



Desenvolvimento de sistema de apoio dinâmico da chapa no corte em guilhotina

LUÍS MANUEL BARBOSA DE ARAÚJO

Novembro de 2014



Instituto Superior de Engenharia do Porto

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

**Desenvolvimento de sistema de apoio dinâmico
da chapa no corte em guilhotina
(Confidencial)**

Luís Manuel Barbosa de Araújo



Instituto Superior de Engenharia do Porto

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

**Desenvolvimento de sistema de apoio dinâmico
da chapa no corte em guilhotina**
(Confidencial)

Luís Manuel Barbosa de Araújo

1110069

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 ISEP e co-orientação do Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho, Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Mecânica do ISEP.

Júri

Presidente	Doutor Fernando José Ferreira <i>Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto</i>
Orientador	Doutor Francisco José Gomes da Silva <i>Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto</i>
Co - Orientador	Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho <i>Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto</i>
Vogal	Doutor Venceslau Manuel Magalhães Correia <i>Professor Adjunto, Escola Superior de Estudos Industriais e de Gestão</i>

Agradecimentos

Apesar de esta dissertação ser fundamentalmente um trabalho individual, há contributos de natureza diversa que não podem, nem devem, deixar de ser realçados. Por essa razão, desejo expressar o meu reconhecimento e vigoroso agradecimento às seguintes individualidades e instituições:

Começo por agradecer ao Professor Doutor Francisco Gomes da Silva, meu orientador, pela oportunidade que me concedeu ao atribuir este enorme desafio. O seu apoio técnico e conhecimento foram sem dúvida uma ajuda enorme. A capacidade de escuta e partilha de ideias permitiram caminhar um percurso com sucesso ao encontro da resolução do problema proposto.

Ao Professor Doutor Raul Salgueiral Campilho, meu co-orientador pela simpatia e partilha de todo o seu conhecimento.

É de enaltecer toda a disponibilidade quer do meu orientador quer do co-orientador que, de uma forma simpática, me permitiram conciliar o trabalho académico com a minha vida profissional.

À Filipa Silva, pelo seu apoio e ajuda especial durante a minha vida académica, sendo que todo o seu incentivo e força foram a base para a minha prestação durante a vida de trabalhador-estudante.

Ao ISEP, como instituição, pelo grupo de docentes que com enorme gosto partilhou todo o seu conhecimento.

Aos meus ex-colegas dos Estaleiros Navais de Viana do Castelo e recentes colegas da National Oilwell Varco por participarem em alguns *brainstormings* onde, por vezes, uma pequena troca de ideias era o suficiente para dar mais um passo.

Às amigadas criadas no Ensino Superior que me permitiu unir forças e superar todos os desafios propostos. A todos eles agradeço a amizade e compreensão, desejando boa sorte para as suas vidas futuras.

Mais uma vez, a todos os meus sinceros agradecimentos.

Resumo

Guilhotinas são máquinas robustas, de corte rectilíneo, normalmente associadas a equipamentos de baixo custo, devido à pequena quantidade de dispositivos tecnológicos incorporados.

No entanto, esta situação pode ser alterada através da criatividade dos projetistas deste tipo de equipamento. Analisando algumas operações específicas, pode-se observar que algumas ferramentas, quando associadas ao equipamento, podem aumentar substancialmente a produtividade do processo de corte e a qualidade do produto final.

Em relação ao processo de corte de chapas finas de metal, pode-se observar que na fase final de corte, o peso do material a cortar é suspenso por uma pequena porção de material que ainda não foi sujeita ao corte. Este facto leva a uma deformação plástica nesta última zona, causando problemas de qualidade no produto final, que não ficará completamente plano.

Este trabalho foi desenvolvido em torno deste problema, estudando a melhor solução para desenvolver uma nova ferramenta, capaz de evitar a falta de nivelamento da placa, após corte.

Um novo equipamento foi concebido, capaz de ser facilmente incorporado na guilhotina, permitindo o acompanhamento da inclinação da lâmina durante a operação de corte. O sistema é totalmente automatizado, sendo operado por uma única instrução de corte dada pelo operador da máquina.

Este sistema permite à empresa fabricante aumentar o valor agregado de cada máquina, oferecendo aos clientes soluções avançadas, contribuindo desta forma para a sustentabilidade do negócio da empresa.

Palavras-chave

Corte de chapa metálica, Corte em guilhotina, Guilhotina, Deformações no corte da chapa.

Abstract

Metal shear machines are heavy cutting machinery usually associated to low cost equipment due to the small amount of incorporated technological devices. However, this situation can be changed through the creativity of the designers of this kind of equipment. Analysing some specific operations it can be observed that some add-ins, when aggregated to the equipment, should substantially increase the cut process productivity and the final product quality. Regarding the shear process of thin metal plates, it can be observed that in the final stage of the cut, the cut material weight is suspended by a small portion of material that is about to cut. This fact leads to the plastic straining of the strip tip, causing lesser quality of the final product, which won't be fully plan.

This work was developed around this problem, studying the best solution to develop a new tool able to avoid the lack of flatness of the plate after cut.

A new equipment was designed, able to be easily connected to the shear machine and allowing to follow the blade slope during the cut operation.

The system is fully-automated, being operated by a single instruction given by the machine operator. This system allows the manufacturing company to increase the added-value of each machine, offering to the customers advanced and desirable solutions, contributing by this way to the business sustainability of the company.

Keywords

Sheet metal cutting, Sheet metal shearing, Metal shears, Sheet deformation in the cutting process.

Lista de Símbolos e Abreviaturas

CNC	<i>Computer numeric control</i> (Comando numérico computadorizado)
F_{est}	Força estacionária de corte
FRL	Filtro, Regulador e Lubrificador
MEF	Método de Elementos Finitos

Glossário de Termos

Camber – Arco

Detail – Detalhe

Timings – Espaço de tempo

Touch - Proveniente de *Touchscreen*, ou seja, ecrã tátil

Índice de Figuras

Figura 1 - Vítima executada durante a revolução francesa pelo método de guilhotina (Crimelibrary, 2014)	5
Figura 2 – Mecanismo de corte em guilhotina (Votano <i>et al.</i> , 1993)	6
Figura 3 – Principais componentes de uma guilhotina (Adaptado de Wisselink, 2000)	7
Figura 4 – Principais componentes de uma guilhotina mecânica (Pacheco, 1992)	8
Figura 5 – Principais componentes de uma guilhotina hidráulica – Parte frontal (Dafumt, 2014).....	10
Figura 6 - Principais componentes de uma guilhotina hidráulica – Parte traseira (Dafumt, 2014)	11
Figura 7 – Corte paralelo (Adaptado de Marshall, 2011)	12
Figura 8 - Evolução do corte oscilante (Pacheco, 1992)	13
Figura 9 – Ângulo de corte (Pacheco, 1992).....	14
Figura 10 – Curvas esquemáticas do corte ortogonal e corte em guilhotina (Wisselink, 2000).....	14
Figura 11 – Influência da folga entre lâminas (Adaptado de Pacheco, 1992)	15
Figura 12 – Principais defeitos no corte por guilhotina (Adaptado de Bluescope Stell, 2003).....	16
Figura 13 - Vista de frente da chapa com defeito “Flecha” (Accurpress, 2008)	16
Figura 14 – Vista perpendicular da chapa com defeito “Torção” (Accurpress, 2008)	17
Figura 15 – Vista superior de chapa cortada com defeito denominado “Arco” (Accurpress, 2008)	17
Figura 16 – Painel de controlo do fabricante Durma (Durma, 2007)	19
Figura 17 – Sistema ajuste da folga da lâmina: Manual (esquerda) (Durma, 2007); Automático (direita) (Newton, 2014).....	20
Figura 18 – Sistema de apoio da lâmina nas guilhotinas do fabricante RICO.....	20
Figura 19 – Sistema de medição da chapa do fabricante HACO (Haco, 2014)	21
Figura 20 – Erro de medição de chapa fina (Pacheco, 1992)	21
Figura 21 – DURMA 1 – Suporte de auxílio à medição de chapa fina (Durma, 2007).....	22
Figura 22 – Sistema de auxílio de medição de chapa fina do fabricante Ermaksan (Ermaksan, 2014).....	22
Figura 23 - DURMA 2: Sistema de apoio da chapa para a medição (Durma, 2007).....	23
Figura 24 – Sistema de apoio de chapa fina do fabricante Ermaksan (Ermaksan, 2014).....	23
Figura 25 - Representação do sistema anti-torção da GASPARINI (Gasparini Technologies, 2008)	24

Figura 26 – Vista traseira da guilhotina da marca GASPARINI (Gasparini Technologies, 2008)	25
Figura 27 – Comparação da utilização ou não do sistema anti torção (Ermaksan, 2014).....	25
Figura 28 – Sistema de extração frontal da chapa do fabricante RICO (RICO, 2013).....	26
Figura 29 – Botão de emergência posicionado no painel de controlo (ADIRA, 2014)	26
Figura 30 – Barreiras traseiras protetoras com feixe laser (ADIRA, 2014)	27
Figura 31 – Barreiras monitorizadas: frontal (esquerda); lateral (direita) (Newton, 2014)	28
Figura 32 – Unidade FRL (Turcato, 1997).....	31
Figura 33 – Composição de um cilindro linear de duplo efeito.....	32
Figura 34 – Atuador rotativo (Parker, 2008)	33
Figura 35 – Acionamento manual (esquerda); acionamento elétrico (direita) (Niederauer, 1997)	34
Figura 36 – Válvula acionada através de rolete (Parker, 2008).....	34
Figura 37 - Diagrama de fluxo de uma análise de MEF (Campilho, 2012).....	36
Figura 38 - Representação do corte em guilhotina e concentração de tensões na porção de chapa por cortar	39
Figura 39 – Duas perspetivas dos defeitos em causa	40
Figura 40 - Cilindro de membrana (Festo, 2013).....	41
Figura 41 – Opção A – Posição “Superior”	42
Figura 42 – Opção A – Posição “Intermédia”	43
Figura 43 – Opção A – Posição “Repouso”	43
Figura 44 – Opção A – Apenas um cilindro em cada extremidade.	44
Figura 45 – Opção B – Posição “Superior” e acessório para os pontos de fixação	45
Figura 46 – Opção B – Posição “Intermédia”	45
Figura 47 – Opção B – Posição “Repouso”	46
Figura 48 – Opção C - suporte mecânico individual em formato de tesoura.....	47
Figura 49 – Opção C – Posição “Superior”	47
Figura 50 – Opção C – Posição “Intermédia”	48
Figura 51 – Opção C – Posição “Repouso”	48
Figura 52 – Opção D – Posição “Superior”	49
Figura 53 – Opção D – Posição “Intermédia”	50
Figura 54 – Opção D – Posição de “Repouso”	50
Figura 55 – Opção E – Posição “Superior”(esquerda) e de “Repouso / Descarga” (direita).....	51

Figura 56 – Opção F – Posição “Superior”	52
Figura 57 – Opção F – Posição “intermédia” (esquerda) e “Repouso” (direita)	52
Figura 58 – Vista em perspetiva da versão preliminar.....	53
Figura 59 – Representação dos principais componentes da versão inicial	54
Figura 60 – Vista do sistema na posição superior	55
Figura 61 – Vista do sistema na posição intermédia: início do corte - esquerda e fase final do corte - direita.....	56
Figura 62 - Sistema na posição "descarga da chapa"	56
Figura 63 - Sistema na posição repouso	57
Figura 64 – Distribuição dos tubos da plataforma de acordo com as aberturas do esbarro representado a amarelo	58
Figura 65 – Diversos componentes da versão final da plataforma.....	58
Figura 66 – Vistas ortogonais da versão inicial da plataforma	59
Figura 67 – Vistas ortogonais da versão final da plataforma	60
Figura 68 – Pormenor relativo à fixação das chapas amovíveis da plataforma.....	60
Figura 69 – Representação dos movimentos possíveis da plataforma na vista frontal	61
Figura 70 – Representação dos movimentos possíveis da plataforma na vista lateral.....	62
Figura 71 – Vista de baixo da máquina em cima e vista ampliada do sistema inicial do guiamento em baixo.....	63
Figura 72 – Colisão entre a chapa cortada e a guia dos rolamentos	64
Figura 73 – Guia central com varão retangular e uma rótula	65
Figura 74 – Versão final da guia	66
Figura 75 – Cilindro servo pneumático DNCI/DDPC do fabricante FESTO (Festo, 2014)	67
Figura 76 – Montagem de dois cilindros com o <i>Kit</i> multi-posições e posições do conjunto (Festo, 2013)	68
Figura 77 – Cilindros convencionais DNC (Festo, 2002).....	68
Figura 78 – Cilindro compacto do fabricante Festo (Festo, 2014)	69
Figura 79 – Dimensões gerais - Cilindros convencionais DNC (Festo, 2002)	69
Figura 80 – Dimensões gerais - Cilindro compacto ADN (Festo, 2014)	70
Figura 81 – Posicionamento dos cilindros servo pneumáticos.....	71
Figura 82 – Posicionamento dos cilindros convencionais	71
Figura 83 – Suporte dos cilindros	72

Figura 84 – Representação dos três apoios longitudinais para suporte da plataforma em repouso (setas a vermelho).....	73
Figura 85 - Apoios longitudinais: esquerda – versão inicial; direita – versão final	74
Figura 86 – Representação dos parâmetros inseridos para o estudo.....	75
Figura 87- Superior	77
Figura 88 - Intermédia	77
Figura 89 – Descarga da chapa.....	77
Figura 90 – Identificação dos elementos a otimizar	79
Figura 91 – Identificação dos pontos na estrutura a analisar	80
Figura 92 – Detalhe dos elementos a otimizar	80
Figura 93 - Representação dos pontos a analisar (detail D e figura) e otimizar (detail B)	82
Figura 94 – Vista em perspetiva do modelo em Multiframe (esquerda) e o modelo em SolidWorks® (direita).....	84
Figura 95 – Vista lateral do modelo em Multiframe (esquerda) e o modelo em SolidWorks® (direita)	84
Figura 96 – Representação das condições fronteira.....	85
Figura 97 – Representação das forças presentes na plataforma e respetivas áreas de influência.....	86
Figura 98 – Representação das forças aplicadas	87
Figura 99 – Momento (M_{0z}) aplicado no carrinho da guia em kN.m	87
Figura 100 – Montagem de duas guias em paralelo (NB-Linear, 2014)	88
Figura 101 – Tabela de capacidade das guias lineares (NBS, 2006).....	89
Figura 102 – Valores finais do deslocamento da plataforma na posição “Superior”	90
Figura 103 – Valores finais do coeficiente de segurança da plataforma na posição “Superior”	90
Figura 104 – Deslocamento da plataforma na posição “Repouso”	91
Figura 105 – Coeficiente de segurança da plataforma na posição “Repouso”	92
Figura 106 – Deslocamento da plataforma na posição “Repouso” com os dois suportes	93
Figura 107 - Coeficiente de segurança da plataforma na posição “Repouso” sem o perfil IPE.....	93
Figura 108 – Identificação dos cilindros.....	97
Figura 109 – Seleção dos cilindros convencionais (Festo, 2002)	100
Figura 110 – Dimensões gerais dos cilindros DNC (Festo, 2002)	100
Figura 111 - Seleção da rótula esférica para a haste do cilindro – SGS - 20 (Festo, 2013).....	101
Figura 112 – Seleção do acessório de ligação das rótulas à máquina e à plataforma – LBG – 80 (Festo, 2013).....	102

Figura 113 – Seleção do acessório DPNC – 80 (Festo, 2013).....	102
Figura 114 – Cilindros convencionais - Conjunto final.....	103
Figura 115 – Cilindros convencionais - Posição A – “Descarga” (dimensões em mm).....	104
Figura 116 – Cilindros convencionais - Posição A – “Superior” (dimensões em mm).....	104
Figura 117 – Cilindros convencionais - Posição A – “Intermédia” (dimensões em mm).....	105
Figura 118 – Inclinação dos cilindros convencionais para respeitar o valor máximo de x	106
Figura 119 – Cilindros convencionais – Posição B – “Descarga”	106
Figura 120 – Cilindros convencionais - Posição B – Superior	107
Figura 121 – Cilindros convencionais - Posição B – “Intermédia”	108
Figura 122 – Seleção do cilindro servo pneumático CP95P (SMC, 2014).....	109
Figura 123 – Dimensões gerais do cilindro CP95P (SMC, 2014)	110
Figura 124 - Seleção da rótula esférica para a haste do êmbolo (SMC, 2014)	110
Figura 125 - Acessório de fixação à máquina	111
Figura 126 – Fixação traseira para o cilindro (SMC, 2014).....	111
Figura 127 - Cilindros servo- pneumáticos - Conjunto final.....	111
Figura 128 - Cilindros servo-pneumáticos - Posição A – “Descarga” (dimensões em mm).....	112
Figura 129 - Cilindros servo-pneumáticos - Posição A – “Superior” (dimensões em mm).....	113
Figura 130 - Cilindros servo pneumático - Posição B – “Descarga” (dimensões em mm).....	114
Figura 131 - Cilindros Servo Pneumático - Posição B – “Superior” (dimensões em mm)	115
Figura 132 – Vista explodida da plataforma.....	117
Figura 133 – Saída frontal da chapa	119
Figura 134 – Cilindros convencionais – Posição de repouso	121
Figura 135 – Cilindros convencionais – Posição superior.....	121
Figura 136 - Cilindros convencionais – Posição intermédia – fase inicial do corte.....	121
Figura 137 – Cilindros convencionais – Posição intermédia – fase final do corte	121
Figura 138 - Cilindros convencionais – Descarga da chapa.....	122
Figura 139 – Curso possíveis dos cilindros	122
Figura 140 – Posições do conjunto dos cilindros (Festo, 2013).....	123
Figura 141 - Cilindros servo-pneumáticos – Posição de repouso	124
Figura 142 - Cilindros servo-pneumáticos – Posição superior.....	124

Figura 143 – Opção 2 - Cilindros servo-pneumáticos – Posição intermédia- fase inicial do corte	124
Figura 144 - Opção 2 - Cilindros servo-pneumáticos – Posição intermédia- fase final do corte	124
Figura 145 - Opção 2 - Cilindros servo-pneumáticos – Descarga da chapa.....	125
Figura 146 - Opção 2 - Cilindros servo-pneumáticos – Saída frontal da chapa	125
Figura 147 – Opção Mista – Posição de repouso.....	125
Figura 148 – Opção 3 – Posição superior	126
Figura 149 – Opção 3 – Posição intermédia – fase inicial do corte	126
Figura 150 - Opção 3 – Posição intermédia – fase final do corte	126
Figura 151 - Opção 3 – Descarga da chapa	126
Figura 152 – Opção 3 – Saída frontal da chapa	127
Figura 153 – Etapa de montagem 1.....	128
Figura 154 – Etapa de montagem 2.....	128
Figura 155 – Etapa de montagem 3.....	129
Figura 156 – Etapa de montagem 4 – Pormenor de montagem e acessório específico a utilizar na montagem	129
Figura 157 – Etapa de montagem 5.....	130
Figura 158 – Etapa de montagem 6.....	130
Figura 159 – Etapa de montagem 7.....	131
Figura 160 – Acessório de montagem para com a plataforma na posição “Superior”	132
Figura 161 – Reparação de componentes com a plataforma na posição de repouso	132
Figura 162 – Cilindro CP95 do fabricante SMC e respetivas características (SMC, 2014)	136
Figura 163 – Diagrama da pressão do sinal/curso (SMC, 2014)	137
Figura 164 – Seleção do controlador electropneumático (SMC, 2014)	138
Figura 165 – Aspeto visual do regulador ITV101 (esquerda) e respetivo símbolo (direita) (SMC, 2014).	139
Figura 166 – Princípio de funcionamento do regulador ITV101 adaptado (SMC, 2014).....	139
Figura 167 – Gráfico de linearidade entre o sinal de entrada e a pressão de ajuste adaptado (SMC, 2014)	140
Figura 168 – Grupo FRL (SMC, 2014)	141
Figura 169 – Diagrama pneumático.....	143
Figura 170 – Esquema simplificado do avanço do cilindro	145
Figura 171 - Esquema simplificado do equilíbrio de pressão no comando da válvula 1.1	146
Figura 172 – Gráfico da relação entre o curso do cilindro e a pressão do sinal	147

Figura 173 - Gráfico da relação entre a pressão de ajuste e o sinal de entrada.....	149
Figura 174 – Relação entre o sinal de entrada e o tempo decorrido.....	150
Figura 175 – Diagrama funcional – Descarga frontal.....	152
Figura 176 – Diagrama funcional – Descarga traseira	153
Figura 177 – Diagrama funcional – Conjugação dos dois modos de funcionamento	154
Figura 178 – Vista explodida do protótipo.....	155
Figura 179– Protótipo – Acessório de fixação do cilindro à guilhotina.....	158
Figura 180 - Protótipo – Acessório de fixação do cilindro à plataforma	158
Figura 181 - Protótipo – Vista geral do posicionamento dos cilindros	159
Figura 182 - Protótipo – Guia.....	159
Figura 183 - Protótipo – Plataforma na posição Superior	160
Figura 184 - Protótipo – Plataforma na posição Intermédia.....	160
Figura 185 - Protótipo – Plataforma na posição de Descarga	161

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Resultados da análise prévia.	77
Tabela 2 – Resultados da otimização 1 - Coeficientes de Segurança.....	81
Tabela 3 – Resultados da otimização 1 - Deslocamentos em YY'	81
Tabela 4 – Resultados da otimização 2 - Coeficiente de segurança mínimo.....	83
Tabela 5 - Resultados da otimização 2 - Deslocamento.....	83
Tabela 6 – Forças aplicadas na plataforma	86
Tabela 7 – Resultados das simulações em <i>Multiframe</i> para utilização de cilindros convencionais	94
Tabela 8 - Resultados das simulações em <i>Multiframe</i> para utilização de cilindros servo pneumáticos.....	95
Tabela 9 – Resultados das simulações em <i>Multiframe</i> referente aos cilindros (valores em kN)	97
Tabela 10 – Plano de manutenção preventiva	133
Tabela 11 – Estimativa orçamental para a construção da estrutura	133
Tabela 12 – Valores do material pneumático	134
Tabela 13 – relação entre o curso do cilindro, pressão do sinal e intensidade de corrente	149

Índice

Agradecimentos	vii
Lista de Símbolos e Abreviaturas	xiii
Glossário de Termos	xv
Índice de Figuras	xvii
Índice de Tabelas	xxv
Índice	xxvii
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Metodologia	2
1.4. Estrutura	3
2. Revisão Bibliográfica	5
2.1. Guilhotina	5
2.2. Princípio do corte em guilhotina	6
2.3. Tipos de guilhotinas	7
2.3.1. Guilhotinas mecânicas	8
2.3.2. Guilhotinas hidráulicas	9
2.4. Tipos de corte	11
2.4.1. Corte Paralelo	11
2.4.2. Corte Oscilante	12
2.5. Parâmetros de corte	13
2.5.1. Ângulo de corte	13
2.5.2. Folga entre lâminas	15
2.6. Problemas associados ao corte em guilhotina	15
2.7. Sistemas agregados às guilhotinas	18
2.7.1. Painel de comando	19
2.7.2. Regulação da folga entre lâminas e ajuste do ângulo de corte	19
2.7.3. Sistema de medição da chapa	20
2.7.4. Sistema de apoio de chapa fina	23
2.7.5. Sistema anti-torção	24
2.7.6. Sistema de extração frontal da chapa	25
2.7.7. Segurança do operador	26

2.8. Tipos de manutenção	28
2.8.1. Manutenção preventiva.....	29
2.8.2. Manutenção corretiva	29
2.9. Pneumática	30
2.10. Método de Elementos Finitos.....	35
2.10.1. Tipos de análise.....	36
2.10.1.1. Análise dinâmica ou estática	36
2.10.1.2. Não-linearidade geométrica.....	37
2.10.1.3. Não-linearidade material	37
3. Desenvolvimento.....	39
3.1. Breve introdução ao trabalho prático.....	39
3.2. Identificação do problema	39
3.3. Requisitos iniciais	40
3.4. Estudos prévios	41
3.4.1. Opção A – Utilização de cilindros de membrana.....	41
3.4.2. Opção B – Apoios flexíveis	44
3.4.3. Opção C – Apoios em forma de tesoura.....	46
3.4.4. Opção D – Plataforma inteira com movimento pneumático	49
3.4.5. Opção E – Plataforma fixa à lâmina superior	51
3.4.6. Opção F – Sistema de molas	51
3.5. Solução adotada	53
3.5.1. Principais grupos de componentes	53
3.5.2. Princípio-base de funcionamento	54
3.5.3. Evolução dos subconjuntos.....	57
3.5.3.1. Plataforma.....	57
3.5.3.2. Guia.....	61
3.5.3.3. Sistema de elevação	66
3.5.3.4. Suporte dos cilindros	71
3.5.3.5. Apoios de repouso.....	72
3.6. Dimensionamento estrutural.....	74
3.6.1. Otimização 1 - chapa da plataforma vs tubos do chassi da plataforma	80
3.6.1. Otimização 2 – Acessório Guia/Rótula	81
3.6.2. Verificação da guia linear - Multiframe	83
3.6.3. Resultados Finais.....	89
3.6.3.1. Simulação da plataforma na posição “Superior”	90
3.6.3.2. Simulação da Plataforma na posição Repouso.....	91
3.6.3.3. Otimização dos apoios da plataforma em posição de “Repouso”	92

3.7. Dimensionamento dos cilindros.....	94
3.7.1. Cálculo das cargas instaladas nos cilindros	94
3.7.2. Cálculo do diâmetro do êmbolo	98
3.7.2.1. Cilindros convencionais.....	98
3.7.2.1. Cilindros servo-pneumáticos.....	99
3.7.3. Seleção dos cilindros.....	99
3.7.3.1. Cilindros convencionais.....	99
3.7.3.2. Cilindros servo pneumáticos	109
3.8. Vista explodida dos principais componentes do sistema	117
3.9. Extração frontal da chapa	119
3.10. Opções de fabrico.....	120
3.10.1. Opção 1 - Cilindros Convencionais	120
3.10.2. Opção 2 - Cilindros servo pneumáticos	123
3.10.3. Solução 3 – Versão Mista	125
3.11. Etapas de montagem.....	127
3.12. Manobras de Inspeção e Manutenção/Reparação	131
3.13. Orçamentos.....	133
3.14. Decisão.....	135
3.15. Elementos complementares à execução do protótipo	136
3.15.1. Princípio de funcionamento dos componentes pneumáticos.....	136
4.2. Diagrama pneumático	143
4.3. Diagrama funcional	150
4.5. Vista explodida do protótipo.....	155
4. Protótipo	158
5. Conclusões	162
6. Bibliografia e Outras Fontes de Informação	164
6.1. Fontes de Informação “Online”	164
6.2. Fontes de Informação “Online”	165
Anexos	167

1. Introdução

1.1. Enquadramento

Na indústria, o metal está entre os materiais mais utilizados, quer nas ferramentas de conceção, quer no produto final, uma vez que possui uma boa relação entre as suas propriedades mecânicas e o seu custo.

O metal, até que chegue ao produto final, passa por várias transformações e processos, que permitem que o mesmo obtenha as características pretendidas. Entre os diversos processos, vamos focar-nos no corte por guilhotina, visto este ser um dos métodos mais utilizados para processar a chapa plana que, para além de permitir obter diversas formas retas, é atualmente o método mais económico para produção em massa.

O primeiro registo da utilização deste método remonta à idade média, onde a guilhotina era utilizada como um meio de justiça. Com a evolução, ao longo dos tempos, a guilhotina deixou de ser utilizada para este fim e passou a ser utilizada noutros campos. Atualmente, uma das áreas onde é utilizado o corte em guilhotina é a indústria metalomecânica.

Uma vez que o fornecimento da matéria-prima é geralmente feito em chapas grandes, ou em rolos de grandes dimensões, o método em questão torna-se fundamental para a obtenção de partes menores, que posteriormente serão sujeitas a outras etapas de transformação, tais como a soldadura, a estampagem e a furação, entre outras.

Um dos fatores de maior relevância numa chapa guilhotinada é o acabamento do corte, pois uma superfície de corte bem executada evita posteriores etapas de acabamento.

Perante a problemática da qualidade do acabamento do corte, surgiu o desafio de desenvolver um sistema dinâmico de apoio da chapa para uma guilhotina, de forma a minimizar torções e empenos durante o processo de corte em guilhotina.

1.2. Objetivos

O presente trabalho teve como fulcral objetivo o desenvolvimento de um sistema de apoio dinâmico para a chapa, durante o corte em guilhotina.

Para idealizar um sistema que cumpra na íntegra os requisitos funcionais impostos de forma eficiente e económica, destacando sempre a qualidade, é necessário ultrapassar as seguintes etapas:

- Identificação do problema;
- Elaboração de soluções prévias;
- Selecionar a solução mais credível, devidamente justificada;
- Aprofundar a solução pretendida, de forma a garantir um bom funcionamento do sistema;
- Elaborar desenhos técnicos e lista de componentes;
- Proceder à orçamentação final.

Para além dos objetivos acima descritos, existem também objetivos de índole pessoal, que passam pelo culminar de cinco anos de estudo e trabalho, em simultâneo.

Com este trabalho espera-se aplicar, consolidar e aprofundar os conhecimentos adquiridos ao longo do curso e da experiência profissional, para além, claro, da satisfação de superar mais um desafio.

1.3. Metodologia

Perante o desafio exposto, foi necessário desenvolver uma pesquisa de forma a conhecer na íntegra o funcionamento das guilhotinas hidráulicas e a eventual existência de acessórios disponíveis no mercado.

Com o problema devidamente identificado, foram desenvolvidas soluções prévias. Após a análise dos pontos a favor e contra de cada uma destas, foi selecionada a que mais se enquadrava na resolução da problemática existente.

Posteriormente, iniciou-se o dimensionamento e elaboração das peças desenhadas de todos os componentes necessários para o sistema, com o auxílio do software SolidWorks® e dos desenhos de uma estrutura de uma guilhotina já existente no mercado.

Finalmente foi elaborada uma estimativa orçamental, de forma a ponderar o peso deste sistema no valor total da guilhotina.

1.4. Estrutura

Este trabalho é composto essencialmente por três partes, onde a informação considerada importante para a realização desta dissertação se encontra devidamente estruturada.

- **Revisão Bibliográfica**, onde se pretende enquadrar o leitor com o corte em guilhotina, abordando o princípio de corte e toda a orgânica do funcionamento de uma guilhotina hidráulica;
- **Desenvolvimento**, no qual é referido o problema existente, é feita a apresentação das diversas soluções prévias e desenvolvida a solução adotada, devidamente justificada, para solucionar o problema. Engloba ainda a estimativa orçamental pormenorizada de todos os componentes necessários para a solução;
- **Considerações finais**, onde, sinteticamente, são referidos os aspetos mais revelantes durante a realização deste trabalho.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Guilhotina

A história da guilhotina remonta ao século XVII, na era da revolução francesa onde o médico Joseph-Ignace Guillotine sugeriu o uso deste mecanismo para a execução da pena de morte.

Apesar de existirem registos que a guilhotina, ou mecanismo com o mesmo princípio, foi usada no século XIV na Irlanda, Inglaterra e Escócia, foi sempre o nome do Dr. Guillotine que ficou associado à guilhotina, mas não como inventor (Crimelibrary, 2014).

Na altura, o sistema consistia numa lâmina losangular, com cerca de 40 kg, suspensa numa grande armação reta com cerca de quatro metros de altura. A lâmina era guiada até à parte superior dessa estrutura, com o auxílio de uma corda e quando ocorria a ordem para decapitação, a corda era libertada, deixando a lâmina cair por gravidade (Figura 1).



Figura 1 - Vítima executada durante a revolução francesa pelo método de guilhotina (Crimelibrary, 2014)

Com a evolução dos tempos, a guilhotina utilizada para a decapitação caiu em desuso, passando a ser utilizada para outras finalidades.

Nos dias de hoje, o mesmo princípio está presente em diversos setores, entre outros, no sector agrícola, setor de transformação de papel e setor metalúrgico e metalomecânico.

2.2. Princípio do corte em guilhotina

O corte em guilhotina é uma das variantes do corte por cisalhamento, sendo um dos processos tecnológicos mais utilizados na manufatura de produtos metálicos.

Até se obter o produto final, os materiais passam por vários processos, dos quais um deles é o corte em guilhotina; este pode ser manual ou mecanizado, e ocorrer numa etapa intermédia ou de acabamento (Oliveira, 2011).

O princípio de corte em guilhotina, conforme o indicado na Figura 2, consiste em posicionar chapa entre duas lâminas, uma fixa e outra móvel, e em que, à medida que a lâmina móvel superior é forçada a descer, a chapa é penetrada até que a tensão de rotura ao corte seja ultrapassada.

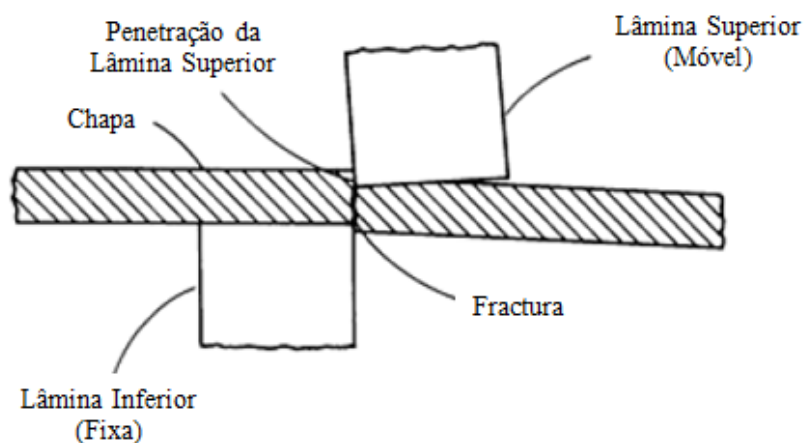


Figura 2 – Mecanismo de corte em guilhotina (Votano *et al.*, 1993)

Este tipo de princípio é transversal aos diferentes tipos de guilhotinas, no entanto as características de movimentação da lâmina e o percurso que esta efetua, influencia diretamente a qualidade final do corte.

Ainda que a qualidade do acabamento do corte de uma guilhotina não possa competir com a qualidade de uma superfície maquinada, este é o método mais económico entre os métodos de corte para a obtenção de formatos retos (Pacheco, 1992).

2.3. Tipos de guilhotinas

As guilhotinas são máquinas que obedecem a um conceito muito básico. Consistem numa mesa que suporta a lâmina fixa, um porta-lâminas com movimento, onde se encontra alojada a lâmina móvel, uma unidade de acionamento do porta-laminas e um sistema de calcamento para manter inamovível a chapa durante a operação de corte (Figura 3).

As guilhotinas são normalmente classificadas quanto ao tipo de acionamento do porta-lâminas (Pacheco, 1992).

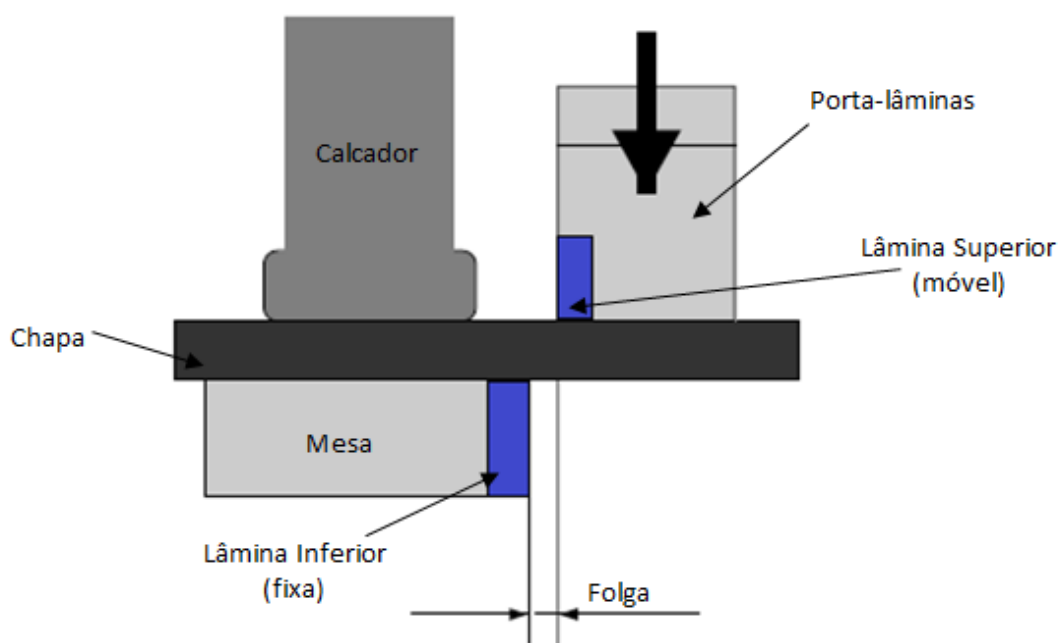


Figura 3 – Principais componentes de uma guilhotina (Adaptado de Wisselink, 2000)

2.3.1. Guilhotinas mecânicas

O sistema de acionamento do porta-lâminas da guilhotina mecânica é composto principalmente por um motor, que transmite potência através de uma transmissão a um volante de inércia. Existe uma embraiagem que liga o movimento do volante a um redutor de velocidade que, por sua vez, aciona um sistema biela-manivela, movimentando o porta-lâminas alternadamente (Figura 4). As vantagens deste sistema são as seguintes (Votano et al., 1993):

- Rapidez, ou seja, capacidade de realizar um número de ciclos por minuto muito elevado (40 a 100 ciclos por minuto);
- Exigência de menor potência no motor principal, visto possuir um volante de inércia, que pode fornecer rapidamente uma grande quantidade de energia acumulada;
- Maior velocidade de corte, minimizando assim a torção, flexão e camber, obtendo uma boa superfície de corte.

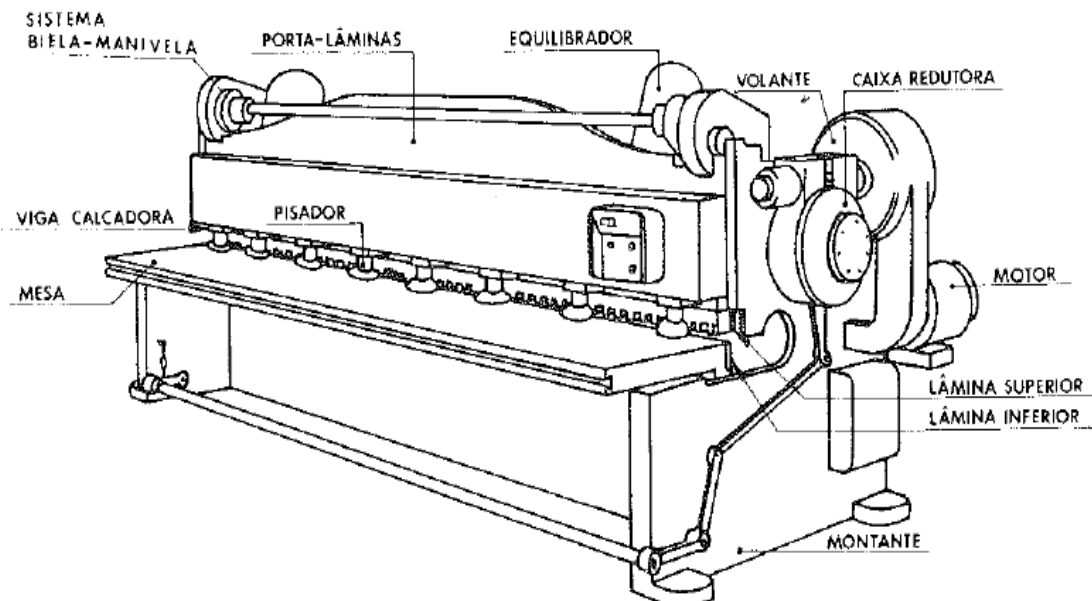


Figura 4 – Principais componentes de uma guilhotina mecânica (Pacheco, 1992)

No entanto, estas guilhotinas apresentam também as seguintes limitações (Pacheco, 1992):

- Dificuldade de proteção contra sobrecargas por erros de operação;
- Dificuldade de se adaptarem às exigências das normas de segurança;
- Atualmente, a aplicação das guilhotinas mecânicas está limitada a baixas espessuras (máximo de 6 mm para aço macio) e comprimento de corte não superior a 3 metros.

2.3.2. Guilhotinas hidráulicas

As guilhotinas hidráulicas são, atualmente, as mais usadas na indústria. O sistema de acionamento é composto por um grupo hidráulico de potência, um conjunto de válvulas hidráulicas de comando e um ou dois cilindros de acionamento do porta-lâminas (Figura 5 e Figura 6).

Este tipo de guilhotina, normalmente fabricada num monobloco soldado, apresenta as seguintes vantagens:

- Cursos longos, o que é importante no corte de chapas grossas ou muito compridas;
- Proteção absoluta contra sobrecargas, evitando assim a rotura das lâminas ou de outros componentes da máquina;
- Calcamento mais eficaz, através de calcadores hidráulicos
- Este tipo de guilhotinas possui uma capacidade de corte até 40 mm de espessura de aço macio, e comprimentos até 6 ou 8 metros.

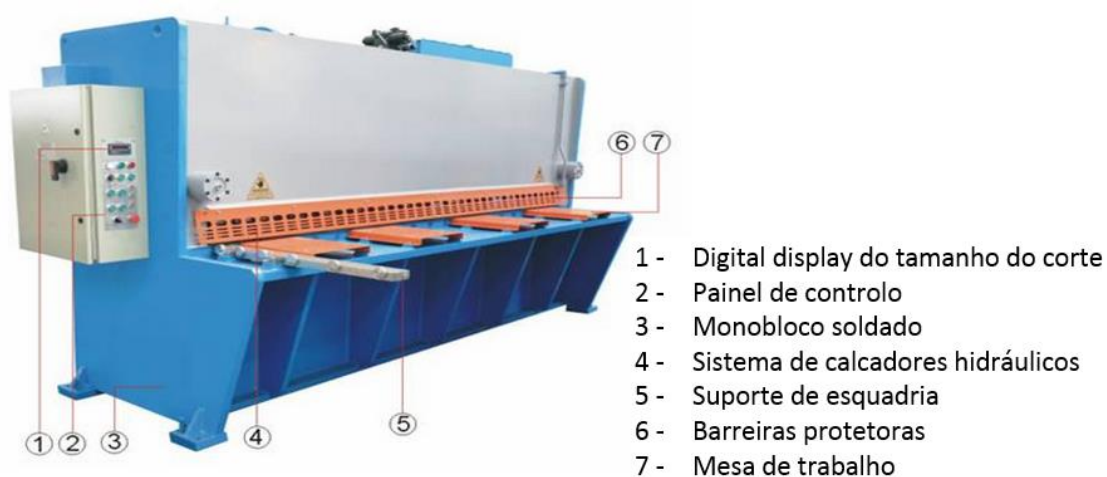


Figura 5 – Principais componentes de uma guilhotina hidráulica – Parte frontal (Dafumt, 2014)

Apesar de serem tecnicamente evoluídas, estas guilhotinas ainda apresentam as seguintes limitações:

- Menor rapidez de corte, comparativamente às guilhotinas mecânicas, podendo este problema ser facilmente ultrapassado devido à possibilidade de ajustar o curso do porta-lâminas, particularidade que as guilhotinas mecânicas não possuem;
- Requer folgas entre lâminas mais elevadas, sobretudo no corte de chapas de grande espessura e dimensão. Este fator influencia consideravelmente a necessidade de uma força maior no calcamento para manter a chapa na posição durante a operação de corte (Pacheco, 1992).

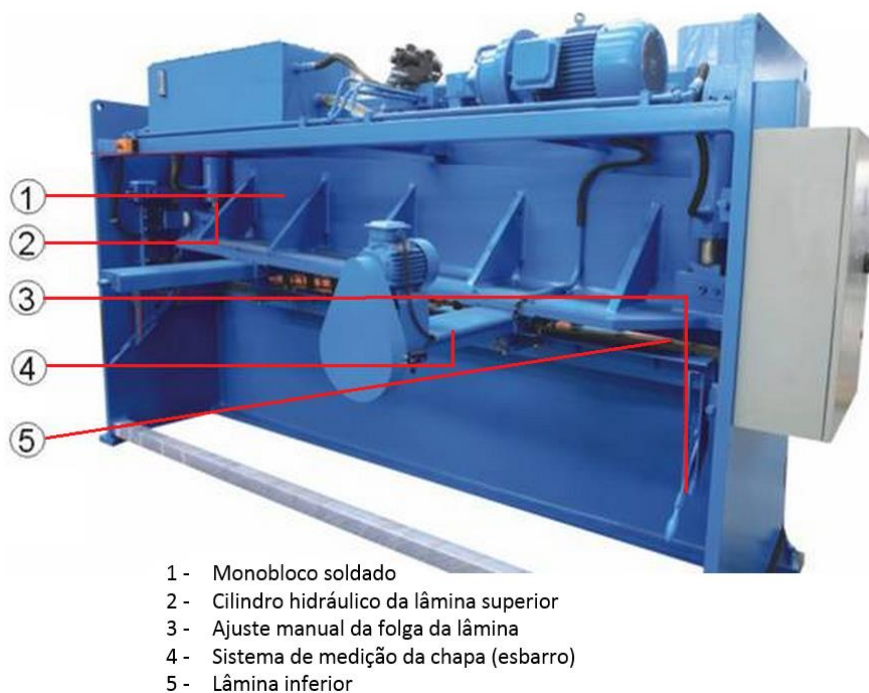


Figura 6 - Principais componentes de uma guilhotina hidráulica – Parte traseira (Dafumt, 2014)

2.4. Tipos de corte

2.4.1. Corte Paralelo

Este tipo de corte é caracterizado como sendo um corte paralelo (Figura 7), pois mantém sempre a mesma distância entre a lâmina inferior e a lâmina superior durante o corte. O porta-lâminas segue também um percurso inclinado, relativamente à superfície da chapa, definido pelo ângulo de ataque ou de corte.

Com esta técnica, obtém-se uma superfície de corte estável ao longo do comprimento e, como grande vantagem, existe a possibilidade de utilização de sistemas de variação do ângulo de corte, adaptando-se assim o corte à espessura do material e às propriedades mecânicas do material a cortar (Lazinsky, 2001).

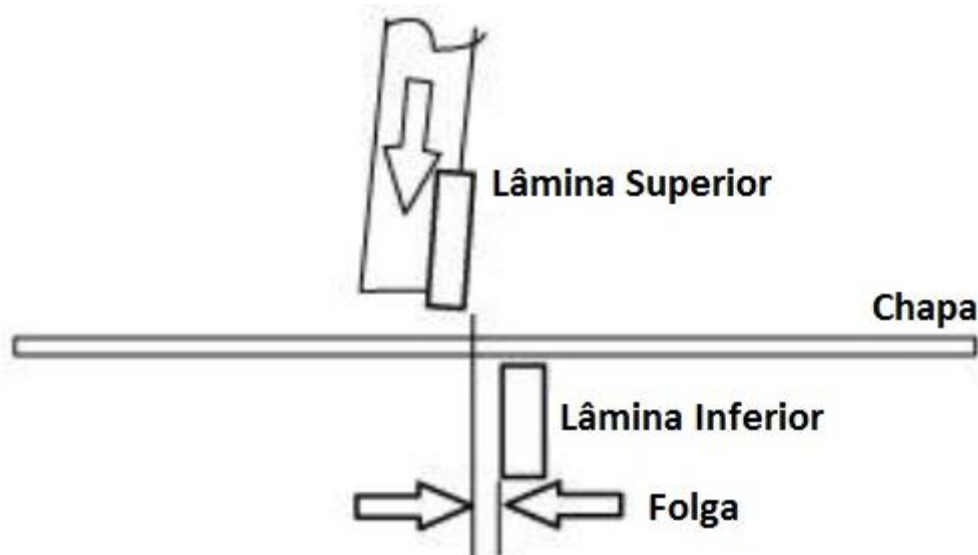


Figura 7 – Corte paralelo (Adaptado de Marshall, 2011)

Por outro lado, é necessário que se tenha em atenção alguns parâmetros que podem condicionar a qualidade do produto (Pacheco, 1992):

- Qualidade do guiamento do porta-lâmina;
- Garantir a robustez e estabilidade do sistema de ajuste de folga entre lâminas.

2.4.2. Corte Oscilante

O corte oscilante (Figura 8) é caracterizado pelo facto da lâmina móvel, ao descer, percorrer uma trajetória circular em torno de um eixo contido num plano próximo ao plano de trabalho. À medida que o corte vai evoluindo, a inclinação da lâmina relativamente à mesa vai variando (Lazinsky, 2001).

Este sistema tem como principais vantagens (Pacheco, 1992):

- Manutenção fácil e económica;
- Sistema de ajuste fácil da folga entre lâminas.

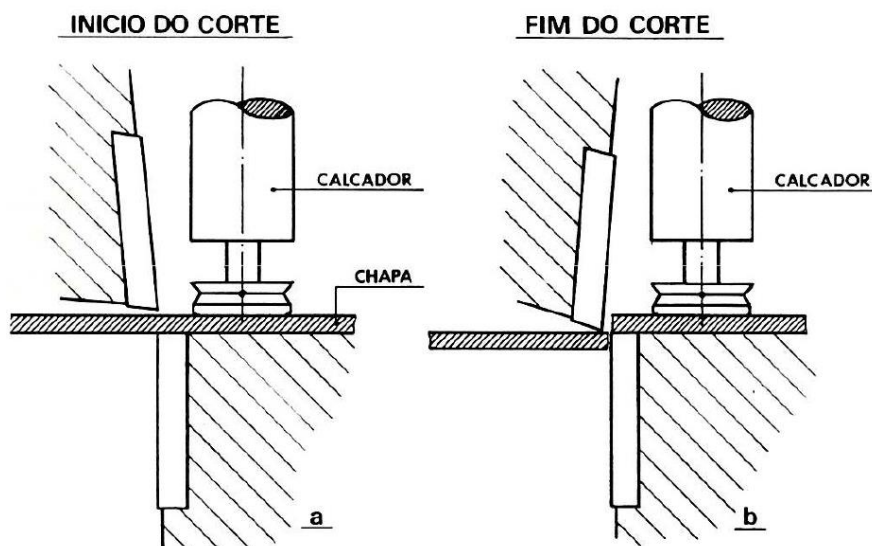


Figura 8 - Evolução do corte oscilante (Pacheco, 1992)

Como principais inconvenientes apresenta (Pacheco, 1992):

- Longevidade da lâmina reduzida;
- Não admite a variação do ângulo de corte, limitando a utilização da guilhotina;
- Menor qualidade de corte comparativamente ao corte paralelo;
- A superfície da chapa cortada não é plana, devido ao percurso que a lâmina realiza.

2.5. Parâmetros de corte

2.5.1. Ângulo de corte

A lâmina superior apresenta um ângulo de inclinação ($\alpha > 0$) relativamente à lâmina inferior, denominado ângulo de corte (Figura 9). Este fator permite reduzir a força necessária para cortar uma chapa de uma determinada espessura (Figura 10), uma vez que a peça é cortada progressivamente, aumentando assim a vida útil das lâminas e de todo o equipamento. A escolha correta do ângulo permite diminuir o aparecimento de defeitos de distorção, tais como flexão, torção e camber, principalmente em peças de dimensões menores (Wisselink et al., 1998).

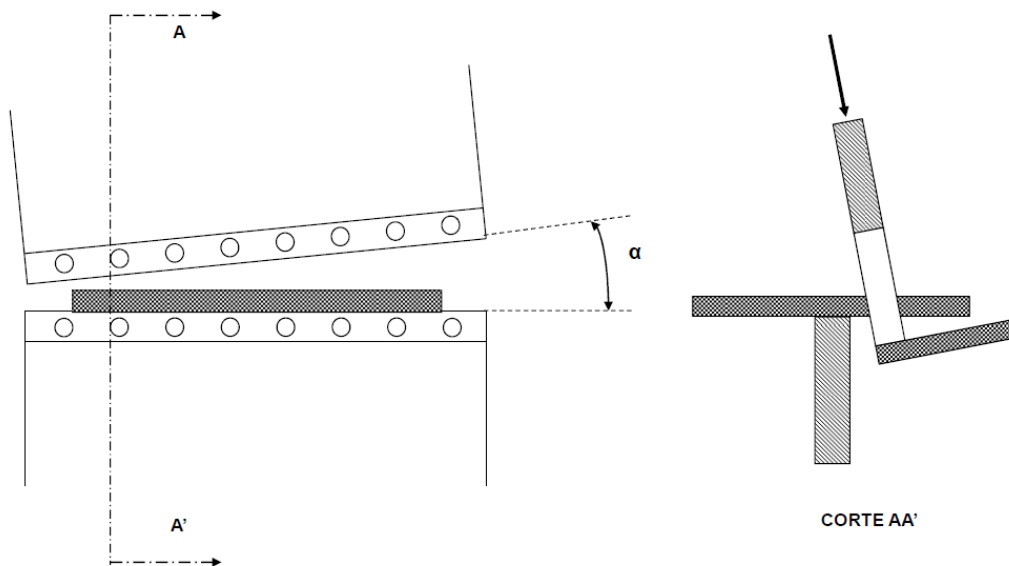


Figura 9 – Ângulo de corte (Pacheco, 1992)

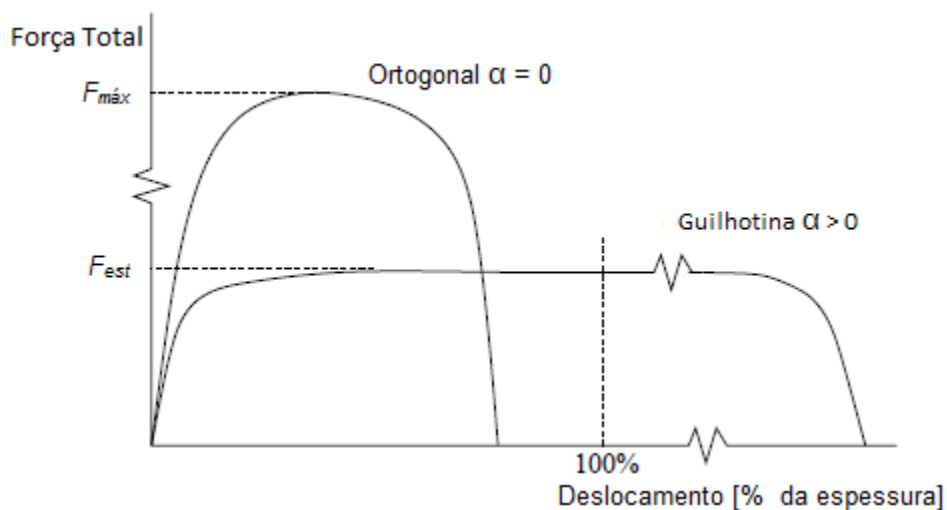


Figura 10 – Curvas esquemáticas do corte ortogonal e corte em guilhotina (Wisselink, 2000)

A força máxima de corte ortogonal é proporcional ao comprimento do corte, a qual conduz a forças muito elevadas para cortes longos. No corte em guilhotina ($\alpha > 0$), conforme já referido, o corte é realizado de forma progressiva. Portanto, a força estacionária de corte, F_{est} , é independente do comprimento do corte. Para um dado material, a força de corte depende principalmente do ângulo de inclinação e da espessura da chapa. Um ângulo de corte superior leva a menor força estacionária, mas também a maiores deslocamentos, conforme se poderá observar na Figura 10 (Wisselink, 2000).

2.5.2. Folga entre lâminas

A folga entre lâminas é a distância horizontal entre as suas arestas, no momento em que a lâmina móvel se cruza com a lâmina fixa.

Esta distância deve ser ajustada de acordo com a espessura e as características do material a cortar, para obter uma boa qualidade da aresta cortada. Uma regra básica para o aço macio é adotar uma folga igual a 10% do valor da espessura. A folga aumenta com a espessura da chapa, mas também com a dureza do material (Pacheco, 1992).

A utilização de folga reduzida, Figura 11a, provoca uma sobrecarga na máquina, sendo adotado este tipo de folga apenas quando se quer obter uma rebarba mínima na aresta de corte, embora tal se traduza numa diminuição da vida útil das lâminas (Bluescope Stell, 2003). Mas, sendo essa folga excessivamente reduzida numa máquina de corte oscilante, ocorre o fenómeno de corte duplo, devido à falta de coincidência entre as duas superfícies de corte iniciais, respetivamente, pela aresta da lâmina superior e pela aresta da lâmina inferior (Pacheco, 1992).

Os resultados de uma folga excessiva, Figura 11b, são normalmente um excesso de rebarba na aresta cortada e, em casos extremos, a peça pode dobrar-se e ficar “entalada” entre as lâminas, causando danos de sobrecarga, ou até fratura da lâmina.

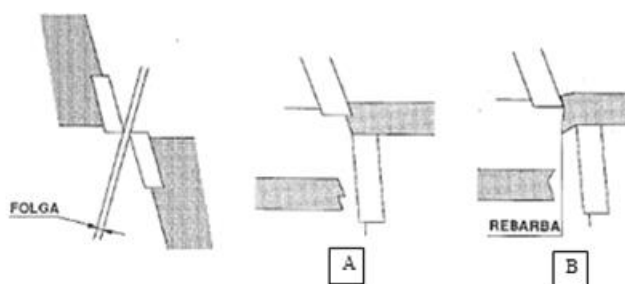


Figura 11 – Influência da folga entre lâminas (Adaptado de Pacheco, 1992)

2.6. Problemas associados ao corte em guilhotina

A qualidade de acabamento das faces cortadas é fundamental, pois pode evitar posteriores etapas de acabamento, sendo evidente que, neste caso, a precisão do corte é diferente no

material que fica na mesa, relativamente à tira cortada. A tira cortada, como não é apoiada nem segura pelos calcadores, tem tendência a dobrar ou torcer pela ação de corte. Assim, poderão ser considerados os seguintes tipos de deformações (Figura 12):

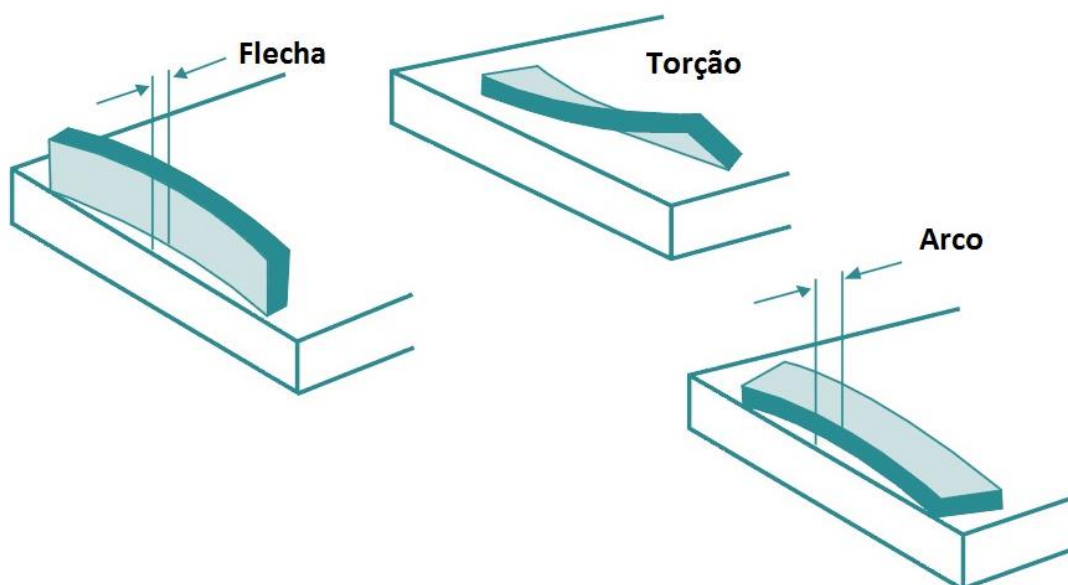


Figura 12 – Principais defeitos no corte por guilhotina (Adaptado de Bluescope Stell, 2003)

- **Flecha** – defeito característico do processo de corte em guilhotina que resulta da ação progressiva da lâmina móvel durante a descida do porta-lâminas superior (Figura 13). A tira de chapa vai sendo separada, ficando sem apoio, e acabando por fletir devido a não resistir ao seu peso próprio (Pacheco, 1992). A flecha da tira será tanto mais pronunciada quanto menor for a largura da tira cortada, e maior for o ângulo de corte. No entanto, a redução do ângulo pode minimizar, mas não eliminar completamente a flecha (Bluescope Stell, 2003).

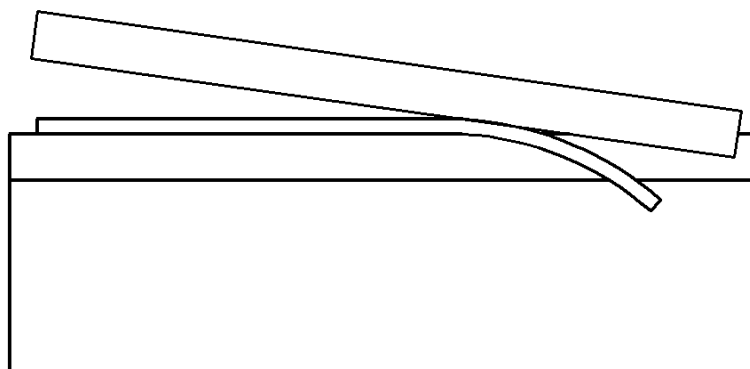


Figura 13 - Vista de frente da chapa com defeito "Flecha" (Accurpress, 2008)

- **Torção** – defeito descrito como a tendência do material cortado a enrolar sob a forma de espiral (Figura 14). Apesar da torção ser associada a tensões internas do material, o fator mais prejudicial neste defeito são os elevados ângulos de corte. Também este efeito é mais pronunciado em tiras mais estreitas, pois sendo a secção da tira menos resistente, mais facilmente se atingem as deformações permanentes (Pacheco, 1992).

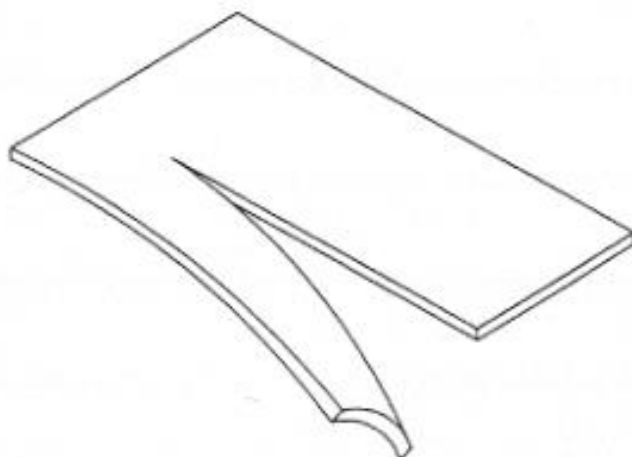


Figura 14 – Vista perpendicular da chapa com defeito “Torção” (Accurpress, 2008)

- **Arco** – em inglês, denominado por ‘*camber*’, este defeito resulta da separação da tira como se fosse arrancada por uma força perpendicular ao corte (Figura 15). O fator principal deste defeito prende-se com a existência de tensões internas no material (Accurpress, 2008).

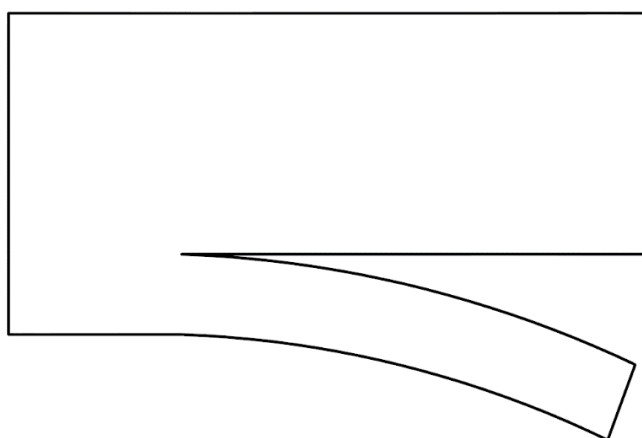


Figura 15 – Vista superior de chapa cortada com defeito denominado “Arco” (Accurpress, 2008)

2.7. Sistemas agregados às guilhotinas

Os sistemas mecânicos aliados às novas tecnologias permitem aumentar a qualidade do produto final e diminuir os custos de produção.

O caso das guilhotinas não são exceção. Ao longo do tempo, foram implementados vários sistemas que permitem monitorizar e controlar todo o processo, aumentando assim a rentabilidade do equipamento e salvaguardando a segurança do operador.

Uma pesquisa no mercado possibilitou aprofundar os conhecimentos sobre os sistemas acoplados às guilhotinas. Foi ainda possível verificar as inúmeras soluções construtivas para a resolução de um dado problema.

Os sistemas que irão ser alvo de análise são muito difíceis de caracterizar, uma vez que a informação disponibilizada pelas empresas é muito restrita, não disponibilizando todos os pormenores construtivos e/ou funcionais; posto isto, é de salientar que alguns comentários tecidos são meramente conclusões do autor, uns baseados em dados relatados pelos fornecedores, outros em fotografias e vídeos disponibilizados por algumas empresas do ramo. No entanto, quando existem dados fornecidos pelos fabricantes, estes são devidamente referenciados, sendo fruto da informação disponibilizada.

2.7.1. Painel de comando

O painel de controlo de uma guilhotina pode ser digital, com a recente tecnologia 'touch' (Figura 16), ou analógico, tudo dependendo das exigências do mercado.

É de salientar que as características do painel dependem das características da guilhotina, ou seja, enquanto no caso de um equipamento mais mecanizado se opta pela instalação de um painel de comando analógico, no caso de uma guilhotina CNC dotada de muitos sistemas de accionamento, controlo e segurança, opta-se normalmente por um painel mais evoluído.

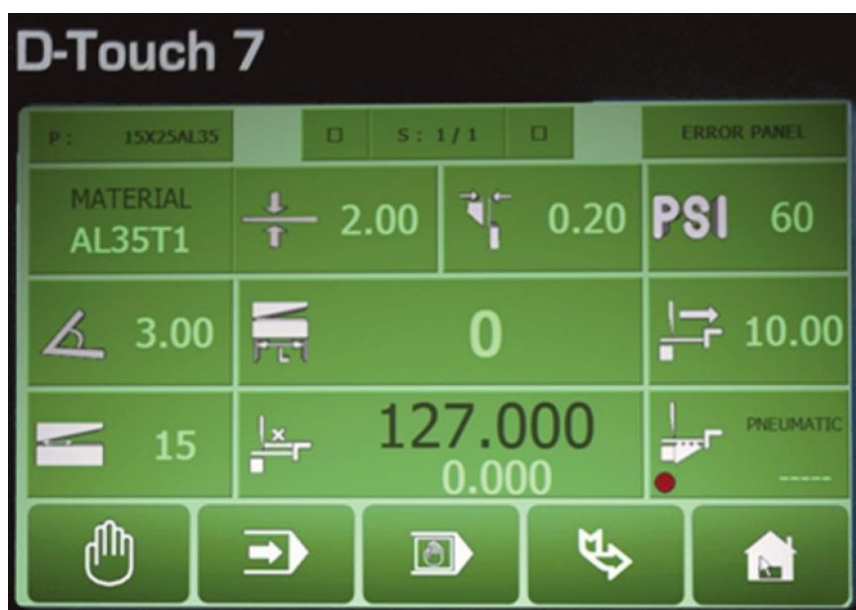


Figura 16 – Painel de controlo do fabricante Durma (Durma, 2007)

2.7.2. Regulação da folga entre lâminas e ajuste do ângulo de corte

A seleção adequada da folga entre lâminas e do ângulo de corte permite obter uma superfície de corte com melhor qualidade, aumentando também a vida útil de todos os componentes da guilhotina.

Esta seleção depende essencialmente da espessura da chapa e da dureza do material a cortar (Pacheco, 1992).

O seu ajuste da folga e do ângulo de corte pode ser manual, através de alavancas, ou automático, tudo dependendo das necessidades do mercado (Figura 17).



Figura 17 – Sistema ajuste da folga da lâmina: Manual (esquerda) (Durma, 2007); Automático (direita) (Newton, 2014)

O facto de na maioria das guilhotinas hidráulicas o suporte da lâmina ser feito por dois cilindros hidráulicos, permite que uma pequena diferença no óleo no volume injetado nas duas câmaras altere o ângulo entre a lâmina superior e a lâmina inferior (Figura 18). Assim nestas guilhotinas, pelo controlo deste efeito consegue-se a variação pretendida do ângulo de corte.

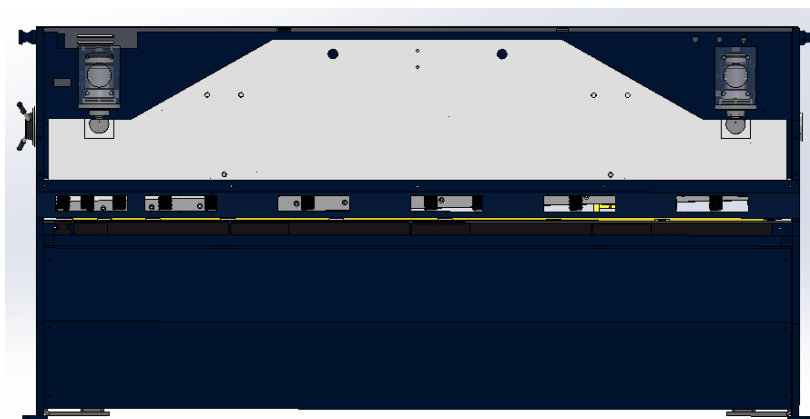


Figura 18 – Sistema de apoio da lâmina nas guilhotinas do fabricante RICO

2.7.3. Sistema de medição da chapa

De forma a evitar que o operador tenha de fazer uma pré-marcação da chapa, para obter as secções necessárias, foram desenvolvidos sistemas que através do painel de controlo permitem que o operador introduza a dimensão a cortar da chapa.

Este sistema é geralmente conhecido por esbarro, pois consiste numa barreira (esbarro) que se posiciona consoante a dimensão inserida, na qual o operador empurra a chapa até esta ficar encostada no esbarro.

Nas máquinas CNC, este esbarro é geralmente controlado por um motor elétrico que garante um posicionamento preciso (Figura 19).

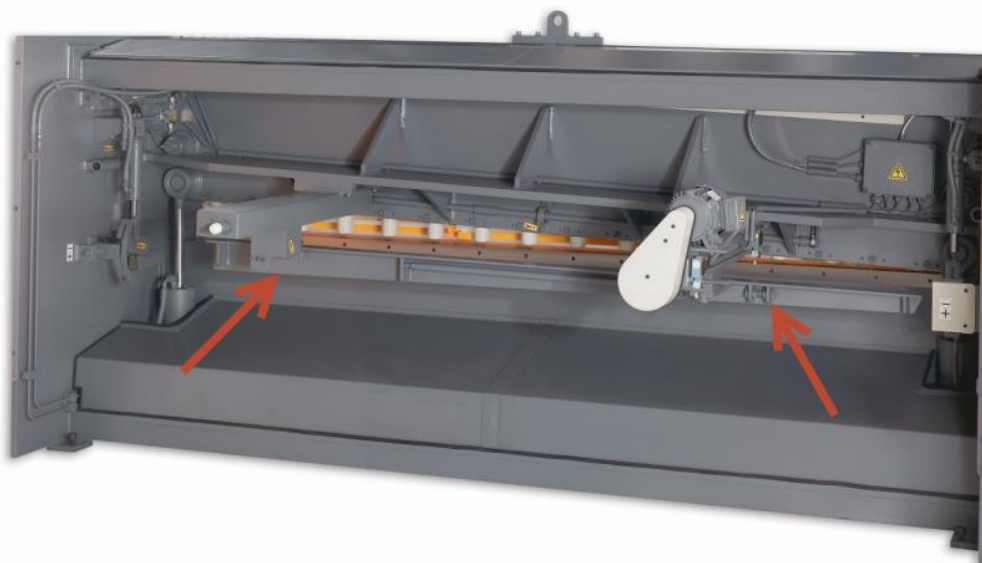


Figura 19 – Sistema de medição da chapa do fabricante HACO (Haco, 2014)

A solução apresentada acima é uma entre as várias existentes no mercado. Todas têm o mesmo objetivo, havendo apenas diferenças nos aspectos construtivos, salvaguardando o mesmo princípio. Apesar de ser uma solução fundamental numa guilhotina, esta possui uma pequena lacuna. Quando se posiciona chapa fina para cortar, esta tem tendência a fletir, contornando o esbarro ou, por vezes, esta encosta mas não se efetua uma correta medição da chapa, como representa a Figura 20.

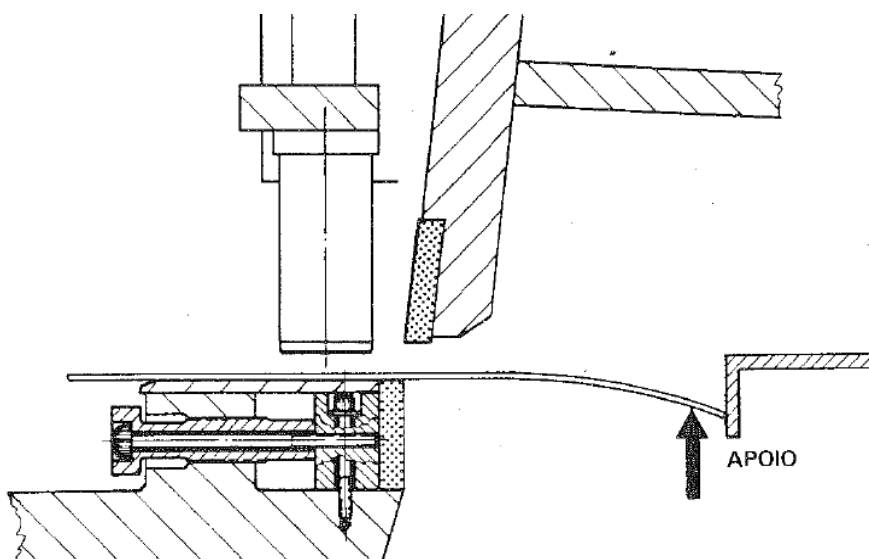


Figura 20 – Erro de medição de chapa fina (Pacheco, 1992)

De forma a eliminar o problema acima descrito, são apresentados seguidamente alguns exemplos que melhoram a precisão na medição da chapa.

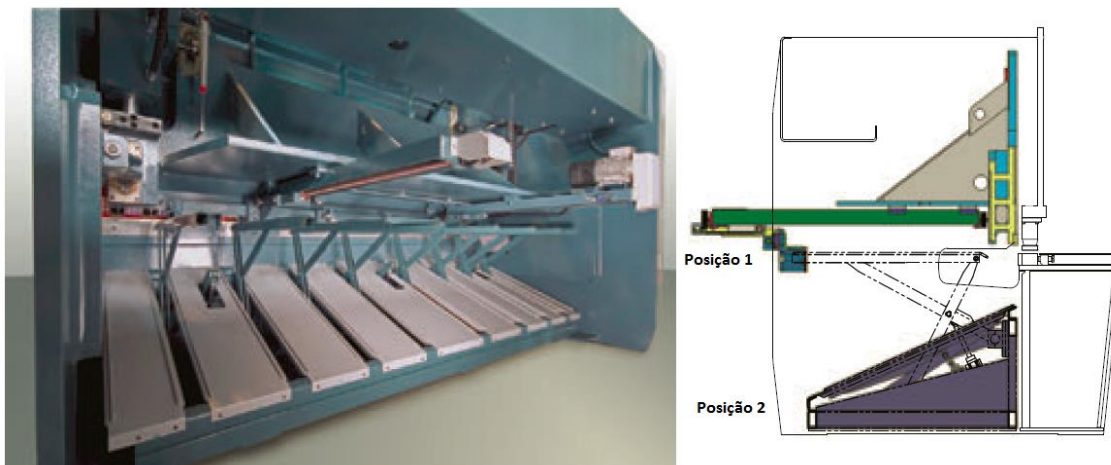


Figura 21 – DURMA 1 – Suporte de auxílio à medição de chapa fina (Durma, 2007)

O sistema de auxílio na medição de chapa fina desenvolvido pela Durma, Figura 21, apresenta duas posições: a de repouso e a posição superior de apoio. Este sistema tem como principal objetivo evitar o problema acima apresentado, efetuando assim uma correta medição das chapas finas (Durma, 2007).

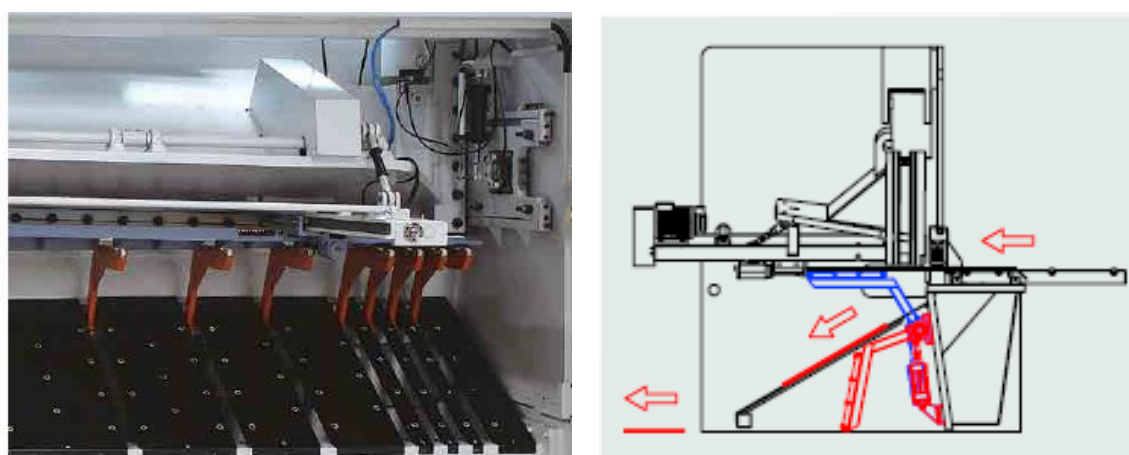


Figura 22 – Sistema de auxílio de medição de chapa fina do fabricante Ermaksan (Ermaksan, 2014)

O sistema desenvolvido pela ERMAKSAN (Figura 22) assenta no mesmo princípio, apresentando apenas aspetos construtivos diferentes. Comparando os dois sistemas

apresentados, é possível afirmar que o sistema da Durma em “tesoura” possui mais etapas de fabricação comparativamente com o sistema da Ermaksan, que possui um sistema simples e de fácil montagem, havendo certamente algumas diferenças no preço final.

2.7.4. Sistema de apoio de chapa fina

Estes sistemas são disponibilizados por diversas marcas (Figura 23 e Figura 24), e descrevem-se como sistemas de apoio de chapa fina que promovem o suporte da chapa antes do corte, ou seja, existe um apoio da chapa para a medição, que depois de atuados os calcadores, se posiciona abaixo do alcance da lâmina (posição 2, Figura 23), apoiando apenas parcialmente a chapa.

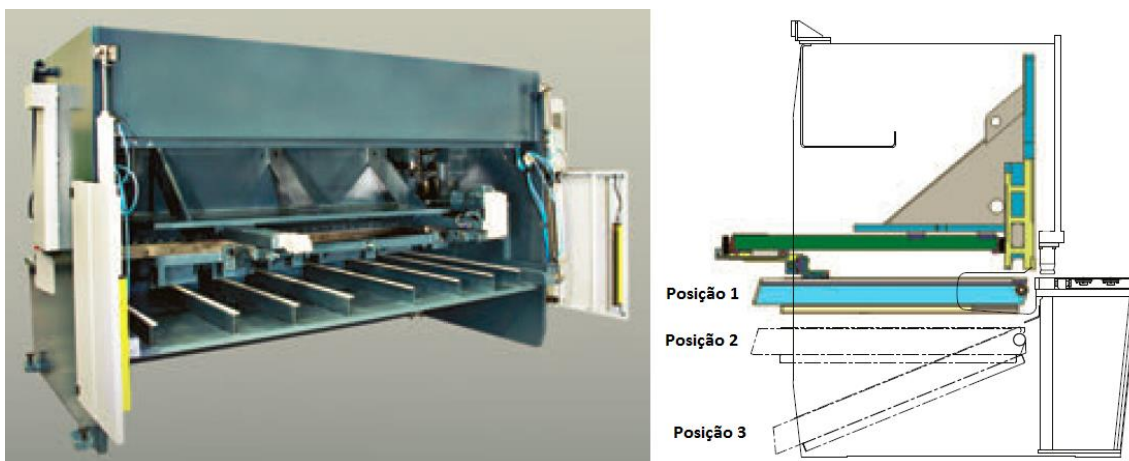


Figura 23 - DURMA 2: Sistema de apoio da chapa para a medição (Durma, 2007)

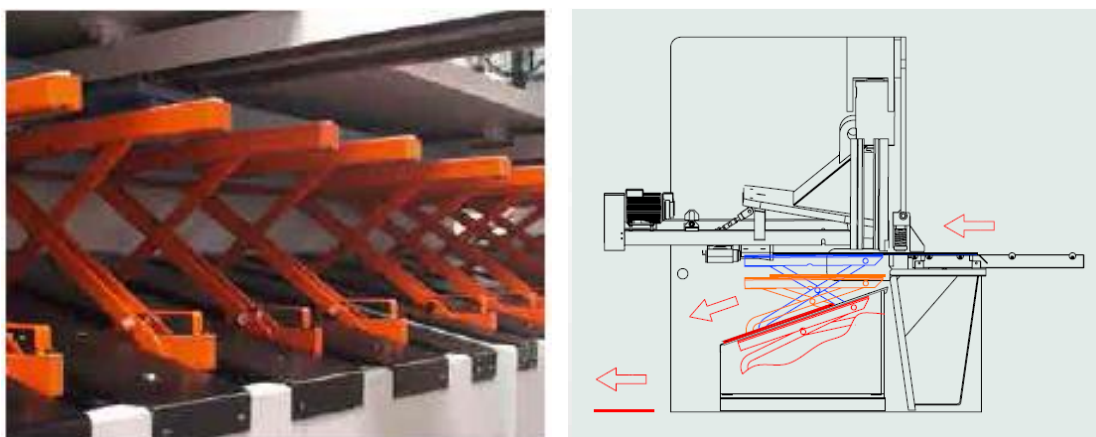


Figura 24 – Sistema de apoio de chapa fina do fabricante Ermaksan (Ermaksan, 2014)

Estes sistemas são direcionados para um mercado mais exigente, de forma a obter a chapa cortada com a melhor qualidade possível, evitando defeitos devido à falta de apoio da chapa durante o corte.

2.7.5. Sistema anti-torção

A torção das chapas ocorre quando se corta chapas onde o comprimento de corte é muito menor que a largura da chapa, mais conhecidas por tiras. Estas têm tendência a enrolar sobre si mesmas, exigindo futuras ações para colocar a chapa plana.

O fabricante de guilhotinas italiano GASPARINI possui um sistema que minimiza este tipo de defeito.

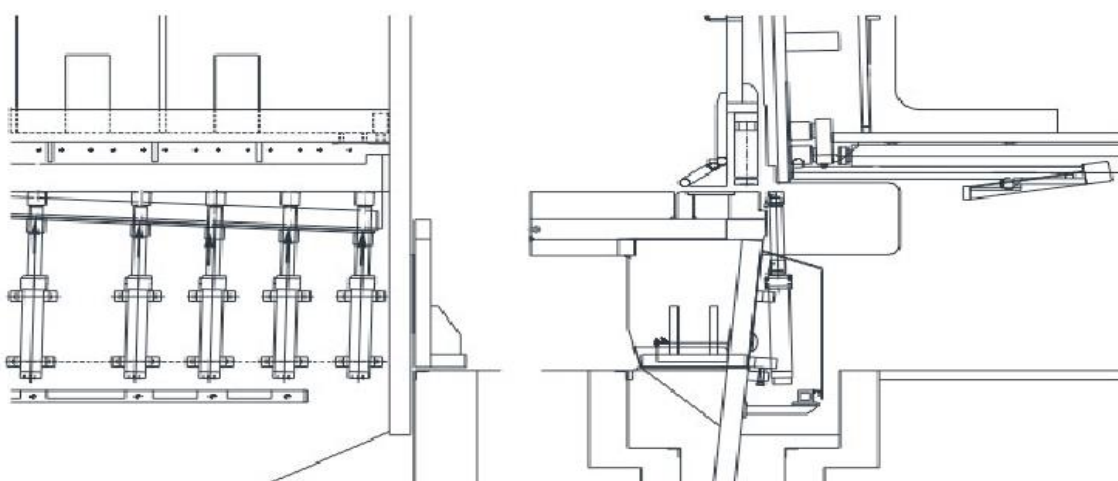


Figura 25 - Representação do sistema anti-torção da GASPARINI (Gasparini Technologies, 2008)

A Figura 25 e Figura 26 representam um sistema anti-torção que é composto por cilindros hidráulicos que acompanham o corte em guilhotina. O uso deste sistema garante uma torção inferior a 3°/m (Gasparini Technologies, 2008).



Figura 26 – Vista traseira da guilhotina da marca GASPARINI (Gasparini Technologies, 2008)

Na Figura 27 poderá ser observado, de forma esquemática, o resultado que estes sistemas podem produzir, relativamente ao corte efetuado sem qualquer sistema anti-torção.

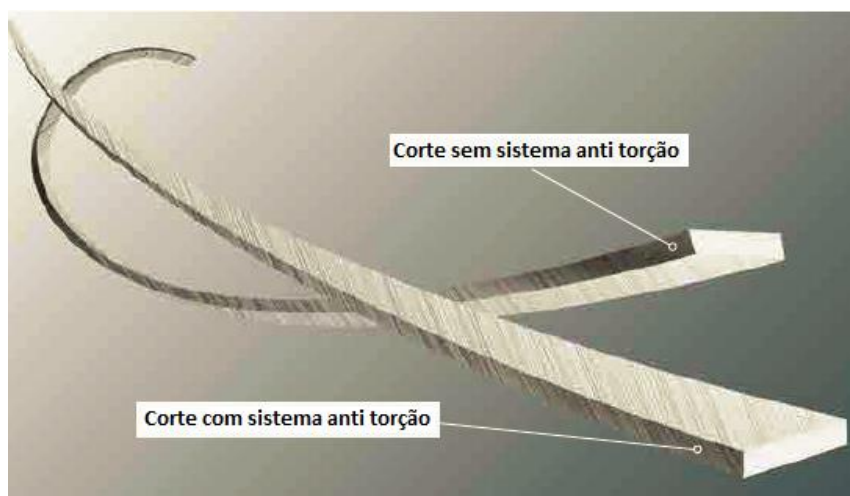


Figura 27 – Comparação da utilização ou não do sistema anti torção (Ermaksan, 2014)

2.7.6. Sistema de extração frontal da chapa

Existe ainda o sistema de extração frontal de chapa, que permite o armazenamento de chapas cortadas (de pequena dimensão) num carrinho, o qual poderá contribuir para um incremento substancial de produtividade, já que o operador não necessita de ir buscar a chapa cortada à parte posterior da guilhotina.

Este sistema está posicionado na frente da guilhotina e é de fácil manuseamento, já que está equipado com rodas. Assim que seja necessário ter acesso às chapas cortadas, o operário apenas tem de puxar o carrinho, conforme mostrado na Figura 28. Este sistema é limitado a chapas com as máximas dimensões do carrinho.



Figura 28 – Sistema de extração frontal da chapa do fabricante RICO (RICO, 2013)

2.7.7. Segurança do operador

De acordo com as normas de segurança, as guilhotinas têm de estar equipadas com botão de emergência (Figura 29), quer no painel de controlo, quer na pedaleira. Estes botões são de fácil e rápido acesso, diminuindo o tempo entre a deteção da emergência e o acionamento do mesmo.



Figura 29 – Botão de emergência posicionado no painel de controlo (ADIRA, 2014)

Existe ainda um mecanismo de segurança que faz com que a máquina pare, caso o operador tente aceder ao interior da máquina pela parte traseira. Este sistema consiste numa barreira de feixe *laser* contínuo (Figura 30), que a qualquer interrupção leva a uma paragem de emergência da máquina, evitando que o causador do acionamento seja atingido pelas partes móveis da máquina, ou até mesmo pela chapa cortada.



Figura 30 – Barreiras traseiras protetoras com feixe laser (ADIRA, 2014)

Por forma a evitar que o operador coloque as mãos perto da lâmina, são instaladas proteções frontais e laterais para evitar o corte ou o esmagamento de dedos do operador.

Estas barreiras podem ser abertas ou removidas, contudo são instalados uns sensores nas laterais que garantem que se a barreira não estiver corretamente posicionada, o equipamento não funciona. Estes sistemas poderão ser observados na Figura 31, com a cor amarela e assinalados com setas azuis.



Figura 31 – Barreiras monitorizadas: frontal (esquerda); lateral (direita) (Newton, 2014)

Como foi possível verificar, existem inúmeros sistemas que podem ser associados às guilhotinas, contudo, cada marca desenvolve os seus mecanismos com base nas limitações dos seus equipamentos, fazendo com que uma limitação se transforme numa oportunidade de mercado.

2.8. Tipos de manutenção

Com o decorrer do tempo de utilização, os equipamentos estão sujeitos ao desgaste e deterioração. Por forma a minimizar e controlar a degradação dos equipamentos, é necessário que sejam tomadas medidas que visam a continuidade do funcionamento do equipamento na função para a qual foi concebido.

Quando se fala em manutenção, esta está associada a quatro fatores essenciais: a segurança, a qualidade, o custo e a disponibilidade de serviço (Brito, 2003).

Segurança pois, para além de exercer a funcionalidade para a qual foi projetada, o equipamento ou produto tem de garantir a segurança do operador, quer em funcionamento, quer quando ocorra alguma avaria.

Qualidade, pois é no que as empresas primam para sobreviver num mercado tão competitivo como o de hoje. A competitividade é estabelecida quer pela qualidade do equipamento, quer pela qualidade do produto final durante o tempo de vida útil do equipamento.

O fator custo é também primordial, já que representa uma das componentes a adicionar na hora de estabelecer o preço final do produto realizado no equipamento. É sempre preferível

fazer manutenções regulares que permitam monitorizar as características dos componentes, do que levar o equipamento ao limite e que o componente que entre em falência, o que pode levar a que outros sejam levados por arrasto, exigindo custos de intervenção mais elevados e paragem não programada do equipamento.

E por fim a disponibilidade do serviço, pelos mesmos motivos do custo, já que normalmente quando o equipamento é levado ao limite, o tempo de manutenção corretiva é mais moroso, levando a paragens prolongadas quando comparado com o tempo de manutenção preventivo.

2.8.1. Manutenção preventiva

Este tipo de manutenção passa por ações de inspeção com o objetivo de identificar possíveis falhas antes de estas efetivamente acontecerem, garantindo que não haja interrupções inesperadas do equipamento. Deste modo a manutenção preventiva visa a redução de falhas/avarias, obedecendo a intervenções periódicas (Cabral, 2004).

É claro que os “*timings*” de intervenção têm que ser bem definidos, pois caso sejam demasiado curtos, podemos estar a realizar uma troca desnecessária de peças. Por outro lado, se forem demasiados alargados, a intervenção já pode ter que ser feita a um nível mais profundo.

Uma manutenção deste nível previne a ocorrência de avarias mais dispendiosas; por outro lado, permite ao obter uma estimativa do custo para a manutenção.

Em suma, é um tipo de intervenção que é planeado com a antecedência necessária, a fim de evitar a falha do componente ou equipamento.

2.8.2. Manutenção corretiva

A manutenção corretiva dá-se quando um equipamento é levado ao limite e entra em colapso, necessitando de reparação.

Como já indicado anteriormente, normalmente implica um processo dispendioso, pois a avaria pode provocar a paragem da produção para reparação do mesmo.

A manutenção corretiva pode ter como origem uma falha, ou a diminuição do desempenho esperado, e está dividida em dois grupos:

- Manutenção corretiva não planeada;
- Manutenção corretiva planeada.

A manutenção corretiva não planeada passa pela correção de uma falha sem planeamento prévio e que normalmente implica perdas de produção significativas, pois os equipamentos podem apresentar danos considerados graves, o que acarreta custos elevados, quer de perdas de produção, quer da própria intervenção de manutenção (Ferreira, 1988).

Quanto à manutenção corretiva planeada, é um tipo de manutenção em que a correção é feita de uma forma mais planeada e antes de ocorrer a falha.

Comparativamente com o método anterior, este apresenta um menor custo associado, sendo igualmente mais seguro e mais rápido.

Basicamente, a manutenção corretiva não planeada refere-se a trabalhos de reparação que tenham surgido sem qualquer tipo de aviso prévio, não havendo a oportunidade de decisão de intervenção antecipada.

2.9. Pneumática

O termo pneumática advém do grego *Pneumos* ou *Pneuma*, que significa respiração, sopro, sendo definida como o ramo da física que estuda a dinâmica e os fenómenos físicos relacionados com os gases ou vácuos.

Apesar de ser um dos mais antigos conhecimentos, a pneumática apenas ganhou importância industrial na segunda metade do século XIX.

A sua introdução no mundo industrial permitiu a substituição do trabalho humano repetitivo e cansativo por processos industriais, que levaram à obtenção de bens em grandes quantidades.

Como fonte de energia, a pneumática utiliza o ar. Contudo, é necessário que este reúna determinadas características, tais como a isenção de impurezas e água (através de purgadores, secadores e filtros) e que seja colocado a uma pressão adequada, quando é utilizado em rede (Parker, 2008).

De forma a colocar o ar à pressão adequada existe uma gama bastante variada de compressores no mercado. No entanto, máquinas como a guilhotina não possuem o seu meio de produção de ar comprimido próprio. Este tipo de máquinas é geralmente instalado onde está disponível ar comprimido na rede.

Como tal, é necessário garantir a utilização correta do ar no equipamento. Para este efeito, é usual instalar uma unidade de FRL (Filtro, Regulador e Lubrificador). Este elemento, como o próprio nome indica, retira do ar qualquer impureza, regula a pressão do ar comprimido lubrifica, injetando óleo de forma a lubrificar os diversos componentes adjacentes ao FRL, aumentando assim a vida útil dos equipamentos.

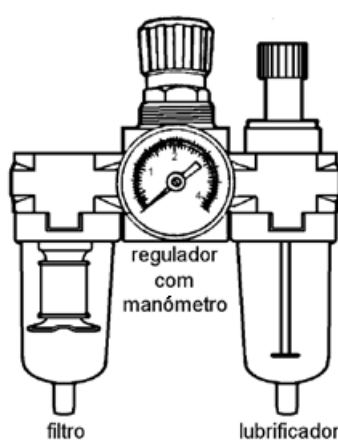


Figura 32 – Unidade FRL (Turcato, 1997)

Atuadores

Os atuadores são mecanismos que transformam energia de pressão de fluidos em energia mecânica, levando uma máquina a realizar um determinado trabalho.

