



**Lisandro Santos
Ferreira**

**Desenvolvimento e projeto de equipamentos
automatizados para a indústria**



**Lisandro Santos
Ferreira**

Desenvolvimento e projeto de equipamentos automatizados para a indústria

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob orientação científica de António Manuel Godinho Completo, Professor Auxiliar com Agregação do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro.

O júri / The jury

Presidente / President

Prof. Doutor António Manuel de Bastos Pereira

Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro

Vogais / Committee

Prof. Doutor António Manuel Godinho Completo

Professor Auxiliar com Agregação da Universidade de Aveiro (orientador)

Doutora Ana Sofia dos Santos Conceição

Técnica Especialista da Renault CACIA, S.A.

Agradecimentos / Acknowledgements

Gostaria de agradecer ao meu orientador, Professor António Completo, pela disponibilidade e orientação.

À empresa Atena - Automação Industrial pela oportunidade de realizar o estágio curricular. Um especial agradecimento ao Engenheiro Abílio Borges pelo apoio prestado.

Ao Engenheiro Alain Manata e à restante equipa do projeto mecânico por todos os ensinamentos.

Aos meus pais e irmã pelo apoio incondicional durante todo o percurso académico.

À Inês pela motivação, paciência e apoio ao longo desta caminhada.

E a todos aos que de alguma maneira me apoiaram ao longo desta caminhada.

Esta dissertação teve o apoio dos projetos UID/EMS/00481/2019-FCT - FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia; e CENTRO-01-0145-FEDER-022083 - Programa Operacional Regional do Centro (Centro2020), através do Portugal 2020 e do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional

Palavras-chave

Projeto mecânico; Máquinas industriais; Indústria automóvel; Diretiva máquinas.

Resumo

O presente relatório de estágio foi desenvolvido no âmbito do estágio curricular realizado na empresa Atena - Automação Industrial, Lda. Este estágio curricular desenvolveu-se no departamento de projeto mecânico da empresa, sendo os trabalhos aqui apresentados parte integral ou parcial de equipamentos industriais desenvolvidos pela empresa para diferentes clientes que fabricam essencialmente componentes para a indústria automóvel. Numa fase inicial deste trabalho procurou-se identificar as principais fases de desenvolvimento de um projeto mecânico de um equipamento industrial com base nos processos aplicados na empresa. Uma das questões importantes no projeto de equipamentos industriais é estes estarem de acordo com as normas regulatórias e de segurança, por esse motivo foi também realizada uma análise detalhada aos aspetos da diretiva máquinas e às normas de segurança inerentes, complementarmente foi desenvolvida uma análise aos requisitos de ergonomia e postura nos postos de trabalho. Após estas etapas preparatórias foram então desenvolvidos vários trabalhos de projeto mecânico para diferentes equipamentos com aplicações distintas. Alguns destes trabalhos de projeto foram intervenções ao nível de adição ou alteração de funcionalidades a equipamentos já existentes, que por exemplo tiveram a necessidade de ser compatibilizados ou adaptados para a fabricação de novas referências de produto. Outros trabalhos de projeto mecânico corresponderam ao desenvolvimento integral de equipamentos, tendo sido nestes casos os equipamentos concebidos com base nos cadernos de encargos definidos e acordados com os clientes. No total foram desenvolvidos seis projetos mecânicos, estando estes detalhadamente descritos no presente relatório de estágio. Estes seguiram a metodologia aplicada na empresa, passando numa fase inicial pela realização da análise aos requisitos dos clientes em termos de diversidade de produto e características técnicas a assegurar na operação, numa fase seguinte estabeleceram-se as principais especificações técnicas para o equipamento a projetar, seguindo-se à modelação dos equipamentos com a integração de diferentes componentes comerciais e específicos a estes, finalmente realizou-se a documentação técnica constituída pelos desenhos de conjunto, lista de materiais e desenhos de definição dos principais componentes específicos. Destes projetos quatro encontram-se já a funcionar nos clientes, sendo que de uma forma geral os equipamentos projetados estão a trabalhar corretamente, tendo estes sido oficialmente rececionados e validados pelos serviços técnicos das empresas clientes. A diversidade dos trabalhos desenvolvidos revelou-se essencial para expandir os conhecimentos na área do projeto mecânico e melhor compreender os seus desafios.

Keywords

Mechanical project; Industrial machines; Automobile industry; Machine directive.

Abstract

The present internship report was developed under the curricular internship at the company Atena - Automação Industrial, Lda. This curricular internship was developed in the mechanical project department of the company, being the project here presented integral or partial part of industrial equipment developed by the company for different clients that produce primarily components for the automobile industry. In an initial phase of this work the main phases of development a mechanical project of industrial equipment based in the processes applied in the company were identified. One of the most important questions in the project of industrial equipment is the equipment being according to the regulatory and security norms, and because of this a detailed analysis of machine directive's and their inherent security norms was made, completely was developed an analysis to the ergonomics requisites and posture in the workstations. After these preparatory stages several mechanical project works were developed for different equipment with distinct applications. Some of this project works were interventions for adding or modification functionalities to pre-existing equipment, that for example had the necessity to be compatibilized or adapted to the fabrication of new product references. Other mechanical project works corresponded to the integral development of equipment, being in these cases the conceived equipment based on the specifications defined and concerted with the clients. In total six mechanical projects were developed, being these explained with detail in the present internship report. These projects followed the methodology applied in the company, passing in an initial phase by the realization of an analysis of client requisites in terms of product diversity and technical characteristics to ensure in the operation, in a posterior phase the main technical specifications for the equipment to be projected were specified, followed by equipment modulation with the integration of different commercial components and specific to these, finally the technical documentation was made constituted by technical draws of set, material list and definition draws of the principal specific components. From these projects four are already working in the clients, being that the projected equipment is working in the correct way, being these officially received and validated by the technical services of the clients companies. The diversity of work developed revealed essential to expand the knowledge in the mechanical project area and improve the comprehension of its challenges.

Índice

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento	1
1.2	Objetivos	2
1.3	Organização	2
2	Projeto de equipamentos industriais	3
2.1	Conceito de projeto	3
2.2	Identificação dos requisitos dos clientes	4
2.3	Engenharia simultânea vs. Engenharia sequencial	5
2.4	Integração de sistemas anti-erro e segurança na fase de projeto	6
2.4.1	Método Poka-Yoke	6
2.4.2	Sistema LOTO	8
3	Diretiva Máquinas	9
3.1	Introdução	9
3.1.1	Definição de máquina	9
3.1.2	Aplicabilidade da diretiva relativa às máquinas 2006/42/CE	10
3.1.3	Passos para a comercialização e colocação em serviço de uma máquina na comunidade europeia	11
3.1.4	Livre circulação	11
3.1.5	Marcação «CE»	11
3.2	Normas de segurança	12
3.2.1	Avaliação de riscos	14
3.2.2	Medidas a tomar para reduzir os riscos	15
3.2.3	Exemplos de aplicação de sistemas de segurança	16
3.2.4	Cálculo da distância mínima de segurança	18
3.2.5	Distâncias de segurança utilizadas em proteções mecânicas	21
3.3	Requisitos de ergonomia e postura no posto de trabalho	22
4	Casos de estudo	27
4.1	Introdução	27
4.2	Caso de estudo 1 - Alteração de um equipamento de estanquidade	27
4.2.1	Descrição do projeto	27
4.2.2	Requisitos do cliente	29
4.2.3	Definição das especificações do projeto	29
4.2.4	Projeto mecânico das modificações desenvolvidas	30
4.2.4.1	Apresentação do resultado final e as modificações efetuadas	30

	4.2.4.2	Modificação do sistema de tamponamento	30
	4.2.4.3	Verificação da estanquidade	35
	4.2.5	Documentação técnica	36
	4.2.6	Discussão	37
4.3		Caso de estudo 2 - Alteração dos postos de aparafusamento	38
	4.3.1	Descrição do projeto	38
	4.3.2	Requisitos do cliente	39
	4.3.3	Definição das especificações do projeto	39
	4.3.4	Projeto mecânico das modificações desenvolvidas	40
	4.3.4.1	Apresentação do resultado final e as modificações efetuadas	40
	4.3.4.2	Modificações no sistema de aparafusamento.	41
	4.3.4.3	Separação física entre as OPs e redefinição das portas . . .	48
	4.3.5	Documentação técnica	53
	4.3.6	Discussão	54
4.4		Caso de estudo 3 - Modificação de um posto de desaperto de grampos . .	55
	4.4.1	Descrição do projeto	55
	4.4.2	Requisitos do cliente	56
	4.4.3	Definição das especificações do projeto	56
	4.4.4	Estudo inicial	56
	4.4.5	Projeto mecânico das modificações desenvolvidas	57
	4.4.5.1	Apresentação do resultado final	58
	4.4.5.2	Modificação no sistema de desaperto dos grampos	58
	4.4.5.3	Sistema de lubrificação	60
	4.4.5.4	Sistema de fixação	60
	4.4.5.5	Simulação computacional	61
	4.4.5.6	Deteção da variedade de cárter	64
	4.4.6	Documentação técnica	65
	4.4.7	Discussão	66
4.5		Caso de estudo 4 - Dispensador de rolamentos para uma célula robotizada	67
	4.5.1	Descrição do projeto	67
	4.5.2	Requisitos do cliente	67
	4.5.3	Definição das especificações	67
	4.5.4	Projeto mecânico das modificações desenvolvidas	68
	4.5.4.1	Apresentação do resultado final	68
	4.5.4.2	Dispensador de rolamentos	68
	4.5.4.3	Porta rolamentos	70
	4.5.5	Documentação técnica	71
	4.5.6	Discussão	72
4.6		Caso de estudo 5 - Desenvolvimento de ferramentas para prensagem . . .	73
	4.6.1	Descrição do projeto	73
	4.6.2	Reconstrução 3D dos componentes essenciais para o desenvolvi- mento das ferramentas	73
	4.6.3	Estudo inicial	75
	4.6.4	Atravancamento das ferramentas a serem utilizadas nas prensas . .	76
	4.6.5	Simulação computacional	78
	4.6.6	Material das ferramentas	80
	4.6.7	Documentação técnica	81

4.6.8	Discussão	81
4.7	Caso de estudo 6 - Desenvolvimento de uma mesa de indexação, de um posto de aperto e outro de desaperto de grampos	82
4.7.1	Descrição do projeto	82
4.7.2	Requisitos do cliente	82
4.7.3	Definição das especificações do projeto	83
4.7.4	Estudo inicial	84
4.7.5	Projeto mecânico das modificações desenvolvidas	86
4.7.5.1	Apresentação do resultado final	86
4.7.5.2	Mesa de indexação	88
4.7.5.3	Sistema de aperto dos grampos	90
4.7.5.4	Sistema de fixação	90
4.7.5.5	Estrutura do posto de aperto	92
4.7.5.6	Sistema de lubrificação	93
4.7.5.7	Dispositivos de proteção e segurança	94
4.7.5.8	Principais diferenças entre o posto de aperto e o posto de desaperto	94
4.7.6	Documentação técnica	96
4.7.7	Discussão	96
5	Conclusões e trabalhos futuros	97
5.0.1	Conclusões	97
5.0.2	Trabalhos futuros	98
A	Documentação técnica do primeiro caso de estudo	103
B	Documentação técnica do segundo caso de estudo	109
C	Documentação técnica do terceiro caso de estudo	123
D	Documentação técnica do quarto caso de estudo	133
E	Documentação técnica do quinto caso de estudo	141
F	Documentação técnica do sexto caso de estudo	151

Lista de Figuras

2.1	Engenharia sequencial [5].	5
2.2	Engenharia sequencial vs. engenharia simultânea. Adaptado de [5].	6
2.3	Exemplo de Poka-Yoke. Adaptado de [7].	7
2.4	Exemplo de Poka-Yoke real.	7
2.5	Dispositivos utilizados no sistema LOTO.	8
3.1	Esquema de algumas das diretivas aplicadas na União Europeia e a sua respectiva área de aplicação.	10
3.2	Passos para a comercialização de máquinas.	12
3.3	Representação da marcação CE [10].	12
3.4	Esquema dos dispositivos utilizados e respectivas normas [12].	13
3.5	Esquema do processo de avaliação de riscos [12].	14
3.6	Esquema do processo de redução dos riscos [12].	15
3.7	Evitar pontos de esmagamento. Adaptado de [12].	16
3.8	Acesso impedido de forma permanente às zonas perigosas [12].	17
3.9	Acesso impedido de forma temporária [12].	17
3.10	Proteção contra a projeção de limalhas [12].	18
3.11	Sistema de diferenciação [12].	18
3.12	Fluxograma do processo de seleção de um dispositivo de proteção [12].	19
3.13	Tipos de aproximação a zonas perigosas [12].	19
3.14	Exemplo de proteção de acesso. Adaptado de [12].	20
3.15	Representação das alturas recomendadas para uma mesa de trabalho consoante o posto. Adaptado de [17].	24
3.16	Alcances máximos do operador na mesa [17].	24
4.1	Equipamento de estanquidade antes das modificações.	28
4.2	Vista em corte do posto original.	28
4.3	Sistema que se encontrava implementado antes das modificações.	29
4.4	Nova zona de tamponamento pretendida pelo cliente.	29
4.5	Resultado final do projeto desenvolvido.	30
4.6	Vista em corte do novo sistema implementado.	31
4.7	Representação 3D CAD de uma garra do tipo fole.	31
4.8	Vista de corte de uma garra do tipo fole [19].	31
4.9	Representação esquemática e características técnicas das garras do tipo fole. Adaptado de [19].	32
4.10	Sistema de tamponamento final.	33
4.11	Representação do novo sistema de tamponamento.	34

4.12	Zonas vedadas de forma a garantir a estanquidade.	35
4.13	Identificação do o-ring selecionado para demonstrar o dimensionamentos das caixas de alojamento.	35
4.14	Tipos de utilização de o-rings. Adaptado de [20].	36
4.15	Célula robotizada (antes das modificações).	38
4.16	Aparafusadoras OP90.1 e OP90.2 (antes das modificações).	39
4.17	Vista do lado direito da célula robotizada com as alterações efetuadas indicadas.	40
4.18	Componentes de um cilindro eletromecânico da Bosch Rexroth [23].	41
4.19	Carga axial mecânica do cilindro eletromecânico utilizado [23].	42
4.20	Aparafusadoras finais (vista frontal).	42
4.21	Aparafusadoras finais (vista isométrica).	43
4.22	Vista explodida da modificação realizada à aparafusadora.	43
4.23	Representação do patim da NIPPON BEARING.	44
4.24	Representação esquemática do patim utilizado [24].	44
4.25	Dados utilizados para o cálculo do momento exercido no patim.	45
4.26	Switch da OsiSence XC [26].	46
4.27	Fim de curso.	46
4.28	Características técnicas do sistema de lubrificação utilizado [27].	47
4.29	Sistemas de lubrificação acrescentados a cada uma das OPs (os sistemas acrescentados encontram-se assinalados).	47
4.30	Novas proteções para a célula robotizada, com separação entre OPs.	48
4.31	Identificação das zonas.	49
4.32	Perfil ligeiro de alumínio 45X45 da Fasten [28].	49
4.33	Características técnicas dos conetores utilizados para a ligação dos perfis. Adaptado de [28].	50
4.34	Características técnicas das dobradiças e a sua forma de aplicação nas portas de acesso à ilha robotizada [28].	50
4.35	Bloco de fixação dos painéis de policarbonato [28].	51
4.36	Suporte utilizado nas bases do perfis de alumínio. Adaptado de [28].	51
4.37	Porca de cabeça martelo M6. Adaptado [28]	52
4.38	Parte inferior das proteções.	52
4.39	Representação 3D CAD do fecho da Euchner.	52
4.40	Exemplo 3D CAD de uma caixa de comando de quatro botões.	53
4.41	Posto de desaperto dos grampos.	55
4.42	Comparação entre a paleta antiga (esquerda) e a nova (direita).	56
4.43	Representação dos grampos utilizadas em função do cárter.	57
4.44	Identificação das zonas de fixação.	57
4.45	Posto de desaperto de grampos após as modificações.	58
4.46	Sistema de desaperto dos grampos.	58
4.47	Deteção da posição do cilindro quando este se encontra recuado.	59
4.48	Deteção da posição do cilindro quando este se encontra avançado.	59
4.49	Representação do patim da Bosch Rexroth.	60
4.50	Posto de desaperto a realizar a fixação dos cárteres.	60
4.51	Representação de um dos cilindros de fixação e a respetiva folga.	61
4.52	Placa e cilindros de fixação.	61
4.53	Condições de fronteira aplicadas.	62

4.54	Forças aplicadas.	62
4.55	Campo de tensões de von Mises, vista superior da placa.	63
4.56	Campo de tensões de von Mises, vista inferior da placa.	63
4.57	Campo de deslocamentos.	64
4.58	Fotocélulas do posto de desaperto.	64
4.59	Altura desde o topo dos cárteres até à base das paletes.	65
4.60	Peças de desgaste.	65
4.61	Ilha robotizada.	67
4.62	Principais dimensões (em <i>mm</i> do rolamento a ser utilizado).	68
4.63	Equipamentos desenvolvidos.	69
4.64	Vista de corte do dispensador.	69
4.65	Fotocélulas do dispensador de rolamentos	70
4.66	Fotocélula em forqueta.	70
4.67	Vista de corte do porta rolamentos.	71
4.68	Representação 3D CAD da máquina.	73
4.69	Exemplo de 2D utilizado para realizar a construção do 3D.	74
4.70	Diferença entre o corpos dos sistemas de prensagem.	74
4.71	Sistema de prensagem em corte.	74
4.72	Suporte das ferramentas elaborado a partir de planos 2D.	75
4.73	Representação 3D CAD de uma máquina.	75
4.74	Representação da chegada da paleta à máquina 1.	77
4.75	Representação do primeiro ciclo de prensagem na máquina 1.	77
4.76	Representação do segundo ciclo de prensagem na máquina 1.	78
4.77	Deteção das ferramentas.	78
4.78	Condição de fronteira aplicada.	79
4.79	Força aplicada na ferramenta.	79
4.80	Campo de tensões de von Mises.	80
4.81	Tensão máxima na ferramenta.	80
4.82	Campo de deslocamentos.	81
4.83	Representação da paleta.	82
4.84	Identificação das zonas de apoio/indexação da paleta.	84
4.85	Posicionamento dos grampos.	85
4.86	Zona de fixação.	85
4.87	Posto de aperto.	86
4.88	Posto de desaperto.	87
4.89	Mesa de indexação.	87
4.90	Conceito base.	88
4.91	Principais conjuntos da mesa.	88
4.92	Mesa de indexação recuada.	89
4.93	Indexadores.	89
4.94	Representação dos dois estados do cilindro.	90
4.95	Sistema de aperto recuado.	91
4.96	Sistema de aperto avançado.	91
4.97	Cilindro a realizar a fixação do cárter.	92
4.98	Principais componentes da estrutura do posto de aperto.	92
4.99	Sistema de lubrificação.	93
4.100	Dispositivos de proteção e de segurança.	94

4.101	Posto de desaperto, cilindros recuados.	95
4.102	Posto de desaperto, cilindros avançados.	95

Lista de Tabelas

3.1	Fórmulas para o cálculo das distâncias de segurança em função do tipo de aproximação. S é a distância mínima, H a altura do campo desde proteção ao plano de detecção, d é a resolução do ESPE, β representa o ângulo entre o plano de detecção e a direção de aproximação e T é o tempo de paragem devido ao tempo de resposta e à inércia do sistema. Adaptado de [12]. . .	21
3.2	Distâncias de segurança para as proteções mecânicas. As linhas a negrito definem a parte do corpo restrita pelo tamanho da abertura. Adaptado de [12].	22
4.1	Características do silicone e do EPDM [19].	32
4.2	Características da caixa que vai alojar o o-ring. Adaptado de [21].	36
4.3	Características técnicas dos cilindros eletromecânicos da Bosch Rexroth (as características dos cilindros eletromecânicos selecionados encontram-se delimitadas) [22].	42
4.4	Características técnicas do patim utilizado. Adaptado de [24].	45
4.5	Características técnicas do perfil ligeiro de alumínio 45X45 da Fasten [28].	49
4.6	Alguns sufixos utilizados na nomenclatura.	54
4.7	Coluna luminosa diferentes estados. Adaptado de [38].	95

Capítulo 1

Introdução

1.1 Enquadramento

O estágio curricular realizado no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica na Universidade de Aveiro, teve como principal objetivo o desenvolvimento de equipamentos automatizados para a indústria.

O presente trabalho foi realizado no departamento de projeto mecânico da empresa Atena - Automação Industrial, Lda, onde decorreu o estágio curricular durante um semestre letivo. A Atena é um empresa integradora e fabricante de máquinas automatizadas para a indústria. A Atena dedica-se à área de automação industrial, fabricando não só máquinas individuais como também linhas de produção. Os principais clientes são a Renault Cacia, S.A., a Bosch Termotecnologia, S.A., a OLI - Sistemas Sanitários, S.A., a Yazaki Europe: Automotive Products, o Grupo Antolin, o Grupo SODECIA e o Grupo Faurecia.

Numa fase inicial do projeto mecânico é necessário ter atenção aos requisitos impostos pelos clientes para seguidamente esboçar as especificações do projeto. Depois dá-se início do desenvolvimento do projeto mecânico seguido pelo projeto elétrico. Após estas etapas inicia-se a construção e montagem das máquinas e por fim a programação das mesmas. Seguidamente é realizado o processo de validação da máquina e elaborada a respectiva documentação. Finalmente é feita a instalação e arranque das máquinas nas instalações do cliente. Em qualquer uma das fases do desenvolvimento existe comunicação entre as diferentes equipas envolvidas (o projeto mecânico, o projeto elétrico, a produção, entre outros) no projeto de modo a solucionar eventuais problemas o mais rapidamente possível.

Durante o projeto de máquinas é necessário ter em conta as diretivas máquinas e as normas de segurança, de forma a projetar máquinas que possam ser comercializadas a nível europeu.

1.2 Objetivos

O trabalho refletido no presente documento consistiu no desenvolvimento e projeto de equipamentos automatizados para a indústria. O principal objetivo foi abordar as diferentes etapas que se encontram incluídas no projeto mecânico, desde o contacto com cliente de forma a perceber quais são os requisitos deste até à conceção final da máquina.

A realização do presente estágio teve os seguintes objetivos:

- Desenvolvimento de equipamentos automatizados para a indústria de acordo com a diretiva máquina e as normas de segurança;
- Elaboração de desenhos de conjunto e de definição;
- Elaboração da documentação técnica relativamente ao projeto mecânico.

1.3 Organização

O presente documento de dissertação encontra-se dividido em cinco capítulos e apêndices.

O primeiro capítulo serve como introdução ao tema a desenvolver ao longo do documento.

No segundo capítulo é realizada uma pequena abordagem acerca de projeto de equipamentos industriais. É realizada uma descrição do que é um projeto e algumas das etapas que se devem ter em conta no projeto de equipamentos.

No terceiro capítulo é feita uma análise acerca dos diferentes aspectos a ter em conta, como a diretiva máquina, as normas de segurança e a ergonomia.

No quarto capítulo apresentam-se uma sequência dos projetos desenvolvidos ao longo do estágio, sendo que cada projeto encontra-se dividido por casos de estudo.

No quinto capítulo é apresentada a conclusão final do trabalho realizado e trabalhos futuros.

Nos apêndices encontram-se os documentos referentes aos desenhos técnicos elaborados, esquemas de princípio e nomenclatura dos projetos desenvolvidos.

Capítulo 2

Projeto de equipamentos industriais

2.1 Conceito de projeto

Um projeto consiste numa ação realizada para se obter um produto ou um serviço, como resultado do trabalho desenvolvido. É uma ação temporária porque tem um ponto inicial e um estado final definidos, seguindo um conjunto de metas e usa um conjunto de recursos limitados [1].

A execução de um projeto é relativamente complexa, pois implica numerosas e diversas tarefas, que poderão ser desenvolvidas em sequência ou em paralelo, com vista a atingir os objetivos do projeto em causa. A gestão de um projeto envolve essencialmente cinco processos: iniciação, planeamento, execução, monitorização e controlo, e por fim o encerramento dos mesmos. De forma sucinta, a execução de um projeto deve responder às seguintes questões [2]:

O que deve ser feito?

Estabelecer o que deve ser feito em cada fase do projeto e a sua finalidade.

Como deve ser feito?

Formação de uma equipa de trabalho, delegação de responsabilidades, planeamento da comunicação entre a equipa e o cliente e controlo do projeto ao longo do desenvolvimento.

Quando e em quanto tempo?

Estabelecimento de um espaço temporal para cada uma das fases de um projeto.

Cada projeto é único, tendo em conta as inúmeras variáveis que o moldam, mesmo no caso de projetos repetidos é frequente haver fatores distintivos. Os projetos por norma possuem as seguintes características [3]:

- São temporários, possuindo um início e um fim;
- De alguma forma, os projetos são únicos, mesmo quando o projeto é repetido;
- Possuem objetivos específicos;
- Envolvem riscos e incertezas;
- Envolvem recursos humanos, materiais e financeiros.

O sucesso do desenvolvimento de um projeto depende de diversos fatores, entre eles [3]:

- Definição dos objetivos do projeto - devem ser estabelecidos e comunicados os objetivos logo de início;
- Riscos - devem ser identificados os riscos para não aparecerem problemas de surpresa;
- Decisões iniciais - para ser atingido o sucesso devem ser tomadas decisões numa fase inicial antes de serem investidos fundos na produção;
- Planeamento do projeto - a maneira e a quantidade de planeamento têm de ser bem pensadas. Falta de planeamento leva a falhas devidas a eventos inesperados. Por outro lado, um planeamento demasiado detalhado irá rapidamente tornar-se obsoleto;
- Tempo e dinheiro - quando o trabalho deve ser executado e o custo dos recursos necessários para a conclusão do projeto devem ser tidos em conta;
- Equipa - a equipa do projeto deve cooperar e contribuir para o projeto;
- Comunicação - deve ser planeado e monitorizado um sistema de comunicação de modo a receber informação no tempo certo;
- Delegação - as tarefas devem ser delegadas a pessoas que possuam a capacidade e experiência para tomar decisões. As pessoas a quem são delegadas tarefas devem encontrar-se próximas dos problemas para evitar tempos de espera elevados por uma decisão;
- Adaptação a variações externas - o projeto deve ter em conta as flutuações dos mercados, a alteração de exigências dos clientes e outras mudanças que possam surgir.

2.2 Identificação dos requisitos dos clientes

De modo a identificar as necessidades dos clientes deve-se inicialmente recolher informação junto destes. Devem-se organizar as necessidades por grau de importância e assegurar que nenhuma necessidade crítica foi esquecida. Além de perceber as necessidades dos clientes é importante estabelecer o valor que estes estão dispostos a pagar [1].

A partir das necessidades expressas pelos clientes são identificados os requisitos dos clientes, de modo a facilitar a comunicação entre os membros da equipa do projeto. Tendo em conta os requisitos do cliente devem-se analisar parâmetros, variáveis e riscos do projeto, ou seja, devem-se analisar os requisitos do projeto. Sucintamente, os requisitos do projeto surgem dos requisitos do cliente que são transformados em características técnicas que serão problemas a serem solucionados durante o projeto.

O objetivo final da identificação das necessidades e requisitos dos clientes é a definição das especificações do projeto, ou seja, o estabelecimento de prioridades e de meios necessários para a execução dos requisitos identificados para o projeto. Este processo aplica-se tanto a produtos novos como ao melhoramento de produtos já existentes.

2.3 Engenharia simultânea vs. Engenharia sequencial

As empresas têm necessidade de se tornar mais eficientes para reduzir os custos e o tempo entre a requisição de um produto e a sua entrega ao cliente de modo a tornarem-se mais competitivas e ganharem vantagem em relação à concorrência. Para reduzir o tempo de produção de um produto é necessário [4]:

- Entender as necessidades do cliente e as especificações do projeto;
- Definir uma metodologia para o desenvolvimento;
- Disponibilizar os recursos necessários para a concretização do projeto;
- Equipas multidisciplinares que possam trabalhar em atividades paralelas do projeto;
- Boa comunicação entre as diferentes pessoas envolvidas no projeto;
- Simulação e análise virtual para diminuir o tempo em construção de modelos físicos e testes de prototipagem.

Uma abordagem com vista a reduzir custos e tempo é a engenharia simultânea que consiste na realização de atividades ao mesmo tempo e de forma mais rápida, tendo sempre em conta todos os elementos do produto. Por outro lado, a engenharia sequencial pressupõe que as atividades sejam executadas de modo sequencial, ou seja, apenas se inicia uma nova atividade quando a anterior se encontrar concluída. Na engenharia sequencial o processo de desenvolvimento de um produto é repetido até se obter um resultado satisfatório (ver Figura 2.1), não se demonstrando ser adequada atualmente pois exige mais tempo e acarreta mais custos [5].

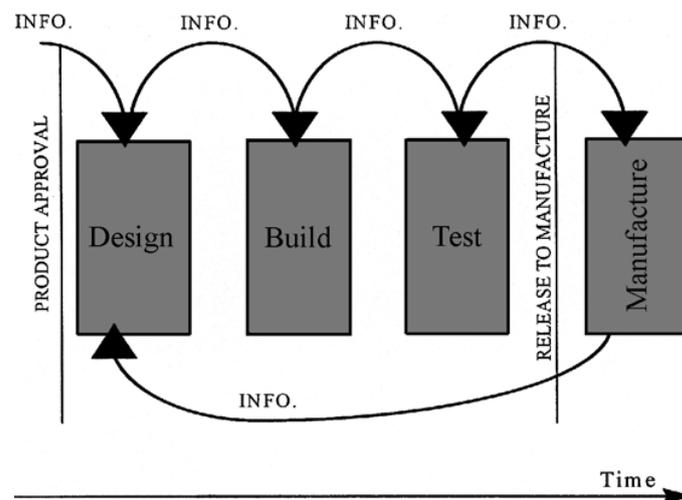


Figura 2.1: Engenharia sequencial [5].

Como se pode observar na Figura 2.2 o tempo de desenvolvimento de produtos é menor quando as tarefas são executadas em simultâneo, o que se vai refletir numa diminuição dos custos pois existem menos encargos com trabalhadores.

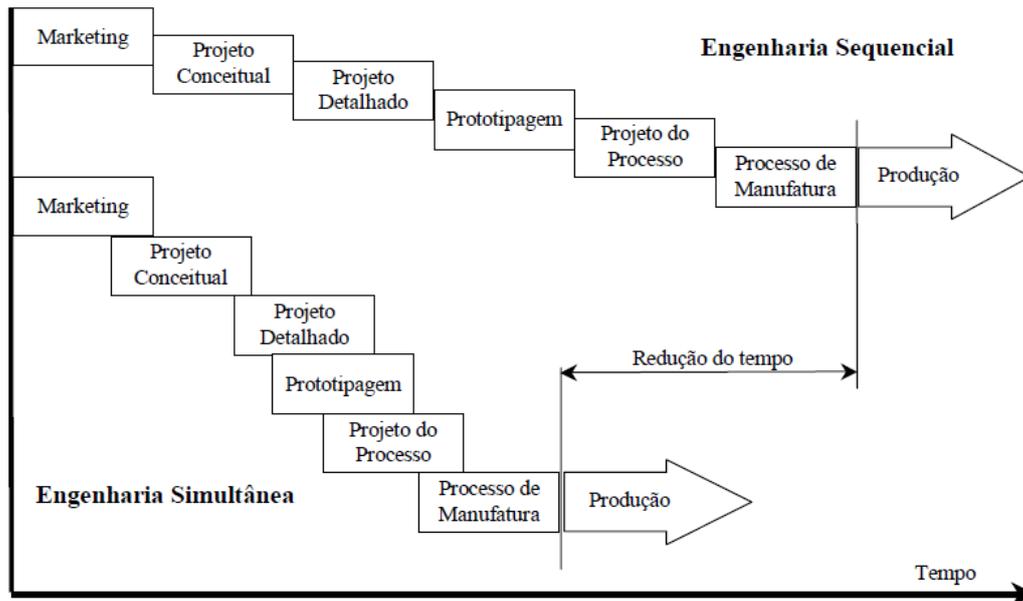


Figura 2.2: Engenharia sequencial vs. engenharia simultânea. Adaptado de [5].

Na aplicação da engenharia simultânea é necessário haver uma distribuição de tarefas de modo a ser possível que diferentes equipas de trabalho executem tarefas simultaneamente. Cada equipa de trabalho deve saber o que tem que fazer e quando o tem de fazer, o que exige a existência de um bom sistema de comunicação entre todas as pessoas envolvidas no projeto.

2.4 Integração de sistemas anti-erro e segurança na fase de projeto

2.4.1 Método Poka-Yoke

O método Poka-Yoke tem como objetivo evitar a ocorrência de defeitos durante a produção. A palavra “poka” significa erro e “yoke” significa prevenir. Foi desenvolvido por Shingeo Shingo em 1961 no Japão com vista a evitar erros humanos na produção e assim diminuir os custos associados à reparação de peças defeituosas. Um mecanismo Poka-Yoke consiste em qualquer processo que auxilie um operador detetar um erro para que este seja imediatamente corrigido, eliminando assim uma fonte de erros.

O método Poka-Yoke corrige erros através de duas abordagens: método de controlo e método de advertência [6]. No método de controlo os postos/máquinas param após a deteção de um erro. No método de advertência não há paragem de processos, sendo o trabalhador alertado através de avisos sonoros ou luminosos que ocorreu uma anomalia.

Inicialmente deve-se inspecionar os fatores que causem erros para depois utilizar sistemas de Poka-Yoke para detetar erros e estes serem de imediato corrigidos. O Poka-Yoke pode detetar erros de três maneiras [6]:

- Método de contacto: são testadas as características do produto (peso, dimensão, forma, entre outros) para verificar a presença de defeitos;

- Método dos valores fixos: surge um alerta quando o número de partes do produto é diferente do número de referência (ocorre, por exemplo, quando sobram peças);
- Método do processo (ou sequência): é determinado se todos os passos do projeto foram realizados na sequência correta (por exemplo, uma ação não pode ser efetuada se foram omitidas partes da sequência).

Podem ser utilizados diferentes aparelhos para detecção de erros e defeitos. Os aparelhos podem ou não entrar em contacto direto com a peça. Exemplos de aparelhos utilizados para este efeito incluem sensores de posicionamento, sensores de passagem de metais, entre outros.

Na Figura 2.3 encontra-se um exemplo esquemático de um sistema de Poka-Yoke que recorre ao método de contacto. No sistema ilustrado existe um pin que deteta se a peça foi rebarbada ou não. Se a peça não tiver sido rebarbada não vai passar pelo pin, evitando assim o envio de peças defeituosas aos clientes. Na Figura 2.4 encontra-se representado um Poka-Yoke real em que se recorre ao método de contacto, pois a característica do produto é verificada pela dimensão.

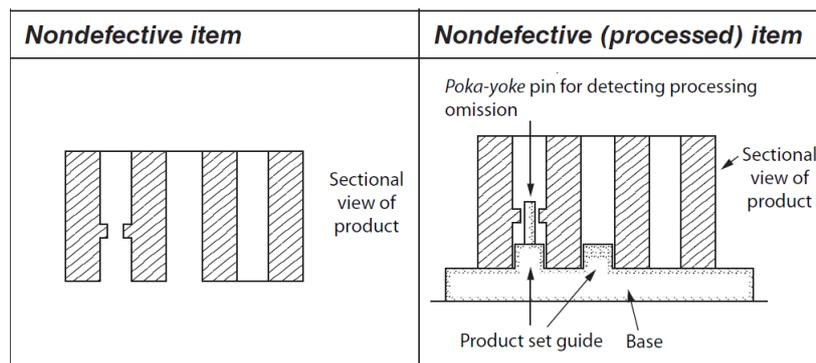


Figura 2.3: Exemplo de Poka-Yoke. Adaptado de [7].



Figura 2.4: Exemplo de Poka-Yoke real.

2.4.2 Sistema LOTO

O sistema “Lock Out and Tag Out” (LOTO) é um sistema de segurança utilizado na indústria que impede o funcionamento de máquinas durante a sua manutenção ou reparação [8]. Este sistema refere-se a procedimentos específicos que podem ser utilizados em diferentes tipos de indústria para impedir o funcionamento de equipamentos de modo a assegurar a segurança dos trabalhadores.

O procedimento de isolamento consiste no corte do fornecimento de energia e colocação de dispositivos de bloqueio de modo impedir que a máquina entre em funcionamento até o dispositivo de bloqueio ser removido [9]. Deve ser colocada uma etiqueta (“tag”) para indicar que o fornecimento de energia e o equipamento não podem ser postos em funcionamento até a etiqueta ser removida. Quando não é possível utilizar um dispositivo de bloqueio deve-se colocar uma etiqueta no local onde deveria estar o dispositivo, devendo este procedimento representar o mesmo nível de segurança que nos casos em que há bloqueios físicos.

No sistema LOTO são utilizados diferentes dispositivos de bloqueio como por exemplo cadeados ou correntes. Estes dispositivos devem ser padronizados no local onde são utilizados, ou seja, na empresa todos os dispositivos devem ter pelo menos uma característica em comum (por exemplo cor, tamanho ou forma). Os dispositivos referidos devem ser suficientemente resistentes para impedir a sua remoção acidental. A identificação do operador que efetuou o bloqueio deve estar visível no dispositivo de bloqueio.

Na indústria são utilizados dispositivos como os manómetros de glicerina ou voltímetros para que quando seja necessário haver uma intervenção numa máquina confirmar que, por exemplo, os circuitos de pneumática ou elétrica se encontram inativos, de forma a ser seguro aceder à máquina. Na Figura 2.5(a) encontra-se um manómetro de glicerina que é utilizado para garantir que o circuito pneumático se encontra ativo ou inativo e na Figura 2.5(b) os voltímetros que permitem verificar se os circuitos elétricos se encontram ativos ou inativos.



(a) Manómetro de glicerina.



(b) Voltímetros.

Figura 2.5: Dispositivos utilizados no sistema LOTO.

Capítulo 3

Diretiva Máquinas

3.1 Introdução

Atualmente as máquinas que são desenvolvidas na União Europeia têm que obedecer a diretivas que são aplicadas consoante o tipo de máquina a desenvolver. Os documentos das normas relativas às normas ISO (International Standardization Organization) foram cedidos pela empresa Atena - Automação Industrial, Lda.

Uma diretiva é um ato legislativo da União Europeia dirigido aos estados membros da UE que são responsáveis pela sua transposição e aplicabilidade. Existem diversas diretivas que são aplicadas consoante a área de atuação, por exemplo, têm-se a diretiva 2006/42/CE (Comunidade Europeia) que diz respeito às máquinas e a diretiva 96/98/CE que é relativa aos equipamentos marítimos. Na Figura 3.1 encontra-se um esquema que relaciona algumas das diretivas aplicadas na União Europeia e a sua área de aplicação.

Devido ao facto de o objetivo do estágio realizado na empresa Atena - Automação Industrial, Lda ter consistido no desenvolvimento e projeto de máquinas, é importante referir que foi necessário aplicar a diretiva de máquinas 2006/42/CE, a norma EN ISO 12100:2010 referente aos princípios gerais de conceção e a norma EN ISO 13849-1:2015 referente às partes dos sistemas de comando relativos à segurança.

3.1.1 Definição de máquina

Segundo a diretiva 2006/42/CE, as definições de máquina e quase-máquina são as seguintes [10]:

- Uma máquina é um conjunto de componentes ligados entre si, em que pelo menos um é móvel e utilizam um sistema de acionamento diferente da força humana ou animal;
- Uma quase-máquina é um conjunto que quase permite constituir uma máquina, mas que não pode realizar por si só uma determinada aplicação. Por exemplo, um sistema de acionamento pneumático por si só é uma quase-máquina que será implementada numa máquina.



Figura 3.1: Esquema de algumas das diretivas aplicadas na União Europeia e a sua respetiva área de aplicação.

3.1.2 Aplicabilidade da diretiva relativa às máquinas 2006/42/CE

A diretiva relativa às máquina 2006/42/CE é aplicada em diferentes produtos, entre os quais [10]:

- Máquinas;
- Equipamento intermutável;
- Componentes de segurança;
- Acessórios de elevação;
- Correntes, cabos e correias;
- Dispositivos amovíveis de transmissão mecânica;
- Quase-máquinas.

Nem todas as máquinas são incluídas na diretiva 2006/42/CE. Existem equipamentos que se encontram excluídos do âmbito de aplicação desta diretiva pois existem diretivas específicas aplicadas a estes, sendo exemplos destes equipamentos [10]:

- Tratores agrícolas e florestais, cuja diretiva a aplicar é a diretiva 2003/37/CE;
- Veículos a motor e os seus reboques, que devem cumprir a diretiva 70/156/CEE (Comunidade Económica Europeia).

Apesar de os equipamentos acima referidos se encontrarem excluídos da diretiva 2006/42/CE, as máquinas que se encontram montadas nos equipamentos referidos têm que cumprir a diretiva referida [10].

3.1.3 Passos para a comercialização e colocação em serviço de uma máquina na comunidade europeia

Para se comercializar e colocar máquinas em serviço na comunidade europeia é necessário cumprir vários requisitos segundo a diretiva 2006/42/CE. Após o desenho e fabricação de uma máquina é necessário certificar que esta cumpre todos os requisitos essenciais de saúde e de segurança (RESS) relativos à conceção e ao fabrico de máquinas, ou seja, é necessário efetuar uma avaliação dos riscos associados à máquina. No caso de não se verificar o cumprimento dos RESS é necessário realizar as alterações devidas ao equipamento de forma a se obter a certificação da máquina. Durante o desenvolvimento de uma máquina numa fase inicial, ou seja, quando se encontra na fase de desenho deve-se realizar uma avaliação de risco de forma a garantir que a máquina pode vir a cumprir todos os RESS, pois durante o desenvolvimento do conceito é possível alterar facilmente o conceito de uma máquina. Caso se verifique o cumprimento dos RESS presentes no Anexo I da diretiva 2006/42/CE deve-se proceder à documentação técnica acerca dos RESS.

Depois de se efetuar a documentação relativamente aos RESS, têm-se que elaborar o processo técnico. Este deve incluir todos os elementos que permitam demonstrar que a máquina se encontra em conformidade com a diretiva 2006/42/CE. O processo técnico deve incluir vários elementos, entre eles, uma descrição geral da máquina, os desenhos de conjunto da máquina, os desenhos dos circuitos de comando da máquina e o manual de instruções da máquina.

Na Figura 3.2, encontra-se um esquema que representa de forma resumida os passos para a comercialização de uma máquina.

3.1.4 Livre circulação

O *Artigo 6.º* da diretiva 2006/42/CE que diz respeito à livre circulação de máquinas refere que os estados membros não podem proibir, restringir ou entravar a colocação no mercado e/ou a entrada em serviço das máquinas que estejam conforme esta diretiva. É possível apresentar máquinas e quase-máquinas em feiras e em exposições que não estejam conforme a diretiva desde que estas apresentem um letreiro bem visível que indique que não se encontram em conformidade e a impossibilidade de adquirir as mesmas antes de estarem em conformidade [10].

3.1.5 Marcação «CE»

Os produtos que estejam em conformidade com as diretivas europeias têm que possuir a marcação CE de conformidade europeia. Esta marcação deve ser colocada na máquina num local bem visível, legível e indelével, geralmente na chapa de características.

A marcação CE de conformidade europeia é constituída pelas iniciais “C” e “E” de acordo com o grafismo presente na Figura 3.3.

Os elementos “C” e “E” da marcação devem possuir a mesma dimensão na vertical. No caso de ser necessário aumentar ou reduzir a dimensão da marcação deve-se manter

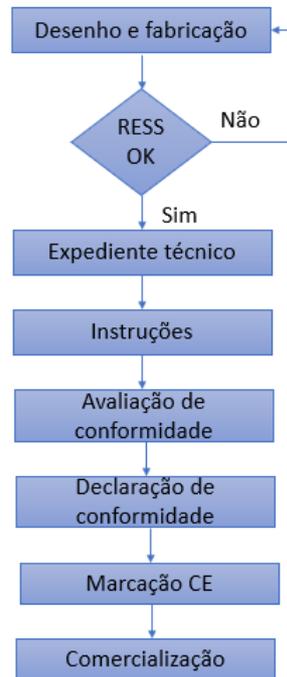


Figura 3.2: Passos para a comercialização de máquinas.

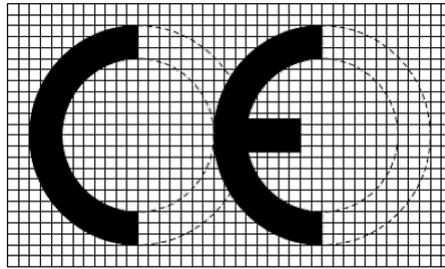


Figura 3.3: Representação da marcação CE [10].

a proporção do grafismo. A altura mínima da marcação é de 5 mm no entanto, segundo a diretiva 2006/42/CE, em máquinas de dimensão reduzida é possível prescindir da dimensão mínima de 5 mm [10].

3.2 Normas de segurança

Para garantir que as máquinas são seguras é necessário cumprir as normas ISO, elaboradas por comitês técnicos da ISO.

A norma aplicada em segurança de máquinas é a ISO 12100:2010 (en). O principal objetivo desta norma é fornecer aos projetistas uma estrutura geral e orientações a ter durante o desenvolvimento de máquinas, de forma a que sejam seguras para o uso pretendido. A norma ISO 12100:2010 (en) é a base para um conjunto de normas que pode ser dividida em três grupos [11]:

- **Normas A** (normas básicas de segurança) que fornecem conceitos básicos, princí-

pios e aspetos gerais que podem ser aplicados às máquinas;

- **Normas B** (normas genéricas de segurança), que se referem a aspetos específicos de segurança ou dispositivos de segurança aplicáveis a uma grande variedade de máquinas. Estas normas estão subdivididas em dois grupos:
 - **Normas B1**, que são referentes a aspetos específicos de segurança como, por exemplo, segurança elétrica das máquinas, distâncias de segurança, ruído e temperatura da superfície;
 - **Normas B2**, que são aplicáveis aos dispositivos de segurança, por exemplo, dispositivos de comando bimanuais, dispositivos de pressão, proteções físicas e sem contacto.
- **Normas C**, que contemplam todos os requisitos de segurança aplicáveis a máquinas específicas ou a um determinado tipo de máquina. Se existir uma norma do tipo C aplicável a um projeto esta prevalece sobre as normas A e B.

Na Figura 3.4 encontra-se um resumo dos dispositivos de proteção e as respetivas normas aplicáveis.

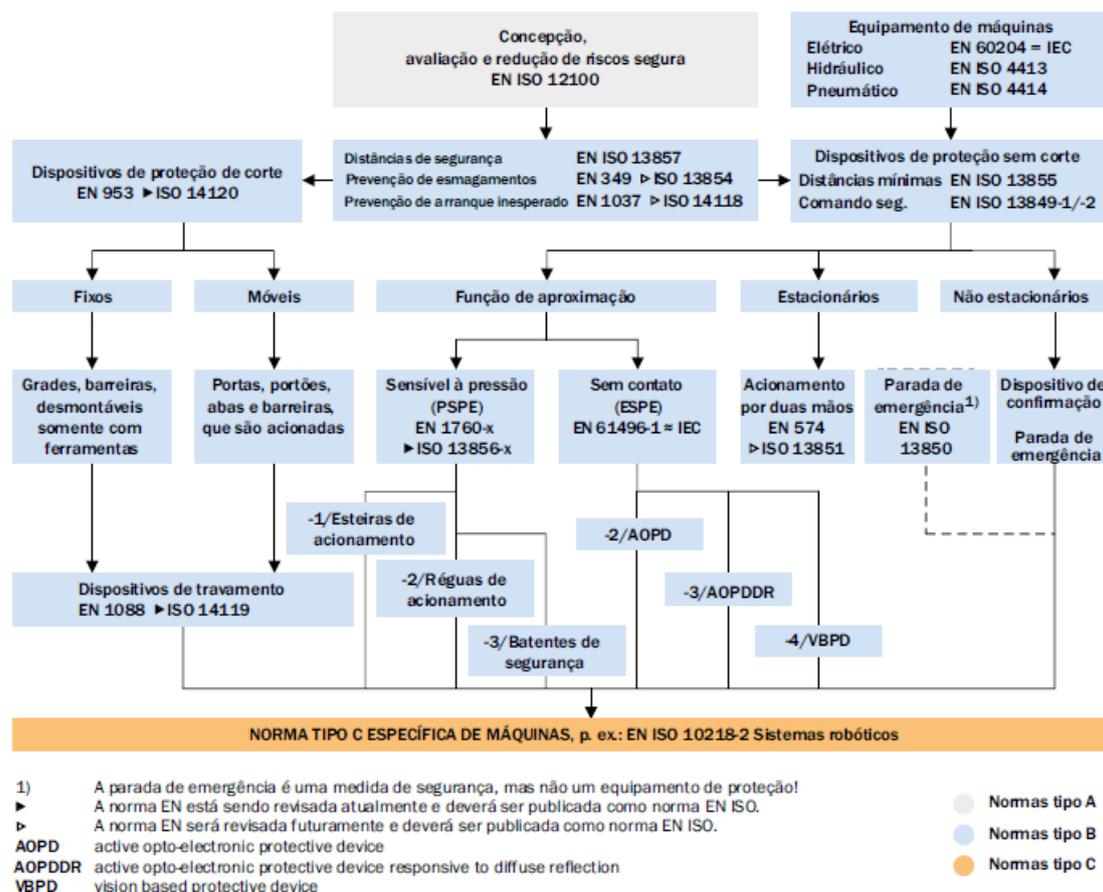


Figura 3.4: Esquema dos dispositivos utilizados e respectivas normas [12].

3.2.1 Avaliação de riscos

Durante o desenvolvimento de uma máquina devem ser analisados os possíveis riscos que possam existir, para serem tomadas as medidas necessárias para proteger os operadores.

O processo de avaliação dos riscos de uma máquina tem início no estabelecimento das funções da mesma, seguindo-se a identificação dos perigos que a máquina comporta, para depois realizar uma quantificação dos riscos e assim realizar uma estimativa destes. Na Figura 3.5 encontra-se um esquema do processo de avaliação de riscos que deve ser tido em conta durante a fase de projeto segundo a norma ISO 12100:2010.

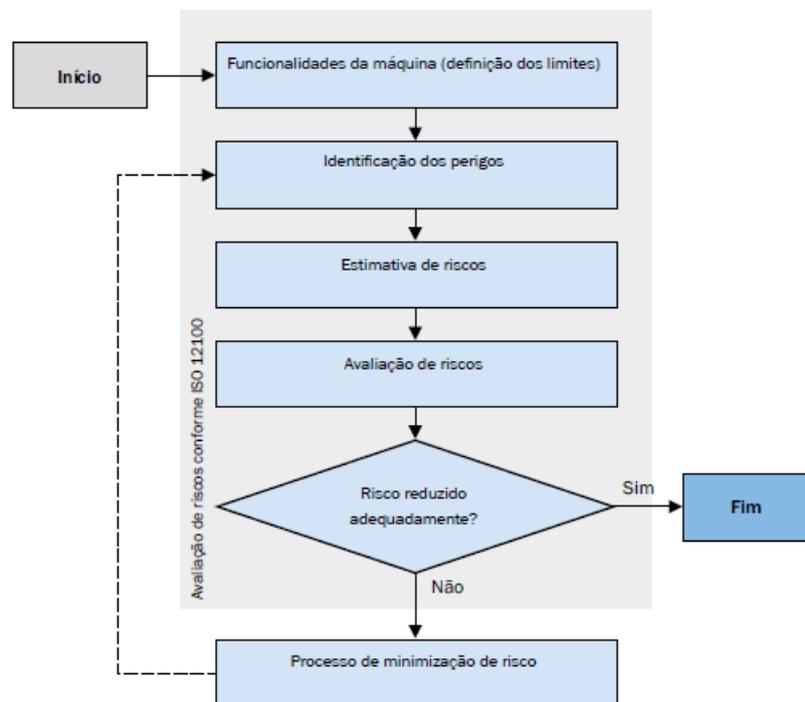


Figura 3.5: Esquema do processo de avaliação de riscos [12].

Depois de avaliados os riscos associados a uma máquina é necessário proceder à sua redução. Existem riscos que podem ser eliminados durante a fase de projeto da máquina, por exemplo, realizando alterações de *design*.

Apesar de alguns riscos poderem ser eliminados durante a fase de projeto da máquina, existem riscos que são inerentes ao próprio funcionamento da máquina e que não podem ser eliminados. Quando é possível recorre-se à adoção de medidas de proteção técnicas (por exemplo, utilizar barreiras para impedir o acesso a zonas de perigo de células em funcionamento). No caso de existirem riscos remanescentes estes devem ser comunicados aos utilizadores da máquina através de formações. Na Figura 3.6 encontra-se representado um esquema que engloba os princípios gerais no processo de redução de riscos segundo a norma ISO 12100:2010 (Norma A).

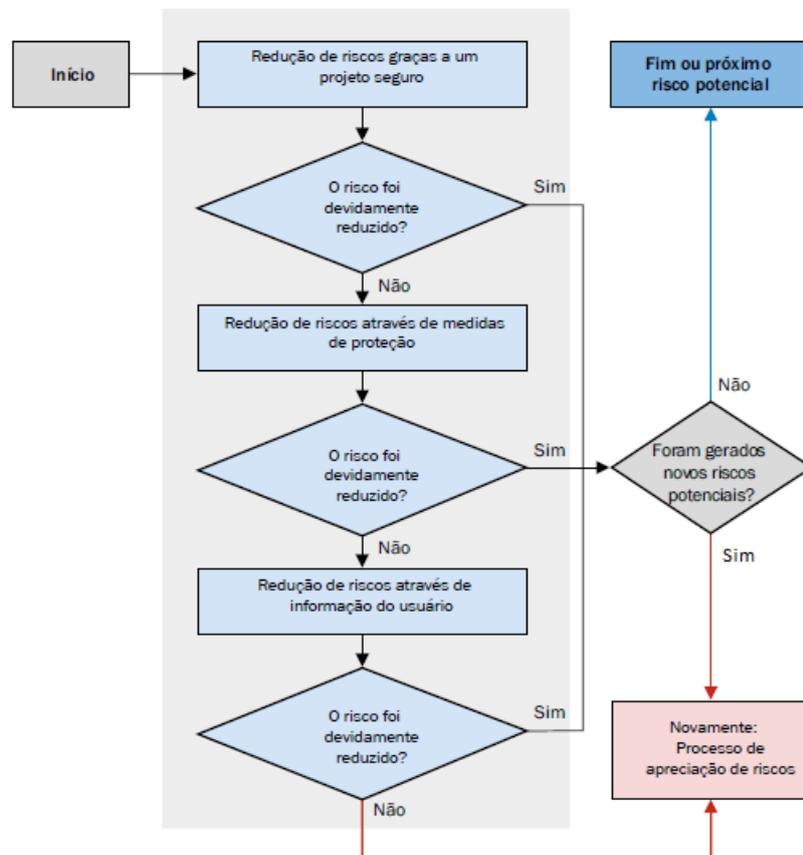


Figura 3.6: Esquema do processo de redução dos riscos [12].

3.2.2 Medidas a tomar para reduzir os riscos

Existem algumas considerações de que se podem adotar para reduzir os riscos durante a fase de projeto, por exemplo:

- Evitar arestas vivas (utilizar chanfros) e componentes salientes;
- Evitar possíveis locais de esmagamento ou de corte (ver Figura 3.7);
- Respeitar os princípios ergonómicos, cumprindo os requisitos de ergonomia e postura no posto de trabalho.

Existem riscos que não podem ser eliminados durante a fase de projeto. Para minimizar os riscos referidos é necessário adotar medidas de proteção. Consoante os riscos devem-se tomar medidas de forma a reduzir os mesmos. De acordo com a Diretiva Máquina 2006/42/CE, os dispositivos de proteção [10]:

- Devem ser robustos;
- Devem ser solidamente mantidos em posição;
- Não devem constituir perigos suplementares;

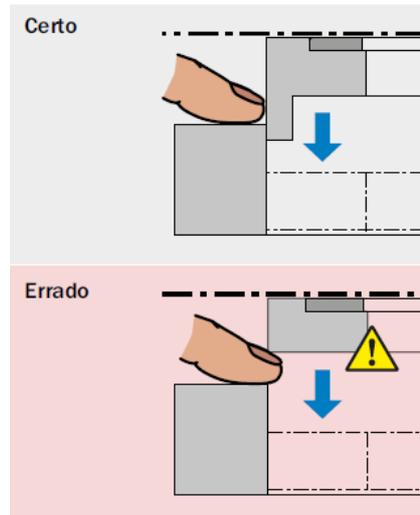


Figura 3.7: Evitar pontos de esmagamento. Adaptado de [12].

- Não devem poder ser facilmente escamoteados ou tornados inoperantes;
- Devem estar situados a uma distância suficiente da zona de perigo;
- Não devem limitar mais do que o necessário a observação do ciclo de trabalho;
- Devem permitir as intervenções indispensáveis à colocação e/ou substituição das ferramentas, bem como aos trabalhos de manutenção, limitando o acesso exclusivamente ao sector em que o trabalho deve ser realizado e, se possível, sem remoção do protetor ou neutralização do dispositivo de proteção;
- Sempre que possível, os protetores devem garantir proteção contra a projeção ou queda de materiais ou objetos, bem como contra as emissões geradas pela máquina.

3.2.3 Exemplos de aplicação de sistemas de segurança

Seguidamente são apresentados alguns exemplos de sistemas de segurança que podem ser implementados.

Acesso impedido de forma permanente

O acesso a uma zona de perigo é evitado de forma permanente utilizando dispositivos de proteção mecânicos, tais como, coberturas mecânicas (por exemplo túneis, como o que se encontra na Figura 3.8, painéis, barreiras ou obstáculos).

Acesso impedido de forma temporária

O acesso a uma zona de perigo encontra-se impedida até que a máquina se encontre num estado seguro, sendo que para isso são utilizados fechos de segurança (ver Figura 3.9).



Figura 3.8: Acesso impedido de forma permanente às zonas perigosas [12].

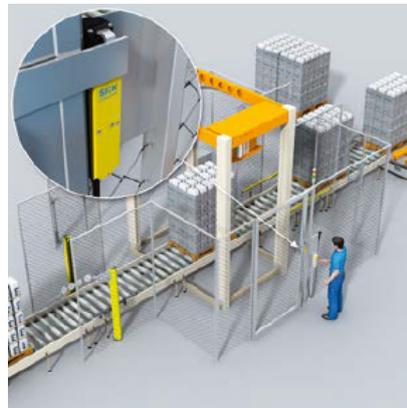


Figura 3.9: Acesso impedido de forma temporária [12].

Bloquear a projeção de partículas, substâncias ou radiações

Quando existe a possibilidade de projeção de partículas sólidas, emissão de substâncias ou puderem ocorrer emissões de radiações, são utilizados dispositivos de proteção mecânica. Estes dispositivos incluem painéis de rede, painéis de policarbonato, proteções que consigam reter um braço do robô ou coberturas de segurança com janela como no caso das fresadoras CNC, que permitem observar o trabalho que está a ser realizado e impedem a projeção de limalhas ou de fluidos (ver Figura 3.10).

Distinção entre pessoas e objetos

Quando é necessário transportar materiais para dentro ou fora de uma zona de trabalho são usadas características específicas dos materiais transportados para estes serem detetados e realizar uma diferenciação automática entre estes e as pessoas. Deste modo, nas zonas onde existe transporte de materiais os dispositivos de proteção não são ativados, mas quando uma pessoa tenta aceder a estas zonas os dispositivos são ativados. Na Figura 3.11 encontra-se um exemplo de aplicação de uma cortina de luz horizontal que possui um algoritmo integrado que permite a diferenciação entre pessoas e materiais [12].



Figura 3.10: Proteção contra a projeção de limalhas [12].

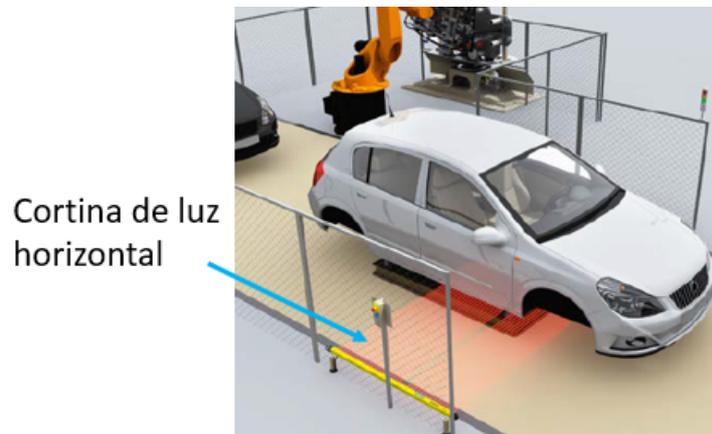


Figura 3.11: Sistema de diferenciação [12].

Procedimento de implementação dos dispositivos de proteção

Numa fase inicial para selecionar o dispositivo de proteção tem-se em conta o espaço que se encontra disponível. É necessário garantir que a zona de perigo seja eliminada antes que seja alcançado por um operador. A distância mínima que devem ficar os sistemas de proteção dependem essencialmente do tamanho e do tipo de dispositivo de proteção utilizado [12]. Na Figura 3.12 encontra-se um fluxograma que ilustra de forma descomplicada o processo de seleção de um dispositivo de proteção.

3.2.4 Cálculo da distância mínima de segurança

Quando são utilizados equipamentos ESPE (*Electro-Sensitive Protective Equipment*) é necessário garantir uma distância mínima de segurança entre o campo de segurança e a zona de perigo. As normas relativas às distâncias de segurança encontram-se na norma ISO 13855:2010 [13]. Existem três tipos de aproximação que se encontram representadas na Figura 3.13.

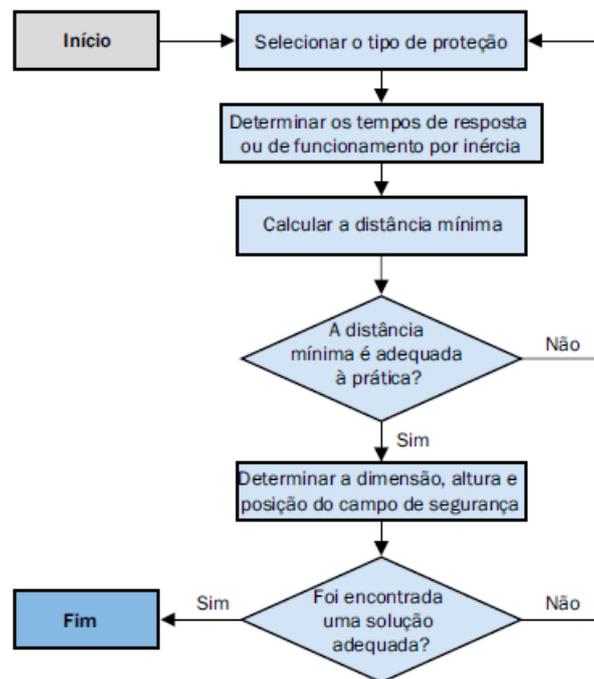


Figura 3.12: Fluxograma do processo de seleção de um dispositivo de proteção [12].

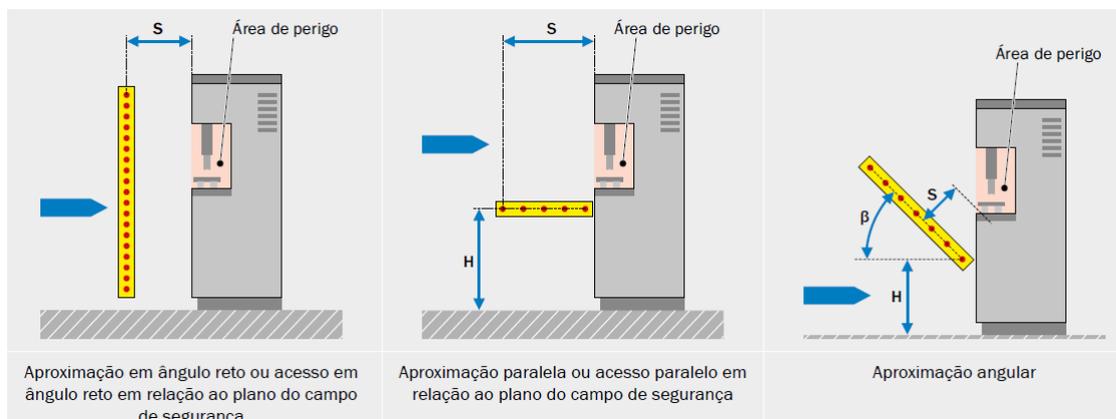


Figura 3.13: Tipos de aproximação a zonas perigosas [12].

Após dar início à paragem desencadeada pelo ESPE, é necessário calcular a distância mínima de segurança entre o campo de segurança do dispositivo (ESPE) e a zona perigosa mais próxima do mesmo.

Para o cálculo da distância mínima de segurança é necessário saber os seguintes parâmetros [12]:

- Tempo de paragem da máquina;
- Tempo de resposta do comando;
- Tempo de resposta do dispositivo de proteção sem contacto (ESPE);

- Tipo de aproximação.

O cálculo é realizado utilizando a seguinte fórmula:

$$S = (K \times T) + C \text{ [mm]} \quad (3.1)$$

Em que, S representa a distância mínima em milímetros desde a zona de perigo ao plano de deteção do dispositivo de proteção sem contato ESPE. K é um parâmetro medido em milímetros por segundos que resulta da velocidade de aproximação do corpo. T representa o tempo de paragem do sistema, medido em segundos. Por fim, o parâmetro C é uma distância adicional medida em milímetros que representa a intrusão na área de perigo antes da deteção pelo dispositivo de proteção utilizado.

Existem situações em que a distância mínima é muito grande e não é aceitável do ponto de vista ergonómico. Nesses casos existem duas soluções, a primeira passa por reduzir o tempo de paragem da máquina e não sendo possível é necessário recorrer a outra solução utilizando um dispositivo de proteção com melhor resolução. Estando a máquina a trabalhar, em nenhuma situação o operador pode estar entre a zona de perigo e o elemento ESPE. Na Tabela 3.1 encontram-se as fórmulas utilizadas consoante o tipo de aproximação à máquina.

Exemplo de cálculo da distância mínima de segurança

Seguidamente será apresentado o cálculo de uma distância mínima de segurança. Na Figura 3.14 encontra-se uma situação em que é necessário calcular a distância de segurança para a colocação de um ESPE. Para o caso representado recorre-se a uma aproximação em ângulo reto (Figura 3.1).

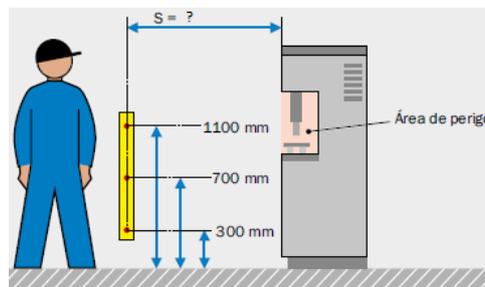


Figura 3.14: Exemplo de proteção de acesso. Adaptado de [12].

Visto que a altura do feixe inferior se encontra a uma distância igual a 300 mm e o feixe superior a mais de 900 mm recorre-se à seguinte fórmula:

$$S = (1600 \times T) + 850 \text{ [mm]} \quad (3.2)$$

Neste caso o tempo total (em segundos) de funcionamento por inércia do sistema é de 0.16 s. Logo:

$$S = (1600 \times 0.16) + 850 = 1106 \text{ [mm]} \quad (3.3)$$

A distância da barreira à zona de perigo para o presente caso é de 1106 mm.

Tabela 3.1: Fórmulas para o cálculo das distâncias de segurança em função do tipo de aproximação. S é a distância mínima, H a altura do campo desde proteção ao plano de detecção, d é a resolução do ESPE, β representa o ângulo entre o plano de detecção e a direção de aproximação e T é o tempo de paragem devido ao tempo de resposta e à inércia do sistema. Adaptado de [12].

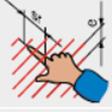
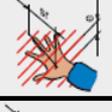
Aproximação em ângulo reto: $\beta = 90^\circ (\pm 5^\circ)$		
	Passo 1: cálculo da distância mínima S	
	$d \leq 40 \text{ mm}$ $S = 2.000 \times T + 8 \times (d - 14)$ Se $S > 500 \text{ mm}$, utilize: $S = 1.600 \times T + 8 \times (d - 14)$. Neste caso, S não pode ser $< 500 \text{ mm}$.	A distância mínima S não pode ser $< 100 \text{ mm}$. $C = 8 \times (d - 14)$ representa o afastamento adicional em milímetros, que representa a entrada na zona de perigo antes da ativação do dispositivo de proteção.
	$40 < d \leq 70 \text{ mm}$ $S = 1.600 \times T + 850$	Altura do feixe inferior $\leq 300 \text{ mm}$ Altura do feixe superior $\geq 900 \text{ mm}$
$d > 70 \text{ mm}$ $S = 1.600 \times T + 850$	Número de feixes Alturas recomendadas 4 300, 600, 900, 1.200 mm 3 300, 700, 1100 mm 2 400, 900 mm (400 mm apenas pode ser utilizado quando não existe o risco de se passar por baixo.)	
Passo 2: cálculo da resolução necessária conforme altura do campo de segurança		
Aproximação paralela: $\beta = 0^\circ (\pm 5^\circ)$		
	Passo 1: cálculo da distância mínima S $S = 1.600 \times T + (1.200 - 0,4 \times H)$ $H \leq 1.000 \text{ mm}$ sendo que $C = (1.200 - 0,4 \times H) \geq 850 \text{ mm}$	
	Passo 2: cálculo da resolução necessária em função da altura do campo de segurança $d \leq \frac{H}{15} + 50 \text{ mm}$	
Aproximação angular: $5^\circ < \beta < 85^\circ$		
	$\beta > 30^\circ$ $\beta < 30^\circ$	Consultar aproximação em ângulo reto. Consultar aproximação paralela.
	$d \leq \frac{H}{15} + 50 \text{ mm}$ refere-se ao feixe inferior. S é aplicado ao feixe mais afastado da zona de perigo, sendo $\leq 1.000 \text{ mm}$.	

3.2.5 Distâncias de segurança utilizadas em proteções mecânicas

A norma ISO 13857:2008 estabelece distâncias de segurança para as proteções mecânicas pois estas devem ser instaladas a uma distância adequada da zona de perigo [14]. As distâncias para as proteções mecânicas dependem das aberturas existentes e da distância entre a proteção e a estrutura da máquina. Os valores de distância de segurança devem ser assumidos consoante as aberturas existentes nas proteções mecânicas, o valor da distância de segurança também depende do tipo de abertura das proteções (podendo ser simplesmente ranhuras, em quadrado ou em círculos).

Na Tabela 3.2 encontram-se os valores a serem utilizados nas proteções mecânicas. Esta tabela é utilizada para situações em que as pessoas tenham 14 ou mais anos.

Tabela 3.2: Distâncias de segurança para as proteções mecânicas. As linhas a negrito definem a parte do corpo restrita pelo tamanho da abertura. Adaptado de [12].

Parte do corpo	Abertura e (mm)	Distância de segurança (mm)		
		Ranhura	Quadrado	Círculo
Pontas do dedo	 $e \leq 4$	≥ 2	≥ 2	≥ 2
	$4 < e \leq 6$	≥ 10	≥ 5	≥ 5
Dedos com carpo	 $6 < e \leq 8$	≥ 20	≥ 15	≥ 5
	$8 < e \leq 10$	≥ 80	≥ 25	≥ 20
	 $10 < e \leq 12$	≥ 100	≥ 80	≥ 80
	$12 < e \leq 20$	≥ 120	≥ 120	≥ 120
Braço até articulação do ombro	$20 < e \leq 30$	≥ 850	≥ 120	≥ 120
	$30 < e \leq 40$	≥ 850	≥ 200	≥ 120
	$40 < e \leq 120$	≥ 850	≥ 850	≥ 850

3.3 Requisitos de ergonomia e postura no posto de trabalho

O termo “ergonomia” deriva das palavras gregas “ergos” (trabalho) e “nomos” (leis). De acordo com IEA (International Ergonomics Association), pode-se definir ergonomia como “a disciplina científica que se dedica à compreensão das interações entre humanos e outros elementos de um sistema, e a profissão que aplica teoria, princípios, dados e métodos na conceção, com vista a otimizar o bem-estar humano e a performance geral do sistema” [15]. Assim, a ergonomia promove a adequação de um sistema ao ser humano com vista a aumento da produtividade, segurança e saúde dos operadores.

No decorrer da 1^a Guerra Mundial, mais especificamente no ano de 1915, foi criada em Inglaterra a “Comissão de Saúde dos Trabalhadores na Indústria de Munições” com vista à colaboração de fisiologistas e psicólogos para aumentar a produtividade na produção de armamento [16]. As primeiras aplicações práticas de ergonomia decorreram na 2^a Guerra Mundial (1939-1945), onde se adaptaram armas e outros equipamentos utilizados às características dos seres humanos, com vista a diminuir os erros e acidentes. Só no dia 12 de julho de 1949 é que a ergonomia surgiu oficialmente pela primeira vez após a reunião em Inglaterra de cientistas e investigadores que demonstravam interesse em oficializar a ergonomia como um novo ramo científico. Hoje em dia a ergonomia já se encontra difundida globalmente e não se foca apenas nos trabalhadores, mas também nos restantes cidadãos na medida em que estes podem adquirir produtos/serviços mais práticos e seguros.

Segunda a IEA, a ergonomia compreende essencialmente três especializações [15]:

- **Ergonomia Física:** relaciona as características do ser humano (características anatómicas, antropométricas, fisiológicas e biomecânicas) com a atividade física. Foca-se em aspetos como a postura adotada no posto de trabalho, o levantamento de material, a movimentação, segurança e saúde, entre outros.

- **Ergonomia Cognitiva:** relaciona a maneira de como a parte mental vai interagir com o sistema (por exemplo: memória, resposta e percepção). Alguns dos tópicos incluem a carga mental de trabalho, tomada de decisão e o erro humano.
- **Ergonomia Organizacional:** relacionada com a estrutura da organização. Devem ser considerados aspetos como o trabalho em turnos, a comunicação, o trabalho em equipa, a ética, entre outros.

A ergonomia pode ser aplicada durante diversas fases de um projeto [16]. Designa-se por ergonomia de conceção a atuação ao nível do planeamento e projeto que permite prevenir e solucionar problemas hipotéticos de, por exemplo, uma máquina a ser desenvolvida. No entanto, a atuação num nível inicial requer experiência e maior conhecimento pois as situações são hipotéticas. Quando um produto já se encontra desenvolvido aplica-se a ergonomia de correção para resolver problemas existentes que não tenham sido previstos na fase de projeto, o que nalguns casos pode ser simples (por exemplo, aumento da iluminação) mas noutros pode acartar custos elevados. Por último, a ergonomia de consciencialização tem em vista resolver novos problemas que podem advir do desgaste e/ou alterações, sendo importante consciencializar o operador (através de formações) de modo a que este saiba como agir perante a ocorrência de um problema.

Em todos os níveis a ergonomia tem em conta vários fatores, entre eles [17]:

- O ser humano (as suas características físicas/psicológicas);
- O material/máquina utilizado pelo operador;
- Ambiente (características do espaço envolvente como a temperatura, o ruído, a iluminação, entre outros);
- A comunicação (transmissão de informação e decisões);
- Organização (por exemplo, os horários e turnos);
- Consequências do trabalho (estudos de acidentes, inspeções, etc).

Antropometria

A antropometria é o ramo da ciência que estuda as medidas do ser humano. Nem sempre existe a possibilidade de efetuar medições às pessoas que iram utilizar o sistema projetado. Para resolver este constrangimento recorre-se a tabelas antropométricas que possuem valores tabelados das medidas mais comuns.

Na antropometria estática são consideradas as medidas do corpo humano parado. São tidas em conta posturas que exigem pouca movimentação, como estar de pé ou sentado. As medidas antropométricas mais relevantes nesta situação são a altura, o comprimento dos membros e perímetros.

Em tarefas que exijam alcance de diferentes partes do corpo tem-se que ter em conta as amplitudes e alcances do corpo, bem como a força exercida no decorrer da função. Esta antropometria dinâmica (ou funcional) aplica-se em casos nos quais os movimentos a ser executados já estão definidos, permitindo um melhor dimensionamento tendo em conta as condições em que vão decorrer as operações.

Dimensionamento de postos de trabalho

No dimensionamento de postos de trabalho deve-se ter em conta o espaço necessário para a execução dos movimentos requeridos para o exercício de funções por parte do operador. A postura deve ser tida em conta para o dimensionamento, sendo que existem três posturas básicas: deitado, sentado e de pé [17].

No dimensionamento da altura de uma mesa de trabalho deve-se ter especial atenção à altura dos cotovelos e ao tipo de trabalho a ser executado (precisão, leve ou pesado), como se pode observar na Figura 3.15. A mesa deve estar mais elevada nos trabalhos mais metuculosos e mais baixa nos trabalhos que exijam mais força.

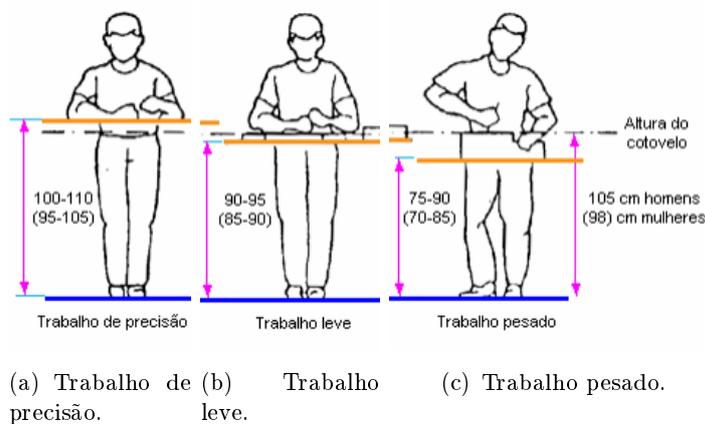


Figura 3.15: Representação das alturas recomendadas para uma mesa de trabalho consoante o posto. Adaptado de [17].

A área da mesa é um aspeto de elevada relevância. A área de eleição para efetuar trabalho na mesa com ambas as mãos será o espaço em frente ao operador onde este pode manobrar os braços fletidos nos cotovelos. O alcance ótimo será delimitado pela área obtida através da rotação dos antebraços (ver Figura 3.16).

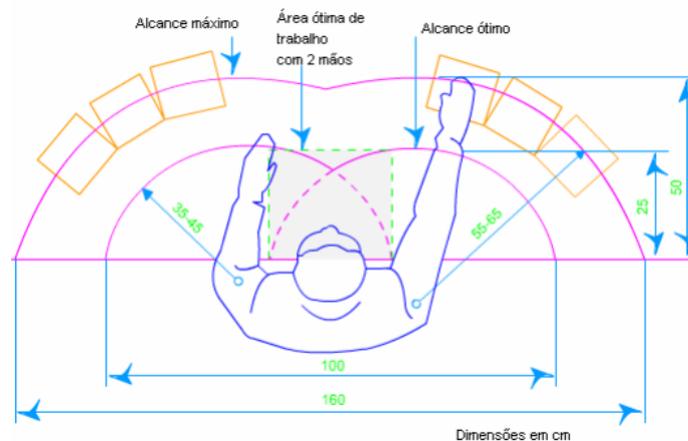


Figura 3.16: Alcances máximos do operador na mesa [17].

Biomecânica ocupacional

A biomecânica ocupacional dedica-se ao estudo dos movimentos do corpo e força exercida durante o exercício do trabalho e as suas consequências ao nível da saúde no ser humano. Tem um papel importante na avaliação de como a manipulação de cargas pesadas, postura e força utilizada vão afetar o trabalhador. O mau dimensionamento e tarefas exigentes podem provocar lesões a nível muscular que serão responsáveis por causar dor e incapacitar o trabalhador.

Os postos de trabalho que exigem ao operador a permanência em posições estáticas são mais fatigantes pois exigem a contração contínua do corpo [17]. Por outro lado, o trabalho dinâmico permite a contração/descontração dos músculos tornando-se menos fatigante.

Das três posições básicas da postura (deitado, sentado e em pé), a posição de deitado é a que menos causa fadiga, mas deve possuir apoio para a cabeça de modo a evitar dores na zona do pescoço. Em relação à posição sentado, esta pode provocar dores na região lombar devido à pressão exercida sobre o osso ísquio e nos discos, sendo que a utilização de suportes lombares ajuda a redistribuir a carga reduzindo as dores lombares [18]. Na posição sentada deve ainda ser adotada uma posição inclinada para reduzir a inclinação da cabeça e deste modo reduzir a fadiga no pescoço. A posição de pé é a mais fatigante, especialmente em condições de trabalho estáticas, pois é necessária a contração dos músculos para manter a posição, sendo responsável pelo aparecimento de dores nos pés e nas pernas. Deve ser evitada a posição estática de pé durante longos períodos de modo a minimizar a fadiga do operador.

Capítulo 4

Casos de estudo

4.1 Introdução

O trabalho desenvolvido durante o estágio encontra-se dividido por casos de estudo, ou seja, cada caso de estudo representa um projeto desenvolvido. Ao longo do estágio foi possível estar envolvido em seis projetos, encontrando-se estes descritos nas próximas secções do presente capítulo.

4.2 Caso de estudo 1 - Alteração de um equipamento de estanquidade

4.2.1 Descrição do projeto

O primeiro caso de estudo consistiu na alteração de um equipamento que permite testar a estanquidade de autoclismos com recurso a ar. A máquina possui dois postos de trabalho, sendo que apenas um dos postos foi alterado. O posto da máquina que foi modificado encontra-se assinalado na Figura 4.1 e na Figura 4.2 encontra-se uma vista em corte do sistema que se encontrava implementado.

A máquina antes da modificação realizava o teste de estanquidade tamponando a parte inferior do pilete (ver Figura 4.3). O cliente pretendia com a presente modificação alterar a zona de tamponamento e remover o sistema que se encontrava implementado.



Figura 4.1: Equipamento de estanquidade antes das modificações.

