio não consumível para produzir o arco eléctrico (figura 13). Como no processo anterior, a área de soldadura está protegida da contaminação atmosférica por um gás inerte (árgon ou hélio), e pode ou não ser usado material de adição. Este processo é normalmente usado para soldar secções finas de aço inox e ligas não ferrosas, como ligas de alumínio, magnésio e cobre. É um processo em que o operador detém melhor controlo sobre a solda do que o processo MIG e o de eléctrodo revestido, permitindo criar cordões de melhor qualidade. No entanto, requer uma maior competência por parte do soldador que os outros dois processos, sendo uma técnica significativamente mais lenta de executar [13].



Figura 13 - Processo de soldadura TIG (fonte: weldingtypes)

A indústria aeroespacial é um dos principais utilizadores deste processo, principalmente na construção de veículos espaciais. É um método usado frequentemente quando se pretende unir peças de espessura fina, como tubos de baixo diâmetro e parede fina usados nas bicicletas. Ao contrário dos outros processos, como o material não é transferido diretamente através do arco eléctrico, uma grande quantidade de metal de adição está disponível para ser usado (figura 14). Cordões deste tipo de soldadura têm alta resistência à corrosão e à fissuração ao longo de grandes períodos de tempo, daí ser o processo de soldadura escolhido para operações críticas como selar os contentores de resíduos nucleares [13].

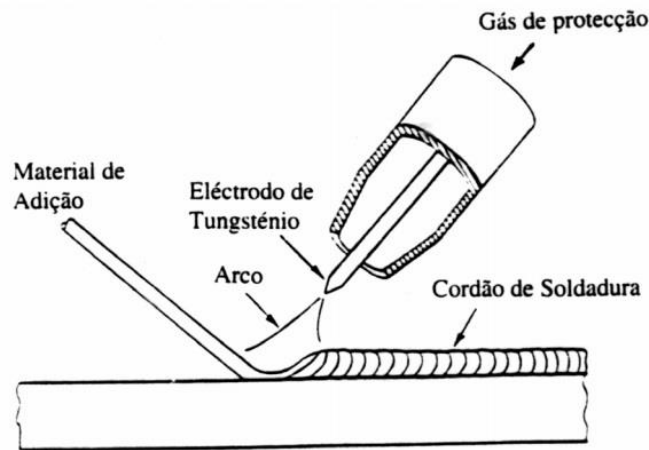


Figura 14 - Representação esquemática do processo de soldadura TIG (fonte: utl).

Soldadura por eléctrodo revestido

A soldadura por arco elétrico com eléctrodo revestido é um processo de soldadura manual que usa um eléctrodo consumível para criar o arco elétrico mantido entre a sua extremidade e a peça de trabalho (figuras 15 e 16). O calor produzido pelo arco funde o metal, a alma do eléctrodo e o seu revestimento. À medida que o metal é depositado, o fluxo de revestimento do eléctrodo desintegra-se criando vapores que servem de gás protetor e formam uma camada de escória por cima do cordão. Ambos protegem a zona de soldadura da contaminação atmosférica durante o processo de soldadura e o arrefecimento do cordão.



Figura 15 - Processo de soldadura por eléctrodo revestido (fonte: www.tolajob.co.za).

A versatilidade do processo, associada a um equipamento e execução simples, fazem deste método um dos mais populares. É o processo mais usado em manutenção e reparação industrial, e dos mais utilizados em construção de estruturas de aço pesadas. Esta técnica é usada principalmente para soldar aço [13].

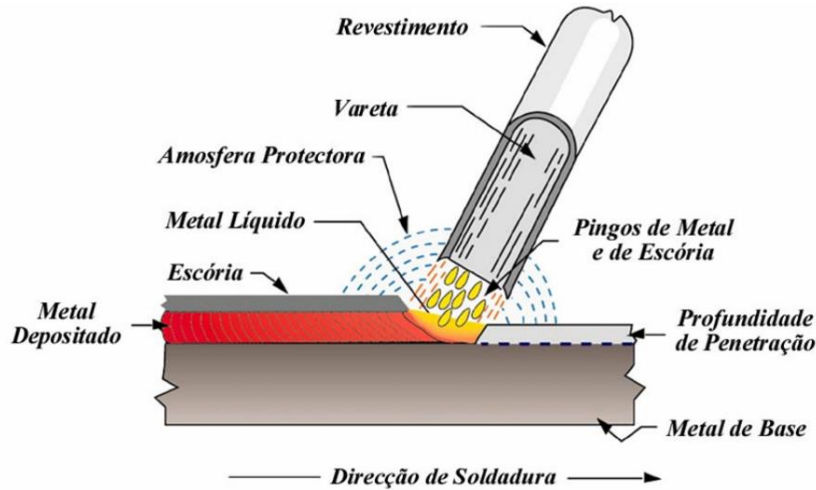


Figura 16 - Representação esquemática do processo de soldadura por elétrodo revestido (fonte: ISQ).

2.1.5 Vantagens e desvantagens dos transportadores

Estes sistemas têm uma grande procura devido às várias vantagens oferecem. Uma das grandes vantagens é definitivamente a automação do movimento de materiais. Desta forma, é necessária menos mão-de-obra, resultando em menos erros e aumento de produtividade, reduzindo as despesas de trabalho [3].

No entanto, pode resultar numa diminuição de postos de trabalho. As operações manuais de pegar nos produtos e transporta-los são, no entanto, substituídas por técnicos mais experientes chamados para operar os transportadores, já que grande parte destes sistemas convencionais não são inteiramente automatizados, e os que são em muitos casos necessitam de supervisão frequente dos trabalhadores para que haja uma melhor segurança e desempenho geral [3].

Outra vantagem dos transportadores é poderem ser instalados ou configurados para praticamente qualquer lugar, o que significa que, tendo em conta que existe espaço para a própria unidade de transporte, não importa o tamanho do espaço nem a posição final. É graças a esta facilidade de instalação que é possível encontrar transportadores dentro de indústrias de todos os tipos, desde passadeiras rolantes até telas de transporte em pedreiras [3].

A segurança é melhorada devido à utilização efetiva destes sistemas, não só porque há menos contacto humano, mas também relativamente a outros equipamentos, estes são menos perigosos de usar. Alguns exemplos de equipamentos que são por vezes substituídos por transportadores incluem empilhadores, gruas e vagões. Muita destas unidades de transportadores têm incorporadas funções de segurança que ajudam a minimizar o risco de acidentes [3].

Tendo em conta os pontos anteriores, é possível resumir as vantagens dos transportadores da seguinte forma [14]:

- Reduzem custos operacionais e exigências de mão-de-obra;
- Fornecem um ambiente de trabalho mais ergonómico;
- Reduzem os pedidos de indemnização dos trabalhadores;
- Lidam melhor com os picos de volume de encomendas;
- Aumenta a produtividade dos funcionários, mantendo sempre trabalho disponível;
- Libertam espaço de trabalho;
- Reduzem o ciclo de tempo para completar encomendas;
- São soluções que podem ser facilmente modificadas e expandidas conforme as alterações de negócios no futuro.

2.1.6 Paradigmas da produção

Neste tipo de indústria, dificilmente existem duas linhas de transporte iguais. Cada cliente tem sempre requisitos extra. Desta forma, é necessário ter consciencialização dos produtos que podem ser *standard* ou modificáveis, criando partes da máquina que possam ser usadas para vários transportadores diferentes, alterando apenas algumas dimensões como o comprimento dos tramos, a largura dos rolos ou da tela e a altura das pernas de suporte (figura 17).

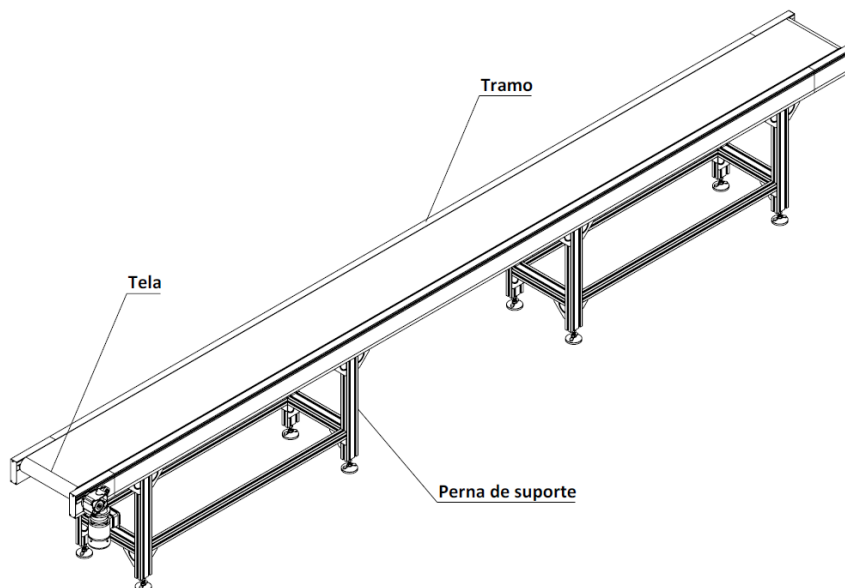


Figura 17 - Exemplo de um transportador de tela (fonte: Antípoda).

2.1.7 Enquadramento legal

As atividades com máquinas e equipamentos de trabalho são uma questão importante a ter em consideração quando se projeta uma máquina de trabalho. Seguindo a criação da União Europeia, com o intuito de eliminar as barreiras técnicas da comercialização associadas às diferentes normas dos vários países da comunidade, criou-se um conjunto de normas denominadas por Diretivas Comunitárias “Nova Abordagem”.

"Nova Abordagem" é a expressão pela qual é conhecida a Resolução do Conselho de 07 de Maio de 1985, que estabeleceu os requisitos essenciais relativos à saúde, segurança e bem-estar das pessoas e animais, à proteção do meio ambiente a cumprir pelos produtos e às formas de comprovação da conformidade com esses requisitos. As características técnicas dos produtos são definidas por documentos normativos, como as normas europeias (EN), que apenas podem ser transpostos para os ordenamentos técnicos nacionais (NP EN) por organismos acreditados. Estas regras proporcionam especificações técnicas a serem aplicadas de forma a satisfazer as exigências estabelecidas nas diretivas. Para o caso em questão, existem duas vertentes de diretivas provenientes do Tratado de Roma, uma de cariz social e outra de cariz económico. As primeiras têm como base o artigo 153º do Tratado sobre o Funcionamento da União Europeia (antes artigo 137º do Tratado de Roma), com o intuito de promover uma harmonização social, propondo a prevenção de acidentes e melhoria da segurança e saúde dos trabalhadores nos locais de trabalho, permitindo ainda que cada país membro introduza regulamentação com exigências de nível superior às prescrições mínimas de segurança e saúde.

As diretivas de cariz económico, tendo como base o artigo 114º do Tratado sobre o Funcionamento da União Europeia (antes artigo 95º do Tratado CE, 100º do Tratado de Roma) destinam-se à harmonização das exigências técnicas, adotando requisitos essenciais de segurança, às quais devem obedecer os produtos colocados no mercado único comunitário. Desta forma, as questões da segurança de máquinas e de equipamentos de trabalho inserem-se nesta filosofia de harmonização de determinadas regras ao nível comunitário e da conceção, fabrico, comercialização e utilização de máquinas como instrumentos nos locais de trabalho [15][16][17].

2.1.7.1 Diretiva de máquinas

A Diretiva de Máquinas estabelece o conjunto de regras reguladoras de mercado que têm como destinatários os respetivos fabricantes e comerciantes, privilegiando a integração de segurança no projeto, baseando-se em especificações técnicas reconhecidas. Atualmente, a segurança de máquinas é regulamentada pela Diretiva 2006/42/CE (Diretiva Máquinas), transposta para os documentos nacionais pelo

Decreto-Lei 103/2008 de 24 Junho. Estas regras propõem exigências essenciais de segurança, devendo ser respeitadas nas legislações e práticas administrativas dos Estados membros, funcionando como garantia do livre-trânsito de mercadorias no espaço económico europeu (EEE). Antes de se colocar uma máquina no mercado comunitário pela primeira vez, o fabricante necessita de completar um conjunto de procedimentos e operações que permitam a transferência de propriedade para o cliente final. Para a máquina estar apresentada como cumpridora dos requisitos da Diretiva Máquinas, o fabricante deve emitir uma declaração de conformidade e colocar a marcação CE na chapa de características do produto em causa. Alguns dos requisitos da diretiva para o projeto de uma máquina serão:

- Garantir que cumpre os requisitos fundamentais de segurança e saúde;
- Emissão da Declaração CE de conformidade e chapa de características com a marcação CE;
- Organizar um Dossier Técnico de Fabrico (em acordo com o Anexo II da diretiva);
- Fornecer um manual de instruções na língua do país do usuário.

2.1.7.1.1 Requisitos essenciais de segurança

Após a identificação de um perigo, há necessidade de definir o risco correspondente (figura 18). A avaliação dos riscos disponibiliza informação necessária à hierarquização dos mesmos, permitindo priorizar adequadamente o seu tratamento (figura 19). Para efetuar a avaliação de riscos é necessário atender à probabilidade da ocorrência e às suas consequências.

As exigências de segurança e a fiabilidade de alguns sistemas de proteção, como resguardos de encravamento, controlo, etc., são função da probabilidade de ocorrência de um acidente na zona a proteger. É necessário definir diferentes níveis de risco, para se determinar quando se deve aplicar maiores exigências de segurança e fiabilidade nos sistemas de proteção. Distingue-se os seguintes níveis de risco [15][18][17]:

- Pouco Significativo: Diz-se que uma máquina ou zona envolvente a ela tem um risco normal de acidente quando o método de trabalho não implica acesso ao ponto ou à zona de perigo. É necessária uma falha no sistema de proteção simultaneamente com a falha ou erro do operário, para que se produza um acidente.
- Elevado: Diz-se que uma máquina ou zona envolvente a ela tem um risco alto de acidente quando o método de trabalho exige o acesso permanente à zona de perigo e uma falha no sistema de proteção conduz com toda a certeza a um acidente.

- Inaceitável: Diz-se que uma máquina ou zona envolvente a ela tem um risco muito alto de acidente quando, seguindo o método de trabalho estabelecido, uma falha do operário irá produzir um acidente com absoluta certeza.

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE RISCOS												
P (Probabilidade de Ocorrência)												
0,033	Quase impossível	Apenas em circunstâncias extremas										
1	Muito improvável	Embora concebível										
1,5	Improvável	Mas pode ocorrer										
2	Possível	Mas pouco comum										
5	Casual	Pode acontecer										
8	Provável	Não é inesperado										
10	Bastante provável	Esperado										
15	Certo	Sem dúvida										
S (Gravidade da Lesão)												
0,1	Arranhão, irritação, leve mal-estar											
0,5	Corte, queimadura											
3	Quebra ou lesão de membros (temporário), perda de visão (temporário), perturbação psicológica											
8	Perda de membro(s), capacidade visual ou auditiva (permanente)											
15	Morte											
F (Frequência e/ou tempo de exposição ao perigo)		<table border="1"> <thead> <tr> <th>R</th> <th>Risco</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0-5</td> <td>Negligenciável</td> </tr> <tr> <td>5-50</td> <td>Pouco Significativo</td> </tr> <tr> <td>50-500</td> <td>Elevado</td> </tr> <tr> <td>Mais de 500</td> <td>Inaceitável</td> </tr> </tbody> </table>	R	Risco	0-5	Negligenciável	5-50	Pouco Significativo	50-500	Elevado	Mais de 500	Inaceitável
R	Risco											
0-5	Negligenciável											
5-50	Pouco Significativo											
50-500	Elevado											
Mais de 500	Inaceitável											
0,5	Anual											
1	Mensal											
1,5	Semanal											
2,5	Diário											
4	Horário											
5	Constantemente											
NP (N.º de Pessoas Expostas)		$R = PO \times FE \times G \times NP$										
1	1-2 pessoas											
2	3-7 pessoas											
4	8-15 pessoas											
8	16-50 pessoas											
12	50+ pessoas											

Figura 18 - Critérios de avaliação de riscos (fonte: Antípoda).

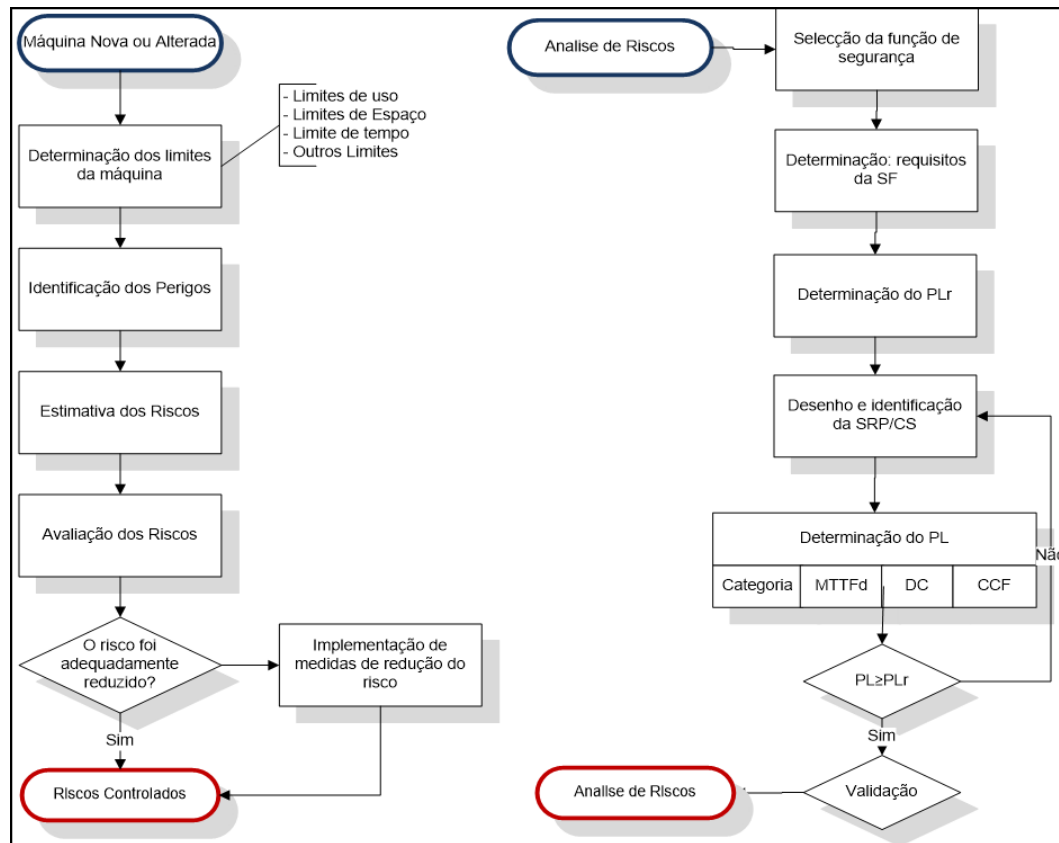


Figura 19 - Fluxograma da metodologia da avaliação de riscos (fonte: Antípoda).

2.1.7.1.1.1 Risco mecânico

O constante movimento dos elementos do sistema podem por em causa a segurança dos trabalhadores à sua volta (figura 20). Da avaliação de riscos mecânicos surgem alguns tópicos a ter em atenção na fase do projeto, montagem e instalação. O movimento de alguns elementos móveis com aceleração/desaceleração têm consequências potenciais como esmagamento, impactos, arrastamento, abrasão ou atrito. Uma das ações que se pode implementar para contornar este problema é a colocação da sinalização de perigo, como autocolantes, e vedação da zona com blindagens.

É necessário também uma especial atenção a peças com geometrias cortantes ou com um mau acabamento superficial, onde existam rebarbas ou arestas afiadas ou a elementos elásticos como as molas, que provocam energia potencial, constituindo um perigo se a sua utilização não for adequada.

No caso de haver uma falha humana ou num dos sensores de fim de curso, pode ocorrer queda de objetos. Neste caso, sugere-se a utilização de um batente extra no fim das linhas de rolos ou correntes [19][20]

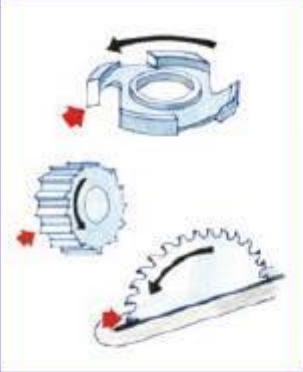
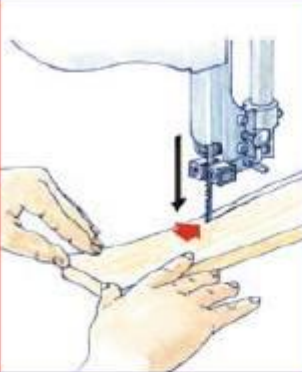
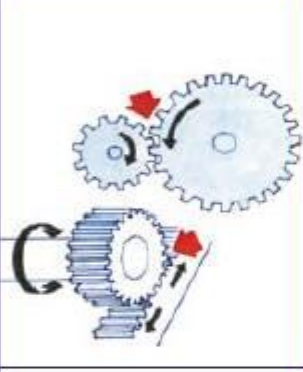
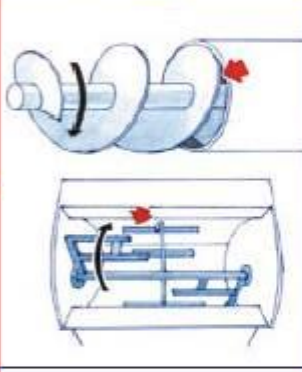
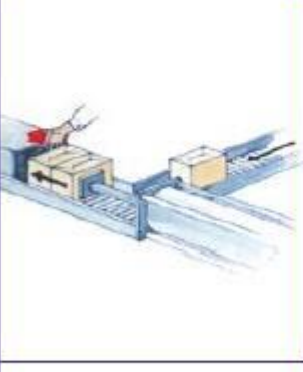
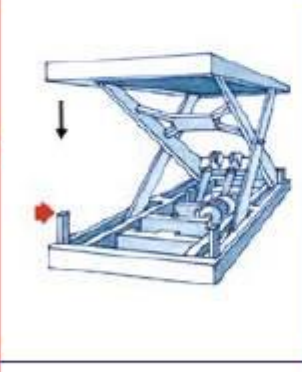
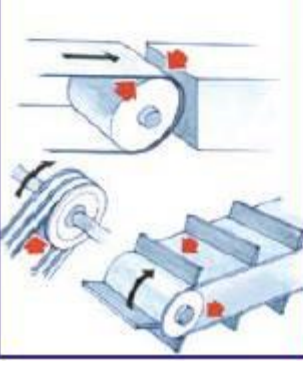
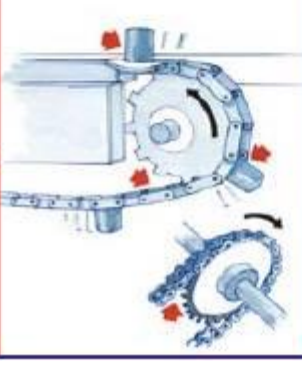
EXEMPLOS DE RISCOS MECÂNICOS ASSOCIADOS A COMPONENTES E FERRAMENTAS			
Perigo	Possíveis Consequências	Perigo	Possíveis Consequências
	<ul style="list-style-type: none"> • Corte • Desmembramento • Projeção 		<ul style="list-style-type: none"> • Corte • Desmembramento • Projeção
	<ul style="list-style-type: none"> • Esmagamento • Desmembramento 		<ul style="list-style-type: none"> • Torção • Emaranhamento • Impacto • Extorção • Desmembramento • Raspamento
	<ul style="list-style-type: none"> • Cisalhamento • Desmembramento • Extorção • Esmagamento • Impacto 		<ul style="list-style-type: none"> • Esmagamento • Cisalhamento • Desmembramento
	<ul style="list-style-type: none"> • Esmagamento • Arrancamento • Desmembramento • Impacto 		<ul style="list-style-type: none"> • Esmagamento • Arrancamento • Desmembramento • Impacto

Figura 20 - Exemplos de situações de perigos mecânicos. (fonte: IRRST - Machine Safety).

2.1.7.1.1.2 Riscos elétricos

Podem ser causados danos aos trabalhadores se houver exposição a elementos ativos. Tensões acima de 50 V AC ou 120 V DC são consideradas perigosas. Choques provocados por equipamentos defeituosos podem provocar ferimentos graves e permanentes, assim como provocar incêndios. Desta forma, tem de haver um cuidado especial na colocação das partes elétricas na máquina (figura 21).

Quando se projeta e constrói este tipo de mecanismo, deve-se ter em atenção a norma EN 60204-1 *Safety of machinery – Electrical equipment of machines* [21][17].



Figura 21 - Símbolo de perigo de choque elétrico.

2.1.7.1.1.3 Risco Ruído

A exposição ao ruído pode ser prejudicial para a saúde dos trabalhadores, tendo nomeadamente o efeito da perda de audição. Quando o nível de pressão acústica ultrapassar os 80 dB, a máquina deve ter afixada na chapa características uma indicação com esse nível de ruído (Figura 22). A relação entre ruído e acidentes deve ser mencionada na avaliação de riscos, pondo em causa a ocorrência de acidentes na medida em que [17]:

- Dificulta a audição e compreensão de instruções e sinais;
- Ajuda ao *stress* relacionado com o trabalho, aumentando a carga cognitiva, agravando assim a probabilidade de erros;

- Sobrepõe-se ao som de aproximação de perigo ou sinais de alerta (por exemplo, sinais sonoros de marcha-atrás dos veículos);
- Distrai os trabalhadores, nomeadamente os condutores.

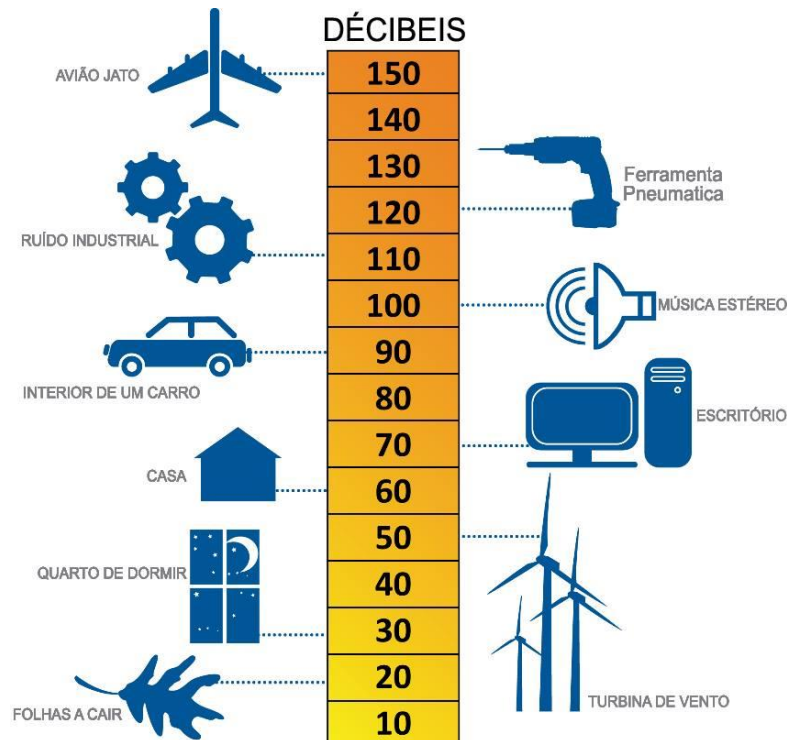


Figura 22 - Esquema com os níveis de decibéis mais comuns (fonte: abldistribution).

2.1.7.1.1.4 Dispositivos de proteção

Devem ser utilizados dispositivos de proteção sempre que possível em zonas perigosas propícias a algum tipo de risco. Os mais comuns são as proteções fixas, de difícil remoção. Estão normalmente presas à estrutura da máquina por meio de parafusos ou soldadas, dificultando a sua remoção sem o uso de ferramentas apropriadas.

Existem também proteções móveis como portas ou tampas que podem ser abertas ou retiradas com maior facilidade, que estão conectadas a outros dispositivos de deteção e encravamento que param a máquina enquanto a proteção não voltar ao seu estado de funcionamento normal. Em outros casos podem ser utilizadas barreiras fotoelétricas, que detetam movimento por proximidade à máquina ou entrada na zona de trabalho, e ainda barreiras físicas (Figura 23) à volta da área de perigo, como redes ou paredes [17].



Figura 23 - Barreiras de proteção (fonte: Logismarket)

2.1.7.1.2 *Dossier técnico de fabrico*

Os fabricantes de novos produtos sujeitos às Diretivas europeias devem garantir a constituição de um *dossier* técnico de fabrico, redigido em pelo menos uma das línguas oficiais da comunidade. Este documento deve estar à disposição das autoridades competentes e disponível pelo menos durante o tempo especificado na Diretiva (pelo menos 10 anos desde a última produção do produto no caso de máquinas). O *dossier* técnico não deve circular com a máquina e apenas pode ser exigido pelas autoridades competentes. Integrado neste documento está [17] [22].

- Uma descrição compreensiva e clara do equipamento, montagem e instalação, assim como instruções para a ligação eléctrica;
- Informação sobre o ambiente físico (se aplicável);
- Diagramas gerais da máquina;
- Diagrama das ligações eléctricas;
- Lista de peças suplentes recomendáveis;
- Instruções de operação (se aplicável).

2.1.7.1.3 Marcação CE e Declaração de Conformidade

Em toda a U.E. a marcação CE é o único símbolo associado à presunção da conformidade de máquinas com as exigências essenciais de segurança e de saúde. Esta marcação não constitui uma marca de qualidade, apenas garante um nível mínimo de segurança e atesta a conformidade com as Diretivas aplicáveis.

De acordo com a Diretiva de Máquinas, as empresas só precisam de aplicar a marca CE para produtos construídos para a EU, sendo esta um esquema usado pela EU para tornar o comércio de máquinas mais fácil e barato entre os países da comunidade. Muitos componentes individuais e subconjuntos, como os que não têm uma fonte de energia independente ou que não são componentes de segurança, não necessitam da marca, a não ser por outras diretivas. Muitas vezes, os clientes procuram pela marca CE num produto como uma indicação da conformidade perante certos padrões mínimos de qualidade e segurança.

Ao colocarem a marca CE os fabricantes de máquinas estão a afirmar que o produto está de acordo com as diretivas aplicáveis. Para fixar a marca CE a um produto, os fabricantes devem emitir um Declaração de Conformidade (Figura 24). Isto é uma homologação formal e assinada indicando a conformidade do produto referenciado perante as regras indicadas nas diretivas e normas aplicadas [15][17].

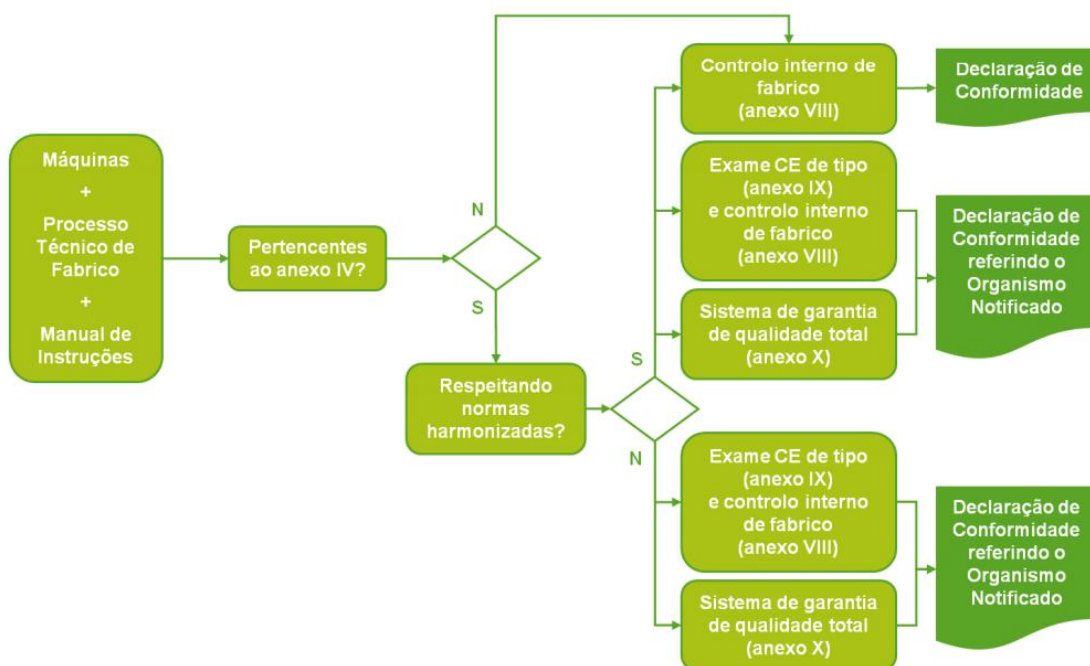


Figura 24 - Procedimento de certificação de conformidade (fonte: ACT - Segurança de máquinas e equipamentos de trabalho).

Grande parte dos fabricantes de máquinas têm capacidade para certificar os seus produtos com a diretiva de máquinas sem recorrer a agências exteriores. Algumas categorias de produtos, incluindo máquinas de alto risco como prensas, guilhotinas, serras, entre outros, requerem uma certificação adicional por uma entidade responsável. Se o produto não for produzido na EU/EEA, pode ser vantajoso para o construtor estabelecer um representante autorizado localizado dentro da EU/EEA, em que este deve estar disponível, ter acesso à Declaração de Conformidade, e ser capaz de fornecer informação de apoio quando requisitado. Na Figura 25 é mostrada a marca CE.



Figura 25 - Símbolo usado para a marcação CE num produto (fonte: *bsigroup*).

Na declaração de conformidade deve estar identificado o tipo de equipamento, o qual, de acordo com Decreto-Lei n.º 103/2009, de 24 de Junho, se define como [23]:

Máquina – Conjunto, equipado ou destinado a ser equipado com um sistema de acionamento diferente da força humana ou animal diretamente aplicada, composto por peças ou componentes ligados entre si, dos quais pelo menos um é móvel, reunidos de forma solidária com vista a uma aplicação definida;

Quase-Máquina - Como quase-máquinas, na Diretiva Máquinas, entende-se o conjunto que quase constitui uma máquina mas que não pode assegurar por si só uma aplicação específica. É o caso de um sistema de acionamento e que se destina a ser exclusivamente incorporada ou montada noutras máquinas ou noutras quase-máquinas ou equipamentos com vista à constituição de uma máquina à qual é aplicável este decreto-lei.

2.1.7.2 Diretiva de equipamentos de trabalho

A Diretiva 2001/45/CE de 27 de Junho, normalmente conhecida como “Diretiva Equipamentos de Trabalho” e transposta para o direito interno nacional pelo Decreto-Lei n.º 50/2005 de 25 de Fevereiro, está relacionada com as normas mínimas de segurança e de saúde para a utilização de equipamentos de trabalho.

Neste caso, equipamentos de trabalho inclui tudo o que seja máquina, aparelho, ferramenta ou instalação usada no local de trabalho, e a sua utilização está submetida ao cumprimento das prescrições mínimas ditadas pela diretiva.

Destas prescrições destacam-se as de carácter técnico e organizacional, como a seleção, adaptação e realização de verificações e ensaios nos equipamentos, assim como, a formação e informação dos trabalhadores. É necessário que os equipamentos de trabalho dispostos aos trabalhadores sejam adequados e garantam a sua segurança e saúde, tendo em atenção a especificidade do trabalho e os riscos associados. Devem ser efetuadas verificações aos equipamentos de trabalho, de forma a garantir a sua correta instalação para um bom funcionamento e condições de segurança e saúde adequadas durante o seu tempo de vida útil.

Esta diretiva dirige-se, não ao fabricante e aos departamentos de comercialização dos equipamentos, mas ao empregador e às condições efetivas da utilização no trabalho de tais equipamentos.

Deve-se ter em consideração que, mesmo no caso da aplicação de uma máquina certificada, o empregador não está dispensado da obrigação de identificar os perigos que lhe estejam associados e realizar uma avaliação de riscos relacionados com a sua utilização concreta no contexto de trabalho real em que tal equipamento vai operar. No entanto, se tal equipamento já estiver certificado, aquela tarefa encontra-se facilitada, na medida em que o respetivo Manual de Instruções fornecido pelo fabricante ou comerciante constituirá um auxiliar precioso [15][17].

2.2 TRANSPORTADORES

2.2.1 Transportadores por Gravidade

São o tipo de transportadores mais simples, normalmente inclinados, usam a força da gravidade ou de pessoas para empurrar as cargas ao longo da sua superfície.

2.2.1.1 Transportador de calha

Sendo o estilo mais básico, apresentam uma superfície sólida de metal ou plástico inclinado para baixo em linha reta ou formando uma espiral, fazendo deslizar a carga (figura 26).



Figura 26 - Exemplo de transportador de calha (fonte: Techconveyor).

2.2.1.2 Transportador de rolos livres

Suportam a carga numa série de rolos com eixos internos, apoiados em rolamentos, seguros nas longarinas laterais em intervalos fixos (figura 27). Podem ter uma configuração reta, curva, divergente ou convergente.

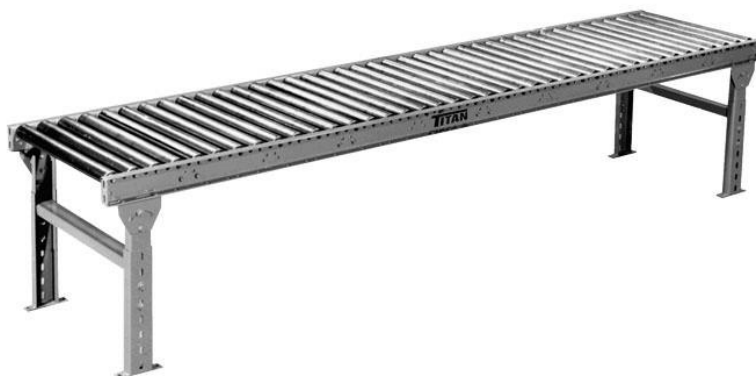


Figura 27 - Exemplo de transportador de rolos livres (fonte: Titanconveyors).