Os atuadores que utilizam fluido sob pressão podem ser classificados quanto ao fluido utilizado e quanto ao movimento que realizam.

Quanto ao tipo de fluido usado, podem ser (Niederauer, 1997):

- Pneumáticos: ar comprimido;
- Hidráulicos: óleo sob pressão.

Quanto ao movimento que realizam, podem ser:

- Lineares: movimento é linear (ou de translação);
- Rotativos: movimento é giratório (ou de rotação).

Atuadores lineares

Estes atuadores são usualmente conhecidos como cilindros ou pistões.

O seu princípio de funcionamento assenta no mesmo princípio de uma seringa, de uma forma simplista. Enquanto na seringa o líquido sai devido à compressão provocada pelo movimento descendente do êmbolo, num cilindro o êmbolo movimenta-se pela pressão do fluido injetado, no qual transforma energia de pressão do fluido em energia mecânica (Niederauer, 1997).

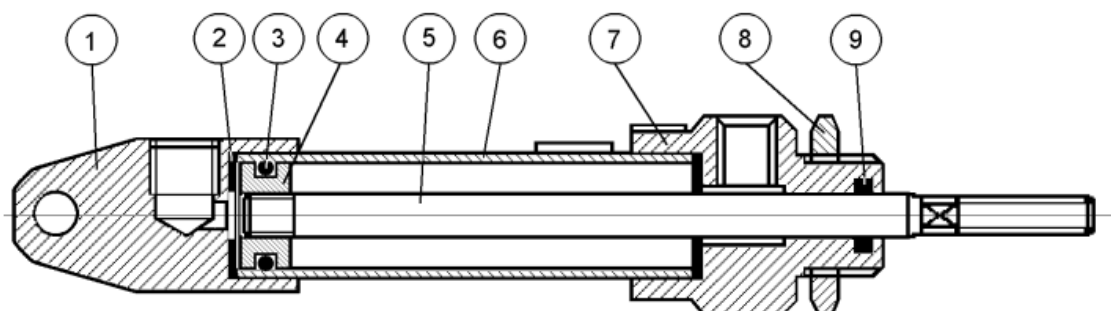


Figura 33 – Composição de um cilindro linear de duplo efeito

A Figura 33 apresenta um cilindro de duplo efeito em corte cujos componentes se descrevem com se segue:

- | | |
|--------------------|---------------------------------|
| 1. Tampa traseira | 6. Tubo/Corpo do cilindro |
| 2. Anel de encosto | 7. Tampa dianteira |
| 3. O-ring | 8. Porca de fixação do cilindro |
| 4. Êmbolo | 9. O-ring |
| 5. Haste | |

Atuadores rotativos

Os atuadores rotativos utilizam o ar comprimido para fazer movimentos de rotação. Apesar de se dividirem em dois grupos: os cilindros que possuem ângulo de rotação limitado e os motores pneumáticos que rodam continuamente, possuem o mesmo princípio funcional. O motor pneumático é constituído por um corpo normalmente em aço fundido, com um rotor no seu interior. Ao longo da periferia do rotor existem ranhuras radiais onde deslizam pequenas placas de metal denominadas palhetas. As palhetas são mantidas em contato com a parte interna do corpo do motor por meio de molas. No corpo do motor existem dois orifícios, um para entrada e outro para saída do fluido. Ou seja, o fluido entra na camara existente entre o

rotor e o corpo do motor empurrando as palhetas do rotor, provocando assim a sua rotação. Este movimento é então utilizado para acionar uma outra máquina (Parker, 2008).

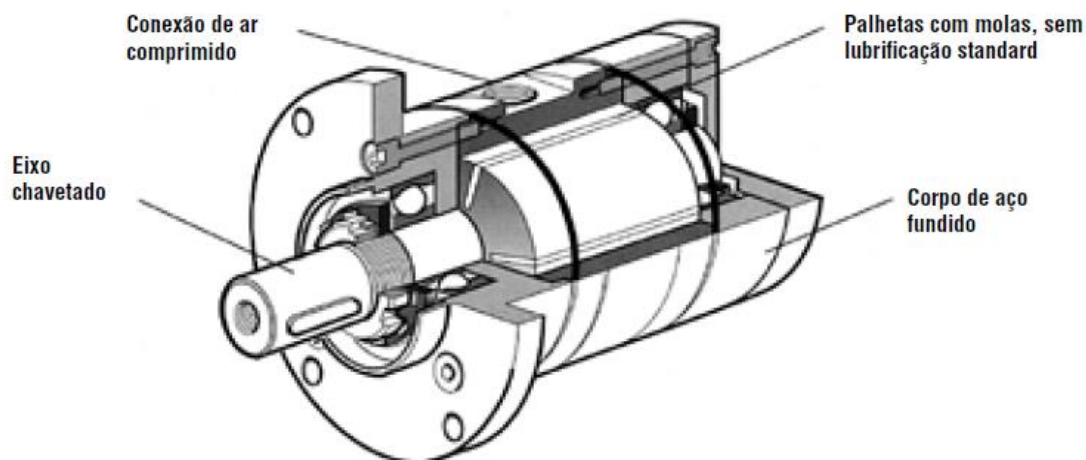


Figura 34 – Atuador rotativo (Parker, 2008)

Válvulas

As válvulas são componentes que permitem controlar a direção do fluxo do fluido, a sua pressão ou a quantidade de fluido que passa por um ponto do circuito num determinado período de tempo. Para cada uma destas funções existe um tipo específico de válvula (Parker, 2008):

- **Válvulas direcionais:** como o próprio nome indica, são válvulas que orientam o caminho do fluido.
- **Válvulas de bloqueio:** são válvulas que bloqueiam o sentido de circulação do fluido dentro do sistema.
- **Válvulas alternadoras:** são válvulas que permitem controlar a origem do fluido no caso de existirem duas entradas e uma saída de fluido.
- **Válvulas de pressão:** são válvulas que são acionadas a partir de uma certa pressão, permitindo manter a pressão constante no circuito.
- **Válvula de controlo de fluxo:** são válvulas que permitem regular/controlar a quantidade de fluido.

Todos os exemplos de válvulas apresentadas necessitam de um meio de acionamento. Neste âmbito, conforme a Figura 35, o acionamento das válvulas pode ser em (Niederauer, 1997):

- **Acionamento manualmente,** em que o operador controla as válvulas através de alavancas, pedais ou botões.

- **Acionamento elétrico**, as válvulas tem um componente elétrico chamado solenóide que comanda as válvulas.

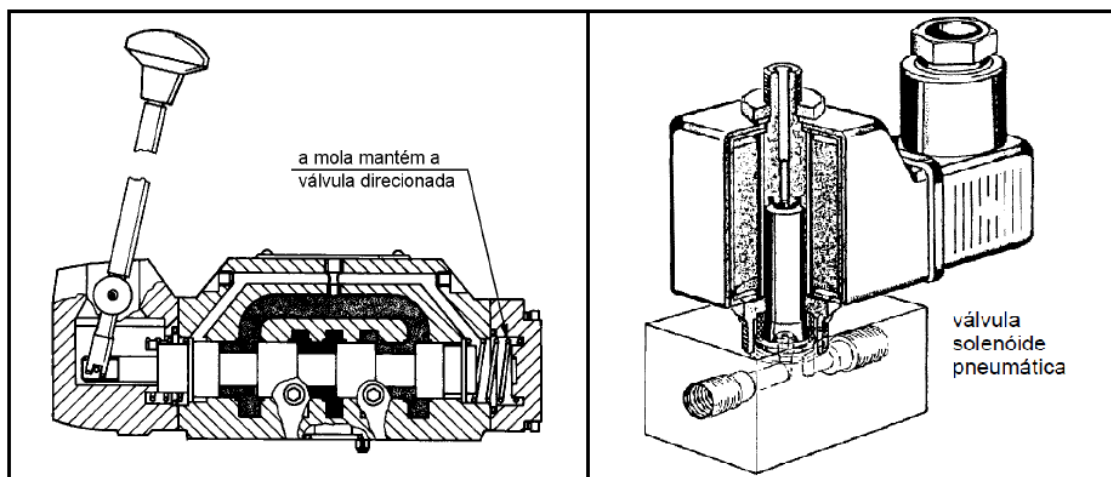


Figura 35 – Acionamento manual (esquerda); acionamento elétrico (direita) (Niederauer, 1997)

- **Acionamento mecânico**, utilizando batentes, roletes e molas para acionar as válvulas ou através do próprio fluido.

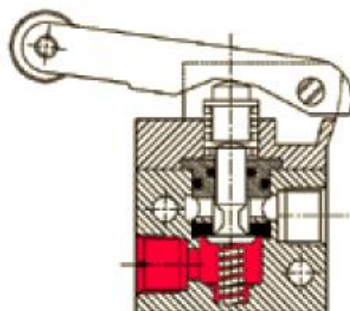


Figura 36 – Válvula acionada através de rolete (Parker, 2008)

São de seguida apresentadas as vantagens e limitações da pneumática como meio de acionamento (Parker, 2008):

Vantagens

- Redução dos custos de operação: colocando atuadores pneumáticos a substituir operações repetitivas dos operários, incrementa-se o ritmo de trabalho, levando a uma maior produtividade, reduzindo assim os custos de operação;
- Incremento da produção com investimento relativamente pequeno;
- Robustez dos componentes pneumáticos: a robustez inerente aos componentes pneumáticos possibilita a aplicação em ambientes hostis, suportando vibrações,

- poeiras, atmosferas corrosivas, humidade, submersão em líquidos, raramente prejudicando os componentes que previamente projetados para essas finalidades;
- Facilidade de introdução: possibilidade de introduzir componentes pneumáticos em equipamentos convencionais, permitindo assim com um baixo custo aumentar a sua produtividade;
 - Simples controlo: os controlos pneumáticos não necessitam de operários especializados para a sua manipulação;
 - Segurança: as pressões de trabalho de equipamentos pneumáticos envolvem sempre pressões moderadas, garantindo assim um ambiente seguro, evitando problemas de explosão;
 - Redução do número de acidentes: operações repetitivas provocam fadiga e descuidos por parte do operador, criando ambiente propício para acidentes. Com a introdução destes controlos pneumáticos reduz-se a probabilidade dessa ocorrência.

Limitações

- Elevados requisitos exigidos ao ar utilizado: remoção de impureza, eliminação de humidades para evitar corrosão;
- Fluido compressível: o ar comprimido é um fluido altamente compressível.

2.10. Método de Elementos Finitos

O Método de Elementos Finitos (MEF) é um método numérico para produzir soluções aproximadas para problemas que devam satisfazer um conjunto de equações diferenciais ou integrais no seu domínio, mas para as quais a complexidade do problema inviabiliza a obtenção de solução exata. No âmbito da mecânica estrutural, o MEF tem como objetivo principal determinar o estado de tensão e de deformação de um sólido de geometria arbitrária, sujeito a ações exteriores.

Antes do aparecimento do MEF, a análise de problemas era efetuada por resolução direta dos sistemas de equações de derivadas parciais que regem o fenómeno, tendo em consideração as necessárias condições fronteira. Este tipo de abordagem limitava bastante o tipo de problemas que podia ser analisado

O MEF é extremamente importante para definição e análise de estruturas complexas de engenharia, tais como estruturas aeronáuticas, aeroespaciais, automóveis, edifícios, pontes,

máquinas-ferramenta, etc. A modelação pelo MEF, atualmente, é uma ferramenta indispensável na elaboração de projetos de engenharia.

Com o recurso a várias simulações, pode-se determinar se a estrutura em análise responde aos requisitos funcionais, analisando assim as tensões instaladas, temperatura, escoamento de fluidos, aerodinâmica, entre outros parâmetros. Deste modo, pode ser identificado o parâmetro estrutural que mais afeta a resposta da estrutura às solicitações impostas, originando assim um conjunto de alterações geométricas ou materiais de forma a obter uma estrutura com a melhor relação preço/requisitos funcionais (Azevedo, 2003).

O diagrama de fluxo seguinte (Figura 37) pretende descrever a sequência de etapas para a realização de uma análise de MEF no Solidworks®, mais precisamente para uma análise estática (Campilho, 2012).



Figura 37 - Diagrama de fluxo de uma análise de MEF (Campilho, 2012)

2.10.1. Tipos de análise

Quando surge a necessidade de analisar uma estrutura, a primeira questão que se coloca é a sua classificação quanto à geometria e ações aplicadas. A forma como o MEF é aplicado, depende da simplificação dos problemas, originando assim diferentes tipos de análise.

2.10.1.1. Análise dinâmica ou estática

As estruturas são normalmente sujeitas a carregamentos dinâmicos, sendo que as forças de inércia associadas às acelerações a que cada um dos componentes está sujeito devem ser consideradas. Por esse motivo, seria de esperar que a análise de uma estrutura teria obrigatoriamente de ter em consideração os efeitos dinâmicos. Contudo, em muitas situações, é razoável considerar que as ações são aplicadas de um modo suficientemente lento, tornando desprezáveis as forças de inércia (Azevedo, 2003). Na análise linear, é considerado que após o

carregamento, o sólido retoma a sua forma inicial. Este tipo de análise permite obter os coeficientes de segurança, deslocamentos, tensões e reação nas ligações ao exterior (Campilho, 2012).

2.10.1.2. Não-linearidade geométrica

Na análise de uma estrutura sólida, é habitual considerar que os deslocamentos provocados pelas ações exteriores são muito pequenos quando comparados com as dimensões dos componentes da estrutura. Nestas circunstâncias, admite-se que não existe influência da modificação da geometria da estrutura na distribuição de esforços e das tensões, e todo o estudo é realizado com base na geometria inicial, ou seja, indeformada. Se esta hipótese não for considerada, a análise é designada não-linear geométrica (Azevedo, 2003).

2.10.1.3. Não-linearidade material

É também frequente considerar que, ao nível do material que constitui a estrutura, a relação entre tensões e deformações é linear. Nos casos em que esta simplificação não é considerada, é necessário recorrer a algoritmos específicos de análise não-linear material (Azevedo, 2003).

3. Desenvolvimento

3.1. Breve introdução ao trabalho prático

A presente dissertação intitulada “Desenvolvimento de Sistema de Apoio Dinâmico da Chapa, durante o Corte em Guilhotina” tem como principal objetivo, e como o próprio título indica, desenvolver um sistema de apoio dinâmico da chapa, durante o processo de corte em guilhotina, de forma a minimizar deformações na chapa aquando do corte.

3.2. Identificação do problema

Durante o processo de corte de chapa fina foi detetado um problema muito específico. Este ocorre quando se corta chapa fina ($e < 3$ mm) com um comprimento considerável ($l > 700$ mm). Como o corte é realizado com a lâmina inclinada, este leva ao empeno na última porção da chapa cortada, conforme o ilustrado na Figura 38, pois o peso da chapa já cortada provoca tensões elevadas de flexão na pequena área ainda por cortar.

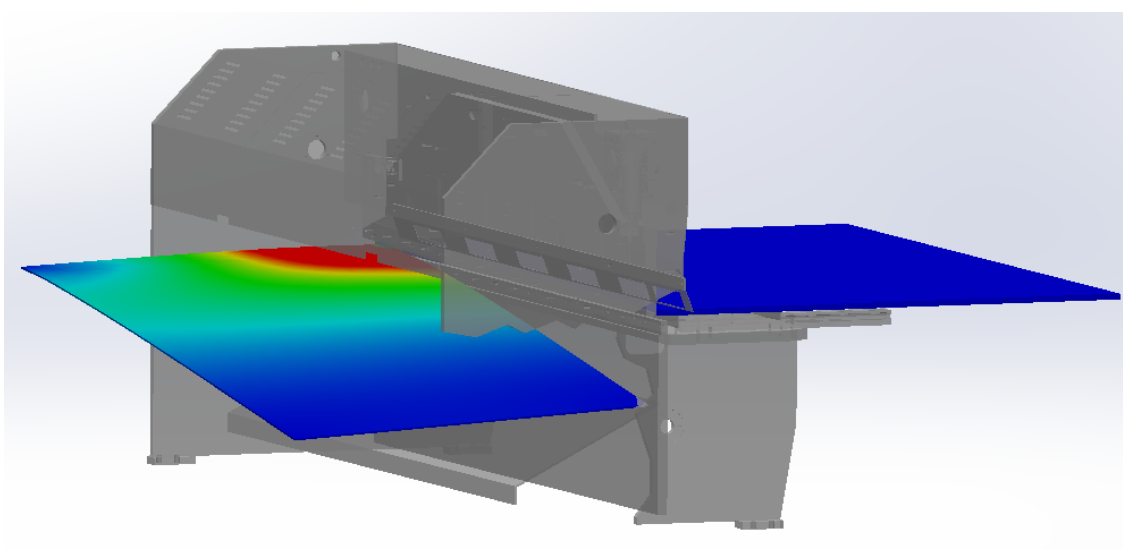


Figura 38 - Representação do corte em guilhotina e concentração de tensões na porção de chapa por cortar

Este problema constitui um grande constrangimento e transtorno quando se corta constantemente chapas com as referidas características, levando a uma diminuição de produtividade, já que é necessário executar, posteriormente ao corte, o seu desempenho.

Este inconveniente impossibilita a inclusão desta guilhotina numa linha de processamento pois, após o corte das chapas, é necessário ter um operador para as desempenar, antes destas passarem para outra etapa de processamento.



Figura 39 – Duas perspectivas dos defeitos em causa

Este tipo de defeitos tem sido atenuado com alguns dos acessórios já disponíveis no mercado. No entanto, o esperado é eliminar totalmente este defeito, através do suporte integral da chapa durante o corte.

3.3. Requisitos iniciais

Uma vez identificado o problema, elaborou-se um conjunto de requisitos a cumprir na elaboração e no funcionamento do sistema. São então listados, seguidamente, os requisitos:

- Suporte de chapa até 3 metros de largura e base de apoio entre 800 e 1000 mm;
- Movimentações dinâmicas, de forma a acompanhar o corte em guilhotina;
- Aproveitamento de recursos já disponíveis na empresa que lançou o desafio;
- Não permitir qualquer problema de segurança para o operário;
- Sistema fiável;
- Manutenção reduzida;
- Coeficiente de segurança mínimo: 2;

- Flecha máxima de componentes sujeitos a esforços: 5 mm;
- Orçamento reduzido (preferencialmente inferior a 4.000,00€).

3.4. Estudos prévios

Finalizada a pesquisa de sistemas existentes no mercado que permitissem minimizar/eliminar o problema para o qual esta dissertação foi desenvolvida, e elaborada toda a revisão bibliográfica, partiu-se para a realização dos croquis correspondentes a possíveis soluções.

Cada estudo prévio possibilitou, de uma forma muito expedita, a representação estrutural e funcional, a partir dos quais foram constatadas as suas vantagens e limitações.

Foram equacionadas diversas soluções, a saber:

- Opção A – Utilização de cilindros de membrana;
- Opção B – Apoios flexíveis;
- Opção C – Apoios em formato tesoura;
- Opção D – Plataforma inteira com movimento pneumático;
- Opção E – Plataforma fixa à lâmina superior;
- Opção F – Sistema de molas.

3.4.1. Opção A – Utilização de cilindros de membrana

A primeira solução equacionada consistiu na utilização de 4 cilindros de membrana, Figura 40, que suportariam uma estrutura tubular.



Figura 40 - Cilindro de membrana (Festo, 2013)

Esta solução consistiria numa estrutura inferior fixa aos montantes da guilhotina, com dois cilindros convencionais acoplados, um em cada montante, que teriam a função de movimentar o sistema para a posição de trabalho e recuar quando a guilhotina estivesse a cortar chapas de espessura superior a 5 mm. Na parte superior da estrutura acima descrita, localizar-se-iam quatro cilindros de membrana, que por sua vez suportariam uma estrutura secundária, constituída por dois tubos longitudinais e vários transversais.

A disposição dos tubos transversais está de acordo com os espaçamentos do esbarro por forma a apoiar a chapa durante o corte e garantir uma correta medição.

As diferentes fases de funcionamento são descritas seguidamente:

- Posição Superior (Figura 41) – posição em que os cilindros convencionais colocam a plataforma na horizontal e os cilindros de membrana são atuados, colocando a plataforma no mesmo plano que a mesa de trabalho da guilhotina. O operador posiciona devidamente a chapa contra o esbarro e a chapa é presa pelos calcadores. Antes de iniciar o corte, o esbarro desvia-se da chapa para evitar qualquer dano.

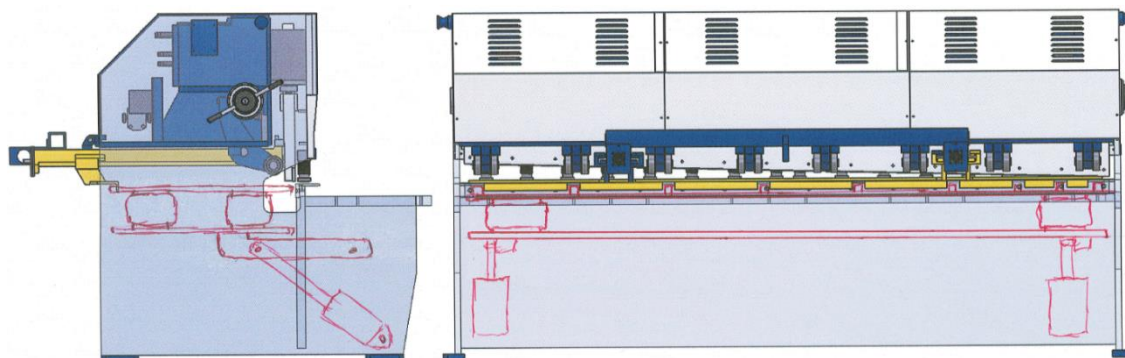


Figura 41 – Opção A – Posição “Superior”

- Posição intermédia (Figura 42) – Nesta posição os cilindros convencionais mantem-se atuados. Ao iniciar-se o corte, os cilindros de membrana, posicionados perto da zona de início do corte da chapa, começam a recuar, acompanhando o movimento da guilhotina. No final do corte, todos os cilindros de membrana se encontrariam recuados, voltando a colocar a plataforma na horizontal, mas num nível inferior.

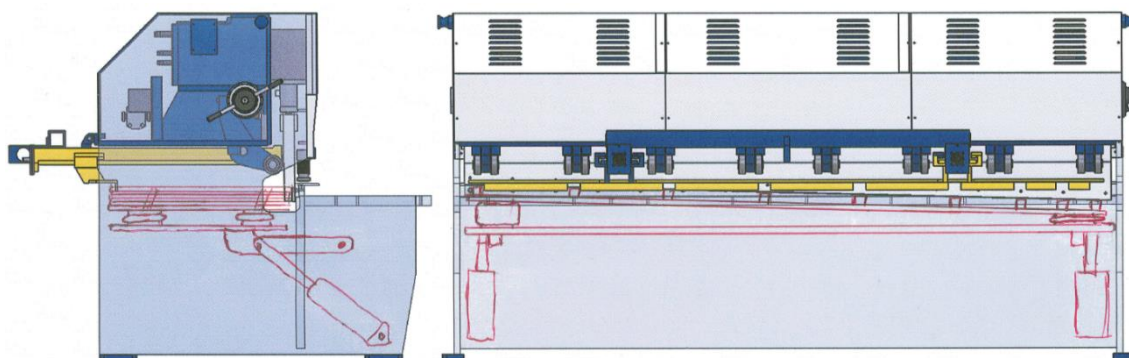


Figura 42 – Opção A – Posição “Intermédia”

- Posição de repouso (Figura 43) – Nesta fase do processo, todos os cilindros se encontrariam recuados, o que acontece quando se pretende descarregar a chapa ou a guilhotina está a cortar chapas superiores a 5 mm.

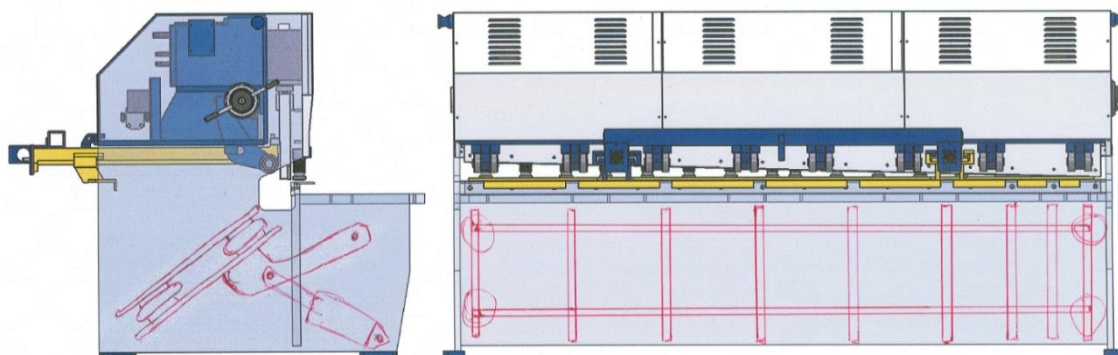


Figura 43 – Opção A – Posição “Repouso”

Vantagens:

- Estrutura simples devido à geometria regular de todos os componentes;
- Fácil coordenação de movimentos;
- Proteção contra sobrecargas incorporado.

Inconvenientes:

- Elevada manutenção, uma vez que os cilindros pneumáticos contêm uma membrana em borracha; esta vai-se desgastando com as utilizações, perdendo as suas características funcionais, não garantindo assim o devido posicionamento e levando ainda à possibilidade de colidir com a lâmina.

- Elevado custo dos componentes pneumáticos;
- Baixa precisão devido à elasticidade dos cilindros de membrana.

Esta solução poderia ser modificada de forma a minimizar os custos de produção, instalando apenas um cilindro de membrana em cada extremidade em vez de 2, conforme a Figura 44.

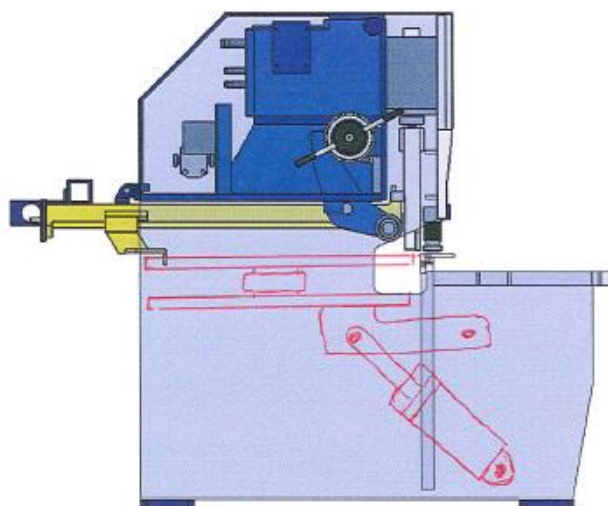


Figura 44 – Opção A – Apenas um cilindro em cada extremidade.

A solução A, apesar de apresentar um bom funcionamento inicial, pode no entanto apresentar inconvenientes com o aumento do curso dos cilindros de membrana, originando possíveis colisões com a lâmina. A baixa precisão e grande variação do curso fizeram com que esta opção fosse descartada.

3.4.2. Opção B – Apoios flexíveis

A segunda solução estudada consiste num sistema mecânico, em que os pontos de fixação passam de um apoio rígido para um sistema de molas associadas aos cilindros, um em cada extremidade. O sistema de molas permite oscilações em altura, quando solicitado por uma carga externa, como se pode verificar na Figura 45.

Princípio de funcionamento:

- Posição Superior (Figura 45) – posição em que os cilindros estão atuados, mantendo a plataforma posicionada no mesmo plano que a mesa de trabalho da guilhotina.

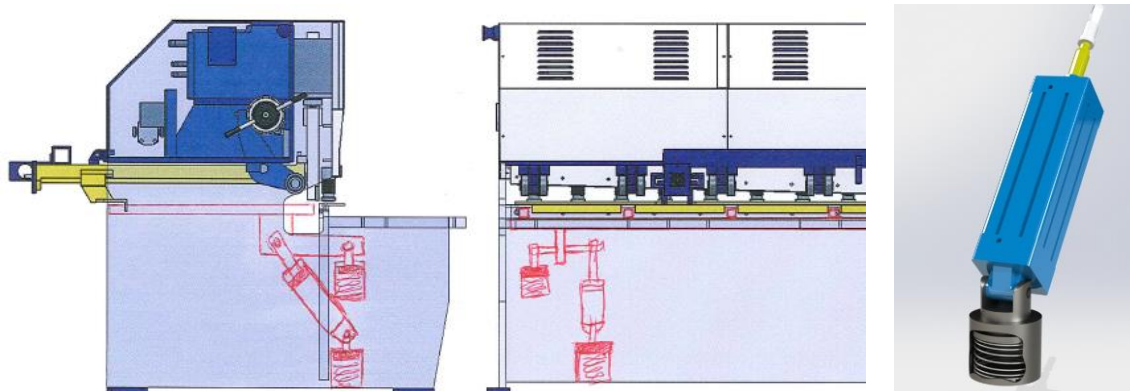


Figura 45 – Opção B – Posição “Superior” e acessório para os pontos de fixação

- Posição Intermédia (Figura 46) – A descida da lâmina iria provocar a compressão das molas dos primeiros apoios, por contacto da lâmina com a plataforma, ou diretamente nas molas. No fim do corte, a plataforma estaria posicionada na horizontal, mas num nível abaixo da mesa de trabalho da guilhotina.

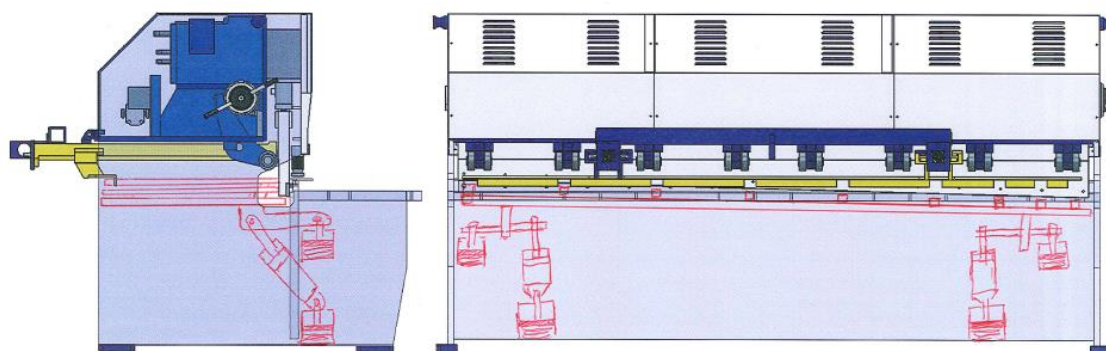


Figura 46 – Opção B – Posição “Intermédia”

- Posição Repouso (Figura 47) – Por forma a ser realizada a descarga da chapa no fim do corte, os cilindros recuam, conferindo inclinação à plataforma, sendo esta também a posição quando a guilhotina se encontra a cortar chapas superiores a 5 mm.

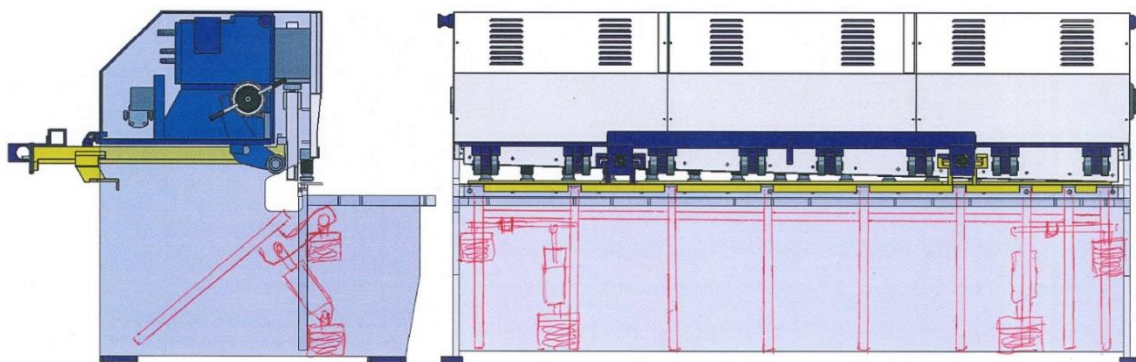


Figura 47 – Opção B – Posição “Repouso”

Vantagens:

- Sistema superior de suporte da chapa de fácil fabrico;

Desvantagens:

- Necessidade de manutenção intensa (lubrificação);
- Sistema sujeito a cargas elevadas quando a guilhotina corta chapas superiores a 5 mm;
- Perda da precisão com a repetição de movimentos, devido perda da elasticidade das molas.

Em suma, as desvantagens acima enumeradas comprometem a viabilidade deste sistema.

3.4.3. Opção C – Apoios em forma de tesoura

A terceira solução passa pelo mesmo princípio de funcionamento da opção A. Contudo em vez de se instalarem cilindros de membrana, consideram-se apoios individuais em formato de tesoura.

Este sistema de tesoura possui uma mola que mantém sempre o sistema de tesoura aberto. O sistema apenas fecha quando solicitado pela chapa cortada, comprimindo a mola.

De forma a colocar estes suportes individuais na horizontal e na posição de repouso, recorrer-se-ia a dois cilindros convencionais, um em cada extremidade. Todos os apoios estariam interligados por uma barra ou perfil tubular. Este sistema em formato tesouras individuais

permitiria um acompanhamento integral da chapa durante o corte, pois os apoios só começariam a fechar quando solicitados pela lâmina.

A Figura 48 é um esboço de um sistema de tesoura que seria instalado em cada extremidade, pois por debaixo do sistema tem um cilindro pneumático para efetuar os movimentos de descarga da chapa.

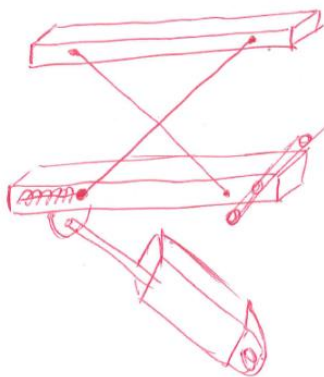


Figura 48 – Opção C - suporte mecânico individual em formato de tesoura

Princípio de funcionamento:

- Posição Superior (Figura 49) – posição em que os cilindros estão atuados e os apoios não estão solicitados, posicionado a plataforma na horizontal no mesmo plano que a mesa de trabalho da guilhotina.

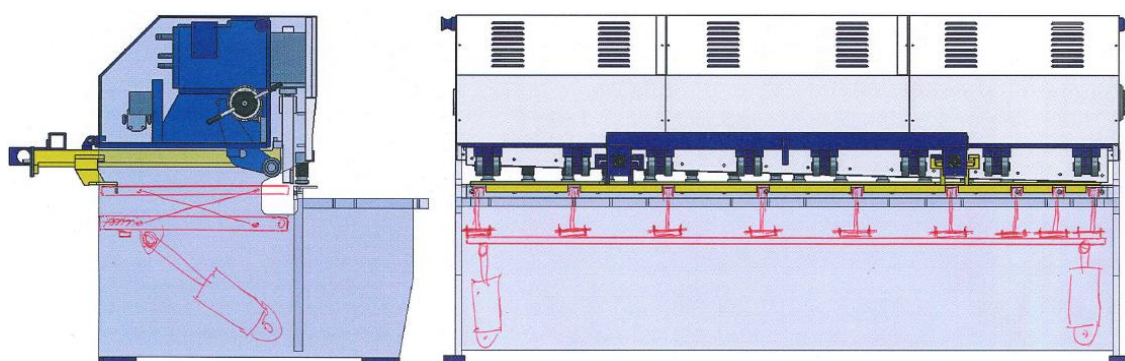


Figura 49 – Opção C – Posição “Superior”

- Posição Intermédia (Figura 50) – A descida da lâmina iria provocar a compressão das molas dos primeiros apoios, por contacto da lâmina com a plataforma. No fim do corte, a plataforma voltaria à posição superior.

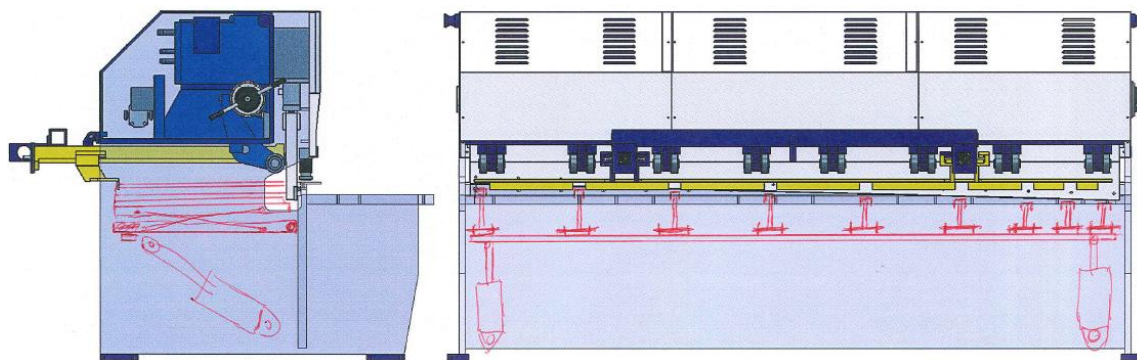


Figura 50 – Opção C – Posição “Intermédia”

- Posição Repouso (Figura 51) – Por forma a ser realizada a descarga da chapa no fim do corte, os cilindros recuarão, conferindo inclinação à plataforma. Esta posição será a mesma quando a guilhotina se encontra a cortar chapa de espessura superior a 5 mm.

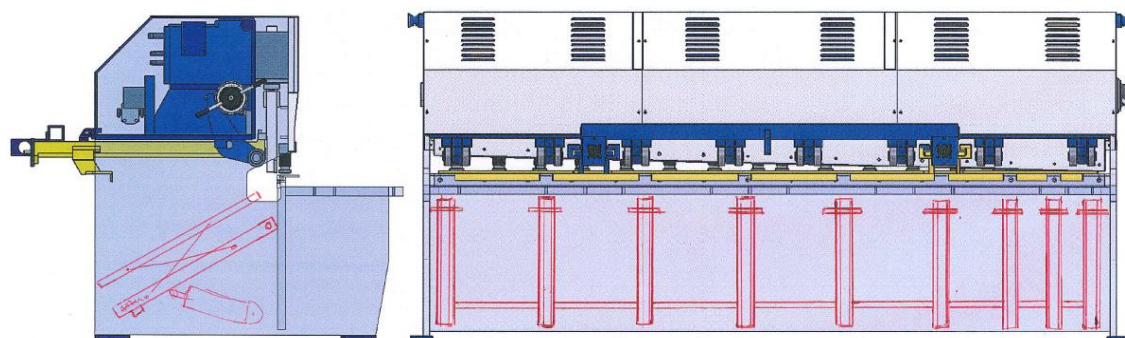


Figura 51 – Opção C – Posição “Repouso”

Vantagens:

- Ajuste individual do suporte durante o corte, originando uma superfície de apoio com uma inclinação exatamente igual à da lâmina.

Desvantagens:

- Construção complexa;
- Muitas etapas de fabrico;
- Preço da mão-de-obra necessária;
- Seleção da mola vs espessura da chapa bastante complicada;
- A mola responsável pelo ajuste dos suportes durante o corte poderá ser um inconveniente, pois perde a elasticidade ao longo dos ciclos de trabalho;
- Necessidade de ajuste fino das molas.

3.4.4. Opção D – Plataforma inteira com movimento pneumático

A opção D consiste numa chapa inteira manobrada por quatro cilindros. Na parte superior desta chapa são posicionados tubos de acordo com o espaçamento dos esbarros. Devido à falta de espaço quando a plataforma está na posição de repouso, os cilindros foram instalados de forma a ficarem cruzados.

Princípio de funcionamento:

- Posição Superior (Figura 52) – posição em que todos os cilindros convencionais, estão atuados, posicionando a plataforma ao mesmo nível da mesa de trabalho da guilhotina.

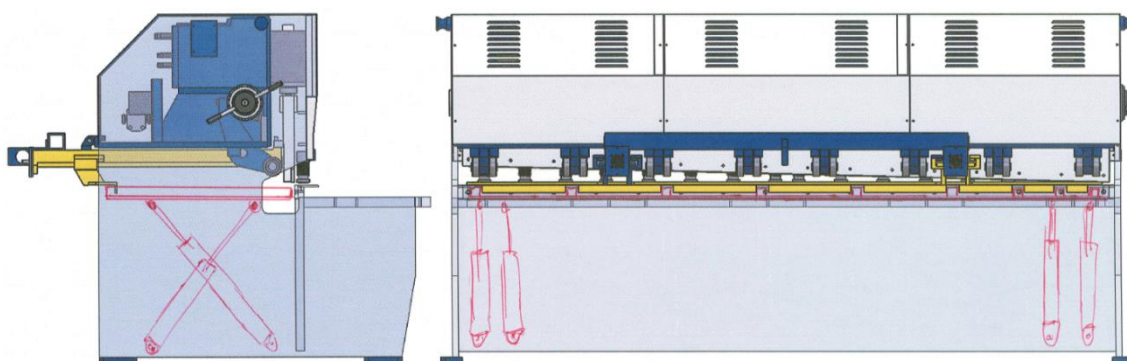


Figura 52 – Opção D – Posição “Superior”

- Posição Intermédia (Figura 53) – Dado início ao corte, os cilindros da direita vão recuando, fazendo com que a plataforma acompanhe o corte da chapa. É de salientar que, no final do corte, os cilindros não estão totalmente recuados.

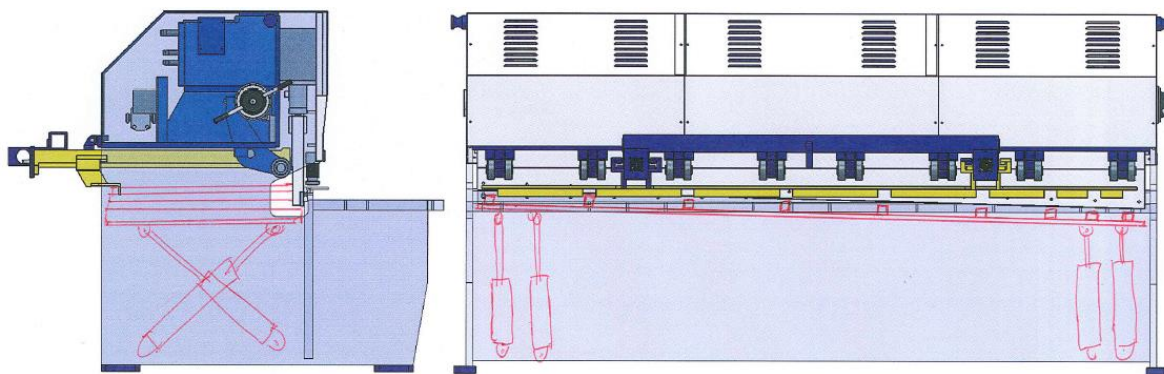


Figura 53 – Opção D – Posição “Intermédia”

- Posição Repouso (Figura 54) – De forma a permitir a descarga da chapa no final do corte, os cilindros fixos no interior da máquina recuam mais um pouco, conferindo a inclinação necessária à plataforma.

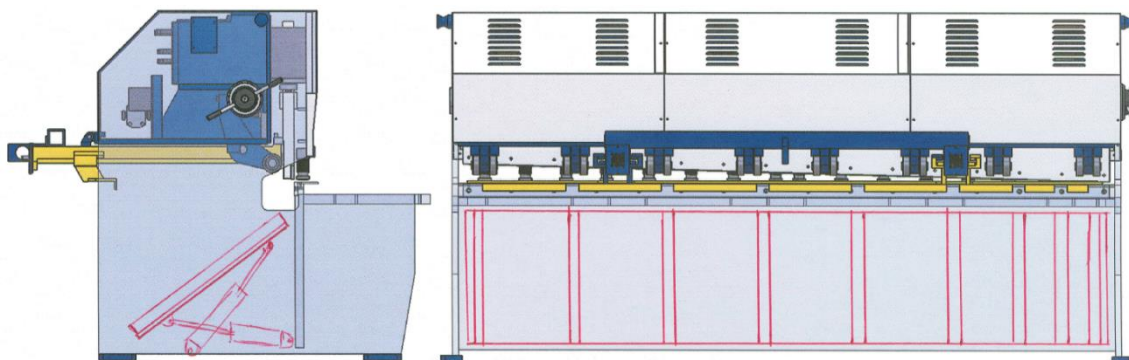


Figura 54 – Opção D – Posição de “Repouso”

Vantagens:

- Estrutura simples;
- Poucas etapas de fabricação;
- Repetibilidade garantida graças ao sistema pneumático.

Inconvenientes:

- Preço dos componentes pneumáticos.

3.4.5. Opção E – Plataforma fixa à lâmina superior

Esta opção (Figura 55) passa pela fixação da plataforma à lâmina superior. Assim que a lâmina inicie o seu percurso, a plataforma acompanha-a em todos os seus movimentos.

O sistema teria ainda instalados dois cilindros, um em cada extremidade, fixos à lâmina superior e à plataforma, que permitiriam a descarga das chapas.

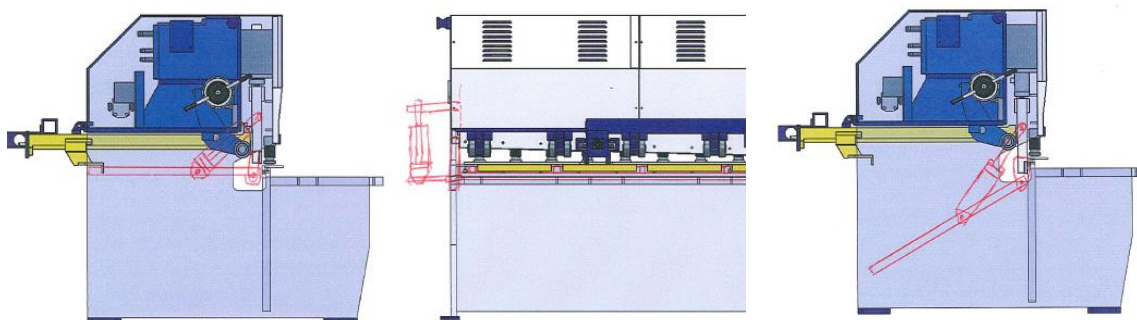


Figura 55 – Opção E – Posição “Superior”(esquerda) e de “Repouso / Descarga” (direita)

Vantagens:

- Sistema com pouca manutenção.

Inconvenientes:

- Necessidade de aumentar a largura da máquina;
- Impossibilidade de implementação do sistema em máquinas já vendidas;
- Uma vez que a plataforma se encontra sempre na horizontal e a lâmina apresenta inclinação relativamente à plataforma, durante o processo de corte a chapa não iria ser totalmente suportada pela plataforma.

Em suma, as desvantagens acima enumeradas comprometem a viabilidade deste sistema.

3.4.6. Opção F – Sistema de molas

Esta solução passa pelo mesmo princípio de funcionamento da opção A. Contudo, é-lhe implementado um conjunto de molas (Figura 56 e Figura 57). À medida que a chapa vai sendo

cortada, a lâmina solicita as molas, fazendo com que estas desçam, acompanhando o processo de corte da chapa. Após o corte, o grupo de cilindros descarrega a chapa.

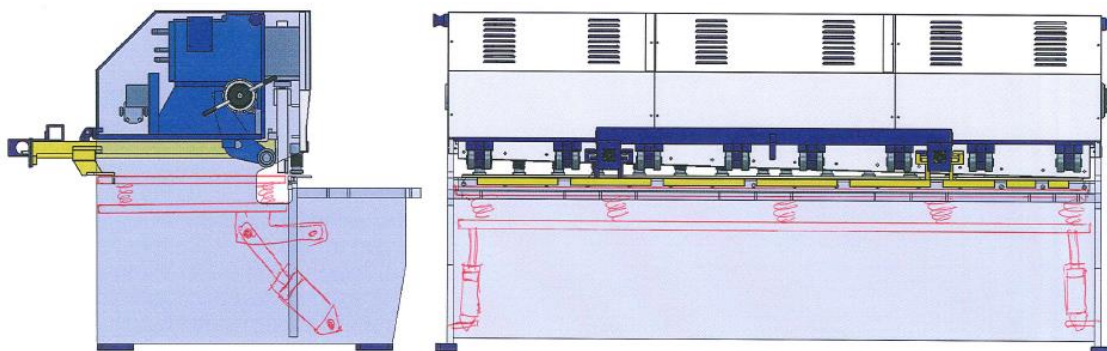


Figura 56 – Opção F – Posição “Superior”

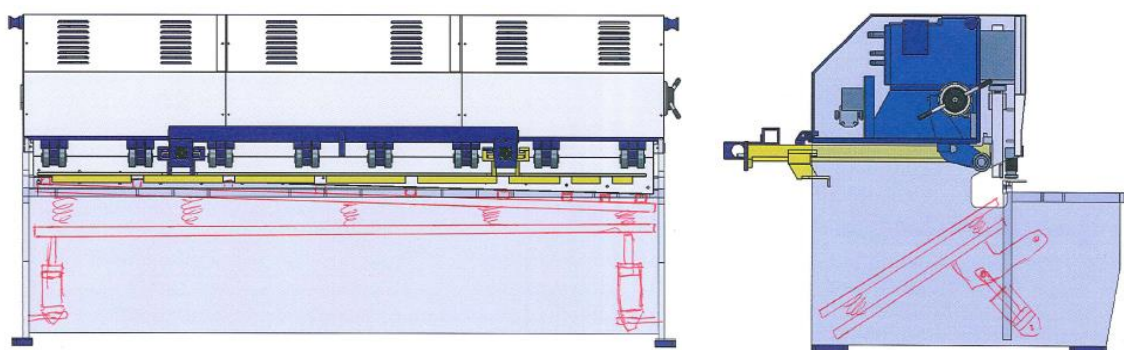


Figura 57 – Opção F – Posição “intermédia” (esquerda) e “Repouso” (direita)

Vantagens:

- Acompanhamento total do sistema durante o corte da chapa.

Inconvenientes:

- É necessário que os cilindros resistam à força exercida nas molas durante o corte;
- Verifica-se perda de elasticidade das molas com o uso;
- Relação da elasticidade das molas vs espessura da chapa é difícil de apurar.

Relativamente à opção F as desvantagens acima enumeradas comprometem a viabilidade deste sistema.

3.5. Solução adotada

A solução mais adequada foi a opção D, pois reuniu o maior número de vantagens e possibilita um bom funcionamento e repetibilidade de movimentos ao longo da vida de uma guilhotina. Assim, foram elaborados todos os desenhos preliminares em 3D, de forma a modelar a estrutura e começar a otimizar a mesma, cumprindo todos os requisitos inicialmente estipulados. Assim, na Figura 58 poderá observar-se a aplicação da estrutura preliminar no corpo de uma guilhotina já existente no mercado.

A plataforma consiste numa estrutura suportada por quatro cilindros pneumáticos, na qual é necessário instalar um sistema de guia que permita a estrutura movimentar-se para cima e para baixo, assim como inclinar-se, mas sempre sem chocar contra a estrutura da plataforma. Assim sendo, foi idealizado um sistema que guie corretamente toda a estrutura.

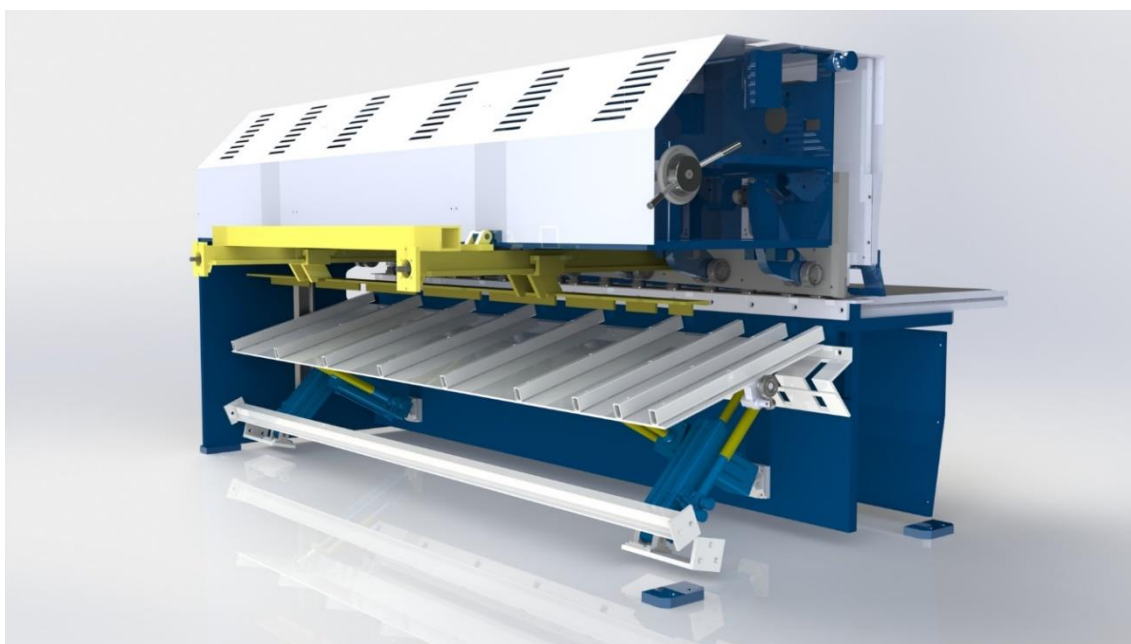


Figura 58 – Vista em perspectiva da versão preliminar

3.5.1. Principais grupos de componentes

De uma forma sucinta, poderá dizer-se que a solução passa por utilizar uma plataforma que seja compatível com a estrutura da máquina, à qual serão acoplados quatro cilindros

pneumáticos que irão promover os movimentos requeridos ao sistema (Figura 59). Com vista a evitar que a plataforma colida com os montantes ou perca a sua estabilidade em qualquer um dos movimentos a que vai estar sujeita, será necessário adotar um sistema de guiamento, o que reduza os graus de liberdade da plataforma, restringindo o seu movimento a uma área bem definida, dentro dos montantes da máquina.

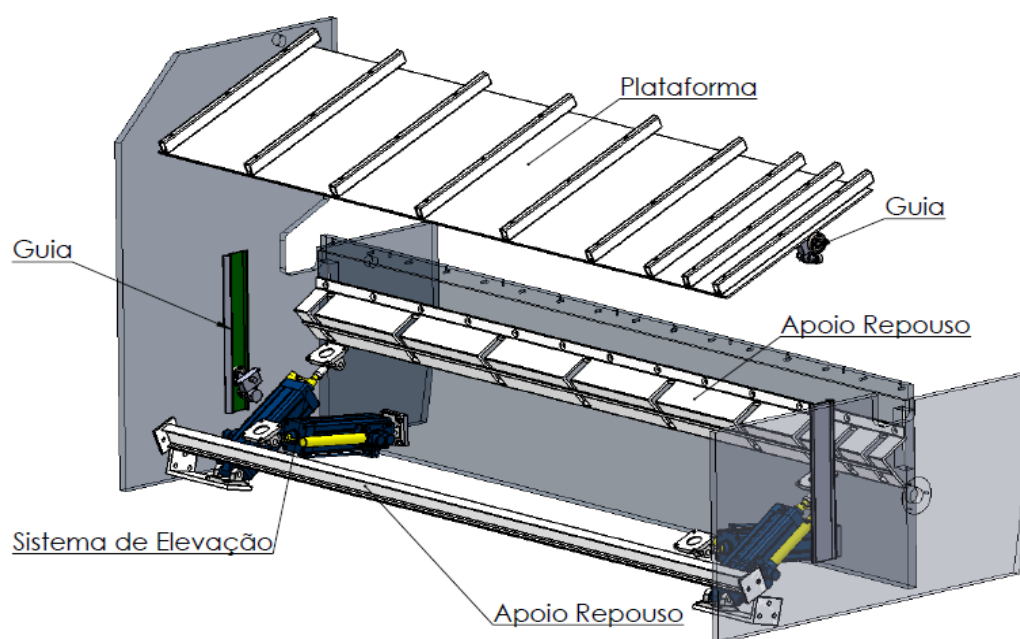


Figura 59 – Representação dos principais componentes da versão inicial

3.5.2. Princípio-base de funcionamento

O princípio-base de funcionamento da plataforma assenta essencialmente em 4 posições distintas de trabalho, a saber:

- Posição superior;
- Posição intermédia: fase inicial e final do corte;
- Posição de descarga da chapa;
- Repouso.

- **Posição Superior (Figura 60):** Nesta posição a plataforma encontra-se ao mesmo nível da mesa da guilhotina, garantido a horizontalidade da chapa e uma medição correta da mesma, através de um conveniente encosto ao esbarro. Após o seu posicionamento, os calcadores imobilizam a chapa e o esbarro recua automaticamente cerca de 100 mm, evitando que as tensões geradas pelo corte na chapa danifiquem o mesmo.

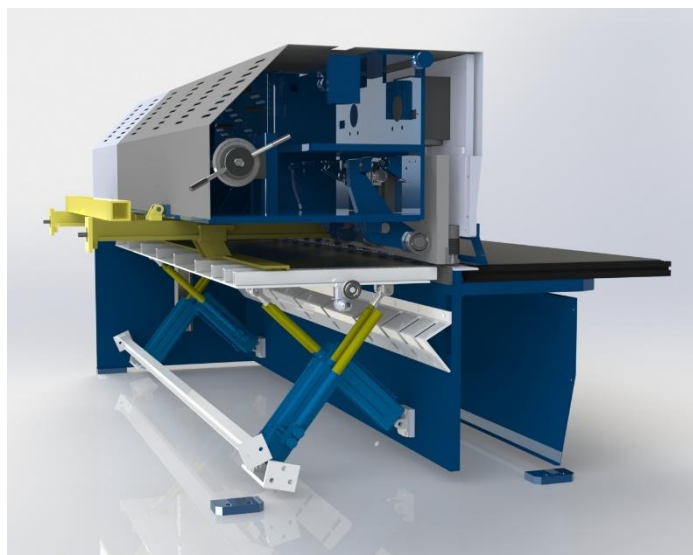


Figura 60 – Vista do sistema na posição superior

- **Posição Intermédia (Figura 61):** Iniciado o corte é dado o comando aos cilindros do lado direito para recuarem, o que resulta na inclinação da plataforma. Milésimas de segundos depois, é dada a mesma ordem aos cilindros do lado oposto. A coordenação dos movimentos executados pelos cilindros será de extrema importância no processo de corte, uma vez que são estes que permitirão que a plataforma sustente a chapa cortada garantindo o máximo de acompanhamento possível.



Figura 61 – Vista do sistema na posição intermédia: início do corte - esquerda e fase final do corte - direita

- **Posição de Descarga da Chapa (Figura 62):** Após o corte da chapa, são acionados os dois cilindros do interior, de forma a aumentar a inclinação longitudinal o máximo possível, levando à descarga da chapa.

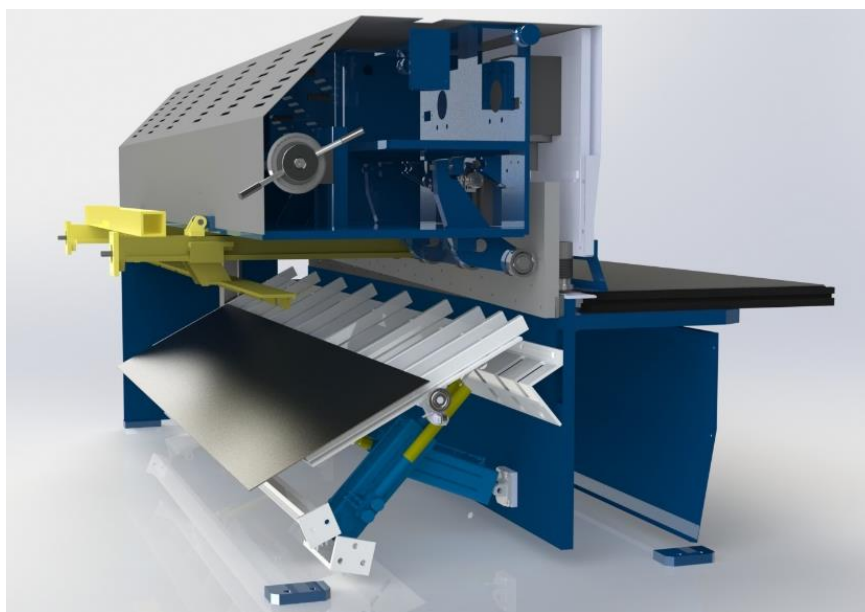


Figura 62 - Sistema na posição "descarga da chapa"

- **Repouso (Figura 63):** Esta posição consiste na fase final do ciclo, ou seja, quando se dá o processamento de corte de chapa com espessura igual ou superior a 5 mm. Uma vez que os componentes pneumáticos foram dimensionados para movimentar a estrutura da plataforma de chapas até 5 mm de espessura, sentiu-se a necessidade de implementar uma estrutura que permitisse otimizar o equipamento, fazendo com que o corte não fosse limitado a espessuras inferiores a 5 mm. Assim sendo, optou-se por colocar dois apoios longitudinais que

absorvessem as cargas do impacto da queda da chapa na plataforma, quando se corta chapas superiores a cinco milímetros.



Figura 63 - Sistema na posição repouso

Depois de observado cuidadosamente o modelo preliminar, foi necessário focar a atenção em cada subconjunto. Cada grupo sofreu a devida evolução, devido às suas necessidades específicas.

3.5.3. Evolução dos subconjuntos

3.5.3.1. Plataforma

Este componente tem como funcionalidade receber a chapa, quer na posição de repouso, quer durante o processo de corte de chapa fina. Inicialmente a plataforma foi idealizada como uma única chapa conforme a Figura 66, reforçada longitudinalmente com um perfil “T”, de forma a reduzir a flexão o mais possível, e tubos de perfil quadrado na parte superior, posicionados transversalmente e devidamente espaçados, de forma a possibilitar a medição da chapa antes do corte, com o auxílio do esbarro.

O espaçamento dos tubos está de acordo com as aberturas do esbarro (Figura 64).

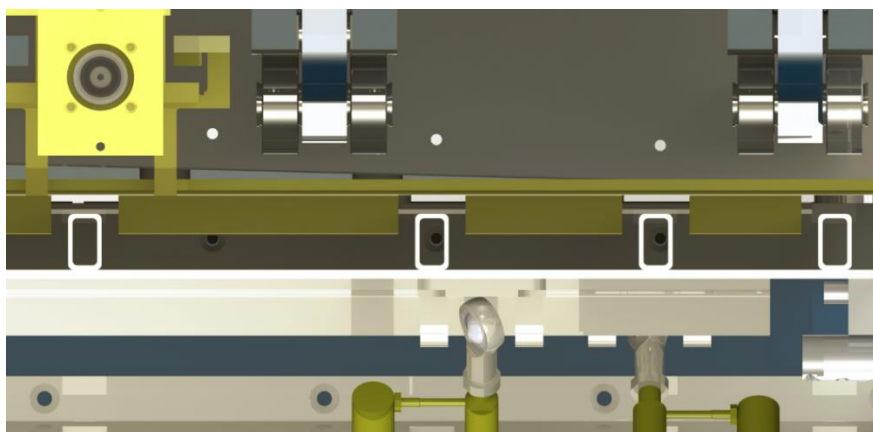


Figura 64 – Distribuição dos tubos da plataforma de acordo com as aberturas do esbarro representado a amarelo

Através de uma análise mais pormenorizada de todo o sistema, foi possível detetar grandes lacunas nesta estrutura preliminar. Uma das grandes lacunas desta solução passa pelas dificuldades sentidas quando se coloca a hipótese de avaria na posição de repouso. Ou seja, se a plataforma encrava na posição de repouso, os técnicos de manutenção terão uma elevada dificuldade em aceder aos componentes pneumáticos, pois todos eles se encontram por baixo da mesa, conforme Figura 63.

Outro grande problema passa pelo processo de montagem da plataforma, visto que é de grandes dimensões e apresenta um peso considerável, sendo necessário recorrer a meios de elevação. Esta última condicionante leva ainda à exigência de um grande reforço longitudinal, por forma a evitar a flexão.

Com o objetivo de eliminar estes pontos negativos, a plataforma sofreu algumas alterações que passaram pela divisão desta em diversos componentes: o chassis, juntamente com uma placa central, e duas tampas amovíveis.

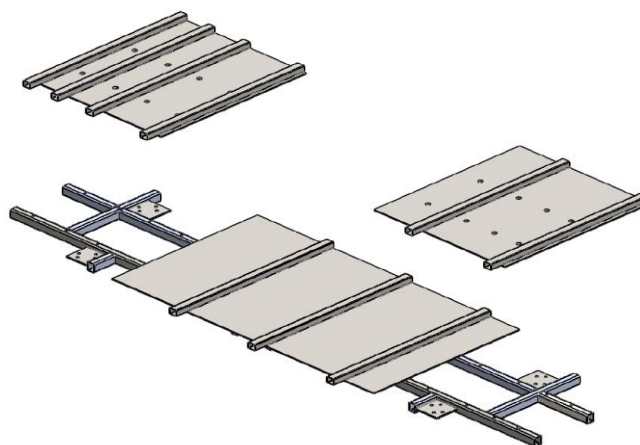


Figura 65 – Diversos componentes da versão final da plataforma

Como se pode verificar na Figura 65, o chassis é constituído por dois tubos retangulares longitudinais e alguns tubos perpendiculares, que possibilitam a colocação de chapas que servem de base aos acessórios de fixação dos cilindros e da guia.

Por cima do chassis existe uma chapa dividida em 3 partes, dos quais uma das partes é fixa ao chassis e as outras duas são amovíveis. Esta solução, para além de facilitar a montagem da plataforma, permite ainda aceder facilmente às partes inferiores, para manutenção ou inspeção.

Comparando a Figura 66 e Figura 67, pode-se observar a solução inicial da plataforma e a solução final com as alterações descritas acima.

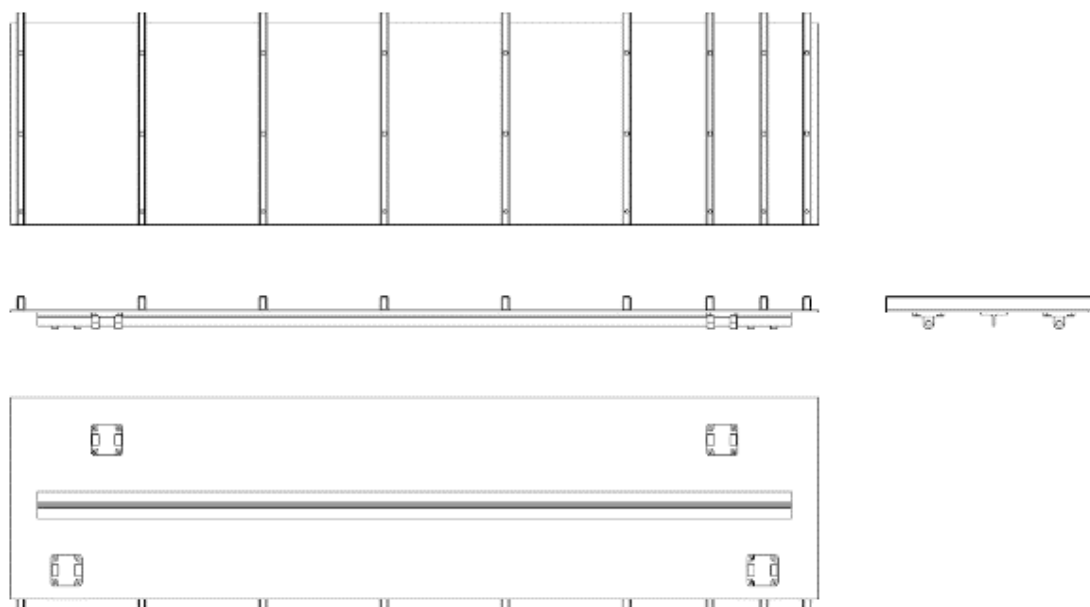


Figura 66 – Vistas ortogonais da versão inicial da plataforma

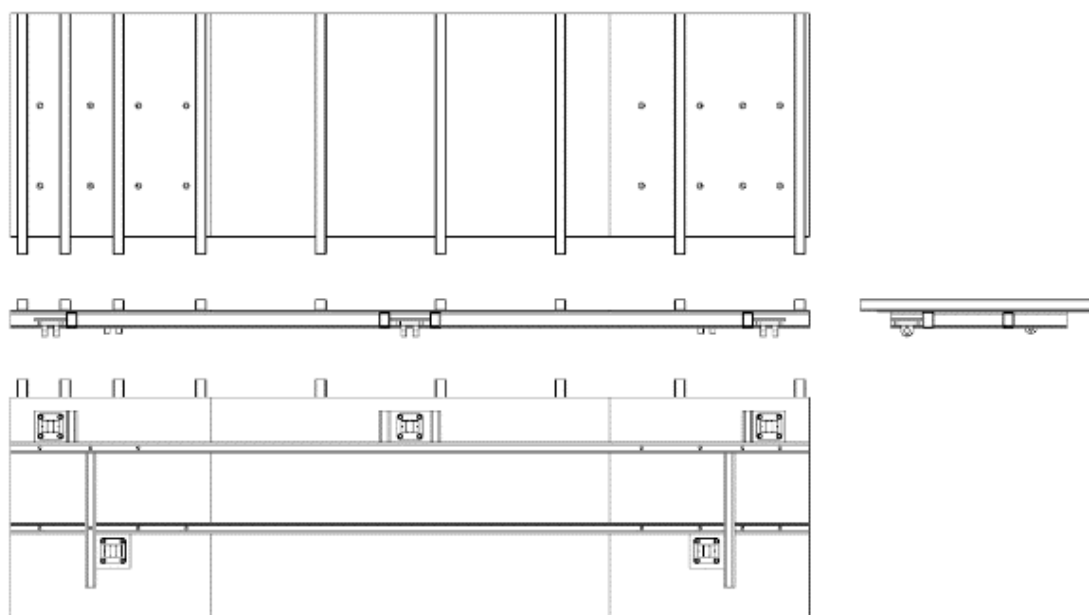


Figura 67 – Vistas ortogonais da versão final da plataforma

Ainda para este conjunto, foi pensada a forma de fixação das chapas amovíveis ao resto da estrutura. Foram idealizados vários furos, quer na chapa, quer nos perfis tubulares, para a passagem dos parafusos.

Os parafusos escolhidos apresentam cabeça de embeber, de forma a não ficar nenhuma parte saliente, facto que poderia causar acumulações de chapas cortadas, impedindo o desliz das mesmas na descarga.

Por outro lado, como existe a possibilidade de ter que se retirar as tampas com a estrutura na posição de repouso, optou-se por soldar as porcas, conforme a Figura 68, possibilitando o desaperto dos parafusos sem a necessidade de se colocar uma mão por baixo a fixar a porca, já que o espaço é extremamente reduzido e de difícil acesso.

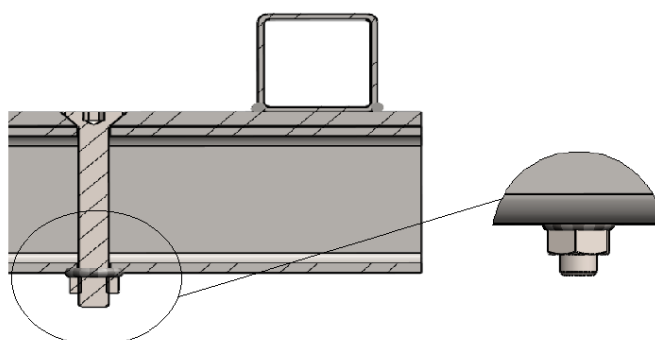


Figura 68 – Pormenor relativo à fixação das chapas amovíveis da plataforma

3.5.3.2. Guia

Independentemente do tipo de cilindros que futuramente sejam selecionados, é fundamental perceber os graus de liberdade que a plataforma possa ter quando fixa apenas pelos quatro cilindros.

Com a Figura 69 e Figura 70, pretende-se representar os movimentos possíveis e quais os que têm de ser anulados. Observando frontalmente a plataforma (Figura 69), constata-se que esta pode movimentar-se verticalmente. Para além destes movimentos, a conjugação dos movimentos dos diferentes cilindros para obtenção da inclinação da plataforma poderá provocar colisões desta com a estrutura da guilhotina.

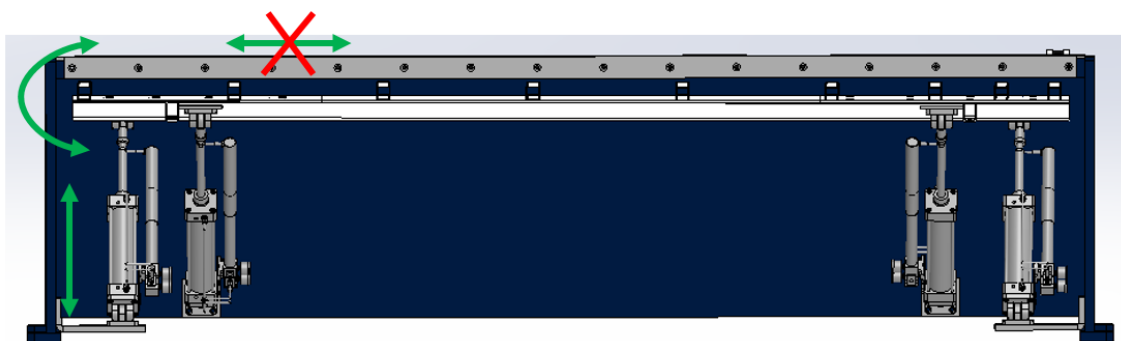


Figura 69 – Representação dos movimentos possíveis da plataforma na vista frontal

Observando agora a plataforma lateralmente (Figura 70), é possível verificar mais uma vez que esta tem liberdade para se movimentar verticalmente. Também nesta vista a conjugação dos movimentos dos diferentes cilindros para obtenção da inclinação da plataforma, poderá provocar colisões desta com a estrutura da guilhotina.

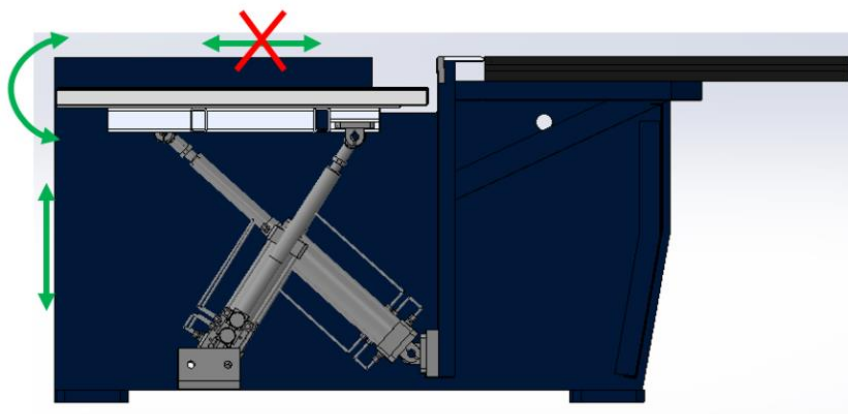


Figura 70 – Representação dos movimentos possíveis da plataforma na vista lateral

Com o objetivo de evitar os movimentos indesejados acima indicados, idealizou-se a instalação de uma guia em cada extremo da plataforma.

Esta guia consiste numa calha fixa ao montante da guilhotina (Figura 71), na qual o rolamento tem liberdade para se movimentar no sentido B; a esta guia acoplou-se um sistema amortecedor com um rolamento que permite controlar os movimentos no sentido A.

Quando se dá o início do corte da chapa, a plataforma inicia o seu trajeto de inclinação, comprimindo a mola do lado direito enquanto a do lado oposto expande, limitando e controlando o movimento da plataforma, evitando assim os movimentos assinalados na Figura 69.

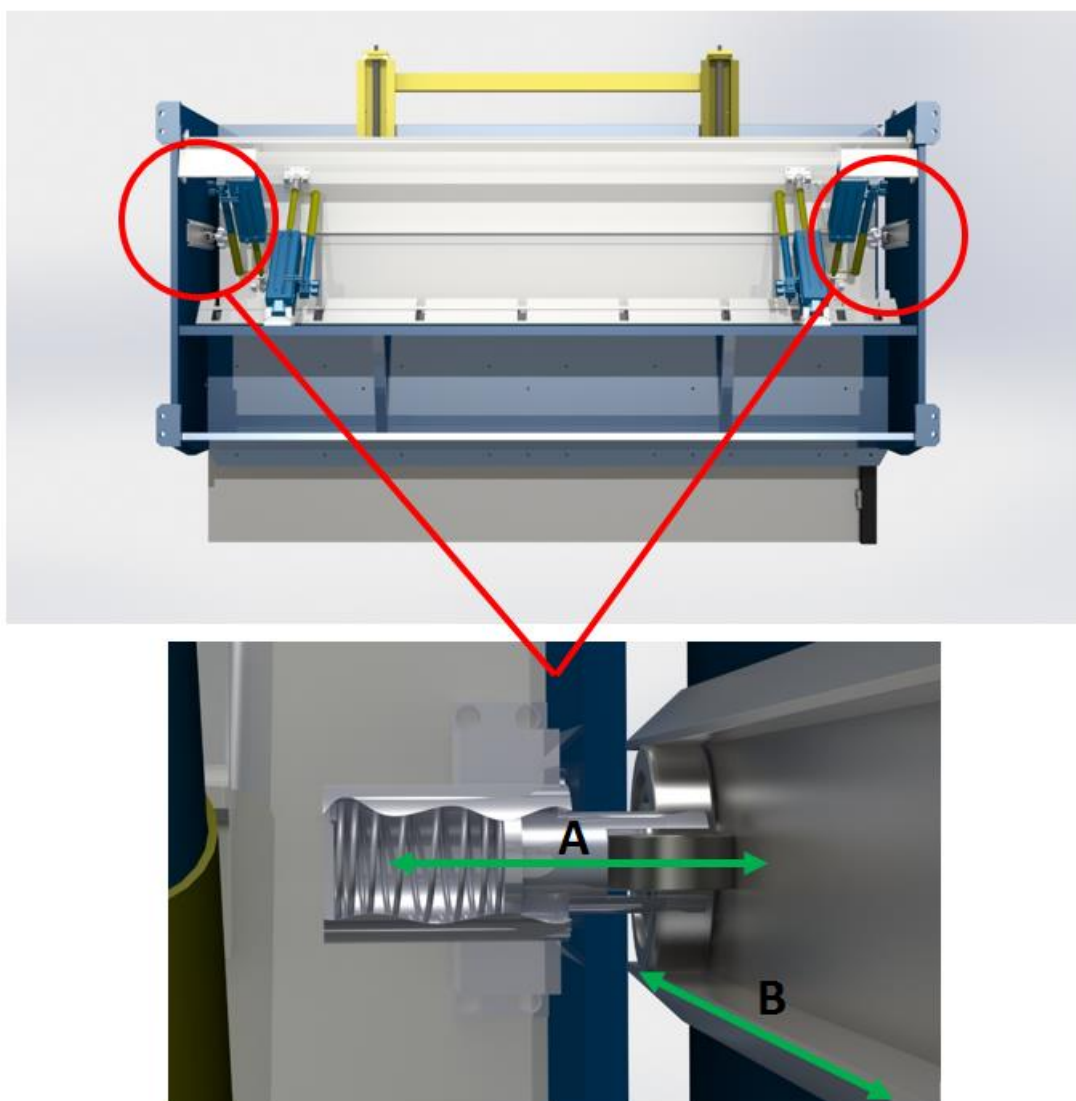


Figura 71 – Vista de baixo da máquina em cima e vista ampliada do sistema inicial do guiamento em baixo

Quando a plataforma se desloca para cima e para baixo, o rolamento mantém sempre a mesma trajetória da plataforma, evitando o movimento indesejado representado na Figura 70.

Os inconvenientes deste sistema de guiamento prendem-se, principalmente, pelo facto de este apresentar uma grande complexidade de fabricação. Por outro lado, aquando da descarga da chapa cortada, esta poderia colidir com as calhas dos rolamentos, conforme o representado na Figura 72.

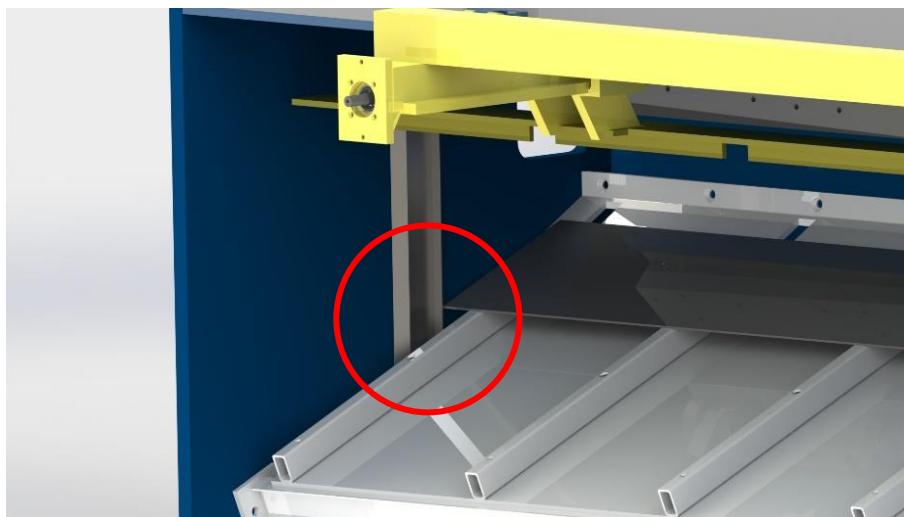


Figura 72 – Colisão entre a chapa cortada e a guia dos rolamentos

Com o intuito de ultrapassar as limitações indicadas e simplificar ao máximo a estrutura, optou-se pela instalação de uma única guia central, posicionada por baixo da plataforma.

Este sistema de guiamento consiste num varão retangular que desliza no interior de um casquilho com material autolubrificante. O varão poderia ainda ter uma secção quadrada, mas nunca redondo, uma vez que tal solução possibilitaria que a plataforma rodasse e colidisse com a estrutura da guilhotina.

Para que a plataforma assumisse várias inclinações, ou seja, inclinação durante o corte da chapa, durante a descarga e o posicionamento da plataforma na posição de repouso, foi idealizada a utilização de uma rótula central na extremidade superior da guia, como se pode verificar na Figura 73.

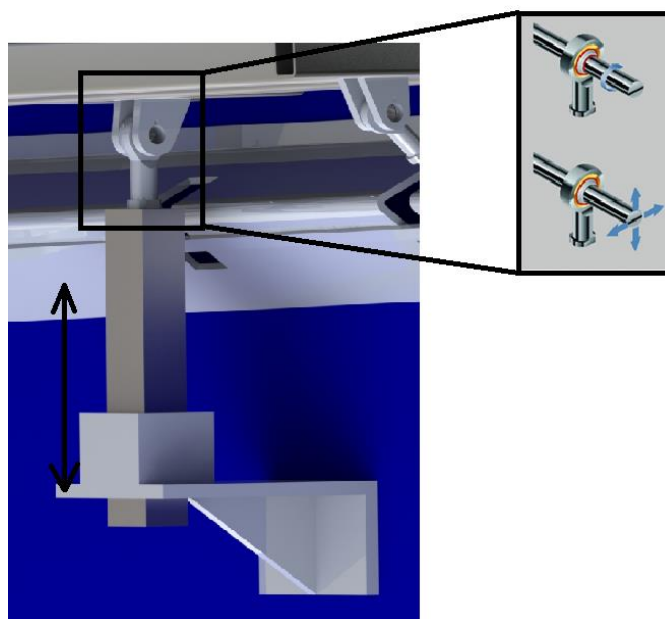


Figura 73 – Guia central com varão retangular e uma rótula

Esta solução simplifica bastante o sistema inicialmente projetado, contudo, continua com uma grande complexidade na fabricação, quer do varão, quer do casquilho, uma vez que este tipo de deslizamento não é muito utilizado na indústria.

O conjunto de veio/casquilho teria de ser fabricado por uma empresa do ramo, o qual seria de fabrico único e específico para esta plataforma. Esta solução poderia acarretar um grande inconveniente, aquando da necessidade de substituição do mesmo, em que, ou o cliente possuía conjuntos em armazém, ou teria de ficar com a guilhotina inativa até receber o componente de substituição.

Pala além das limitações acima descritas, esta solução tem o inconveniente da necessidade de algum espaço entre a plataforma e a base da guilhotina, que absorva a guia quando a plataforma esteja na posição de repouso.

Continuando com o intuito de otimizar ao máximo o sistema de fabrico desta guia, e partindo da necessidade de emprego de componentes normalizados, fez-se com a solução final passasse pela instalação de uma guia linear, possibilitando a subida e descida da plataforma.

Desta forma, o sistema de guiamento passa a ser constituído por componentes normalizados, podendo por sua vez ser adquiridos em qualquer parte do mundo, de uma forma expedita (Figura 74).

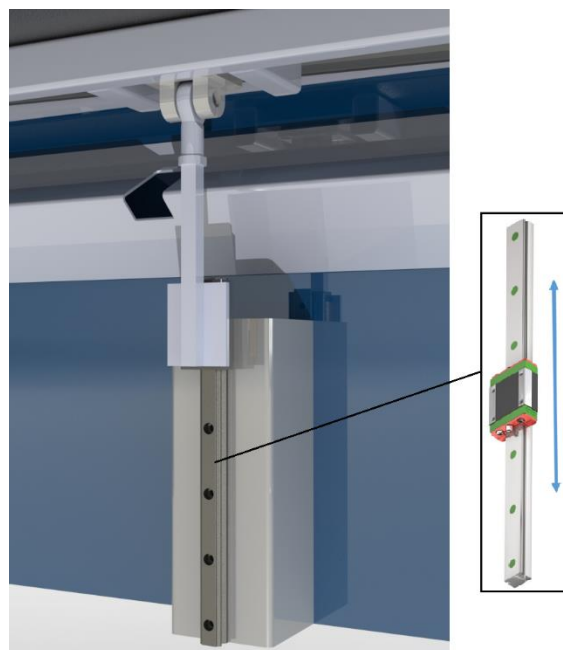


Figura 74 – Versão final da guia

Para além destas vantagens, este tipo de componentes apresenta um tempo de vida útil estimado elevado, o que possibilita elaborar um plano de manutenção preventiva, de forma a evitar o colapso do sistema por este sistema, aumentando assim a fiabilidade da plataforma.

3.5.3.3. Sistema de elevação

Após uma grande pesquisa no mercado, chegou-se à conclusão que a plataforma poderia ser movimentada através de cilindros pneumáticos ou cilindros elétricos.

Os cilindros elétricos foram excluídos desde do início, devido ao seu elevado custo. No anexo A encontra-se um orçamento para um cilindro da mesma gama de carga dos cilindros pneumáticos considerados neste trabalho.

Dentro dos cilindros pneumáticos encontraram-se diversas soluções, desde os cilindros convencionais normais, até aos cilindros servo-pneumáticos.

Uma das condicionantes na escolha dos cilindros foi, sem dúvida, o reduzido espaço quando a plataforma está na posição de “Repouso”. Foi perante esta grande limitação que se efetuou a seleção do conjunto de cilindros mais adequado ao sistema.

Cilindros servo pneumáticos

Dentro da vasta gama de cilindros disponíveis no mercado, os que satisfaziam um maior número de requisitos foram os cilindros servo-pneumáticos (cilindros pneumáticos com controlo elétrico acoplado) (Figura 75). Este tipo de cilindros tem a particularidade de garantir uma maior precisão nos movimentos e possibilitar a paragem em inúmeras posições ao longo do seu curso, ao contrário dos cilindros convencionais que apenas possibilitam a posição de recuo e a posição de avanço.

Estes são cilindros normalizados, mas com um controlo de posicionamento, ou seja, consegue-se um posicionamento do cilindro com uma precisão de cerca de ± 0.2 mm (Festo, 2014), garantindo assim o posicionamento exato da plataforma nas posições pretendidas. A versatilidade de posições que este cilindro oferece é, sem dúvida, uma enorme vantagem.



Figura 75 – Cilindro servo pneumático DNCI/DDPC do fabricante FESTO (Festo, 2014)

Contudo, este sistema tem um inconveniente: o elevado custo de aquisição dos cilindros. Assim sendo, optou-se por estudar, para além desta solução, outras que pudessem satisfazer as necessidades, tendo em conta as condicionantes do sistema.

As soluções alternativas passam pela utilização de cilindros convencionais e cilindros compactos. Contudo, para cada uma das duas soluções, é necessária a utilização de um “Kit Multi-Posições”.

Este *kit* irá acoplar os dois cilindros em série, permitindo quatro posições possíveis: a posição de recuo e três posições de avanço, conforme a Figura 76. Este tipo de *kit* é facilmente encontrado em qualquer fabricante de componentes pneumáticos.

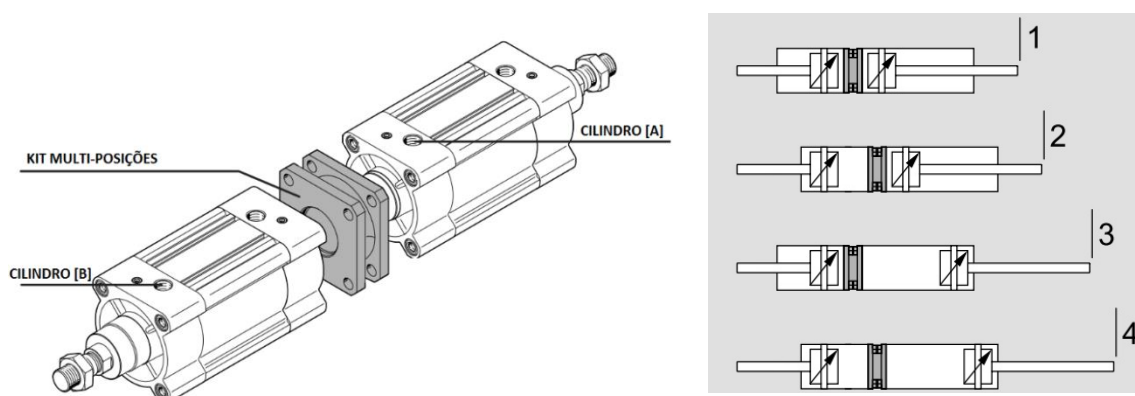


Figura 76 – Montagem de dois cilindros com o *Kit* multi-posições e posições do conjunto (Festo, 2013)

Cilindros convencionais

Esta solução passa por utilizar cilindros pneumáticos convencionais, conforme o ilustrado na Figura 77. Este tipo de cilindros tem como vantagens a elevada resistência a cargas perpendiculares ao eixo, possuem amortecimento pneumático regulável, quer no avanço, quer no recuo, e são facilmente encontrados no mercado.

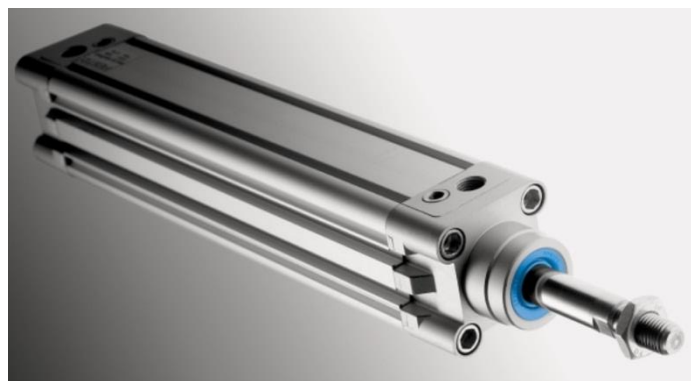


Figura 77 – Cilindros convencionais DNC (Festo, 2002)

Cilindros compactos

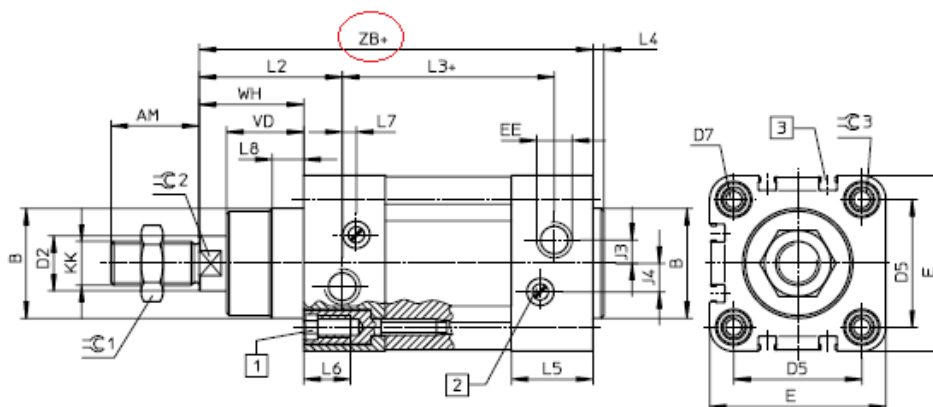
Uma breve interpretação das dimensões dos cilindros permite concluir que o comprimento total do cilindro depende do curso escolhido, ao qual se soma um valor fixo conhecido como espaço morto, ou seja, o valor total de um cilindro depende do “espaço morto”, que é fixo para cada diâmetro do êmbolo (Figura 78).

Este “espaço morto” corresponde, de um modo geral, à espessura da tampa inferior, do êmbolo e da tampa superior do cilindro. Relativamente aos cilindros compactos, como o próprio nome indica, são designados por compactos pelo facto de apresentarem um “espaço morto” muito inferior aos cilindros convencionais.



Figura 78 – Cilindro compacto do fabricante Festo (Festo, 2014)

De acordo com o fabricante, este cilindro tem apenas 50% do espaço morto de um cilindro convencional normal (Festo, 2014). Por forma a ser mais perceptível o que foi descrito acima, relativamente ao espaço morto dos dois cilindros, as figuras seguintes (Figura 79 e Figura 80) apresentam as dimensões dos dois tipos de cilindro.