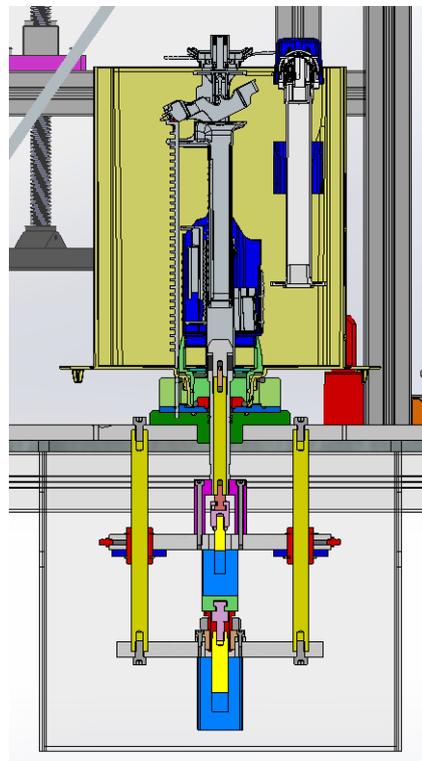


Figura 4.2: Vista em corte do posto original.

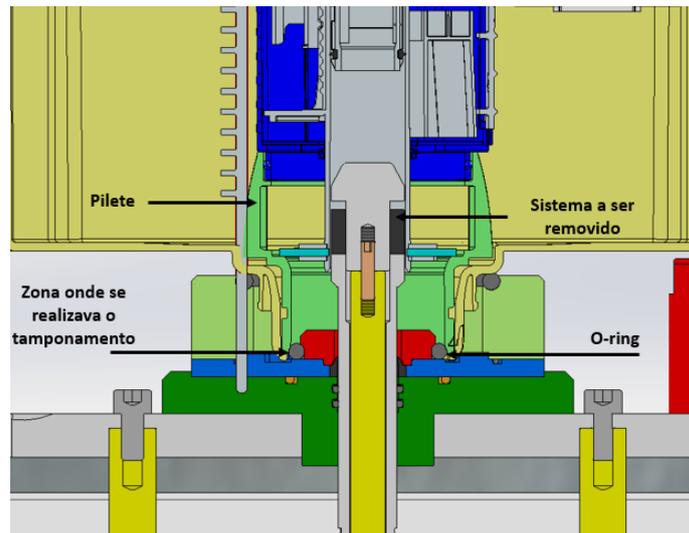


Figura 4.3: Sistema que se encontrava implementado antes das modificações.

4.2.2 Requisitos do cliente

Ficou estabelecido que:

- A zona de tamponamento do pistão fosse alterada de acordo com a Figura 4.4;
- Reaproveitar os componentes existentes;
- A máquina efetuasse os testes de estanquidade dos autoclismos.

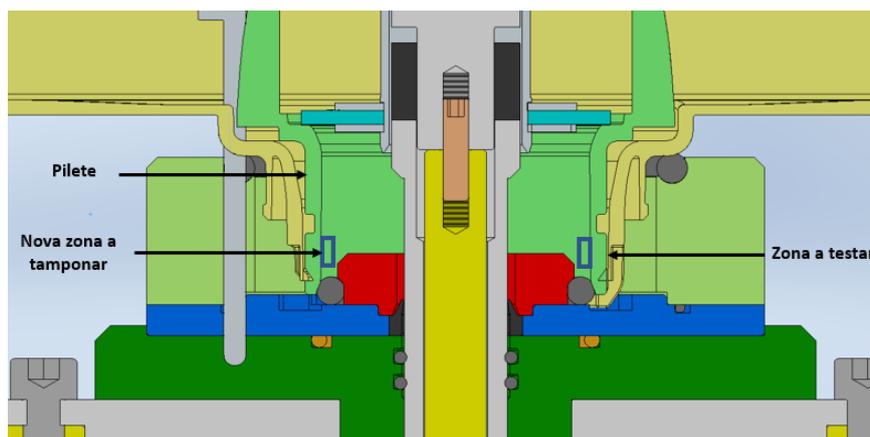


Figura 4.4: Nova zona de tamponamento pretendida pelo cliente.

4.2.3 Definição das especificações do projeto

Depois de saber quais eram os requisitos do cliente estabeleceram-se as especificações da componente mecânica do projeto, ficando estabelecido:

- Que se iria tentar reaproveitar o máximo de componentes existentes;
- Utilização de uma garra do tipo fole da FESTO;
- Garantir a estanquidade do posto após as modificações, recorrendo a componentes que permitissem efetuar a estanquidade como, por exemplo, o-rings.

4.2.4 Projeto mecânico das modificações desenvolvidas

Nesta secção encontram-se todos os componentes que dizem respeito à parte mecânica do projeto desenvolvido e a apresentação do resultado final.

4.2.4.1 Apresentação do resultado final e as modificações efetuadas

O resultado final do projeto mecânico encontra-se apresentado sob a forma de 3D CAD na Figura 4.5 e é possível observar na Figura 4.6 o novo sistema implementado.

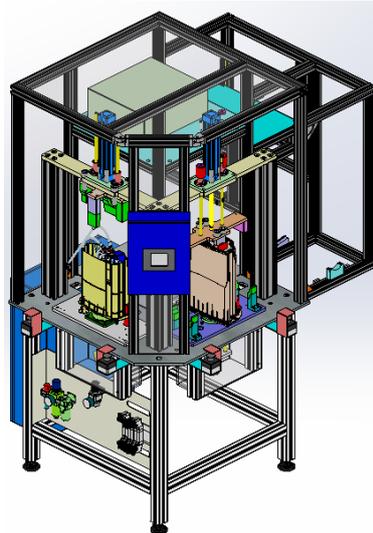


Figura 4.5: Resultado final do projeto desenvolvido.

4.2.4.2 Modificação do sistema de tamponamento

Para realizar o tamponamento do pilete na zona indicada pelo cliente, optou-se por recorrer a uma garra do tipo fole da FESTO.

Garra utilizada

O funcionamento da garra do tipo fole da FESTO consiste essencialmente num mecanismo que possui um pistão interno que é movimentado recorrendo a pneumática. Quando o sistema é pressurizado o pistão interno é movido e faz deformar o fole de forma a este expandir. O ar é introduzido pela parte inferior da garra, como é possível observar na Figura 4.7. Na Figura 4.8 encontra-se uma vista em corte de uma garra do tipo fole onde é possível observar os componentes da mesma.

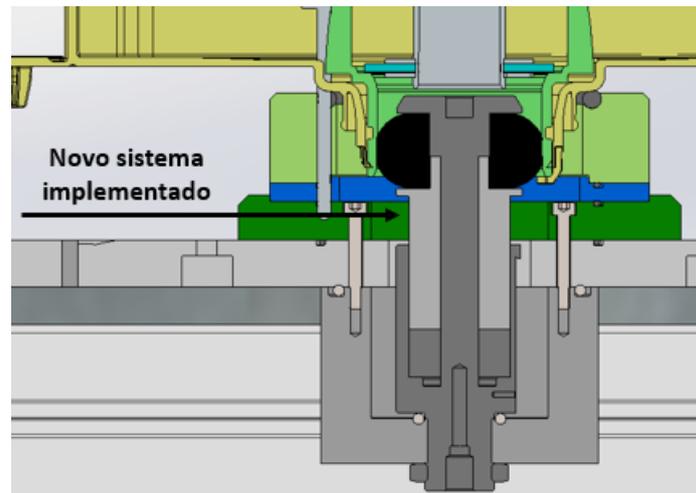


Figura 4.6: Vista em corte do novo sistema implementado.

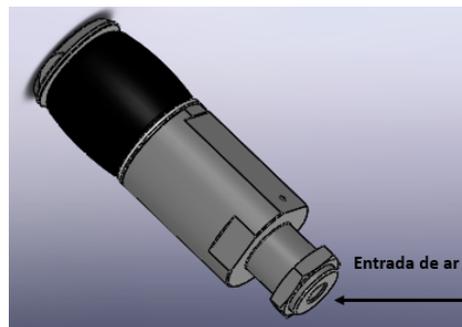


Figura 4.7: Representação 3D CAD de uma garra do tipo fole.

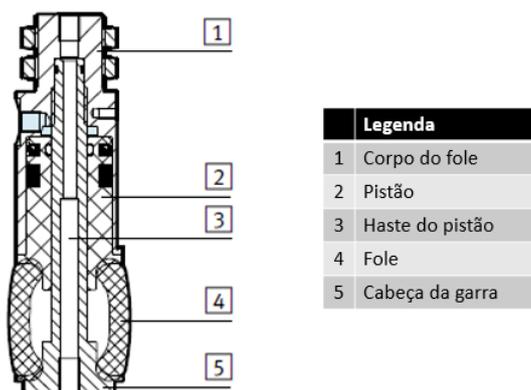
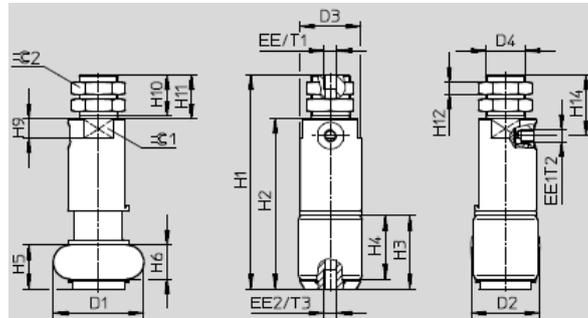


Figura 4.8: Vista de corte de uma garra do tipo fole [19].

Para a escolha do tipo de garra de fole foi necessário ter em conta o diâmetro interno do pilete, pois é necessário garantir que quando o fole expanda este realize o tampamento na zona pretendida pelo cliente. Visto que o diâmetro interno do pilete é de 52.45 mm , seleccionou-se a garra do tipo fole de referência DHEB-41E-D-E-L pois este

fole vai possuir um diâmetro de 54 mm quando a garra é ativada, comprimindo assim o pilete. Na Figura 4.9(a) encontra-se representada uma vista esquemática da garra e na Figura 4.9(b) as características técnicas da mesma.



(a) Representação esquemática da garra do tipo fole.

Size [mm]	D1 ∅ ±1	D2 ∅ ±1	D3 ∅	D4		EE	EE1	EE2	H1	
				DHEB-...-D	DHEB-...-U				DHEB-...-D ±1	DHEB-...-U ±1
8	11	8	14	M10x1	M10x1	M5	M3	M2	52.7	57.5
10	14	10.5	14	M10x1	M10x1	M5	M3	M2	54.2	58.8
12	17	13	14	M12x1	M10x1	M5	M3	M3	55.5	60.5
14	19.5	15	14	M12x1	M10x1	M5	M3	M3	55.8	64
18	25	19.5	18	M12x1	M12x1	M5	M5	M3	65	72.5
22	31.5	24	21.5	M14x1	M14x1	M5	M5	M3	75.5	82
27	37	28	25	M16x1	M16x1	M5	M5	M5	88	98
33	45	34	30	M22x1.5	M22x1.5	G1/8	M5	G1/8	109	116
41	54	42	40	M22x1.5	M22x1.5	G1/8	M5	G1/8	126.5	131
51	68	54	50	M26x1.5	M26x1.5	G1/8	G1/8	G1/8	159	160
63	85	66	60	M26x1.5	M26x1.5	G1/8	G1/8	G1/8	189	185

(b) Características técnicas das garras do tipo fole.

Figura 4.9: Representação esquemática e características técnicas das garras do tipo fole. Adaptado de [19].

O material do fole pode ser silicone ou EPDM (ethylene propylene diene monomer rubber). As principais características de cada um dos materiais encontram-se na Tabela 4.1. No presente projeto recorreu-se a um fole de EPDM pois este deixa menos marcas no pilete do que os foles de silicone além de possuir um coeficiente de atrito superior. No entanto, possui um tempo de vida útil inferior, aproximadamente de 0.5 milhões de ciclos comparativamente a 1 milhão de ciclos dos foles de silicone [19].

Tabela 4.1: Características do silicone e do EPDM [19].

Silicone	EPDM
Boa resistência a temperatura	Coefficiente de atrito superior ao silicone
Ciclo de vida superior ao EPDM	Menos marcas nas superfícies brilhantes
Recomendado para a indústria alimentar	Excelente resistência a água

Sistema de tamponamento

Depois de selecionada a garra do tipo fole a ser utilizada, esta foi implementada no posto a ser modificado. Para implementar esta solução procurou-se reutilizar o número

máximo de componentes existentes, de forma a reduzir custos e reaproveitar o material.

Na Figura 4.10 pode-se observar o resultado final do novo sistema de tamponamento. Para este novo sistema foi necessário apenas produzir uma peça nova pois as restantes resultam da alteração de peças existentes. As peças novas e as alteradas encontram-se identificadas.

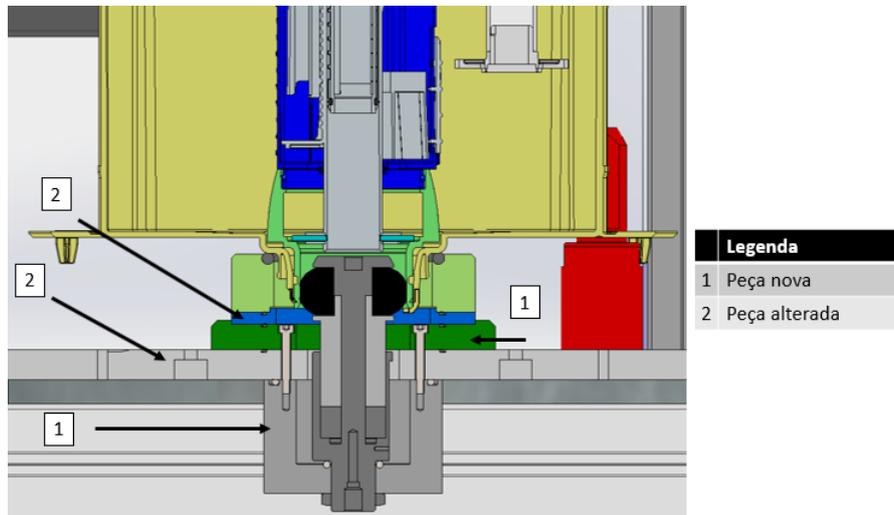
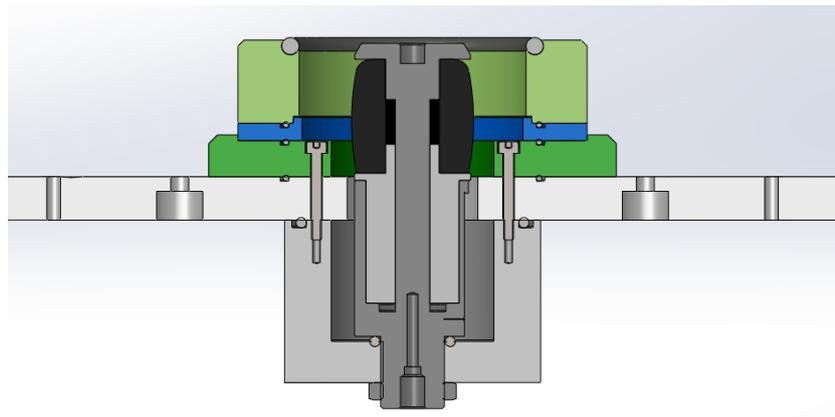
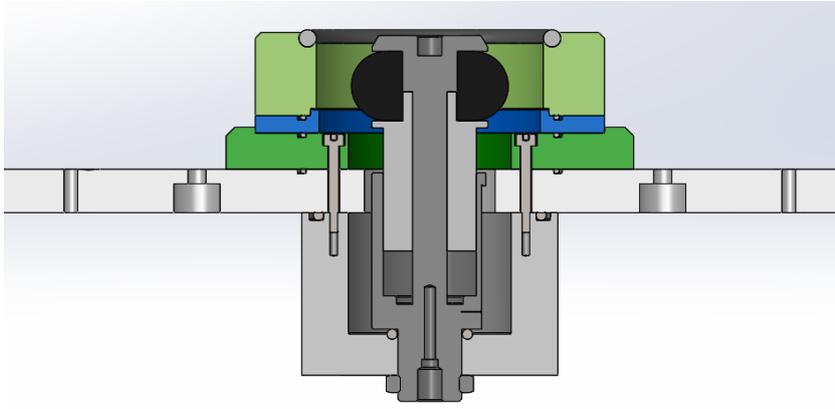


Figura 4.10: Sistema de tamponamento final.

Na Figura 4.11(a) é possível observar o mecanismo quando se encontra desativado e na Figura 4.11(b) quando é ativado, sendo que este realiza o tamponamento na zona pretendida pelo cliente.



(a) Sistema de tamponamento recuado.



(b) Sistema de tamponamento avançado.

Figura 4.11: Representação do novo sistema de tamponamento.

4.2.4.3 Verificação da estanquidade

Visto tratar-se de um equipamento que permite testar a estanquidade, é essencial garantir que não existem fugas de ar. É necessário vedar as zonas por onde é possível ocorrerem fugas sendo que estas podem ocorrer onde se encontram as ligações aparafusadas e entre as peças. Na Figura 4.12 encontram-se assinaladas as zonas vedadas com o-rings de forma a garantir a estanquidade da máquina.

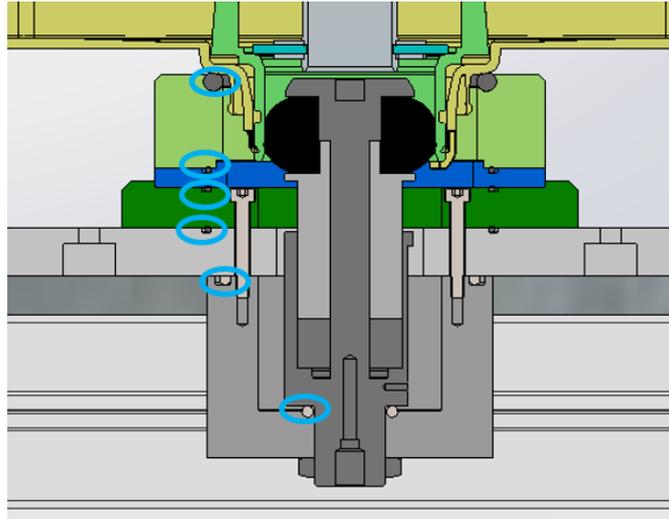


Figura 4.12: Zonas vedadas de forma a garantir a estanquidade.

Exemplo de dimensionamento de caixas de o-rings

Seguidamente é apresentado o dimensionamento de um dos o-rings. O o-ring utilizado para demonstrar o processo de dimensionamento das caixas encontra-se assinalado na Figura 4.13.

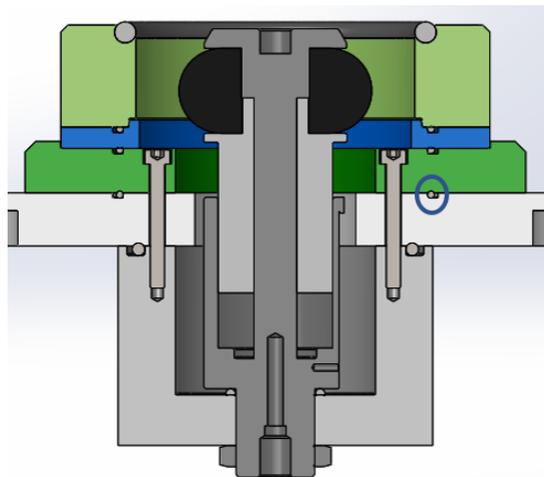


Figura 4.13: Identificação do o-ring selecionado para demonstrar o dimensionamentos das caixas de alojamento.

Na Figura 4.13 encontra-se assinalado um o-ring 73X3.55 que possui um diâmetro interno de 73mm e 3.55mm de secção transversal. O dimensionamento da caixa depende da funcionalidade do o-ring podendo ser utilizadas caixas retangulares (Figura 4.14(a)), caixas triangulares (Figura 4.14(b)), entre outras. No presente caso o o-ring encontra-se numa caixa rectangular e sofre deformação axial.

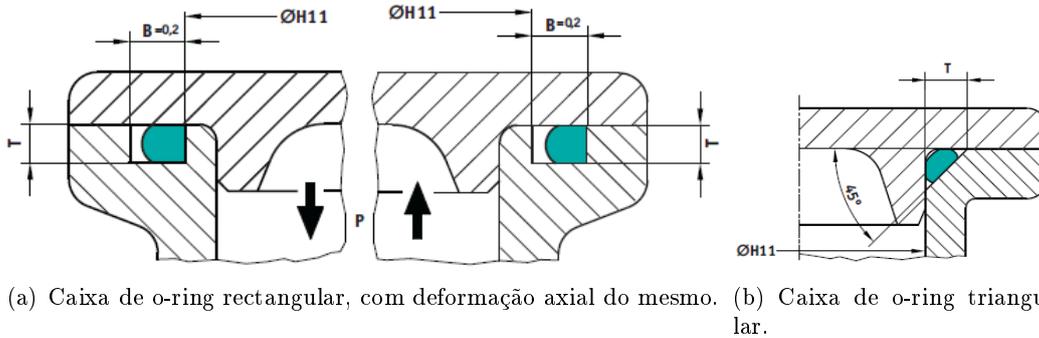


Figura 4.14: Tipos de utilização de o-rings. Adaptado de [20].

Para o correto dimensionamento da caixa do o-ring recorreu-se a uma tabela do fornecedor, na qual através do diâmetro interno do o-ring é possível dimensionar a caixa que o vai alojar. Na Tabela 4.2 encontram-se as dimensões necessárias para dimensionar a caixa, em que T representa a altura da caixa e B a largura.

Tabela 4.2: Características da caixa que vai alojar o o-ring. Adaptado de [21].

Espessura do o-ring	T	B
3.55	2.7	5.0

4.2.5 Documentação técnica

Relativamente ao presente projeto foi elaborada a documentação técnica referente aos desenhos técnicos.

Desenhos técnicos

A documentação técnica do presente projeto consistiu na elaboração do desenho de conjunto da modificação efetuada e dos desenhos de definição para as peças de fabrico (ver apêndice A). Os desenhos de conjunto contêm toda a informação acerca dos componentes utilizados e as cotagens de atravancamento. Os desenhos de definição são desenhos bidimensionais que permitem, através de informações como a cotagem e o toleranciamento geométrico e dimensional, iniciar o fabrico das respetivas peças. Os desenhos de definição também contêm informações acerca dos materiais utilizados, quantidades, tratamentos das peças caso seja necessário e outras informações que possam ser relevantes para o fabrico das peças. Nos desenhos das peças que vão ser alteradas é colocada toda a informação acerca das modificações que têm que ser efetuadas nas peças existentes.

4.2.6 Discussão

Durante a fase do projeto teve-se que pensar como realizar a modificação na máquina sem efetuar grandes alterações, de forma a tentar reaproveitar os componentes existentes.

Foi necessário ter atenção na escolha da garra do tipo fole, pois é necessário ter atenção ao diâmetro da parede interna do pilete e ao diâmetro máximo que o fole pode atingir, para garantir que o tamponamento é realizado corretamente.

Devido ao facto de se tratar de um equipamento de teste de estanquidade é necessário garantir que o mesmo se encontra estanque de forma a garantir o correto funcionamento durante a fase de testes de estanquidade dos autoclismos. Para garantir que o sistema era estanque foram utilizados o-rings nas zonas onde poderiam haver fugas de ar. É de referir que as caixas de alojamento dos o-rings foram dimensionadas segundo os dados disponibilizados pelo fornecedor.

Por fim, durante a fase de montagem e de testes não se verificou nenhum problema com a solução desenvolvida.

4.3 Caso de estudo 2 - Alteração dos postos de aparafusamento

4.3.1 Descrição do projeto

A Atena foi contactada pelo cliente que pretendia que fossem realizadas modificações nos postos de aparafusamento de uma célula robotizada que têm como função realizar o aparafusamento de uma tampa de uma bomba de óleo (Figura 4.15). A célula robotizada é constituída por duas operações (OPs), OP90.1 e OP90.2, que se encontram sinalizadas na Figura 4.16.

Cada OP possui duas aparafusadoras, sendo que ambas se podem movimentar segundo o eixo YY mas apenas a aparafusadora que se encontra do lado direito de cada OP possui movimento segundo o eixo XX.

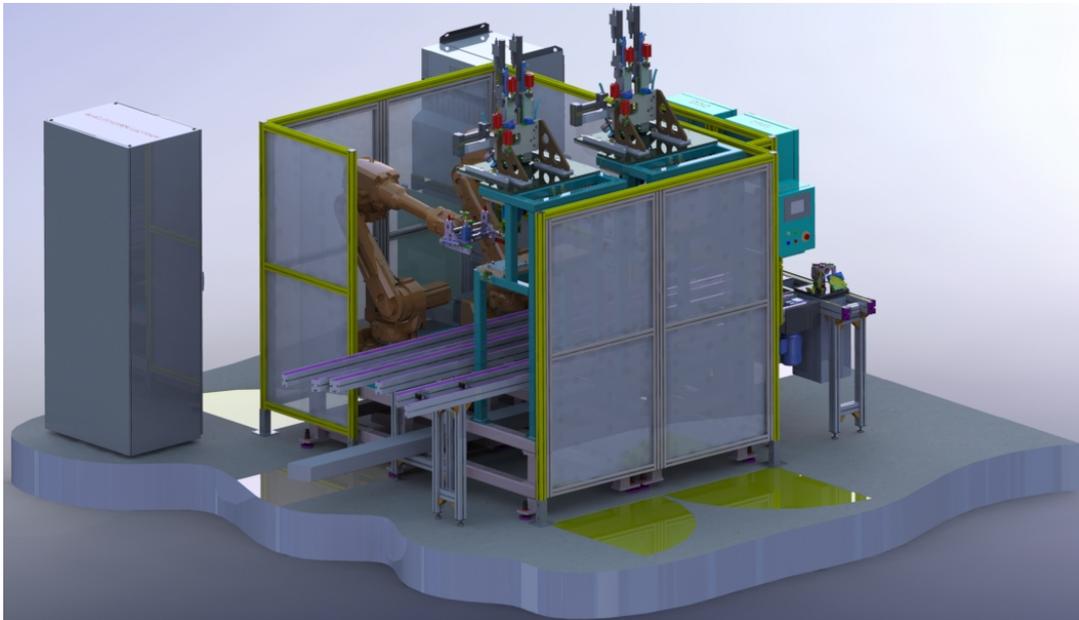


Figura 4.15: Célula robotizada (antes das modificações).

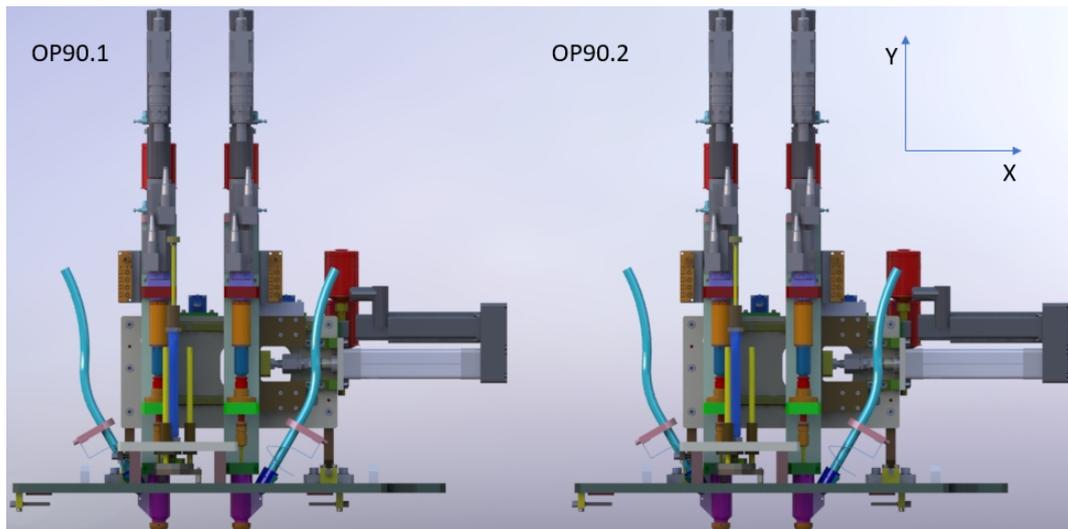


Figura 4.16: Aparafusadoras OP90.1 e OP90.2 (antes das modificações).

4.3.2 Requisitos do cliente

O cliente pretendia que se efetuassem as seguintes alterações à célula robotizada:

- Que fosse efetuada uma alteração do sistema de aparafusamento de forma a que as aparafusadoras fixas passassem a possuir um sistema móvel segundo o eixo XX. O cliente pretendia que com esta modificação o processo de parametrização fosse facilmente ajustado, pois devido ao facto de apenas uma das aparafusadoras ser móvel segundo o eixo XX o processo de parametrização demorava cerca de duas horas. O processo de parametrização é realizado com uma periodicidade baixa, sendo apenas efetuado quando é verificado que os parafusos são introduzidos de forma incorreta. O cliente referiu que no processo de parametrização seria necessário realizar ajustes de posição até 3 mm ;
- Aplicação de uma separação física e de segurança entre as OPs, de forma a que quando se acesse a cada uma das OP ser impossível aceder à OP que se encontra ao lado;
- As partes inferiores das proteções deveriam ficar a uma distância do pavimento de 170 mm .

4.3.3 Definição das especificações do projeto

Para se elaborar as especificações do projeto teve-se que ter em conta os equipamentos existentes. No caso dos equipamentos elétricos, se estes forem iguais posteriormente a programação será mais fácil de elaborar, sendo também uma mais valia para o cliente pois facilita a gestão de todos os componente da célula robotizada.

Relativamente à componente mecânica foi estabelecido:

- A aplicação a cada uma das aparafusadoras fixas de um sistema de movimentação no eixo XX, para o posicionamento do conjunto de aparafusamento, recorrendo a

um cilindro eletromecânico da Bosch Rexroth modelo EMC40 que se encontrará fixo à placa vertical;

- A aplicação de quatro fins de curso iguais aos existentes na célula robotizada;
- O reaproveitamento dos sistemas de movimentação vertical das aparafusadoras;
- A realização de uma separação física entre as OPs, permitindo individualizar o acesso a cada OP sem interrupção da OP que se encontra ao lado, considerando-se a construção de novos pilares de definição da célula em perfil de alumínio, a utilização de painéis de policarbonato, a utilização de acessórios de fixação e a redefinição das portas de acesso existentes;
- A aplicação de quatro novos fechos de encravamento;
- A aplicação de duas caixas de quatro comandos, uma para cada porta que permite acesso ao robô em segurança.

4.3.4 Projeto mecânico das modificações desenvolvidas

Nesta seção apresentam-se os componentes que constituem o projeto desenvolvido, desde os componentes que já se encontram no mercado (standard) aos que foram necessários desenvolver.

4.3.4.1 Apresentação do resultado final e as modificações efetuadas

O resultado final do projeto mecânico é apresentado na Figura 4.17, recorrendo a imagens 3D CAD da célula robotizada.

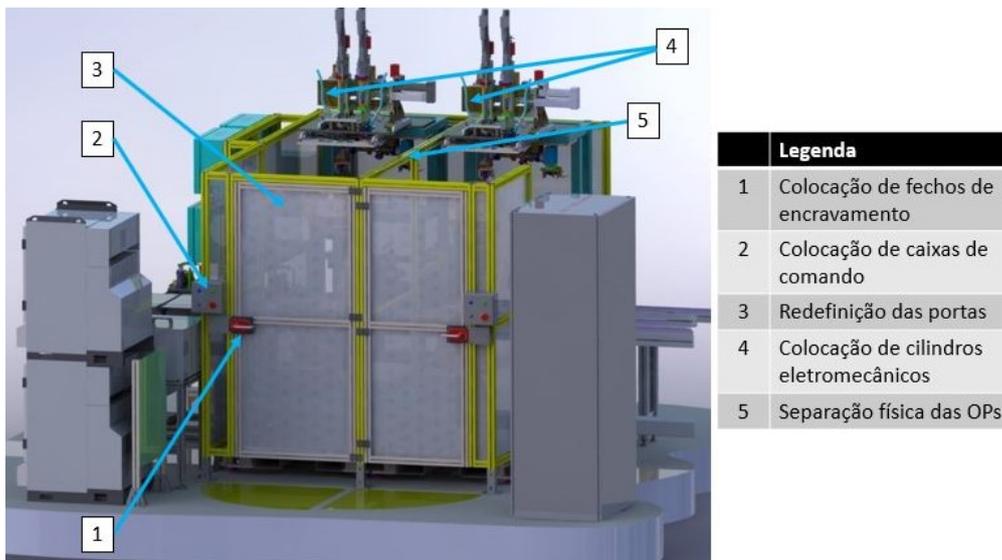


Figura 4.17: Vista do lado direito da célula robotizada com as alterações efetuadas indicadas.

4.3.4.2 Modificações no sistema de aparafusamento.

O eixo linear adotado para tornar o sistema de aparafusamento móvel foi um cilindro eletromecânico da Bosch Rexroth. A gama de eixos elétricos da Bosch Rexroth possui várias vantagens, destacando-se as seguintes [22]:

- Boa eficiência mecânica com uma baixa energia requerida;
- Uma vasta gama de acessórios, permitindo assim uma elevada flexibilidade;
- O motor pode ser acoplado diretamente no eixo ou lateralmente (sendo neste caso acionado por uma correia);
- A haste é feita em aço inoxidável de forma a poder ser utilizada em ambientes agressivos.

Na Figura 4.18 encontram-se os componentes de um eixo elétrico. O eixo referido é constituído por um cilindro eletromecânico, um sistema de transmissão (correia) no caso de o acoplamento ser lateral, um motor e um controlador do eixo.

Visto que o cliente pretendia que o cilindro eletromecânico permitisse realizar ajustes de posição até 3 mm , foi selecionado um cilindro eletromecânico que possui um curso de 35 mm , sendo este o que possui um curso mais baixo dentro da gama EMC40. O cilindro eletromecânico da Bosch Rexroth utilizado possui a referência EMC-040-NN-2-35 mm . Na Tabela 4.3 encontram-se realçadas as características do cilindro eletromecânico selecionado para incorporar no sistema de aparafusamento.

Para além do curso do cilindro eletromecânico também foi tido em conta o peso do conjunto a ser movimentado. Através do *software Solidworks* foi possível determinar que o peso do conjunto referido é de 24 kg . Segundo o catálogo da Bosch Rexroth é possível garantir que o eixo elétrico consegue exercer uma força axial de 4500 N para um cilindro eletromecânico com um curso de 35 mm [23]. Para cursos acima de 200 mm a força axial exercida pelo eixo elétrico começa a decrescer, como é possível verificar através do gráfico da Figura 4.19. Deste modo, pode-se garantir que o eixo selecionado permite efetuar o movimento do conjunto móvel.

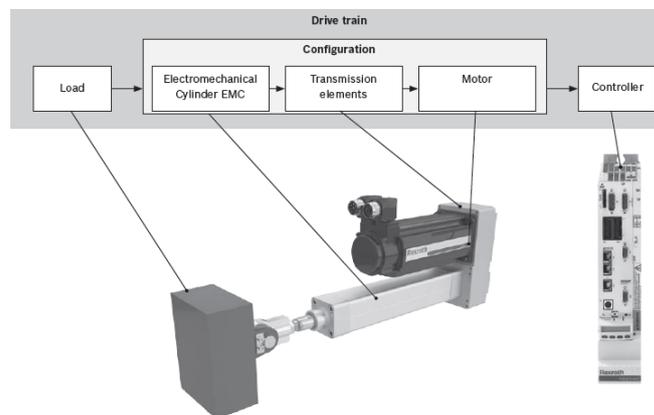


Figura 4.18: Componentes de um cilindro eletromecânico da Bosch Rexroth [23].

Tabela 4.3: Características técnicas dos cilindros eletromecânicos da Bosch Rexroth (as características dos cilindros eletromecânicos selecionados encontram-se delimitadas) [22].

EMC	Screw drive diameter (mm)	Dynamic load capacity (N)	Max. axial force (N)	Max. drive torque (Nm)	Min. travel range (mm)	Max. travel range (mm)	Max. linear speed (m/s)	Max. rotary speed (RPM)	Max. accel. (m/s ²)	Frictional torque (Nm)	Axial clearance (μ)
32	12 x 5	4100	1200	1.1	30	750	0.57	6800	50.0	0.16	10
40	16 x 5	13300	4500	4.0	35	750	0.38	4600	50.0	0.28	10
	16 x 10	10400	3000	5.3	45	750	0.77	4600	50.0	0.33	15
50	20 x 5	15400	7800	6.9	40	900	0.32	3800	39.8	0.50	5
63	25 x 5	17200	15900	14.1	45	1200	0.28	3300	28.9	0.75	5
	25 x 25	15900	8000	35.4	95		1.38	3300	50.0	1.00	20
80	32 x 5	23300	21600	19.1	50	1500	0.25	3000	17.9	1.20	5
	32 x 10	26000	22000	38.9	80		0.50	3000	30.7	1.30	10
	32 x 32	21100	10400	58.9	120		1.60	3000	50.0	1.60	20
100	40 x 5	31400	29100	25.7	55	1500	0.18	2200	12.2	2.40	5
	40 x 10	42100	29000	51.3	70		0.37	2200	16.8	2.50	5
100XC	50 x 10	86100	56000	99.0	90	1500	0.50	3000	12.1	4.00	5
	50 x 20	104900	50000	176.8	115		1.00	3000	22.0	5.00	10

EMC-40

$d_0 \times P$
 — 16 x 5
 - - - 16 x 10
 ···· 16 x 16

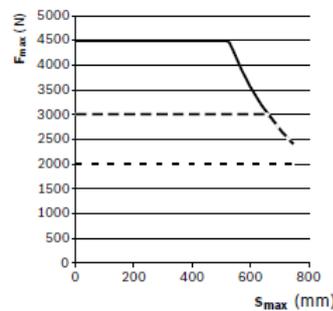


Figura 4.19: Carga axial mecânica do cilindro eletromecânico utilizado [23].

Nas Figuras 4.20 e 4.21 é possível observar o resultado final das modificações efetuadas nos postos de aparafusamento. A posição inicial da aparafusadora é a mesma em que esta se encontrava inicialmente quando não possuía movimento segundo o eixo XX.

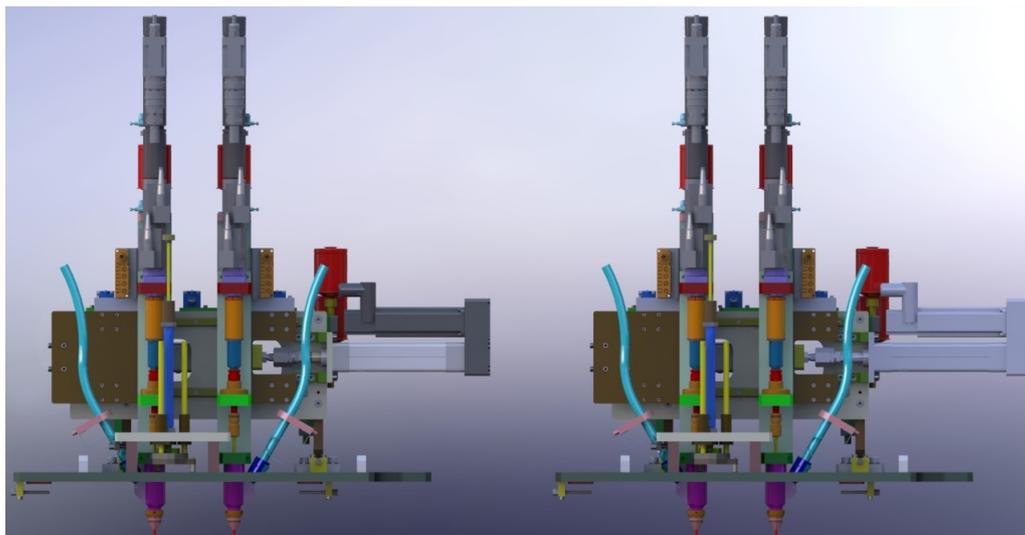


Figura 4.20: Aparafusadoras finais (vista frontal).

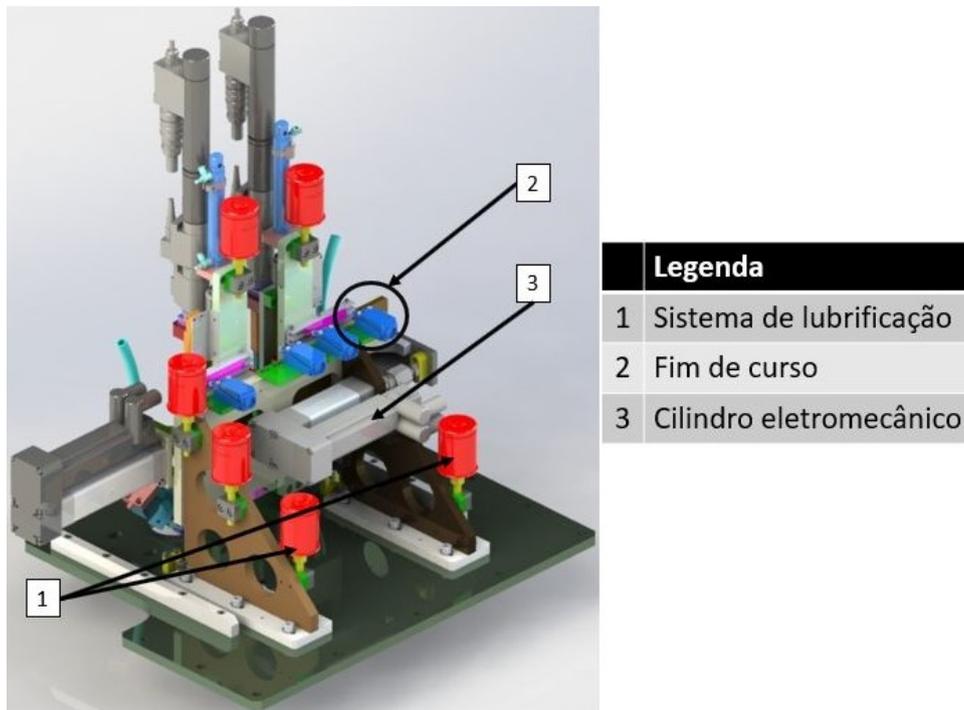


Figura 4.21: Aparafusadoras finais (vista isométrica).

De forma a facilitar o entendimento de como é feito o processo de montagem da aparafusadora foi elaborada uma vista explodida do conjunto, representada na Figura 4.22.

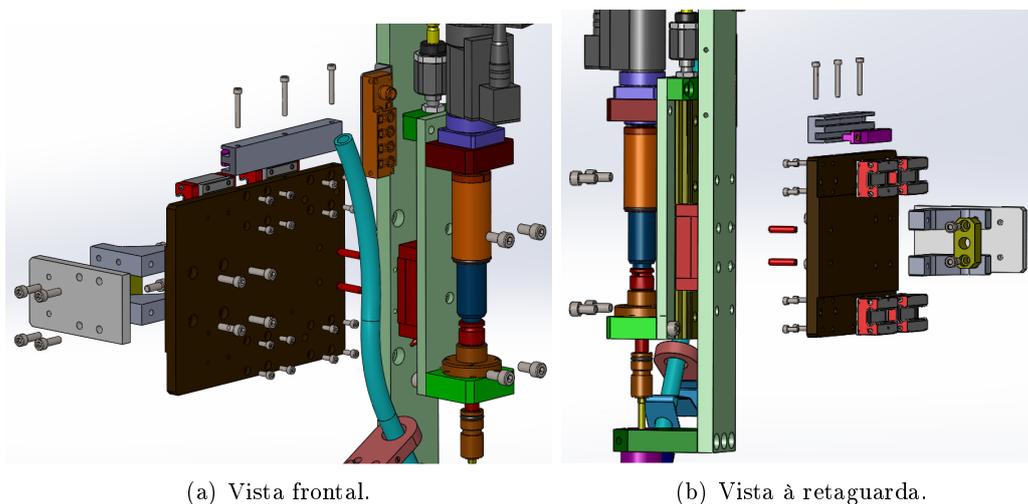


Figura 4.22: Vista explodida da modificação realizada à aparafusadora.

Seleção de patins

Numa fase inicial verificou-se se o modelo de patins que se encontravam instalados poderiam ser utilizados no novo sistema a implementar. O modelo que se encontrava instalado era o SGL15HTF da marca NIPPON BEARING (ver Figura 4.23).

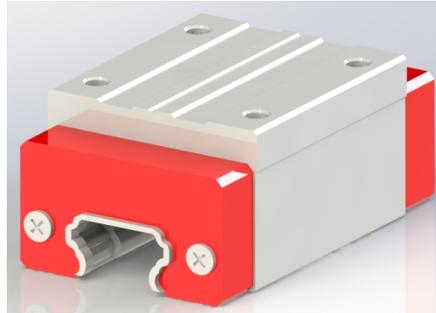


Figura 4.23: Representação do patim da NIPPON BEARING.

Para dimensionar o patim a ser utilizado foi necessário calcular o momento exercido neste. Na Figura 4.24 encontra-se assinalado o momento que é exercido no patim (M_r).

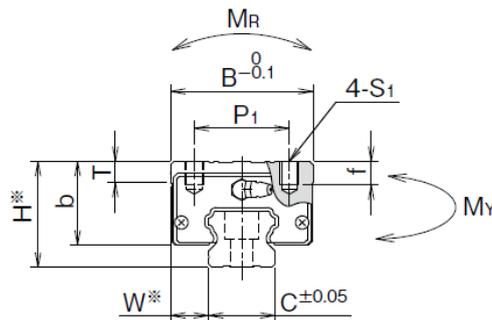


Figura 4.24: Representação esquemática do patim utilizado [24].

Para saber o centro de massa do sistema recorreu-se ao *software Solidworks*, na Figura 4.25 encontra-se assinalado o centro de massa e a distância que vai ser considerada para o cálculo do momento segundo o eixo Z, a distância assinalada é medida desde a base do patim até à extremidade da placa onde se encontra o centro de massa, desta forma o cálculo do momento de torção ficará sobredimensionado.

Para o cálculo do momento no eixo Z recorreu-se à seguinte fórmula:

$$M_r = F \times d \quad (4.1)$$

Em que:

- M_r é o momento aplicado no patim;
- F é a força aplicada;
- d é a distância da força aplicada até à base do patim.

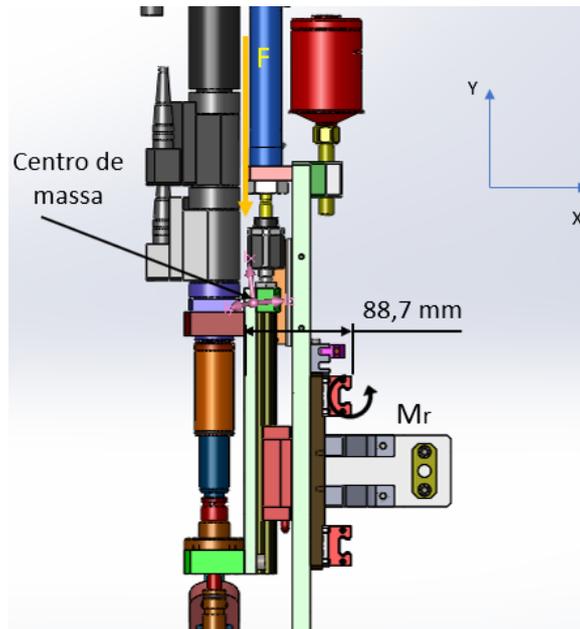


Figura 4.25: Dados utilizados para o cálculo do momento exercido no patim.

A força aplicada é calculada da seguinte forma:

$$F = P \times g = 22.4(kg) \times 9.8(m/s^2) = 219.52 N \quad (4.2)$$

Em que P é o peso da estrutura e g é a constante da aceleração gravítica.

Por fim o valor do momento segundo o eixo Z é:

$$M_r = F \times d = 219.52 \times 88.7 \times 10^{-3} = 19.47 N.m \quad (4.3)$$

Tendo em conta que o valor calculado em 4.3 é o valor total do momento é necessário dividir este por quatro, visto tratar-se de quatro patins, logo o momento aplicado em cada patim é de $4,9 N.m$. Segundo o catálogo do fornecedor é possível garantir que o patim SGL15HTF pode ser utilizado, pois segundo o catálogo o valor máximo pode ser de $126 N.m$ como se pode observar na Tabela 4.4.

Tabela 4.4: Características técnicas do patim utilizado. Adaptado de [24].

part number	basic load rating		allowable static moment			mass	
	dynamic C kN	static Co kN	Mp Mp2 N · m 565	My My2 N · m 565	Mn N · m 126	block kg	guide rail kg/m
SGL15HTF	10.6	16.2	99.5 565	99.5 565	126	0.2	1.3

Fim de curso utilizado

Na estrutura móvel recorreram-se a dois fins de curso da OsiSence XCKD2102P16 (Figura 4.26) em cada uma das aparafusadoras, que são ativados através de um came de segurança U1216-63 [25] da Euchner que se encontra num rail UL2-12-134 [25] da mesma marca.



Figura 4.26: Switch da OsiSence XC [26].

A forma como se encontra implementado o sistema de fim de curso permite realizar os ajustes de posição pretendidos pelo cliente (ver Figura 4.27). A posição em que o sistema se encontra implementado permite que a estrutura se possa movimentar cerca de 16 mm , sendo que no caso de ser necessário ajustar as posições dos fins de curso é possível deslocar as placas que suportam os fins de curso em 6 mm para cada lado. Também é possível ajustar facilmente a posição do came de segurança no rail, sendo apenas necessário desapertar dois parafusos, colocar o came na posição pretendida e finalmente reapertar os parafusos.

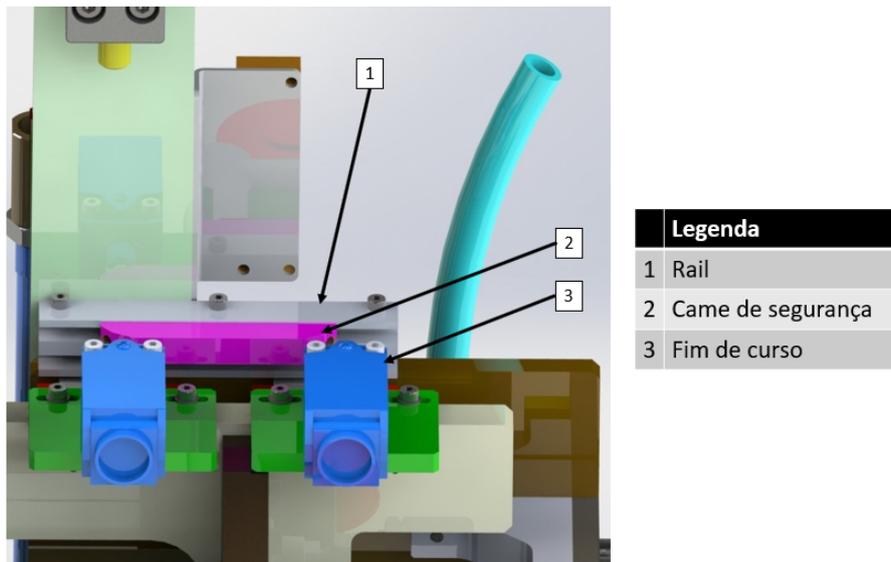


Figura 4.27: Fim de curso.

Sistema de lubrificação

Para garantir o bom funcionamento dos patins é necessário garantir que estes se encontram lubrificados, de forma a garantir uma maior vida útil dos mesmos e diminuir o desgaste provocado pelo atrito entre o rail e o patim. Para isso é utilizado um sistema de lubrificação da Perma, mais concretamente o Perma CLASSIC de 120 cm^3 . Dentro da gama Perma CLASSIC existem diferentes tipos de graxa, sendo que para o caso dos patins é utilizado o Perma Liquid grease SF06 que garante uma elevada proteção contra o desgaste, uma elevada facilidade de manuseamento, possui proteção contra manipulação e permite trocar rapidamente o sistema de lubrificação [27]. O óleo base do sistema de lubrificação utilizado é óleo mineral [27].

O sistema de lubrificação é ativado através da utilização de um parafuso ativador. Estes parafusos ativadores definem o tempo de descarga, sendo que este tempo pode ser de 1, 3, 6 ou 12 meses [27]. No presente projeto recorreu-se a um parafuso ativador cinzento de referência 101335, que é utilizado para um tempo de descarga de 12 meses, considerando que a temperatura ambiente é de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ [27]. Na Figura 4.28 encontram-se as informações técnicas do sistema de lubrificação e do parafuso ativador utilizados.

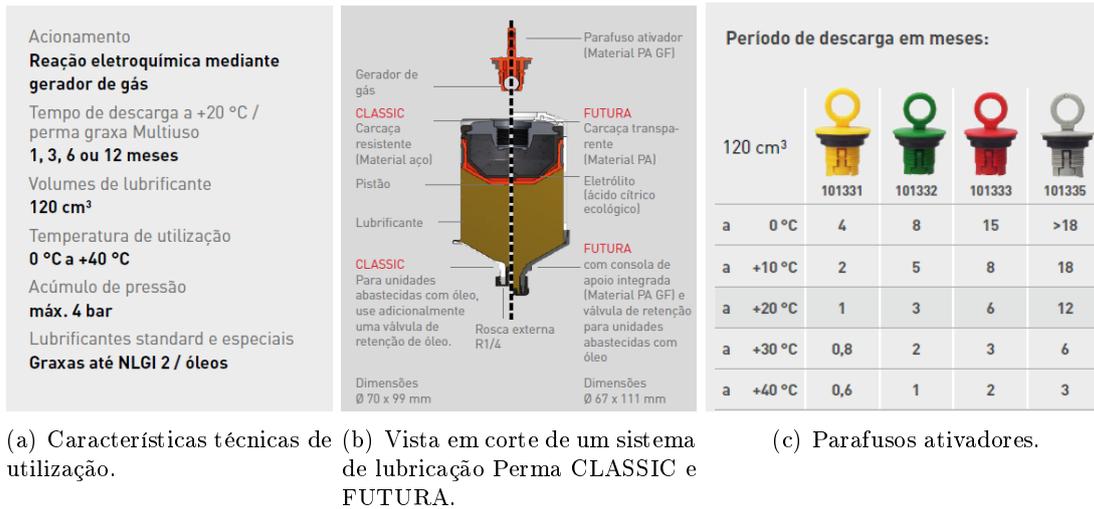


Figura 4.28: Características técnicas do sistema de lubrificação utilizado [27].

Neste caso são utilizados dois sistemas de lubrificação pois é necessário um sistema de lubrificação por cada par de patins. Na Figura 4.29 é possível visualizar os sistemas de lubrificação acrescentados em cada uma das OPs.

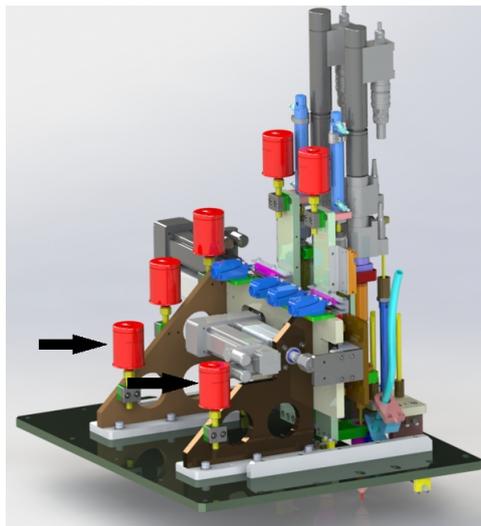


Figura 4.29: Sistemas de lubrificação acrescentados a cada uma das OPs (os sistemas acrescentados encontram-se assinalados).

4.3.4.3 Separação física entre as OPs e redefinição das portas

A separação física entre OPs e a redefinição das portas é feita através da utilização de perfil de alumínio e policarbonato.

No mercado existem diversas gamas de tamanhos de perfil e uma grande quantidade de acessórios de montagem, fixação, elementos de segurança, entre outros, permitindo assim ao projetista ter um grande número de opções de escolha durante o desenvolvimento de equipamentos.

Para a separação física das OPs teve-se que ter em conta vários fatores, entre eles:

- A zona inferior das proteções e o pavimento devem estar a 170 mm de distância, sendo este um requisito específico do cliente;
- Ter a garantia que quando se acede por uma porta de acesso seja impossível um operador ter acesso à zona que se encontra ao lado;
- Garantir que não existe risco de colisão entre o rôbo e as proteções.

Na Figura 4.30 é possível observar a divisão realizada a separar as OPs e as novas portas de acesso. Não foi possível manter as portas existentes devido ao facto de serem incompatíveis com a nova proteção.

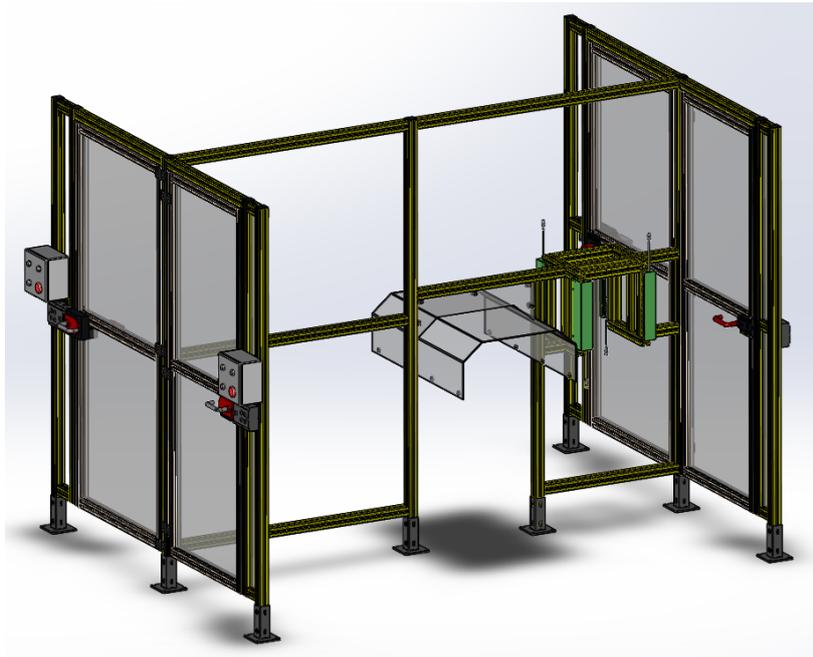


Figura 4.30: Novas proteções para a célula robotizada, com separação entre OPs.

As proteções podem ser divididas em duas zonas representadas na Figura 4.31. Para cumprir as exigências do cliente, na zona 1 houve a necessidade de colocar um túnel de policarbonato com 850 mm para impedir que um operador quando esteja numa das OPs tenha acesso à OP que se encontra ao lado.

Na zona 2 foi impossível a colocação de um túnel de 850 mm entre as duas OPs pois este iria ficar na zona de trabalho do rôbo. Assim, teve-se que recorrer à utilização

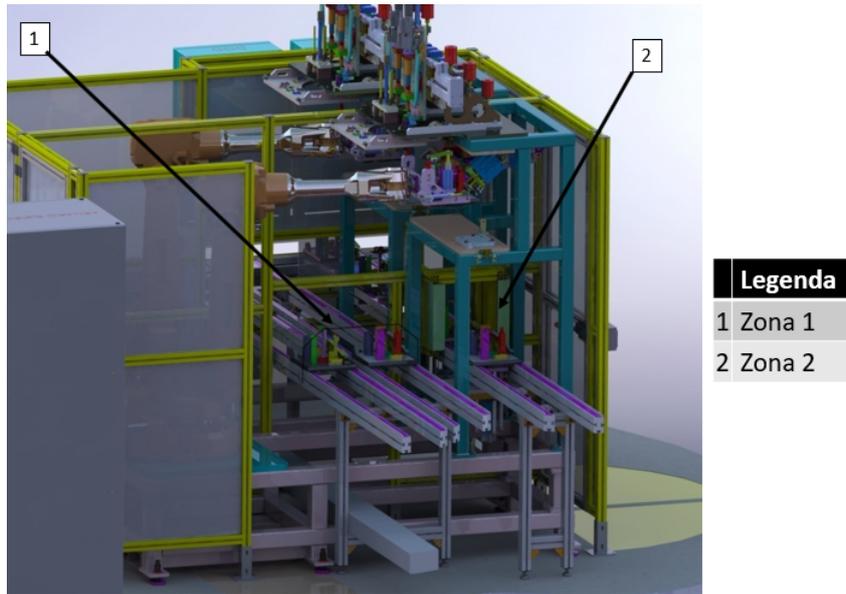


Figura 4.31: Identificação das zonas.

de barreiras da Sick. Foi preciso colocar um par de barreiras de cada lado de forma a garantir a segurança dos operadores, sendo que se estes passarem a zona de detecção das barreiras que se encontram do lado em que se encontram a trabalhar o posto ao lado vai ficar automaticamente inativo.

A estrutura da separação física e as novas portas foram fabricadas utilizando perfil ligeiro de alumínio 45X45 da Fasten que possui um canal de 10 mm (ver Figura 4.32), encontrando-se as características deste na Tabela 4.5.

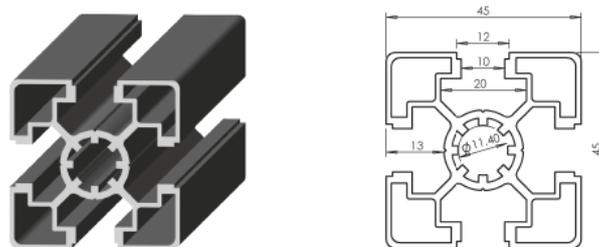


Figura 4.32: Perfil ligeiro de alumínio 45X45 da Fasten [28].

Tabela 4.5: Características técnicas do perfil ligeiro de alumínio 45X45 da Fasten [28].

Fabricante	Fasten Sistemas
Referência	5001
Comprimento standard	6 m
Densidade	2,7 gr/cm ³
Composição	Al Mg Si 0,5 F25 (6060/6063)

Para a ligação dos diferentes componentes da nova proteção foi necessário recorrer à utilização de acessórios. Para este caso em concreto foram necessários os seguintes elementos:

- De ligação entre perfis;
- De ligação dos painéis de policarbonato ao perfil;
- Dobradiças para as portas;
- Sapatas;
- Porcas em T.

Para a ligação entre os perfis 45X45 são utilizados conetores de cabeça redonda com canal de 10 mm com a referência 5352 da Fasten que são indicados para a união de perfis em ângulo reto. O parafuso deve ser introduzido a partir de uma das extremidades do perfil. Na Figura 4.33(a) encontram-se as características técnicas do conector e na Figura 4.33(b) uma representação exemplificativa que permite perceber como estes conetores são utilizados. Para este caso em específico o valor de L representado na Figura 4.33(b) é de 33 mm [28].

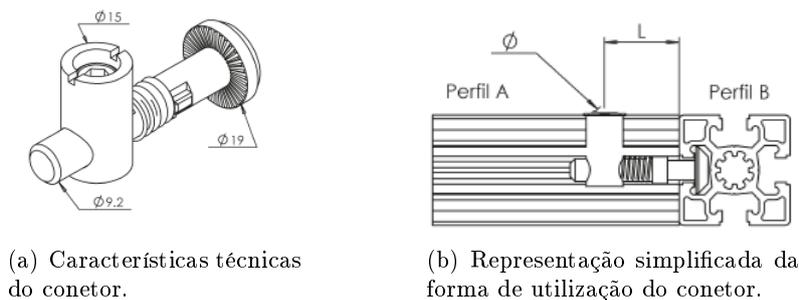


Figura 4.33: Características técnicas dos conetores utilizados para a ligação dos perfis. Adaptado de [28].

Para fixar as portas às proteções são utilizadas dobradiças de poliamida de referência 56011 da Fasten. Na Figura 4.34 é possível observar as características das dobradiças utilizadas.

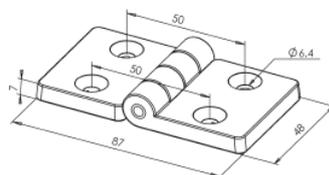


Figura 4.34: Características técnicas das dobradiças e a sua forma de aplicação nas portas de acesso à ilha robotizada [28].

Para a ligação dos painéis de policarbonato ao perfil das proteções são utilizados blocos de fixação de poliamida com a referência 5513 da Fasten que permitem duas

posições de fixação. Os blocos selecionados são utilizados em perfis que possuam um canal de 10 mm (ver Figura 4.35).

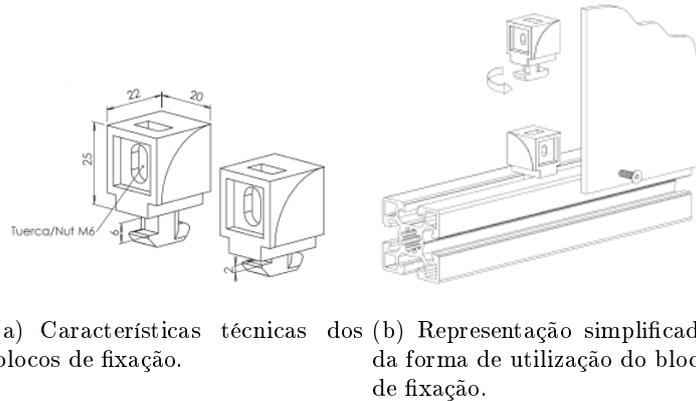


Figura 4.35: Bloco de fixação dos painéis de policarbonato [28].

As proteções possuem sapatas de referência 5410 da Fasten que são utilizadas em perfis de 45X45, sendo fixas ao pavimento para suportarem a estrutura em perfil de alumínio (Figura 4.36).

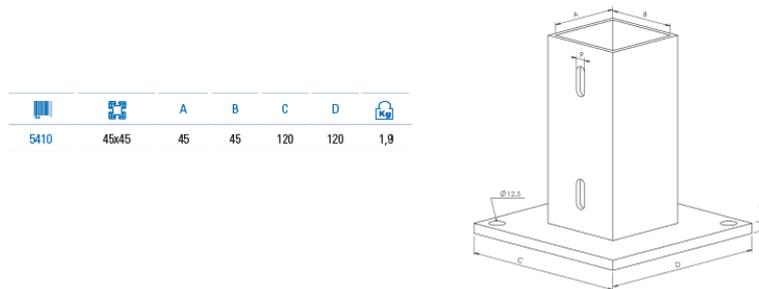


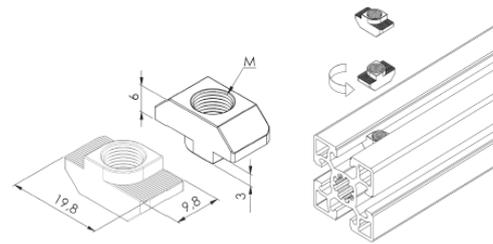
Figura 4.36: Suporte utilizado nas bases do perfis de alumínio. Adaptado de [28].

Para a fixação dos fechos das portas são utilizadas porcas com cabeça de martelo M6 da Fasten com a referência 52016. As porcas selecionadas encontram-se representadas na Figura 4.37.

Hoje em dia é necessário ter uma especial atenção aos elementos de segurança da máquina. Para cumprir os requisitos do cliente, as proteções e as portas da célula robotizada devem encontrar-se a 170 mm do pavimento, de forma a evitar o acesso a zonas protegidas, como é possível observar na Figura 4.38.

Como referido inicialmente, foi necessário a colocação de quatro fechos de encravamento e duas caixas de comando. Em cada uma das portas foi necessário colocar um fecho de encravamento e nas portas de acesso aos robôs foi também necessário colocar uma caixa de comando de quatro botões.

Os fechos de encravamento utilizados são da Euchner com a referência MGB-L1HE-ARA-R-105784 (ver Figura 4.39). Estes fechos possuem um sistema de proteção que permite assegurar que quando um operador entra na zona de acesso da máquina pode entrar em segurança pois os fechos inativam a OP. Estes fechos possuem um desbloqueio



(a) Características técnicas da porca M6. (b) Representação esquemática da utilização de uma porca de cabeça martelo.

Figura 4.37: Porca de cabeça martelo M6. Adaptado [28]

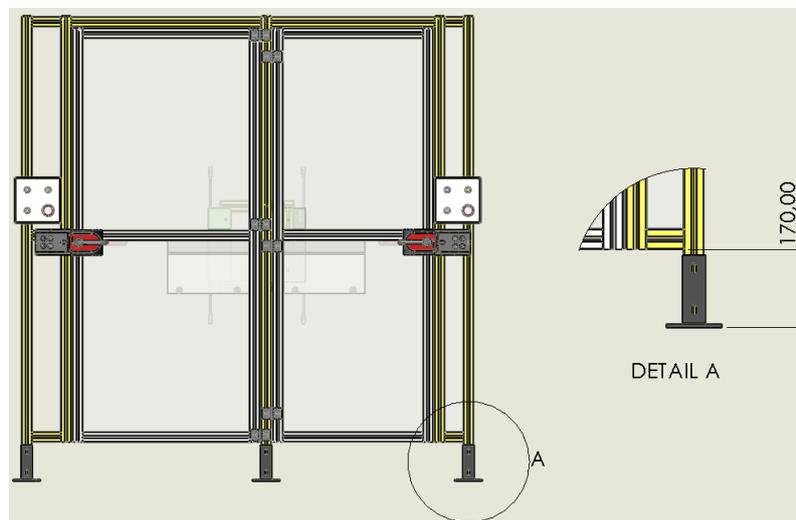


Figura 4.38: Parte inferior das proteções.

antipânico que permite que os operadores quando ficam presos no interior de uma zona de proteção possam abrir a porta, mesmo quando existe um corte na alimentação [29].

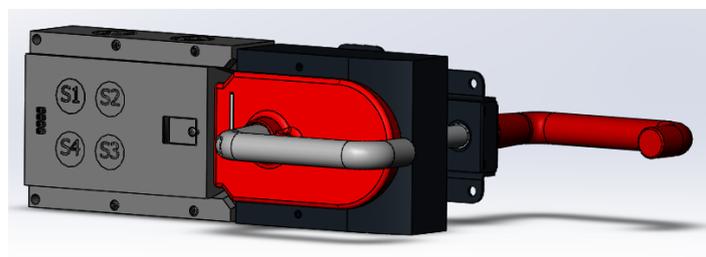


Figura 4.39: Representação 3D CAD do fecho da Euchner.

As caixas comando de quatro botões utilizadas são constituídas por:

- Seccionador para ligar/desligar;

- Comutador para colocação do rôbo em serviço/fora de serviço;
- Botão de pressão com sinalização rearme/início de ciclo;
- Botão de pressão com sinalização fim de ciclo/pedido de intervenção.

Na Figura 4.40 pode-se visualizar um exemplo de uma caixa de comando em 3D CAD.

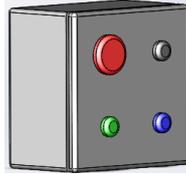


Figura 4.40: Exemplo 3D CAD de uma caixa de comando de quatro botões.

Para o correto dimensionamento das barreiras teve-se em conta o processo de seleção explicado na secção 3.2.4. Seguidamente é demonstrado o processo para o cálculo de uma das barreiras que se encontram na célula robotizada.

Para as barreiras que se encontram na zona intermédia das proteções a aproximação considerada é em ângulo reto. Para o cálculo da distância mínima recorreu-se à seguinte equação:

$$S = (2000 \times T) + 8 \times (d - 14) [mm] \quad (4.4)$$

Em que, o valor do tempo de paragem (T) considerou-se que seria de $0.15 s$, o valor de d representa a resolução da barreira, para este caso considerou-se que seria de $30 mm$. O resultado da equação 4.4 é:

$$S = (2000 \times 0.15) + 8 \times (30 - 14) = 428 mm \quad (4.5)$$

A distância mínima de segurança entre o ponto de perigo mais próximo à linha de deteção tem que ser $428 mm$. A barreira na realidade vai ficar a uma distância superior à distância calculada, vai ficar a cerca de $454 mm$. As barreiras seleccionadas possuem um campo de proteção de $300 mm$ e uma resolução de $30 mm$. O par de barreiras seleccionadas possuem as seguintes referências: C4C-SA03030A10000 (emissor) e C4C-EA03030A10000 (receptor) [30].

4.3.5 Documentação técnica

Relativamente ao presente projeto foi elaborada a documentação técnica referente aos desenhos técnicos e nomenclatura.

Desenhos técnicos

Relativamente ao presente projeto foram elaborados os desenhos de conjunto e os desenhos de definição (ver apêndice B). Devido ao facto de serem muitos desenhos optou-se por fazer uma seleção dos desenhos a colocar no apêndice.

Os desenhos técnicos do presente projeto encontram-se no apêndice B, onde se pode observar todas as alterações efetuados à célula robotizada, desde a modificação do sistema de aparafusamento à separação física entre OPs.

Nomenclatura

A nomenclatura é um ficheiro em que se encontram todas as peças que constituem uma máquina, quer as peças standard quer as peças produzidas, sendo que as peças encontram-se caracterizadas segundo um sufixo. Na Tabela 4.6 encontram-se os sufixos que são mais utilizados.

Tabela 4.6: Alguns sufixos utilizados na nomenclatura.

Tipo de nomenclatura	Sufixo
Mecânica	NM
Elétrica	NE
Peças de substituição	PS
Peças de desgaste	PD

Na nomenclatura cabe ao projetista mecânico colocar todo o material respeitante aos componentes mecânicos e o material elétrico é acrescentado posteriormente pelo projetista elétrico. Ficam excluídos da nomenclatura alguns componentes, tais como parafusos, anilhas, porcas martelo, entre outros.

Na nomenclatura do presente projeto foram colocadas todas as peças que foram acrescentadas, incluindo o cilindro eletromecânico. Os restantes componentes, como por exemplo os fechos da Euchner e os fins de curso, são acrescentados pela equipa do projeto elétrico. A nomenclatura encontra-se no apêndice B.

4.3.6 Discussão

Ao longo do presente projeto houve vários obstáculos até se chegar ao resultado final. A separação física inicialmente revelou-se complicada de efetuar, visto que esta tinha que ser feita no espaço existente e o posicionamento das OPs não podia ser alterado. Depois de expor a situação ao cliente houve a necessidade de colocar barreiras que não estavam previstas inicialmente. As barreiras foram colocadas para garantir a paragem do funcionamento de uma OP caso o operador da OP adjacente ultrapasse os limites de segurança.

Depois de resolver todos os imprevistos que surgiram relativamente às proteções foi possível finalizar o projeto mecânico sendo que este projeto ainda não se encontra implementado na empresa do cliente.

4.4 Caso de estudo 3 - Modificação de um posto de desaperto de grampos

4.4.1 Descrição do projeto

O terceiro caso de estudo consistiu na modificação de um posto de desaperto de grampos de paletes, sendo os grampos os mecanismos que permitem segurar os cárteres nas paletes. É possível observar na Figura 4.41 o 3D CAD do posto antes das modificações. Este posto inicialmente permitia o desaperto dos grampos de uma paleta que transporta duas variedades de cárteres, mas devido à introdução de uma nova variedade de cárter na linha o cliente teve que mudar a paleta. A modificação pretendida pelo cliente era que o posto referido passasse a permitir o desaperto dos grampos da nova paleta que transportaria três variedades de cárteres.

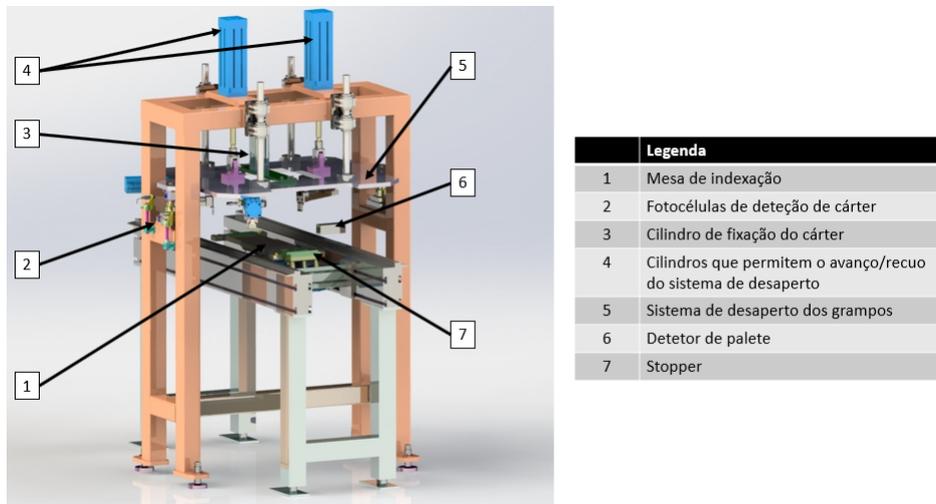


Figura 4.41: Posto de desaperto dos grampos.

O funcionamento do posto antes das alterações deveria ser mantido após as modificações, sendo o funcionamento o seguinte:

1. Quando a paleta chega ao posto, esta é impedida de avançar por um stopper. De seguida é detetada por um sensor que envia um sinal de que se encontra uma paleta no posto, sendo então ativada a mesa de indexação;
2. As fotocélulas realizam a verificação do cárter que se encontra na mesa de indexação;
3. É realizada a fixação do cárter para verificar a presença do mesmo (Poka-Yoke);
4. Depois avança o sistema de desaperto dos grampos e os três cilindros que se encontram no sistema de desaperto abrem os grampos da paleta;
5. Seguidamente o cilindro de fixação e o sistema de desaperto recuam;
6. Por fim, a mesa de indexação desce e o stopper recua de forma a permitir o avanço da paleta.

A nova paleta a ser introduzida no posto possui as mesmas dimensões da paleta anterior, o que difere é o posicionamento e o número de grampos (ver Figura 4.42).

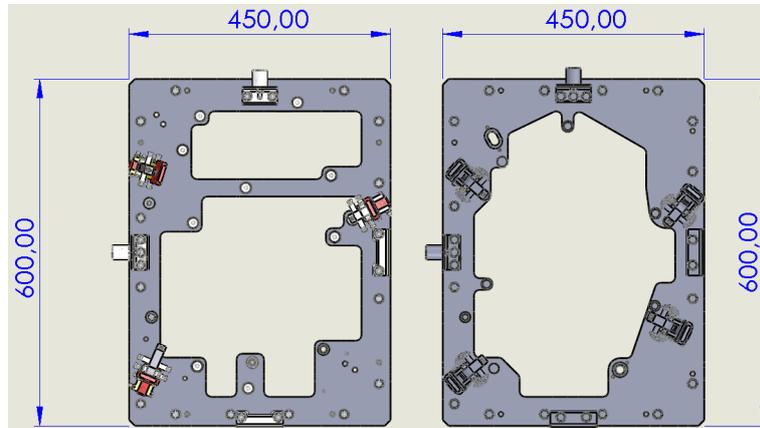


Figura 4.42: Comparação entre a paleta antiga (esquerda) e a nova (direita).

4.4.2 Requisitos do cliente

Após contacto com o cliente este pretendia que se efetuassem as seguintes alterações ao posto de desaperto dos grampos:

- Tentar reaproveitar o máximo de componentes possível;
- Adaptar o posto para funcionar com a nova paleta com as três variedades de cárteres;
- Manter a forma de funcionamento do posto após as modificações.

4.4.3 Definição das especificações do projeto

Para elaborar as especificações do projeto teve-se que ter em conta a nova paleta que viria a ser introduzida na linha e a nova variedade de cárter. No caderno de encargos ficou estabelecido que relativamente à componente mecânica se iria:

- Reaproveitar a estrutura do posto existente;
- Realizar e aplicar uma nova placa de suporte do sistema de desaperto;
- Reaproveitar e reposicionar os atuadores pneumáticos existentes de acordo com a nova paleta.

4.4.4 Estudo inicial

Numa fase inicial foi necessário elaborar um estudo de forma a analisar o funcionamento dos grampos da paleta. Durante o estudo do funcionamento da paleta verificou-se que os grampos que são utilizados variam em função do cárter que se encontra na paleta. Na Figura 4.43 encontram-se representadas as três variedades de cárteres e encontram-se assinalados os grampos que são utilizados em função de cada um dos cárteres.

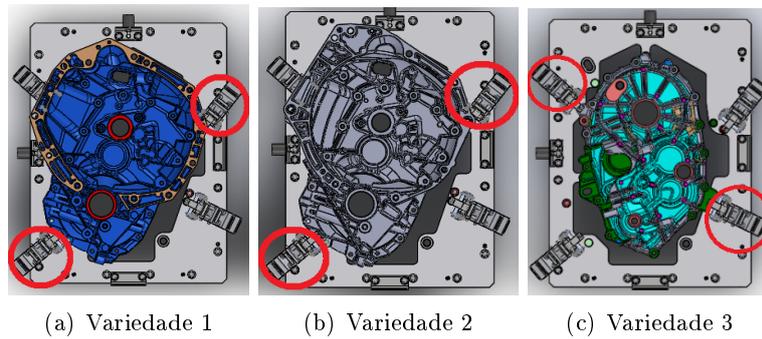


Figura 4.43: Representação dos grampos utilizadas em função do cárter.

Devido à configuração dos cárteres a fixação destes terá que ser diferente. Para a variedade 1 e 2 a fixação será realizada por um cilindro enquanto que para a variedade 3 terá que se recorrer a outro cilindro pois a zona de fixação é diferente. Na Figura 4.44 encontram-se identificadas as zonas de fixação.

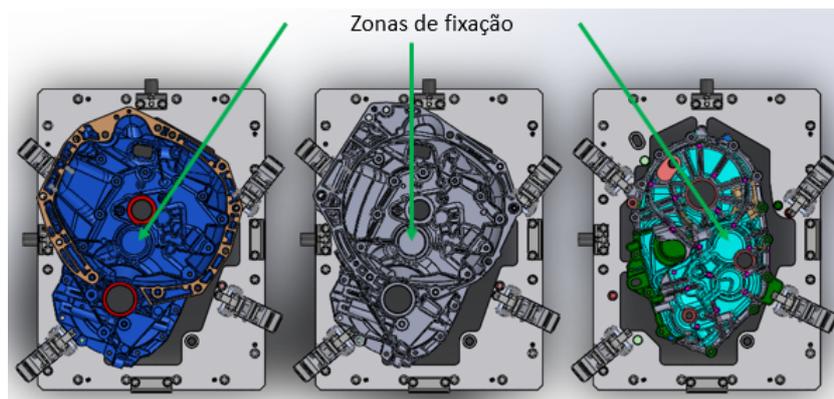


Figura 4.44: Identificação das zonas de fixação.

Numa fase inicial também se analisou qual a força que os dois cilindros que se encontram no topo da estrutura conseguiam exercer, quer durante o avanço quer durante o recuo dos mesmos, para posteriormente verificar se estes conseguiriam suportar o novo sistema de desaperto de grampos. Os cilindros que se encontravam previamente instalados eram cilindros CP95SDB80-200 da SMC, que possuem 200 mm de curso e para uma pressão de 5 bar cada um possui um força de avanço de 2268 N e uma força de recuo de 2514 N [31].