2.2.1.3 Transportadores de rodas livres

Ideal para o manuseamento de produtos leves com superfície lisas e suaves, estes transportadores distribuem as cargas sobre um conjunto de rodas apoiadas numa série de vários eixos (figura 28). Podem ter secções fixas ou flexíveis e extensíveis de acordo com o tipo de estrutura.



Figura 28 - Exemplo de transportador de rodas livres (fonte: Ingallsconveyors).

2.2.2 Transportadores Motorizados

Os transportadores motorizados são transportadores alimentados por um motor elétrico ou um sistema pneumático. Existem em vários tipos e com diferentes métodos de funcionamento. Alguns transportadores podem ser usados para acumulação ao invés do transporte contínuo de produtos. Este tipo de transportador permite acumular cargas numa determinada localização. Para evitar colisões bruscas de cargas, reduz-se a velocidade com os seguintes métodos:

- Pressão nula: ocorre quando se retira completamente a força motriz do transportador;
- Pressão mínima: mantém a força motriz mínima até a pressão nos produtos ir aumentando, para que a superfície de transporte perca o atrito com o produto. É vantajoso em relação ao método de pressão nula, com uma taxa de descarga singular maior;
- Sem contacto: Acumulação sem contacto num transportador, ocorre quando um produto é acumulado com um espaço definido entre cada carga. Isto é conseguido com um controlo sobre a velocidade da superfície de carga. Grande parte dos transportadores de pressão nula são deste tipo.

2.2.2.1 Transportador de Tela

Tipo de transportador motorizado que transporta cargas em telas feitas em tecido (figura 29), borracha, plástico, pele ou metal. Alguns tipos podem ser de tela com rolo, tela deslizante ou tela telescópica.



Figura 29 - Exemplo de transportador de tela (fonte: Precisionconveyor).

2.2.2.2 Transportador de correntes

Transporta cargas pesadas, como paletes ou contentores. Pode usar correia singular ou dupla que permite puxar a carga no sentido desejado (figura 30).



Figura 30 - Exemplo de transportador de correntes (fonte: adeptconveyor).

2.2.2.3 Transportadores Rolos com correntes

Este tipo de transportador é ótimo para o manuseamento de produtos pesados com fundos lisos ou em paletes. São usados para operações em armazéns que trabalham com chapas de aço ou membros estruturais e sistemas com paletes. É um sistema bastante versátil para transporte de embalagens, acumulação e sistemas de manuseamento de pneus de automóveis, assim como grandes produtos provenientes da fundição e forjamento, com superfícies inferiores lisas e planas.

2.2.2.4 Transportador de rolos com tela tangencial (*drive belt*)

Tipo de transportador de rolos motrizes em que o motor está ligado a uma tela mais pequena em contacto com a superfície de baixo dos rolos, fazendo-os rodar por atrito. Os produtos são transportados em rolos presos à estrutura, que recebem movimento através de uma tela tangencial de atrito elevado.

2.2.2.5 Transportador de rolos com cordão (*line shaft*)

Este transportador funciona de forma semelhante ao anterior, mas cada rolo tem uma ou mais ranhuras onde está esticado um cordão, que cria atrito de forma a rodar o rolo. Estes cordões estão ligados à motorização por um veio comum.

2.2.2.6 Transportador de esteira de placas articuladas

Transportador que utiliza cadeias intermináveis de placas de vários tamanhos, articuladas e ligadas entre si com a vantagem de poderem ter uma disposição curva.

2.2.2.7 Transportador vertical alternado

Usado para a transferência de cargas de um nível para outro. Estes dispositivos recorrem a uns suportes com movimento para cima e para baixo de modo a carregar os materiais de um transportador para outro. Podem ser motorizados ou atuados por gravidade e ser automáticos ou manuais.

2.3 SEPARADORES (“SORTERS”)

Os separadores de linha têm o objetivo de induzir e separar produtos para destinos específicos com o intuito de organizar melhor a distribuição de produtos, aumentando a produtividade da instalação. Normalmente, estes sistemas são implementados quando grandes quantidades de produtos requerem deslocamento para destinos diferentes como estações de embalagem ou palatização. São dispositivos versáteis com capacidade de separar uma grande gama de produtos (figura 31) com tamanhos e pesos diferentes. Existem vários tipos de separadores de linha para cargas pesadas e cargas mais leves entre os quais se destacam alguns como: *Activated Roller Belt* (ARB), deflectores, separadores por roda divergente motorizada, *Sliding Shoe sorter*, separadores de bandeja inclinada, transferência de paletes, mesa rotativa de paletes, etc. Quando se pretende obter uma solução destas, é necessário ter em conta alguns aspetos como o tipo de produto, tamanho e peso, mas também o tipo de solução a interagir com o separador [4].



Figura 31 – Exemplo de linha de transporte com separadores. (fonte: Willcoxandallen)

Com o aumento dos custos de mão-de-obra e maior demanda nas cadeias de abastecimento de operações mais rápidas, precisas e de maior sensibilidade, sistemas de separação automáticos têm vindo a integrar cada vez mais instalações de abastecimento, aumentando a sua produtividade, capacidade de processamento, precisão, e um fluxo de bens mais eficiente e económico [4].

Fabricantes de bens de consumo rápido usam estes sistemas para manusear produtos embalados à medida que estes saem da linha de produção. Sistemas de triagem de alto rendimento já são usados há várias décadas por grandes retalhistas para distribuir artigos com o menor custo possível, como por exemplo na Amazon (figura 32).



Figura 32 - Centro de distribuição da empresa Amazon. (fonte: Wired)

2.3.1 SEPARADORES DE OBJETOS

2.3.1.1 Deflectores

Um deflector é um dispositivo mecânico que redireciona ou empurra um objeto para fora do transportador para uma linha pré-estabelecida (figura 33). Pode ter uma tela vertical ou um plano estático com coeficiente de atrito baixo. São utilizados normalmente para um número pequeno de divergências com baixa cadência. Esta tecnologia requer normalmente um investimento de capital baixo, mas tem o potencial de danificar os produtos com o impacto e necessita de intervalos espaçados o suficiente para os desviadores ativarem e retomarem a posição inicial. Uma das aplicações são os transportadores de bagagens nos aeroportos [4] [24].



Figura 33 - Exemplo de um deflector simples (fonte: Bpress)

2.3.1.2 Separador por roda divergente motorizada

Neste sistema, rodas dispostas num ângulo fixo são levantadas no momento exato, divergindo desta forma os objetos para uma segunda linha. Em alguns casos, as rodas não sobem, mas rodam na horizontal para mudar o produto de direção.

Existem várias soluções únicas, que têm vindo a ser desenvolvidas e que se enquadram nesta categoria. Separadores de roda não são considerados como separação “positiva” porque a operação de divergência está dependente da fricção entre o objeto e as rodas (figura 34). São uma excelente aplicação quando o separador tem que manusear aproximadamente 20 ou menos localizações de separação a ritmos de aproximadamente 100 ou menos objetos por minuto [4][24].

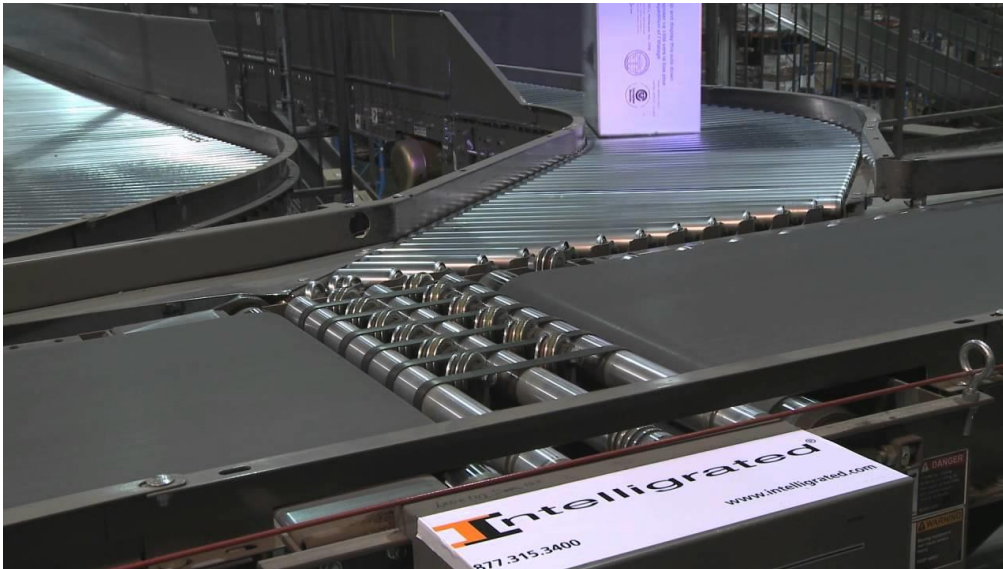


Figura 34 - Exemplo de um separador de roda divergente (fonte: Intelligrated)

Existem outras aplicações semelhantes a este tipo de separador, como o da figura 35 que, ao contrário do descrito anteriormente, as rodas ou rolos emergem para efetuar a separação dos objetos. Isto pode fornecer um melhor rastreamento de uma perspectiva de controlo de separação, resultando em melhores taxas de rendimento, ao conseguirem mudar a posição das caixas na mesma linha de transporte, por exemplo lado esquerdo e lado direito [4][24].



Figura 35 - Exemplo de um separador de rolo emergente (fonte: Conveyco).

2.3.1.3 ARB Activated Roller Belt™

Com um sistema de separação ARB, os produtos são transportados em rolos embutidos numa tela de plástico e engrenados pela parte inferior, permitindo separações a trajetórias de 30 ou 90 graus. As partes móveis estão contidas abaixo da superfície de transporte, permitindo um manuseamento suave do produto e a segurança do operador. Separadores ARB têm capacidade bidireccional (figura 36).

Este sistema é capaz de separar uma abrangente gama de produtos com eficácia, desde caixas de cartão até sacos de plástico (sacos de polietileno) com taxas de transferência de até 350 embalagens por minuto [4][24].



Figura 36 - Separador de linha ARB (fonte: Intralox)

2.3.1.4 *Sliding Shoe Sorter* (sapatas deslizantes)

À medida que um produto é introduzido neste mecanismo, fica associado a um determinado número de sapatas consoante a sua dimensão. Quando o objeto chega à linha de saída pretendida, as sapatas são acionadas para seguir uma pista dentro do separador, empurrando o objeto para fora da linha (figura 37). Estes dispositivos são capazes de taxas até 400 itens por minuto, e normalmente produzem a melhor ROI quando aplicados entre 10 a 50 localizações de divergência [24].

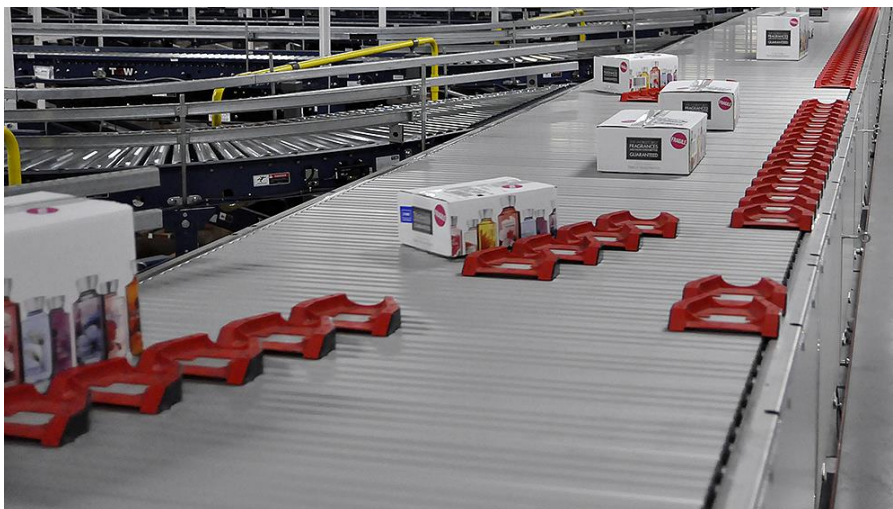


Figura 37 - Exemplo de um separador de sapatas deslizantes (fonte: Tgw-conveyor).

2.3.2 SEPARADORES DE PALETES

2.3.2.1 Separador por “gravidade” ou pneumático

As transferências de correntes têm a capacidade para movimentar cargas pesadas de transportadores ou bancadas de trabalho, usando correntes de aço e estruturas preparadas. As correntes transportam a carga, mantendo-a estável ao longo do deslocamento até estarem localizadas na zona de transferência. De seguida, rolos motorizados movem-se na vertical até encostarem a paleta, transportando-a para um transportador de rolos adjacente. Desta forma, cargas pesadas podem ser transpostas entre as várias zonas de trabalho através de transportadores motorizados sem a necessidade da utilização de ganchos, guias, empilhadores e mão-de-obra, reduzindo significativamente os acidentes de trabalho [25].

Estas transferências são compostas por dois elementos distintos, um deles é o módulo dos rolos motrizes, enquanto o outro é o módulo das correntes motorizadas. O princípio de funcionamento consiste no movimento em altura de um destes módulos, enquanto o outro permanece sempre fixo. Este método permite a passagem da carga dos rolos para as correntes e vice-versa, proporcionando a mudança de direção da paleta.

Existem várias transferências diferentes com este tipo de funcionamento, alterando o módulo fixo e o que movimenta para cima e para baixo. Este movimento vertical pode ser feito com mecanismos atuados eletricamente, como motores ou atuadores elétricos, ou mecanismos pneumáticos (figura 38) e hidráulicos, como atuadores de ar comprimido ou a óleo.



Figura 38 - Separador de paletes pneumático (fonte: Titanconveyors).

2.3.2.2 Separador de mesa rotativa

As mesas rotativas de paletes são normalmente integradas em linhas de transportadores de paletes, em que a paleta necessita de mudar a sua orientação para um ângulo diferente de 90 graus ou para curvas a 90 graus em que a orientação da paleta necessita de permanecer a mesma (figura 39).

Existem dois tipos de acionamento da rotação destes mecanismos: rotação motorizada e rotação pneumática. Enquanto a mesa movida por motor tem um número infinito de graus de rotação, a solução pneumática está limitada a rotações de 90 graus e usa o curso fixo de um cilindro pneumático para fazer a rotação.



Figura 39 - Exemplo de uma mesa de rotativa (fonte: Antípoda).

2.3.2.3 Carro de transferência

Os carros de transferência são máquinas usadas para divergir ou acumular unidades múltiplas linhas de transporte.

Algumas aplicações comuns incluem a entrega de carregamentos para estações de trabalho, transferir cargas de vários palatizadores para uma envolvente comum ou operações de *layer picking*. O uso de carros de transferência, quando comparado ao de transportadores e transferências convencionais, reduz a quantidade de equipamento necessário, reduzindo o investimento inicial e os custos de manutenção.

A estrutura base do carro está acoplada normalmente a transportadores de rolos (figura 40), mas existem outros tipos de disposições, como transportadores de correntes, dispensadores de paletes ou elevadores de cargas.

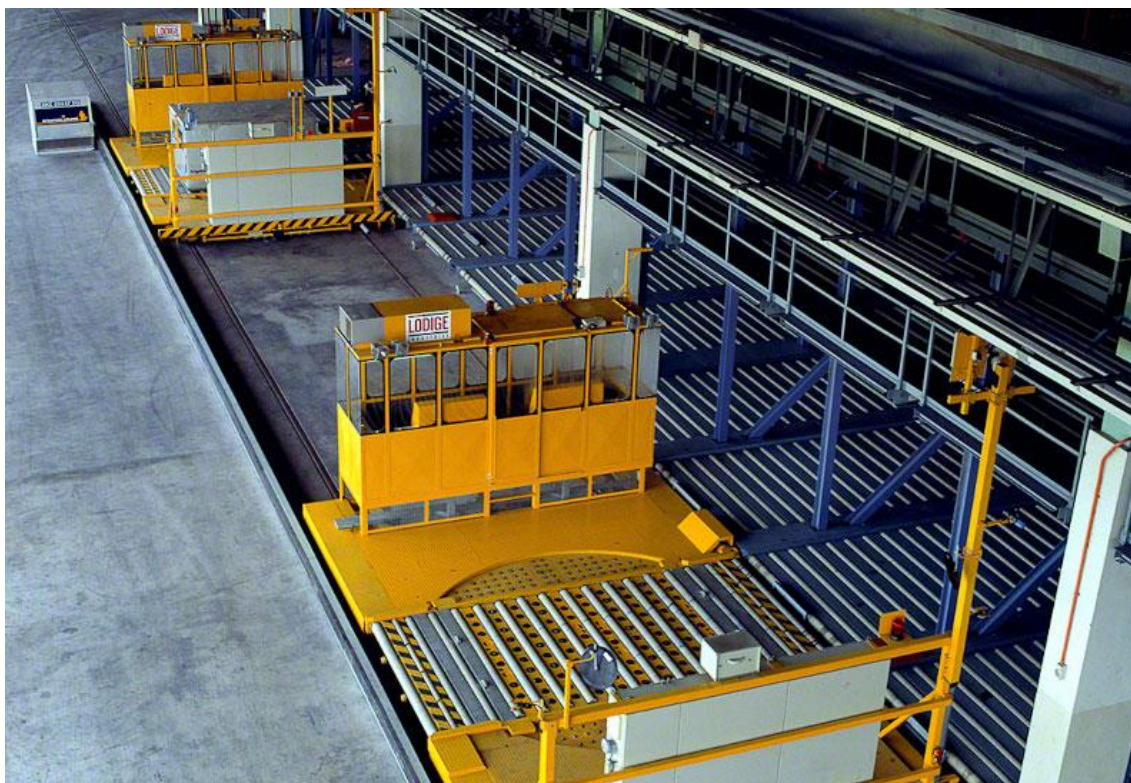


Figura 40 - Exemplo de um carro de transferência com transportadores de rolos (fonte: Lodige)

DESENVOLVIMENTO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA - ANTÍPODA

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

3.3 ANTEPROJETO

3.4 PROJETO

3.5 ORÇAMENTAÇÃO

3.6 IMPLEMENTAÇÃO

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Caracterização da empresa - Antípoda

Fundada em 2002, a Antípoda especializou-se no *design*, construção e instalação de equipamento intra-logístico, complementado por uma gama completa de transportadores para qualquer aplicação industrial. A estratégia da Antípoda concentra-se no contínuo crescimento e inovação, traduzindo-se num crescimento médio anual nos últimos 10 anos de 26%.

Desde 2008, a Antípoda iniciou a sua internacionalização, agora responsável por mais de 25% do total de vendas e em contínuo crescimento. O atributo principal da Antípoda reside na sua equipa tecnológica de engenheiros, projetistas e técnicos com uma vasta experiência em equipamento e soluções industriais, assim como uma excelente relação com os clientes.

A Antípoda tem como missão desenvolver soluções de logística industrial eficazes, amigáveis do ambiente, assim como fornecer um serviço técnico capaz, a fim de oferecer uma vantagem competitiva aos nossos clientes, relativamente a outros competidores. Faz ainda parte da missão da empresa estabelecer um valor sustentável para a comunidade, funcionários e acionistas.

A visão da Antípoda passa por desenvolver soluções de logística industrial inovadoras, de forma a gerar atividades de valor acrescentado para o nosso cliente e contribuir para o crescimento económico [1].

3.2 Caracterização do problema

No início e ao longo do desenvolvimento deste projeto, foram surgindo requisitos importantes a serem implementados. De forma a competir com a concorrência do mercado internacional, o custo foi um dos fatores mais importantes na conceção deste projeto, dando-se prioridade a peças *standard* e a moto-redutores mais económicos. Outro requisito é a versatilidade de utilização, tendo a capacidade de transportar paletes com dimensões segundo a norma europeia (europalete) ou americana. É desejado um *design* atrativo e adaptável a outras linhas existentes. Com o processo de standardização global da empresa, outro requisito importante será fazer deste sistema de transferência um produto *standard* para fazer face aos inconvenientes encontrados no passado, que obrigavam a desenvolver um produto específico para cada tipo de cliente. Como seria um produto com vista à exportação, tem que ser projetado tendo em conta o cumprimento da diretiva de máquinas.

Resumindo, as necessidades iniciais serão:

- Competitividade no mercado a nível de custo, características de funcionamento e qualidade de fabrico;
- Versatilidade e adaptação a vários mercados e aplicações;
- Ter um aspeto agradável e compacto;
- Criar um produto estandardizado, com o uso de perfis e peças normalizadas;
- Garantir o cumprimento da diretiva de máquinas (marcação CE);
- Acabamento de proteção e anticorrosivo de forma a manter a longevidade e aspeto do produto;
- Facilidade de montagem/desmontagem para redução de custos de fabricação e manutenção;
- Dispositivos de emergência bem sinalizados (de acordo com a instalação feita pelo cliente).

3.2.1 Requisitos funcionais

Um dos principais requisitos funcionais, se não o mais importante, é a capacidade de carga da máquina. Com o intuito de transportar paletes, teria de ser eficaz no transporte de cargas elevadas. Este tipo de máquina tem de ser capaz de transportar cargas de aproximadamente 1500 kg. Este nível de carga permite abranger a grande maioria das aplicações na indústria, tornando o produto apto como solução industrial.

Muitas vezes o solo do local de trabalho não está devidamente nivelado. Assim, é necessário ter em conta algum ajuste independente de altura. Da mesma forma, os transportadores adjacentes podem estar a alturas diferentes, daí a necessidade de um ajuste na vertical.

Em determinados casos onde haja grandes cadências de produção, é necessário ter em conta a velocidade de transporte das paletes, daí haver a necessidade da utilização de motores capazes de garantir regimes de funcionamento mais intensos.

3.2.2 Requisitos de qualidade

Em relação à qualidade deste produto, deve-se garantir, de uma forma geral, o funcionamento com o mínimo de avarias possível. Para tal, prevê-se usar produtos *standard*, de marcas conceituadas, e materiais com características adequadas à aplicação. A este nível, a qualidade de projeto é também muito importante para garantir um dimensionamento seguro de todos os componentes, correta aplicação e facilidade de montagem.

Os mercados mais relevantes para o produto seriam o europeu e o norte-americano. Desta forma, é fundamental que este se encontre de acordo com as normas europeias

de segurança e ter marcação CE. Quanto ao mercado norte-americano, grande parte das regras usadas para a Europa podem ser usadas. Para os componentes elétricos é exigida, para este mercado, o cumprimento das normas UL.

Outro requisito nesta categoria seria ter um aspeto agradável e compacto, de forma a ser um produto atrativo no mercado, não só pela funcionalidade, mas também pela imagem. Neste tipo de mercado, verifica-se que a funcionalidade é o aspeto mais relevante, sendo a parte estética menos valorizada. De forma a tornar o produto mais competitivo, deve-se ter em atenção o impacto visual deste equipamento e adjacentes, assim como o espaço ocupado, de forma a garantir uma melhor utilização da área de trabalho disponível.

Outra condição necessária seria o acabamento do equipamento, de forma a manter o aspeto do produto e a sua fiabilidade.

3.2.3 Requisitos de manutenção

Com vista à redução de custos de manutenção e minimização dos períodos de quebra de produção, qualquer equipamento deve respeitar os seguintes princípios:

- Utilização de componentes *standard*, devidamente identificados, e escolhidos por forma a garantirem fiabilidade;
- Identificação do tempo de vida útil dos componentes mais solicitados, para que seja possível aferir as frequências de manutenção;
- Os componentes onde seja previsível efetuar mais intervenções, devem estar acessíveis e, se possível, sem que haja necessidade de retirar o equipamento do *layout* onde está integrado;
- Os pontos de lubrificação, ou afinação, devem estar acessíveis e bem identificados no equipamento. O manual de utilização deve, de forma clara, fazer referência a estes pontos e indicar a frequência e tipos de intervenções a realizar.
- Em casos especiais, em que sejam necessários acessórios ou ferramentas específicas para realizar alguma operação de manutenção, estes devem ser fornecidos com o equipamento.

3.2.4 Requisitos de custo (Limites)

Um dos principais objetivos deste projeto é fazer um produto barato e competitivo. Desta forma teria de ser standardizado. As únicas alterações seriam a altura ao solo e a largura/comprimento das pistas, de forma a ser usado para a paleta europeia ou paleta americana. Ou seja, apenas duas áreas de transporte principais seriam desenvolvidas.

Teria que ser desenvolvida uma forma de reduzir a capacidade dos motores e, desta forma, o seu valor monetário e custo de manutenção. Outra forma de baixar o custo seria através da utilização de peças *standard* e normalizadas.

3.3 Anteprojeto

3.3.1 Brainstorming

Com a competitividade no mercado da logística, criou-se a necessidade de melhorar os modelos anteriores de transferências de paletes. Já foram criadas algumas soluções no passado para satisfazer a procura dos clientes, em grande parte no mercado internacional, onde os produtos eram sempre realizados sem qualquer tipo de standardização e diferenciados para cada obra e cliente.

Equipamento 1 (Transferência de dois níveis)

O tipo de sistema de transferência representado na figura 41 é dos mais comuns em utilizações que requerem a transferência horizontal de paletes para outras linhas de transporte. Utiliza dois módulos de transporte diferentes, um de rolos motrizes e outro de correntes. Neste tipo de equipamento, um dos módulos mantém-se sempre fixo, enquanto o outro tem a capacidade de se mover na vertical para cima ou para baixo.

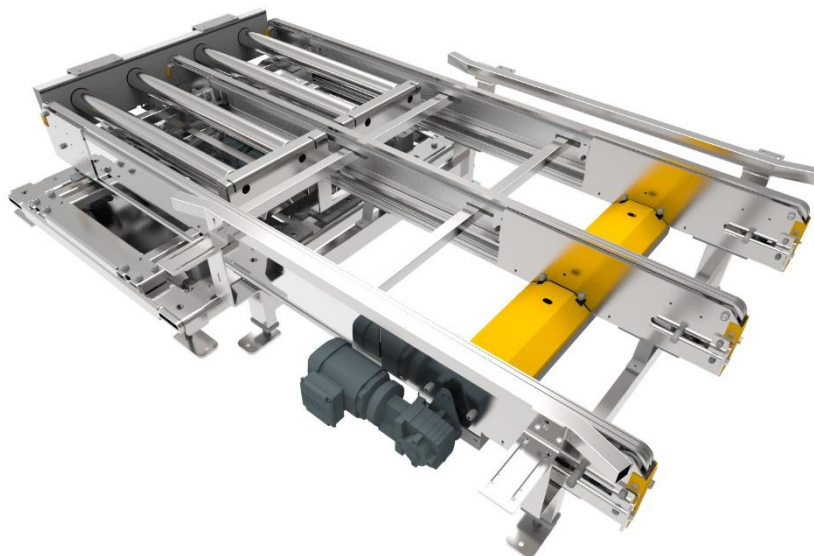


Figura 41 - Sistema de transferência para fabricado para a empresa Jean Mirmont (fonte: Antípoda)

Neste sistema da figura 41 é possível observar que o módulo das correntes é fixo, enquanto o módulo dos rolos depois de receber a paleta inicia a descida até a linha do topo dos rolos passar a altura de transporte das correntes, transferindo a paleta para as correntes.



Figura 42 - Sistema de transferência fabricado para a IKEA (fonte: Antípoda)

Na figura 42 o processo é semelhante ao anterior, a paleta é transportada por rolos até chegar à zona das correntes. De seguida, o módulo das correntes sobe, elevando a paleta acima dos rolos de forma a permitir a transferência desta.

Equipamento 2 (Transferência com cilindro elástico)

Este equipamento tem um princípio de funcionamento semelhante ao anterior, em que um dos módulos de correntes ou rolos é fixo, enquanto o outro tem movimento vertical. A diferença está no método de acionamento do movimento. Neste caso, a elevação é feita através do enchimento de uma espécie de “almofadas”, denominadas por cilindro elástico, com ar comprimido (figura 43).



Figura 43 - Exemplo de um cilindro elástico (fonte: www.grupooria.com)

Equipamento 3 (Transferência de nível único)

Neste tipo de máquina, existem na mesma os dois módulos vistos anteriormente, mas em nenhum caso estes elevam a carga, ou seja, a carga sai da transferência ao mesmo nível que entra. Isto proporciona diversas vantagens aos sistemas anteriormente referidos, permitindo reduzir a potência necessária da máquina, esforço mecânico, e por conseguinte, também o custo (Figura 44).



Figura 44 - Transferência de paletes de nível único lado a lado.

3.3.2 Análise SWOT dos equipamentos

Equipamento 1 (Transferência de dois níveis)

É realizada de seguida uma análise SWOT ao sistema de dois níveis (Tabela 1).

Tabela 1 - Análise SWOT do equipamento de transferência de dois níveis.

SWOT	Positivos	Negativos
Internos (Organização)	<u>Pontos Fortes</u>	<u>Pontos Fracos</u>
	Construção mais fácil. Boa manutenção. Design mais básico. Acionamento elétrico ou pneumático.	Dimensões grandes. Custo elevado. Usa vários tipos de materiais. Poucas peças <i>standard</i> .
Externos (Ambiente)	<u>Oportunidades</u>	<u>Ameaças</u>
	Melhor reconhecimento no mercado, ou seja, mais facilidade de venda.	Pouco estandardizado, logo, peças de substituição mais caras. Bastante concorrência de mercado. Facilidade em reproduções externas do equipamento.

Equipamento 2 (Transferência com cilindro elástico)

É realizada de seguida uma análise SWOT ao sistema com cilindro elástico (Tabela 2).

Tabela 2 - Análise SWOT do equipamento de transferência com cilindro elástico.

SWOT	Positivos	Negativos
Internos (Organização)	<p><u>Pontos Fortes</u></p> <p>Não necessita de corrente eléctrica. Elevada capacidade de carga. Facilidade de montagem.</p>	<p><u>Pontos Fracos</u></p> <p>Design complicado. Manutenção moderada. Necessita de uma fonte de ar comprimido com pressão suficiente. Ocupa bastante espaço.</p>
	<p><u>Oportunidades</u></p> <p>Incomum no mercado internacional. Interesse em desenvolver este tipo de mecanismo para outras máquinas mais pequenas.</p>	<p><u>Ameaças</u></p> <p>Peças de substituição com custo elevado. Maior facilidade em reproduções externas do equipamento.</p>
Externos (Ambiente)		

Equipamento 3 (Transferência de nível único)

É realizada de seguida uma análise SWOT ao sistema de nível único (Tabela 3).

3.3.3 Viabilidade económica para cada solução

Neste tipo de equipamentos usaram-se várias peças em chapa de aço S235 com diversos tamanhos e espessuras. Quanto mais elevada a quantidade de aço usada (maior espessura e dimensões), maior será o preço. Usou-se também tubo de aço e em alguns casos existe a possibilidade da utilização de perfil de alumínio, sendo este um pouco mais caro que o aço. Uma das vantagens do alumínio é não precisar de acabamentos extras para proteção contra a corrosão.

Tabela 3 - Análise SWOT do equipamento de transferência de nível único.

SWOT	Positivos	Negativos
	<u>Pontos Fortes</u>	
Internos (Organização)	<p>Custo baixo.</p> <p>Elevado número de peças <i>standard</i>.</p> <p>Peças de fabrico fácil.</p> <p>Adaptabilidade a linhas existentes.</p> <p>Aspetto atractivo.</p> <p>Menor Consumo eléctrico.</p> <p>Menor esforço mecânico.</p> <p>Adaptável a qualquer tipo de paletes.</p> <p>Versatilidade no uso de motores com normas diferentes.</p> <p>Compacto com maior capacidade de aproveitamento de espaço.</p>	<p><u>Pontos Fracos</u></p> <p>Montagem do equipamento demorada.</p> <p>Manutenção pouco facilitada.</p>
	<u>Oportunidades</u>	
Externos (Ambiente)	<p>Produto único no mercado</p> <p>Maior facilidade em conquistar novos mercados</p> <p>Conceito adaptável a outros equipamentos</p> <p>Capacidade para evoluir e melhorar o produto</p>	<p>Roubo do mercado do equipamento por empresas grandes</p>

Em praticamente todas as transferências é usada corrente de aço e carretos para a transferência de binário dos motores para os rolos ou outras correntes de transporte. Em alguns casos é necessária a aplicação de rolamentos e chumaceiras, assim como perfil de plástico (normalmente um derivado de PE nylon) para auxiliar a corrente a deslizar sem desgaste.

Outro aspeto do custo destas máquinas está relacionado com o acionamento, quer seja por moto-redutor eléctrico ou por qualquer sistema pneumático ou hidráulico.

Os dados relativos aos custos destes equipamentos foram fornecidos pela empresa Antípoda, tratando-se de valores aproximados.

Equipamento 1 (Transferência de dois níveis)

Seguidamente é apresentada a Tabela 4, na qual estão descritos os custos relativos ao equipamento 1.

Tabela 4 - Custo aproximado do equipamento 1.

Tipo Material	Custo (€)
Produtos siderúrgicos	770
Chapa Corte Laser / Quinada	1722
Rolos/Correntes	872
Motorização	1391
<i>Standard</i>	742
Mão-de-obra/Projeto	1078
Outros	840
Total	7415

Equipamento 2 (Transferência com cilindro elástico)

Seguidamente é apresentada a Tabela 5, na qual estão descritos os custos relativos ao equipamento 2.

Tabela 5 - Custo aproximado do equipamento 2.

Tipo Material	Custo €
Produtos siderúrgicos	820
Chapa Corte Laser / Quinada	1935
Rolos/Correntes	630
Motorização	952
<i>Standard</i>	620
Mão-de-obra/Projeto	1310
Outros	1380
Total	7647

Equipamento 3 (Transferência de nível único)

Seguidamente é apresentada a Tabela 6, na qual estão descritos os custos relativos ao equipamento 3.

Tabela 6 - Custo aproximado do equipamento 3.

Tipo Material	Custo €
Produtos siderúrgicos	335
Chapa Corte Laser / Quinada	851
Rolos/Correntes	404
Motorização	623
<i>Standard</i>	705
Mão-de-obra/Projeto	907
Outros	210
Total	4035

3.3.4 Seleção da empresa

Depois de analisados os fatores relativos ao custo, desempenho e viabilidade de mercado, optou-se pela nova solução, ou seja, a transferência de nível único.

3.4 Projeto

Antes de se propor um produto final para o mercado, criou-se um plano inicial onde se desenvolveu um protótipo, de forma a analisar possíveis falhas na construção e projeto que não seriam possíveis de detetar ou não foram detetadas na fase da conceptualização. O aspeto do produto proposto poderá ser visualizado na Figura 45.

Na figura 46 é possível verificar algumas cotas importantes da transferência. Na conceção deste primeiro modelo, um dos aspetos que se teve em conta foi a criação de um mesmo modelo para transportar os principais tipos de paletes, *EUR-pallet* e paleta americana.

No projeto inicial escolheram-se os motores com a capacidade mínima recomendada, a nível de potência e binário, para as diversas funções, de forma a manter um custo e tamanhos reduzidos. Os moto-redutores são da marca SEW e estão em conformidade com as normas europeias (figura 47). As suas características podem ser consultadas no anexo 15.



Figura 45 - Render 3D da transferência de paletes (correntes com cor vermelha para destaque)

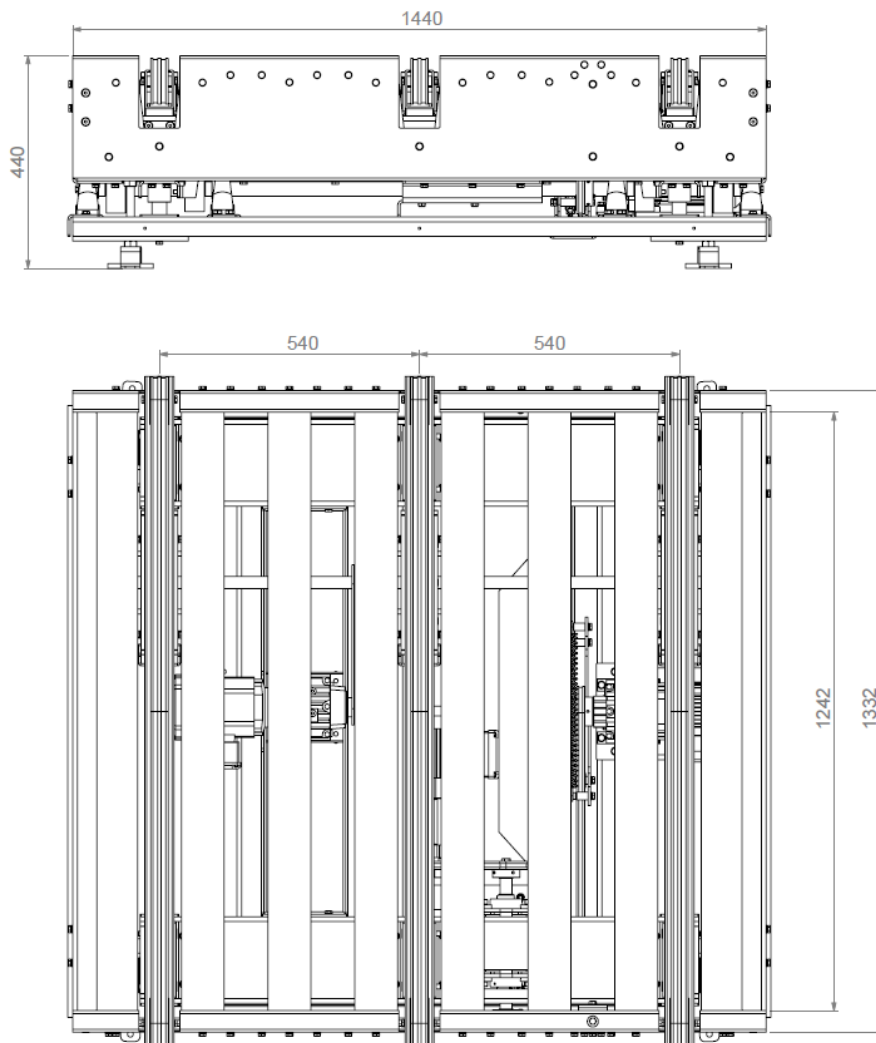


Figura 46 - Vista lateral e de topo com respectivas cotas da transferência de paletes.