ø do cilindro mm	L3	L4	L5	L6	L7	L8	≈C2	≈C3	VD	WH ±1	ZB ±0.8
32	62.8	4	25.1	16	3.3	10	10	6	18	26	120
40	77	4	29.6	16	3.6	10.5	13	6	21.5	30	135
50	78	4	29.6	17	5.1	11.5	17	8	28	37	143
63	87	4	35.6	17	6.6	15	17	8	28.5	37	158
80	95.2	4	35.9	17	10.5	15.7	22	6	34.7	46	174
100	100.4	4	38.8	17	8	19.2	22	6	38.2	51	189
125	124	6	44.7	22	14	20.5	27	8	46	65	225

Figura 79 – Dimensões gerais - Cilindros convencionais DNC (Festo, 2002)

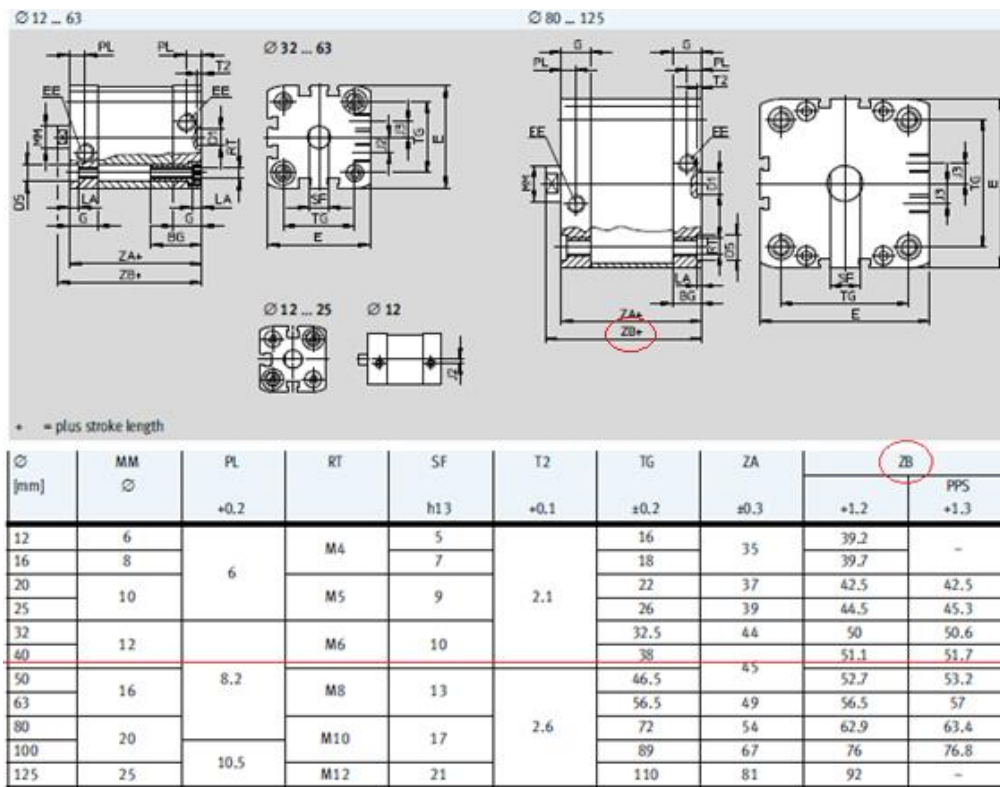


Figura 80 – Dimensões gerais - Cilindro compacto ADN (Festo, 2014)

Relativamente às duas últimas figuras é importante observar o valor de “ZB”, que representa o “espaço morto”. Tomando como referência os cilindros com 40 mm de diâmetro de êmbolo, nos cilindros convencionais o ZB é de 135 mm enquanto no caso dos cilindros compactos, este valor é de apenas 51.1 mm. Neste caso, a diminuição do espaço morto é de cerca de 62 %, quando comparado com o do cilindro convencional. Esta poupança de espaço por parte do fabricante acarreta alguns inconvenientes, tais como a ausência de amortecimento.

Para a plataforma, este é um fator crítico, uma vez que poderá causar inúmeros ruídos e vibrações. Estes inconvenientes poderiam ser ultrapassados com a diminuição da velocidade, contudo, esta diminuição implicaria o aumento do tempo de corte da guilhotina perdendo produtividade. Outro ponto negativo destes cilindros é o seu mau comportamento quando é solicitado por cargas que se localizem fora do seu eixo de ação.

Tendo em conta as características de cada cilindro acima descrito, chegou-se à conclusão que os que poderiam apresentar um melhor desempenho seriam os cilindros servo pneumáticos, ou os cilindros convencionais providos do *kit* multi-posições.

Relativamente à sua disposição, os cilindros foram colocados conforme a Figura 81 e Figura 82. Os cilindros servo-pneumáticos foram colocados paralelamente aos montantes da plataforma, enquanto os grupos de cilindros convencionais tiveram que ser posicionados inclinadamente devido às suas dimensões, pois o seu comprimento não permitia que fossem colocados paralelamente aos montantes.

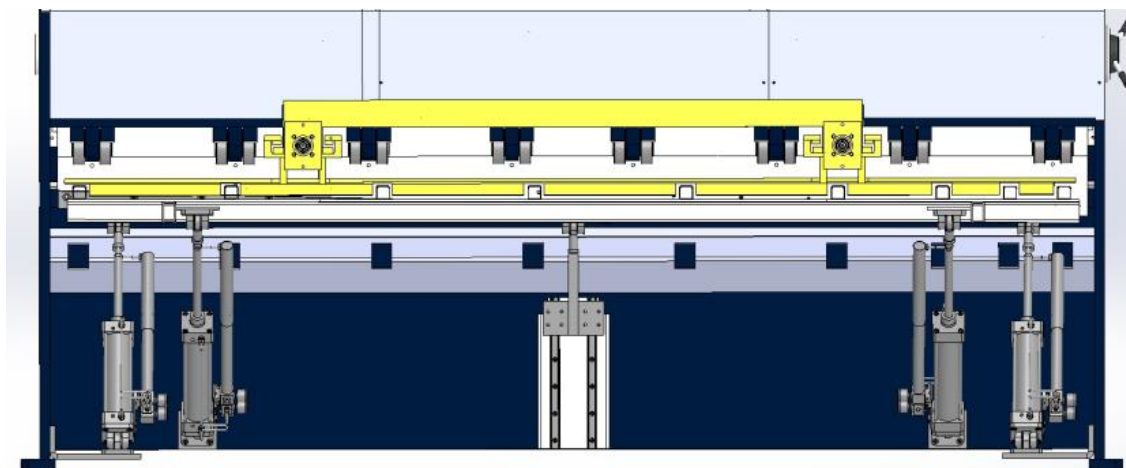


Figura 81 – Posicionamento dos cilindros servo pneumáticos

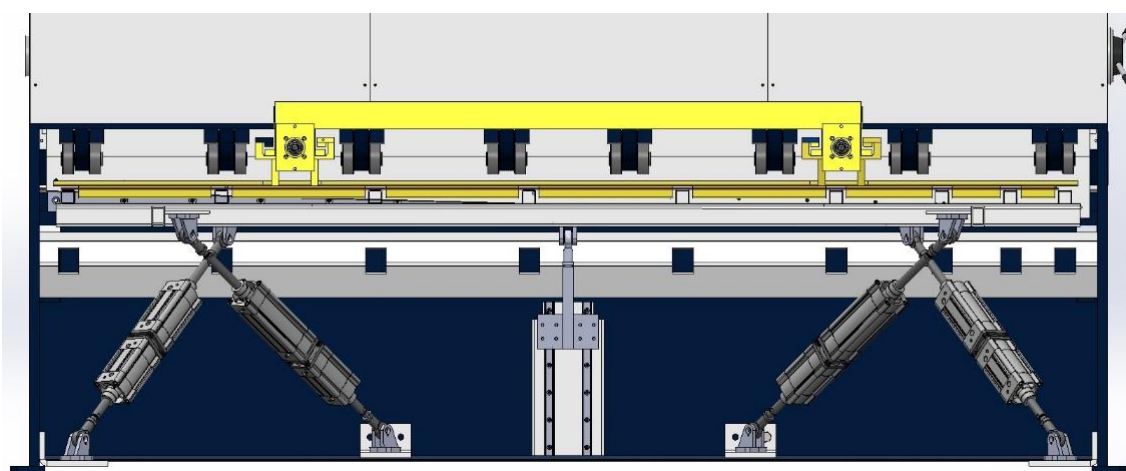


Figura 82 – Posicionamento dos cilindros convencionais

3.5.3.4. Suporte dos cilindros

Os cilindros serão devidamente fixos à máquina através de acessórios próprios, a adquirir ao fornecedor dos cilindros. Só os cilindros exteriores necessitam de um suporte que evite a colisão entre eles, aquando do movimento em tesoura (Figura 83).

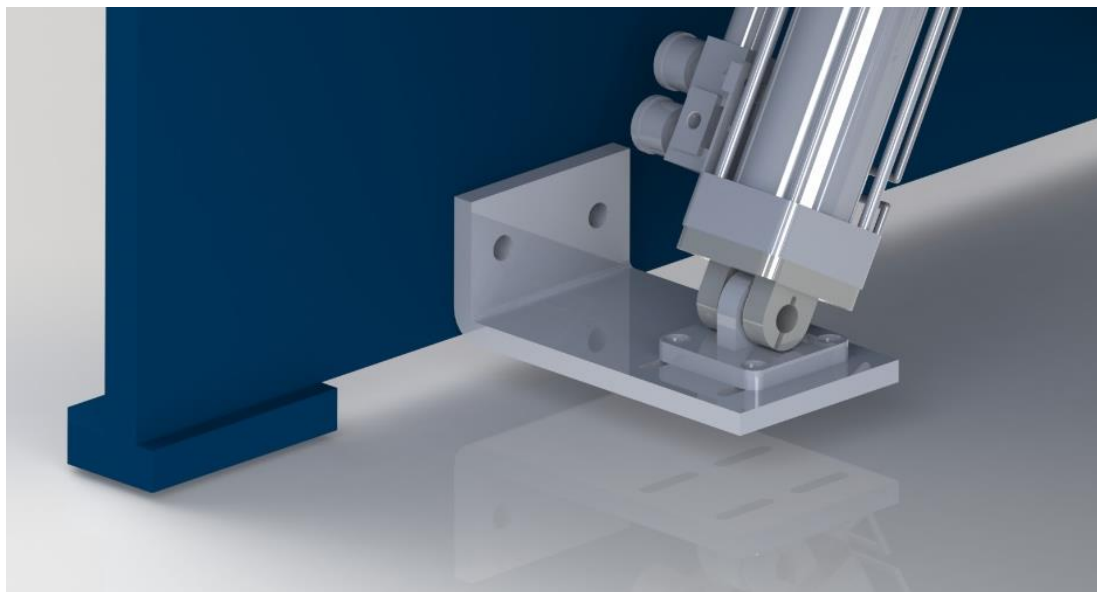


Figura 83 – Suporte dos cilindros

3.5.3.5. Apoios de repouso

Na posição “repouso”, e para o corte de chapas com mais de 5 mm de espessura, a solicitação feita pela queda das chapas cortadas irá recair sobre os meios de elevação, fazendo com que estes estejam sujeitos a cargas superiores ao estabelecido em funcionamento normal.

Por forma a proteger os componentes mais sensíveis de toda a estrutura, foram pensados 3 componentes de apoio da plataforma, que permitam o seu apoio nas extremidades, absorvendo o impacto da queda das chapas. Estes apoios foram posicionados por forma a não causar qualquer entrave no deslizamento da chapa, conforme a Figura 84.

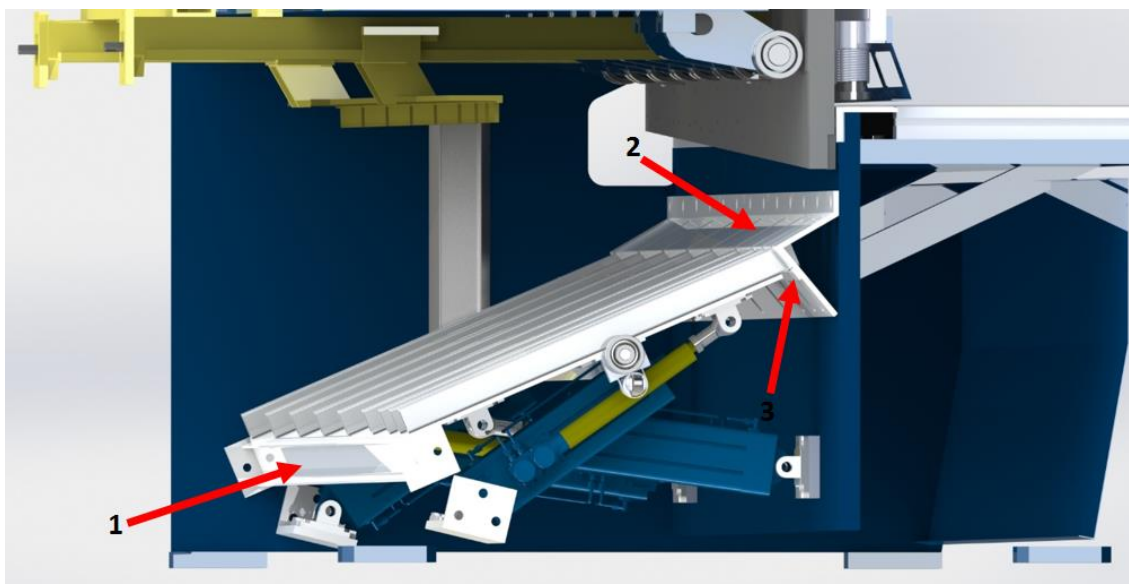


Figura 84 – Representação dos três apoios longitudinais para suporte da plataforma em repouso (setas a vermelho)

A estrutura de apoio foi inicialmente pensada para ser composta por três componentes:

- Perfil IPE80 aparafusado aos montantes da máquina;
- Chapa quinada aparafusada à estrutura da máquina;
- Barra soldada à chapa quinada.

O perfil IPE80 garante uma estabilidade na parte inferior da plataforma, enquanto na parte superior a estabilidade é garantida por uma chapa quinada reforçada com uma barra.

Como se pode verificar na Figura 85, a chapa quinada apresenta uns rasgos que possibilitam o alojamento dos tubos da plataforma, quando esta está na posição de repouso. O sistema de estabilidade superior é constituído ainda por uma barra que tem como função limitar a descida dos tubos nos rasgos da chapa quinada.

Contudo, e por forma a otimizar a estrutura, assim como reduzir custos, foram feitas as seguintes alterações:

- Substituição da fixação inicial por parafusos, por soldadura;
- Eliminação da barra que delimitaria a posição da plataforma;
- Dimensionamento dos rasgos para o alojamento da plataforma, por forma a permitir que ficasse ligeiramente abaixo da superfície (5 mm abaixo da face da chapa quinada), evitando assim o uso da barra.

Esta última alteração permite garantir que nenhuma parte da estrutura fique saliente e que impossibilite o deslizamento da chapa. Relativamente ao apoio longitudinal inferior, este não sofreu alterações.

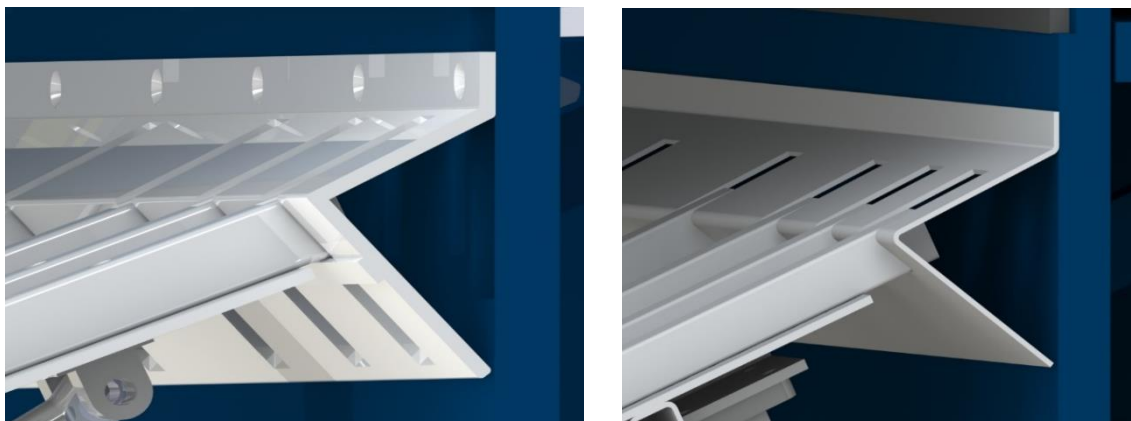


Figura 85 - Apoios longitudinais: esquerda – versão inicial; direita – versão final

3.6. Dimensionamento estrutural

Com o objectivo de otimizar a solução adoptada, foi necessário identificar os pontos críticos da estrutura; para tal, recorreu-se à ferramenta de MEF – *Solidworks Simulation*, na qual se optou por uma análise estática.

Este foi o método escolhido, uma vez que, de todos os disponíveis, foi o que mais se enquadrava para a optimização da estrutura, já que se tratava de uma carga constante, permitindo assim obter entre outros parâmetros, os deslocamentos e os coeficientes de segurança.

Foi considerada, no dimensionamento estrutural, a posição dos cilindros convencionais por duas razões: uma foi pelo facto de serem os mais económicos e outra foi pela preferência dos interessados no projeto.

Por forma a que as simulações decorressem fiavelmente e em intervalos de tempo aceitáveis, procedeu-se à simplificação da estrutura que, entre outras soluções, passou pela substituição dos cilindros pneumáticos por estruturas semelhantes, eliminação de furos e pormenores não estruturais.

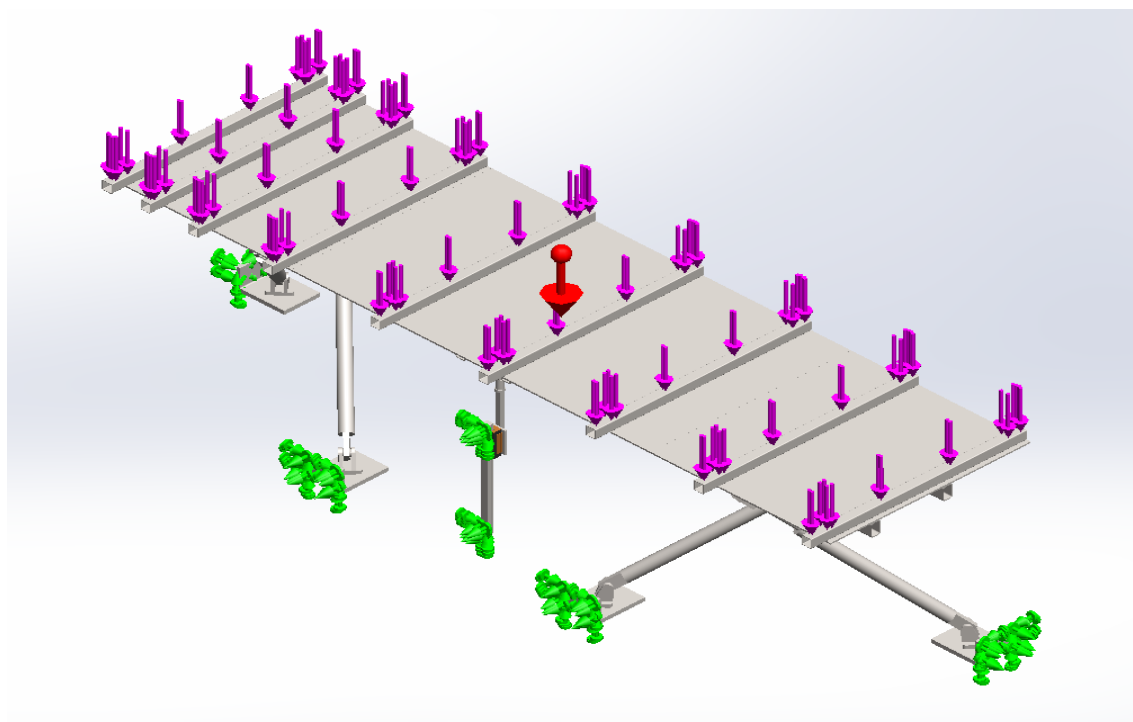


Figura 86 – Representação dos parâmetros inseridos para o estudo

A Figura 86 identifica os parâmetros definidos na realização do presente estudo:

- As condições fronteira, representadas a verde, indicam os pontos onde a estrutura da plataforma é fixa à máquina: quatro apoios dos cilindros pneumáticos e um suporte da guia. Posto isto, a fixação foi considerada rígida;
- A carga estática distribuída (a roxo, na figura) representa 1734.9 N, proveniente da multiplicação do peso de uma chapa de 3 metros de comprimento por 1.5 metros de largura e 5 milímetros de espessura pela força gravítica; sendo esta a carga máxima a que a estrutura poderá estar sujeita, ou seja:

$$F = V \times \rho \times g$$

Onde,

F – Força a aplicar [N]

V – Volume da chapa [m^3]

ρ – densidade do aço $\rho = 7860 \text{ kg}/m^3$

g – Aceleração gravitica $g = 9.81 \text{ m}/s^2$

Em que,

$$F = (3 \times 1.5 \times 0.005) \times 7860 \times 9.81$$

$$F = 1734.9 N$$

- A seta a vermelho representa a força gravítica (9.81 m/s^2).

Todos os elementos estruturais foram considerados como fazendo parte de uma estrutura soldada, exceto as rótulas, que foram consideradas como tal, para que os resultados obtidos se aproximassem o mais possível da realidade, ou seja, quando solicitadas estas não permitem a transmissão de momentos fletores.

Depois de devidamente definidas as condições fronteira, esforços e representadas as ligações existentes entre os diversos componentes da estrutura, procedeu-se à criação da malha de MEF, consistindo na discretização de cada um dos componentes da estrutura em MEF.

Estabeleceu-se ainda valores limite para os dois parâmetros em análise: para o deslocamento definiu-se um máximo 5 mm a meio vão, já que a plataforma só terá apoio nas extremidades.

Para o coeficiente de segurança definiu-se um mínimo de 2, pois é o mais sensato neste tipo de estruturas. Tais valores são requisitos iniciais do projeto.

De modo a permitir uma comparação entre as diversas simulações o mais fiável possível, foram utilizadas malhas refinadas de modo a obter cerca de 200,000 elementos de malha. Com esse objetivo, utilizaram-se sempre os seguintes parâmetros:

- Malha baseada na curvatura;
- Dimensão máxima do elemento – 200 mm;
- Dimensão mínima do elemento – 12 mm;
- Número mínimo de elementos num círculo – 8;
- Rácio de crescimento dos elementos – 3.

O número de elementos da malha influencia diretamente o tempo da simulação. Assim sendo, os parâmetros acima apresentados foram ajustados de forma a obter resultados com tempos de simulação aceitáveis, sem no entanto comprometer o nível de precisão desejado para os resultados.

Para a obtenção da estrutura com o dimensionamento ideal, optou-se por realizar um conjunto de simulações prévias que permitiram a identificação dos pontos críticos da estrutura e a definição de quais os componentes a ser otimizados dimensionalmente.

A solução em estudo apresenta quatro posições quando em laboração, como já apresentado anteriormente. Contudo, para a análise prévia, apenas 3 posições são cruciais, quando se

pretende identificar os pontos da estrutura mais solicitados, pois a quarta posição é a posição “repouso” que é solicitada de forma diferente.

Assim sendo, na análise prévia foram estudadas as seguintes posições:



Figura 87- Superior

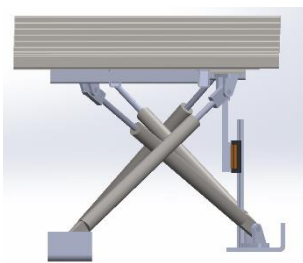


Figura 88 - Intermédia



Figura 89 – Descarga da chapa

Das simulações prévias obtiveram-se os seguintes resultados:

Tabela 1 – Resultados da análise prévia.

	DESLOCAMENTOS EM YY [mm]	COEFICIENTE DE SEGURANÇA
SUPERIOR		
INCLINAÇÃO		
DESCARGA DA CHAPA		

Na tabela 1 apresenta os **deslocamentos em YY**, pois é nesta direção que corresponde a grande parcela de deslocamentos da estrutura, observando os resultados, verifica-se que a chapa da plataforma é o elemento que sofre maiores deslocamentos, tanto positivos (a vermelho) como negativos (a azul); assim sendo, conclui-se que é necessário otimizar a chapa da plataforma e os tubos que formam o chassis, por forma a reduzir os respetivos deslocamentos.

Analisando as 3 posições conclui-se que a posição “Superior” é a que apresenta os resultados mais desfavoráveis, com cerca de 3.37 milímetros de deslocamento máximo. Apesar do valor estar dentro dos limites impostos, é necessário otimizar, de forma a verificar se estamos perante uma estrutura sobredimensionada ou não, reduzindo ainda os custos de produção.

Quanto ao **coeficiente de segurança**, analisando os resultados, verifica-se que o suporte da guia e a guia são pontos críticos na posição “Superior” e “Intermédia”, ou seja, são os componentes que obrigatoriamente têm de ser otimizados, de modo a incrementar o coeficiente de segurança naquela zona.

Na posição “Descarga da Chapa” não existem componentes críticos, uma vez que esta apresenta valores de coeficiente de segurança bem acima do necessário.

Analisando as 3 posições, conclui-se que a posição “Superior” é a que apresenta o coeficiente de segurança mais baixo, ou seja, 3.32.

Em suma, a posição que apresenta valores mais gravosos, para os parâmetros em análise, é a posição denominada “Superior”. Em função do exposto, será nesta posição que as simulações seguintes serão realizadas.

Com base na análise dos resultados supra apresentados, considerou-se que os componentes que necessitam de redimensionamento são (Figura 90):

- Espessura da chapa da plataforma – *Detail A* – dimensão “e1”;
- Espessura dos tubos do chassis da plataforma – *Detail A* – dimensão “e2”;
- Dimensão do perfil quadrado que faz a ligação entre a rótula e o carrinho da guia linear, futuramente identificado como “acessório guia/rótula” – *Detail B* – dimensão “M”.

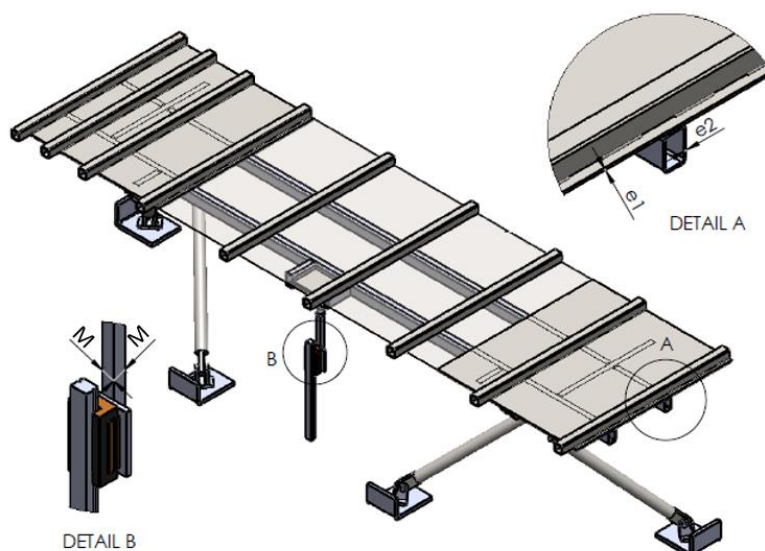


Figura 90 – Identificação dos elementos a otimizar

Uma vez que existem quatro parâmetros para otimizar, inicialmente optou-se por observar qual a influência da variação da espessura da chapa e da espessura dos tubos do chassi, verificando a alteração dos valores de coeficiente de segurança e de deslocamento.

Para a comparação dos resultados das diferentes simulações, definiram-se pontos de análise estratégicos, com base na análise dos resultados da simulação prévia.

Assim sendo, para o deslocamento em YY, o ponto mais crítico localiza-se a meio vão da chapa. Uma vez que irá apresentar deslocamentos mais acentuados, definiu-se esse ponto como C (Figura 91).

Para o coeficiente de segurança, os pontos mais críticos serão também a meio vão. Definiram-se 2 pontos de análise, o ponto E e F. O ponto E localiza-se na parte superior da chapa e o ponto F na face inferior do tubo (Figura 91).

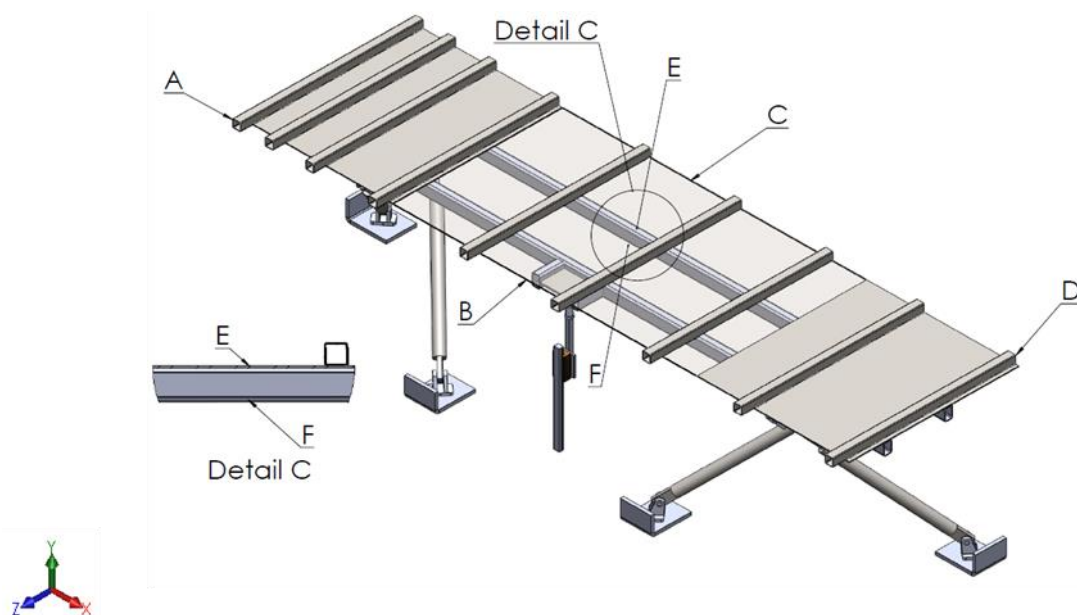


Figura 91 – Identificação dos pontos na estrutura a analisar

3.6.1. Otimização 1 - chapa da plataforma vs tubos do chassi da plataforma

Para a otimização da chapa da plataforma (e1) e dos tubos do chassi (e2) (Figura 92) procedeu-se às seguintes simulações:

- Chapa espessura 4 mm / Tubos dos chassis de espessura 3 mm;
- Chapa espessura 4 mm / Tubos dos chassis de espessura 4 mm;
- Chapa espessura 6 mm / Tubos dos chassis de espessura 3 mm;
- Chapa espessura 6 mm / Tubos dos chassis de espessura 4 mm;
- Chapa espessura 8 mm / Tubos dos chassis de espessura 3 mm;
- Chapa espessura 8 mm / Tubos dos chassis de espessura 4 mm;

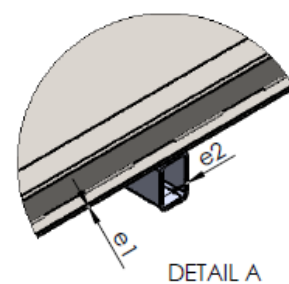


Figura 92 – Detalhe dos elementos a otimizar

Na Tabela 2 são apresentados os valores mínimos de coeficientes de segurança presentes na estrutura.

Tabela 2 – Resultados da otimização 1 - Coeficientes de Segurança

Espessura Chapa [e1] (mm)	Coeficiente de Segurança Mínimo					
	4		6		8	
Espessura dos tubos [e2] (mm)	3	4	3	4	3	4
E	48,0	50,3	48,0	50,2	45,4	46,7
F	10,2	12,4	9,5	11,6	8,9	10,9

Interpretando os resultados da tabela, observa-se que todas as combinações apresentam um coeficiente de segurança bem acima de 2, concluindo que a estrutura em análise não é problemática.

Tabela 3 – Resultados da otimização 1 - Deslocamentos em YY'

Espessura Chapa [e1] (mm)	Deslocamento (mm)					
	4		6		8	
Espessura dos tubos [e2] (mm)	3	4	3	4	3	4
A	2,1	2,0	2,5	2,3	2,8	2,7
B	1,2	0,9	1,2	1,2	1,5	1,5
C	-4,0	-3,7	-4,5	-4,2	-5,0	-4,7
D	-2,1	-2,0	-2,5	-2,5	-3,0	-2,9

Relativamente ao deslocamento em YY, e considerando como referência a chapa de espessura de 4 mm, observa-se um aumento ligeiro do deslocamento com o aumento da espessura da chapa. Este facto deve-se essencialmente ao aumento do peso próprio da chapa.

Quanto à espessura dos tubos, 3 e 4 mm, o aumento da espessura leva a uma diminuição do deslocamento e, apesar de todos se encontrarem praticamente dentro dos parâmetros exigidos, selecionou-se a combinação de chapa com 4 mm e tubos com 4 mm de espessura, sendo esta a que apresenta valores mais favoráveis. Utilizando esta combinação, procedeu-se à otimização do acessório que faz a ligação entre o carrinho da guia e a rótula.

3.6.1. Otimização 2 – Acessório Guia/Rótula

Para o deslocamento em YY, o ponto mais crítico localiza-se na guia, conforme o indicado na Tabela 1. Definiu-se esse ponto como ponto G (Figura 93). Será analisado o deslocamento a meio vão da chapa, ponto C, por forma a verificar a influência da guia no seu comportamento.

Para o coeficiente de segurança os pontos a analisar serão os G, H, I e J (Figura 93).

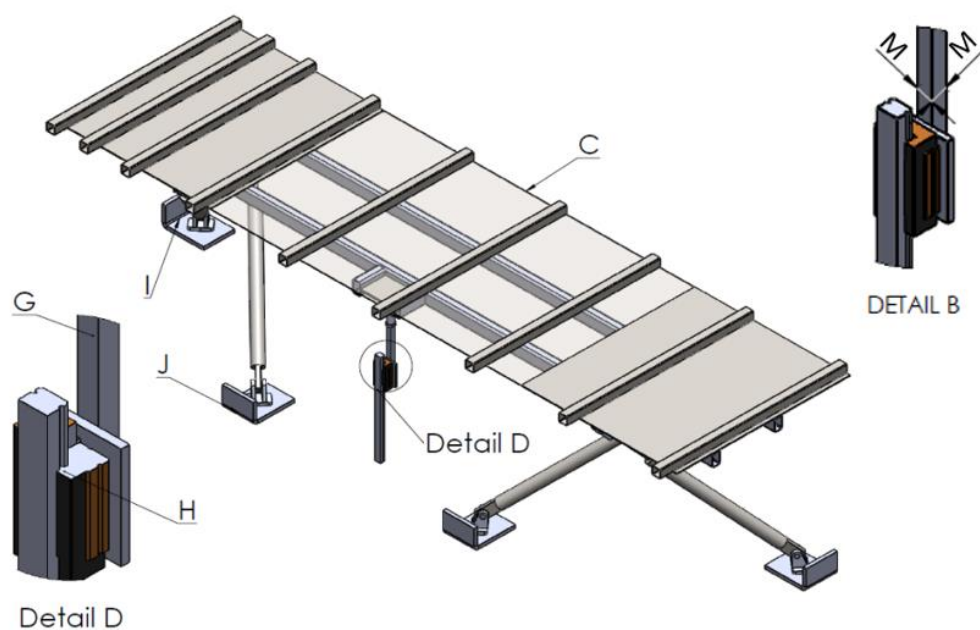


Figura 93 - Representação dos pontos a analisar (detail D e figura) e otimizar (detail B)

Considerando que a espessura da chapa e dos tubos do chassis já estão otimizados, ambos com 4 mm, será dado lugar à otimização do acessório guia/rótula.

Para perceber até que ponto o perfil quadrado da guia poderá influenciar os resultados dos deslocamentos e coeficientes de segurança, elaboraram-se simulações das seguintes combinações:

- M = 15 mm;
- M = 20 mm;
- M = 25 mm;
- M = 30 mm;
- M = 35 mm.

Tabela 4 – Resultados da otimização 2 - Coeficiente de segurança mínimo

Acessório da guia/rótula [M] (mm)	Coeficiente de Segurança Mínimo				
	15	20	25	30	35
G	1,6	3,0	5,5	9,1	14,3
H	3,0	3,3	2,8	4,2	4,6
I	13,1	13,5	13,2	13,6	13,7
J	11,0	11,2	11,6	13,3	13,0

Observando essencialmente o ponto G e H, pode-se concluir que o componente mais crítico é o acessório guia/rótula (G) e o carrinho da guia linear (H), pois estes apresentam sempre os menores valores de coeficiente de segurança.

Existe assim um aumento muito considerável do coeficiente de segurança no acessório guia/rótula, com o aumento da secção quadrada.

Um aspeto importante foi a diminuição do coeficiente de segurança no carrinho, levando a uma grande reflexão sobre este assunto.

Tabela 5 - Resultados da otimização 2 - Deslocamento

Acessório da guia/rótula [C] (mm)	Deslocamento (mm)				
	15	20	25	30	35
C	-6,2	-3,7	-2,8	-2,4	-2,2

No caso do deslocamento do ponto C (Tabela 5) verifica-se que, aumentando a secção do acessório guia/rótula e da guia, diminuámos drasticamente o deslocamento do ponto C (mais crítico da estrutura). Assim sendo, todos os casos obedecem aos requisitos funcionais, excepto o perfil com M = 15 mm.

Analisando as duas tabelas é possível verificar que acima de 30 milímetros a variação dos valores não se mostra muito significativa, assim sendo, conjugando os valores de deslocamento e o coeficiente de segurança, o perfil que possui um melhor desempenho é o perfil com o M=30mm.

3.6.2. Verificação da guia linear - Multiframe

Uma vez que o modelo 3D da guia é meramente um elemento representativo, e tratando-se esta de um sistema mecânico, perante os resultados acima obtidos foi necessário efetuar a verificação da guia de uma forma mais precisa, com o intuito de calcular os momentos aos quais a guia está sujeita, para posteriormente comparar com os dados do fabricante.

Para tal, recorreu-se ao programa *Multiframe* com vista à elaboração do modelo simplificado, de forma a verificar as tensões instaladas. O modelo simplificado foi elaborado com base nas dimensões do modelo de *SolidWorks*® como se pode verificar na Figura 94 e Figura 95.

É de importante salientar que as simulações em *Multiframe* tem como único objetivo saber quais as cargas instaladas na guia linear, sendo que todos os outros componentes foram validados em *SolidWorks*® pelas simulações anteriores.

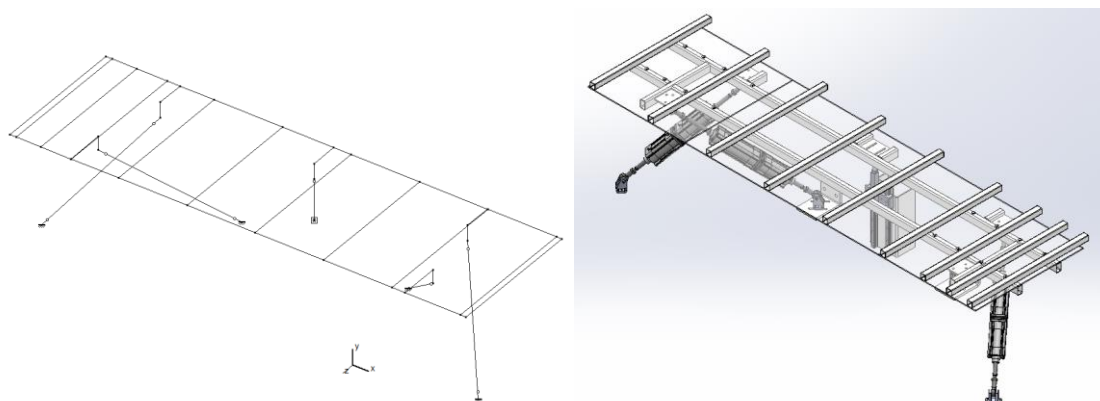


Figura 94 – Vista em perspetiva do modelo em *Multiframe* (esquerda) e o modelo em *SolidWorks*® (direita)

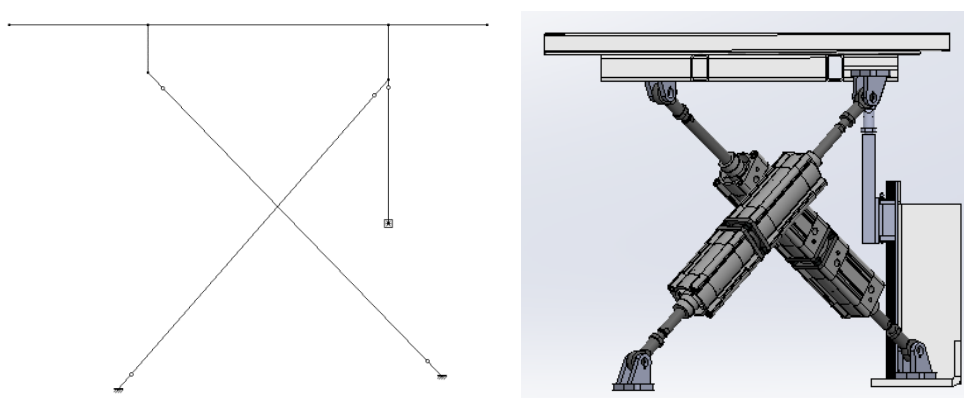


Figura 95 – Vista lateral do modelo em *Multiframe* (esquerda) e o modelo em *SolidWorks*® (direita)

Na Figura 96, estão representadas as condições fronteira do sistema e os perfis que representam os cilindros, apresentando uma rótula em cada extremidade. Quanto à guia, esta só possui rótula numa extremidade, estando a outra fixa, o que permite unicamente liberdade de movimento em YY .

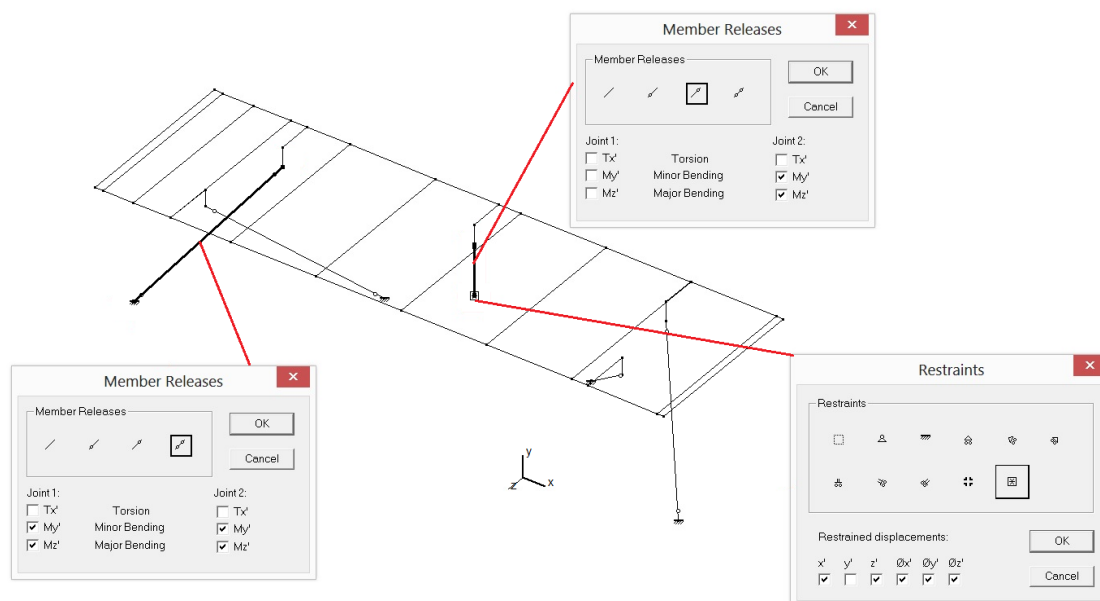


Figura 96 – Representação das condições fronteira

Para além das condições fronteira acima descritas, foi ainda necessário considerar o peso da estrutura a elevar e o peso da chapa a cortar.

O peso da chapa a cortar é de cerca de 1734.99 N como já se verificou anteriormente. No caso da estrutura interessa o peso que os cilindros suportam, sendo igual a 1618.65 N. Este último valor foi obtido recorrendo ao *SolidWorks*[®], em função dos materiais de cada componente.

$$F_{\text{Chapa a cortar}} = 1734.99 \text{ N}$$

$$F_{\text{Estrutura}} = 1618.65 \text{ N}$$

$$F_{\text{Total}} = 3353.64 \text{ N}$$

Uma vez que estamos perante uma carga total, é necessário saber qual a carga a aplicar referente à área de influência de cada perfil tubular. Assim sendo:

$$F_1 = \frac{F_{\text{Total}} \times A_{\text{influência de } F_1}}{A_{\text{Total}}}$$

Como exemplo:

$$F_1 = \frac{3353.64 \times 112500}{2700000}$$

$$F_1 = 139.735 \text{ N}$$

Depois de obtida a força aplicada no apoio 1, sendo esta uma carga concentrada, é necessário transformá-la numa carga distribuída de forma a poder aplicá-la no modelo de *Multiframe*. Assim sendo, apenas se tem de dividir a força pela largura da plataforma, obtendo assim a carga distribuída no apoio referente a F_1 .

$$F_1 = \frac{139.735}{0.9} = 155.261 \text{ N/m}$$

$$F_1 = 0.155 \text{ kN/m}$$

A Figura 97 identifica as forças aplicadas nos apoios e respetivas áreas de influência.

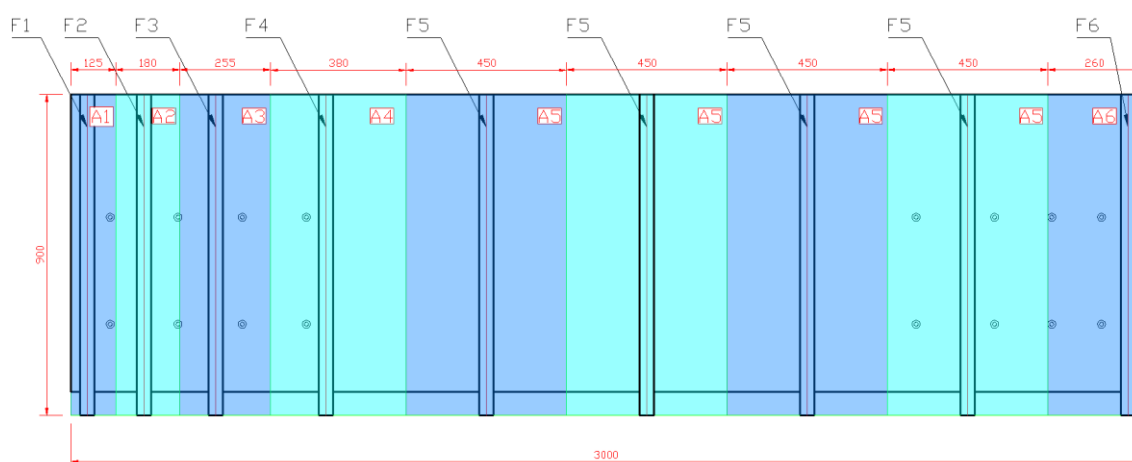


Figura 97 – Representação das forças presentes na plataforma e respetivas áreas de influência

De forma a compilar todos os valores necessários foi elaborada a Tabela 6.

Tabela 6 – Forças aplicadas na plataforma

	Área [mm ²]	Força [N]	Força distribuída [kN/m]
F1	112500	139.73	0.155
F2	162000	201.21	0.224
F3	229500	285.06	0.317
F4	342000	424.80	0.472
F5	405000	503.05	0.559
F6	234000	290.64	0.323
Total	2700000	3353.64	4.285

Interpretando a tabela, na primeira coluna estão representadas as forças que se pretende encontrar, a segunda faz referência à área de influência de cada força e a terceira representa a força aplicada referente àquela área.

A quarta coluna faz referência à carga distribuída em cada perfil tubular.

A Figura 98 representa a estrutura em Multiframe em perspectiva isométrica com as respectivas cargas aplicadas.

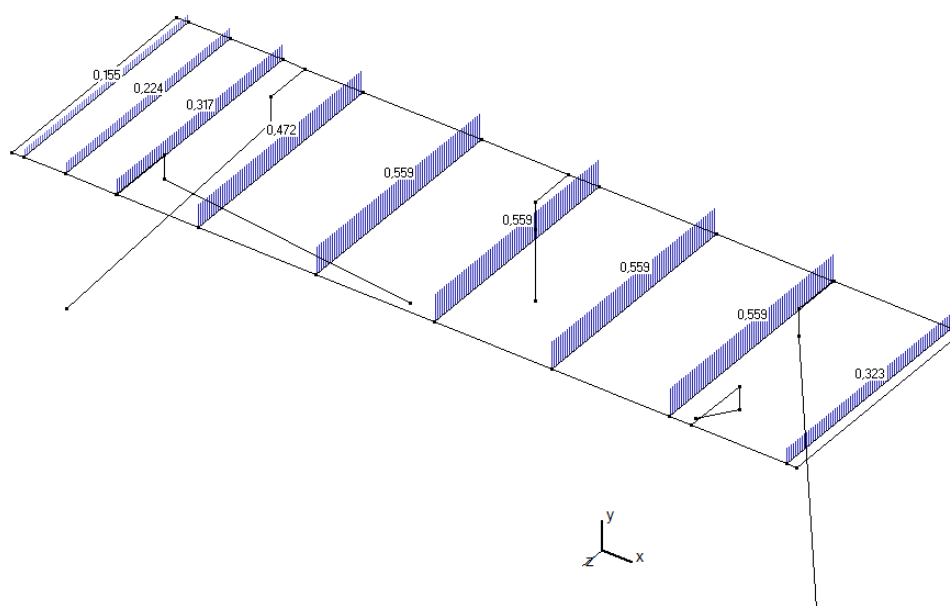


Figura 98 – Representação das forças aplicadas

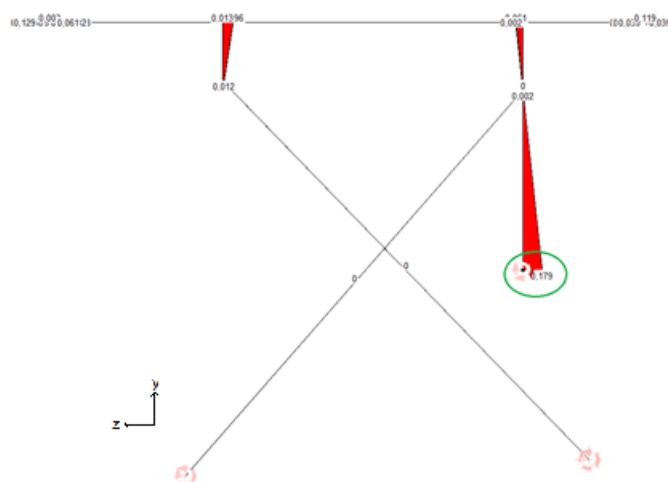


Figura 99 – Momento (M_{0z}) aplicado no carrinho da guia em kN.m

Observando a Figura 99, pode verificar-se que o momento a que a guia está sujeito é de 0.179 kN.m, sendo que os momentos nas outras direções são residuais.

Para a seleção da guia, é necessário ponderar diversos fatores e não considerar apenas o momento a que está sujeita.

Assim sendo, considerou-se ainda a possibilidade de ocorrerem sobrecargas, como por exemplo, no caso de o operador colocar a máquina a cortar chapas de 20 mm e se esquecer de desativar a plataforma, fazendo com que o sistema esteja sujeito a suportar uma carga quatro vezes superior à qual a plataforma foi dimensionada.

Após alguma pesquisa, e de acordo com os muitos fabricantes de guias lineares, sentiu-se a necessidade de colocar outra guia linear, de forma a tornar a estrutura mais sólida e resistente aos impactos, uma vez que esta estrutura estará sujeita a picos de esforço, podendo também estar sujeita a sobrecargas (Figura 100).

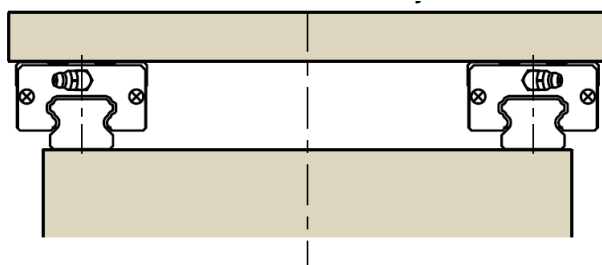


Figura 100 – Montagem de duas guias em paralelo (NB-Linear, 2014)

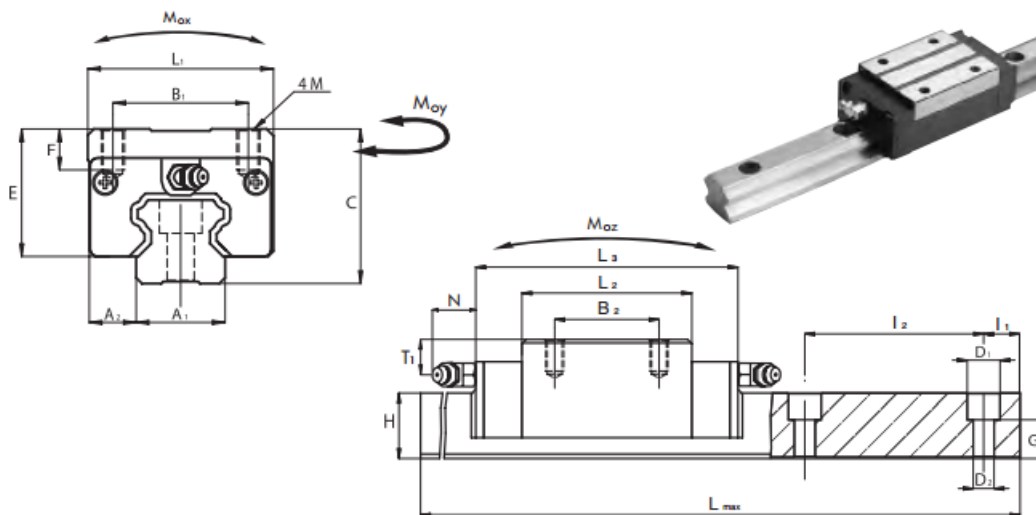
Relativamente à proteção dos cilindros pneumáticos, estes irão estar equipados com válvulas de segurança que, quando sujeitos a sobrecargas, são acionadas fazendo com que os cilindros recuem.

Assim sendo, para a escolha destes componentes, o coeficiente de segurança a adotar será no mínimo quatro, ou seja, o conjunto da guia tem de suportar no mínimo quatro vezes o valor representado na Figura 99, ou seja, $179 \times 4 = 716 \text{ N}\cdot\text{m}$, em que $179 \text{ N}\cdot\text{m}$ corresponde ao momento a que a guia está sujeita, e o valor 4 é o coeficiente de segurança.

Esta decisão não leva a um incremento substancial do preço de construção e previne o equipamento de eventuais danos provenientes da falta de atenção dos operadores.

Para a escolha das guias a colocar, e como iremos instalar duas em paralelo, a carga vai estar igualmente distribuída, logo cada uma deverá resistir a $358 \text{ N}\cdot\text{m}$.

Analisando a Figura 101, podemos concluir que a guia mais indicada será a SNC30, do fabricante de sistemas linear NBS, uma vez que resiste a um M_{0z} de $490 \text{ N}\cdot\text{m}$.



Carrello Block	Dimensioni / Dimensions															
	Guida Rail	Tappo fori guida Rail holes cup	A ₁ [mm]	A ₂ [mm]	B ₁ [mm]	B ₂ [mm]	M [mm]	C [mm]	E [mm]	F [mm]	H [mm]	I ₁ ⁽¹⁾ [mm]	I ₂ [mm]	L ₁ [mm]	L ₂ [mm]	L ₃ [mm]
SNC 15	R15	C15	15	9.5	26	26	M4x6.4	28	23.4	6.4	14	20	60	34	40	66
SNC 20	R20	C20	20	12	32	36	M5x8	30	25	8	18	20	60	44	48.8	77.8
SNC 25	R25	C25	23	12.5	35	35	M6x9.6	40	33	9.6	22	20	60	48	57	88
SNC 30	R30	C30	28	16	40	40	M8x12.8	45	36	12.8	26	20	80	60	72	109
SNC 35	R35	C35	34	18	50	50	M8x12.8	55	45.5	12.8	29	20	80	70	80	119
SNC 45	R45	C45	45	20.5	60	60	M10x16	70	56	16	38	22.5	105	86	105	148.2
SNC 55	R55	C55	53	23.5	75	75	M12x19	80	65	19	38	30	120	100	121	170

Carrello Block	Dimensioni / Dimensions									Caratteristiche meccaniche Mechanical characteristics					Peso Weight	
	Guida Rail	Tappo fori guida Rail holes cup	Foro lub. Oil hole [mm]	T ₁ [mm]	N [mm]	D ₁ [mm]	D ₂ [mm]	G [mm]	L _{max} [mm]	C ₀ [kN]	C [kN]	M _{0x} [Nxm]	M _{0y} [Nxm]	M _{0z} [Nxm]	Pattino Block [kg]	Rotaia Rail [kg/m]
SNC 15	R15	C15	ø3	8.3	5.3	7.5	4.5	8.7	4000	12.7	6.85	70	50	50	0.21	1.4
SNC 20	R20	C20	M6x1	7	16.6	9.5	6	9.5	4000	25.6	14.5	220	180	180	0.31	2.6
SNC 25	R25	C25	M6x1	11.8	16.6	11	7	13	4000	40	21.4	360	320	310	0.45	3.6
SNC 30	R30	C30	M6x1	10	16.6	14	9	14	4000	54.9	29.8	600	500	490	0.91	5.2
SNC 35	R35	C35	M6x1	15	16.6	14	9	17	4000	70.1	39.6	960	750	730	1.5	7.2
SNC 45	R45	C45	M8x1	18	16.6	20	14	21	4000	121	67.4	2160	1700	1680	2.3	12.3
SNC 55	R55	C55	M8x1	20	16.6	23	16	24	4000	171	99.4	3670	2930	2880	3.9	16.9

Figura 101 – Tabela de capacidade das guias lineares (NBS, 2006)

3.6.3. Resultados Finais

Em suma, uma estrutura constituída com chapa de 4 mm, tubos do chassis de 4 mm de espessura de parede, duas guias SNC30 e um acessório guia/rótula com uma seção quadrada de 25 mm, obedece na íntegra a todos os requisitos impostos.

Seguidamente são apresentados os resultados dos valores de deslocamento e coeficiente de segurança da versão final.

3.6.3.1. Simulação da plataforma na posição "Superior"

Na Figura 102 são apresentados os valores finais de deslocamento da plataforma na posição superior. A meio da plataforma, a estrutura tem uma deflexão de cerca de 2.6 milímetros e como as extremidades estão posicionadas externamente aos apoios, estas elevam-se cerca de um milímetro devido á carga aplicada no centro.

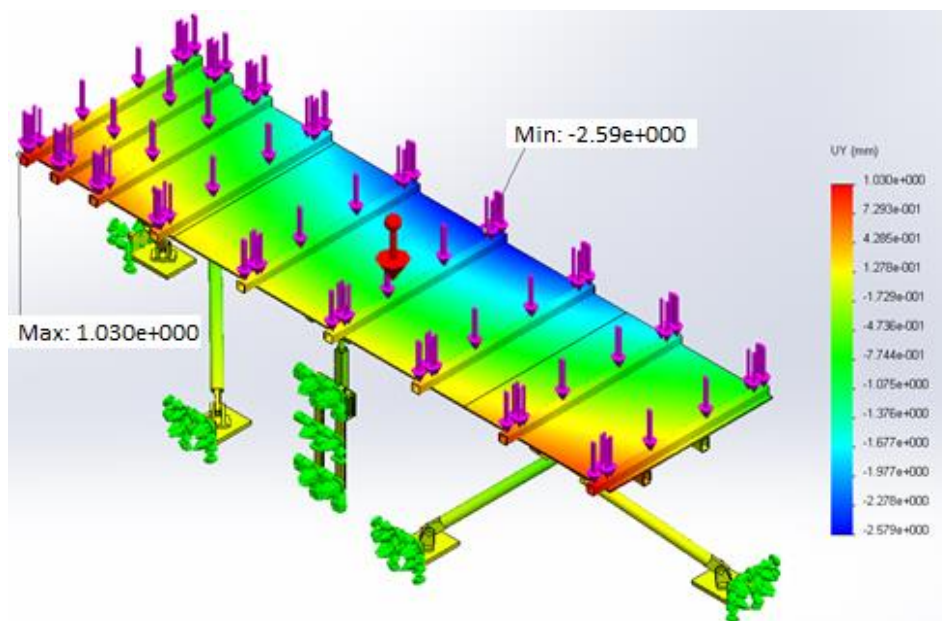


Figura 102 – Valores finais do deslocamento da plataforma na posição "Superior"

Na Figura 103 verifica-se que a zona com o coeficiente de segurança mais baixo continua a ser a zona da guia. Contudo, apresenta valores acima dos requisitos mínimos.

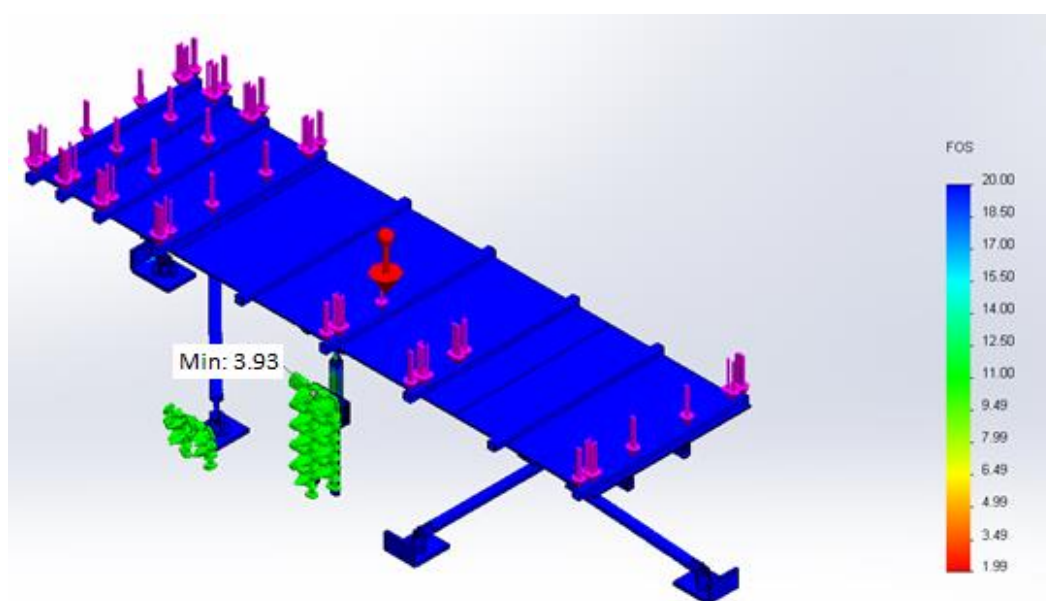


Figura 103 – Valores finais do coeficiente de segurança da plataforma na posição "Superior"

Uma vez que a guilhotina não está limitada à carga máxima proveniente de uma chapa de 5 mm, a plataforma e os respectivos apoios longitudinais podem estar sujeitos ao impacto de chapas até 20 mm.

Para as chapas até 5 mm de espessura, a plataforma apresenta um ciclo de movimentos que acompanha o corte da chapa, o mesmo não acontecendo para o corte de chapas com espessuras superiores a 5 mm. Nestas condições a estrutura de apoio apenas se encontra na posição de “Repouso”.

Neste sentido, sentiu-se a necessidade de verificar se a solução obtida para a plataforma e os respectivos apoios longitudinais permitiriam suportar as ações das referidas chapas, quando cortadas.

É de relembrar que para a posição de repouso, as condições fronteira são ligeiramente diferentes das simulações acima realizadas.

Neste caso, para além das 5 condições fronteiras anteriormente definidas, acresce ainda os elementos de apoio, sendo eles a chapa quinada e o perfil IPE80.

3.6.3.2. Simulação da Plataforma na posição Repouso

Com a plataforma dimensionada, e para a posição em questão, realizou-se a simulação por forma a avaliar o seu desempenho para a máxima ação a que a plataforma poderá estar sujeita, ou seja, para a ação provocada pela queda de uma chapa de 20 mm (Figura 104).

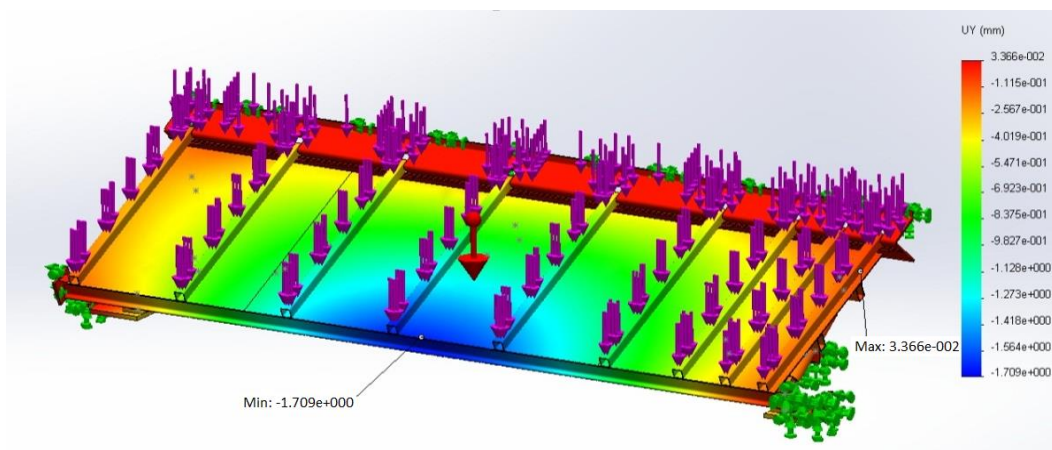


Figura 104 – Deslocamento da plataforma na posição “Repouso”

Pela análise dos resultados obtidos (Figura 104 e Figura 105), pode-se concluir que a plataforma apresenta um bom desempenho, obtendo deslocamentos dentro dos parâmetros estabelecidos.

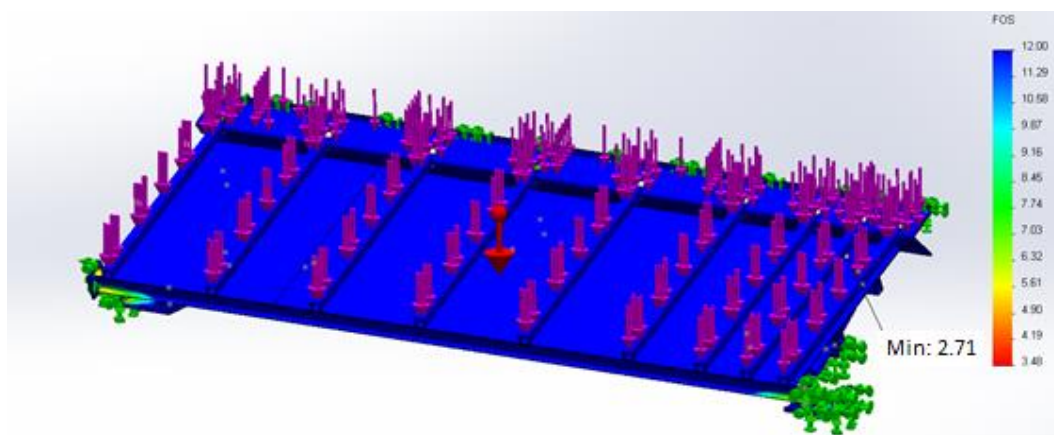


Figura 105 – Coeficiente de segurança da plataforma na posição “Repouso”

Relativamente ao coeficiente de segurança, está acima do valor de $CS = 2$ previamente definido.

Pela uma análise global da estrutura, verifica-se que os valores de deslocamento máximo e coeficiente de segurança mínimo estão bem acima dos requisitos impostos, o que significa que a nossa estrutura está sobredimensionada.

3.6.3.3. Otimização dos apoios da plataforma em posição de “Repouso”

Com o intuito de obter a solução ótima, quer no que diz respeito ao coeficiente de segurança/deslocamentos, quer em relação ao custo/benefício, procedeu-se à substituição do perfil IPE80 por dois suportes independentes fixos aos montantes.

Sendo assim, procedeu-se à simulação da estrutura com as referidas modificações e obtiveram-se os seguintes resultados:

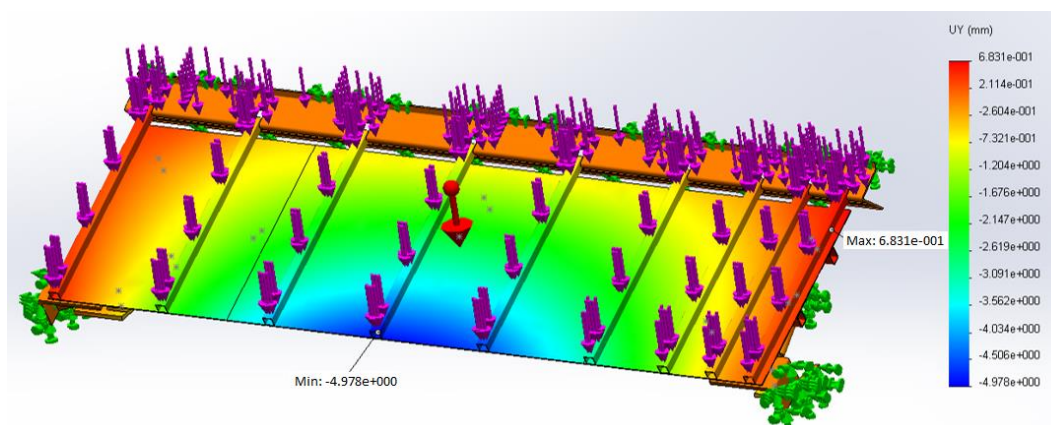


Figura 106 – Deslocamento da plataforma na posição “Repouso” com os dois suportes

Relativamente ao deslocamento (Figura 106), os valores obtidos encontram-se dentro dos parâmetros, embora, muito próximos do limite. Comparando com a solução anterior, verifica-se um aumento brusco nos deslocamentos.

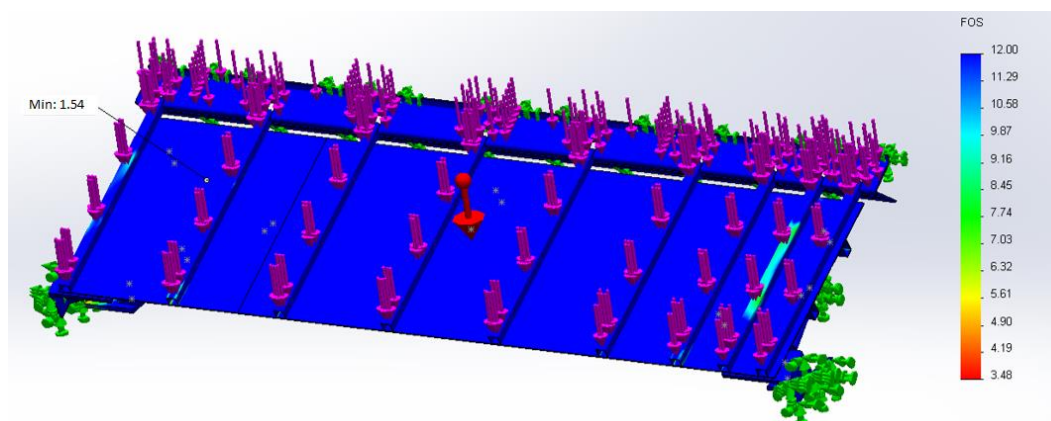


Figura 107 - Coeficiente de segurança da plataforma na posição “Repouso” sem o perfil IPE

Relativamente ao coeficiente de segurança (Figura 107), observa-se um ponto crítico com um valor mínimo de 1.54, inviabilizando a alteração proposta.

Perante os resultados obtidos, e para a solução proposta, a substituição do IPE80 pelo sistema de 2 componentes independentes não apresenta resultados satisfatórios.

Assim sendo, conclui-se que a estrutura se encontra totalmente definida e dimensionada, uma vez que no mercado não existem perfis mais pequenos do que o IPE80 e, por outro lado, não se encontra outro sistema que apresente uma boa relação resistência/preço.

3.7. Dimensionamento dos cilindros

3.7.1. Cálculo das cargas instaladas nos cilindros

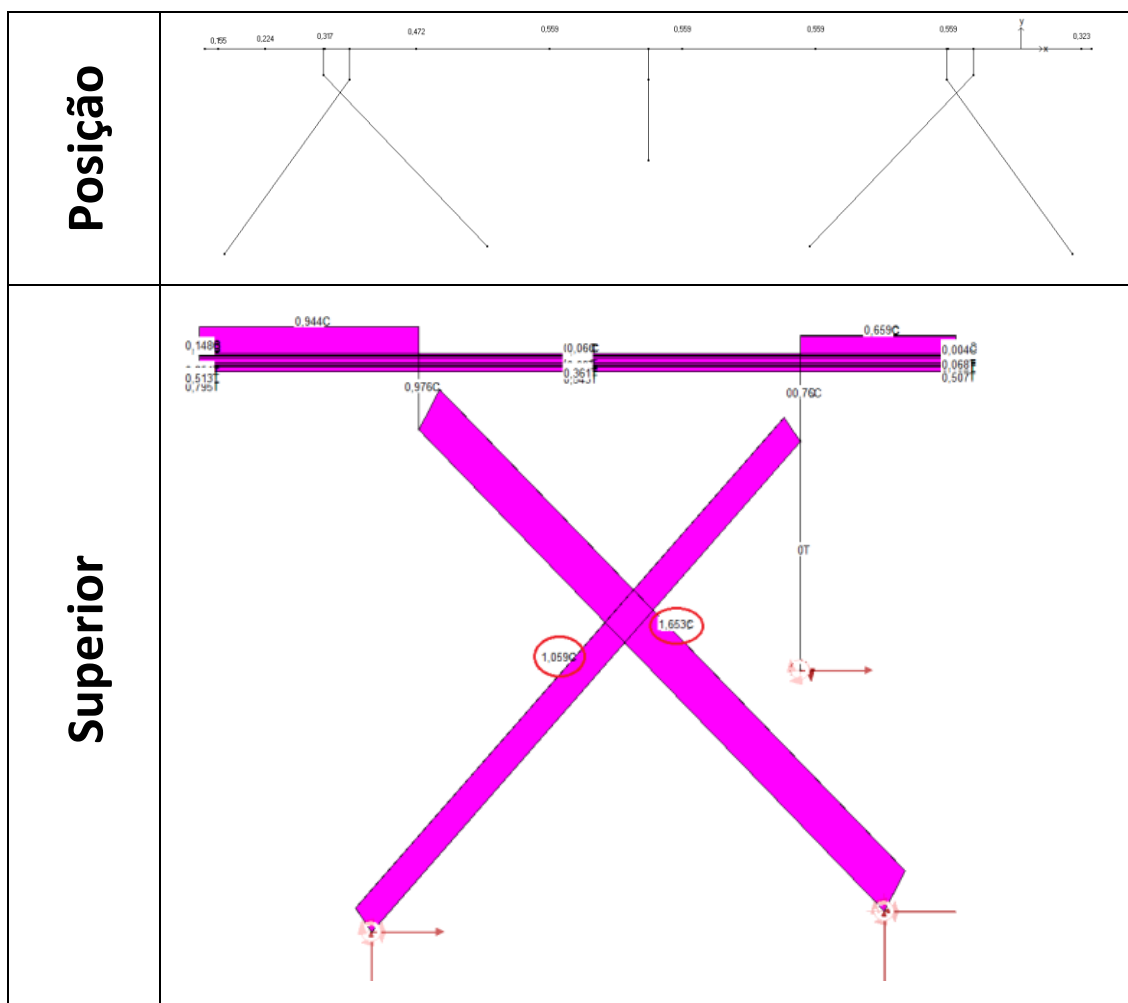
Para o dimensionamento dos cilindros, recorreu-se ao *software Multiframe* para definição dos esforços a que estes estão sujeitos, e teve-se em consideração os seguintes parâmetros:

- As posições da plataforma durante o processo de corte: “Superior”, “Intermédia” e “Descarga da chapa”;
- Disposição dos cilindros em relação à plataforma para as duas opções de cilindros (convencionais e servo pneumáticos).

As cargas a que esta estrutura está sujeita são as apresentadas na Figura 98.

De seguida apresentam-se os resultados obtidos nas várias simulações.

Tabela 7 – Resultados das simulações em *Multiframe* para utilização de cilindros convencionais



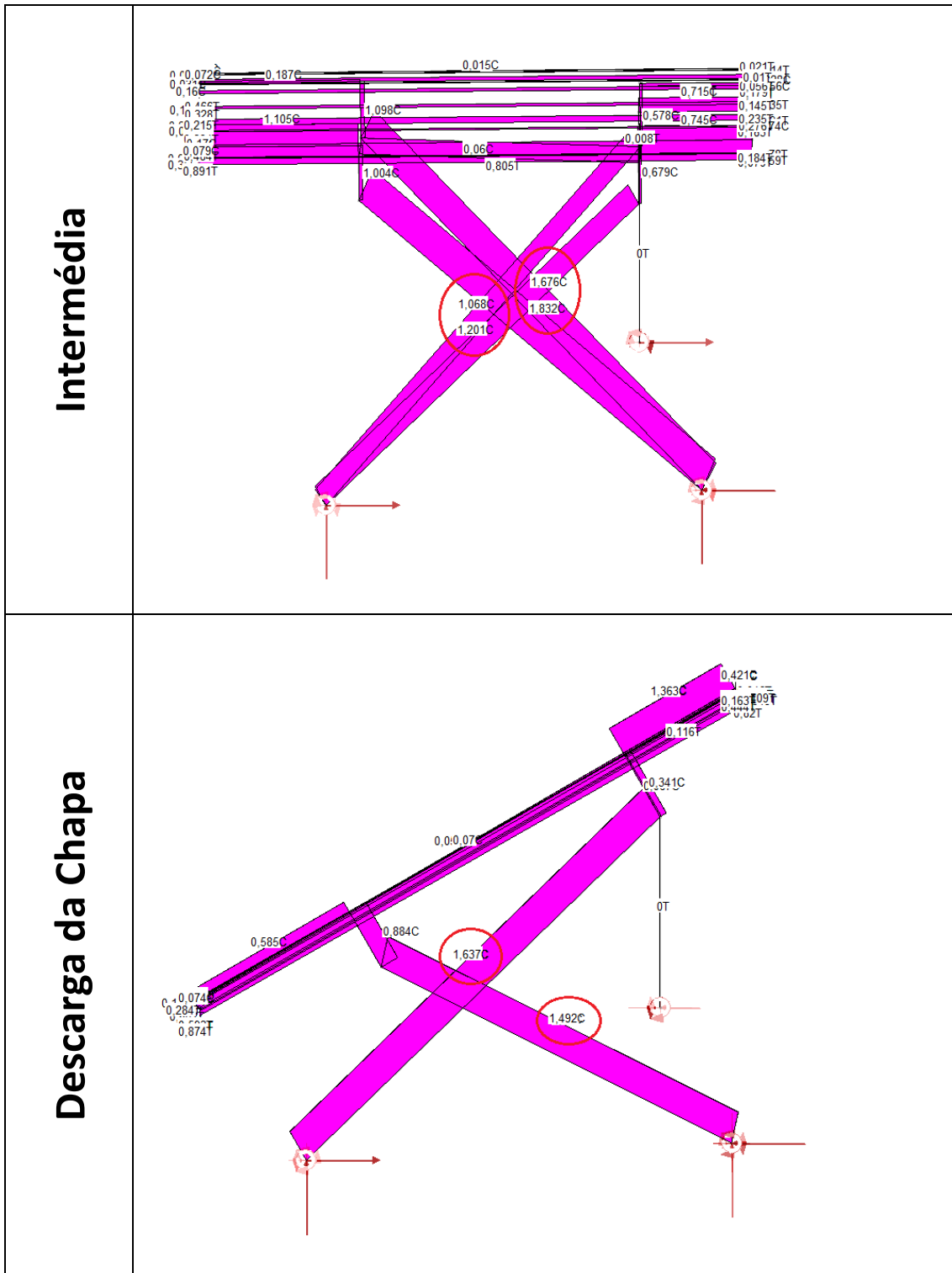
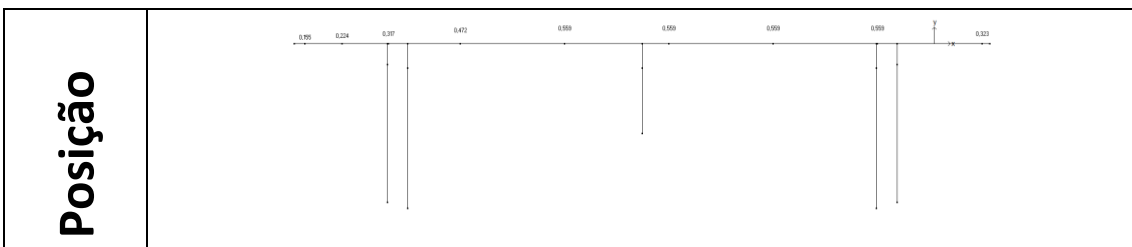
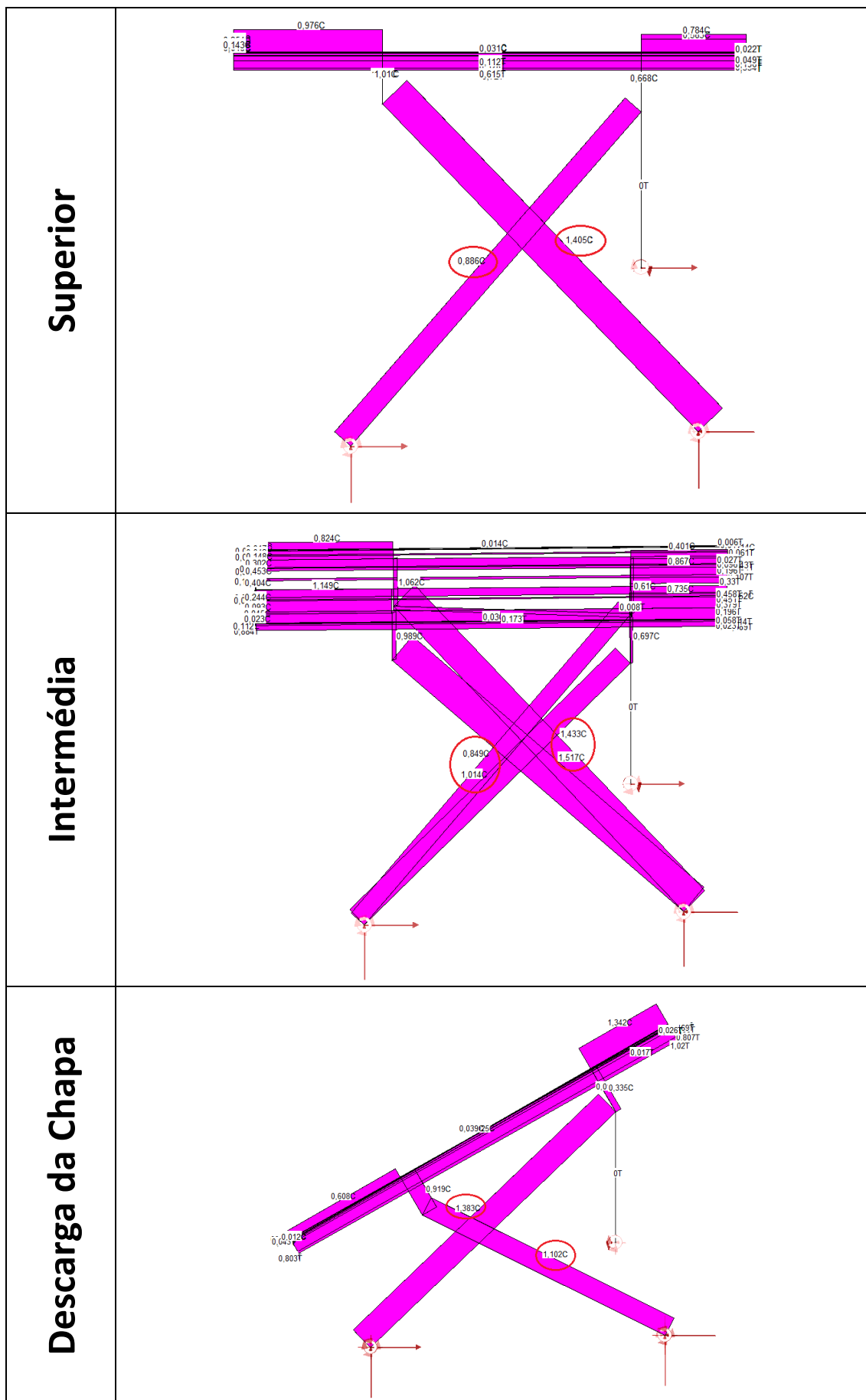


Tabela 8 - Resultados das simulações em Multiframe para utilização de cilindros servo pneumáticos





De forma a apresentar os resultados de cada simulação, a Figura 108 ilustra a numeração de cada cilindro, sendo esta numeração idêntica quer para os cilindros convencionais, quer para os servo-pneumáticos.

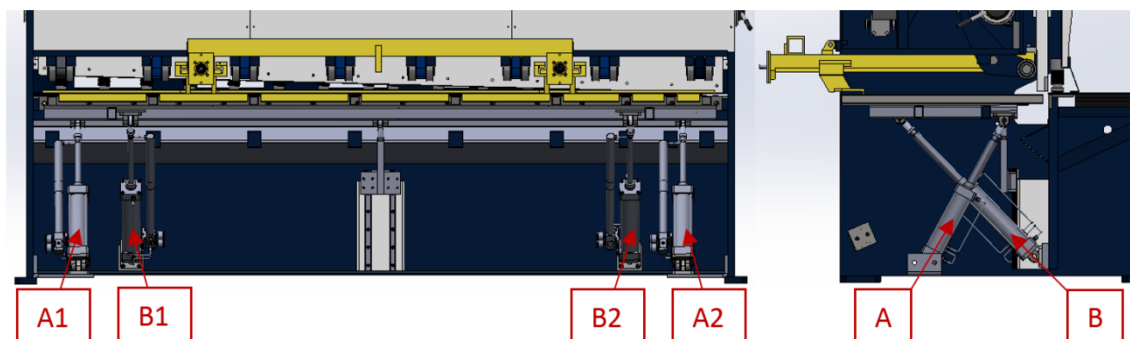


Figura 108 – Identificação dos cilindros

Na Tabela 9 apresentam-se as cargas a que cada cilindro está sujeito.

Tabela 9 – Resultados das simulações em Multiframe referente aos cilindros (valores em kN)

Cilindro	Cilindros Convencionais			Cilindros Servo pneumáticos		
	SUPERIOR	INTERMÉDIA	DESCARGA DA CHAPA	SUPERIOR	INTERMÉDIA	DESCARGA DA CHAPA
A1	1.059	1.068	1.637	1.405	1.433	1.102
B1	1.653	1.676	1.492	0.886	0.849	1.383
A2	1.65	1.832	1.48	0.888	1.014	1.383
B2	1.066	1.201	1.653	1.402	1.517	1.098

Analisando a Tabela 9, os valores identificados a laranja são os valores mais altos a que cada cilindro está sujeito.

Perante os resultados, e por forma a homogeneizar a estrutura, podemos considerar que todos os cilindros convencionais terão que movimentar, no mínimo, uma carga de 1.83 kN.

No caso dos cilindros servo pneumáticos, o mínimo será de 1.52 kN.

Poder-se-ia tentar selecionar cilindros de diferentes capacidades dentro de cada opção mas, como as diferenças são mínimas, e por forma a evitar erros na montagem dos mesmos, vamos considerar os valores máximos para selecionar os 4 cilindros para cada opção.

Sendo os cilindros responsáveis por grande percentagem do investimento para este projeto, é necessário fazer um ajuste do coeficiente de segurança para 1.5, evitando assim gastos desnecessários.

3.7.2. Cálculo do diâmetro do êmbolo

$$F_{Avanço} = p \times A_{\hat{e}mbolo}$$

Onde,

$$F \rightarrow \text{Força [N]}$$

$$p \rightarrow \text{Pressão da rede [Pa]}$$

$$A \rightarrow \text{Área do Êmbolo [m}^2\text{]}$$

Nota: Requisito mínimo de entrada de ar comprimido na máquina - 6 bar de pressão.

3.7.2.1. Cilindros convencionais

O cálculo para o diâmetro do veio dos cilindros convencionais é apresentado seguidamente:

$$F = 1832 \times 1.5 = 2748 \text{ N}$$

$$p = 6 \text{ bar} = 600\,000 \text{ Pa}$$

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4}, \quad d = ?$$

$$2748 = 600\,000 \times \frac{\pi \times d^2}{4}$$

$$d_{\text{mínimo}} = 0.0764 \text{ m} = 76.4 \text{ mm}$$

3.7.2.1. Cilindros servo-pneumáticos

Para os cilindros servo-pneumáticos, calculou-se também o diâmetro mínimo do êmbolo:

$$F = 1517 \times 1.5 = 2275.5 \text{ N}$$

$$p = 6 \text{ bar} = 600\,000 \text{ Pa}$$

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4}, \quad d = ?$$

$$2275.5 = 600\,000 \times \frac{\pi \times d^2}{4}$$

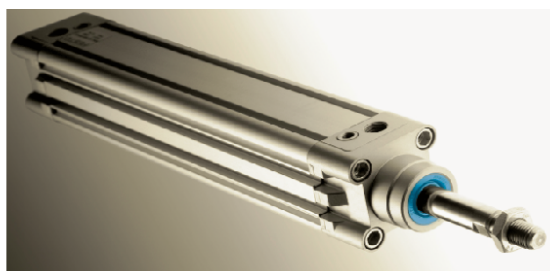
$$d_{\text{mínimo}} = 0.0695 \text{ m} = 69.5 \text{ mm}$$

3.7.3. Seleção dos cilindros

Analisando os resultados, conclui-se que para os cilindros convencionais é necessário um cilindro com um diâmetro mínimo de 76.4 mm no êmbolo e que no caso dos cilindros servo-pneumáticos é necessário um diâmetro mínimo de 69.5 mm no êmbolo.

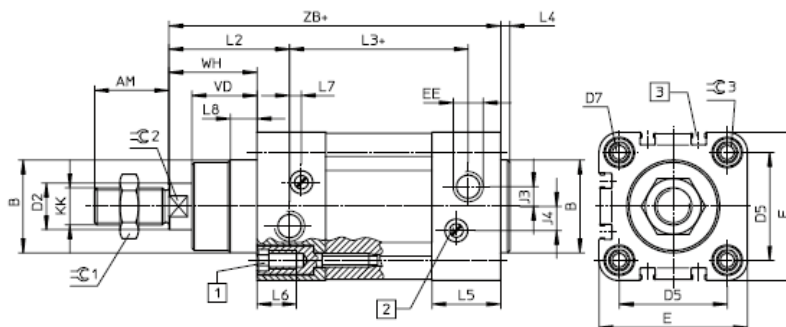
3.7.3.1. Cilindros convencionais

Após uma busca pelos fabricantes mais conhecidos, selecionou-se os cilindros DNC do fabricante FESTO, com um diâmetro de êmbolo de 80 mm, como assinalado na Figura 109 e Figura 110.



Características técnicas						
Meio	ar comprimido filtrado, com ou sem lubrificação					
Tipo de construção	cilindro com êmbolo					
Pressão máxima de trabalho	10 bar					
Faixa de temperatura	-20 to +80 °C (considerar faixa de utilização dos sensores)					
Materiais	cabeçotes: alumínio injetado Si 12; camisa do cilindro: alumínio anodizado; haste: aço cromo (X20 Cr 13); execução R3: X6 CrNiMoTi 17 12 2; gaxetas: poliuretano					
Força transversal Fq admitida na haste	ver página 21					
ø do cilindro mm	Cursos padrão mm	Curso min. - máx. mm	Força de avanço 6 bar*-N	Força de retorno 6 bar*-N	Conexão	Curso de amortecimento-mm
32	25, 40, 50, 80	10 até 2000	483	415	G1/8	20
40	100, 125, 160	10 até 2000	754	633	G1/4	20
50	200, 250, 320	10 até 2000	1178	990	G1/4	22
63	400, 500	10 até 2000	1870	1682	G3/8	22
80		10 até 2000	3016	2721	G3/8	32
100		10 até 2000	4712	4418	G1/2	32
125		10 até 2000	7363	6881	G1/2	42

Figura 109 – Seleção dos cilindros convencionais (Festo, 2002)



- 1 Parafuso Allen com rosca interna para os elementos de fixação.
 - 2 Parafusos de regulagem para o amortecimento de posição final.
 - 3 Ranhura para sensor.
- + = adicionar o curso

ø do cilindro mm	AM	B ø d11	D2 ø f8	D5	D7	E	EE	J3	J4	KK	L2
63	32	45	20	56.5	M8	75	G3/8	12.4	10	M16 x 1.5	54
80	40	45	25	72	M10	93	G3/8	8	12.5	M20 x 1.5	62.4
100	40	55	25	89	M10	110	G1/2	11.8	10	M20 x 1.5	69.8
125	54	60	32	110	M12	134	G1/2	13	8	M27 x 2	83
ø do cilindro mm	L3	L4	L5	L6	L7	L8	$\varnothing 2$	$\varnothing 3$	VD	WH ±1	ZB ±0.8
63	87	4	35.6	17	6.6	15	17	8	28.5	37	158
80	95.2	4	35.9	17	10.5	15.7	22	6	34.7	46	174
100	100.4	4	38.8	17	8	19.2	22	6	38.2	51	189
125	124	6	44.7	22	14	20.5	27	8	46	65	225

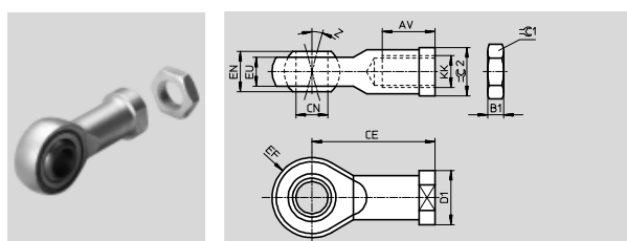
Figura 110 – Dimensões gerais dos cilindros DNC (Festo, 2002)

Acessórios de fixação

Sabendo que a plataforma se vai posicionar com diversas inclinações, é necessário garantir essa liberdade na ligação dos cilindros à plataforma. Desta forma, foram escolhidas rótulas esféricas, por se tratarem de elementos normalizados. A seleção da rótula assenta apenas na escolha de uma que tenha a mesma rosca que a haste do cilindro.