4.4.5 Projeto mecânico das modificações desenvolvidas

Nesta secção apresentam-se os componentes que constituem o projeto desenvolvido, desde os componentes que já se encontram no mercado (standard) aos que foram necessários desenvolver.

4.4.5.1 Apresentação do resultado final

De forma a facilitar o entendimento do presente projeto, encontra-se seguidamente o resultado final do mesmo (Figura 4.45).

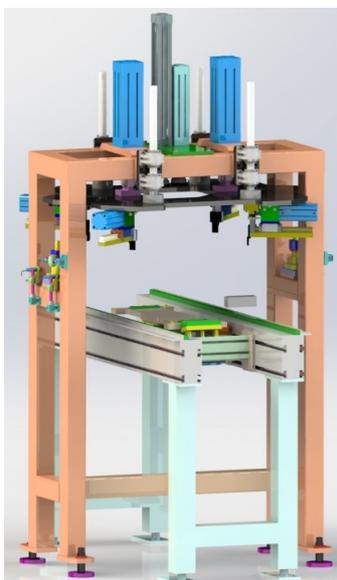


Figura 4.45: Posto de desaperto de grampos após as modificações.

4.4.5.2 Modificação no sistema de desaperto dos grampos

Os quatro cilindros que se encontram no sistema de desaperto dos grampos são colocados de acordo com o posicionamento dos grampos da paleta. O sistema de desaperto consiste na utilização de quatro cilindros que permitem a movimentação de uma garra que vai forçar o desaperto dos grampos. No novo sistema de desaperto (ver Figura 4.46) são reaproveitados os três conjuntos de cilindros já existentes, sendo que o quarto cilindro (que foi acrescentado) possui o mesmo conceito.

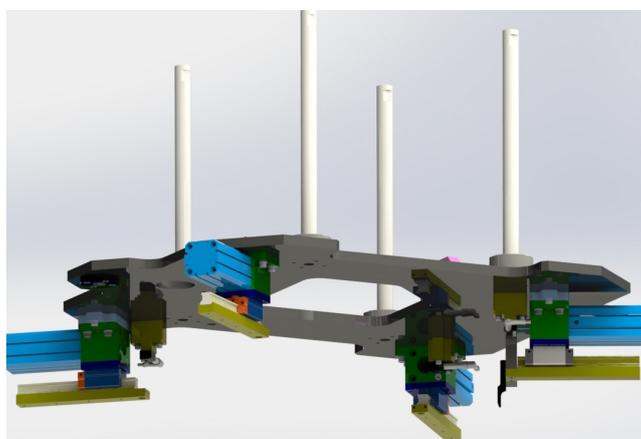


Figura 4.46: Sistema de desaperto dos grampos.

Para saber se os cilindros se encontram no estado recuado ou avançado são utilizados dois sensores: um sensor indutivo e um sensor magnético da SMC. O primeiro permite detetar se o cilindro se encontra recuado e o segundo serve para verificar se o cilindro se encontra avançado.

É utilizado um sensor indutivo pois estes são usados para a deteção de materiais metálicos sem contato e são insensíveis ao pó, vibrações e à corrosão. O sensor utilizado é o sensor com a referência DW-AS-503-M12-120 da CONTRINEX, que possui um alcance de 6 mm [32] permitindo deste modo garantir que deteta o puxador da garra pois este se encontra a 3 mm. Na Figura 4.47 é possível observar o posicionamento do sensor indutivo.

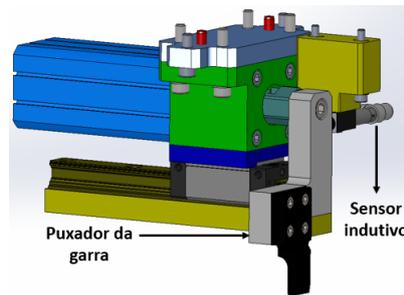


Figura 4.47: Deteção da posição do cilindro quando este se encontra recuado.

O sensor da SMC é um sensor magnético com a referência D-M9PSAPC-595 que funciona quando o pistão do cilindro pneumático possui um *magnet* como no presente caso [33]. Este deve ser colocado nas ranhuras da parte superior do cilindro de forma a detetar se este se encontra avançado. Na Figura 4.48 é possível observar o posicionamento do sensor magnético.

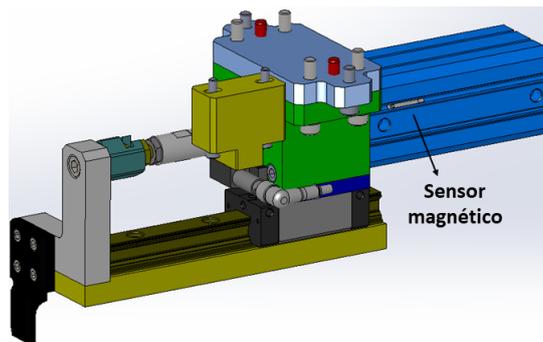


Figura 4.48: Deteção da posição do cilindro quando este se encontra avançado.

O peso do novo sistema de desaperto é de 187 kg (na realidade o peso vai ser ligeiramente superior, devido à cablagem e aos tubos de alimentação de ar dos cilindros). Como os dois cilindros que se encontram no topo da estrutura podem exercer cada um uma força de 2268 N no avanço e de 2514 N no recuo, é possível garantir que estes conseguem movimentar o novo sistema de abertura dos grampos.

Cilindro e patim utilizados para a abertura dos grampos

O cilindro utilizado é igual aos cilindros que se encontravam no posto. É um cilindro

da marca SMC com a referência CD55B50-100 que possui um curso de 100 *mm* [34].

O patim utilizado no presente projeto é um patim da Bosch Rexroth com a referência R162121420 (Figura 4.49) [35].

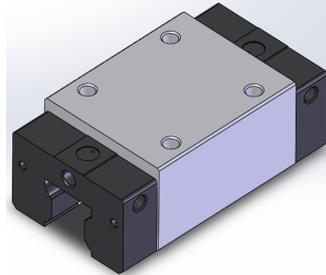


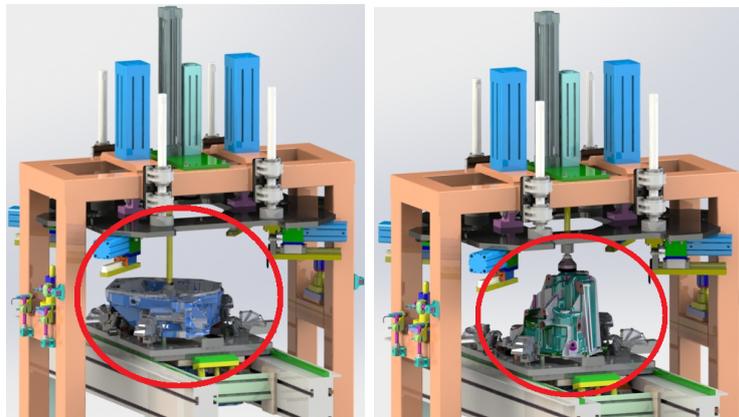
Figura 4.49: Representação do patim da Bosch Rexroth.

4.4.5.3 Sistema de lubrificação

A lubrificação do patim acrescentado será efetuada da mesma forma que é realizada para os patins existentes, sendo esta feita através de um sistema de lubrificação Perma classic. O sistema referido é igual ao utilizado no segundo caso de estudo (4.3.4.2).

4.4.5.4 Sistema de fixação

Os dois cilindros que permitem realizar a fixação dos cárteres foram colocados no topo da estrutura existente, encontrando-se aparafusados a uma placa que por sua vez está aparafusada à estrutura superior. Na Figura 4.50(a) encontra-se representado o posto a realizar a fixação do cárter, quer para a variedade 1 quer para a variedade 2, e na Figura 4.50(b) é possível visualizar o cilindro a realizar a fixação da variedade 3. O cilindro que realiza a fixação das variedades 1 e 2 é da marca SMC com a referência CP96SDB50-400 e o cilindro que realiza a fixação da variedade 3 encontrava-se inicialmente no posto (SMC CP95SDB50-200).



(a) Fixação do cárter da variedade 1 e 2. (b) Fixação do cárter da variedade 3.

Figura 4.50: Posto de desaperto a realizar a fixação dos cárteres.

Os cilindros que realizam a fixação dos cárteres não recorrem à totalidade do seu curso (ver Figura 4.51), de modo a garantir que estes conseguem fixar os cárteres e há espaço de manobra para o caso de ser necessário realizar pequenas afinações futuras.

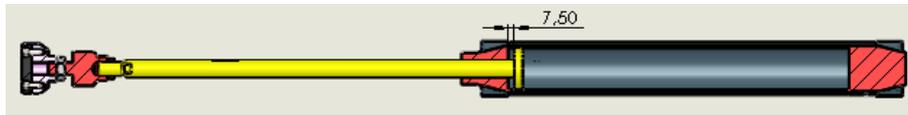


Figura 4.51: Representação de um dos cilindros de fixação e a respetiva folga.

4.4.5.5 Simulação computacional

Recorreu-se ao *software Solidworks* para realizar as simulações numéricas da placa que suporta os dois cilindros que realizam a fixação dos cárteres (ver Figura 4.52). Foram realizadas duas simulações, uma para verificar as tensões na placa e outra para analisar o deslocamento. Nas simulações considerou-se que apenas um dos cilindros estaria em funcionamento, visto que na realidade só irá funcionar um de cada vez, dependendo do cárter que se encontra no posto.

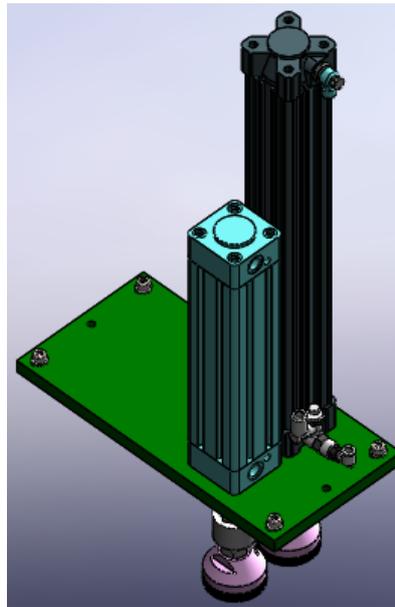


Figura 4.52: Placa e cilindros de fixação.

Para realizar as simulações foi necessário estabelecer o material, as condições de fronteira, as forças aplicadas e a malha. O material utilizado é o aço S235JRG. As condições de fronteira aplicadas encontram-se assinaladas na Figura 4.53, considerou-se que as zonas onde se encontram as ligações aparafusadas da placa à estrutura do posto são pontos fixos.

Na Figura 4.54 encontram-se representadas as forças exercidas por um dos cilindros (a roxo). As forças consideradas são as forças de avanço dos cilindros, sendo que cada um possui uma força de avanço de 825 N. A força total de avanço foi dividida pelos quatro

parafusos que suportam o cilindro. De forma a obter uma maior precisão foram criadas as zonas de contacto entre o parafuso e a placa, como se pode observar na Figura 4.54 a azul.

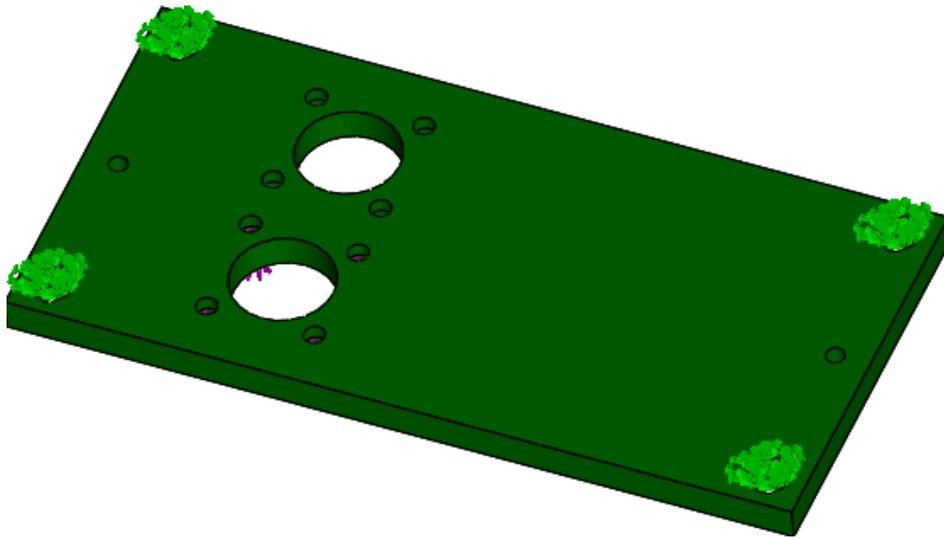


Figura 4.53: Condições de fronteira aplicadas.

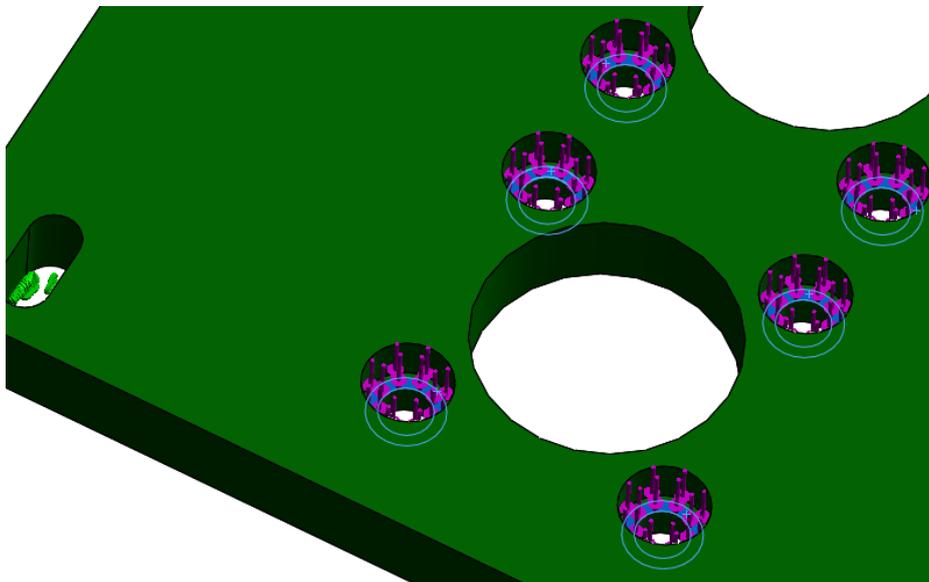


Figura 4.54: Forças aplicadas.

Através da simulação verificou-se que as zonas de maior tensão são as zonas onde se encontram as ligações aparafusadas da placa à estrutura do posto (ver Figura 4.55). A tensão máxima verificada é de $38.1 MPa$, este valor é muito inferior à tensão de cedência do material que é de aproximadamente $235 MPa$.

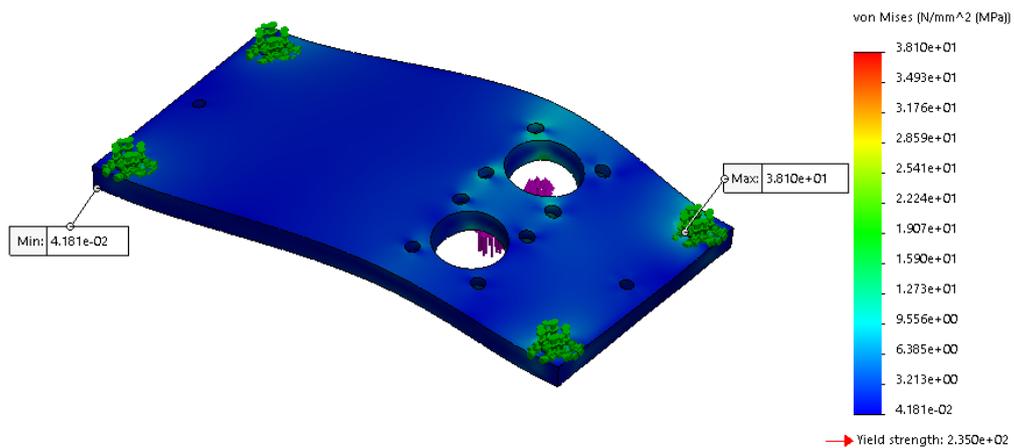


Figura 4.55: Campo de tensões de von Mises, vista superior da placa.

Na Figura 4.56 é possível observar o campo de tensões na vista inferior da placa.

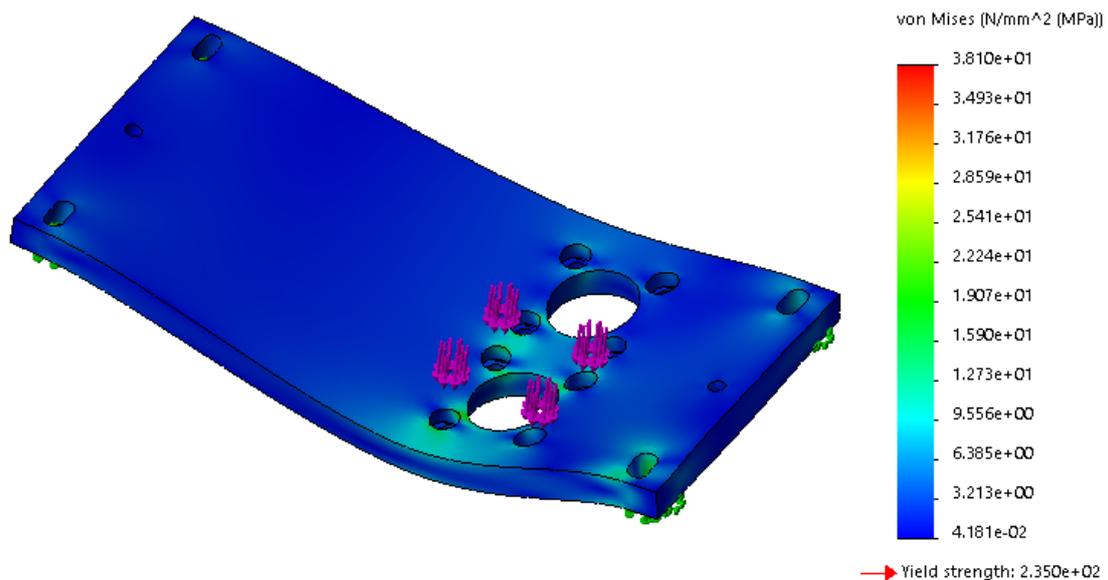


Figura 4.56: Campo de tensões de von Mises, vista inferior da placa.

O descolamento máximo da placa é relativamente baixo, sendo de apenas 0.02368 *mm* (ver Figura 4.57).

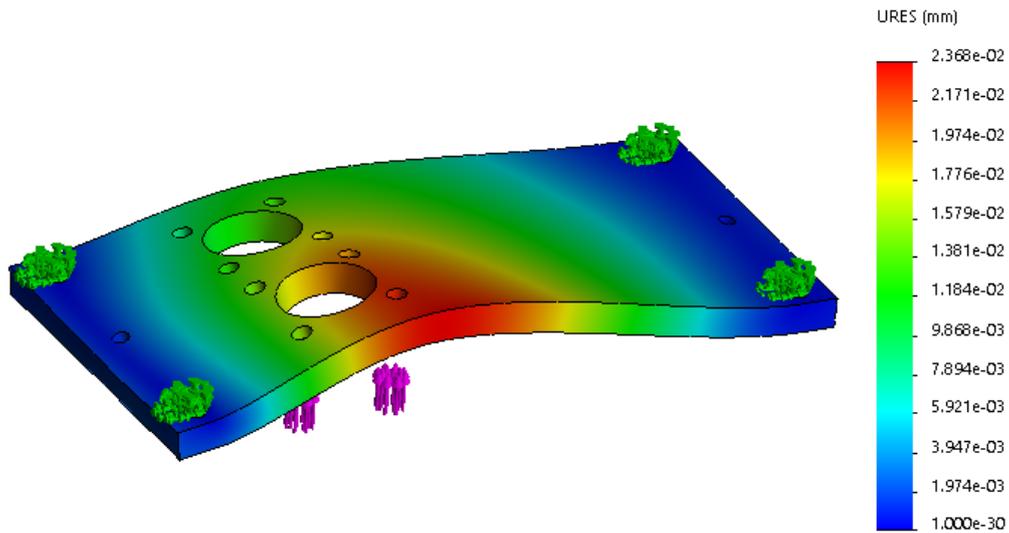


Figura 4.57: Campo de deslocamentos.

4.4.5.6 Detecção da variedade de cárter

Para a nova variedade de cárter optou-se por recorrer a uma fotocélula igual às existentes no posto (fotocélula da CONTRINEX M18). O posto passou a possuir três fotocélulas (Figura 4.58), sendo que cada uma é utilizada para a deteção de uma determinada variedade de cárter. Na Figura 4.58 é possível visualizar as três fotocélulas de um lado do posto e os três espelhos do lado oposto. A forma encontrada para a distinção dos cárteres teve por base a altura dos mesmos, pois como se pode observar na Figura 4.59 este possuem diferentes alturas.

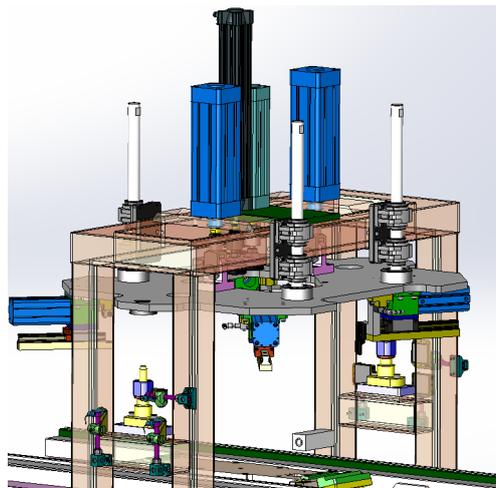


Figura 4.58: Fotocélulas do posto de desaperto.

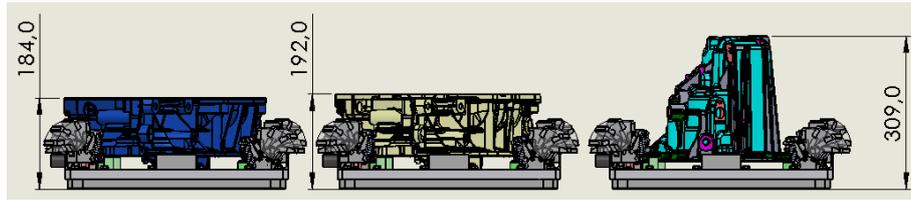


Figura 4.59: Altura desde o topo dos cárteres até à base das paletes.

4.4.6 Documentação técnica

Relativamente ao presente projeto foi elaborada a documentação técnica referente aos desenhos técnicos, esquema de princípio e nomenclatura.

Desenhos técnicos

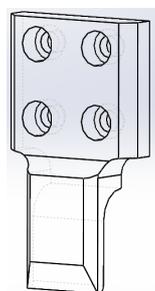
Os desenhos elaborados relativamente ao presente projeto encontram-se no apêndice C. Devido ao facto de serem muitos desenhos optou-se por fazer uma seleção dos desenhos a colocar no apêndice. No desenho de conjunto global do posto foram colocadas algumas indicações importantes para o processo de montagem como, por exemplo, ter atenção ao posicionamento da nova placa, pois os cilindros que realizam o desapeamento dos grampos não se encontram dispostos simetricamente.

Elaboração do esquema de princípio

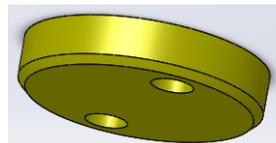
No esquema de princípio encontra-se a informação relativa às fotocélulas (explicando qual é a fotocélula que deteta cada variedade de cárter) e ao funcionamento dos cilindros que realizam a abertura dos grampos. Não é feita nenhuma referência à deteção da paleta e ao cilindro da mesa de indexação pois estes já se encontravam instalados e não sofreram nenhuma alteração (ver apêndice C).

Nomenclatura

A garra e o calcador (Figura 4.60) são peças que vão entrar em contacto com outros componentes provocando desgaste das mesmas ao longo do tempo. Por serem peças de desgaste possuem o sufixo PD no ficheiro de nomenclatura (ver apêndice C).



(a) Garra.



(b) Calcador de fixação.

Figura 4.60: Peças de desgaste.

4.4.7 Discussão

Ao longo do projeto foi necessário ter atenção a vários aspectos importantes, tais como, o estudo inicial para analisar a palete e as diferentes variedades de cárteres. Numa fase inicial foi necessário estabelecer as zonas onde seriam feitas as fixações devido aos cárteres serem diferentes. A análise do funcionamento dos grampos foi importante para saber onde se deviam colocar os cilindros de desaperto dos grampos e para posteriormente colocar a informação no esquema de princípio, de forma a tornar mais perceptível o funcionamento do posto.

Durante o projeto também se teve em conta que os cilindros que efetuam a fixação do cárter não utilizam o seu curso máximo, ou seja, estes quando efetuam a fixação não recorrem a todo o seu curso, deixando uma margem de folga.

Devido ao facto de uma das peças de desgaste ser em aço (a garra), optou-se pela nitruração como tratamento térmico de forma a proporcionar uma maior durabilidade.

O projeto desenvolvido encontra-se atualmente instalado e em funcionamento, cumprindo todos os requisitos impostos pelo cliente.

4.5 Caso de estudo 4 - Dispensador de rolamentos para uma célula robotizada

4.5.1 Descrição do projeto

O quarto caso de estudo consistiu no desenvolvimento de um novo dispensador de rolamentos para ser introduzido num armazém dinâmico. O armazém dinâmico é um armazém que fornece rolamentos numa ilha robotizada (ver Figura 4.61).



Figura 4.61: Ilha robotizada.

O objetivo passou por desenvolver um novo dispensador de rolamentos para um novo rolamento que vai ser introduzido na ilha robotizada existente e um porta rolamentos que permite o reabastecimento de rolamentos no dispensador.

4.5.2 Requisitos do cliente

Relativamente ao novo dispensador e porta-rolamentos o cliente pretendia que:

- O dispensador possuisse dois sensores: um para saber se há rolamentos no dispensador e outro para emitir um sinal quando o número de rolamentos no dispensador seja sensivelmente metade da capacidade;
- Fosse garantido que o robô conseguisse retirar os rolamentos do dispensador recorrendo à pinça que este possui;
- Possuissem dimensões semelhantes aos existentes no armazém dinâmico.

4.5.3 Definição das especificações

Para o desenvolvimento do novo armazém de rolamentos teve-se que ter em conta as dimensões do novo rolamento (ver Figura 4.62). O rolamento é um rolamento de rolos e a massa de cada um é de 160 g.

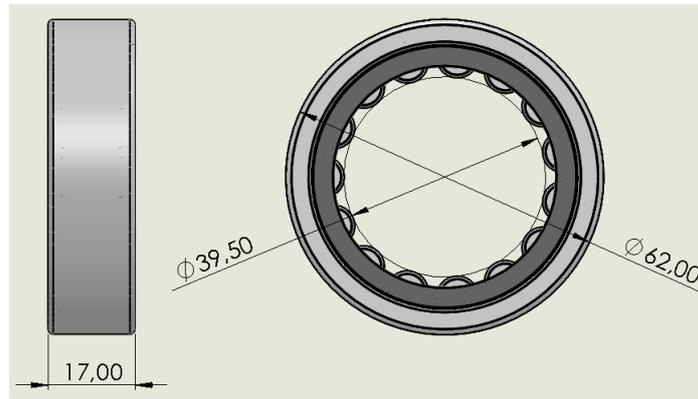


Figura 4.62: Principais dimensões (em *mm* do rolamento a ser utilizado).

O novo dispensador teria que possuir dois sensores. Um dos sensores estaria na base do dispensador e permitiria detetar a existência de rolamento na base do dispensador, de forma a comunicar ao robô de que se encontra um rolamento no dispensador. O outro sensor deve encontrar-se mais ou menos a meio do dispensador, para que quando o número de rolamento desça um certo nível seja lançado no HMI (Human Machine Interface) um alerta a avisar que é necessário reabastecer o dispensador de rolamentos.

O porta rolamento deve possuir capacidade para reabastecer cerca de metade da capacidade do dispensador de rolamentos.

4.5.4 Projeto mecânico das modificações desenvolvidas

Nesta secção apresentam-se os componentes que constituem o projeto desenvolvido, desde os componentes que já se encontram no mercado (standard) aos que foram necessários desenvolver.

4.5.4.1 Apresentação do resultado final

O resultado final encontra-se apresentado sob a forma 3D CAD (ver Figura 4.63). Na Figura 4.65(a) é possível observar o dispensador de rolamentos desenvolvido e na Figura 4.65(b) o porta rolamentos que permite reabastecer o dispensador.

4.5.4.2 Dispensador de rolamentos

O dispensador de rolamentos desenvolvido possui capacidade para 59 rolamentos. Para o desenvolvimento do dispensador teve-se que ter em atenção essencialmente ao diâmetro exterior do rolamento e à altura deste. Para o dimensionamento do tubo teve-se que ter em conta o diâmetro exterior do rolamento que é de 62 *mm*, pois o diâmetro interno do tubo não deveria ser muito superior de forma a facilitar a introdução dos rolamentos no mesmo e ficarem o mais alinhados possível. Assim sendo, o diâmetro utilizado para o interior do tubo foi de 62,5 *mm*. Na Figura 4.64 é possível observar numa vista de corte do tubo utilizado com os rolamentos no interior.

Este dispensador possui duas fotocélulas da marca ifm sendo possível observar na Figura 4.65 o posicionamento das mesmas. A fotocélula que se encontra em baixo permite

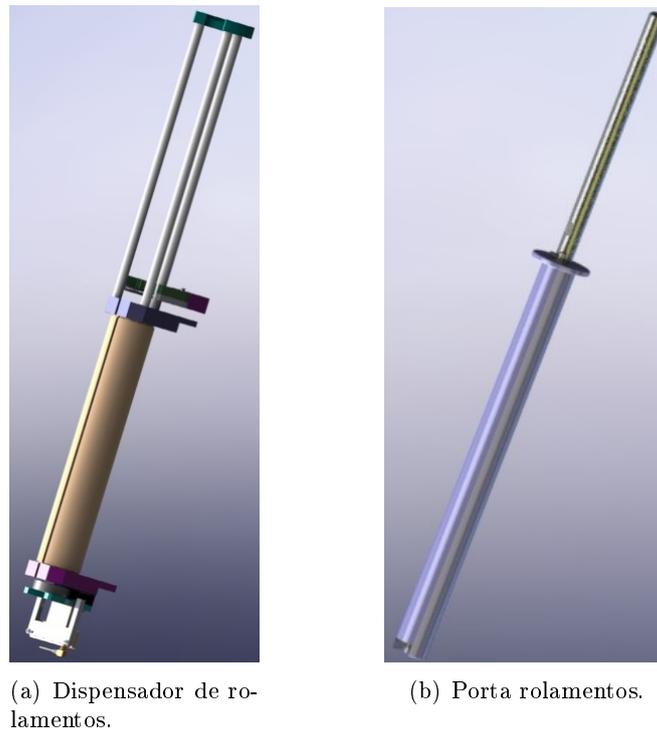


Figura 4.63: Equipamentos desenvolvidos.

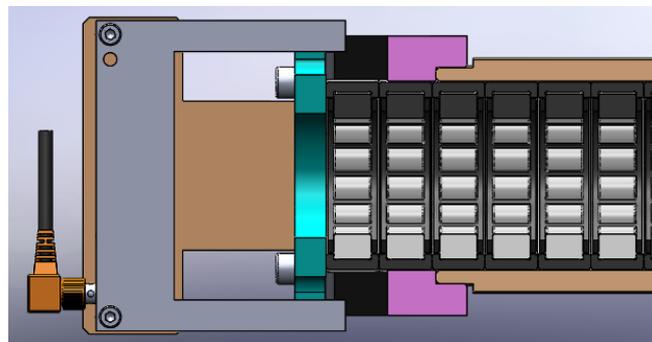


Figura 4.64: Vista de corte do dispensador.

a detecção de rolamentos no dispensador, enquanto que a fotocélula que se encontra aproximadamente a meio do dispensador é utilizada para detetar a ausência de rolamentos, sendo enviado um sinal que permite emitir um alerta no HMI para avisar que é necessário reabastecer o dispensador. A fotocélula que se encontra a meio do dispensador deixa de detetar rolamentos quando estiverem menos de 32 rolamentos no dispensador.

Foi introduzida uma proteção para a fotocélula de forma a evitar acumulação de pó ou de resíduos na mesma. A fotocélula encontra-se aparafusada a um suporte que por sua vez se encontra ligado e apertado a um dos veios do dispensador.

A fotocélula que se encontra na parte inferior do dispensador encontra-se aparafusada a uma cantoneira que por sua vez está aparafusada ao suporte onde se encontram os rolamentos na parte inferior.

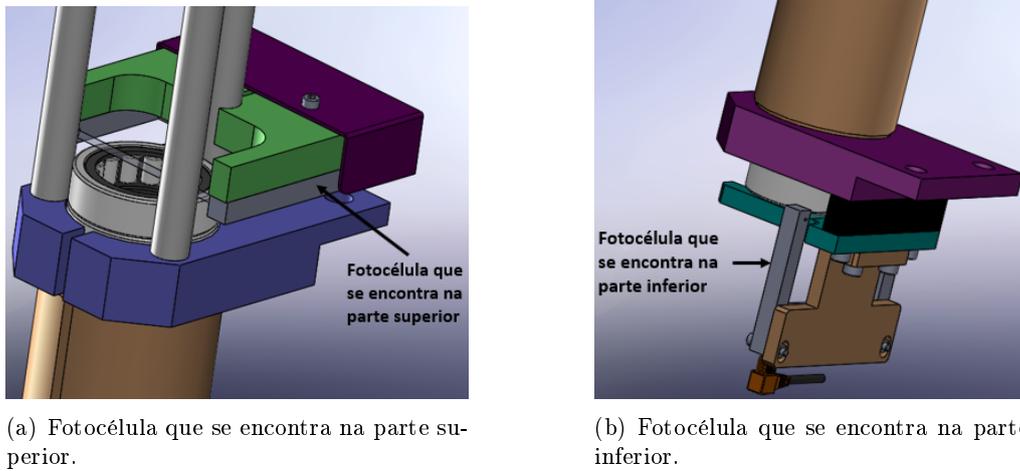


Figura 4.65: Fotocélulas do dispensador de rolamentos

Fotocélula em forqueta

As duas fotocélulas utilizadas são da ifm e possuem a referência OPU204. Estas fotocélulas possuem as seguintes características [36]:

- É possível colocar estas fotocélulas rapidamente em funcionamento sem a necessidade de ajuste do emissor e recetor;
- Possuem um feixe de luz que é preciso em toda a amplitude do garfo (ver Figura 4.66);
- Possuem uma elevada resistência devido ao facto de a sua carcaça ser de metal.

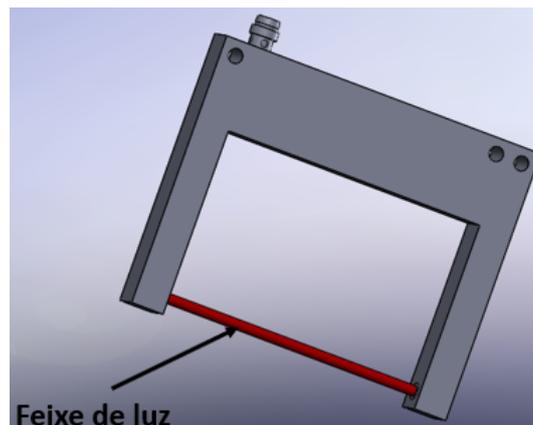


Figura 4.66: Fotocélula em forqueta.

4.5.4.3 Porta rolamentos

O porta rolamentos possui um mecanismo que permite que os rolamentos fiquem presos. Este mecanismo consiste na utilização de um veio no interior do tubo onde se

encontram os rolamentos e em cada uma das extremidades possui um manípulo que permite que os rolamentos fiquem retidos. Para libertar os rolamentos é necessário rodar o manípulo que se encontra na parte superior, sendo que os dois manípulos funcionam de forma solidária (ver Figura 4.67).

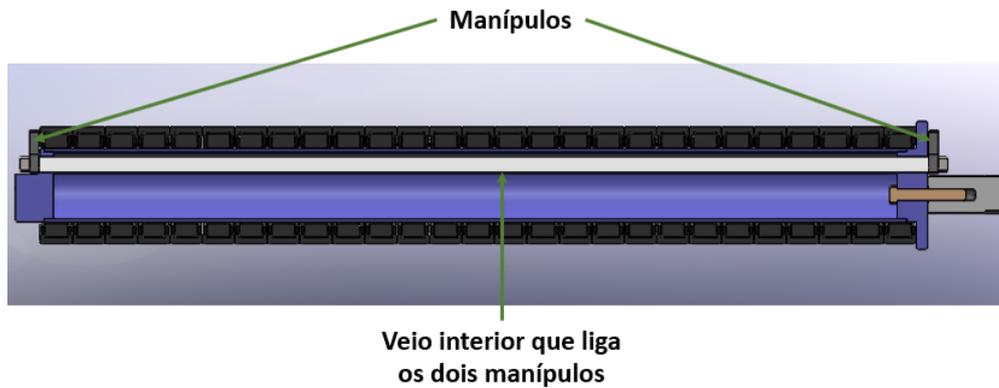


Figura 4.67: Vista de corte do porta rolamentos.

Funcionamento do porta rolamentos

O funcionamento do porta rolamentos pode ser explicada em 5 passos:

1. Verificar que o manípulo se encontra na posição aberta;
2. Introduzir os rolamentos no porta rolamentos;
3. Fechar o manípulo de forma a que os rolamentos fiquem contidos;
4. Seguidamente colocar o porta rolamentos com cuidado no interior do dispensador;
5. Por fim, rodar o manípulo superior, de forma a que os rolamentos deslizem para o interior do porta rolamentos.

4.5.5 Documentação técnica

Relativamente ao presente projeto foi elaborada a documentação técnica referente aos desenhos técnicos do dispensador de rolamentos e do porta rolamentos.

Desenhos técnicos

Os desenhos técnicos elaborados encontram-se no apêndice D. Foi feita uma seleção dos desenhos a colocar no apêndice devido ao número elevado de desenhos. Relativamente aos desenhos é de destacar o desenho onde se encontra o corpo do porta rolamentos que devido ao facto de ser um componente constituído por três peças soldadas, é representado num desenho 2D onde é possível observar as três peças e por onde é que deve ser feita a ligação soldada. Como é necessário recorrer a soldadura para ligar os três componentes é necessário no desenho técnico recorrer à simbologia adequada.

4.5.6 Discussão

No decorrer do presente projeto foi necessário ter em conta as dimensões dos rolamentos, pois era necessário garantir que estes fossem fáceis de introduzir no porta rolamentos e no dispensador. Durante a fase de projeto teve-se que ter um especial cuidado no desenvolvimento dos componentes do porta rolamentos e do dispensador pois era necessário garantir que os rolamentos deslizassem facilmente pelos componentes onde seria introduzido.

O equipamento depois de produzido foi verificado e testado, não se verificando qualquer problema acerca da sua funcionalidade.

4.6 Caso de estudo 5 - Desenvolvimento de ferramentas para prensagem

4.6.1 Descrição do projeto

O quinto caso de estudo consistiu no desenvolvimento de ferramentas para serem utilizadas em três máquinas de prensagem que se encontram numa linha de montagem das árvores primárias e secundárias de uma determinada gama de caixa de velocidades. As máquinas de prensagem têm como objetivo realizar a prensagem de rolamentos, carretos e casquilhos. Relativamente às prensas sabe-se que estas possuem um curso de 500 mm e são elétricas. Estas prensas exercem uma força de 200 kg . Devido ao facto de não existirem planos 3D dos componentes que fazem parte do sistema de prensagem das ferramentas, foi necessário realizar a reconstrução destes a partir de planos 2D.

4.6.2 Reconstrução 3D dos componentes essenciais para o desenvolvimento das ferramentas

Os três equipamentos de prensagem são iguais, o que difere entre as prensas é o processo de prensagem em cada uma. Na Figura 4.68 é possível ver que cada equipamento possui duas prensas.

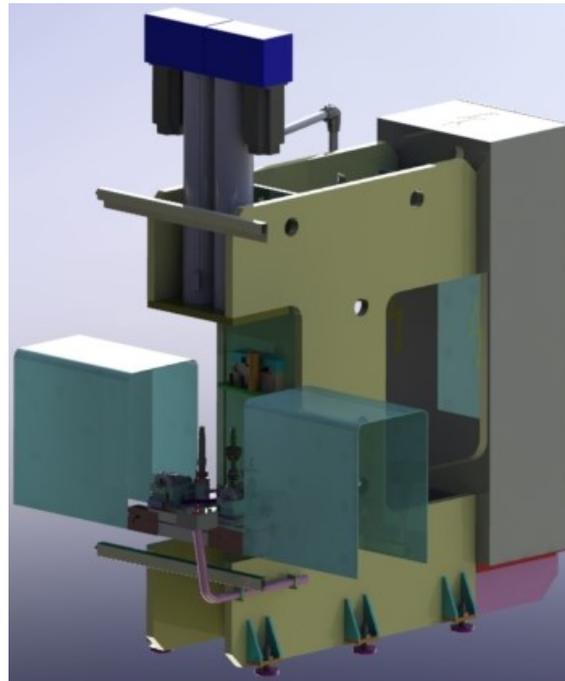


Figura 4.68: Representação 3D CAD da máquina.

Numa fase inicial foi necessário realizar a reconstrução do sistema de prensagem das prensas a partir de planos 2D. Na Figura 4.69 pode-se observar um dos planos 2D utilizados para realizar a reconstrução do sistema de prensagem.

A partir dos planos 2D verificou-se que o corpo do sistema de prensagem do lado direito e esquerdo são diferentes, por isso foi necessário elaborar dois corpos, pois as

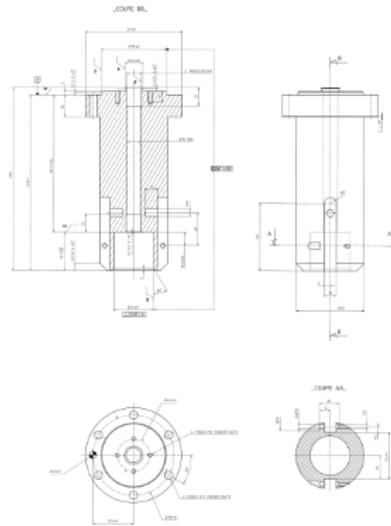


Figura 4.69: Exemplo de 2D utilizado para realizar a construção do 3D.

ferramentas desenvolvidas dependem também das dimensões do sistema existente. A diferença entre eles é o diâmetro interno e altura interior da zona onde vai ficar a ferramenta a ser desenvolvida (ver Figura 4.70).

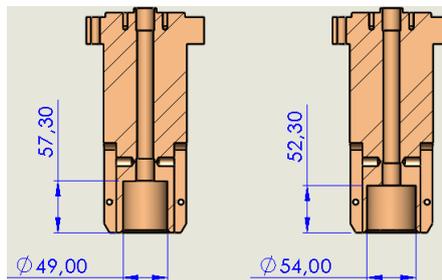


Figura 4.70: Diferença entre o corpos dos sistemas de prensagem.

Na Figura 4.71 é possível observar o 3D CAD final do sistema de prensagem em vista de corte.

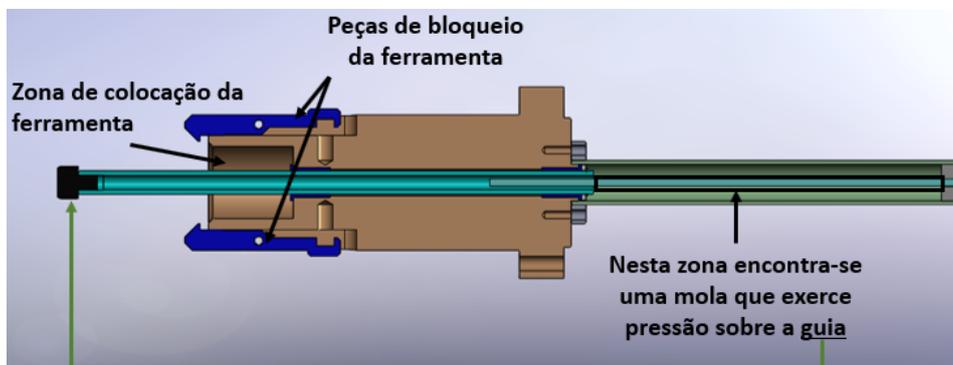


Figura 4.71: Sistema de prensagem em corte.

Durante o processo de reconstrução 3D, verificou-se que a prensa possui um suporte que possui detetores que visam detetar se a ferramenta se encontra no suporte. Este suporte também foi reconstruído a partir de planos 2D, visto que durante o desenvolvimento das novas ferramentas é necessário ter atenção ao facto que estas têm que ser detetadas aquando a sua colocação no suporte das ferramentas. Na Figura 4.72 encontra-se a reconstrução do suporte das ferramentas que possuem capacidade para quatro ferramentas.

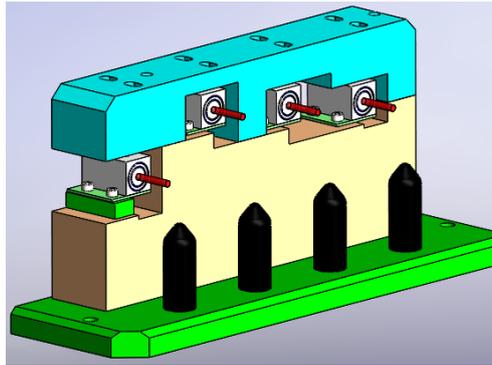


Figura 4.72: Suporte das ferramentas elaborado a partir de planos 2D.

4.6.3 Estudo inicial

Para o correto dimensionamento das ferramentas teve-se que ter em conta quais os componentes que seriam prensados em cada máquina.

Nas máquinas a prensa que se encontra do lado direito realiza prensagens na árvore primária e a prensa do lado esquerdo na árvore secundária (ver Figura 4.73).

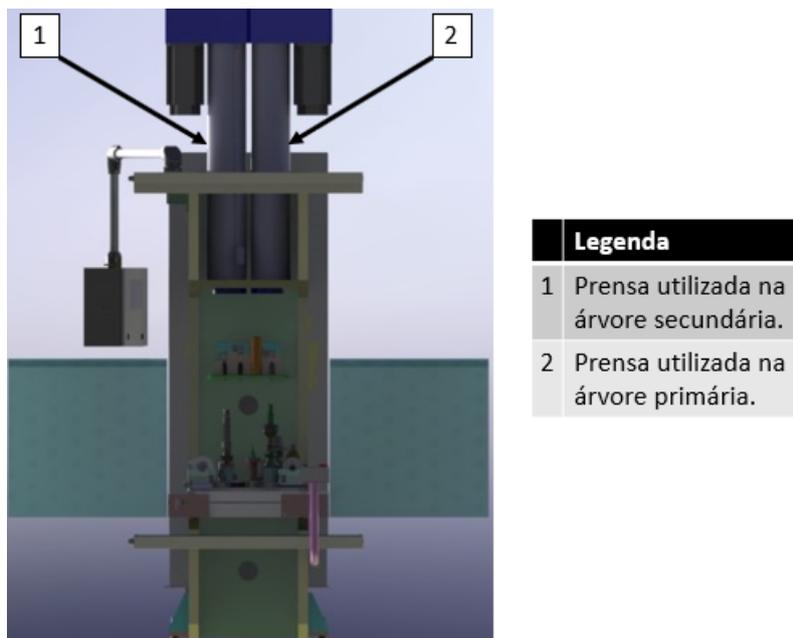


Figura 4.73: Representação 3D CAD de uma máquina.

É de referir que as árvores primárias e secundárias encontram-se sempre nas mesmas posições nas paletes. O processo de prensagem encontra-se dividido por ciclos, sendo que em cada ciclo pode ser utilizada apenas uma das prensas da máquina ou as duas prensas em simultâneo.

Máquina 1

Na primeira máquina são realizados dois ciclos de prensagem. No primeiro ciclo são utilizadas as duas prensas em simultâneo, enquanto que no segundo ciclo apenas é utilizada a prensa que se encontra do lado esquerdo.

Máquina 2

Na segunda máquina são realizados dois ciclos de prensagem. Em ambos os ciclos é utilizada apenas a prensa que se encontra do lado esquerdo.

Máquina 3

Na terceira máquina são realizados três ciclos de prensagem. No primeiro ciclo é apenas utilizada a prensa que se encontra do lado esquerdo. No segundo ciclo são utilizadas as duas prensas em simultâneo e por fim no terceiro ciclo é utilizada apenas a prensa que se encontra do lado esquerdo.

4.6.4 Atravancamento das ferramentas a serem utilizadas nas prensas

Para o atravancamento das ferramentas é necessário ter atenção a vários fatores, entre eles o comprimento das ferramentas, pois quanto maiores forem menor será o curso da prensa e menor será o tempo de ciclo. Deve-se ter o cuidado com o comprimento máximo das ferramentas, pois estas encontram-se submetidas a um esforço de compressão axial no momento da prensagem, e pode ocorrer o fenómeno de encurvadura (quando a área da secção transversal é pequena em relação ao seu comprimento). Também se deve ter atenção ao material escolhido, pois deve-se escolher um material com elevada resistência ao desgaste.

Seguidamente é demonstrado o processo de prensagem para a máquina 1 e as ferramentas desenvolvidas. Para a máquina 2 e 3 o processo é igual.

Para a máquina 1 foram desenvolvidas duas ferramentas, uma para cada prensa. Na Figura 4.74 encontra-se representada a chegada da palete ao posto. O primeiro ciclo de prensagem encontra-se representado na Figura 4.75 onde é possível observar que o rolamento que vai ser prensado encontra-se na parte inferior da árvore primária. Por esse motivo a ferramenta desenvolvida tem como objetivo forçar a estrutura base da árvore primária de forma a que o rolamento fique na posição correta. A ferramenta desenvolvida para a prensa do lado direito possui um centrador que permite garantir o correto posicionamento, de forma a não existirem desvios entre a ferramenta e a árvore primária (ver Figura 4.76). A ferramenta utilizada na prensa do lado esquerdo é a mesma para ambos os ciclos (ver Figura 4.75 e 4.76). Para o atravancamento da mesma teve-se o cuidado de garantir que a parte interna da mesma não tocava na árvore secundária e a área de contacto entre a ferramenta e o componente a ser prensado fosse a maior possível, de forma a ter uma boa zona de contato, pois assim o desgaste da ferramenta e o risco de fratura da ferramenta seria mais baixo.

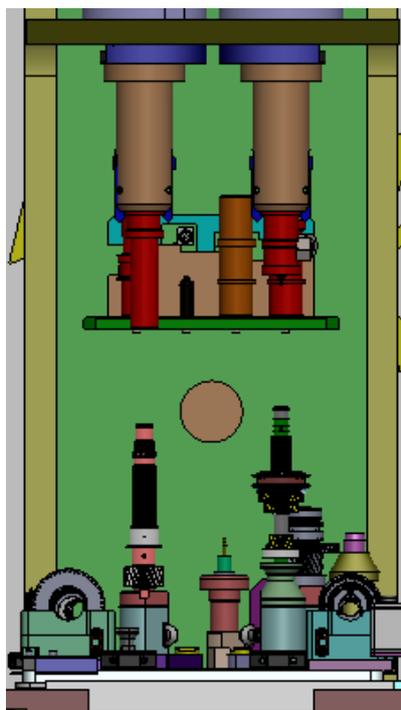


Figura 4.74: Representação da chegada da paleta à máquina 1.

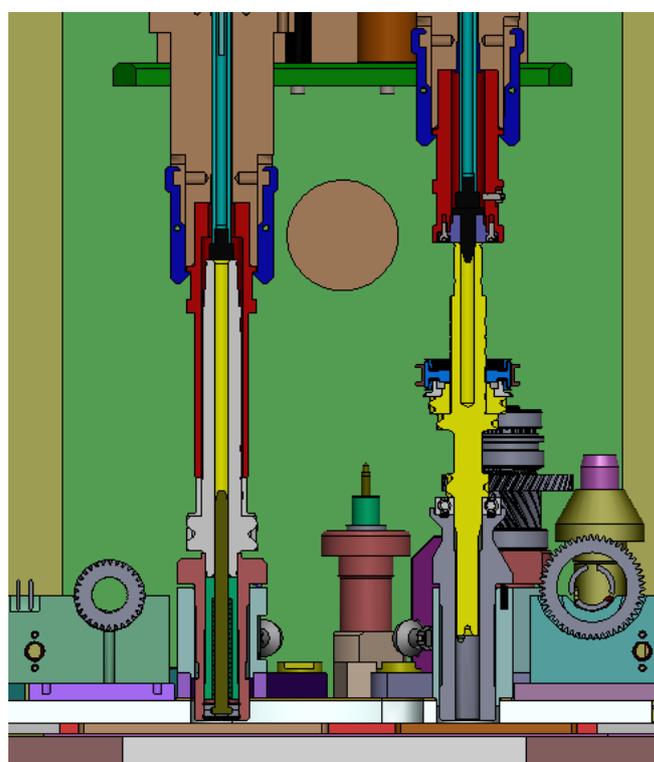


Figura 4.75: Representação do primeiro ciclo de prensagem na máquina 1.

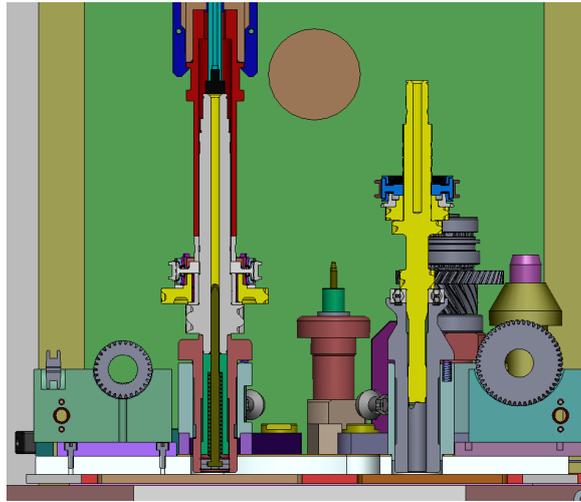


Figura 4.76: Representação do segundo ciclo de prensagem na máquina 1.

Detecção das ferramentas

Durante o desenvolvimento das ferramentas teve-se que ter atenção à zona onde ficava a aba que permitiria que quando a ferramenta fosse colocada no suporte esta fosse detetada (ver Figura 4.77).

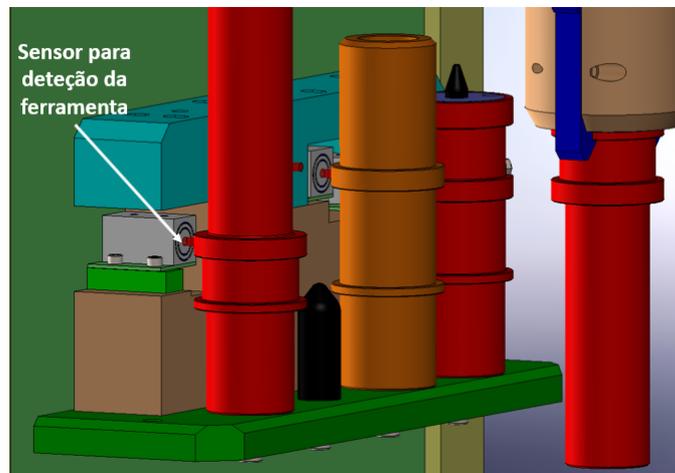


Figura 4.77: Detecção das ferramentas.

4.6.5 Simulação computacional

Optou-se por realizar simulações numéricas de uma das ferramentas para analisar as tensões e os deslocamentos sofridos por esta.

Para realizar as simulações foi necessário estabelecer o material, as condições de fronteira, as forças existentes e a malha. O material utilizado é o aço DIN X160CrMoV12-1. Estabeleceram-se duas condições de fronteira de encastramento uma na zona superior e outra parte lateral da ferramenta como se pode observar na Figura 4.78.

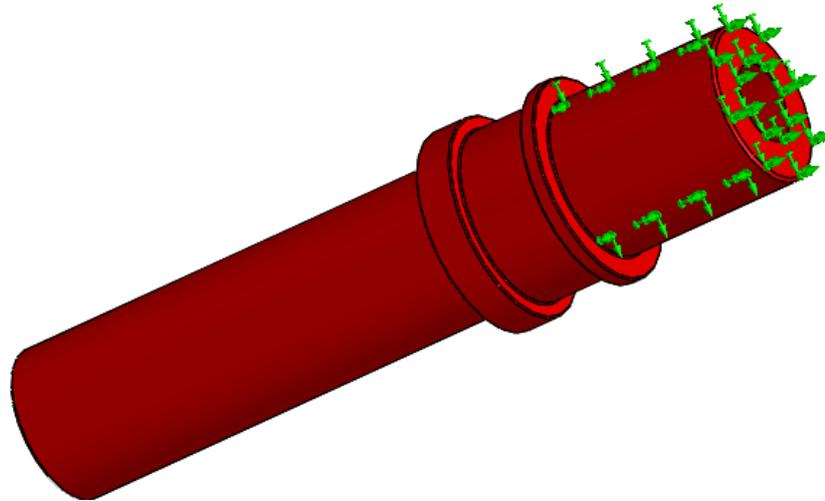


Figura 4.78: Condição de fronteira aplicada.

Na Figura 4.79 encontra-se a força exercida, que neste caso é de 200 kg .

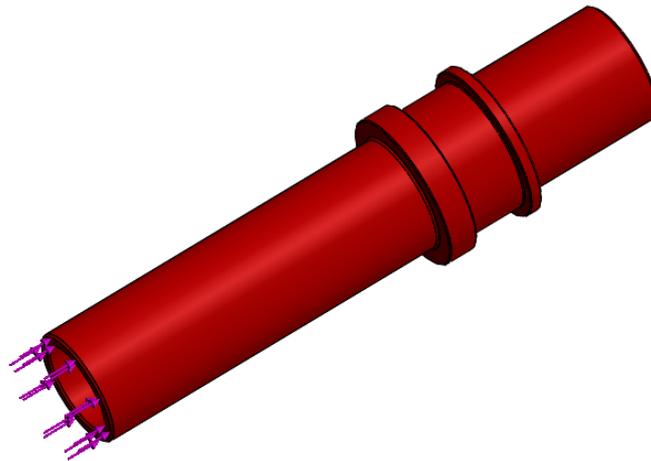


Figura 4.79: Força aplicada na ferramenta.

Na Figura 4.80 encontra-se o campo de tensões ao longo da ferramenta. A tensão máxima verificada é de 11.8 MPa e ocorre na zona demonstrada na Figura 4.81. Isto acontece devido ao facto de ser uma zona de transição, esta zona possui um raio de concordância de 0.5 mm . No presente caso o valor de tensão máxima não é crítica, pois a tensão de cedência ao aço DIN X160CrMoV12-1 é de aproximadamente 1900 MPa .

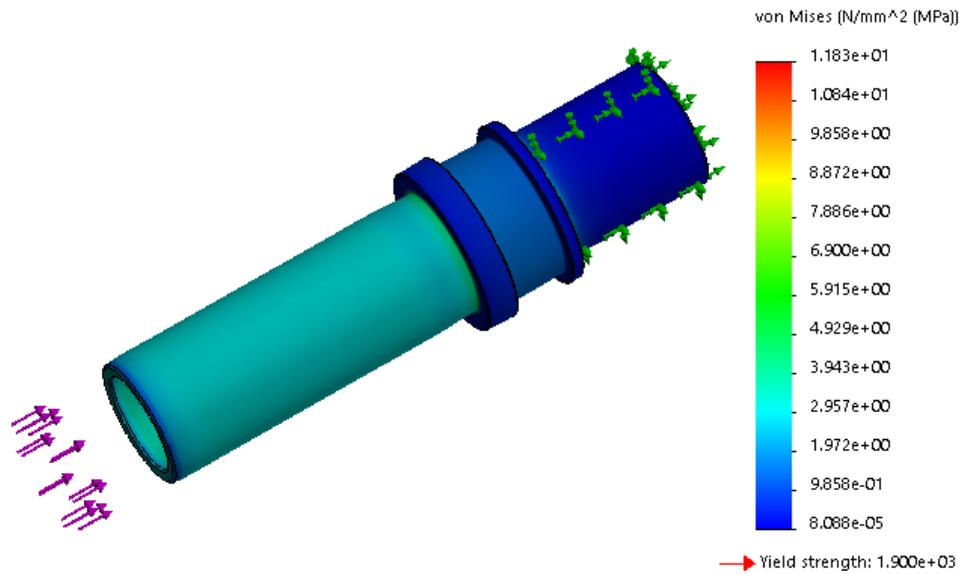


Figura 4.80: Campo de tensões de von Misses.

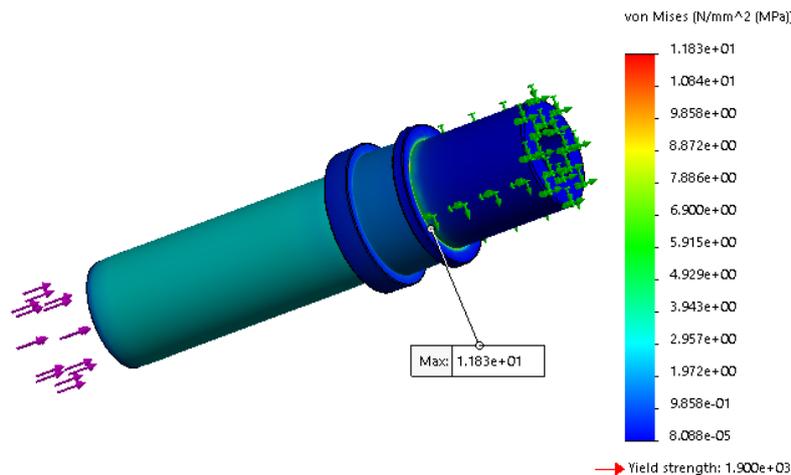


Figura 4.81: Tensão máxima na ferramenta.

O deslocamento máximo da ferramenta é de 0.00267 mm e ocorre na parte inferior da ferramenta como se pode observar na Figura 4.82.

4.6.6 Material das ferramentas

O material utilizado é o aço DIN X160CrMoV12-1, é um aço ferramenta com 12 % de crómio que é utilizado para ferramentas de trabalho a frio. Este aço é caracterizado por possuir uma elevada estabilidade dimensional no tratamento térmico, possuir uma elevada resistência ao desgaste e à compressão, tornando-o num aço adequado para as ferramentas desenvolvidas.

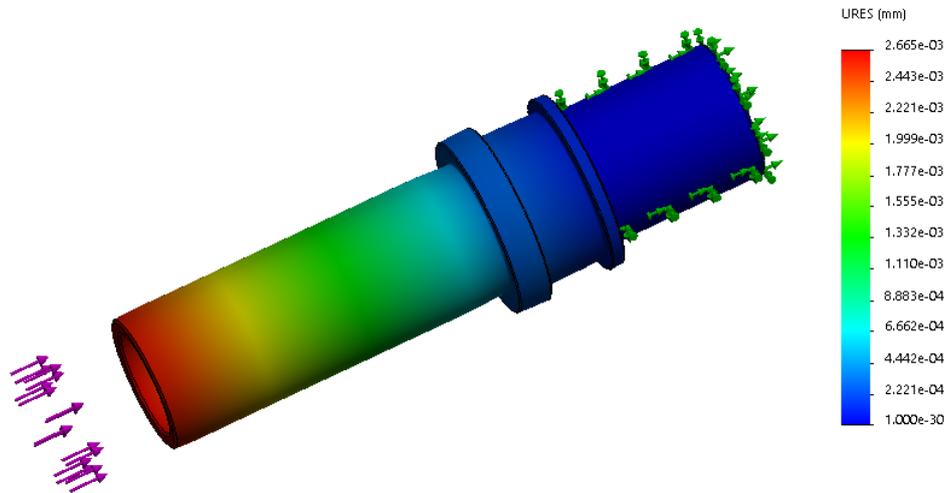


Figura 4.82: Campo de deslocamentos.

4.6.7 Documentação técnica

Relativamente ao presente projeto foi elaborada a documentação técnica referente aos desenhos técnicos (desenhos de conjunto e definição).

Desenhos técnicos

Os desenhos técnicos de conjunto e definição do presente projeto encontram-se no apêndice E. Nos desenhos de conjunto encontra-se a informação relativa ao funcionamento de cada uma das máquinas, onde é possível observar os cursos que as prensas têm que efetuar em cada ciclo e o posicionamento das ferramentas nos suportes. Nos desenhos de definição encontram-se todas as informações para o fabrico das ferramentas desenvolvidas. Nos desenhos de conjunto que se encontram no apêndice E encontram-se representados todos os ciclos da máquina 1, para a máquina 2 e 3 apenas se encontra o primeiro ciclo.

4.6.8 Discussão

Ao longo do processo de reconstrução em 3D dos componentes das prensas foi necessário ter algum cuidado, essencialmente ter uma atenção especial acerca do corpo da ferramenta de cada prensa visto que existiam duas variedades.

Durante o desenvolvimento das ferramentas foi necessário ter atenção as zonas de contato e os componentes a serem prensados, de forma a garantir a maior zona de contato possível. Também se teve o cuidado de deixar as abas das ferramentas na posição correta de forma a garantir que estas seriam detetadas quando colocadas no suporte das ferramentas. Foram realizadas simulações numéricas de forma a avaliar as tensões e os deslocamentos sofridos por uma das ferramentas de forma a garantir que esta aguentaria os esforços a que está sujeita.

Depois de serem produzidas foram instaladas nas prensas e testadas, não se verificando nenhuma anomalia.

4.7 Caso de estudo 6 - Desenvolvimento de uma mesa de indexação, de um posto de aperto e outro de desaperto de grampos

4.7.1 Descrição do projeto

O sexto caso de estudo consistiu no desenvolvimento de dois postos automáticos e de uma mesa de indexação para ser utilizada em quatro postos de uma nova linha de cárteres. Esta linha é composta por vários postos, entre eles um posto de aperto de grampos, um posto de desaperto, um posto de etiquetagem e uma ilha robotizada.

Um dos postos automáticos é um posto de desaperto e o outro é um posto de aperto de grampos de uma paleta (ver Figura 4.83).

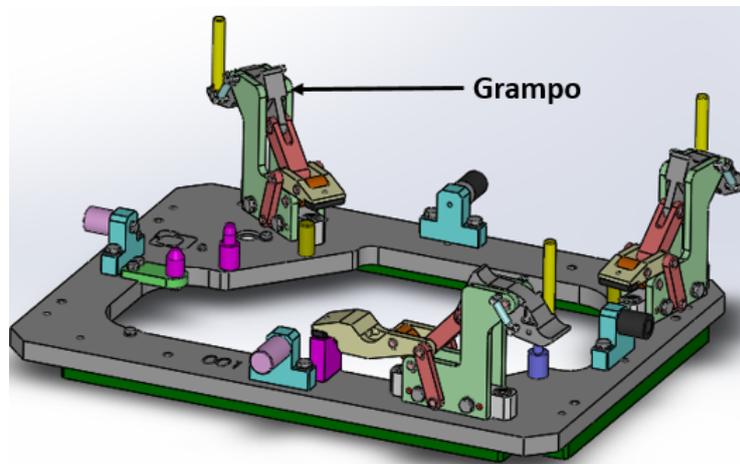


Figura 4.83: Representação da paleta.

4.7.2 Requisitos do cliente

Relativamente aos postos de aperto e desaperto, o cliente pretendia que:

- Os postos de aperto e desaperto fossem construídos em construção soldada;
- As proteções ficassem a 170 mm do pavimento;
- Fosse aplicado o sistema LOTO;
- Os atuadores fossem pneumáticos;
- Fosse colocado um fecho de encravamento nas portas;
- A entrada dos postos tivesse um painel de comando;
- Possuísse uma mesa de indexação.

Em relação à mesa de indexação, o cliente pretendia que:

- Permitisse indexar e posicionar a paleta;

- Que fosse utilizado um atuador pneumático;
- Fosse implementado um sistema de leitura de RFID (radio frequency identification) numa das mesas.

4.7.3 Definição das especificações do projeto

No caderno de encargos relativamente ao posto de desaperto e aperto ficou estabelecido que:

- Seria desenvolvido em construção soldada com pintura anticorrosão;
- Aplicação de proteções para impedir o acesso a zonas de perigo, com as seguintes características:
 - Construção de pilares de definição em perfil de alumínio;
 - Utilização de painéis em perfil de alumínio e rede;
 - Aplicação de uma porta de acesso com fecho de segurança com encravamento.
- Realização de uma base superior em aço, na qual serão montados os cilindros pneumáticos com as ferramentas responsáveis pelo acionamento dos grampos de aperto/desaperto do cárter à palete:
 - O aperto/desaperto do cárter à palete será feito através de um movimento composto dos cilindros pneumáticos sobre os grampos para aperto do cárter;
 - Aplicação de sensor para verificar que os grampos se encontram bem fechados.
- Aplicação de uma mesa de indexação e posicionamento da palete, recorrendo a um cilindro pneumático;
- Aplicação de um manómetro de glicerina;
- Colocação de uma coluna luminosa de cinco elementos;
- Colocação de uma caixa de quatro botões;
- Seria aplicada um painel de comando;
- Colocação de um fecho de encravamento.

Relativamente à componente mecânica das quatro mesas de indexação que seriam desenvolvidas para serem colocadas no posto de etiquetagem, na ilha robotizada e nos postos de aperto e desaperto dos grampos, ficou estabelecido que iriam possuir:

- Placa com pinos de indexação para garantir o correto posicionamento da palete;
- Sistema de posicionamento com acionamento realizado através de cilindro pneumático;
- Aplicação de leitor de RFID numa das mesas de indexação.

4.7.4 Estudo inicial

Para o desenvolvimento quer da mesa de indexação quer do posto de aperto quer do posto de desaperto dos grampos é necessário realizar uma primeira análise da paleta. A paleta sem cârter possui aproximadamente 17 kg e com o cârter pesa cerca de 24 kg. Para o desenvolvimento das mesas de indexação é necessário numa fase inicial analisar como será feita a indexação da mesma. A paleta ficará apoiada em quatro zonas na mesa de indexação, sendo duas destas de posicionamento da paleta em relação à mesa de indexação. Na Figura 4.84 encontram-se identificadas as zonas que serão utilizadas como referência para as quatro zonas de apoio/indexação.

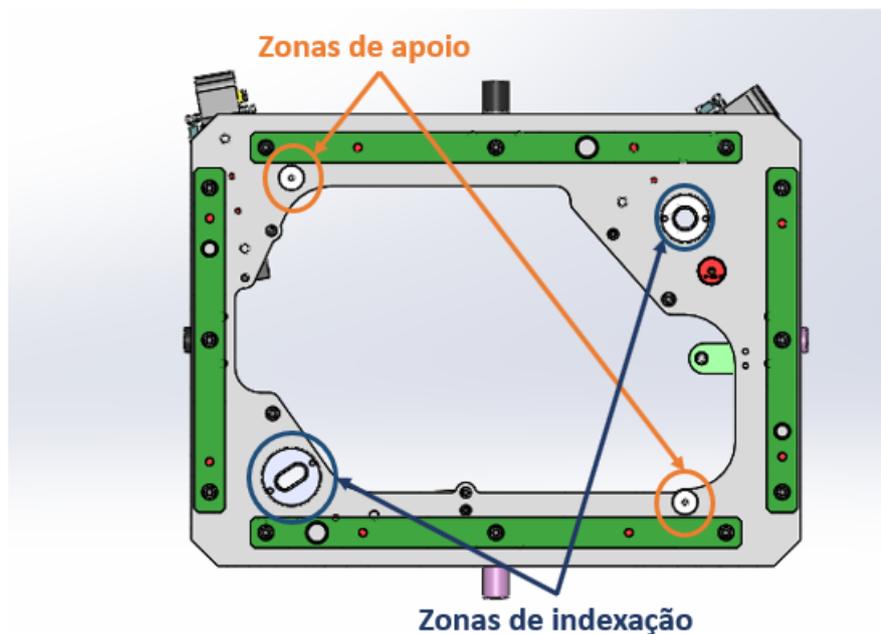
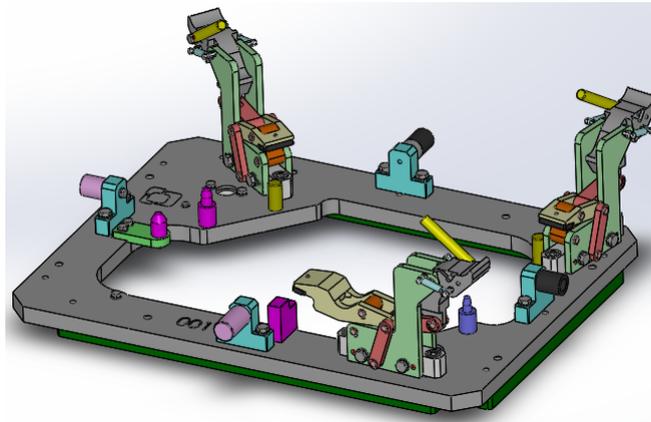


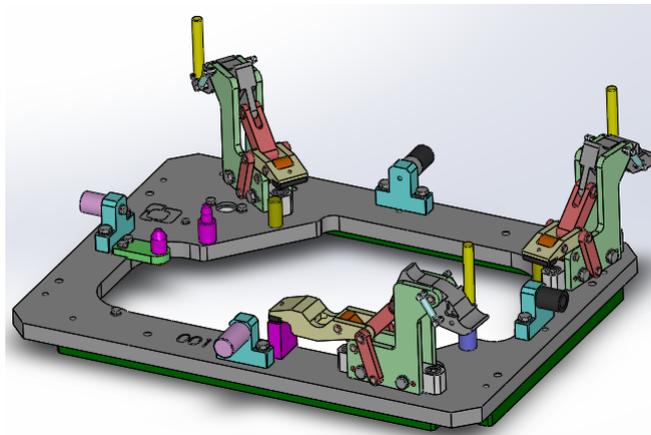
Figura 4.84: Identificação das zonas de apoio/indexação da paleta.

Numa fase inicial foi necessário verificar o posicionamento dos grampos, quer quando estes estivessem fechados quer quando estivessem abertos, para tentar perceber qual seria a abordagem a utilizar para o desenvolvimento do sistema de aperto/desaperto e do sistema de fixação. Na Figura 4.85 encontra-se representada a paleta com os grampos abertos (Figura 4.85(a)) e com os grampos fechados (Figura 4.85(b)) e na Figura 4.86 encontra-se assinalada a zona de fixação.

Durante a fase de projeto foi possível verificar que para fechar os grampos não exigia muito esforço, enquanto que para a abertura dos mesmos revelou-se que é necessário exercer muita força, por isso os cilindros que seriam utilizados para a abertura dos grampos teriam que ter mais força que os cilindros que realizam o fecho dos mesmos.



(a) Palete com os grampos abertos.



(b) Palete com os grampos fechados.

Figura 4.85: Posicionamento dos grampos.

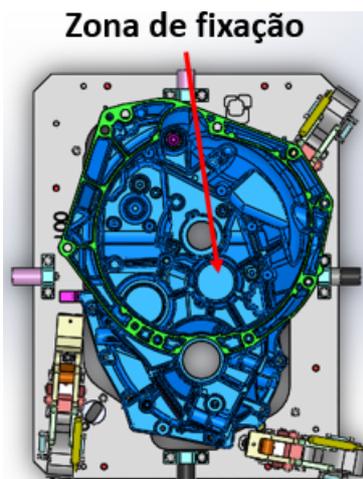


Figura 4.86: Zona de fixação.

4.7.5 Projeto mecânico das modificações desenvolvidas

Nesta secção apresentam-se os postos e a mesa de indexação desenvolvida. Relativamente ao posto de aperto e desaperto dos grampos optou-se por explicar detalhadamente o posto de aperto e no fim demonstrar a diferença dos postos.

4.7.5.1 Apresentação do resultado final

O resultado final do posto de aperto encontra-se sob a forma 3D CAD na Figura 4.87 e o posto de desaperto na Figura 4.88. A mesa de indexação encontra-se na Figura 4.89.

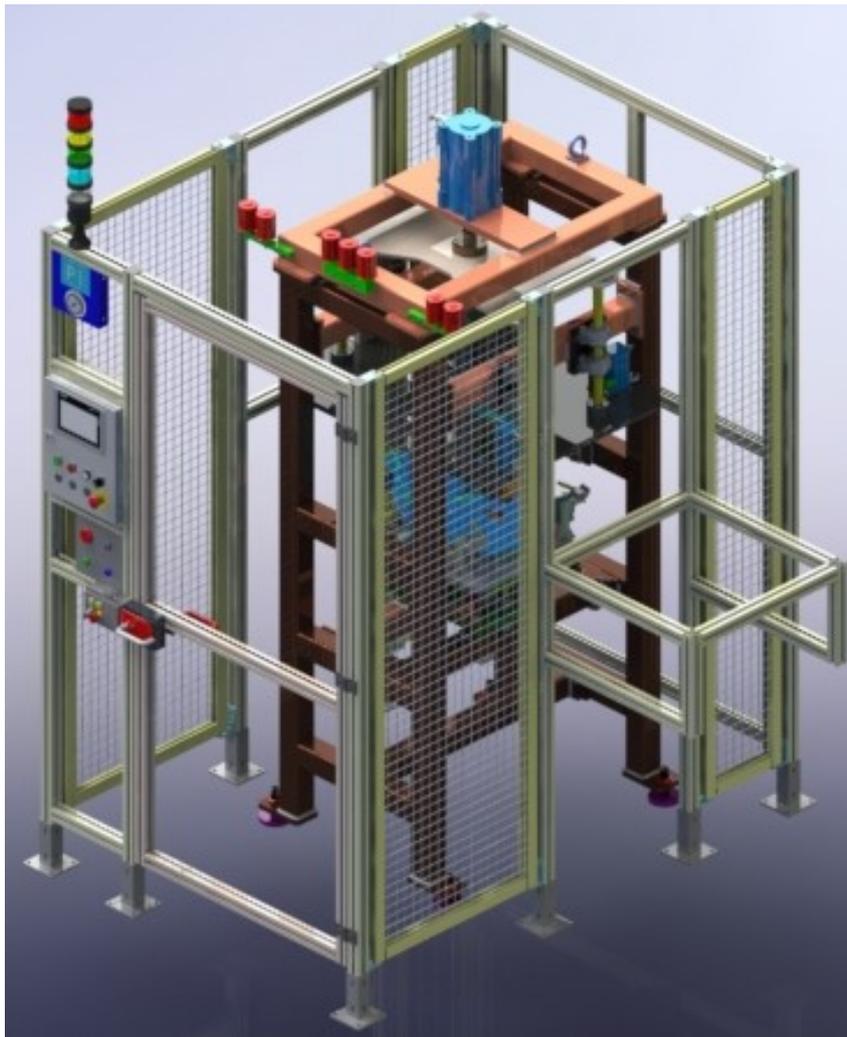


Figura 4.87: Posto de aperto.



Figura 4.88: Posto de desaperto.

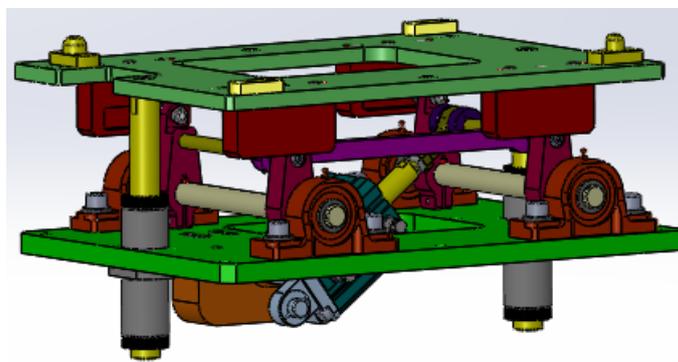


Figura 4.89: Mesa de indexação.

4.7.5.2 Mesa de indexação

O conceito da mesa de indexação foi elaborado a partir de uma mesa de indexação já existente. Foi necessário realizar ajustes em termos de dimensões da mesa e alteração do posicionamento do cilindro de elevação de modo a desenvolver uma mesa que pode ser utilizada em todos os postos onde seria necessário colocar uma mesa de indexação (ver Figura 4.90).

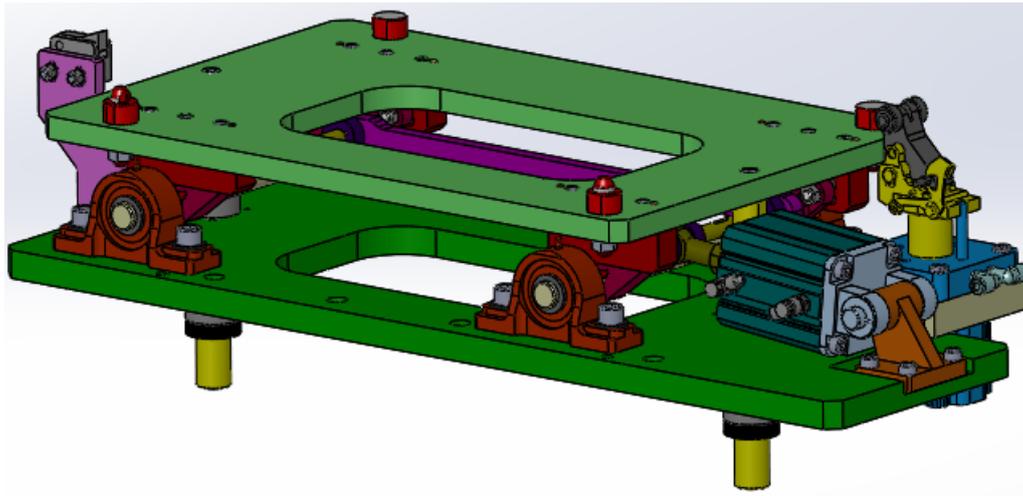


Figura 4.90: Conceito base.

A mesa de indexação pode ser individualizada em duas partes, a parte que se encontra fixa aos postos e a parte que permite realizar a elevação da paleta (ver Figura 4.91).