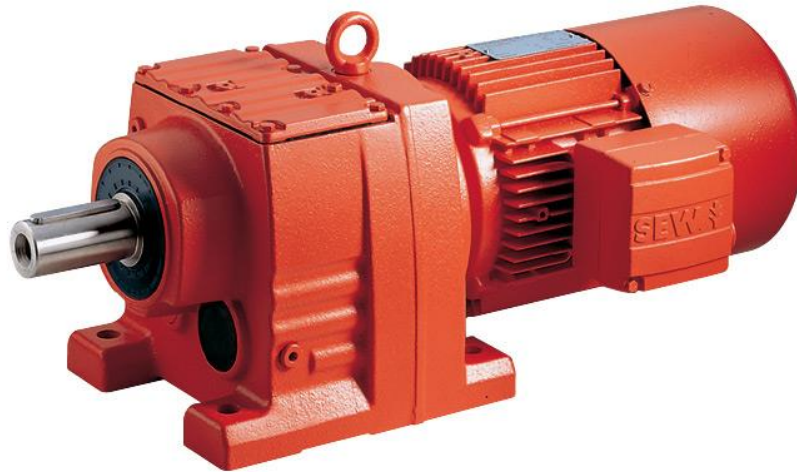


Figura 47 - Moto-Redutor da marca SEW usado nas transferências (fonte: SEW).

Este tipo de máquina é composto por três conjuntos principais: a base, o módulo de rolos e o módulo de correntes. Cada um destes grupos tem movimento independente dos outros, estando conectados pelos veios e casquilhos de guiamento e rodas de apoio.

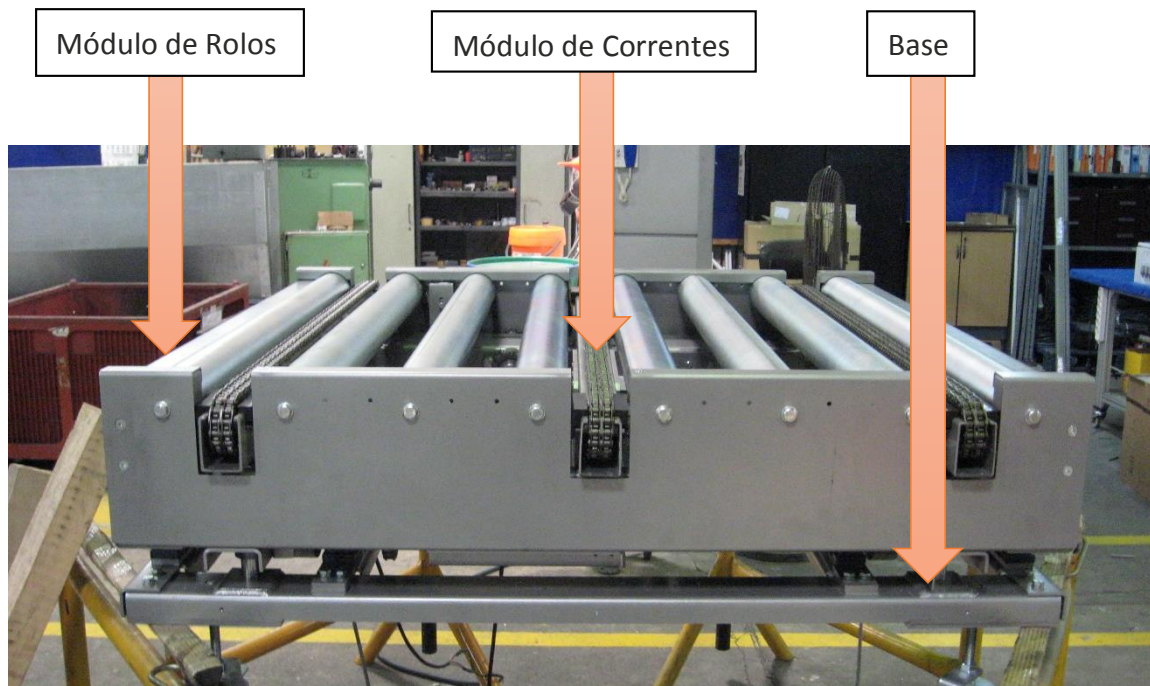


Figura 48 - Distinção entre os três módulos da transferência.

O componente chave para o funcionamento deste tipo de transferência é o sistema usado para a elevação da carga, composto por conjuntos de excêntricos desfasados. Cada conjunto destes é composto por quatro excêntricos (ou “comes”) alinhados entre si, que suportam o peso de cada módulo, estando por sua vez ligados por meio de chaveta a um veio comum apoiado na base.

Este veio comum está ligado a um moto-redutor que, ao transmitir binário para o veio, efetua a elevação de cada um destes módulos através do contacto entre o excêntrico e a roda montada numa parte do módulo em questão (figura 49).

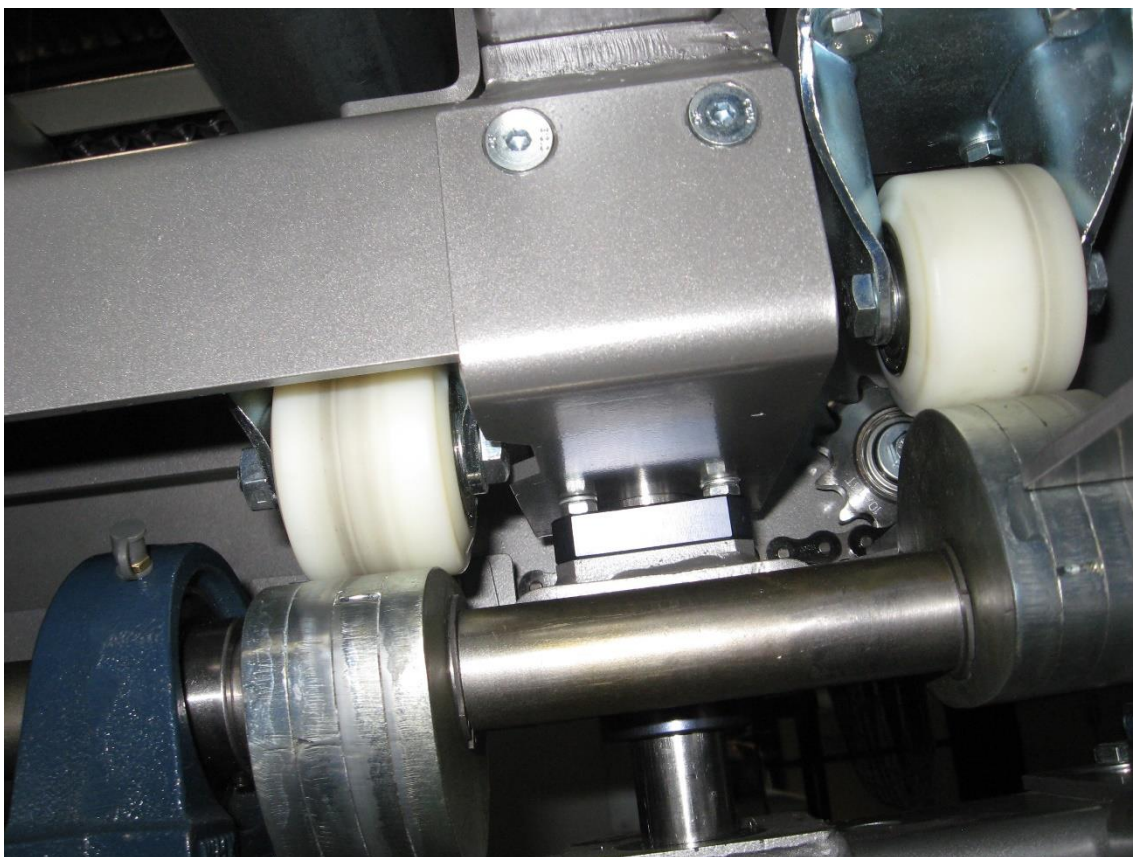


Figura 49 - Ligação entre os excêntricos e as rodas de cada um dos módulos de rolos e correntes.

Os excêntricos foram desenvolvidos com o intuito de que, quando atingissem o ponto máximo de elevação, houvesse um determinado número de graus de rotação onde os dois módulos estivessem com uma diferença de altura de 0 mm. Desta forma, a transferência da paleta ocorria sempre à mesma altura, para que o motor que faz o movimento das “comes” não tivesse que elevar a carga da paleta, reduzindo assim o binário necessário a esta operação e o custo associado ao moto-redutor e aos componentes envolvidos. Usou-se uma diferença de alturas máxima entre módulos de 25 mm (figura 50).

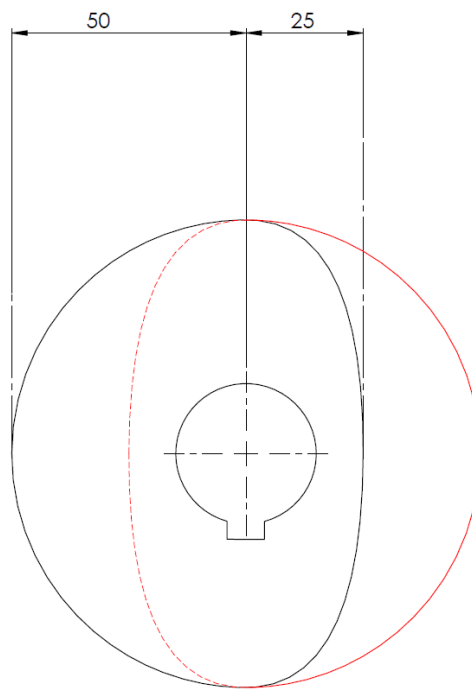


Figura 50 - Esquema com a sobreposição de dois excêntricos desfasados 180 graus. Dimensões em mm.

A figura 51 representa o princípio de funcionamento dos excêntricos, ou seja, a situação do desfasamento das cames e do ponto máximo de altura ser comum aos dois conjuntos.

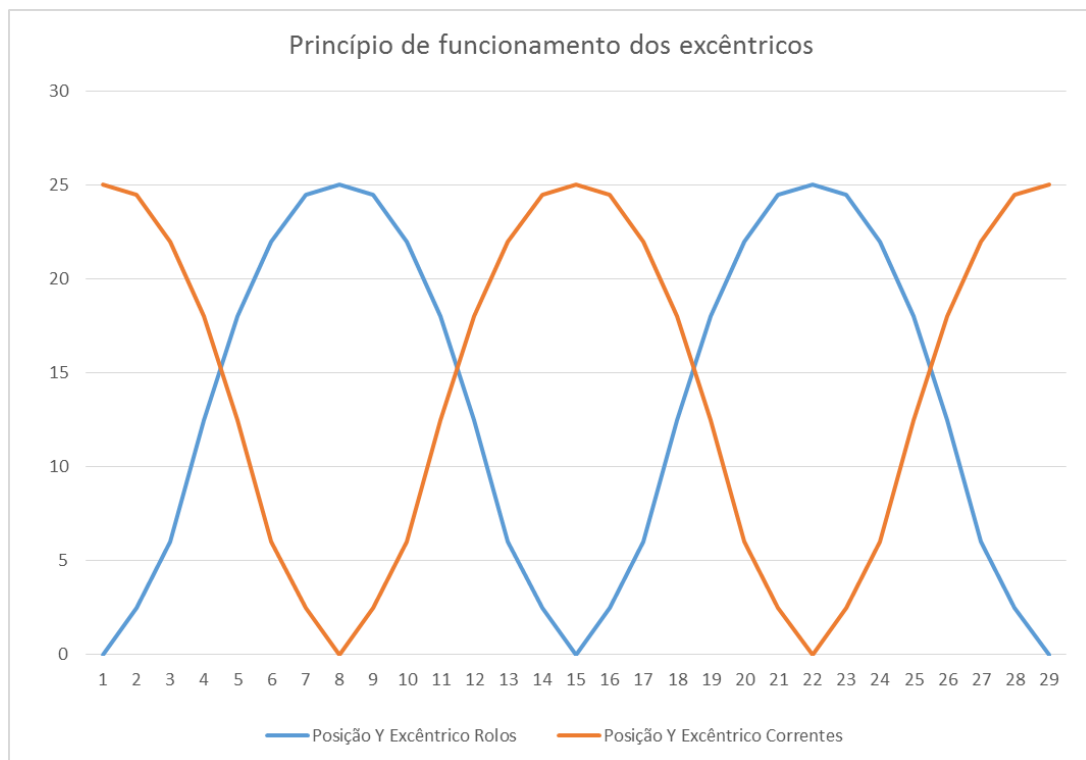


Figura 51 - Gráfico que representa o princípio de funcionamento dos excêntricos.

A transmissão de binário do moto-reductor para o veio dos excêntricos é feita através de correntes e carretos. Devido ao esforço mecânico, é necessário criar algum tipo de esticamento para estas correntes, caso contrário, quando se aplica esforço, a corrente tem tendência a “saltar” do carreto, provocando ineficácia na transmissão da força, desgaste dos componentes e ruído. Outro aspeto das correntes é estas esticarem permanentemente ao longo da sua vida de trabalho, sendo necessário esticá-las periodicamente. Para compensar estes pormenores, criou-se um mecanismo que faz o esticamento automático das correntes, representado na figura 52.

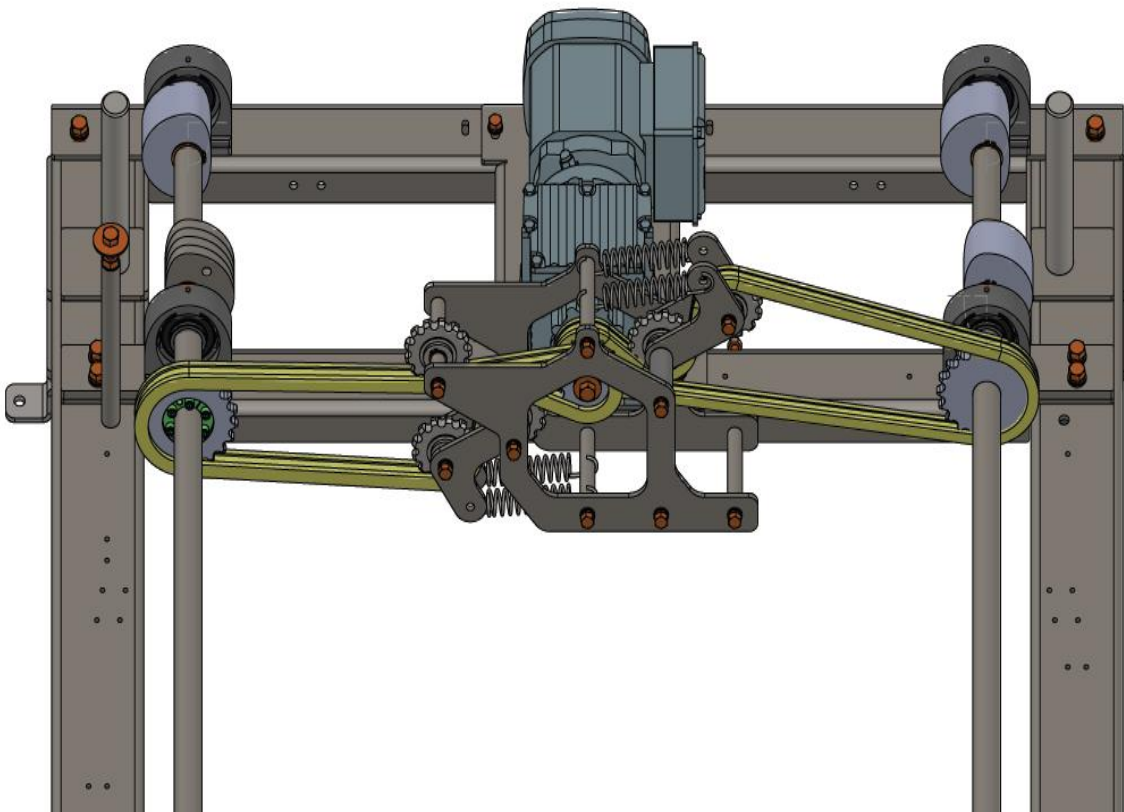


Figura 52 - Esticador das correntes de elevação.

Para cada corrente (representadas a amarelo) estão disponíveis duas molas que efetuam o seu esticamento contínuo. Este mecanismo apenas permite o correto funcionamento do sistema de correntes num sentido de rotação, ou seja, no sentido em que o esticamento é realizado.

3.4.1 Projeto Mecânico

Para a análise mecânica da estrutura de transferência recorreu-se ao módulo MEF (método elementos finitos) do *software* CAD 3D Solidworks®. Como a transferência é composta por bastantes componentes de diversos tamanhos, escolheu-se os mais importantes a nível estrutural para se analisar, como as chapas que formam a base e as laterais da máquina, os suportes das rodas e veios de transmissão de binário.

Para o material utilizado tentou-se restringir as peças como tubos e chapas estruturais ao aço S235, regularizado pela norma EN 10025:2004. Para além deste aço, os outros materiais usados na transferência não foram integrados na análise mecânica, ou porque já existem dados do fornecedor, como por exemplo as chumaceiras e as rodas de apoio, ou porque esses materiais não fazem parte dos componentes estruturais.

Tabela 7 - Características mecânicas do aço S235.

Características do aço S235	
Nome	DIN St37 (S235JRG2)
Tensão de cedência	235 MPa
Tensão de rutura	360 MPa
Módulo de elasticidade	210 GPa
Coefficiente de <i>Poisson</i>	0.28
Densidade	7800 kg/m ³
Módulo de torção	79 GPa
Coefficiente de expansão térmica	1.1 x 10 ⁻⁶ /K

De forma a simplificar a construção da transferência, separou-se esta em três módulos distintos: base, rolos e correntes. Cada um destes módulos pesa aproximadamente 200 kg. Para efeitos de cálculo, usou-se este valor para a massa de cada um dos módulos.

3.4.1.1 Módulo Base

O módulo da base tem de ser capaz de suportar todo o peso da estrutura da própria máquina, assim como a carga imposta no transporte. É composta pelas chapas que lhe dão forma e rigidez estrutural, assim como o motor e veios responsáveis pelo movimento vertical dos outros dois módulos.

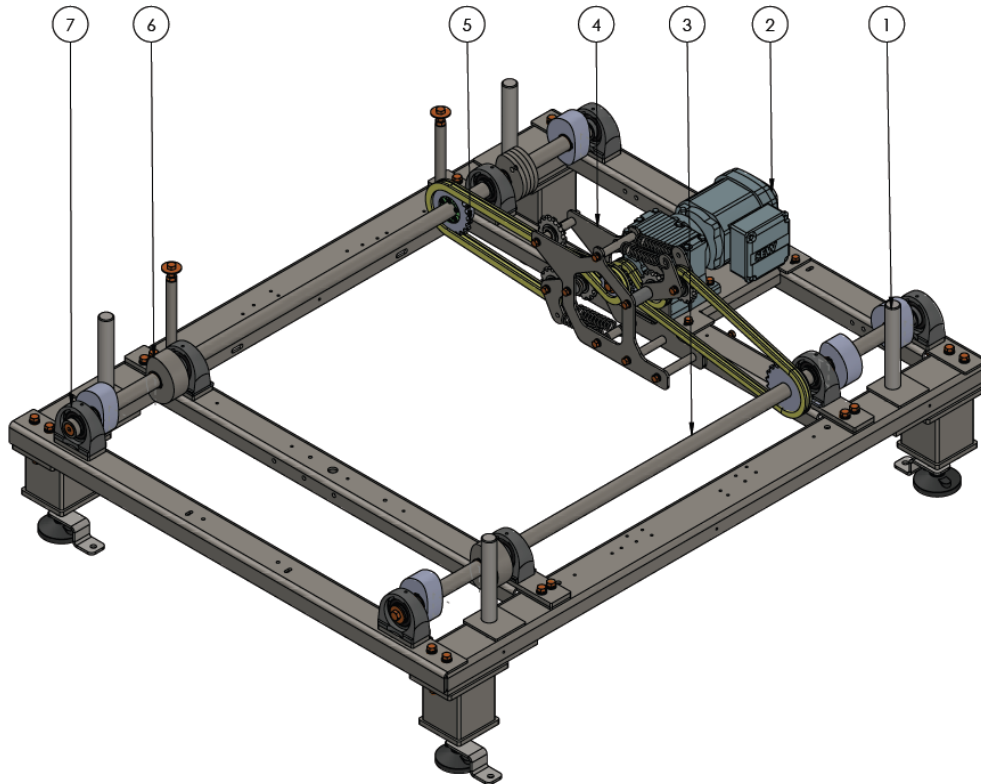


Figura 53 - Desenho 3D do módulo de base da transferência.

Tabela 8 - Dados referentes ao módulo de base da transferência.

Peça Nº	Nome	Descrição
1	Veios de Guiamento	Permitem fazer o guiamento vertical do módulo dos rolos e do módulo das correntes
2	Moto-Redutor	Usa corrente elétrica para fornecer movimento ao mecanismo de elevação
3	Veio de Transmissão	Possibilita a passagem de binário do moto-redutor para os carretos de transmissão
4	Modulo Esticador de Correntes	Permite fazer o esticamento das correntes de transmissão de movimento
5	Carreto de Transmissão	Efetua a transmissão de binário entre o moto-redutor e os excêntricos de elevação
6	Excêntricos (Cames)	Permite efetuar a elevação desfasada dos outros dois módulos
7	Chumaceira	Permite fixar o veio de transmissão à base da transferência

Na tabela 8 encontra-se a descrição dos componentes do módulo de correntes da transferência presentes na figura 53.

Para a realização da análise pelo método de elementos finitos, é necessário conhecer a carga aplicada nas diversas zonas sujeitas a esforço mecânico. Como foi visto anteriormente, o peso a suportar pelos veios de elevação é aplicado nos excêntricos, que por sua vez provoca uma reação nas chumaceiras apoiadas nas estruturas da base. Desta forma, é necessário calcular a reação nas chumaceiras, usando o método das forças num dos veios em duas situações distintas, uma com a carga aplicada no módulo de rolos e outra no módulo de correntes, já que os pontos de apoio têm posições diferentes em cada módulo (figura 54).

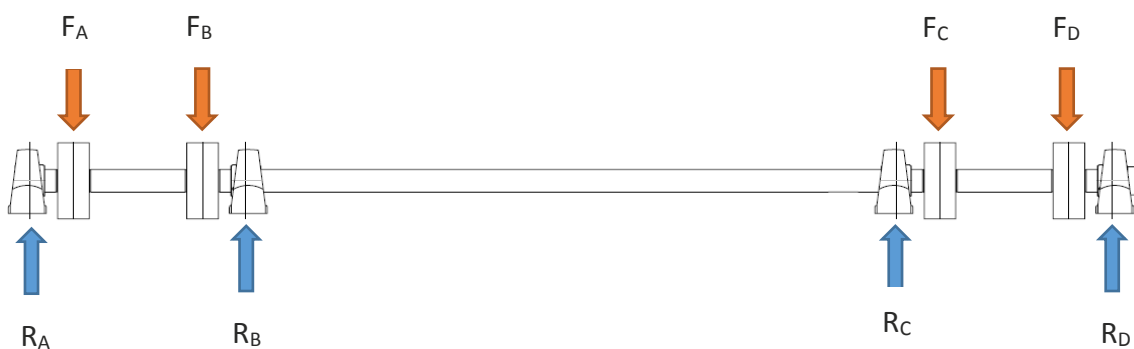


Figura 54 - Representação da distribuição de forças no veio de elevação.

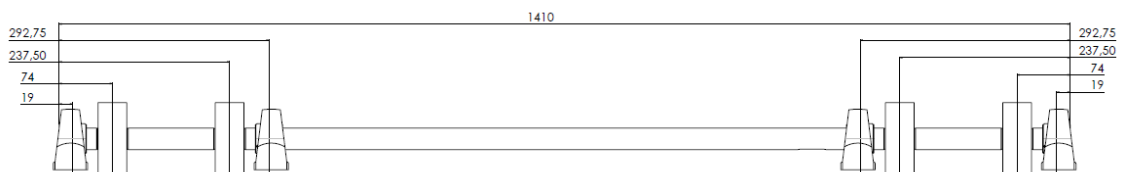


Figura 55 - Representação das cotas referentes as cargas no veio de elevação. Dimensões em mm.

Módulo dos Rolos

Para o caso do módulo de rolos, usaram-se as forças F_A e F_D . Com o auxílio do método da carga unitária foi possível calcular as reações nas chumaceiras. O desenvolvimento completo dos cálculos pode ser encontrado no anexo 1.

$$\begin{aligned} \text{Peso total} &= \text{Palete} + \text{Módulo Rolos} + \text{Fator de segurança} \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow \text{Peso total} = 1500 + 200 + 100 = 1800 \text{ kg} \end{aligned} \quad (1)$$

$$F_A = F_D = \frac{F_{Total}}{4} = \frac{((1500+200+100) \times 9,8)}{4} = 4410 \text{ N} \quad (2)$$

$$R_A = 3524 \text{ N}$$

$$R_B = 886 \text{ N}$$

$$R_C = 886 \text{ N}$$

$$R_D = 3524 \text{ N}$$

Módulo das Correntes

Para o caso do módulo de correntes usou-se as forças F_B e F_C . Usando o método da carga unitária, calcularam-se as reações nas chumaceiras. O desenvolvimento completo dos cálculos pode ser encontrado no anexo 1.

$$\begin{aligned} \text{Peso total} &= \text{Palete} + \text{Módulo Correntes} + \text{Factor de segurança} \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow \text{Peso total} = 1500 + 200 + 100 = 1800 \text{ kg} \end{aligned} \quad (3)$$

$$F_B = F_C = \frac{F_{Total}}{4} = \frac{((1500+200+100) \times 9,8)}{4} = 4410 \text{ N} \quad (4)$$

$$R_A = 890 \text{ N}$$

$$R_B = 3520 \text{ N}$$

$$R_C = 3520 \text{ N}$$

$$R_D = 890 \text{ N}$$

Análise MEF

Para efetuar a análise pelo método de elementos finitos na estrutura de base de transferência, foi necessário fazer a separação em quatro grupos de peças e retirar o módulo das chumaceiras, substituindo-as por blocos de forma a “enganar” o *software*, facilitando a sua utilização (figura 56). As setas a verde representam as fixações, enquanto as setas a roxo simbolizam as forças aplicadas (figura 57).

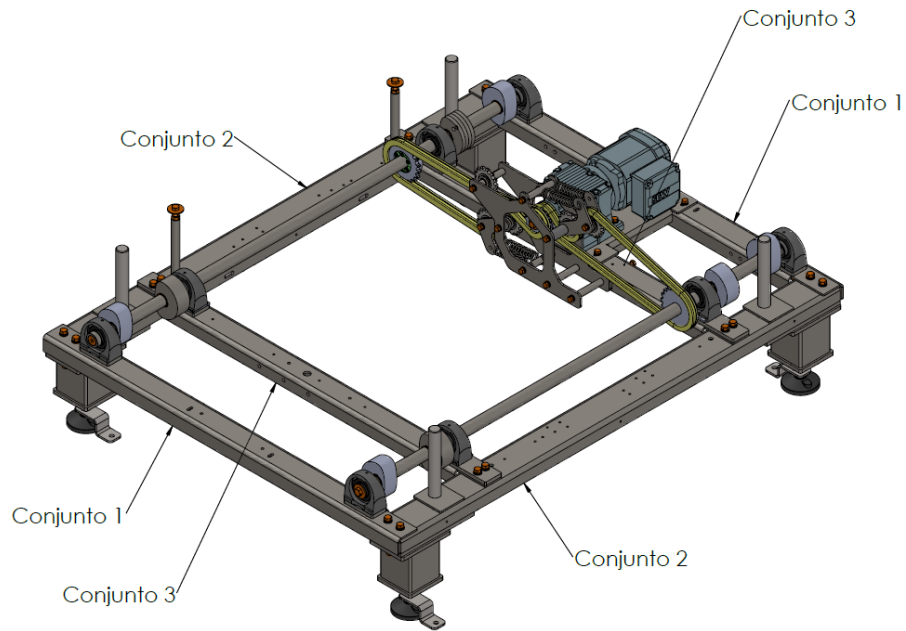


Figura 56 - Esquema com identificação de cada conjunto do módulo de base.

Módulo dos Rolos

Conjunto 1

Model name:SLT-P.L1.3000 - Base 1
 Study name:Conj1 Rolos (Default)
 Plot type: Static nodal stress Stress1

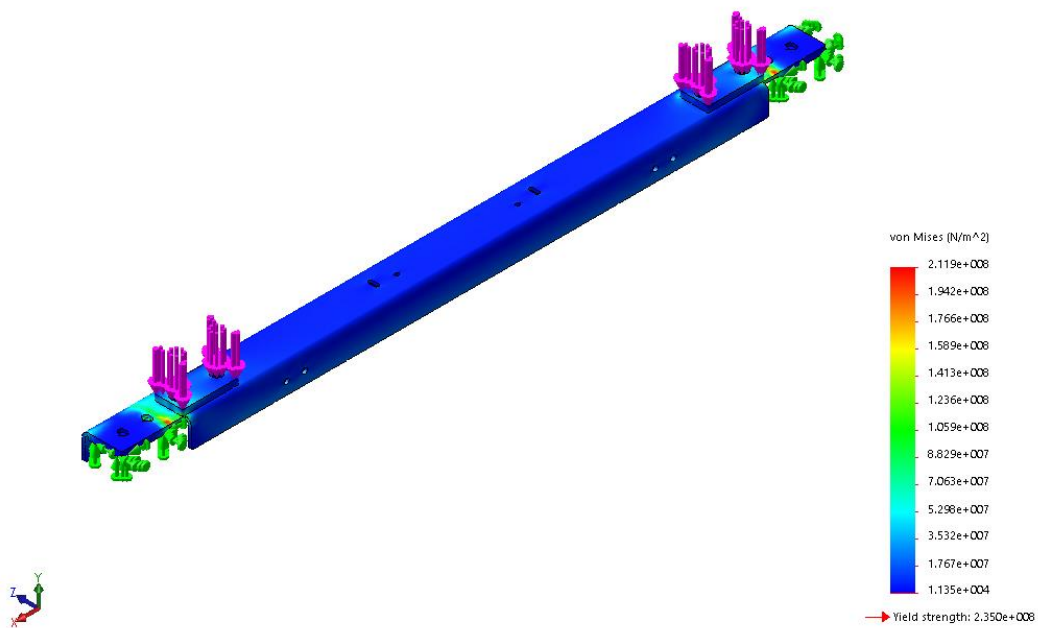


Figura 57 - Estudo estático do MEF no conjunto 1 da base.

Na figura 57 é possível observar que o conjunto 1 tem capacidade para aguentar a carga proposta com alguma facilidade, com uma tensão máxima de $2,12 \times 10^8 \text{ N/m}^2$. No entanto, usando um coeficiente de segurança de 1.5, ultrapassa-se o limite do conjunto ($3,18 \times 10^8 \text{ N/m}^2$). Para verificar os dados da malha utilizada, verificar por favor o anexo 2.

Conjunto 2

Model name: SLT-PL1.3000 - Base 2
Study name: Conj2 - Rolos(-Default)
Plot type: Static nodal stress Stress1

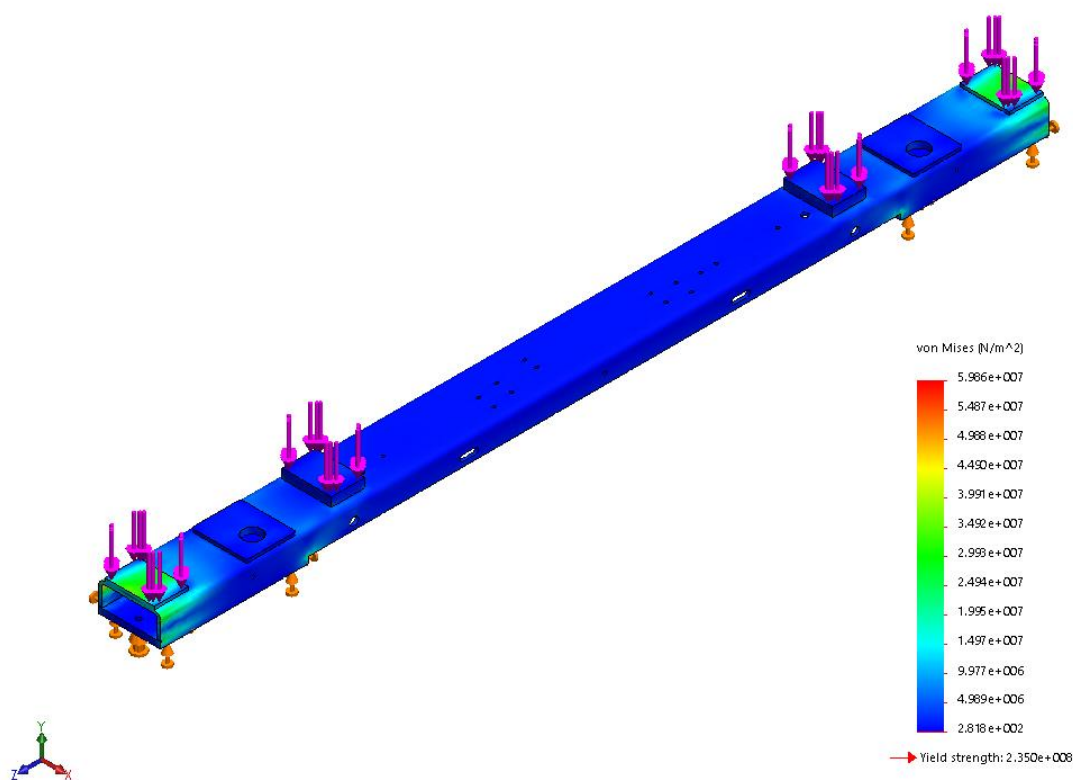


Figura 58 - Estudo estático do MEF no conjunto 2 da base.

Como podemos observar na figura 58, a estrutura tem capacidade suficiente para aguentar a carga proposta, com uma tensão máxima de $5,99 \times 10^7 \text{ N/m}^2$. Aplicando um coeficiente de segurança de 1.5, o resultado positivo mantém-se ($8,98 \times 10^7 \text{ N/m}^2$). Para verificar os dados da malha utilizada, consultar por favor o anexo 2.

Conjunto 3

Model name: SLT-P.L1.3000 - Base 3
Study name: Conj3 - Rolos (-Default-)
Plot type: Static nodal stress Stress1

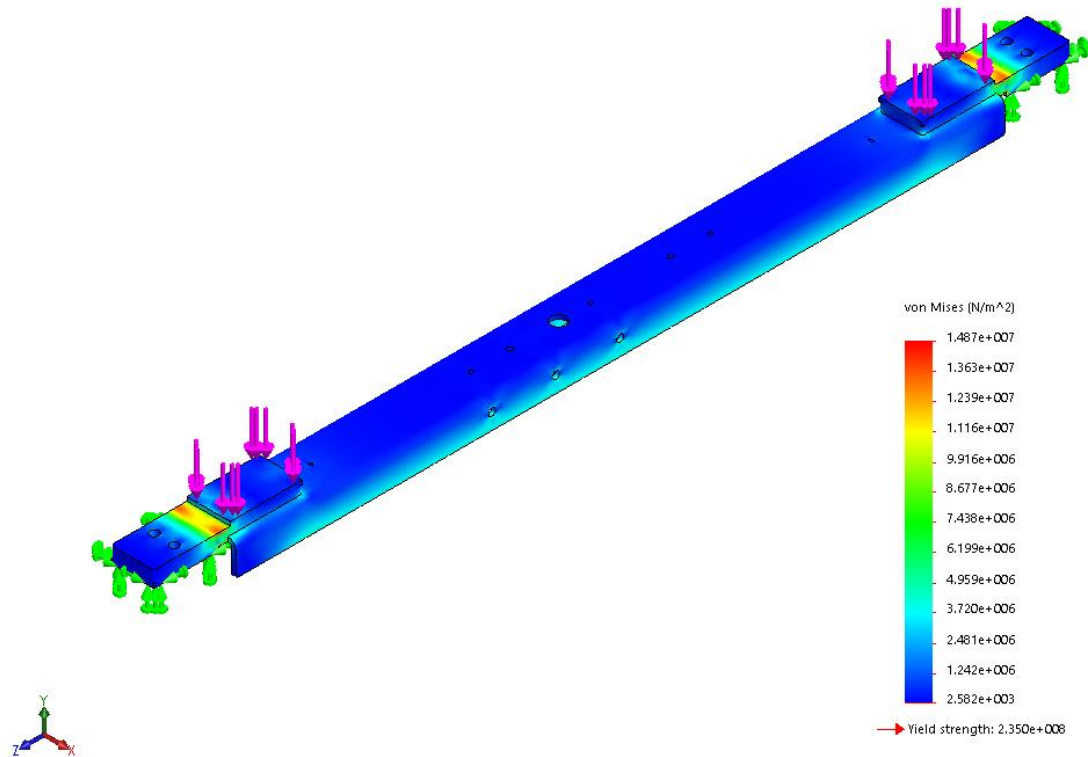


Figura 59 - Estudo estático do MEF no conjunto 3 da base.

Na figura 59 é possível verificar que este membro da base é capaz de suportar a carga necessária ao funcionamento da máquina, com um esforço máximo de $1,49 \times 10^7$ N/m². Aplicando um coeficiente de segurança de 1.5, o resultado mantém-se positivo ($2,23 \times 10^7$ N/m²). Para verificar os dados da malha utilizada, consultar por favor o anexo 2.