Os acessórios disponíveis para os cilindros não requerem qualquer verificação estrutural, pois estes apenas são compatíveis com cilindros da mesma gama, evitando assim a escolha de acessórios que poderiam não suportar a carga que o cilindro movimentava.

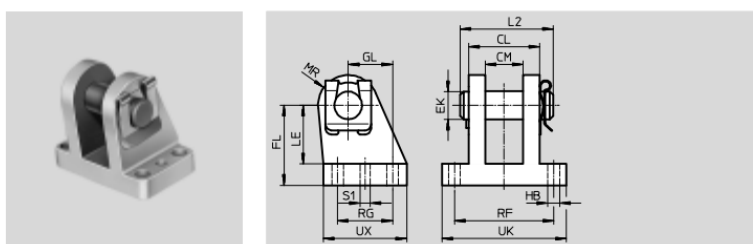
Em cada extremidade dos cilindros é utilizada uma rótula esférica do tipo indicado na Figura 111.



Dimensions and ordering data								
KK	AV	B1	CE	CN ∅ H7	D1 ∅	EF +0.5	EN	EU
M12	22 -2	6	50	12	22	16	16	12
M12x1.25								
M16	28 -2	8	64	16	27	21	21	15
M16x1.5								
M20x1.5	33 -2	10	77	20	34	25	25	18
M27x2	51 -2	13.5	110	30	50	35	37	25
M36x2	56 +2	18	125	35	58	40	43	28
M42x2	60 +2	21	142	40	65	45	49	33
M48x2	65 +2	24	160	50	75	58	60	45

Figura 111 - Seleção da rótula esférica para a haste do cilindro – SGS - 20 (Festo, 2013)

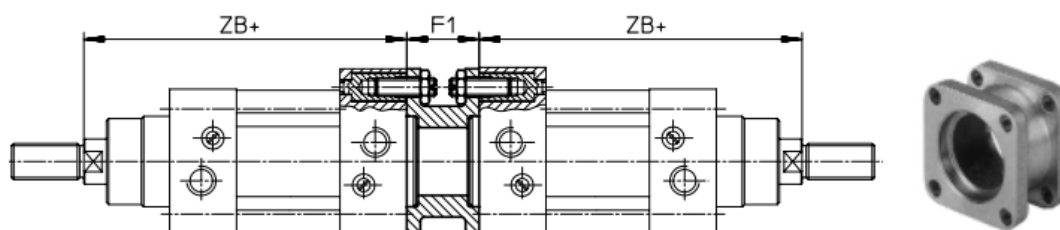
Para fazer a ligação das rótulas ao equipamento, foram selecionados os acessórios que seguidamente se indicam (Figura 112).



Dimensions and ordering data																		
For \varnothing	CL	CM	EK \varnothing	FL	GL	HB \varnothing	L2	LE	MR	RF	RG	S1 \varnothing	UK	UX	CRC ¹⁾	Weight [g]	Part No.	Type
[mm]																		
63	40	21.1	16	50	25	9	50	38	17	56	31	7.8	70	49	2	580	31764	LBG-63
80	50	25.1	20	63	30	11	60	49	18	70	36	7.8	89	55	2	1050	31765	LBG-80
100	50	25.1	20	71	41	11	60	56	22	70	46	9.8	89	65	2	1375	31766	LBG-100
125	80	37.2	30	90	60	14	89	70	26	106	70	11.8	128	96	2	4140	31767	LBG-125

Figura 112 – Seleção do acessório de ligação das rótulas à máquina e à plataforma – LBG – 80 (Festo, 2013)

No caso do uso de cilindros convencionais é necessário utilizar o *kit* multi-posições para acoplar os dois cilindros, sendo este *kit* selecionado de acordo com o diâmetro do êmbolo do cilindro, como representa a Figura 113.



Curso máx. total = 1000 mm
+ = adicionar curso

\varnothing do cilindro mm	Denominação		F1	ZB	Peso kg	Materiais
	Código	Tipo*				
32	174 418	DPNC-32	27	120	0.085	Flange: Alumínio fundido; prisioneiros, porcas sextavadas: aço
40	174 419	DPNC-40	27	135	0.115	
50	174 420	DPNC-50	32	143	0.210	
63	174 421	DPNC-63	28	158	0.360	
80	174 422	DPNC-80	38	174	0.620	
100	174 423	DPNC-100	38	189	1.190	

Figura 113 – Seleção do acessório DPNC – 80 (Festo, 2013)

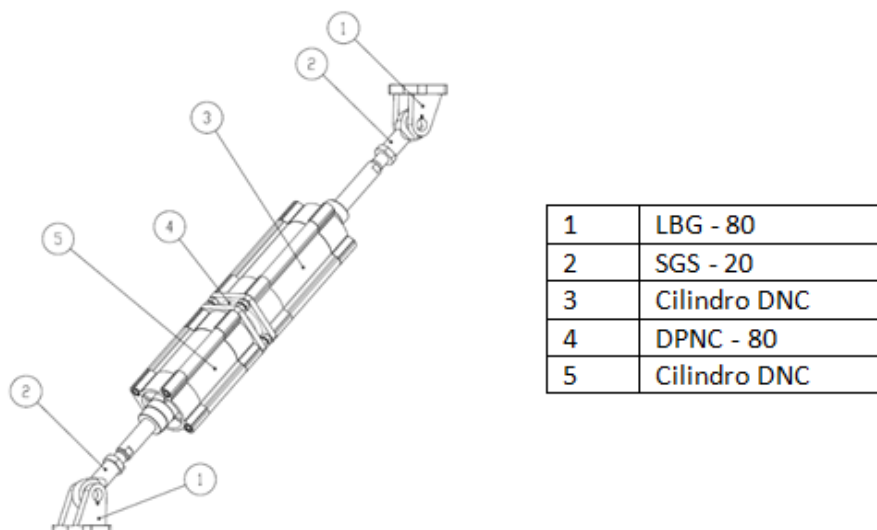


Figura 114 – Cilindros convencionais - Conjunto final

Na Figura 114 observa-se o resultado final de um conjunto de cilindros convencionais, sendo o item 1 (LBG - 80) o elemento de fixação à máquina e à plataforma.

O elemento 2 (SGS – 20) diz respeito às rótulas que permitem a inclinação da plataforma nos pontos de fixação.

Os elementos 3 e 5 são os cilindros DNC do fabricante FESTO, enquanto o elemento 4 (DPNC - 80) faz a ligação entre os dois cilindros, ou seja, o *kit* multi-posições.

Uma vez que os cilindros funcionam de uma forma independente um do outro, sentiu-se a necessidade de fazer um estudo que permitisse concluir quais os cursos mais favoráveis que os cilindros deveriam ter, para que fossem conseguidas as posições da plataforma.

Cálculo do curso

Outro parâmetro que foi necessário estudar foi o curso que os cilindros teriam de percorrer. Para tal, e para cada cilindro, foi realizado um estudo que passou por trabalhar com as relações dimensionais e trigonométricas para as diferentes posições que a plataforma irá assumir. Este estudo passou por relacionar as três posições, superior, intermédia e repouso, de forma a calcular os cursos ideais para se obter as referidas posições.

Para o seu cálculo foram considerados dois grupos diferentes de cilindros, posição A e posição B, conforme a Figura 108.

Posição A

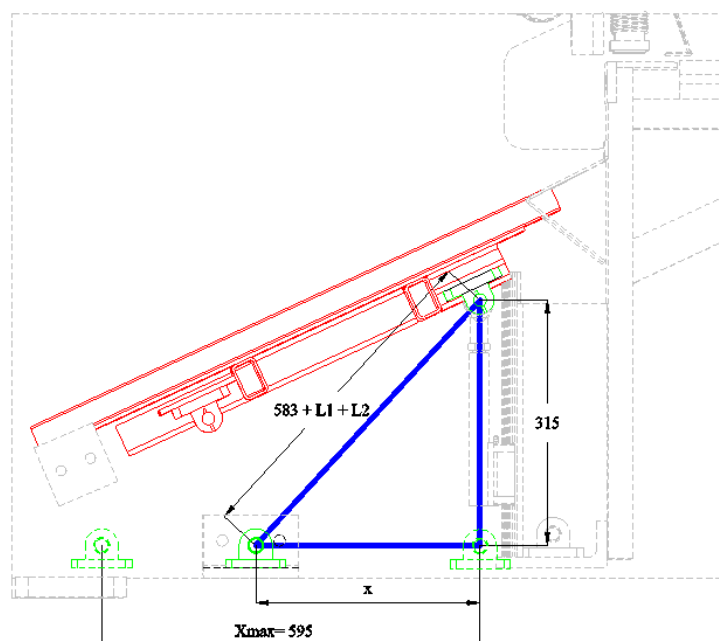


Figura 115 – Cilindros convencionais - Posição A – “Descarga” (dimensões em mm)

A Figura 115 pretende ilustrar a relação trigonométrica dos cilindros e dos apoios na posição de repouso. Assim sendo, a distância entre apoios do cilindro A (hipotenusa) traduz-se na soma de 583 mm (espaço morto existente nos dois cilindros) com L1 (curso do cilindro 1) e L2 (curso do cilindro 2). Considera-se que para a plataforma estar na posição de repouso, o apoio superior tem de estar a 315 mm de altura em relação ao apoio inferior. Quanto à distância na horizontal, foi considerada como incógnita, contudo limitou-se a um valor máximo de 595 mm, uma vez que o espaço por baixo da plataforma é muito limitado.

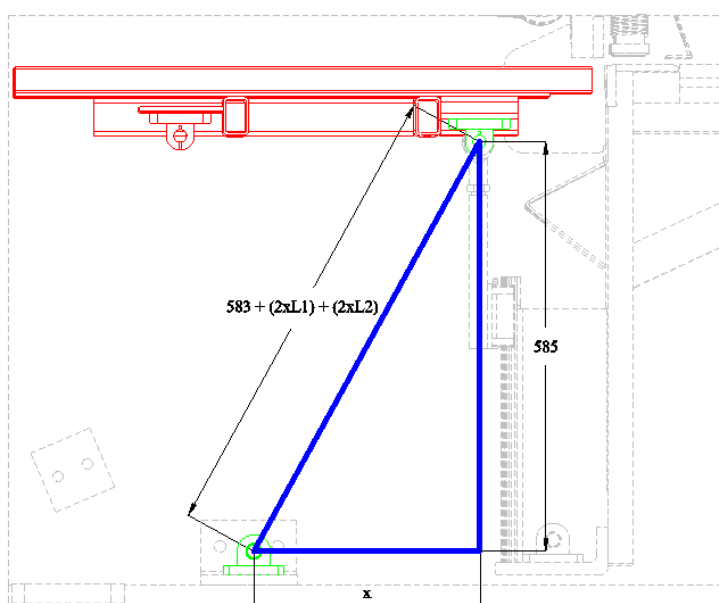


Figura 116 – Cilindros convencionais - Posição A – “Superior” (dimensões em mm)

No caso da posição superior (Figura 116), a distância entre os apoios dos cilindros é a soma entre o espaço morto e duas vezes o curso de cada cilindro, uma vez que, para a plataforma atingir a posição superior, os dois cilindros têm que estar na posição de avanço. A altura do apoio superior em relação ao inferior é de 490 mm e a distância na horizontal continua a ser a nossa incógnita.

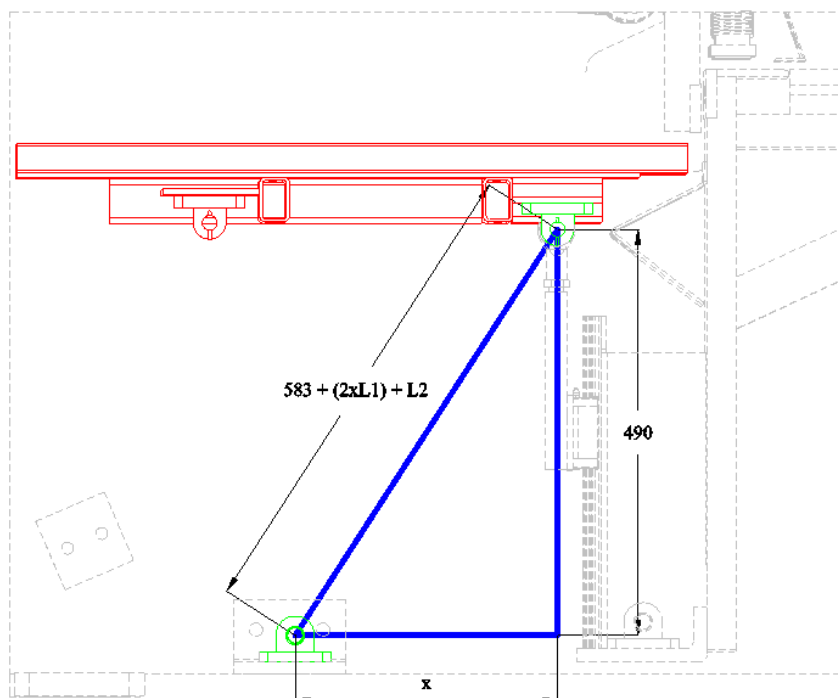


Figura 117 – Cilindros convencionais - Posição A – “Intermédia” (dimensões em mm)

No caso da posição intermédia (Figura 117) a distância entre os apoios dos cilindros é a soma entre “o espaço morto”, duas vezes o curso do cilindro 1 (L_1) e o curso do cilindro 2, uma vez que para a plataforma atingir esta posição, um dos cilindros tem de recuar. A altura do apoio superior em relação ao inferior é 490 mm e a distância na horizontal continua a ser a incógnita.

Assim, com esta interpretação gráfica e trigonométrica, conseguimos elaborar um sistema de 3 equações e 3 incógnitas.

$$\begin{cases} (583 + L_1 + L_2)^2 = 315^2 + x^2 \\ (583 + (2 \times L_1) + (2 \times L_2))^2 = 585^2 + x^2 \\ (583 + (2 \times L_1) + L_2)^2 = 490^2 + x^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} L_1 = 90 \text{ mm} \\ L_2 = 60 \text{ mm} \\ x = 662 \text{ mm} \end{cases}$$

Perante a resolução do sistema acima obtemos que o curso do cilindro 1 terá que ser de 90 mm, o cilindro 2 de 60 mm e os apoios estarão distanciados horizontalmente 662 mm.

Como o valor de x obtido é superior ao limite máximo imposto, reposicionou-se o ponto de fixação na plataforma, por forma a conseguir instalar o conjunto dimensionado, como se representa na Figura 118.

A cor vermelha encontra-se o cilindro posicionado em paralelo com o montante da máquina. Como se pode verificar, este ficaria numa posição pouco funcional, uma vez que o corpo do cilindro iria colidir com a estrutura da plataforma.

A cor cinza pretende-se ilustrar o conjunto de cilindros reposicionados.

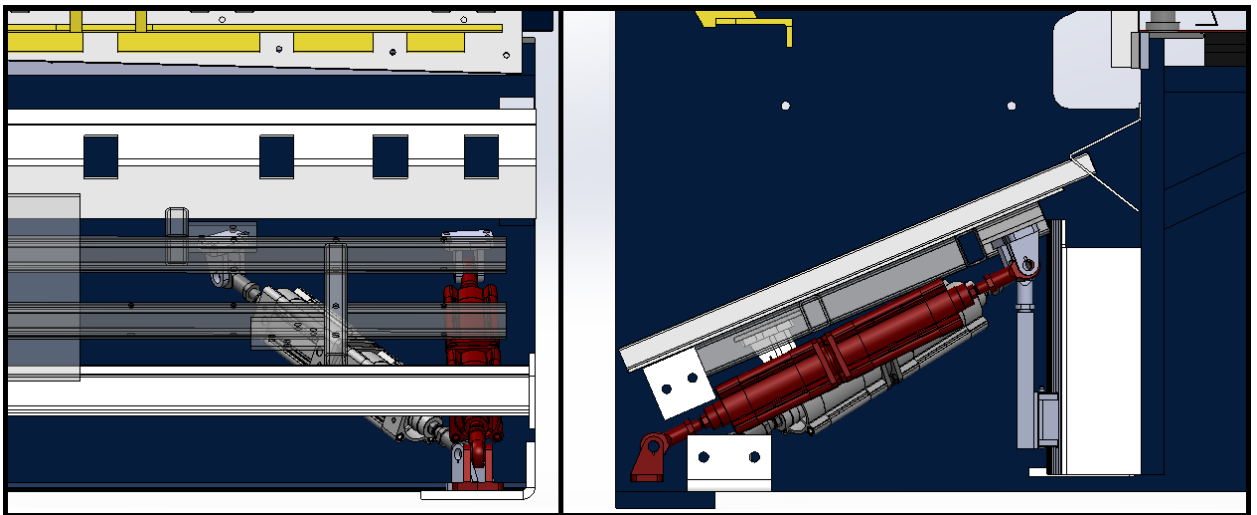


Figura 118 – Inclinação dos cilindros convencionais para respeitar o valor máximo de x

Posição B

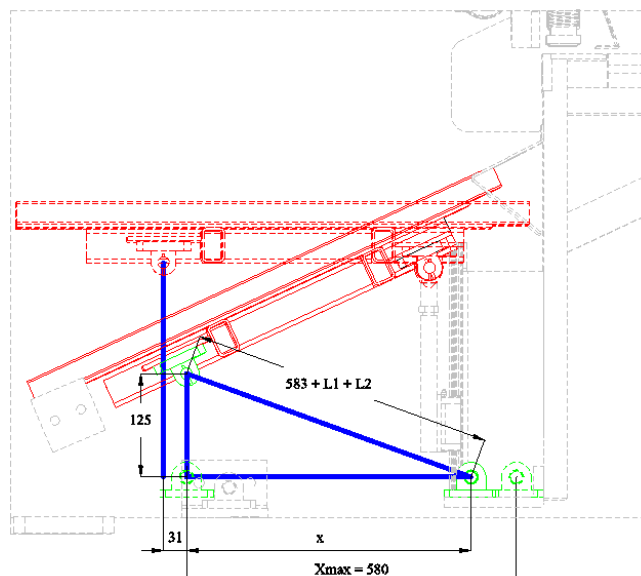


Figura 119 – Cilindros convencionais – Posição B – “Descarga”

O cilindro B, Figura 119, tem uma interpretação ligeiramente diferente do cilindro A, pois o x não é uma constante. Este facto deve-se ao ponto fixo da plataforma ser a guia e a distância na horizontal aumentar quando a plataforma está na posição superior. Este acréscimo traduz-se em 31 mm, fazendo com que a relação das medidas na horizontal para a posição intermédia e superior seja de $x + 31 \text{ mm}$, sendo que a distância entre apoios do cilindro B (hipotenusa) se traduz na soma de 583 mm (espaço morto existente nos dois) com L1 (curso do cilindro 1) e L2 (curso do cilindro 2). Também para este conjunto o espaço é limitado, variando até um máximo de 580 mm.

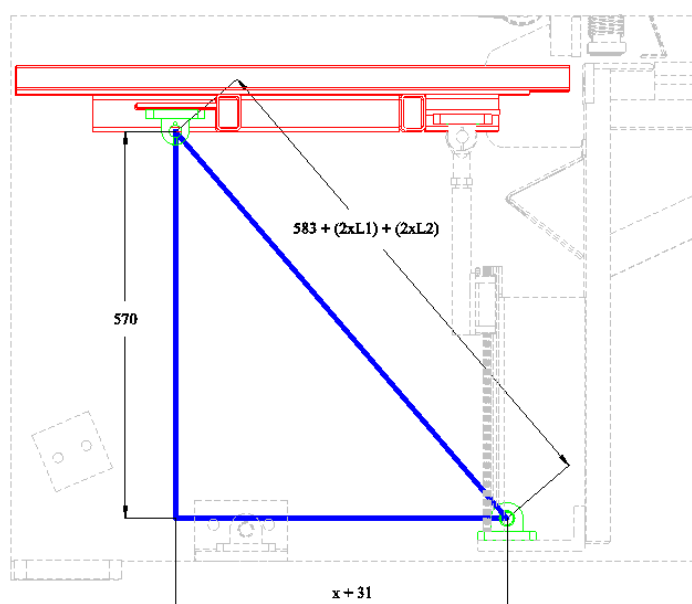


Figura 120 – Cilindros convencionais - Posição B – Superior

No caso da posição superior (Figura 120), a distância entre os apoios dos cilindros é a soma entre o espaço morto e duas vezes o curso de cada cilindro, uma vez que para a plataforma atingir a posição superior os cilindros têm que estar todos na posição de avanço. A altura do apoio superior em relação ao inferior é 570 mm.

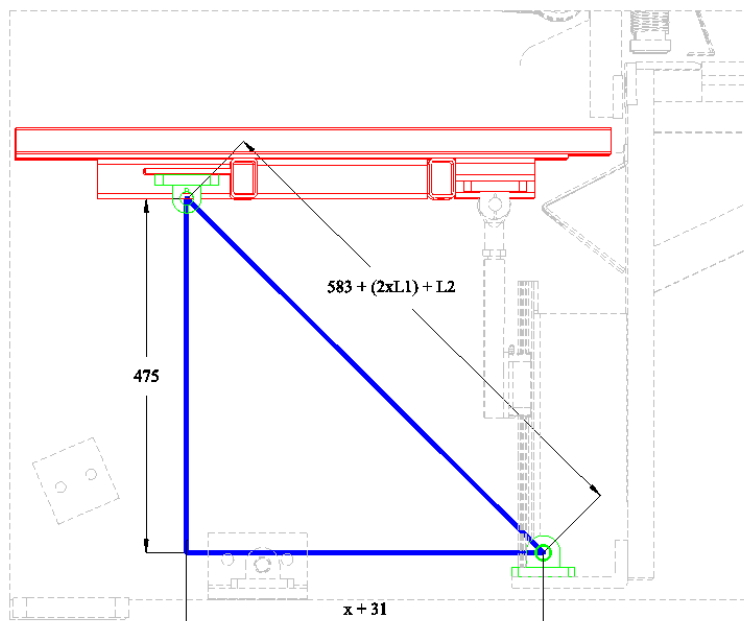


Figura 121 – Cilindros convencionais - Posição B – “Intermédia”

No caso da posição intermédia (Figura 121), a distância entre os apoios dos cilindros é a soma entre o espaço morto, duas vezes o curso do cilindro 1 (L_1) e o curso do cilindro 2, uma vez que para a plataforma atingir esta posição um dos cilindros tem que recuar. A altura do apoio superior em relação ao inferior é 475 mm.

Assim, com esta interpretação, conseguimos elaborar um sistema de 3 equações e 3 incógnitas, como se segue:

$$\begin{cases} (583 + L_1 + L_2)^2 = 125^2 + x^2 \\ (583 + (2 \times L_1) + (2 \times L_2))^2 = 570^2 + (x + 31)^2 \\ (583 + (2 \times L_1) + L_2)^2 = 475^2 + (x + 31)^2 \end{cases}$$

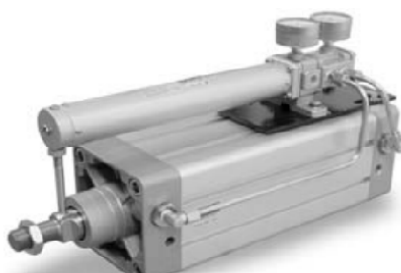
$$\begin{cases} L_1 = 151 \text{ mm} \\ L_2 = 52 \text{ mm} \\ x = 775 \text{ mm} \end{cases}$$

Perante a resolução do sistema acima obtemos que o curso do cilindro 1 terá um curso de 151 mm, o cilindro 2 um curso de 52 mm e os apoios estarão distanciados horizontalmente 775 mm. No entanto os valores dos cursos dos cilindros tem de ser arredondados, passando o cilindro 1 a ter um curso de 155 mm e o cilindro 2 um curso de 55 mm. Apesar de este arredondamento levar a um reajuste relativamente às posições, representa algumas vantagens económicas pois são valores normalizados, sendo praticados preços mais atrativos.

Também nesta posição o valor de x é superior a 595 mm, tendo que o cilindro ser reposicionado por forma a conseguir ganhar o espaço necessário.

3.7.3.2. Cilindros servo pneumáticos

Relativamente aos cilindros servo-pneumáticos, a seleção recaiu sobre o modelo CP95P do fabricante SMC com um diâmetro de êmbolo de 80 mm, como assinalado na Figura 122 e Figura 123.



Força teórica

(Unidade : N) OUT IN

Diâmetro (mm)	Diâm. da haste (mm)	Sentido funcion.	Secção do êmbolo (mm ²)	Pressão de funcionamento (MPa)								
				0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
32	12	SAÍDA	804	161	241	322	402	482	563	643	724	804
		ENTRADA	691	138	207	276	346	415	484	553	622	691
40	16	SAÍDA	1257	251	377	503	629	754	880	1006	1131	1257
		ENTRADA	1056	211	317	422	528	634	739	845	950	1056
50	20	SAÍDA	1963	393	589	785	982	1178	1374	1570	1767	1963
		ENTRADA	1649	330	495	660	825	989	1154	1319	1484	1649
63	20	SAÍDA	3117	623	935	1247	1559	1870	2182	2494	2805	3117
		ENTRADA	2803	561	841	1121	1402	1682	1962	2242	2523	2803
80	25	SAÍDA	5027	1005	1508	2011	2514	3016	3519	4022	4524	5027
		ENTRADA	4536	907	1361	1814	2268	2722	3175	3629	4082	4536
100	30	SAÍDA	7854	1571	2356	3142	3927	4712	5498	6283	7068	7854
		ENTRADA	7147	1429	2144	2859	3574	4288	5003	5718	6432	7147

Nota) Força teórica (N) = Pressão (MPa) X Secção do êmbolo (mm²)

Figura 122 – Seleção do cilindro servo pneumático CP95P (SMC, 2014)

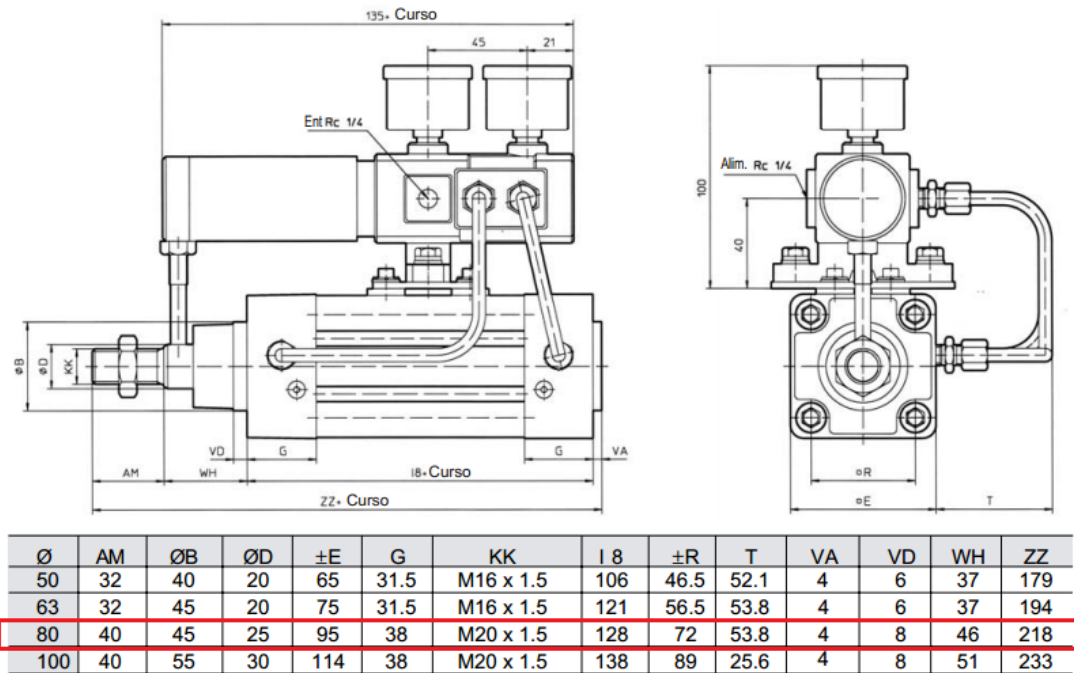


Figura 123 – Dimensões gerais do cilindro CP95P (SMC, 2014)

Acessórios de fixação

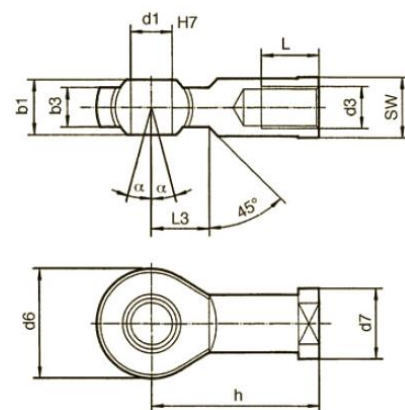
Apesar dos cilindros serem de fabricantes diferentes, todos usam praticamente a mesma política no que respeita aos acessórios. No caso da FESTO, as rótulas eram escolhidas de acordo com a rosca da haste. Neste caso, a seleção da rótula esférica é de acordo com o diâmetro do cilindro (Figura 124).

Rótula esférica da haste do êmbolo KJ (ISO 8139)

Aço, cromado de zinco

Diâmetro (mm)	d3	d1	h	d6	b3	b1	L	d7	α	L3	SW
32	M10 X 1.25	10	43	28	10.5	14	20	19	13°	14	17
40	M12 X 1.25	12	50	32	12	16	22	22	13°	16	19
50/63	M16 X 1.5	16	64	42	15	21	28	27	15°	26	32
80/100	M20 X 1.5	20	77	50	18	25	33	34	15°	26	32

Figura 124 - Seleção da rótula esférica para a haste do êmbolo (SMC, 2014)



No caso da parte traseira do cilindro é necessário algo que permita a inclinação do mesmo. Assim sendo, a SMC disponibiliza um acessório com rótula para fixar à estrutura da máquina, Figura 125, e o respetivo sistema para que aperte na traseira do cilindro, Figura 126. A base da seleção destes componentes assenta no diâmetro do êmbolo.

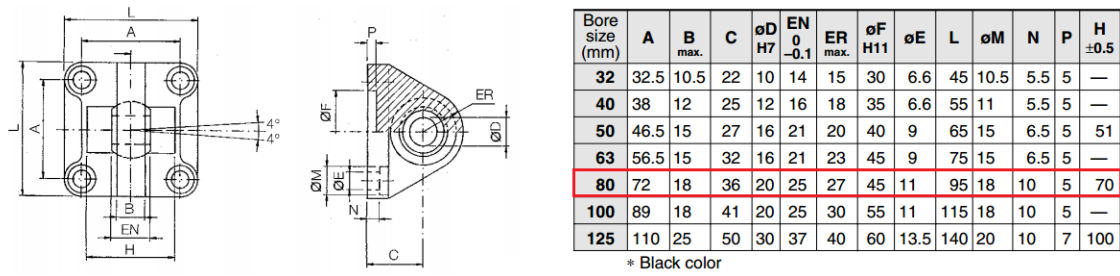
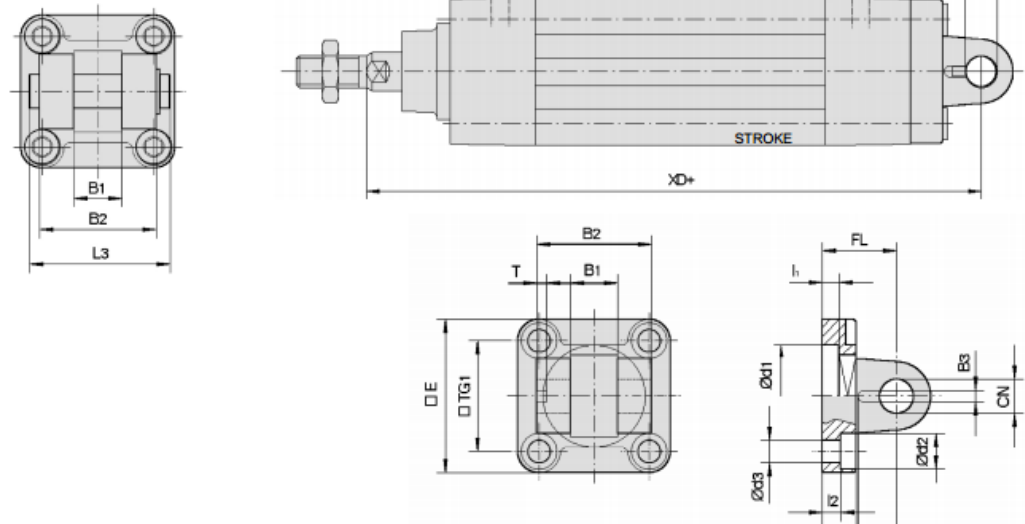


Figura 125 - Acessório de fixação à máquina

Mounting type DS



Ø Bore	□E	B1	B2	B3	□TG1	T	L1	L3	I ₁	I ₂	FL	H	Ød1	Ød2	Ød3	CN	XD
32	45	14	34	3.3	32.5	3	11.5	41	5	5.5	22	10	30	10.5	6.6	10	142
40	55	16	40	4.3	38	4	12	48	5	5.5	25	10	35	11	6.6	12	160
50	65	21	45	4.3	46.5	4	14	54	5	6.5	27	10	40	15	9	16	170
63	75	21	51	4.3	56.5	4	14	60	5	6.5	32	12	45	15	9	16	190
80	95	25	65	4.3	72	4	16	75	5	10	36	16	45	18	11	20	210
100	115	25	75	6.3	89	4	16	85	5	10	41	16	55	18	11	20	230

Figura 126 – Fixação traseira para o cilindro (SMC, 2014)

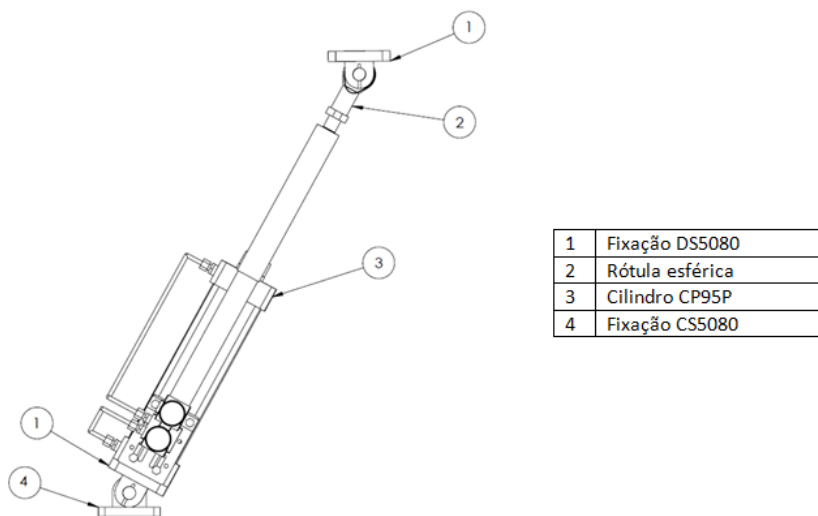


Figura 127 - Cilindros servo- pneumáticos - Conjunto final

Na Figura 127, pode-se observar o conjunto final do cilindro e respetivos acessórios de fixação. O elemento 1 faz a ligação com a plataforma e a rótula (elemento 2). O mesmo elemento 1 faz par de ligação com o elemento 4. O cilindro servo-pneumático está representado como elemento 3.

Cálculo do curso

A metodologia de cálculo dos parâmetros para os cilindros servo-pneumáticos foi idêntica à metodologia aplicada para os cilindros convencionais.

Quanto às posições, neste caso só se relacionam duas posições, superior e repouso, pois a posição intermédia é obtida por controlo eletrónico.

Quanto aos grupos, também foram os considerados conforme a posição A e a posição B.

Posição A

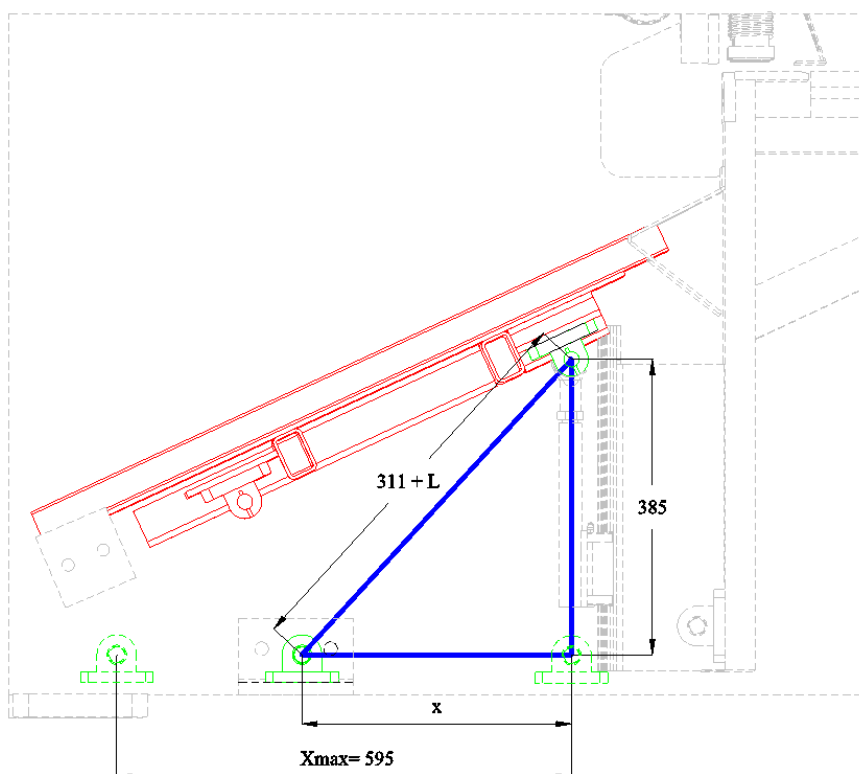


Figura 128 - Cilindros servo-pneumáticos - Posição A – “Descarga” (dimensões em mm)

A Figura 128 pretende ilustrar a relação trigonométrica do cilindro e dos apoios na posição de repouso. Assim sendo, a distância entre apoios do cilindro A (hipotenusa) traduz-se na soma de 311 mm (espaço morto) com o curso do cilindro (L).

Considera-se que para a plataforma estar na posição de repouso, o apoio superior tem de estar a 385 mm de altura em relação ao apoio inferior. Quanto à distância na horizontal, foi considerada como incógnita. Contudo, limitou-se a um valor máximo de 595 mm, uma vez que o espaço por debaixo da plataforma é muito limitado.

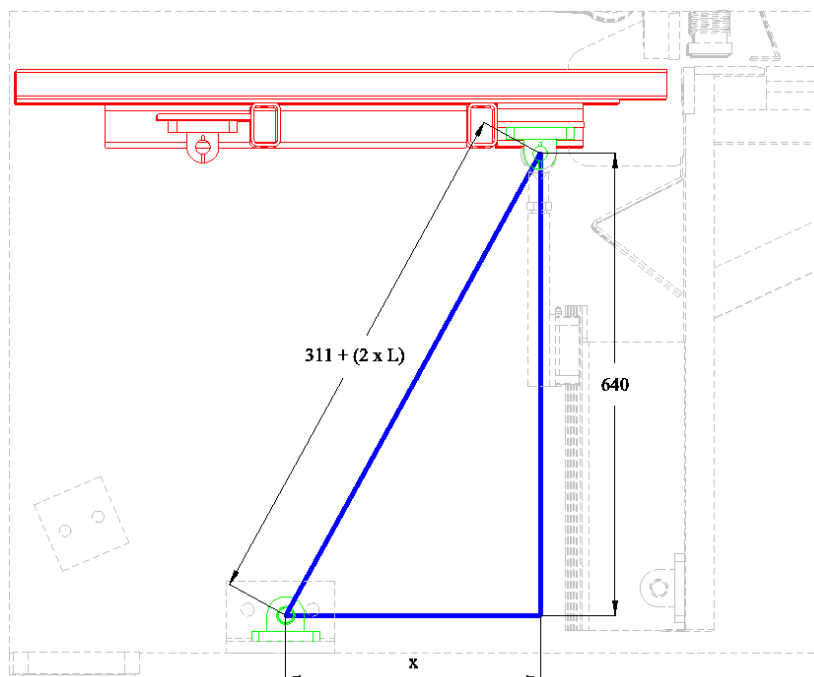


Figura 129 - Cilindros servo-pneumáticos - Posição A – “Superior” (dimensões em mm)

No caso da posição superior (Figura 129), a distância entre os apoios do cilindro é a soma entre o espaço morto e duas vezes o curso do cilindro, uma vez que, para a plataforma atingir a posição superior, o cilindro tem de estar na posição de avanço. A altura do apoio superior em relação ao inferior é de 640 mm e a distância na horizontal continua a ser a incógnita.

Assim, com esta interpretação gráfica e trigonométrica, conseguimos elaborar um sistema de 2 equações e 2 incógnitas.

$$\begin{cases} (311 + L)^2 = 385^2 + x^2 \\ (311 + (2 \times L))^2 = 640^2 + x^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} L = 209 \text{ mm} \\ x = 350 \text{ mm} \end{cases}$$

Perante a resolução do sistema acima é obtido um curso de 210 mm para o cilindro 1 e os apoios estarão distanciados horizontalmente 350 mm.

Como se pode verificar neste caso, não houve a necessidade de inclinar o cilindro, pois este possui um espaço morto bastante inferior ao grupo de cilindros convencionais, possibilitando assim a colocação paralela do cilindro com os montantes da guilhotina.

Posição B

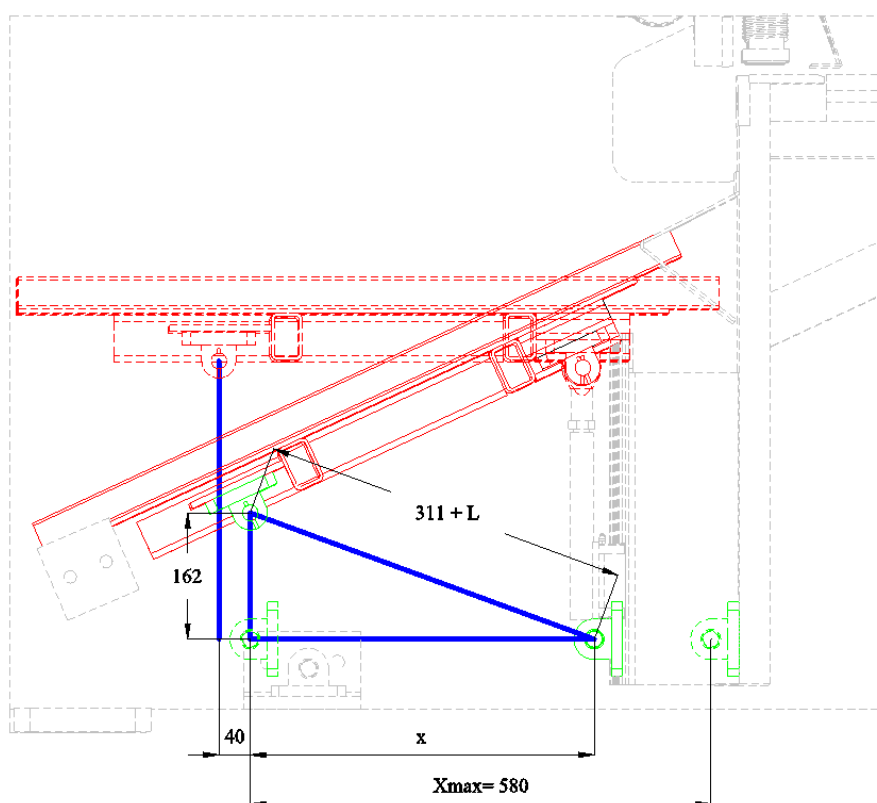


Figura 130 - Cilindros servo pneumático - Posição B – “Descarga” (dimensões em mm)

O cilindro B, Figura 130, tem uma interpretação ligeiramente diferente do cilindro A pois x não é uma constante, como já foi referido anteriormente. Este facto deve-se ao ponto fixo da plataforma ser a guia e a distância na horizontal aumentar quando a plataforma está na posição superior. Este acréscimo traduz-se em 40 mm, fazendo com que a relação das medidas na horizontal para a posição superior seja de $x + 40$. No caso da distância entre apoios do cilindro B (hipotenusa), traduz-se na soma de 311 (espaço morto) com o curso do cilindro (L).

Também para este conjunto, o espaço é limitado, variando até um máximo de 580 mm.

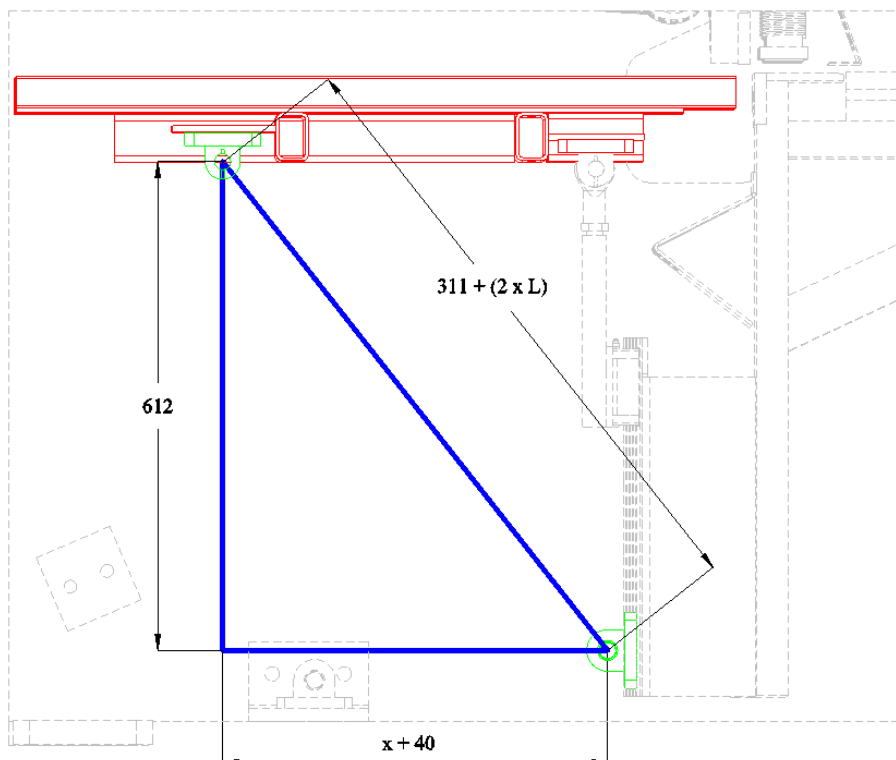


Figura 131 - Cilindros Servo Pneumático - Posição B – “Superior” (dimensões em mm)

No caso da posição superior (Figura 131), a distância entre os apoios dos cilindros é a soma entre o espaço morto e duas vezes o curso do cilindro, uma vez que para a plataforma atingir a posição superior o cilindro tem de estar na posição de avanço. A altura do apoio superior em relação ao inferior é 612 mm.

$$\begin{cases} (311 + L)^2 = 162^2 + x^2 \\ (311 + (2 \times L))^2 = 612^2 + (x + 40)^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} L = 273 \text{ mm} \\ x = 561 \text{ mm} \end{cases}$$

Perante a resolução do sistema acima obtemos que o curso do cilindro 1 terá um curso de 273 mm, e os apoios estarão distanciados horizontalmente 775 mm. No entanto o valor do curso do cilindro tem de ser arredondado, passando a ser de 280 mm de curso. Apesar de este arredondamento levar a um reajuste relativamente às posições, tal representa alguma vantagem económica pelo facto de serem componentes normalizados, com preços mais baixos.

3.8. Vista explodida dos principais componentes do sistema

A Figura 132 pretende de uma forma geral mostrar os principais componentes finais da plataforma dinâmica.

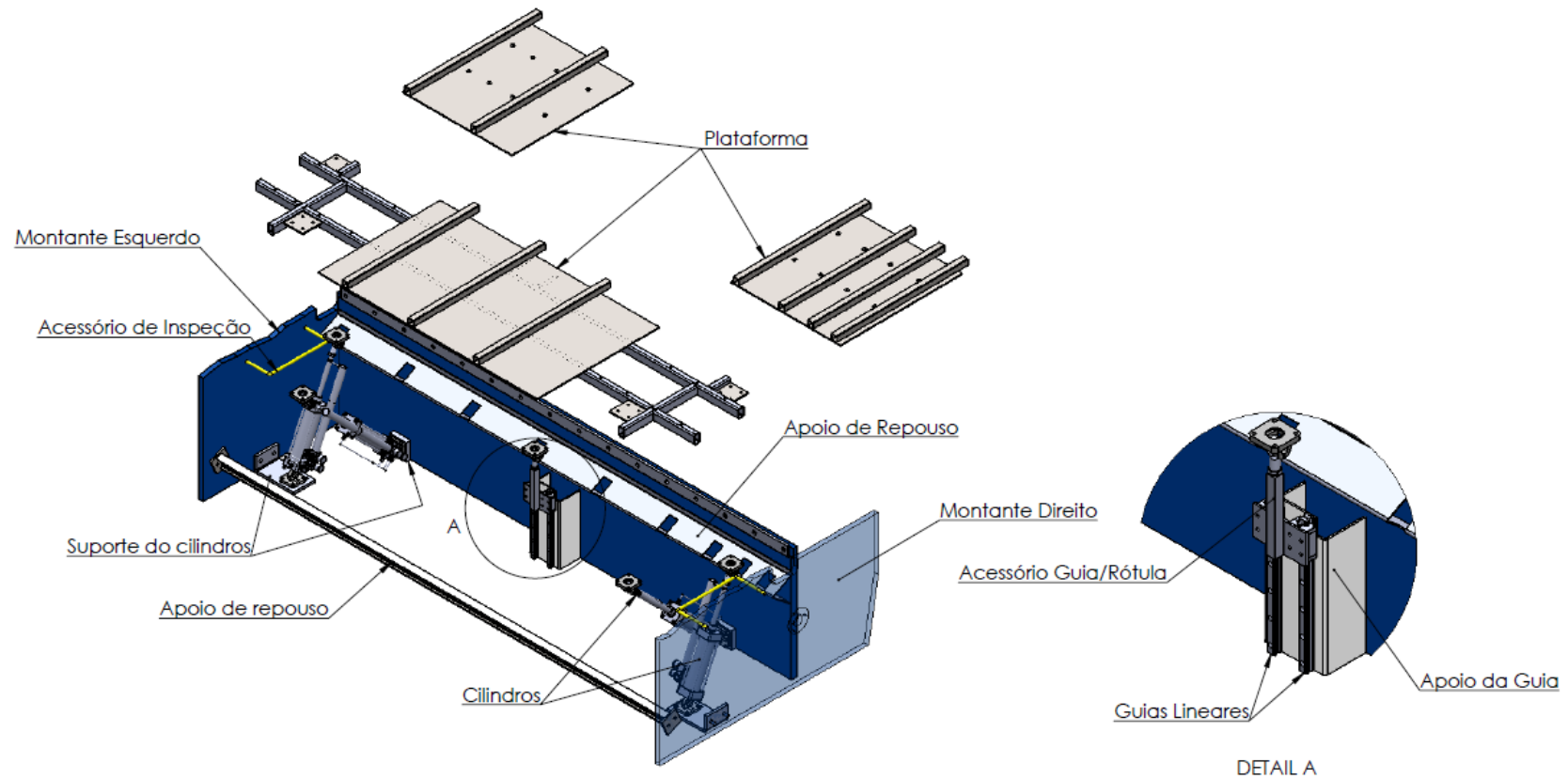


Figura 132 – Vista explodida da plataforma

3.9. Extração frontal da chapa

De uma forma pertinente, foi lançado mais um desafio: tentar implementar mais uma valência ao sistema.

Como já verificado anteriormente, existe uma opção para a máquina que permite a extração frontal da chapa cortada. Esta opção está ativa quando o operário pretende fazer mais do que uma operação na chapa a cortar, ou seja, pretende cortar a chapa ao comprimento e também à largura.

Este acessório evita que o operário tenha de se deslocar ao lado oposto ao seu local de trabalho para aceder à chapa cortada, e voltar a colocá-la na parte frontal da máquina.

Esta solução mostra-se ser bastante rentável, uma vez que poupa tempo e diminui o desgaste do operário.

Assim sendo, o desafio passou por integrar esta opção no equipamento alvo de análise, sendo certo que este requisito apenas irá influenciar o sistema a escolher para fazer o movimento da plataforma, enquanto os restantes elementos serão mantidos.

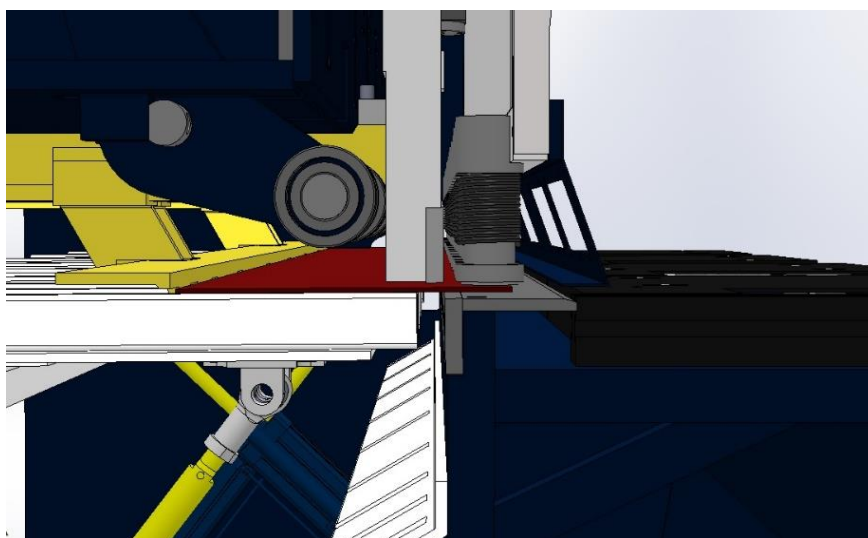


Figura 133 – Saída frontal da chapa

Por forma a ultrapassar este desafio a plataforma no fim do corte, tem de ser elevada ligeiramente acima da posição “Superior”, fazendo com que a chapa não colida com a lâmina inferior, ao ser automaticamente empurrada pelo esbarro (Figura 133).

3.10. Opções de fabrico

Com base nos requisitos iniciais e em todo o trabalho desenvolvido, a plataforma pode ser movimentada da seguinte forma:

- Solução 1 - Cilindros convencionais;
- Solução 2 - Cilindros servo-pneumáticos;
- Solução 3 – Versão mista.

3.10.1. Opção 1 - Cilindros Convencionais

Esta versão consiste em utilizar 4 grupos de dois cilindros pneumáticos montados com o “*kit multiposições*”. O princípio de funcionamento desta solução passa pelo accionamento de todos os cilindros, posicionando a plataforma na posição superior.

Iniciando o corte, um cilindro de cada conjunto, do lado onde se inicia o corte, recua. Por forma a acompanhar com rigor a inclinação da lâmina, os cilindros do outro lado também recuam.

No final do corte a plataforma encontra-se na horizontal e com um cilindro de cada conjunto recuado.

Caso o operador queira continuar a cortar chapas com espessura inferior a 5 mm, os cilindros, que suportam a parte da frente da plataforma, recuam, provocando a inclinação da plataforma e a descarga da chapa; após alguns segundos, todos os cilindros são acionados novamente, fazendo com que a plataforma volte à posição “superior”.

Caso contrário, todos os cilindros recuam e a plataforma volta à posição de “repouso”.

A grande vantagem desta opção é o facto de utilizar cilindros convencionais, que facilmente se encontram no mercado a preços razoáveis.

Como desvantagem, apresentam um curso muito limitado, uma vez que só possibilitam duas posições, aberto ou fechado, não permitindo controlar posições intermédias. Apresentam ainda a necessidade de um ajuste minucioso, que permita que a plataforma acompanhe o máximo possível o corte da chapa.

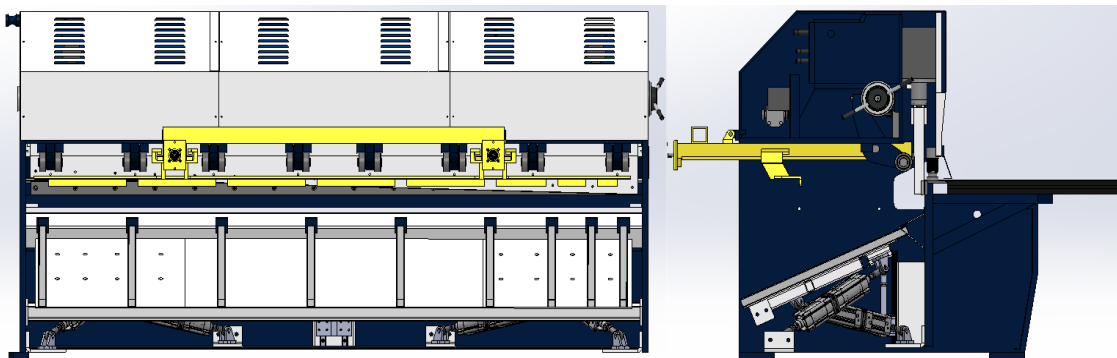


Figura 134 – Cilindros convencionais – Posição de repouso

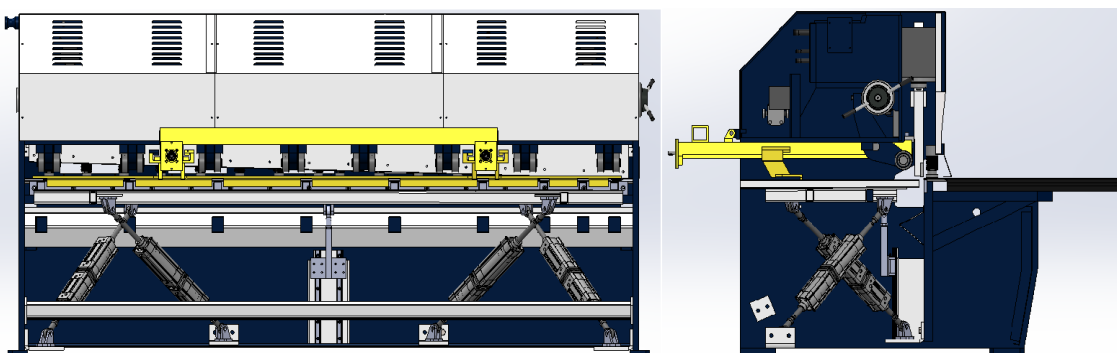


Figura 135 – Cilindros convencionais – Posição superior

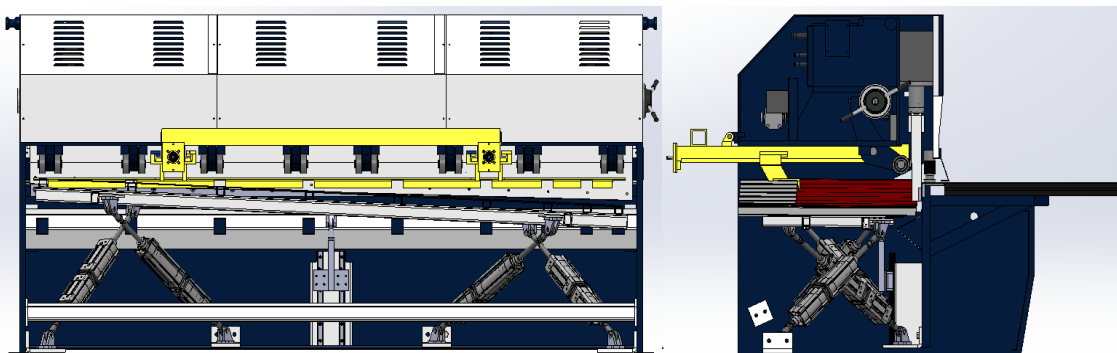


Figura 136 - Cilindros convencionais – Posição intermédia – fase inicial do corte

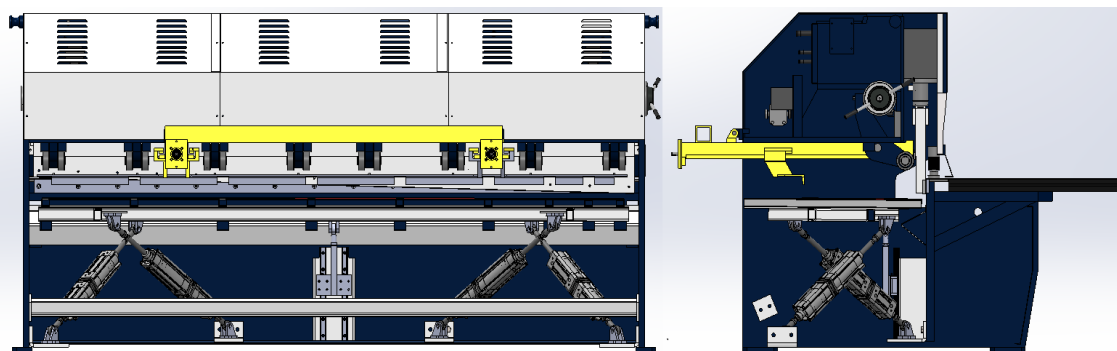


Figura 137 – Cilindros convencionais – Posição intermédia – fase final do corte

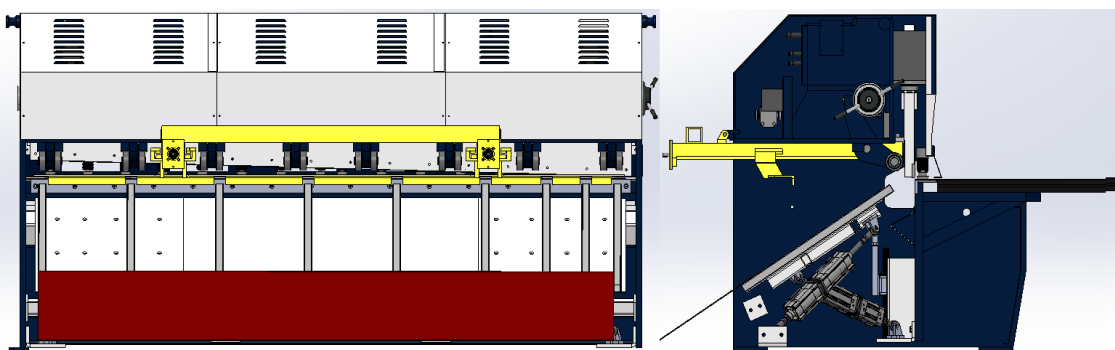


Figura 138 - Cilindros convencionais – Descarga da chapa

Relativamente à opção de extração da chapa pela frente, este sistema não permite esta operação.

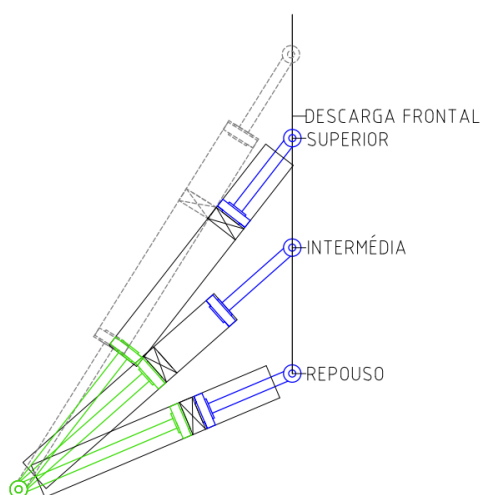


Figura 139 – Curso possíveis dos cilindros

Analisando a Figura 139, é possível verificar que cada conjunto de dois cilindros possibilita 4 posições diferentes:

- Posição de repouso: onde os dois cilindros estão recolhidos;
- Posição intermédia: onde um dos cilindros está recolhido e o outro está atuado;
- Posição superior: onde o cilindro recolhido na posição intermédia está atuado e o atuado está recolhido;
- Posição extra: onde os dois cilindros estão atuados.

Apesar de permitir 4 posições, nenhuma delas satisfaz a posição de descarga frontal, ficando a uma cota muito acima do necessário para descarregar a chapa.

Para ser possível a descarga frontal da chapa seria necessário que um dos cilindros do conjunto fosse de baixo curso, posicionando a plataforma abaixo cerca de 5 mm.

Contudo, esta solução impossibilitaria a posição intermédia, pois este conjunto possibilita 3 posições independentes, existindo interdependência da posição 4 relativamente à posição 2.

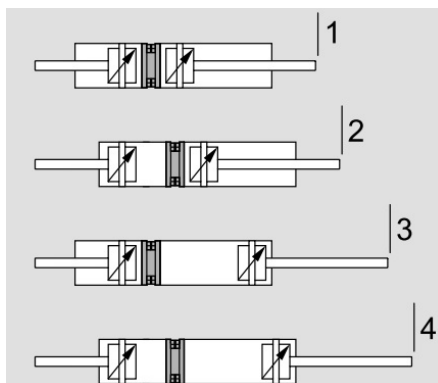


Figura 140 – Posições do conjunto dos cilindros (Festo, 2013)

3.10.2. Opção 2 - Cilindros servo pneumáticos

O seu princípio de funcionamento é idêntico ao descrito na opção 1, contudo, esta opção consiste em utilizar 4 cilindros servo-pneumáticos.

Na posição superior, todos os cilindros estão acionados. Iniciando o corte, os cilindros do lado onde se inicia o corte vão recuando, acompanhando o ângulo da lâmina.

No fim do corte, os cilindros posicionam a plataforma na horizontal, ligeiramente abaixo do alcance da lâmina. Caso o operador pretenda continuar a cortar chapas com espessura inferior a 5mm, os cilindros que suportam a parte da frente da plataforma recuam, levando à inclinação da plataforma que, por sua vez, leva à descarga da chapa por gravidade.

Caso o operador deseje desligar a guilhotina ou cortar chapa superior a 5 mm, os restantes cilindros recuam, posicionando a plataforma na posição de repouso.

Este sistema apresenta bastantes vantagens, possibilitando obter inúmeras posições intermédias durante o seu percurso, permitindo ainda que o seu percurso seja feito a diferentes velocidades, sempre com grande precisão.

Quanto à saída frontal da chapa, e uma vez que estes cilindros permitem parar o cilindro em qualquer posição intermédia, conseguimos elevar a plataforma ligeiramente acima da posição “superior”, na qual o esbarro automaticamente empurra a chapa para que esta saia pela frente. Assim, no final do corte da chapa, e caso o operador queira retirar a chapa pela parte frontal da guilhotina, os cilindros sobem todos de forma a posicionar a plataforma ligeiramente acima da posição “superior” e o esbarro empurrará a chapa.

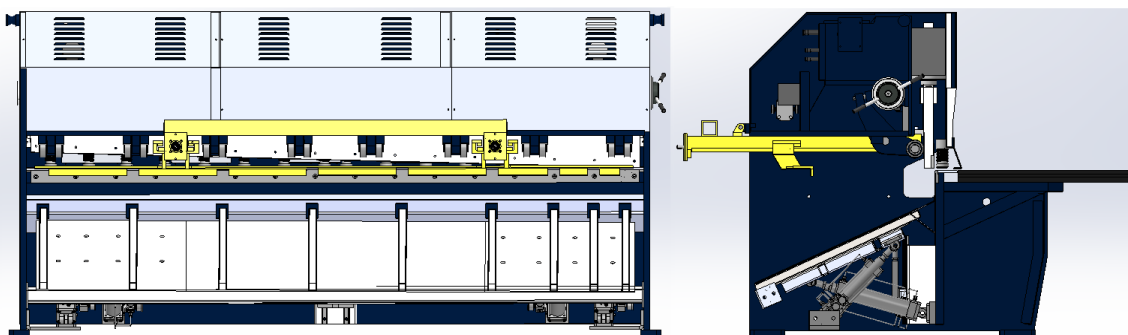


Figura 141 - Cilindros servo-pneumáticos – Posição de repouso

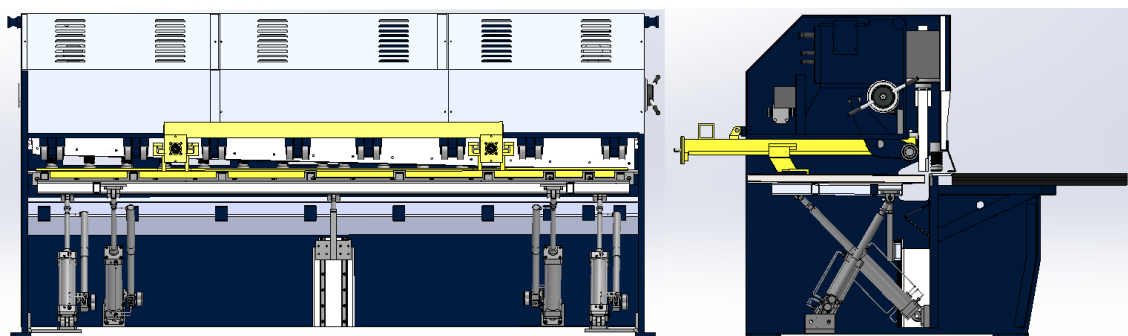


Figura 142 - Cilindros servo-pneumáticos – Posição superior

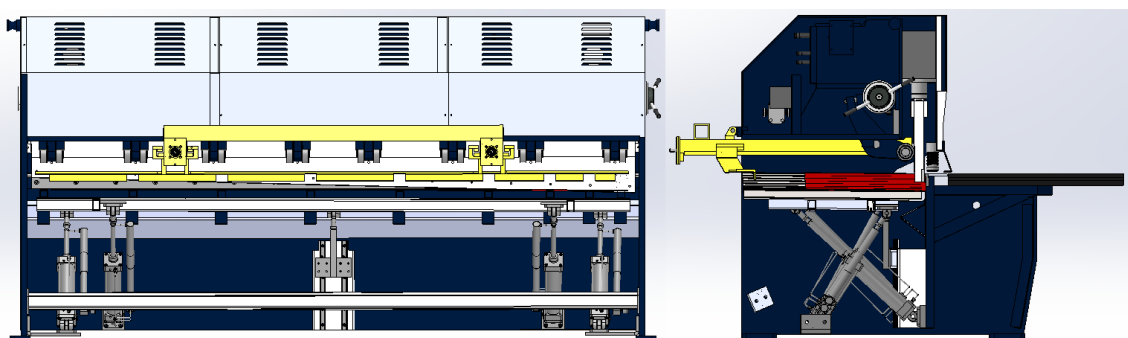


Figura 143 – Opção 2 - Cilindros servo-pneumáticos – Posição intermédia- fase inicial do corte

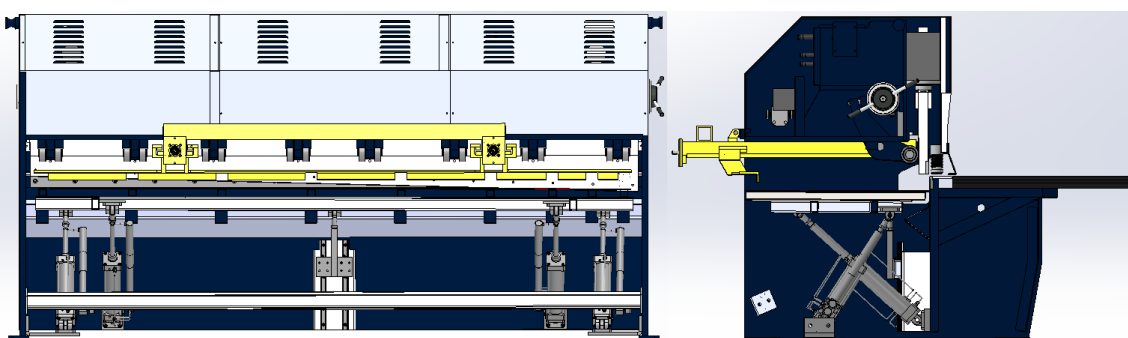


Figura 144 - Opção 2 - Cilindros servo-pneumáticos – Posição intermédia- fase final do corte

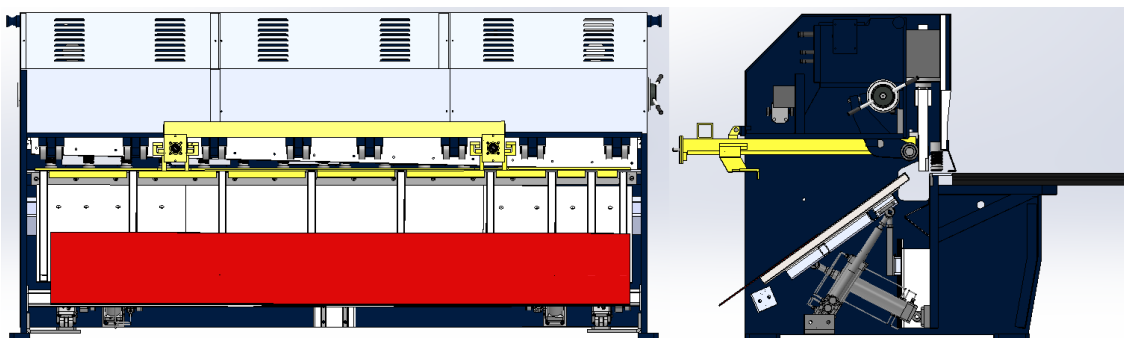


Figura 145 - Opção 2 - Cilindros servo-pneumáticos – Descarga da chapa

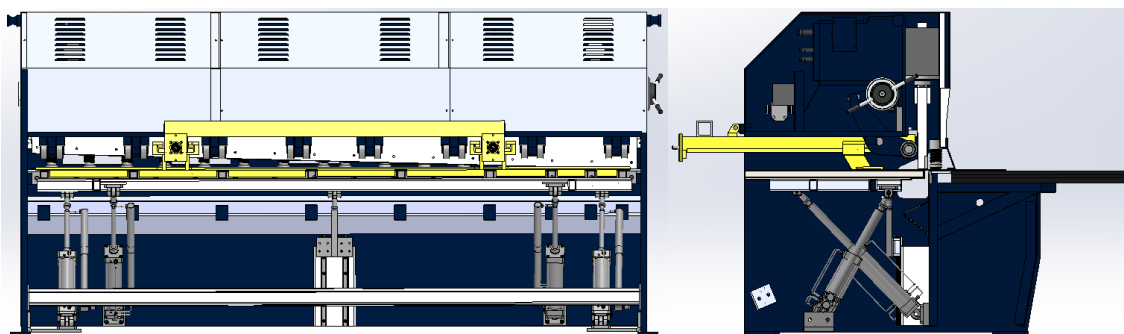


Figura 146 - Opção 2 - Cilindros servo-pneumáticos – Saída frontal da chapa

3.10.3. Solução 3 – Versão Mista

Relativamente à opção 3, esta passa pela combinação das duas anteriores. Esta solução foi equacionada com base na economia do sistema. De forma a possibilitar a extração da chapa pela frente, foi idealizada esta versão, que consiste em utilizar 2 conjuntos de dois cilindros com o *kit* multiposições e 2 cilindros servo-pneumáticos. Desta forma, o funcionamento é igual às versões acima explicadas: quando o operador deseje retirar a chapa pela frente, os cilindros servo-pneumáticos colocam-se ligeiramente acima da posição “superior”, fazendo com que a plataforma se posicione ligeiramente em rampa. Esta rampa será pouco acentuada, visando apenas para evitar que a chapa colida com a lâmina inferior quando empurrada pelo esbarro.

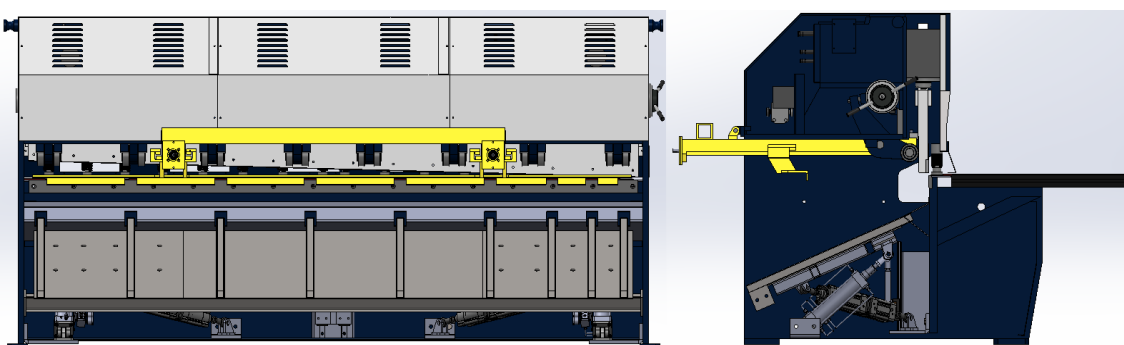


Figura 147 – Opção Mista – Posição de repouso

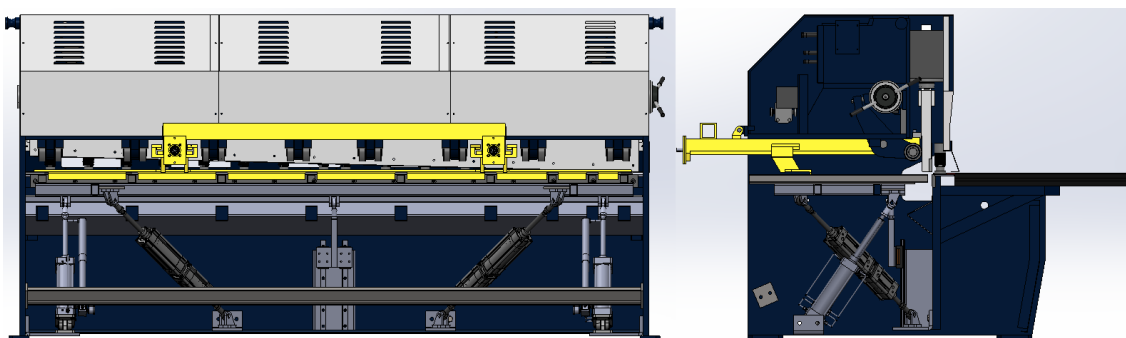


Figura 148 – Opção 3 – Posição superior

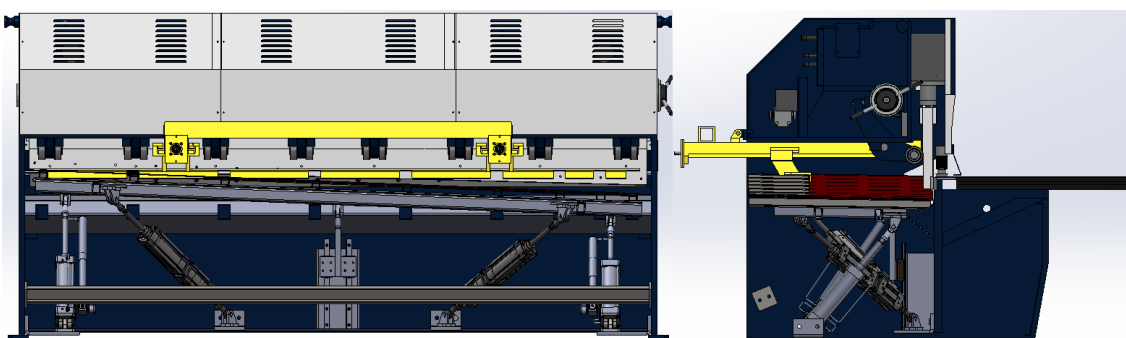


Figura 149 – Opção 3 – Posição intermédia – fase inicial do corte

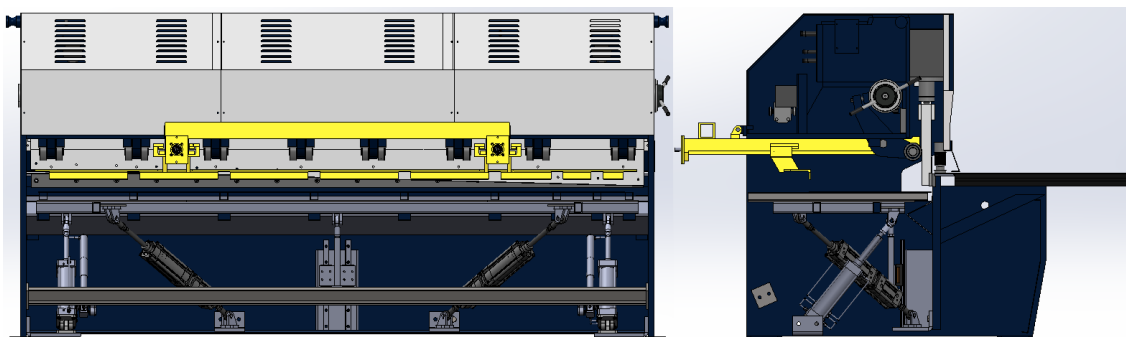


Figura 150 - Opção 3 – Posição intermédia – fase final do corte

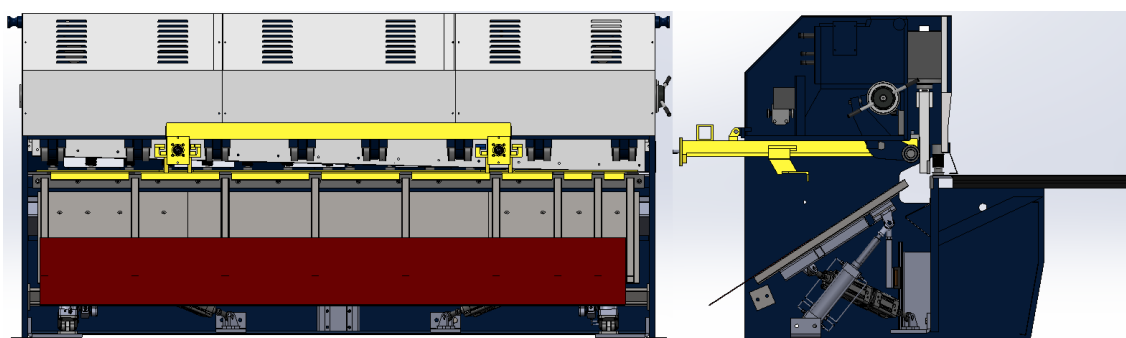


Figura 151 - Opção 3 – Descarga da chapa

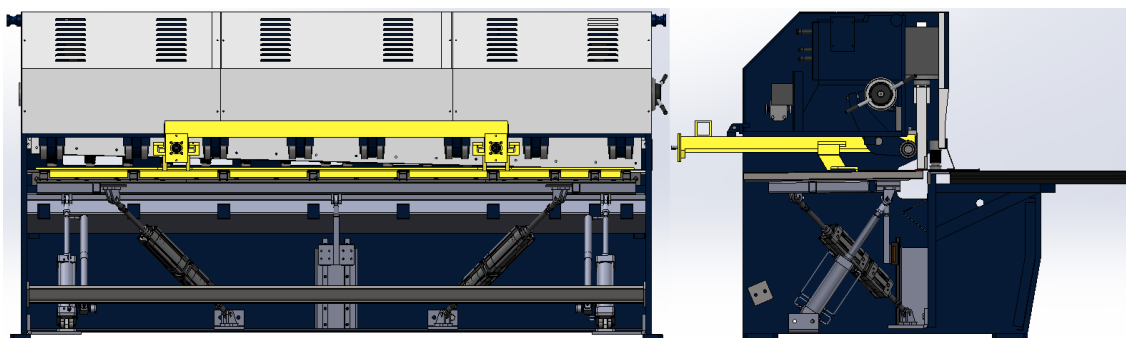


Figura 152 – Opção 3 – Saída frontal da chapa

3.11. Etapas de montagem

A fase de montagem é uma etapa crucial no início de vida do equipamento: qualquer elemento que falhe pode por em causa todo o trabalho desenvolvido até então e/ou trazer problemas futuros no período de utilização.

Para além do indicado, é nesta fase que se toma a consciência que o que se projetou foi ou não convenientemente projetado, possibilitando ao projetista visualizar possíveis falhas e planear as alterações necessárias. Por outro lado, planear a sequência de montagem atempadamente permite ao projetista perspetivar as dificuldades no decorrer da montagem.

Um dos fatores mais importantes que um projetista deve ter em consideração é a simplicidade da estrutura e a facilidade na montagem.

Relativamente ao trabalho desenvolvido, esta condição esteve sempre bem presente, uma vez que o espaço de montagem era muito exíguo, não havendo lugar para manobras mais folgadas.

Assim sendo, e por forma a facilitar a interpretação da montagem, foi elaborada a seguinte sequência de montagem:

1. Montagem de componentes de fixação da plataforma à máquina (Figura 153):

Instalação de suportes dos cilindros e respetivos acessórios de ligação aos mesmos. Montagem de todo o sistema da guia e apoio longitudinal superior. Relativamente ao apoio longitudinal, este deve ser fixo provisoriamente através de pequenos pingos de soldadura, por forma a permitir uma afinação aquando da montagem da plataforma.

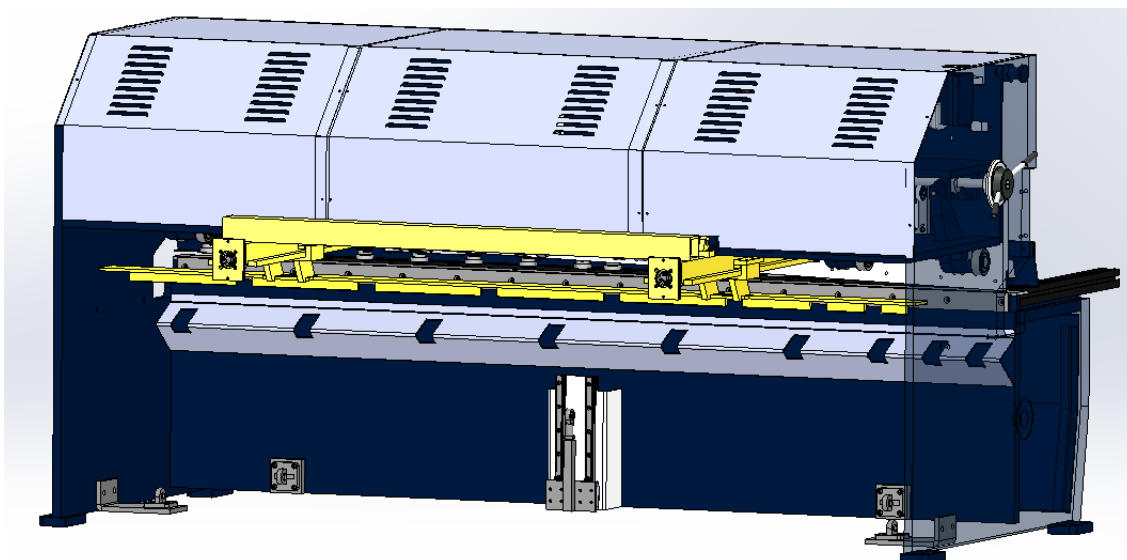


Figura 153 – Etapa de montagem 1

- 2. Colocação dos cilindros (Figura 154):** Posteriormente à colocação dos pontos de fixação, procede-se à instalação dos cilindros nas devidas posições. Nesta fase é necessário ter em especial atenção a sua montagem, já que existem dois grupos de cilindros distintos.

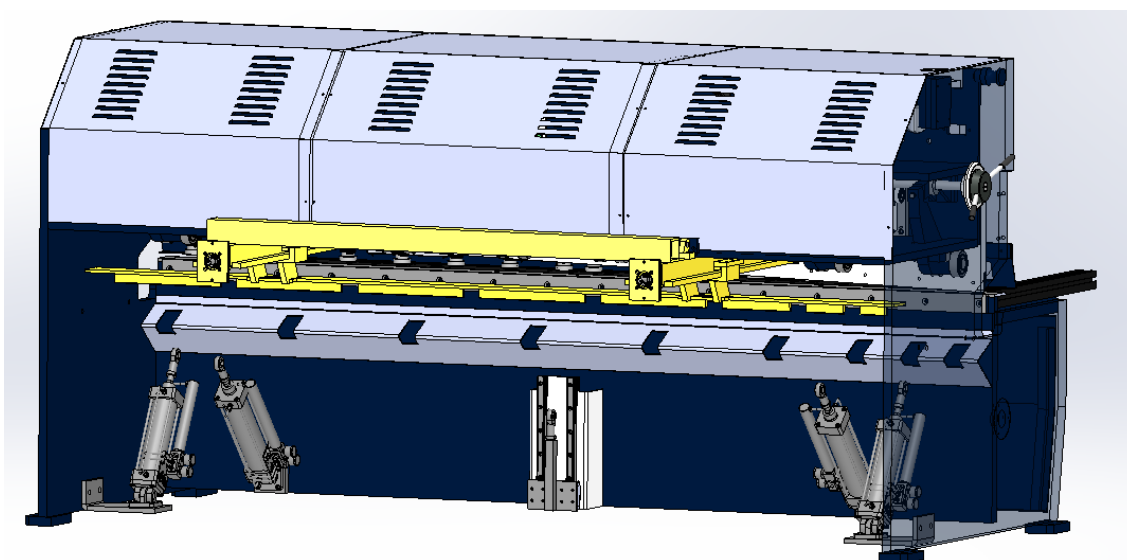


Figura 154 – Etapa de montagem 2

- 3. Pré-montagem (Figura 155):** Nesta fase procede-se à montagem dos quatros fixadores dos cilindros e do fixador da guia à plataforma.

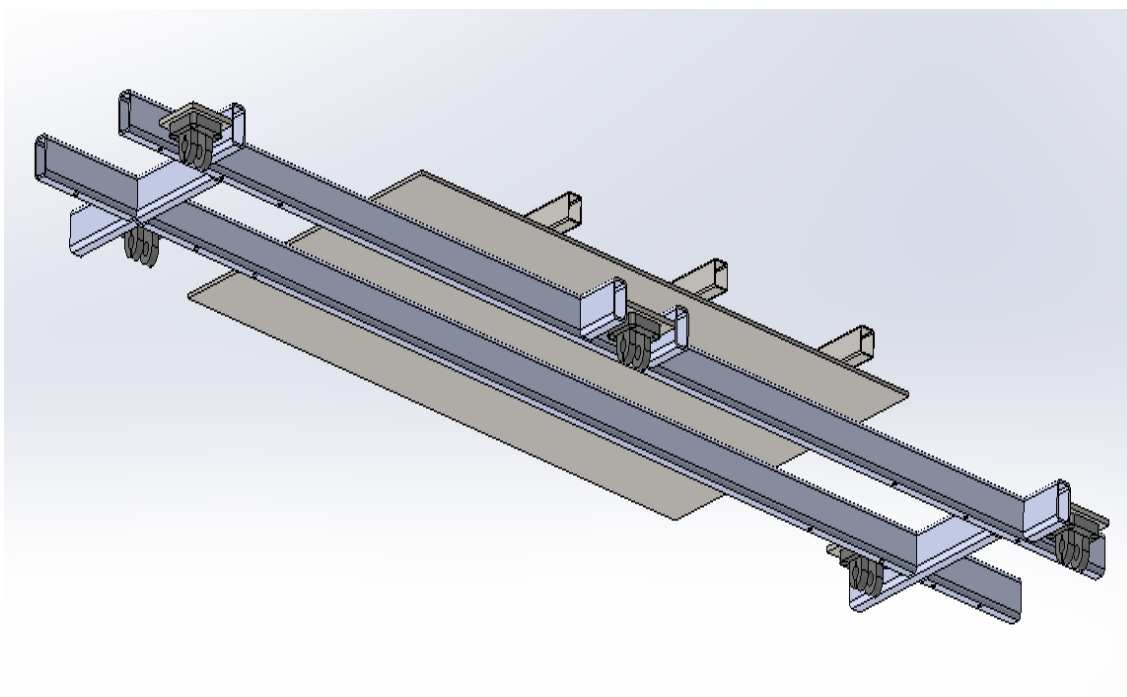


Figura 155 – Etapa de montagem 3

- 4. Instalação dos acessórios da montagem (Figura 156):** Estes acessórios consistem em duas peças metálicas que serão fixas aos montantes. Estas irão sustentar a plataforma, evitando que um operador esteja sujeito ao seu peso enquanto faz a ligação desta aos cilindros, guias e acessórios.

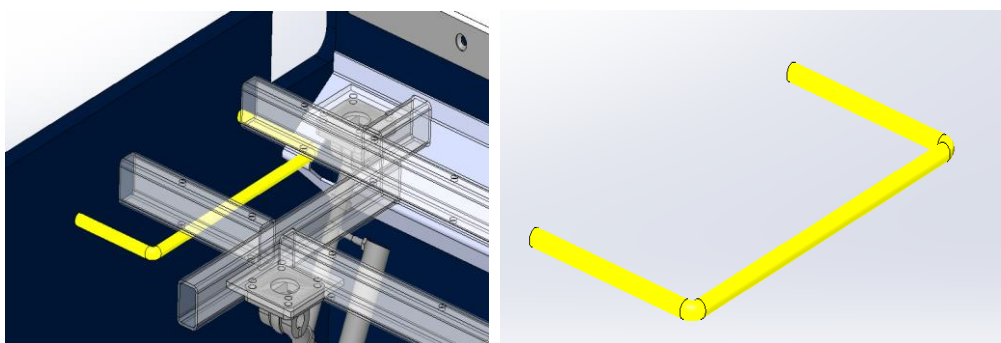


Figura 156 – Etapa de montagem 4 – Pormenor de montagem e acessório específico a utilizar na montagem

- 5. Fixação da plataforma (Figura 157):** Colocação da estrutura pé-montada, fazendo a fixação da mesma aos cilindros, guia e acessórios já instalados. Proceder às ligações dos tubos pneumáticos. Deverá ser verificado o correto encaixe dos perfis tubulares nas ranhuras do suporte longitudinal superior.

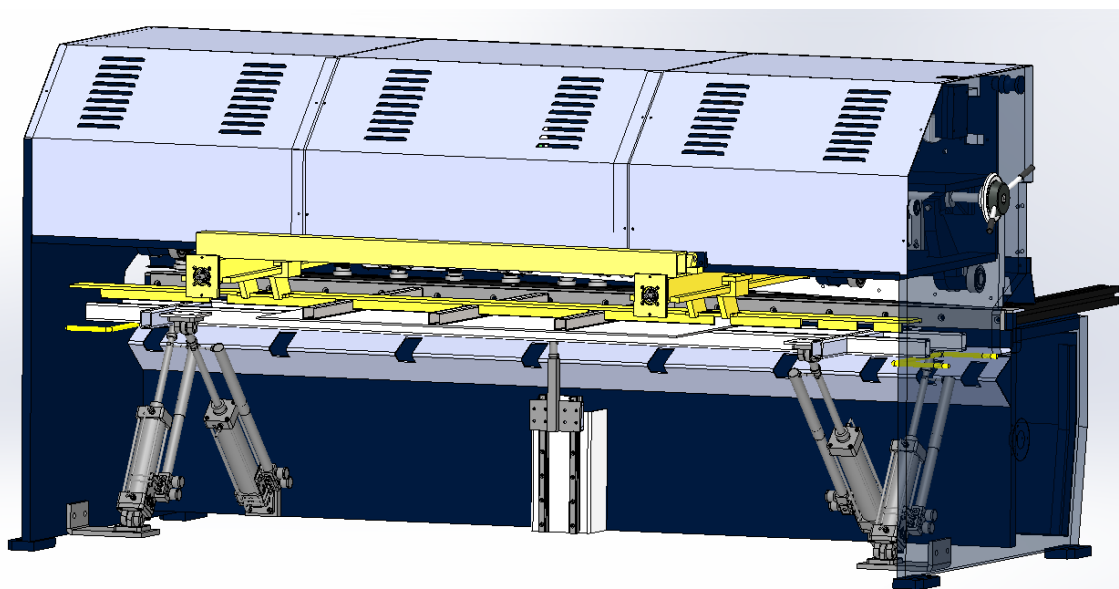


Figura 157 – Etapa de montagem 5

6. **Instalação do suporte longitudinal inferior (Figura 158):** Antes de iniciar qualquer teste, deverão ser removidos os acessórios de montagem. Colocação da plataforma na posição de repouso e fixação do suporte longitudinal inferior. A fixação deste com a plataforma na posição de repouso permite aos operadores a afinação do correto posicionamento que o suporte deve ter, fazendo com que toda a plataforma se suporte nele. Esta afinação é de extrema importância pois, se não for corretamente montado, a carga que a plataforma recebe será recebida pelos cilindros. Depois de verificado todo o sistema relativamente aos encaixes no suporte longitudinal superior e ajustamento do perfil longitudinal inferior, deverão ser fixos através de soldadura e aparafusados, respetivamente.