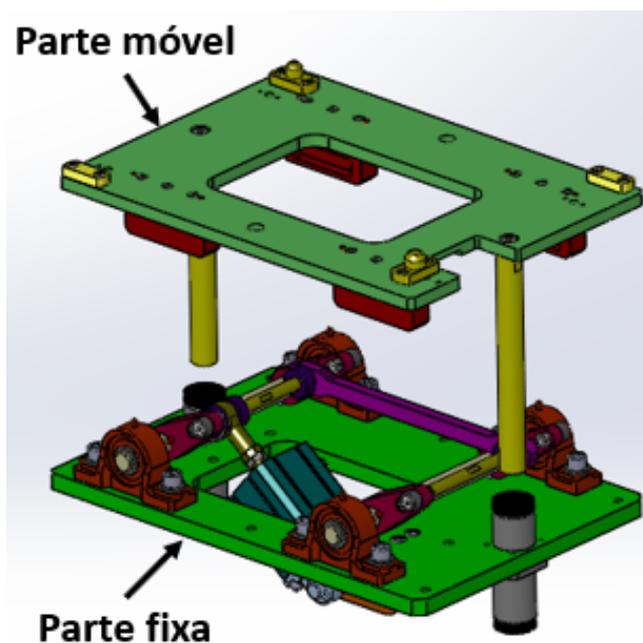


Figura 4.91: Principais conjuntos da mesa.

O sistema de elevação consiste na utilização de um cilindro pneumático da SMC com a referência CD55B63-45M que possui um curso de 45 mm e permite elevar a plataforma de elevação, pois este possui uma força de recuo de 1560 N e uma força de avanço de 1400 N quando opera a uma pressão de 5 bar [37]. A mesa possui um curso de elevação de aproximadamente 30.8 mm . Na Figura 4.92 encontra-se a mesa recuada.

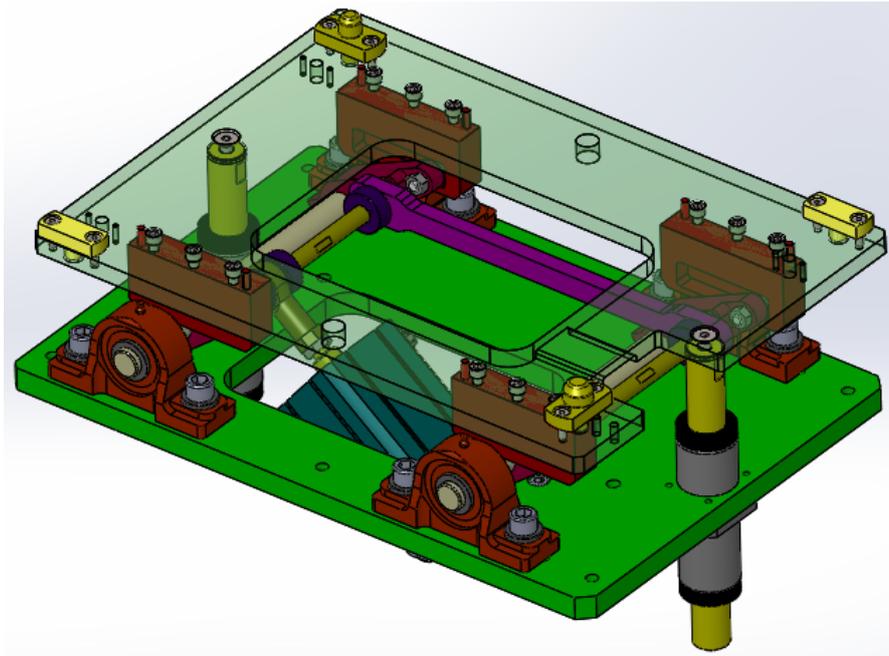
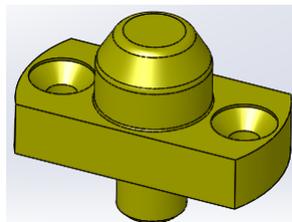
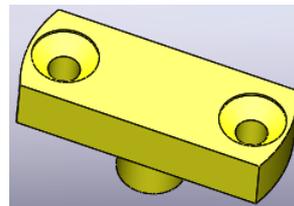


Figura 4.92: Mesa de indexação recuada.

Para indexar a paleta foram desenvolvidos dois indexadores que permitem assegurar o posicionamento da paleta relativamente à mesa de indexação. Os indexadores possuem uma forma cônica (ver Figura 4.93(a)) o que permite realizar a indexação da paleta com uma maior facilidade. Neste caso em concreto os indexadores possuem um ângulo de 30 graus. Para além dos dois indexadores de posicionamento a mesa possui dois pontos de apoio (ver Figura 4.93(b)).



(a) Indexador em ângulo.

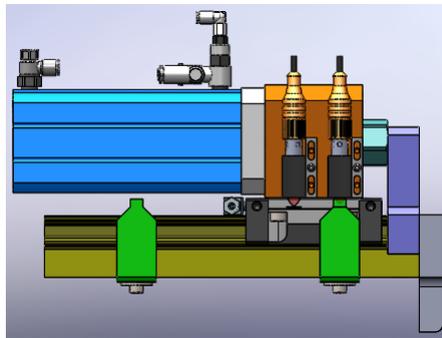


(b) Indexador de apoio.

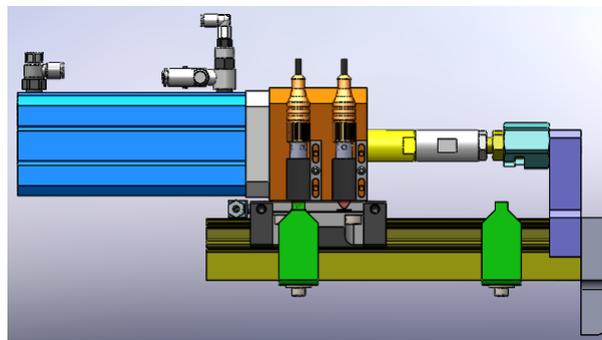
Figura 4.93: Indexadores.

4.7.5.3 Sistema de aperto dos grampos

Numa fase inicial começou-se por desenvolver o sistema de desaperto dos grampos. Devido ao facto de a paleta possuir três grampos serão necessários três cilindros para realizar o desaperto das mesmas. Os cilindros utilizados são os cilindros da SMC com a referência CD55B50-100 que possuem um curso de 100 mm , permitem exercer uma força de recuo de 982 N e uma força de avanço de 825 N quando se tem uma pressão de 5 bar [34]. Os três conjuntos de cilindros que se encontram no sistema de desaperto dos grampos possuem dois sensores da CONTRINEX com a referência DW-AS-503-M12-120 [32]. Estes sensores permitem detetar se o cilindro se encontra no estado avançado ou recuado através da deteção de duas chapas que se encontram na montagem da garra. Na Figura 4.94 é possível observar os dois estados do cilindro, avançado e recuado.



(a) Cilindro recuado.



(b) Cilindro avançado.

Figura 4.94: Representação dos dois estados do cilindro.

Na Figura 4.95 é possível observar o sistema de aperto com os cilindros recuados e na Figura 4.96 os cilindros encontram-se avançados.

4.7.5.4 Sistema de fixação

O sistema realiza a fixação recorrendo a um cilindro da SMC com a referência CP96SDB50-200C que permite realizar a fixação do cárter (ver Figura 4.97), antes do aperto dos grampos. O cilindro utilizado possui um curso de 200 mm e permite exercer uma força de recuo de 982 N e de avanço 825 N quando se tem uma pressão de 5 bar [37], sendo que no presente caso o importante é a força que este permite exercer quando se encontra no estado avançado.

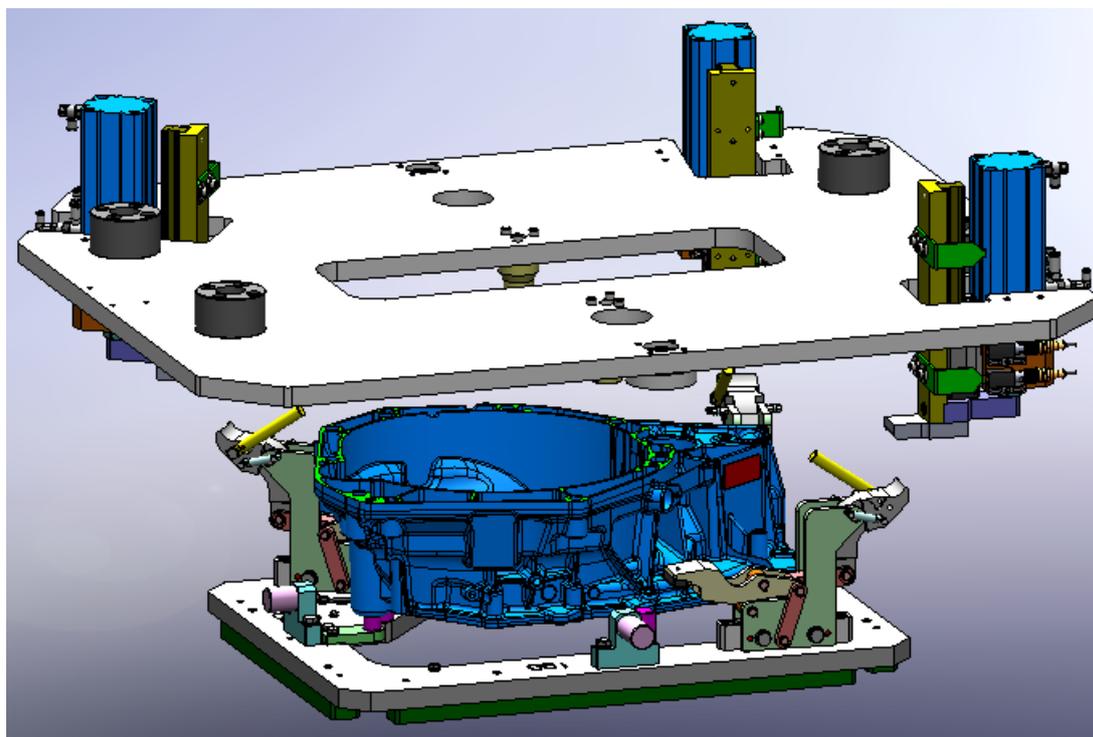


Figura 4.95: Sistema de aperto recuado.

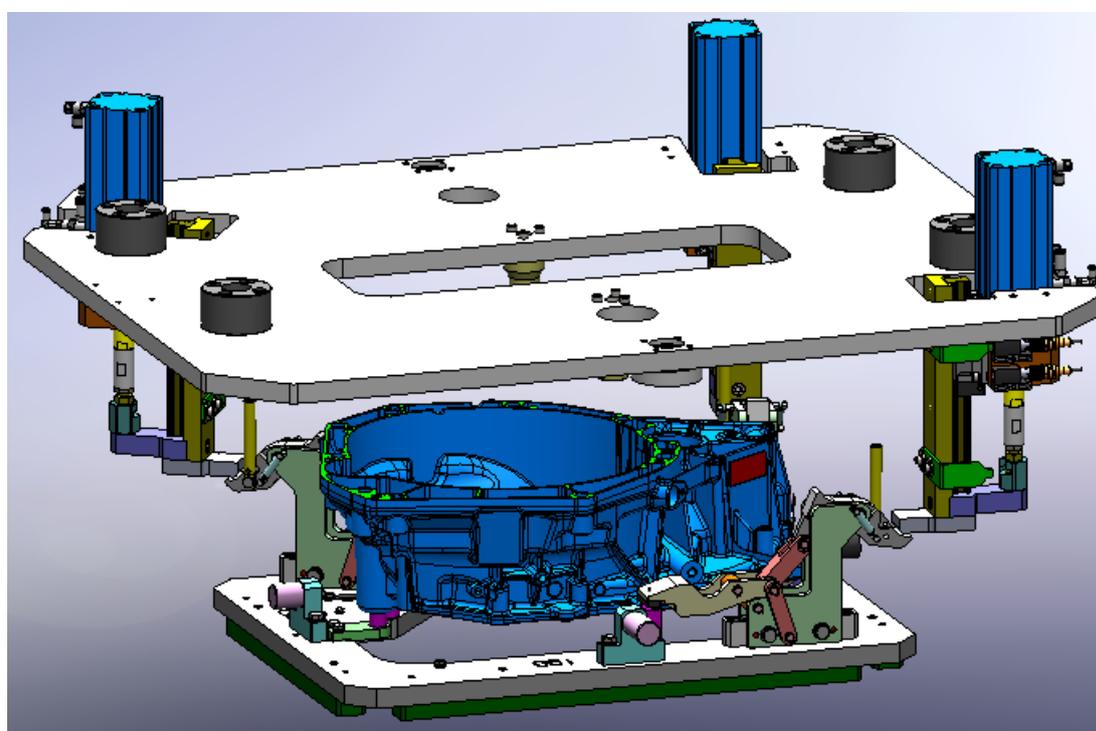


Figura 4.96: Sistema de aperto avançado.

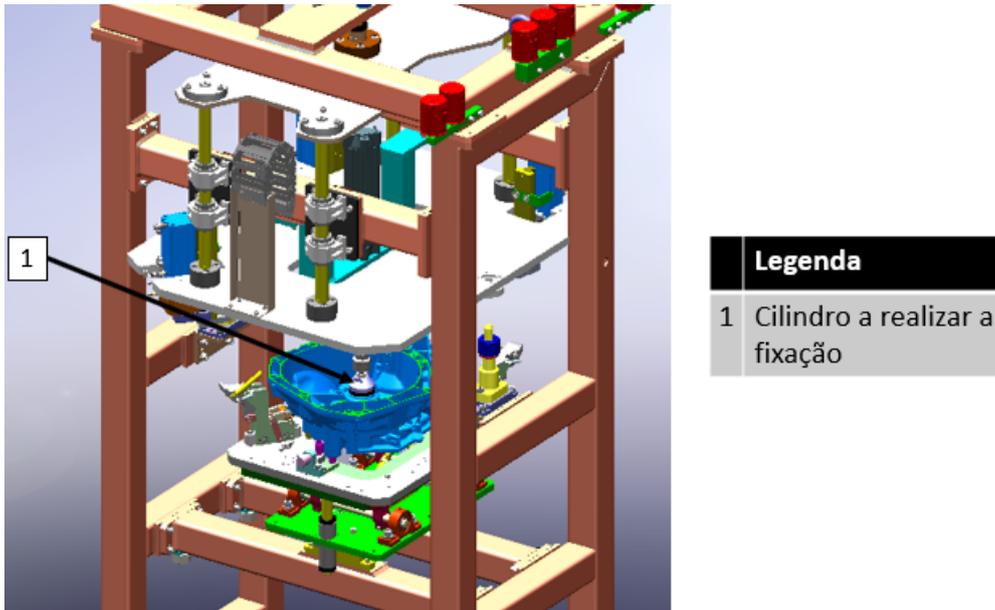


Figura 4.97: Cilindro a realizar a fixação do cárter.

4.7.5.5 Estrutura do posto de aperto

A estrutura do posto é realizada em construção soldada e aparafusada, para isso recorre-se a perfil tubular de 80X80 com uma espessura de 5 mm. Na Figura 4.98 pode-se observar as diferentes partes que constituem a estrutura do posto.

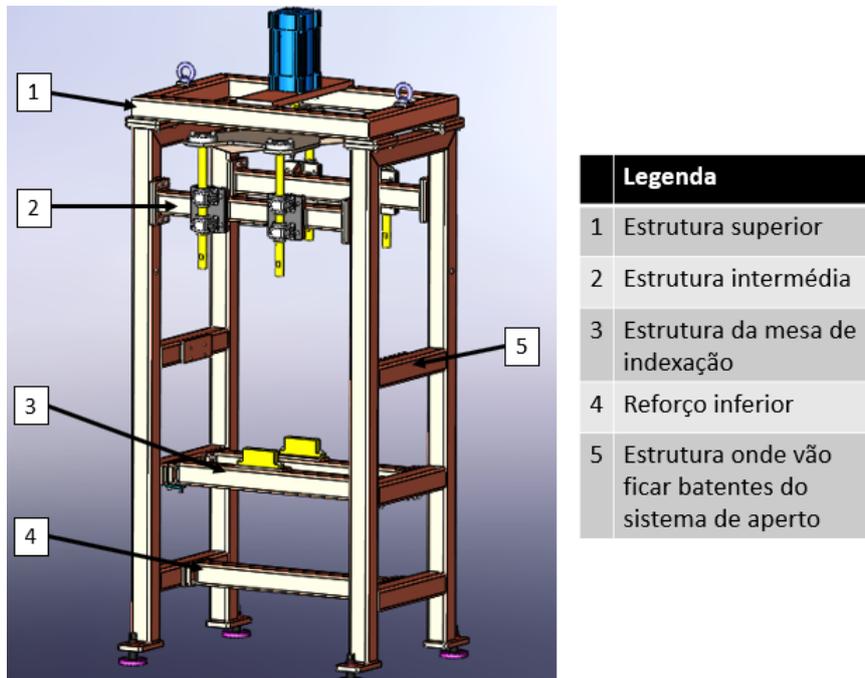


Figura 4.98: Principais componentes da estrutura do posto de aperto.

A estrutura superior é onde se encontra o cilindro que vai realizar o avanço e recuo do sistema de abertura dos grampos. Esta parte da estrutura soldada possui quatro falanges que são utilizadas para aparafusar a parte superior à parte lateral da estrutura. A meio da estrutura superior pode-se observar a placa onde é fixado o cilindro.

As duas travessas que se encontram na zona intermédia possuem duas placas na zona intermédia que visam segurar as placas onde se encontram as chumaceiras. Devido ao facto de as placas sofrerem solicitação por causa do movimento dos veios optou-se por colocar reforços nas mesmas. Na extremidade das travessas encontram-se as placas soldadas ao perfil tubular que são depois aparafusadas à estrutura lateral. As placas que serão aparafusadas à estrutura lateral possuem afinação em altura, para o caso de ser necessário realizar posteriormente ajustes (10 mm de afinação total). Nestas travessas também se encontram as falanges que suportam a estrutura do sistema de fixação.

A estrutura que suporta a mesa indexação que será colocada no posto possui afinação em altura caso seja necessário realizar pequenos ajustes em altura (9 mm) da mesa de indexação. A estrutura referida encontra-se posicionada de forma a que quando a mesa de indexação for ativada subir a paleta 1.5 mm, de forma a esta ficar indexada e imóvel.

Para garantir a estabilidade e o posicionamento da estrutura soldada do posto optou-se por colocar uma travessa na zona inferior do posto.

4.7.5.6 Sistema de lubrificação

Os patins utilizados que se encontram nas montagens das garras devem ser lubrificados assim como os rolamentos que permitem realizar o movimento do sistema de aperto dos grampos. O sistema de lubrificação utilizado para os patins é o mesmo que é utilizado no segundo caso de estudo, com a exceção de que para lubrificar os rolamentos é utilizado o Perma óleo Multiuso SO32 [27]. O óleo referido é um óleo que para além de resistir ao envelhecimento e à oxidação possui uma boa proteção contra o desgaste dos rolamentos. Na Figura 4.99 é possível observar os sistemas de lubrificação que serão utilizados para as chumaceiras e para os patins.

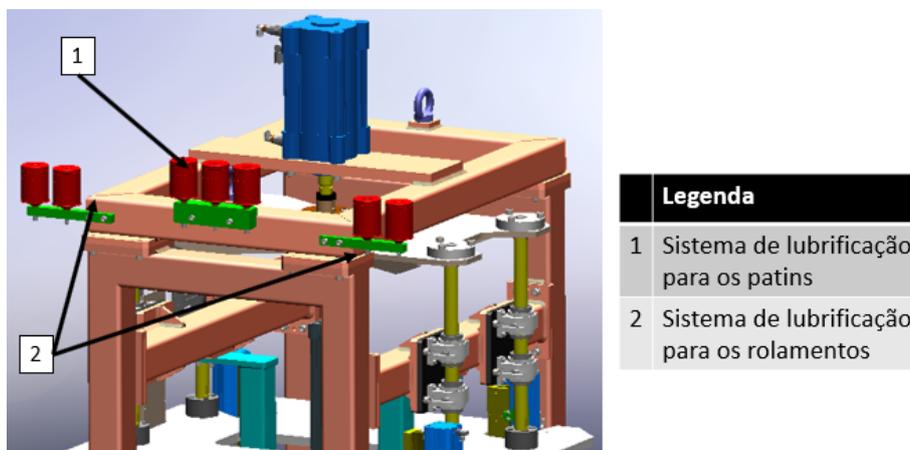


Figura 4.99: Sistema de lubrificação.

4.7.5.7 Dispositivos de proteção e segurança

No posto de aperto dos grampos foi necessário ter os cuidados relativamente às proteções referidos no segundo caso de estudo. Na Figura 4.100 é possível observar os diversos componentes colocados no posto de aperto dos grampos, como referido inicialmente nas especificações.

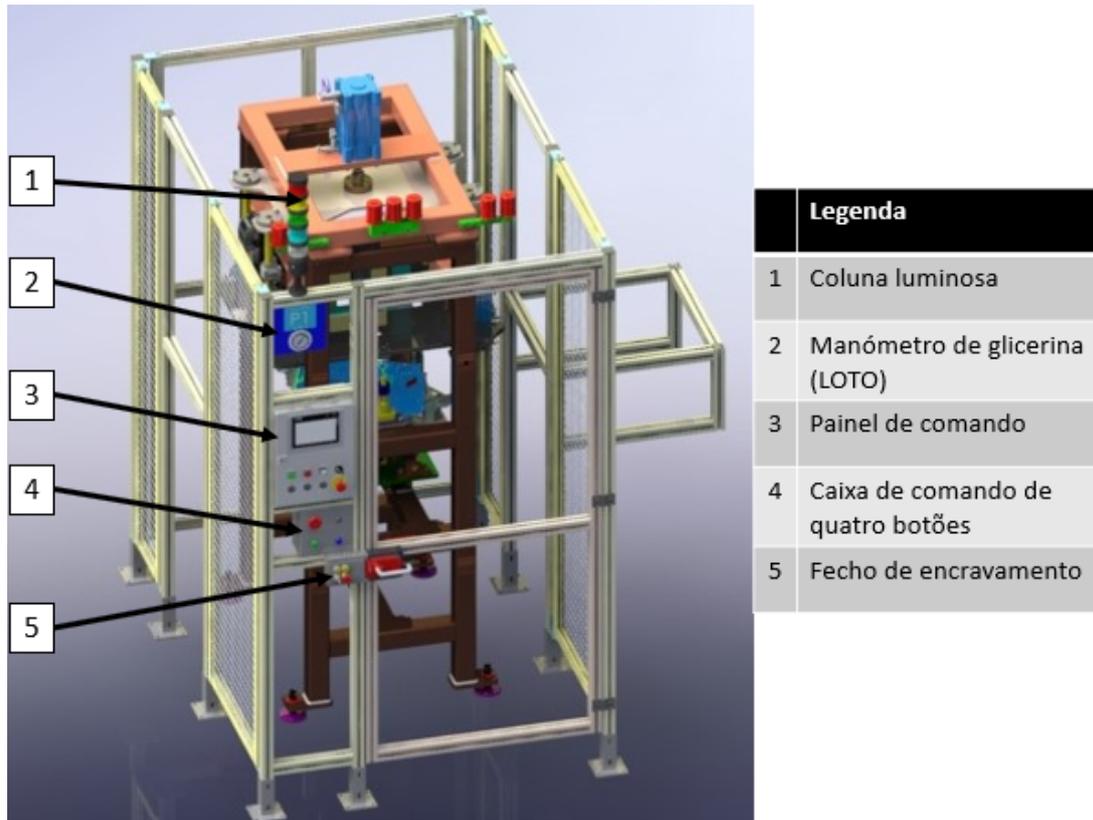


Figura 4.100: Dispositivos de proteção e de segurança.

O fecho de encravamento e a caixa de comando são iguais às que se encontram no segundo caso de estudo (ver secção 4.3.4.3).

O quadro comando utilizado possui um HMI que permite alterar o modo de funcionamento (manual/automático), visualizar mensagens de erro e apresentação das condições em falta, entre outras. A coluna luminosa de cinco elementos permite a indicação do estado de funcionamento do posto, sendo que esta possui cinco cores: verde, vermelho, laranja, azul e branca. Na Tabela 4.7 é possível visualizar o significado correspondente a cada cor.

4.7.5.8 Principais diferenças entre o posto de aperto e o posto de desaperto

O posto de desaperto é semelhante ao posto de aperto, as principais diferenças são:

- As montagens das garras que realizam o desaperto dos grampos;
- O posto de desaperto está incluído numa zona juntamente com outro posto.

Tabela 4.7: Coluna luminosa diferentes estados. Adaptado de [38].

Cores	Iluminação acessa
Verde	A máquina encontra-se em ciclo automático
Vermelho	A máquina não funciona devido a uma das seguintes razões: Paragem funcional; Paragem voluntária
Laranja	Alerta na máquina (por exemplo, ultrapassagem do tempo de ciclo)
Azul	Falha na alimentação de paletes, não há nenhuma a dar entrada no posto
Branco	O posto não consegue libertar a paleta (por exemplo, existe uma paleta a jusante do posto)

Na Figura 4.101 encontra-se o sistema de desaperto desenvolvido (no estado recuado). Devido à configuração dos grampos foi necessário colocar os cilindros em ângulo. Na Figura 4.102 pode-se observar o cilindro no estado avançado a realizar o desaperto.

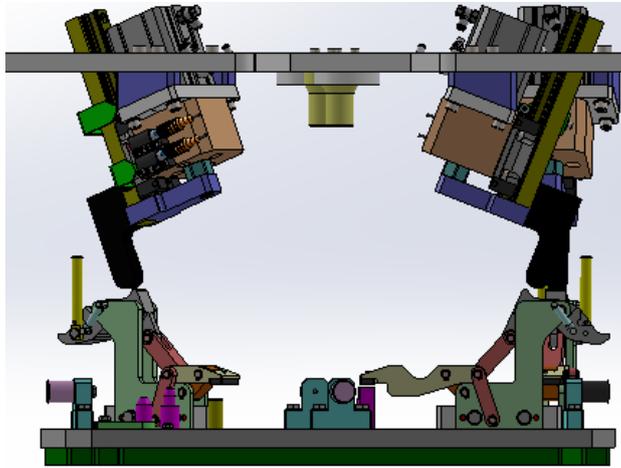


Figura 4.101: Posto de desaperto, cilindros recuados.

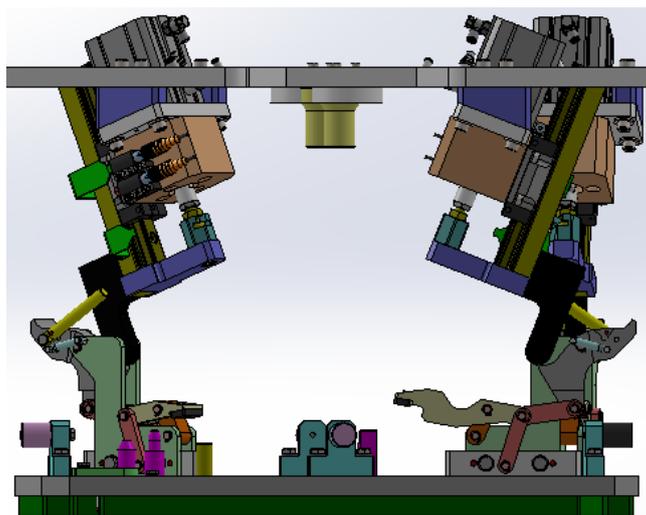


Figura 4.102: Posto de desaperto, cilindros avançados.

4.7.6 Documentação técnica

Relativamente ao presente projeto foi elaborada a documentação técnica referente aos desenhos técnicos.

Desenhos técnicos

Os desenhos elaborados relativamente ao presente projeto encontram-se no apêndice F. Optou-se por colocar apenas alguns dos desenhos. Foram colocados alguns desenhos da mesa de indexação e do posto de desaperto, não sendo colocado nenhum desenho do posto de aperto, visto que este se encontra descrito ao longo do presente caso de estudo. Nos desenhos de conjunto foram colocadas algumas anotações importantes acerca do funcionamento dos mesmos.

4.7.7 Discussão

Para o desenvolvimento da mesa de indexação, do posto de aperto e desaperto, foi necessário realizar uma pequena análise da palete. Foi necessário estabelecer quais seriam as zonas de indexação e de apoio da palete e analisar se seria necessário realizar muita força para realizar a abertura e o fecho dos grampos.

Para o desenvolvimento da mesa, teve-se o cuidado de elaborar uma mesa que pudesse ser utilizada em quatro postos de trabalho, ou seja, que a mesa fosse o mais flexível possível. Ao todo foram produzidas quatro mesas de indexação, a principal diferença é que uma das mesas vai possuir uma antena RFID.

Os postos de aperto e desaperto foram construídos de forma a cumprir todos os requisitos propostos pelo cliente. Numa fase inicial foi necessário identificar qual seria a abordagem a adotar para a realização da abertura e fecho dos grampos. Durante o desenvolvimento dos mesmos foi necessário ter atenção a vários fatores, tais como os cursos dos cilindros e a força exercida pelos cilindros.

O presente projeto encontra-se na fase de testes, não se tendo verificado problemas até ao momento.

Capítulo 5

Conclusões e trabalhos futuros

5.0.1 Conclusões

A realização do estágio curricular teve como principal objetivo o desenvolvimento de equipamentos automatizados para a indústria. Através da realização do estágio foi possível adquirir conhecimentos acerca do processo de desenvolvimento e implementação de máquinas para indústria.

Para o desenvolvimento de máquinas é necessário ter conhecimento da diretiva máquina, pois o conhecimento desta é imprescindível para as equipas de projeto mecânico. A diretiva máquina pretende confinar a equipa de projeto mecânico um conjunto de ferramentas que permitem identificar e avaliar os perigos que possam existir e com base nessa avaliação tomar as devidas precauções de forma a eliminar ou reduzir o risco existente. Quando não é possível reduzir completamente o risco deve-se aplicar sistemas de proteção, como por exemplo, barreiras e em último caso, se forem verificados riscos remanescentes devem ser comunicados aos utilizadores de máquinas através de formações.

No primeiro caso de estudo foi possível estar envolvido numa alteração de um equipamento de teste de estanquidade de autoclismos. Durante a fase de desenvolvimento foi necessário ter muito cuidado, pois era necessário garantir a estanquidade. Para garantir a estanquidade do equipamento recorreu-se a o-rings.

O segundo caso de estudo revelou-se complicado, pois era necessário garantir a separação física entre as duas OPs sem alterar o posicionamento dos robôs e dos postos de aparafusamento. Numas das zonas teve-se que recorrer à utilização de barreiras de forma a garantir a separação física das OPs.

O terceiro caso de estudo consistiu na adaptação de um posto de desaperto de grampos a uma nova paleta que podia transportar três variedades de cárteres. Este projeto permitiu aplicar conhecimentos adquiridos na área de simulação numérica, para garantir que a placa onde se encontram os cilindros de fixação aguentariam com as forças que seriam exercidas na mesma.

O quarto caso de estudo consistiu no desenvolvimento de um dispensador e de um porta rolamentos a ser utilizado numa célula robotizada. Durante a fase de desenvolvimento teve-se que ter atenção às dimensões dos rolamentos de forma a que a introdução destes quer no dispensador quer no porta rolamentos fossem fáceis.

O quinto caso de estudo consistiu no desenvolvimento de ferramentas que seriam utilizadas em prensas. Para o atravancamento das mesmas foi necessário ter atenção aos componentes que seriam prensados, pois era necessário garantir a maior zona de contacto

entre a ferramenta e o componente. Neste caso de estudo foram realizadas simulações numéricas de forma a avaliar as tensões e os deslocamentos sofridas pela mesma.

O sexto caso de estudo consistiu no desenvolvimento de uma mesa de indexação que seria utilizada em quatro postos, um posto de aperto e um posto de desaperto. Durante a fase de desenvolvimento foi necessário ter em conta diversos fatores, entre eles, o posicionamento dos grampos na paleta, a força que seria necessária para realizar a abertura/fecho dos mesmos e a zona de fixação dos cárteres, pois quer a mesa de indexação quer os postos de aperto e desaperto dos grampos foram desenvolvidos segundo estas características.

Ao longo do estágio curricular foi possível estar envolvido em diferentes projetos que permitiram aplicar conhecimento adquiridos ao longo do percurso académico e adquirir novos conhecimentos na área do projeto mecânico. O estágio curricular permitiu também adquirir conhecimentos acerca do processo de desenvolvimento de máquinas em ambiente industrial.

5.0.2 Trabalhos futuros

O presente relatório de estágio advém de uma forte componente prática que poderá eventualmente ser melhorada ou corrigida.

Dos projetos realizados, dois deles ainda não se encontram em funcionamento nas empresas clientes. O caso de estudo 2 ainda não se encontra implementado na empresa cliente e o caso de estudo 6 ainda se encontra em fase de testes. Eventualmente poderão surgir imprevistos que necessitem de correções ou melhoramentos.

Bibliografia

- [1] A. Completo and F. Q. D. Melo, *Introdução ao Projeto Mecânico*. Porto: Publindústria, 1^a ed., 2017.
- [2] Project Management Institute, *Project Management Body of Knowledge*, vol. 69. Newtown Square: Project Management Institute, Inc., 2000.
- [3] N. J. Smith, “Engineering Project Management,” 2002.
- [4] C. R. Zardo, A. O. Barbisan, and N. Berticelli, “Como desenvolver rapidamente produtos,” *Revista tecnológica*, pp. 41–53, 2016.
- [5] B. Yazdani and C. Holmes, “Four models of design definition: Sequential, design centered, concurrent and dynamic,” *Journal of Engineering Design*, vol. 10, no. 1, pp. 25–37, 1999.
- [6] A. Zhang, “Quality improvement through Poka-Yoke: From engineering design to information system design,” *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, vol. 8, no. 2, pp. 147–159, 2014.
- [7] H. Hirano, *JIT Implementation Manual*, vol. 4. Crc press, 2^a ed., 2008.
- [8] H. J. Zhang and Z. T. Liu, “Application of Lockout & Tagout system in the coalmine industry,” *Procedia Engineering*, vol. 26, pp. 2065–2069, 2011.
- [9] Department of Energy U.S, “THE CONTROL OF HAZARDOUS ENERGY (LOCKOUT/TAGOUT) FAMILIAR LEVEL,” 2011.
- [10] EUR.LEX, “Diretiva 2006/42/CE Parlamento Europeu e do Conselho de 17 de Maio de 2006,” 2006.
- [11] ISO, “ISO 12100:2010(en) Safety of machinery - General principles for design - Risk assessment and risk reduction,” 2010.
- [12] Sick, “Guia Máquinas Seguras,” 2015.
- [13] ISO, “ISO 13855:2010(en) Safety of machinery - Positioning of safeguards with respect to the human body,” 2010.
- [14] ISO, “ISO 13857:2008 Safety of machinery - Safety distances to prevent hazard zones being by upper and lower limbs,” 2008.
- [15] International Ergonomics Association, “Definition and Domains Ergonomics.” <https://www.iea.cc/whats/index.html>, 2019.

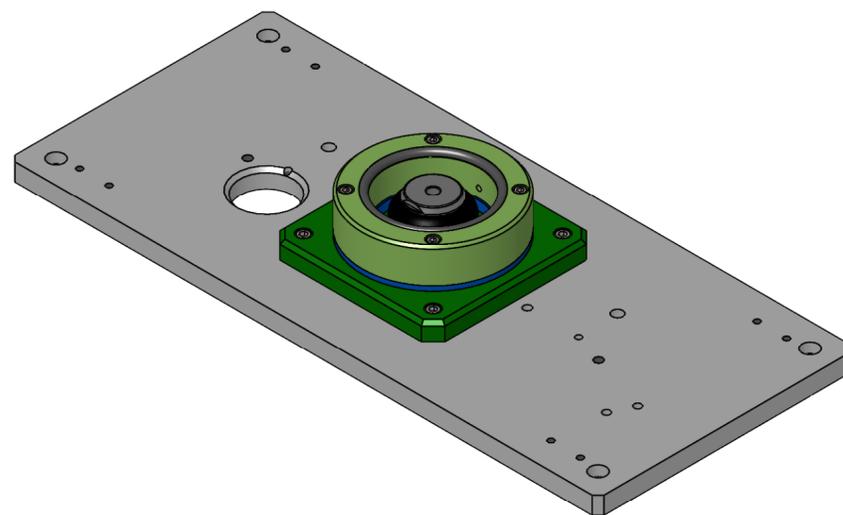
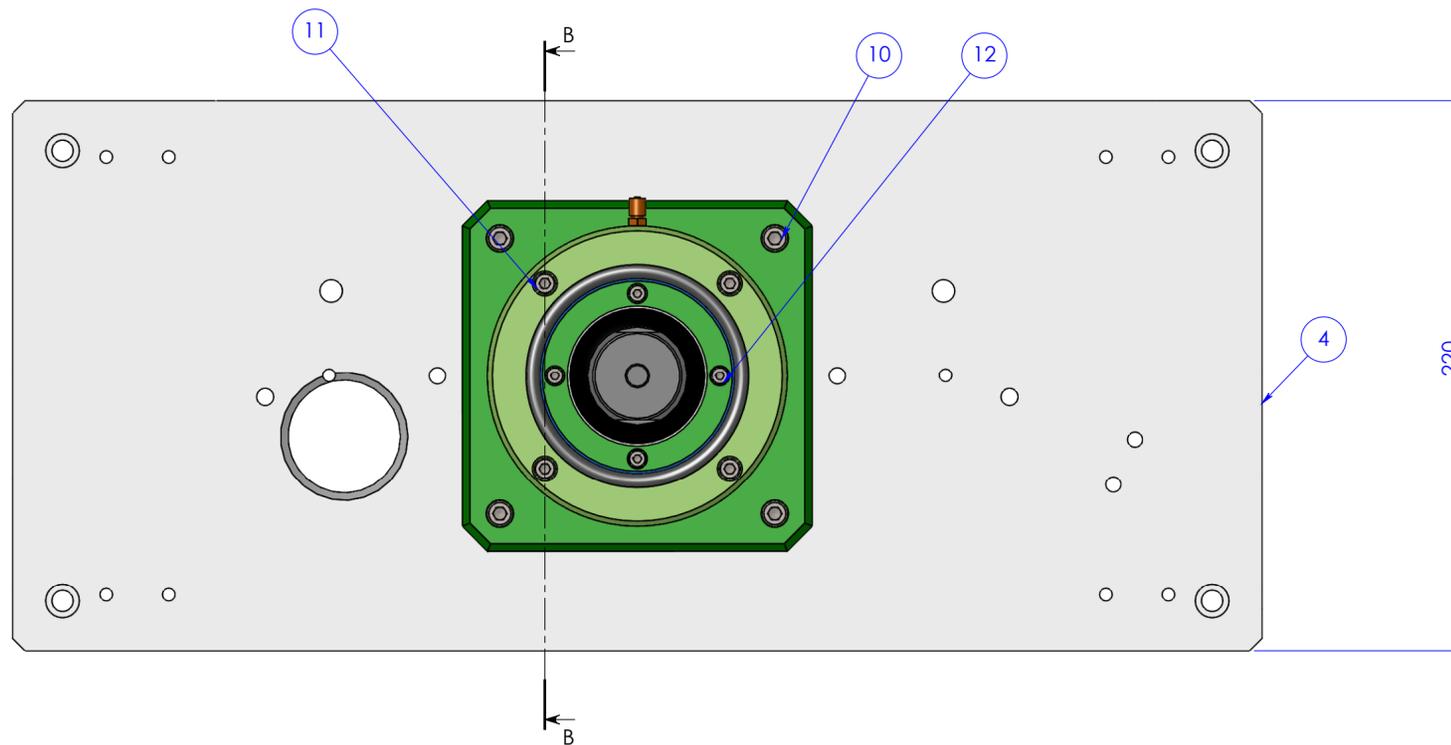
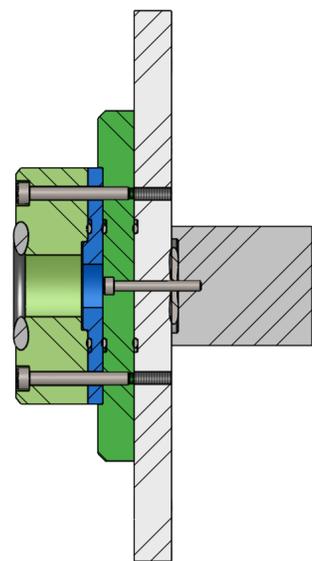
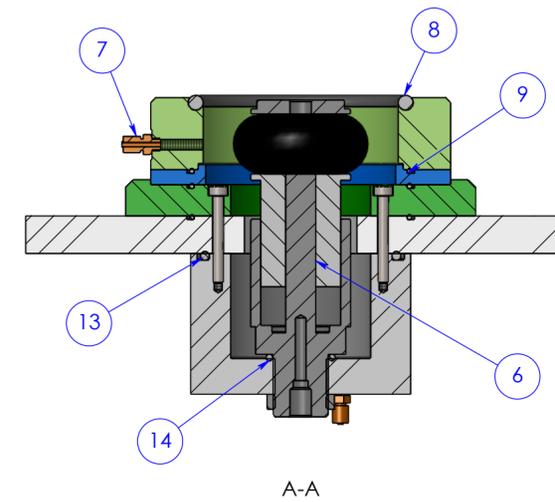
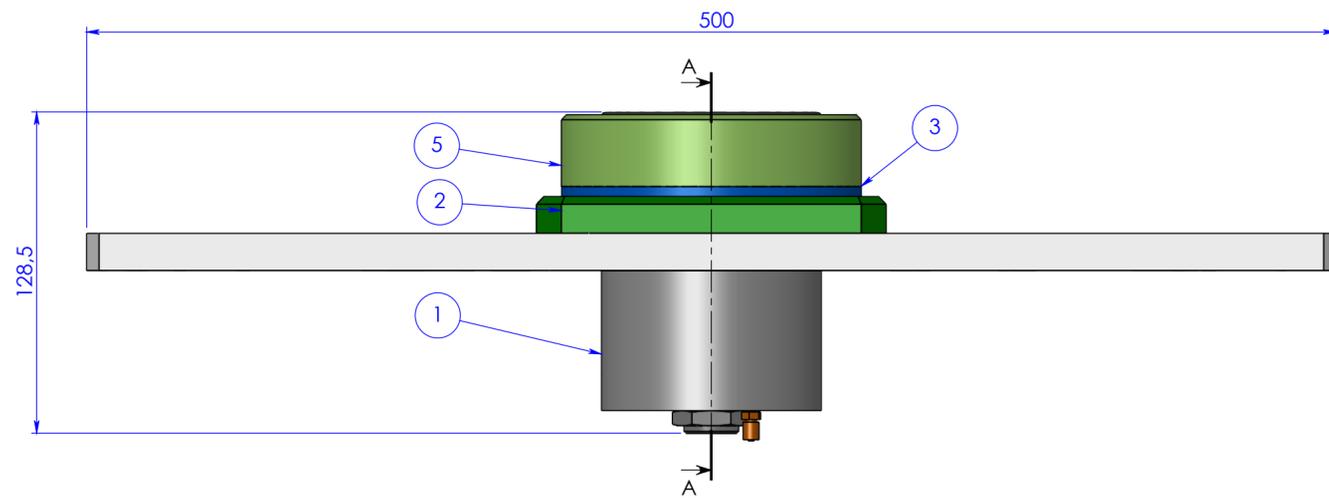
- [16] I. Iida and L. Buarque de Macedo Guimarães, “Ergonomia: projeto e produção,” pp. 1–20, São Paulo: Edgar Blücher Ltda, 3^a ed., 2016.
- [17] CICCOPN, “Segurança, Higiene e Saúde do Trabalho da Construção Civil,” tech. rep., 2005.
- [18] M. Makhsous, F. Lin, J. Bankard, R. W. Hendrix, M. Hepler, and J. Press, “Biomechanical effects of sitting with adjustable ischial and lumbar support on occupational low back pain: Evaluation of sitting load and back muscle activity,” *BMC Musculoskeletal Disorders*, vol. 10, pp. 1–11, 2009.
- [19] FESTO, “Bellows grippers DHEB,” 2017.
- [20] EPIDOR, “Estanqueidad.” <https://epidor.com/wp-content/uploads/2017/09/770136-Estanqueidad.pdf>, 2019.
- [21] T. S. Solutions, “O-Rings and Back-up Rings,” 2016.
- [22] B. Rexroth, “Linear Motion Technologies,” 2018.
- [23] B. Rexroth, “Electromechanical Cylinder EMC,” 2015.
- [24] NB, “Slide Guide,” 2018.
- [25] Euchner, “Trip Rails/Trip Dogs.” https://www.euchner-usa.com/pdf_new/TripDog%20TripRail.pdf.
- [26] Telemecanique, “Limit switches OsiSense XC Standard Limit switches OsiSense XC Standard,” vol. 9, no. 1, 2017.
- [27] Perma, “Catálogo da Perma,” 2015.
- [28] Fasten, “Componentes para mobiliário Y equipamentos industriais,” 2019.
- [29] Euchner, “MGB-L1HE-ARA-R-105784.” <https://www.euchner.de/pt-br/produtos/multifunctional-gate-box-mgb/multifunctional-gate-box-mgb-ar/mgb-l1he-ara-r-105784/>, 2019.
- [30] Sick, “Cortinas de luz de segurança deTec / deTec4 Core / Par.” <https://www.sick.com/br/pt/equipamentos-de-seguranca-optoeletronicos/cortinas-de-luz-de-seguranca/detec/c4c-sa03030a100002c-c4c-ea03030a10000/p/p308210>, 2019.
- [31] SMC, “ISO Cylinder Series CP95.” <https://content2.smcetech.com/pdf/cp95.pdf>.
- [32] CONTRINEX, “Sensor indutivo DW-AS-503-M12-120.” <https://www.contrinex.com/product/dw-as-503-m12-120/>, 2019.
- [33] SMC, “Auto Switch Guide,” 2019.
- [34] SMC, “Compact Cylinder.” <https://www.smc-pneumatics.com/pdfs/C55.pdf>, 2019.
- [35] B. Rexroth, “Ball rail systems,” 2019.

-
- [36] IFM, “Fotocélula em forqueta.” <https://www.ifm.com/pt/pt/product/OPU204>, 2019.
- [37] SMC, “ISO Cylinder,” 2019.
- [38] Renault SA, “Règles pour assurer l ’ aide à la conduite et au diagnostic des Installations en Mécanique,” pp. 1–9, 2014.

Apêndice A

Documentação técnica do primeiro caso de estudo

O presente apêndice inclui os desenhos técnicos elaborados.



14	O-ring DIN 3771 - 22.4x2.65				1
13	O-ring DIN 3771 - 73x3.55				1
12	DIN 912 M4 x 35 --- 20N				4
11	DIN 912 M5 x 40 --- 22N				4
10	DIN 912 M6 x 20 --- 20N				4
9	Oring 85x2	Oring 85x2 NBR70 . Ref. 345.456	Epidor		3
8	Oring 78x6	Oring 78x6 NBR70			1
7	M_5H_4				2
6	Garra tipo fole DHEB-41-E-D-E-L	FESTO DHEB-41-E-D-E-L			1
5	Anel gabarito				1
4	Placa Base				1
3	Base gabarito				1
2	Base primária				1
1	Capsula				1
Item	Peça	Desenho	Referência	Fabricante	QTY.

Designação: Conjunto Vedante inferior

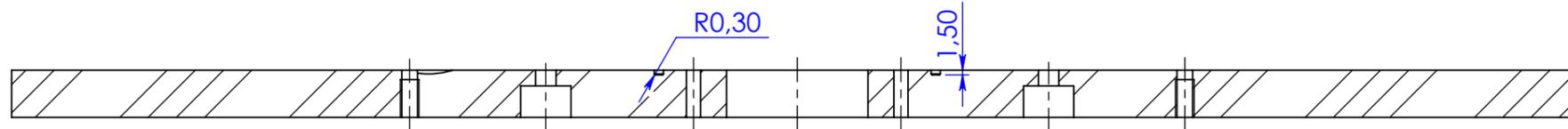
	Quebra arestas		Data	Rubrica	
	0.5 x 45°		Desenhou	28/02/2019	
	Rugosidade Geral		Verificou		
	ISO 2768 - mK	3.2	Exec.		

Formato: A2	Nº Interno:	<input type="text"/>	Quant.
			1
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.	Material:		Escala
	Tratamento:		
Última actualização /impressão	Acabamento:		1/1

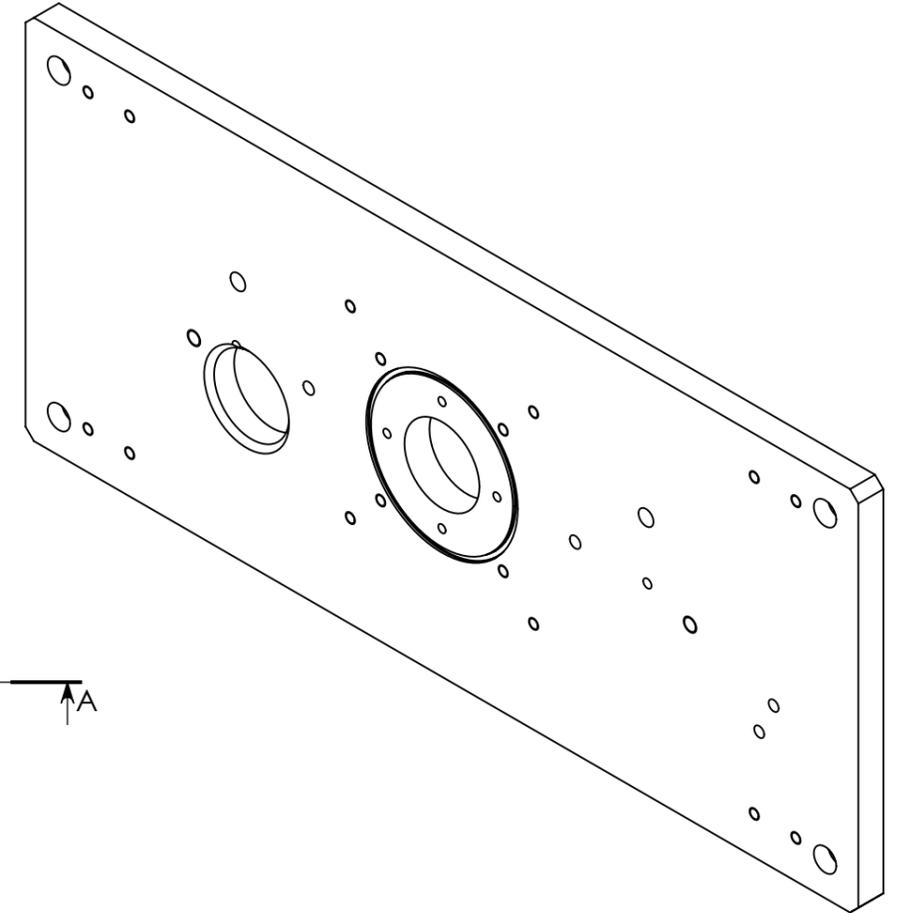
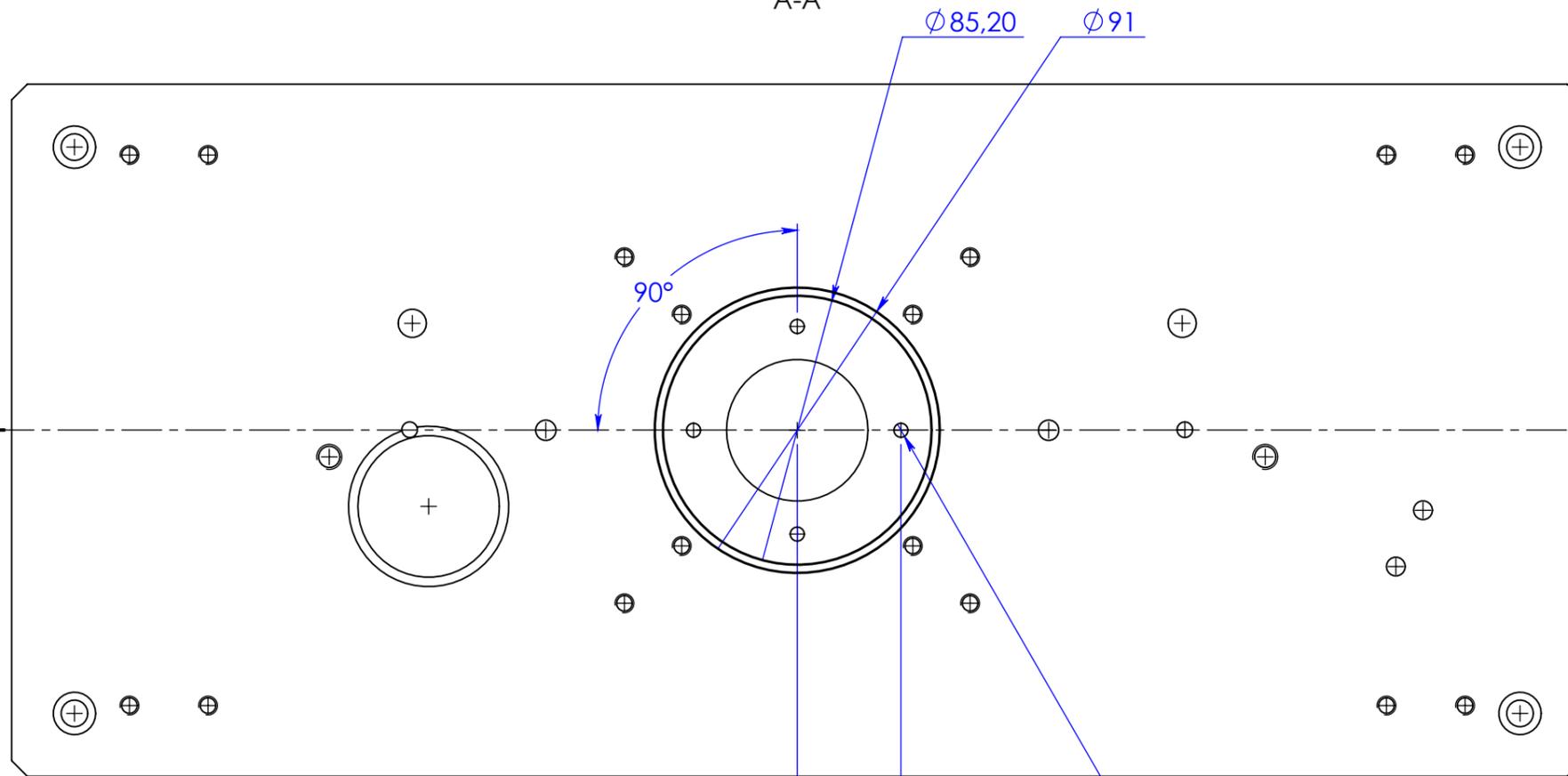


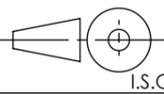
Atena Automação Industrial, Lda
Zona Industrial da Palhaça lote 11
3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro
T. +351 234 757 010
F. +351 234 756 106
atena@atena-ai.pt
www.atena-ai.pt

Tabela de Revisões				
Rev.	Desenhou	Descrição	Data	Aprovado
A	Lisandro Ferreira	Modificações diversas	04/03/2019	



A-A

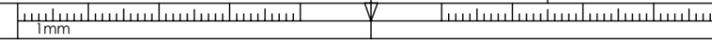


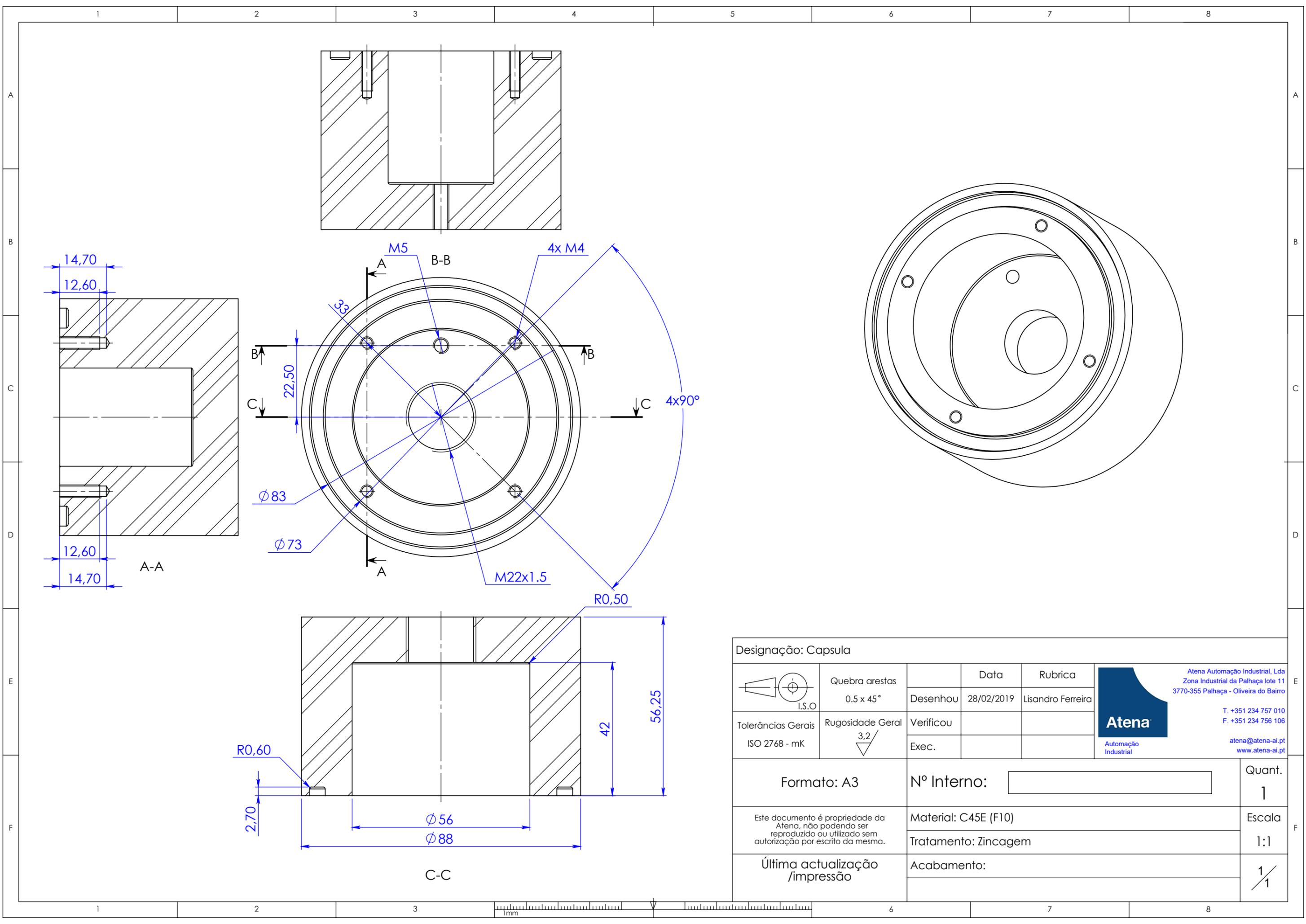
Designação: Placa Base				
 I.S.O.	Quebra arestas		Data	Rubrica
	0,5 x 45°	Desenhou	28/02/2019	Lisandro Ferreira
Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral	Verificou		
	3,2	Exec.		
Formato: A3		Nº Interno: <input type="text"/>		Quant. 1
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.		Material: C45E (F10)		Escala 1:2
		Tratamento: Zincagem		
Última actualização /impressão		Acabamento:		1/1

Atena Automação Industrial, Lda
Zona Industrial da Palhaça lote 11
3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro

T. +351 234 757 010
F. +351 234 756 106

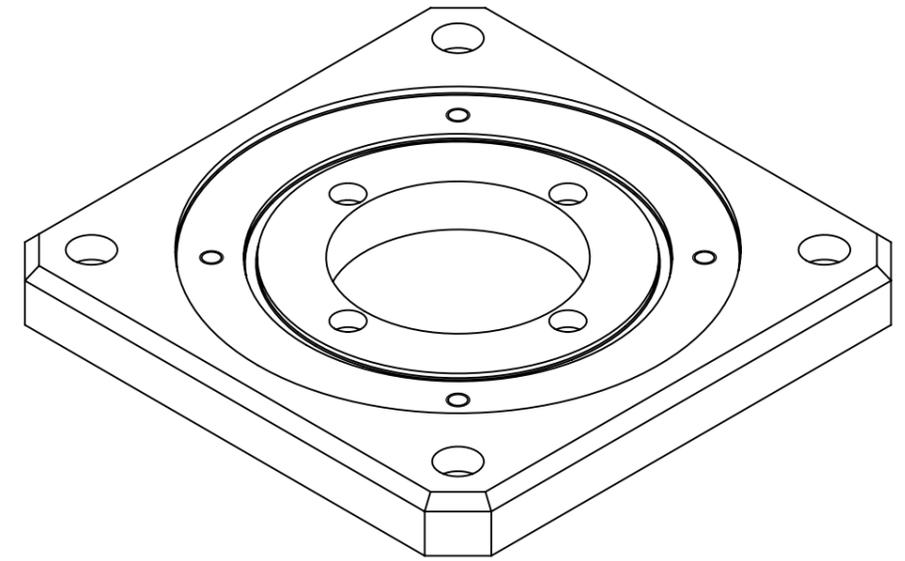
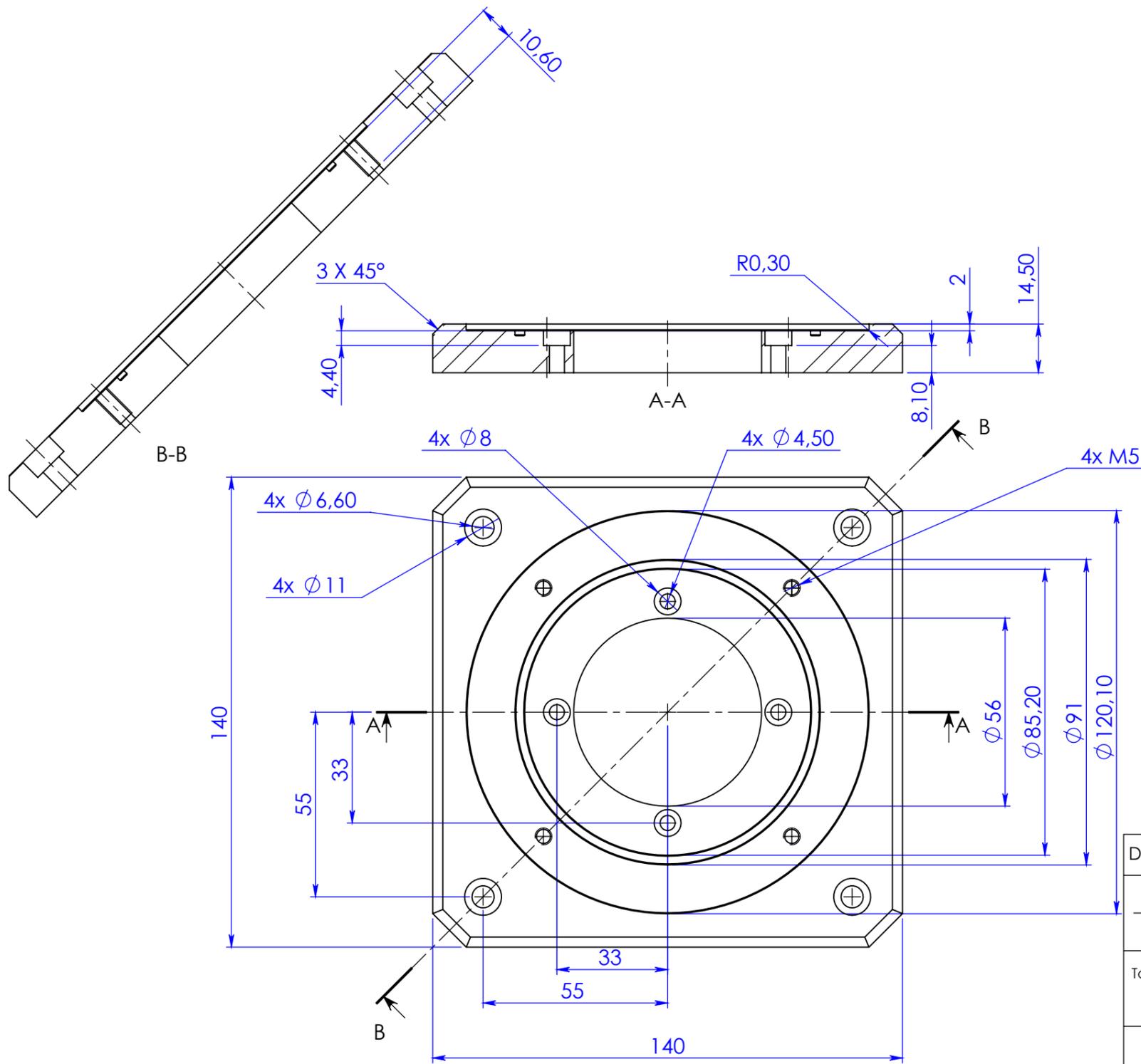
atena@atena-ai.pt
www.atena-ai.pt



Designação: Capsula				
 I.S.O.	Quebra arestas		Data	Rubrica
	0,5 x 45°		28/02/2019	Lisandro Ferreira
Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral 3,2	Verificou		
		Exec.		
 Atena Automação Industrial		Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106 atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt		
Formato: A3	Nº Interno:	<input type="text"/>		Quant. 1
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.	Material: C45E (F10)			Escala 1:1
	Tratamento: Zincagem			
Última actualização /impressão	Acabamento:			1/1





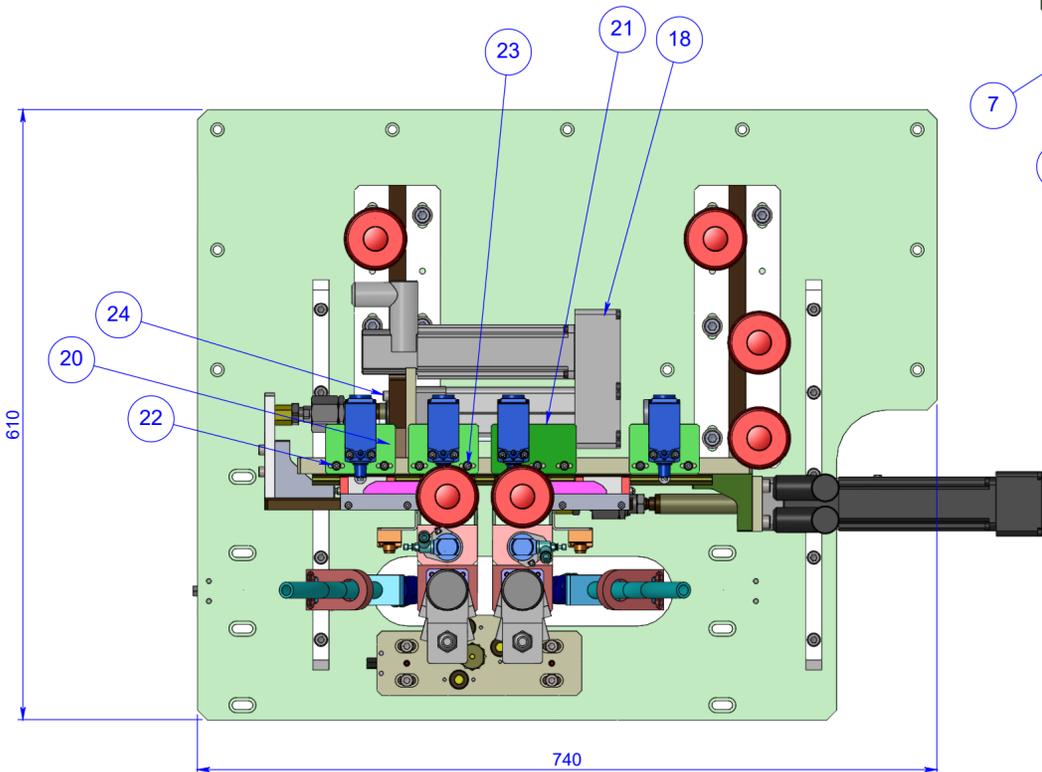
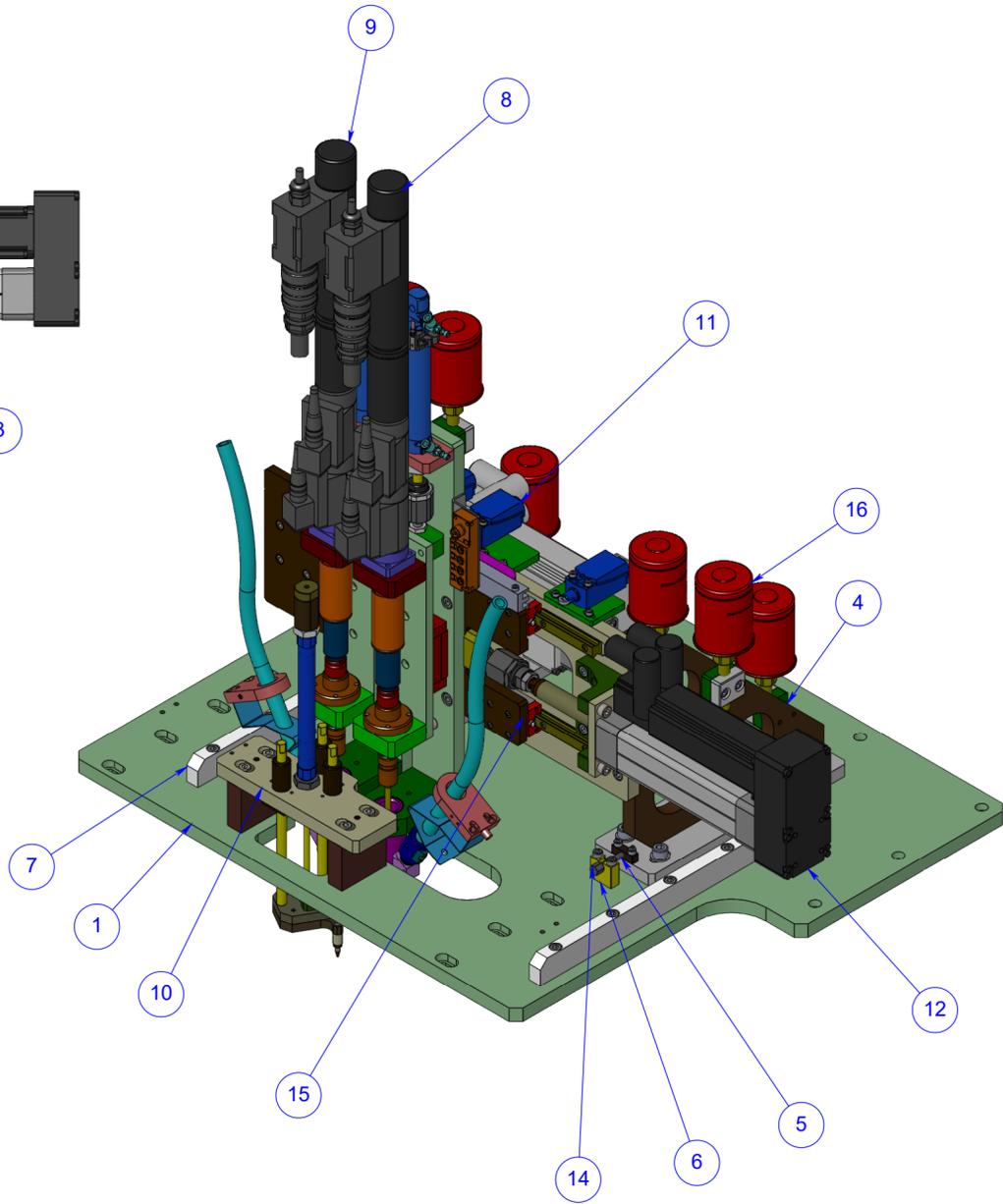
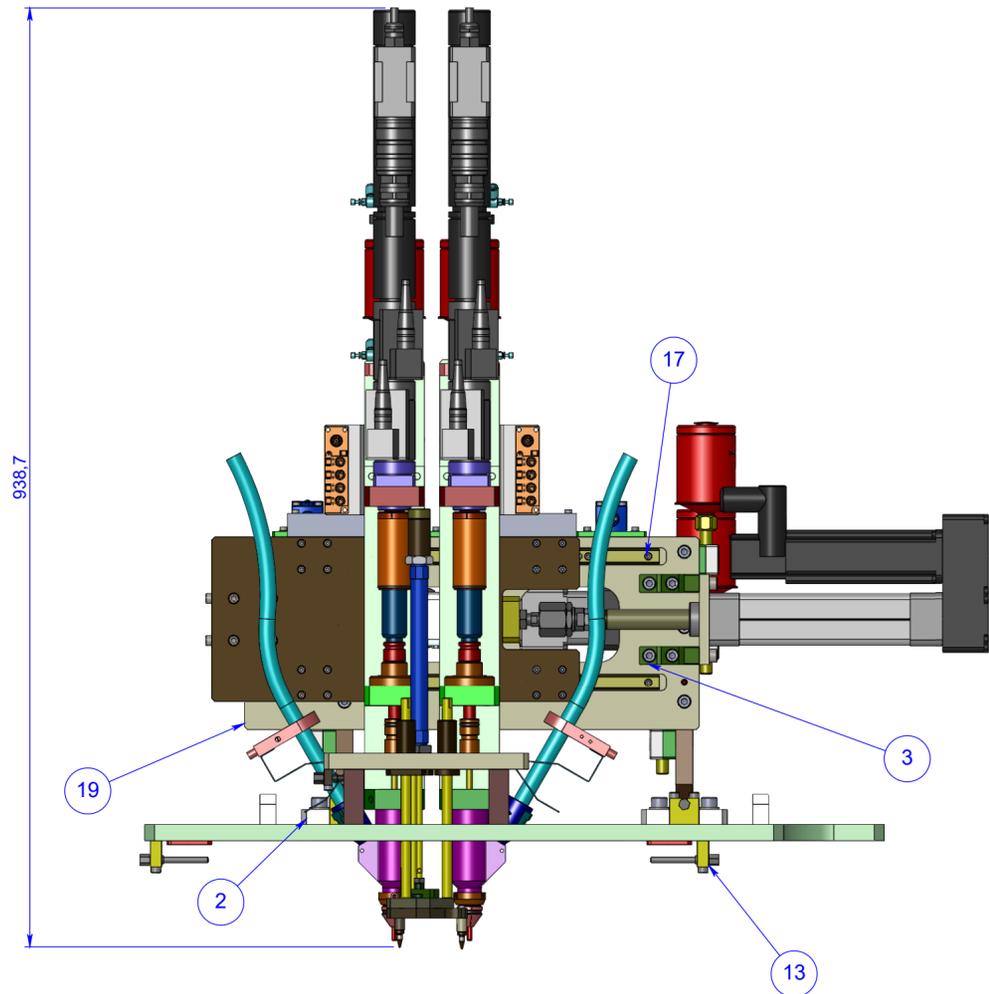
Designação: Base primária				Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro	
	Quebra arestas 0,5 x 45°	Desenhou	28/02/2019	Rubrica	Lisandro Ferreira
	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral 3,2	Verificou		
		Exec.			
Formato: A3		Nº Interno: <input type="text"/>			Quant. 1
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.		Material: 40CrMnMo7 (2311)			Escala 1:1.5
		Tratamento: Oxidação a Negro			
Última actualização /impressão		Acabamento:			1/1



Apêndice B

Documentação técnica do segundo caso de estudo

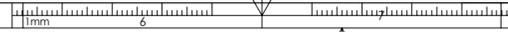
O presente apêndice inclui os desenhos de conjunto, os desenhos de definição e a nomenclatura.