Módulo das Correntes

Conjunto 1

Model name: SLT-P.L1.3000 - Base 1
Study name: Conj1 - Correntes(-Default)
Plot type: Static nodal stress Stress1

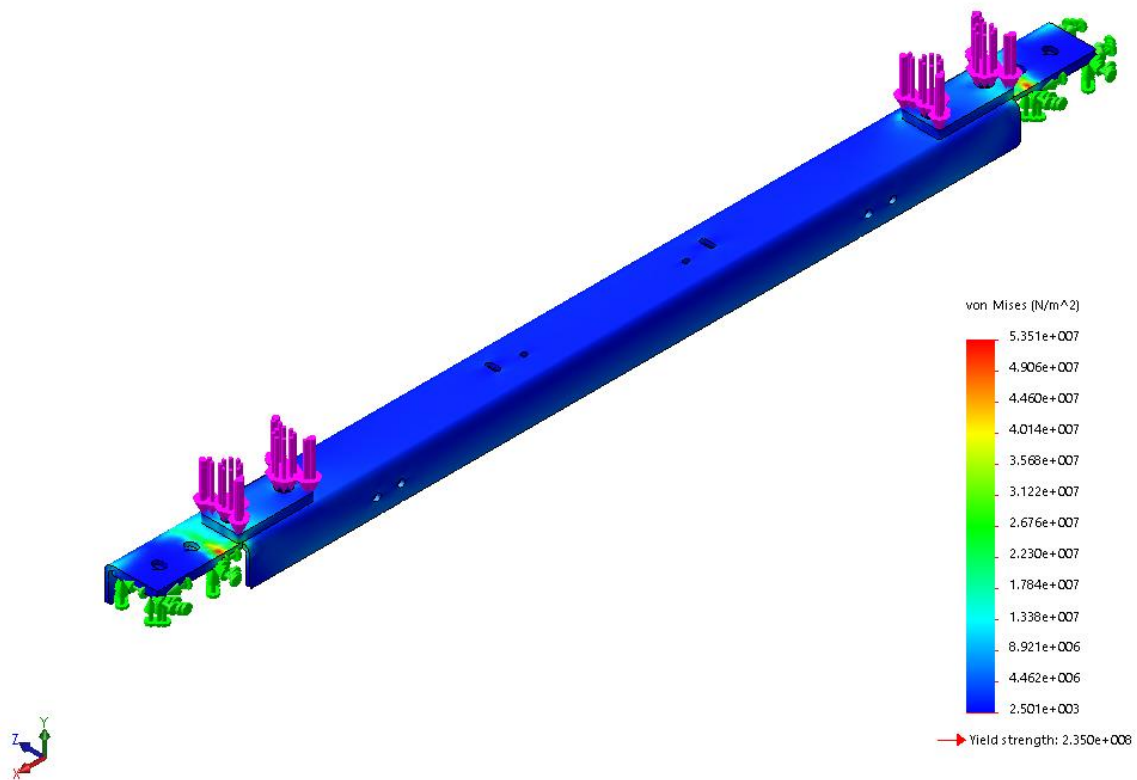


Figura 60 - Estudo estático do MEF no conjunto 1 da base.

Na figura 60 é possível observar que o conjunto 1 tem capacidade para aguentar a carga proposta com alguma facilidade, com uma tensão máxima de $5,36 \times 10^7$ N/m². Usando um coeficiente de segurança de 1,5, o resultado positivo mantém-se ($8,03 \times 10^7$ N/m²). Para verificar os dados da malha, consultar por favor o anexo 2.

Conjunto 2

Model name:SLT-P.L1.3000 - Base 2
Study name:Conj2 - Correntes(Default-)
Plot type: Static nodal stress Stress1

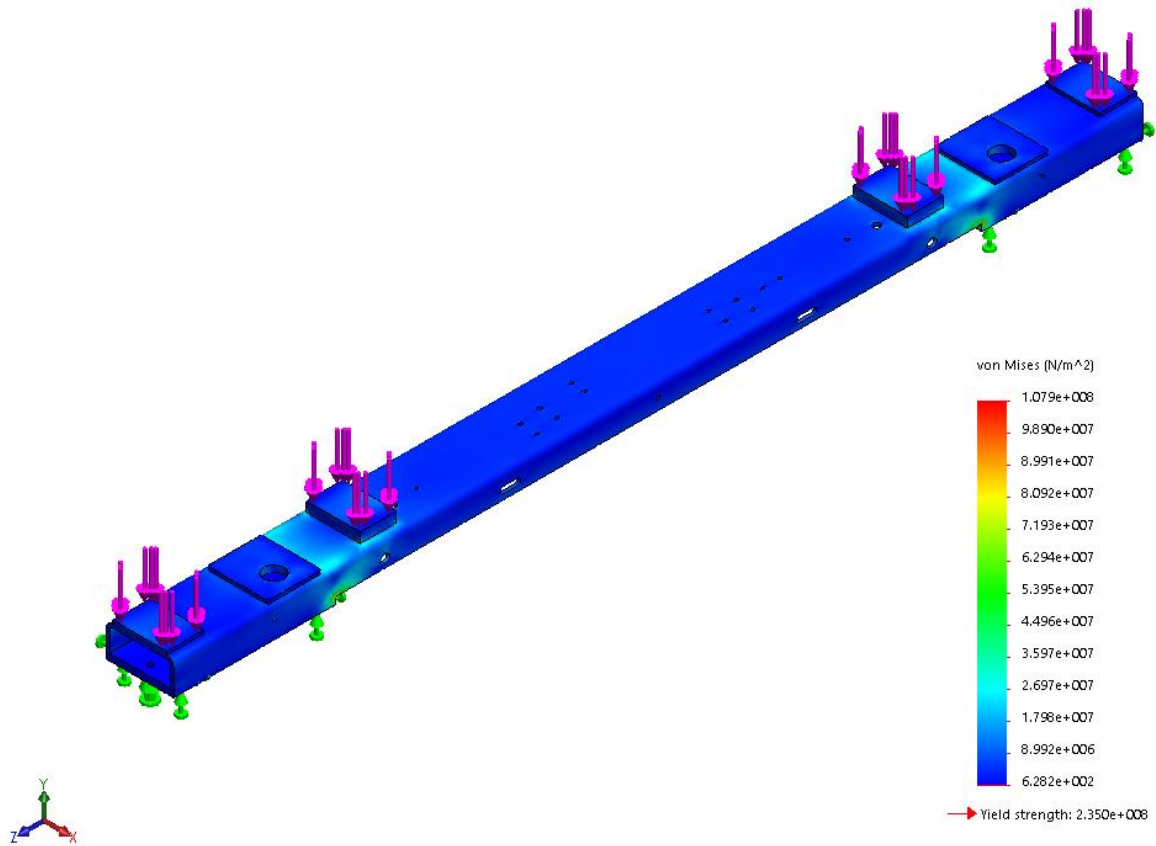


Figura 61 - Estudo estático do MEF no conjunto 2 da base.

Como podemos observar na figura 61, a estrutura tem capacidade suficiente para aguentar a carga proposta, com uma tensão máxima de $1,08 \times 10^8 \text{ N/m}^2$. Aplicando um coeficiente de segurança de 1,5, o resultado positivo mantém-se ($1,62 \times 10^8 \text{ N/m}^2$). Para verificar os dados da malha, consultar por favor o anexo 2.

Conjunto 3

Model name: SLT-PL1_3000 - Base 3
Study name: Conj3 - Correntes (Default)
Plot type: Static nodal stress Stress1

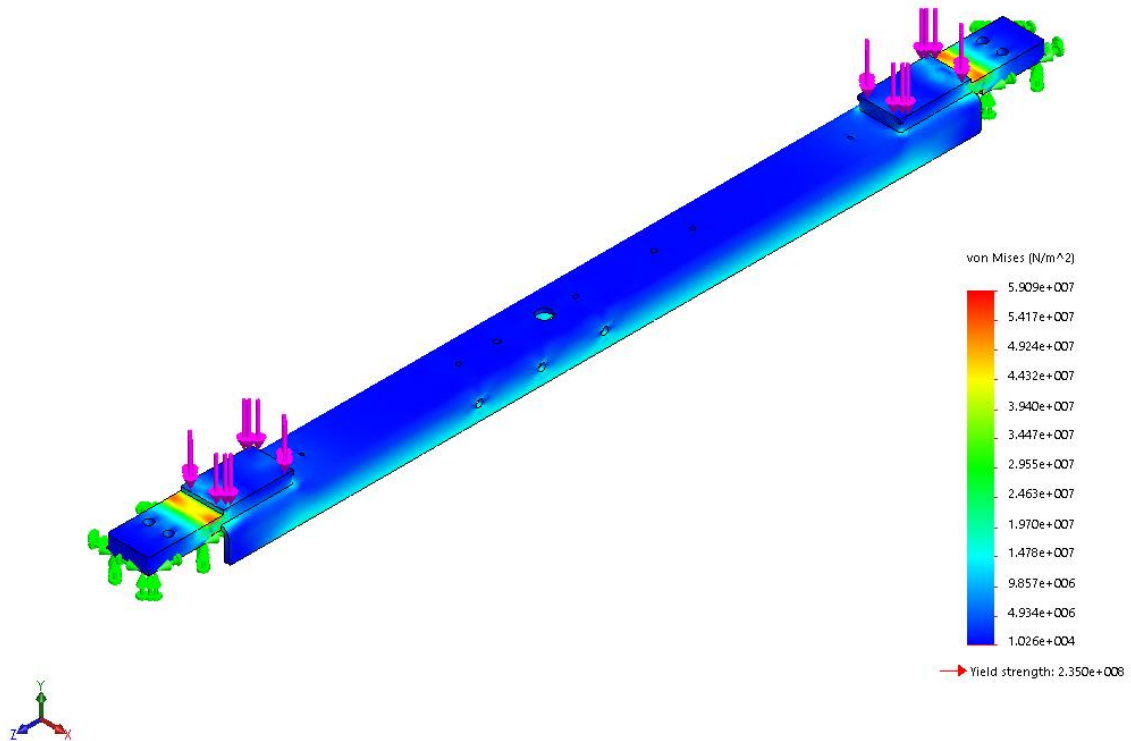


Figura 62 - Estudo estático do MEF no conjunto 3 da base.

Na figura 62 é possível verificar que este membro da base é capaz de suportar a carga necessária ao funcionamento da máquina, com um esforço máximo de $5,91 \times 10^7$ N/m². Aplicando um coeficiente de segurança de 1.5, o resultado mantém-se positivo ($8,86 \times 10^7$ N/m²). Para verificar os dados da malha, consultar por favor o anexo 2.

Depois de analisada a capacidade da estrutura da base, foi necessário verificar se os componentes *standards* usados tinham eficácia para o correto funcionamento da máquina. No caso das chumaceiras, foi usado o modelo com a referência universal UCPA206. A marca deste tipo de componentes não tem grande importância quando se usa uma margem elevada de segurança, já que as suas capacidades mecânicas não variam muito entre fabricantes. Optou-se pela marca SNR, com uma capacidade de carga dinâmica de 19,50 kN e capacidade de carga estática de 11,20 kN. Pode ser consultada no anexo 5 a tabela de características referentes a este componente.

$$R_{m\acute{a}x} = 3524 N$$

$$C_{0r} = 11200 N$$

$$R_{m\acute{a}x} \leq C_{0r} \quad (5)$$

Para analisar os carretos e correntes usadas, é necessário conhecer o binário do motor aplicado. Neste caso, usou-se o binário máximo produzido pelo motor com o valor de 30 Nm. Para simplificar os cálculos, retirou-se o esticador da corrente (figura 63).

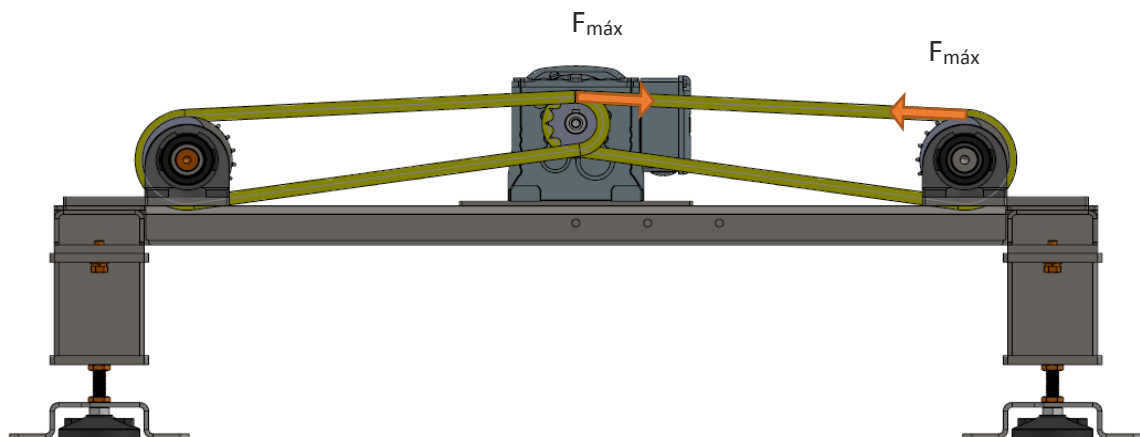


Figura 63 - Representação simplificada da corrente de elevação.

Como no caso das chumaceiras, as correntes têm uma resistência mecânica muito semelhante entre elas, independentemente do fabricante. A resistência aumenta principalmente se o passo da corrente aumentar, tornando-a maior. As correntes usadas neste equipamento são de 5/8 de polegada (ref. 10B) e a sua tensão de cedência é de 22,2 kN. A resistência dos carretos vai ser igual à resistência da corrente que estes usam sendo neste caso carretos não temperados, admitindo que o equipamento deve ser revisto passado uns anos de funcionamento contínuo. Na tabela 9 é possível ver as características destes componentes. No anexo 6 estão representadas as características dos componentes usados na transferência.

Tabela 9 - Características dos componentes usados na elevação de carga.

Componente	Ponto aplicação	Capacidade carga [kN]	Dp (diâmetro primitivo) [mm]
Carreto 10B-3 Z12	Moto-Redutor	22,2 kN	61,34
Carreto 10B-1 Z20	Veio elevação	22,2 kN	101,49
Coroa 10B-1 Z13	Esticador corrente	22,2 kN	66,32
Corrente 10B-1	Ligação entre carretos	22,2 kN	-

$$B_{m\acute{a}x} = F_{m\acute{a}x} \times \text{bra\c{c}o} \Leftrightarrow F_{m\acute{a}x} = \frac{B_{m\acute{a}x}}{\text{bra\c{c}o}} = \frac{30}{\left(\frac{0,0584}{2}\right)} = 1027,4 \text{ N} \quad (6)$$

$$F_{axial} (\text{Carreto } 10B - 3 \text{ Z12}) \geq 1027,4 \text{ N}$$

$$F_{axial} (\text{Carreto } 10B - 1 \text{ Z20}) \geq 1027,4 \text{ N}$$

$$F_{axial} (\text{Coroa } 10B - 1 \text{ Z13}) \geq 1027,4 \text{ N}$$

$$F_{axial} (\text{Corrente } 10B - 1) \geq 1027,4 \text{ N}$$

3.4.1.2 Módulo de Rolos

O módulo dos rolos é composto pelas chapas laterais, com a função de blindar e conectar todas as peças deste conjunto. Comparando com o módulo da base, este é bastante mais simples a nível mecânico e a sua principal função é receber e enviar as paletes (figura 64).

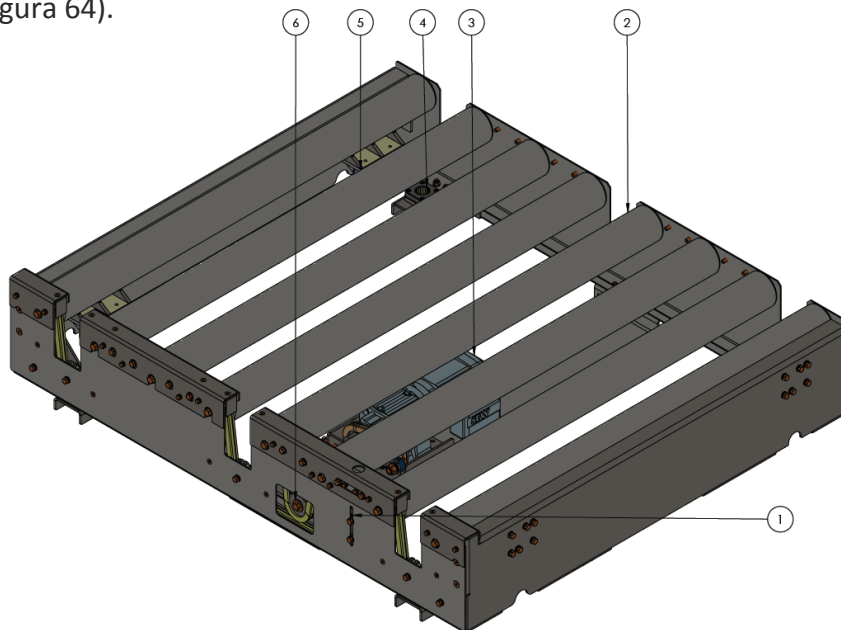


Figura 64 - Desenho 3D do módulo dos rolos da transferência.

Tabela 10 - Dados referentes ao módulo de rolos da transferência.

Peça Nº	Nome	Descrição
1	Esticador	Mecanismo que permite fazer o esticamento da corrente que liga os rolos ao moto-reductor
2	Rolo Ø90	Rolos com a função de movimentar a paleta e suportar o seu peso
3	Moto-Redutor	Usa corrente elétrica para fornecer movimento aos rolos
4	Casquilho de guiamento	Casquilho capaz de alinhar e manter o módulo de rolos na posição correta durante o seu movimento vertical
5	Roda de suporte	Componente que faz a ligação entre o módulo de rolos e a base
6	Carreto de transmissão	Efetua a transmissão de binário entre o moto-reductor e os rolos

Neste caso, foi apenas relevante reconhecer se a estrutura composta pelos rolos, chapas laterais e apoios das rodas tem capacidade suficiente para aguentar o peso da paleta carregada. Os restantes mecanismos, como a transmissão de binário do moto-reductor para os rolos, não são de carácter relevante para esta dissertação, porque apenas complementam um sistema básico de transportador de rolos. Na tabela 10 encontra-se a descrição dos componentes do módulo de rolos da transferência, presentes na Figura 64.

Análise MEF

Para efetuar a análise pelo MEF desta estrutura da transferência, usou-se o conjunto dos tramos e travamentos em chapa, retirando os rolos, peças *standard* e componentes que não fornecem rigidez estrutural ao módulo inteiro.

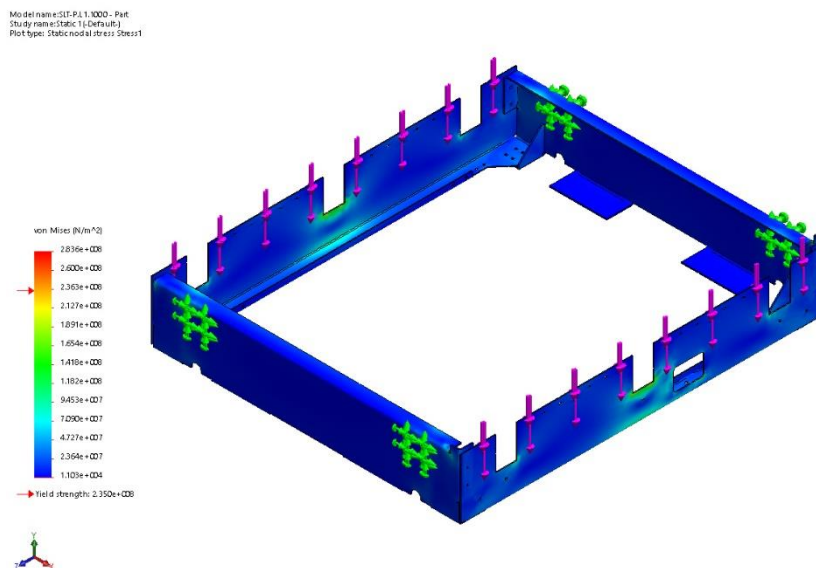


Figura 65 - Estudo estático do MEF no módulo de rolos.

Na figura 65 é possível analisar que no conjunto dos rolos existem alguns pontos críticos onde a tensão aplicada ultrapassa ligeiramente a tensão de cedência. De forma a ser possível efetuar este tipo de estudo, foi fundamental retirar algumas peças de aperto entre tramos e travamentos, assim como alguns raios e furos em determinadas zonas das peças. Este processo, apesar de ter permitido efetuar esta análise, retirou resistência em determinadas partes da peça que podem explicar este desempenho. Na estrutura real esta situação é desprezável e não se verifica qualquer deformação. Como a estrutura é praticamente simétrica, a carga da paleta foi distribuída uniformemente entre cada rolo, assim como, cada furo de aperto dos rolos. Os dados relativos a malha utilizada podem ser encontrados no anexo 3.

$$F = \frac{\left(\frac{\text{Carga aplicada}}{\text{Numero de rolos}}\right)}{\text{Numero de tramos}} \times 9,8 = 93,75 \times 9,8 = 918,75 \text{ N} \quad (6)$$

$$F = \frac{\left(\frac{1500}{8}\right)}{2} \times 9,8 = 93,75 \times 9,8 = 918,75 \text{ N}$$

3.4.1.3 Módulo de Correntes

O módulo das correntes é composto pelas três pistas de corrente dupla responsáveis pelo movimento da paleta (figura 66). Estão fixas a duas chapas principais que fazem a transferência de peso entre as pistas e as rodas de suporte. Para o movimento das correntes, existe um veio motriz principal que estabelece a transferência de binário do moto-reductor para as correntes por meio de correntes e carretos.

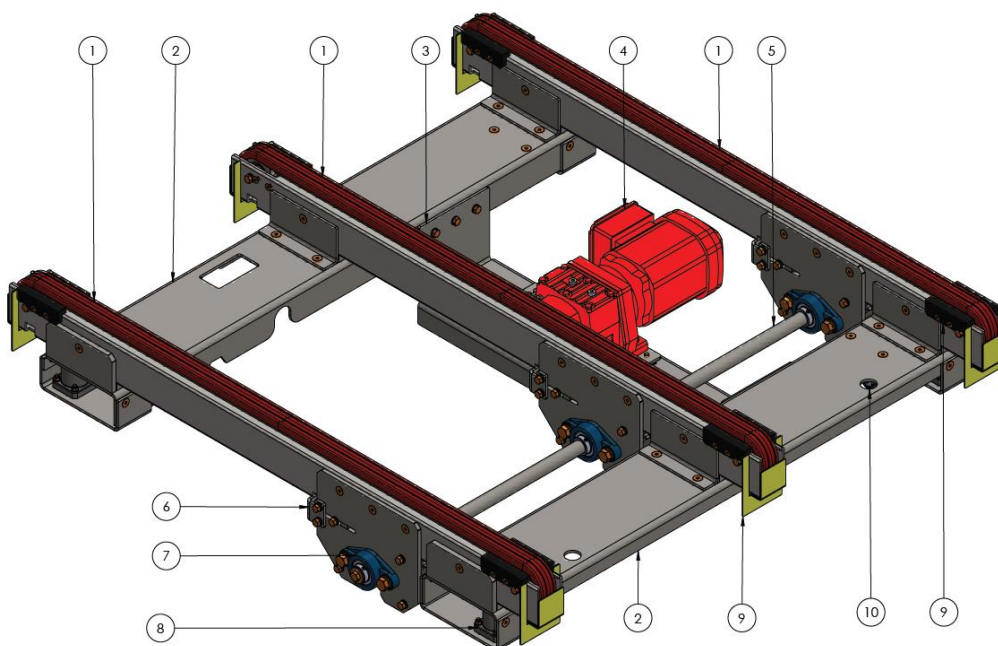


Figura 66 – Representação 3D do sistema de correntes da transferência (vista isométrica).

Para este módulo (figura 67) é importante reconhecer a capacidade das chapas principais aguentarem os esforços provocados pelo peso das paletes. Os restantes mecanismos ligados ao movimento das correntes, como a transmissão de binário do moto-redutor, não são de carácter relevante para esta dissertação porque complementam apenas um sistema básico de transportador de correntes.

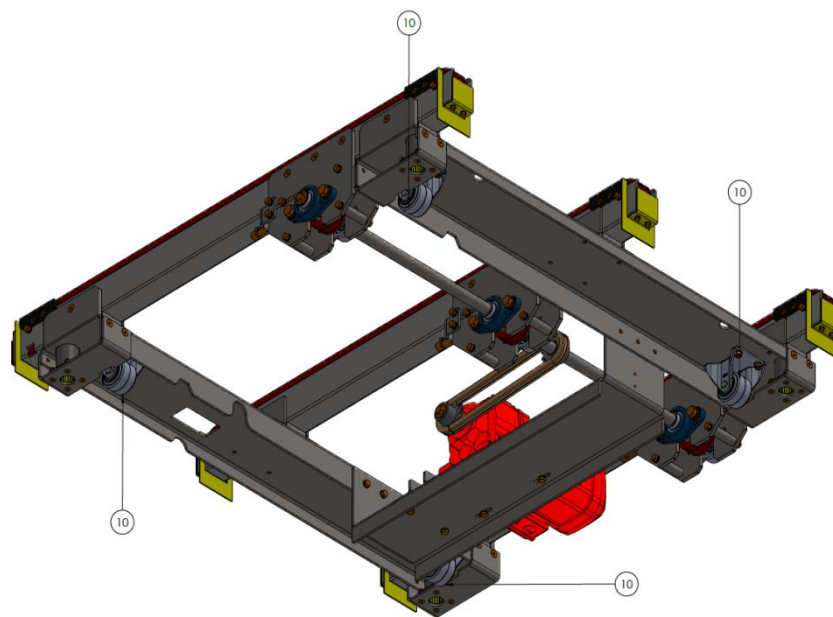


Figura 67 - Representação 3D do sistema de correntes da transferência (vista inferior).

Na tabela 11 encontra-se a descrição dos componentes do módulo de correntes da transferência, presentes na figura 66 e na figura 67.

Peça Nº	Nome	Descrição
1	Corrente dupla	Responsável pelo transporte da paleta
2	Chapa principal	Faz a ligação entre as pistas de correntes e os restantes componentes de suporte
3	Chapa do motor	Tem a função de dar apoio ao moto-redutor
4	Moto-redutor	Usa corrente elétrica para fornecer movimento ao mecanismo de elevação
5	Veio de transmissão	Possibilita a passagem de binário do moto-redutor para os carretos de transmissão
6	Esticador da corrente	Mecanismo que permite fazer o esticamento da corrente dupla
7	Chumaceira	Permite segurar o veio de transmissão
8	Casquilho de guiamento	Casquilho capaz de alinhar e manter o módulo de rolos na posição correta durante o seu movimento vertical
9	Blindagens de proteção	Têm a função de restringir o acesso inadequado aos componentes em movimento da transferência
10	Roda de suporte	Componente que faz a ligação entre o módulo de rolos e a base

Tabela 11 - Dados referentes ao módulo das correntes da transferência.

Análise MEF

Para efetuar a análise pelo método de elementos finitos desta estrutura da transferência, separou-se os componentes em dois grupos. Sendo as rodas de suporte um produto *standard*, foram retiradas deste passo. A força aplicada em cada uma das três secções da chapa principal é de 2450 N.

$$F = \frac{\left(\frac{\text{Peso Palete}}{\text{Numero de pistas}} \right)}{2} \times 9,8 = \frac{\left(\frac{1500}{3} \right)}{2} \times 9,8 = 2450 \text{ N} \quad (7)$$

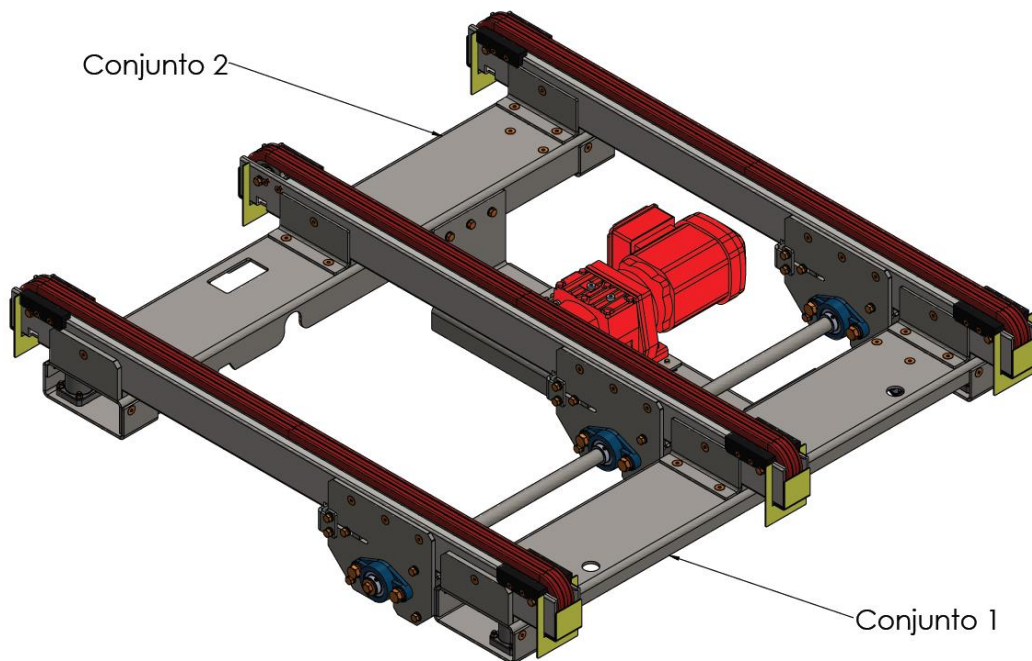


Figura 68 - Esquema com identificação de cada conjunto do módulo das correntes.

Conjunto 1

Model name: SLT-P - Correntes
Study name: Conj1 - Correntes (Default)
Plot type: Static nodal stress Stress1

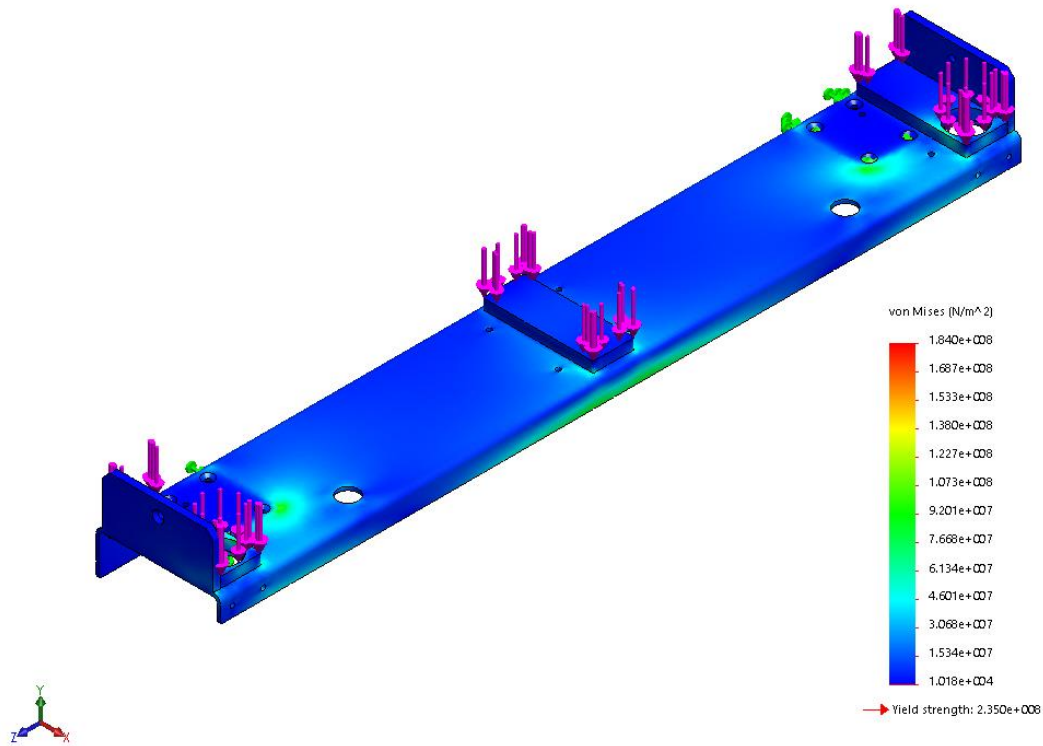


Figura 69 - Estudo estático pelo MEF no conjunto 1 do módulo de correntes.

Na figura 69 é possível verificar que este componente do módulo das correntes é capaz de suportar a carga necessária ao funcionamento da máquina, com um esforço máximo de $1,84 \times 10^8$ N/m². Aplicando um coeficiente de segurança de 1,5, o resultado ultrapassa a tensão de cedência ($2,76 \times 10^7$ N/m²). Para verificar os dados da malha utilizada poderá ser consultado o anexo 4.

Conjunto 2

Model name: SLT-P - Correntes conj2
 Study name: Conj2 - Correntes (Default)
 Plot type: Static nodal stress Stress1

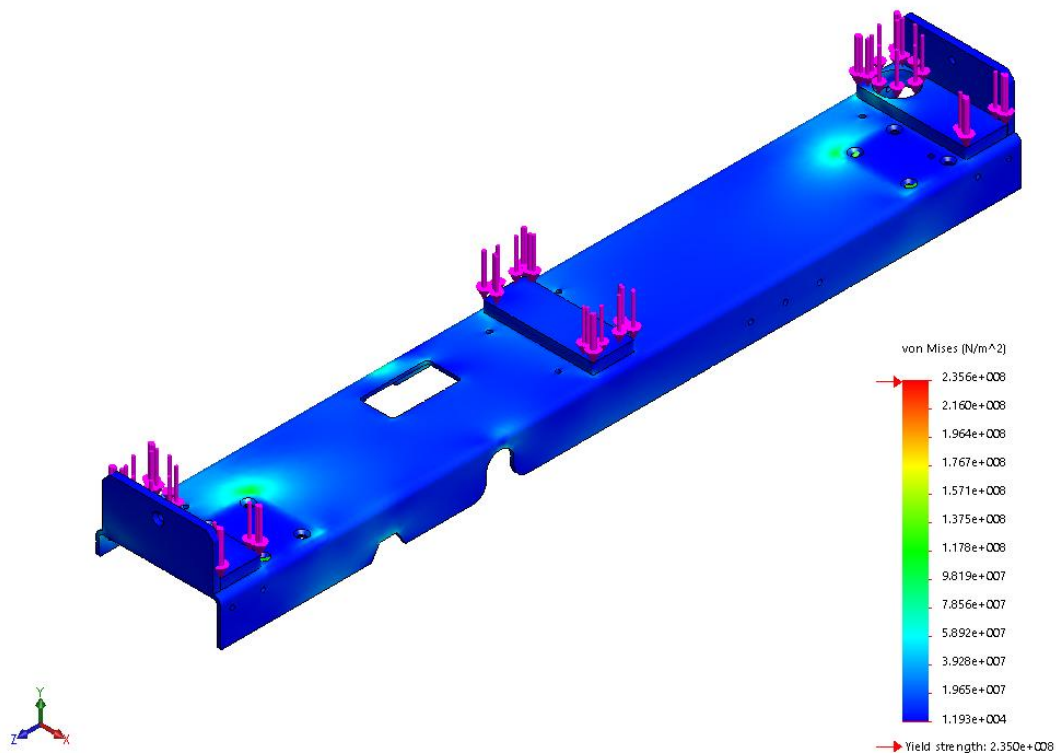


Figura 70 - Estudo estático pelo MEF no conjunto 2 do módulo de correntes.

Na figura 70 é possível verificar que neste componente do módulo das correntes existe um ponto crítico onde a tensão aplicada ultrapassa a tensão de cedência com uma pequena diferença (pormenor na figura 71). Na estrutura real esta situação é desprezável e não se verifica qualquer deformação. Isto pode ter como causa a aplicação errada das forças no estudo pelo MEF. Aplicando um coeficiente de segurança de 1.5, o resultado ultrapassa a tensão de cedência ($3,53 \times 10^8$ N/m²). Para verificar os dados da malha utilizada poderá ser consultado o anexo 4.

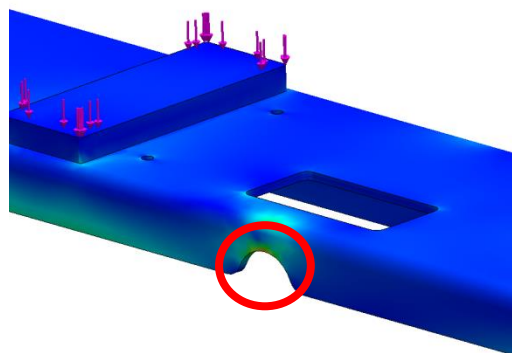


Figura 71 - Ponto de tensão máxima no conjunto 2 do módulo de correntes.

Outros componentes

Sendo as rodas de suporte um componente *standard*, foi necessário selecionar aquelas que suportem a carga aplicada e que ocupem um espaço relativamente pequeno dentro da transferência. Escolheu-se as rodas da marca *Blickle*, modelo BH-GSPO 65K com uma capacidade de carga de 650 kg cada, o que dá um total de 2600 kg, mais do que suficiente para a sua função. A ficha de características pode ser consultada no anexo 7

Os casquilhos selecionados para o guiamento vertical são o modelo FJUM-02-30 da marca *IGUS*. Estes casquilhos são conhecidos por terem um período de vida elevado e usarem polímero de baixo atrito, facilitando o desempenho da transferência. A ficha de características pode ser consultada no anexo 8.

No módulo de base, os dois carretos 10B-1 Z20 responsáveis pela passagem de binário do motor para o veio de elevação têm de estar com os dentes alinhados, para que a elevação dos outros dois módulos seja uniforme. Assim, aplicou-se um casquilho auto-centrante em um dos carretos, permitindo afinar os dois carretos em sintonia. Usou-se um casquilho da marca *Rolisa* com a referência RLK-3500 (30x55) (RTS). A sua ficha de características pode ser consultada no anexo 9.

Melhoramentos

Como a transferência seria um equipamento dirigido ao mercado europeu e americano, as medidas de proteção e segurança tornavam-se um elemento essencial a implementar. Desta forma houve particular cuidado em blindar as zonas perigosas (figura 72).



Figura 72 - Autocolantes de sinalização de perigo de esmagamento.

Com a implementação das normas de segurança europeias, foi necessário blindar certas partes da máquina que poderiam causar perigo. Existem alguns mecanismos móveis e com rotação neste sistema, nomeadamente as correntes e os rolos. O movimento destes componentes pode provocar algumas consequências, tais como, esmagamento, corte, atrito ou abrasão, entre outros. Desta forma, na conceção da máquina foram previstos alguns destes fenómenos e uma solução para os evitar. Na Figura 73 estão representadas algumas melhorias efetuadas ao nível da segurança.

Nos sítios onde não foi possível proteger, aplicaram-se autocolantes de perigo, Figura 72. Todas as blindagens aplicadas estão com 5 mm ou menos de separação com outras peças, de forma a evitar intrusão de membros.