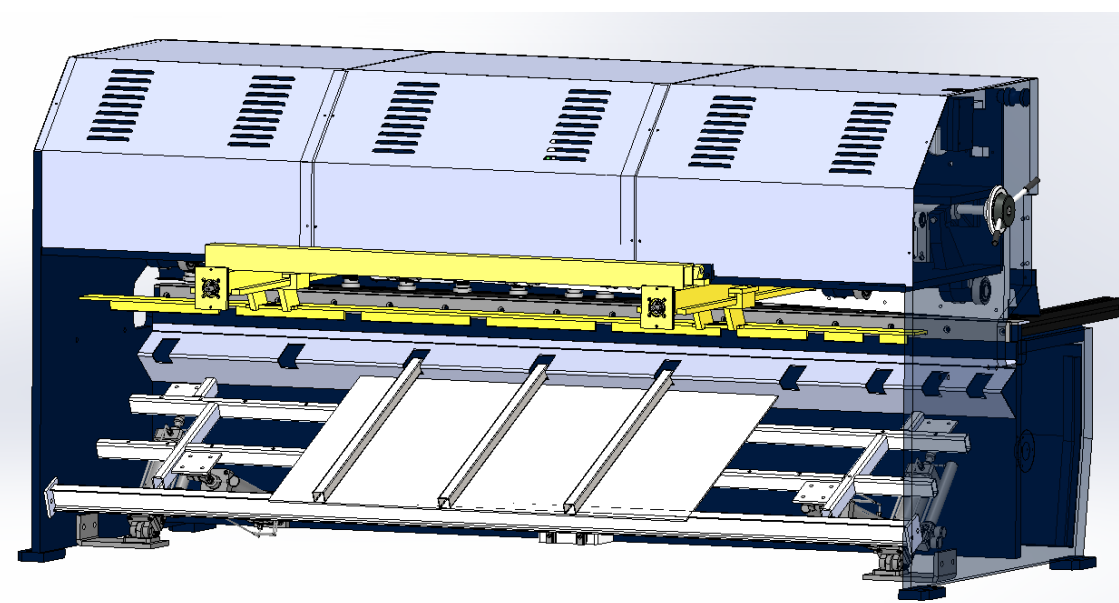


Figura 158 – Etapa de montagem 6

7. **Ensaio (Figura 159):** Efetuar os testes necessários ao sistema e quando se encontrar a funcionar corretamente proceder à colocação das duas tampas da plataforma.

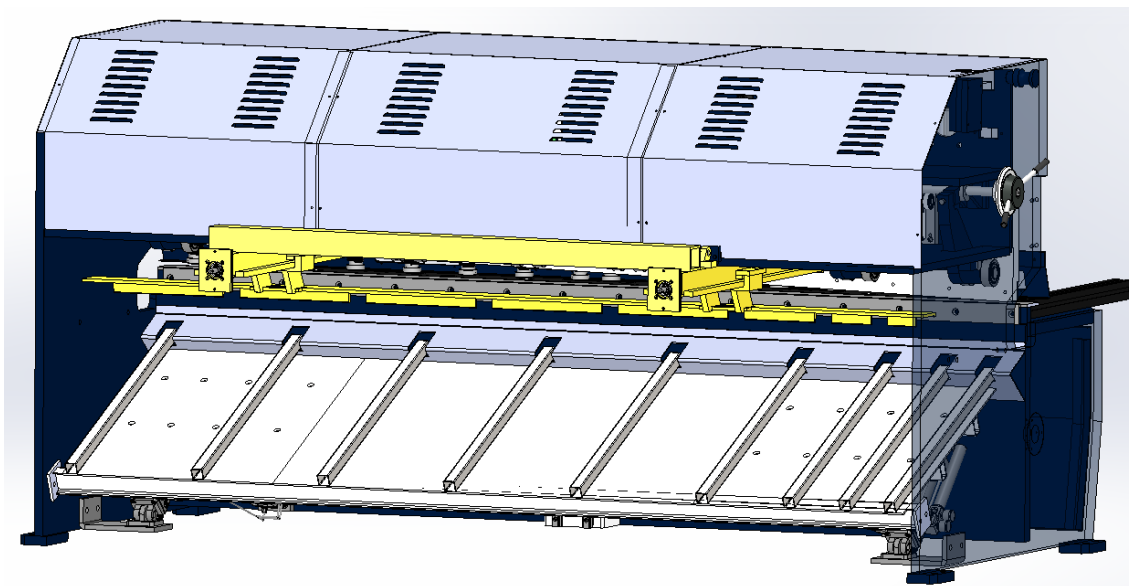


Figura 159 – Etapa de montagem 7

3.12. Manobras de Inspeção e Manutenção/Reparação

Um projetista, para além das questões já referidas no capítulo anterior, deve ainda ter a sensibilidade e o cuidado de prever mecanismos que facilitem o processo de inspeção e manutenção dos componentes.

Uma vez que se trata de uma estrutura com um peso considerável, foi idealizado um conjunto de acessórios que possibilitam o acesso aos componentes localizados abaixo da plataforma, garantindo a segurança do operador.

Um dos auxílios que pode ser utilizado é o acessório de montagem da plataforma, conforme a Figura 160.

Este acessório pode ser utilizado, por exemplo, em operações de substituição de cilindros, inspeções pormenorizadas e lubrificação da guia.



Figura 160 – Acessório de montagem para com a plataforma na posição “Superior”

No caso de ocorrer uma avaria com a plataforma na posição de repouso, projetou-se a plataforma de forma a que o técnico possa aceder facilmente à parte inferior desta, prevendo-se tampas amovíveis na plataforma (Figura 161).

Se for algo simples e que não necessite de muito espaço, pode proceder-se à sua reparação, caso contrário será necessário desmontar o chassis da plataforma.

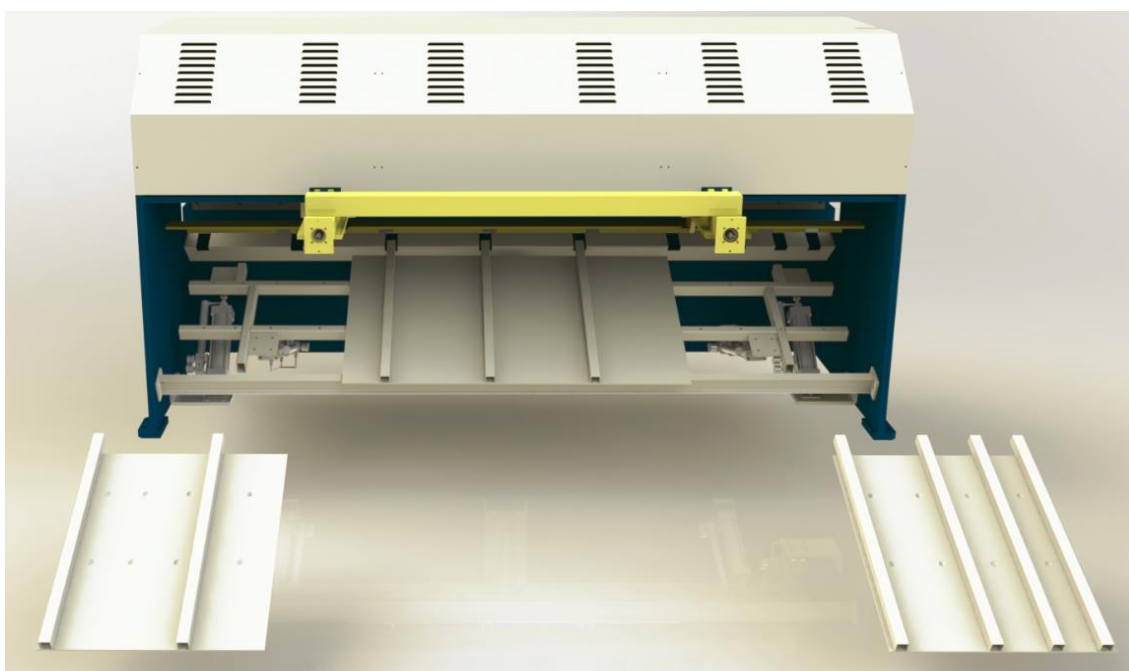


Figura 161 – Reparação de componentes com a plataforma na posição de repouso

A elaboração de um plano de manutenção visa facilitar e sistematizar o conjunto de operações de manutenção do equipamento (Tabela 10).

A manutenção adequada do equipamento ao longo da sua vida útil tem como objetivo primordial a conservação das suas características funcionais para as quais o equipamento foi pensado e executado.

O procedimento de manutenção apresentado serve de orientação para a metodologia a aplicar, permitindo evitar um desgaste prematuro do equipamento.

Tabela 10 – Plano de manutenção preventiva

N.º	Operações/Ações	Medidas a tomar	Periodicidade em horas			
			200	600	1200	2400
A - Grupo FRL						
1	Inspeção visual de fugas	Reparar	X			
2	Verificação do nível de óleo	Repor nível			X	
3	Nível de condensados	Drenar			X	
4	Substituição do filtro					X
5	Limpeza				X	
B - Cilindros						
6	Inspeção visual de fugas	Reparar		X		
7	Limpeza				X	
C - Sistema de guiamento						
8	Inspeção visual		X			
9	Verificar folga da guia	Substituir			X	
10	Lubrificação			X		
11	Limpeza				X	

3.13. Orçamentos

De modo a estimar o capital necessário para a fabricação de toda a estrutura foi construída a tabela seguinte:

Tabela 11 – Estimativa orçamental para a construção da estrutura

Ref.	Descrição	Quantidade	
A Plataforma			
A1	Chapa 6 mm	2505000	mm ²
A2	Chapa 8 mm	49300	mm ²
A3	Tubo 40x40x2	8100	mm
A4	Tubo 60x40x4	7040	mm
A5	Parafusos M10x80	16	unid
A6	Porca M10	16	unid
A7	Mão-de-obra	12	horas
	Preço	470	€
B Apoios Longitudinais			
B1	Chapa 4 mm	1007500	mm ²
B2	Chapa 10 mm	20000	mm ²
B3	IPE80	3100	mm
B4	Parafusos M16x30	4	unid
B5	Mão-de-obra	2,5	horas

	Preço	100	€
C	Apoios cilindros		
C1	Chapa 16 mm	123888	mm ²
C3	Parafusos M16x30	4	unid
C5	Mão-de-obra	1	hora
	Preço	35	€
D	Acessório de inspeção		
D1	Varão de 16 mm	1568	mm
D2	Mão-de-obra	0,4	horas
	Preço	15	€
F	Guia		
F1	Chapa 6 mm	215550	mm ²
F2	Chapa 8 mm	18000	mm ²
F3	Varão 30x30	280	mm
F5	Guia HIWIN HGL30CA	2	unid
F6	Mão-de-obra	4	horas
	Preço	160	€
G	Montagem		
G1	Mão-de-obra	5	horas
	Preço	150	€
	Subtotal	930	€

Relativamente ao custo do material pneumático, a tabela abaixo apresenta os valores do fabricante FESTO, sendo que os respetivos orçamentos se encontram nos anexos B, C e D.

A Tabela 12 apresenta os valores finais estimados para o custo de fabricação e componentes pneumáticos.

Tabela 12 – Valores do material pneumático

		Opção 1	Opção 2	Opção 3
H	Material pneumático	2 257,83 €	5 130,40 €	4 708,35 €
	Total	3 187,83 €	6 060,40 €	5 638,35 €

Como se pode verificar, a versão mais económica é a opção A, que utiliza cilindros convencionais.

3.14. Decisão

Podemos concluir que para a mesma plataforma, podemos ter três sistemas de elevação diferentes, cilindros convencionais, cilindros servo-pneumáticos e a conjugação dos dois.

Todas estas opções foram devidamente validadas e, perante as justificações, foram elaborados os respetivos estudos quer para uma plataforma com sistema de elevação servo-pneumático, quer para uma plataforma equipada com um sistema de cilindros convencionais.

Um grande fator que levou a esta decisão foi tornar este acessório numa solução competitiva, o que não se consegue com os cilindros elétricos, pois apresentam um custo elevadíssimo.

Relativamente a estas opções, o que varia em termos estruturais é a posição das fixações dos cilindros.

Todo o desenvolvimento e estudo anteriormente apresentado despertaram interesse em fabricar um protótipo, que iria permitir colocar em prática toda a teoria desenvolvida, de forma a testar realmente as potencialidades deste sistema.

Para a sua construção optou-se por instalar a versão dos cilindros servo-pneumáticos, pois representa uma liberdade de ajuste incrível em termos de posicionamento, e garante que a extração da chapa pela frente se possa realmente efetuar.

Contudo, o fator que teve maior peso na decisão por esta opção foi o facto da empresa interessada em fabricar o protótipo ter como fornecedor habitual de produtos pneumáticos a SMC, empresa que orçamentou uma solução idêntica à servo pneumática com valores muito competitivos (Anexo E).

3.15. Elementos complementares à execução do protótipo

Uma vez que a elaboração do protótipo acarretou um conjunto de trabalhos extra, sentiu-se a necessidade de os abordar pormenorizadamente, com o objetivo de perceber o funcionamento de todos os intervenientes neste sistema.

3.15.1. Princípio de funcionamento dos componentes pneumáticos

O cilindro selecionado é fabricado pela SMC, série C95P, com um posicionador acoplado , IP200 (Figura 162). Este posicionador consiste num sistema acoplado lateralmente ao cilindro, que gera um sinal de saída em pressão entre 0.2 e 1 bar; sendo que 0.2 bar corresponde à posição de recuo e 1 bar quando à extensão máxima.



Características técnicas

Fluido	Ar filtragem 5µm
Pressão de entrada "SUP" (MPa)	0.3 ~ 0.7
Pressão do sinal "SIG" (MPa)	0.02 ~ 0.1
Temperatura do fluido (°C)	+5 a +60
Linearidade	< 2%*
Histerese	< 1%*
Repetitividade	< 1%*
Sensibilidade	< 1%*
Rosca da ligação	G1/4
Ligação do manómetro	G1/8
Pressão primária	0.5% com 0.5MPa
Taxa do caudal (l/min)	250 com 0.5MPa
Fugas	< 18 com 0.5MPa
Diâmetro (mm)	40 a 100
Curso do cilindro (mm)	25 a 300
Curso standard (mm)	50/100/150/200/250/300
Curso máx. possível (mm)	300

*diferente em % em relação à distância total.

Figura 162 – Cilindro CP95 do fabricante SMC e respetivas características (SMC, 2014)

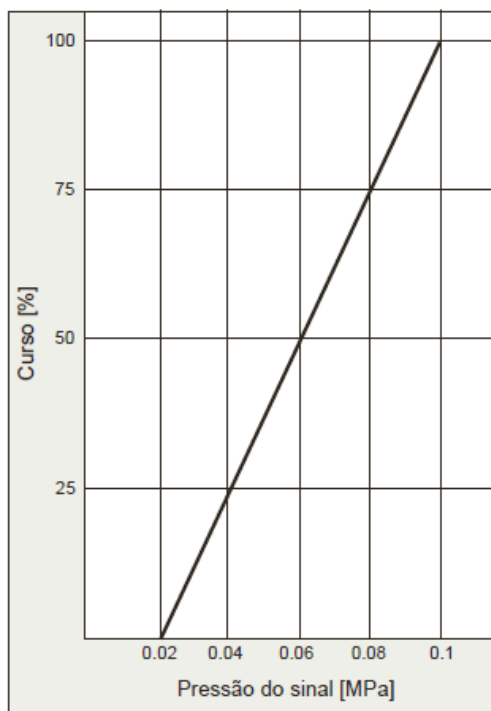


Figura 163 – Diagrama da pressão do sinal/curso (SMC, 2014)

O gráfico da Figura 163 representa a pressão do sinal de saída em função da percentagem do curso do cilindro, que se traduz na seguinte equação da reta:

$$y = 1250x - 25$$

Em que:

$$m = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} = \frac{100 - 0}{0,1 - 0,02} = \frac{100}{0,08} = 1250$$

$$y = 1250x + b$$

Com, por exemplo, o ponto (0,02 ; 0) obtemos o valor de b:

$$0 = 1250 \times 0,02 + b$$

$$b = -25$$

Uma vez que existe a necessidade de monitorizar o sinal de saída, recorreu-se a um regulador electropneumático.

Na sua seleção teve-se em conta a gama de pressões do posicionador do cilindro [0.2-1 bar] e o tamanho da rosca de ligação.

Perante estes requisitos selecionou-se o modelo ITV101 da série ITV1000 do fabricante SMC, conforme mostrado na Figura 164 e Figura 165.




Series	Model	Regulating pressure range	Input signal	Port size
Series ITV0000 	ITV001□	0.001 to 0.1 MPa	Current type: 4 to 20 mA DC	Built-in One-touch fittings Metric size: $\phi 4$ Inch size: $\phi 5/32$
	ITV003□	0.001 to 0.5 MPa	Current type: 0 to 20 mA DC Voltage type: 0 to 5 V DC	
	ITV005□	0.001 to 0.9 MPa	Voltage type: 0 to 10 V DC	
Series ITV1000 	ITV101□	0.005 to 0.1 MPa	Current type: 4 to 20 mA DC (Sink type) Current type: 0 to 20 mA DC (Sink type) Voltage type: 0 to 5 V DC Voltage type: 0 to 10 V DC Preset input <i>New</i> CC-Link compatible <i>New</i> DeviceNet™ compatible <i>New</i> PROFIBUS DP compatible <i>New</i> RS-232C communication	1/8, 1/4
	ITV103□	0.005 to 0.5 MPa		
	ITV105□	0.005 to 0.9 MPa		
Series ITV2000 	ITV201□	0.005 to 0.1 MPa	Current type: 4 to 20 mA DC (Sink type) Current type: 0 to 20 mA DC (Sink type) Voltage type: 0 to 5 V DC Voltage type: 0 to 10 V DC Preset input <i>New</i> CC-Link compatible <i>New</i> DeviceNet™ compatible <i>New</i> PROFIBUS DP compatible <i>New</i> RS-232C communication	1/4, 3/8
	ITV203□	0.005 to 0.5 MPa		
	ITV205□	0.005 to 0.9 MPa		
Series ITV3000 	ITV301□	0.005 to 0.1 MPa	Current type: 4 to 20 mA DC (Sink type) Current type: 0 to 20 mA DC (Sink type) Voltage type: 0 to 5 V DC Voltage type: 0 to 10 V DC Preset input <i>New</i> CC-Link compatible <i>New</i> DeviceNet™ compatible <i>New</i> PROFIBUS DP compatible <i>New</i> RS-232C communication	1/4, 3/8, 1/2
	ITV303□	0.005 to 0.5 MPa		
	ITV305□	0.005 to 0.9 MPa		

Figura 164 – Seleção do controlador electropneumático (SMC, 2014)

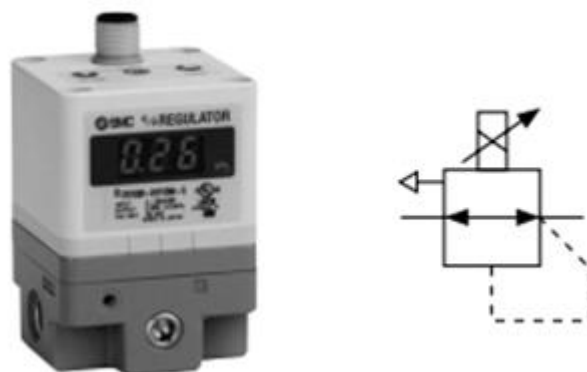


Figura 165 – Aspeto visual do regulador ITV101 (esquerda) e respetivo símbolo (direita) (SMC, 2014)

Com a Figura 166 pretende-se explicar o princípio de funcionamento do regulador selecionado.

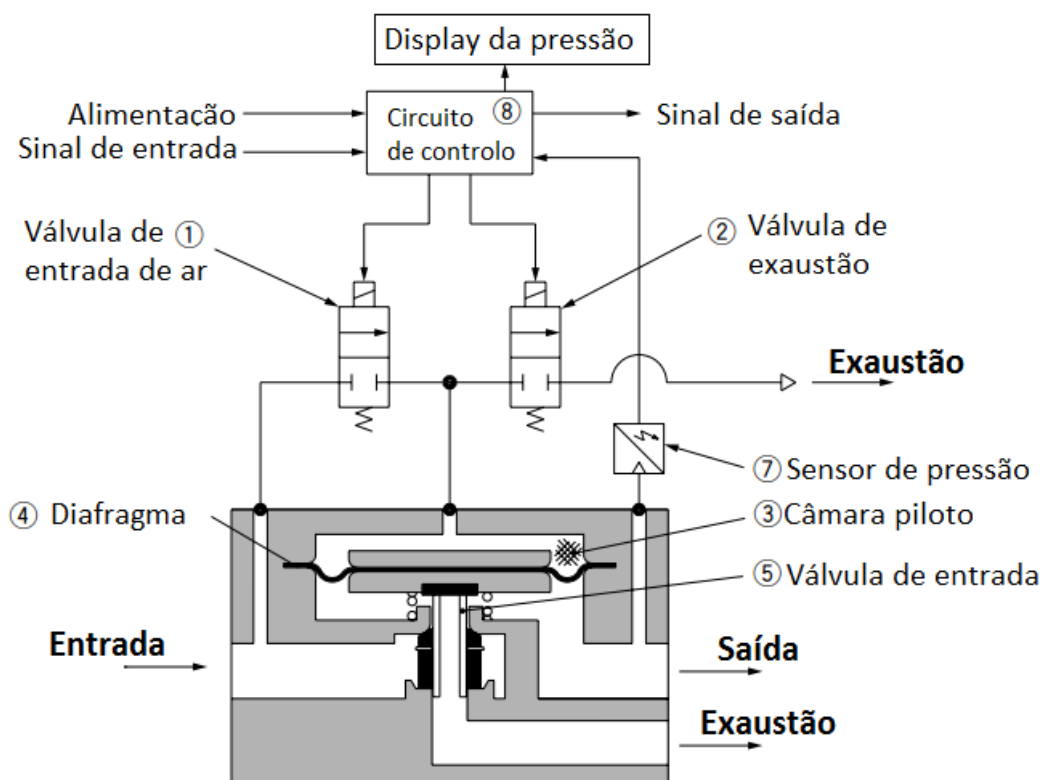


Figura 166 – Princípio de funcionamento do regulador ITV101 adaptado (SMC, 2014)

Quando o sinal de entrada aumenta, a válvula de entrada de ar (1) abre e a válvula de exaustão (2) fecha. Assim, o ar passa pela válvula (1) e começa a aumentar a pressão na câmara piloto (3), fazendo pressão sobre o diafragma (4) que por sua vez ativa a válvula de entrada (5), deixando passar o ar da entrada até à saída. Na saída existe um sensor de pressão (7), que informa o circuito de controlo (8) sobre qual a pressão do ar à saída (SMC, 2014).

Da mesma maneira que o IP200 possui um gráfico que relaciona o curso com a pressão, o regulador electropneumático também possui um gráfico que relaciona o sinal de entrada com a pressão de ajuste. Neste caso, o sinal de entrada está em percentagem pois o gráfico é comum a todas as séries da marca, sendo que o sinal de entrada pode variar para as diferentes gamas.

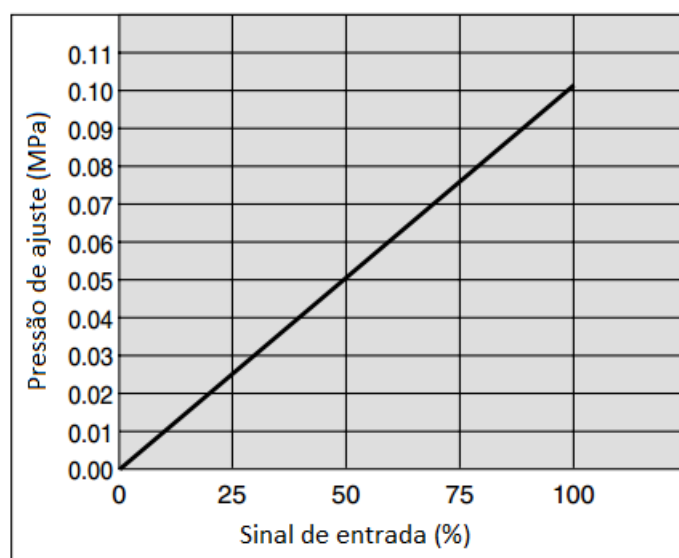


Figura 167 – Gráfico de linearidade entre o sinal de entrada e a pressão de ajuste adaptado (SMC, 2014)

O gráfico da Figura 167 representa a percentagem de sinal de entrada em função da pressão de ajuste, que se traduz na seguinte equação da reta:

$$y = 0,001x$$

Em que:

$$m = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} = \frac{0,10 - 0}{100 - 0} = \frac{0,10}{100} = 0,001$$

$$y = 0,001x + b$$

Com, por exemplo, o ponto (100 ; 0.1) obtemos o valor de b:

$$0,1 = 0,001 \times 100 + b$$

$$b = 0$$

De forma a controlar os reguladores, é necessário ter uma entrada analógica para cada regulador, ou seja, um autómato. Uma vez que as guilhotinas atuais têm autómatos para controlar todos os seus dispositivos, é importante salientar que para a aplicação deste sistema é necessário ter quatro saídas analógicas, às quais se devem juntar as necessidades já existentes na máquina.

A implementação deste protótipo numa guilhotina implica também uma necessidade de ar comprimido, sendo um fator crucial o uso de um grupo FRL (Figura 168).

Este grupo tem como objetivo regular a pressão de entrada no sistema, filtrando e lubrificando o ar utilizado, aumentando assim a vida de todos os componentes pneumáticos.



Figura 168 – Grupo FRL (SMC, 2014)

4.2. Diagrama pneumático

Na Figura 169 está representado o diagrama pneumático do sistema.

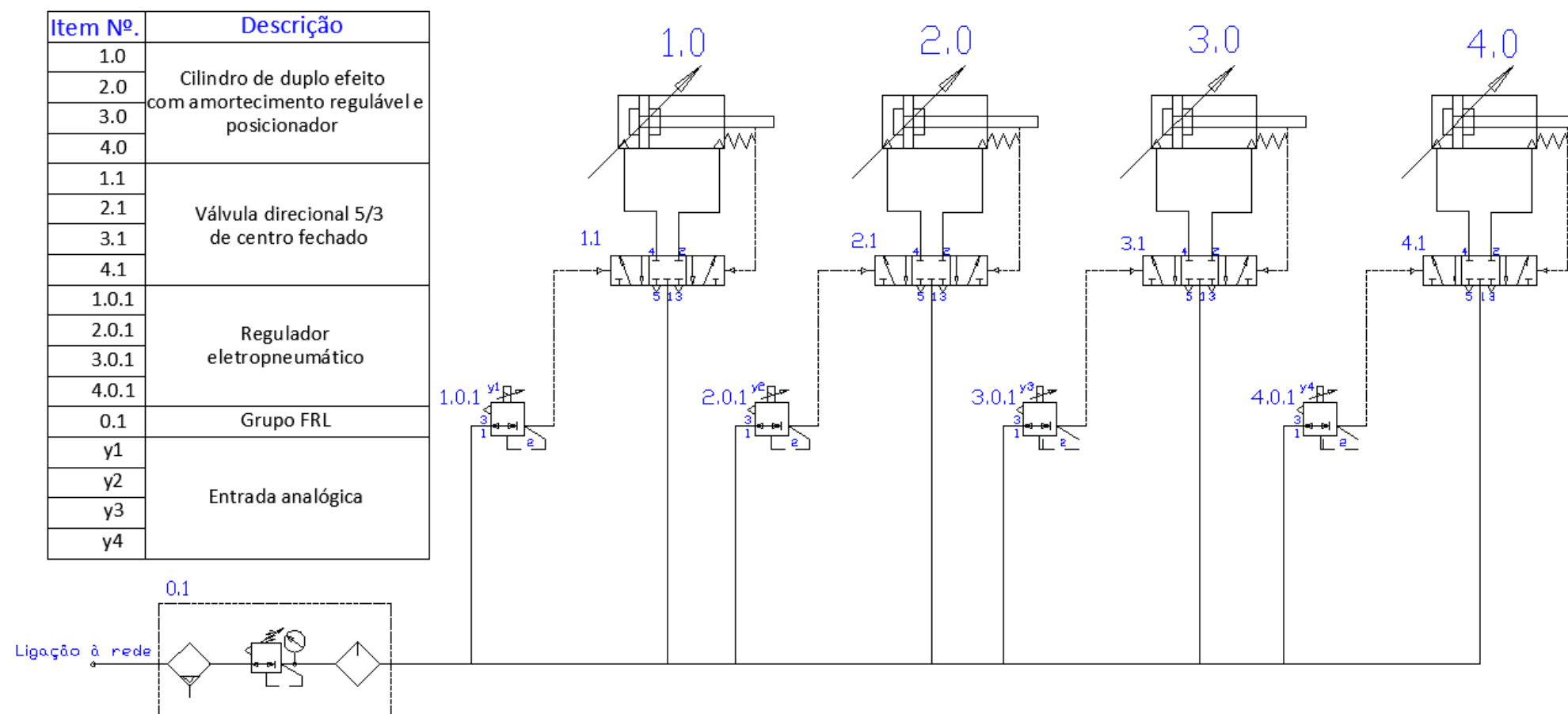


Figura 169 – Diagrama pneumático

Para a explicação do circuito pneumático de uma forma mais prática e simplificada, apenas será feita uma abordagem genérica do funcionamento de um cilindro, conforme esquema da Figura 170.

A válvula 1.0.1 é ativada através do sinal y_1 que, por sua vez, muda a válvula 1.1 de posição, colocando o cilindro 1.0 em avanço.

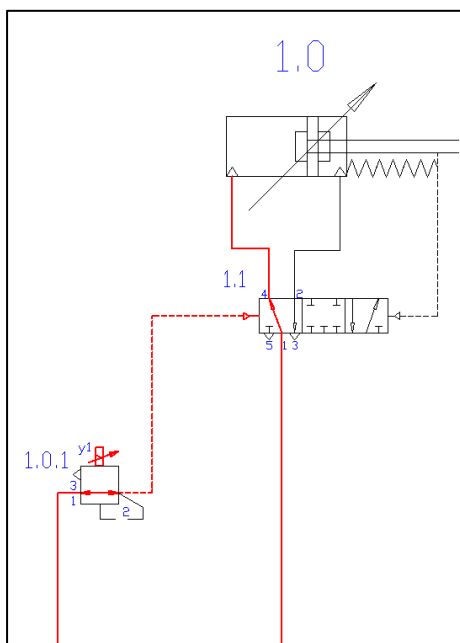


Figura 170 – Esquema simplificado do avanço do cilindro

O avanço do cilindro é feito até que se atinga um equilíbrio entre a pressão de ajuste do regulador e a pressão gerada pelo IP200, ou seja, assim que as pressões se igualem o cilindro para (Figura 171).

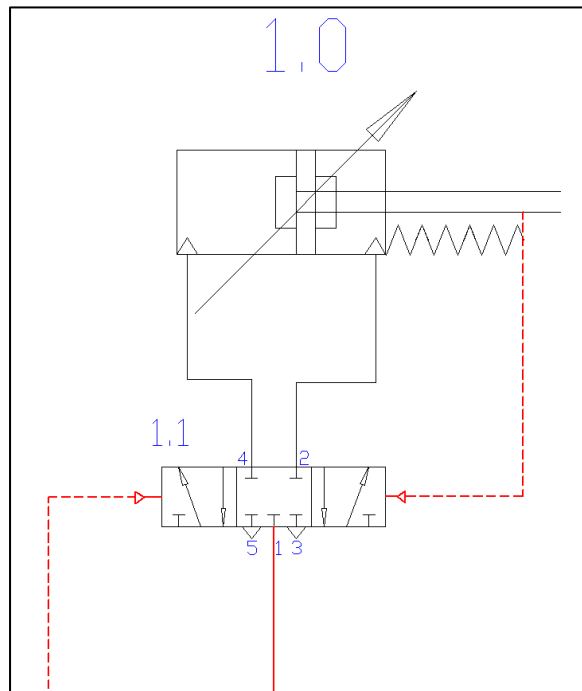


Figura 171 - Esquema simplificado do equilíbrio de pressão no comando da válvula 1.1

O cilindro avança e recua devido ao desequilíbrio entre a pressão do regulador e a pressão gerada pelo IP200. É fundamental estimar a relação entre o curso do cilindro e a intensidade de corrente aplicada no regulador. De forma exemplificativa, foi considerado um cilindro de 220 mm de curso.

Utilizando o gráfico da Figura 163 é possível descobrir a equação da reta para elaborar um gráfico em função do curso do cilindro. Em que, 0,02 MPa equivale a 0% do curso, ou seja, 0 mm de curso e quando a pressão estiver em 0,1 MPa o cilindro está com 100% do curso, encontrando-se no máximo, 220 mm. Através destes dois pontos, chega-se à equação da reta e elabora-se um gráfico.

Assim, considera-se:

$$P_1(0,02 ; 0)$$

$$P_1(0,1 ; 220)$$

Em que:

$$m = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} = \frac{220 - 0}{0,1 - 0,02} = \frac{220}{0,08} = 2750$$

$$y = 2750x + b$$

Com, por exemplo, o ponto (0,02 ; 0), obtemos o valor de b:

$$0 = 1250 \times 0,02 + b$$

$$b = -25$$

Obtém-se a seguinte equação da reta e o respetivo gráfico (Figura 172):

$$y = 2750x - 25$$

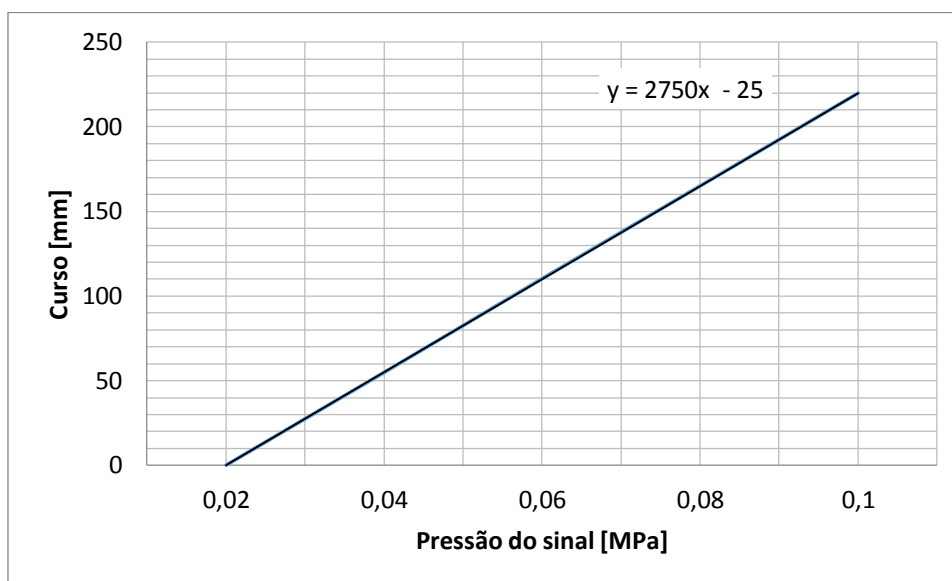


Figura 172 – Gráfico da relação entre o curso do cilindro e a pressão do sinal

No gráfico anterior existe uma relação direta entre o curso de um cilindro de 220 mm e a pressão gerada pelo mesmo durante o seu movimento.

Aplicando a equação da reta com o objetivo de determinar qual a pressão do cilindro para um curso de 180 mm, ou seja $y = 180$

$$180 = 2750x - 25$$

$$x = 0.075 \text{ MPa}$$

Assim sendo, ao posicionar o cilindro a 180 mm de curso, o IP200 gera uma pressão de 0.075 MPa.

Sabendo a pressão que o cilindro vai gerar naquela posição, é necessário determinar qual a intensidade de corrente que se tem de aplicar no regulador eletropneumatico de forma a ele libertar a mesma pressão e o cilindro se movimentar até as pressões se equilibrarem.

Perante isso, é necessário recorrer ao gráfico da Figura 167, onde se pode verificar que 0% do sinal de entrada refere-se a 4 mA, uma vez que a intensidade de corrente fornecida pela saída do automato é entre 4 mA e 20 mA, e que 100% do curso equivale a 20 mA.

Assim, considera-se:

$$P_1(4 ; 0)$$

$$P_1(20 ; 0.1)$$

Em que:

$$m = \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} = \frac{0.1 - 0}{20 - 4} = \frac{0.1}{16} = 0.006$$

$$y = 0.006x + b$$

Com, por exemplo, o ponto (20 ; 0.1) obtemos o valor de b :

$$0.1 = 0.006 \times 20 + b$$

$$b = -0.020$$

Obtém-se a seguinte equação da reta:

$$y = 0.006x - 0.020$$

E o respetivo gráfico (Figura 173):

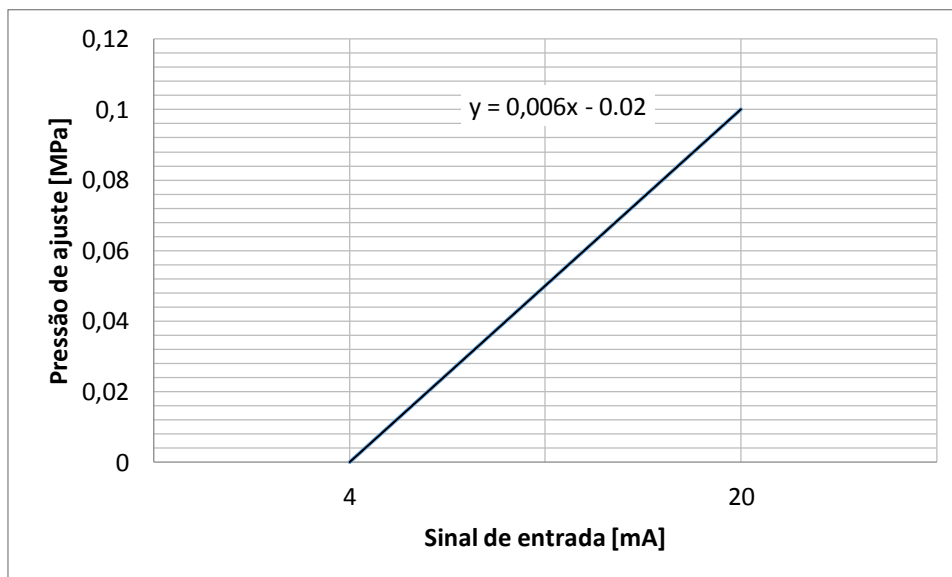


Figura 173 - Gráfico da relação entre a pressão de ajuste e o sinal de entrada

No gráfico anterior existe uma relação direta entre o sinal de entrada gerado pelo autômato e a pressão que o regulador liberta na sua saída.

Para posicionar o cilindro a 180 mm do seu curso, é necessário ter as pressões iguais, quer no regulador, quer no IP200, aplicando a equação da reta acima, ou seja $y = 0.075$

$$0.075 = 0.006x - 0.020$$

$$x = 15.83 \text{ mA}$$

Assim sendo, ao posicionar o cilindro a 180 mm é necessário fornecer 15.83 mA de corrente ao regulador.

Perante a mesma lógica é possível realizar um gráfico que relacione a intensidade de corrente a aplicar no regulador eletropneumático com o tempo, sendo que o factor de tempo terá de ser ajustado conforme o desempenho da máquina.

Com o auxílio das equações acima representadas, foi possível elaborar o seguinte gráfico que relaciona o curso do cilindro com a pressão do sinal e a intensidade de corrente.

Tabela 13 – relação entre o curso do cilindro, pressão do sinal e intensidade de corrente

Curso [mm]	0	130	210	220
Pressão do sinal [MPa]	0	0,056	0,085	0,089
Intensidade de corrente [mA]	0	12,727	17,576	18,182

Utilizando os valores anteriores e incrementando o fator tempo, elaborou-se o seguinte gráfico como meramente ilustrativo, não sendo completamente preciso na escala temporal (Figura 174).

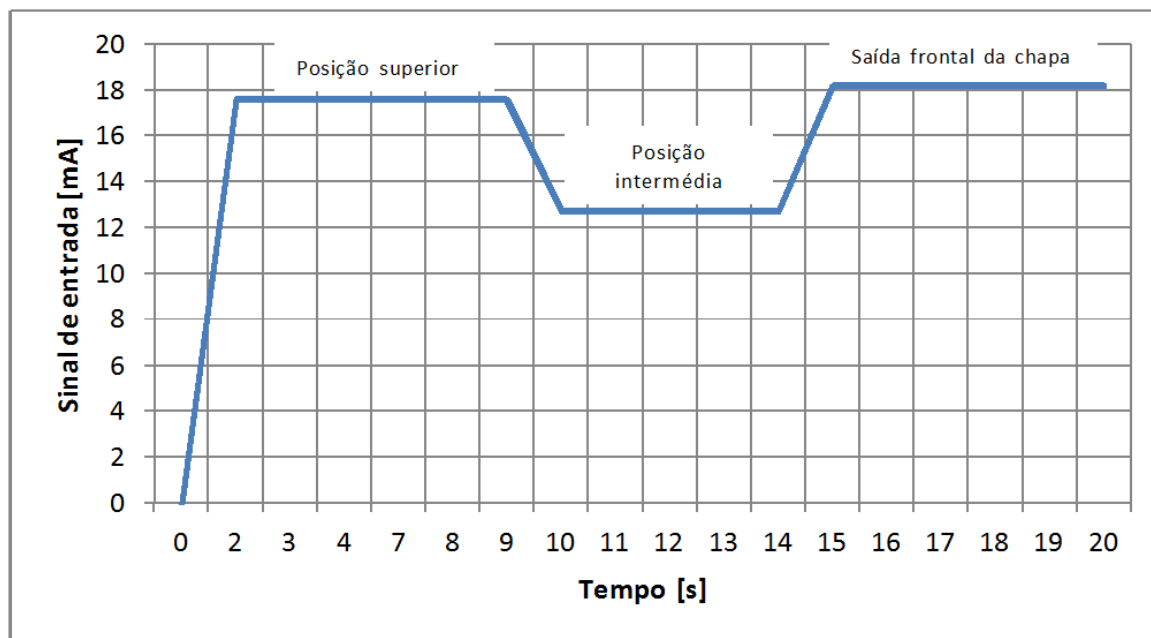


Figura 174 – Relação entre o sinal de entrada e o tempo decorrido

O gráfico anterior representa o sinal de entrada no regulador electropneumático que está a comandar um cilindro de 220 mm de curso, durante um ciclo de corte da chapa e saída frontal.

4.3. Diagrama funcional

A plataforma desenvolvida permite inúmeras conjugações de posições, sendo crucial elaborar um diagrama funcional de modo a perceber a interação que existe entre eles. Desta forma, foram elaborados três diagramas funcionais do sistema:

DESCARGA FRONTAL (Figura 175):

1. Plataforma encontra-se na posição de repouso e o sistema é acionado;
2. Todos os cilindros começam a avançar de forma a colocar a plataforma na posição “superior”, garantindo assim uma correta medição da chapa;

3. Os calcadores prendem a chapa e inicia-se o corte com o recuo dos cilindros do lado direito da máquina, ou seja, os cilindros A2 e B2. Posteriormente, os cilindros A1 e B1 recuam também, acompanhando desta forma o ângulo que a máquina apresenta, posicionando assim a plataforma na posição intermédia;
4. Uma vez que o operador pretende obter a chapa cortada na parte frontal da guilhotina, todos os cilindros avançam para a posição máxima, colocando assim a chapa pronta a ser empurrada pelo esbarro para a parte frontal;
5. Quando a chapa for devidamente recolhida pelo operador, os cilindros voltam a recuar para colocar a plataforma na posição “superior” iniciando assim um novo ciclo;
6. Finalizadas todas as operações, todos os cilindros recuam, colocando a plataforma na posição de repouso.

DESCARGA TRASEIRA (Figura 176):

1. Plataforma encontra-se na posição de repouso e o sistema é acionado;
2. Todos os cilindros começam a avançar de forma a colocar a plataforma na posição “superior”, garantindo assim uma correta medição da chapa;
3. Os calcadores prendem a chapa e inicia-se o corte com o recuo dos cilindros do lado direito da máquina, ou seja, os cilindros A2 e B2. Posteriormente, os cilindros A1 e B1 recuam também acompanhando desta forma o ângulo que a máquina apresenta, posicionando assim a plataforma na posição intermédia;
4. Uma vez que o operador pretende recolher a chapa na parte traseira da guilhotina, os cilindros B1 e B2 recuam de forma a inclinar a plataforma, fazendo com que a chapa deslize, saindo de cima da plataforma;
5. Depois da descarga da chapa os cilindros voltam a recuar para colocar a plataforma na posição “superior”, iniciando assim um novo ciclo;
6. Finalizadas todas as operações, todos os cilindros recuam para colocar a plataforma na posição de repouso.

CONJUGAÇÃO DOS DOIS MODOS (Figura 177):

Este diagrama funcional foi elaborado de forma a representar a possibilidade do operador extrair a chapa cortada pela parte frontal da máquina e, num ciclo posterior, fazer a descarga da chapa pela parte traseira.

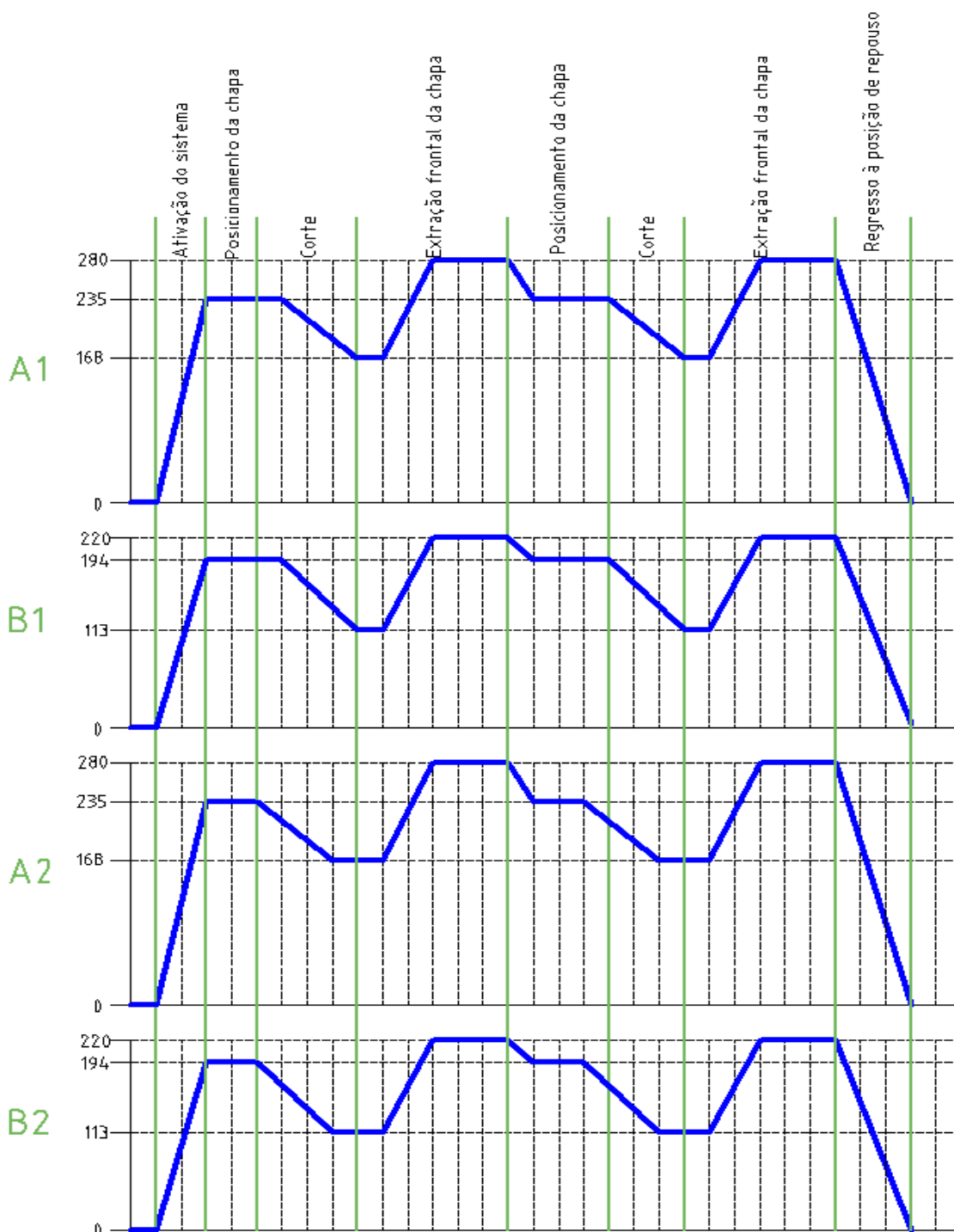


Figura 175 – Diagrama funcional – Descarga frontal

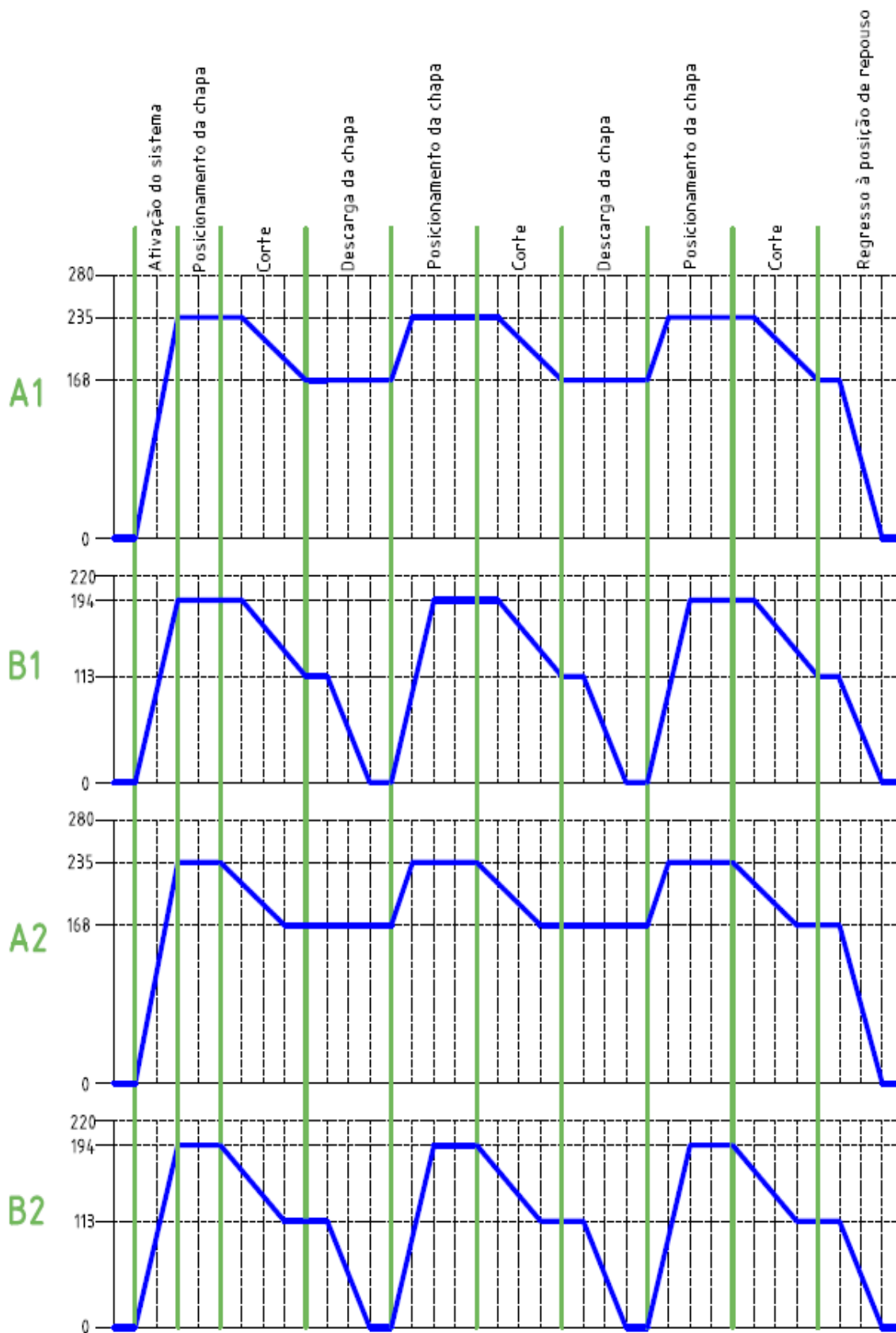


Figura 176 – Diagrama funcional – Descarga traseira

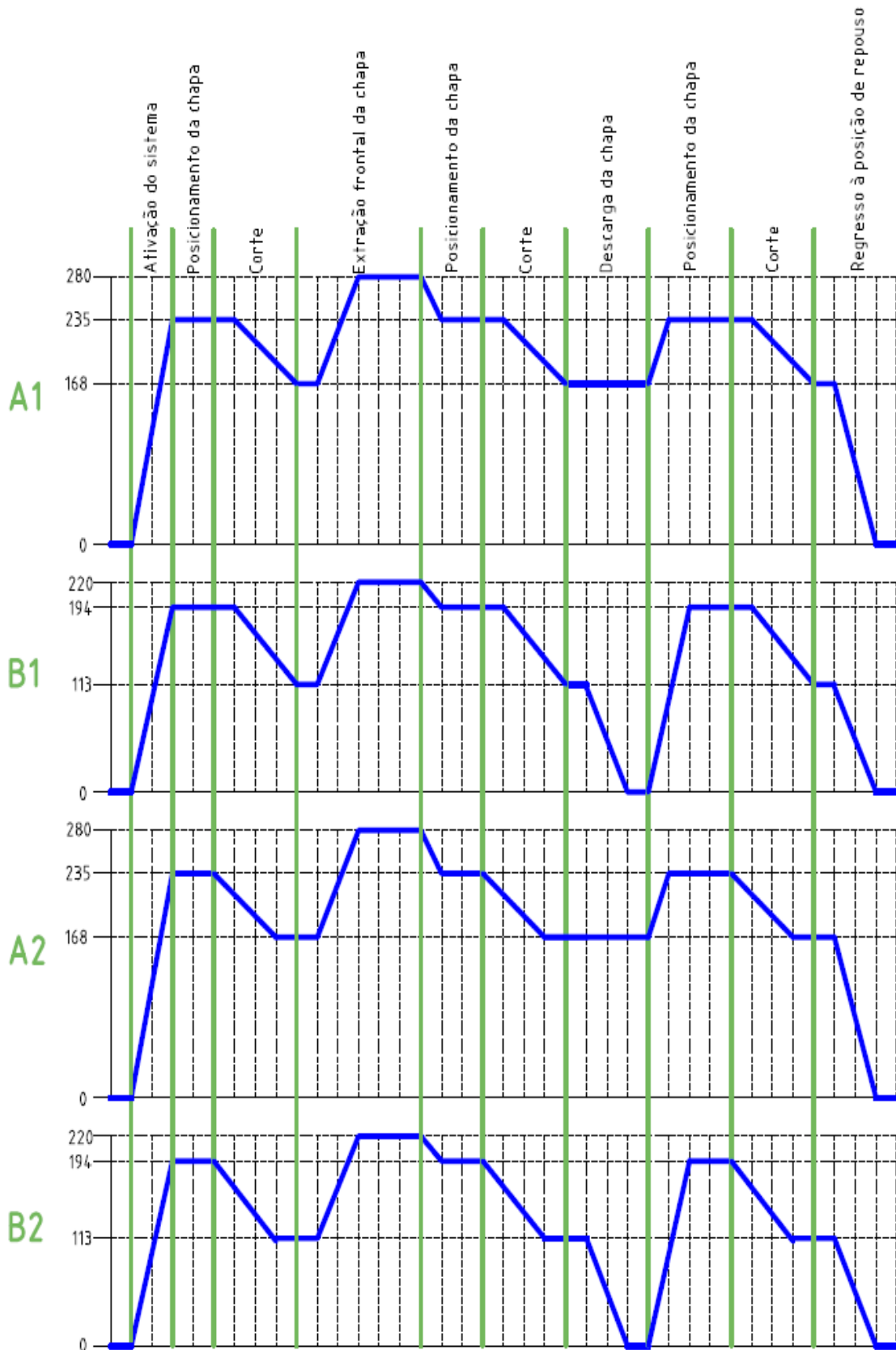


Figura 177 – Diagrama funcional – Conjugação dos dois modos de funcionamento

4.5. Vista explodida do protótipo

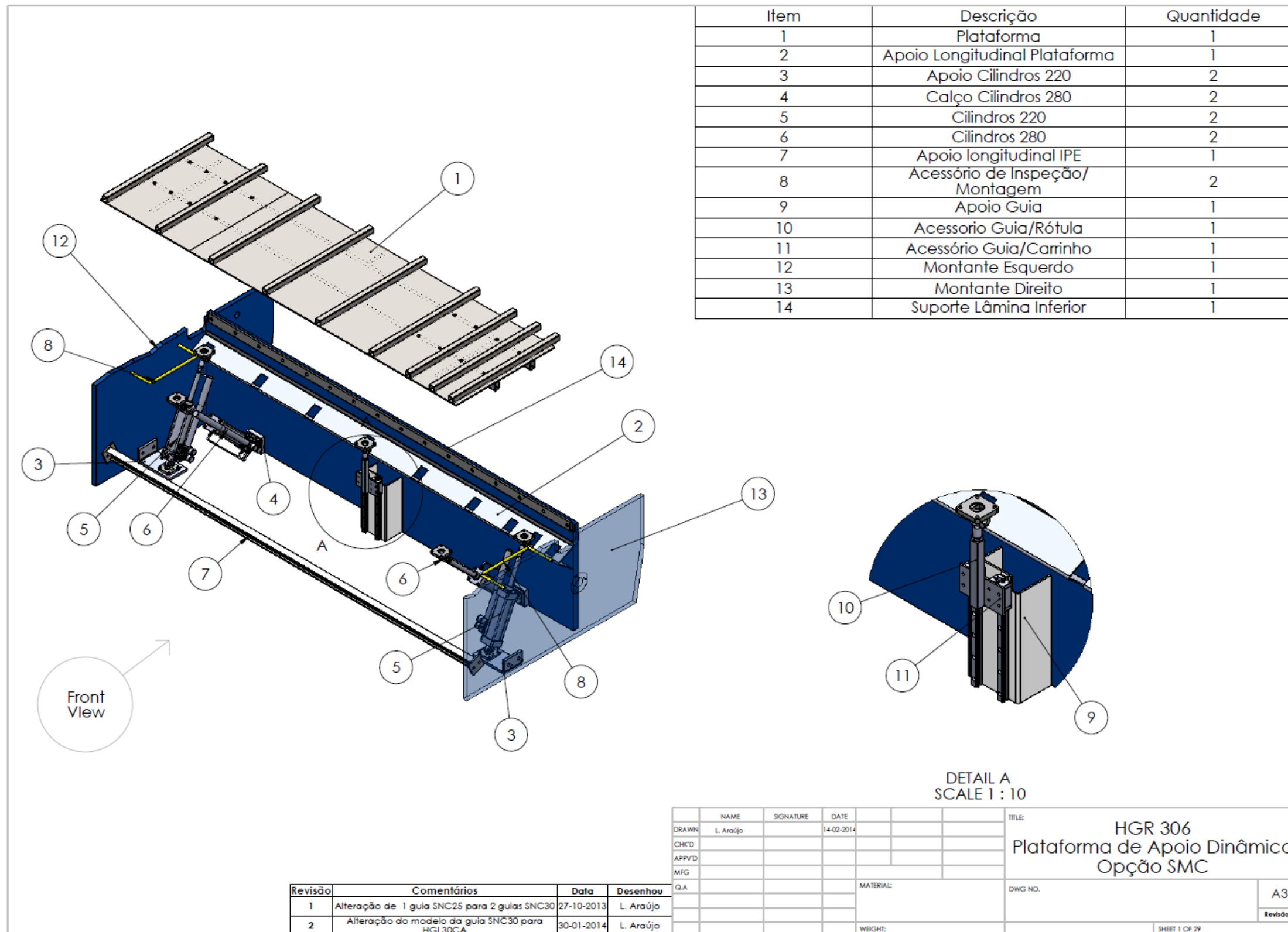


Figura 178 – Vista explodida do protótipo

Relativamente aos restantes desenhos de definição do protótipo, poderão ser encontrados no anexo G.

Uma vez que houve uma grande indecisão na escolha da versão a fabricar, todos os desenhos de definição das versões convencional e versão mista podem ser encontrados no anexo F e no anexo H, respetivamente.

4. Protótipo

Após a conclusão do desenvolvimento da solução, equacionou-se a possibilidade de implementação da mesma através da realização de um protótipo, o que foi aceite de bom agrado. Seguidamente são mostradas fotografias do protótipo, montado numa estrutura parcial de uma máquina. Na Figura 179, está identificado o elemento de ligação do cilindro com o montante da guilhotina.

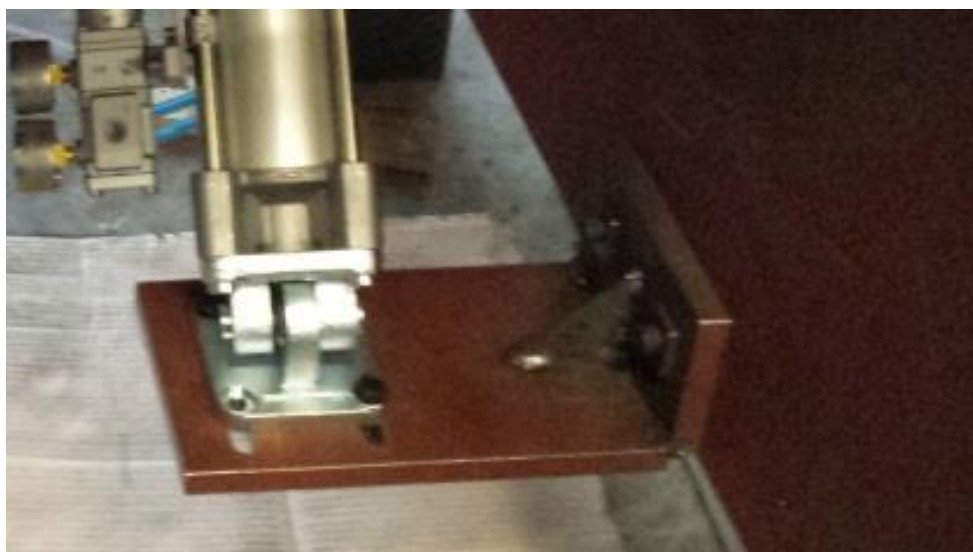


Figura 179– Protótipo – Acessório de fixação do cilindro à guilhotina

Na Figura 180 está identificado o elemento de ligação do cilindro com a estrutura da plataforma.



Figura 180 - Protótipo – Acessório de fixação do cilindro à plataforma

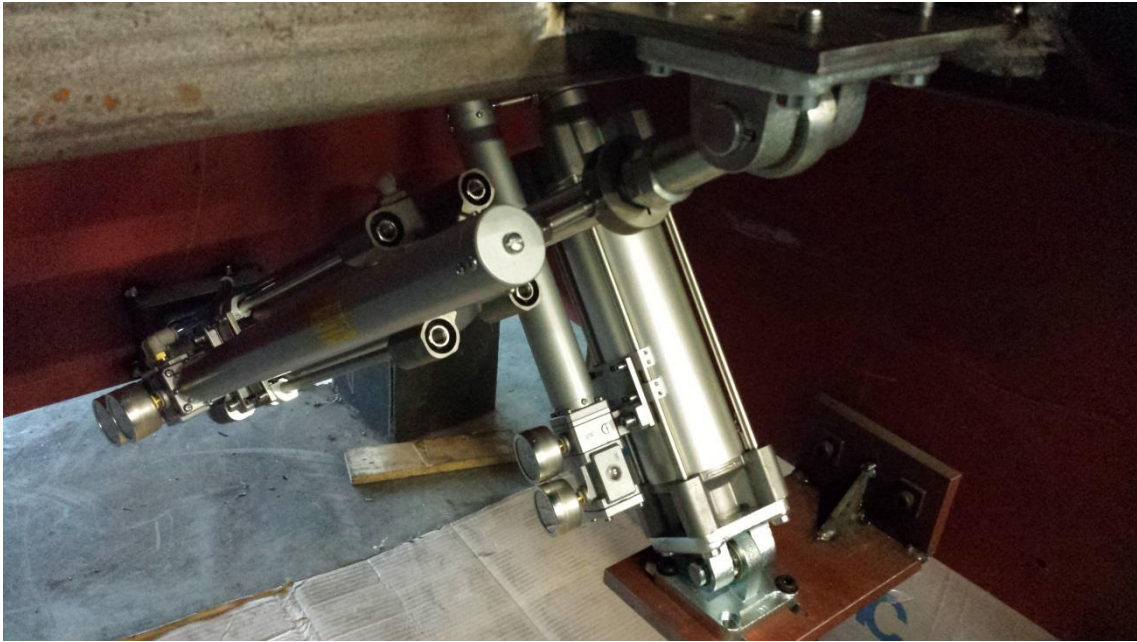


Figura 181 - Protótipo – Vista geral do posicionamento dos cilindros

Na Figura 182, está identificado o sistema de guiamento da plataforma.



Figura 182 - Protótipo – Guia



Figura 183 - Protótipo – Plataforma na posição Superior



Figura 184 - Protótipo – Plataforma na posição Intermédia



Figura 185 - Protótipo – Plataforma na posição de Descarga

No decorrer do processo de montagem do protótipo foi possível constatar que todo o desenvolvimento teórico de todos os componentes foi bem concebido, já que não foram notadas quaisquer tipos de incompatibilidades entre os diversos componentes.

Apesar de a plataforma não ter sido montada acoplada a uma guilhotina, foi possível verificar que os dispositivos de auxílio à montagem da plataforma mostraram-se ser bastante uteis, já que permitiram a montagem do equipamento com segurança, não tendo nenhum operador sofrido qualquer tipo de incidente.

Quanto às complicações sentidas, passaram principalmente pela dificuldade na obtenção dos movimentos pretendidos para os cilindros e na coordenação dos mesmos, contudo, após algumas afinações e testes, conseguiu-se atingir os percursos na perfeição.

Apesar de não ser possível a sua apresentação, foi realizado um vídeo onde é possível visualizar a plataforma em funcionamento, onde se mostra todas as etapas do ciclo realizado pela plataforma.

5. Conclusões

A presente dissertação, realizada no âmbito do Mestrado de Engenharia Mecânica – Ramo de Construções Mecânicas, encerra mais um capítulo académico e pessoal. A nível pessoal, o desenvolvimento deste trabalho foi um desafio ultrapassado com grande satisfação. Permitiu alcançar os objetivos inicialmente propostos; possibilitando ainda a aplicação, consolidação e aprofundamento dos conteúdos adquiridos no decorrer do curso.

Relativamente a este trabalho, foi efectuada uma pesquisa no mercado com vista à identificação de soluções que visassem suprir a dificuldade identificada, de deformação na parte final do corte de chapas finas, efectuadas em guilhotina. Visto não existirem soluções que fossem de encontro ao desejado, partiu-se de uma folha em branco para uma solução completamente nova, tendo sempre em vista os limites económicos impostos pelo mercado, ou seja, aquilo que os clientes estariam disponíveis a pagar por uma solução deste género.

Depois de muitas soluções preconizadas, verificou-se que a maior parte delas não tinha viabilidade, já que colidiam com o funcionamento habitual da máquina. Foi encontrada finalmente uma solução viável, que foi convenientemente refinada, até chegar à solução final.

O produto deste desenvolvimento foi considerado viável peça empresa interessada na solução, pelo que o projecto foi desenvolvido de princípio a fim, com desenhos 2D efectivos para produção. Os equipamentos pneumáticos foram seleccionados de acordo com critérios funcionais e económicos.

O sucesso do projecto veio a materializar-se na realização de um protótipo, o qual funcionou na perfeição, conforme o projectado, mostrando a total viabilidade do projecto, tanto em termos funcionais como económicos (de mercado).

Dado o produto ser francamente inovador, irá ser registada a respetiva patente, protegendo a Propriedade Intelectual de quem desenvolveu de início a fim este projecto.

De referir ainda que se este produto passar a ser fabricado em Portugal e estiver protegido por direitos de Propriedade Intelectual, estamos a contribuir para um reforço da Economia Nacional e inovação e competitividade das nossas empresas, como é bem necessário no contexto actual da indústria Portuguesa.

A construção do protótipo foi uma experiência bastante gratificante, e muito importante quer a nível académico, pessoal e profissional.

Para além de ter atingido os objetivos académicos, foram dados importantes contributos para a melhoria do desempenho das guilhotinas industrialmente, uma vez que, o equipamento projetado permite a eliminação da torção da chapa fina no final do corte.

Em suma, o desenvolvimento deste trabalho não foi só uma tarefa de conclusão de curso, mas sim o superar de um grande desafio a todos os níveis.

6. Bibliografia e Outras Fontes de Informação

6.1. Fontes de Informação “Online

Accurpress. (2008). Shear Fundamentals - Accurpress Sales Manual.

Azevedo, A. F. M. (2003). *Método dos Elementos Finitos*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Bluescope Stell. (2003). Forming Shearing and Slitting Steel Sheet and Strip. pp. 2: 1-8.

Brito, M. (2003). *Manual Pedagógico PRONACI Manutenção*. Associação Empresarial de Portugal .

Cabral, J. P. (2004). *Organização e Gestão da Manutenção - Conceitos à Prática*. Lisboa: Lidel - Edições Técnicas Lda.

Campilho, R. D. (2012). *Método de Elementos Finitos - Ferramentas para Análise Estrutural*. Publindústria.

Durma. (2007). *CNC Variable Rake Shears -Durma VS Series*.

Ferreira, L. A. (1988). *Uma Introdução à Manutenção* . Porto: Publindustria - Edições Técnicas.

Festo. (2002). Cilindros normalizados DNC.

Festo. (2014). Servopneumatics..

Gasparini Technologies. (2008). New Gasparini X-CUT Range. 61.

Lazinsky, S. A. (2001). *Analyzing Shear Features*. The Fabricator.

Marshall, C. (2011). *Guillotine vs. Swing Beam Shear*. C Marshall Fabrication Machinery Inc.

NBS. (2006). Linear systems catalogue.

Niederauer, A. (1997). *Atuadores e Válvulas*. Biblioteca Virtual do Estudante Brasileiro - TC2000 - Profissionalizante.

Oliveira, D. L. (2011). *Otimização do corte de pontas de um aço livre de intersticiais laminado a quente usando tesoura tipo guilhotina.* Tese de Mestrado em Ciências na Área de Concentração: Materiais Metálicos, Cerâmicos e Poliméricos. Universidade de São Paulo.

Pacheco, J. A. (1992). *Utilização de Quinadoras e Guilhotinas (Quinagem e Corte).* Associação Portuguesa das Tecnologias de Conformação Plástica.

Parker. (2008). Tecnologia Pneumática Industrial. Parker Hannifin Ind. Com. Ltda.

RICO. (2013). RICO - Tomás Castro e Silva.

Turcato, T. (1997). Noções básicas de pneumática. Virtual do Estudante Brasileiro - TC2000 - Profissionalizante.

Votano, J.R., Parham, M., & Hall, L.H. (1993). *Metal HandBook Vol 14 - Forming and Forging.* ASM Metal HandBook Volume 14 - Forming and Forging (9thed.,p.1524).ASM International.

Wisselink, H. (2000). *Analysis of Guillotining and Slitting Finite Element Simulations.* Ph.D. Thesis. Mechanical Departement. University of Twente. The Netherlands, 159 pp.

Wisselink, H., & Huétink, J. (1998). *Simulation of Stationary Sheet Metal Cutting Processes.* Fac. Mechanical Enginnering, University of Twente, The Netherlands.

6.2. Fontes de Informação “Online”

ADIRA. (2014). *Guilhotinas.* Obtido em 10 de 06 de 2014, de <http://www.adira.pt/004.aspx?dqa=0:0:0:9:0:0:-1:-28:0>

Bluescope Stell. (2003). Forming Shearing and Sliting Steel Sheet and Strip. pp. 2: 1-8.

Crimelibrary. (2014). Obtido em 10 de 05 de 2014, de The gruesome history of the guillotine: <http://www.crimelibrary.com/blog/article/the-gruesome-history-of-the-guillotine/index.html>

Dafumt. (2014). *Hydraulic guillotine shear.* Obtido em 20 de 05 de 2014, de <http://www.dafumt.com/hydraulic-guillotine-shear/16/#standard>

Ermaksan. (2014). *Shear Cutting*. Obtido em 25 de 08 de 2014, de <http://www.ermaksan.com.tr/en-EN/Product/Shear-Cutting/CNC-HVR-Variable-Rake-Hydraulic-Guillotine-Shear>

Festo. (2013). *Bellows actuator EB*. Obtido de https://www.festo.com/cat/pt-br_br/data/doc_engb/PDF/EN/EB_EN.PDF

Festo. (2013). *Elementos de fixação para atuadores*. Obtido em 20 de 10 de 2013, de http://www.festo.com/net/pt_pt/SupportPortal/default.aspx?cat=1428&tab=3&s=t

Festo. (2014). *Cilindros Compactos*. Obtido em 23 de 05 de 2014, de http://www.festo.com/net/pt_pt/SupportPortal/default.aspx?cat=1275

Haco. (2014). *Shearing*. Obtido em 10 de 08 de 2014, de <http://www.haco.com/en/our-services/tsx#gallery>

NB-Linear. (2014). *Slide Guide*. Obtido em 10 de 08 de 2014, de <http://www.nbcorporation.com/product/lineup/index.html#01>

Newton. (2014). *Produtos para guilhotinas hidráulicas*. Obtido em 10 de 06 de 2014, de <http://www.newton.com.br/p/produtos/6/acess>

SMC. (2014). Obtido em 10 de 02 de 2014, de Unidades modulares FRL: [https://www.smc.eu/portal_ssl/NEW_EBP/14\)Air_Line_Equipment/14.1\)Modular_Style_/h\)AW/AW_EU.pdf](https://www.smc.eu/portal_ssl/NEW_EBP/14)Air_Line_Equipment/14.1)Modular_Style_/h)AW/AW_EU.pdf)

SMC. (2014). Obtido em 10 de 02 de 2014, de Reguladores electro-pneumáticos: http://www.smc Pneumatics.ie/media/ITV_ES60-15E.pdf

SMC. (2014). Obtido em 10 de 02 de 2014, de Cilindros ISO série CP95: [https://www.smc.eu/portal_ssl/NEW_EBP/05\)Standard_Air_Cylinder/5.1\)Standard_Air_Cylinder/j\)CP95/CP95_PO.pdf](https://www.smc.eu/portal_ssl/NEW_EBP/05)Standard_Air_Cylinder/5.1)Standard_Air_Cylinder/j)CP95/CP95_PO.pdf)

Wikipédia. (2014). Obtido em 10 de 05 de 2014, de Guilhotina: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Guilhotina>

Anexos

Em suporte digital, encontram-se divididos nas seguintes partes:

- Anexo A – Orçamento cilindro elétrico
- Anexo B – Orçamento Solução 1 – Cilindros convencionais - FESTO
- Anexo C – Orçamento Solução 2 – Cilindros Servo pneumáticos - FESTO
- Anexo D – Orçamento Solução 3 – Versão Mista - FESTO
- Anexo E – Orçamento Solução 2 – Cilindros Servo pneumáticos - SMC
- Anexo F – Desenhos de definição – Cilindros convencionais
- Anexo G – Desenhos de definição – Cilindros Servo pneumáticos
- Anexo H – Desenhos de definição – Versão Mista

ANEXO A

Orçamento Cilindro Elétrico



SMC España (Sucursal), S.A.
Rua Eng. Ferreira Dias, 452
Tel: (22) 616 65 70 Fax: (22) 616 65 89
email: postpt@smc.smces.es

OFERTA	FECHA	PÁGINA:
	20/08/14	1(1)

Enduser address:

FICO CABLES LDA.
RUA DO CAVACO,115

4470-263 VERMOIM-MAIA
PORTUGAL

Customer address:

FICO CABLES LDA.
RUA DO CAVACO,115

4470-263 VERMOIM-MAIA
PORTUGAL

Nº OFERTA 0031292796	OFERTA CREADO POR Joao Sampaio	AREA PORTUGAL NORTE	ASUNTO OFERTA .
CÓDIGO DE CLIENTE J54316	ATT. SR. MÁRIO SOARES	NUESTRA REFERENCIA	Nº PROVEEDOR

LÍNEA	DENOMINACIÓN	PLAZO	UD. DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO NETO UNIT.	IMPORTE NETO
1	LEY63S4L-300B-R5A2H ELECTRIC ACTUATOR ROD TYPE	13 Days	PCE	1	1,931.97	1,931.97

TEXTO / INSTRUCCIONES ESPECIALES:

Please quote our quotation reference when ordering
All price are exclusive of VAT
Quotation valid for 60 days from quotation date.
All other terms as per our standard terms and conditions.
Prices are without carriage charge.

Lead time starts when the order is received and confirmed.
Shown lead times are the lead times when the goods are shipped from SMC.

Resumen:

EUR 1,931.97

Total Neto:

EUR 1,931.97

TERMINOS Y CONDICIONES:

Se por algum motivo não estiver satisfeito com algum produto ou serviço, por favor contacte com a SMC mais próxima ou o seu contacto habitual, ou ainda através do número de telefone +351226166570 ou por email: postpt@smc.smces.es

ANEXO B

Orçamento Solução 1 – Cilindros Convencionais - FESTO

Tomas Castro Silva, Lda.
Rua De Cerquido
LUGAR DE ZEBREIROS
4515-118 FOZ DO SOUSA

A/C Sr. Eng. Luis Araújo
Tel. 224 540 370

Referência: V/ consulta de 7. Outubro 2013 / 69117093

Proposta
2690017103

Ex.mos Senhores

Agradecendo o favor da vossa prezada consulta, vimos pela presente oferecer a nossa melhor cotação para o eventual fornecimento do seguinte material:

Data
09. Outubro 2013

Página/Total de páginas
1 de 3

Projecto
Posicionador Mesa

Descrição
Conjunto de Actuadores para posicionar plataforma
Versão sem servopneumática

Apoio a cliente

Tel. 707 20 20 43
Fax (0351) 22615 61-88
vendas@pt.festo.com

Sociedade unipessoal por quotas
Capital Social: Eur. 94.434,76
C.R.C.P./C.I.P.C. PT 509 599 281

Descrição	Código	Preço unitário		Quantidade	Preço total
		EUR			EUR
Posição 0010 DSBC-80-60-PPSA-N3 CIL.NORMALIZADO Prazo de entrega: 4 Semana	2126638			2	
Posição 0020 DSBC-80-90-PPSA-N3 CIL.NORMALIZADO Prazo de entrega: 4 Semana	1463500			2	
Posição 0030 DSBC-80-150-PPSA-N3 CIL.NORMALIZADO Prazo de entrega: 4 Semana	1463500			2	
Posição 0040 DSBC-80-55-PPSA-N3 CIL.NORMALIZADO Prazo de entrega: 4 Semana	1463500			2	
Posição 0050 SME-8M-DS-24V-K-0,3-M8D SENSOR MAGNETICO SME-8M-DS-24V-K-0.3-M8D Prazo de entrega: 4 Semana	543861			16	

Dados bancários
NIB: 0033 0000 45404738246 05
IBAN:
PT50 0033 0000 45404738246 05
BIC/SWIFT: BCOMPTPL

Festo - Automação
Unipessoal, Lda.

Rua Manuel Pinto de
Azevedo 567, Apt. 8013
P-4109-601 PORTO
Tel. (0351) 22 615 61-50
Fax (0351) 22 615 61-89
info@pt.festo.com

Tomas Castro Silva, Lda.
Rua De Cerquido
LUGAR DE ZEBREIROS
4515-118 FOZ DO SOUSA

A/C Sr. Eng. Luis Araújo
Tel. 224 540 370

Descrição	Código	Preço unitário	Quantidade	Preço total
		EUR		EUR
Posição 0060 NEBU-M8G3-K-5-LE3 cabo de conexão	541334		16	
NEBU-M8G3-K-5-LE3				
Prazo de entrega: 4 Semana				
Posição 0070 GRLA-3/8-QS-8-D REGULADOR DE DEBITO UNIDIRECCI	193150		16	
Prazo de entrega: 4 Semana				
Posição 0080 DPNC-80 KIT MULTI POSICAO	174422		4	
Prazo de entrega: 4 Semana				
Posição 0090 SGS-M20X1,5 ARTIC.ESFÉRICA	9264		9	
Prazo de entrega: 4 Semana				
Posição 0100 LBG-80 CAVALETE	31765		9	
Prazo de entrega: 4 Semana				
Posição 0110 VÁL.ACION.ELÉTR	564212		8	
VUVG-L14-B52-T-Q8-U-1H2L- W4				
Prazo de entrega: 4 Semana				
			EUR	
Valor Total				2.257,83
Custo de transporte				11,00

Proposta 2690017103

Data
09. Outubro 2013

Página/Total de páginas
2 de 3

Apoio a cliente

Tel. 707 20 20 43
Fax (0351) 22615 61-88
vendas@pt.festo.com

Sociedade unipessoal por quotas
Capital Social: Eur. 94.434,76
C.R.C.P./C.I.P.C. PT 509 599 281

Dados bancários
NIB: 0033 0000 45404738246 05
IBAN:
PT50 0033 0000 45404738246 05
BIC/SWIFT: BCOMPTPL

Festo - Automação Unipessoal, Lda.

Rua Manuel Pinto de
Azevedo 567, Apt. 8013
P-4109-601 PORTO
Tel. (0351) 22 615 61-50
Fax (0351) 22 615 61-89
info@pt.festo.com

Tomas Castro Silva, Lda.
Rua De Cerquido
LUGAR DE ZEBREIROS
4515-118 FOZ DO SOUSA

A/C Sr. Eng. Luis Araújo
Tel. 224 540 370

A presente proposta está sujeita aos termos e condições de venda da Festo Automação, Unipessoal, Lda., vigentes na emissão deste documento, disponíveis em www.festo.com/pt/condicoes. Em caso de discrepância entre a presente proposta e os termos e condições de venda do cliente, prevalece o mencionado na proposta.

Condições de pagamento: A 30 dias data fatura s/ desc.
Local de entrega: DAP V/ Morada

Prazo de Entrega:

Por Transporte Normal (standard):

Sem acréscimo de custos para além dos mencionados. Os dias indicados deverão ser considerados úteis.

Por Transporte Express (quando expressamente solicitado):

Os dias indicados deverão ser considerados úteis, e para encomendas processadas até às 12h30. Para além do custo de transporte já mencionado, acresce 4,80 EUR/kg.

Os prazos de entrega mencionados são estimados á data de emissão desta proposta de fornecimento. Em caso de adjudicação, reservamos o direito de estes serem alterados.

Preços:

Líquido, sujeito ao IVA, a incluir, de acordo com a taxa em vigor á data da factura

Validade da proposta: 30 dias

Outras condições de fornecimento:

Não se aceitam devoluções sem prévio acordo.

Salvo v/ instruções em contrário, a encomenda será remetida quando todas as posições que a compõem estiverem disponíveis. Neste caso, o prazo de entrega a considerar, será o da posição com data posterior. Agradecemos que a encomenda indique um endereço de e-mail, para onde será enviada a Confirmação de Encomenda.

Para melhor eficácia de processamento, em caso de encomenda, indique por favor o nr. desta proposta.

Se deseja confirmar esta proposta, Indique por favor a sua referência ou o seu nr. de pedido e daremos de imediato seguimento ao seu pedido:

**Proposta
2690017103**

Data
09. Outubro 2013

Página/Total de páginas
3 de 3

Apoio a cliente

Tel. 707 20 20 43
Fax (0351) 22615 61-88
vendas@pt.festo.com

Sociedade unipessoal por quotas
Capital Social: Eur. 94.434,76
C.R.C.P./C.I.P.C. PT 509 599 281

Dados bancários
NIB: 0033 0000 45404738246 05
IBAN:
PT50 0033 0000 45404738246 05
BIC/SWIFT: BCOMPTPL

**Festo - Automação
Unipessoal, Lda.**

Rua Manuel Pinto de
Azevedo 567, Apt. 8013
P-4109-601 PORTO
Tel. (0351) 22 615 61-50
Fax (0351) 22 615 61-89
info@pt.festo.com

ANEXO C

Orçamento Solução 2 – Cilindros Servo Pneumáticos - FESTO

Cliente	RICO Tomás Castro & Silva
Contacto	Eng. Luís Araújo / Eng. Luís Borges 1110069@isep.ipp.pt
Projeto	Posicionador Mesa Servopneumático_2014
Data	2013.10.07

Descrição	Conjunto de Actuadores para posicionar plataforma Versão Com 1 Atuador servopneumático.
-----------	--

Sector de atividade	03
SBA	Sist. Servopneumática (37 10 01)

Pos.	Cod.	Ref.	Descrição	Quant.
		Material Festo		
10	2126640	DSBC-80-150-PPSA-N3	Standard cylinder	2
20	1463500	DSBC-80-55-PPSA-N3	Standard cylinder	2
30	543861	SME-8M-DS-24V-K-0,3-M8D	Proximity Sensor	8
40	541334	NEBU-M8G3-K-5-LE3	Connecting cable	8
50	193150	GRLA-3/8-QS-8-D	One-way flow control valve	8
60	174422	DPNC-80	Multi-position kit	2
70	9264	SGS-M20x1,5	Rod eye	7
80	31765	LBG-80	Clevis foot mounting	9
90	564212	VUVG-L14-B52-T-Q8-U-1H2L-W4	Solenoid valve	4
100	174401	SNCS-80	Swivel flange	2
		Atuadores servopneumáticos + Autómato		
110	1677705	DDPC-Q-80-200-PA		2
120	197330	53E-T07GCQSNCT21T21- Z.N	Terminal	1
130	550171	VPWP-6-L-5-Q8-10-E-F	Proportional directional control valve	2
140	186100	QS-G3/8-8	Push-in fitting	10
150	558387	CASM-S-D3-R7	Sensor interface	2
160	540328	KVI-CP-3-WS-WD-0,5	Connecting cable	2
170	540330	KVI-CP-3-WS-WD-5	Connecting cable	2

Material Festo (Pos 10 a 100)

1.191,51 €

Atuadores servopneumáticos + Autómato (Pos 110 a 170)

3.938,88 €

Preço Total de:

5.130,40 €

Peso Total:

FF

2013.10.07

ANEXO D

Orçamento Solução 3 – Versão Mista - FESTO

Tomas Castro Silva, Lda.
Rua De Cerquido
LUGAR DE ZEBREIROS
4515-118 FOZ DO SOUSA

A/C Sr. Eng. Luis Araújo
Tel. 224 540 370

Referência: V/ consulta de 7. Outubro 2013 / 69117093

Proposta
2690017092

Ex.mos Senhores

Agradecendo o favor da vossa prezada consulta, vimos pela presente oferecer a nossa melhor cotação para o eventual fornecimento do seguinte material:

Data
11. Outubro 2013

Página/Total de páginas
1 de 4

NOTA:
Esta proposta anula e substitui a anteriormente enviada com o mesmo número

Projecto
Posicionador Mesa Servopneumático

Descrição
Conjunto de Actuadores para posicionar plataforma
Versão com 1 Atuador servopneumático

Apoio a cliente

Tel. 707 20 20 43
Fax (0351) 22615 61-88
vendas@pt.festo.com

Sociedade unipessoal por quotas
Capital Social: Eur. 94.434,76
C.R.C.P./C.I.P.C. PT 509 599 281

Descrição	Código	Preço unitário	Quantidade	Preço total
		EUR		EUR
Posição 0010 DSBC-80-150-PPSA-N3 CIL.NORMALIZADO Prazo de entrega: 3 Semana	1463500		2	
Posição 0020 DSBC-80-55-PPSA-N3 CIL.NORMALIZADO Prazo de entrega: 3 Semana	1463500		2	
Posição 0030 SME-8M-DS-24V-K-0,3-M8D SENSOR MAGNETICO SME-8M-DS-24V-K-0.3-M8D Prazo de entrega: 3 Semana	543861		8	
Posição 0040 NEBU-M8G3-K-5-LE3 cabo de conexão NEBU-M8G3-K-5-LE3 Prazo de entrega: 3 Semana	541334		8	

Dados bancários
NIB: 0033 0000 45404738246 05
IBAN:
PT50 0033 0000 45404738246 05
BIC/SWIFT: BCOMPTPL

Festo - Automação
Unipessoal, Lda.

Rua Manuel Pinto de
Azevedo 567, Apt. 8013
P-4109-601 PORTO
Tel. (0351) 22 615 61-50
Fax (0351) 22 615 61-89
info@pt.festo.com

Tomas Castro Silva, Lda.
Rua De Cerquido
LUGAR DE ZEBREIROS
4515-118 FOZ DO SOUSA

A/C Sr. Eng. Luis Araújo
Tel. 224 540 370

Descrição	Código	Preço unitário	Quantidade	Preço total
		EUR		EUR
Posição 0050 GRLA-3/8-QS-8-D REGULADOR DE DEBITO UNIDIRECCI Prazo de entrega: 3 Semana	193150		8	
Posição 0060 DPNC-80 KIT MULTI POSICAO Prazo de entrega: 3 Semana	174422		2	
Posição 0070 SGS-M20X1,5 ARTIC.ESFÉRICA Prazo de entrega: 3 Semana	9264		7	
Posição 0080 LBG-80 CAVALETE Prazo de entrega: 3 Semana	31765		9	
Posição 0090 VÁL.ACION.ELÉTR VUVG-L14-B52-T-Q8-U-1H2L- W4 Prazo de entrega: 3 Semana	564212		1	
Posição 0100 SNCS-80 FLANGE OSCIL. Prazo de entrega: 3 Semana	174401		2	
Posição 0110 CIL.NORMALIZADO DDPC-Q-80-200-PA Prazo de entrega: 3 Semana	1677705		2	
Posição 0120 CPX TERMINAL ELECTRICO 50E-T06GCQST21T21-Z+N Prazo de entrega: 3 Semana	197330		1	
Posição 0130 VALVULA DIRECCIONAL PROPORCIONAL	550171		2	

Proposta 2690017092

Data
11. Outubro 2013

Página/Total de páginas
2 de 4

Apoio a cliente

Tel. 707 20 20 43
Fax (0351) 22615 61-88
vendas@pt.festo.com

Sociedade unipessoal por quotas
Capital Social: Eur. 94.434,76
C.R.C.P./C.I.P.C. PT 509 599 281

Dados bancários
NIB: 0033 0000 45404738246 05
IBAN:
PT50 0033 0000 45404738246 05
BIC/SWIFT: BCOMPTPL

Festo - Automação Unipessoal, Lda.

Rua Manuel Pinto de
Azevedo 567, Apt. 8013
P-4109-601 PORTO
Tel. (0351) 22 615 61-50
Fax (0351) 22 615 61-89
info@pt.festo.com

Tomas Castro Silva, Lda.
Rua De Cerquido
LUGAR DE ZEBREIROS
4515-118 FOZ DO SOUSA

A/C Sr. Eng. Luis Araújo
Tel. 224 540 370

Descrição	Código	Preço unitário		Quantidade	Preço total
VPWP-6-L-5-Q8-10-E-F		EUR			EUR
Prazo de entrega: 3 Semana					
Posição 0140 QS-G3/8-8 CON.RÁP.ROSCADA	186100			10	
Prazo de entrega: 3 Semana					
Posição 0150 CASM-S-D3-R7 interf. sensor	558387			2	
Prazo de entrega: 3 Semana					
Posição 0160 KVI-CP-3-WS-WD-0,5 cabo de conexão	540328			2	
Prazo de entrega: 3 Semana					
Posição 0170 KVI-CP-3-WS-WD-5 cabo de conexão	540330			2	
Prazo de entrega: 3 Semana					
				EUR	
Valor Total					4.708,35
Custo de transporte					9,00

Proposta 2690017092

Data
11. Outubro 2013

Página/Total de páginas
3 de 4

Apoio a cliente

Tel. 707 20 20 43
Fax (0351) 22615 61-88
vendas@pt.festo.com

Sociedade unipessoal por quotas
Capital Social: Eur. 94.434,76
C.R.C.P./C.I.P.C. PT 509 599 281

Dados bancários
NIB: 0033 0000 45404738246 05
IBAN:
PT50 0033 0000 45404738246 05
BIC/SWIFT: BCOMPTPL

Festo - Automação Unipessoal, Lda.

Rua Manuel Pinto de
Azevedo 567, Apt. 8013
P-4109-601 PORTO
Tel. (0351) 22 615 61-50
Fax (0351) 22 615 61-89
info@pt.festo.com

Tomas Castro Silva, Lda.
Rua De Cerquido
LUGAR DE ZEBREIROS
4515-118 FOZ DO SOUSA

A/C Sr. Eng. Luis Araújo
Tel. 224 540 370

A presente proposta está sujeita aos termos e condições de venda da Festo Automação, Unipessoal, Lda., vigentes na emissão deste documento, disponíveis em www.festo.com/pt/condicoes. Em caso de discrepância entre a presente proposta e os termos e condições de venda do cliente, prevalece o mencionado na proposta.