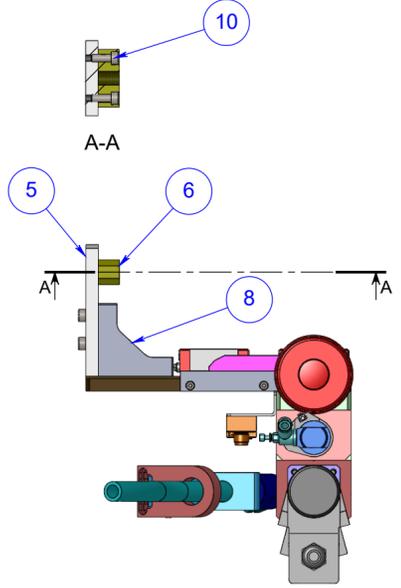
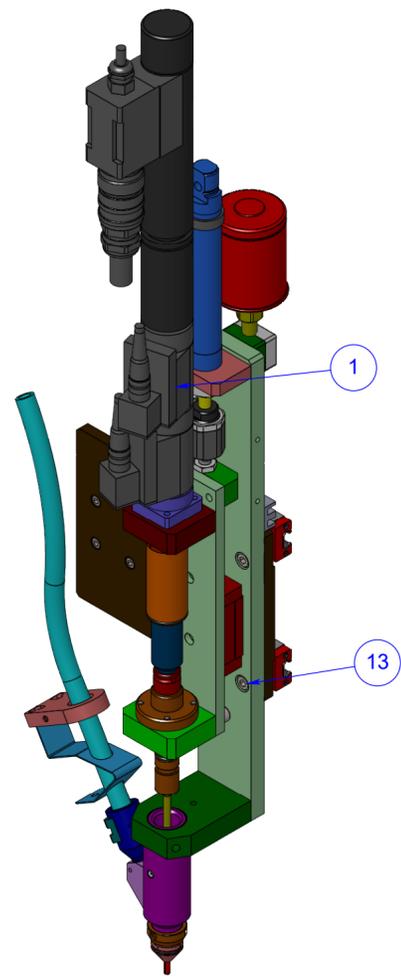
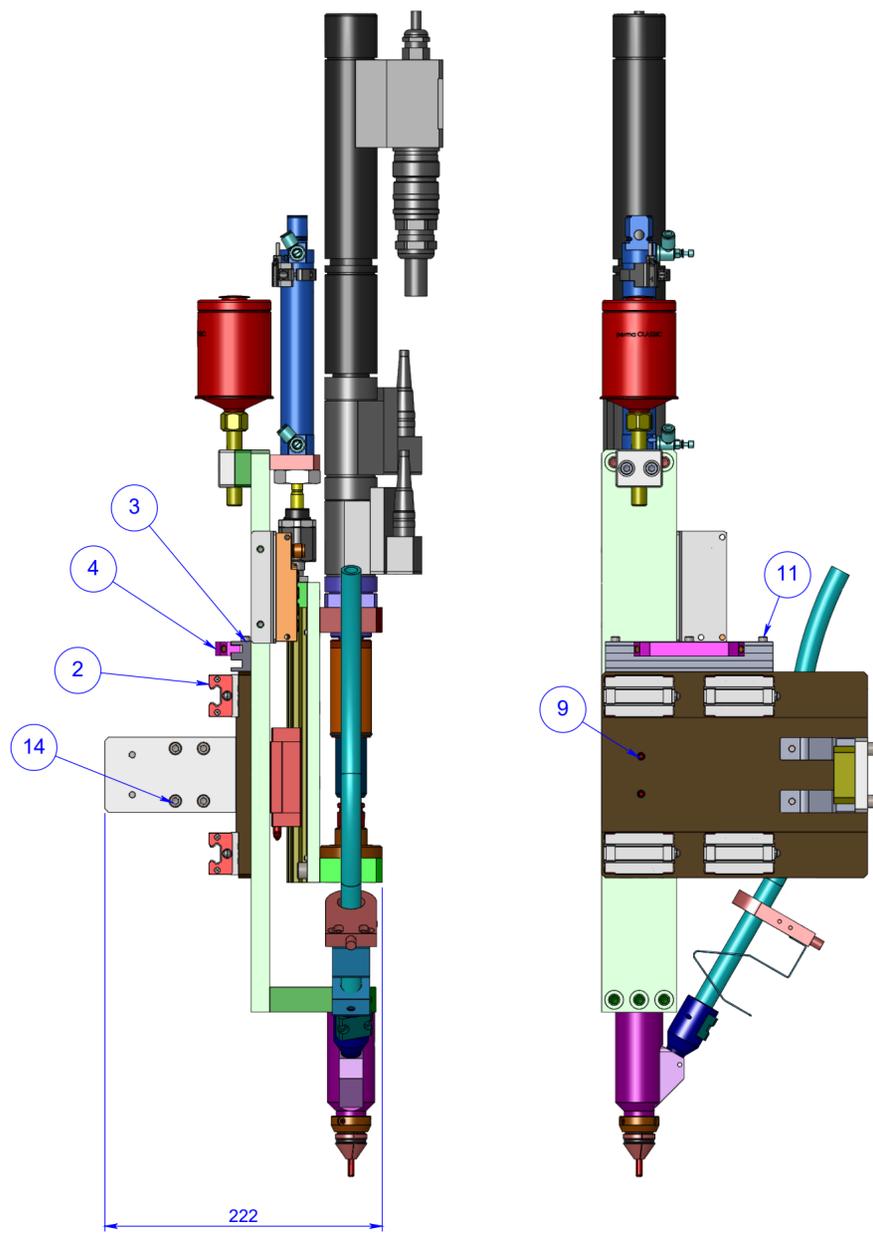
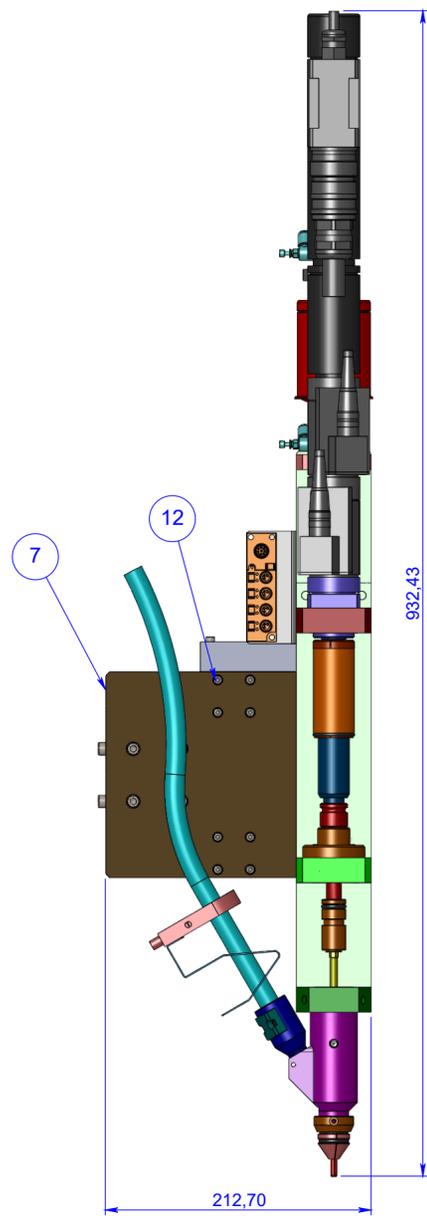


ITEM	Peça	Desenho	Referência	Fabricante	QTY.
1	Placa Sistema Aparafusadora Dupla				1
2	Placa Reforço Carro 2				2
3	Rib Suporte Actuador				2
4	Placa Reforço Carro XX				2
5	Suporte Afinador 2				2
6	Suporte Afinador 3				4
7	Reforço Placa				2
8	Carro Eixo XX Aparafusadora				1
9	Montagem Sistema Aparafusadora				1
10	Conjunto Indexação Tampa Hxx				1
11	Switch Posição Carro				4
12	Cilindro Electromecânico EMC 040		EMC 040	Bosch Rexroth	1
13	AJST6-45		AJST6-45	Misumi	2
14	AJST6-35		AJST6-35	Misumi	2
15	Rail SGL15		SGL15 - 400 (HTF)	NB	2
16	Conjunto Lubrificador			Perma	5
17	DIN 912 M4 x 20 --- 20N				14
18	EMC_040_NN_2_35_mm_01_01_01_00_000_000_0		EMC 040	Bosh Rexroth	1
19	Nova Placa Vertical Carro				1
20	Placa de reforço segundo o eixo xx				1
21	Switch Posição Carro2				1
22	Washer DIN 125 - M4				8
23	DIN 912 M4 x 12 --- 12N				8
24	DIN 912 M6 x 35 --- 35N				4

Designação: Montagem Sistema Aparafusadora Móvel

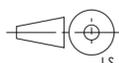
 I.S.O.	Quebra arestas		Data	Rubrica	 Atena Automação Industrial	Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106 atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt	
	0.5 x 45°	Desenhou	07/03/2019	Lisandro Ferreira			
	Tolerâncias Gerais	Rugosidade Geral	Verificou				
ISO 2768 - mK	3.2/	Exec.			Formato: A2	Nº Interno: <input type="text"/>	Quant. 2
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.		Material:				Escala 1:5	
Última actualização /impressão		Acabamento:				1/1	





ITEM	Peça	Desenho	Referência	Fabricante	QTY.
1	Aparafusadora Sopap_DGD		MATIT80CS40-100506	Tecnimodern Automation	1
2	Patim SGL15HTF		SGL15HTFB-Z	NB	4
3	Calha Fim Curso		UL2-12-134	Euchner	1
4	Came Segurança U1216-63		U1216-63	Euchner	1
5	Base para a junta flutuante				1
6	Suporte Junta Flutuante				1
7	Nova Placa Carro XX				1
8	Rib de suporte para o novo actuator				2
9	Cavilha ISO 8733-6x26				2
10	DIN 912 M6 x 16 --- 16N				2
11	DIN 912 M4 x 30 --- 30N				3
12	DIN 912 M4 x 10 --- 10N				16
13	DIN 912 M8 x 16 --- 16N				4
14	DIN 912 M6 x 20 --- 20N				8

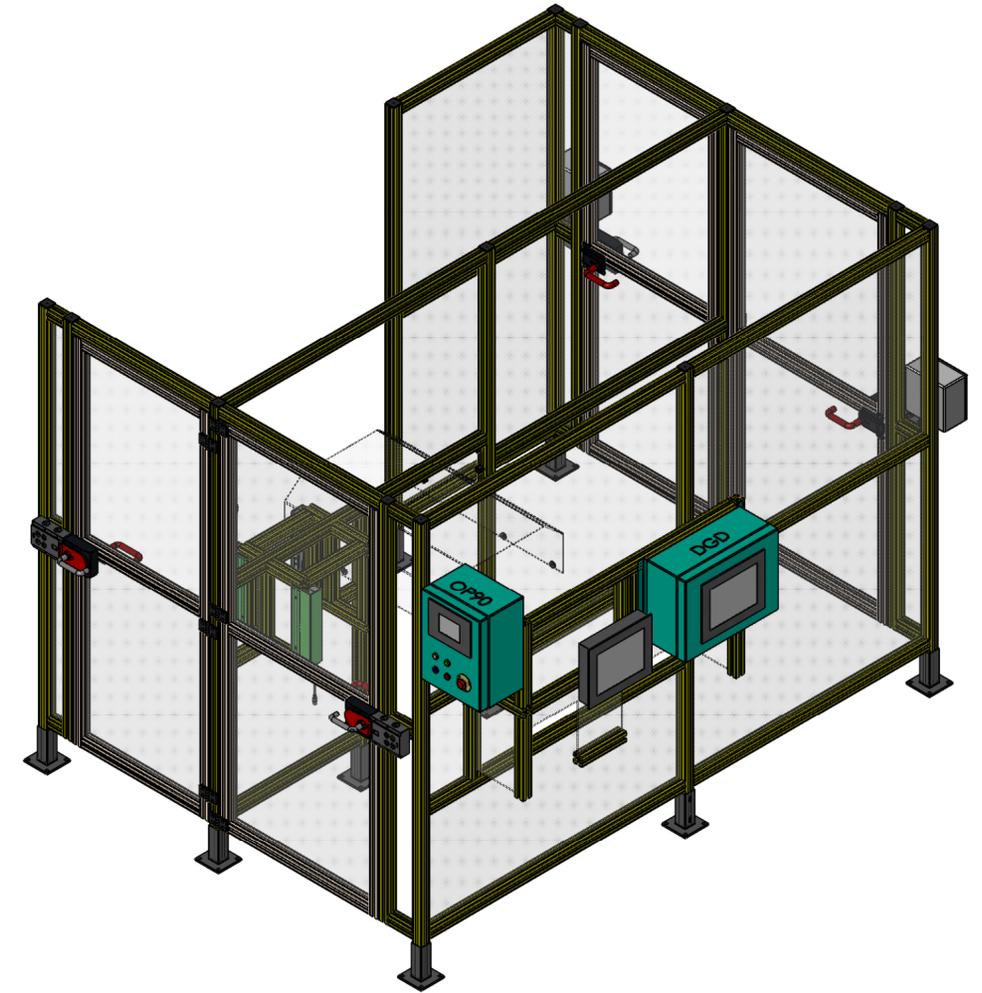
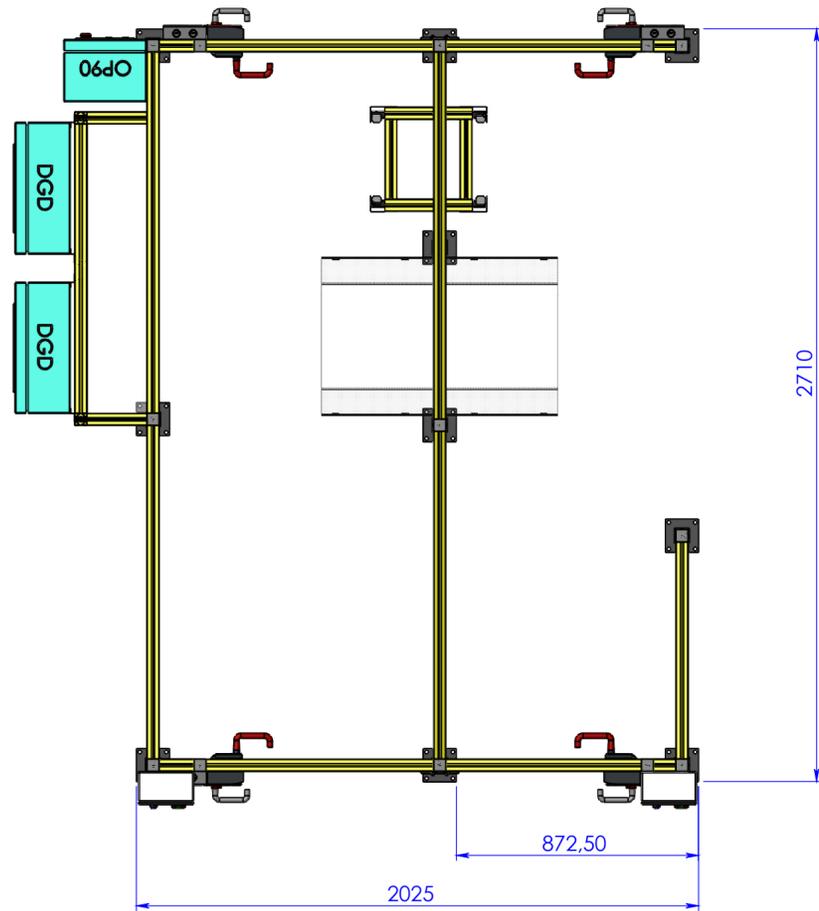
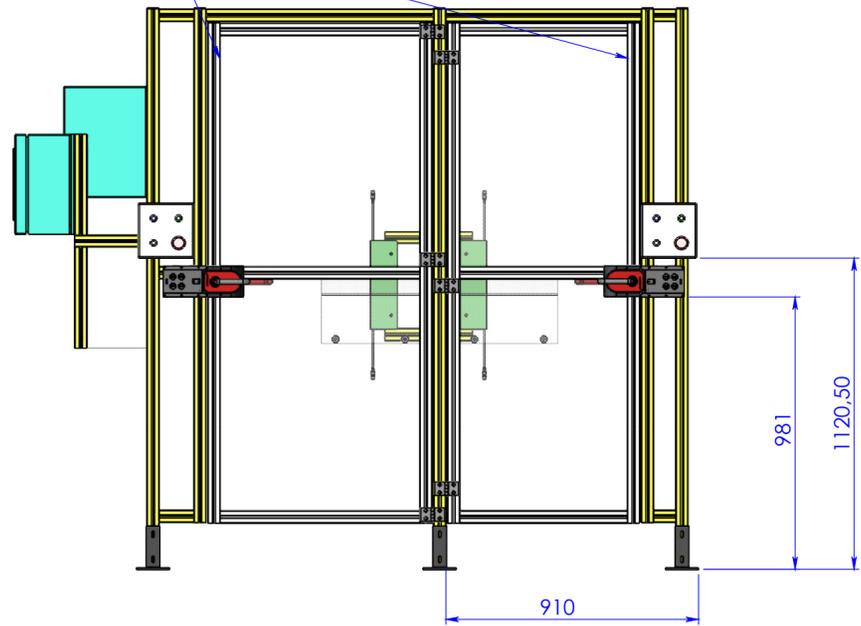
Designação: Montagem Sistema Aparafusadora

 Quebra arestas I.S.O 0.5 x 45°	Rugosidade Geral 3.2/	Data	Rubrica	 Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106 atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt
		Desenhou	07/03/2019	
Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK		Verificou		
		Exec.		

Formato: A2	Nº Interno: <input type="text"/>	Quant. 2
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.	Material:	Escala 1:4
	Tratamento:	
Última actualização /impressão	Acabamento:	1/1



Portas de acesso aos robôs

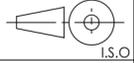


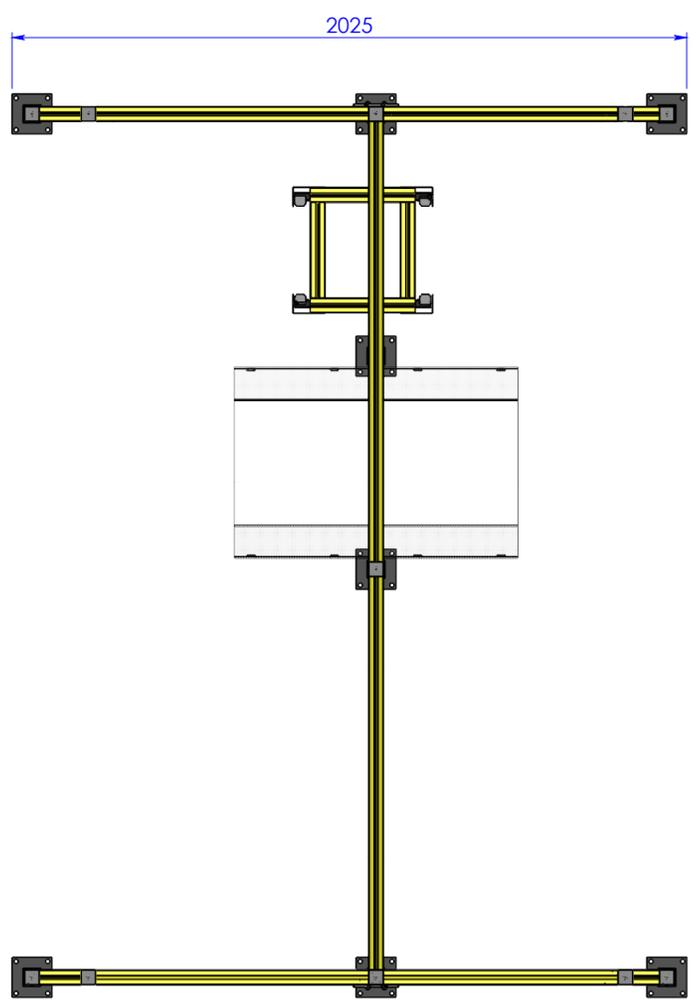
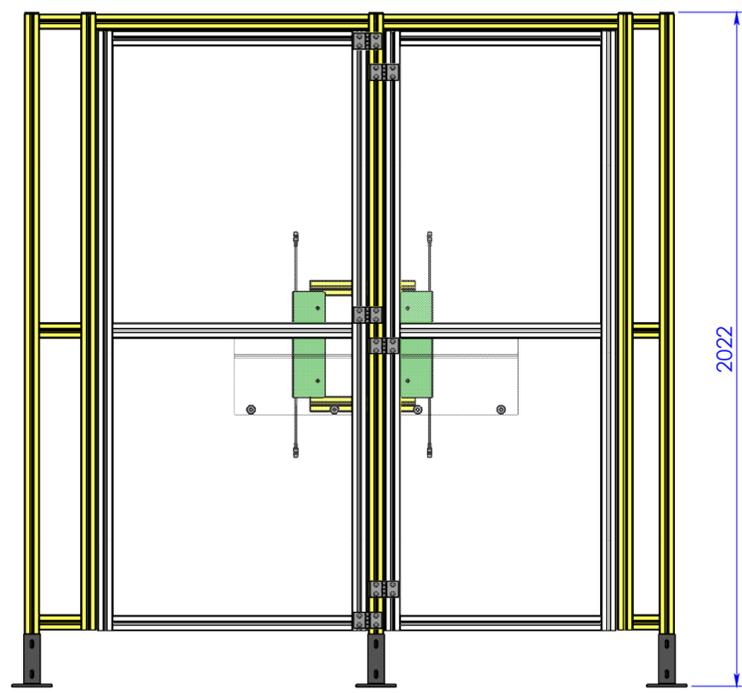
Nota: Layout geral das proteções.
Na segunda página encontram-se as proteções que vão ser acrescentadas.

Notas:

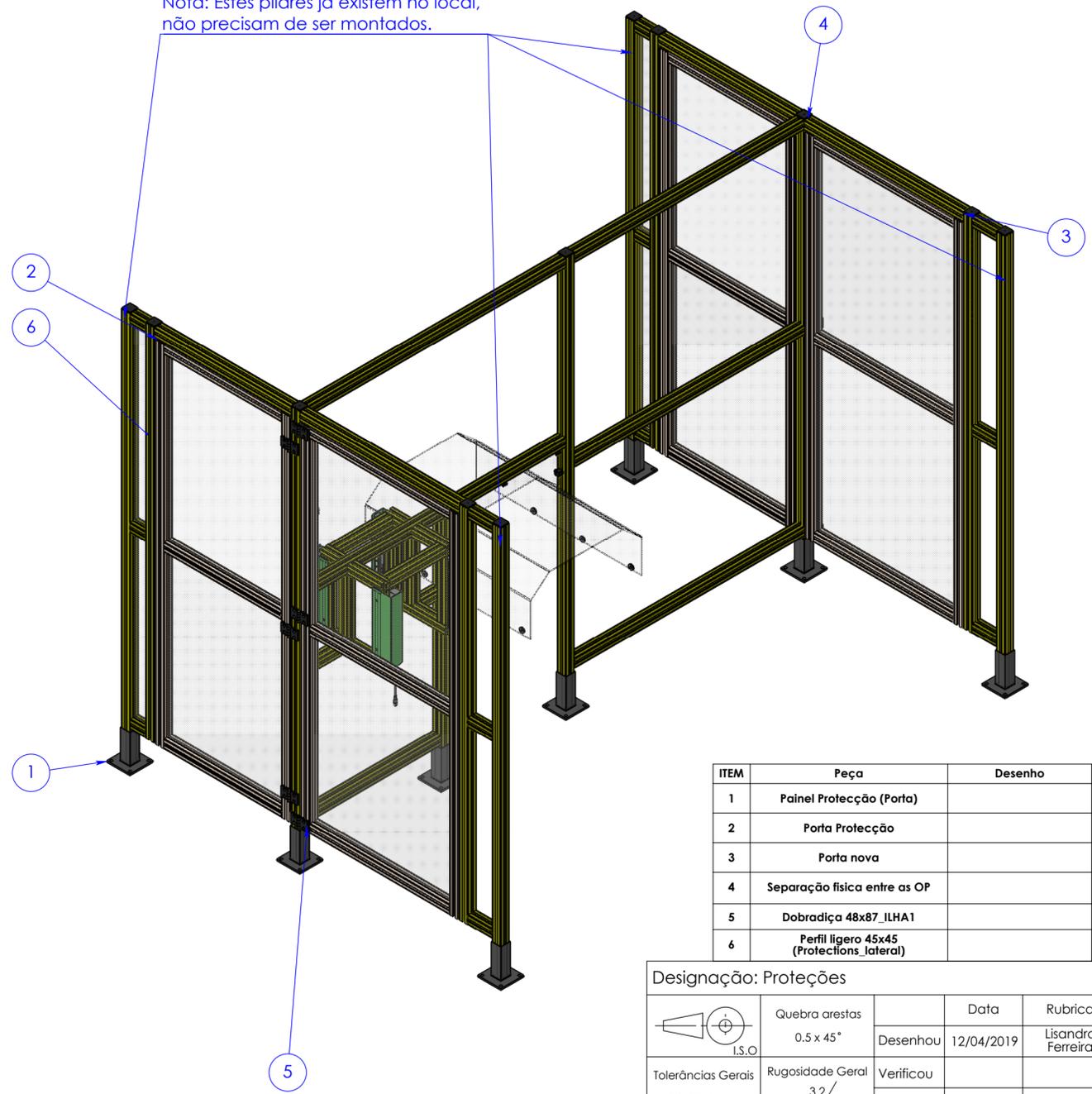
- Colocação de quatro portas novas;
- Colocação de quatro fechos Euchner;
- Colocação de duas caixas de quatro comandos nas portas que dão acesso aos robôs;
- Colocação de painéis de policarbonato;
- Colocação de uma separação física entre OPs.

Designação: Proteções

 I.S.O.	Quebra arestas		Data	Rubrica	 Atena Automação Industrial	Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106 atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt	
	0.5 x 45°		12/04/2019	Lisandro Ferreira			
Tolerâncias Gerais	Rugosidade Geral	Verificou			Formato: A2	N° Interno: <input type="text"/>	Quant. 1
ISO 2768 - mK	3.2/√	Exec.					
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.		Material:		Escala		1:18	
Última actualização /impressão		Acabamento:		1/2			



Nota: Estes pilares já existem no local, não precisam de ser montados.



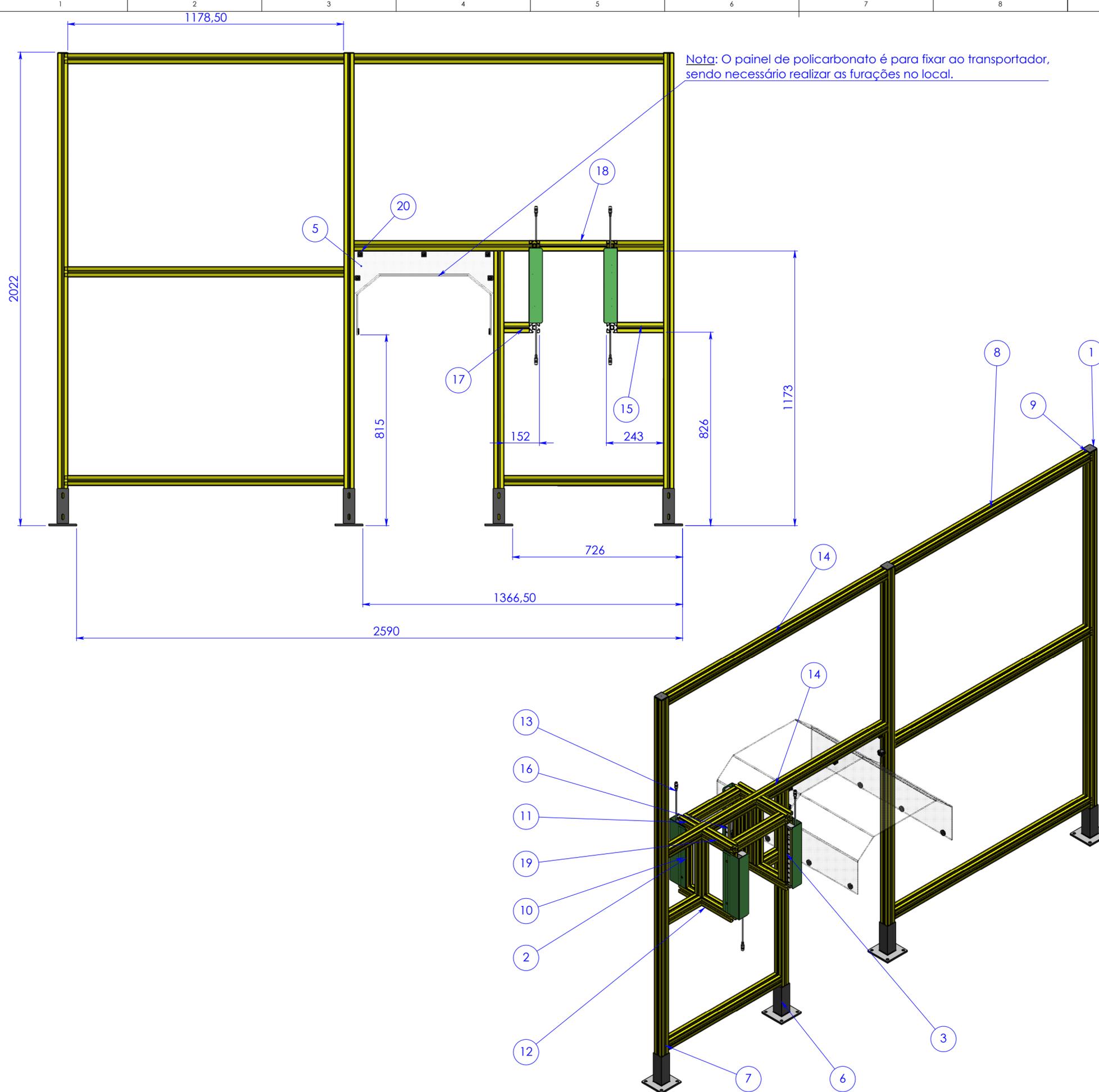
ITEM	Peça	Desenho	Referência	Fabricante	Novas proteções/QTY.
1	Painel Protecção (Porta)				2
2	Porta Protecção				2
3	Porta nova				2
4	Separação física entre as OP				1
5	Dobradiça 48x87_ILHA1		56011	Fasten	12
6	Perfil ligero 45x45 (Proteções_lateral)		5001 L=1848	FASTEN	1

Designação: Proteções

 I.S.O.	Quebra arestas		Data	Rubrica	 Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106 atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt
	0.5 x 45°		Desenhou	Lisandro Ferreira	
Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral 3.2		Verificou		
			Exec.		

Formato: A2	Nº Interno: <input type="text"/>	Quant.
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.	Material:	1
	Tratamento:	Escala
	Acabamento:	1:15
Última actualização /impressão		2/2



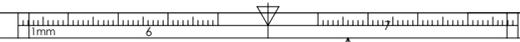


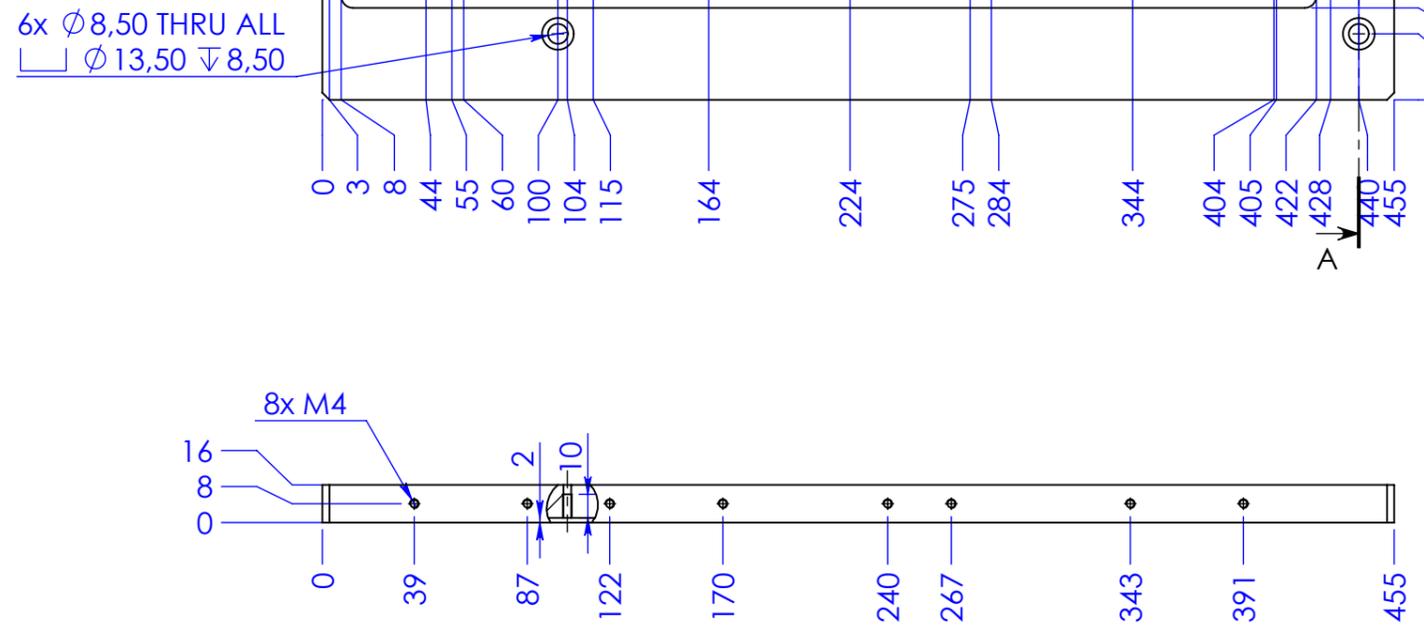
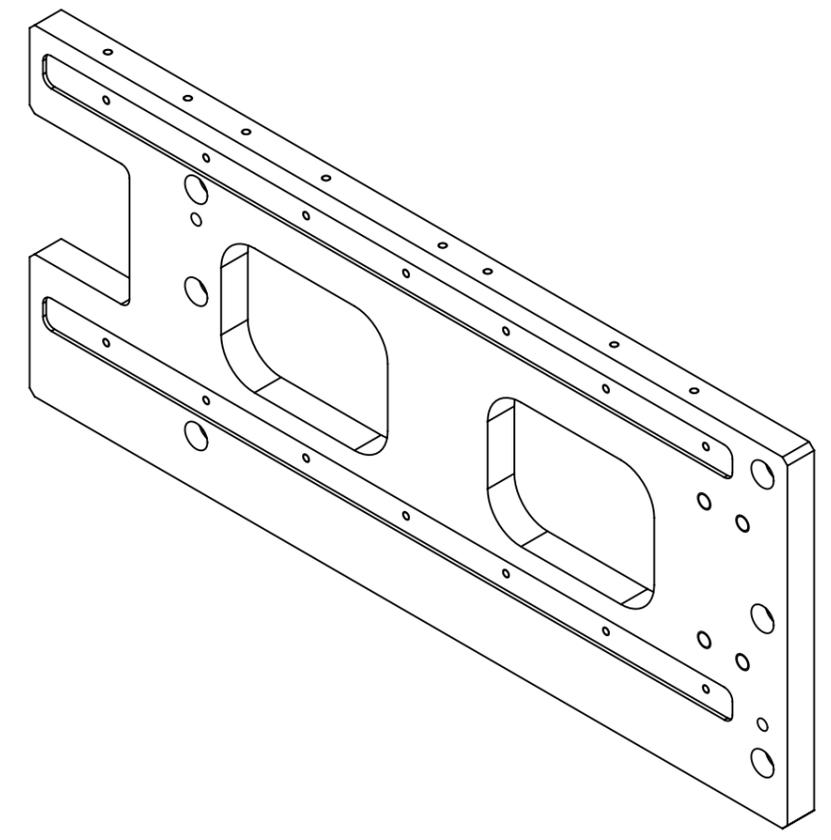
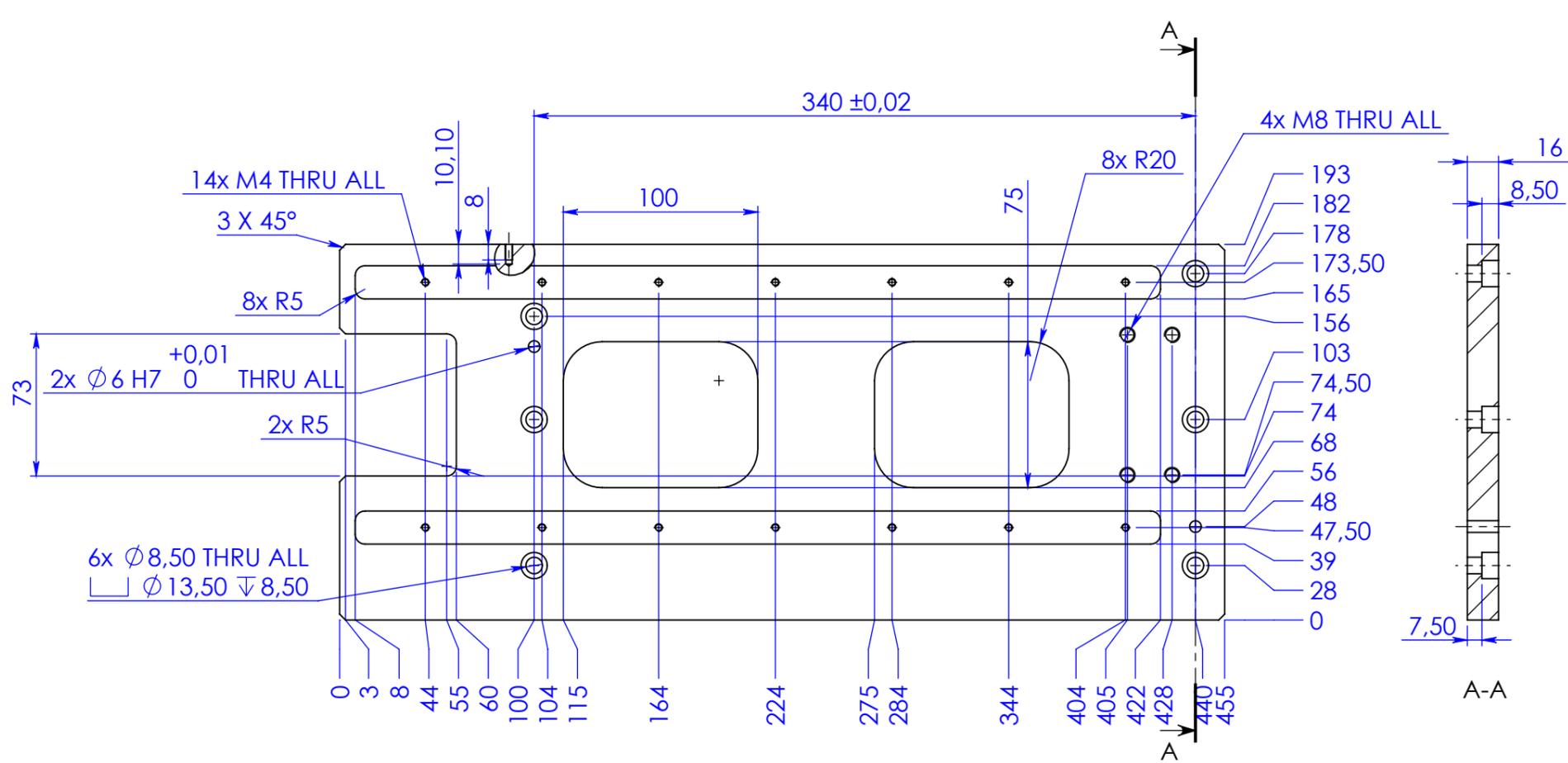
Nota: O painel de policarbonato é para fixar ao transportador, sendo necessário realizar as furações no local.

ITEM	Peça	Desenho	Referência	Fabricante	QTY.
1	Pilar Protecção				3
2	Protecção das barreiras				4
3	Tunel em policarbonato				1
4	Anilha batente				8
5	Painel de policarbonato				1
6	Pilar Protecção				1
7	Perfil Ligeiro 45x45 Lado da aparafusadora		5001 L=681	FASTEN	1
8	Perfil Ligeiro 45x45 Protecções		5001 L=1193,50	FASTEN	3
9	Tapeta 45x45		5501	Fasten	2
10	Perfil ligeiro 45x45 (Protections)		5001 L=304	FASTEN	6
11	Perfil ligeiro 45x45 (Protections)		5001 L=95	FASTEN	2
12	Perfil ligeiro 45x45 (Protections)		5001 L=315	FASTEN	2
13	C4C-EA0303XX10000				2
14	Perfil Ligeiro 45x45 lado das aparafusadoras		5001 L=1322	FASTEN	2
15	Perfil ligeiro 45x45 (Protections)		5001 L=198	FASTEN	1
16	C4C-SA0303XX10000				2
17	Perfil ligeiro 45x45 (Protections)		5001 L=107	FASTEN	1
18	Perfil ligeiro 45x45 (Protections)		5001 L=286	FASTEN	2
19	Perfil ligeiro 45x45 (Protections)		5001 L=175	FASTEN	2
20	Bloque de fijación de paneles		5513	Fasten	5
21	Washer ISO 7089 - 6				5
22	ISO 7380 - M6 x 25 - 25N				5

Designação: Separação física entre as OP

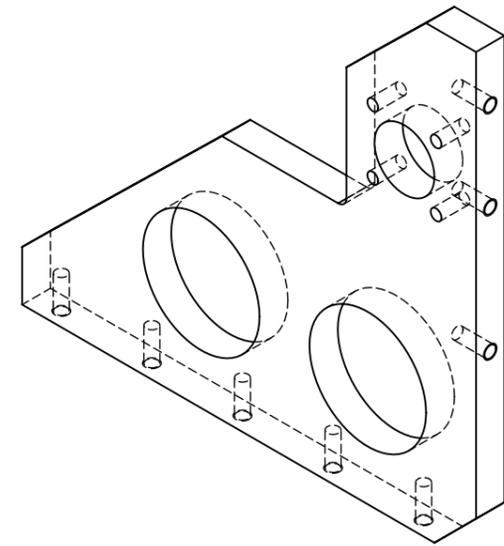
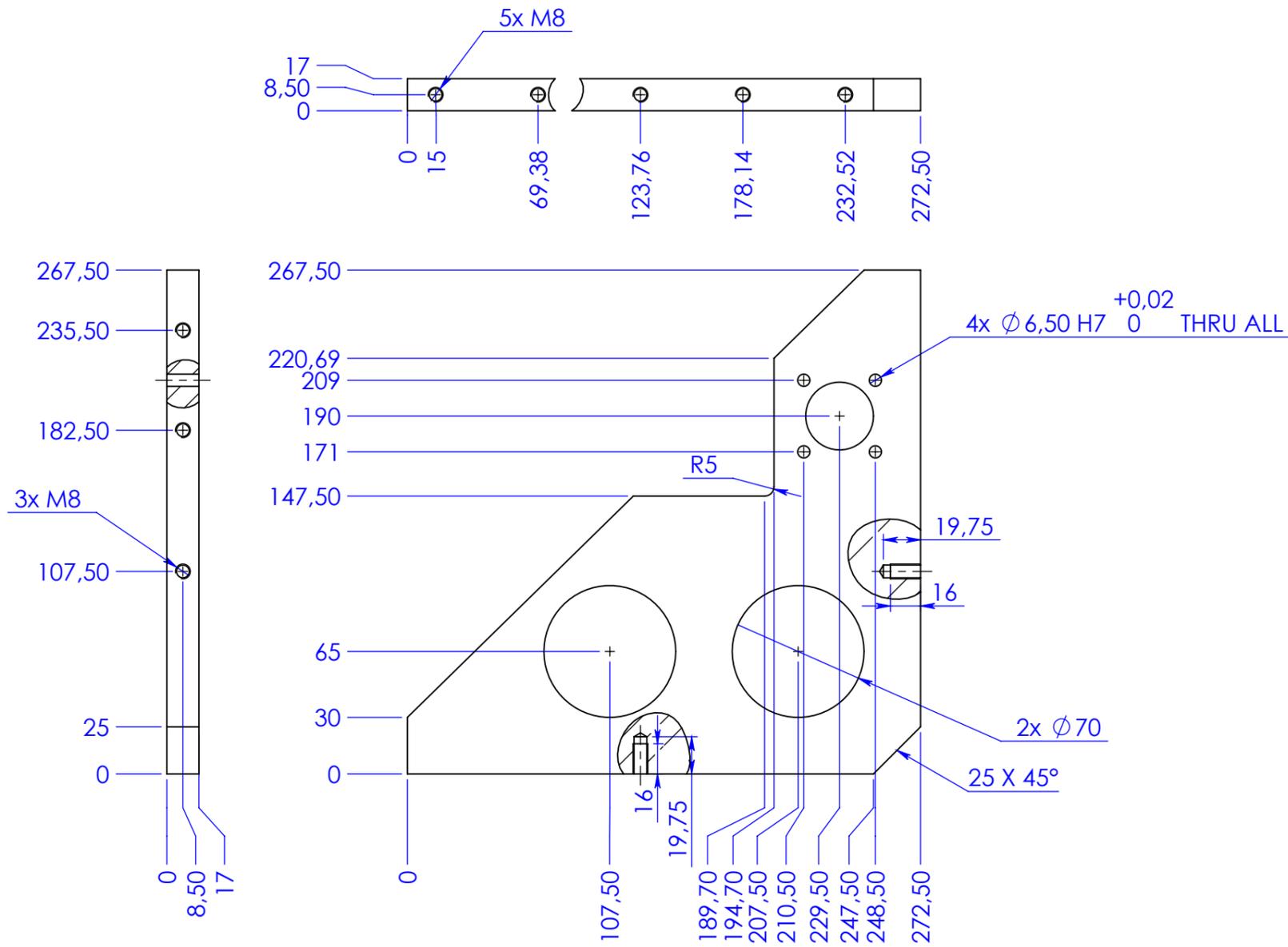
	Quebra arestas		Data	Rubrica	
	0.5 x 45°		Desenhou 12/04/2019	Lisandro Ferreira	
Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral 3.2	Verificou			Atena Automação Industrial <small>T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106 atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt</small>
		Exec.			
Formato: A2	Nº Interno:	<input type="text"/>	Quant.	1	
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.	Material:		Escala	1:12	
	Última actualização /impressão	Acabamento:		1/1	

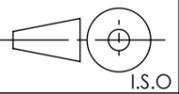




Designação: Nova Placa Vertical Carro				Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro	
 Quebra arestas 0,5 x 45°	 Rugosidade Geral 3,2	Desenhou	06/03/2019	Rubrica	Lisandro Ferreira
		Verificou			
Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK		Exec.			
Formato: A3	Nº Interno: <input type="text"/>				Quant. 2
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.	Material: St 52 - 1.0577 (S355J2G4)				Escala 1:3
	Tratamento: Zincagem				
Última actualização /impressão	Acabamento:				1/1





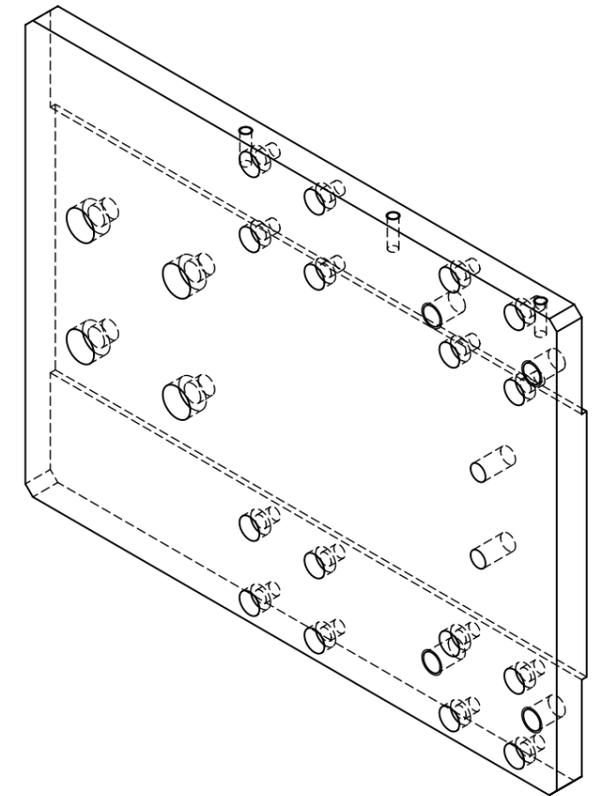
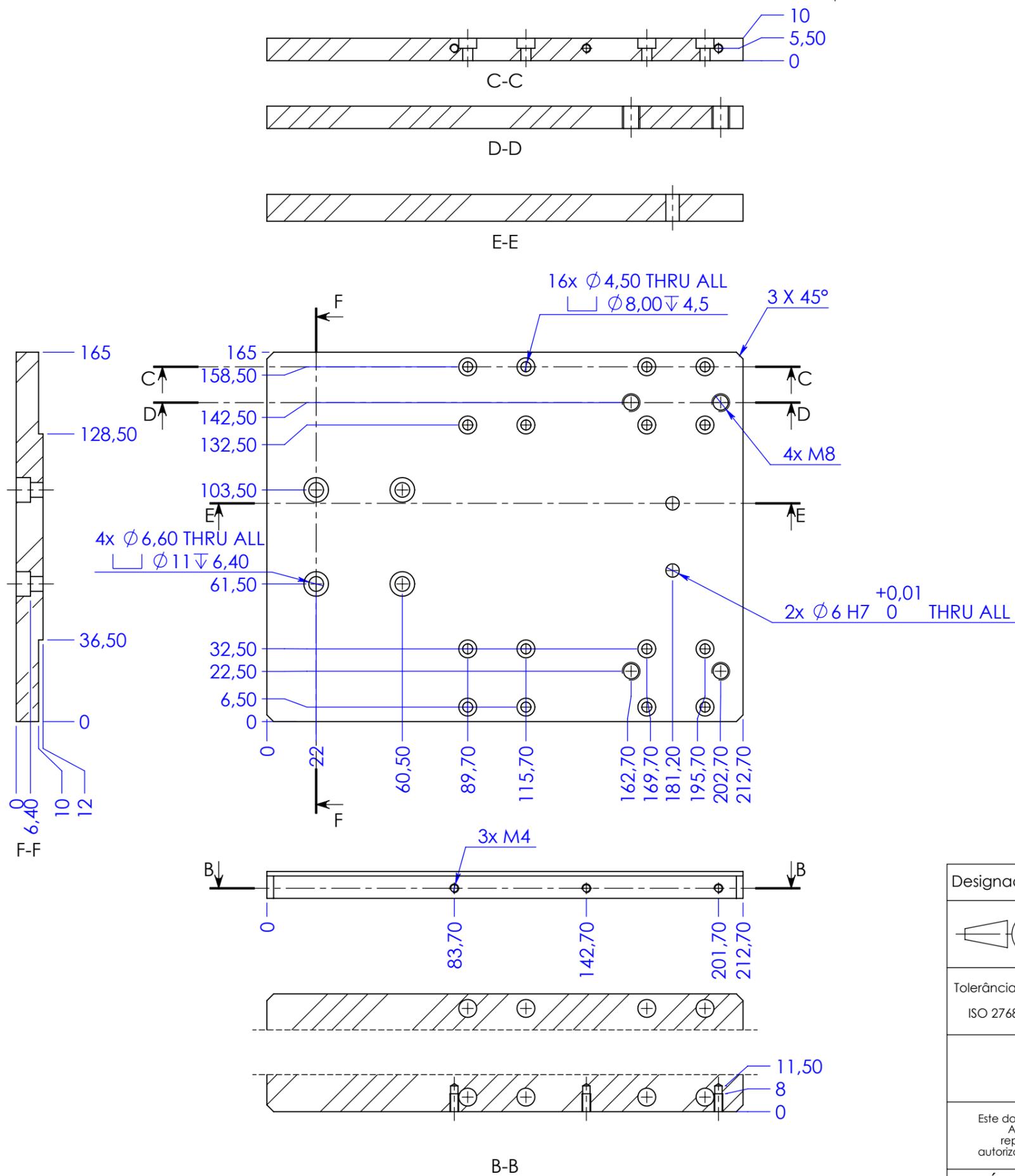
Designação: Placa de reforço segundo o eixo xx				
 I.S.O.	Quebra arestas 0,5 x 45°	Desenhou	Data	Rubrica
		Verificou	06/03/2019	Lisandro Ferreira
Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral 3,2	Exec.		
Formato: A3		N° Interno: <input type="text"/>		Quant. 2
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.		Material: St 52 - 1.0577 (S355J2G4)		Escala 1:3
		Tratamento: Zincagem		
Última actualização /impressão		Acabamento:		1/1
		(Empty field for finishing)		

Atena Automação Industrial, Lda
Zona Industrial da Palhaça lote 11
3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro

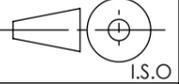
Atena
Automação Industrial

T. +351 234 757 010
F. +351 234 756 106
atena@atena-ai.pt
www.atena-ai.pt

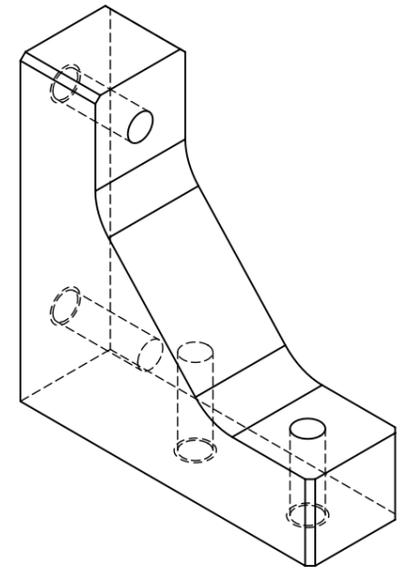
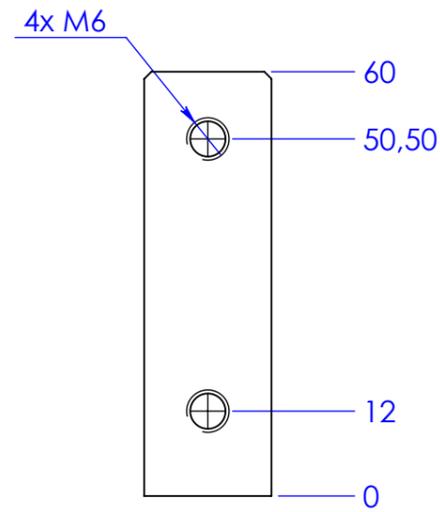
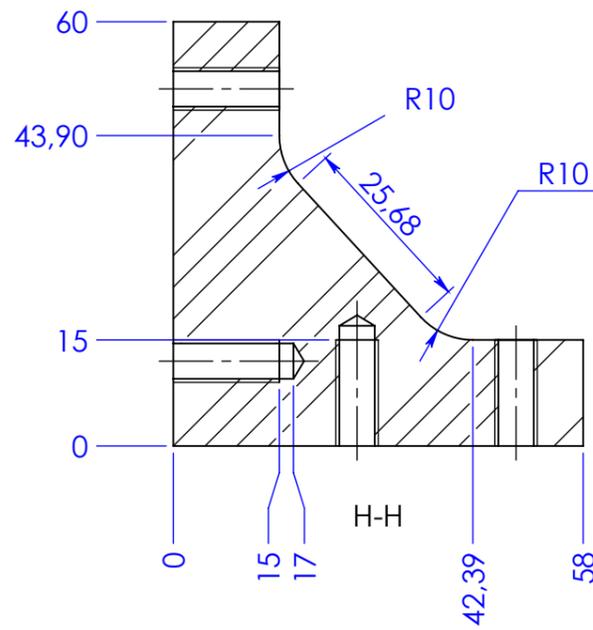
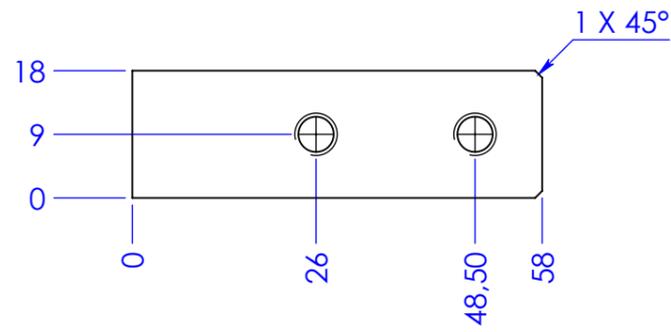
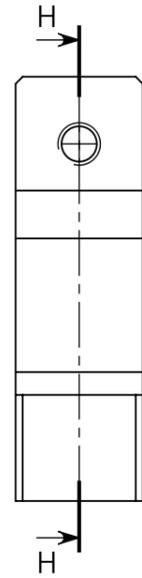




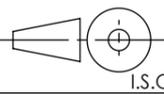
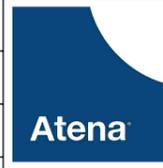
Designação: Nova Placa Carro XX

 I.S.O.	Quebra arestas 0,5 x 45°	Desenhou	Data 06/03/2019	Rubrica Lisandro Ferreira	 Atena Automação Industrial	Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106 atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt
	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral 3,2	Verificou	Exec.		
Formato: A3		Nº Interno: <input type="text"/>			Quant. 2	
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.		Material: EN C45E (F10)			Escala 1:2	
		Tratamento: Zincagem				
Última actualização /impressão		Acabamento:			1/1	

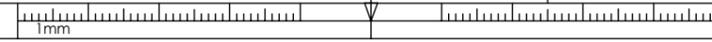


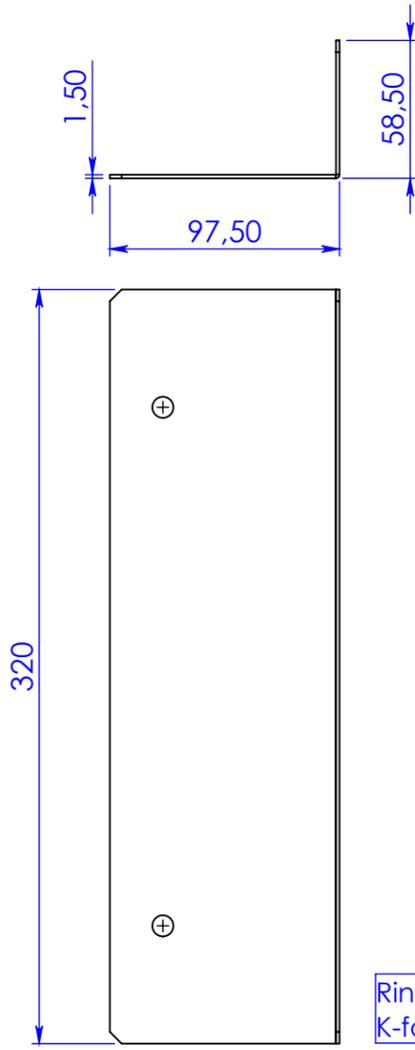
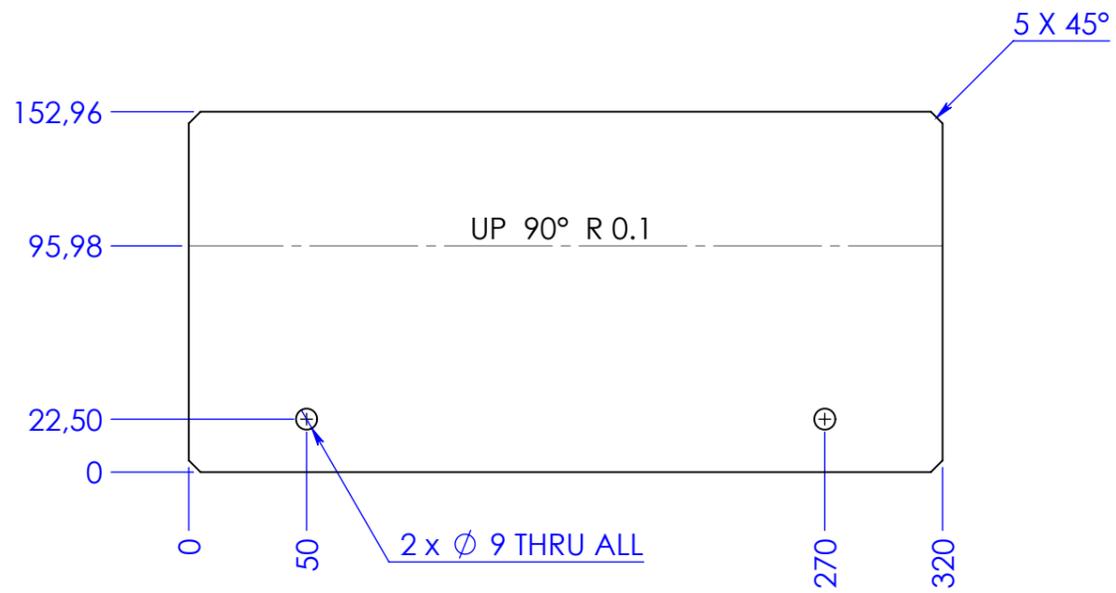


Designação: Rib de suporte para o novo actuador

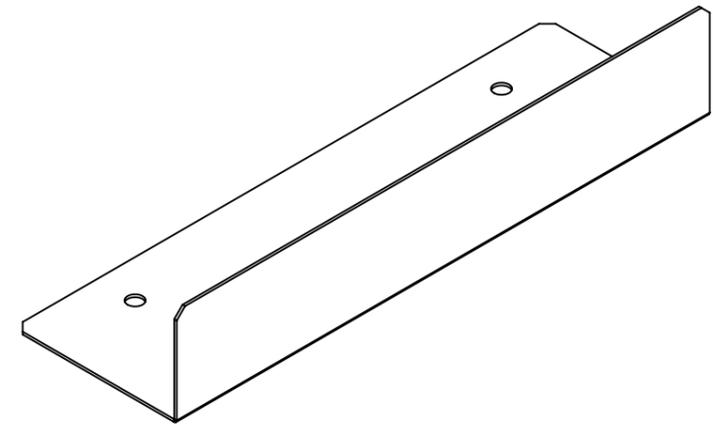
 I.S.O.	Quebra arestas 0,5 x 45°	Desenhou	Data	Rubrica	 <p>Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro</p> <p>T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106</p> <p>atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt</p>
		Verificou	06/03/2019	Lisandro Ferreira	
Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral 3,2	Exec.			

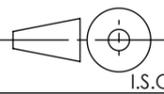
Formato: A3	Nº Interno: <input type="text"/>	Quant. 4
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.	Material: C45E (F10)	Escala 1:1
	Tratamento: Zincagem	
Última actualização /impressão	Acabamento:	1/1





Rint = 0.1 mm
K-factor = 0



Designação: Proteção das barreiras				
 I.S.O.	Quebra arestas		Data	Rubrica
	0.5 x 45°	Desenhou	11/09/2019	Lisandro Ferreira
Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral	Verificou		
	3,2 / 	Exec.		
Formato: A3		Nº Interno: <input type="text"/>		Quant. 4
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.		Material: Chapa Inox (1,5mm)		Escala 1:3
		Tratamento:		
Última actualização /impressão		Acabamento:		1/1

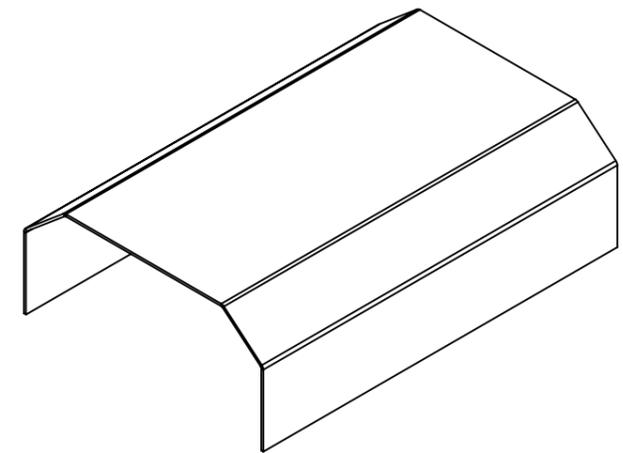
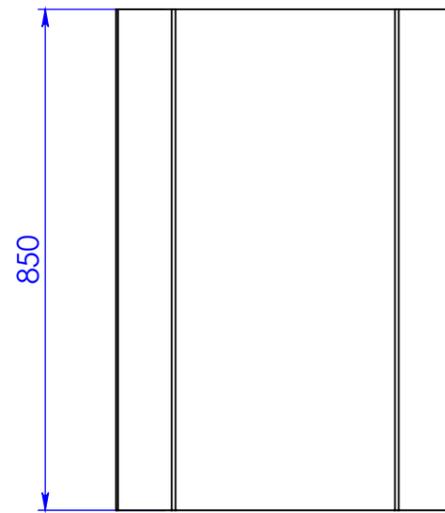
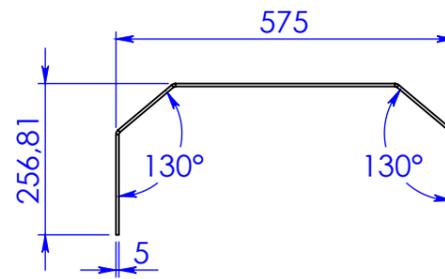
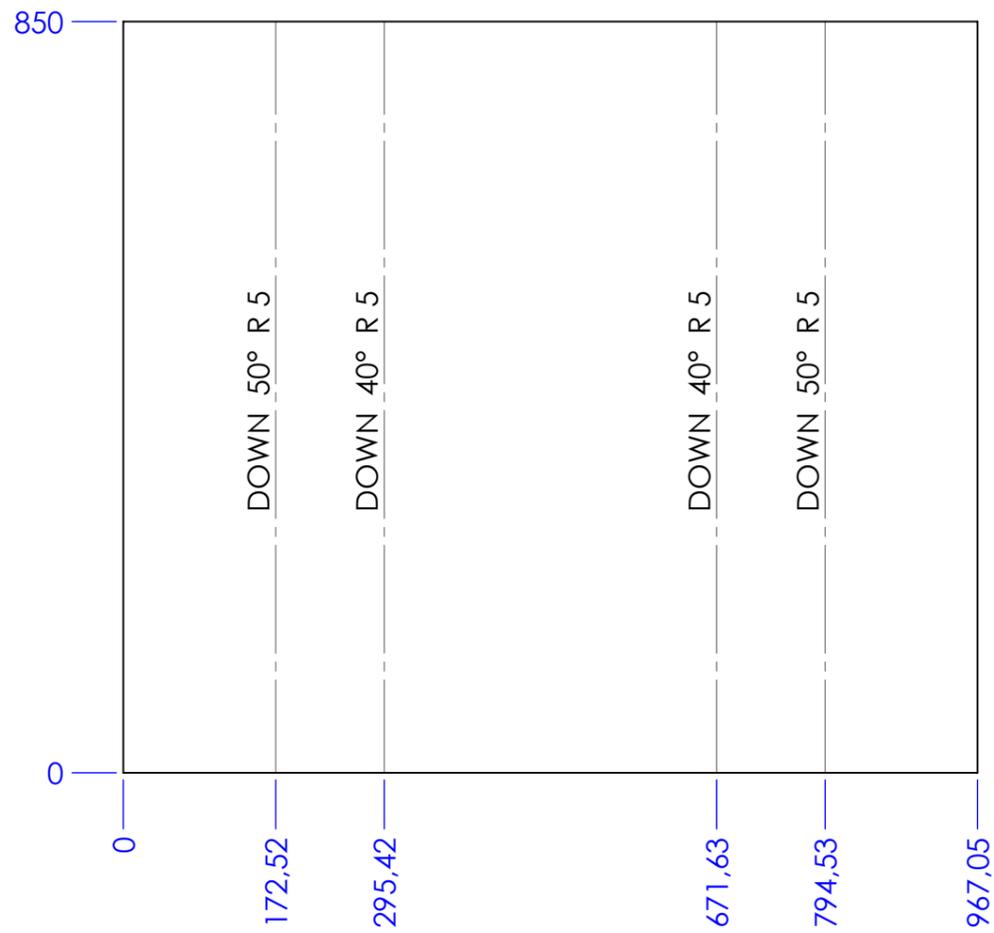
Atena Automação Industrial, Lda
Zona Industrial da Palhaça lote 11
3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro

Atena
Automação Industrial

T. +351 234 757 010
F. +351 234 756 106

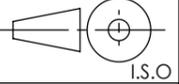
atena@atena-ai.pt
www.atena-ai.pt





Rint = 5 mm
K-factor = 0

Designação: Tunel em policarbonato

 I.S.O	Quebra arestas 0,5 x 45°	Desenhou	Data 11/09/2019	Rubrica Lisandro Ferreira	 Atena Automação Industrial Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106 atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt
	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral 3,2	Verificou	Exec.	
Formato: A3	Nº Interno: <input type="text"/>				Quant. 1
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.	Material: Policarbonato				Escala 1:8
	Última actualização /impressão	Tratamento:			
	Acabamento:				1/1



SUB-ENT (sufixo e entidade)	Nº ORDEM	TIPO MAT.	REF.FABRICANTE	MARCA	REF INTEGRADOR	NOME INTEGRADOR	DESIGNAÇÃO	QTD APL	DOCUMENTAÇÃO ASSOCIADA (S/N)-(*.pdf,*.dwg, ..)
NM	1		SGL15 - 400 (HTF)	NB			Rail SGL15 com 400mm	4	
NM	2		SGL15 HTF	NB			Patim SGL15HTF	8	
NM	3		U1216-63	Euchner			Came Segurança U1216-63	2	
NM	4		UL2-12-1000	Euchner			Trip rails (calha fim de curso)	1	
NM	5		100074	Perma			Perma SF06 Classic - Massa Fluida	2	
NM	6		104856	Perma			Extensão 1/4" L75 Latão	2	
NM	7		101335	Perma			Activador 12 meses - Cinzento	2	
NM	8		XCKD2102P16	Schneider			OsiSense XC standard	4	
NM	9		EMC_040_NN_2_35_mm_01_01_01_00_000_000_0	Bosch Rexroth			Cilindro Electromecânico EMC 040		
NM	10						Nova Placa Vertical Carro	2	*.pdf, *.dwg
NM	11						Placa de reforço segundo o eixo xx	2	*.pdf, *.dwg
NM	12						Nova Placa Carro XX	2	*.pdf, *.dwg
NM	13						Base para a junta flutuante	2	*.pdf, *.dwg
NM	14						Rib de suporte para o novo actuador	4	*.pdf, *.dwg
NM	15						Placa de suporte do fim de curso	2	*.pdf, *.dwg
NM	16						Proteção das barreiras	4	*.pdf, *.dwg
NM	17						Tunel em policarbonato	1	*.pdf, *.dwg
NM	18						Anilha batente	8	*.pdf, *.dwg
NM	19						Painel de policarbonato	1	*.pdf, *.dwg

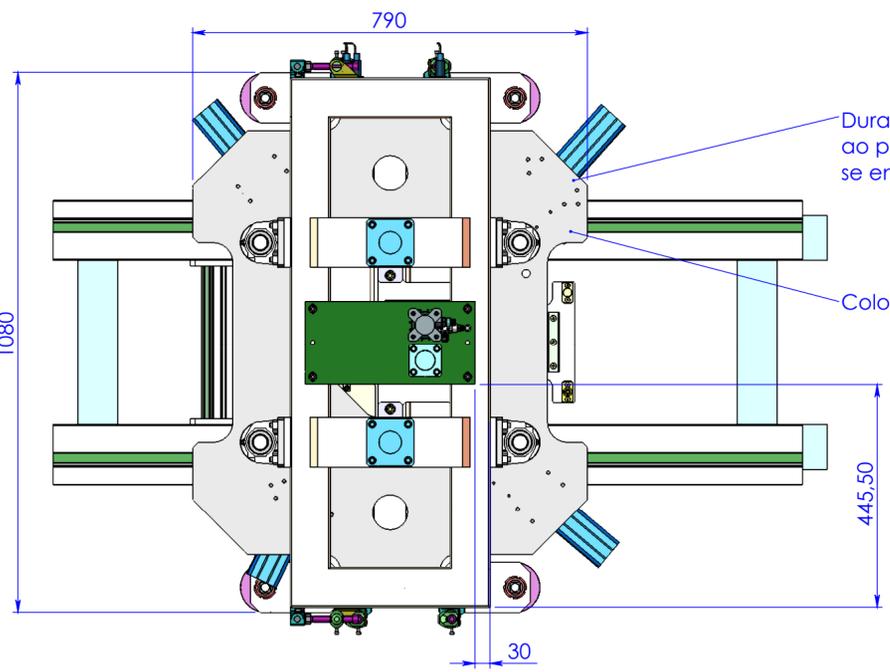
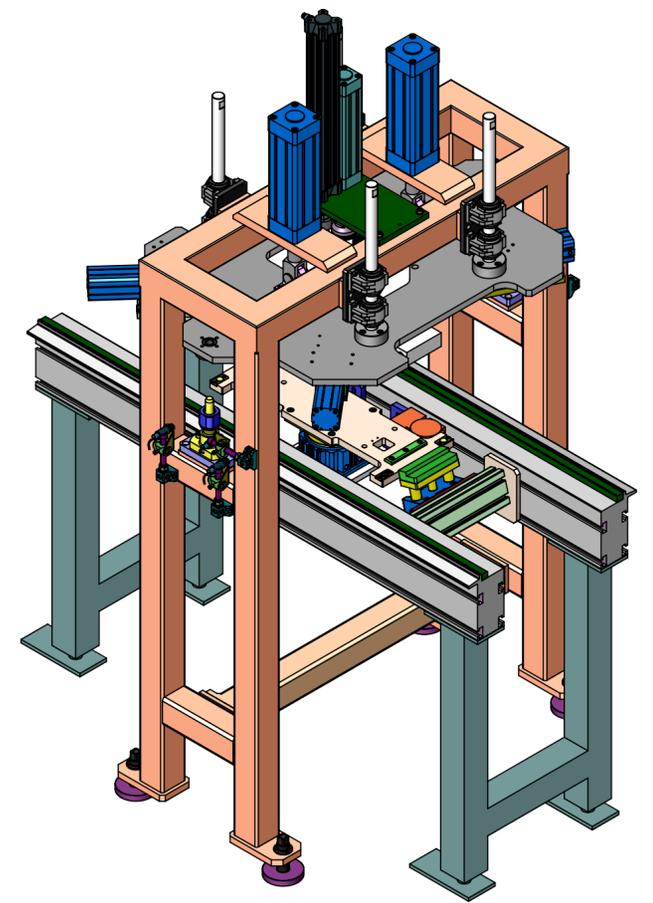
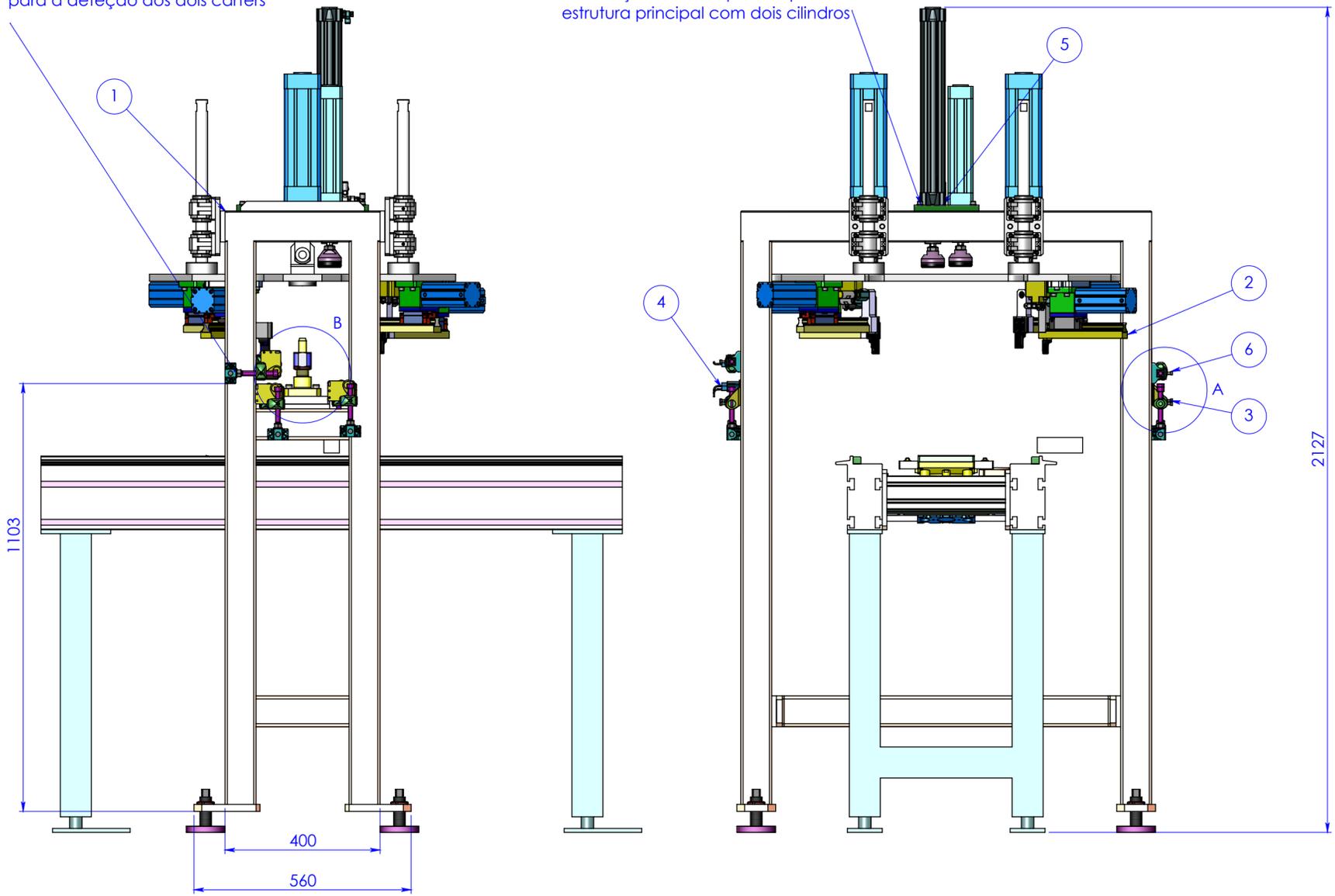
Apêndice C

Documentação técnica do terceiro caso de estudo

O presente apêndice inclui os desenhos de conjunto, os desenhos de definição, o esquema de princípio e a nomenclatura.

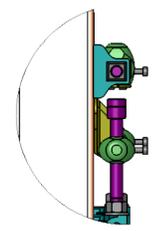
Reposicionamento das fotocélulas para a deteção dos dois cârter

Colocação de uma placa aparafusada à estrutura principal com dois cilindros

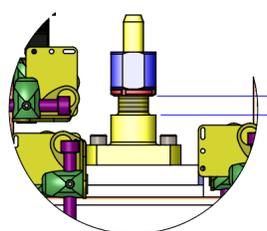


Durante a montagem da placa é preciso ter atenção ao posicionamento da mesma, visto que os cilindros se encontram em diferentes posições

Colocação de uma nova placa



DETAIL A
1:5



DETAIL B
1:5

Ter atenção ao valor da presente cota

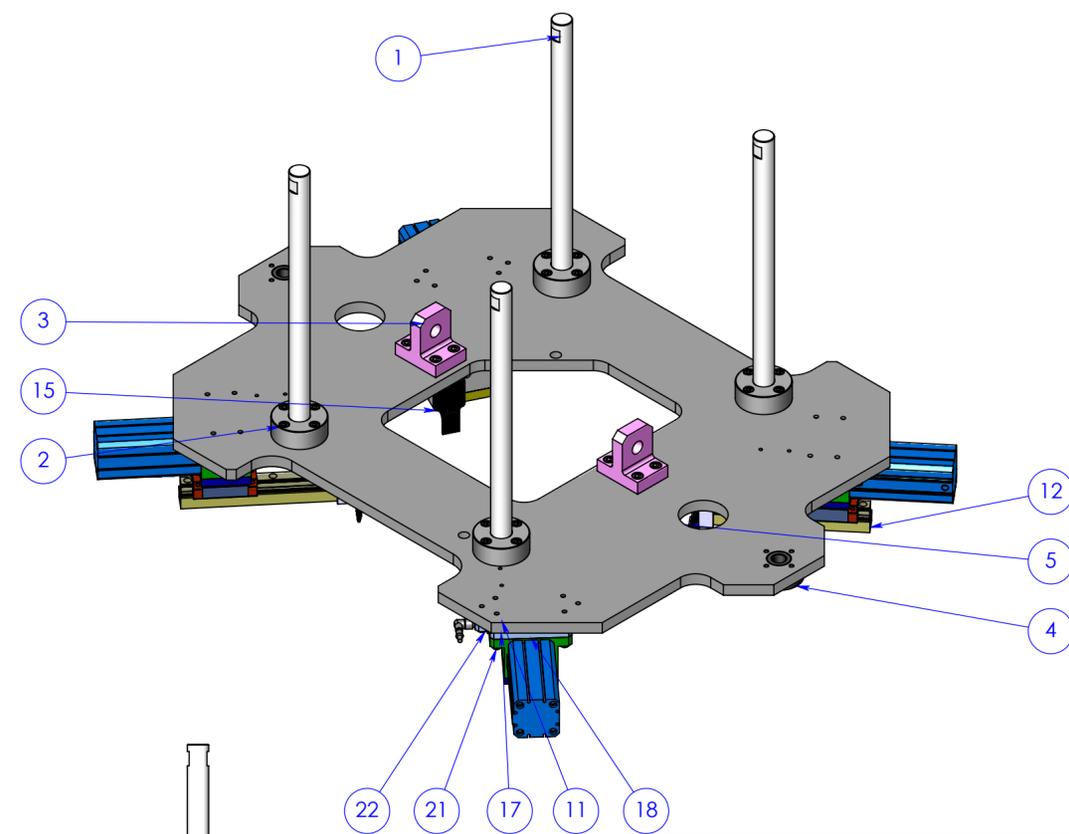
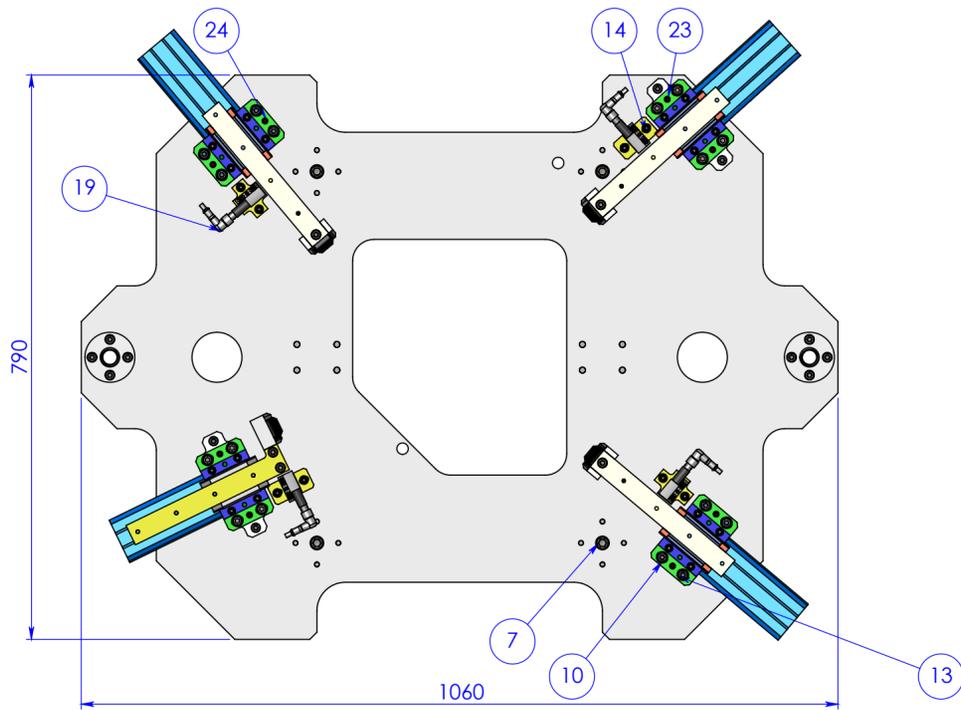
7	DIN 912 M6 x 16 --- 16N				8
6	Montagem Fotocélula Desbridação para novo carter				1
5	Montagem nova placa				1
4	Montagem Fotocélula Desbridação				1
3	Montagem Fotocélula Desbridação				1
2	Montagem Desbridação Superior				1
1	Estrutura Desbridação				1
Item	Peça	Desenho	Referência	Fabricante	QTY.