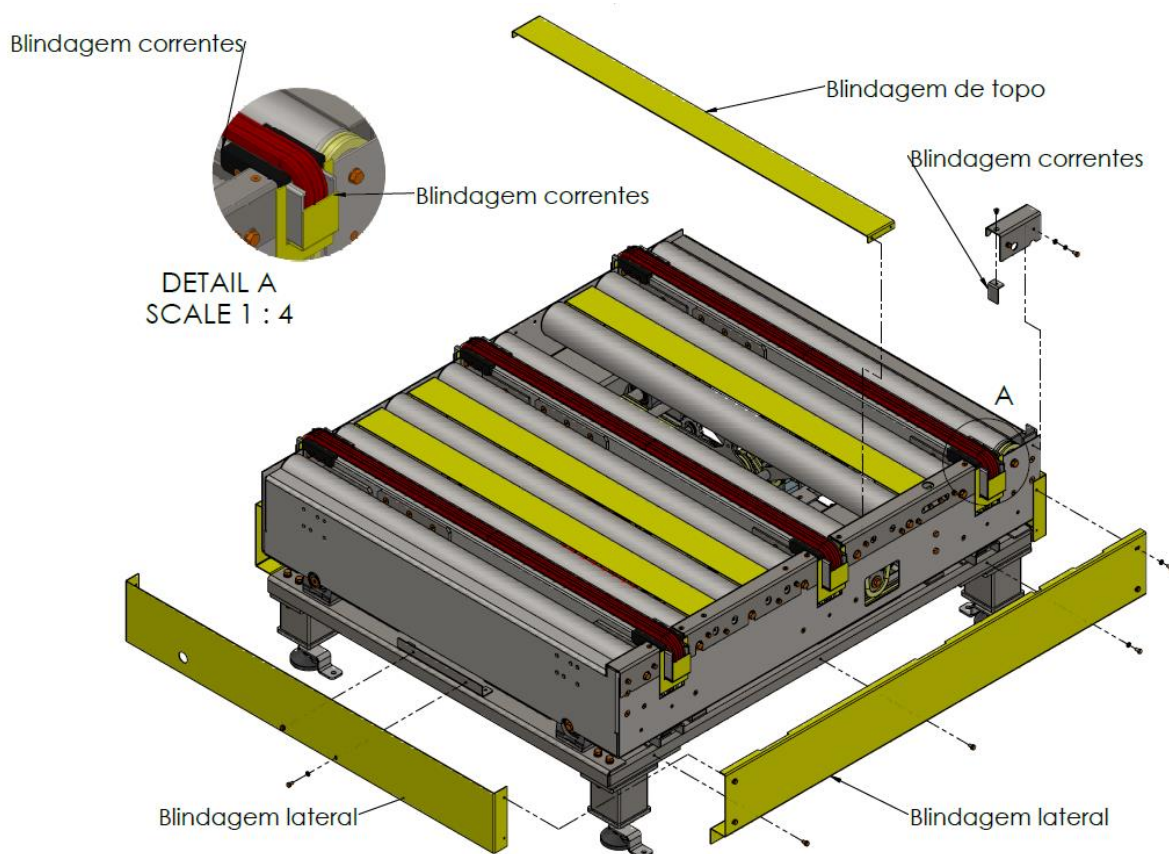


Figura 73 - Blindagens e peças de proteção da transferência.

Concluídos estes tópicos, foi possível construir o primeiro protótipo da transferência. Depois de montado o primeiro equipamento e feitos os testes iniciais de movimento, aplicou-se uma carga de aproximadamente 1500 kg e testou-se o funcionamento. Reparou-se que o motor de elevação não tinha quaisquer problemas de funcionamento e que o princípio de funcionamento teórico foi conseguido com sucesso (figura 74).



Figura 74 - Protótipo da transferência a realizar os primeiros testes de carga.

A precisar de atenção estavam alguns componentes de chapas quinadas que, pelo processo de fabrico em questão, traziam sempre erros de fabrico que teriam de ser compensados pelo projeto. Algumas destas peças eram as blindagens no topo das pistas das correntes que ficavam a roçar nas outras chapas de proteção. A solução foi criar um ajuste no aperto destas chapas, de forma a compensar estes erros de quinagem. Outro dos problemas encontrados durante a montagem foi a fraca facilidade de instalação dos rolos. Para vencer este problema, redesenhou-se os tramos laterais dos rolos e aplicou-se umas chapas novas que tanto ajudavam na montagem dos rolos e respetiva corrente, como na blindagem desta última, figura 75.

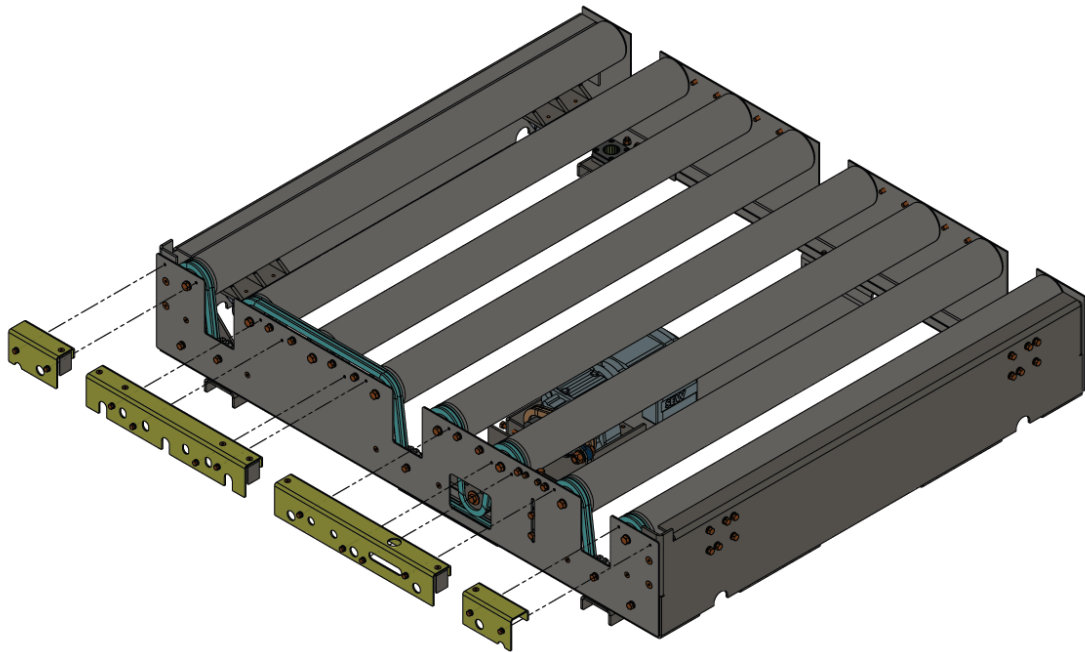


Figura 75 - Novas blindagens da corrente aplicadas no módulo de rolos.

Desta forma surgiu a primeira versão oficial desta máquina representada na figura 76. Para visualizar uma vista explodida do equipamento e respetivos módulos, consultar o anexo 13.



Figura 76 - Versão final pronta a ser enviada para o cliente.

3.4.2 Projeto Elétrico

Este equipamento é classificado, segundo a norma CE, como uma quase-máquina, ou seja, não possui equipamento de comando próprio como descrito no capítulo 2.

Este equipamento possui duas células de detecção fixas ao módulo de base, cada uma com a função de detetar o instante em que cada um dos outros módulos, rolos e correntes, se encontra na posição inferior, são da marca OMRON, modelo E2A M12KN08M1. Quando se pretende que haja troca de posições entre os rolos e correntes, é dado um sinal ao moto-reductor para rodar de 180 em 180 graus. Mais informação sobre as células utilizadas pode ser encontrada no anexo 10.

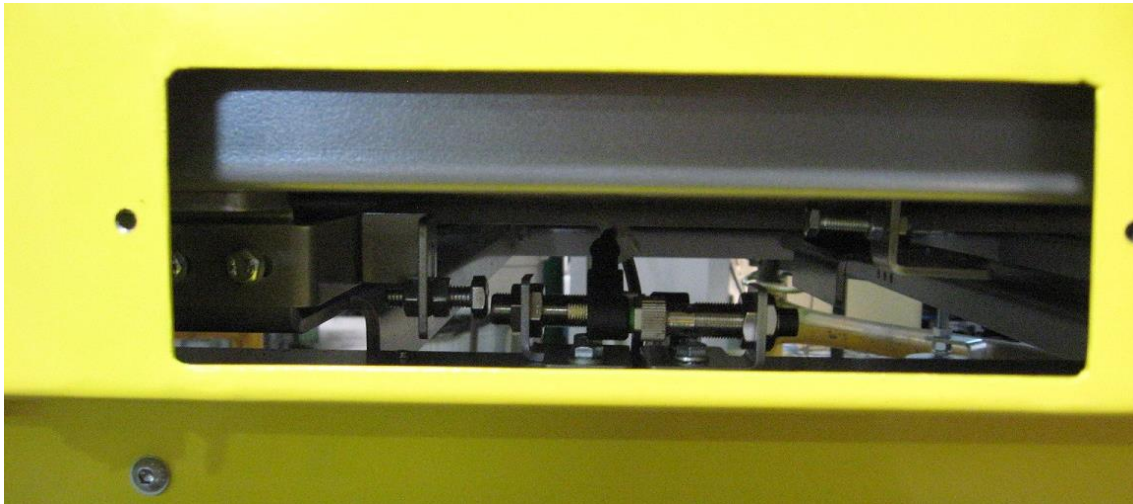


Figura 77 - Células de detecção montadas na transferência.

Todos os componentes elétricos, excetuando os moto-redutores e células de detecção, devem estar devidamente localizados dentro de um quadro elétrico com ligação à terra.

Para facilitar a montagem e eletrificação das transferências, previu-se pontos de fixação e furos de passagem nas chapas para os cabos, dotados com os respetivos bocins necessários. Desta forma, evita-se que os cabos prendam nas peças em movimento ou fiquem esmagados pelas mesmas.

O esquema elétrico da máquina pode ser encontrado no anexo 11.

3.5 Orçamentação

Com a ajuda do departamento de orçamentação da Antípoda, adquiriu-se os dados relativos ao custo de fabrico de uma transferência. De notar que, para além de uma margem ter sido aplicada aos seguintes valores, alguns dados foram omitidos por questões de confidencialidade. As tabelas relativas aos custos podem ser encontradas no anexo 12.

3.6 Implementação

As cargas a ser transportadas pela transferência estão apoiadas em paletes, estruturas estas destinadas ao transporte de cargas de forma estável, que permitem o manuseamento e arrumação de materiais mais facilmente. Não existem dimensões *standard* universais para a produção de paletes, no entanto, determinadas medidas são mais vulgarmente utilizadas, como as paletes ISO, EURO, GMA, etc. A EURO palete é tipicamente usada numa grande variedade de indústrias no território europeu. Os fabricantes destas paletes são autenticados pelas normas da *European Pallet Association* (EPAL), esta organização controla todos os detalhes do fabrico das paletes, como o tipo de pregos e madeira usada.

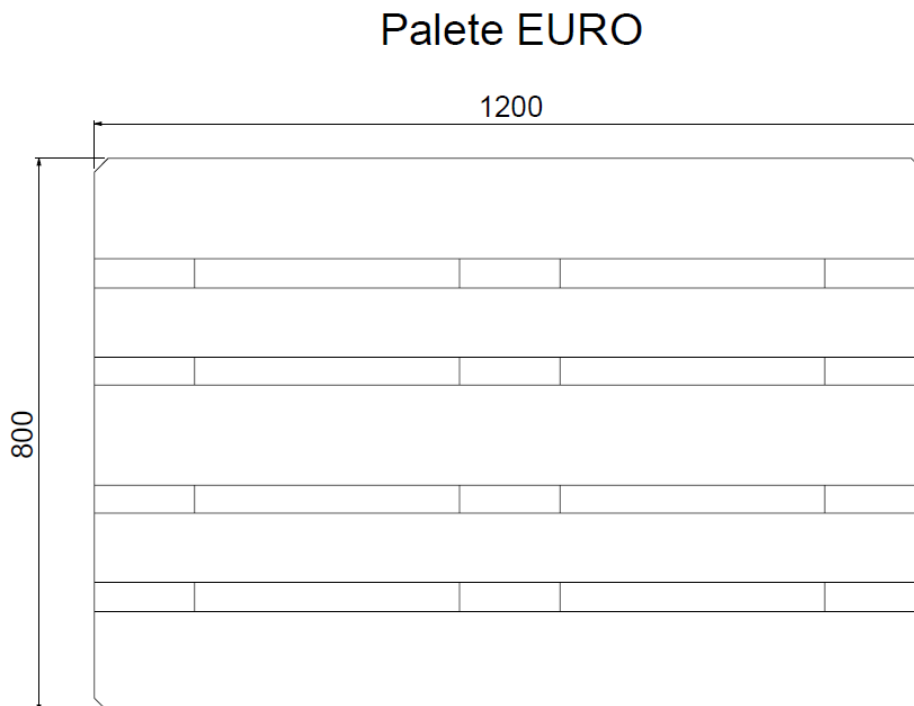


Figura 78 - Dimensões da palete EURO (em mm).

Na América do Norte é usada com maior frequência a paleta GMA (*Grocery Manufacturers Association*), representando 30% da produção de paletes novas de madeira fabricadas nos Estados Unidos da América.

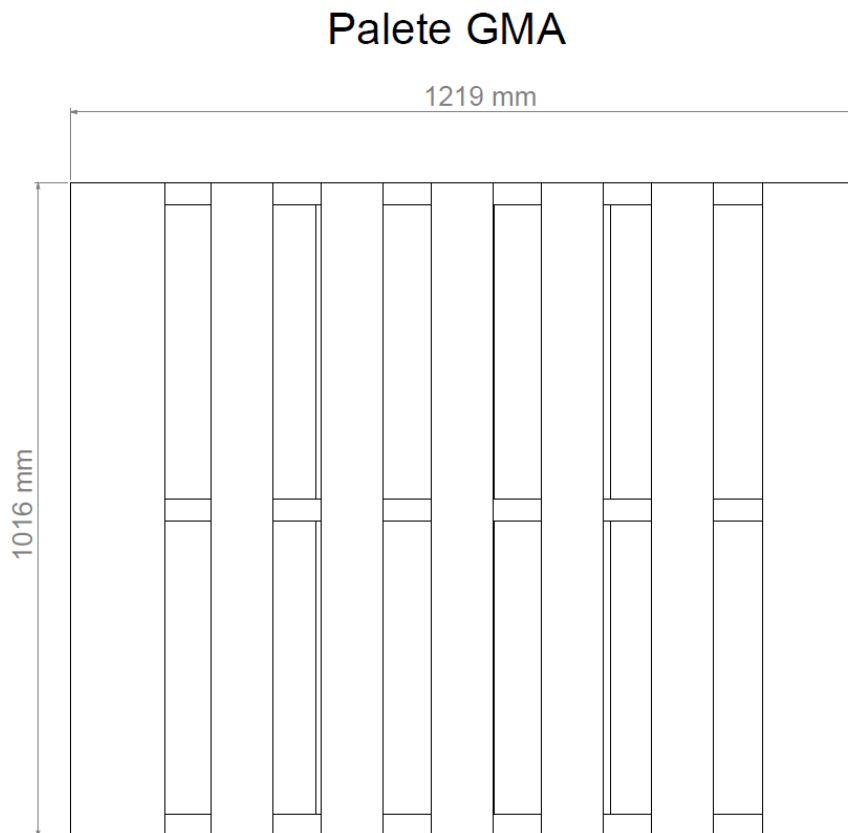


Figura 79 - Dimensões da paleta GMA.

Durante a fase de montagem, sendo este equipamento relativamente pesado, com aproximadamente 800 kg, apresenta uma mobilidade reduzida, necessitando ser transportado por empilhador. Caso o seu transporte siga as boas práticas, não é de prever que existam riscos numa possível mudança de localização.

Sendo este um equipamento compacto, e como mantém sempre a mesma altura de transporte, tem a capacidade de ser implementado mais facilmente em linhas de transporte já existentes, reduzindo o custo e tempo de implementação para as empresas.

Disposição Geral

No desenvolvimento desta dissertação, a empresa Antípoda concluiu a venda de um determinado numero deste tipo de equipamentos para um cliente na América do Norte. É possível ver o *layout* da linha de transporte como exemplo de aplicação de uma máquina deste tipo.



Figura 80 - Exemplo de um *layout* com transferências aplicadas.

Na figura 80 é possível observar um *layout* típico, onde a transferência está aplicada. Neste caso, as paletes depois de saírem de um dispensador de paletes, são agarradas por um robot que as pouxa num dos três transportadores, prontas a serem paletizadas. De seguida, com o auxílio das transferências, convergem todas para o mesmo transportador de saída. O robot está representado pelo círculo.

Durante a venda deste equipamento surgiram casos em que foi necessário aumentar o comprimento das pistas de corrente, de forma a adaptar-se ao *layout* do cliente. Esta modificação não implica cuidados muito grandes se o comprimento extra não ultrapassar 50% do comprimento original das pistas. Na figura 80, duas das transferências têm as pistas estendidas, facilitando a adaptação do equipamento às exigências do cliente. Outro componente extra adicionado foram os batentes laterais para as paletes. Estas atualizações estão representadas na figura 81.



Figura 81 - Render da transferência com as pistas estendidas.

Este equipamento foi posto em exposição na feira europeia de logística CEMAT na Alemanha de forma a angariar mais clientes.



Figura 82 - Transferência em exposição no *stand* da Antípoda na feira CEMAT.

CONCLUSÕES

4 CONCLUSÕES

A Antípoda criou um desafio cujo objetivo seria a criação de um sistema de transferência de paletes que se destacasse entre os produtos já existentes no mercado internacional. As principais vantagens deste sistema em relação aos existentes seria um preço competitivo e um princípio de funcionamento moderno e eficaz.

Ao longo deste projeto é possível constatar que os objetivos planejados pela Antípoda foram superados.

Em relação às simulações realizadas através do método de elementos finitos, concluiu-se que os vários componentes do equipamento ultrapassaram os testes propostos, tendo em conta que na maior parte dos casos da utilização da transferência, esta irá lidar com cargas inferiores à estipulada nesta dissertação. No campo da sustentabilidade ao utilizar-se motores com potências mais baixas o consumo energético será menor.

Durante a realização desta dissertação foram surgindo novas ideias de forma a melhorar este produto. Estas estão acentuadas em melhorar a montagem do equipamento, reduzindo horas de mão-de-obra e, conseqüentemente, o custo associado, principalmente na manutenção que esta máquina possa vir a requerer no futuro.

De uma maneira geral, a experiência foi muito positiva e enriquecedora, na medida em que possibilitou a criação de um produto eficaz e competitivo. Foi adquirida uma maior autonomia e capacidade de comunicação e de pesquisa de informação orientada. Apesar de todos os desafios ao longo do desenvolvimento deste projeto, a realização da dissertação em ambiente empresarial foi positiva para o crescimento pessoal e para a motivação em descobrir coisas novas.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES
DE INFORMAÇÃO**

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- [1] “Antípoda.” [Online]. Available: <http://www.antipoda.eu/en/company.html>. [Accessed: 03-Mar-2016].
- [2] “MHI conveyors.” [Online]. Available: <http://www.mhi.org/fundamentals/conveyors>. [Accessed: 23-May-2016].
- [3] G. Mattoc, “Usos e beneficios dos transportadores.” [Online]. Available: <http://www.selfgrowth.com/articles/uses-and-benefits-of-conveyor-systems>. [Accessed: 23-May-2016].
- [4] Patrick M. Mcguire, *Conveyors Application, Selection, and Integration*. Taylor and Francis Group, 2010.
- [5] “Wikipedia conveyors.” [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Conveyor_system. [Accessed: 29-May-2016].
- [6] “Hydro Perfis.” [Online]. Available: http://www.hydro.com/pagefiles/4412276/informativo_implementos_rodoviarios_web_dez2011.pdf. [Accessed: 04-Jun-2016].
- [7] “CBCA - Centro Brasileiro da Construção em Aço.” [Online]. Available: <http://www.cbca-acobrasil.org.br/site/construcao-em-aco-acos-estruturais.php>. [Accessed: 04-Jun-2016].
- [8] “AZO Materials.” [Online]. Available: <http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6022>. [Accessed: 04-Jun-2016].
- [9] “Brown McFarlane.” [Online]. Available: <http://www.brownmac.com/products/stainless-steel-plate/Stainless-Steel-304-and-304l-portuguese.aspx>. [Accessed: 04-Jun-2016].
- [10] D. A. Coelho, “Ensino rápido de células de quinagem ADIRA,” 2011.
- [11] R. A. Ganeev, *Laser - Surface Interactions*. Springer.
- [12] “Lincoln Electric - Gas Metal Arc Welding.” [Online]. Available: http://www.lincolnelectric.com/assets/global/Products/Consumable_MIGGMA_WWires-SuperArc-SuperArcL-56/c4200.pdf. [Accessed: 05-Jun-2016].
- [13] T. Bridigum, *How to Weld : Techniques and Tips for Beginners and Pros*. Motorbooks International, 2008.
- [14] “Bastian Solutions.” [Online]. Available: <http://www.bastiansolutions.com/automation/conveyor-systems>. [Accessed: 02-Jun-2016].
- [15] E. Gomes, F. Moreira, J. Cavaca, and J. S. Pina, *Segurança de máquinas e equipamentos de trabalho*. Lisboa, 2013.

- [16] “AEP - Associação Empresarial de Portugal.” [Online]. Available: [http://www.aeportugal.pt/comunicacoesemail/Legislacao Nova Abordagem/0 - QUADRO Global NOVA ABORDAGEM.pdf](http://www.aeportugal.pt/comunicacoesemail/Legislacao%20Nova%20Abordagem/0%20QUADRO%20Global%20NOVA%20ABORDAGEM.pdf). [Accessed: 04-Apr-2016].
- [17] M. J. R. M. J. Costa, “Optimização do processo de fabrico de componentes para a indústria automóvel,” Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2014.
- [18] P. Europeu, “Directiva 2005.42.CE,” vol. 2006, pp. 24–86, 2006.
- [19] D. T. de Barros, “Máquinas, Equipamentos de Protecção e Sinalização de Segurança,” 2007.
- [20] Laurent Giraud, *Machine safety, Prevention of mechanical hazards*. 1999.
- [21] Paul Laidler, “TUV SUD Product Service Training.”
- [22] “Health and Safety Executive.” [Online]. Available: <http://www.hse.gov.uk/work-equipment-machinery/technical-file.htm>. [Accessed: 06-Apr-2016].
- [23] “Industria-transformadora.” [Online]. Available: <http://www.industria-transformadora.info/directiva-maquinas-estao-todas-em-conformidade/>.
- [24] “MHI - Conveyor & Sortation Technologies.” [Online]. Available: <http://www.mhi.org/ofs/solutions-guide/conveyor>. [Accessed: 10-Jun-2016].
- [25] “Cisco-Eagle Conveyors.” [Online]. Available: <http://www.cisco-eagle.com/catalog/c-8257-heavy-duty-chain-transfer.aspx>. [Accessed: 15-Jun-2016].

ANEXOS

6.1 ANEXO 1

6.2 ANEXO 2

6.3 ANEXO 3

6.4 ANEXO 4

6.5 ANEXO 5

6.6 ANEXO 6

6.7 ANEXO 7

6.8 ANEXO 8

6.9 ANEXO 9

6.10 ANEXO 10

6.11 ANEXO 11

6.12 ANEXO 12

6.13 ANEXO 13

6 ANEXOS

6.1 ANEXO 1

Calculos efectuados para determinar as reações nas chumaceiras dos veios da base.

A figura 83 representa o esquema de forças aplicadas no veio para o caso do módulo dos rolos, com as setas azuis a representarem as reações e as setas laranja, as forças. Os seguintes cálculos são relativos ao caso do módulo de rolos.

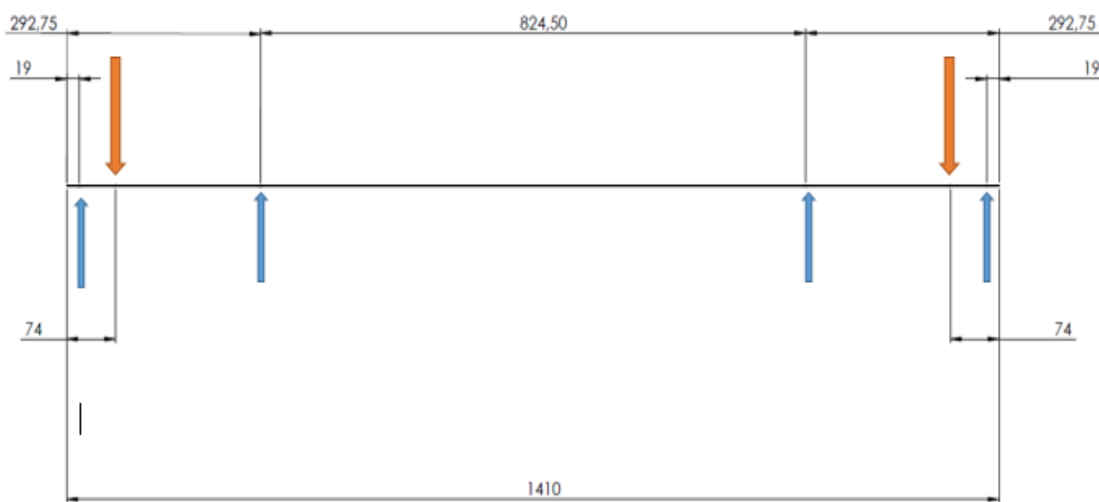
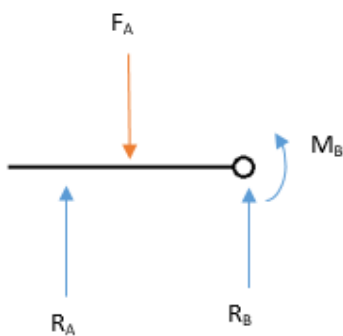


Figura 83 - Esquema de forças aplicadas no veio.

$$F_A = F_D = \frac{F_{Total}}{4} = \frac{((1500 + 200 + 100) \times 9,8)}{4} = 4410 \text{ N} \quad (2)$$



Introduzir rótula no ponto B

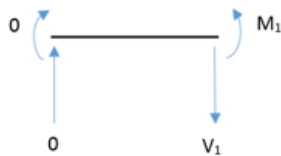
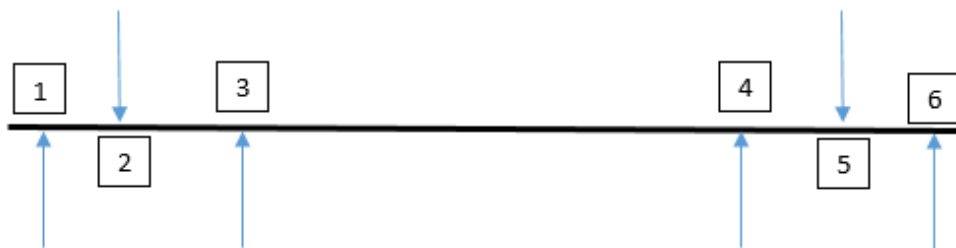
$$G_H = 4 - 3 - 0 + 0 = 1 \text{ Grau hiperstaticidade} \quad (7)$$

$$\Sigma M_B = 0 \Leftrightarrow -R_A \times 273,75 \cdot 10^{-3} + 4410 \times 218,75 \cdot 10^{-3} = 0 \Leftrightarrow \Sigma F_y = 0 \Leftrightarrow$$

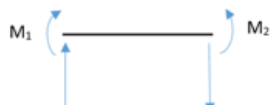
$$R_A = 3524 \text{ N} \quad (8)$$

$$\Sigma F_y = 0 \Leftrightarrow R_B = -3524 + 4410 = 886 \text{ N} \quad (9)$$

Sistema de base



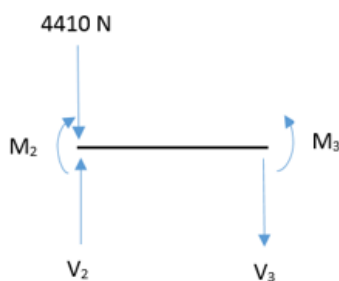
$$M_1 = 0; V_1 = 0$$



$$V_1^+ = 3524 \text{ N}$$

$$\Sigma M_2 = 0 \Leftrightarrow -3524 \times 55 \cdot 10^{-3} + M_2 = 0 \Leftrightarrow M_2 = 193,8 \text{ N.m}$$

$$\Sigma F_y = 0 \Leftrightarrow 3524 - V_2^- = 0 \Leftrightarrow V_2^- = 3524 \text{ N}$$



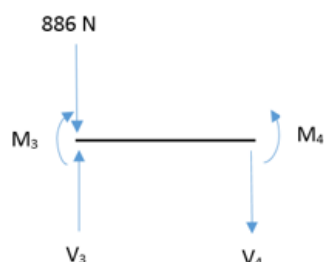
$$V_2^+ = 3524 - 4410 = -886 \text{ N}$$

$$\Sigma M_3 = 0 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow -193,8 + 4410 \times 218,75 \cdot 10^{-3} - 3524 \times 218,75 \cdot 10^{-3} + M_3 = 0 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow M_3 = 0 \text{ N.m}$$

$$\Sigma F_y = 0 \Leftrightarrow 3524 - 4410 - V_3^- = 0 \Leftrightarrow V_3^- = -886 \text{ N}$$

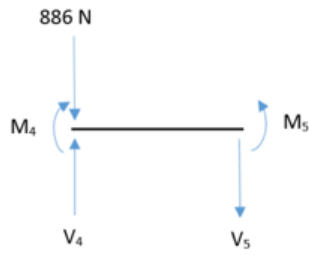


$$V_3^+ = -886 + 886 = 0 \text{ N}$$

$$\Sigma M_4 = 0 \Leftrightarrow -886 \times 824,5 \cdot 10^{-3} + 886 \times 824,5 \cdot 10^{-3} + M_4 = 0 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow M_4 = 0 \text{ N.m}$$

$$\Sigma F_y = 0 \Leftrightarrow -886 + 886 - V_4^- = 0 \Leftrightarrow V_4^- = 0 \text{ N}$$

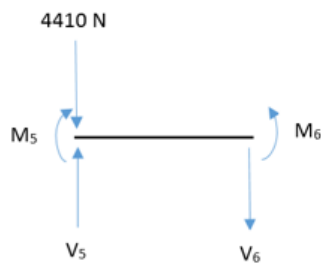


$$V_4^+ = 886 \text{ N}$$

$$\Sigma M_5 = 0 \Leftrightarrow -886 \times 218,75 \cdot 10^{-3} + M_5 = 0 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow M_5 = 193,8 \text{ N.m}$$

$$\Sigma F_y = 0 \Leftrightarrow -886 - V_5^- = 0 \Leftrightarrow V_5^- = 886 \text{ N}$$



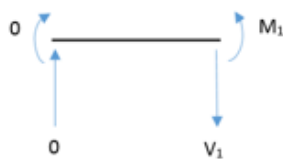
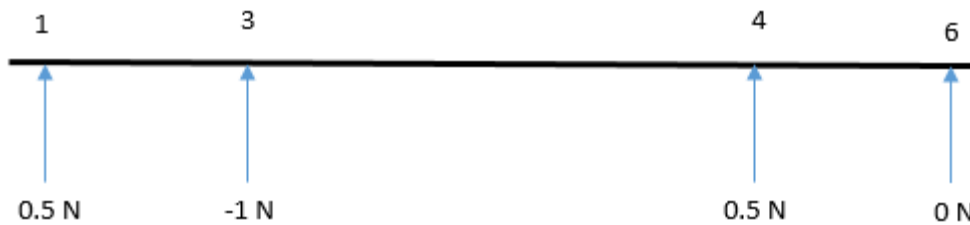
$$V_5^+ = 886 - 4410 = -3524 \text{ N}$$

$$\Sigma M_6 = 0 \Leftrightarrow -193,8 + 4410 \times 55 \cdot 10^{-3} - 886 \times 55 \cdot 10^{-3} + M_6 = 0 \Leftrightarrow$$

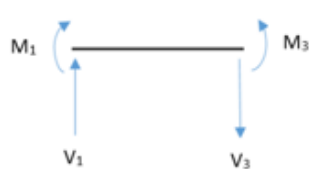
$$\Leftrightarrow M_6 = 0 \text{ N.m}$$

$$V_6^- = 0 \text{ N}$$

Sistema Virtual



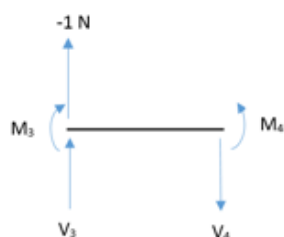
$$M_1 = 0 ; V_1 = 0$$



$$V_1^+ = 0,5 \text{ N}$$

$$\Sigma M_3 = 0 \Leftrightarrow -0,5 \times 273,75 \cdot 10^{-3} + M_3 = 0 \Leftrightarrow M_3 = 0,136875 \text{ N.m}$$

$$\Sigma F_y = 0 \Leftrightarrow 0,5 - V_3^- = 0 \Leftrightarrow V_3^- = 0,5 \text{ N}$$

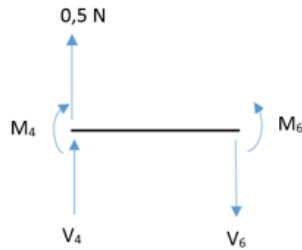


$$V_3^+ = 0,5 - 1 = -0,5 \text{ N}$$

$$\Sigma M_4 = 0 \Leftrightarrow -0,136875 + 1 \times 824,5 \cdot 10^{-3} - 0,5 \times 824,5 \cdot 10^{-3} + M_4 = 0 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow M_4 = -0,275375 \text{ N.m}$$

$$\Sigma F_y = 0 \Leftrightarrow -1 + 0,5 - V_4^- = 0 \Leftrightarrow V_4^- = -0,5 \text{ N}$$



$$V_4^+ = -0,5 + 0,5 = 0 \text{ N}$$

$$\Sigma M_6 = 0 \Leftrightarrow 0,275375 - 0,5 \times 273,75 \cdot 10^{-3} + 0,5 \times 273,75 \cdot 10^{-3} + M_6 = 0 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow M_6 = -0,275375 \text{ N.m}$$

$$\Sigma F_y = 0 \Leftrightarrow -0,5 + 0,5 - V_6^- = 0 \Leftrightarrow V_6^- = 0 \text{ N} = V_6^+$$

δ_{10}	E.I	L (m)	q ₁	q ₂	M ₁	M ₂	m ₁	m ₂	$\delta \cdot ((M.m)/(E.I))$
1 - 3	-	0,27375	-	-	0	0	0	0,136875	0/(E.I)
4 - 6	-	0,27375	-	-	0	0	-0,275375	-0,302875	0/(E.I)

δ_{11}	E.I	L (m)	q ₁	q ₂	M ₁	M ₂	m ₁	m ₂	$\delta \cdot ((M.m)/(E.I))$
1 - 3	-	0,27375	-	-	0	0,136875	0	0,136875	0,0017095/(E.I)
3 - 4	-	0,82450	-	-	0,136875	-0,275375	0,136875	-0,275375	0,0156309/(E.I)
4 - 6	-	0,27375	-	-	-0,275375	-0,275375	-0,275375	-0,275375	0,0207588/(E.I)

$$\{\delta_{10}\} + \{\delta_{11}\} \cdot \{X_1\} = 0 \Leftrightarrow 0 + 0,038099 \cdot X_1 = 0 \Leftrightarrow X_1 = 0 \quad (10)$$

$$R_A = 3524 + 0 \times 0,5 = 3524 \text{ N}$$

$$R_B = 886 + 0 \times (-1) = 886 \text{ N}$$

$$R_C = 886 + 0 \times 0,5 = 886 \text{ N}$$

$$R_D = 3524 + 0 \times 0 = 3524 \text{ N}$$

Verificação:

$$Carga \text{ total} = 2 \times 4410 = 8820 \text{ N}$$

$$R_{Total} = 3524 + 886 + 886 + 3524 = 8820 \text{ N}$$

A figura 84 representa o esquema de forças aplicadas no veio para o caso do módulo das correntes, com as setas azuis a representarem as reações e as setas laranja, as forças. Os seguintes cálculos são relativos ao caso do módulo de correntes.