Condições de pagamento: A 30 dias data fatura s/ desc.
Local de entrega: DAP V/ Morada

Prazo de Entrega:

Por Transporte Normal (standard):

Sem acréscimo de custos para além dos mencionados. Os dias indicados deverão ser considerados úteis.

Por Transporte Express (quando expressamente solicitado):

Os dias indicados deverão ser considerados úteis, e para encomendas processadas até às 12h30. Para além do custo de transporte já mencionado, acresce 4,80 EUR/kg.

Os prazos de entrega mencionados são estimados á data de emissão desta proposta de fornecimento. Em caso de adjudicação, reservamos o direito de estes serem alterados.

Preços:

Líquido, sujeito ao IVA, a incluir, de acordo com a taxa em vigor á data da factura

Validade da proposta: 30 dias

Outras condições de fornecimento:

Não se aceitam devoluções sem prévio acordo.

Salvo v/ instruções em contrário, a encomenda será remetida quando todas as posições que a compõem estiverem disponíveis. Neste caso, o prazo de entrega a considerar, será o da posição com data posterior. Agradecemos que a encomenda indique um endereço de e-mail, para onde será enviada a Confirmação de Encomenda.

Para melhor eficácia de processamento, em caso de encomenda, indique por favor o nr. desta proposta.

Se deseja confirmar esta proposta, Indique por favor a sua referência ou o seu nr. de pedido e daremos de imediato seguimento ao seu pedido:

**Proposta
2690017092**

Data
11. Outubro 2013

Página/Total de páginas
4 de 4

Apoio a cliente

Tel. 707 20 20 43
Fax (0351) 22615 61-88
vendas@pt.festo.com

Sociedade unipessoal por quotas
Capital Social: Eur. 94.434,76
C.R.C.P./C.I.P.C. PT 509 599 281

Dados bancários
NIB: 0033 0000 45404738246 05
IBAN:
PT50 0033 0000 45404738246 05
BIC/SWIFT: BCOMPTPL

**Festo - Automação
Unipessoal, Lda.**

Rua Manuel Pinto de
Azevedo 567, Apt. 8013
P-4109-601 PORTO
Tel. (0351) 22 615 61-50
Fax (0351) 22 615 61-89
info@pt.festo.com

ANEXO E

Orçamento Solução 3 – Cilindros Servo-Pneumáticos - SMC



SMC España (Sucursal), S.A.
Rua Eng. Ferreira Dias, 452
Tel: (22) 616 65 70 Fax: (22) 616 65 89
email: postpt@smc.smces.es

OFERTA	FECHA	PÁGINA:
	13/02/14	1(1)

Enduser address:

TOMAS CASTRO SILVA, LDA.
RUA DE CERQUIDO - ZEBREIROS

4515-118 FOZ DO SOUSA
PORTUGAL

Customer address:

TOMAS CASTRO SILVA, LDA.
RUA DE CERQUIDO - ZEBREIROS

4515-118 FOZ DO SOUSA
PORTUGAL

Nº OFERTA 0031190054	OFERTA CREADO POR Norberto Goncalves	AREA PORTUGAL NORTE	ASUNTO OFERTA COTAÇÃO SMC
CÓDIGO DE CLIENTE J51139	ATT. SR.ENG.FRANCISCO SILVA	NUESTRA REFERENCIA Nº PEDIDO OBLIGATORIO	Nº PROVEEDOR

LÍNEA	DENOMINACIÓN	PLAZO	UD. DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO NETO UNIT.	IMPORTE NETO
1	PROY-RBS00004 CILINDRO CON POSICIONADOR + ACCESORIOS	7 Days	PCE	2	394.10	788.20
2	PROY-RBS00007 CILINDRO CON POSICIONADOR + ACCESORIOS	7 Days	PCE	2	409.79	819.58
3	ITV1010-03F2N ELECTRO-PNEUMATIC REGULATOR	3 Days	PCE	4	191.33	765.32
4	P398010-13 ITV CABLE L-TYPE 3m	Stock	PCE	4	19.20	76.80
5	INI-398-0-6 *BRACKET FOR ITV UNIT	Stock	PCE	4	1.75	7.00
6	DS5080 DOUBLE CLEVIS	Stock	PCE	4	26.47	105.88
7	KQ2H08-02AS ONE-TOUCH FITTING	Stock	PCE	20	1.04	20.80

TEXTO / INSTRUCCIONES ESPECIALES:

Please quote our quotation reference when ordering
All price are exclusive of VAT
Quotation valid for 60 days from quotation date.
All other terms as per our standard terms and conditions.
Prices are without carriage charge.

Lead time starts when the order is received and confirmed.
Shown lead times are the lead times when the goods are shipped from SMC.

Resumen:

EUR 2,583.58

Total Neto:

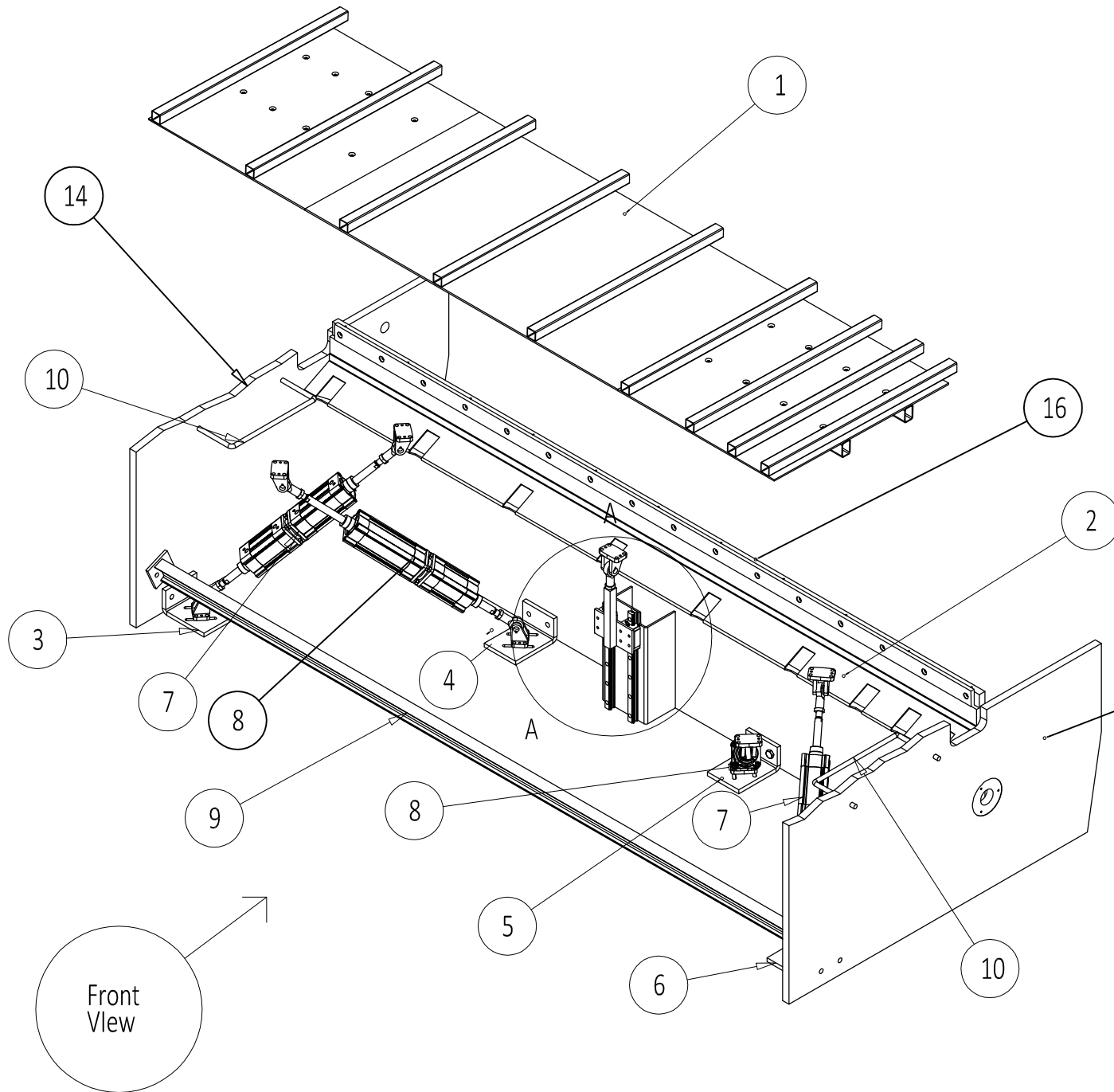
EUR 2,583.58

TERMINOS Y CONDICIONES:

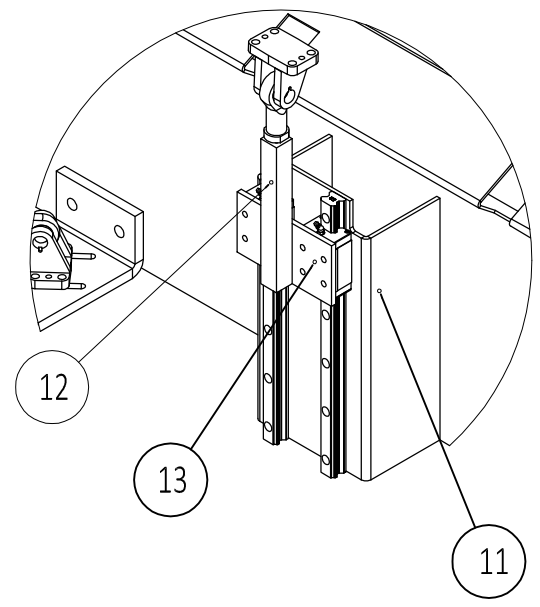
Se por algum motivo não estiver satisfeito com algum produto ou serviço, por favor contacte com a SMC mais próxima ou o seu contacto habitual, ou ainda através do número de telefone +351226166570 ou por email: postpt@smc.smces.es

ANEXO F

Desenhos de definição – Cilindros convencionais



Item	Descrição	Quantidade
1	Plataforma	1
2	Apoio Longitudinal Plataforma	1
3	Apoio Cilindros Frente Esquerdo	1
4	Apoio Cilindros Trás Esquerdo	1
5	Apoio Cilindros Trás Direito	1
6	Apoio Cilindros Frente Direito	1
7	Grupo de Cilindros Frente	2
8	Grupo de Cilindros Tás	2
9	Apoio longitudinal IPE	1
10	Acessório de Inspeção/ Montagem	2
11	Apoio Guia	1
12	Acessorio Guia/Rótula	1
13	Acessório Guia/Carrinho	1
14	Montante Esquerdo	1
15	Montante Direito	1
16	Suporte Lâmina Inferior	1

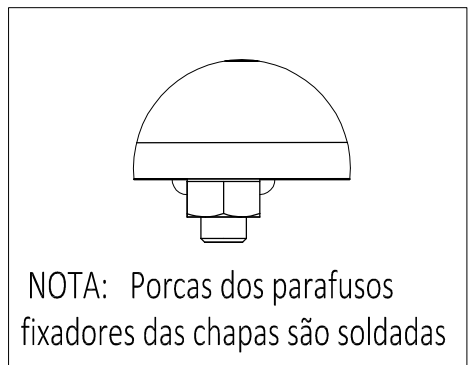
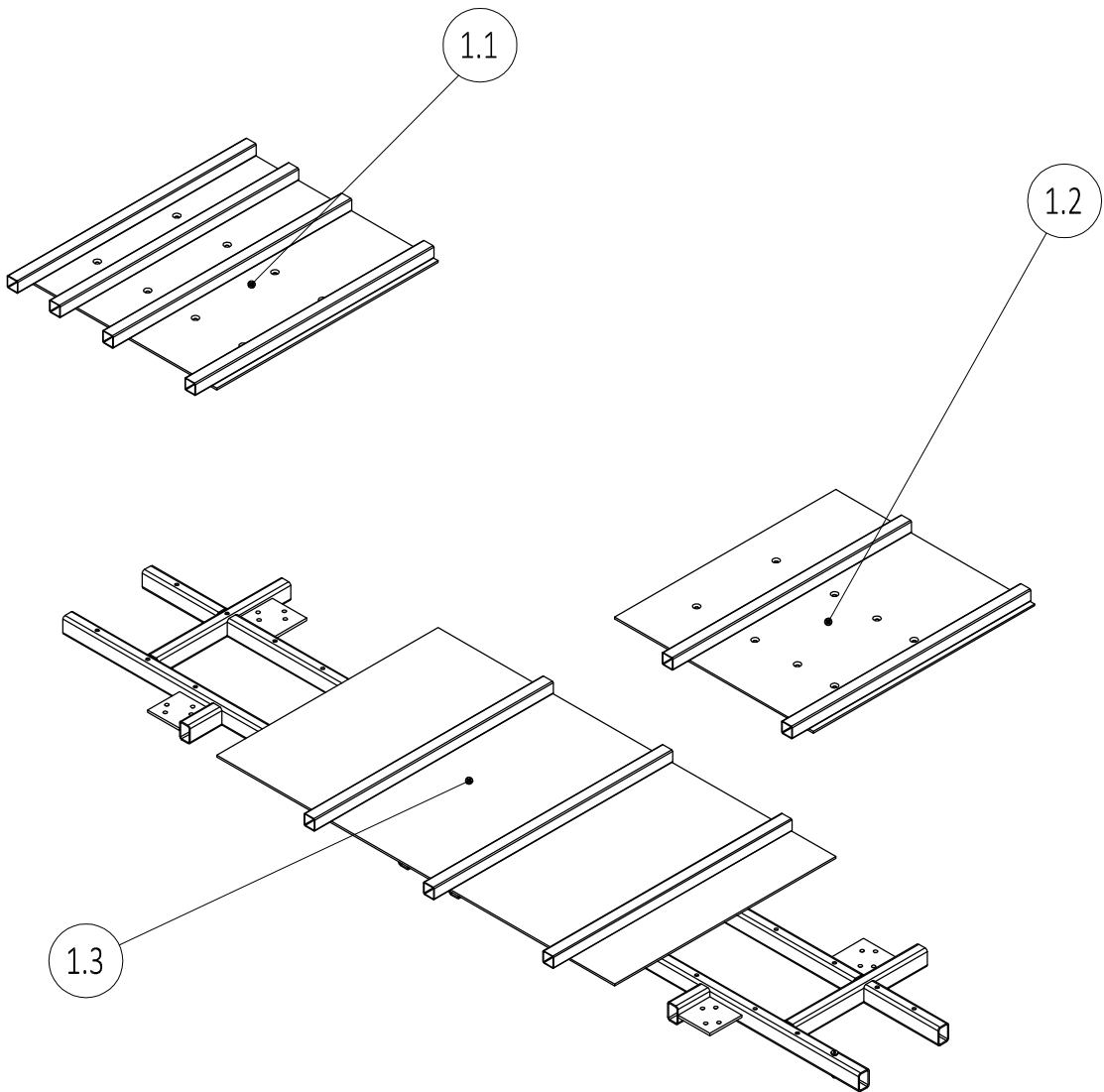


DETAIL A
SCALE 1 : 10

Front
Vlew

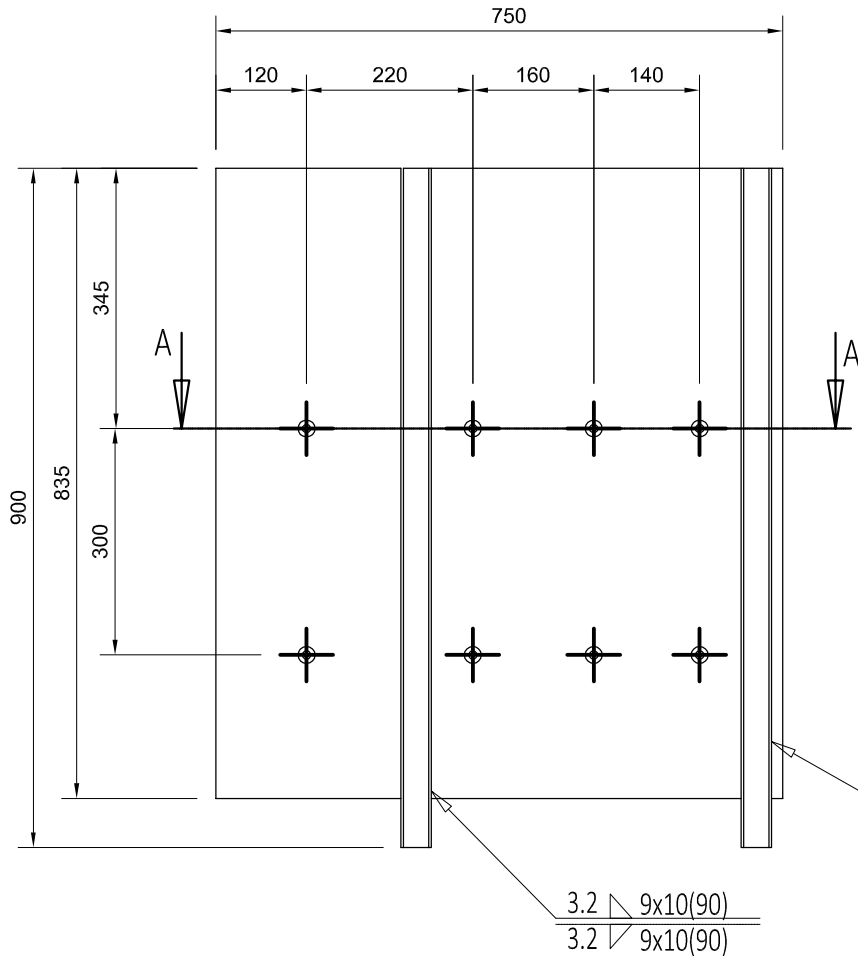
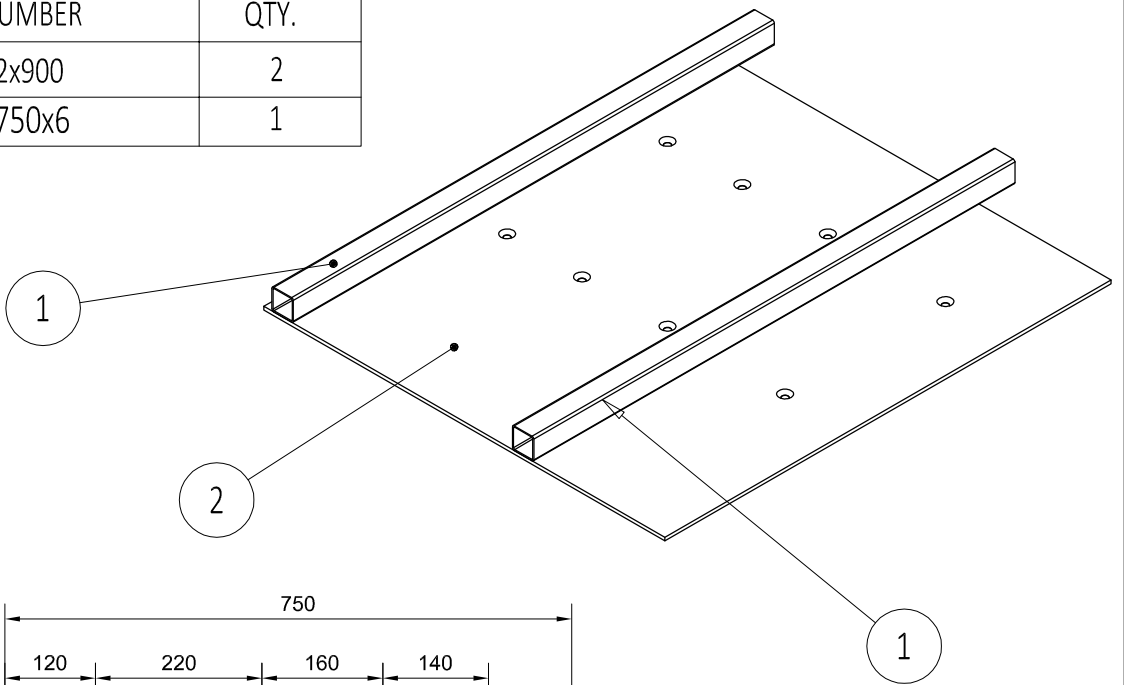
Revisão	Comentários	Data	Desenhou
1	Alteração de 1 guia SNC25 para 2 guias SNC30	27-10-2013	L. Araújo
2	Alteração do modelo da guia SNC30 para HGL30CA	30-01-2014	L. Araújo

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:
L. Araújo		30-01-2014	HGR 306 Plataforma de Apoio Dinâmico Opção 1 - Cilindros Convencionais
Q.A.			DWG NO.
			A3
			Revisão 2



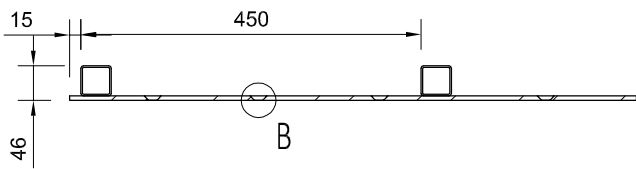
NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:	
DRAWN L. Araújo		29-09-2013	1 - Plataforma Opção 1 - Cilindros Convencionais	
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				
		MATERIAL:	DWG NO.	A4
		WEIGHT:	SCALE:1:50	SHEET 2 OF 29

ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Tubo 40x40x2x900	2
2	Chapa 835x750x6	1

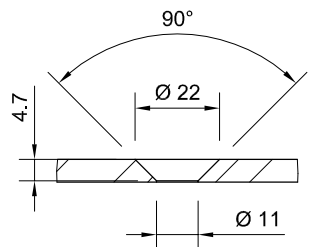


3.2 ∇ 9x10(90)
3.2 ∇ 9x10(90)

3.2 ∇ 9x10(90)
3.2 ∇ 9x10(90)

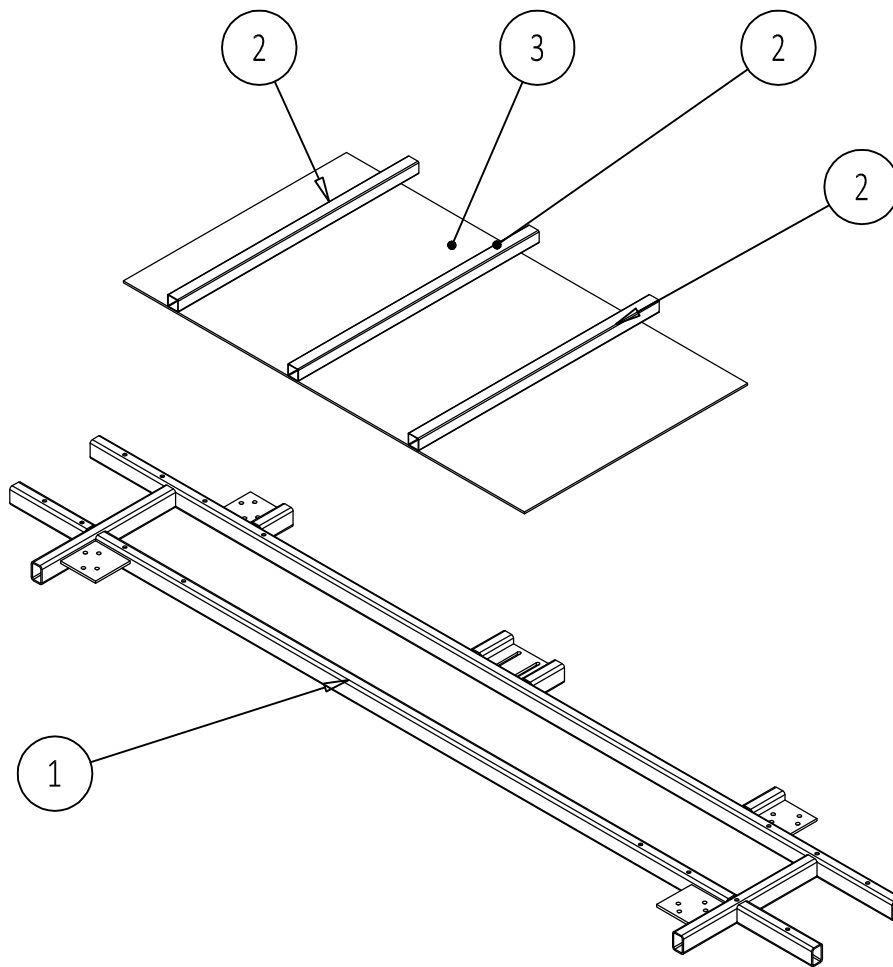


SECTION A-A
SCALE 1:10



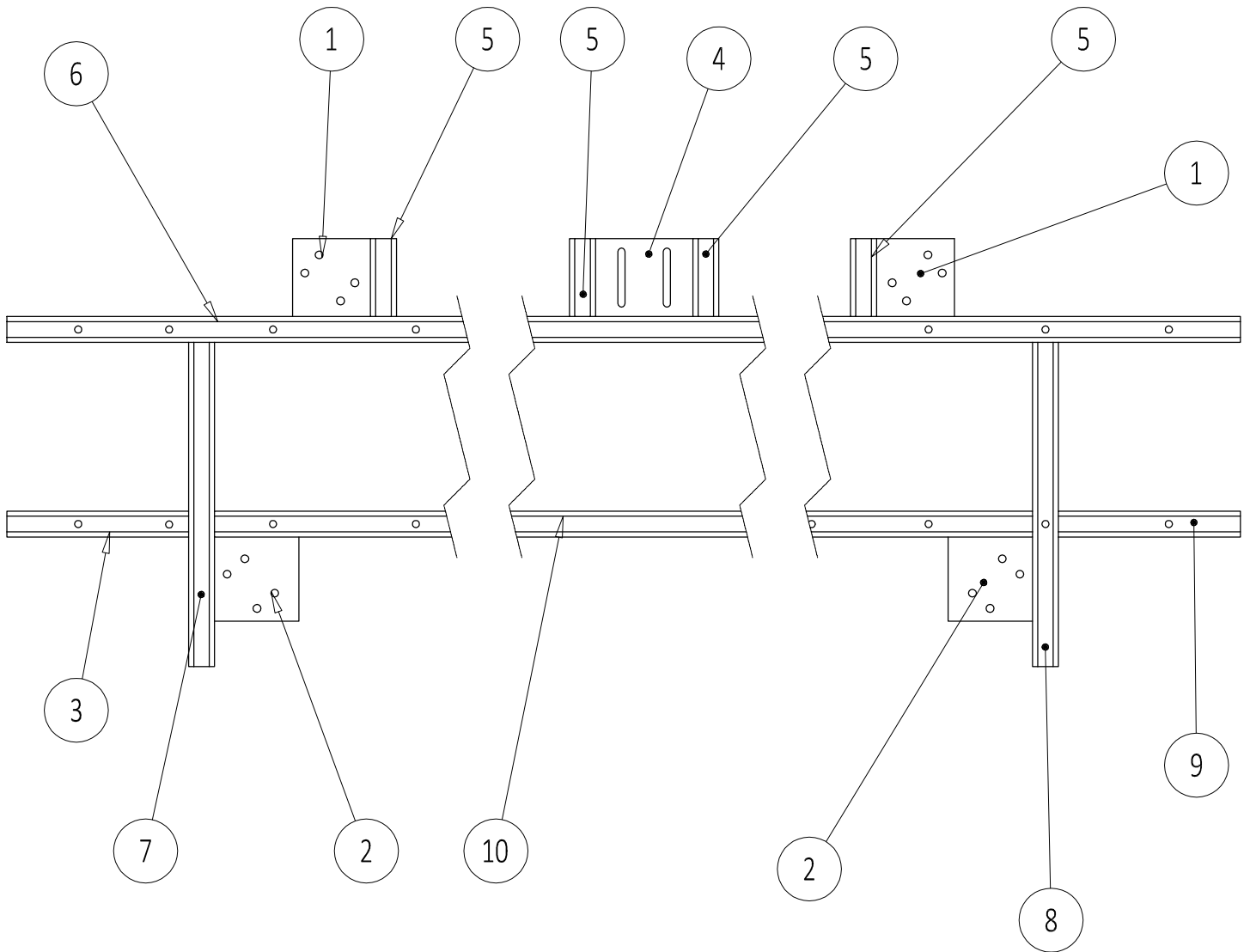
DETAIL B TYP 8 FUROS
SCALE 1:2

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:
L. Araújo		27-10-2013	1.2 - Plataforma
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			
MATERIAL:			DWG NO.
WEIGHT:			SCALE:1:20
			SHEET 4 OF 29
			Opção 1 - Cilindros Convencionais
			A4
			Revisão 1



Item Nº	Descrição	Quantidade
1	Chassis Plataforma	1
2	Tubo 40x40x2x815	3
3	Chapa 1500x835x6	1

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:		
DRAWN L. Araújo		01-10-2013	1.3 - Chassis Plataforma		
CHK'D			Opção 1 - Cilindros Convencionais		
APPV'D					
MFG					
Q.A			MATERIAL:	DWG NO.	A4
			WEIGHT:	SCALE:1:50	SHEET 5 OF 29



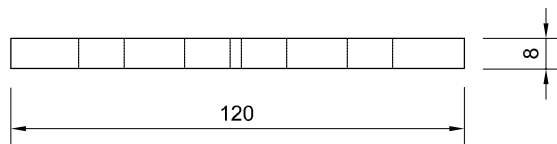
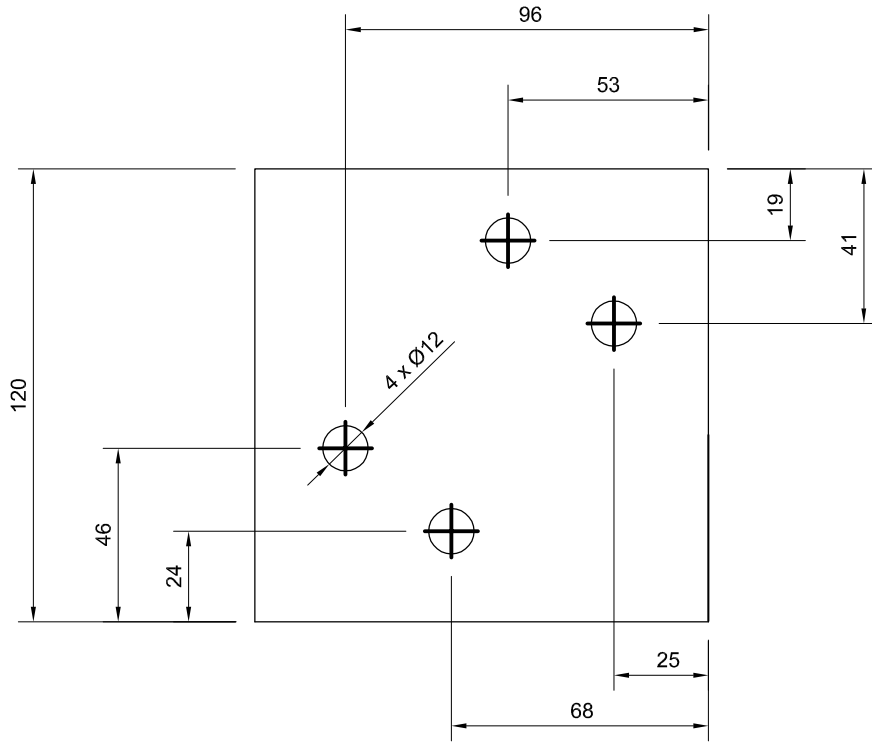
ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Chapa 120x120	2
2	Chapa 130x130x8	2
3	Tubo 60x40x4x280	1
4	Chapa 150x120x8	1
5	Tubo 60x40x4x120	4
6	Tubo 60x40x4x3000	1
7	Tubo 60x40x4x500 A	1
8	Tubo 60x40x4x500	1
9	Tubo 60x40x4x280	1
10	Tubo 60x40x4x2360	1

ATENÇÃO:

ITENS 1 E 2
SÃO COLOCADOS EM ESPELHO

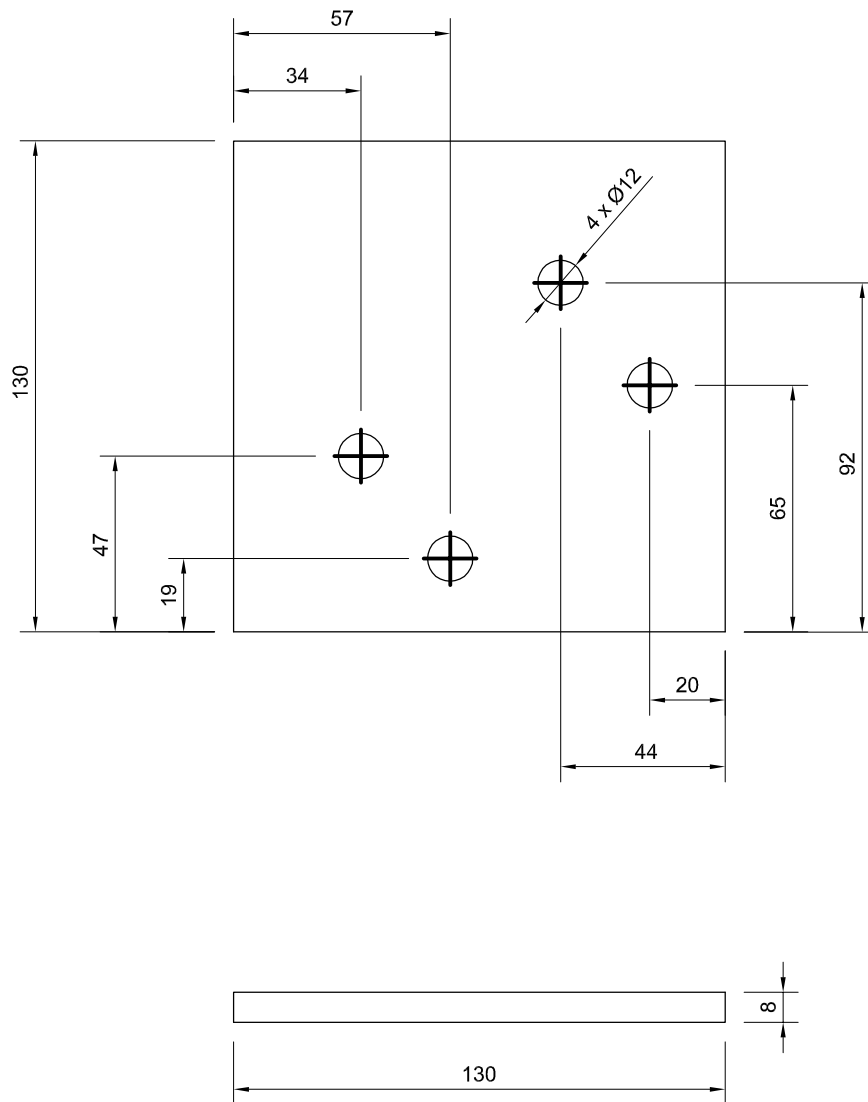
NAME	SIGNATURE	DATE			
DRAWN L. Araújo		02-10-2013			
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A			MATERIAL:		
			WEIGHT:		

TITLE: 1.3 - Chassis Plataforma		
Opção 1 - Cilindros Convencionais		
DWG NO.		A4
SCALE:1:50		SHEET 6 OF 29



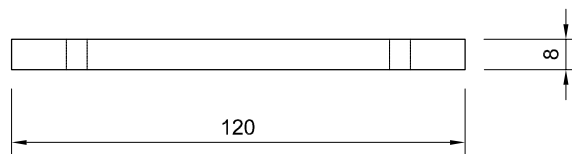
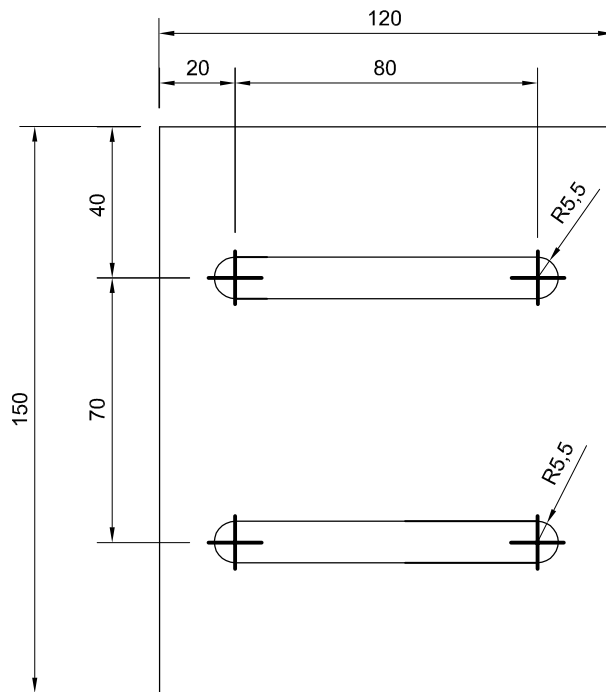
Quant. : 2 Unid

	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:
DRAWN	L. Araújo		02-10-2013			1.3 - Chassis Plataforma
CHK'D						1 - Chapa 120x120x8
APPV'D						Opção 1 - Cilindros Convencionais
MFG						
Q.A				MATERIAL:	DWG NO.	A4
				WEIGHT:	SCALE:1:5	SHEET 7 OF 29

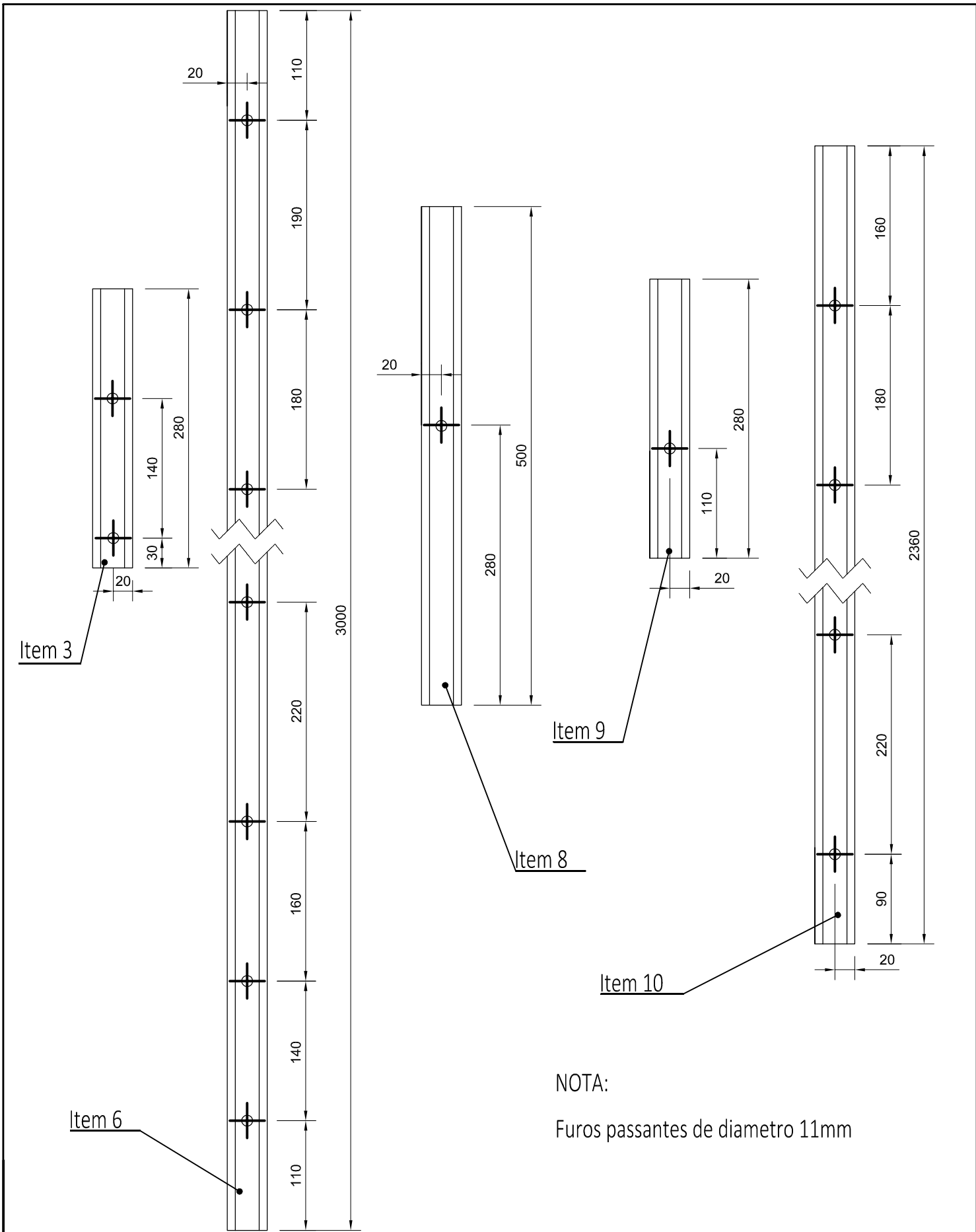


Quant. : 2 Unid

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:		
DRAWN L. Araújo		02-10-2013	1.3 - Chassis Plataforma		
CHK'D			2-Chapa 130x130x8		
APPV'D			Opção 1 - Cilindros Convencionais		
MFG			MATERIAL:		
Q.A			DWG NO.		A4
			WEIGHT:		
			SCALE:1:5		SHEET 8 OF 29

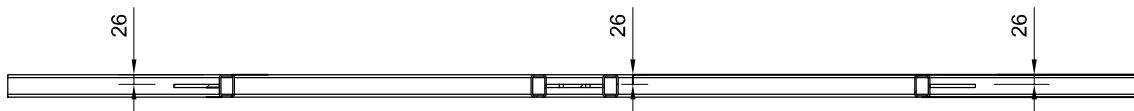
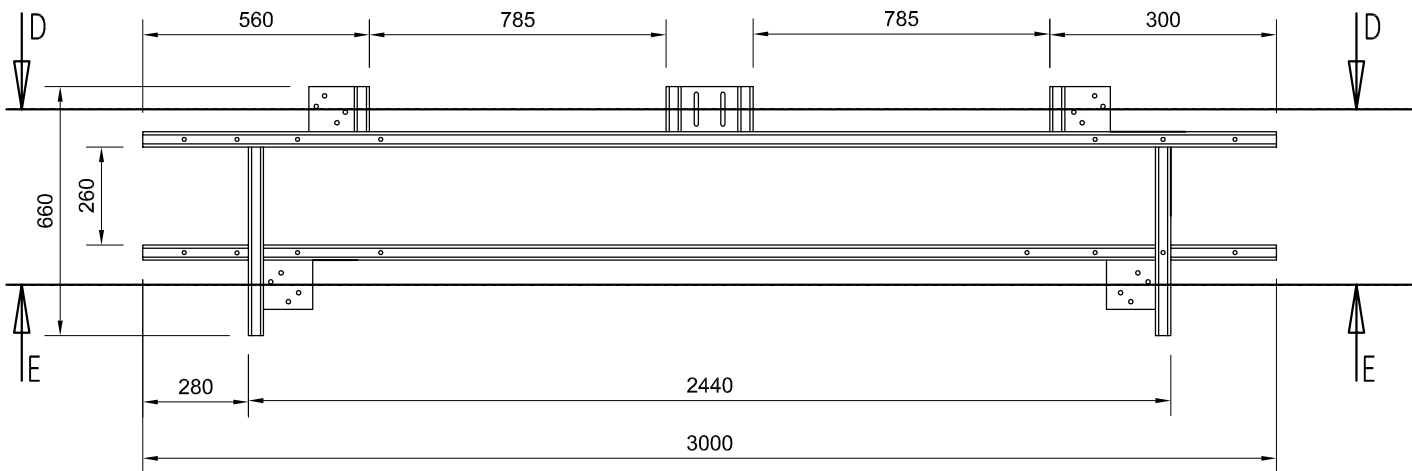


	NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE:
DRAWN	L. Araújo		01-10-2013				1.3 - Chassis Plataforma 4 - Chapa 150x120x8 Opção 1 - Cilindros Convencionais
CHK'D							
APPV'D							
MFG							
Q.A				MATERIAL:		DWG NO.	A4
				WEIGHT:		SCALE:1:5	SHEET 9 OF 29



NOTA:
Furos passantes de diametro 11mm

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:
DRAWN L. Araújo		02-10-2013	1.3 - Chassis Plataforma Furação de Tubos Opção 1 - Cilindros Convencionais
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			
MATERIAL:			DWG NO.
			A4
SCALE:1:50			SHEET 10 OF 29

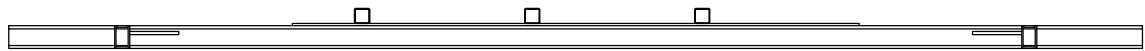
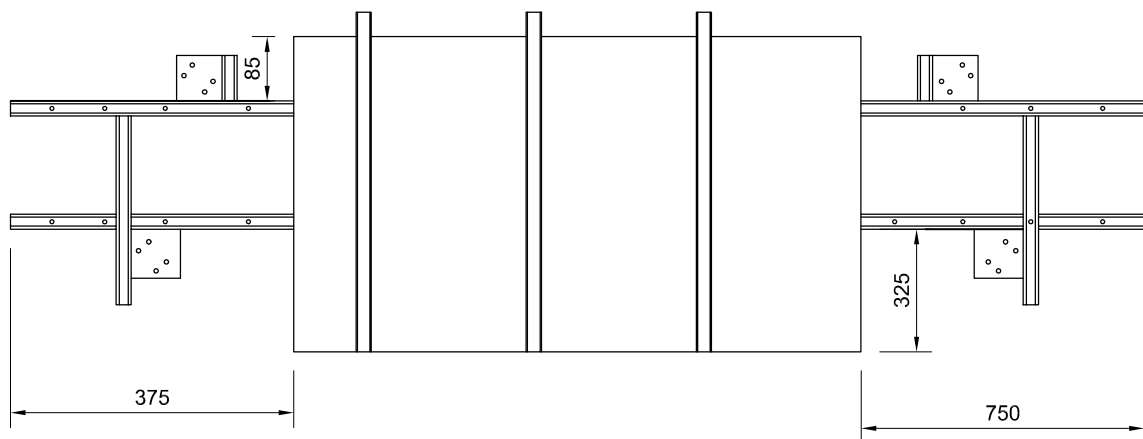
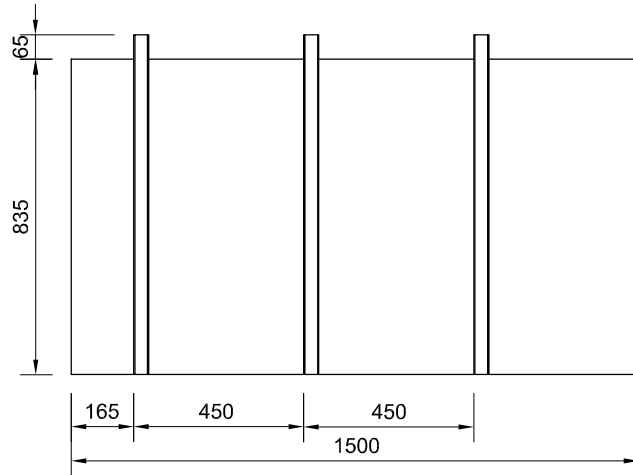


SECTION D-D
SCALE 1:20

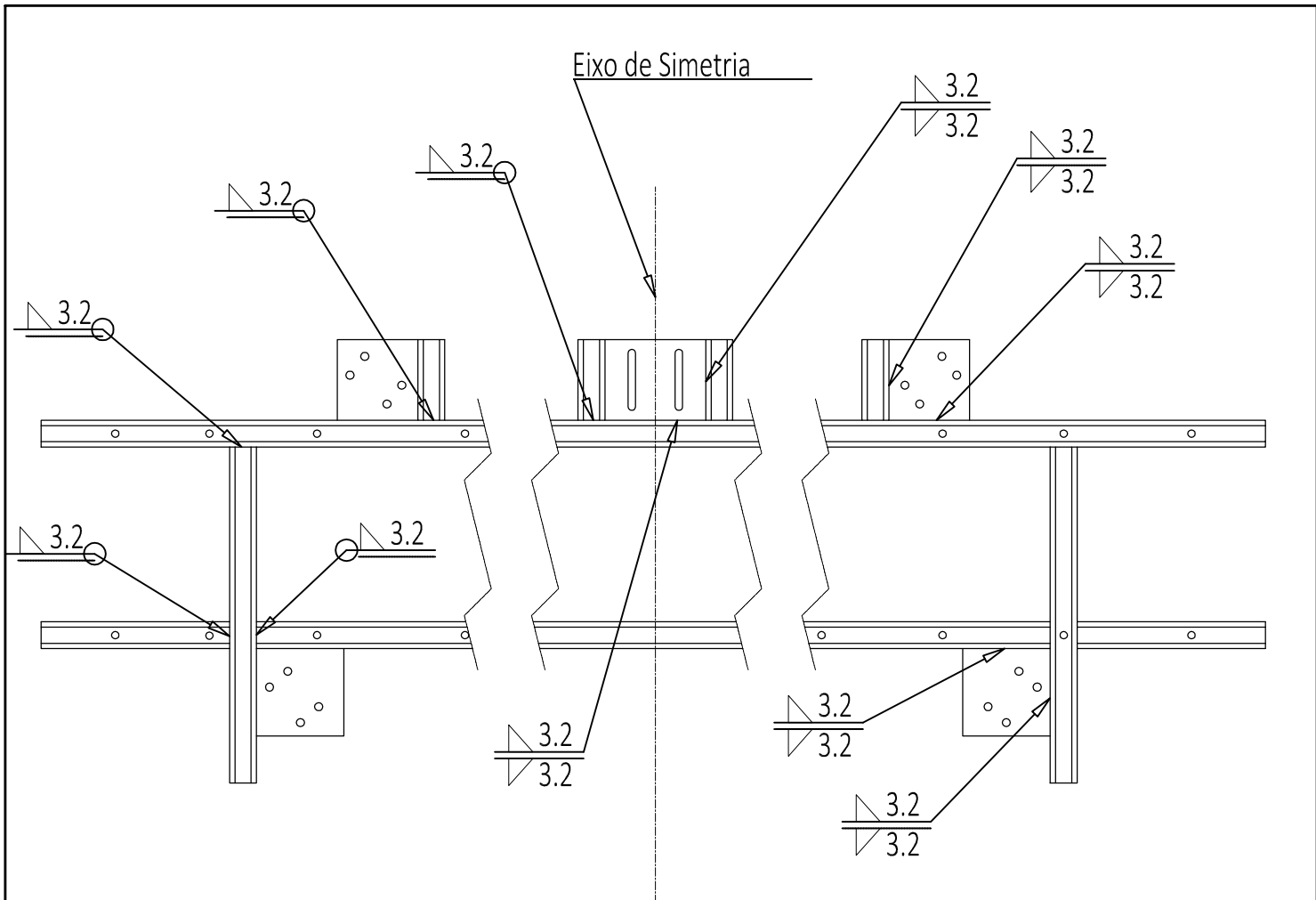


SECTION E-E
SCALE 1:20

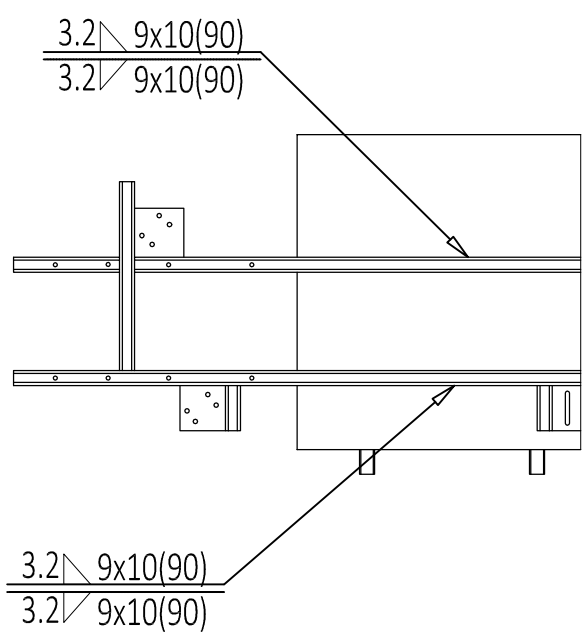
NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:		
DRAWN L. Araújo		02-10-2013	1.3 - Chassis Plataforma		
CHK'D			Opção 1 - Cilindros Convencionais		
APPV'D					
MFG			DWG NO.		A4
Q.A			MATERIAL:		
			WEIGHT:		
			SCALE:1:50		SHEET 11 OF 29



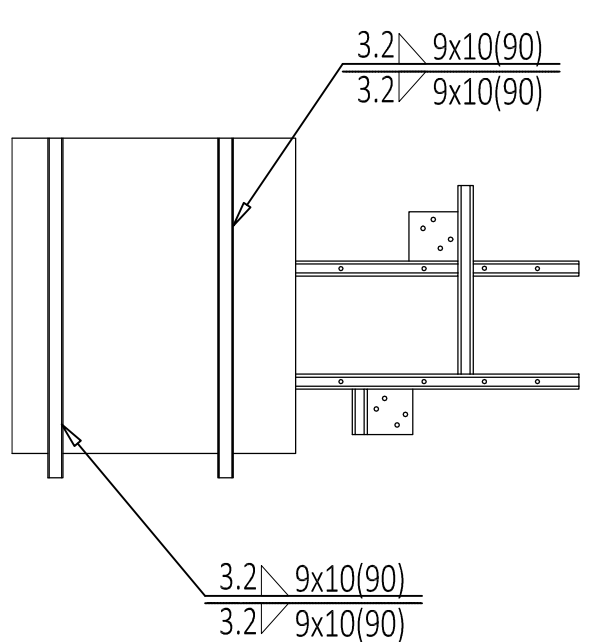
NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:		
DRAWN L. Araújo		03-10-2013	1.3 - Chassis Plataforma		
CHK'D			Opção 1 - Cilindros Convencionais		
APPV'D					
MFG			MATERIAL:		A4
Q.A			DWG NO.		
			WEIGHT:		
			SCALE:1:5	SHEET 12 OF 29	



Vista de baixo



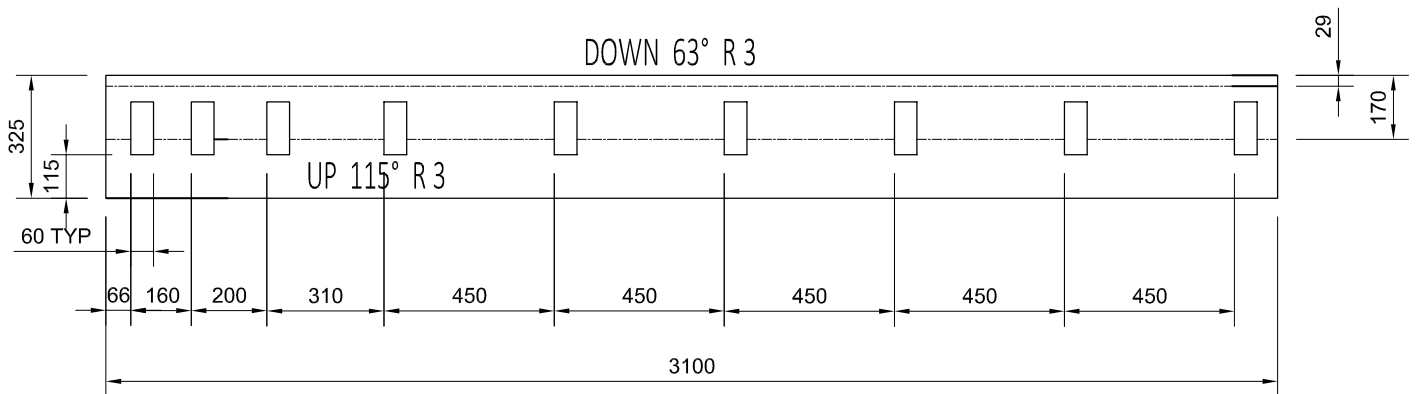
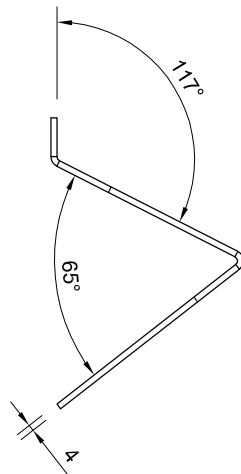
Vista de cima



Nota:
CASO SE JUSTIFIQUE REBABAR SOLDADURA
PARA MELHOR ACENTAMENTO DAS CHAPAS

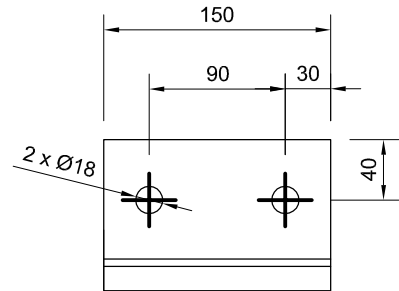
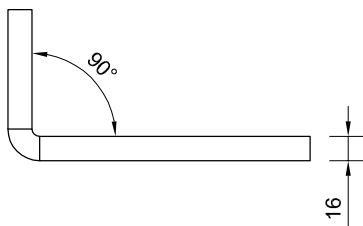
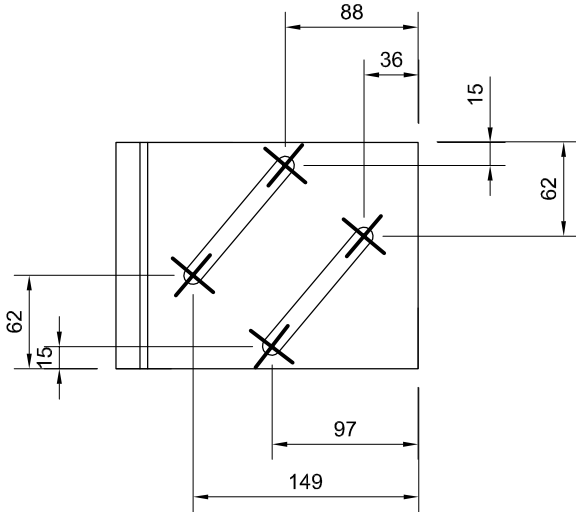
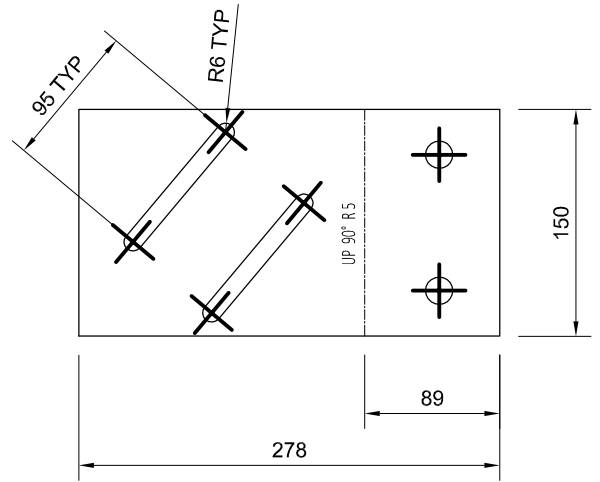
	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN	L. Araújo		27-10-2013		
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A				MATERIAL:	
				WEIGHT:	

TITLE:	
1.3 - Chassis Plataforma Soldadura	
Opção 1 - Cilindros Convencionais	
DWG NO.	A4
SCALE:1:50	Revisão 1
SHEET 13 OF 29	

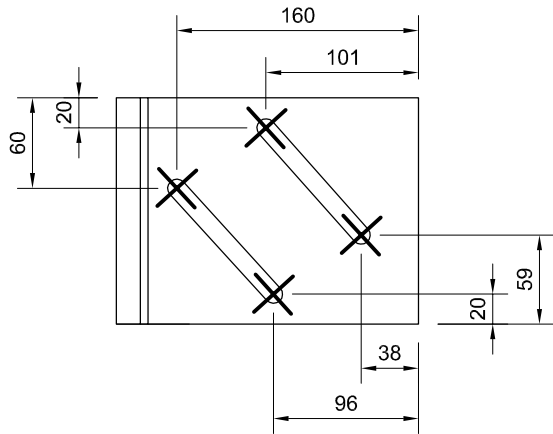


NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:	
DRAWN L. Araújo		27-10-2013	2- Apoio Longitudinal da Plataforma Opção 1 - Cilindros Convencionais	
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				
		MATERIAL:	DWG NO.	A4
		WEIGHT:	SCALE:1:100	SHEET 14 OF 29

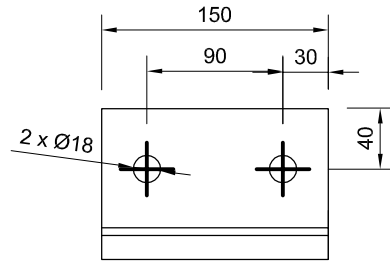
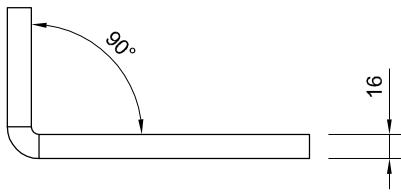
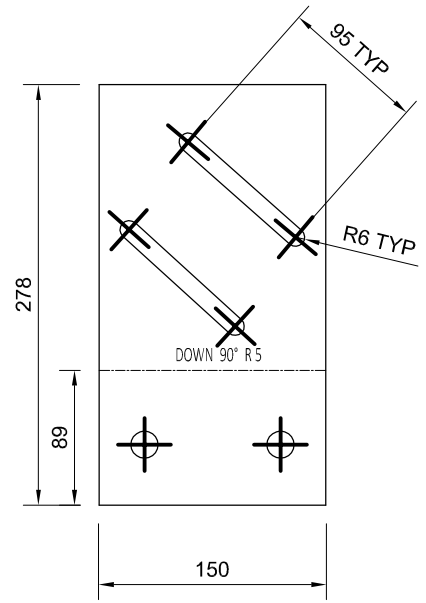
VISTA PLANA



NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:	
DRAWN L. Araújo		03-10-2013	3 - Apoio Cilindros Frente Esquerdo Opção 1 - Cilindros Convencionais	
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				
		MATERIAL:	DWG NO.	A4
		WEIGHT:	SCALE:1:5	SHEET 15 OF 29

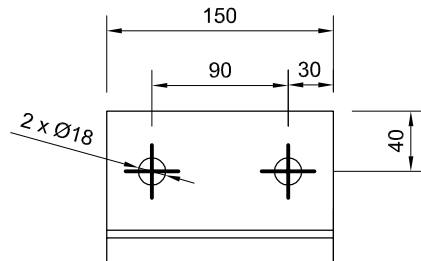
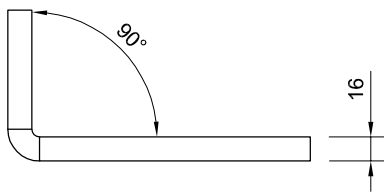
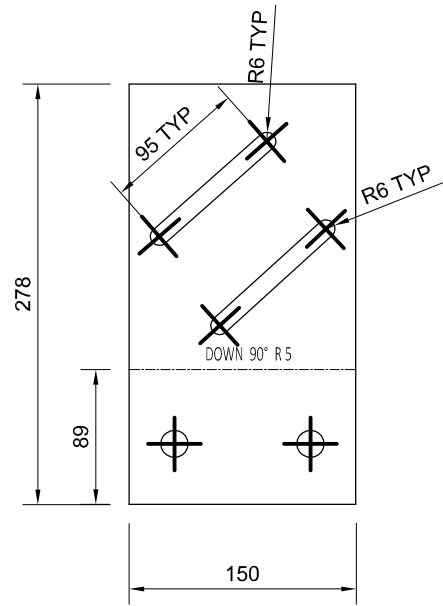
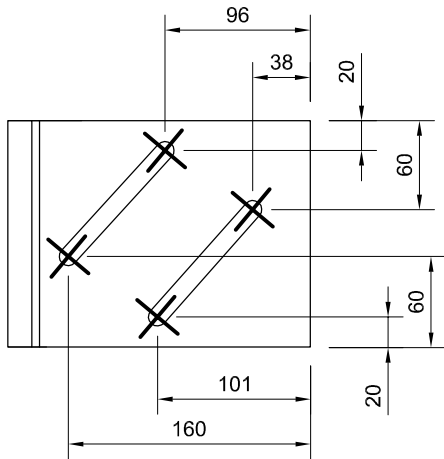


VISTA PLANA

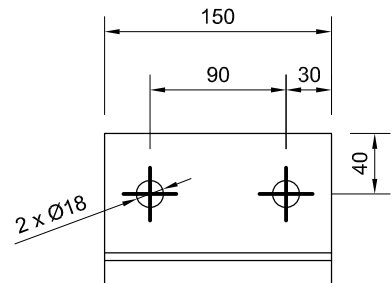
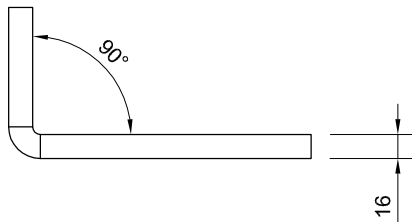
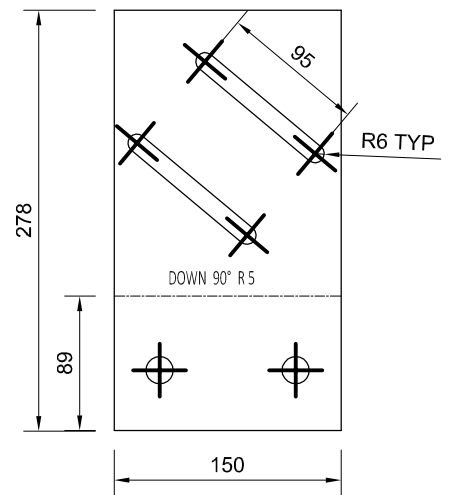
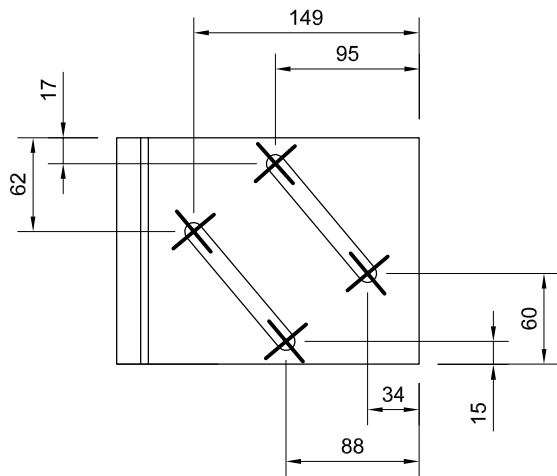


NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:	
DRAWN L. Araújo		03-10-2013	4 - Apoio Cilindro Trás Esquerdo Opção 1 - Cilindros Convencionais	
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				
MATERIAL:			DWG NO.	A4
WEIGHT:			SCALE:1:5	SHEET 16 OF 29

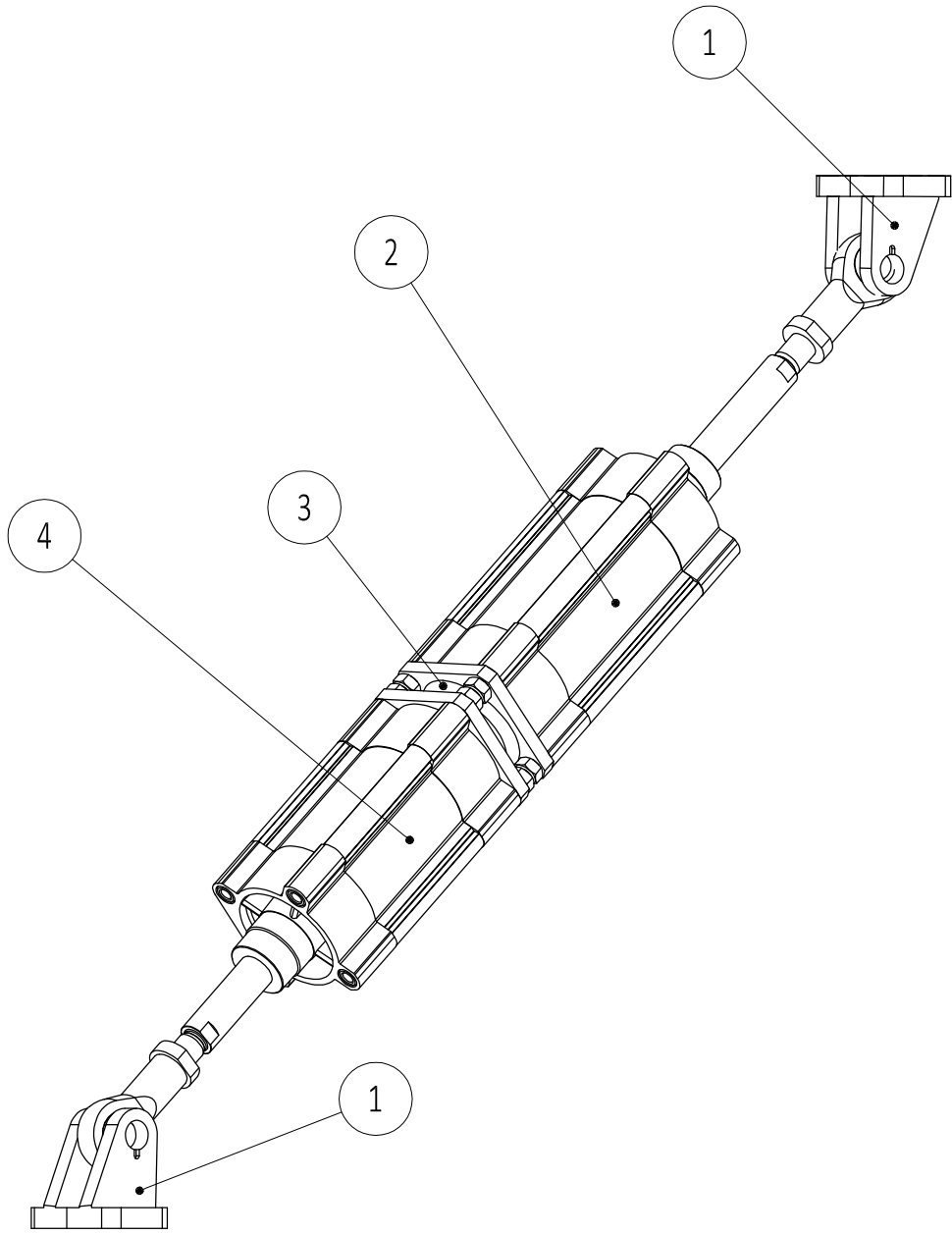
VISTA PLANA



NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:		
DRAWN L. Araújo		03-10-2013	5 - Apoio Cilindros Trás Direito		
CHK'D			Opção 1 - Cilindros Convencionais		
APPV'D					
MFG					
Q.A			MATERIAL:	DWG NO.	A4
			SCALE:1:5	SHEET 17 OF 29	



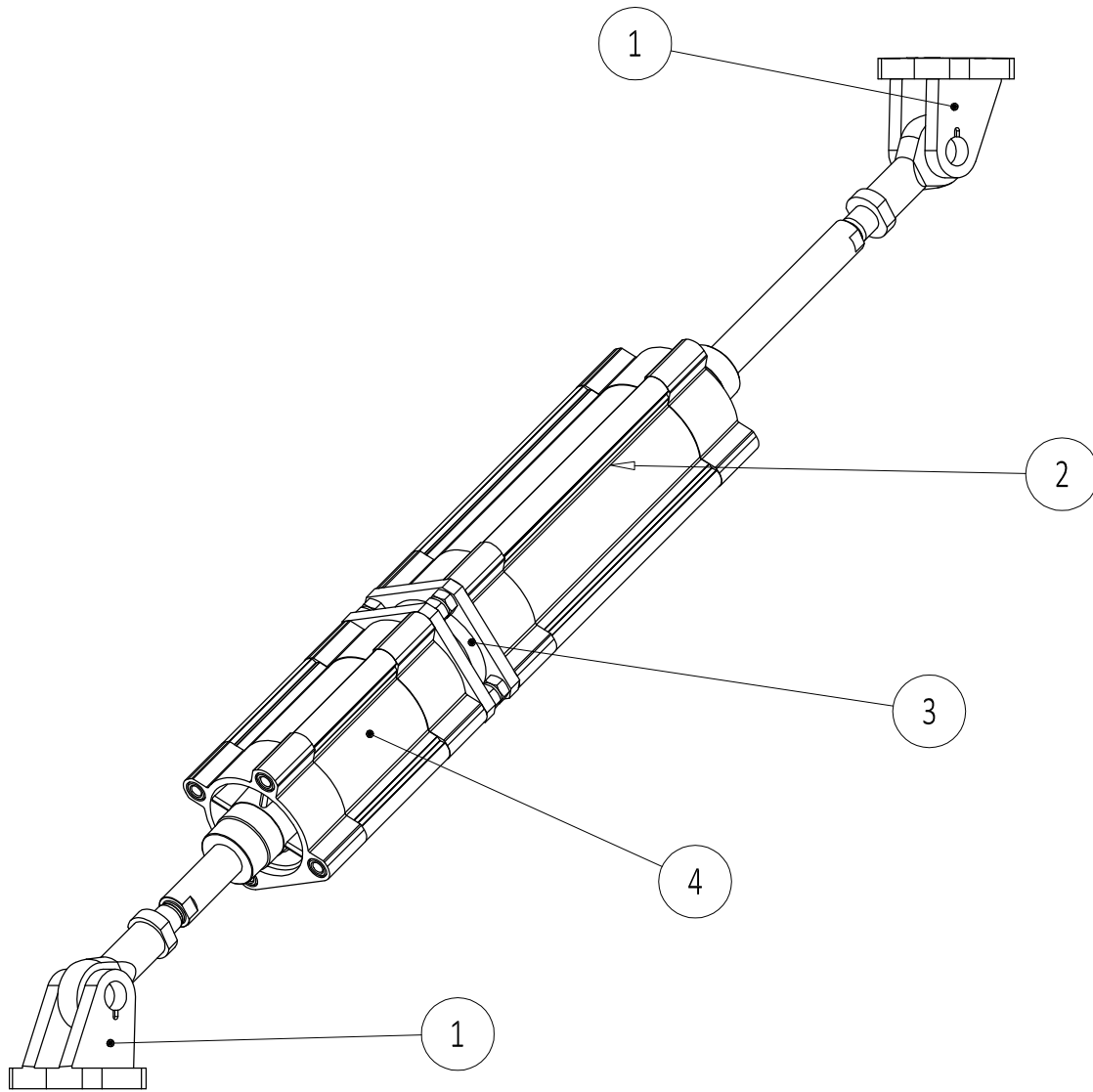
NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:
DRAWN L. Araujo		04-10-2013	6- Apoio Cilindros Frente Direito Opção 1 - Cilindros Convencionais
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			
		MATERIAL:	DWG NO.
			A4
		WEIGHT:	SCALE:1:5
			SHEET 18 OF 29



2 Unidades

ITEM NO.	Descrição	Quantidade
1	LBG80	2
2	Cilindro L=90mm	1
3	DPNC 80	1
4	Cilindro L=60mm	1

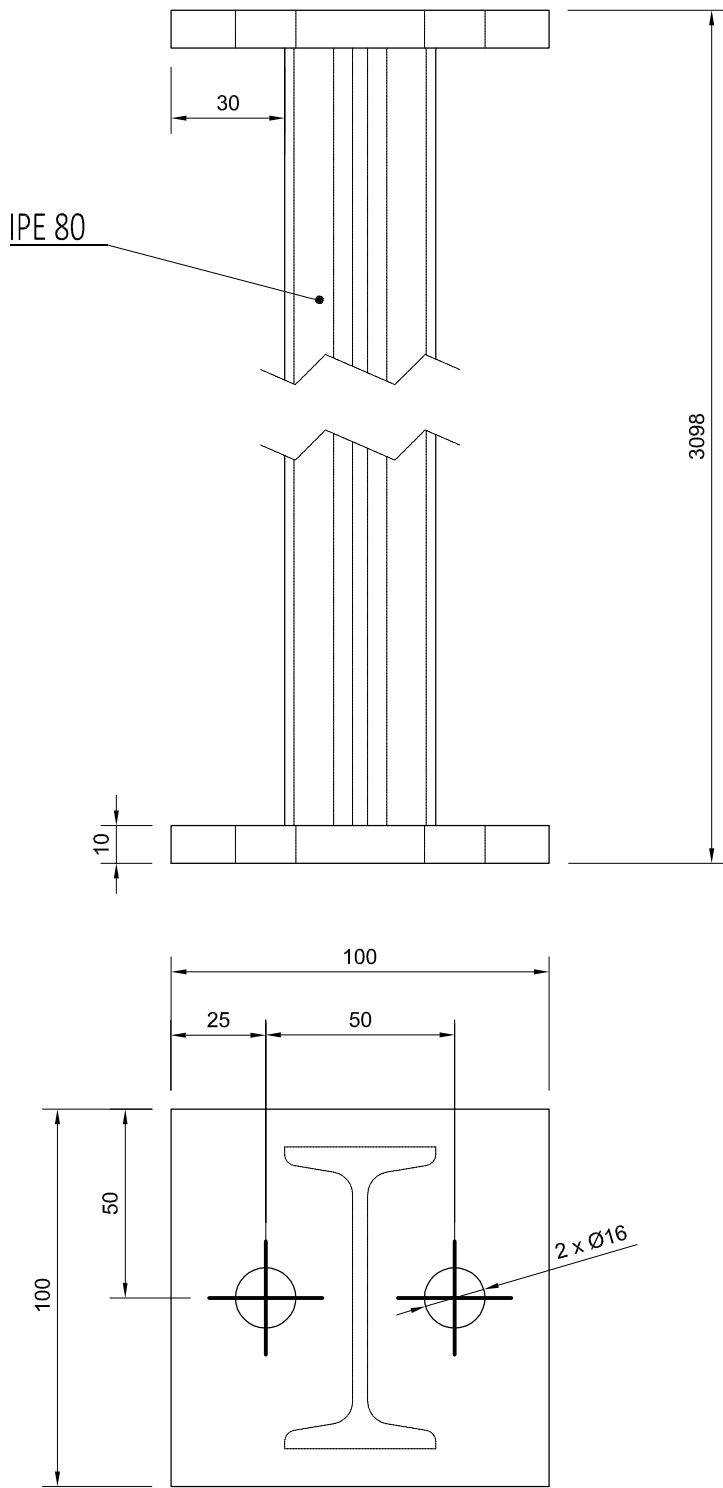
	NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE:
DRAWN	L. Araújo		06-10-2013				7 - Conjunto de Cilindros Frente
CHK'D							
APPV'D							Opção 1 - Cilindros Convencionais
MFG							
Q.A				MATERIAL:		DWG NO.	A4
				WEIGHT:		SCALE:1:20	SHEET 19 OF 29



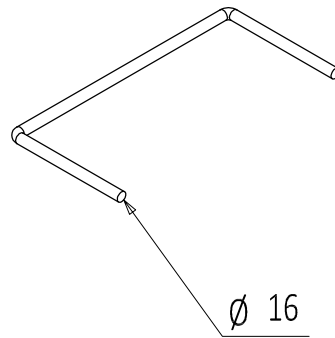
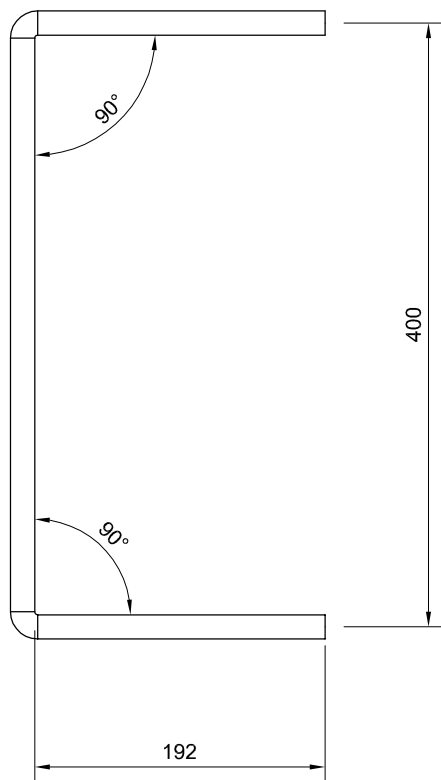
2 Unidades

ITEM NO.	Descrição	Quantidade
1	LBG80	2
2	Cilindro L=150mm	1
3	DPNC 80	1
4	Cilindro L=55mm	1

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:		
DRAWN L. Araújo		06-10-2013	8 - Conjunto Cilindros Trás		
CHK'D					
APPV'D			Opção 1 - Cilindros Convencionais		
MFG					
Q.A			MATERIAL:	DWG NO.	A4
			WEIGHT:	SCALE:1:20	SHEET 20 OF 29

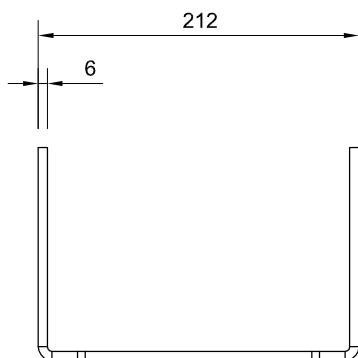
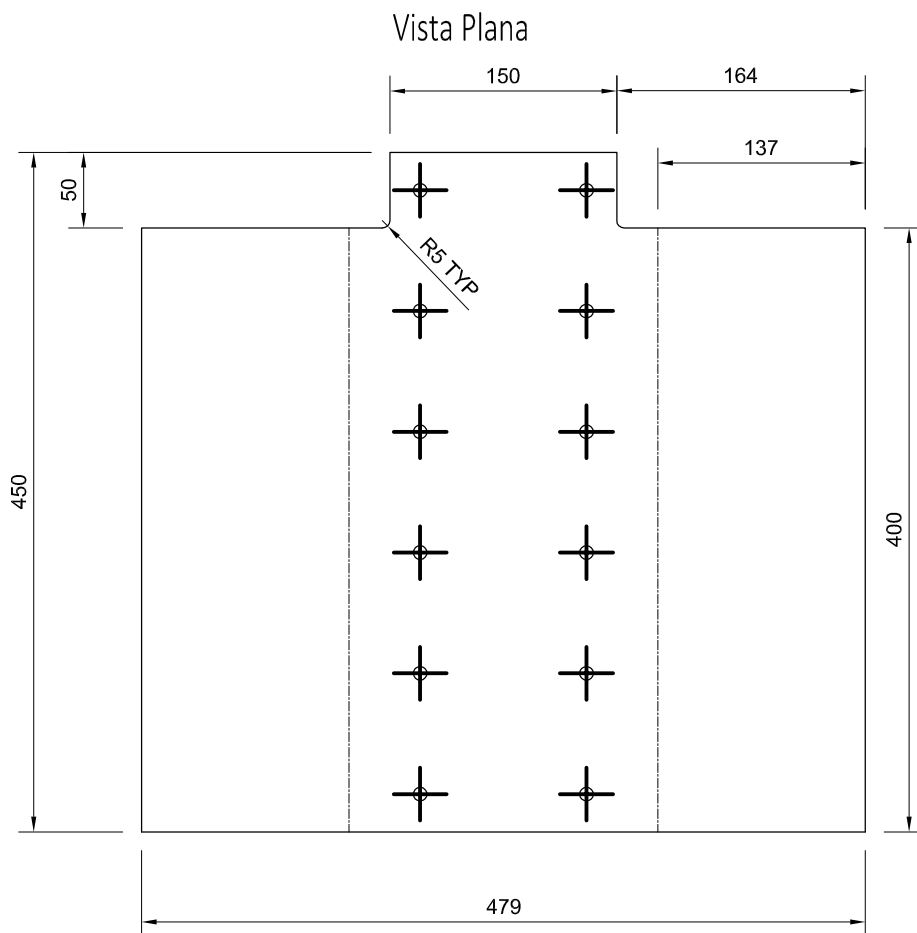
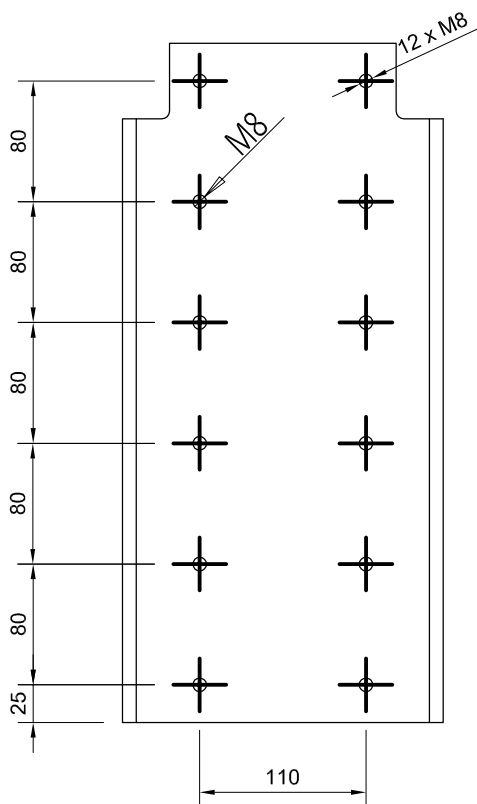


	NAME	SIGNATURE	DATE		TITLE:		
DRAWN	L. Araújo		04-10-2013		9- Apoio Longitudinal IPE80		
CHK'D							
APPV'D							
MFG						Opção 1 - Cilindros Convencionais	
Q.A						DWG NO.	A4
				MATERIAL:			
				WEIGHT:	SCALE:1:100	SHEET 21 OF 29	



Quant. : 2 Unidades

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:		
DRAWN L. Araújo		04-10-2013	10- Acessório de Inspeção / Montagem		
CHK'D			Opção 1 - Cilindros Convencionais		
APPV'D					
MFG			MATERIAL:		
Q.A					
			DWG NO.		A4
			SCALE:1:10		SHEET 22 OF 29

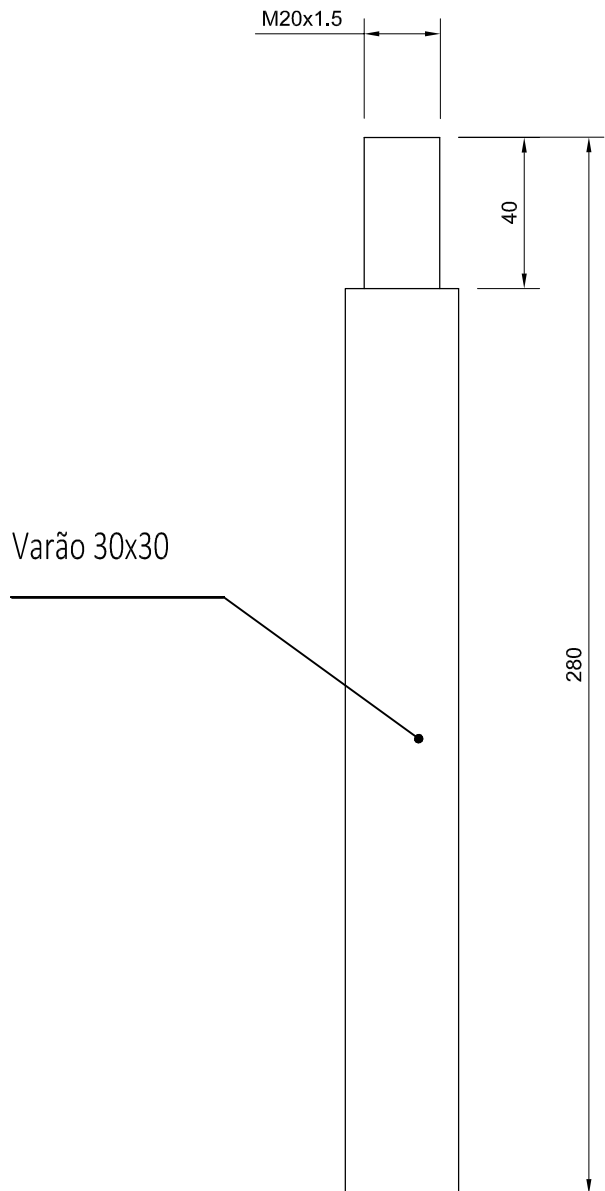
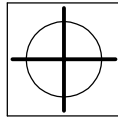


Revisão	Comentários	Data	Desenhou
1	Alteração de 1 guia SNC25 para 2 guias SNC30	27-10-2013	L. Araújo
2	Alteração do modelo da guia SNC30 para HGL30CA	30-01-2014	L. Araújo

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:
DRAWN L. Araújo		30-01-2014	11 - Apoio da guia Opção 1 - Cilindros Convencionais
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
QA			
MATERIAL:			DWG NO.
WEIGHT:			SCALE:1:10
			SHEET 23 OF 29

A4

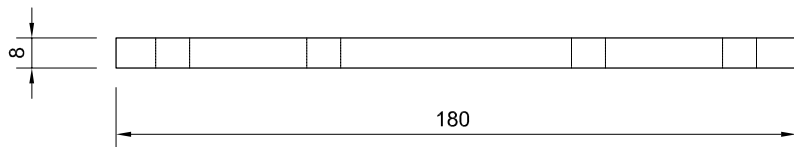
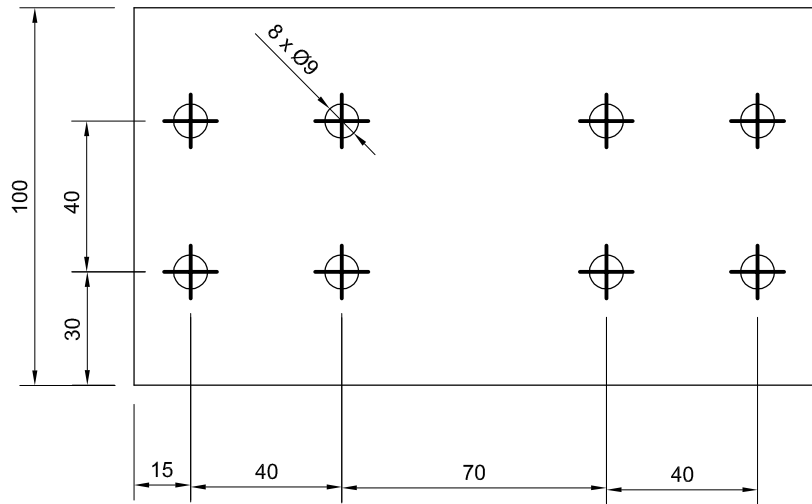
Revisão 2



Revisão	Comentários	Data	Desenhou
1	Alteração de 1 guia SNC25 para 2 guias SNC30	27-10-2013	L. Araújo

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:	
DRAWN L. Araújo		27-10-2013	12- Acessório Guia/Rótula	
CHK'D			Opção 1 - Cilindros Convencionais	
APPV'D				
MFG				
Q.A			MATERIAL:	DWG NO.
			WEIGHT:	SCALE:1:5
				SHEET 24 OF 29

A4
Revisão 1

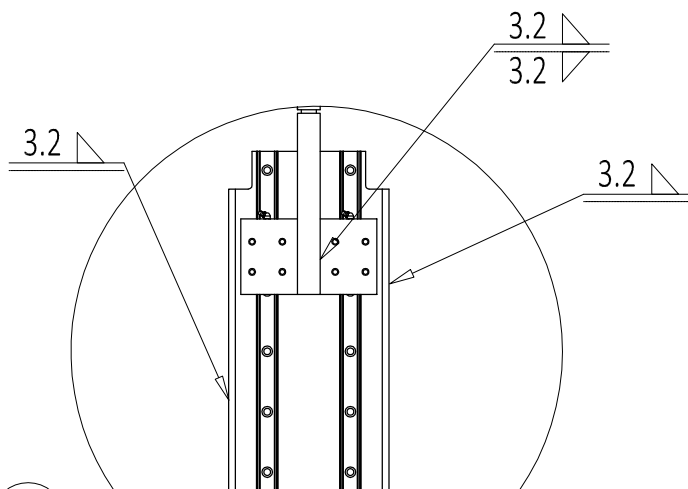
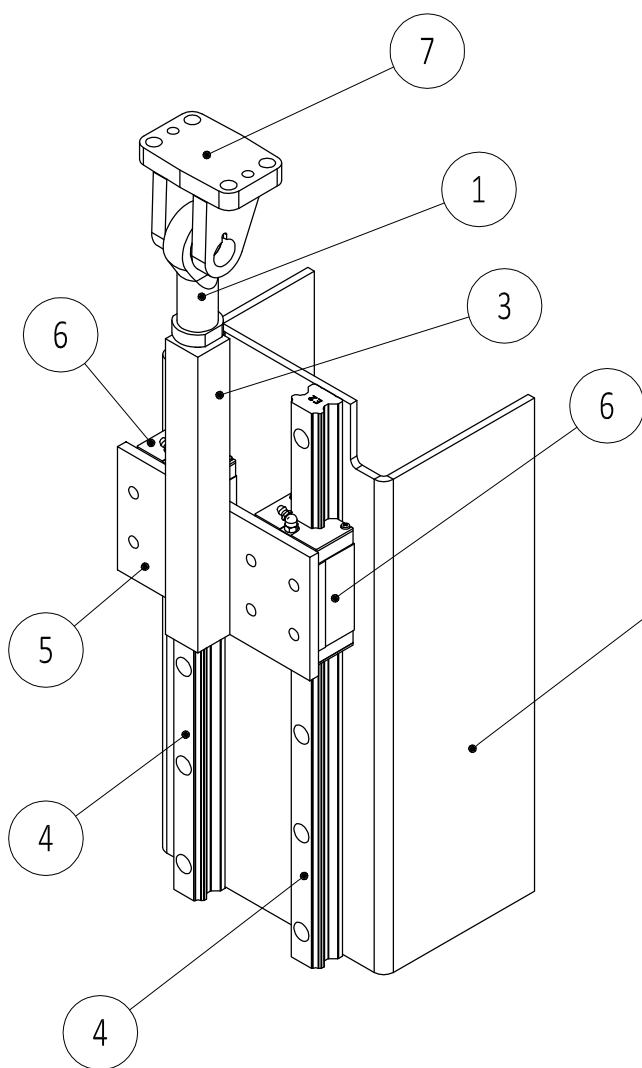
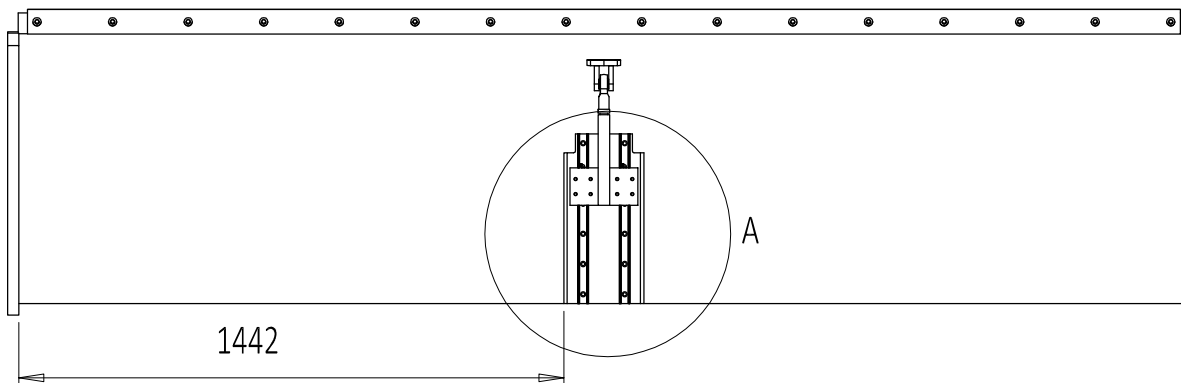