Designação: Posto de Desbridação MOD1

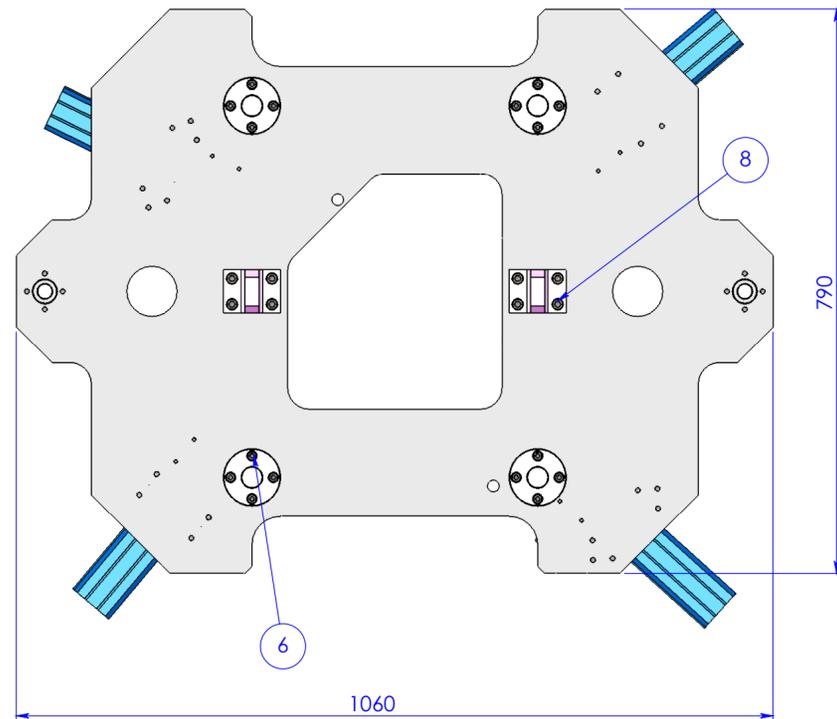
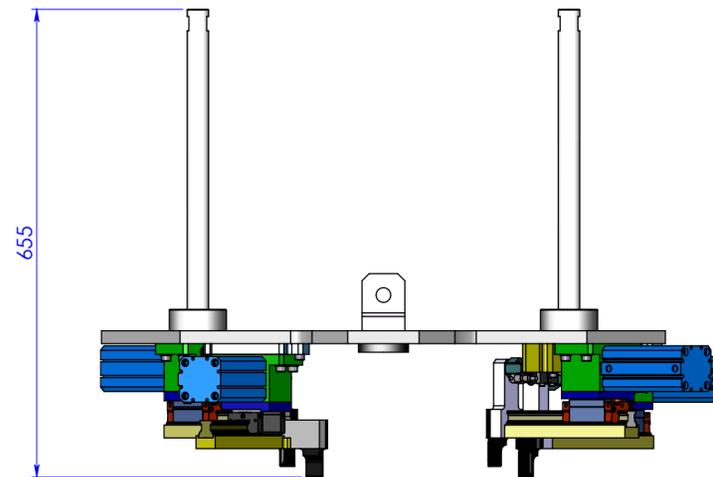
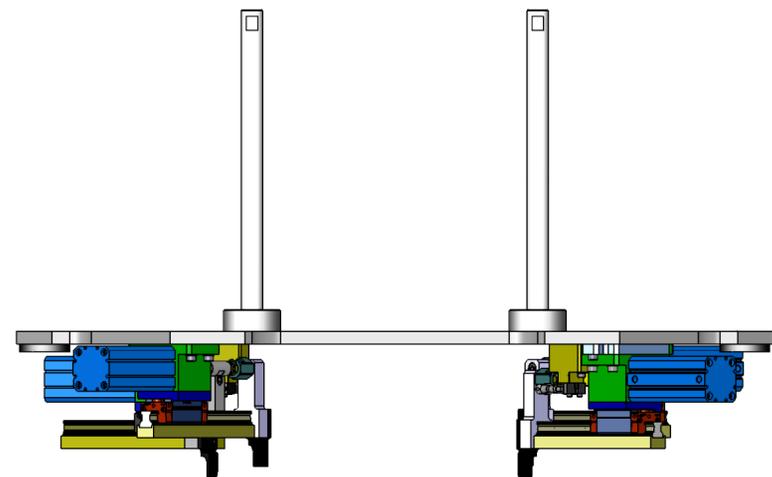
	Quebra arestas		Data	Rubrica		
	0.5 x 45°		Desenhou	29/03/2019		Lisandro Ferreira
	I.S.O.		Verificou			
Tolerâncias Gerais		Rugosidade Geral	Exec.			
ISO 2768 - mK		3.2				

Formato: A2	Nº Interno: <input type="text"/>	Quant. 1
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.	Material:	Escala 1:10
Última actualização /impressão	Tratamento:	
	Acabamento:	1/1





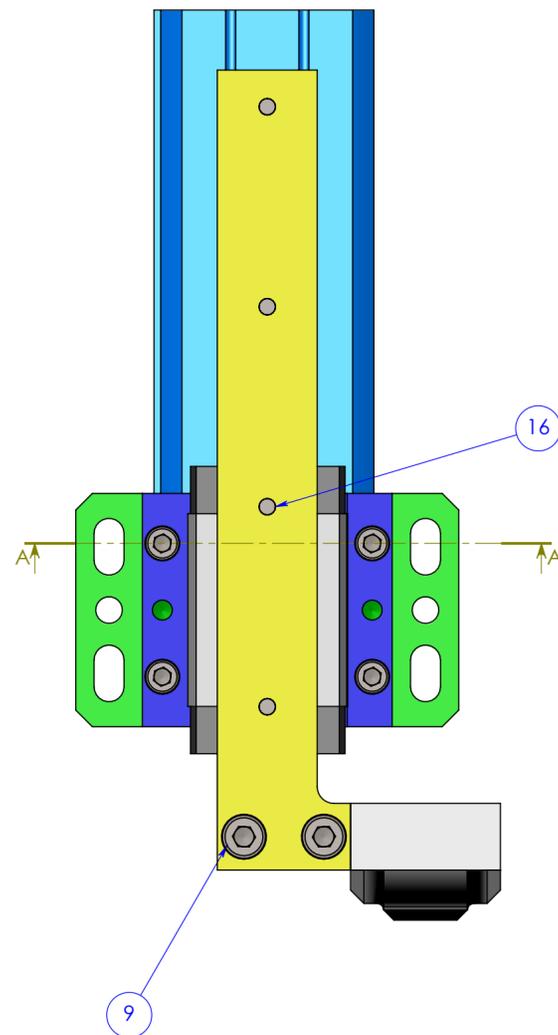
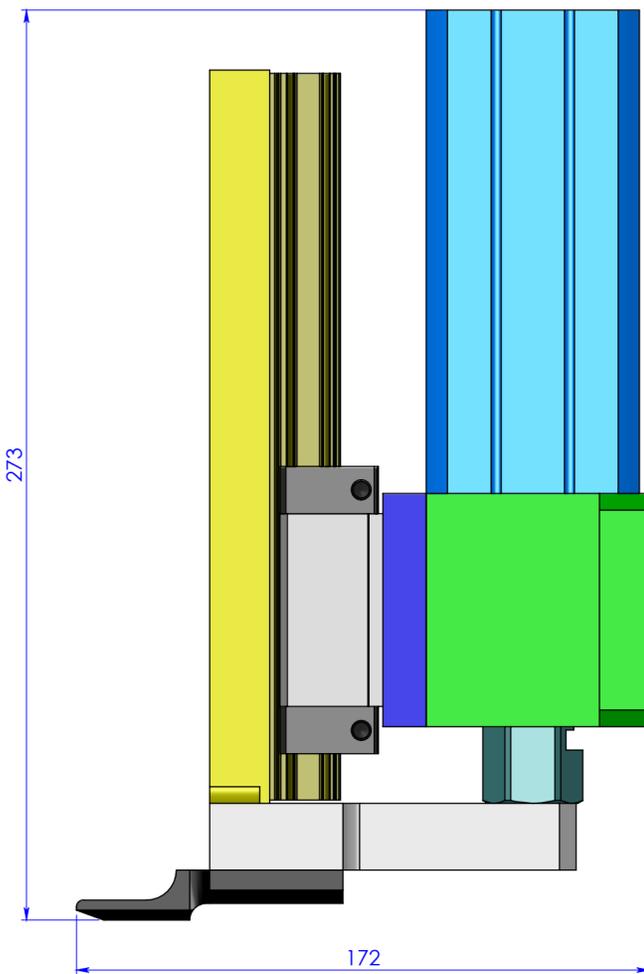
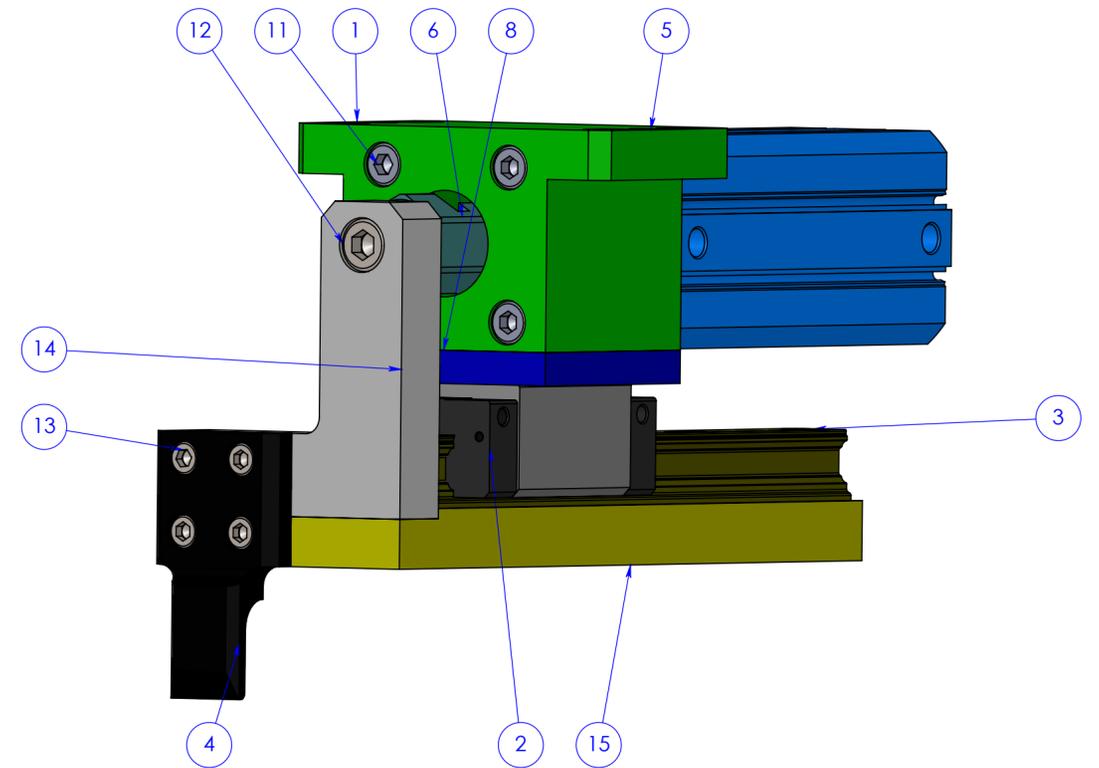
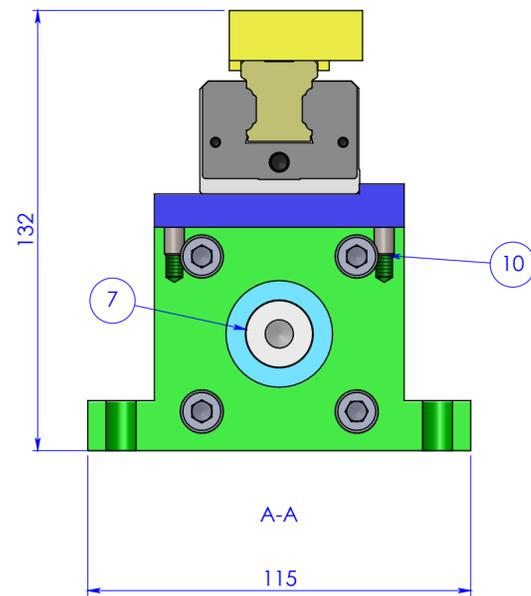
ITEM	Peça	Desenho	Referência	Fabricante	QTY.
1	Veio 30		LJM 30	SKF	4
2	Apoio Veio 30				4
3	Puxador CP95				2
4	Casquilho Batente				2
5	Nova Placa Base Desbrid.				1
6	DIN 912 M8 x 35 --- 35N				16
7	DIN 912 M12 x 25 --- 25N				4
8	DIN 912 M10 x 25 --- 25N				8
9	DIN 912 M8 x 20 --- 20N				8
10	DIN 912 M8 x 30				8
11	DIN 912 M6 x 50				8
12	Montagem Garra Desbridagem				3
13	Anilha DIN 125 - A 8.4				16
14	Washer DIN 126 - M6				8
15	Montagem Garra Desbridagem2				1
17	Suporte Novo Detector M12				2
18	Calço Garra Desbridagem PD				2
19	Suporte Detector M12				2
20	Paleta MOD1 CE JR - CM JT4				1
21	DIN 912 - M8 x 45				8
22	DIN 912 M8 x 25				4
23	Cavilha ISO 8733-8x40				4
24	Cavilha ISO 8733-8x25				4



Designação: Montagem Desbridagem Superior

	Quebra arestas		Data	Rubrica		Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106 atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt
	0.5 x 45°		Desenhou	29/03/2019		
	Tolerâncias Gerais	Rugosidade Geral	Verificou			
	ISO 2768 - mK	3.2	Exec.			
Formato: A2		Nº Interno:				Quant.
						1
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.		Material:				Escala
		Tratamento:				1:7
Última actualização /impressão		Acabamento:				1/1



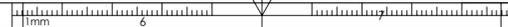


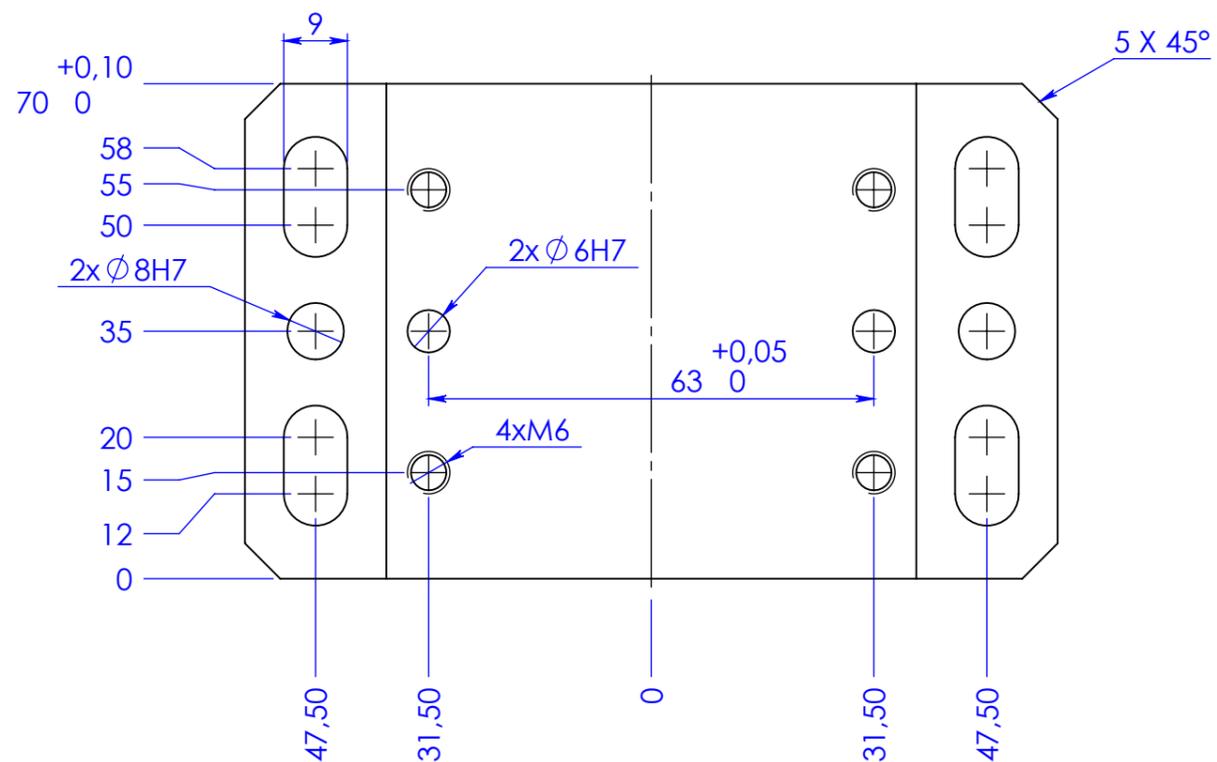
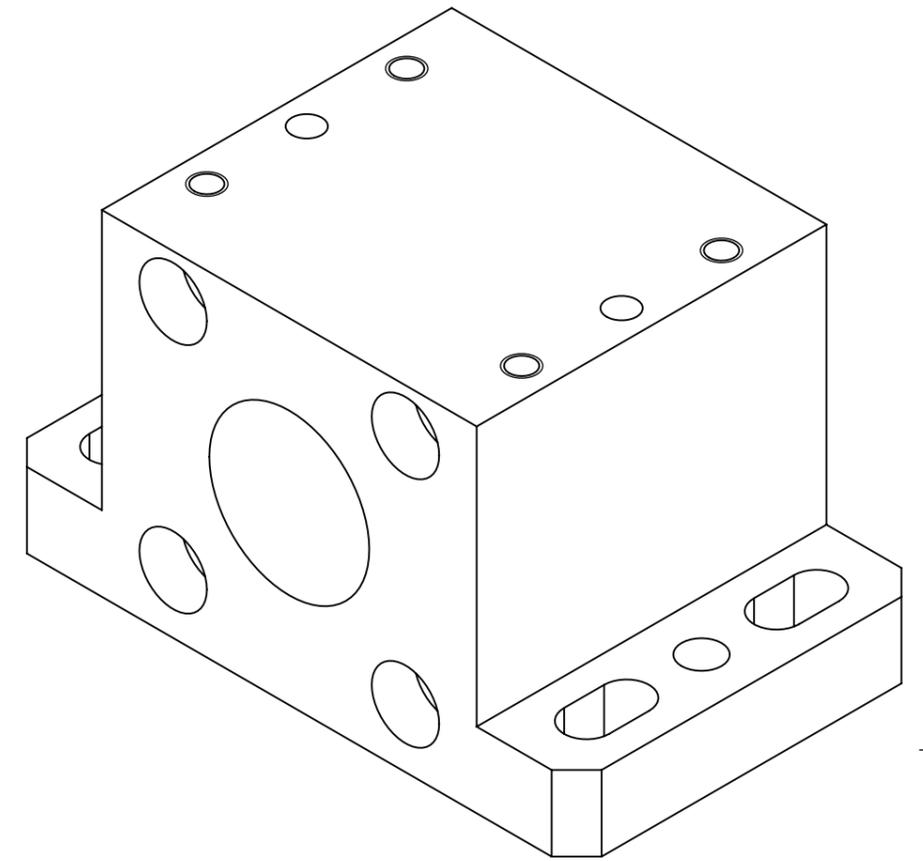
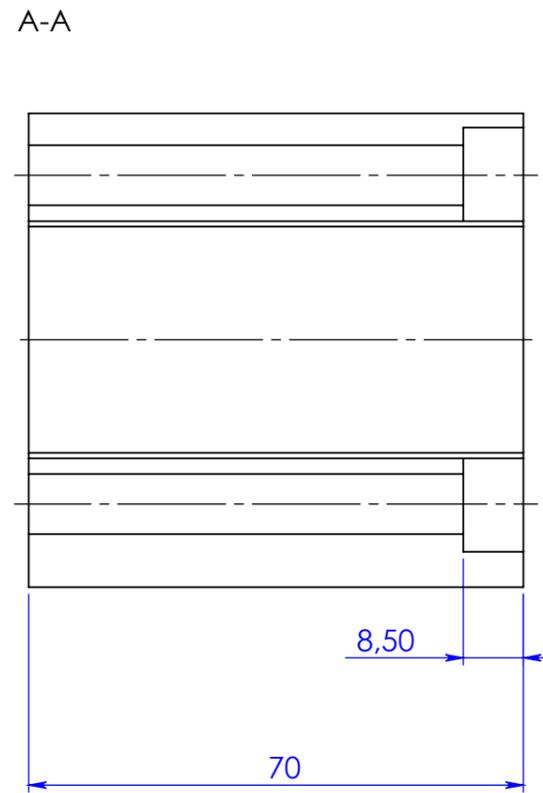
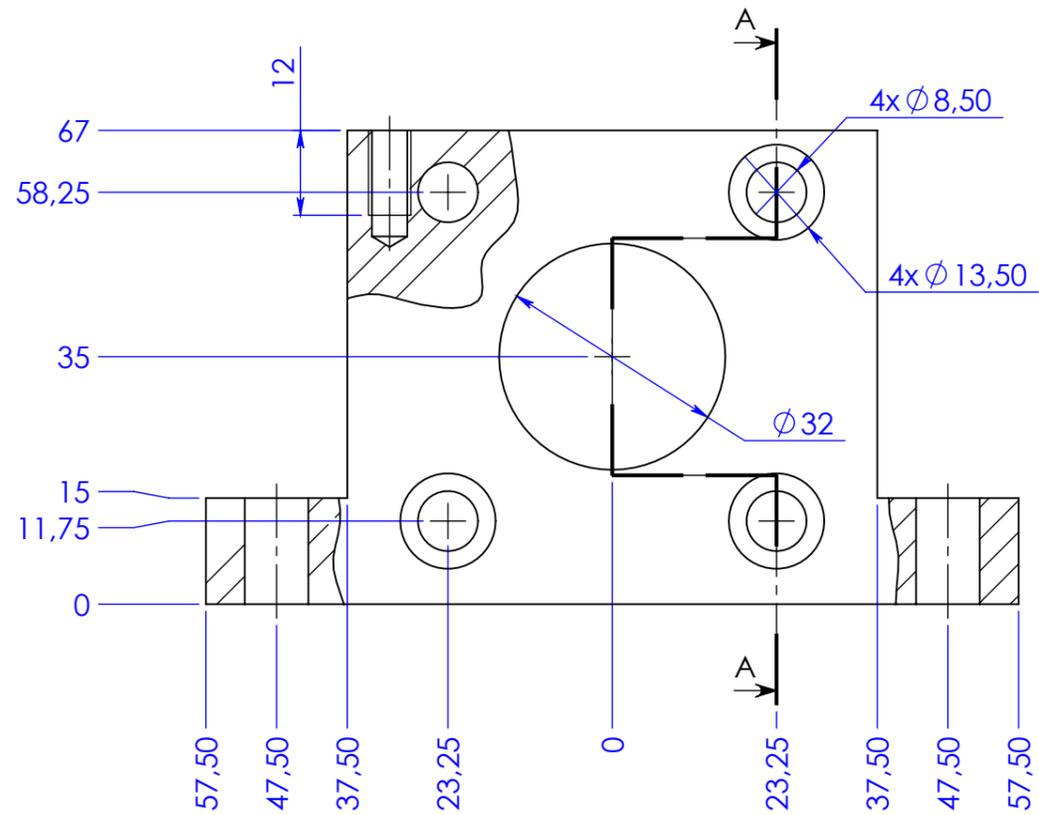
ITEM	Peça	Desenho	Referência	Fabricante	QTY.
1	Base Vertical				1
2	Patim 25 Rexroth (R1621 214 20)		R1621 214 20	Bosch-Rexroth	1
3	Rail 25 R160520131, 218-28-10		R160520131, L=218; T1=28; T2=10	Bosch-Rexroth	1
4	Garra				1
5	Cilindro CD55B50-100		CD55B50-100	SMC	1
6	23450_1020		23450-1020	Norelem	1
7	Extensão Batente				1
8	Placa Fixação Patim				1
9	DIN 912 M8 x 20 --- 20N				2
10	DIN 912 M6 x 12 --- 12N				8
11	DIN 912 M8 x 80				4
12	DIN 912 M10 x 25 --- 25N				1
13	DIN 912 M6 x 16 --- 16N				4
14	Novo Puxador Garra				1
15	Nova Fixação Garra				1
16	DIN 912 M6 x 30 --- 30N				4

Designação: Montagem Garra Desbridagem2

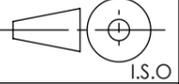
 Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	 Rugosidade Geral 3.2	Quebra arestas	0.5 x 45°	Data	29/03/2019	Rubrica	Lisandro Ferreira	 Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106 atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt
		Exec.						

Formato: A2	Nº Interno: <input type="text"/>	Quant.	1
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.	Material:	Escala	1:1.5
	Tratamento:		
Última actualização /impressão	Acabamento:		1/1

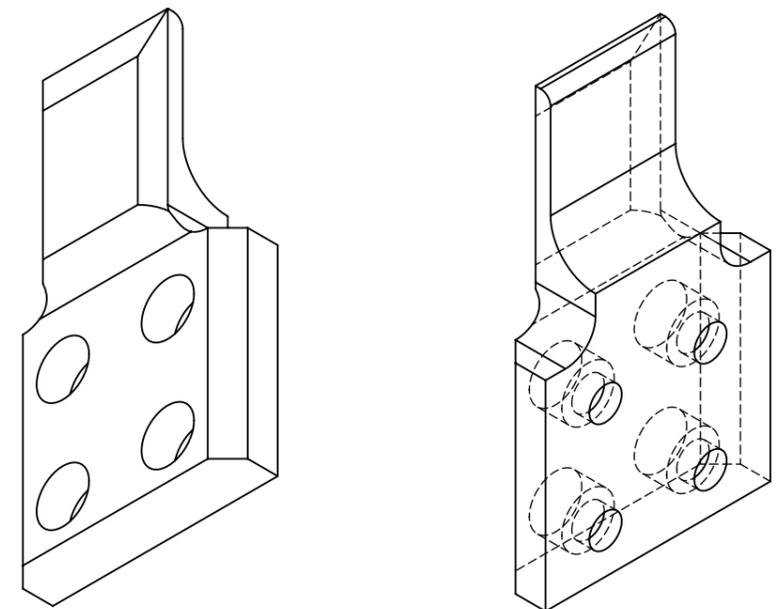
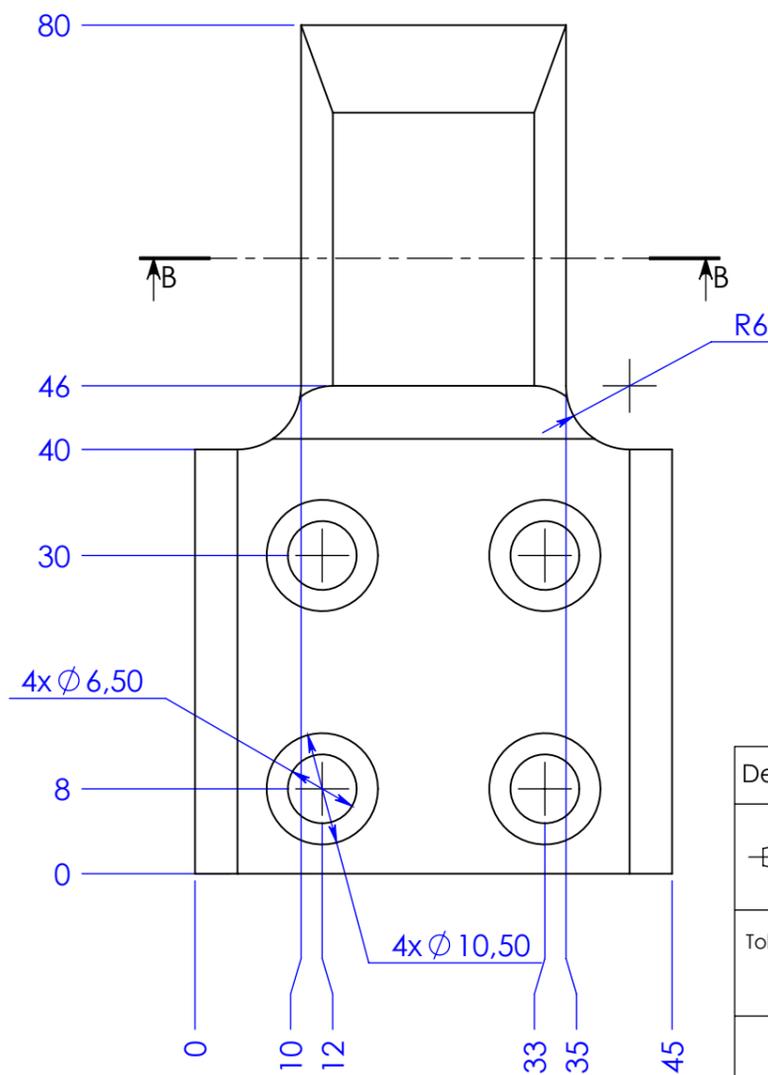
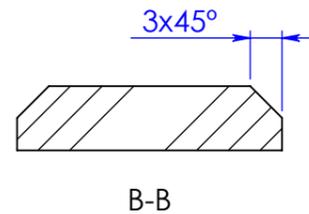
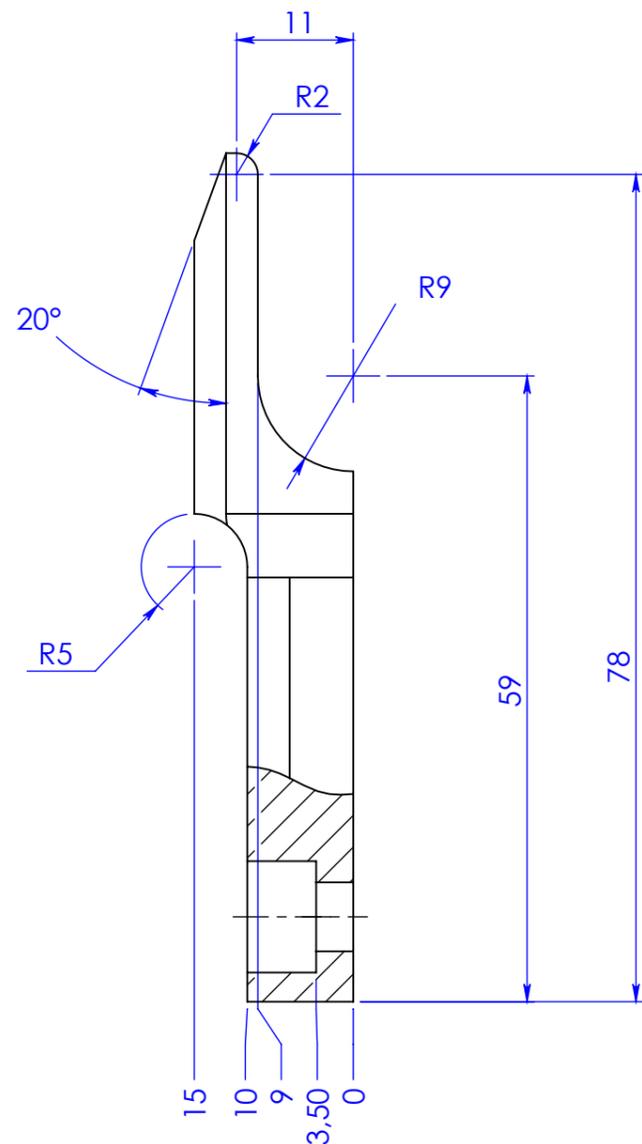




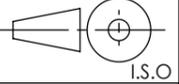
Designação: Base Vertical

 I.S.O.	Quebra arestas 0,5 x 45°	Desenhou	Data 29/03/2019	Rubrica Lisandro Ferreira	 Atena Automação Industrial	Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106 atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt
	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral 3,2	Verificou	Exec.		
Formato: A3		Nº Interno: <input type="text"/>			Quant. 1	
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.		Material: C45E (F10)			Escala 1:1	
		Tratamento: Oxidação a Negro				
Última actualização /impressão		Acabamento:			1/1	



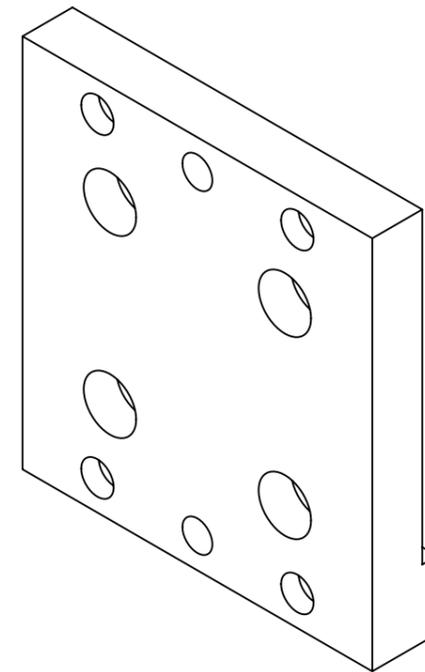
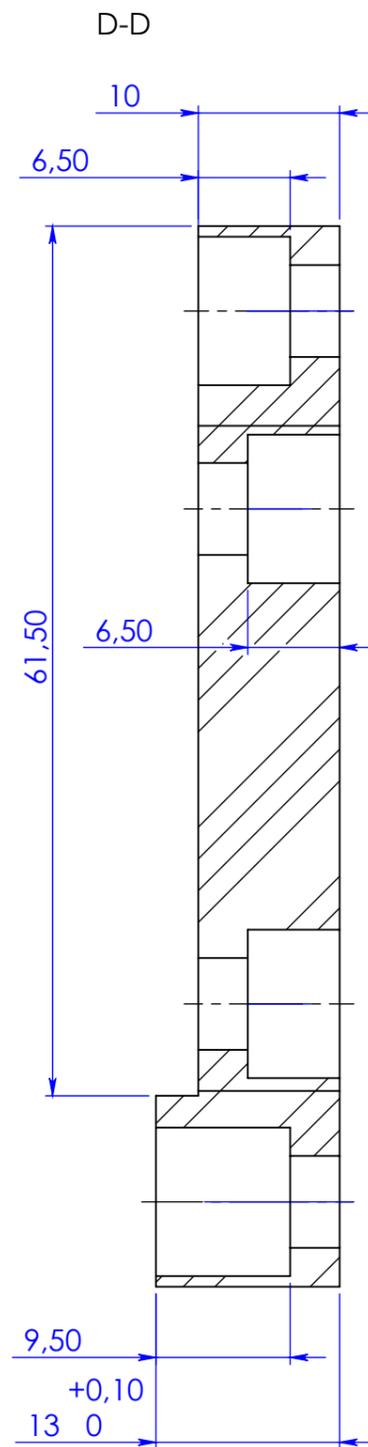
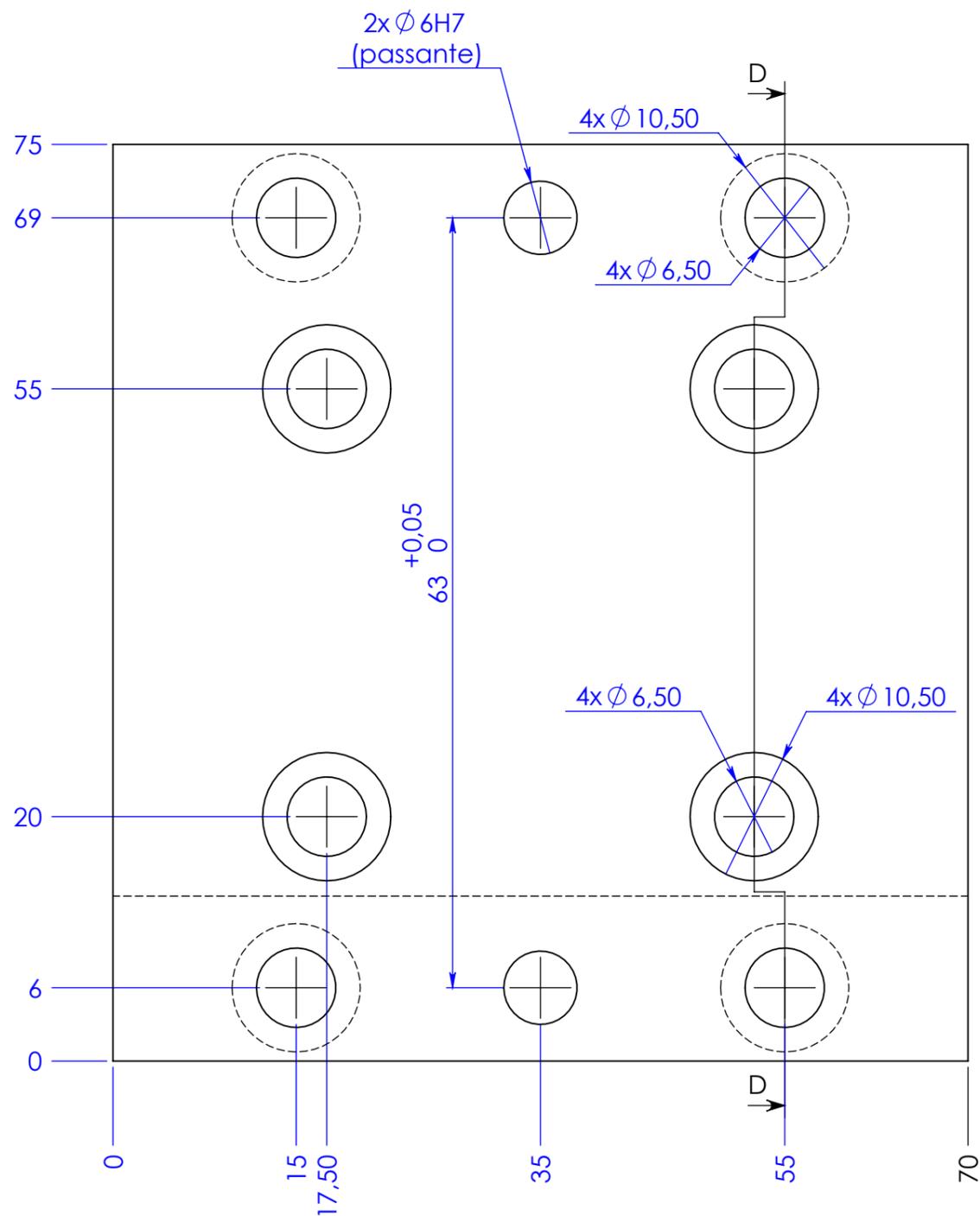


Designação: Garra

 I.S.O.	Quebra arestas		Data	Rubrica	 <p>Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro</p> <p>T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106</p> <p>atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt</p>
	0,5 x 45°	Desenhou	29/03/2019	Lisandro Ferreira	
Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral 3,2	Verificou			
		Exec.			

Formato: A3	Nº Interno: <input type="text"/>	Quant.
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.	Material: EN 40CrMnNiMo8-6-4 (2738)	Escala
	Tratamento: Nitruração	1.5:1
Última actualização /impressão	Acabamento:	1/1



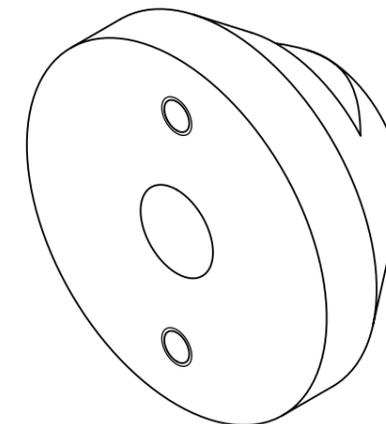
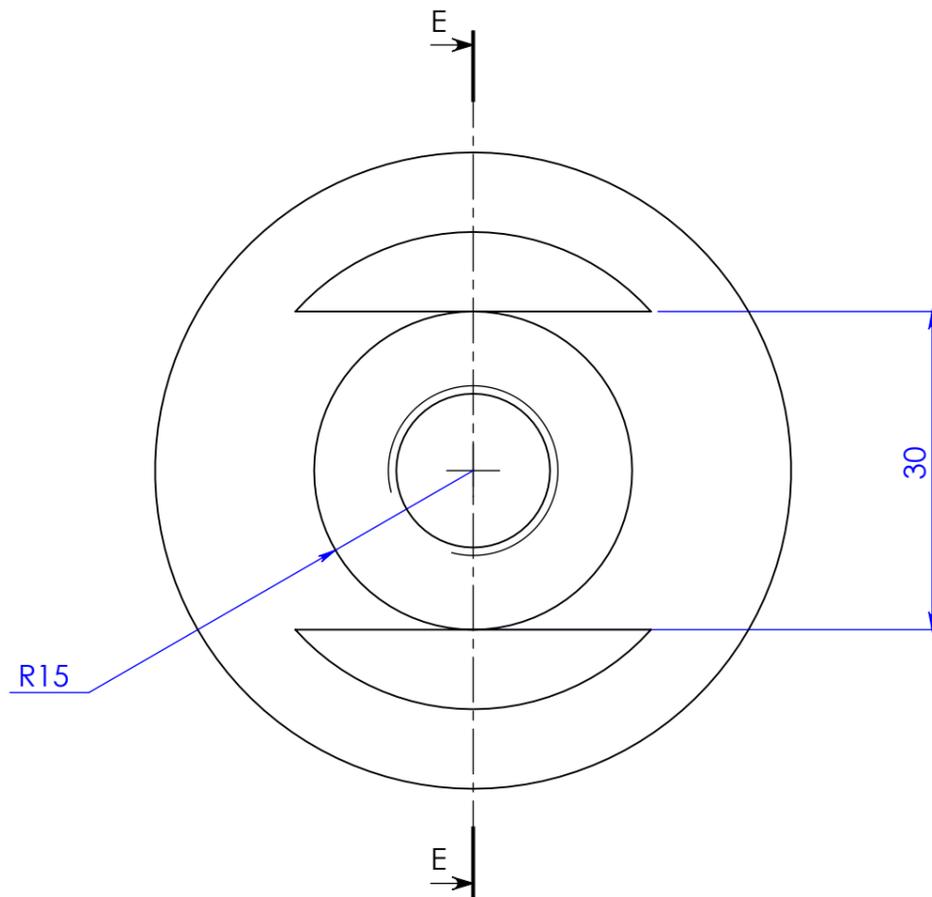
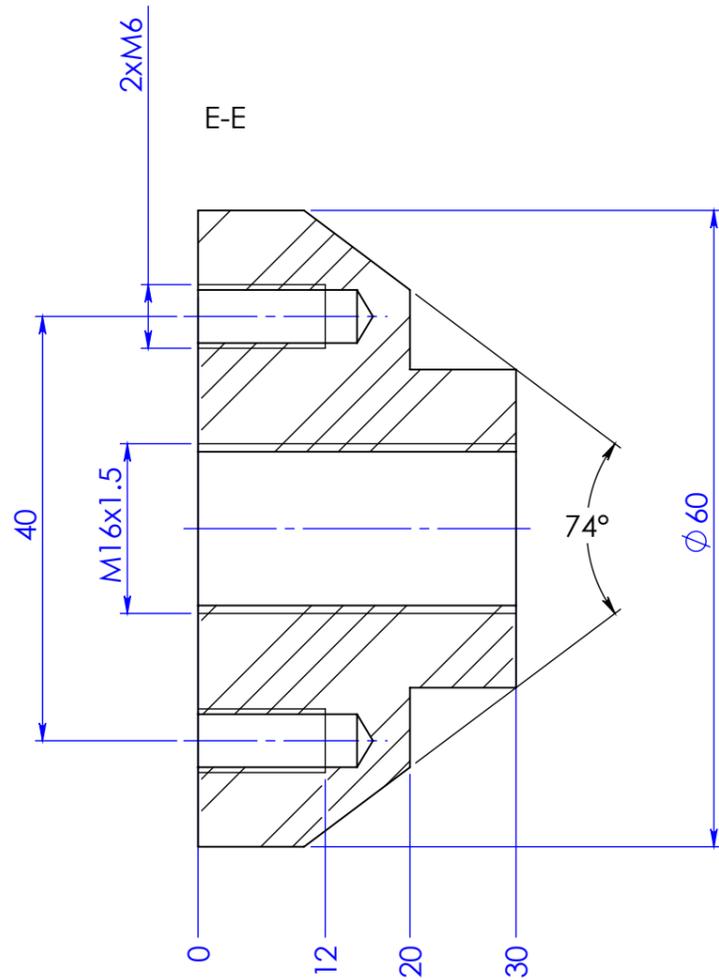


Designação: Placa Fixação Patim

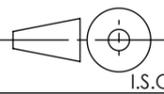
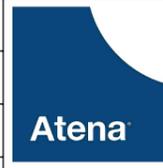
 I.S.O.	Quebra arestas		Data	Rubrica	 Atena Automação Industrial	Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106 atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt
	0,5 x 45°	Desenhou	29/03/2019	Lisandro Ferreira		
Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral 3,2	Verificou				
		Exec.				

Formato: A3	Nº Interno: <input type="text"/>	Quant. 1
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.	Material: C45E (F10)	Escala 2:1
	Tratamento: Oxidação a Negro	
Última actualização /impressão	Acabamento:	1/1

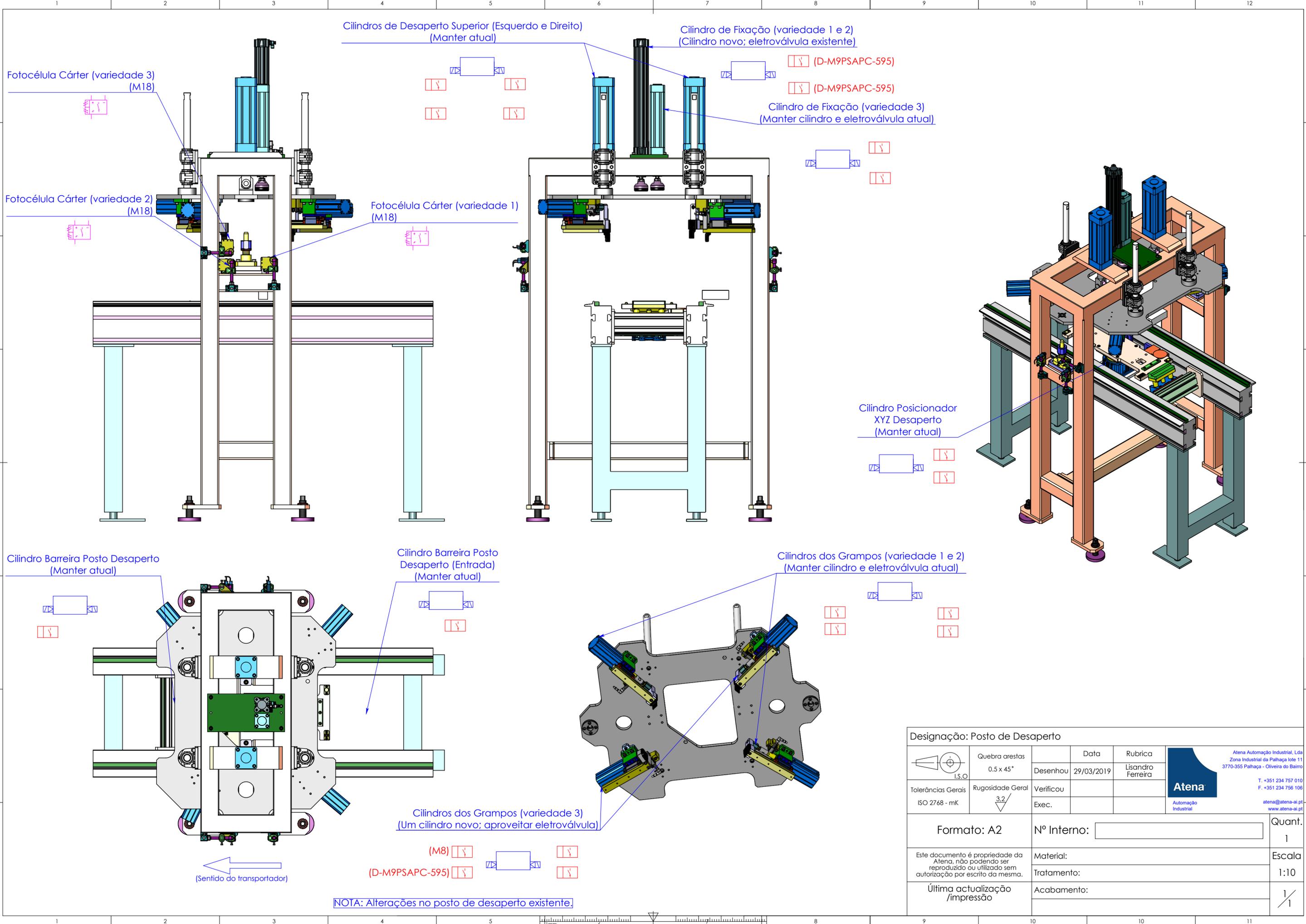




Designação: Calcador Carter Desbridagem

 I.S.O.	Quebra arestas		Data	Rubrica	 Atena Automação Industrial	Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106 atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt
	0.5 x 45°	Desenhou	29/03/2019	Lisandro Ferreira		
Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral 3,2 	Verificou			N° Interno: <input type="text"/>	Quant.
		Exec.				1
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.		Material: C45E (F10)		Escala		1.5:1 1/1
Última actualização /impressão		Tratamento: Zincagem		Acabamento:		





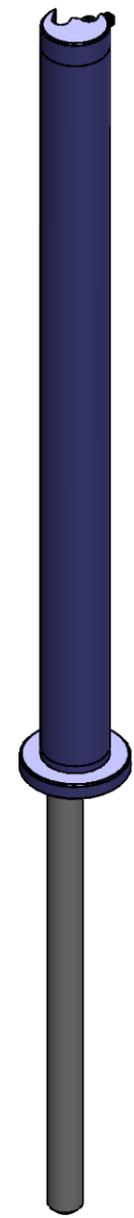
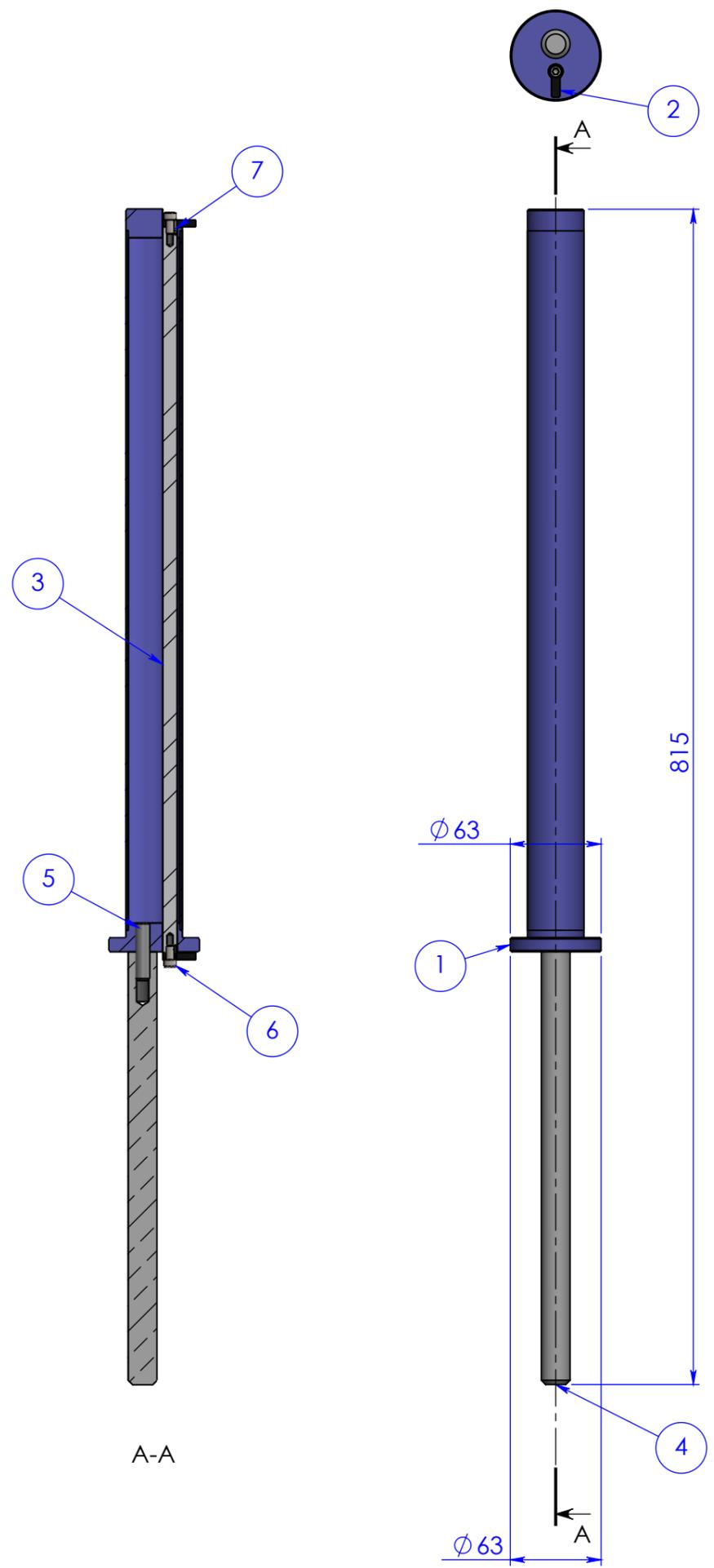
Designação: Posto de Desaperto					
 I.S.O.	Quebra arestas		Data	Rubrica	 Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106 atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt
	0.5 x 45°		29/03/2019	Lisandro Ferreira	
Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral		Verificou		Atena Automação Industrial
	3.2/		Exec.		
Formato: A2	Nº Interno:	<input type="text"/>		Quant.	1
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.	Material:			Escala	1:10
	Última actualização /impressão	Acabamento:			1/1

SUB-ENT (sufixo e entidade)	Nº ORDEM	TIPO MAT.	REF.FABRICANTE	MARCA	REF INTEGRADOR	NOME INTEGRADOR	DESIGNAÇÃO	QTD APL	DOCUMENTAÇÃO ASSOCIADA (S/N)- (*.pdf,*.dwg, ..)
NP	1		CP96SDB50-400C	SMC		ATENA	Cilindro Pneumático	1	
NM	2		JA50-16-150	SMC		ATENA	Junta Flutuante	1	
NE	3		D-M9PSAPC-595	SMC		ATENA	Sensor Magnético	6	
NP	4		ASP430F-F02-08S	SMC		ATENA	Reg Caudal Ant. Pilotado	2	
NP	5		KQ2L08-01AS	SMC		ATENA	Racor	2	
NP	6		CD55B50-100	SMC		ATENA	Cilindro Pneumático	1	
NM	7		23450-1020	Norelem		ATENA	Puxador Cilindro	1	
PS	8		R1621 214 20	Bosch-Rexroth		ATENA	Patim 25	1	
PS	9		R160520131, L=218; T1=28; T2=10	Bosch-Rexroth		ATENA	Rail 25 (L=218; T1=28; T2=10)	1	
NM	10		XSZB 112	Schneider		ATENA	Falange Suporte Detetor M12	1	
NM	11		XUZ B2003 + XUZ 2001 + XUZ 2003	Schneider		ATENA	Kit Fixação	2	
NE	12		XUZ C50	Schneider		ATENA	Refletor	1	
NM	13					ATENA	Base Vertical	1	*.pdf, *.dwg
PD	14					ATENA	Garra	1	*.pdf, *.dwg
NM	15					ATENA	Extensão Batente	1	*.pdf, *.dwg
NM	16					ATENA	Placa Fixação Patim	1	*.pdf, *.dwg
NM	17					ATENA	Calcador Carter Desbridagem	1	*.pdf, *.dwg
PD	18					ATENA	Calcador Debridagem	1	*.pdf, *.dwg
NM	19					ATENA	Suporte M12 Desbridagem	2	*.pdf, *.dwg
NM	20					ATENA	Placa cilindro carter novo	1	*.pdf, *.dwg
NM	21					ATENA	Nova Placa Base Desbrid.	1	*.pdf, *.dwg
NM	22					ATENA	Nova Fixação Garra	1	*.pdf, *.dwg
NP	23					ATENA	Novo Puxador Garra	1	*.pdf, *.dwg
NM	22					ATENA	Calço Garra Desbridagem PD	2	*.pdf, *.dwg

Apêndice D

Documentação técnica do quarto caso de estudo

O presente apêndice inclui os desenhos de conjunto e os desenhos de definição.

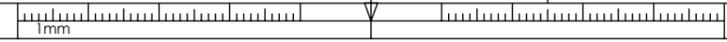


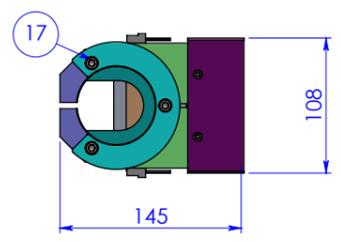
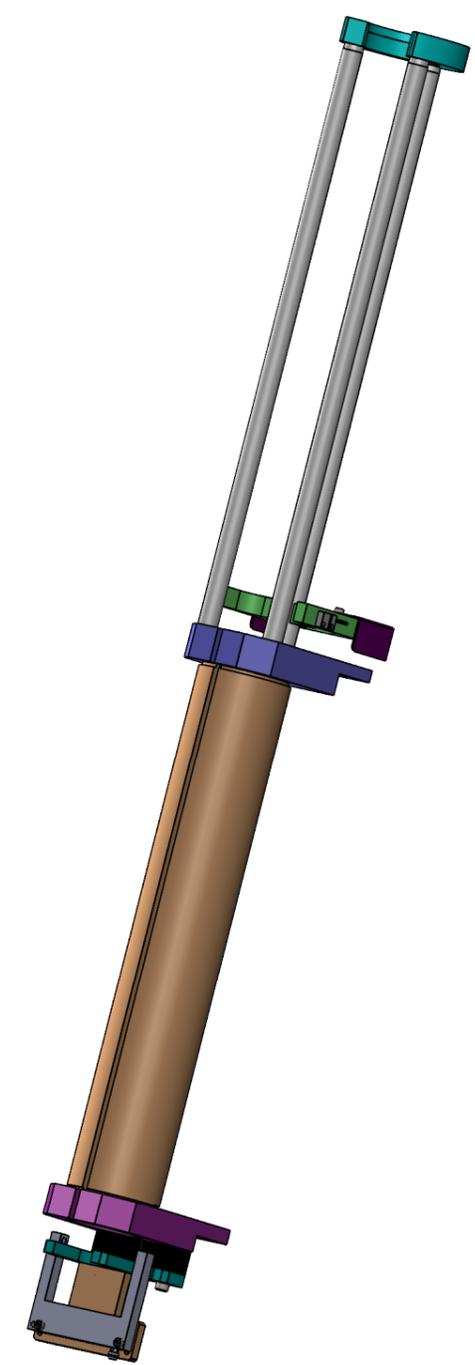
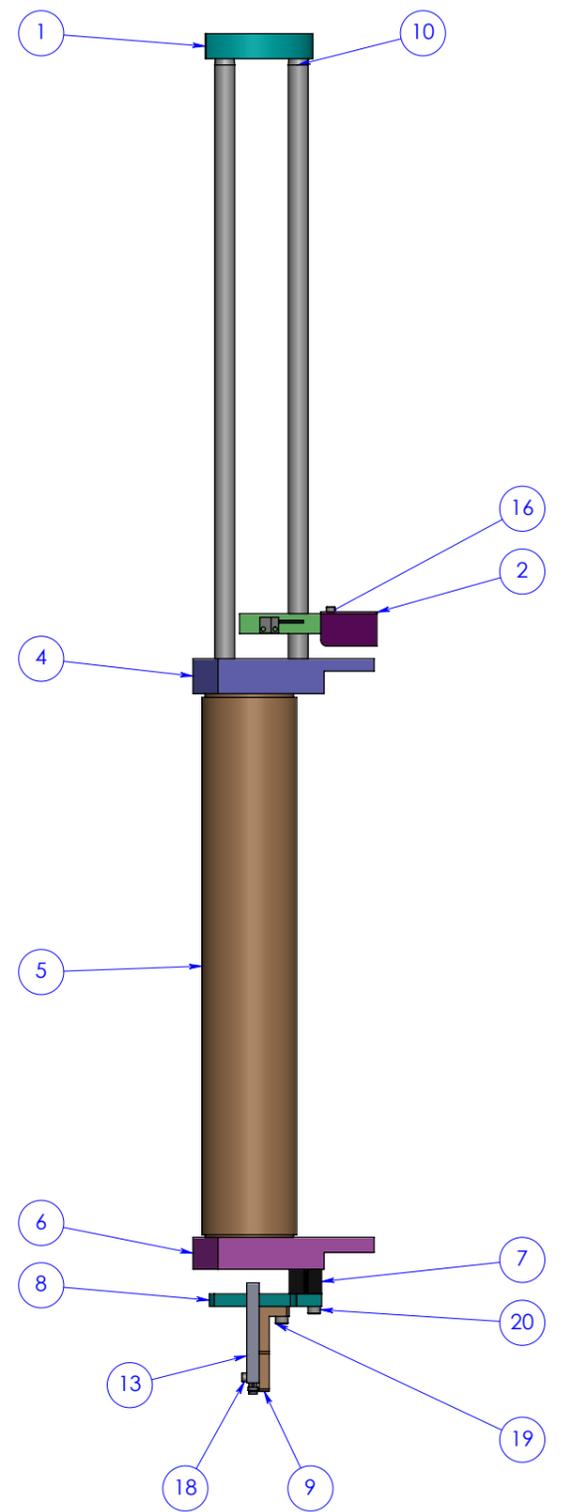
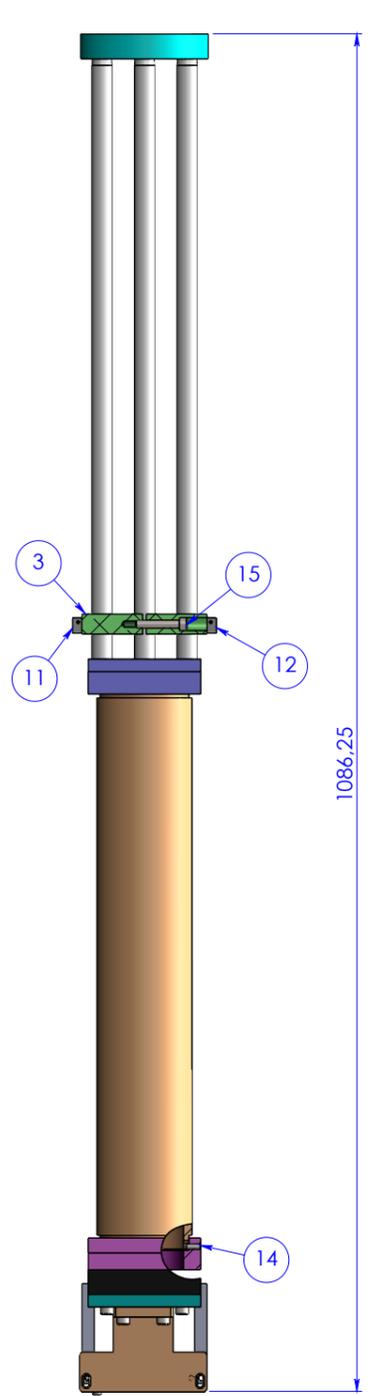
ITEM	Peça	Desenho	Referência	Fabricante	QTY.
1	1053CAC19 Sabre Cuvette D62				1
2	Butee Sabre D62				2
3	Pivot				1
4	Poignee Sabre D62				1
5	DIN 913 - M10 x 40-N				1
6	DIN 912 M5 x 10 --- 10N				2
7	Parallel Pin ISO 8734 - 1.5 x 8 - A - St				1

Designação: Sabre Cuvette

	Quebra arestas	Desenhou	Data	Rubrica	<p>Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro</p> <p>T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106</p> <p>atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt</p>
	0,5 x 45°		17/04/2019	Lisandro Ferreira	
	Rugosidade Geral	Verificou			
	3,2	Exec.			

Formato: A3	Nº Interno: <input type="text"/>	Quant. 1
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.	Material:	Escala 1:4
	Tratamento:	
Última actualização /impressão	Acabamento:	1/1



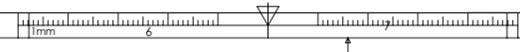


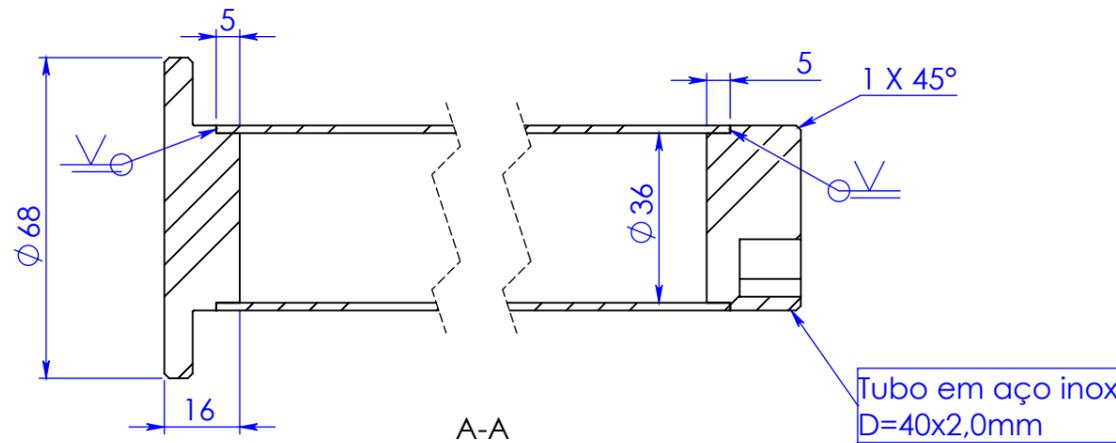
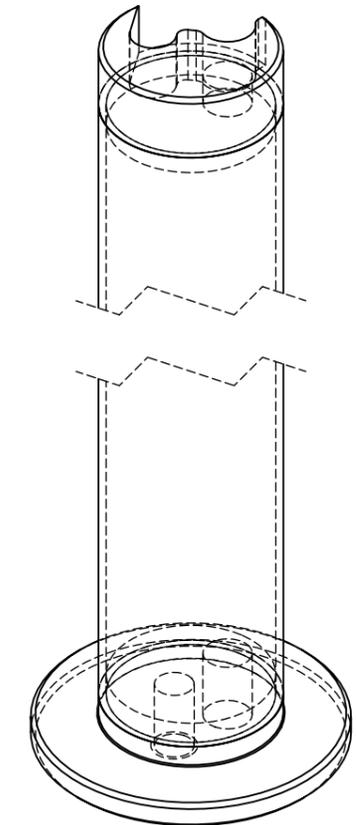
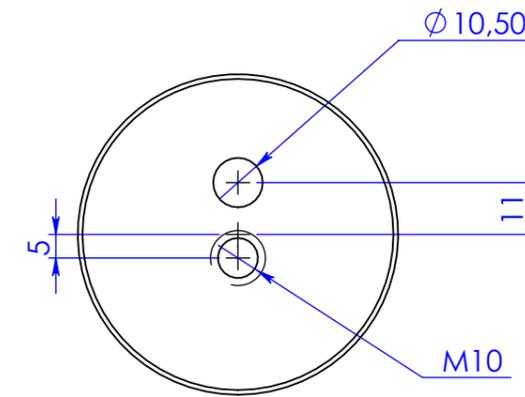
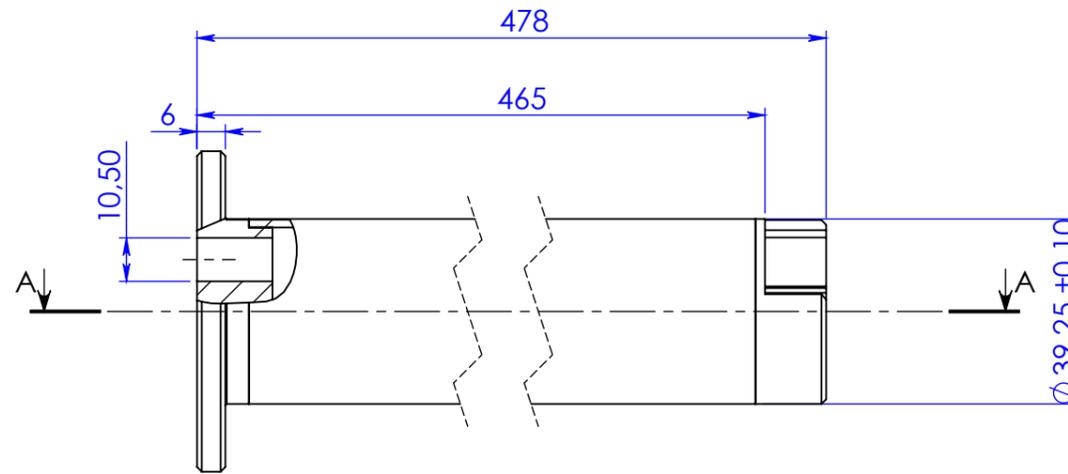
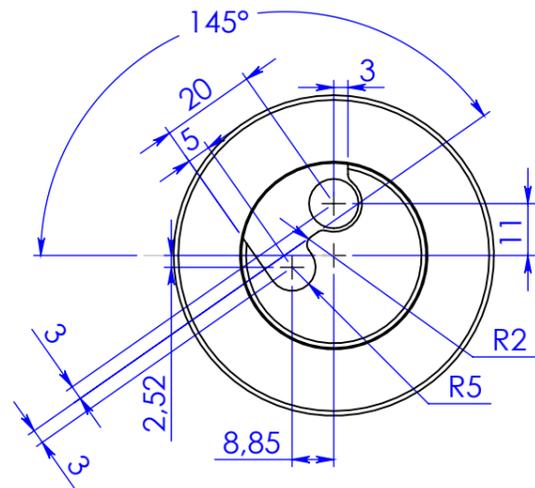
ITEM	Peça	Desenho	Referência	Fabricante	QTY.
1	1053CAC19 Bride Sup. Tube 62				1
2	1053CAC19 BOITE				1
3	1053CAC19 Support Detecteur Rolamento D40				1
4	1053CAC19 Bride Centr. Tube D62				1
5	1053CAC19 Tubo D62				1
6	1053CAC19 Bride Inf. Tube D62				1
7	1053CAC19 Appui				1
8	1053CAC19 Sole D62				1
9	Cantoneira da fotocélula				1
10	1053 Colonne				3
11	XUF Z14		XUF Z14	TELEMECANI QUE	1
12	XUF Z04		XUF Z04	TELEMECANI QUE	1
13	CAD_STP_200_0278		OPU204	IFM	1
14	Parallel Pin ISO 8734 - 4 x 12 - A - St				1
15	DIN 912 M6 x 35 --- 35N				1
16	DIN 912 M4 x 10 --- 10N				2
17	DIN 912 M6 x 20 --- 20N				3
18	Socket Head Cap Screw DIN				2
19	DIN 912 M6 x 16 --- 16N				2
20	DIN 912 M6 x 40 --- 40N				2

Designação: 1053CAC1919 Armazém Rolamento JT4

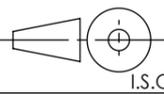
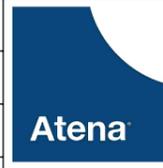
	Quebra arestas		Data	Rubrica	<p>Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro</p> <p>T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106</p> <p>atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt</p>
	0,5 x 45*		Desenhou	17/04/2019	
Tolerâncias Gerais	Rugosidade Geral	ISO 2768 - mK	3,2/	Verificou	
				Exec.	

Formato: A2	Nº Interno: <input type="text"/>	Quant. 1
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.	Material:	Escala 1:4
Última actualização /impressão	Tratamento:	1/1
Data: 06/01/2020	Acabamento:	
Projecto: Adaptação OP210 para JT4		

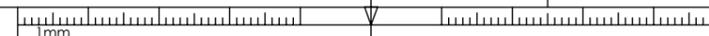


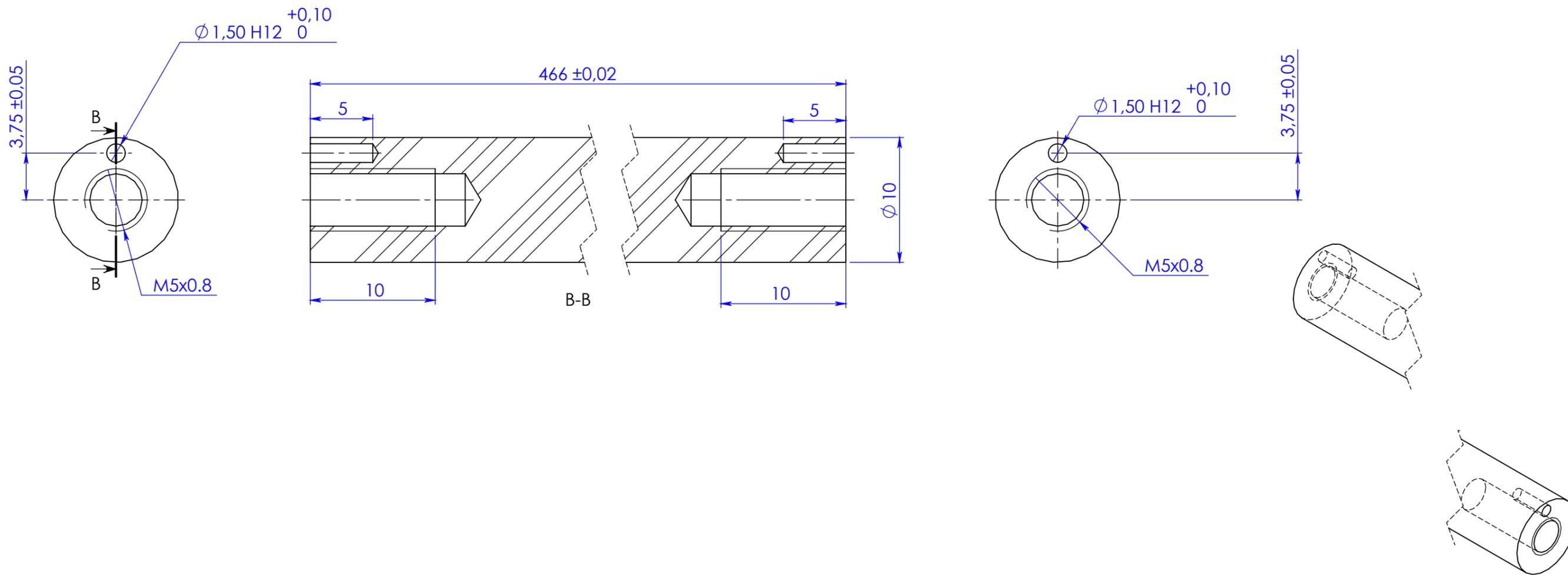


Designação: Sabre

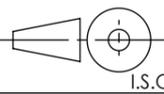
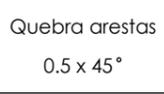
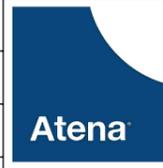
	Quebra arestas 0,5 x 45°	Desenhou	Data	Rubrica	 <p>Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro</p> <p>T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106</p> <p>atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt</p>
		17/04/2019	Lisandro Ferreira		
Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral 3,2	Verificou			
		Exec.			

Formato: A3	Nº Interno: <input type="text"/>	Quant. 1
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.	Material: EN X5CrNi18-10 (AISI 304)	Escala 1:1.5
	Tratamento:	
Última actualização /impressão	Acabamento:	1/1

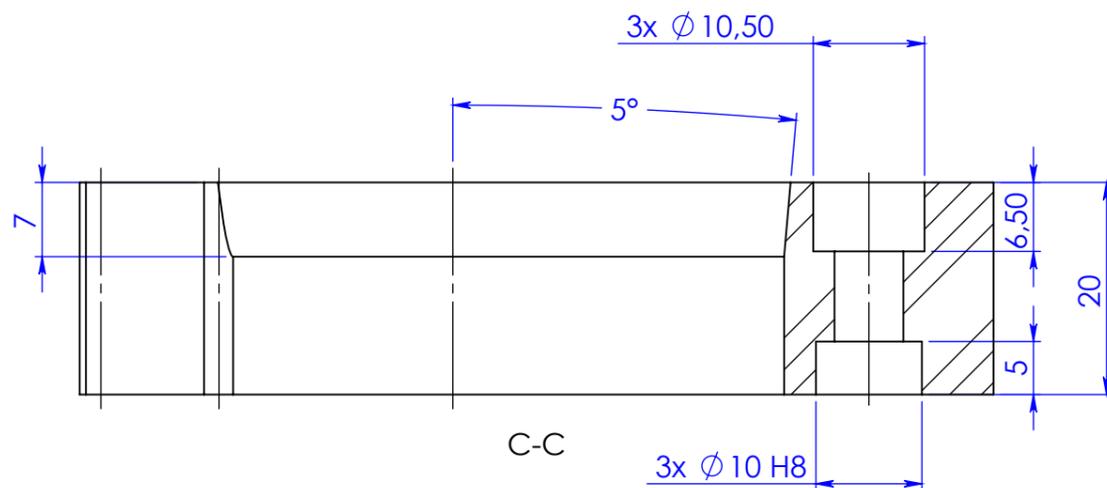
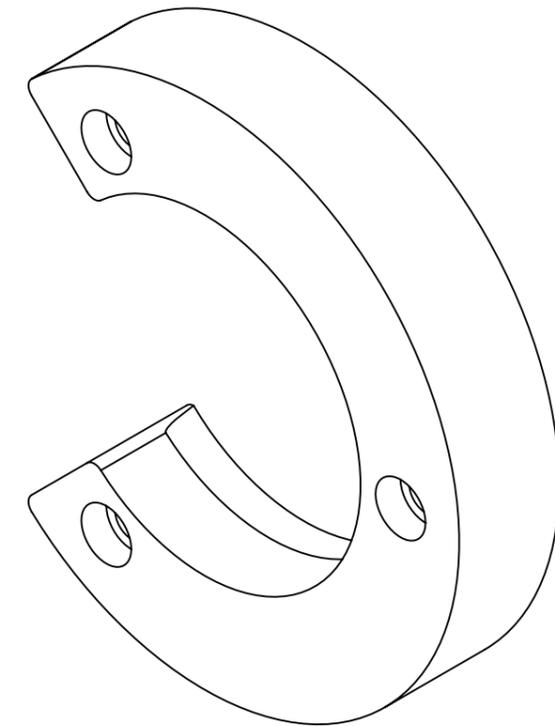
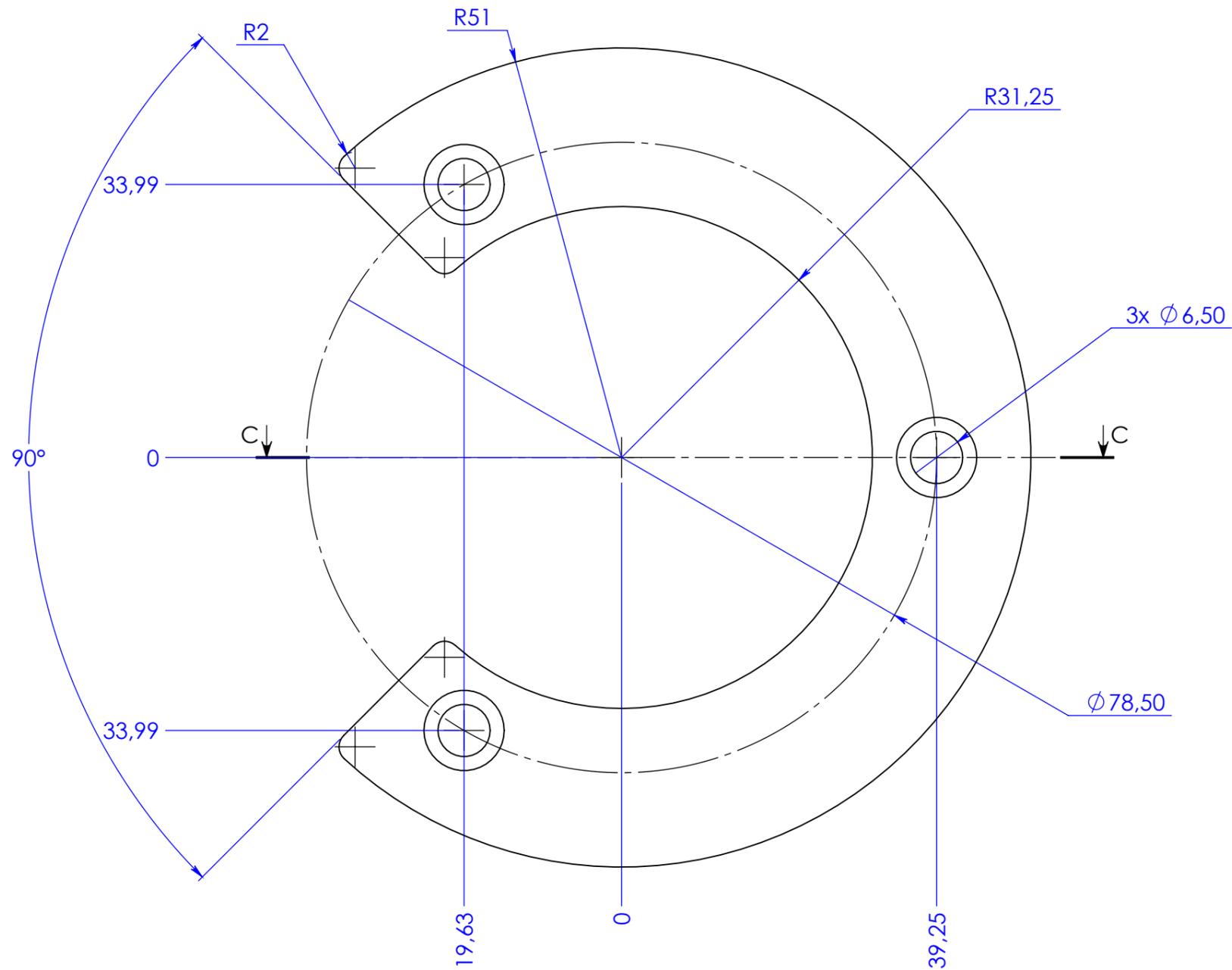




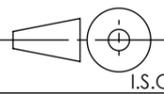
Designação: Pivot

 Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	 Rugosidade Geral 3,2	Quebra arestas 0,5 x 45°	Data 17/04/2019	Rubrica Lisandro Ferreira	 Atena Automação Industrial	Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106 atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt
		Desenhou	Verificou	Exec.		
Formato: A3	Nº Interno: <input type="text"/>	Quant. 1				
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.	Material: Veio Têmperado e Calibrado, D=10	Escala 3:1				
	Tratamento:					
Última actualização /impressão	Acabamento:	1/1				

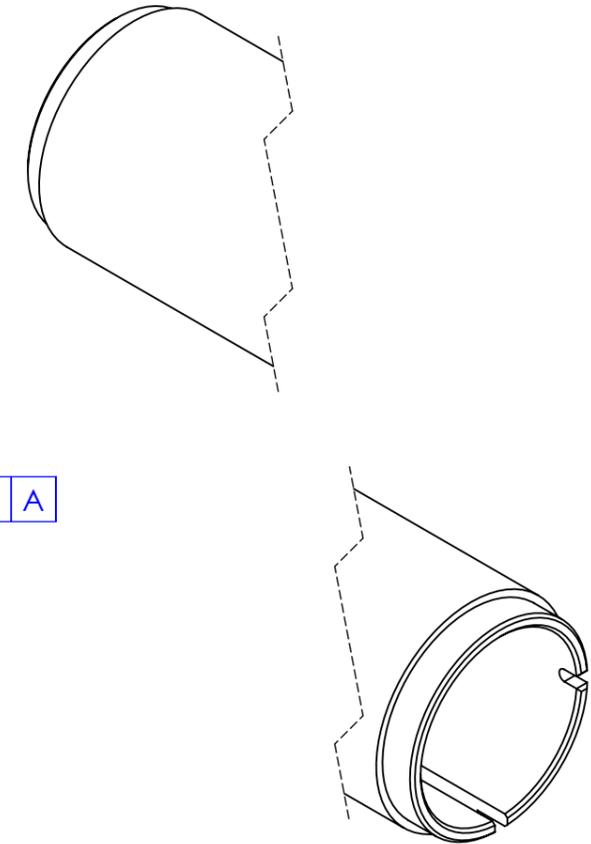
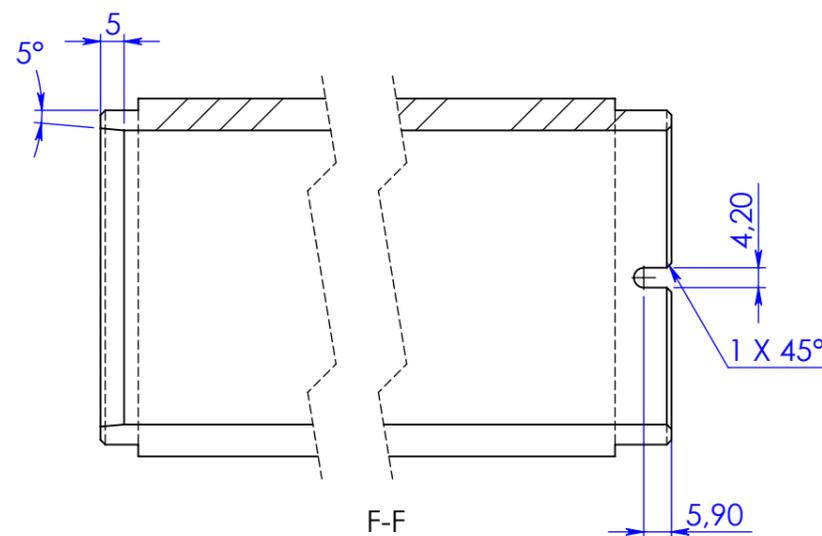
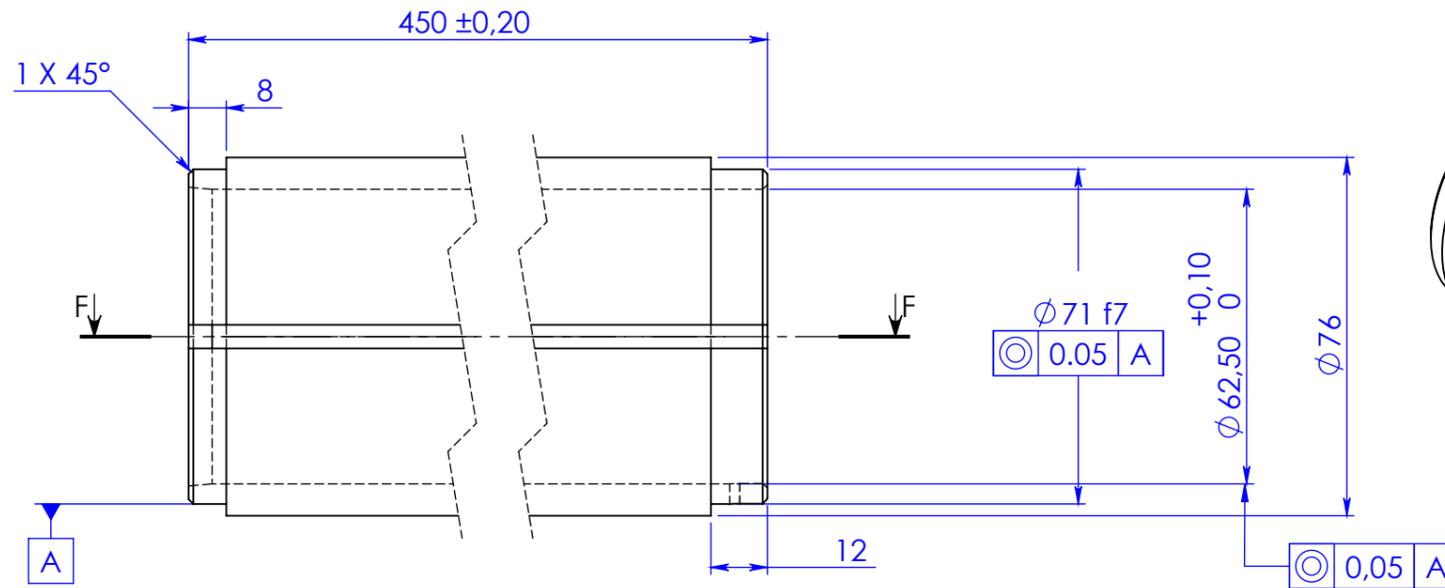
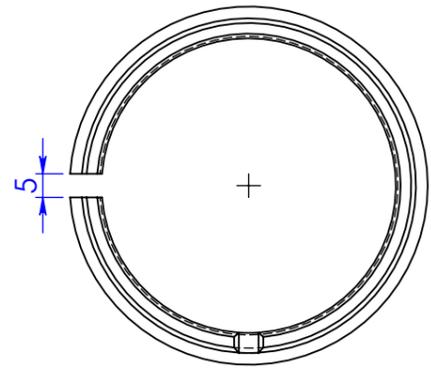




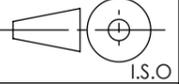
Designação: Bride Sup.Tube

 I.S.O.	Quebra arestas 0,5 x 45°	Desenhou	Data 17/04/2019	Rubrica Lisandro Ferreira	 Atena Automação Industrial Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106 atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt
	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral 3,2	Verificou	Exec.	
Formato: A3		Nº Interno: <input type="text"/>			Quant. 1
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.		Material: C45E (F10)			Escala 1.5:1
		Tratamento: Zincagem			
Última actualização /impressão		Acabamento:			1/1





Designação: Tubo

 I.S.O.	Quebra arestas		Data	Rubrica	 Atena Automação Industrial	Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106 atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt
	0.5 x 45°	Desenhou	17/04/2019	Lisandro Ferreira		
Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral 3,2	Verificou				
		Exec.				