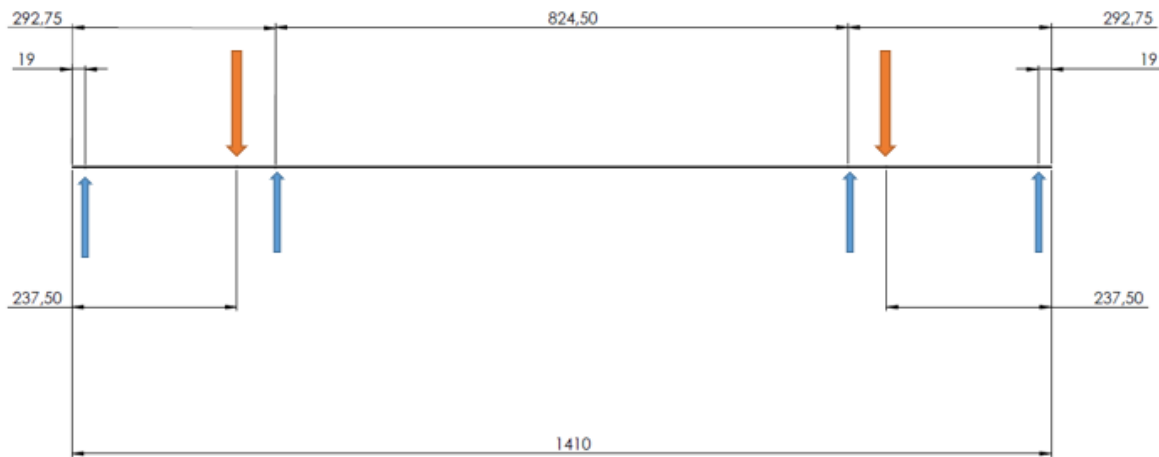
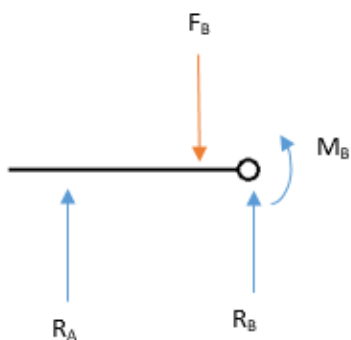


Figura 84 - Esquema de forças aplicadas no veio.

$$F_B = F_C = \frac{F_{Total}}{4} = \frac{((1500 + 200 + 100) \times 9,8)}{4} = 4410 \text{ N} \quad (11)$$



Introduzir rótula no ponto B

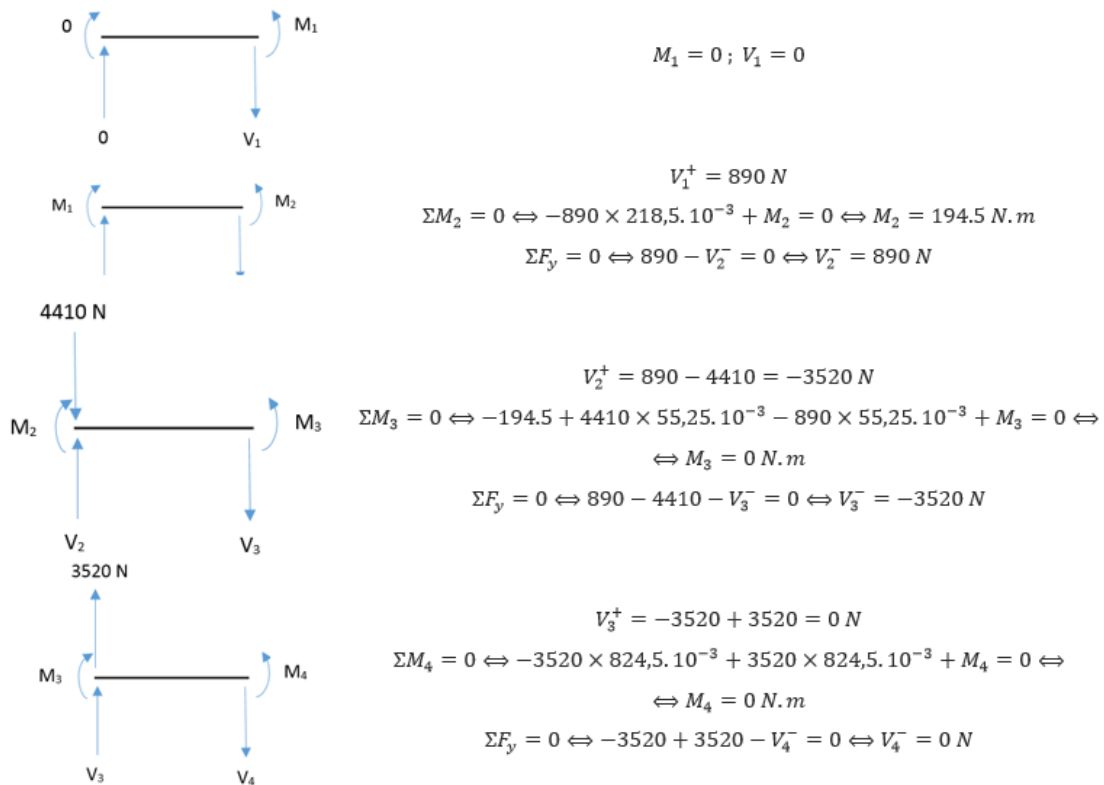
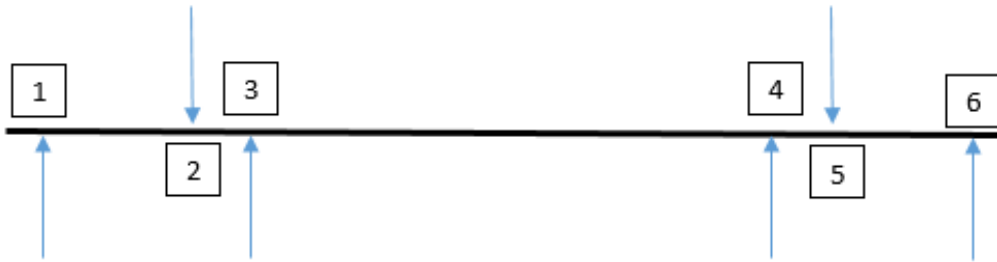
$$G_H = 4 - 3 - 0 + 0 = 1 \text{ Grau hiperstaticidade} \quad (7)$$

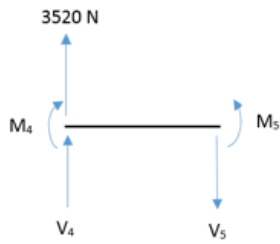
$$\Sigma M_B = 0 \Leftrightarrow -R_A \times 273,75 \cdot 10^{-3} + 4410 \times 55,25 \cdot 10^{-3} = 0 \Leftrightarrow \Sigma F_y = 0 \Leftrightarrow$$

$$R_A = 890 \text{ N} \quad (8)$$

$$\Sigma F_y = 0 \Leftrightarrow R_B = -890 + 4410 = 3520 \text{ N} \quad (9)$$

Sistema de base



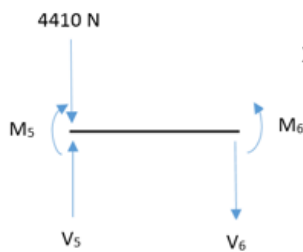


$$V_4^+ = 3520 \text{ N}$$

$$\Sigma M_5 = 0 \Leftrightarrow -3520 \times 55,25 \cdot 10^{-3} + M_5 = 0 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow M_5 = 194,5 \text{ N.m}$$

$$\Sigma F_y = 0 \Leftrightarrow -3520 - V_5^- = 0 \Leftrightarrow V_5^- = 3520 \text{ N}$$



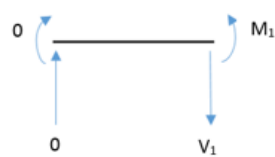
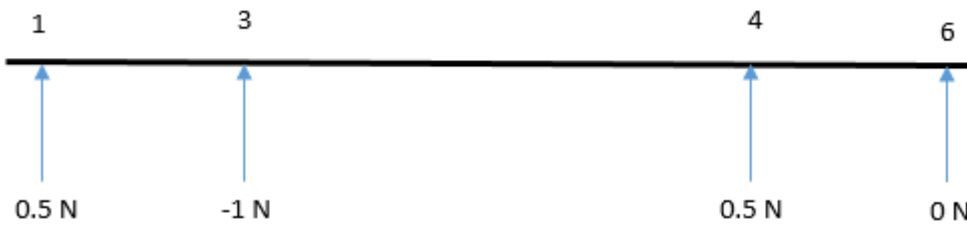
$$V_5^+ = 3520 - 4410 = -890 \text{ N}$$

$$\Sigma M_6 = 0 \Leftrightarrow -194,5 + 4410 \times 218,5 \cdot 10^{-3} - 3520 \times 218,5 \cdot 10^{-3} + M_6 = 0 \Leftrightarrow$$

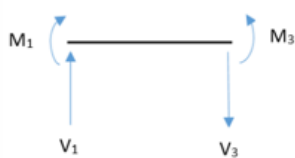
$$\Leftrightarrow M_6 = 0 \text{ N.m}$$

$$V_6^- = 0 \text{ N}$$

Sistema Virtual



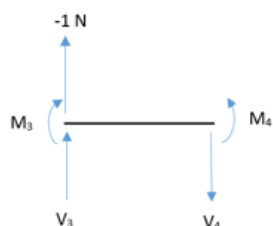
$$M_1 = 0; V_1 = 0$$



$$V_3^+ = 0,5 \text{ N}$$

$$\Sigma M_3 = 0 \Leftrightarrow -0,5 \times 273,75 \cdot 10^{-3} + M_3 = 0 \Leftrightarrow M_3 = 0,136875 \text{ N.m}$$

$$\Sigma F_y = 0 \Leftrightarrow 0,5 - V_3^- = 0 \Leftrightarrow V_3^- = 0,5 \text{ N}$$

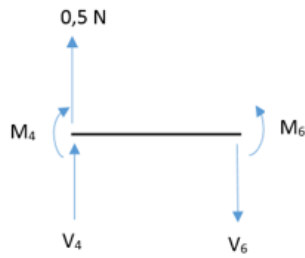


$$V_4^+ = 0,5 - 1 = -0,5 \text{ N}$$

$$\Sigma M_4 = 0 \Leftrightarrow -0,136875 + 1 \times 824,5 \cdot 10^{-3} - 0,5 \times 824,5 \cdot 10^{-3} + M_4 = 0 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow M_4 = -0,275375 \text{ N.m}$$

$$\Sigma F_y = 0 \Leftrightarrow -1 + 0,5 - V_4^- = 0 \Leftrightarrow V_4^- = -0,5 \text{ N}$$



$$V_4^+ = -0,5 + 0,5 = 0 \text{ N}$$

$$\Sigma M_6 = 0 \Leftrightarrow 0,275375 - 0,5 \times 273,75 \cdot 10^{-3} + 0,5 \times 273,75 \cdot 10^{-3} + M_6 = 0 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow M_6 = -0,275375 \text{ N.m}$$

$$\Sigma F_y = 0 \Leftrightarrow -0,5 + 0,5 - V_6^- = 0 \Leftrightarrow V_6^- = 0 \text{ N} = V_6^+$$

δ_{10}	E.I	L (m)	q ₁	q ₂	M ₁	M ₂	m ₁	m ₂	$\delta \cdot ((M.m)/(E.I))$
1 - 3	-	0,27375	-	-	0	0	0	0,136875	0/(E.I)
4 - 6	-	0,27375	-	-	0	0	-0,275375	-0,275375	0/(E.I)

δ_{11}	E. I	L (m)	q ₁	q ₂	M ₁	M ₂	m ₁	m ₂	$\delta \cdot ((M.m)/(E.I))$
1 - 3	-	0,27375	-	-	0	0,136875	0	0,136875	0,0017095/(E.I)
3 - 4	-	0,82450	-	-	0,136875	-0,275375	0,136875	-0,275375	0,0156309/(E.I)
4 - 6	-	0,27375	-	-	-0,275375	-0,275375	-0,275375	-0,275375	0,0207588/(E.I)

$$\{\delta_{10}\} + \{\delta_{11}\} \cdot \{X_1\} = 0 \Leftrightarrow 0 + 0,038099 \cdot X_1 = 0 \Leftrightarrow X_1 = 0 \quad (10)$$

$$R_A = 890 + 0 \times 0,5 = 890 \text{ N}$$

$$R_B = 3520 + 0 \times (-1) = 3520 \text{ N}$$

$$R_C = 3520 + 0 \times 0,5 = 3520 \text{ N}$$

$$R_D = 890 + 0 \times 0 = 890 \text{ N}$$

Verificação:

$$\text{Carga total} = 2 \times 4410 = 8820 \text{ N}$$

$$R_{Total} = 890 + 3520 + 3520 + 890 = 8820 \text{ N}$$

6.2 Anexo 2

Módulo de rolos

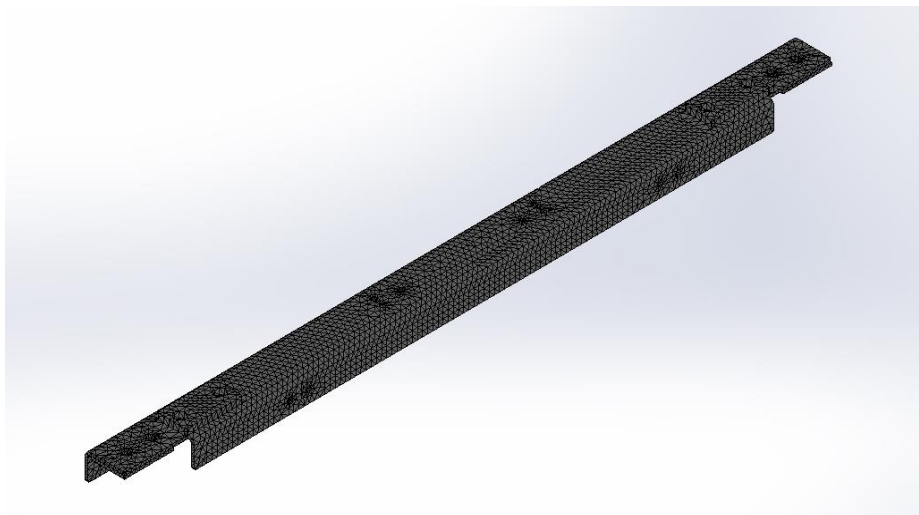
Conjunto 1

Dados da malha

Tipo de malha	Malha solida
Malha usada:	Malha Standard
Transição Automática:	Off
Incluir loops automáticos de malha:	Off
Pontos Jacobianos	4 Pontos
Tamanho do elemento	8.5 mm
Tolerância	0.425 mm
Qualidade da malha	Alta

Dados da malha - Detalhes

Nódulos totais	34800
Elementos totais	17741
Maximum Aspect Ratio	83.019
% of elements with Aspect Ratio < 3	92
% of elements with Aspect Ratio > 10	0.101
% de elementos distorcidos (jacobianos)	0
Tempo de criação da malha	00:00:05
Nome do computador:	PIMENTA



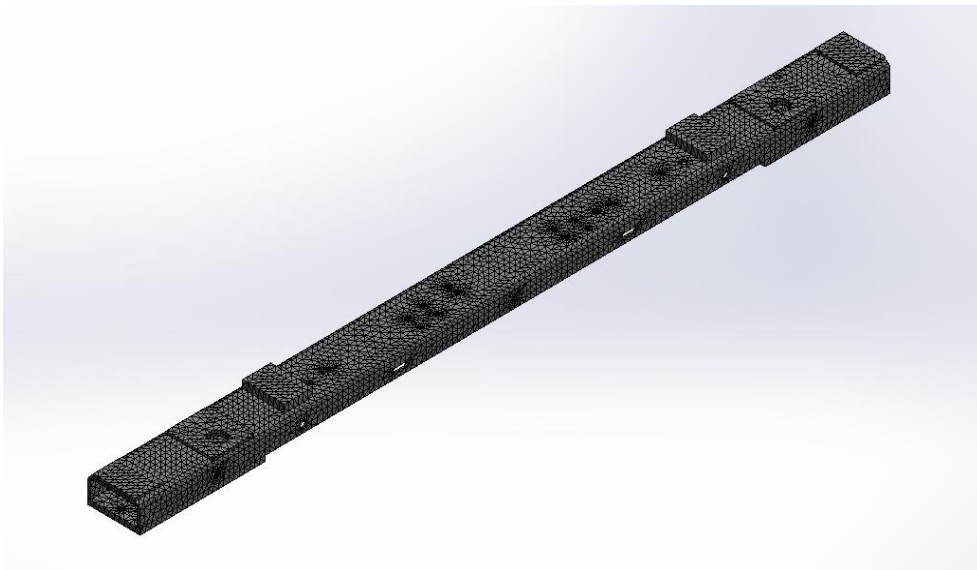
Conjunto 2

Dados da malha

Tipo de malha	Malha solida
Malha usada:	Malha Standard
Transição Automática:	Off
Incluir loops automáticos de malha:	Off
Pontos Jacobianos	4 Pontos
Tamanho do elemento	10 mm
Tolerância	0.5 mm
Qualidade da malha	Alta

Dados da malha - Detalhes

Nódulos totais	52195
Elementos totais	26753
Maximum Aspect Ratio	11.432
% of elements with Aspect Ratio < 3	90.4
% of elements with Aspect Ratio > 10	0.015
% de elementos distorcidos (jacobianos)	0
Tempo de criação da malha	00:00:09
Nome do computador:	PIMENTA



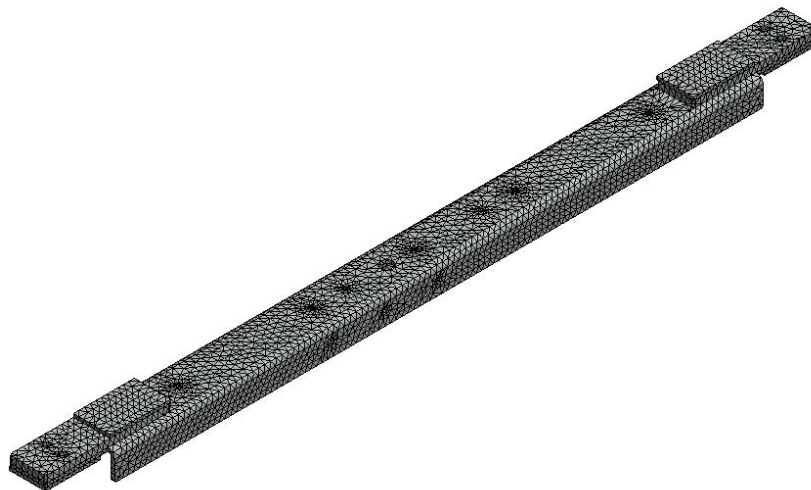
Conjunto 3

Dados da malha

Tipo de malha	Malha solida
Malha usada:	Malha Standard
Transição Automática:	Off
Incluir loops automáticos de malha:	Off
Pontos Jacobianos	4 Pontos
Tamanho do elemento	8.5 mm
Tolerância	0.425 mm
Qualidade da malha	Alta

Dados da malha - Detalhes

Nódulos totais	37131
Elementos totais	19373
Maximum Aspect Ratio	15.225
% of elements with Aspect Ratio < 3	93.1
% of elements with Aspect Ratio > 10	0.0155
% de elementos distorcidos (jacobianos)	0
Tempo de criação da malha	00:00:08
Nome do computador:	PIMENTA



Módulo das correntes

Conjunto 1

Dados da malha

Tipo de malha	Malha solida
Malha usada:	Malha Standard
Transição Automática:	Off
Incluir loops automáticos de malha:	Off
Pontos Jacobianos	4 Pontos
Tamanho do elemento	8.5 mm
Tolerância	0.425 mm
Qualidade da malha	Alta

Dados da malha - Detalhes

Nódulos totais	34800
Elementos totais	17741
Maximum Aspect Ratio	83.019
% of elements with Aspect Ratio < 3	92
% of elements with Aspect Ratio > 10	0.101
% de elementos distorcidos (jacobianos)	0
Tempo de criação da malha	00:00:05
Nome do computador:	PIMENTA



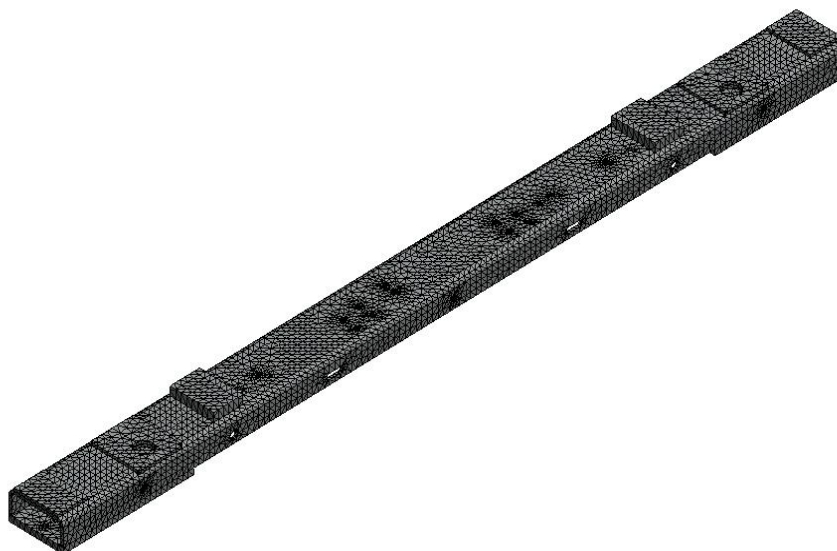
Conjunto 2

Dados da malha

Tipo de malha	Malha solida
Malha usada:	Malha Standard
Transição Automática:	Off
Incluir loops automáticos de malha:	Off
Pontos Jacobianos	4 Pontos
Tamanho do elemento	10 mm
Tolerância	0.5 mm
Qualidade da malha	Alta

Dados da malha - Detalhes

Nódulos totais	52201
Elementos totais	26757
Maximum Aspect Ratio	12.134
% of elements with Aspect Ratio < 3	90.5
% of elements with Aspect Ratio > 10	0.0149
% de elementos distorcidos (jacobianos)	0
Tempo de criação da malha	00:00:08
Nome do computador:	PIMENTA



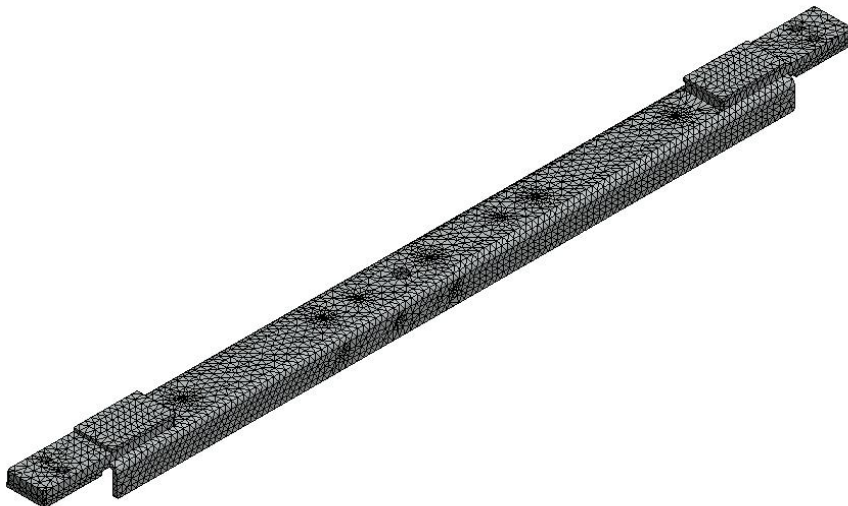
Conjunto 3

Dados da malha

Tipo de malha	Malha solida
Malha usada:	Malha Standard
Transição Automática:	Off
Incluir loops automáticos de malha:	Off
Pontos Jacobianos	4 Pontos
Tamanho do elemento	8.5 mm
Tolerância	0.425 mm
Qualidade da malha	Alta

Dados da malha - Detalhes

Nódulos totais	37131
Elementos totais	19373
Maximum Aspect Ratio	15.225
% of elements with Aspect Ratio < 3	93.1
% of elements with Aspect Ratio > 10	0.0155
% de elementos distorcidos (jacobianos)	0
Tempo de criação da malha	00:00:06
Nome do computador:	PIMENTA

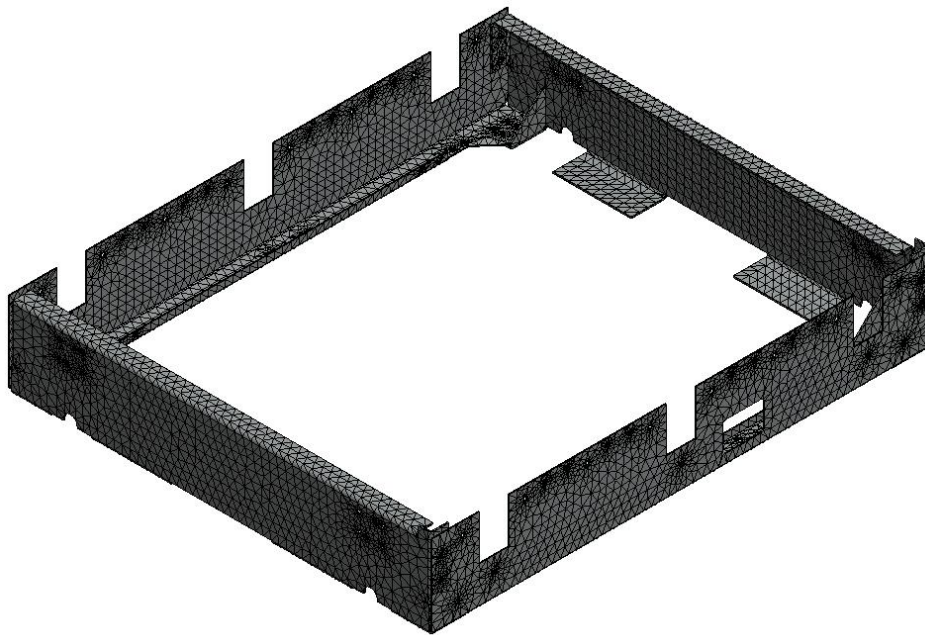


6.3 Anexo 3

Estrutura do módulo dos rolos

Dados da malha	
Tipo de malha	Malha solida
Malha usada:	Malha Standard
Transição Automática:	Off
Incluir loops automáticos de malha:	Off
Pontos Jacobianos	4 Pontos
Tamanho do elemento	24.1 mm
Tolerância	1.205 mm
Qualidade da malha	Alta

Dados da malha - Detalhes	
Nódulos totais	84155
Elementos totais	41207
Maximum Aspect Ratio	51.952
% of elements with Aspect Ratio < 3	26.4
% of elements with Aspect Ratio > 10	3.61
% de elementos distorcidos (jacobianos)	0
Tempo de criação da malha	00:00:13
Nome do computador:	PIMENTA



6.4 Anexo 4

Estrutura do módulo das correntes

Conjunto 1

Dados da malha

Tipo de malha	Malha solida
Malha usada:	Malha Standard
Transição Automática:	Off
Incluir loops automáticos de malha:	Off
Pontos Jacobianos	4 Pontos
Tamanho do elemento	10 mm
Tolerância	0.5 mm
Qualidade da malha	Alta

Dados da malha - Detalhes

Nódulos totais	55069
Elementos totais	28433
Maximum Aspect Ratio	1446.2
% of elements with Aspect Ratio < 3	87
% of elements with Aspect Ratio > 10	0.369
% de elementos distorcidos (jacobianos)	0
Tempo de criação da malha	00:00:09
Nome do computador:	PIMENTA



Conjunto 2

Dados da malha

Tipo de malha	Malha solida
Malha usada:	Malha Standard
Transição Automática:	Off
Incluir loops automáticos de malha:	Off
Pontos Jacobianos	4 Pontos
Tamanho do elemento	10 mm
Tolerância	0.5 mm
Qualidade da malha	Alta

Dados da malha - Detalhes

Nódulos totais	54904
Elementos totais	28375
Maximum Aspect Ratio	17.396
% of elements with Aspect Ratio < 3	87.6
% of elements with Aspect Ratio > 10	0.233
% de elementos distorcidos (jacobianos)	0
Tempo de criação da malha	00:00:08
Nome do computador:	PIMENTA




6.5 Anexo 5

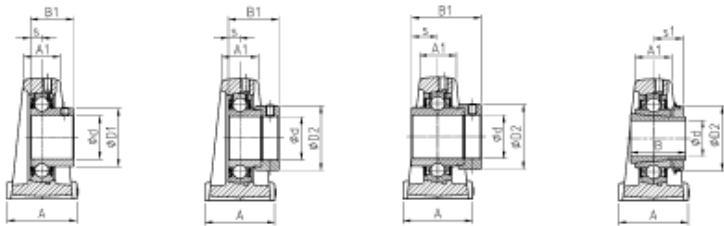
Diâmetro do eixo		Unidade		Dimensões principais em mm													
d [mm]		L	H	A1	A	J	N	E	L1	H1	H2	s1	B	B1	s		
12	UCPA201	76	30,2	22	40	52	M10	13	22	11	62	-	-	31,0	12,7		
	USPA201	70	30,2	19	36	48	M8	9	20	10	57	-	-	22,0	6,0		
	ESPA201	70	30,2	19	36	48	M8	9	20	10	57	-	-	28,6	6,5		
	EXPA201	76	30,2	22	40	52	M10	13	22	11	62	-	-	43,5	17,0		
15	UCPA202	76	30,2	22	40	52	M10	13	22	11	62	-	-	31,0	12,7		
	USPA202	70	30,2	19	36	48	M8	9	20	10	57	-	-	22,0	6,0		
	ESPA202	70	30,2	19	36	48	M8	9	20	10	57	-	-	28,6	6,5		
17	UCPA203	76	30,2	22	40	52	M10	13	22	11	62	-	-	31,0	12,7		
	USPA203	70	30,2	19	36	48	M8	9	20	10	57	-	-	22,0	6,0		
	ESPA203	70	30,2	19	36	48	M8	9	20	10	57	-	-	28,6	6,5		
	EXPA203	76	30,2	22	40	52	M10	13	22	11	62	-	-	43,5	17,0		
20	UCPA204	76	30,2	22	40	52	M10	13	22	11	62	-	-	31,0	12,7		
	USPA204	76	30,2	22	40	52	M10	13	22	11	62	-	-	25,0	7,0		
	ESPA204	76	30,2	22	40	52	M10	13	22	11	62	-	-	30,9	7,5		
	EXPA204	76	30,2	22	40	52	M10	13	22	11	62	-	-	43,5	17,0		
	UKPA205H	84	36,5	23	38	56	M10	15	27	12	72	18,5	35,0	-	-		
25	UCPA205	84	36,5	23	38	56	M10	15	27	12	72	-	-	34,0	14,3		
	USPA205	84	36,5	23	38	56	M10	15	27	12	72	-	-	27,0	7,5		
	ESPA205	84	36,5	23	38	56	M10	15	27	12	72	-	-	30,9	7,5		
	EXPA205	84	36,5	23	38	56	M10	15	27	12	72	-	-	44,3	17,4		
	UKPA206H	94	42,9	25	48	66	M14	18	30	13	84	20,5	38,0	-	-		
30	UCPA206	94	42,9	25	48	66	M14	18	30	13	84	-	-	38,1	15,9		
	USPA206	94	42,9	25	48	66	M14	18	30	13	84	-	-	30,0	8,0		
	ESPA206	94	42,9	25	48	66	M14	18	30	13	84	-	-	35,7	9,0		
	EXPA206	94	42,9	25	48	66	M14	18	30	13	84	-	-	48,3	18,2		
	UKPA207H	110	47,6	27	48	80	M14	20	30	13	95	22,5	43,0	-	-		
35	UCPA207	110	47,6	27	48	80	M14	20	30	13	95	-	-	42,9	17,5		
	USPA207	110	47,6	27	48	80	M14	20	30	13	95	-	-	32,0	8,5		
	ESPA207	110	47,6	27	48	80	M14	20	30	13	95	-	-	38,9	9,5		
	EXPA207	110	47,6	27	48	80	M14	20	30	13	95	-	-	51,1	18,8		
	UKPA208H	116	49,2	28	54	84	M14	20	32	13	100	24,5	46,0	-	-		
40	UCPA208	116	49,2	28	54	84	M14	20	32	13	100	-	-	49,2	19,0		
	USPA208	116	49,2	28	54	84	M14	20	32	13	100	-	-	34,0	9,0		
	ESPA208	116	49,2	28	54	84	M14	20	32	13	100	-	-	43,7	11,0		
	EXPA208	116	49,2	28	54	84	M14	20	32	13	100	-	-	56,3	21,4		
	UKPA209H	120	54,2	32	60	90	M14	25	42	13	108	26,0	50,0	-	-		

SNR Industry

64



 65




USPA200
ESPA200
EXPA200
UKPA200H

D1	D2	G	Z	Dz					C _r [kN]	C _{or} [kN]	Peso [kg]	d [mm]
					Mancal	Inserto	Tampas de proteção abertas *	Tampas de proteção fechadas **				
29,0	-	M6x1	45,6	54	PA204	UC201	CO	CC	12,80	6,65	0,6	12
24,6	-	M6x1	42,6	46	PA203	US201	CO	CC	9,55	4,78	0,4	
-	28,6	M6x1	64	***	PA203	ES201	***	***	9,55	4,78	0,4	
-	33,3	M6x1	56	***	PA204	EX201	***	***	12,80	6,65	0,7	
29,0	-	M6x1	45,6	54	PA204	UC202	CO	CC	12,80	6,65	0,6	15
24,6	-	M6x1	42,6	46	PA203	US202	CO	CC	9,55	4,78	0,4	
-	28,6	M6x1	64	***	PA203	ES202	***	***	9,55	4,78	0,4	
-	33,3	M6x1	56	***	PA204	EX202	***	***	12,80	6,65	0,6	
29,0	-	M6x1	45,6	54	PA204	UC203	CO	CC	12,80	6,65	0,5	17
24,6	-	M6x1	42,6	46	PA203	US203	CO	CC	9,55	4,78	0,4	
-	28,6	M6x1	64	***	PA203	ES203	***	***	9,55	4,78	0,4	
-	33,3	M6x1	56	***	PA204	EX203	***	***	12,80	6,65	0,6	
29,0	-	M6x1	45,6	54	PA204	UC204	CO	CC	12,80	6,65	0,5	20
29,0	-	M6x1	45,6	54	PA204	US204	CO	CC	12,80	6,65	0,5	
-	33,3	M6x1	64	***	PA204	ES204	***	***	12,80	6,65	0,5	
-	33,3	M6x1	64	***	PA204	EX204	***	***	12,80	6,65	0,6	
-	38,0	M6x1	48	60	PA205	UK205 + H2305	CO	CC	14,00	7,88	0,8	25
34,0	-	M6x1	48	60	PA205	UC205	CO	CC	14,00	7,88	0,7	
34,0	-	M6x1	48	60	PA205	US205	CO	CC	14,00	7,88	0,7	
-	38,1	M6x1	65,2	***	PA205	ES205	***	***	14,00	7,88	0,7	
-	38,1	M6x1	65,2	***	PA205	EX205	***	***	14,00	7,88	0,8	30
-	45,0	M6x1	51,8	70	PA206	UK206 + H2306	CO	CC	19,50	11,20	1,1	
40,3	-	M6x1	51,8	70	PA206	UC206	CO	CC	19,50	11,20	1,1	
40,3	-	M6x1	51,8	70	PA206	US206	CO	CC	19,50	11,20	1,0	
-	44,5	M6x1	70	***	PA206	ES206	***	***	19,50	11,20	1,1	35
-	44,5	M6x1	70	***	PA206	EX206	***	***	19,50	11,20	1,2	
-	52,0	M6x1	60	80	PA207	UK207 + H2307	CO	CC	25,70	15,20	1,5	
48,0	-	M6x1	60	80	PA207	UC207	CO	CC	25,70	15,20	1,5	
48,0	-	M6x1	60	80	PA207	US207	CO	CC	25,70	15,20	1,4	40
-	55,6	M6x1	78,6	***	PA207	ES207	***	***	25,70	15,20	1,5	
-	55,6	M6x1	78,6	***	PA207	EX207	***	***	25,70	15,20	1,6	
-	58,0	M6x1	68,4	88	PA208	UK208 + H2308	CO	CC	29,60	18,20	1,8	
53,0	-	M6x1	68,4	88	PA208	UC208	CO	CC	29,60	18,20	1,8	40
53,0	-	M6x1	68,4	88	PA208	US208	CO	CC	29,60	18,20	1,7	
-	60,3	M6x1	80,6	***	PA208	ES208	***	***	29,60	18,20	1,8	
-	60,3	M6x1	80,6	***	PA208	EX208	***	***	29,60	18,20	1,9	
-	65,0	M6x1	70,2	95	PA209	UK209 + H2309	CO	CC	31,85	20,80	2,2	

* - com duas tampas de proteção abertas para eixos passantes: sutfio CO idêntico ao exemplo de encomenda da página 6

** - com uma tampas de proteção aberta e outra fechada para as extremidades dos eixos:sutfio CC idêntico ao exemplo de encomenda da página 6

*** - Possibilidade de fornecimento mediante pedido da versão com tampas de proteção para Inserts com colar excêntrico de travamento.