Revisão	Comentários	Data	Desenhou
1	Alteração de 1 guia SNC25 para 2 guias SNC30	27-10-2013	L. Araújo

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:	
DRAWN L. Araújo		27-10-2013	13 - Acessório Guia/Carrinho Opção 1 - Cilindros Convencionais	
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A			MATERIAL:	DWG NO.
			WEIGHT:	SCALE:1:5
				SHEET 25 OF 29

A4

Revisão 1



DETAIL A

ITEM NO.	Descrição	Quantidade
1	SGS M20x1.5	1
2	Apoio Guia	1
3	Acessorio Guia/Rótula	1
4	Guia Hiwin HGL30CA	2
5	Acessório Guia/Carrinho	1
6	Carrinho Hiwin HGL30CA	2
7	LBG80	1

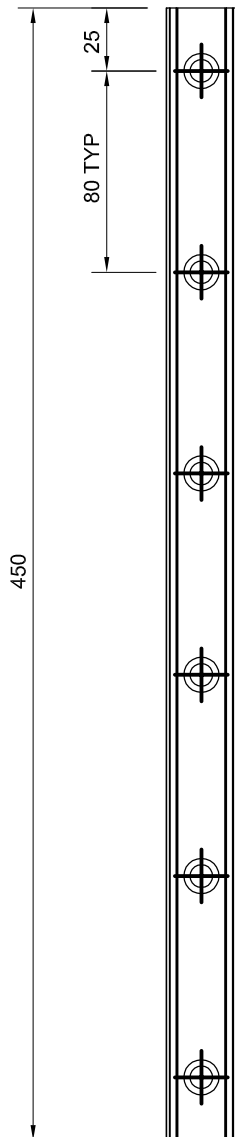
Revisão	Comentários	Data	Desenhou
1	Alteração de 1 guia SNC25 para 2 guias SNC30	27-10-2013	L. Araújo
2	Alteração do modelo da guia SNC30 para HGL30CA	30-01-2014	L. Araújo

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:
DRAWN L. Araújo		30-01-2014	Guia
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			
MATERIAL:			DWG NO.
WEIGHT:			SCALE:1:10
			SHEET 26 OF 29

Opção 1 - Cilindros Convencionais

A4

Revisão 2

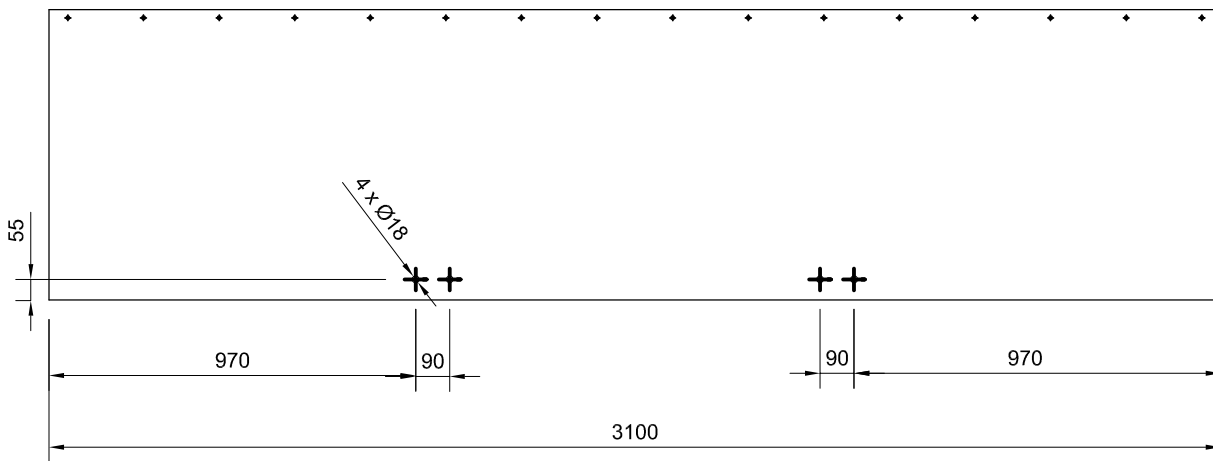


Quant: 2 Unidades

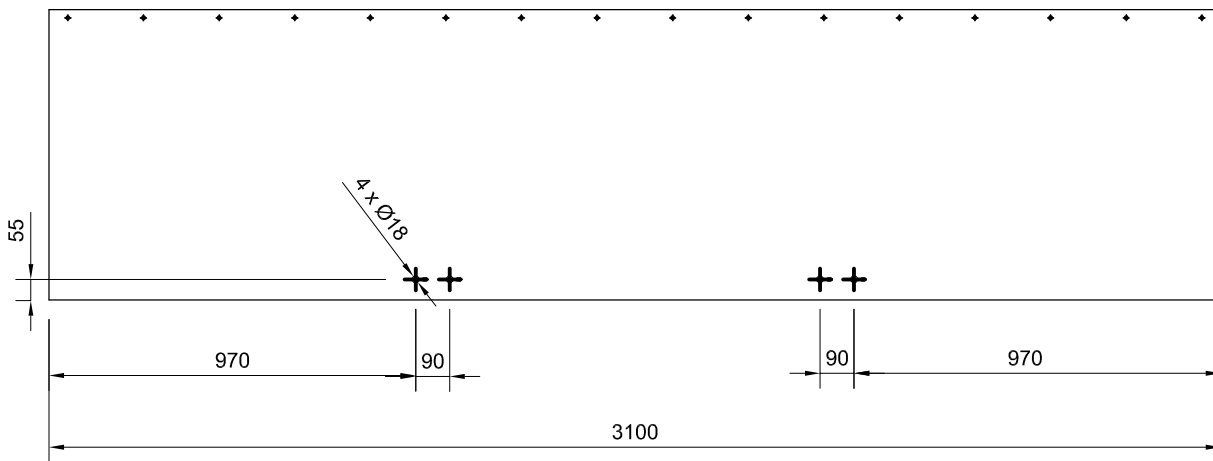
Revisão	Comentários	Data	Desenhou
1	Alteração de 1 guia SNC25 para 2 guias SNC30	27-10-2013	L. Araújo
2	Alteração do modelo da guia SNC30 para HGL30CA	30-01-2014	L. Araújo

	NAME	SIGNATURE	DATE			
DRAWN	L. Araújo		30-01-2014			
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A				MATERIAL:		
				WEIGHT:		

TITLE:		A4
Guia Hiwin HGL30CA		
Opção 1 - Cilindros Convencionais		Revisão 2
DWG NO.	SCALE:1:5	SHEET 27 OF 29



	NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE:
DRAWN	L. Araújo		06-10-2013				16 - Furação do Suporte da Lâmina Inferior Opção 1 - Cilindros Convencionais
CHK'D							
APPV'D							
MFG							
Q.A							
				MATERIAL:		DWG NO.	A4
				WEIGHT:		SCALE:1:50	SHEET 28 OF 29

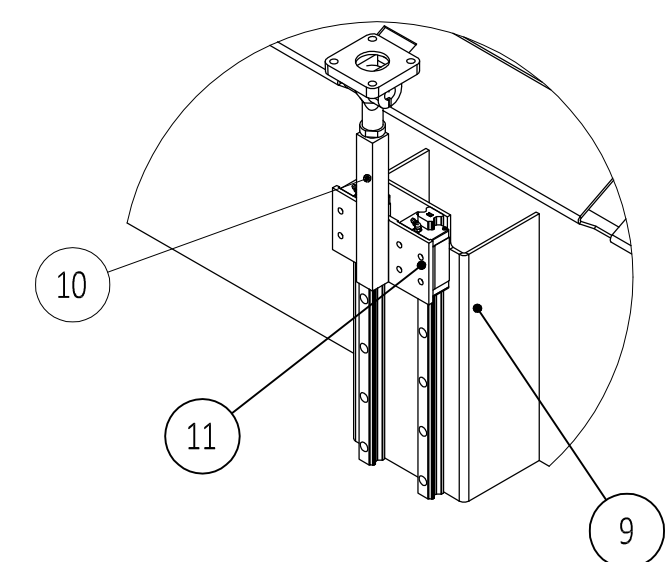
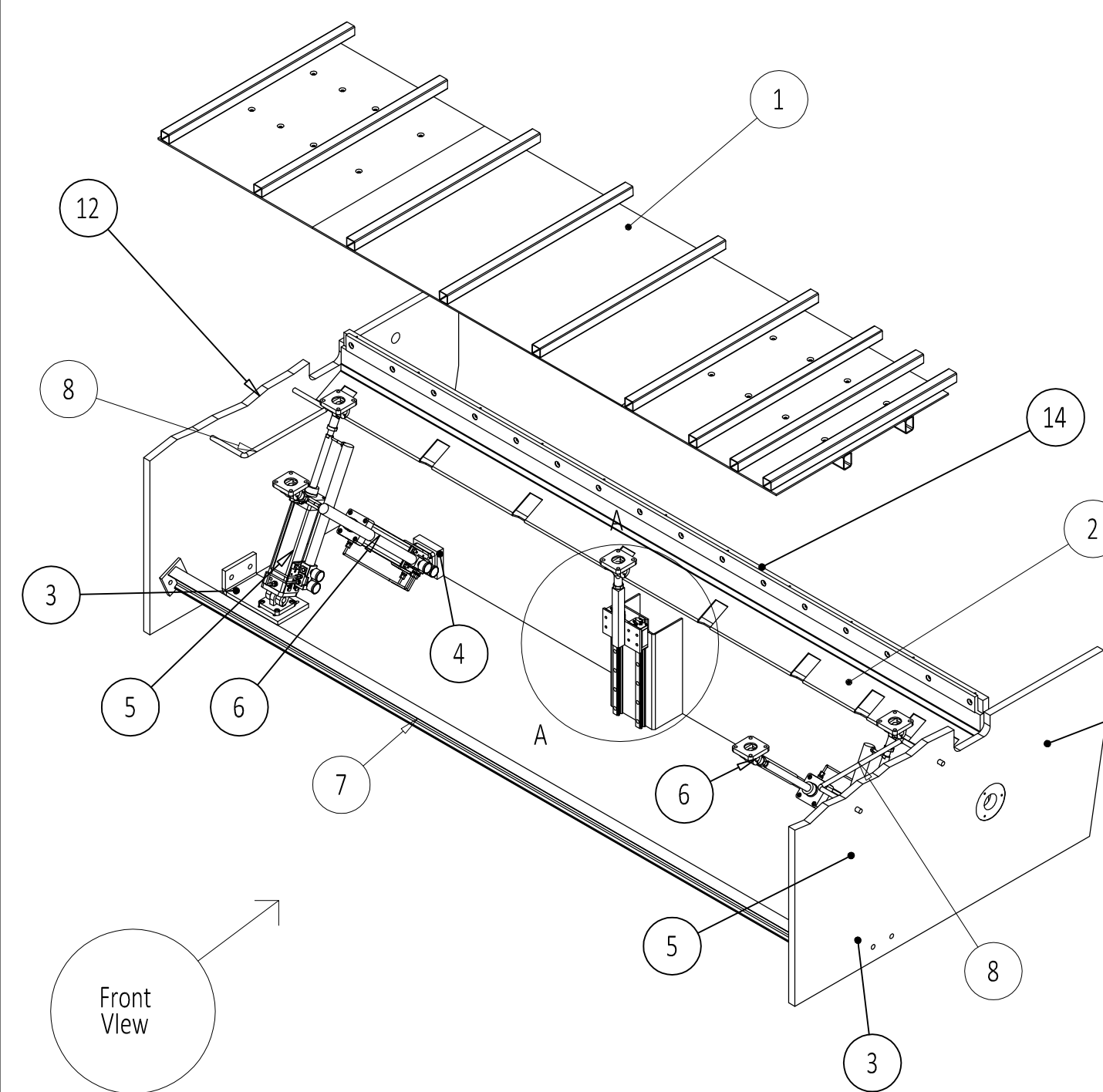


	NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE:
DRAWN	L. Araújo		06-10-2013				16 - Furação do Suporte da Lâmina Inferior Opção 1 - Cilindros Convencionais
CHK'D							
APPV'D							
MFG							
Q.A							
				MATERIAL:		DWG NO.	A4
				WEIGHT:		SCALE:1:50	SHEET 29 OF 29

ANEXO G

Desenhos de definição – Cilindros Servo Pneumáticos

Item	Descrição	Quantidade
1	Plataforma	1
2	Apoio Longitudinal Plataforma	1
3	Apoio Cilindros L=220mm	2
4	Calço Cilindros L=280mm	2
5	Cilindros L=220mm	2
6	Cilindros L=280mm	2
7	Apoio longitudinal IPE	1
8	Acessório de Inspeção/ Montagem	2
9	Apoio Guia	1
10	Acessorio Guia/Rótula	1
11	Acessório Guia/Carrinho	1
12	Montante Esquerdo	1
13	Montante Direito	1
14	Suporte Lâmina Inferior	1

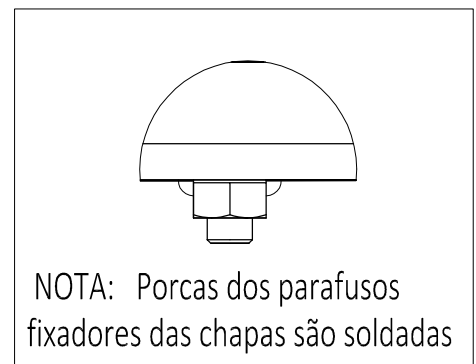
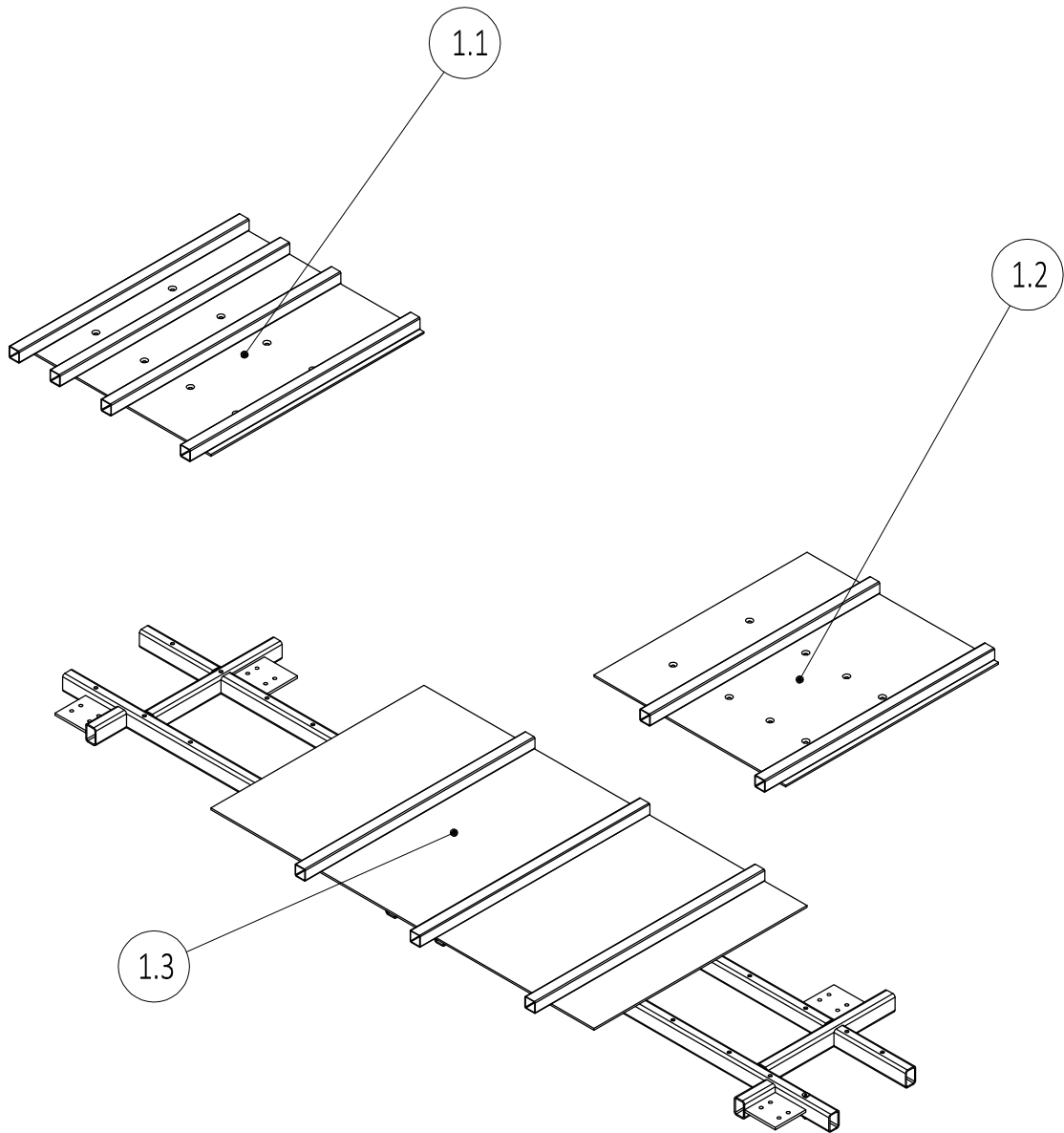


DETAIL A
SCALE 1 : 10

Front View

Revisão	Comentários	Data	Desenhou
1	Alteração de 1 guia SNC25 para 2 guias SNC30	27-10-2013	L. Araújo
2	Alteração do modelo da guia SNC30 para HGL30CA	30-01-2014	L. Araújo

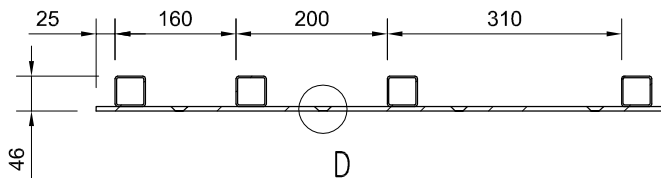
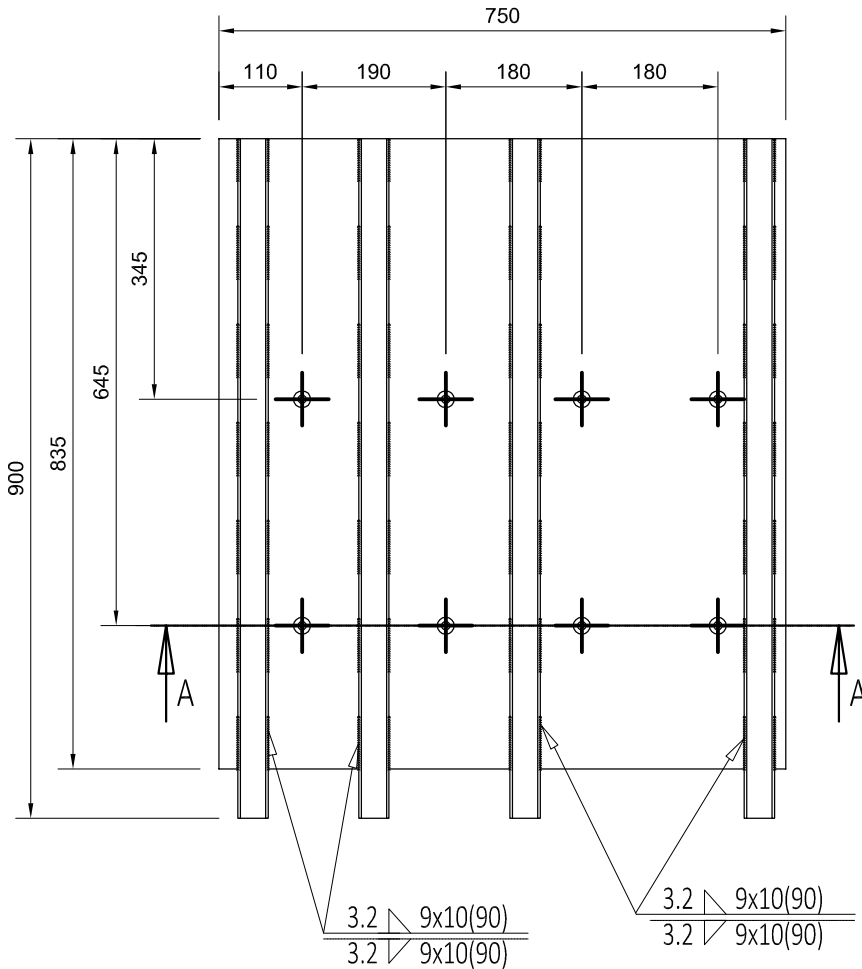
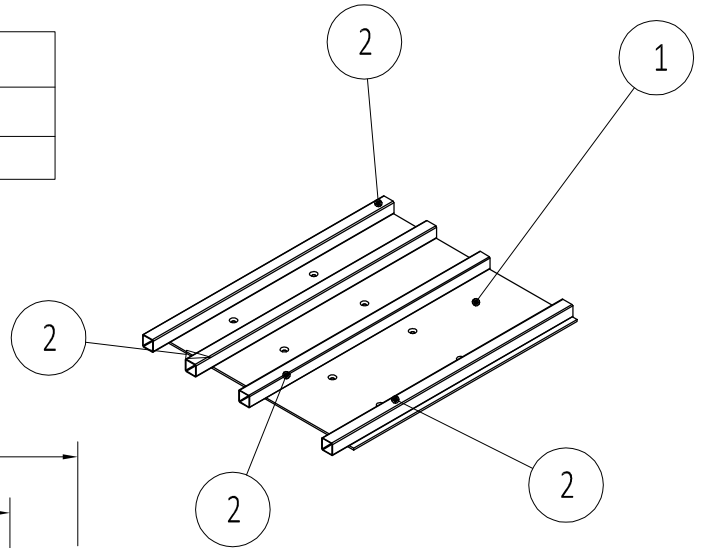
NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:
L. Araújo		30-01-2014	HGR 306 Plataforma de Apoio Dinâmico Opção 2 - Cilindros Servo pneumáticos
			DWG NO.
			A3
			Revisão 2
			SHEET 1 OF 27



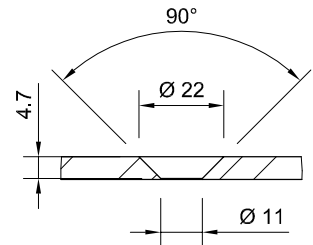
NOTA: Porcas dos parafusos fixadores das chapas são soldadas

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:	
DRAWN L. Araújo		29-09-2013	1 - Plataforma Opção 2 - Cilindros Servo pneumáticos	
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				
		MATERIAL:	DWG NO.	A4
		WEIGHT:	SCALE:1:50	SHEET 2 OF 27

ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Chapa 835x750x6	1
2	Tube 40x40x2x900	4



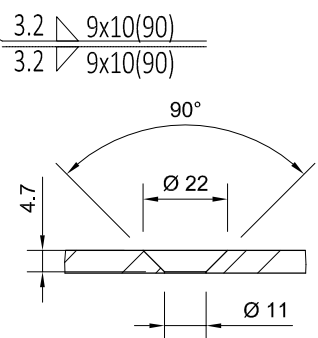
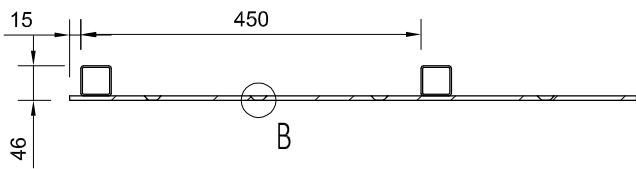
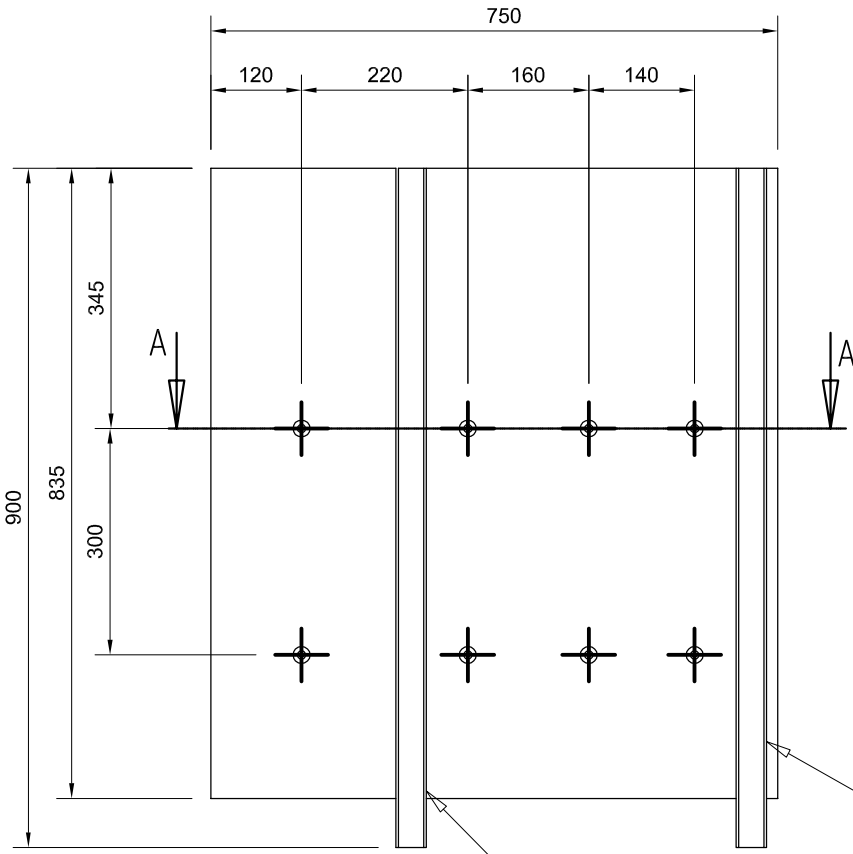
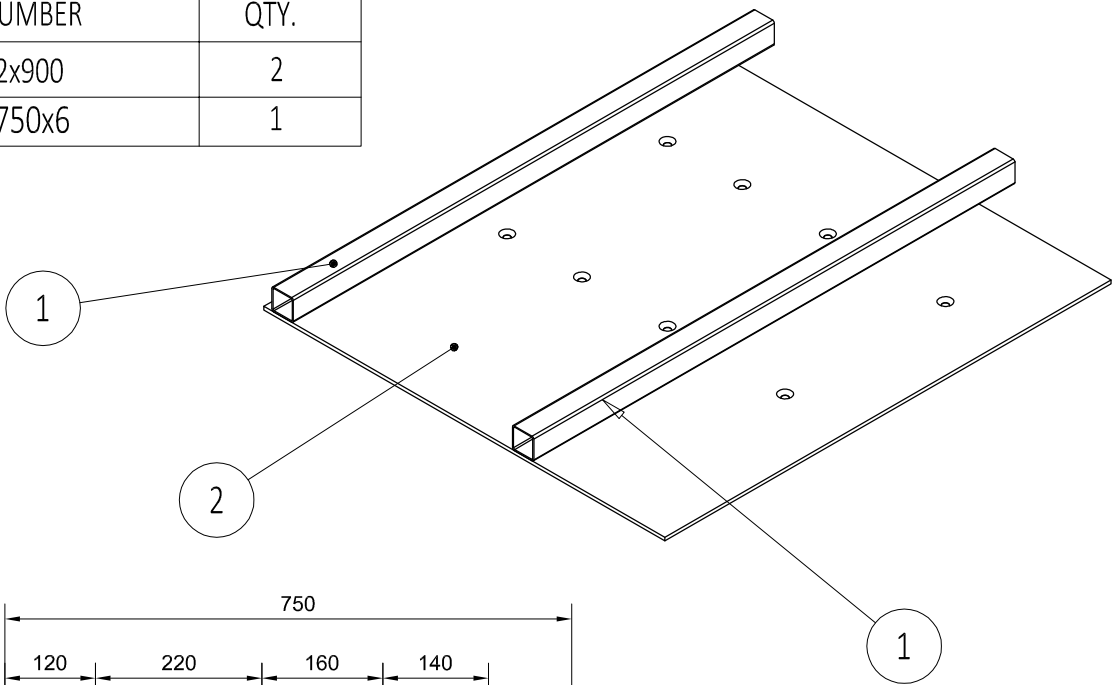
SECTION A-A
SCALE 1 : 10



DETAIL D TYP 8 FUROS
SCALE 1 : 2

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:
DRAWN L. Araújo		27-10-2013	1.1 - Plataforma
CHK'D			Opção 2 - Cilindros Servo pneumáticos
APPV'D			
MFG			DWG NO.
Q.A		MATERIAL:	A4
		WEIGHT:	Revisão 1
			SHEET 3 OF 27

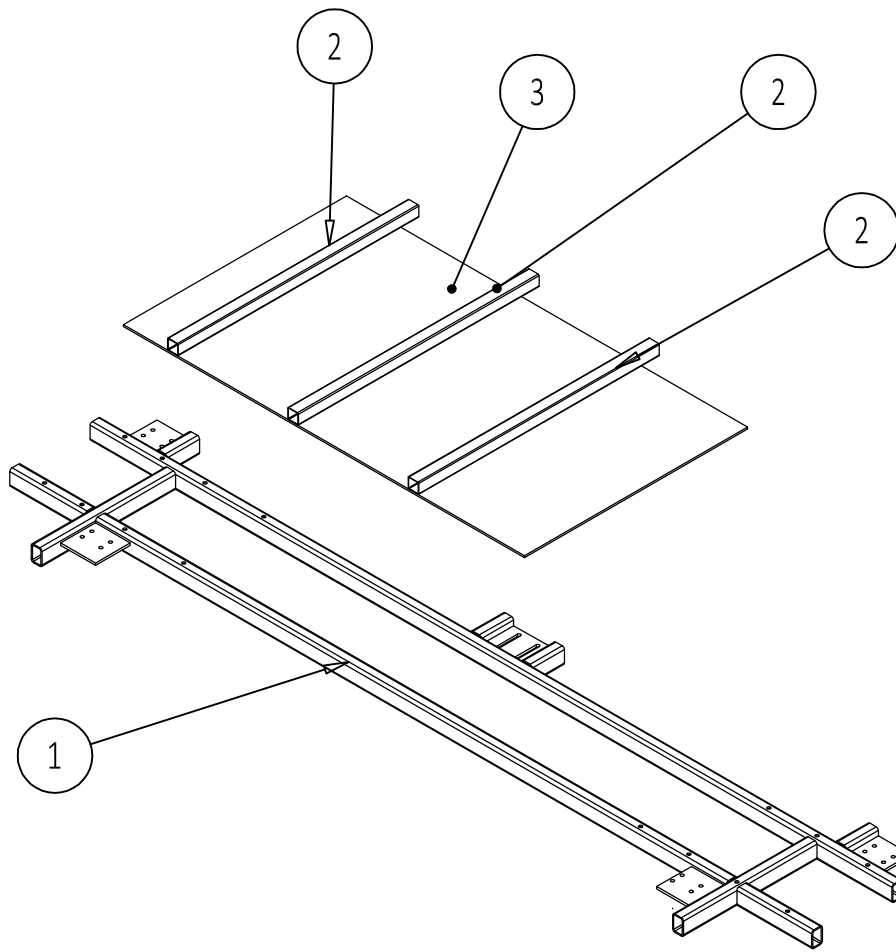
ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Tubo 40x40x2x900	2
2	Chapa 835x750x6	1



SECTION A-A
SCALE 1:10

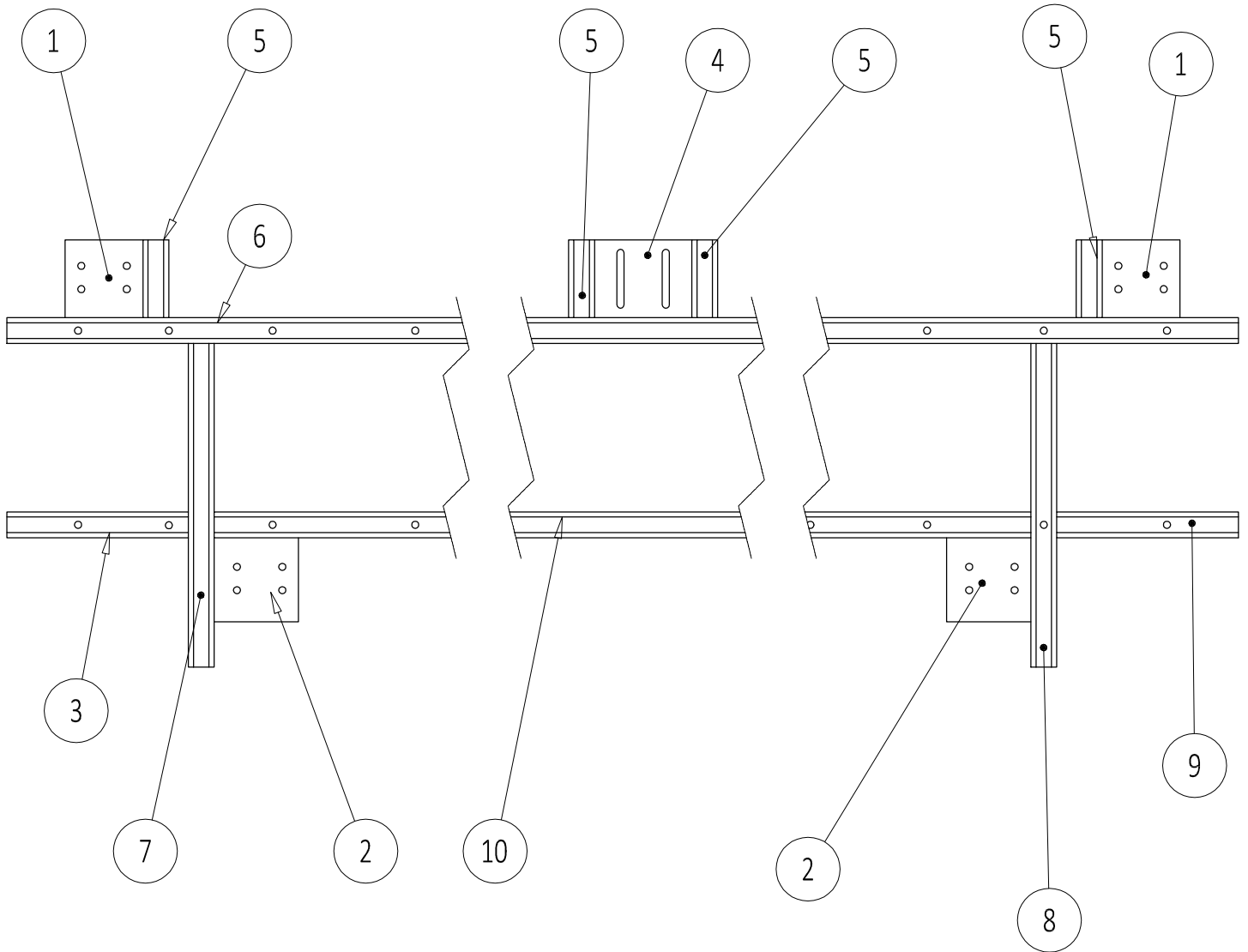
DETAIL B TYP 8 FUROS
SCALE 1:2

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:
DRAWN L. Araújo		27-10-2013	1.2 - Plataforma
CHK'D			
APPV'D			
MFG			Opção 2 - Cilindros Servo pneumáticos
Q.A		MATERIAL:	DWG NO.
			A4
		WEIGHT:	Revisão 1
			SHEET 4 OF 27



Item Nº	Descrição	Quantidade
1	Chassis Plataforma	1
2	Tubo 40x40x2x815	3
3	Chapa 1500x835x6	1

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:	
L. Araújo		01-10-2013	1.3 - Chassis Plataforma	
			Opção 2 - Cilindros Servo pneumáticos	
			DWG NO.	A4
			SCALE:1:50	SHEET 5 OF 27



ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Chapa120x120x8	2
2	Chapa130x130x8	2
3	Tubo 60x40x4x280	1
4	Chapa 150x120x8	1
5	Tubo 60x40x4x120	4
6	Tubo 60x40x4x3000	1
7	Tubo 60x40x4x500 A	1
8	Tubo 60x40x4x500	1
9	Tubo 60x40x4x280	1
10	Tubo 60x40x4x2360	1

ATENÇÃO:

ITENS 1 E 2
SÃO COLOCADOS EM ESPELHO

NAME	SIGNATURE	DATE			
DRAWN L. Araújo		02-10-2013			
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
QA			MATERIAL:		
			WEIGHT:		

TITLE:

1.3 - Chassis Plataforma

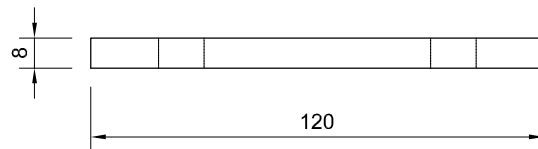
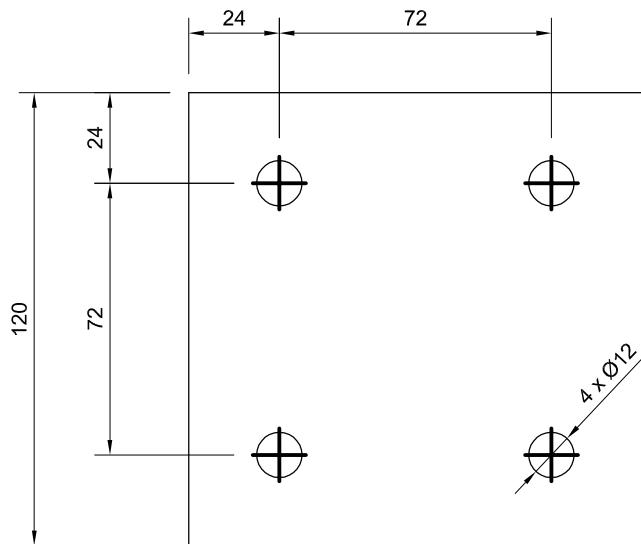
Opção 2 - Cilindros Servo pneumáticos

DWG NO.

A4

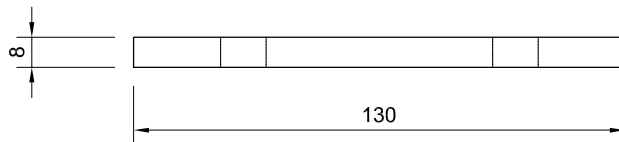
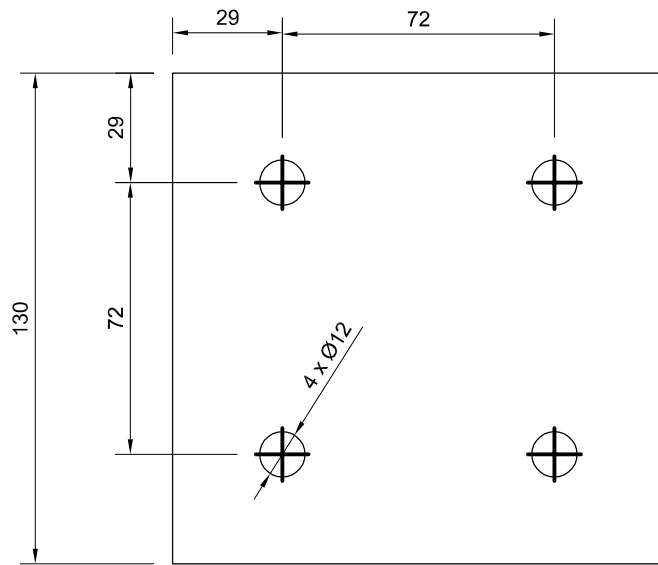
SCALE:1:50

SHEET 6 OF 27



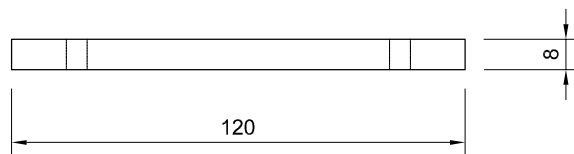
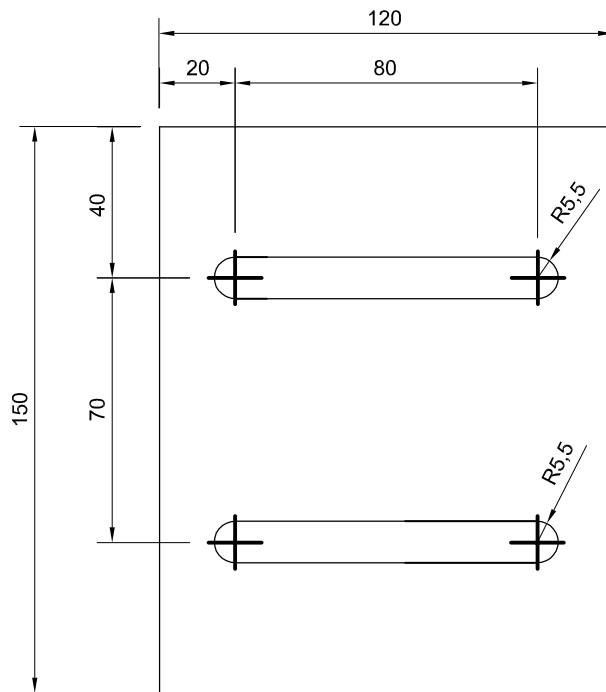
Quant. : 2 Unid

	NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE:
DRAWN	L. Araújo		14-02-2014				1.3 - Chassis Plataforma
CHK'D							1 - Chapa 120x120x8
APPV'D							Opção 2 - Cilindros Servo pneumáticos
MFG							
Q.A				MATERIAL:		DWG NO.	A4
				WEIGHT:		SCALE:1:5	SHEET 7 OF 27

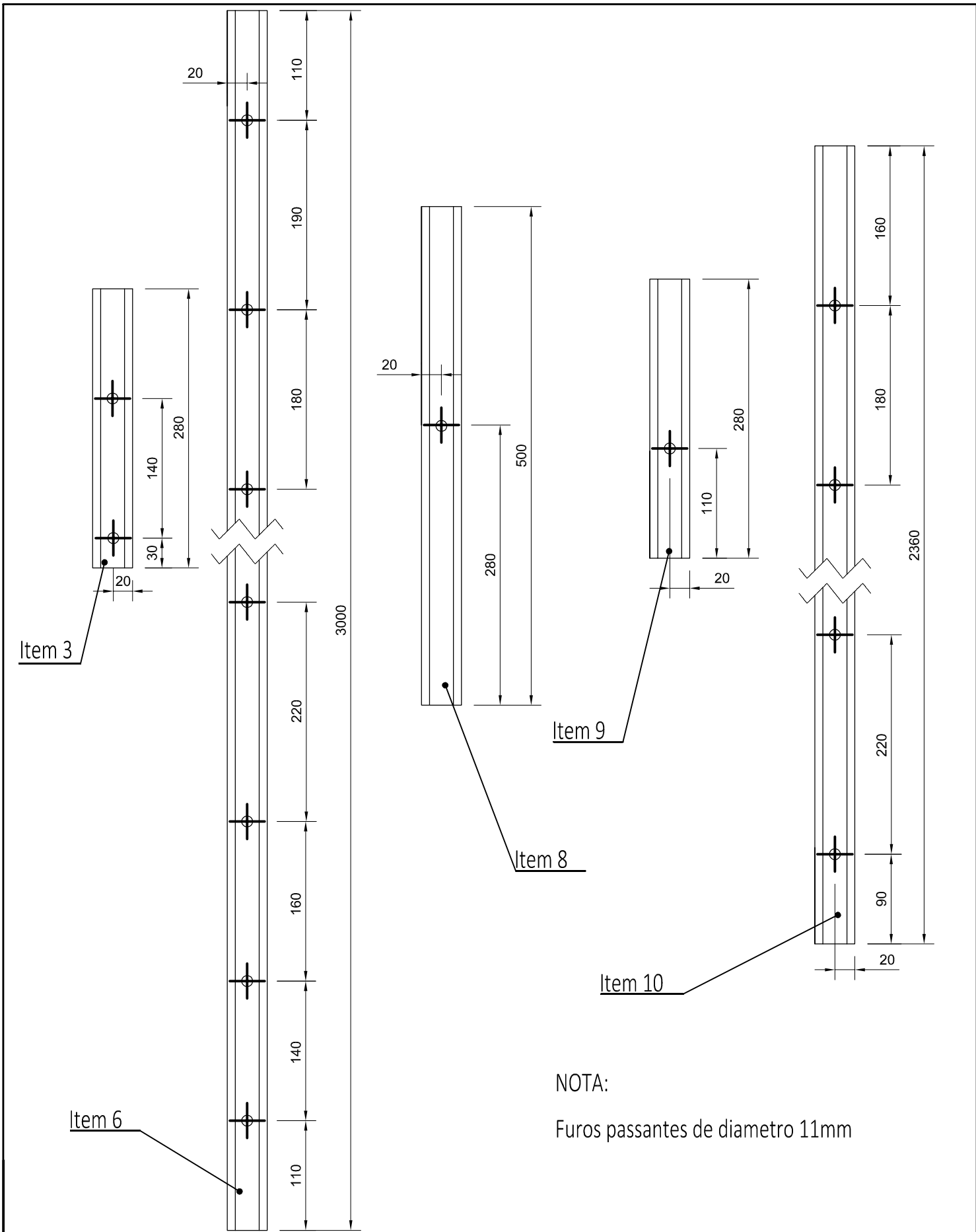


Quant. : 2 Unid

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:		
DRAWN L. Araújo		14-02-2014	1.3 - Chassis Plataforma		
CHK'D			2-Chapa 130x130x8		
APPV'D			Opção 2 - Cilindros Servo pneumáticos		
MFG					
Q.A			MATERIAL:	DWG NO.	A4
			WEIGHT:	SCALE:1:5	SHEET 8 OF 27

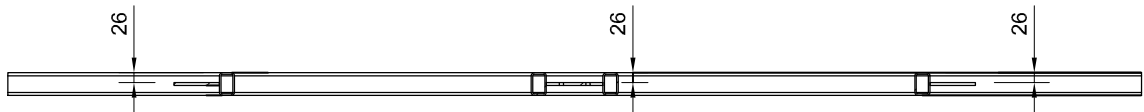
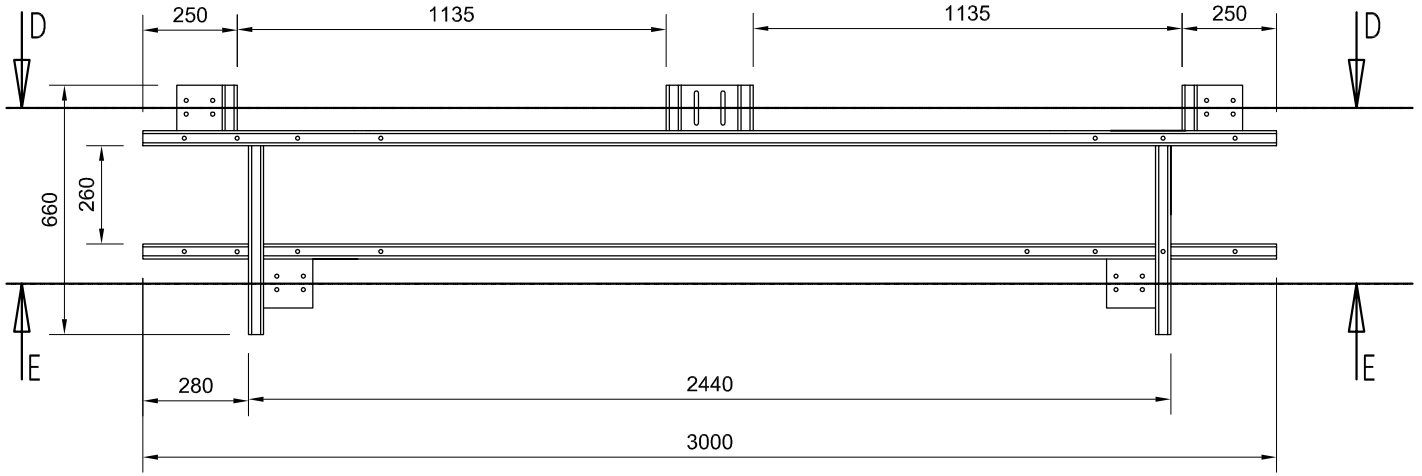


	NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE:
DRAWN	L. Araújo		01-10-2013				1.3 - Chassis Plataforma 4 - Chapa 150x120x8 Opção 2 - Cilindros Servo pneumáticos
CHK'D							
APPV'D							
MFG							
Q.A							
				MATERIAL:		DWG NO.	A4
				WEIGHT:		SCALE:1:5	SHEET 9 OF 27

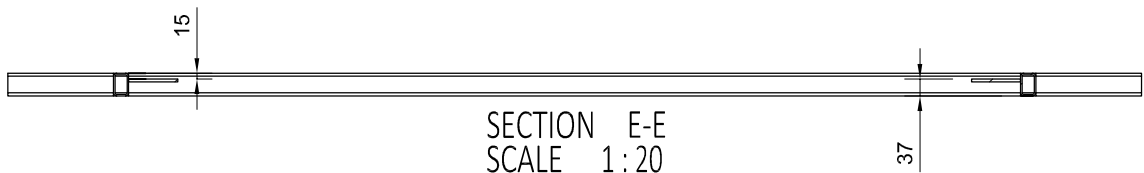


NOTA:
Furos passantes de diametro 11mm

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:
DRAWN L. Araújo		02-10-2013	1.3 - Chassis Plataforma Furação de Tubos Opção 2 - Cilindros Servo pneumáticos
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			
MATERIAL:			DWG NO.
			A4
SCALE:1:50			SHEET 10 OF 27

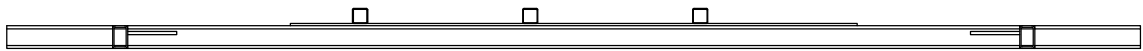
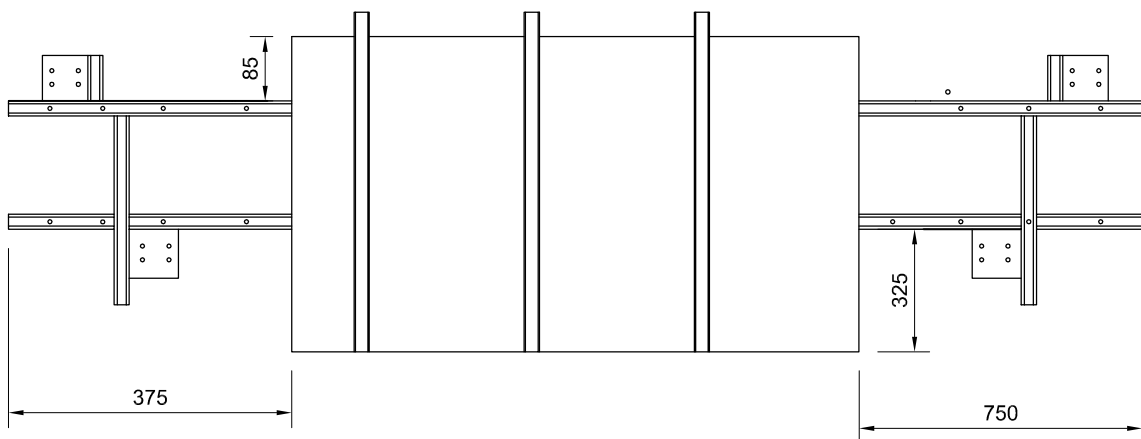
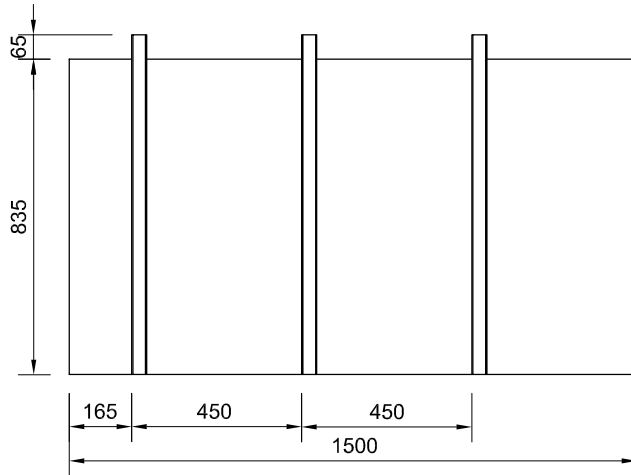


SECTION D-D
SCALE 1:20

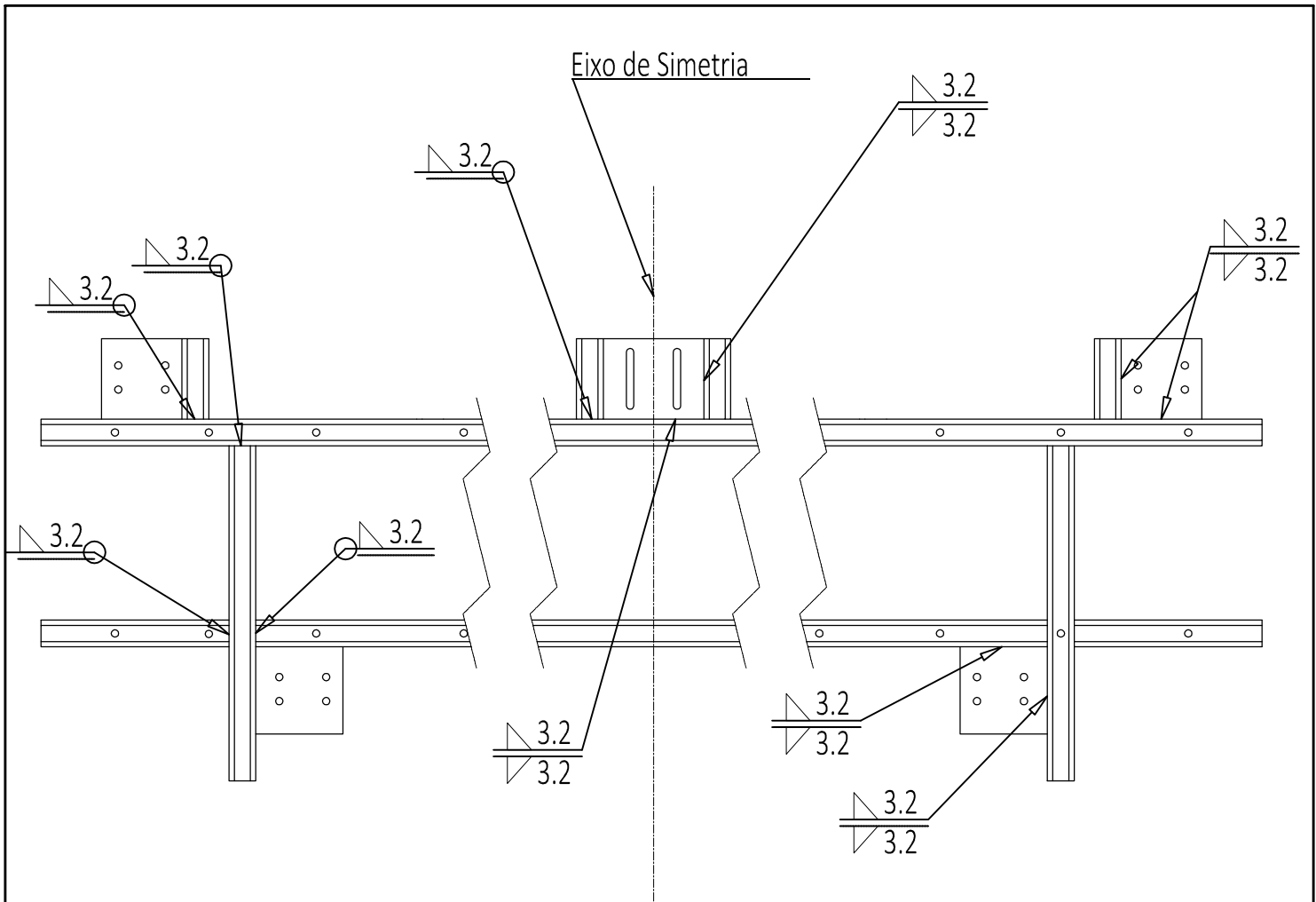


SECTION E-E
SCALE 1:20

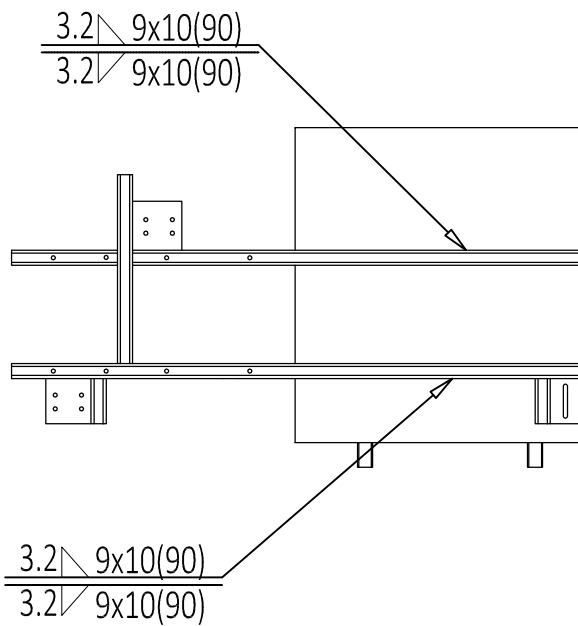
NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:	
DRAWN	L. Araújo	02-10-2013	1.3 - Chassis Plataforma Opção 2 - Cilindros Servo pneumáticos	
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				
		MATERIAL:	DWG NO.	A4
		WEIGHT:	SCALE:1:50	SHEET 11 OF 27



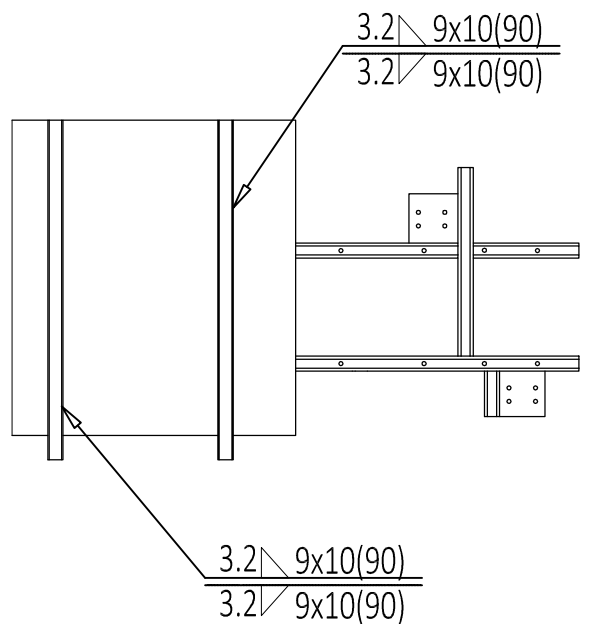
NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:		
DRAWN L. Araújo		03-10-2013	1.3 - Chassis Plataforma		
CHK'D			Opção 2 - Cilindros Servo pneumáticos		
APPV'D					
MFG					
Q.A			MATERIAL:	DWG NO.	A4
			WEIGHT:	SCALE:1:5	SHEET 12 OF 27



Vista de baixo

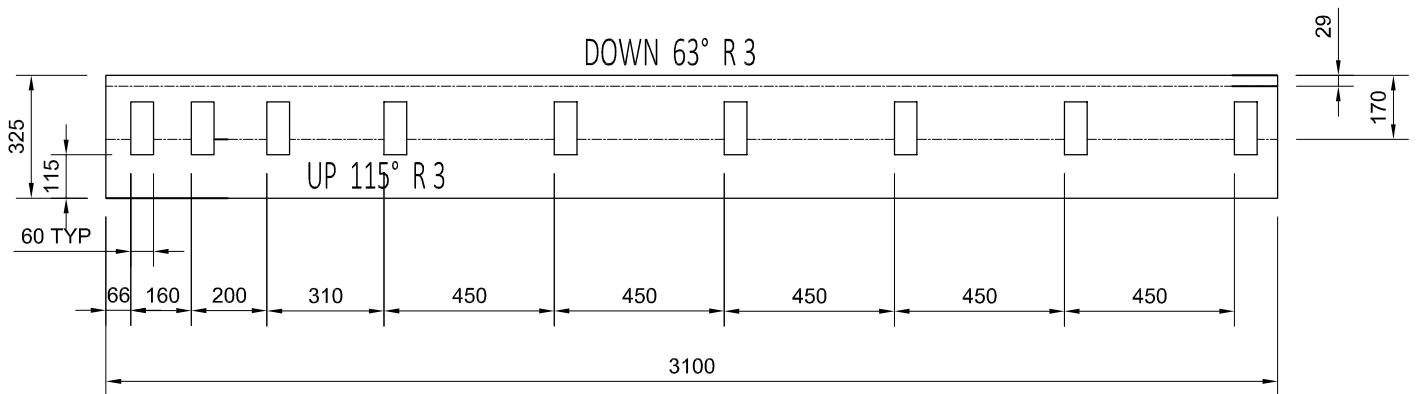
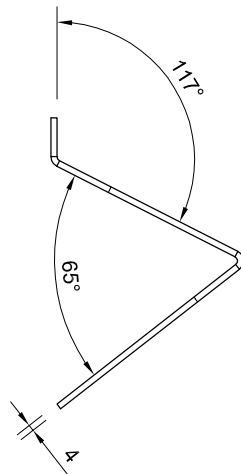


Vista de cima

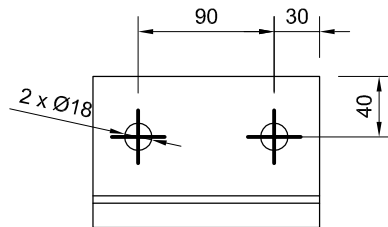
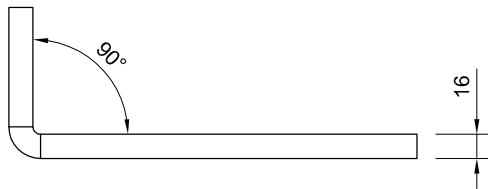
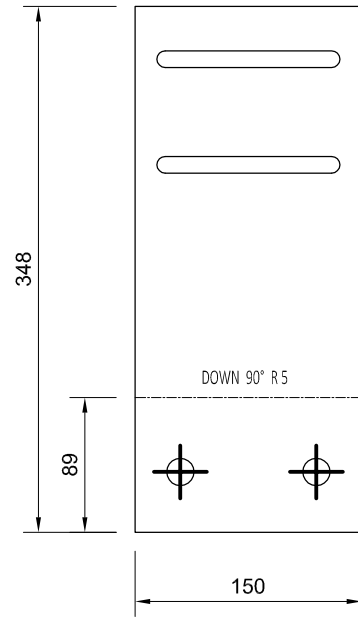
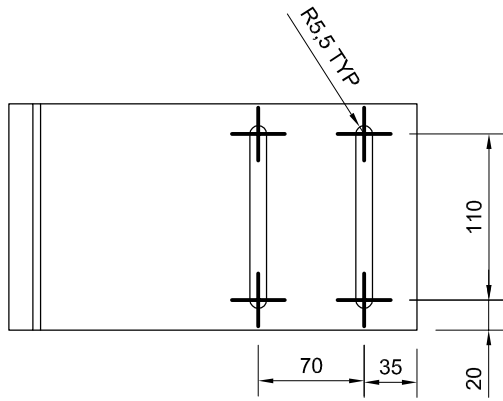


Nota:
CASO SE JUSTIFIQUE REBABAR SOLDADURA
PARA MELHOR ACENTAMENTO DAS CHAPAS

	NAME	SIGNATURE	DATE		TITLE:	
DRAWN	L. Araújo		27-10-2013		1.3 - Chassis Plataforma Soldadura Opção 2 - Cilindros Servo pneumáticos	
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A						
				MATERIAL:	DWG NO.	A4
				WEIGHT:	SCALE:1:50	Revisão 1
					SHEET 13 OF 27	

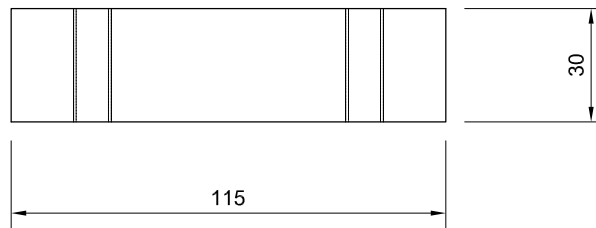
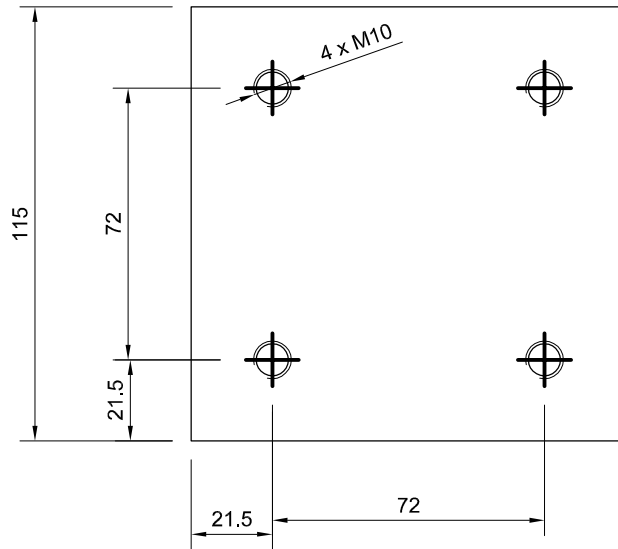


	NAME	SIGNATURE	DATE		TITLE:
DRAWN	L. Araújo		27-10-2013		2- Apoio Longitudinal da Plataforma Opção 2 - Cilindros Servo pneumáticos
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					
				MATERIAL:	DWG NO.
				WEIGHT:	SCALE:1:100
					SHEET 14 OF 27
					A4



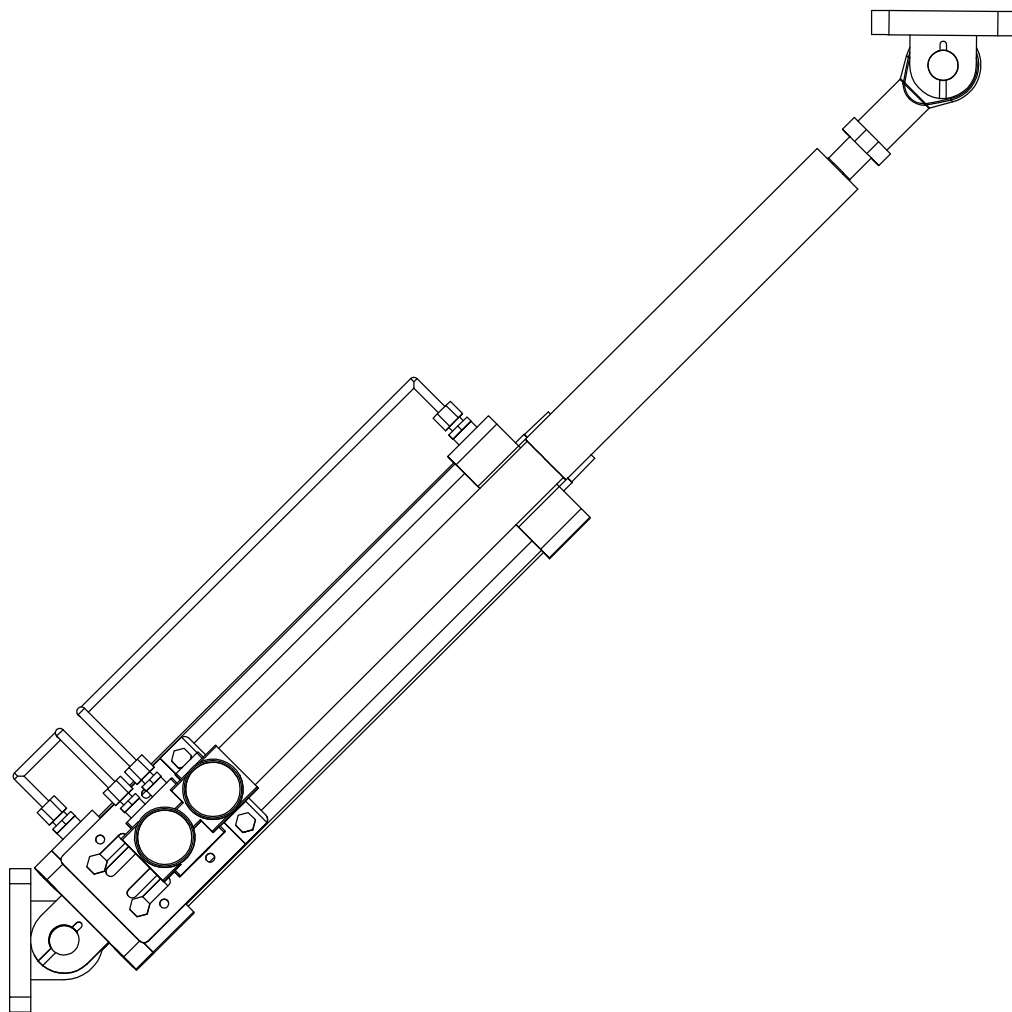
Quant.: 2 unid

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:
DRAWN L. Araújo		06-10-2013	3 - Apoio Cilindro Frente Opção 2 - Cilindros Servo pneumáticos
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			
		MATERIAL:	DWG NO.
			A4
		WEIGHT:	SCALE:1:5
			SHEET 15 OF 27



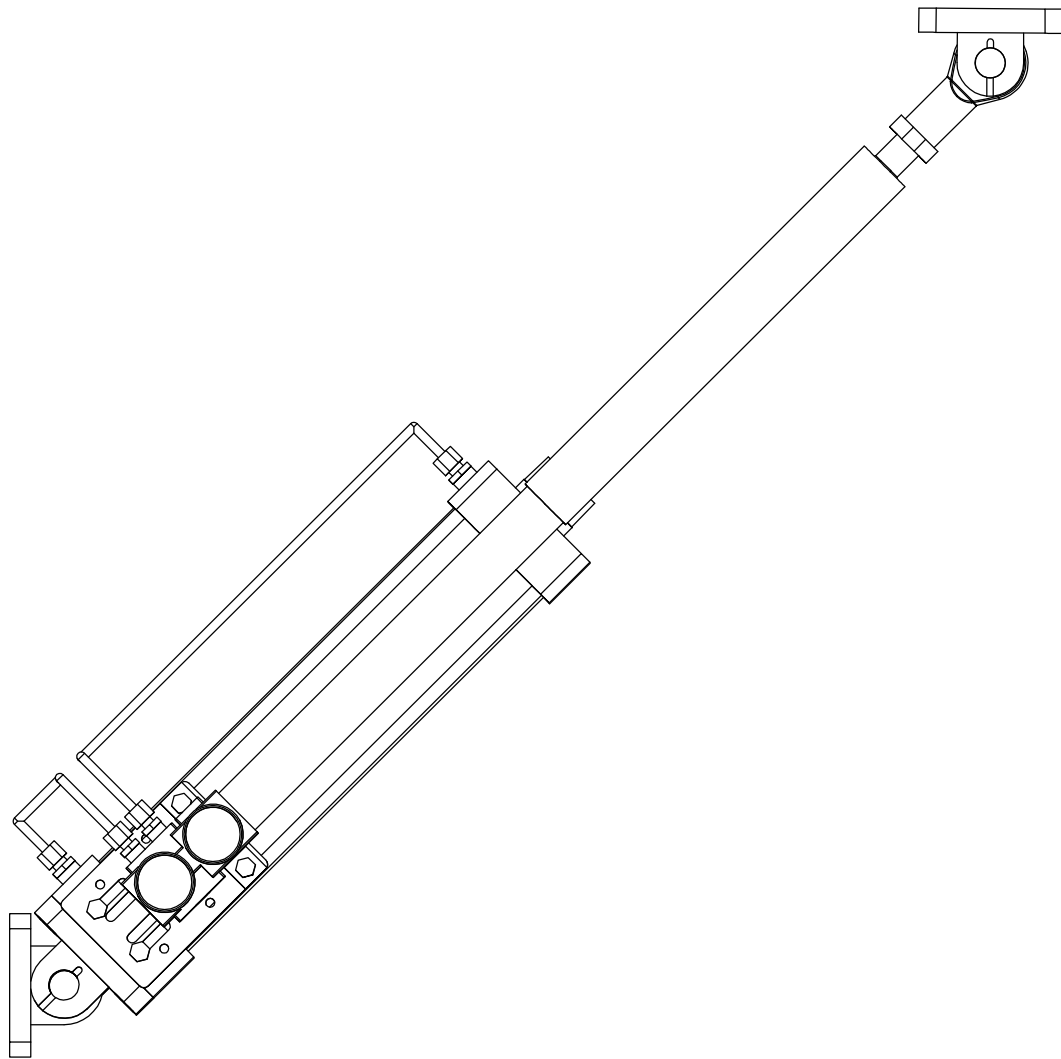
Quant.: 2unid

	NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE:
DRAWN	L. Araújo		14-02-2014				4 - Calço Cilindro 280
CHK'D							
APPV'D							
MFG							Opção 2 - Cilindros Servo pneumáticos
Q.A				MATERIAL:		DWG NO.	A4
				WEIGHT:		SCALE:1:2	SHEET 16 OF 27



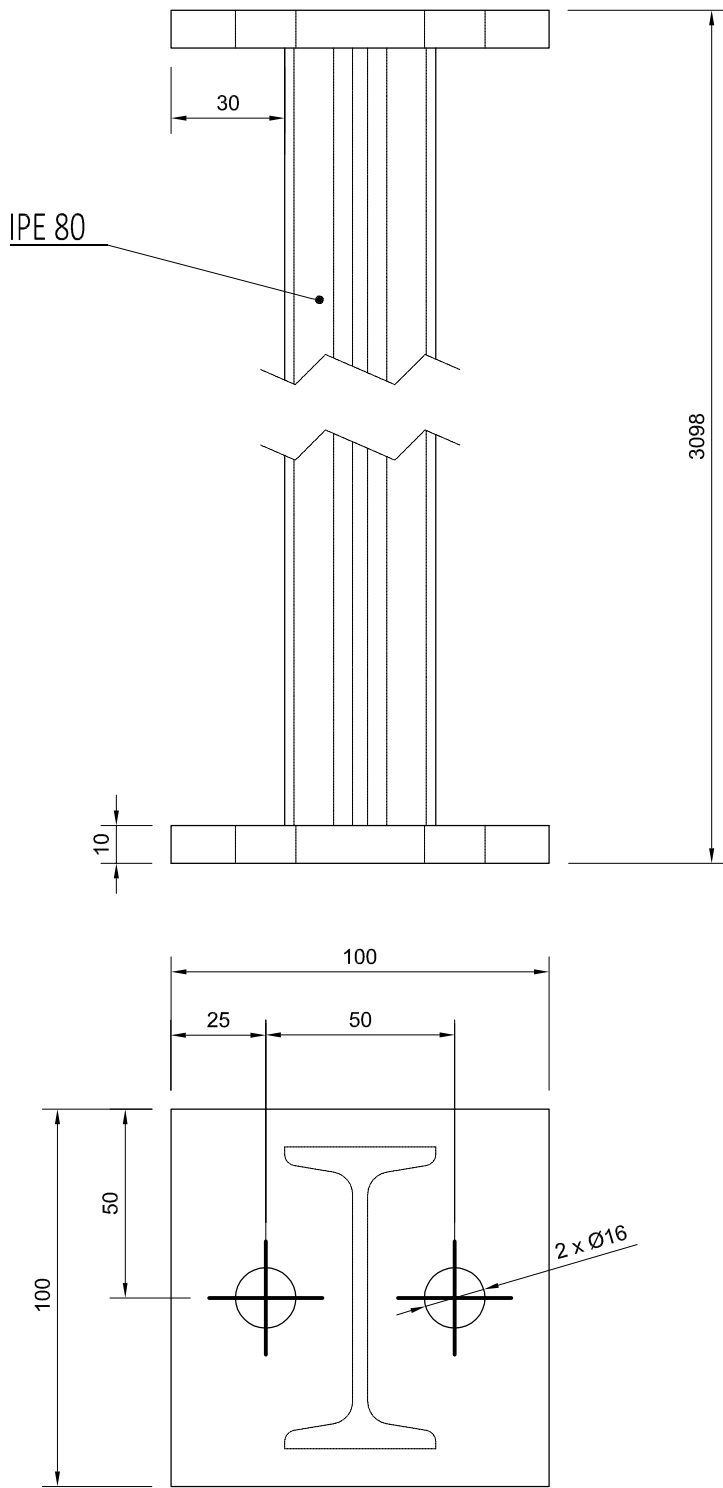
Quant.: 2 unid

	NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE:
DRAWN	L. Araújo		14-02-2014				5 - Cilindro L= 220mm
CHK'D							
APPV'D							
MFG							Opção 2 - Cilindros Servo pneumáticos
Q.A				MATERIAL:		DWG NO.	A4
				WEIGHT:		SCALE:1:10	SHEET 17 OF 27

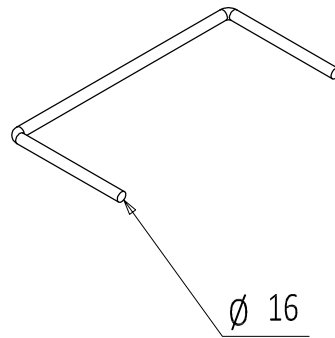
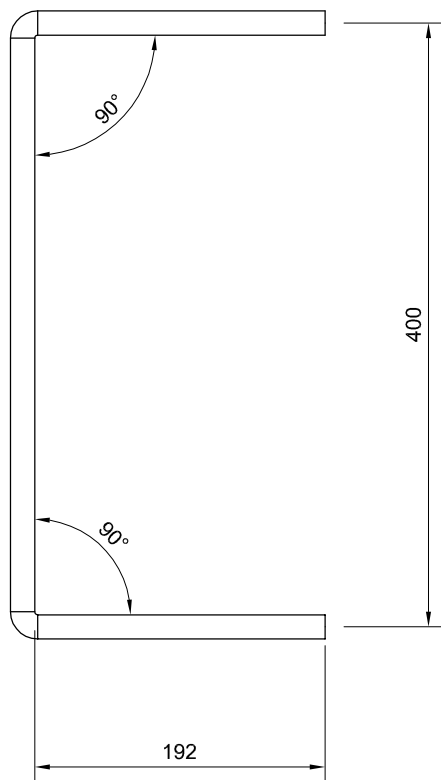


Quant.: 2 unid

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:	
DRAWN L. Araújo		14-02-2014	6 - Cilindro L= 280mm Opção 2 - Cilindros Servo pneumáticos	
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				
		MATERIAL:	DWG NO.	A4
		WEIGHT:	SCALE:1:10	SHEET 18 OF 27

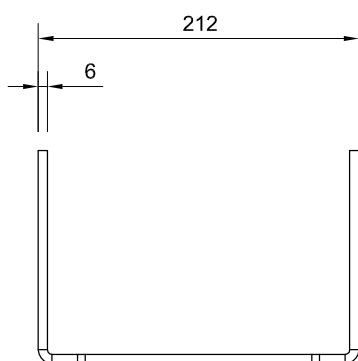
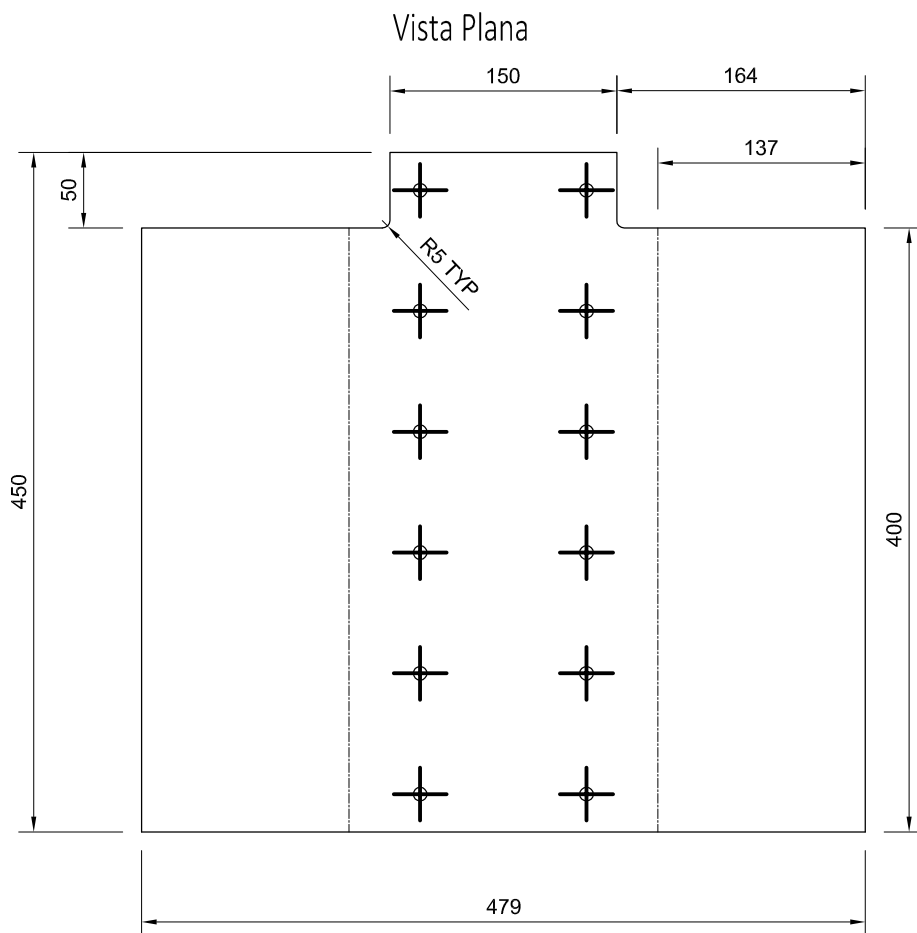
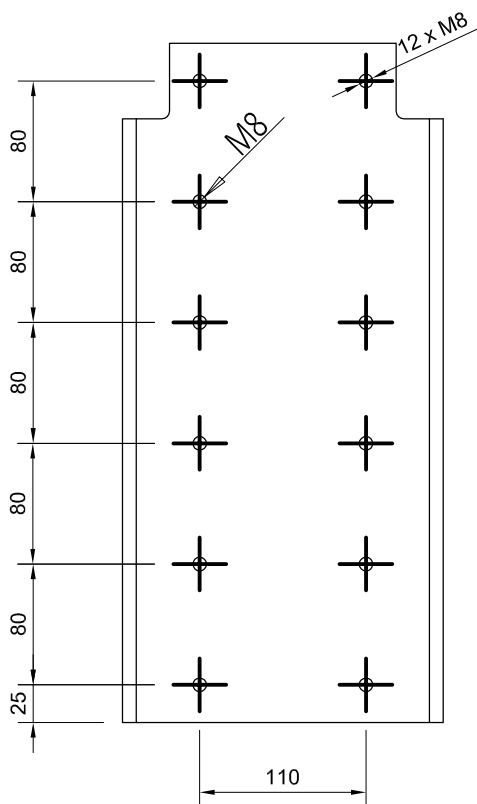


NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:	
DRAWN L. Araújo		04-10-2013	9- Apoio Longitudinal IPE80 Opção 2 - Cilindros Servo pneumáticos	
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				
		MATERIAL:	DWG NO.	A4
		WEIGHT:	SCALE:1:100	SHEET 19 OF 27



Quant. : 2 Unidades

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:
DRAWN L. Araújo		04-10-2013	10- Acessório de Inspeção / Montagem Opção 2 - Cilindros Servo pneumáticos
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			
MATERIAL:			DWG NO.
			A4
			SCALE:1:10
			SHEET 20 OF 27

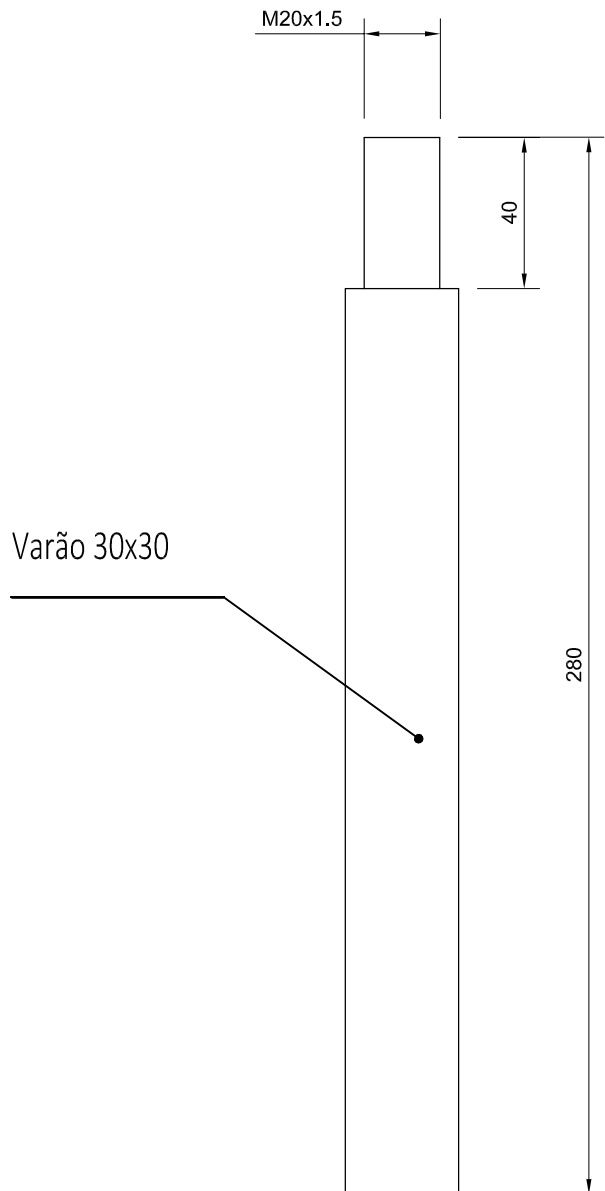
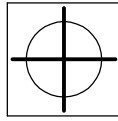


Revisão	Comentários	Data	Desenhou
1	Alteração de 1 guia SNC25 para 2 guias SNC30	27-10-2013	L. Araújo
2	Alteração do modelo da guia SNC30 para HGL30CA	30-01-2014	L. Araújo

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:
DRAWN L. Araújo		30-01-2014	11 - Apoio da guia Opção 2 - Cilindros Servo pneumáticos
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
QA			
MATERIAL:			DWG NO.
WEIGHT:			SCALE:1:10
			SHEET 21 OF 27

A4

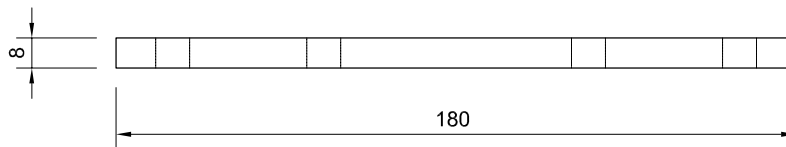
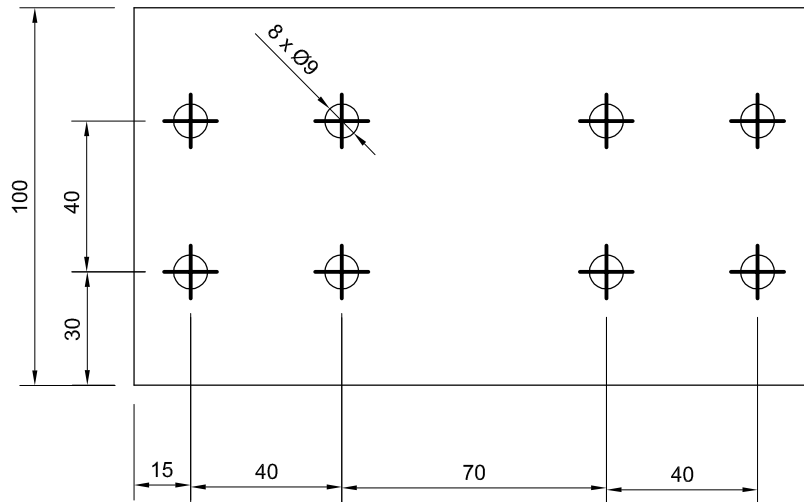
Revisão 2



Revisão	Comentários	Data	Desenhou
1	Alteração de 1 guia SNC25 para 2 guias SNC30	27-10-2013	L. Araújo

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:	
DRAWN L. Araújo		27-10-2013	12- Acessório Guia/Rótula	
CHK'D			Opção 2 - Cilindros Servo pneumáticos	
APPV'D				
MFG				
Q.A			MATERIAL:	DWG NO.
			WEIGHT:	SCALE:1:5
				SHEET 22 OF 27

A4
Revisão 1

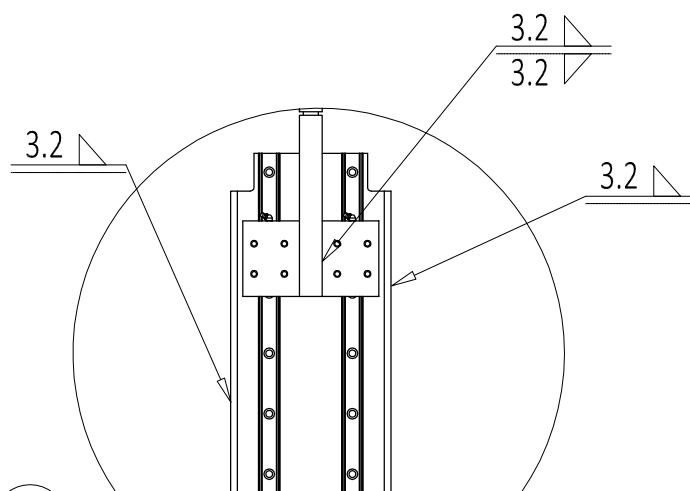
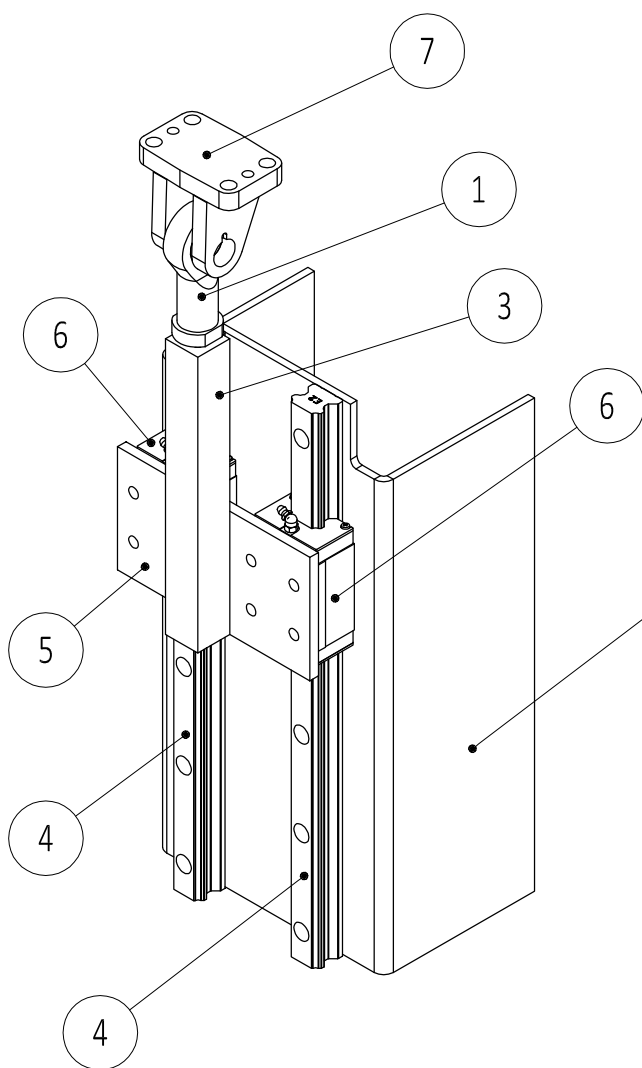
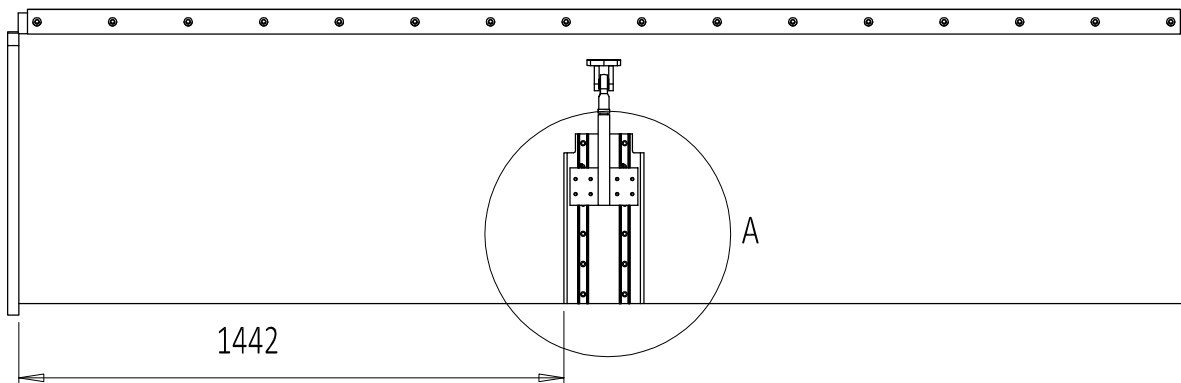


Revisão	Comentários	Data	Desenhou
1	Alteração de 1 guia SNC25 para 2 guias SNC30	27-10-2013	L. Araújo

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:	
DRAWN L. Araújo		27-10-2013	13 - Acessório Guia/Carrinho Opção 2 - Cilindros Servo pneumáticos	
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A			MATERIAL:	DWG NO.
			WEIGHT:	SCALE:1:5
				SHEET 23 OF 27