Formato: A3

Nº Interno:

Quant.
1

Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.

Material: Tubo Mecânico D76,3x9,6

Escala
1:1.5

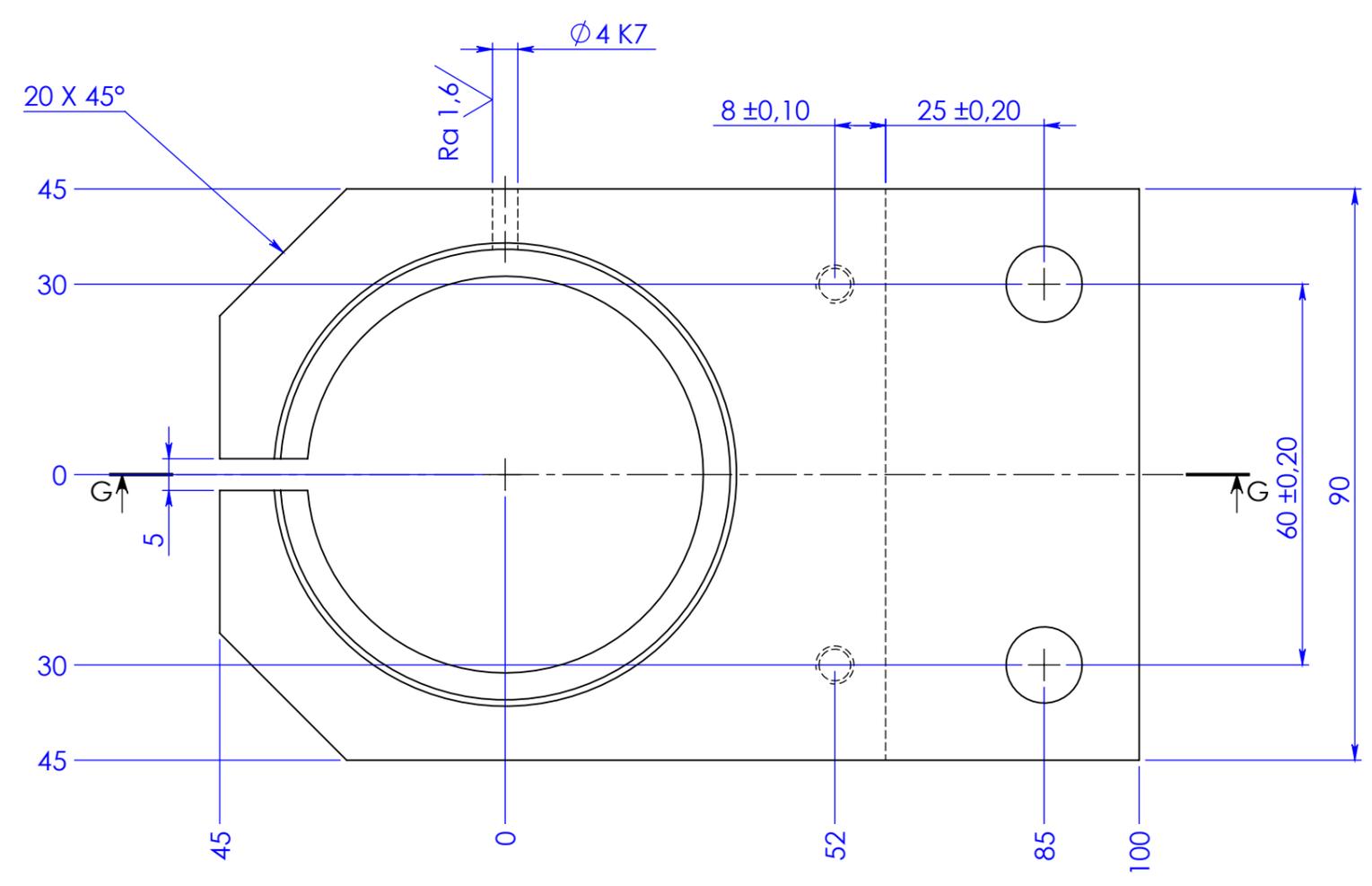
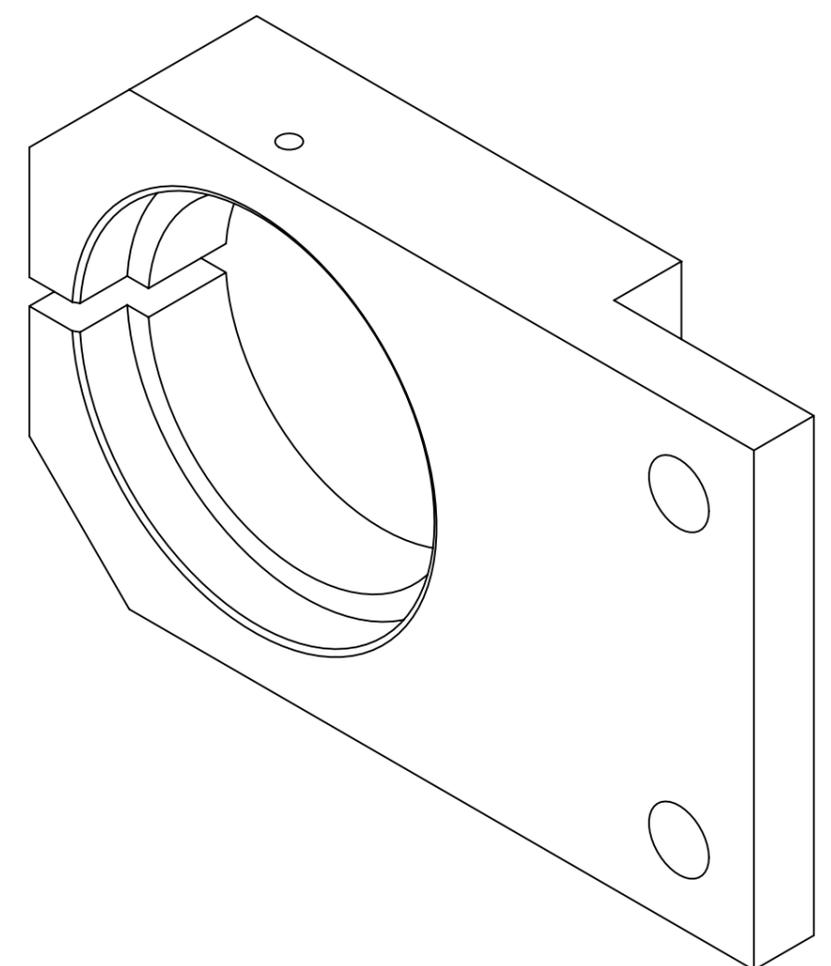
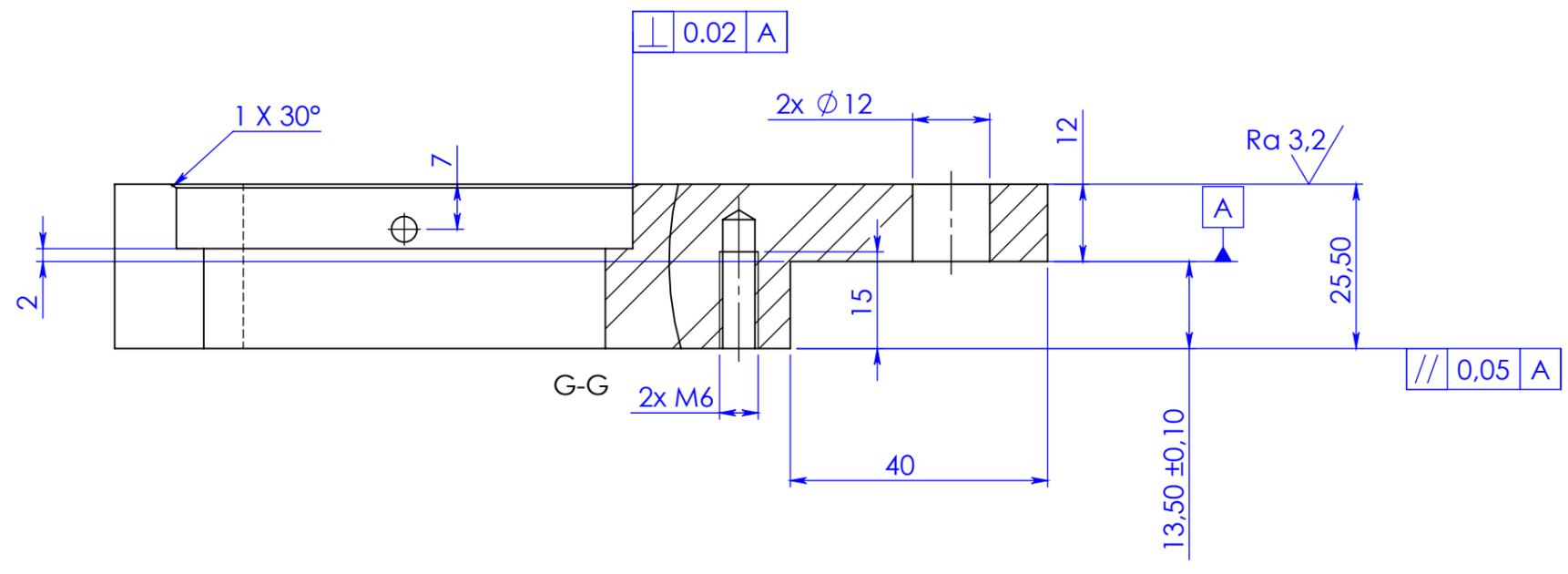
Tratamento: Zincagem

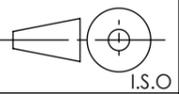
Última actualização /impressão

Acabamento:

1/1



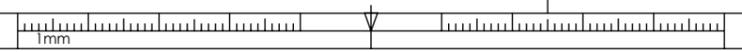


Designação: Bride inf. Tube				
 I.S.O.	Quebra arestas		Data	Rubrica
	0,5 x 45°		17/04/2019	Lisandro Ferreira
Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral	Verificou		
	3,2	Exec.		
Formato: A3		Nº Interno: <input type="text"/>		Quant. 1
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.		Material: EN C45E (F10)		Escala 1:1
		Tratamento: Zincagem		
Última actualização /impressão		Acabamento:		1/1

Atena Automação Industrial, Lda
Zona Industrial da Palhaça lote 11
3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro

Atena
Automação Industrial

T. +351 234 757 010
F. +351 234 756 106
atena@atena-ai.pt
www.atena-ai.pt



Apêndice E

Documentação técnica do quinto caso de estudo

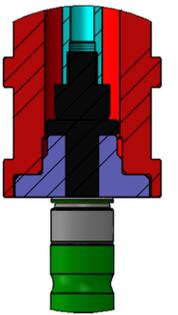
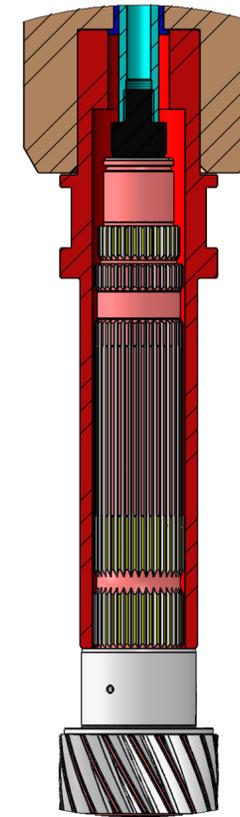
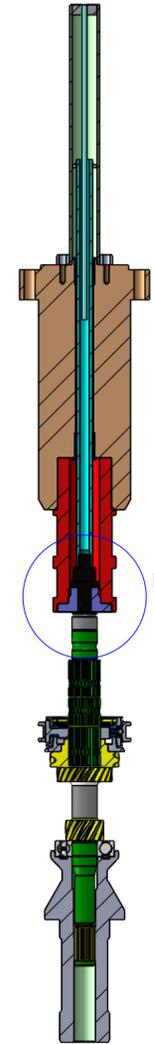
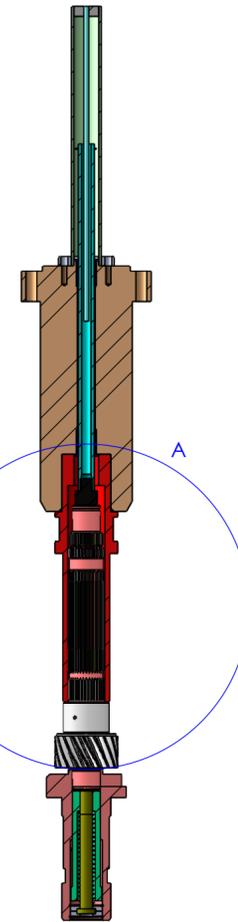
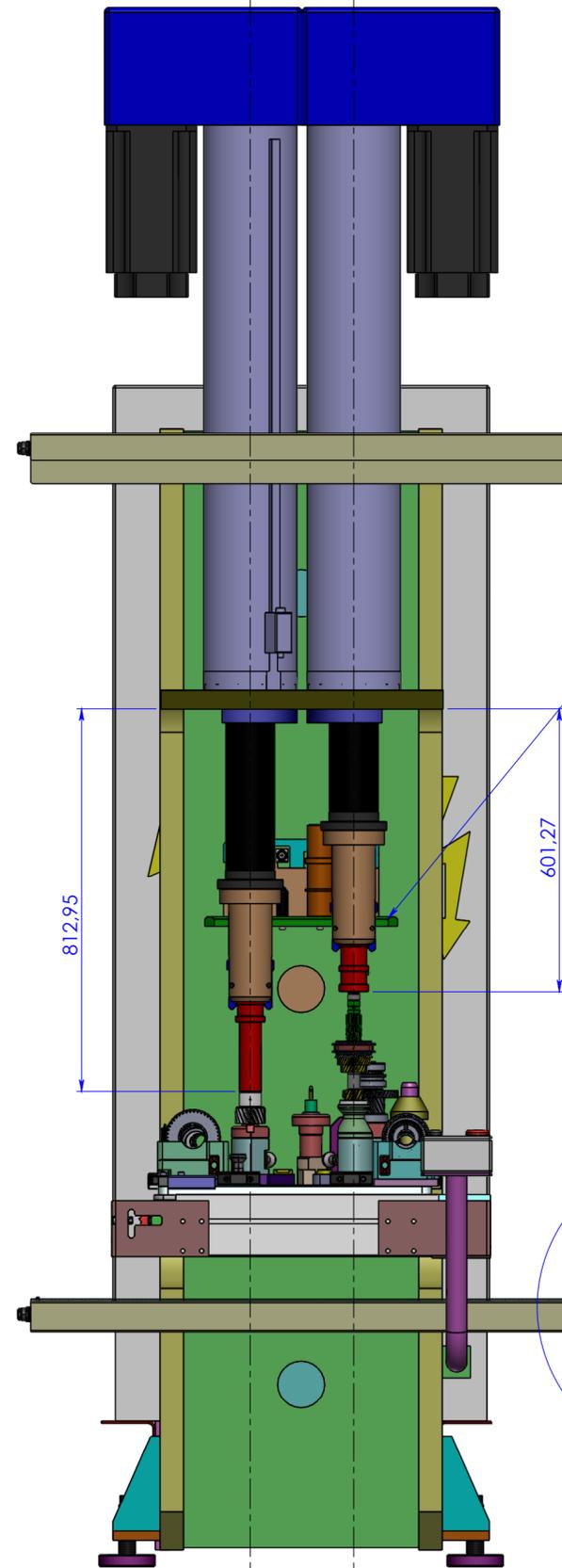
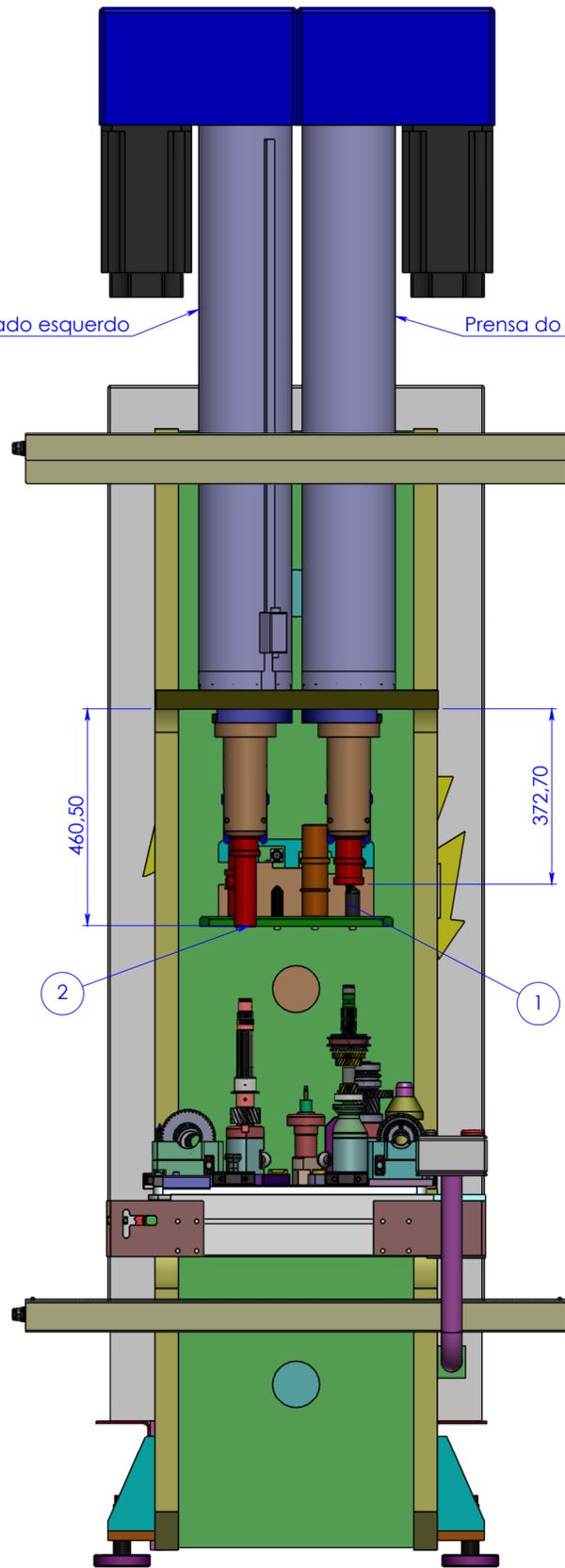
O presente apêndice inclui os desenhos de conjunto e os desenhos de definição.

Notas:
Representação da primeira prensagem na máquina 1.

Prensa do lado esquerdo

Prensa do lado direito

Nota:
Colocar o centrador de guia para as ferramentas no porta-ferramentas, este centrador será utilizado para a colocação da ferramenta.



DETAIL A
1:2

DETAIL B
1:2

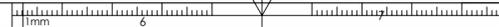
ITEM	Peça	Desenho	Referência	Fabricante	QTY.
1	Centrador de guia para as ferramentas D29,5				1
2	Ferramenta Árvore Secundária				1
3	Ferramenta da árvore primária com centrador				1

Designação: Máquina 1

 I.S.O.	Quebra arestas	0,5 x 45°	Data	Rubrica	 Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106 atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt
	Tolerâncias Gerais	Rugosidade Geral	Verificou		
	ISO 2768 - mK	3,2	Exec.		

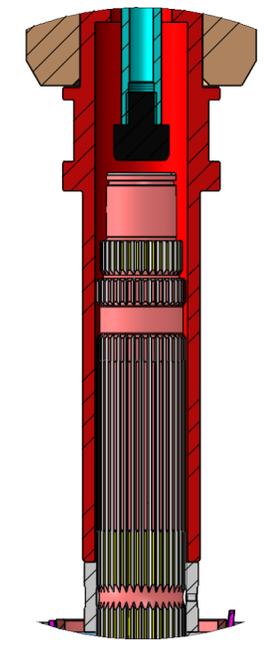
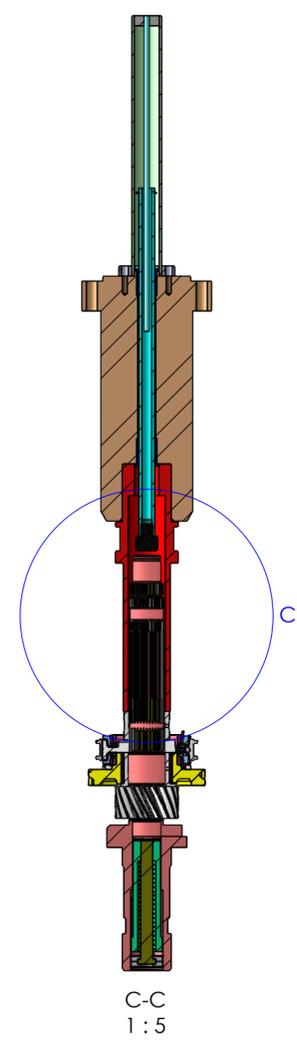
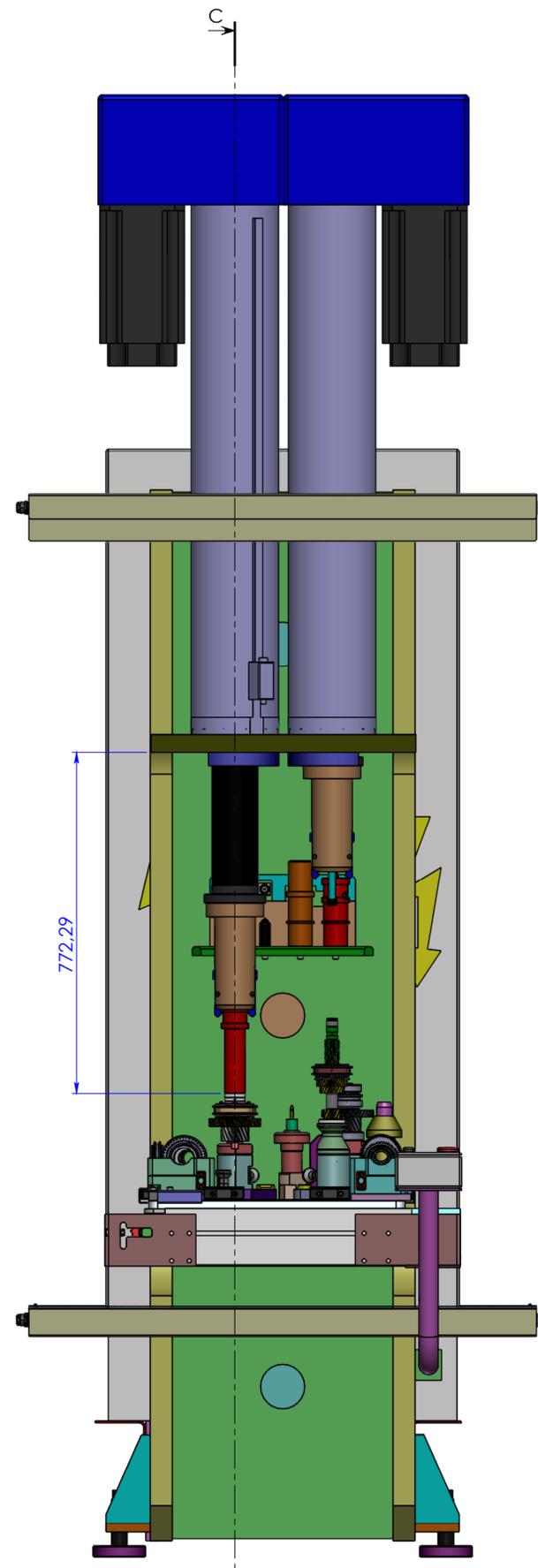
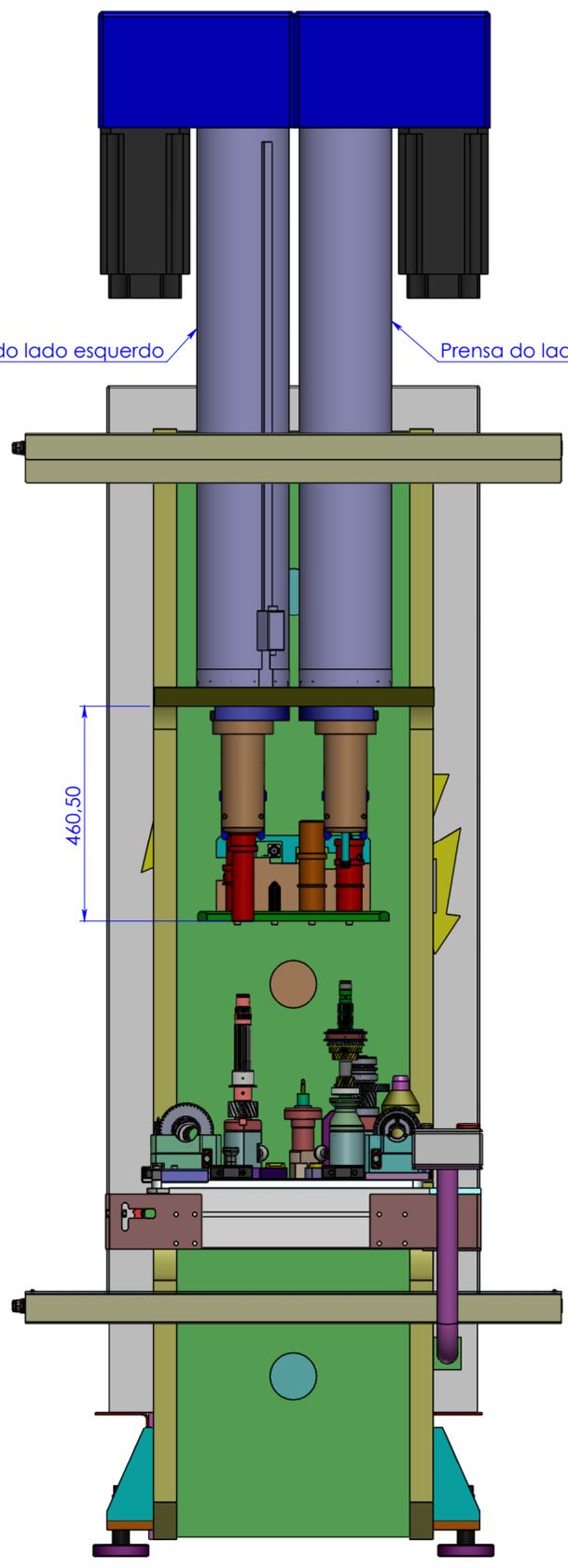
Formato: A2	Nº Interno: <input type="text"/>	Quant.	1
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.	Material:	Escala	1:10
Última actualização /impressão	Acabamento:		1/2

Notas:
 • Curso da prensa do lado esquerdo= 352,45
 • Curso da prensa do lado direito= 228,57



Notas:
Representação da segunda prensagem na máquina 1.

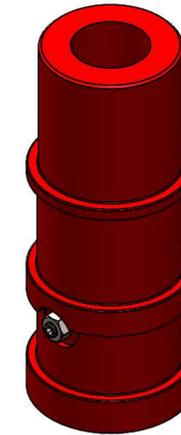
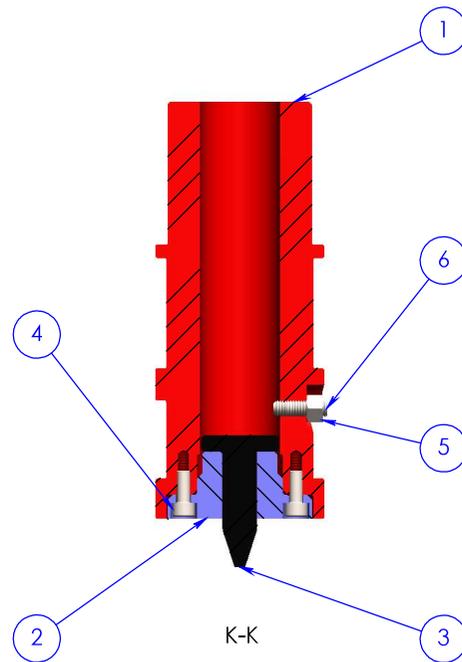
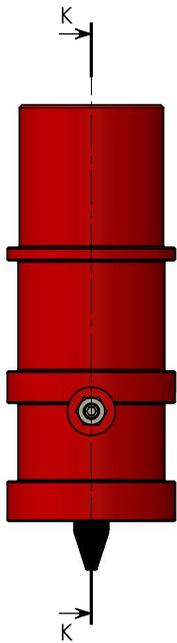
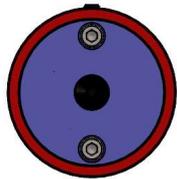
Prengo do lado esquerdo Prensa do lado direito



DETAIL C
1:2

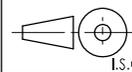
Notas:
• Curso da prensa do lado esquerdo= 311,79

Designação: Máquina 1				Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro	
	Quebra arestas 0.5 x 45°	Data	Rubrica	 T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106 atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt	
Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral 3.2	Desenhou	Lisandro Ferreira		
		Verificou			
		Exec.		Formato: A2	Nº Interno: <input type="text"/>
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.		Material:		Quant.	1
Última actualização /impressão		Acabamento:		Escala	1:10
					2/2



ITEM	Peça	Desenho	Referência	Fabricante	Rev.	QTY.
1	Ferramenta Árvore Primária					1
2	Enclume da ferramenta da árvore primária					1
3	Centrador da ferramenta da árvore primária					1
4	DIN 912 M5 x 12 --- 12N					2
5	ISO - 4034 - M6 - N					1
6	DIN 913 - M6 x 20-S					1

Designação: Ferramenta da árvore primária com centrador



Quebra arestas
0.5 x 45°

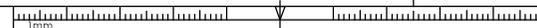
Data
Desenhou 08/05/2019
Rubrica
Lisandro Ferreira

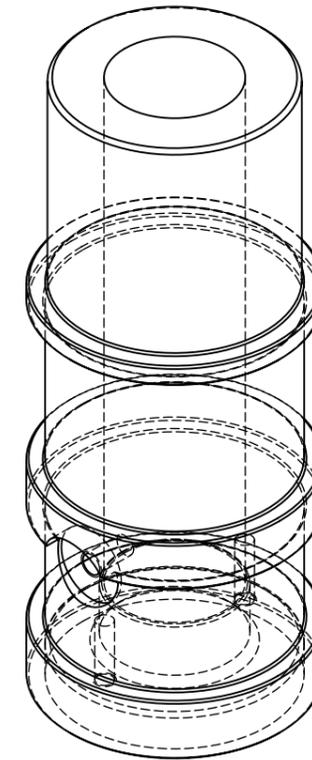
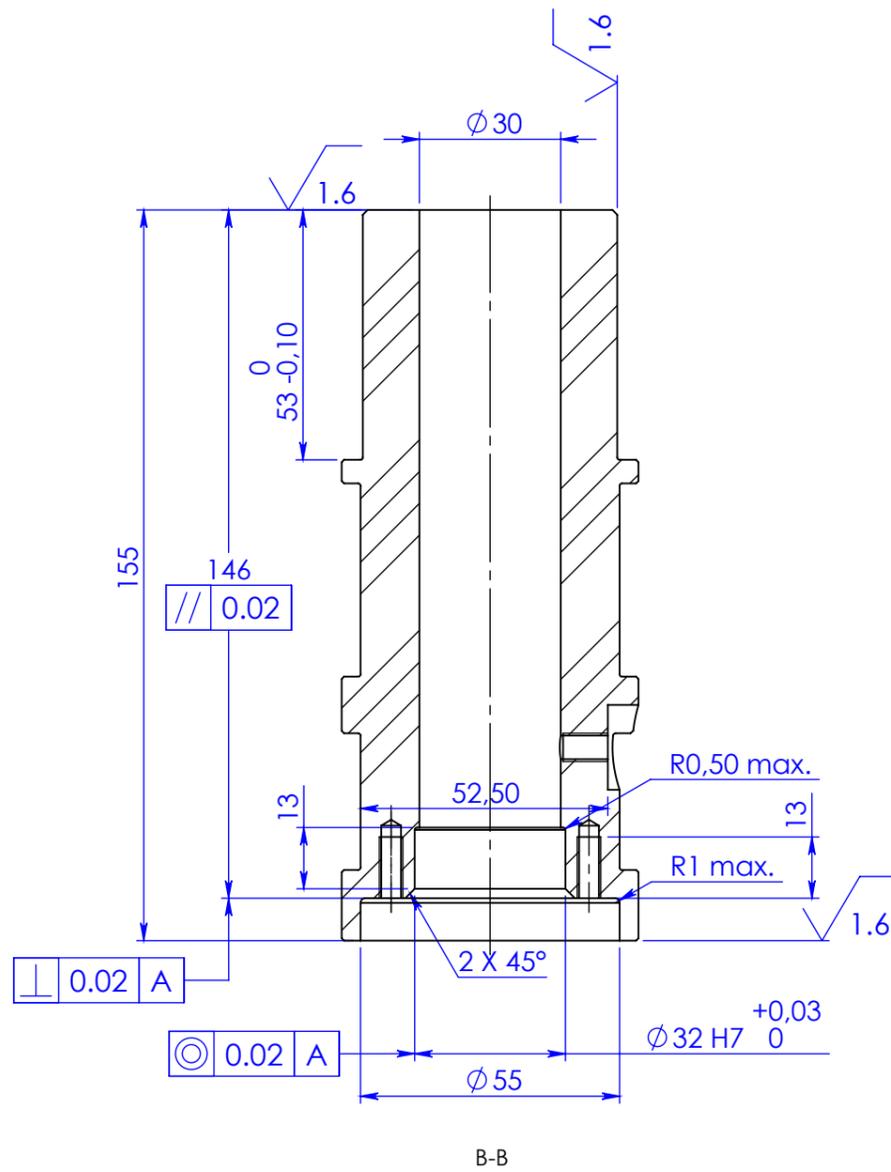
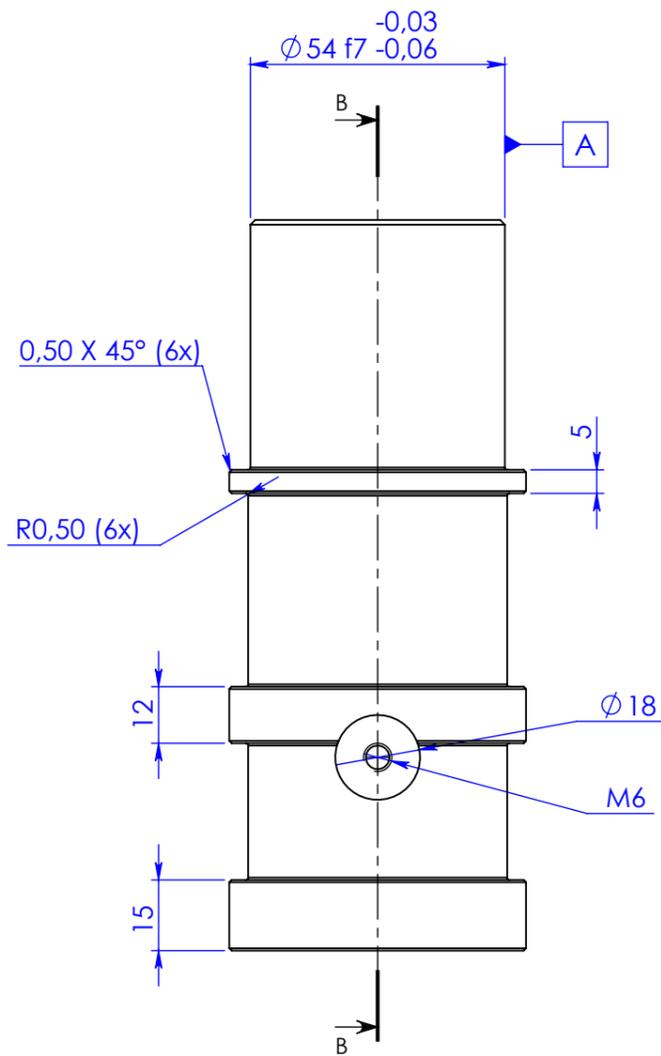
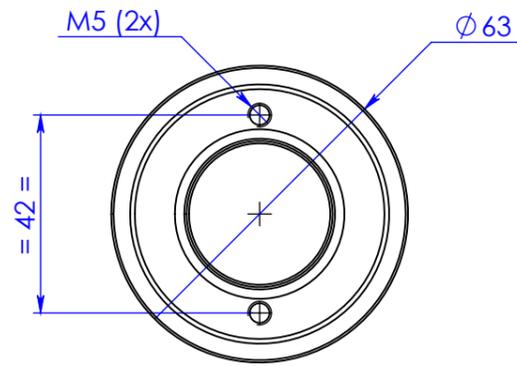
Atena Automação Industrial, Lda
Zona Industrial da Palhaça lote 11
3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro
T. +351 234 757 010
F. +351 234 756 106
atena@atena-si.pt
www.atena-si.pt

Tolerâncias Gerais
ISO 2768 - mK

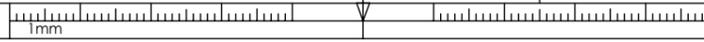
Rugosidade Geral
3,2/√

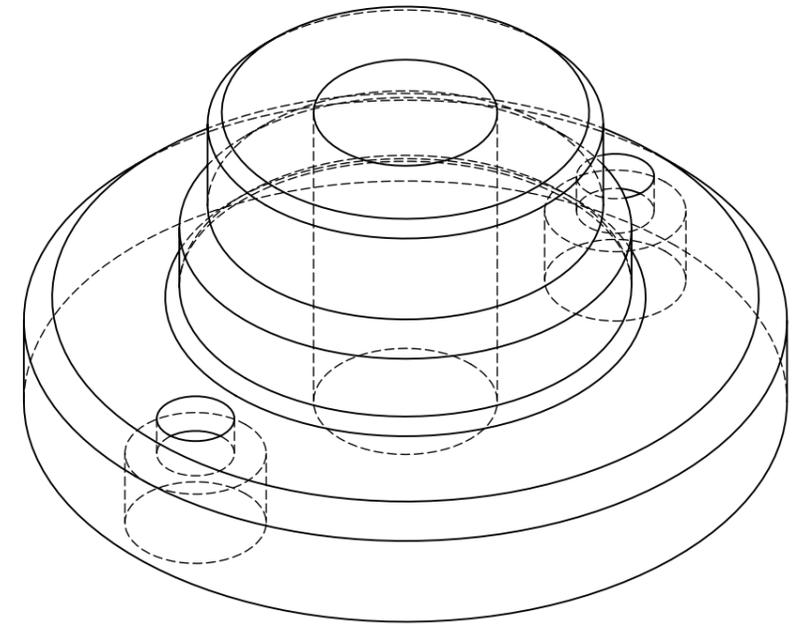
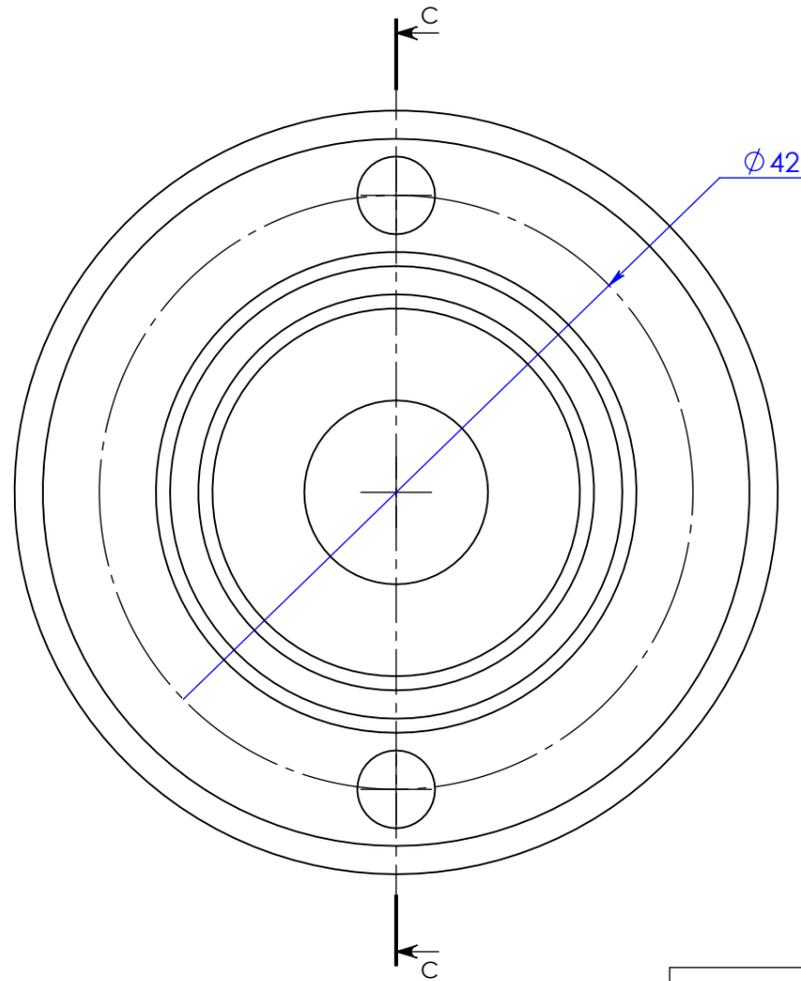
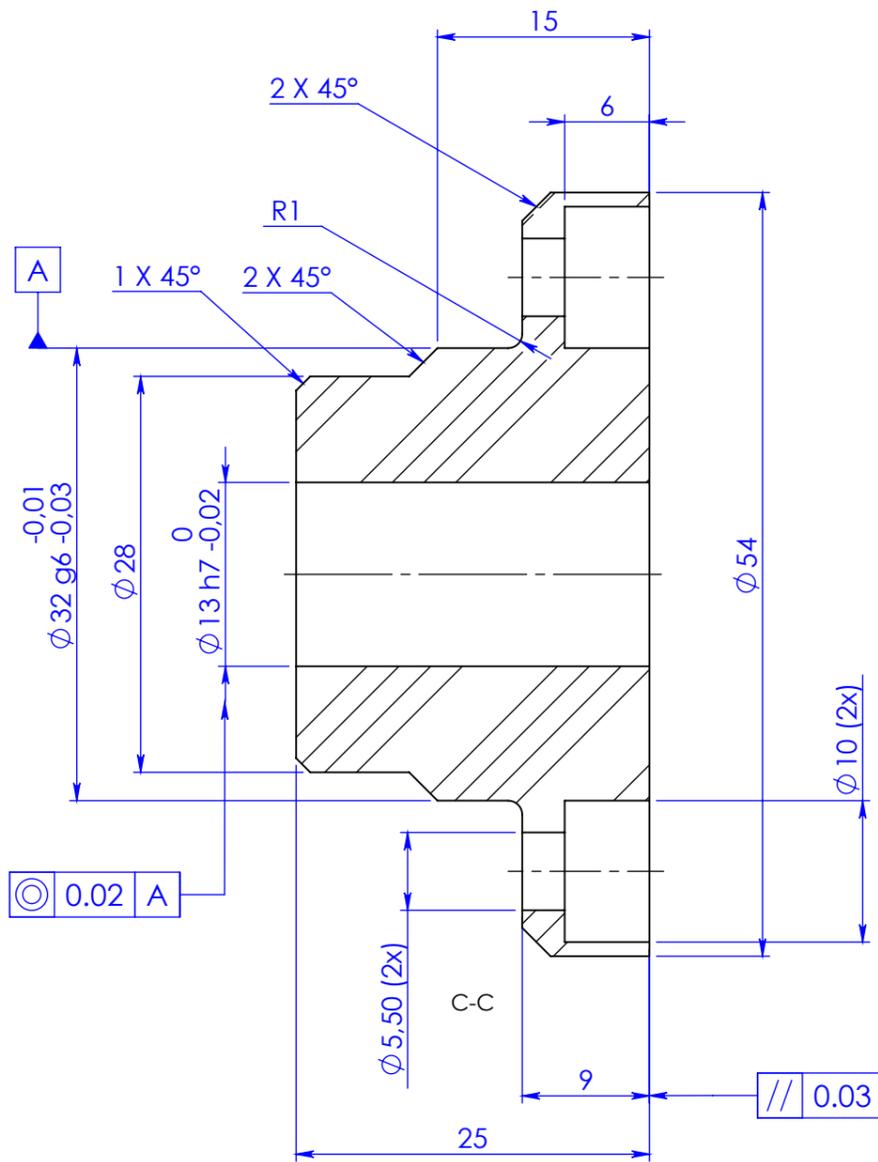
Formato: A3	Nº Interno: <input type="text"/>	Quant. 1
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.	Material:	Escala 1:2
	Tratamento:	
Última actualização /impressão	Acabamento:	1/1



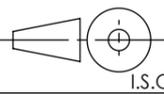


Designação: Ferramenta Árvore Primária				Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro	
 Quebra arestas 0,5 x 45°	 Rugosidade Geral 3,2	Desenhou	21/05/2019	Rubrica	Lisandro Ferreira
		Verificou			
Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK		Exec.			
Formato: A3	Nº Interno: <input type="text"/>				Quant. 1
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.	Material: EN X160CrMoV12-1 (C265)				Escala 2:3
	Tratamento: T6 (Têmpera + Revenido 54-58 HRC)				
Última actualização /impressão	Acabamento:				1/1

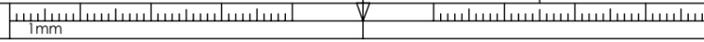


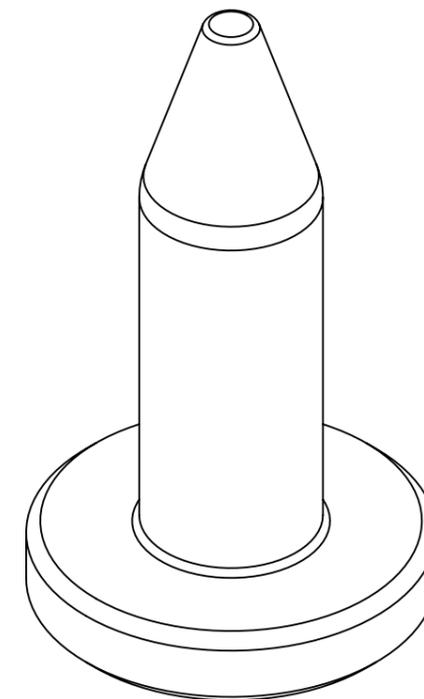
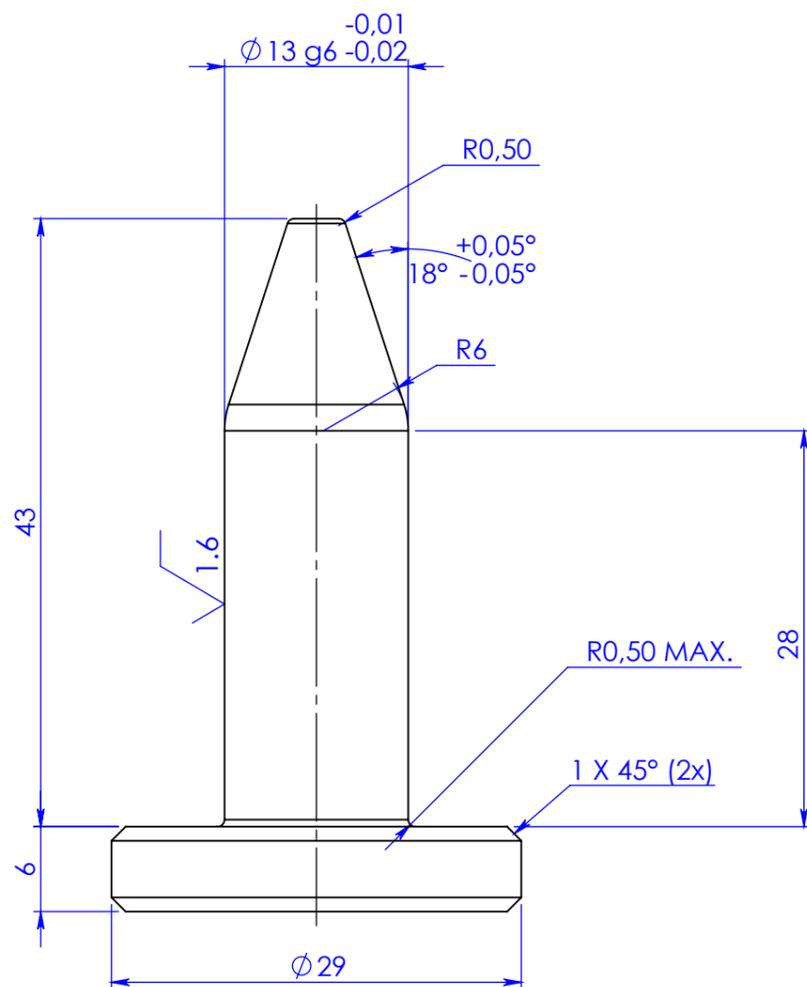


Designação: Enclume da ferramenta da árvore primária

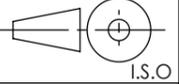
 I.S.O.	Quebra arestas		Data	Rubrica	 Atena Automação Industrial	Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106 atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt
	0.5 x 45°	Desenhou	21/05/2019	Lisandro Ferreira		
Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral 3,2	Verificou				
		Exec.				

Formato: A3	Nº Interno: <input type="text"/>	Quant. 1
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.	Material: EN X160CrMoV12-1 (C265)	Escala 2:1
	Treatamento: T6 (Têmpera + Revenido 54-58 HRC)	
Última actualização /impressão	Acabamento:	1/1



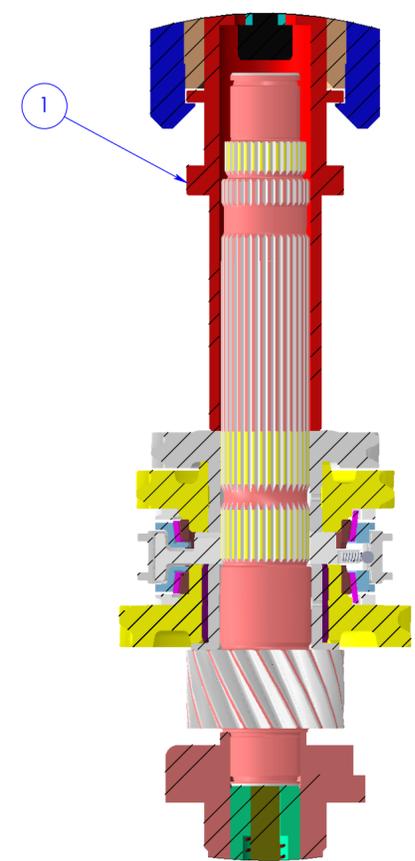
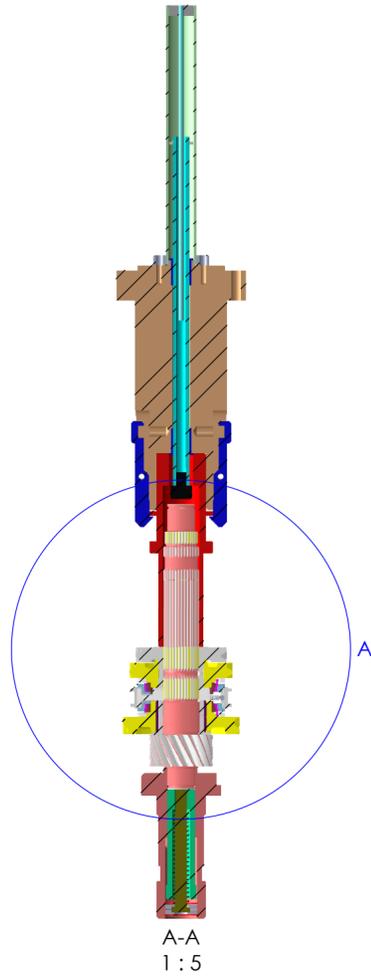
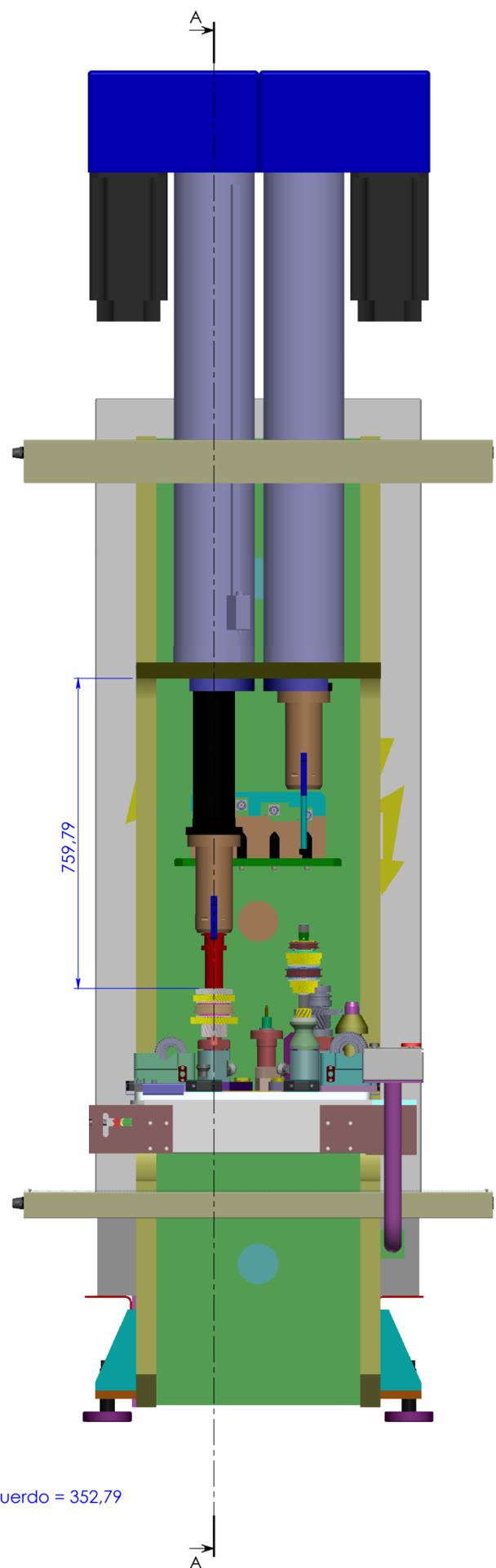
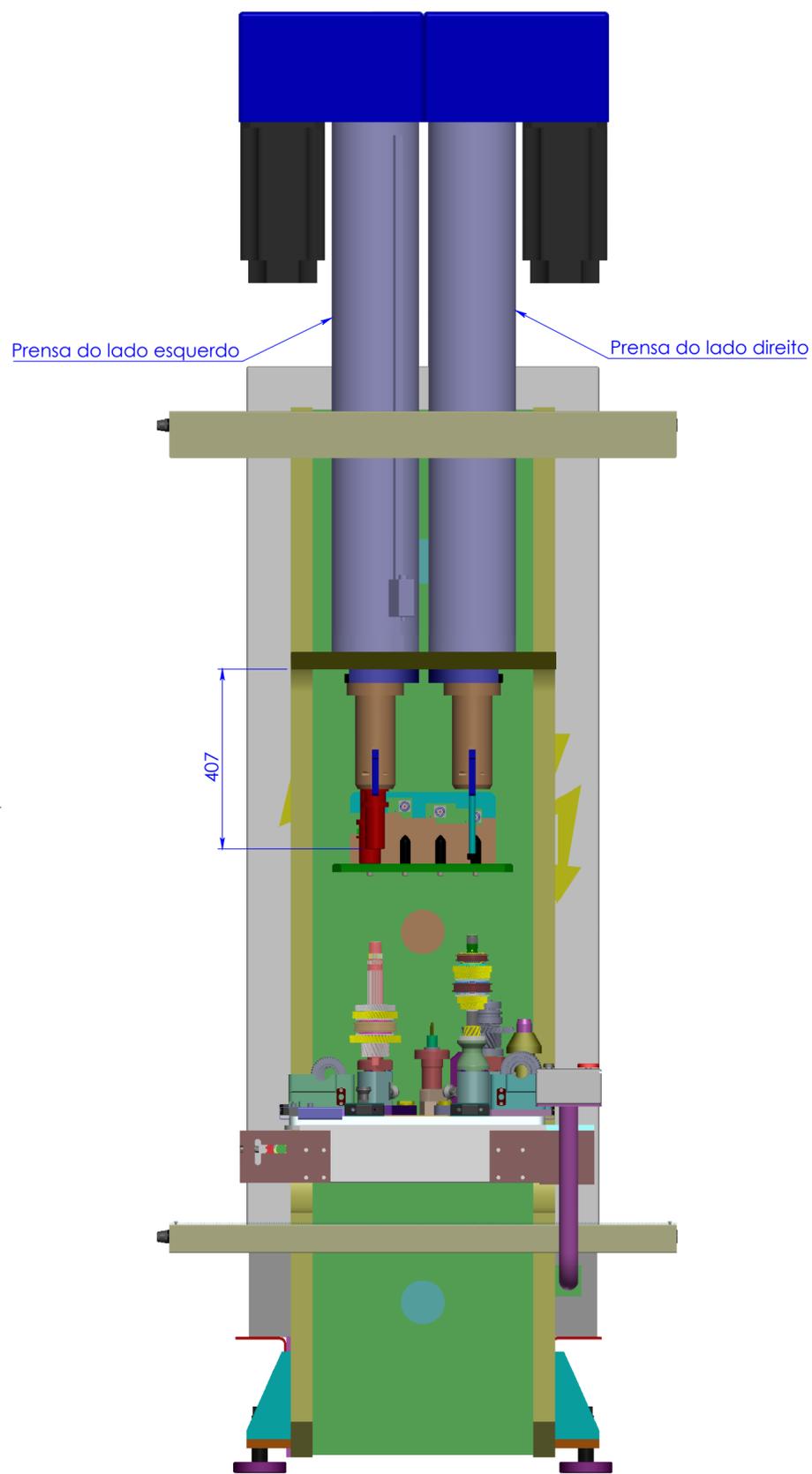


Designação: Centrador da ferramenta da árvore primária

 I.S.O.	Quebra arestas		Data	Rubrica	 <p>Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro</p> <p>T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106</p> <p>atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt</p>
	0.5 x 45°	Desenhou	21/05/2019	Lisandro Ferreira	
Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral 3,2	Verificou			
		Exec.			
Formato: A3	Nº Interno: <input type="text"/>			Quant. 1	
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.	Material: 34CrNiMo6 (FR3)			Escala 2:1	
	Tratamento:			1/1	
Última actualização /impressão	Acabamento:				



Notas:
Representação da primeira prensagem na máquina 2.



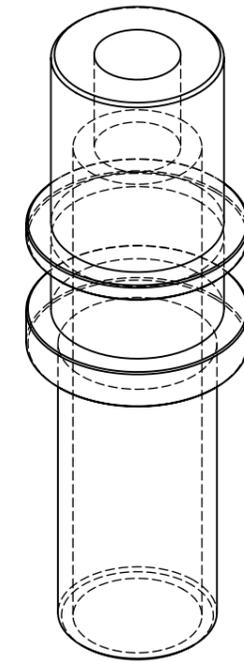
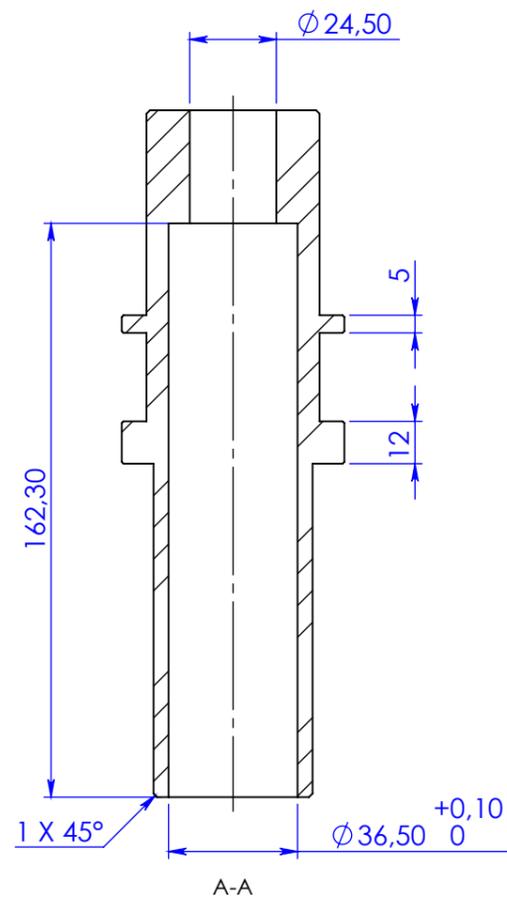
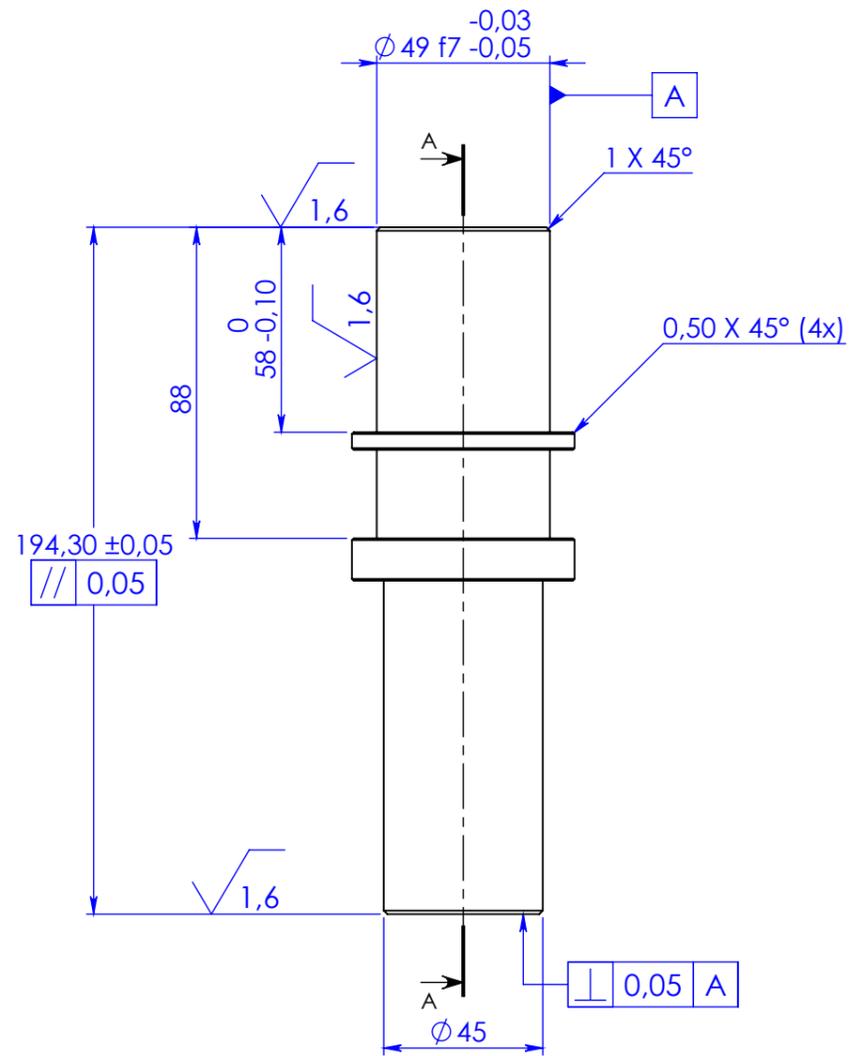
Notas:
• Curso da prensa do lado esquerdo = 352,79

ITEM	Peça	Desenho	Referência	Fabricante	QTY.
1	Ferramenta Árvore Secundária				1

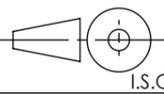
Designação: Máquina 2

<p>Quebra arestas 0.5 x 45° I.S.O</p>	<p>Rugosidade Geral 3.2</p>	Data	Rubrica	<p>Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106 atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt</p>
		Desenhou	08/05/2019	
Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK		Verificou		
		Exec.		

Formato: A2	Nº Interno: <input type="text"/>	Quant.
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.		Escala
Última actualização /impressão		1:10
		1/2

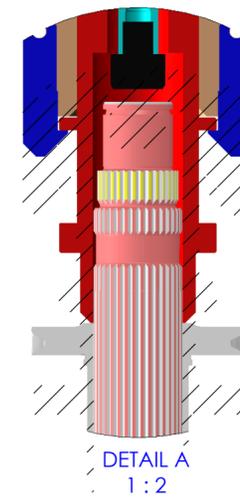
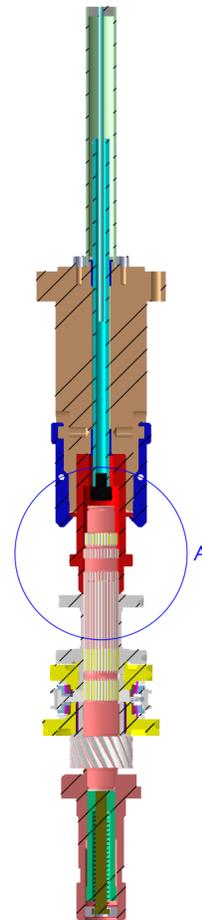
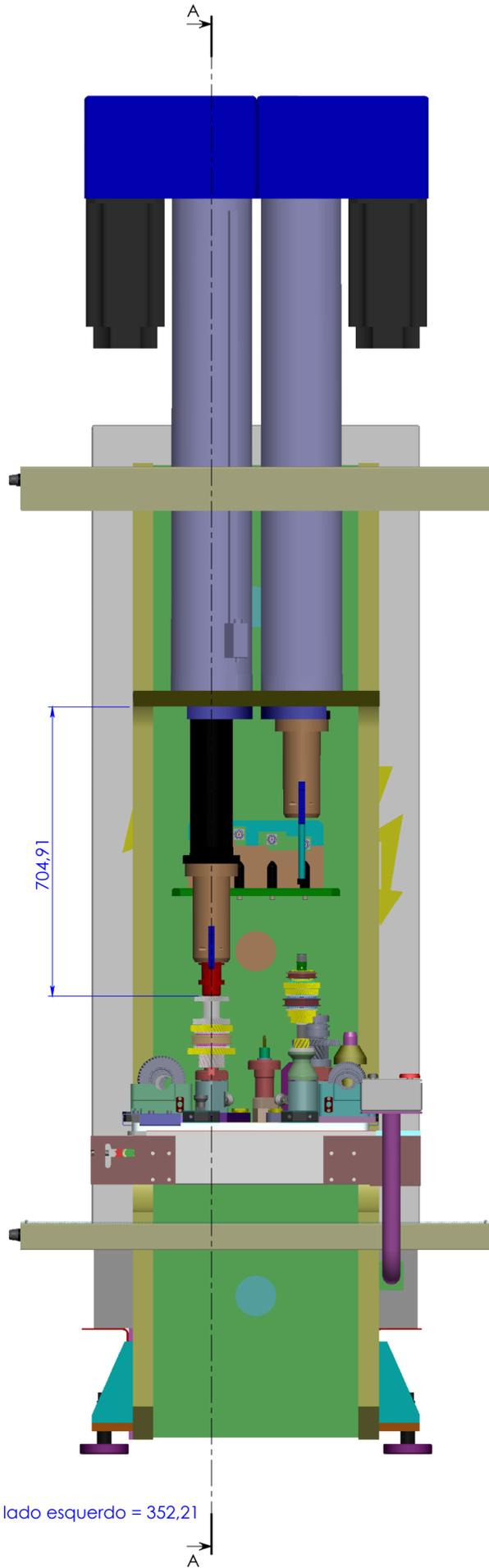
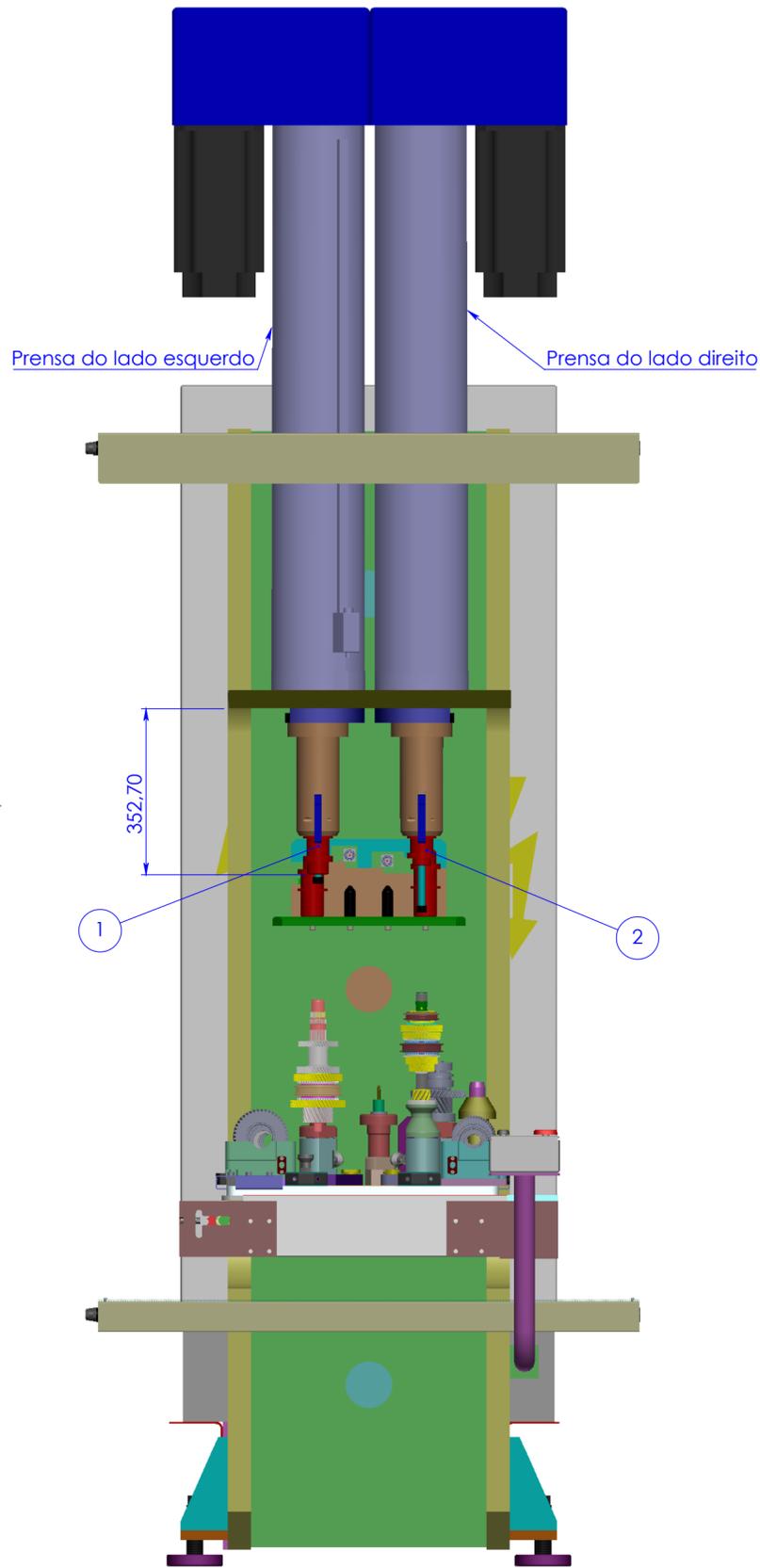


Designação: Ferramenta Árvore Secundária

	Quebra arestas		Data	Rubrica	 <p>Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro</p> <p>T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106</p> <p>atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt</p>
	$0,5 \times 45^\circ$	Desenhou	21/05/2019	Lisandro Ferreira	
Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral	Verificou			
	$3,2$	Exec.			
Formato: A3	Nº Interno: <input type="text"/>			Quant.	1
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.	Material:			Escala	
	Tratamento: T6 (Têmpera + Revenido 54-58 HRC)			1:2	
Última actualização /impressão	Acabamento:			1/1	



Notas:
Representação da primeira prensagem na máquina 3.



Notas:
• Curso da prensa do lado esquerdo = 352,21

A-A
1:5

ITEM	Peça	Desenho	Referência	Fabricante	QTY.
1	Ferramenta Árvore Secundária				1
2	Ferramenta Árvore Primária				1

Designação: Máquina 3

 I.S.O.	Quebra arestas		Data	Rubrica	 Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106 atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt
	0.5 x 45°		Desenhou 08/05/2019	Lisandro Ferreira	
Tolerâncias Gerais	Rugosidade Geral	Verificou			
ISO 2768 - mK	3.2/	Exec.			

Formato: A2	Nº Interno: <input type="text"/>	Quant.
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.	Material:	Escala
Última actualização /impressão	Tratamento:	1:10
	Acabamento:	1/3

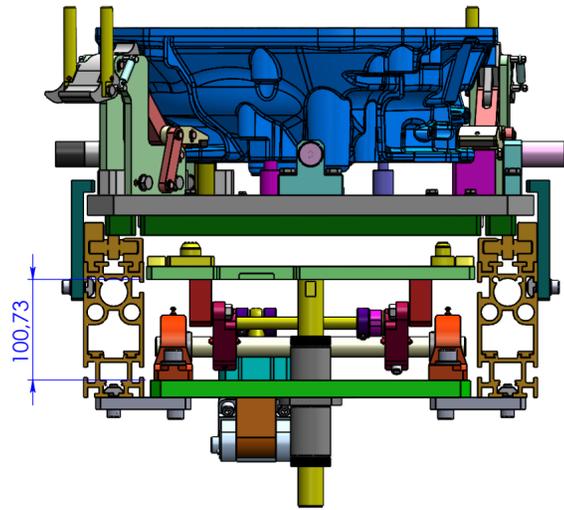
Apêndice F

Documentação técnica do sexto caso de estudo

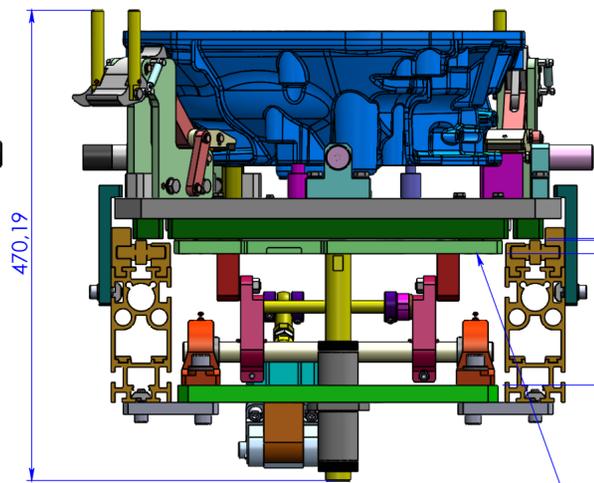
O presente apêndice inclui os desenhos de conjunto e os desenhos de definição.