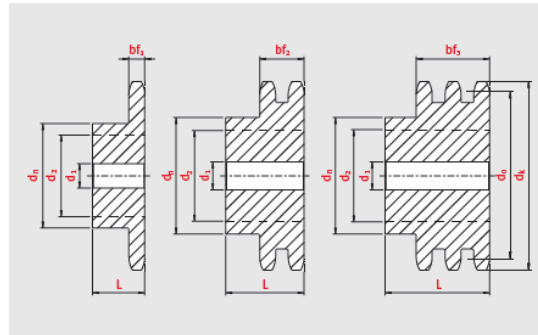
6.6 Anexo 6



iwis Customer Service
 Tel: +49 2739 86-0 Fax: -22 [CallBack](#)
 E-Mail: sales-wilnsdorf@iwis.com



10B Kettenräder nach ISO 606 Sprockets according to ISO 606			
Teflung Pitch	15,875 mm	Zahnbreite Simplex bf_1 Tooth width simplex	9,1 mm
Lichte Weite Innerwidth	9,65 mm	Zahnbreite Duplex bf_2 Tooth width duplex	25,5 mm
Rollen ϕ Roller- ϕ	10,16 mm	Zahnbreite Triplex bf_3 Tooth width triplex	42,1 mm



Zähne- zahl Teeth	Teilkreis Pitch circle	Kopf- kreis Tip circle	Simplex (10B-1)				Artikel-Nr. Article no.	Duplex (10B-2)				Artikel-Nr. Article no.	Triplex (10B-3)				Artikel-Nr. Article no.
			Vorboh- rung Pilot bore	Gesamt- länge Total Length	Naben Hub	Gewicht Weight		Vorboh- rung Pilot bore	Gesamt- länge Total Length	Naben Hub	Gewicht Weight		Vorboh- rung Pilot bore	Gesamt- länge Total Length	Naben Hub	Gewicht Weight	
z	ϕ d0 mm	ϕ dk mm	ϕ d1 mm	L mm	ϕ dn mm	kg		ϕ d1 mm	L mm	ϕ dn mm	kg		ϕ d1 mm	L mm	ϕ dn mm	kg	
8	41,48	47,00	10	25	25	0,12	021-015-008	12	40	25	0,09	022-015-008	12	55	25	0,27	023-015-008
9	46,42	52,60	10	25	30	0,16	021-015-009	12	40	30	0,13	022-015-009	12	55	30	0,38	023-015-009
10	51,37	57,50	10	25	35	0,18	021-015-010	12	40	35	0,18	022-015-010	16	55	35	0,47	023-015-010
11	56,34	63,00	12	30	37	0,26	021-015-011	14	40	39	0,24	022-015-011	16	55	39	0,61	023-015-011
12	61,34	68,00	12	30	42	0,32	021-015-012	14	40	44	0,30	022-015-012	16	55	44	0,78	023-015-012
13	66,32	73,00	12	30	47	0,40	021-015-013	14	40	49	0,36	022-015-013	16	55	49	0,96	023-015-013
14	71,34	78,00	12	30	52	0,49	021-015-014	14	40	54	0,44	022-015-014	16	55	54	1,15	023-015-014
15	76,36	83,00	12	30	57	0,58	021-015-015	14	40	59	0,52	022-015-015	16	55	59	1,37	023-015-015
16	81,37	88,00	12	30	60	0,74	021-015-016	16	45	64	0,63	022-015-016	16	60	64	1,72	023-015-016
17	86,39	93,00	12	30	60	0,78	021-015-017	16	45	59	0,73	022-015-017	16	60	69	1,99	023-015-017
18	91,42	98,30	14	30	70	0,83	021-015-018	16	45	74	0,85	022-015-018	16	60	74	2,27	023-015-018
19	96,45	103,30	14	30	70	1,17	021-015-019	16	45	79	0,97	022-015-019	16	60	79	2,58	023-015-019
20	101,49	108,40	14	30	75	0,93	021-015-020	16	45	84	1,10	022-015-020	16	60	84	2,91	023-015-020
21	106,52	113,40	16	30	75	1,15	021-015-021	16	45	85	1,29	022-015-021	20	60	85	3,12	023-015-021
22	111,55	118,00	16	30	80	1,21	021-015-022	16	45	90	1,37	022-015-022	20	60	90	3,48	023-015-022
23	116,58	123,40	16	30	80	1,27	021-015-023	16	45	95	1,46	022-015-023	20	60	95	3,86	023-015-023
24	121,62	128,30	16	30	80	1,33	021-015-024	16	45	100	1,64	022-015-024	20	60	100	4,58	023-015-024
25	126,66	134,00	16	30	80	1,39	021-015-025	16	45	105	1,82	022-015-025	20	60	105	4,67	023-015-025
26	131,70	139,00	20	35	85	1,81	021-015-026	20	45	110	2,02	022-015-026	20	60	110	5,10	023-015-026
27	136,75	144,00	20	35	85	1,88	021-015-027	20	45	110	2,12	022-015-027	20	60	110	5,43	023-015-027



iwis Roller Chains, British Standard
according to ISO 606 and iwis standard

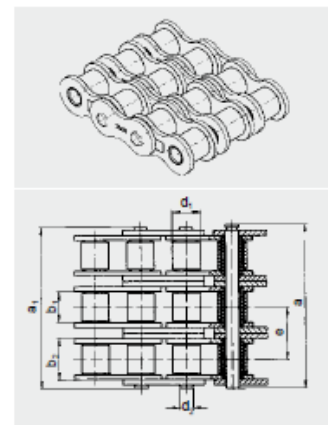
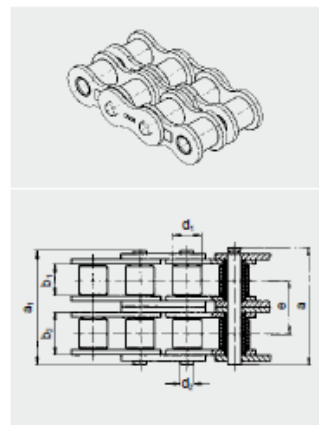
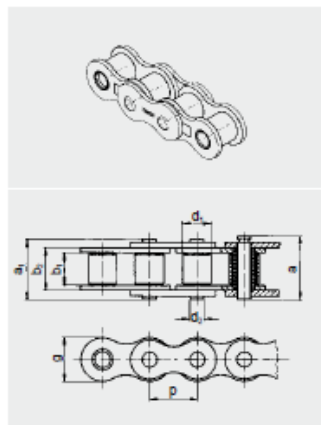
ISO	iwis reference	Pitch p (°)	Pitch p (mm)	Tensile strength F _s				Inner link			Outer link			
				iwis (N) ave.	Norm (N) min.	Bearing area (cm²)	Weight per m (kg/m)	d ₁ (mm) min.	d ₂ (mm) max.	ø (mm) max.	d ₃ (mm) max. ø	d ₄ (mm) max. ø	Roller d (mm) max.	Pin d (mm) max.
Simplex														
04	G 42	6 x 2.8 mm	6.00	3,000	3,000	0.07	0.12	2.80	4.10	5.00	6.70	7.60	4.00	1.85
05 B-1	G 52	8 mm x 1/8"	8.00	6,000	4,400	0.11	0.18	3.16	4.85	7.10	8.10	9.20	5.00	2.31
-	G 53 1/2 ¹⁾	8 mm x 3/16"	8.00	8,500	-	0.25	0.34	4.76	7.90	7.60	11.70	-	5.00	3.15
-	G 62 1/2 ²⁾	3/8 x 5/32"	9.525	11,000	-	0.22	0.34	3.94	6.63	8.20	11.00	12.20	6.35	3.31
06 B-1	G 67 ³⁾	3/8 x 7/32"	9.525	10,500	8,900	0.28	0.41	5.72	8.53	8.20	12.90	14.10	6.35	3.31
-	P 83 V	1/2 x 3/16"	12.70	15,500	-	0.29	0.44	4.88	7.97	10.20	13.20	14.10	7.75	3.68
-	S 84 V	1/2 x 1/4"	12.70	18,000	-	0.38	0.58	6.40	9.65	12.00	15.00	16.00	7.75	3.97
08 B-1	L 85 SL*	1/2 x 5/16"	12.70	22,000	17,800	0.50	0.70	7.75	11.30	11.80	16.90	18.50	8.51	4.45
10 B-1	M 106 SL*	5/8 x 3/8"	15.875	27,000	22,200	0.67	0.95	9.65	13.28	14.40	19.50	20.90	10.16	5.08
12 B-1	M 127 SL*	3/4 x 7/16"	19.05	32,700	28,900	0.89	1.25	11.75	15.62	16.40	22.70	23.60	12.07	5.72
16 B-1	M 1611*	1" x 17 mm	25.40	75,000	60,000	2.10	2.70	17.02	25.45	21.10	36.10	36.90	15.88	8.28
20 B-1	M 2012	1 1/4 x 3/4"	31.75	120,000	95,000	2.92	3.72	19.56	29.01	25.40	40.50	46.30	19.05	10.19
24 B-1	M 2416	1 1/2 x 1"	38.10	211,000	160,000	5.50	7.05	25.40	37.92	33.50	53.10	60.00	25.40	14.63
28 B-1	M 2819	1 3/4 x 31 mm	44.45	250,000	200,000	7.35	8.96	30.95	46.58	37.00	63.60	69.90	27.94	15.90
32 B-1	M 3219	2" x 31 mm	50.80	315,000	250,000	8.05	10.00	30.95	45.57	42.30	65.10	70.10	29.21	17.81

¹⁾ Straight side plates ²⁾ Varying dimensions for cranked links ³⁾ Bush chain

* Easy break – chains with shouldered pins

The suffix **SL** indicates chains with particular wear-resistant pins.

It should be noted that if cranked links are fitted, the breaking strength of the chain may be reduced by approximately 20 %.



6.7 Anexo 7

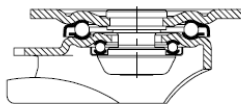
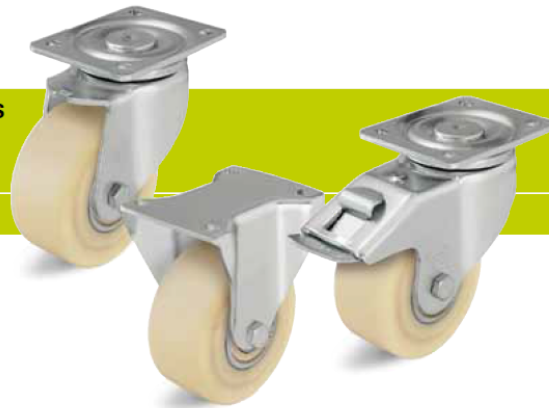


Série: LH-GSPO, BH-GSPO

Rodízios de aço estampado, versão para cargas pesadas, com placa de fixação, com roda em nylon fundido para cargas pesadas

650 - 900 kg

RoHS



Suporte: Série LHBH - Fabricado em aço estampado e reforçado, suporte giratório com garfo pesado e placa de fixação, aparafusada e fixa com pivot central muito estável, com dupla fila de esferas na cabeça giratória, reforçado adicionalmente através de **quatro chumaceiras especialmente moldadas, endurecidas**, ficando, assim, particularmente resistentes aos impactos e choques. Eixo da roda aparafusado.

Zincado, passivado a azul, livre de cromo hexavalente.

Vista geral do suporte: Página 66

Desenhos placas de fixação: Página 77

Travão da roda e da cabeça giratória "stop-fix": Página 80

Rodas: Série GSPO - Fabricado em nylon fundido de alta qualidade, resistente à rutura, duro e altamente compactado, 80° Shore D, bege natural.

Tipo de rolamento: Dois rolamentos de esferas embutidos. Descrição detalhada: Página 314 e 50

Rodízios giratórios	Rodízios fixos	Rod. girat. com travão "stop-fix"	Ø Roda [mm]	Largura da roda [mm]	Capacidade de carga * [kg]	Tipo de rolamento	Altura total [mm]	Tamanho da placa [mm]	Furação [mm]	Ø Furo da base [mm]	Offset rodízio gir. [mm]
LH-GSPO 65K	BH-GSPO 65K		65	40	650	esferas	97	100 x 85	80 x 60	9	45
LH-GSPO 80K	BH-GSPO 80K	LH-GSPO 80K-FI	80	40	700	esferas	120	100 x 85	80 x 60	9	45
LH-GSPO 100K-1	BH-GSPO 100K-1	LH-GSPO 100K-1-FI	100	40	700	esferas	140	100 x 85	80 x 60	9	45
LH-GSPO 100K-3	BH-GSPO 100K-3	LH-GSPO 100K-3-FI	100	40	700	esferas	140	140 x 110	105 x 75-80	11	45
LH-GSPO 125K	BH-GSPO 125K	LH-GSPO 125K-FI	125	55	900	esferas	170	140 x 110	105 x 75-80	11	55

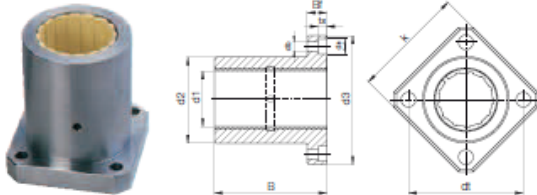
* Teste segundo a DIN 12532 com tempos de pausa prolongados como forma de evitar um esforço térmico excessivo


6.8 Anexo 8

drylin® R
round
shaft guide
systems

drylin® R flange pillow block | Product range

Made from anodised aluminium,
square flange




 Order key

Type Size

F J U M-02-10

Flange
Iglidur® J
Liner
Metric
Square
Diameter

 ⁷⁸⁾ According to igus® testing method ▶ Page 924
⁸²⁾ Design standards ▶ Page 878

Please note: Installation instructions ▶ Page 879

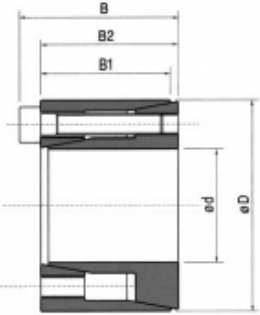
Technical Data

Part No.	d1-Tolerance ⁷⁸⁾	F max.	F max.	Weight
		dynamic ⁸²⁾	static ⁸²⁾	
		P = 5 MPa [N]	P = 35 MPa [N]	[g]
FJZM-02-08	+0.032 +0.070	960	6,720	17
FJUM-02-10	+0.030 +0.088	725	5,075	25
FJUM-02-12	+0.030 +0.088	960	6,720	32
FJUM-02-16	+0.030 +0.088	1,440	10,080	41
FJUM-02-20	+0.030 +0.091	2,250	15,750	73
FJUM-02-25	+0.030 +0.091	3,625	25,375	135
FJUM-02-30	+0.030 +0.110	5,100	35,700	228
FJUM-02-40	+0.030 +0.115	8,000	56,000	454
FJUM-02-50	+0.030 +0.130	12,500	87,500	735

Dimensions [mm]

Part No.	d1	d2	d3	dt	k	B	Bf	ts	db	ds
		h7								
FJZM-02-08	8	16	32	24	25	25	8	3.1	3.5	6.0
FJUM-02-10	10	19	39	29	30	29	9	4.1	4.5	7.5
FJUM-02-12	12	22	42	32	32	32	9	4.1	4.5	7.5
FJUM-02-16	16	26	46	36	35	36	9	4.1	4.5	7.5
FJUM-02-20	20	32	54	43	42	45	11	5.1	5.5	9.0
FJUM-02-25	25	40	62	51	50	58	11	5.1	5.5	9.0
FJUM-02-30	30	47	76	62	60	68	14	6.1	6.6	11.0
FJUM-02-40	40	62	98	80	75	80	18	8.1	9.0	14.0
FJUM-02-50	50	75	112	94	88	100	18	8.1	9.0	14.0

6.9 Anexo 9

Medidas Int. x ext.	Medidas principais em mm			Torção Mt Nm	Carga Axial F ass. KN	Pressão Superf.		Aperto dos parafusos		Peso un. Kg		
	dx mm	B1	B2			B	Velo pw N/mm ²	Canhão pn N/mm ²	DIN 912 12.9		N° de parafusos	Ms Nm
	6 x 16	10,5	11	13,5	9	3,0	184	69	3 x M2,5	1,2	0,012	
	6,35 x 16	10,5	11	13,5	10	3,0	173	69	3 x M2,5	1,2	0,012	
	7 x 17	10,5	11	13,5	11	3,0	157	65	3 x M2,5	1,2	0,013	
	8 x 18	10,5	11	13,5	12	3,0	138	61	3 x M2,5	1,2	0,015	
	9 x 20	12,5	13	15,5	18	4,0	138	62	4 x M2,5	1,2	0,020	
	9,53 x 20	12,5	13	15,5	19	4,0	130	62	4 x M2,5	1,2	0,020	
	10 x 20	12,5	13	15,5	20	4,0	124	62	4 x M2,5	1,2	0,019	
	11 x 22	12,5	13	15,5	22	4,0	113	56	4 x M2,5	1,2	0,024	
	12 x 22	12,5	13	15,5	24	4,0	104	56	4 x M2,5	1,2	0,022	
	14 x 26	16,5	17	20,0	42	6,0	99	53	4 x M3	2,1	0,039	
	15 x 28	16,5	17	20,0	44	6,0	93	50	4 x M3	2,1	0,044	
	16 x 32	16,5	17	21,0	83	10,4	152	76	4 x M4	4,9	0,067	
	17 x 35	20,5	21	25,0	88	10,4	116	56	4 x M4	4,9	0,090	
	18 x 35	20,5	21	25,0	93	10,4	109	56	4 x M4	4,9	0,087	
	19 x 35	20,5	21	25,0	99	10,4	104	56	4 x M4	4,9	0,083	
	20 x 38	20,5	21	26,0	170	17,0	161	85	4 x M5	10,0	0,100	
	22 x 40	20,5	21	26,0	187	17,0	146	80	4 x M5	10,0	0,110	
	24 x 47	25,0	26	32,0	287	24,0	153	78	4 x M6	17,0	0,200	
	25 x 47	25,0	26	32,0	299	24,0	147	78	4 x M6	17,0	0,190	
	25,4 x 47	25,0	26	32,0	304	24,0	144	78	4 x M6	17,0	0,180	
	28 x 50	25,0	26	32,0	503	36,0	196	110	6 x M6	17,0	0,220	
	30 x 55	25,0	26	32,0	539	36,0	183	100	6 x M6	17,0	0,270	
	32 x 55	25,0	26	32,0	575	36,0	172	100	6 x M6	17,0	0,250	
	35 x 60	30,0	31	37,0	838	48,0	176	102	8 x M6	17,0	0,360	
	38 x 65	30,0	31	37,0	910	48,0	162	95	8 x M6	17,0	0,430	
	40 x 65	30,0	31	37,0	958	48,0	154	95	8 x M6	17,0	0,400	
	42 x 75	35,0	36	44,0	1394	66,3	175	98	6 x M8	41,0	0,670	
	45 x 75	35,0	36	44,0	1493	66,3	163	98	6 x M8	41,0	0,630	
	48 x 80	35,0	36	44,0	2124	88,5	204	122	8 x M8	41,0	0,740	
	50 x 80	35,0	36	44,0	2212	88,5	196	122	8 x M8	41,0	0,700	

CARACTERÍSTICAS:

Torção média-alta
Montagem fácil
Tempo de instalação limitado
Poucos parafusos de aperto

MONTAGEM:

Limpar cuidadosamente a superfície de contacto do canhão e velo e aplicar um leve fio de óleo. Deslizar o dispositivo de montagem para o furo do canhão, inserir o velo e apertar os parafusos todos gradualmente e com regularidade em sequência cruzada até atingir a torção de aperto **Ms** conforme indicado na tabela.

Os valores **MT** e **F ass.** indicados na tabela, só são válidos no caso de instalação de óleo. Não utilizar óleo com bissulfeto molibdeno ou aditivos de alta pressão, nem massa. As substâncias acima, reduzem notavelmente o coeficiente de fricção.

DESMONTAGEM:

Desapertar os parafusos. Inserir os parafusos na rosca de desmontagem e apertar gradualmente e com regularidade em sequência cruzada até que o cone de trás se solte. Se o elemento for reutilizado, voltar a lubrificar os parafusos e filamentos.

TOLERÂNCIA, ACABAMENTO SUPERFICIAL

Um bom acabamento superficial maquinado é suficiente. Acabamento superficial máximo:

$$Rt \text{ max } 16 \mu\text{m} \text{ (Ra } 3 \mu\text{m} - Rz 13 \mu\text{m)}$$

Tolerâncias máximas permitidas:

h8 para velo
H8 para canhão

MOVIMENTO AXIAL

RLK-3500: durante o aperto dos parafusos, o canhão tem um movimento axial ligeiro em relação ao velo.

CÁLCULO DO CANHÃO DM

A pressão **pn** no canhão pode ser comparada com a pressão interna num cilindro grosso oco.

Para cálculo DM ver página 243.

6.10 Anexo 10

OMRON

Specifications

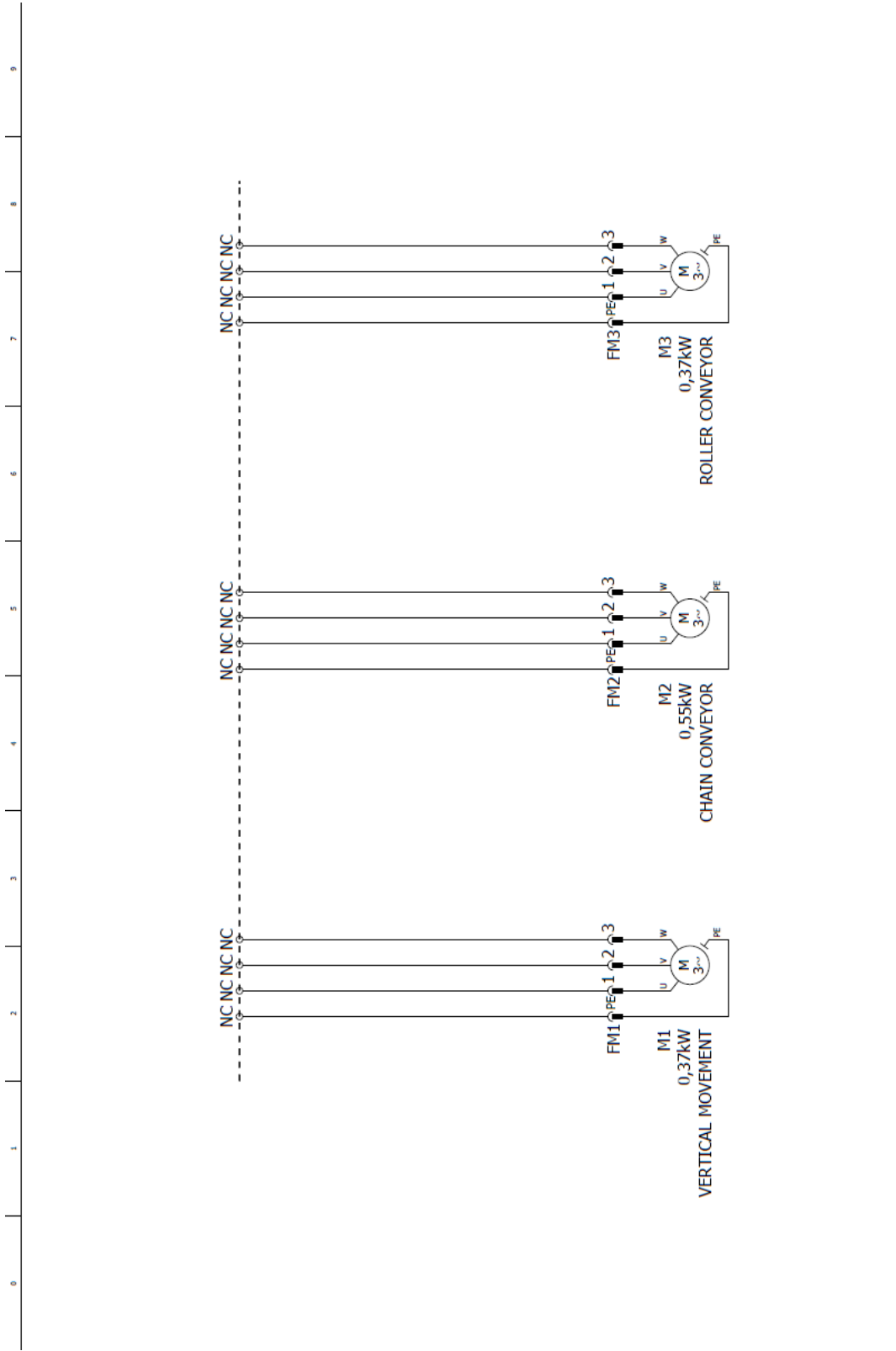
■ DC 3-wire Models

Size Type	M8		M12	
	Shielded	Non-shielded	Shielded	Non-shielded
Item	E2A-M08□S02-M1-B1	E2A-M08□N04-M1-B1	E2A-M12□S04□□-B1	E2A-M12□N08□□-B1
	E2A-M08□S02-M1-B2	E2A-M08□N04-M1-B2	E2A-M12□S04□□-B2	E2A-M12□N08□□-B2
	E2A-M08□S02-M1-C1	E2A-M08□N04-M1-C1	E2A-M12□S04□□-C1	E2A-M12□N08□□-C1
	E2A-M08□S02-M1-C2	E2A-M08□N04-M1-C2	E2A-M12□S04□□-C2	E2A-M12□N08□□-C2
	E2A-S08□S02□□-B1	E2A-S08□N04□□-B1		
	E2A-S08□S02□□-B2	E2A-S08□N04□□-B2		
	E2A-S08□S02□□-C1	E2A-S08□N04□□-C1		
	E2A-S08□S02□□-C2	E2A-S08□N04□□-C2		
Sensing distance	2 mm ± 10%	4 mm ± 10%	4 mm ± 10%	8 mm ± 10%
Setting distance	0 to 1.6 mm	0 to 3.2 mm	0 to 3.2 mm	0 to 6.4 mm
Differential travel	10% max. of sensing distance			
Target	Ferrous metal (The sensing distance decreases with non-ferrous metal.)			
Standard target (mild steel ST37)	8×8×1 mm	12×12×1 mm	12×12×1 mm	24×24×1 mm
Response frequency (See note 1.)	1,500 Hz	1,000 Hz	1,000 Hz	800 Hz
Power supply voltage (operating voltage range)	12 to 24 VDC. Ripple (p-p): 10% max. (10 to 32 VDC)			
Current consumption (DC 3-wire)	10 mA max.			
Output type	-B models: PNP open collector -C models: NPN open collector			
Control output (See note 2.)	Load current	200 mA max. (32 VDC max.)		
	Residual voltage	2 V max. (under load current of 200 mA with cable length of 2 m)		
Indicator	Operation indicator (Yellow LED)			
Operation mode (with sensing object approaching)	-B1/-C1 models: NO -B2/-C2 models: NC For details, refer to the timing charts.			
Protection circuit	Power source circuit reverse polarity protection, Surge suppressor, Short-circuit protection		Output reverse polarity protection, Power source circuit reverse polarity protection, Surge suppressor, Short-circuit protection	
Ambient air temperature	Operating: -40°C to 70°C, Storage: -40°C to 85°C (with no icing or condensation)			
Temperature influence (See note 2.)	±10% max. of sensing distance at 23°C within temperature range of -25°C to 70°C ±15% max. of sensing distance at 23°C within temperature range of -40°C to 70°C			
Ambient humidity	Operating: 35% to 95%, Storage: 35% to 95%			
Voltage influence	±1% max. of sensing distance in rated voltage range ±15%			
Insulation resistance	50 MΩ min. (at 500 VDC) between current carry parts and case			
Dielectric strength	1,000 VAC at 50/60 Hz for 1 min between current carry parts and case			
Vibration resistance	10 to 55 Hz, 1.5-mm double amplitude for 2 hours each in X, Y and Z directions			
Shock resistance	500 m/s ² , 10 times each in X, Y and Z directions		1,000 m/s ² , 10 times each in X, Y and Z directions	
Standard and listings (See note 3.)	IEC60529: IP67, Degree of protection EN60947-5-2: EMC			
Connection method	-WP models: Pre-wired models (Standard length: 2 m) -M1 models: M12 4-pin connector models -M5 models: M8 3-pin connector models			
Weight (packaged)	Pre-wired model	Approx. 65 g		Approx. 85 g
	M12 connector model	M12 connector models: Approx. 20 g M8 connector models: Approx. 15 g	Approx. 35 g	
Material	Case	Stainless steel or brass-nickel plated		Brass-nickel plated
	Sensing surface	PBT		
	Cable	PVC		
	Clamping nut	Brass-nickel plated		

Note 1. The response frequency is an average value. Measurement conditions are as follows: standard target, a distance of twice the standard target distance between targets, and a setting distance of half the sensing distance.

2. When using any model at an ambient temperature between -40°C and -25°C and a power voltage between 30 and 32 VDC, use a load current of 100 mA max.,

3. For USA and CANADA : use class 2 circuit only.



2		Date		07/06/2016		Antipoda, Lda.		Motors		=		2016.PA.080		Page		3	
		Ecl.		Rui Carvalho		Pallet Transfer				+				Page		3/6	
Modification		Date		Name		Replacement of		Replaced by									

6.12 Anexo 12

ESTRUTURA INFERIOR - 16ST000.3000							
Num	Descrição	Referência	Cod.Peça	Custo	Quant.	Total	%
1	TRAVAMENTO - 16ST000.3200			58,16 €	2	116,31 €	10%
2	CONJUNTO PÉ - 16ST000.3100			7,37 €	4	29,49 €	3%
3	TRAVAMENTO TOPO - 16ST000.3002			18,07 €	2	36,15 €	3%
4	BASE CHUMACEIRA - 16ST000.3005			1,88 €	8	15,01 €	1%
5	TRAVAMENTO INTERIOR - 16ST000.3201			16,49 €	2	32,98 €	3%
6	VEIO GUIAMENTO - 16ST000.3402			6,92 €	4	27,70 €	2%
7	VEIO EXCÊNTRICAS - 16ST000.3301.B			23,64 €	2	47,27 €	4%
8	EXCÊNTRICO - 16ST000.3301.B			9,35 €	8	74,82 €	6%
7	BASE MOTOR - 16ST000.3004			16,27 €	1	16,27 €	1%
8	SISTEMA TENSIONAMENTO - 16ST000.3500			83,43 €	1	83,43 €	7%
9	PARAF.SEXT 8,8 DIN933 M10x60	PF. ZINC 8,8 DIN933 M10x60	STANDARD	0,20 €	8	1,61 €	0%
10	PARAF.SEXT 8,8 DIN933 M10x25	PF. ZINC 8,8 DIN933 M10x25	STANDARD	0,12 €	8	0,95 €	0%
11	ANILHA CH.PLANA DIN125 M10	AN. P. ZINC DIN125 M10	STANDARD	0,02 €	16	0,32 €	0%
12	PORCA SEXT CL.8 DIN 934 M16	F. ZINC DIN 934 M16	STANDARD	0,13 €	4	0,50 €	0%
13	PARAF.SEXT 8,8 DIN933 M14x35	PF. ZINC 8,8 DIN933 M14x35	STANDARD	0,36 €	16	5,73 €	0%
14	ANILHA CH.PLANA DIN125 M14	AN. P. ZINC DIN125 M14	STANDARD	0,05 €	16	0,86 €	0%
15	PARAF.SEXT 8,8 DIN933 M 8x 30	PF. ZINC 8,8 DIN933 M 8x 30	STANDARD	0,08 €	8	0,60 €	0%
16	ANILHA CH.PLANA DIN125 M8	AN. P. ZINC DIN125 M8	STANDARD	0,01 €	8	0,08 €	0%
17	CHUM. UCPA 206	CPA 206	STANDARD	4,90 €	8	39,20 €	3%
18	FREIO EXT. DIN 471 VEIO Ø30	FE. DIN 471 VEIO Ø30	STANDARD	0,67 €	16	10,75 €	1%
19	Chaveta DIN 6885-8-7-40-A	CH. DIN 6885-8-7- 40-A	STANDARD	1,12 €	10	11,20 €	1%
20	CARRETO Z18 - 5/8" SIMPLES / SB F30MM + ESC	- €	STANDARD	7,41 €	3	22,22 €	2%
21	CORRENTE SIMPLES 10B1 5/8x3/8"	- €	STANDARD	4,69 €	2,534	11,88 €	1%
22	ELO ENGATE 5/8x3/8" E-10 B1	- €	STANDARD	0,45 €	2	0,90 €	0%
23	SEW R17DR63S4		STANDARD	224,00 €	1	224,00 €	19%
TOTAL MATERIAL						810,24 €	70%
				Custo/h			
6	Projeto			25,20 €	6	151,20 €	13%
7	Mão de obra			25,20 €	8	201,60 €	17%
TOTAL						1 163,04 €	100%

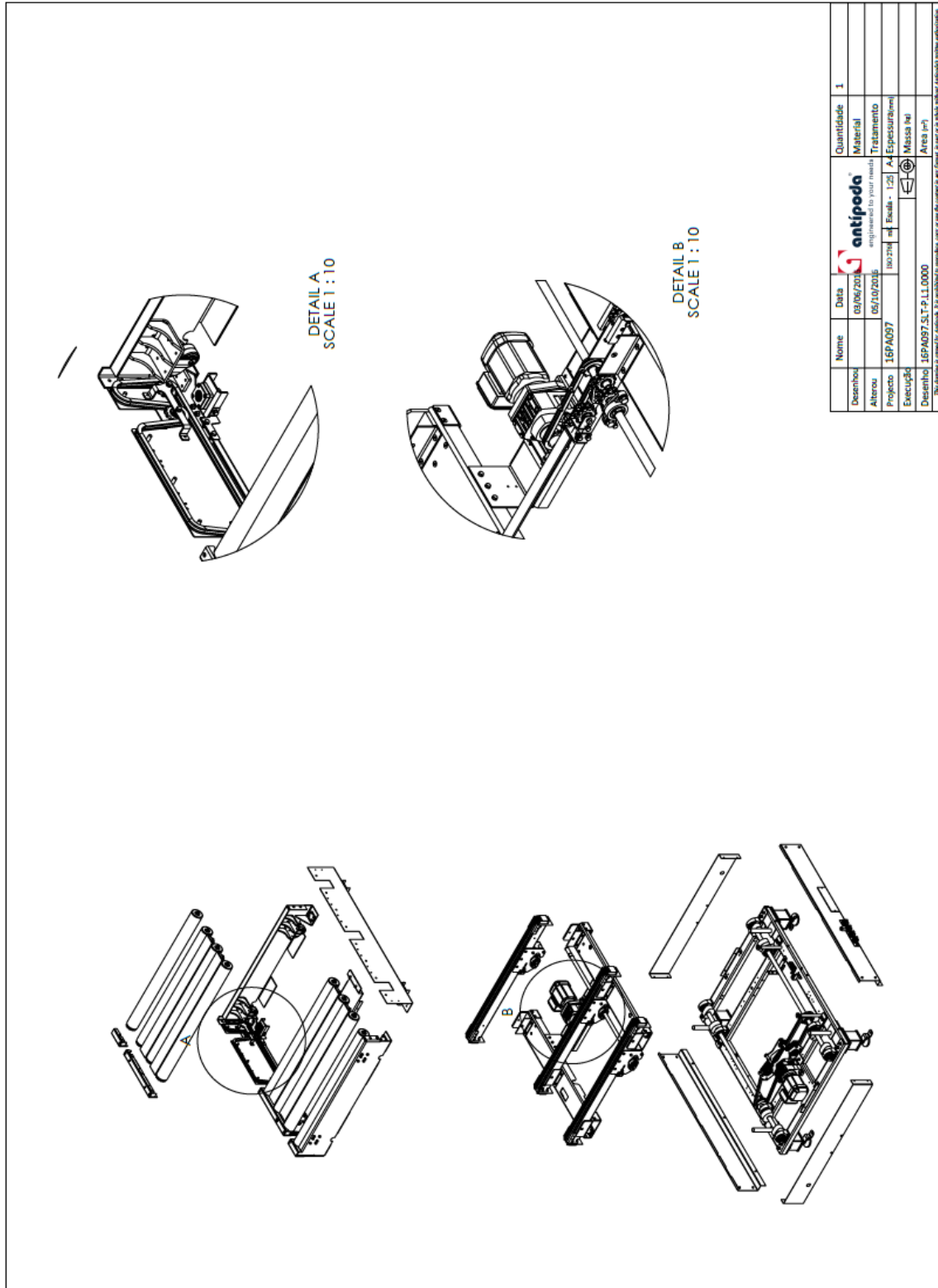
TRANSPORTADOR DE ROLOS - 16ST000.1000							
Num	Descrição	Referência	Cod.Peça	Custo	Quant.	Total	%
1	TRAMO LADO MOTRIZ		16ST000.1001	61,45 €	1	61,45 €	6%
2	TRAMO LADO NÃO MOTRIZ		16ST000.1002	48,41 €	1	48,41 €	4%
3	CHAPA TOPO		16ST000.1003	27,91 €	2	55,82 €	5%
4	CHAPA APERTO		16ST000.1009	3,33 €	4	13,32 €	1%
5	SERIE 3950, RL=1290mm, L=1326mm, CINCADO, 80mm, M12x2,0, ESPESOR 3mm, EJE 20mm, 1 piñón ZP T=5/8"; Z=15	0	STANDARD	25,00 €	8	200,00 €	18%
6	PARAF.SEXT 8,8 DIN933 M12x25	PF. ZINC 8,8 DIN933 M12x25	STANDARD	0,13 €	16	2,13 €	0%
7	ANILHA CH.PLANA DIN125 M12	AN. P. ZINC DIN125 M12	STANDARD	0,03 €	16	0,40 €	0%
8	MÓDULO RODÍZIOS- 16ST000.1200			16,09 €	4	64,37 €	6%
9	MÓDULO ESTICADOR - 16ST000.1600			31,63 €	1	31,63 €	3%
10	MÓDULO REENVIOS - 16ST000.1000		16ST000.1000	6,21 €	6	37,27 €	3%
11	MÓDULO GUIAMENTO - 16ST000.1600		16ST000.1600	78,30 €	4	313,22 €	29%
12	BLINDAGEM TOPO		16ST000.3008	12,18 €	2	24,36 €	2%
13	BLINDAGEM LATERAL		16ST000.3007	11,73 €	2	23,46 €	2%
14	PARAF.SEXT 8,8 DIN933 M 6x 12	PF. ZINC 8,8 DIN933 M 6x 12	STANDARD	0,03 €	14	0,37 €	0%
15	ANILHA MOLA ACO DIN127B M6	AN. M. ZINC DIN127B M6	STANDARD	- €	14	0,06 €	0%
16	ANILHA CH.PLANA DIN125 M6	AN. P. ZINC DIN125 M6	STANDARD	- €	14	0,07 €	0%
17	BLINDAGEM		16ST000.3010	5,45 €	12	65,40 €	6%
18	PARAF.EMBEBER SEXT INTERIOR 8,8 DIN7991 M 6x 8	PF. ZINC	STANDARD	0,02 €	12	0,24 €	0%
TOTAL MATERIAL						941,97 €	87%
17	Projeto			18,00 €	6	108,00 €	10%
18	Mão de obra			18,00 €	8	144,00 €	13%
TOTAL						1 085,97 €	100%

MÓDULO TRANSPORTADOR DE CORRENTES - 16ST2000.002

Num	Descrição	Referência	Cod.Peça	Custo	Quant.	Total	%
1	MÓDULO CORRENTE - 16ST000.2200			202,66 €	3	607,97 €	34%
2	SUORTE CORRENTES			302,53 €	2	605,07 €	34%
4	SEW R37DRS71M4		STANDARD	370,90 €	1	370,90 €	21%
TOTAL MATERIAL						1 583,94 €	89%
17	Projeto			25,20 €	4	100,80 €	6%
18	Mão de obra			25,20 €	8	201,60 €	11%
TOTAL						1 785,54 €	100%