A4

Revisão 1



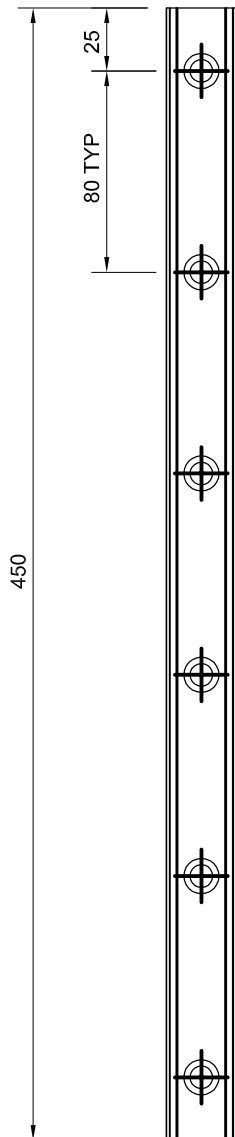
DETAIL A

ITEM NO.	Descrição	Quantidade
1	SGS M20x1.5	1
2	Apoio Guia	1
3	Acessorio Guia/Rótula	1
4	Guia Hiwin HGL30CA	2
5	Acessório Guia/Carrinho	1
6	Carrinho Hiwin HGL30CA	2
7	LBG80	1

Revisão	Comentários	Data	Desenhou
1	Alteração de 1 guia SNC25 para 2 guias SNC30	27-10-2013	L. Araújo
2	Alteração do modelo da guia SNC30 para HGL30CA	30-01-2014	L. Araújo

NAME	SIGNATURE	DATE
L. Araújo		30-01-2014
CHK'D		
APPV'D		
MFG		
Q.A		
MATERIAL:		
WEIGHT:		

TITLE: Guia	
Opção 2 - Cilindros Servo pneumáticos	
DWG NO.	A4
SCALE:1:10	Revisão 2
SHEET 24 OF 27	



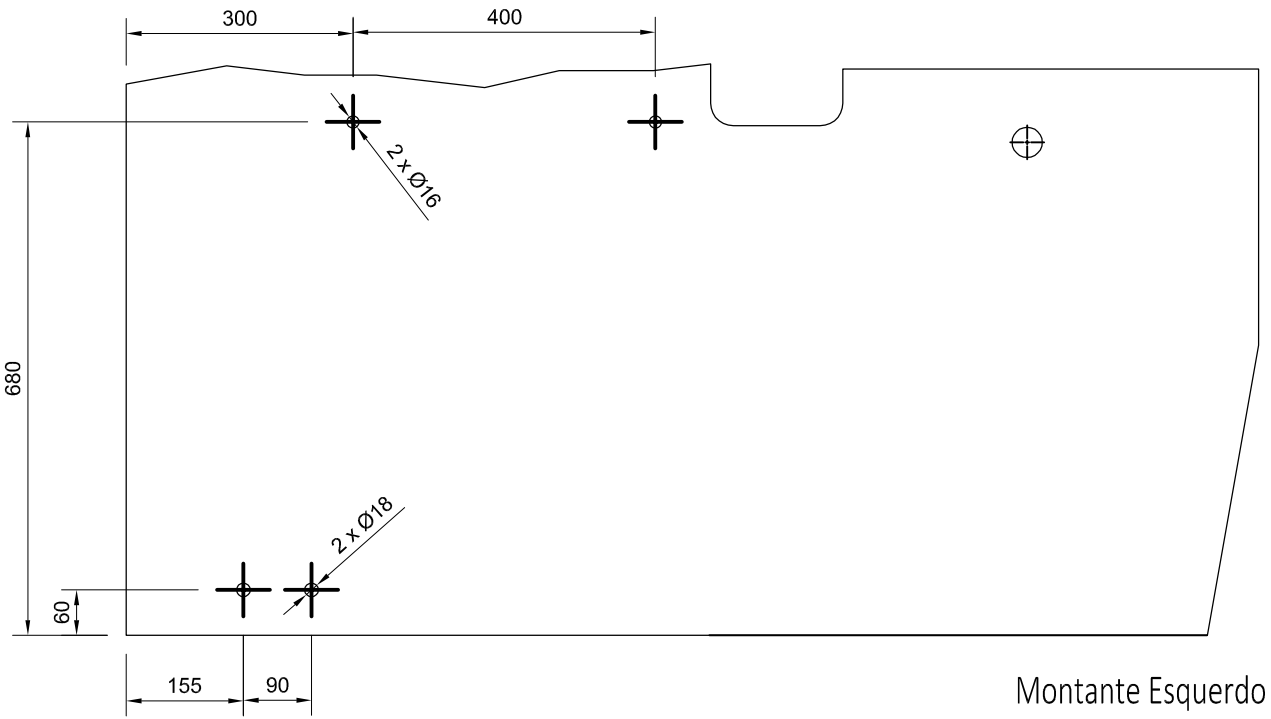
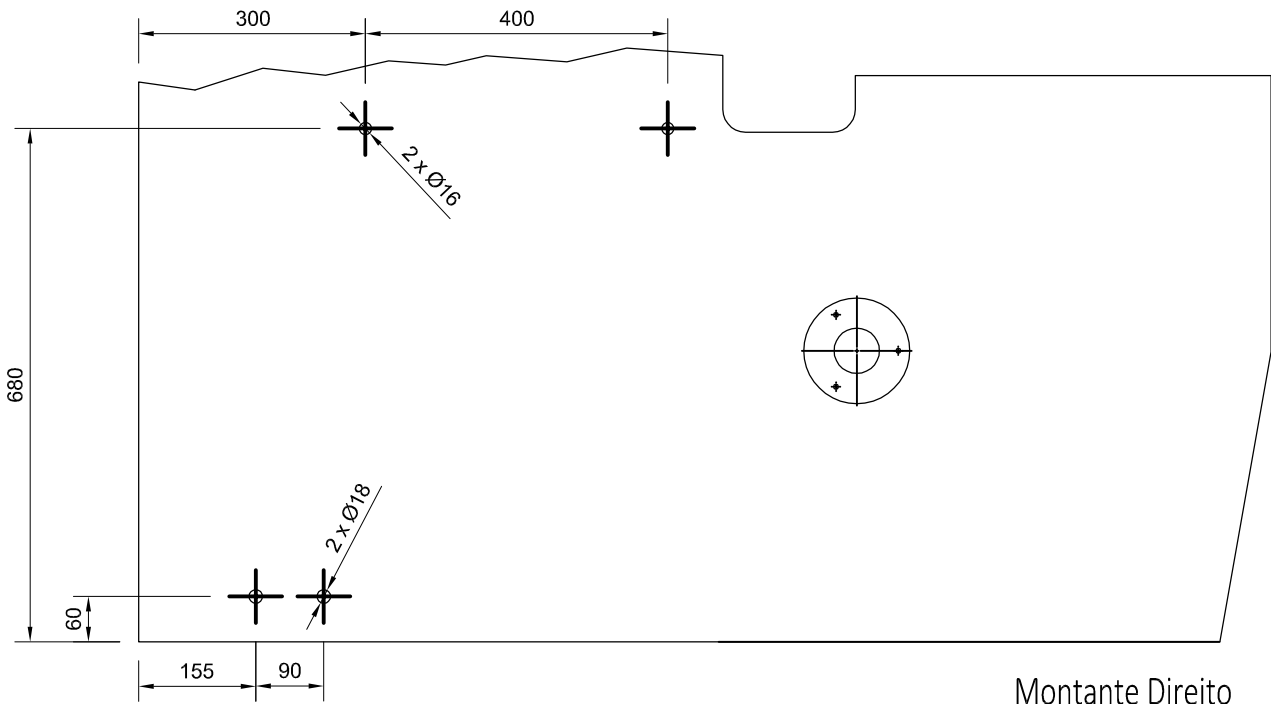
Quant: 2 Unidades

Revisão	Comentários	Data	Desenhou
1	Alteração de 1 guia SNC25 para 2 guias SNC30	27-10-2013	L. Araújo
2	Alteração do modelo da guia SNC30 para HGL30CA	30-01-2014	L. Araújo

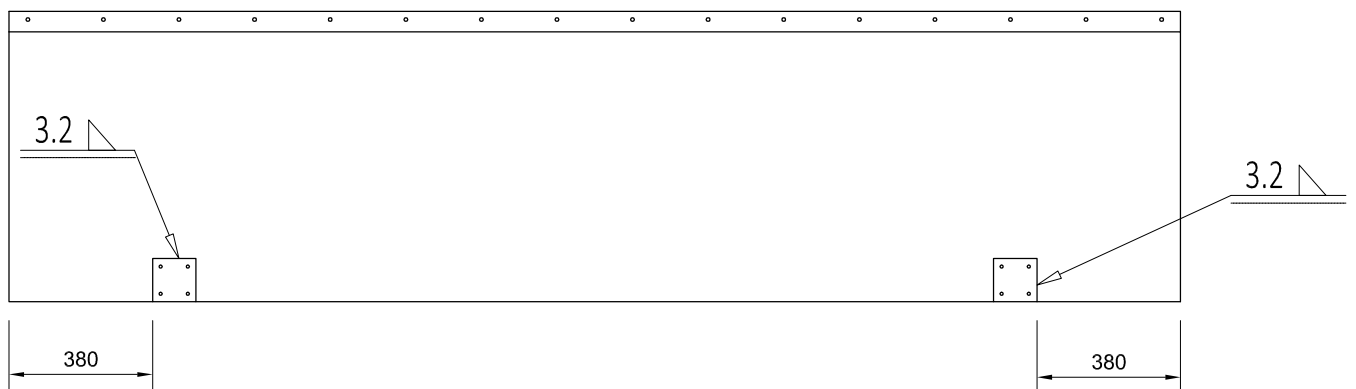
NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:
DRAWN L. Araújo		30-01-2014	Guia Hiwin HGL30CA Opção 2 - Cilindros Servo pneumáticos
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			
MATERIAL:			DWG NO.
WEIGHT:			SCALE:1:5
			SHEET 25 OF 27

A4

Revisão 2



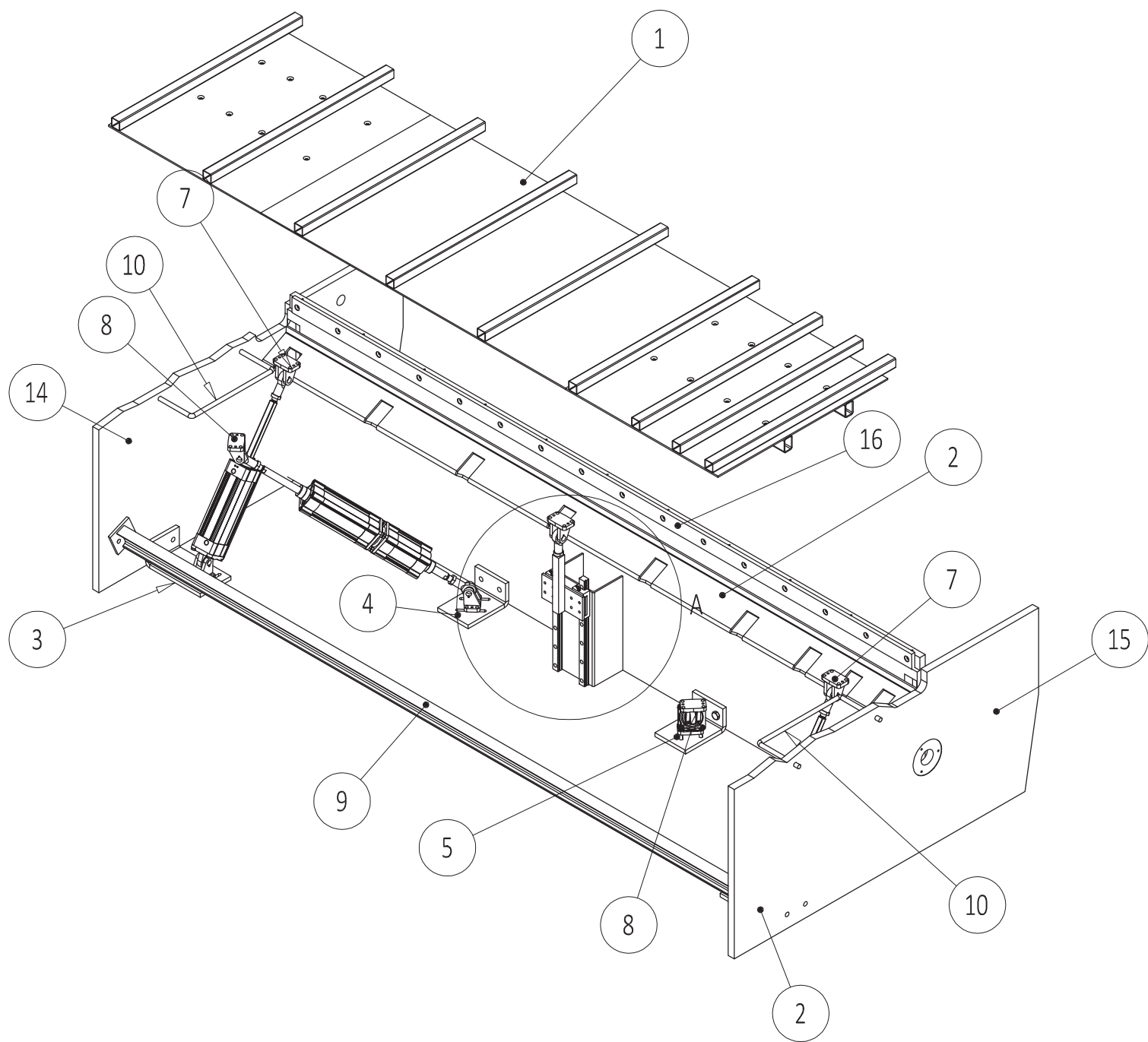
NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:
DRAWN L. Araújo		06-10-2013	14/15 - Furação dos Montantes Opção 2 - Cilindros Servo pneumáticos
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			
MATERIAL:			DWG NO.
			A4
SCALE:1:1			SHEET 26 OF 27



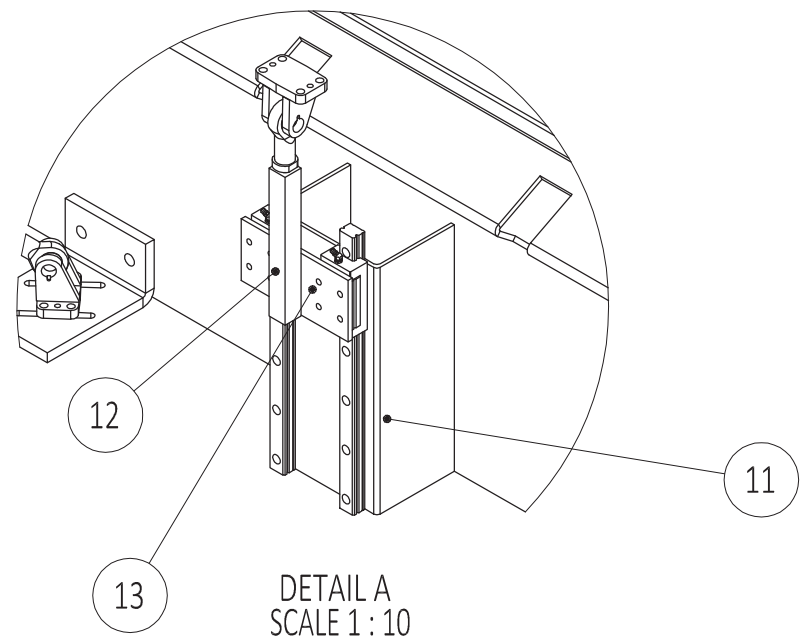
	NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE:
DRAWN	L. Araújo		14-02-2014				14 - Posicionamento dos Calços dos Cilindros no Suporte da Lâmina Inferior Opção 2 - Cilindros Servo pneumáticos
CHK'D							
APPV'D							
MFG							
Q.A							
				MATERIAL:		DWG NO.	A4
				WEIGHT:		SCALE:1:50	SHEET 27 OF 27

ANEXO H

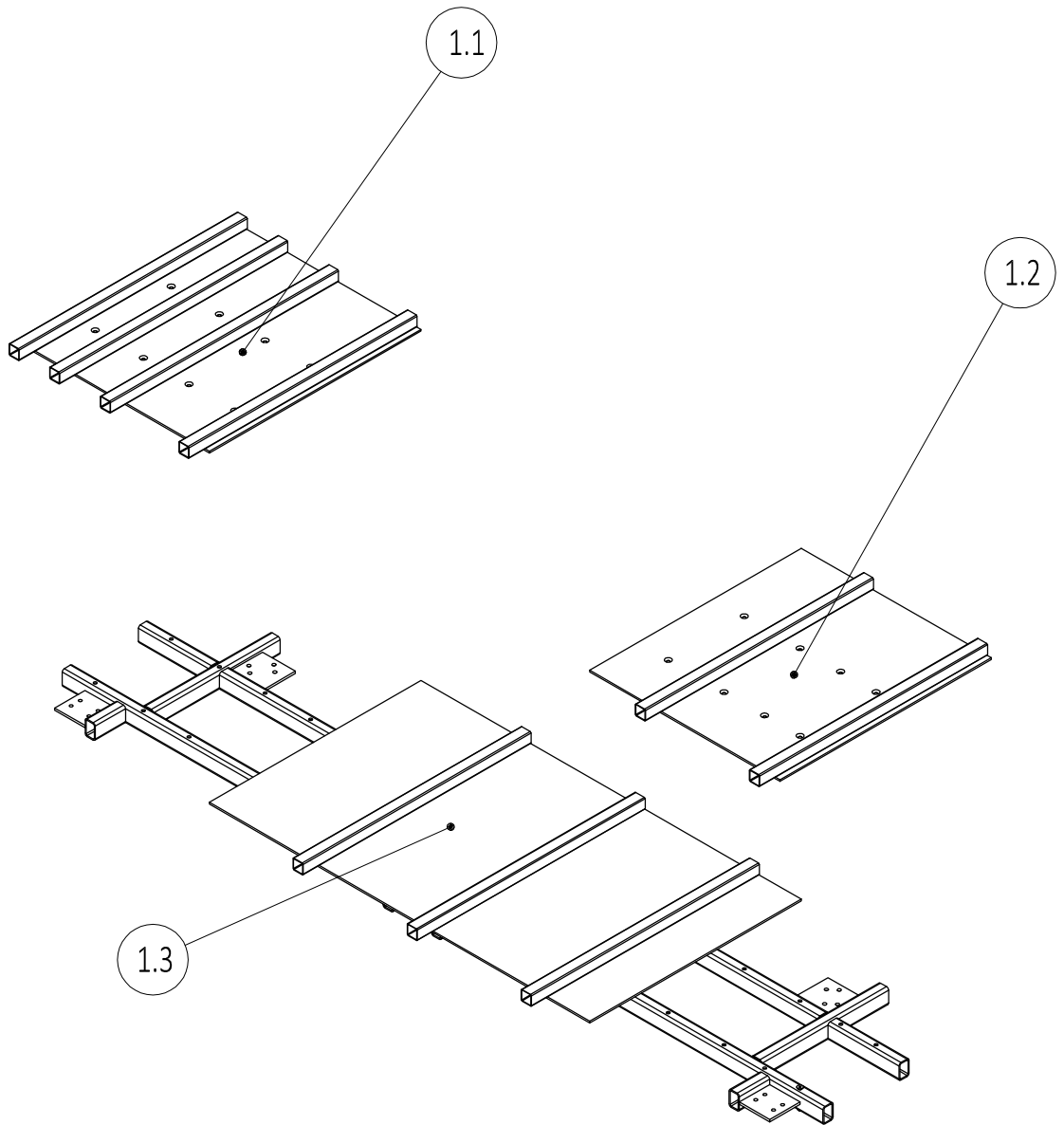
Desenhos de definição – Versão Mista



Item	Descrição	Quantidade
1	Plataforma	1
2	Apoio Longitudinal Plataforma	1
3	Apoio Cilindros Frente	2
4	Apoio Cilindros Trás Esquerdo	1
5	Apoio Cilindros Trás Direito	1
7	Cilindro Frente (Servopneumatica)	2
8	Grupo de Cilindro Trás	2
9	Apoio Longitudinal IPE	1
10	Acessório de Inspeção/Montagem	2
11	Apoio Guia	1
12	Acessório Guia/Rótula	1
13	Acessório Guia/Carrinho	1
14	Montante Esquerdo	1
15	Montante Direito	1
16	Suporte Lâmina Inferior	1

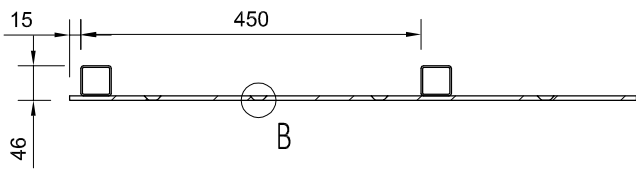
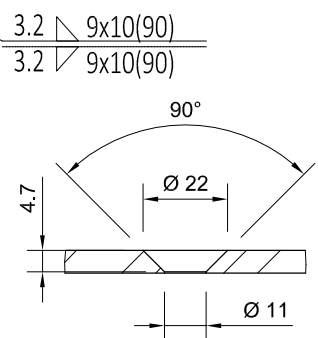
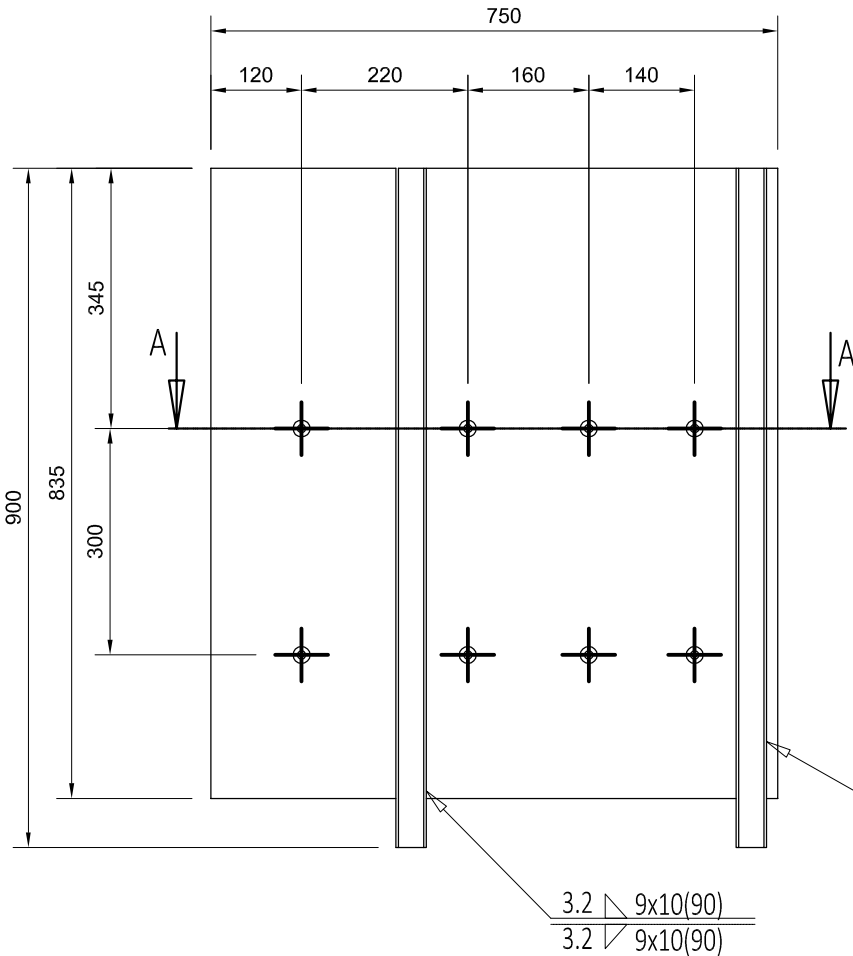
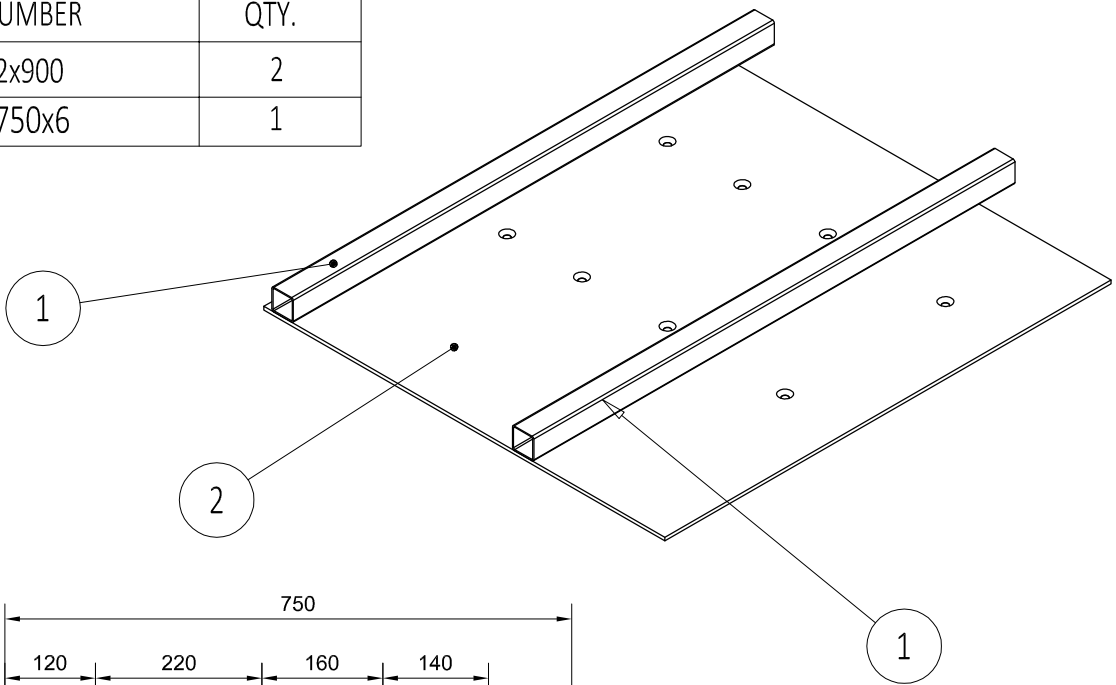


NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE: HGR 306
L. Araújo		27-10-2013	Plataforma de Apoio Dinâmico
CHK'D			Opção 3 - Versão Mista
APPV'D			
MFG			
Q.A			MATERIAL:
			DWG NO.
			A3
			Revisão 1
		WEIGHT:	SCALE:1:50
			SHEET 1 OF 27



NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:	
DRAWN L. Araújo		29-09-2013	1 - Plataforma Opção 3 - Versão Mista	
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				
		MATERIAL:	DWG NO.	A4
		WEIGHT:	SCALE:1:50	SHEET 2 OF 27

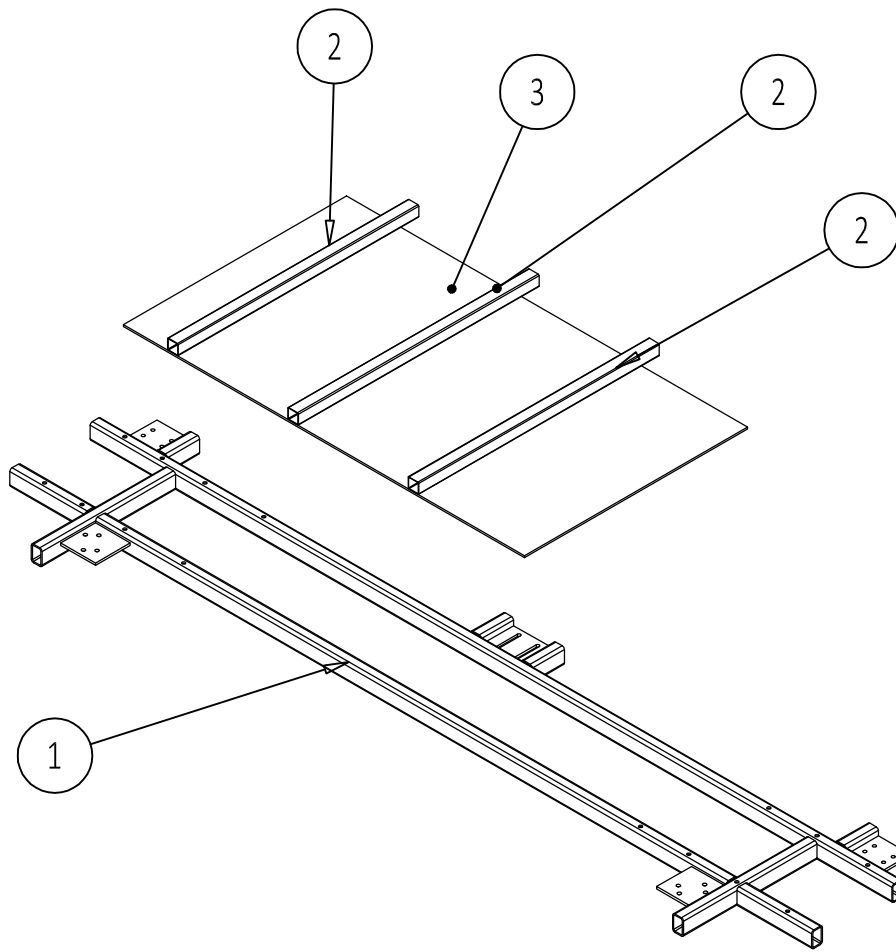
ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	Tubo 40x40x2x900	2
2	Chapa 835x750x6	1



SECTION A-A
SCALE 1:10

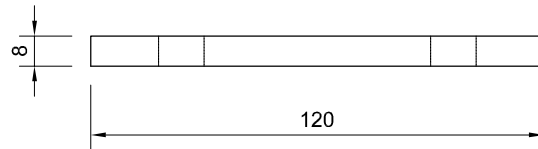
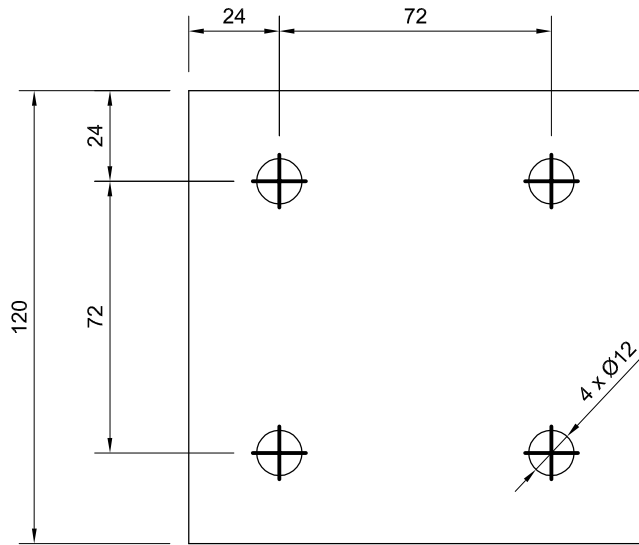
DETAIL B TYP 8 FUROS
SCALE 1:2

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:		
DRAWN L. Araújo		27-10-2013	1.2 - Plataforma Opção 3 - Versão Mista		
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A			MATERIAL:	DWG NO.	A4
			WEIGHT:	SCALE:1:20	Revisão 1
				SHEET 4 OF 27	



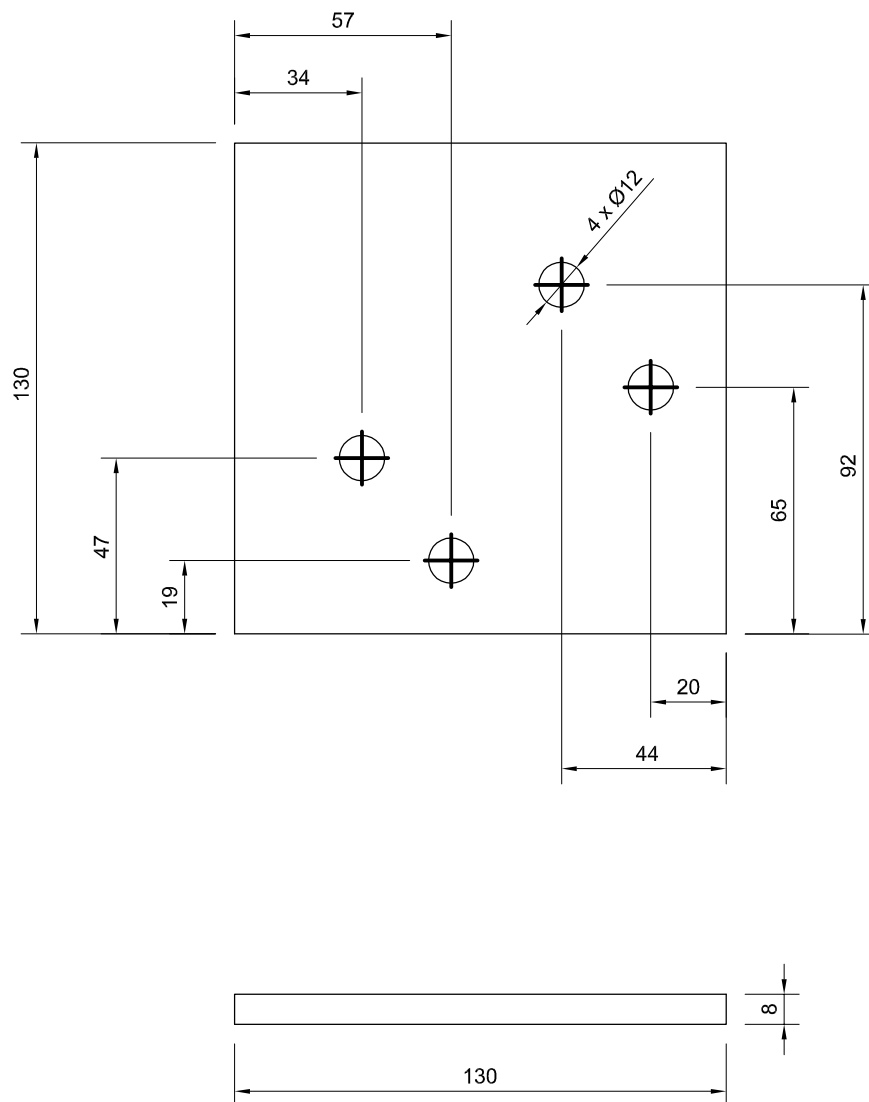
Item Nº	Descrição	Quantidade
1	Chassis Plataforma	1
2	Tubo 40x40x2x815	3
3	Chapa 1500x835x6	1

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:	
L. Araújo		01-10-2013	1.3 - Chassis Plataforma Opção 3 - Versão Mista	
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A		MATERIAL:	DWG NO.	A4
		WEIGHT:	SCALE:1:50	SHEET 5 OF 27



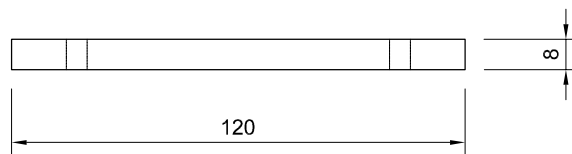
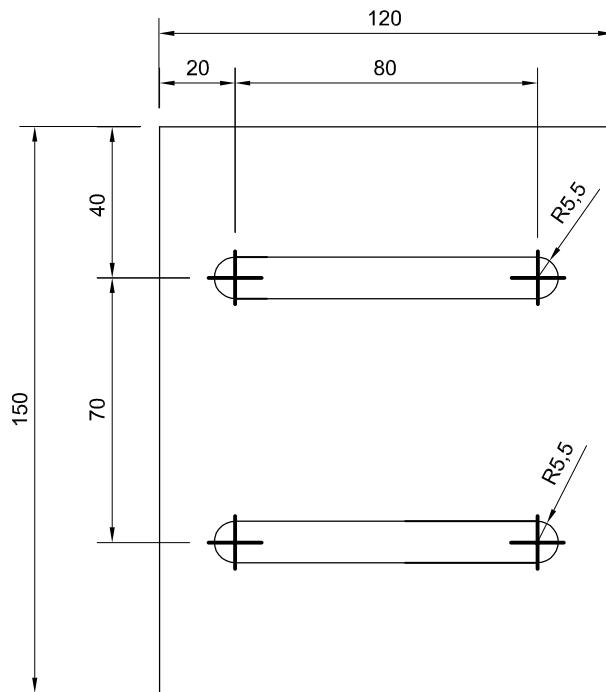
Quant. : 2 Unid

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:	
DRAWN L. Araújo		14-02-2014	1.3 - Chassis Plataforma 1 - Chapa 120x120x8 Opção 3 - Versão Mista	
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				
MATERIAL:			DWG NO.	A4
WEIGHT:			SCALE:1:5	SHEET 7 OF 27

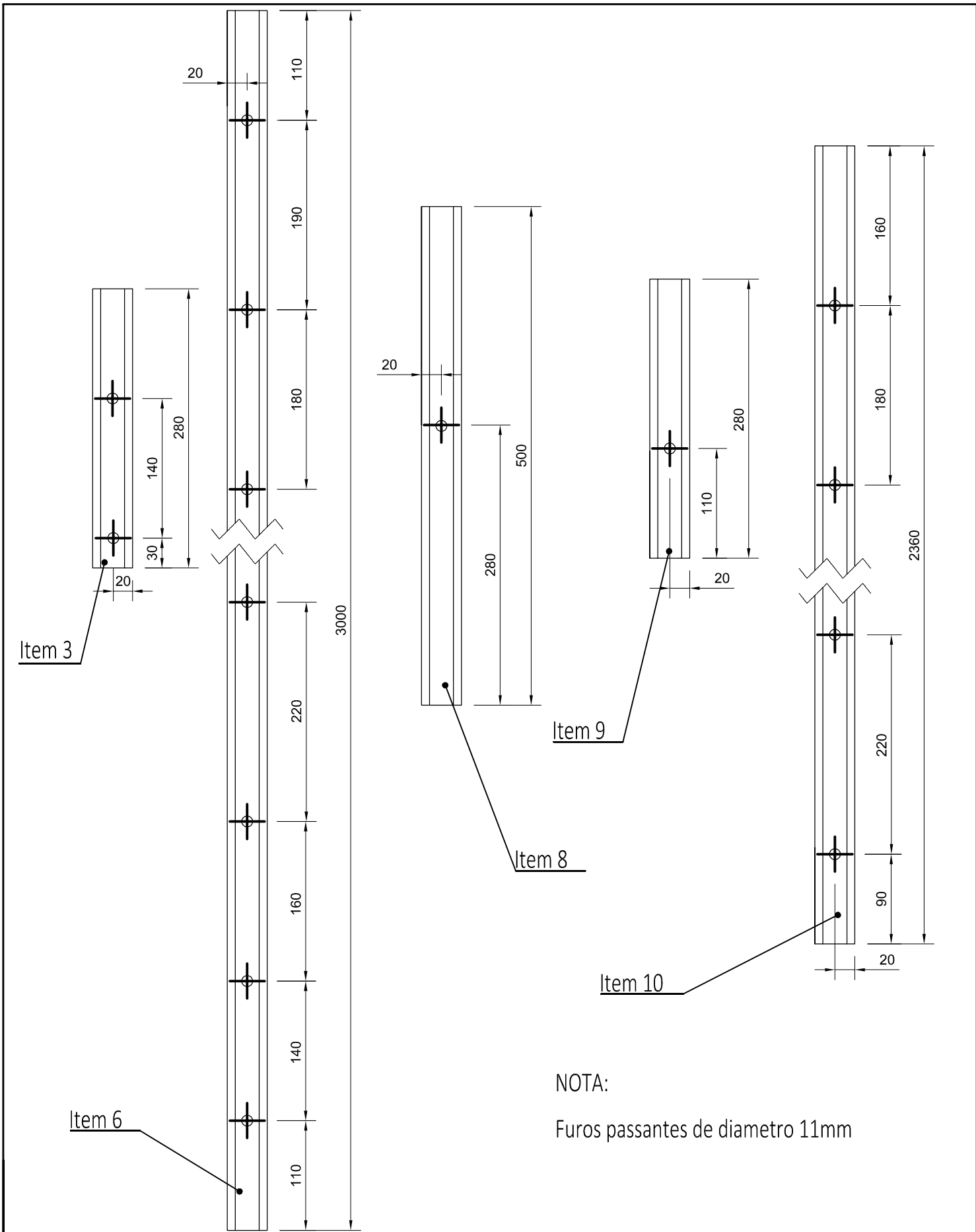


Quant. : 2 Unid

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:	
DRAWN L. Araújo		02-10-2013	1.3 - Chassis Plataforma 2-Chapa 130x130x8 Opção 3 - Versão Mista	
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				
		MATERIAL:	DWG NO.	A4
		WEIGHT:	SCALE:1:5	SHEET 8 OF 27

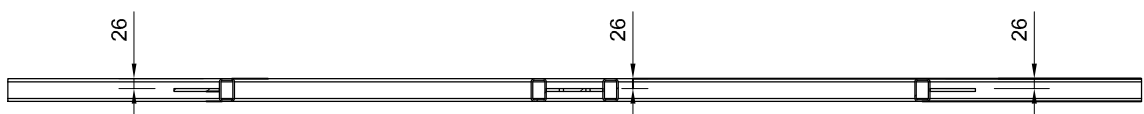
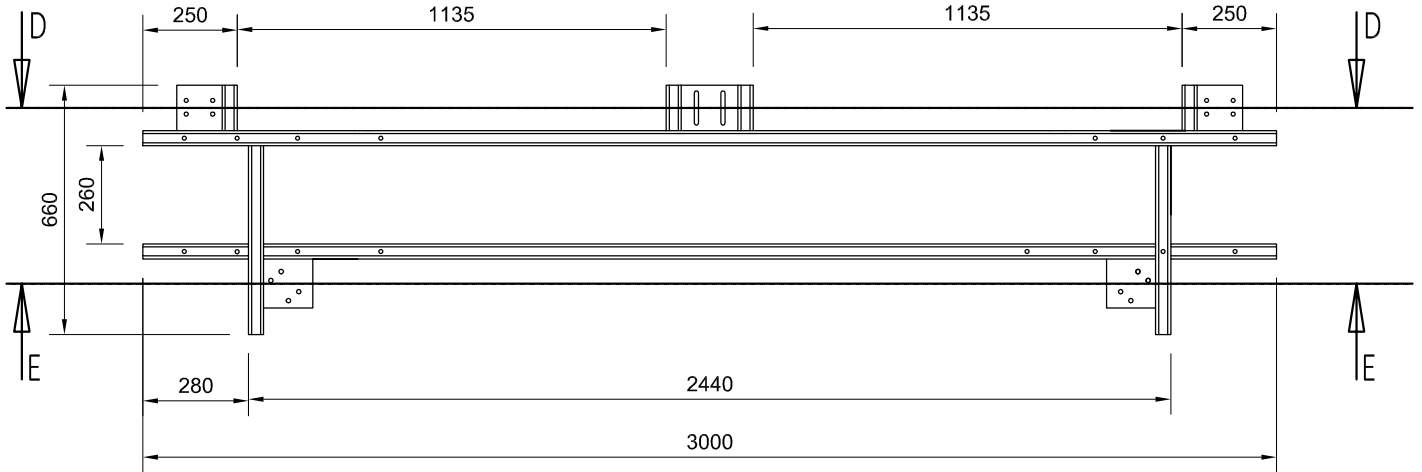


	NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE:
DRAWN	L. Araújo		01-10-2013				1.3 - Chassis Plataforma 4 - Chapa 150x120x8 Opção 3 - Versão Mista
CHK'D							
APPV'D							
MFG							
Q.A				MATERIAL:		DWG NO.	A4
				WEIGHT:		SCALE:1:5	SHEET 9 OF 27

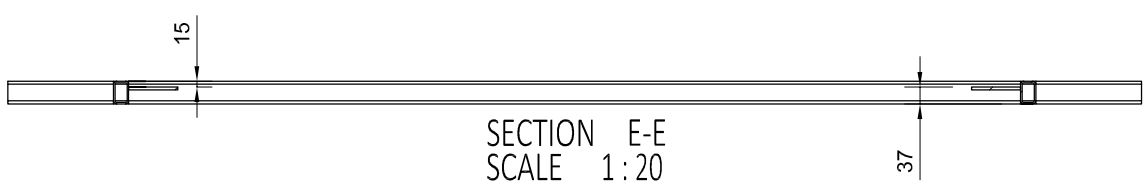


NOTA:
Furos passantes de diametro 11mm

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:
DRAWN L. Araújo		02-10-2013	1.3 - Chassis Plataforma Furação de Tubos Opção 3 - Versão Mista
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A		MATERIAL:	DWG NO.
			A4
SCALE:1:50			SHEET 10 OF 27

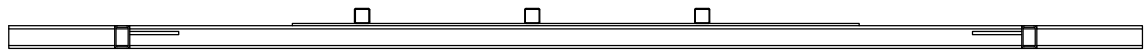
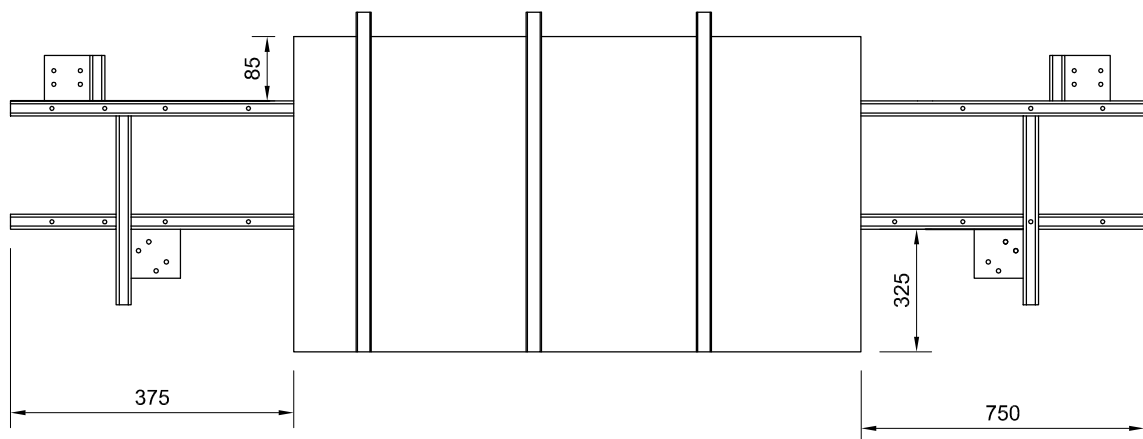
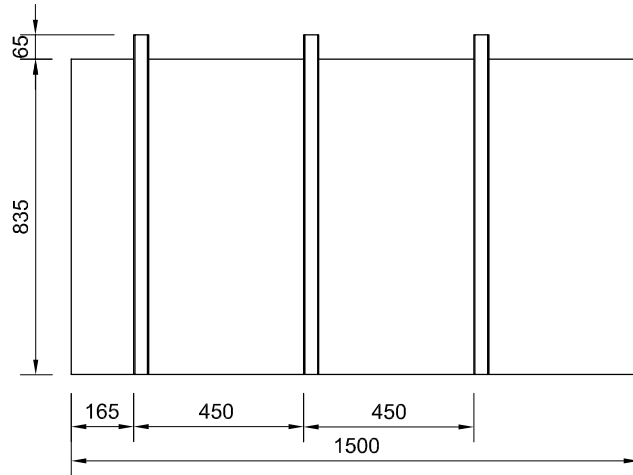


SECTION D-D
SCALE 1:20

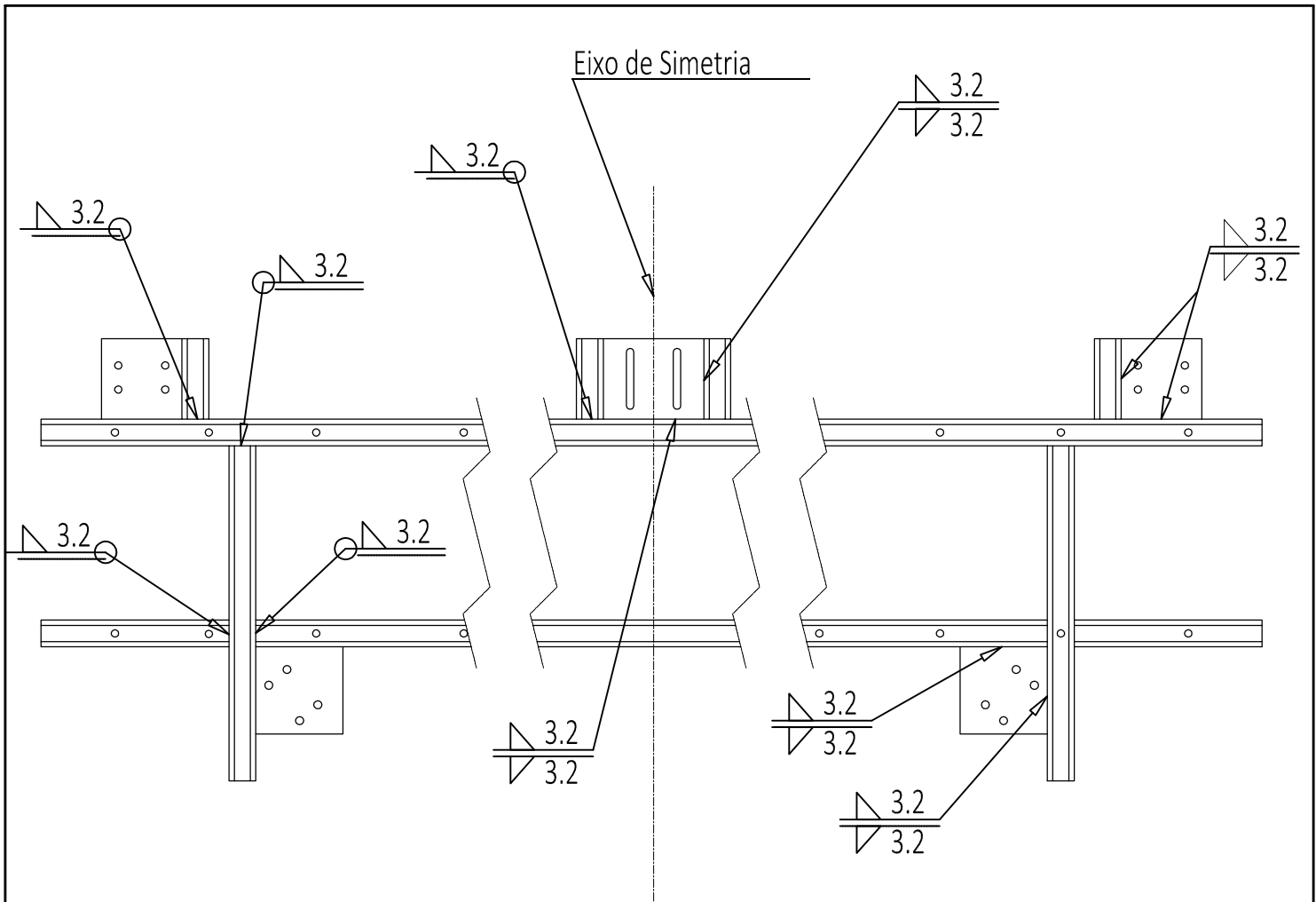


SECTION E-E
SCALE 1:20

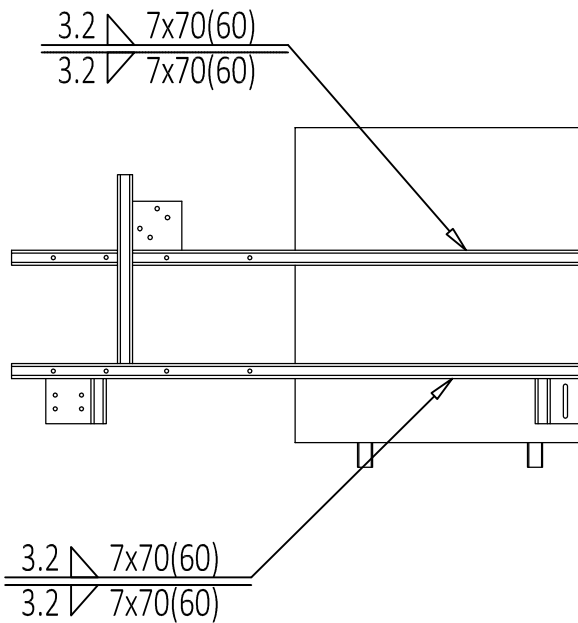
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:
DRAWN	L. Araújo		02-10-2013			1.3 - Chassis Plataforma
CHK'D						Opção 3 - Versão Mista
APPV'D						
MFG						
Q.A				MATERIAL:	DWG NO.	A4
				WEIGHT:	SCALE:1:50	SHEET 11 OF 27



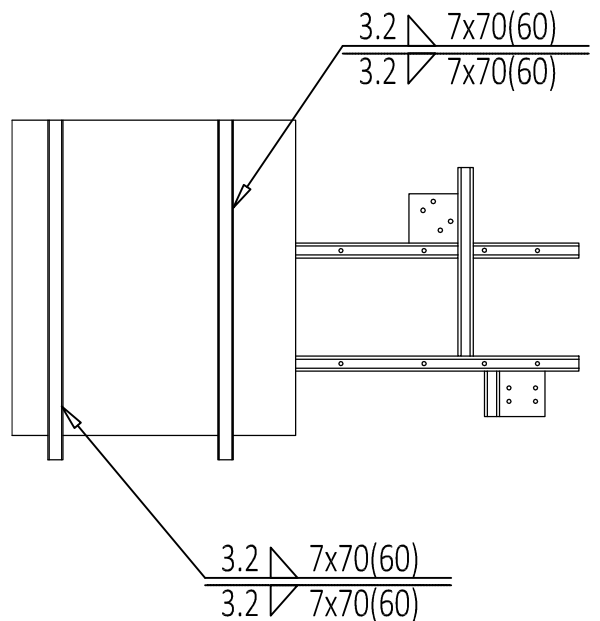
	NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE:
DRAWN	L. Araújo		03-10-2013				1.3 - Chassis Plataforma
CHK'D							Opção 3 - Versão Mista
APPV'D							
IMFG							
Q.A				MATERIAL:		DWG NO.	A4
				WEIGHT:		SCALE:1:5	SHEET 12 OF 27



Vista de baixo

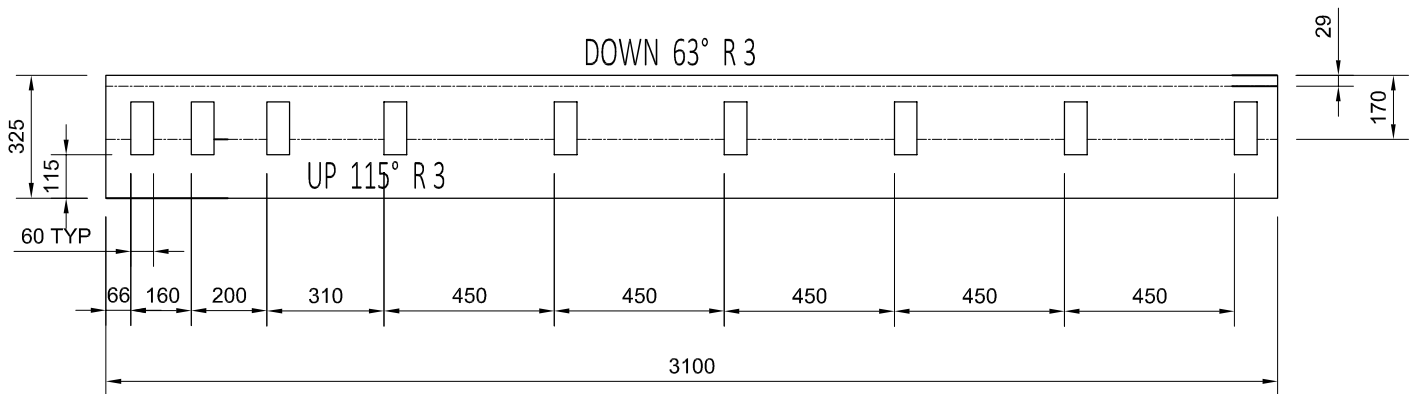
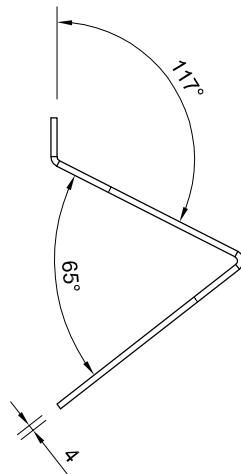


Vista de cima

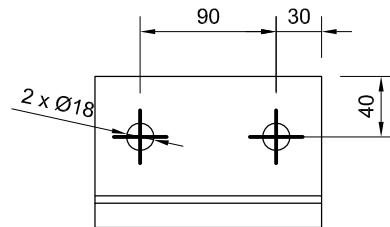
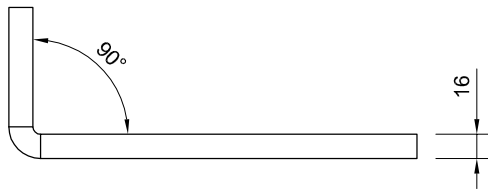
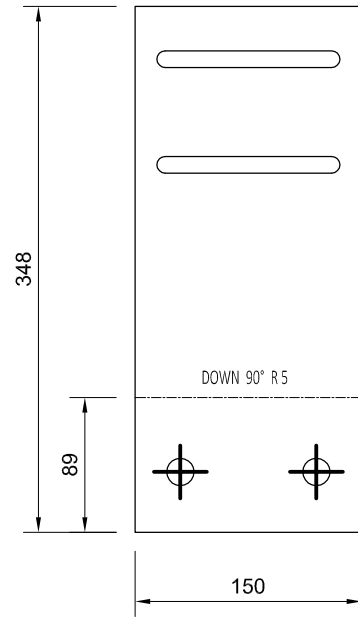
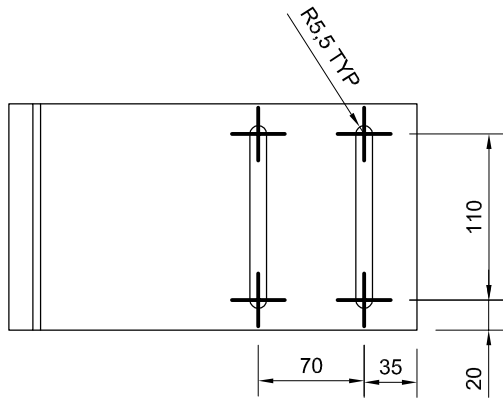


Nota:
CASO SE JUSTIFIQUE REBABAR SOLDADURA
PARA MELHOR ACENTAMENTO DAS CHAPAS

	NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE:
DRAWN	L. Araújo		02-10-2013				1.3 - Chassis Plataforma Soldadura
CHK'D							
APPV'D							Opção 3 - Versão Mista
MFG							
Q.A					MATERIAL:	DWG NO.	A4
					WEIGHT:	SCALE:1:50	SHEET 13 OF 27

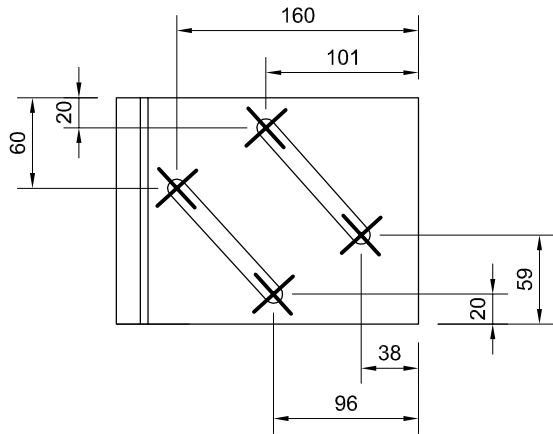


NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:	
DRAWN L. Araújo		27-10-2013	2- Apoio Longitudinal da Plataforma Opção 3 - Versão Mista	
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				
		MATERIAL:	DWG NO.	A4
		WEIGHT:	SCALE:1:100	SHEET 14 OF 27

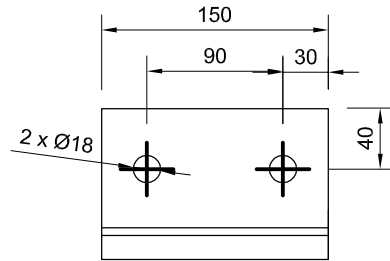
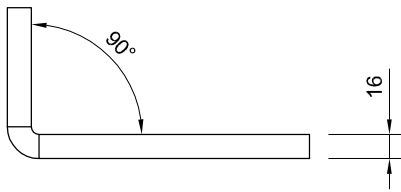
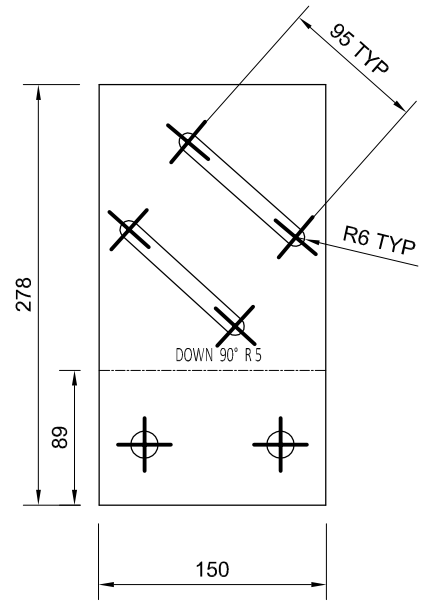


Quant.: 2 unid

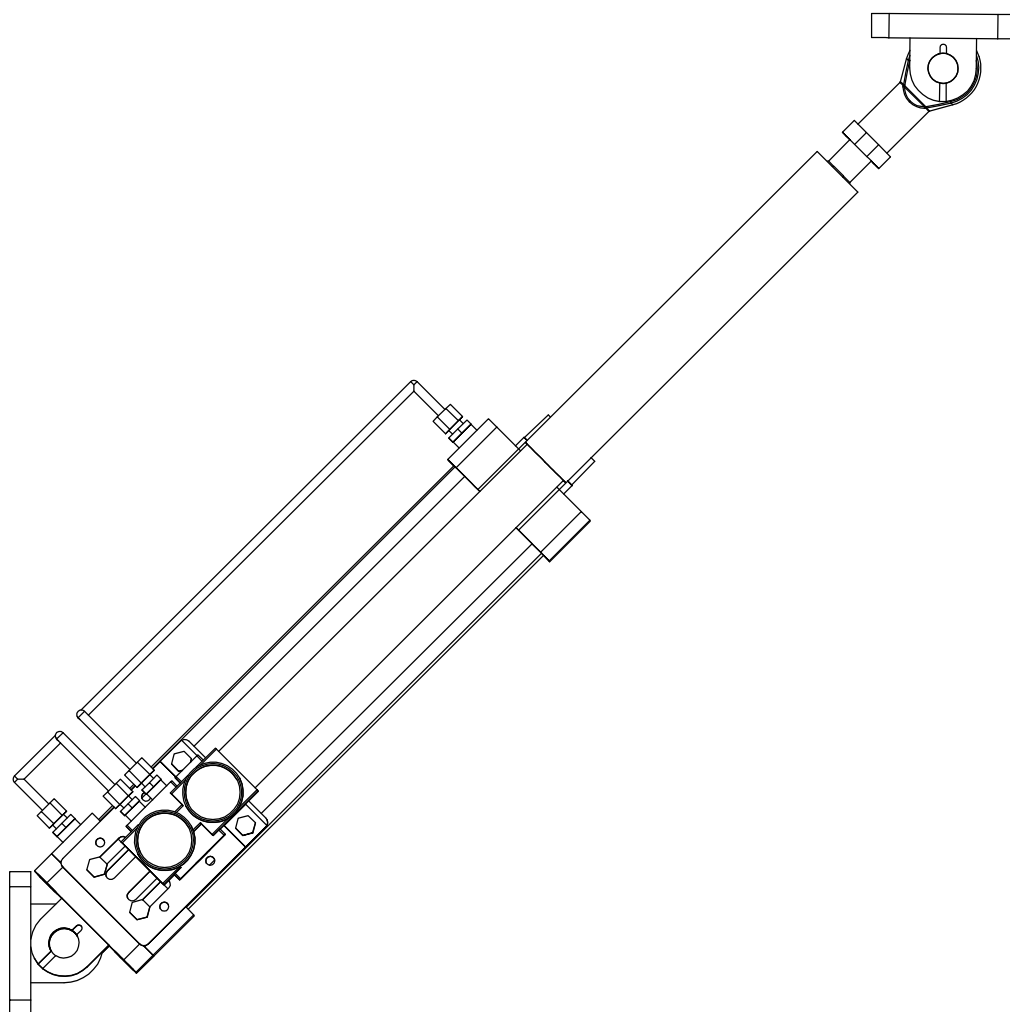
NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:	
DRAWN L. Araújo		06-10-2013	3 - Apoio Cilindro Frente Opção 3 - Versão Mista	
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				
MATERIAL:			DWG NO.	A4
WEIGHT:			SCALE:1:5	SHEET 15 OF 27



VISTA PLANA

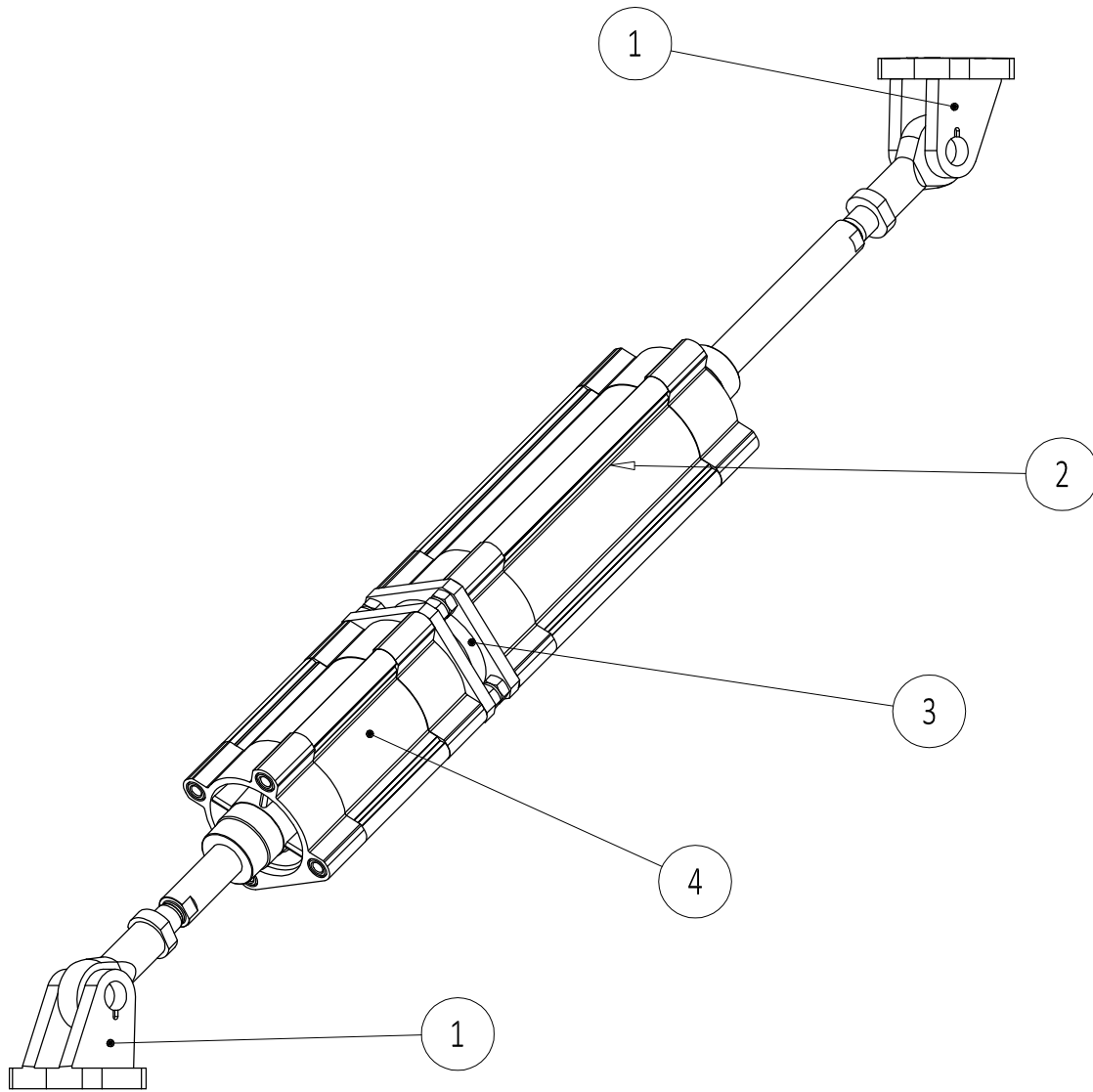


NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:	
DRAWN L. Araújo			4 - Apoio Cilindro Trás Esquerdo Opção 3 - Versão Mista	
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				
MATERIAL:			DWG NO.	A4
WEIGHT:			SCALE:1:5	SHEET 16 OF 27



Quant.: 2 unid

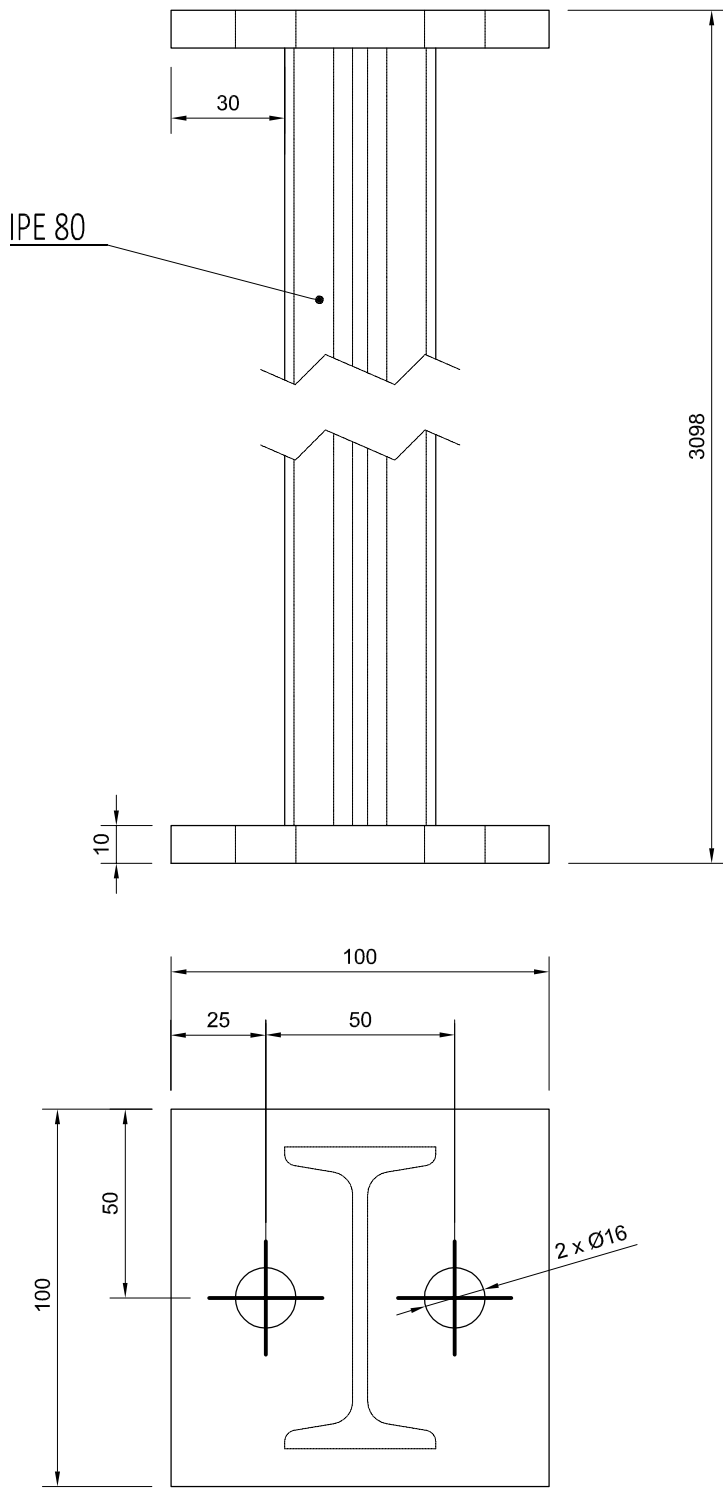
	NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE:	
DRAWN	L. Araújo		14-02-2014				7 - Cilindro L= 220mm Opção 3 - Versão Mista	
CHK'D								
APPV'D								
MFG								
Q.A				MATERIAL:		DWG NO.		A4
				WEIGHT:		SCALE:1:10		SHEET 17 OF 27



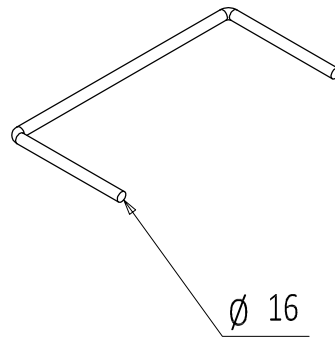
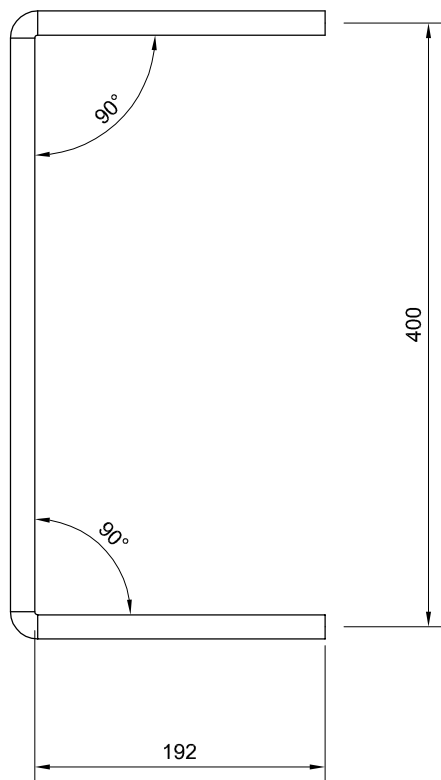
2 Unidades

ITEM NO.	Descrição	Quantidade
1	LBG80	2
2	Cilindro L=150mm	1
3	DPNC 80	1
4	Cilindro L=55mm	1

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:
DRAWN L. Araújo		06-10-2013	8 - Conjunto Cilindros Trás Opção 3 - Versão Mista
CHK'D			
APPV'D			DWG NO.
MFG			
Q.A		MATERIAL:	A4
		WEIGHT:	
		SCALE:1:20	SHEET 18 OF 27

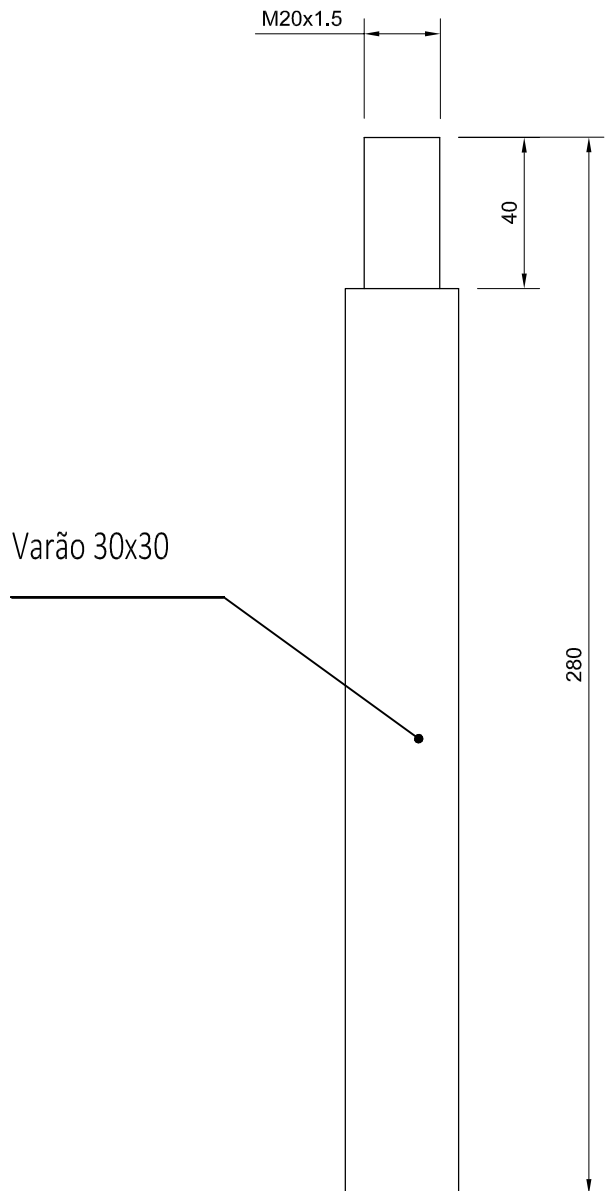
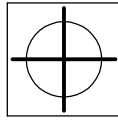


NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:		
DRAWN L. Araújo		04-10-2013	9- Apoio Longitudinal IPE80		
CHK'D			Opção 3 - Versão Mista		
APPV'D					
MFG					
Q.A			MATERIAL:	DWG NO.	A4
			WEIGHT:	SCALE:1:100	SHEET 19 OF 27



Quant. : 2 Unidades

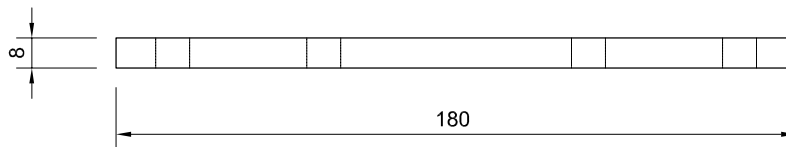
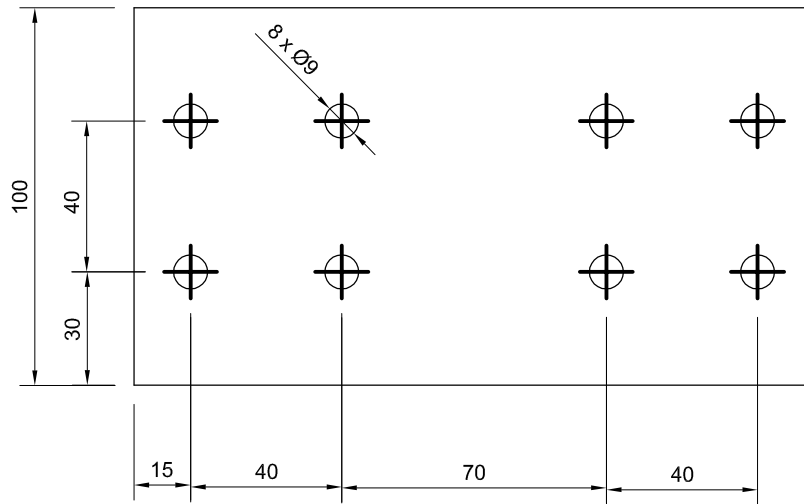
NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:	
DRAWN L. Araújo		04-10-2013	10- Acessório de Inspeção / Montagem Opção 3 - Versão Mista	
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				
MATERIAL:			DWG NO.	A4
			SCALE:1:10	SHEET 20 OF 27



Revisão	Comentários	Data	Desenhou
1	Alteração de 1 guia SNC25 para 2 guias SNC30	27-10-2013	L. Araújo

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:	
DRAWN L. Araújo		27-10-2013	12- Acessório Guia/Rótula	
CHK'D			Opção 3 - Versão Mista	
APPV'D				
MFG				
Q.A			MATERIAL:	DWG NO.
			WEIGHT:	SCALE:1:5
				SHEET 22 OF 27

A4
Revisão 1

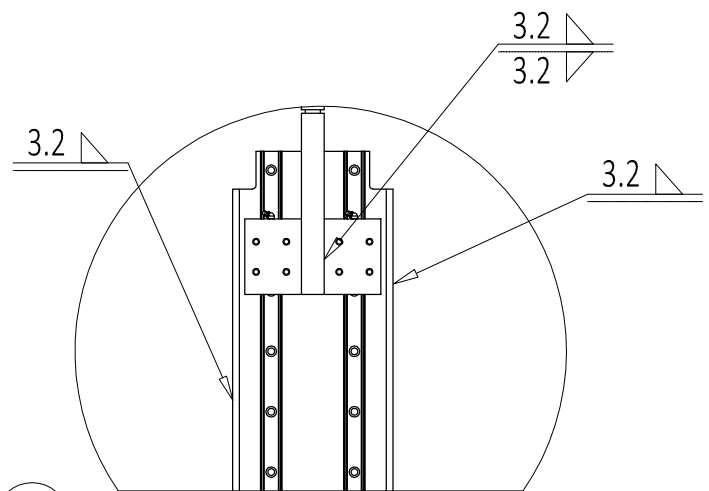
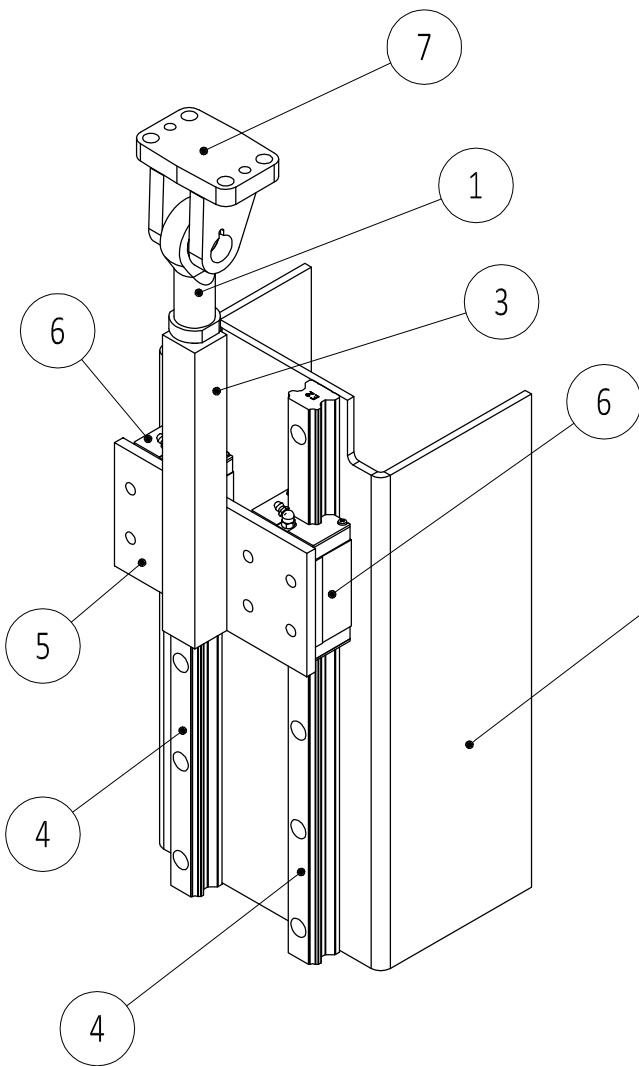
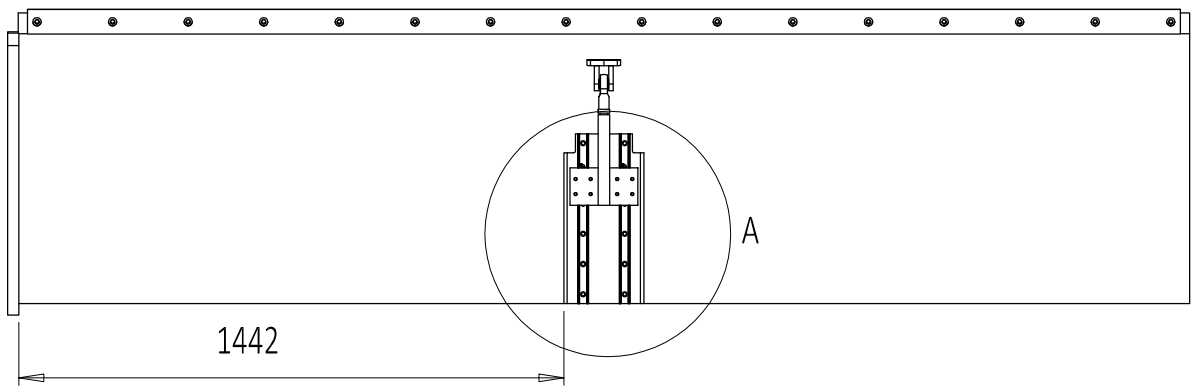


Revisão	Comentários	Data	Desenhou
1	Alteração de 1 guia SNC25 para 2 guias SNC30	27-10-2013	L. Araújo

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:	
DRAWN L. Araújo		04-10-2013	13 - Acessório Guia/Carrinho Opção 3 - Versão Mista	
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A			MATERIAL:	DWG NO.
			WEIGHT:	SCALE:1:5
				SHEET 23 OF 27

A4

Revisão 1

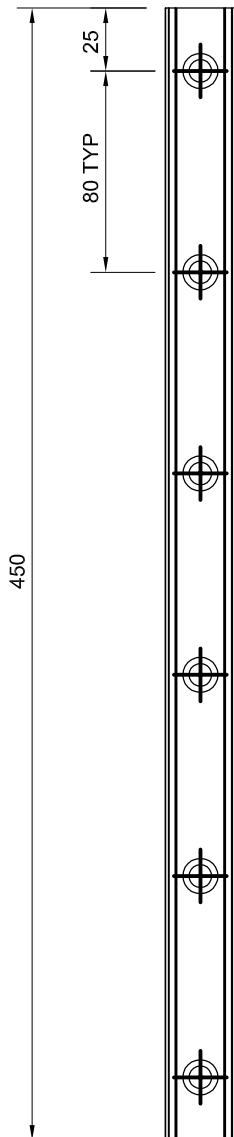


DETAIL A

ITEM NO.	Descrição	Quantidade
1	SGS M20x1.5	1
2	Apoio Guia	1
3	Acessorio Guia/Rótula	1
4	Guia Hiwin HGL30CA	2
5	Acessório Guia/Carrinho	1
6	Carrinho Hiwin HGL30CA	2
7	LBG80	1

Revisão	Comentários	Data	Desenhou
1	Alteração de 1 guia SNC25 para 2 guias SNC30	27-10-2013	L. Araújo
2	Alteração do modelo da guia SNC30 para HGL30CA	30-01-2014	L. Araújo

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:
DRAWN L. Araújo		27-10-2013	Guia Opção 3 - Versão Mista
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A		MATERIAL:	DWG NO.
			A4
		WEIGHT:	Revisão 2
			SCALE:1:10
			SHEET 24 OF 27

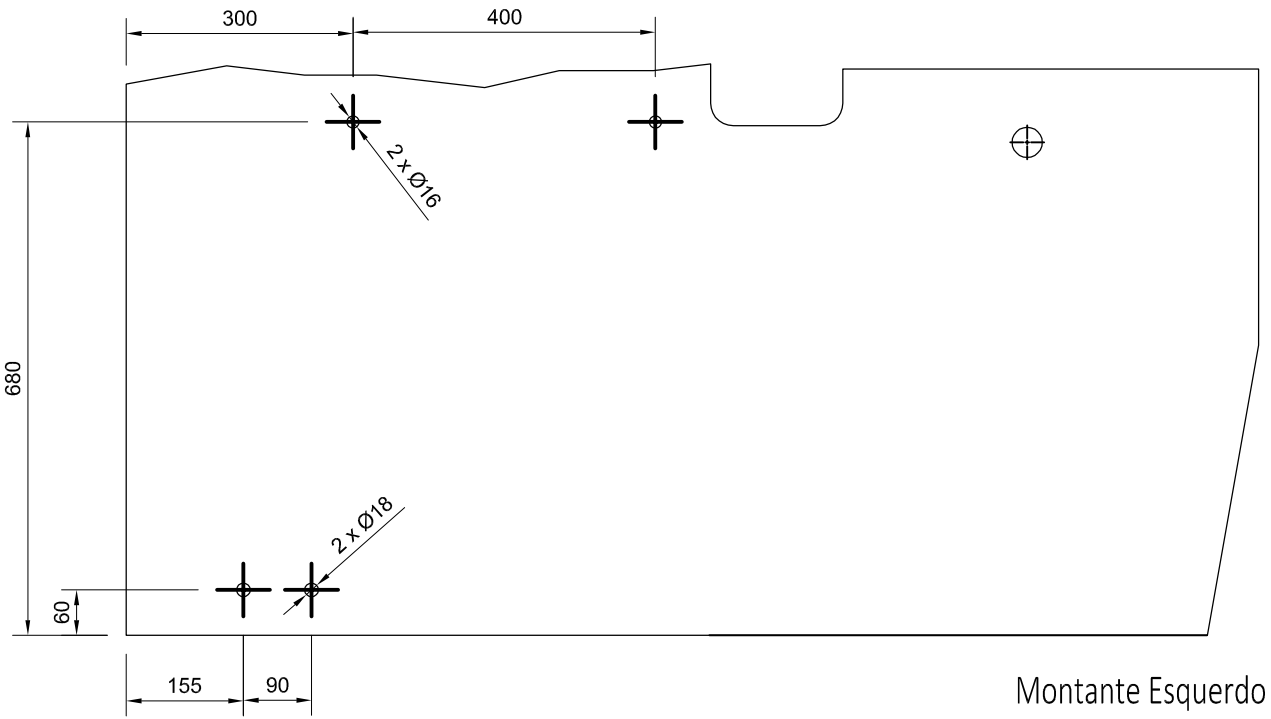
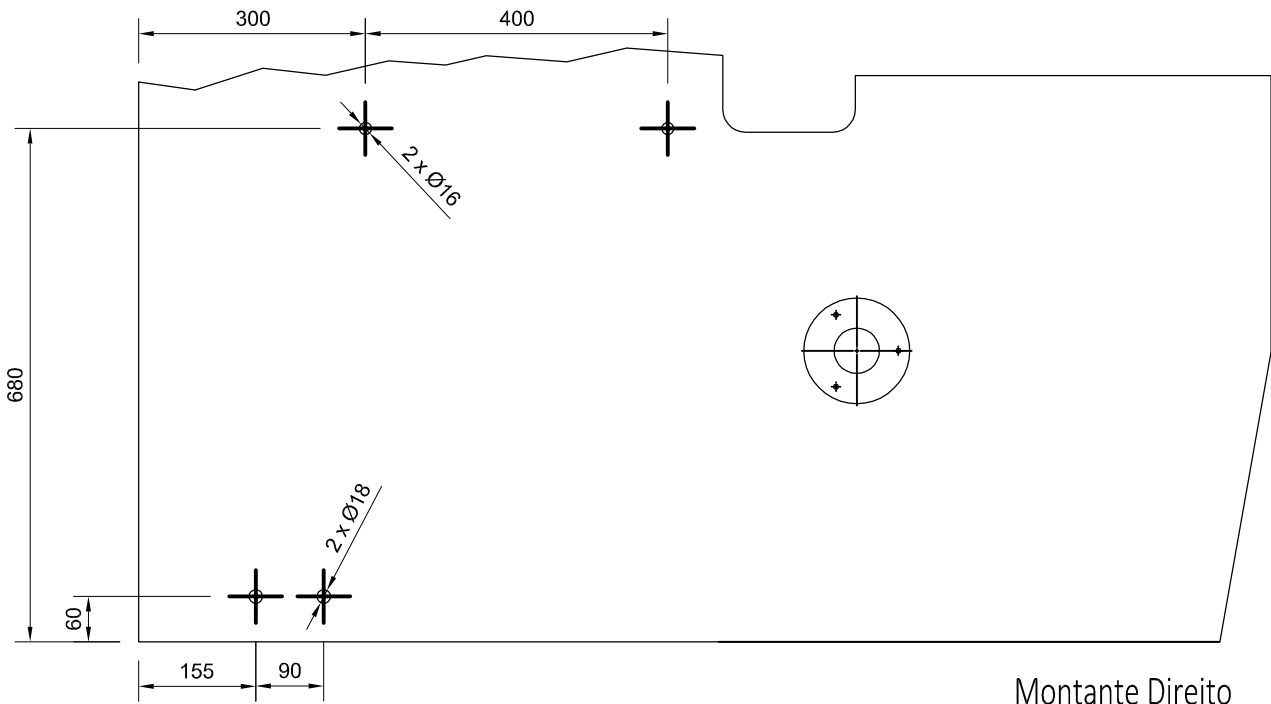


Quant: 2 Unidades

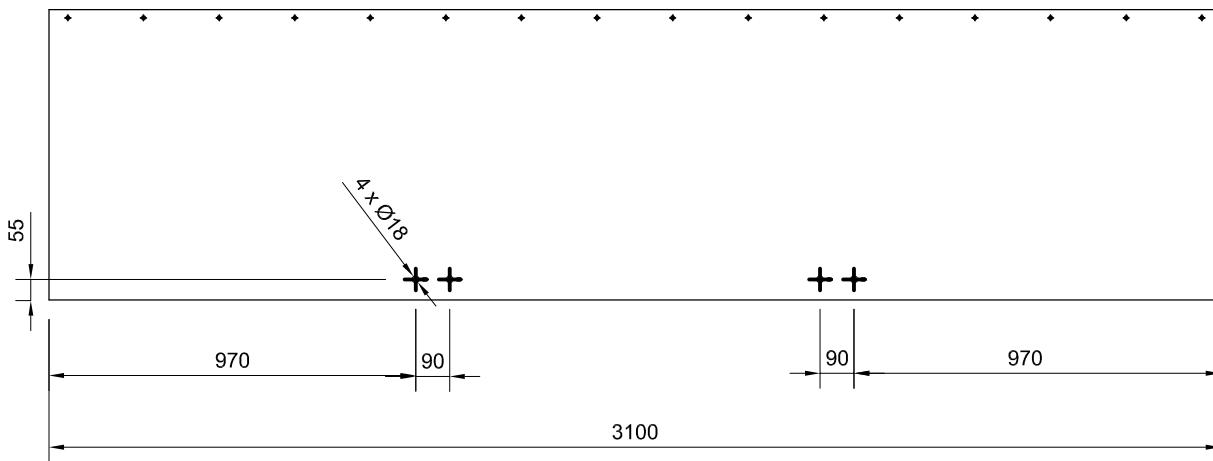
Revisão	Comentários	Data	Desenhou
1	Alteração de 1 guia SNC25 para 2 guias SNC30	27-10-2013	L. Araújo
2	Alteração do modelo da guia SNC30 para HGL30CA	30-01-2014	L. Araújo

	NAME	SIGNATURE	DATE			
DRAWN	L. Araújo		06-10-2013			
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A				MATERIAL:		
				WEIGHT:		

TITLE:		A4
Guia Hiwin HGL30CA		
Opção 3 - Versão Mista		Revisão 2
DWG NO.		
SCALE:1:5		SHEET 25 OF 27



NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:	
DRAWN L. Araújo		06-10-2013	14/15 - Furação dos Montantes Opção 3 - Versão Mista	
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				
MATERIAL:			DWG NO.	A4
SCALE:1:1			SHEET 26 OF 27	



	NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE:
DRAWN	L. Araújo		06-10-2013				16 - Furação do Suporte da Lâmina Inferior Opção 3 - Versão Mista
CHK'D							
APPV'D							
MFG							
Q.A							
				MATERIAL:		DWG NO.	A4
				WEIGHT:		SCALE:1:50	SHEET 27 OF 27