6.13 Anexo 13

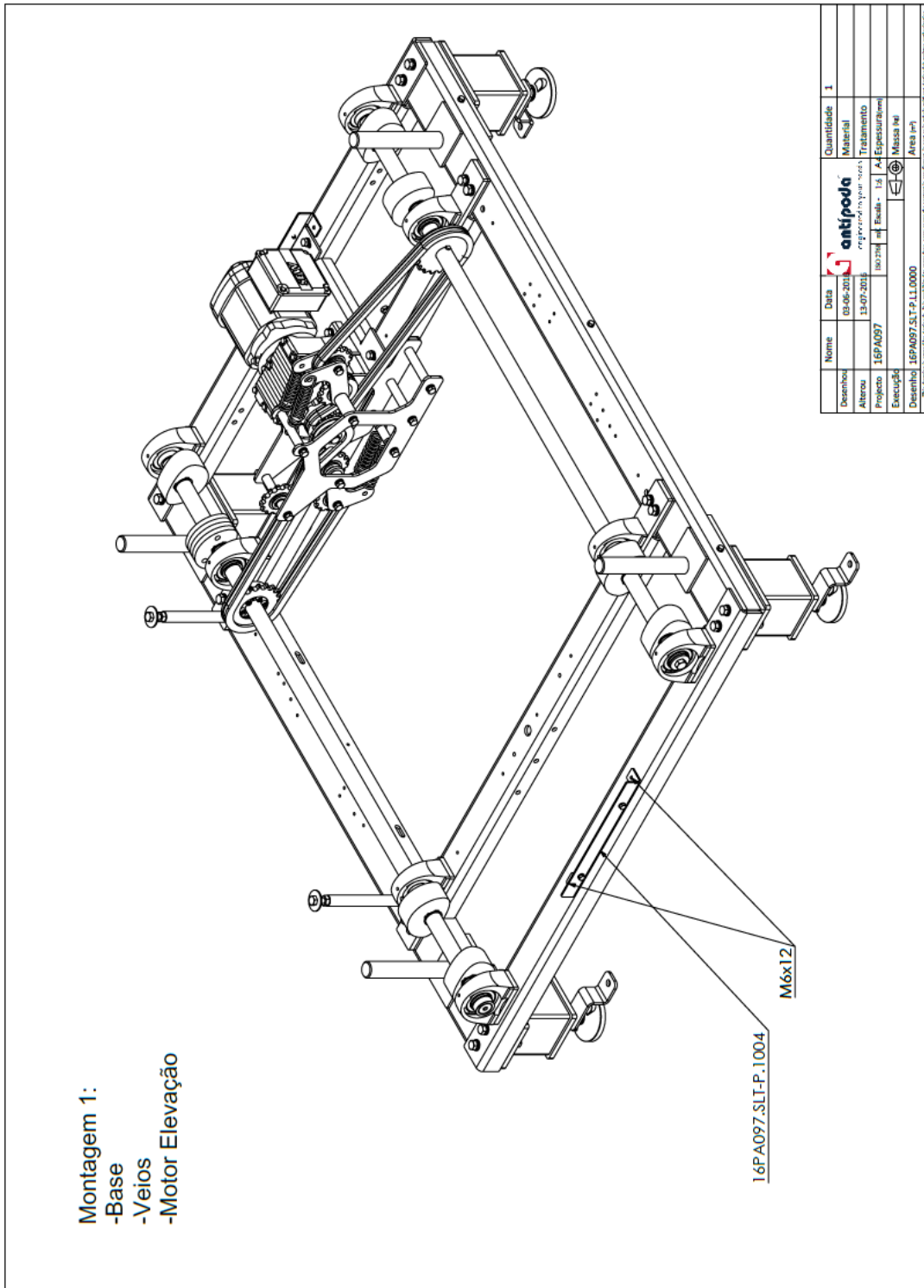
Vista explodida e esquema de montagem

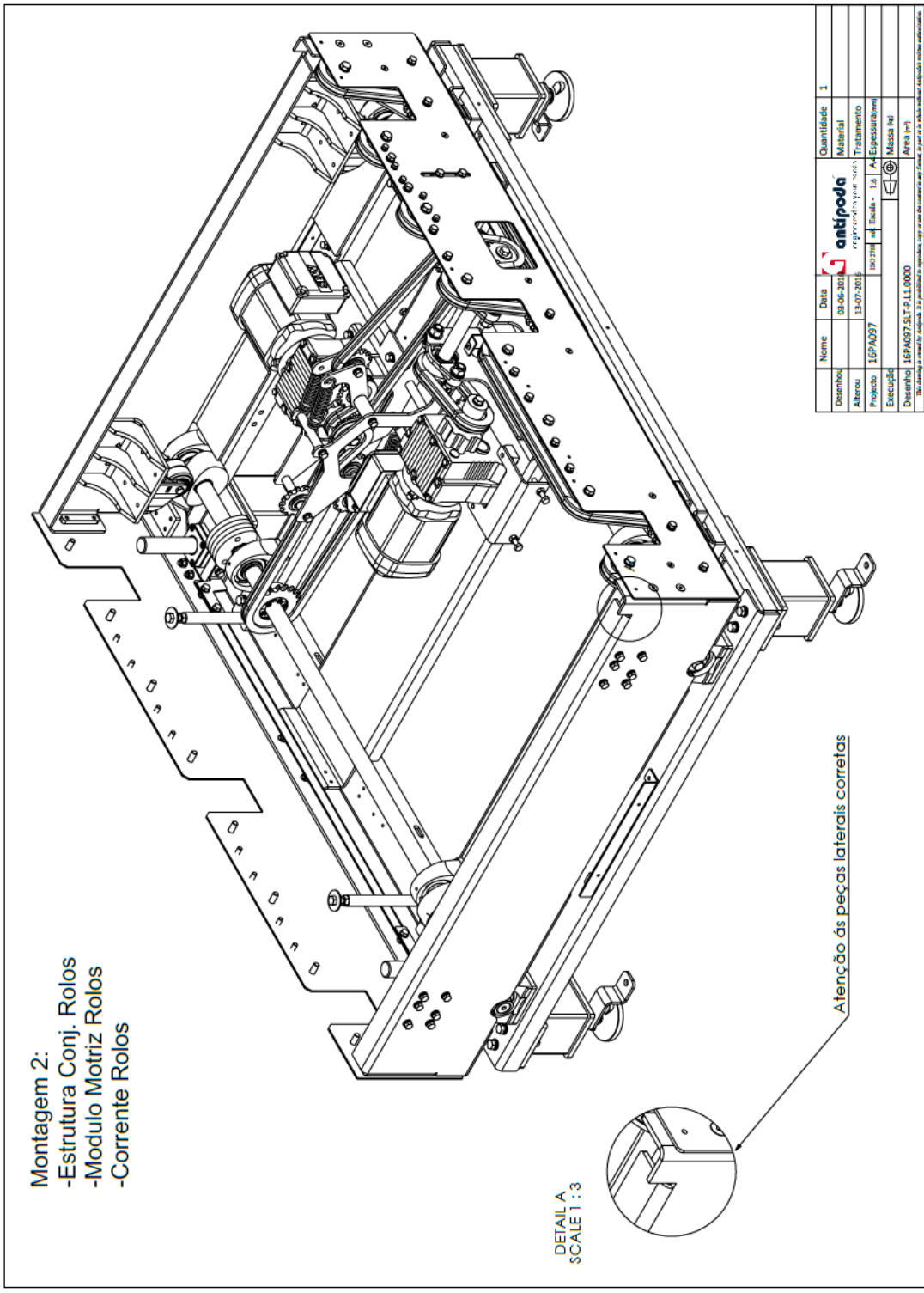


Nome	Data	Quantidade	1
Desenho	09/06/2018	Material	
Alterou	05/10/2018	Tratamento	
Projeto	16PA097	160214	Escala - 1:25
Execução			A-Espessura(m)
			Massa(kg)
			Área(m²)
Desenho	16PA097.S1.P.11.0000		


 antipeda
 Engenharia de Produto e Qualidade

Este documento é propriedade intelectual de antipeda Engenharia de Produto e Qualidade. É proibida a reprodução, total ou parcial, sem a autorização por escrito da antipeda Engenharia de Produto e Qualidade.





Montagem 2:
 -Estrutura Conj. Rolos
 -Modulo Motriz Rolos
 -Corrente Rolos

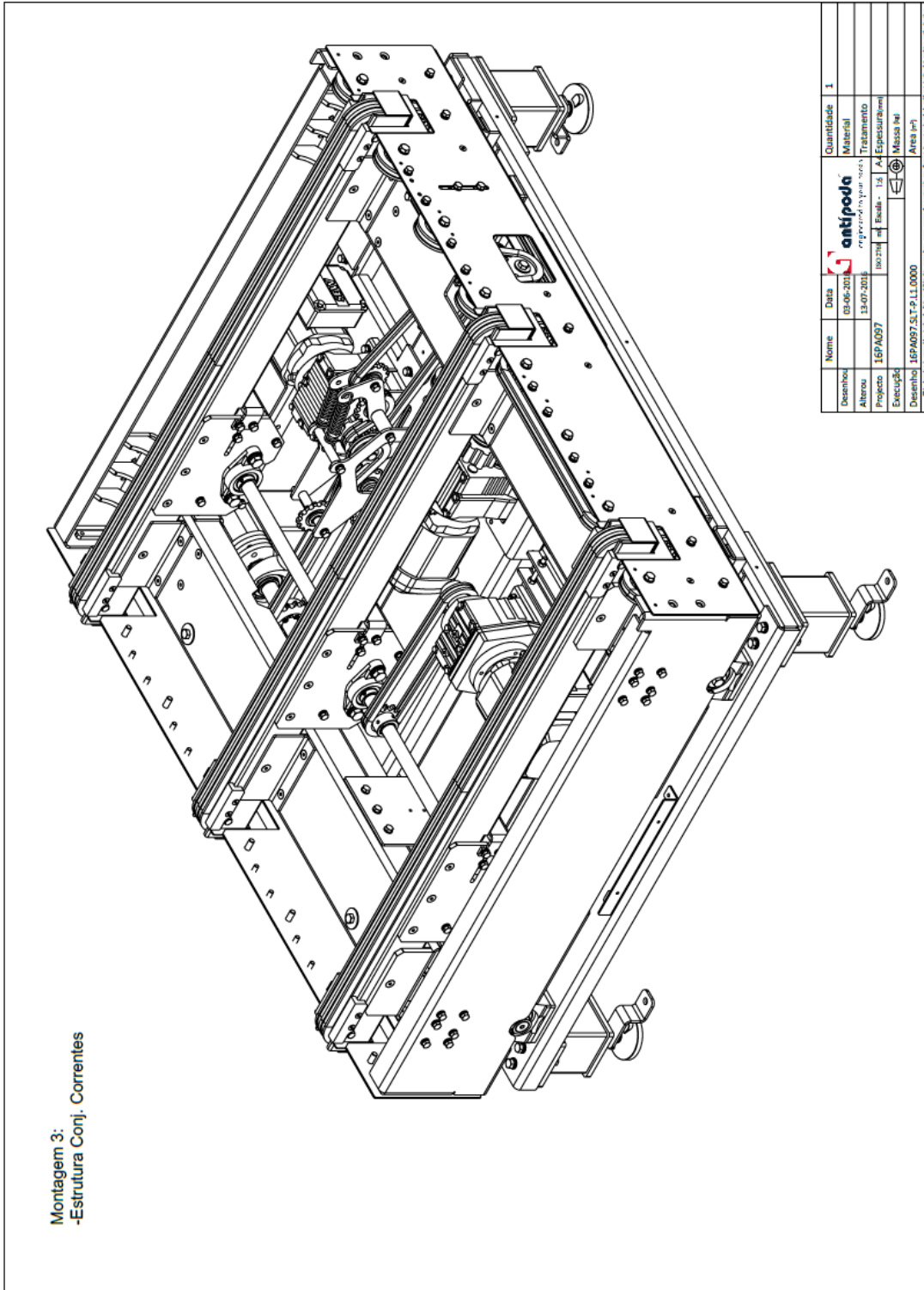
DETAIL A
 SCALE 1:3

Atenção às peças laterais corretas


Nome	Data	Quantidade	1
Desenho	05-06-2015	Material	
Alterou	13-07-2015	Tratamento	
Projeto	157A097	Escala - 1:3	A4-Expressatura
Execução		Massa 140	
Desenho	157A097_S1_P.LL.0000	Área p/1	

antipoda
 engenharia para todos
 2012/2014

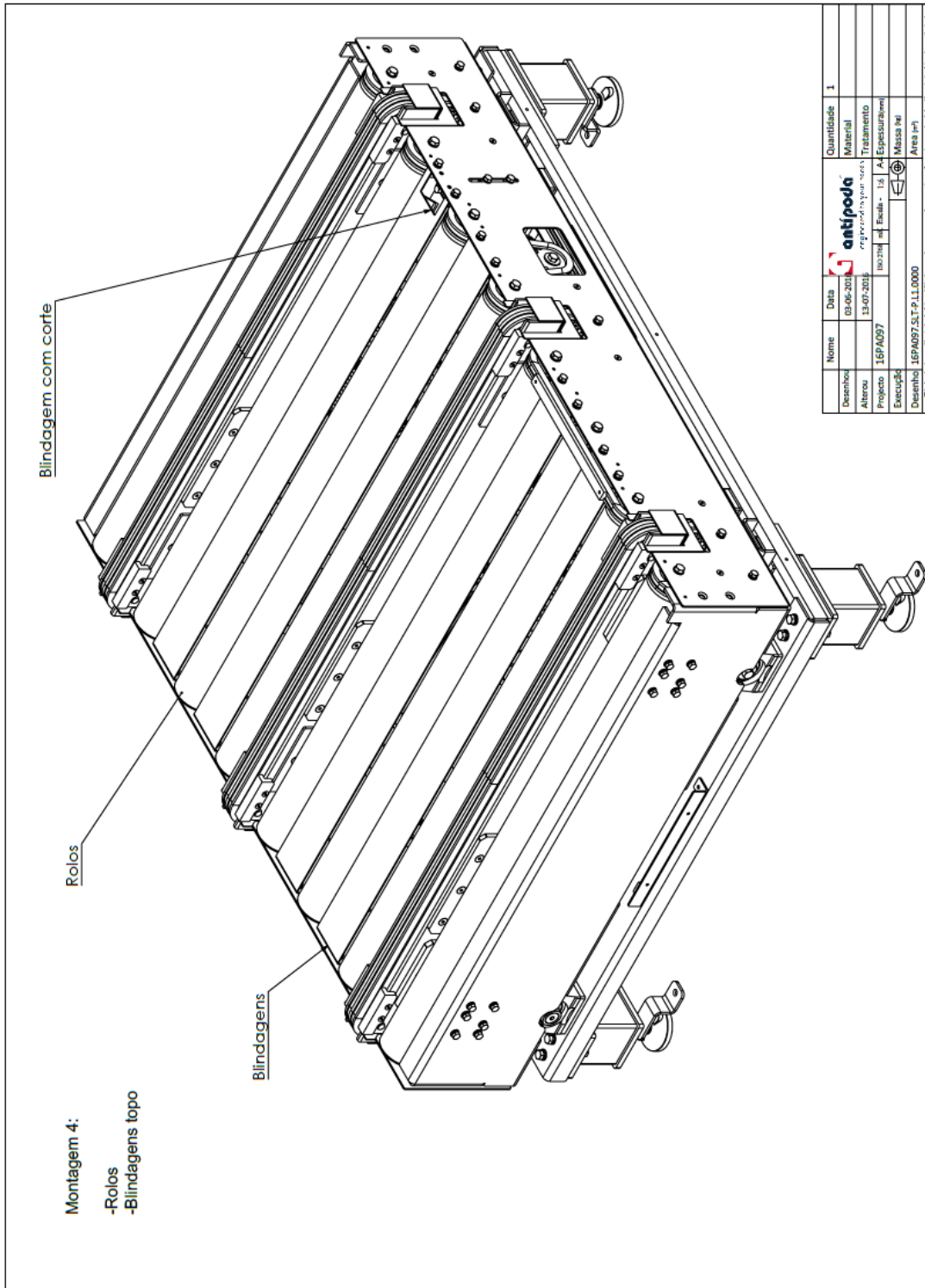
Este desenho é propriedade da antipoda. É proibido reproduzi-lo, copiá-lo ou usá-lo sem a autorização expressa da antipoda.

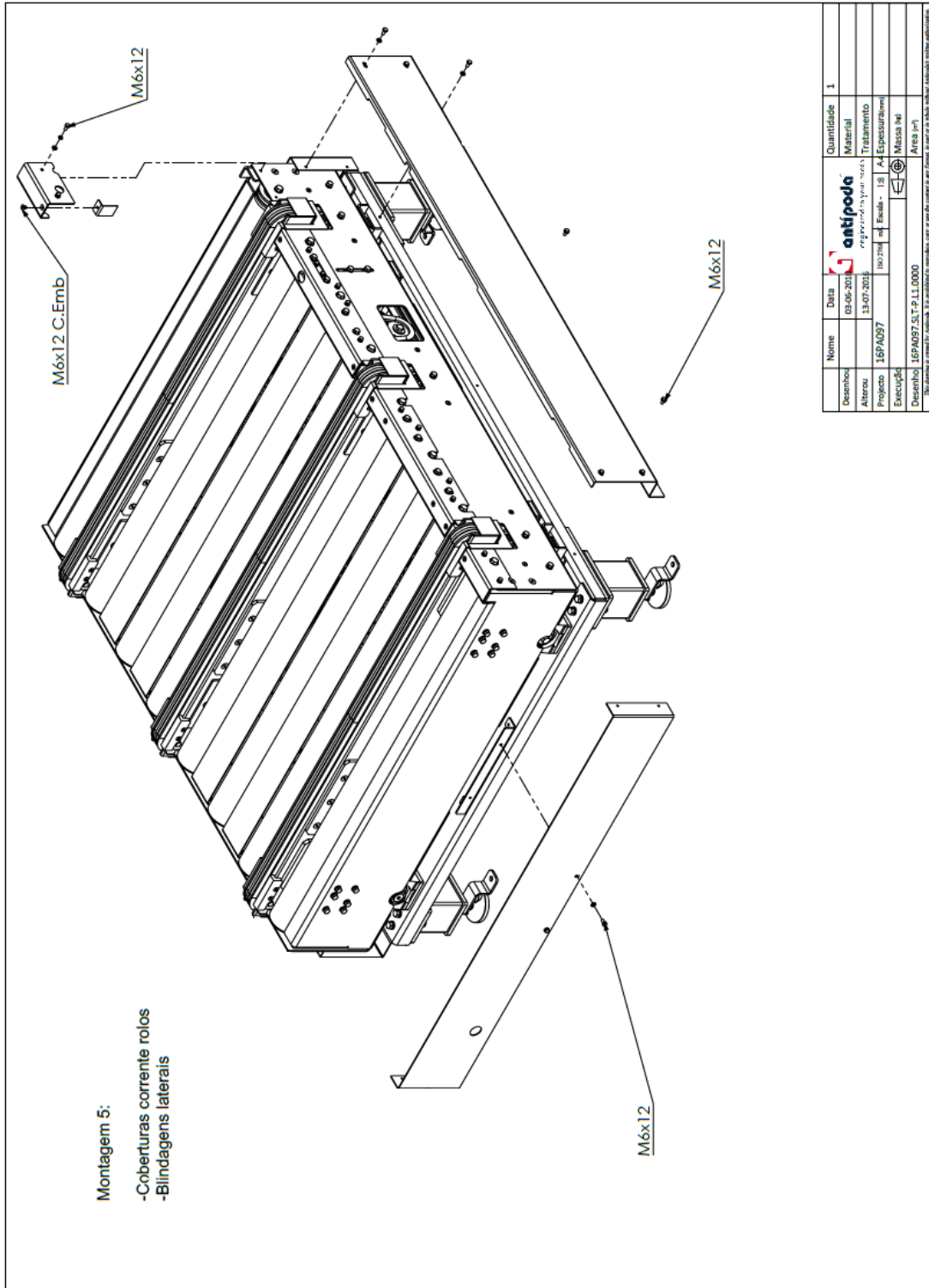


Nome	Data	Quantidade
Desenho	13/06/2018	1
Alterou	13/07/2018	Material
Projeto	16PA097	Treatamento
Execução	16/07/18	151 A4 (Espessura=1mm)
Desenho	16PA097.S.T.P.11.0000	Massa (kg)
		Area (m²)


antipoda
 Engenharia de Projectos

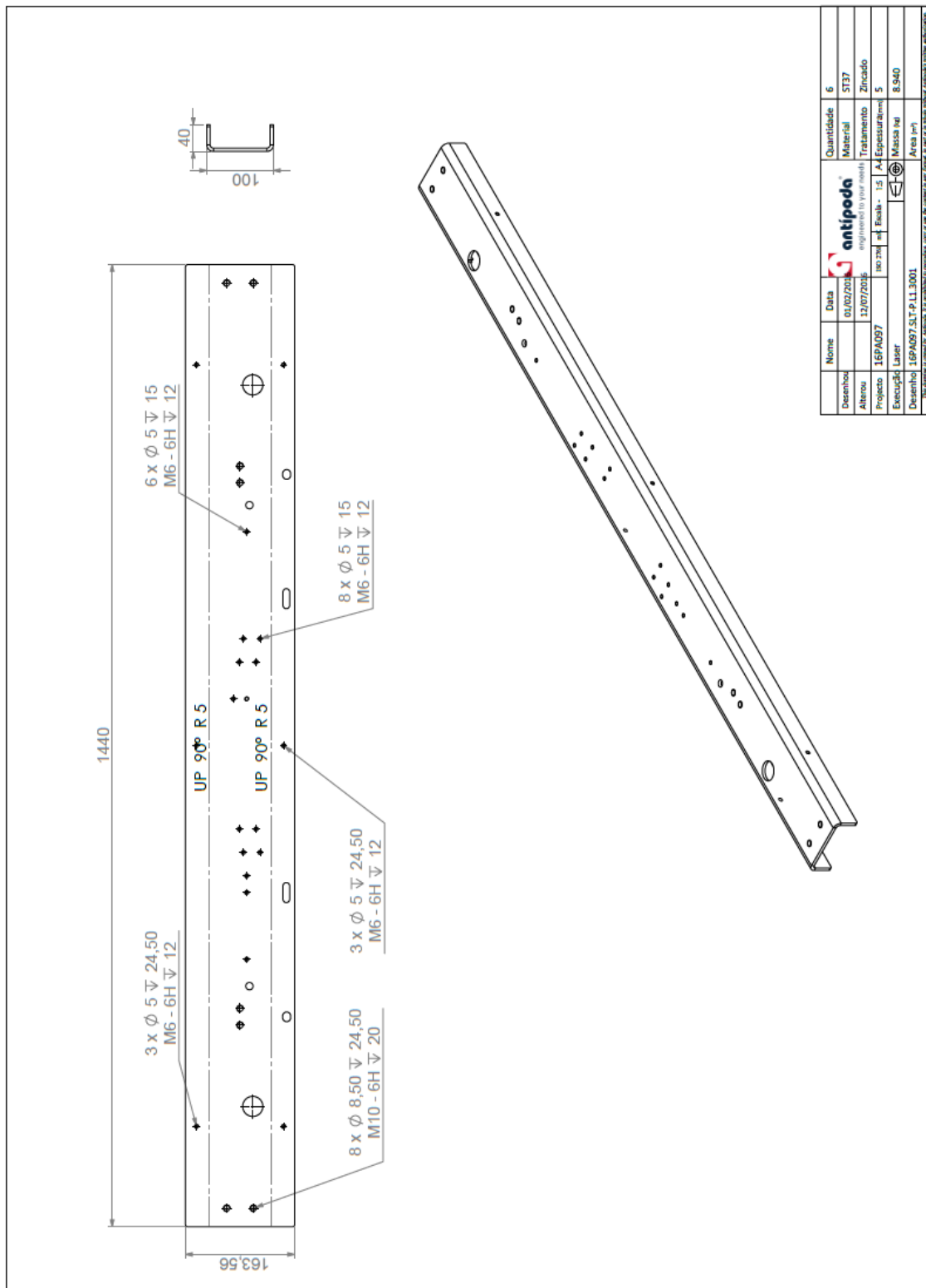
Este documento é propriedade da Antipoda Engenharia de Projectos, Lda. É proibida a reprodução, total ou parcial, sem a autorização expressa da Antipoda Engenharia de Projectos, Lda.

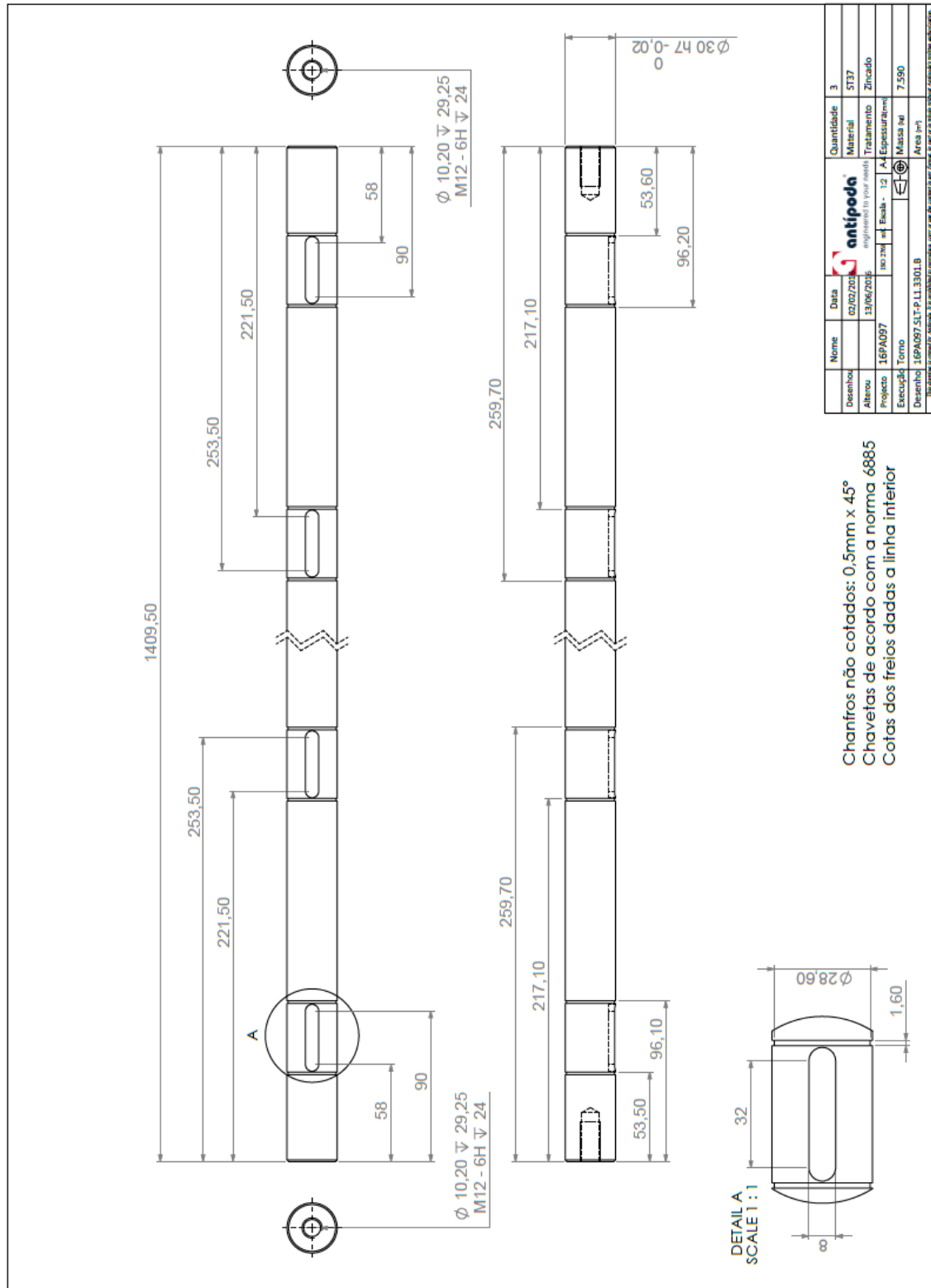




6.14 Anexo 14

Foi permitida pela Antípoda a apresentação de apenas alguns desenhos técnicos por motivos de confidencialidade industrial.



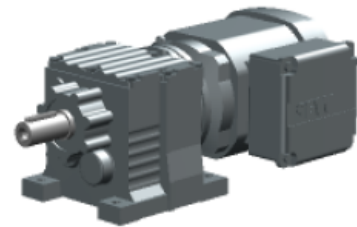


6.15 Anexo 15

Informação de produto

SEW
EURODRIVE

AC motoredutor

R27DRS71S4

Velocidade nominal do motor	[1/min] : 1380
Velocidade de saída	[1/min] : 31
Relação de Transmissão média	: 44,90
Torque saída	[Nm] : 115
Fator de serviço SEW-FB	: 1,15
Posição de montagem	: M1
Base / Revestimento superior	: 7031 Cinza Azulado (20070310)
Posição da caixa de terminais	[°] : 0
Posição da entrada de cabos/conector	: X
Eixo de saída	[mm] : 25x50
Carga radial máxima permitida para n=1400	[N] : 3620
Quantidade de lubrificante Redutor 1	[Litro] : 0,25
Potência do motor	[kW] : 0,37
Fator de duração	: S1-100%
Classe de eficiência	: IE1
Eficiência(50/75/100% Pn)	[%] : 59,1 / 65,3 / 66,6
Certificado CE	: Sim
Tensão do motor	[V] : 230/400
Esquema de ligações	: R13
Frequência	[Hz] : 50
Corrente nominal	[A] : 1,98 / 1,14
Cos Phi	: 0,70
Classe de temperatura	: 155(F)
Tipo de protecção	: IP55
Requer Design	: IEC
Peso Líquido	[Kg] : 12

Funções Adicionais e Opções:

Classe de Temperatura 155(F)

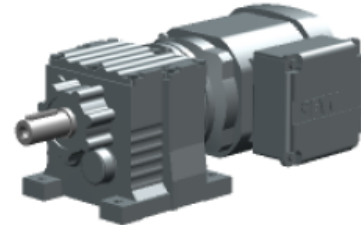
Grau de protecção IP 55

Informação de produto

SEW
EURODRIVE

AC motoredutor

R27DRS71S4



Velocidade nominal do motor	[1/min] : 1380
Velocidade de saída	[1/min] : 35
Relação de Transmissão média	: 39,25
Torque saída	[Nm] : 101
Fator de serviço SEW-FB	: 1,30
Posição de montagem	: M1
Base / Revestimento superior	: 7031 Cinza Azulado (20070310)
Posição da caixa de terminais	[°] : 0
Posição da entrada de cabos/conector	: X
Eixo de saída	[mm] : 25x50
Carga radial máxima permitida para n=1400	[N] : 3510
Quantidade de lubrificante Redutor 1	[Litro] : 0,25
Potência do motor	[kW] : 0,37
Fator de duração	: S1-100%
Classe de eficiência	: IE1
Eficiência(50/75/100% Pn)	[%] : 59,1 / 65,3 / 66,6
Certificado CE	: Sim
Tensão do motor	[V] : 230/400
Esquema de ligações	: R13
Frequência	[Hz] : 50
Corrente nominal	[A] : 1,98 / 1,14
Cos Phi	: 0,70
Classe de temperatura	: 155(F)
Tipo de protecção	: IP55
Requer Design	: IEC
Peso Líquido	[Kg] : 12

Funções Adicionais e Opções:

Classe de Temperatura 155(F)
Grau de protecção IP 55

Informação de produto



Designação de catálogo

R37DRS71M4

Dados do produto

Velocidade nominal do motor	[1/min] : 1360
Velocidade de saída	[1/min] : 47
Relação de Transmissão média	: 28,73
Torque saída	[Nm] : 110
Fator de serviço SEW-FB	: 1,80
Posição de montagem	: M1
Base / Revestimento superior	: 7031 Cinza Azulado (20070310)
Posição da caixa de terminais	[°] : 180
Posição da entrada de cabos/conector	: X
Eixo de saída	[mm] : 25x50
Carga radial máxima permitida para n=1400	[N] : 4700
Quantidade de lubrificante Redutor 1	[Litro] : 0,3
Potência do motor	[kW] : 0,55
Fator de duração	: S1-100%
Classe de eficiência	: IE1
Eficiência(50/75/100% Pn)	[%] : 69,1 / 71,9 / 70,6
Certificado CE	: Sim
Tensão do motor	[V] : 230/400
Esquema de ligações	: R13
Frequência	[Hz] : 50
Corrente nominal	[A] : 2,7 / 1,55
Cos Phi	: 0,72
Classe de temperatura	: 155(F)
Tipo de protecção	: IP55
Requer Design	: IEC
Peso Líquido	[Kg] : 19



Funções Adicionais

Eixo de saída: 25x50 mm
 Classe de Temperatura 155(F)
 Grau de protecção IP 55

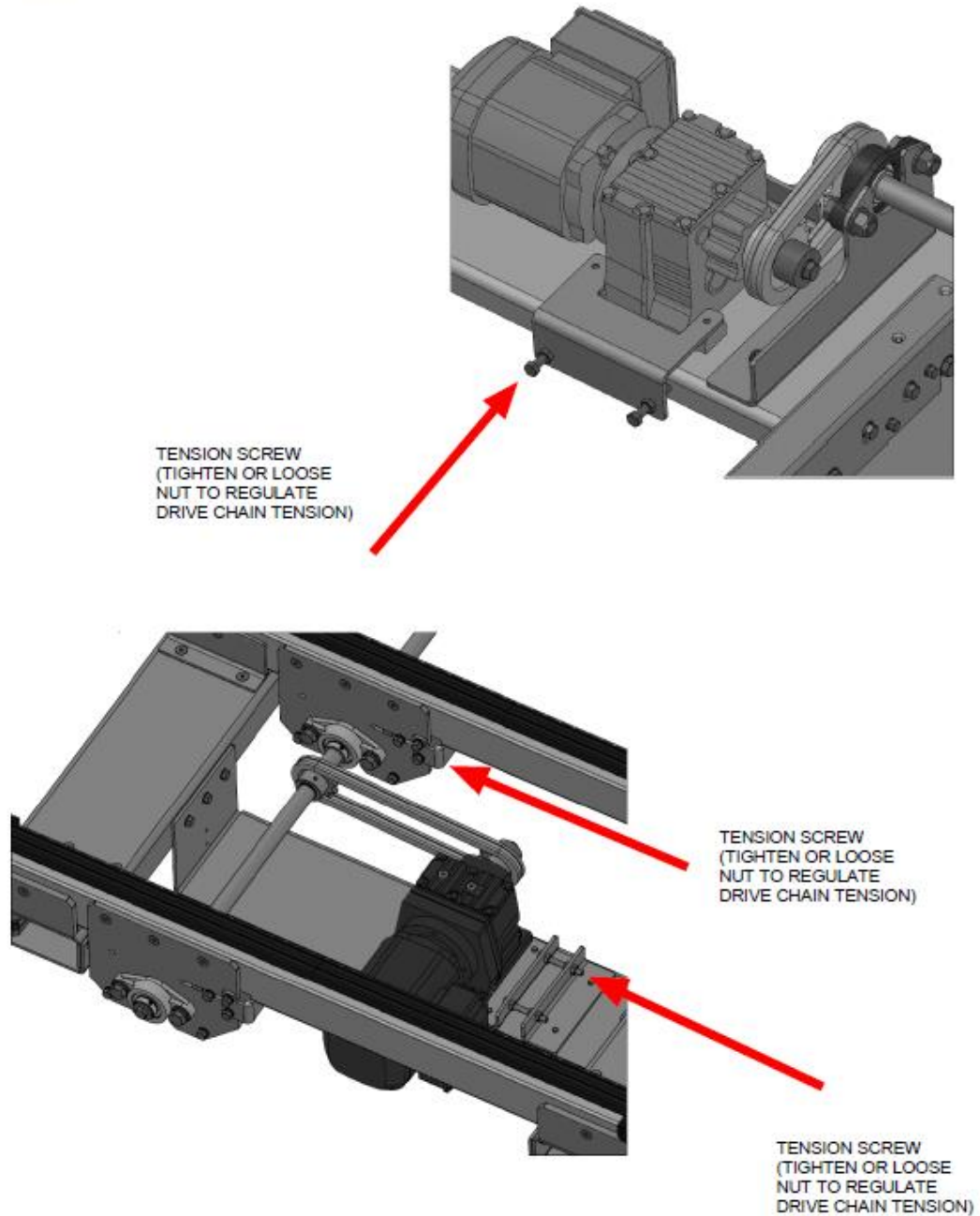
6.16 Anexo 16

Foi permitida pela Antípoda a apresentação de apenas uma parte do manual da máquina por motivos de confidencialidade industrial.




3.3 General characteristics

Type	Single Level Pallet Transfer
Brand	Antípoda
Model	SLT-P.L1 L1440 CW1285 H600
Serial Number	2016PA097 / SLT-P.L1
Weight [kg]	500
Acoustic Pressure (dB)	< 70 dB(A)
Nominal Pressure (Bar)	-
Voltage (v)	460
Phases	3
Frequency	60 Hz
Drive medium (roller drive medium)	SEW R37 DRS71S4 Intensity = 1.19 A I=36.72 (46)RPM Motor Power = 0.55 kW
	SEW R27 DRS71S4 Intensity = 0.88 A I=48.17 (35)RPM Motor Power = 0.37 kW
	SEW R27 DRS71S4 Intensity = 0.88 A I=55.87 (30)RPM Motor Power = 0.37 kW
Length L [mm]	1440
Work width RL [mm]	1164
Chain width CW [mm]	1285
Total width TW [mm]	1312
Conveying height H [mm]	600
Height adjustment [mm]	+30/-30
Conveying speed [m/min]	9
Conveyor capacity [kg]	1000



7.4. Troubleshooting

	WARNING!
	<p>- In the event of equipment malfunction</p> <ul style="list-style-type: none"> - Stop the machine immediately, and ensure that it cannot be activated accidentally - Remove the product to be transported or components that obstruct maintenance - Ensure that no one can accidentally injure with the equipment start-up - Remove and properly treat any type of oil or grease

The following Table presents with possible solution for the most common problems that may occur during operation:

Symptom	Cause	Action
Roller not moving or chain not driving	Insufficient chain tension	Increase tension
	Drive sprocket damaged	Change roller
	Excessive chain tension	Decrease chain tension
	Chain running out of track	Decrease chain tension and readjust chain position / Replace sliding track if it shows signs of excessive wear
Noises	Bearing damaged	Change bearing
	Chain / Sprocket not lubricated	Lubricate the chain
	Rotating parts stuck	Release jammed parts and inspect cause
	Accumulated debris between moving parts	Clean Area
Conveyor doesn't start	Gear Motor damaged	Inspect gear motor
	Electrical connection	Inspect power supply
Gear Motor overheats (if supplied)	Excessive load on the conveyor	See conveyor capacity / Adjust load
	Rotating parts stuck	Release jammed parts and inspect cause
	Excessive power consumption	Verify electrical installation
	Short-circuit	Verify electrical installation
	Defective unit	Replace gear-motor