Nota: Conjunto de mesa de indexação para a ilha robotizada

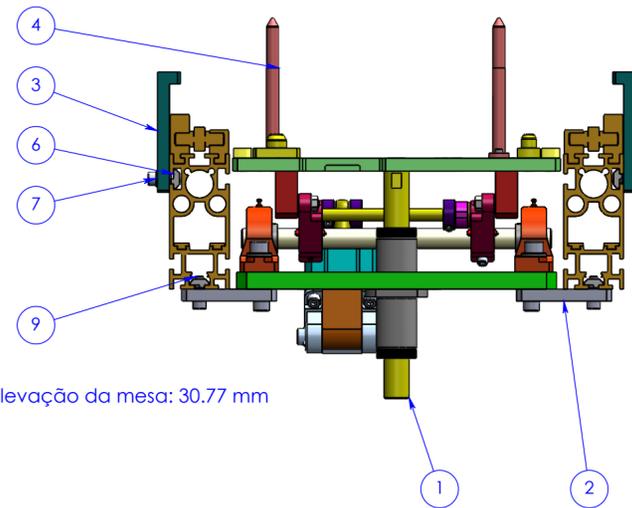
1. Mesa recuada



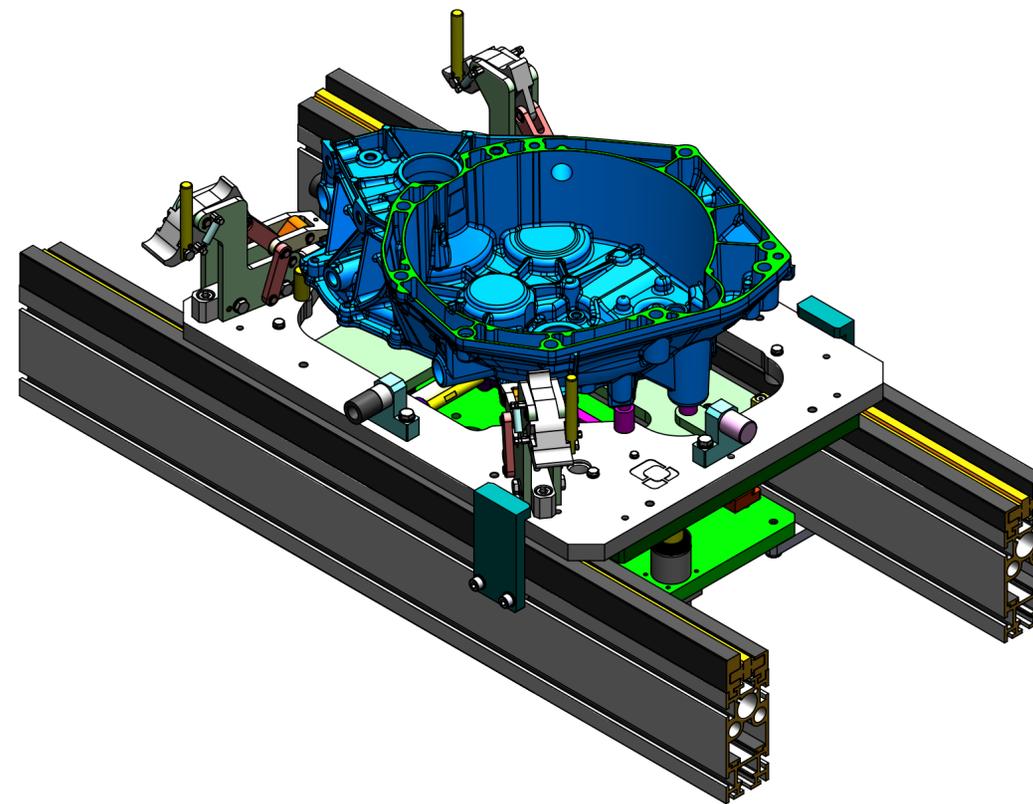
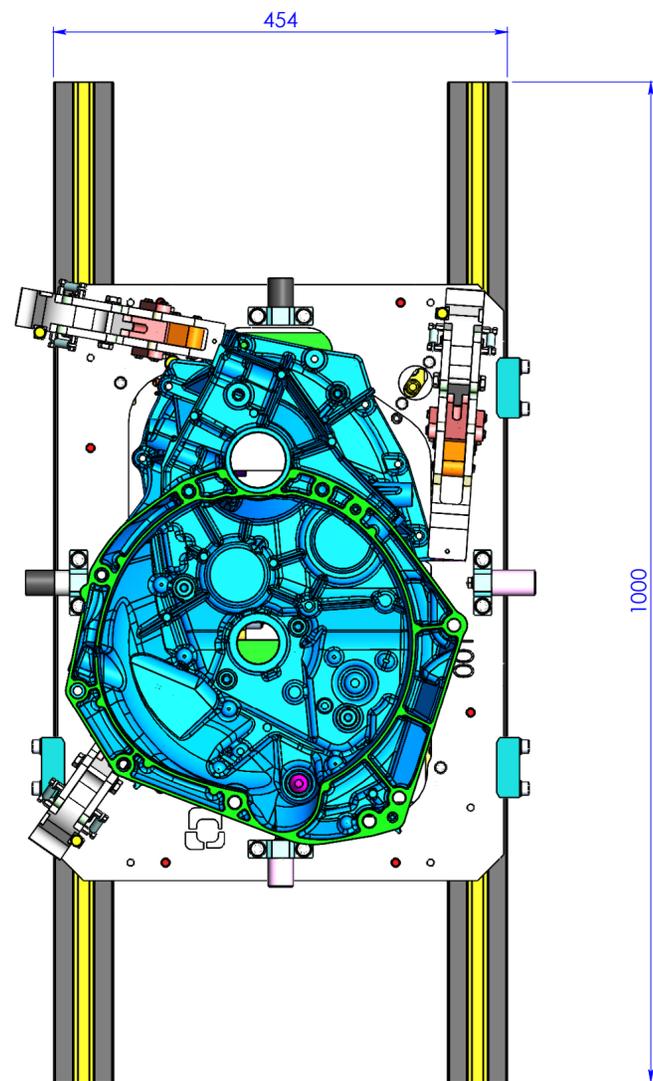
2. Mesa avançada



3. KM0 da mesa

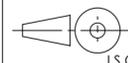


Curso de elevação da mesa: 30.77 mm



ITEM	Peça	Desenho	Referência	Fabricante	QTY.
1	Montagem Elevador Palete				1
2	Barra Suporte Elevador Palete				2
3	Cantoneira Suporte Guia Palete				3
4	Pino KM0 Mesa				3
5	Cavilha ISO 8734 - 8 x 20				4
6	Porca Cabeça de Martelo M8		52018	Fasten	14
7	Washer DIN 126 - M8				6
8	DIN 912 M10 x 25				6
9	DIN 912 M8 x 25				14
10	DIN 912 M4 x 12				6

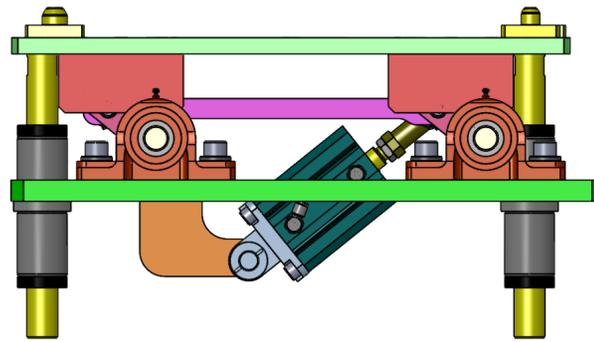
Designação: Mesa Colocação Peça Ilha Robot

 Quebra arestas 0.5 x 45°	Data Desenhou 05/07/2019	Rubrica Lisandro Ferreira	 Atena Automação Industrial	Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106 aten@atena-ai.pt www.atena-ai.pt
Formato: A2	N° Interno: <input type="text"/>	Quant. 1		
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.	Material: Tratamento:	Escala 1:5		
Última actualização /impressão	Acabamento:	1/1		

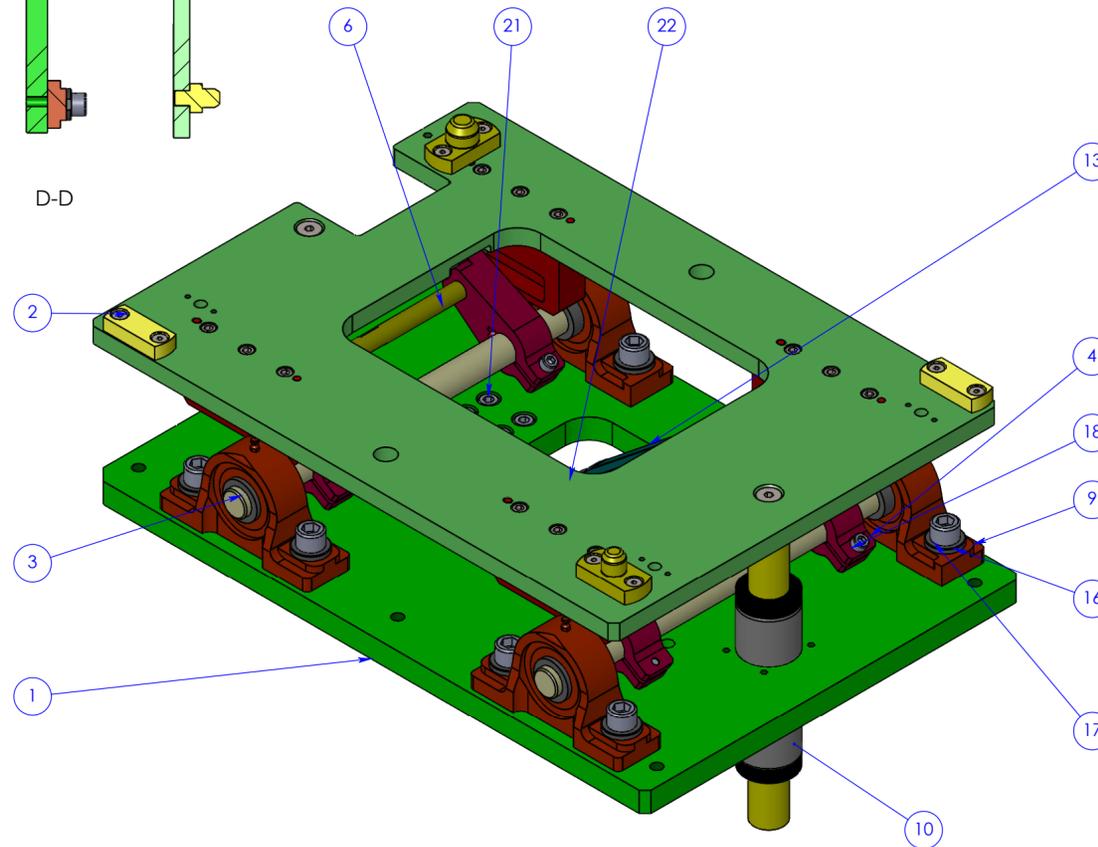
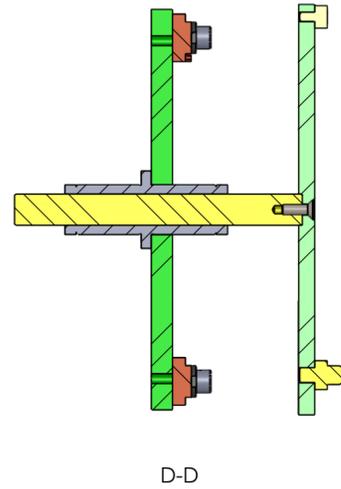
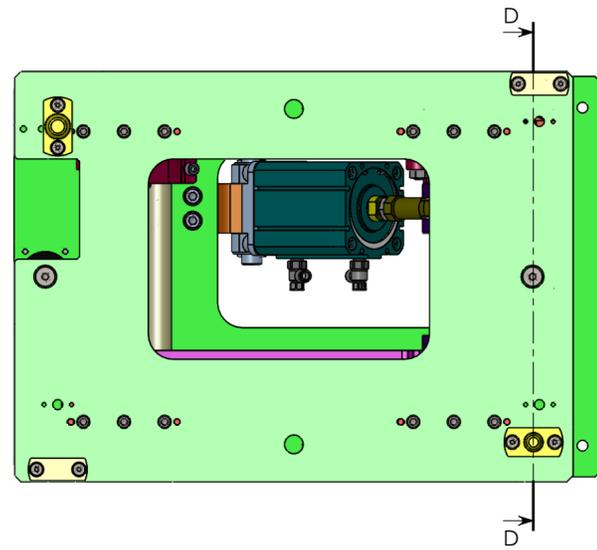
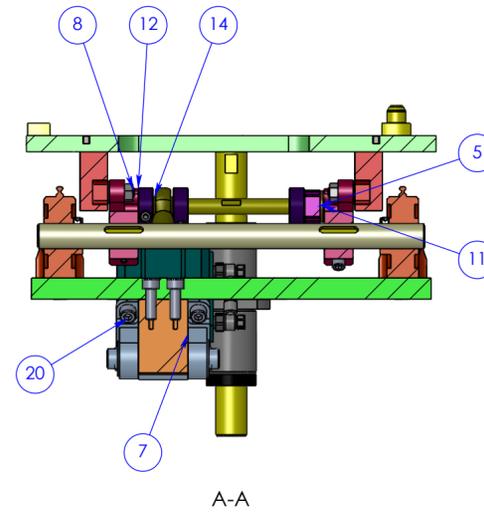
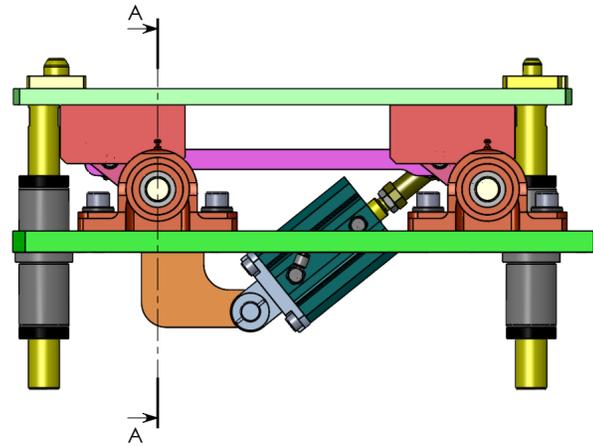


Nota: Mesa de indexação sem antena RFID

1. Mesa recuada



2. Mesa avançada

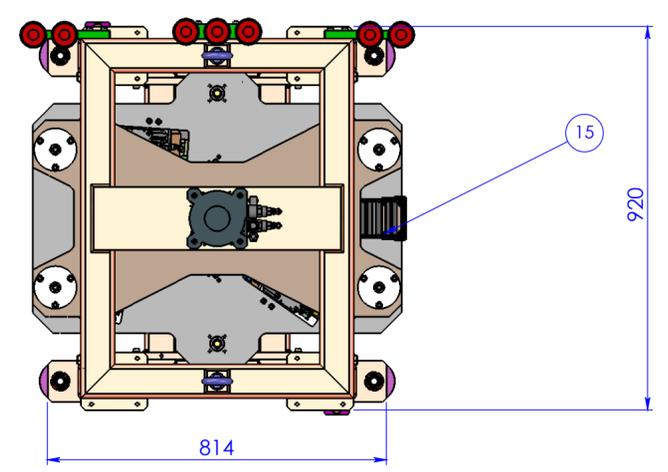
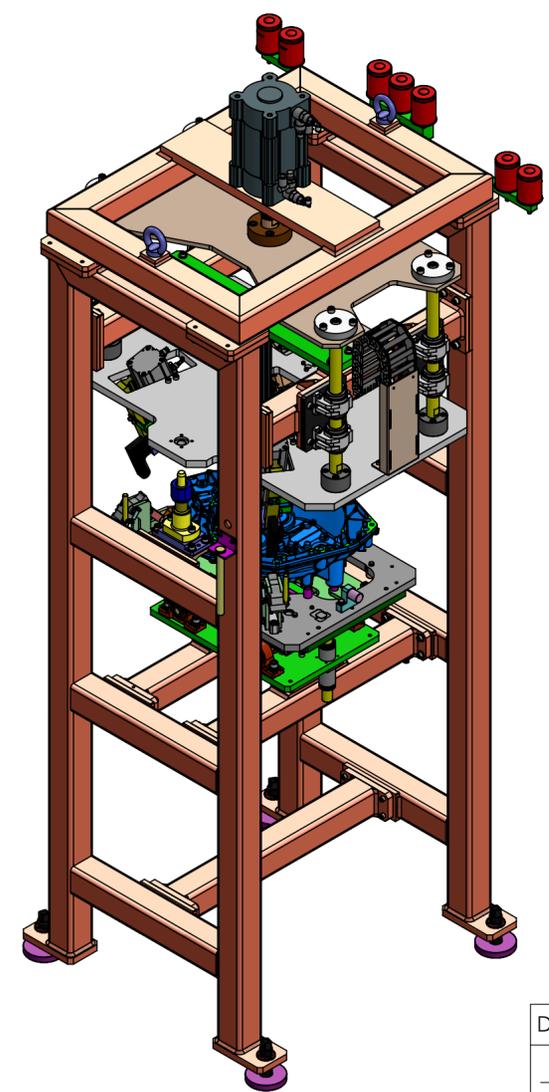
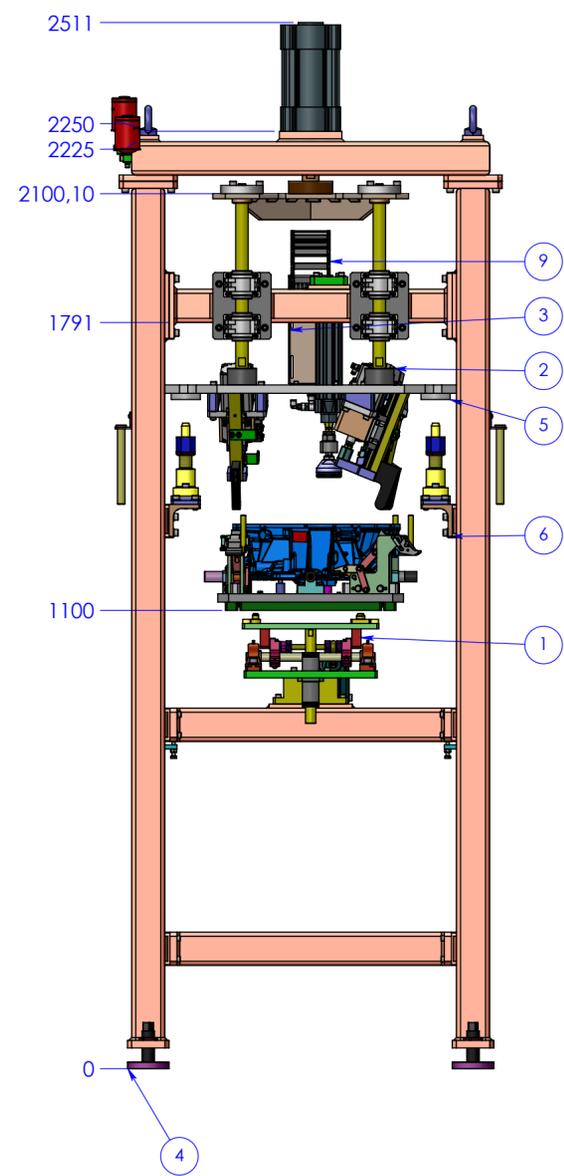
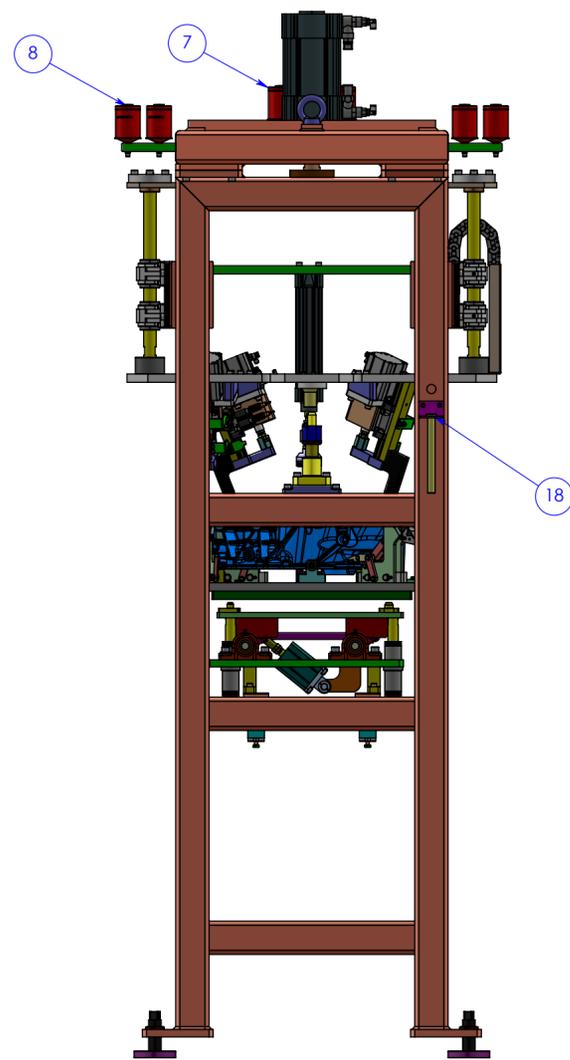


ITEM	Peça	Desenho	Referência	Fabricante	QTY.
1	Placa da base do elevador Palete				1
2	Montagem Plataforma Elevação				1
3	Veio Elevador D20				2
4	Came Elevação Palete				4
5	Barra Ligação Braços Elevador				1
6	Veio Ligador				2
7	Nova rolula para suporte do cilindro				1
8	Rolo CFUR8-19		CFUR8-19	Misumi Corp.	4
9	Chumaceira Rotativa 20		CPDR20	Misumi Corp.	4
10	Chumaceira Linear LHMCW-MX25		LHMCW-MX25	Misumi Corp.	2
11	Casquilho Com Aba 12-15		SHFZ12-15	Misumi Corp.	2
12	Colar Veio PSCS12-12		PSCS12-12	Misumi	4
13	Cilindro CD55B63-45M		CD55B63-45M	SMC	1
14	Rótula KJ12D		KJ12D	SMC	1
15	Chaveta A6 x 6 x 30 DIN6885		KES6-30	Misumi Corp.	4
16	Anilha WSSB25-12-4		WSSB25-12-4	Misumi Corp.	8
17	DIN 912 M12 x 35				8
18	DIN 912 M6 x 16				4
19	DIN 912 M5 x 12				8
20	DIN 912 M8 x 20				8
21	DIN 912 M8 x 25				4

Designação: Montagem Elevador Palete

 I.S.O.	Quebra arestas 0.5 x 45°	Desenhou	Data	Rubrica	 Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106 atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt
		Verificou	05/07/2019	Lisandro Ferreira	
Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral 3.2	Exec.			

Formato: A2	Nº Interno: <input type="text"/>	Quant.
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.	Material:	3
Última actualização /impressão	Tratamento:	Escala
	Acabamento:	1:4
		1/1



ITEM	Peça	Desenho	Referência	Fabricante	QTY.
1	Montagem Elevador Palete				1
2	Apoio Veio 30 Posto DB				4
3	Chapa Suporte Calha PDB				1
4	Estrutura dos posto de desbridação PDB				1
5	Montagem do sistema de bridagem superior				1
6	Batente Posto DB				2
7	Conjunto do sistema de lubrificação dos cilindros PDB				1
8	Conjunto do sistema de lubrificação dos rolamentos PDB				2
9	Calha articulada PDB		0.299m 1500.080.048.0 + 14080.12PZ.A1		1
10	DIN 912 M8 x 40 --- 40N				18
11	DIN 912 M12 x 40 --- 40N				4
12	DIN 912 M8 x 30 --- 30N				4
13	DIN 912 M10 x 30 --- 30N				8
14	DIN 912 M8 x 25 --- 25N				4
15	DIN 912 M6 x 20 --- 20N				4
16	Washer DIN 125 - A 10.5				8
18	Conjunto Ferrolho PDB				2

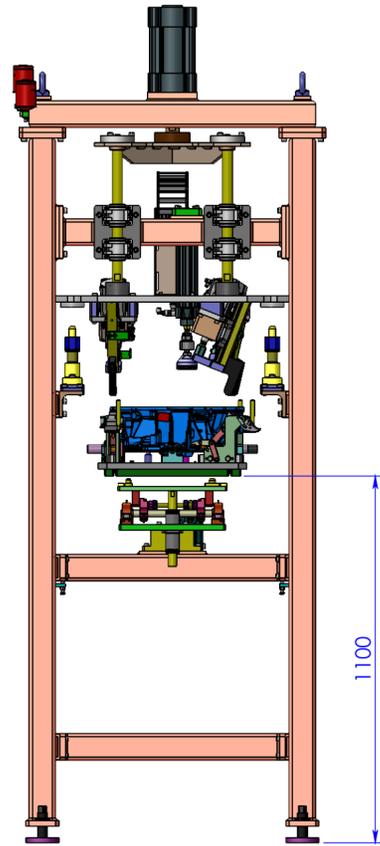
Designação: Posto de desbridação

	Quebra arestas		Data	Rubrica	<p>Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro</p> <p>T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106</p> <p>atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt</p>
	0.5 x 45°		Desenhou 04/07/2019	Lisandro Ferreira	
Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral 3.2	Verificou			Quant. 1
		Exec.			

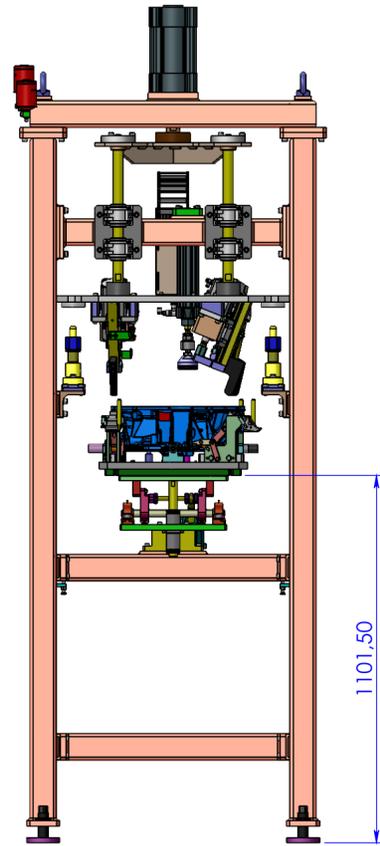
Formato: A2	Nº Interno: <input type="text"/>	Escala 1:12
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.	Material:	1/2
Última actualização /impressão	Acabamento:	



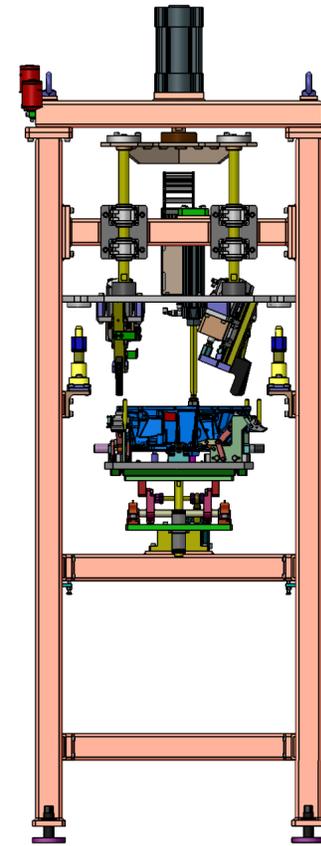
1. Chegada da paleta



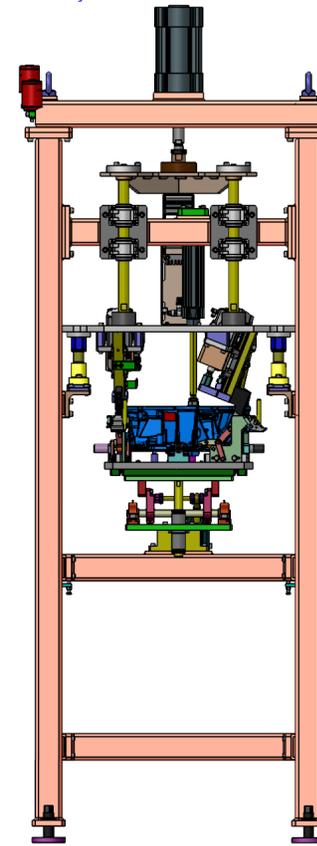
2. Indexação da paleta



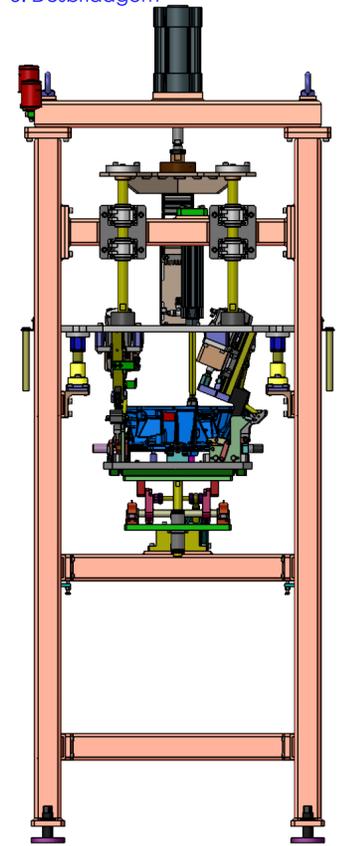
3. Placagem do cárter



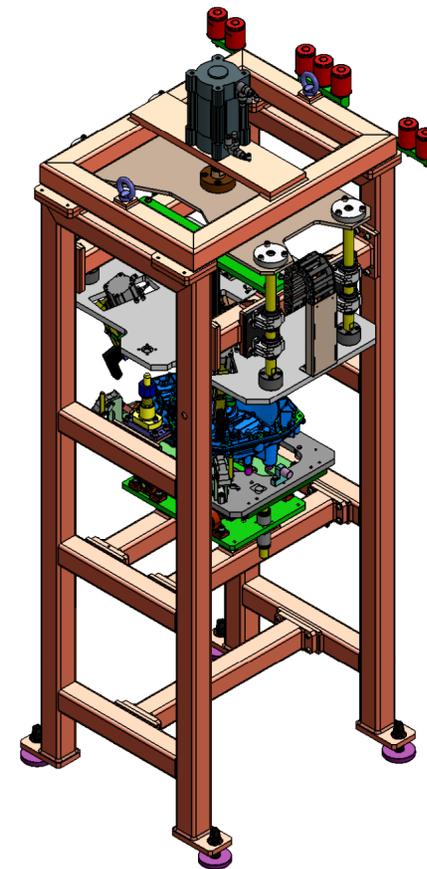
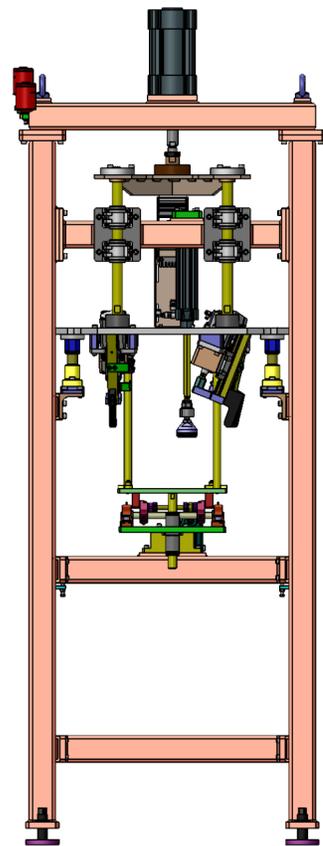
4. Avanço do sistema de desbridagem



5. Desbridagem



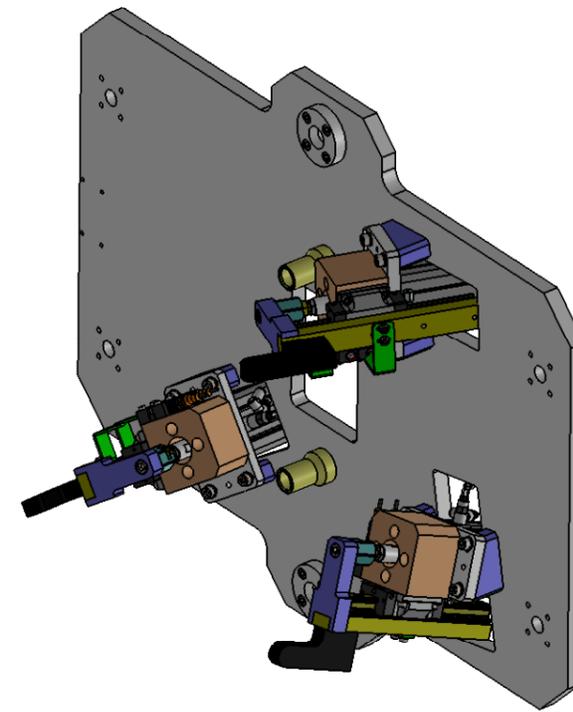
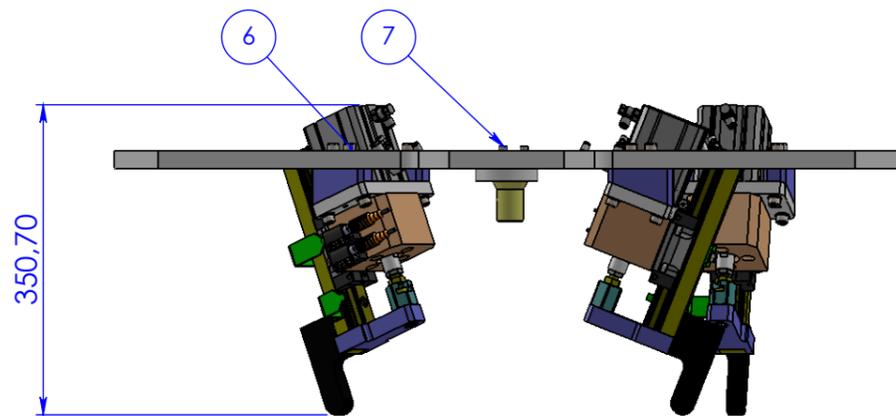
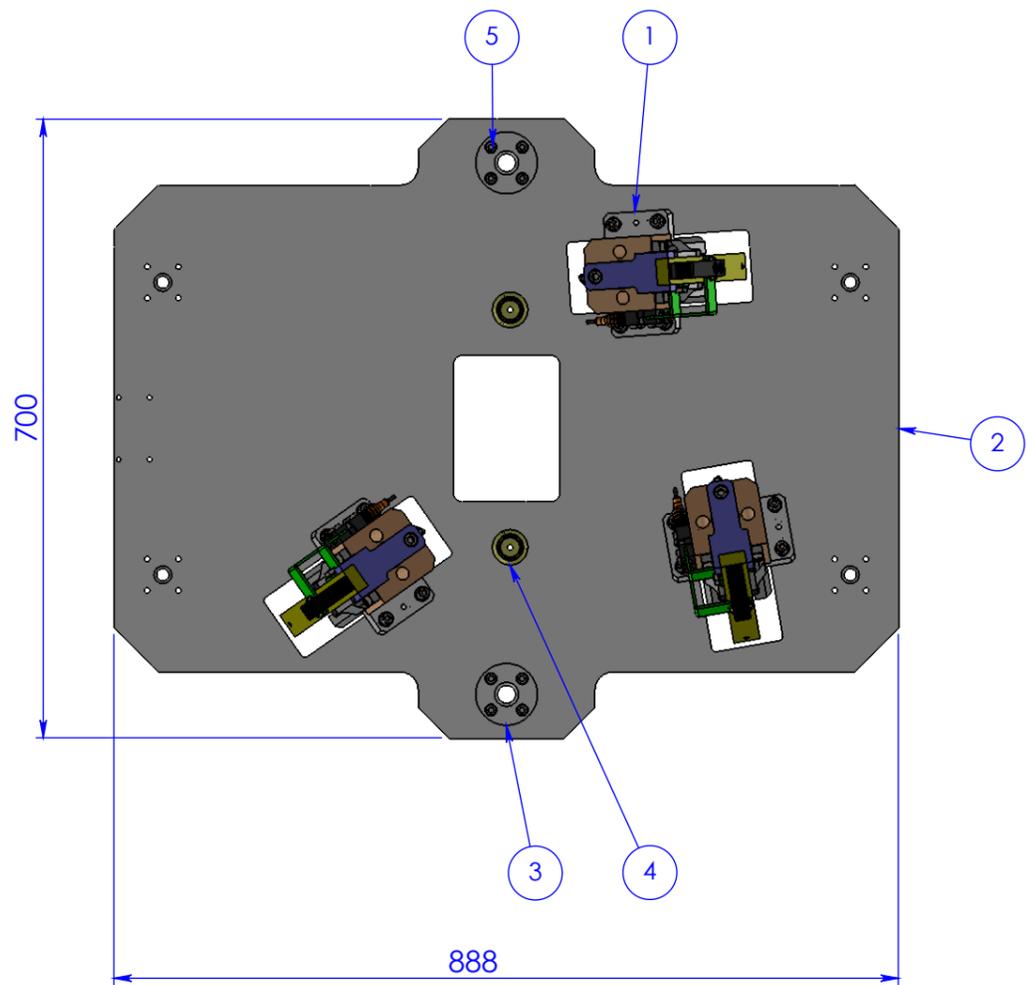
KM0 do posto de desbridagem



Designação: Posto de desbridagem

 I.S.O.	Quebra arestas		Data	Rubrica	 Automação Industrial	Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106 atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt
	0.5 x 45°		Desenhou 04/07/2019	Lisandro Ferreira		
Tolerâncias Gerais	Rugosidade Geral		Verificou			
ISO 2768 - mK	3.2 /		Exec.			
Formato: A2		Nº Interno: <input type="text"/>		Quant.		1
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.		Material:		Escala		1:15
		Acabamento:				2/2
Última actualização /impressão						



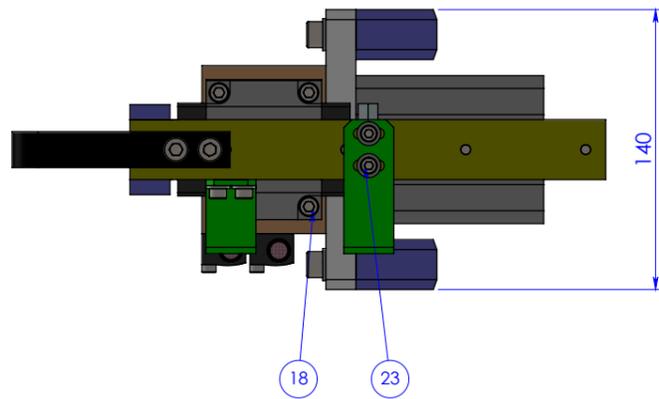


ITEM	Peça	Desenho	Referência	Fabricante	QTY.
1	Montagem da garra PDB				3
2	Placa base de desbridação PDB				1
3	Casquilho Batente posto de desbridação PDB				2
4	Veio Guia KM0 PDB				2
5	DIN 912 M8 x 25 --- 25N				8
6	DIN 912 M8 x 35 --- 35N				12
7	DIN 912 M5 x 35 --- 22N				6

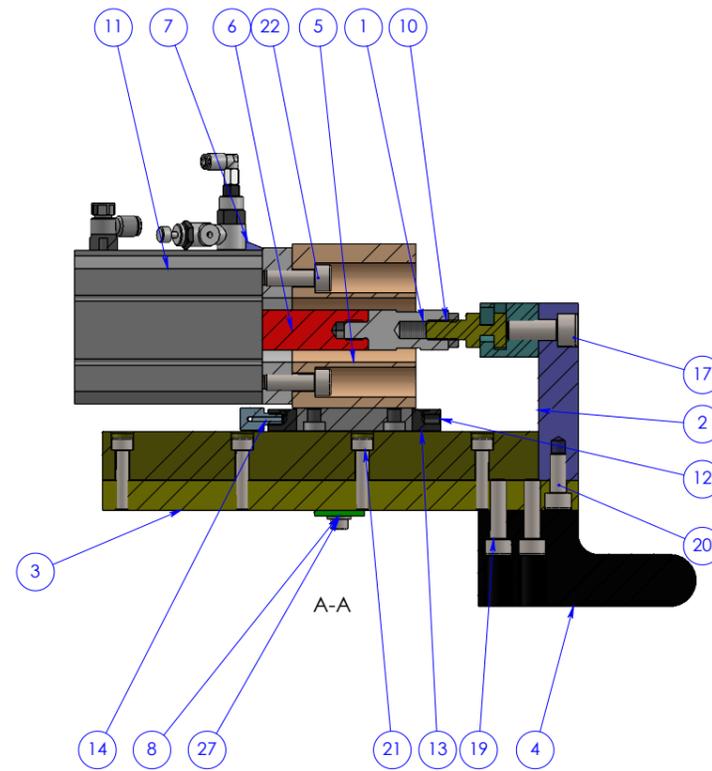
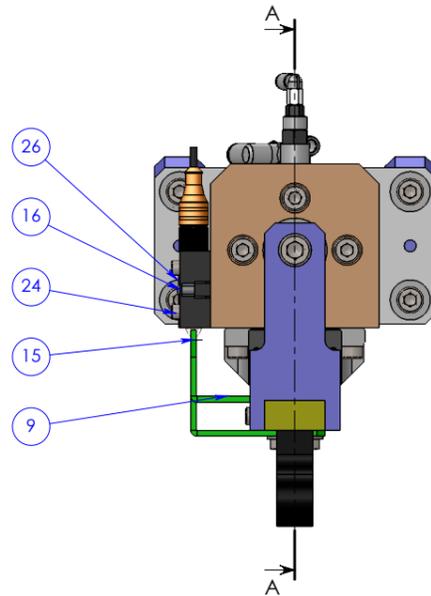
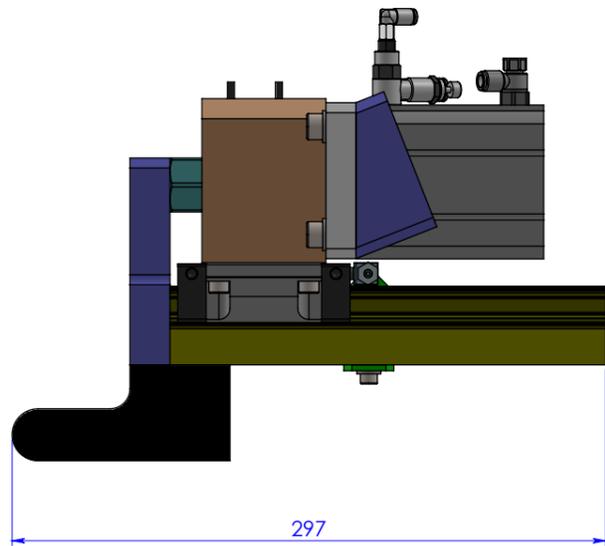
Designação: Montagem do sistema de bridagem superior

 I.S.O.	Quebra arestas 0,5 x 45°	Desenhou	Data 08/07/2019	Rubrica Lisandro Ferreira	 Atena Automação Industrial	Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106 atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt
	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral 3,2	Verificou	Exec.		
Formato: A3	Nº Interno: <input type="text"/>				Quant. 1	
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.	Material:				Escala 1:8	
	Tratamento:					
Última actualização /impressão	Acabamento:				1/1	

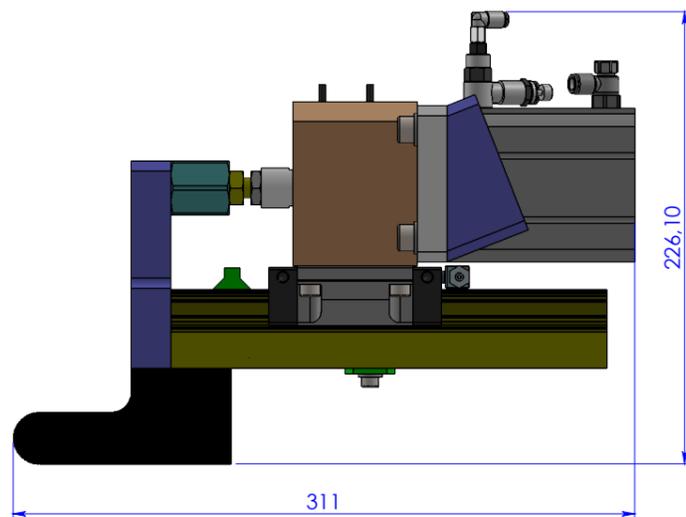




Cilindro recuado:

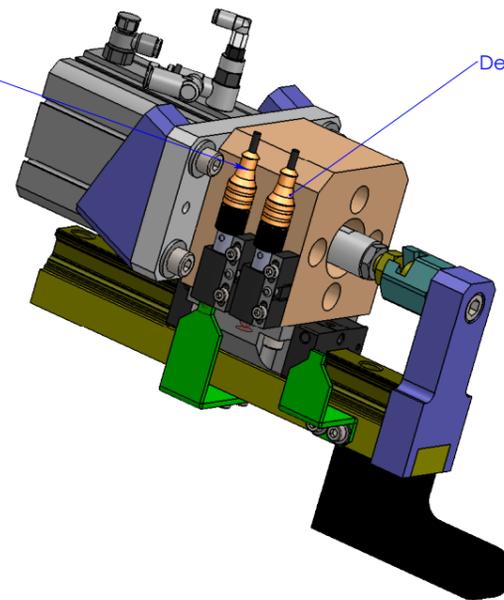


Cilindro avançado:



Detetor do cilindro avançado

Detetor do cilindro recuado



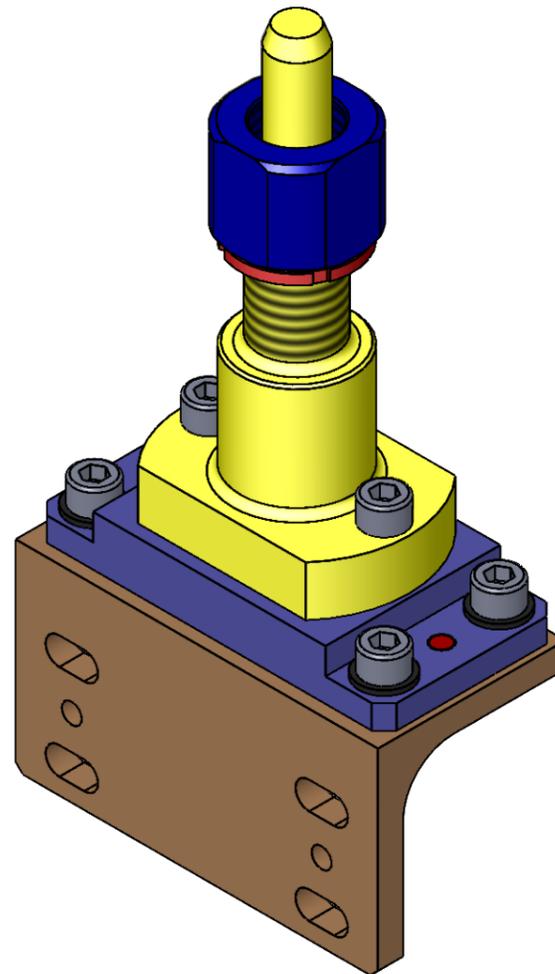
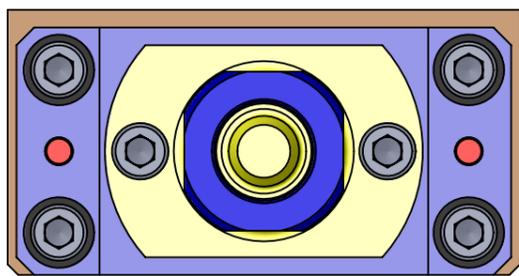
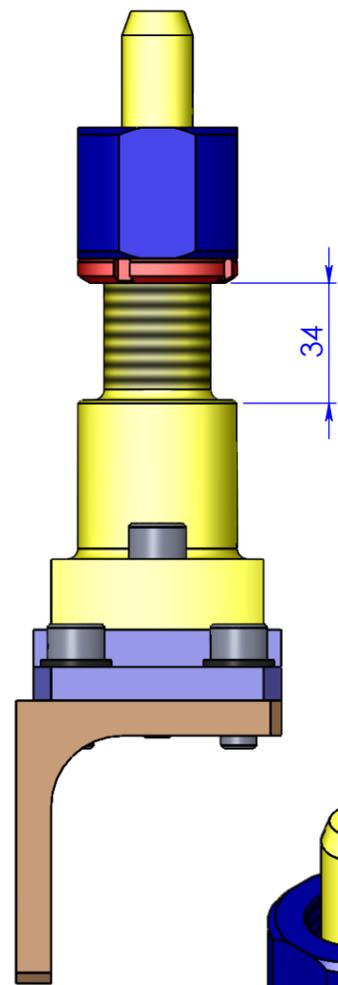
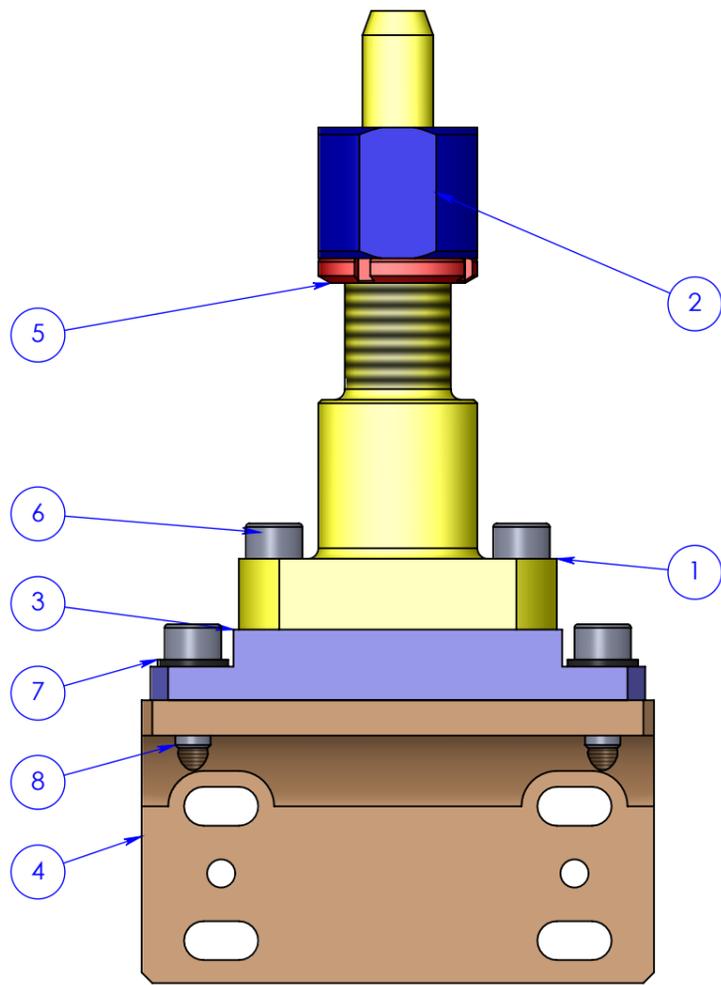
ITEM	Peça	Desenho	Referência	Fabricante	QTY.
1	Extensão Batente PDB				1
2	Puxador Garra PDB				1
3	Fixação Garra PDB				1
4	Calcador do PDB				1
5	Suporte do patim PDB				1
6	Placa de suporte do cilindro das garras PDB				1
7	Suporte angular PDB				2
8	Suporte do detetor das brides PdB				1
9	Suporte do detetor das brides do PDB				1
10	Junta Flutuante M10		23450-1020	Norelem	1
11	CD55B63.45_0_1_0_		CD55B63-45	SMC	1
12	Patim 25 Rexroth R1651 294 20		R1651 294 20	Bosch-Rexroth	1
13	R1605 201 31, 596 28		R160520131, L=218; T1=28; T2=10	Bosch-Rexroth	1
14	Racor Lubrificação (M6 tubo 4)		VGL1233		1
15	Inductive Sensor DW-AS-503-M12-120		DW-AS-503-M12-120	Contrinex	2
16	Falange XSZB112		XSZB112	Schneider Electric	2
17	DIN 912 M10 x 25 --- 25N				1
18	DIN 912 M6 x 20 --- 20N				4
19	DIN 912 M8 x 30 --- 30N				6
20	DIN 912 M8 x 20 --- 20N				1
21	DIN 912 M6 x 30 --- 30N				4
22	DIN 912 M8 x 25 --- 25N				8
23	DIN 912 M5 x 16 --- 16N				2
24	DIN 912 M4 x 25 --- 25N				4
25	DIN 912 M5 x 12 --- 12N				2
26	Washer DIN 125 - A 10.5				4
27	Washer DIN 125 - A 6.4				4

Designação: Montagem da garra PDB

 I.S.O.	Quebra arestas		Data	Rubrica	 Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106 atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt
	0.5 x 45°		Desenhou 08/07/2019	Lisandro Ferreira	
Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral 3.2	Verificou			
		Exec.			

Formato: A2	Nº Interno: <input type="text"/>	Quant. 3
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.	Material:	Escala 1:2.5
	Tratamento:	
Última actualização /impressão	Acabamento:	1/1





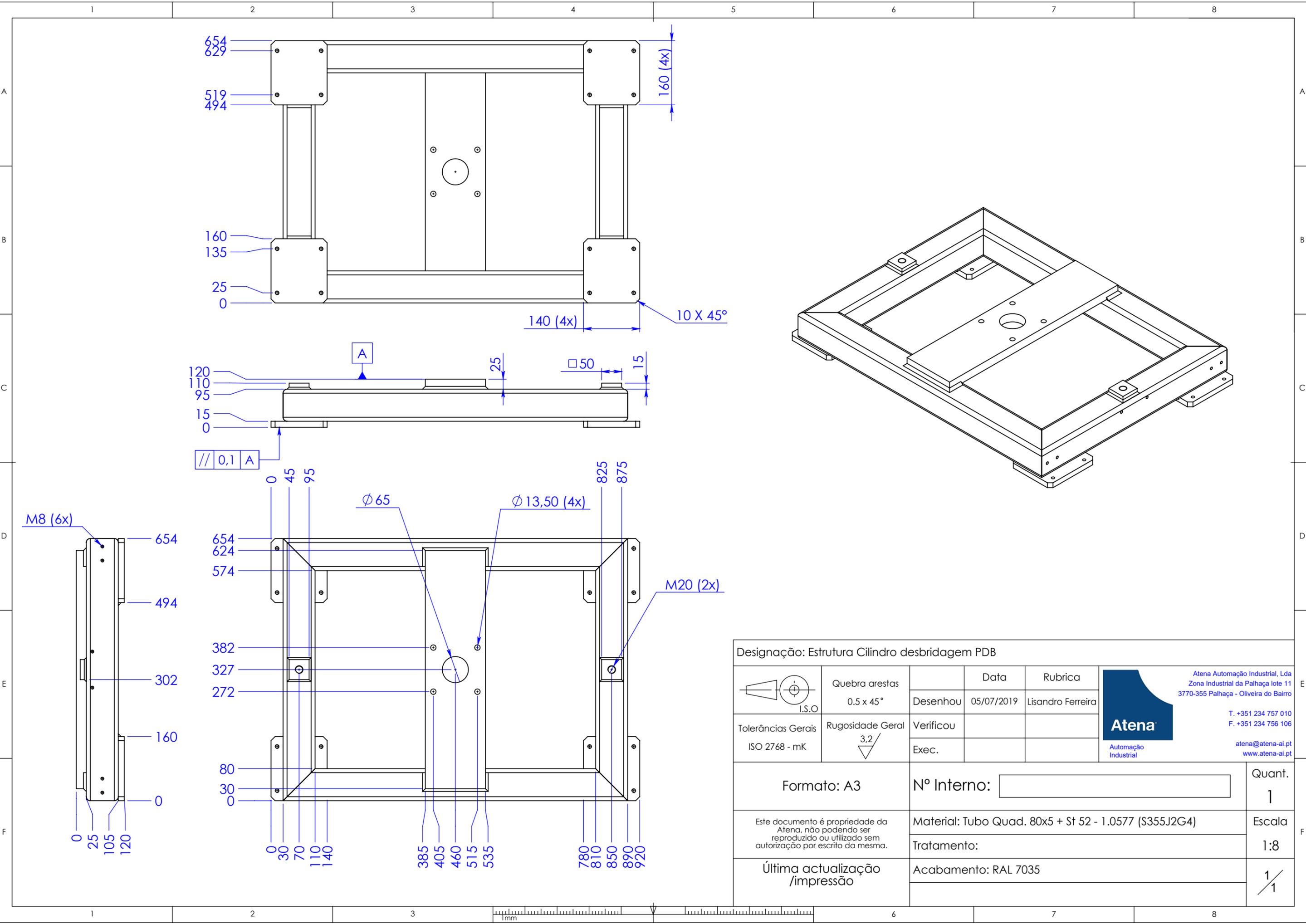
ITEM	Peça	Desenho	Referência	Fabricante	QTY.
1	Indexador Placa bridagem Posto DB				1
2	Batente Vertical Posto DB				1
3	Placa Apoio Batente Posto DB				1
4	Suporte Batente Posto DB				1
5	KM 6 Posto DB		KM6	SKF	1
6	DIN 912 M10 x 35				2
7	Washer DIN 126 - M10				4
8	DIN 912 M10 x 25				4
9	Cavilha ISO 8734 - 8 x 20				2

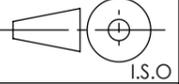
Designação: Batente Posto DB

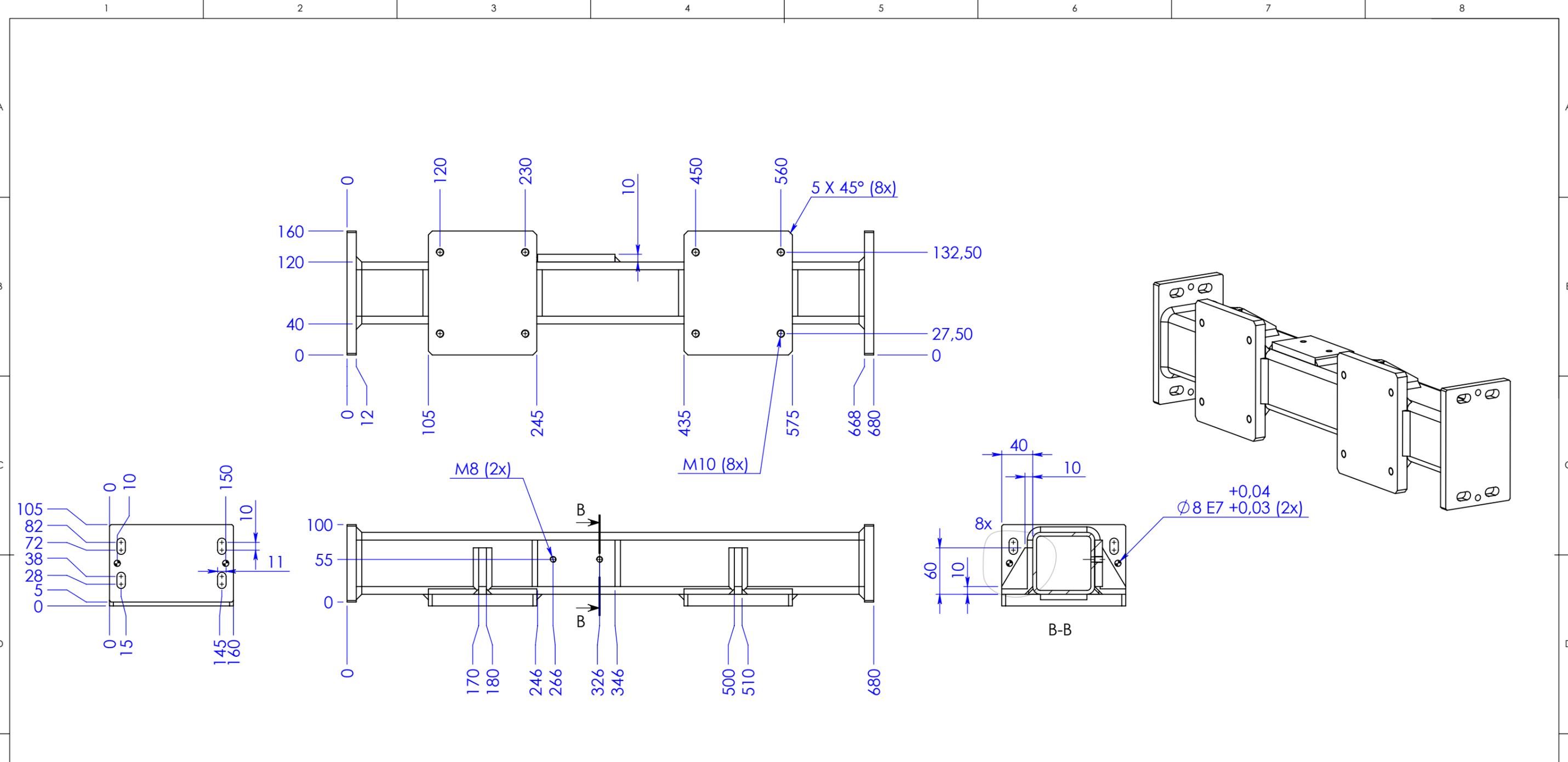
 I.S.O.	Quebra arestas		Data	Rubrica	 Atena Automação Industrial	Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106 atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt
	0,5 x 45°	Desenhou	08/07/2019	Lisandro ferreira		
Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral 3,2	Verificou				
		Exec.				

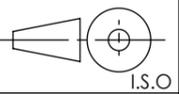
Formato: A3	Nº Interno: <input type="text"/>	Quant. 2
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.	Material:	Escala 1:2
	Tratamento:	
Última actualização /impressão	Acabamento:	1/1





Designação: Estrutura Cilindro desbridagem PDB				
 I.S.O.	Quebra arestas		Data	Rubrica
	0,5 x 45°		05/07/2019	Lisandro Ferreira
Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral	Verificou		
	3,2	Exec.		
 Atena Automação Industrial		Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106 atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt		
Formato: A3	Nº Interno:	<input type="text"/>		Quant. 1
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.	Material: Tubo Quad. 80x5 + St 52 - 1.0577 (S355J2G4)			Escala 1:8
	Tratamento:			
Última actualização /impressão	Acabamento: RAL 7035			1/1



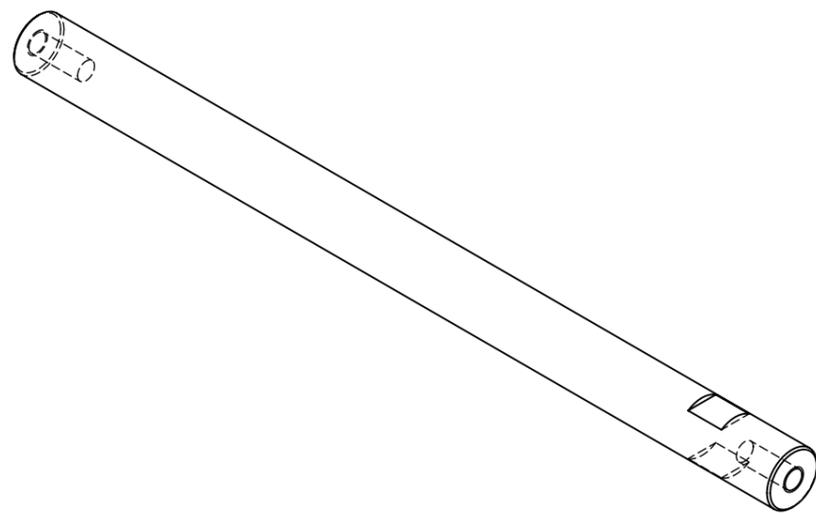
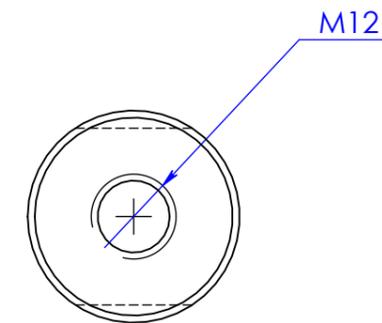
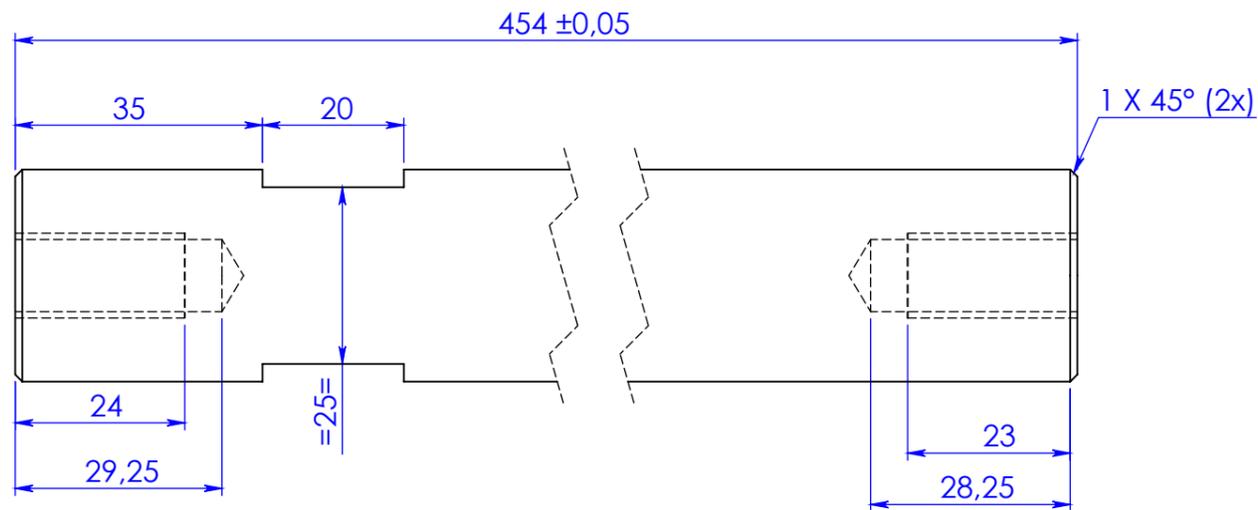
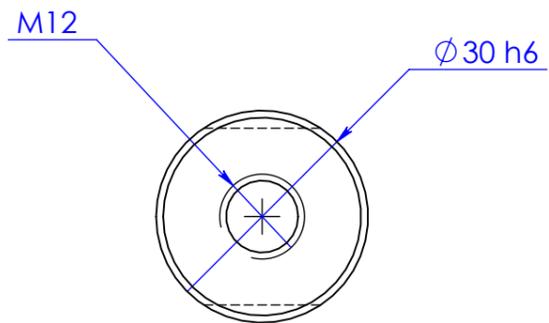
Designação: Estrutura Suporte Guias PDB mirror				
 I.S.O.	Quebra arestas		Data	Rubrica
	0,5 x 45°		05/07/2019	Lisandro Ferreira
Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral	Verificou		
	3,2	Exec.		
Formato: A3		Nº Interno: <input type="text"/>		Quant. 1
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.		Material: Tubo Quad. 80x5 + St 52 - 1.0577 (S355J2G4)		Escala 1:5
		Tratamento:		1/1
Última actualização /impressão		Acabamento:		

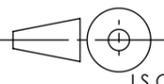
Atena Automação Industrial, Lda
Zona Industrial da Palhaça lote 11
3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro

T. +351 234 757 010
F. +351 234 756 106

atena@atena-ai.pt
www.atena-ai.pt



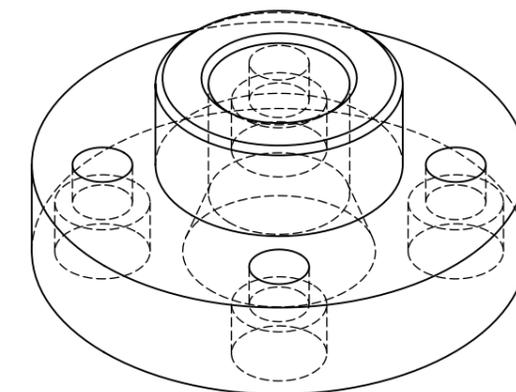
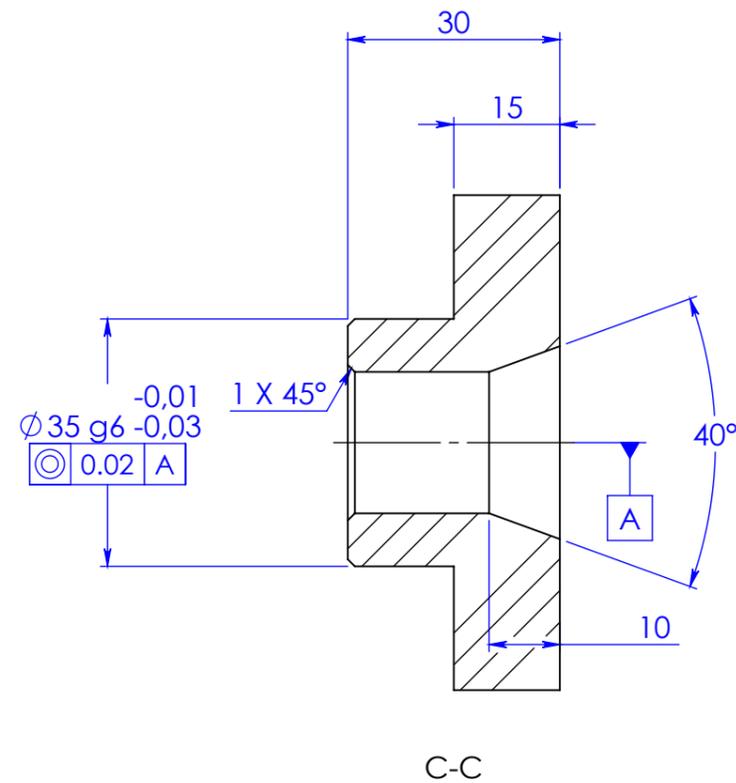
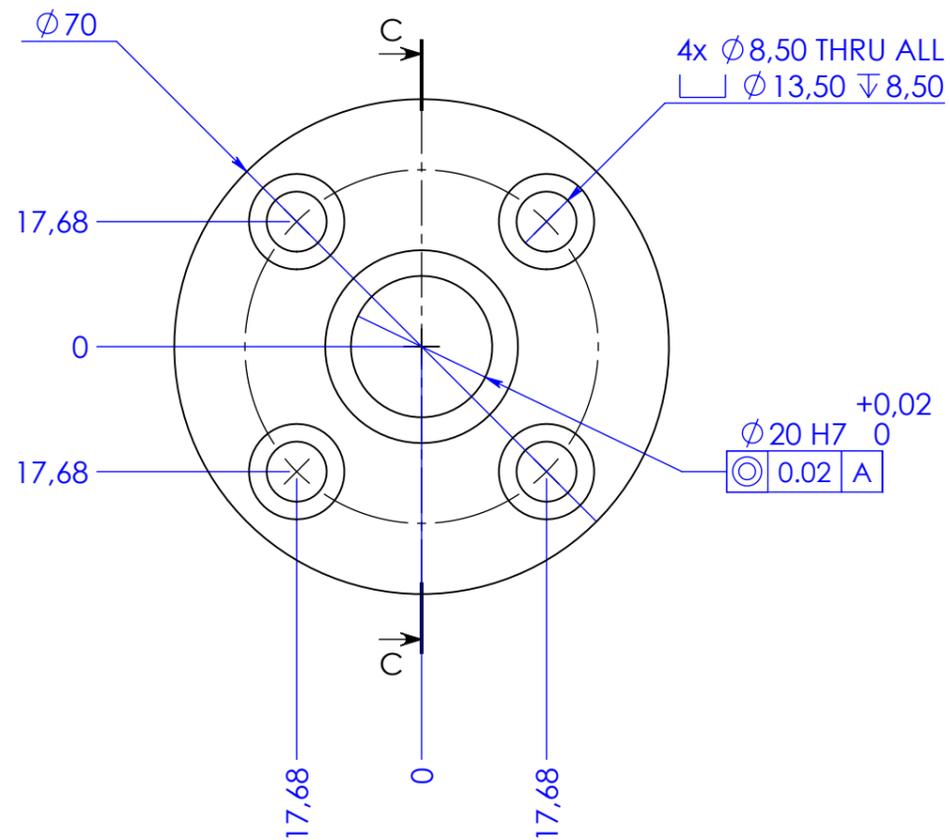
Designação: Veio 30 PDB				
 I.S.O.	Quebra arestas		Data	Rubrica
	0,5 x 45°	Desenhou	05/07/2019	Lisandro Ferreira
Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral 3,2	Verificou		
		Exec.		
Formato: A3		Nº Interno: <input type="text"/>		Quant. 4
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.		Material: Veio Têmperado e Calibrado, D=30		Escala 1:1
		Tratamento:		1/1
Última actualização /impressão		Acabamento:		

Atena Automação Industrial, Lda
Zona Industrial da Palhaça lote 11
3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro

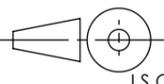
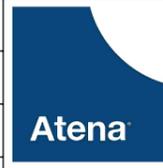
Atena
Automação Industrial

T. +351 234 757 010
F. +351 234 756 106
atena@atena-ai.pt
www.atena-ai.pt

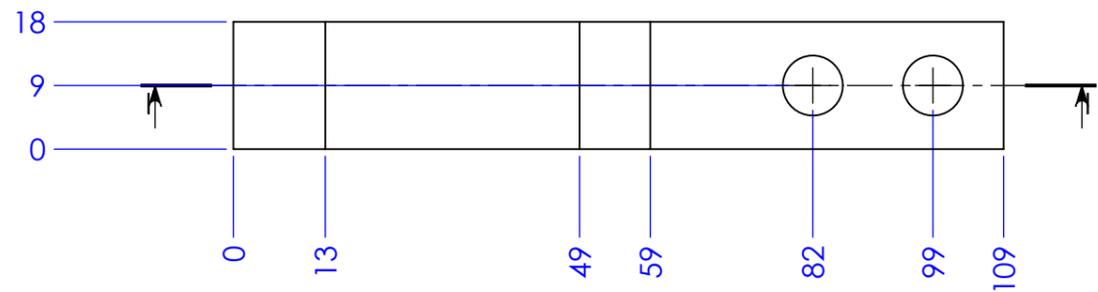
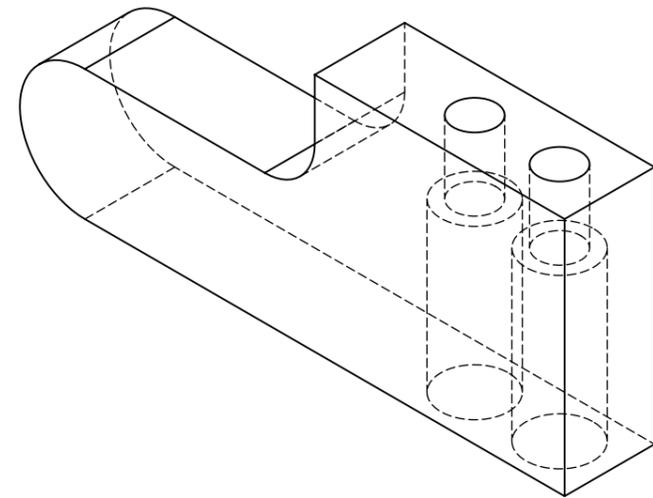
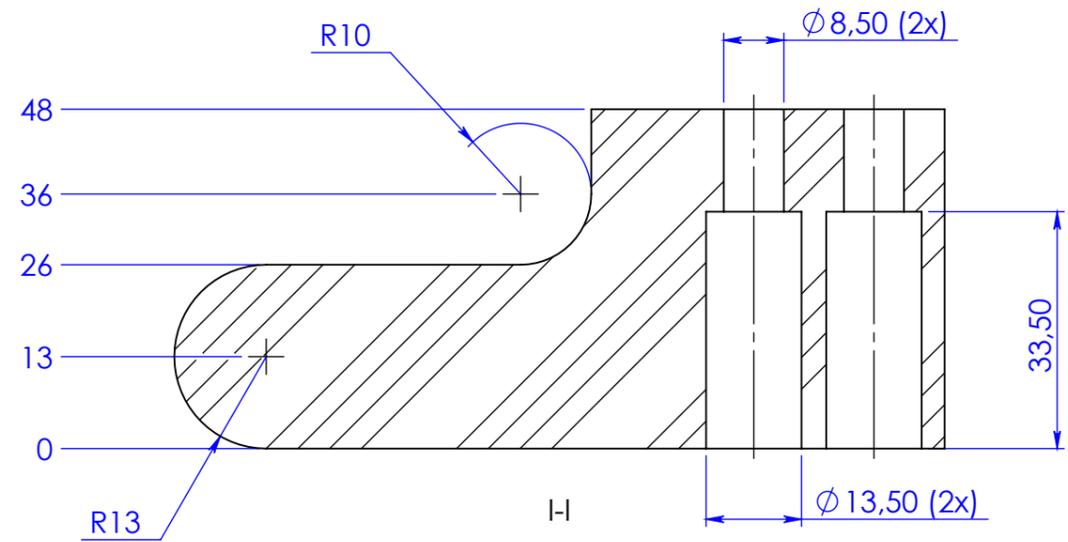


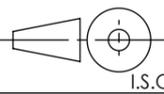


Designação: Casquilho Batente posto de desbridagem PDB

 I.S.O	Quebra arestas 0,5 x 45°	Desenhou	Data 08/07/2019	Rubrica Lisandro Ferreira	 Automação Industrial	Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106 atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt
	Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral 3,2	Verificou	Exec.		
Formato: A3		Nº Interno: <input type="text"/>			Quant. 2	
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.		Material: 34CrNiMo6 (FR3)			Escala 1:1	
		Tratamento: T8 (Nitruração)				
Última actualização /impressão		Acabamento:			1/1	



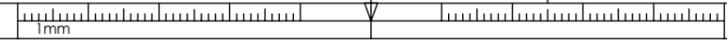


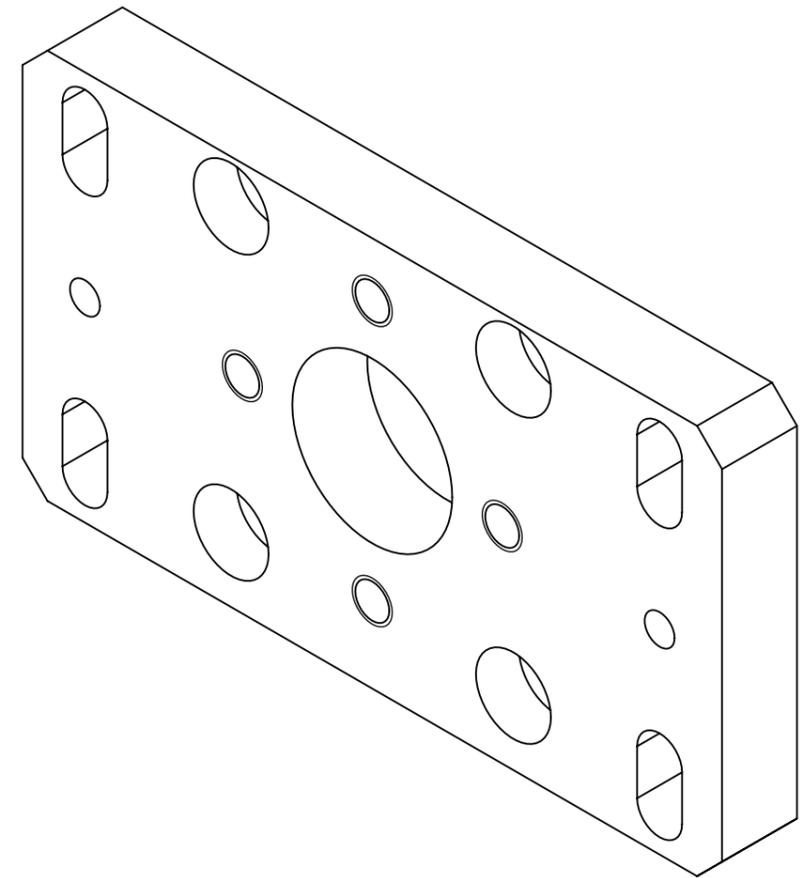
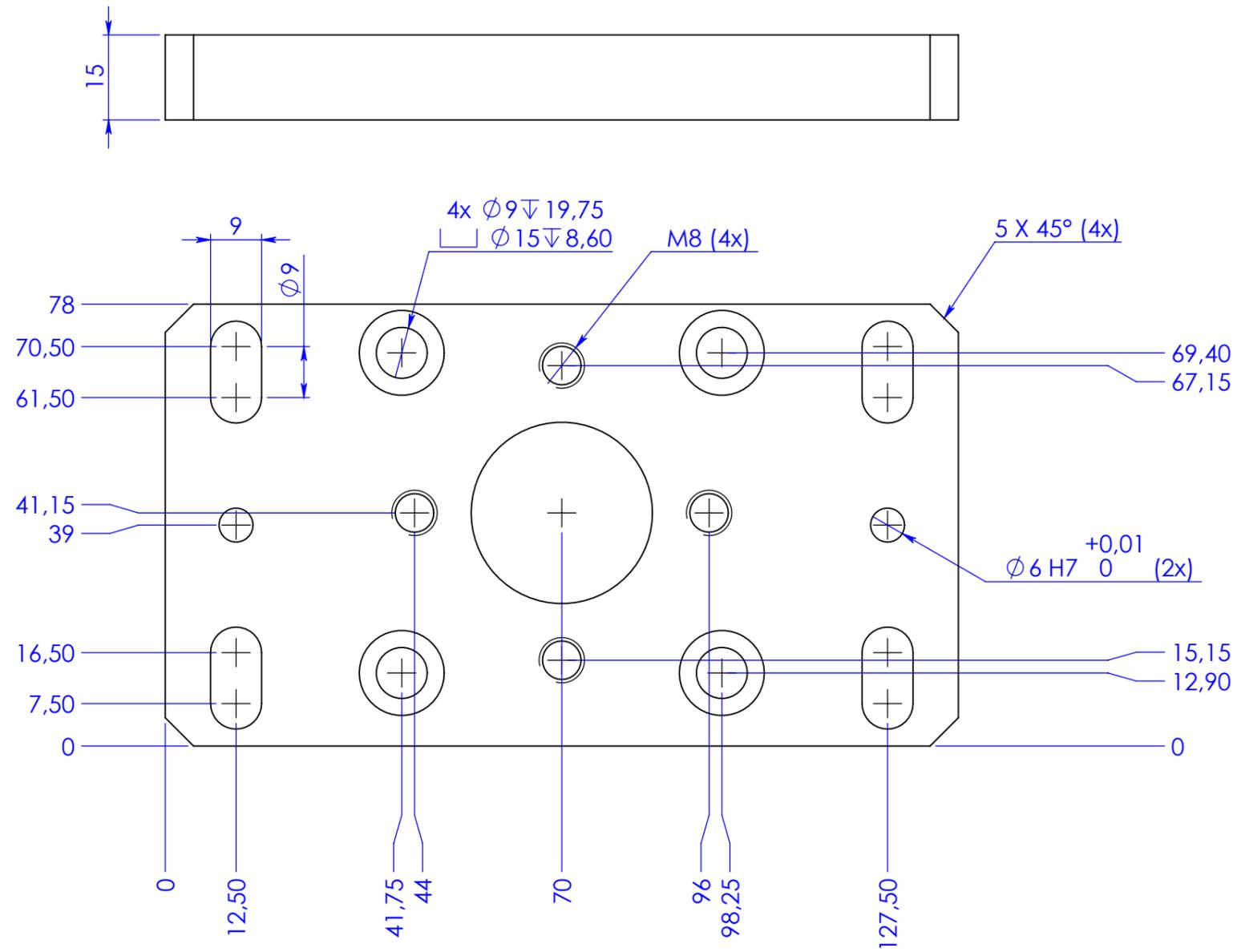
Designação: Calcador do PDB				
 I.S.O.	Quebra arestas		Data	Rubrica
	0.5 x 45°	Desenhou	08/07/2019	Lisandro Ferreira
Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral 3,2	Verificou		
		Exec.		
Formato: A3		Nº Interno: <input type="text"/>		Quant. 3
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.		Material: 40CrMnNiMo8-6-4 (2738)		Escala 1:1
		Tratamento: T8 (Nitruração)		
Última actualização /impressão		Acabamento:		1/1

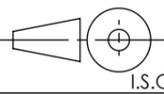
Atena Automação Industrial, Lda
Zona Industrial da Palhaça lote 11
3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro

Atena
Automação Industrial

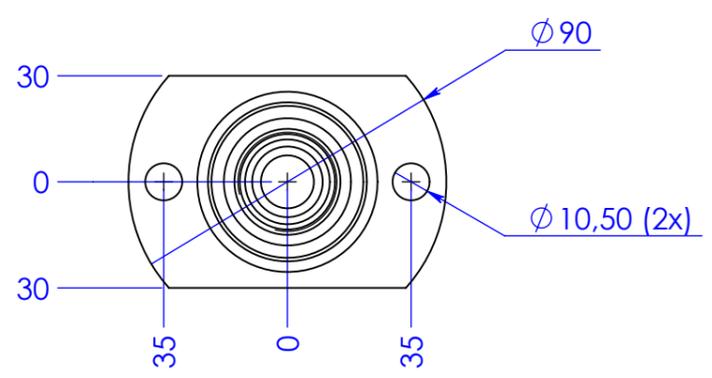
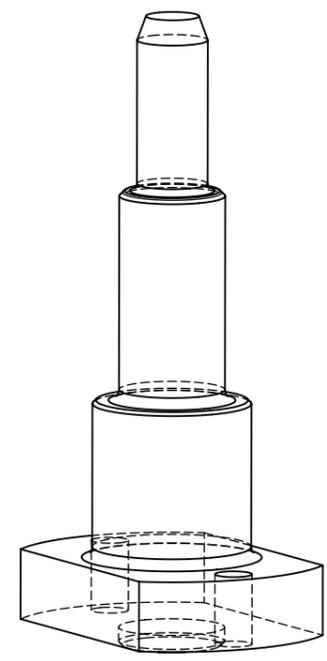
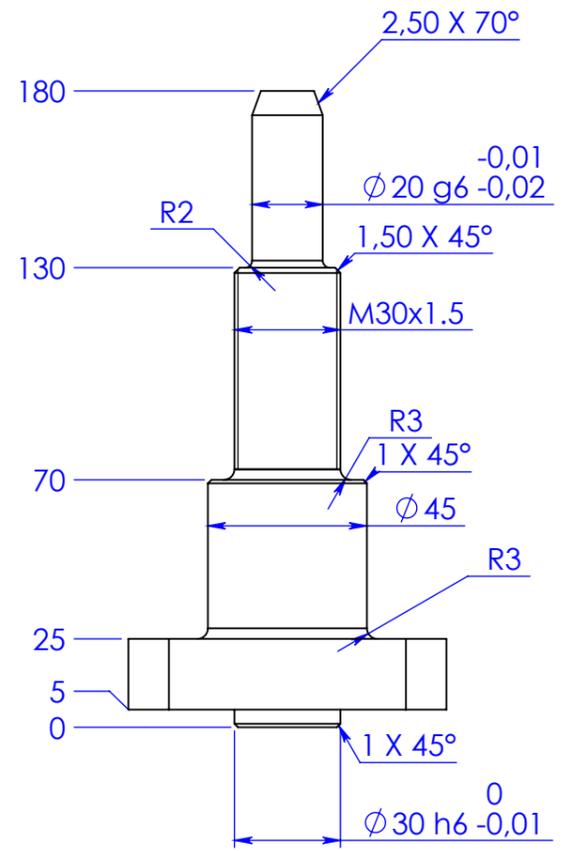
T. +351 234 757 010
F. +351 234 756 106
atena@atena-ai.pt
www.atena-ai.pt

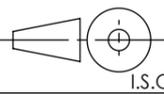




Designação: Placa de suporte do cilindro das garras PDB				
 I.S.O.	Quebra arestas 0,5 x 45°	Desenhou	Data	Rubrica
		Verificou	08/07/2019	Lisandro Ferreira
Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral 3,2	Exec.		
		 Atena Automação Industrial		
			Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106 atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt	
Formato: A3		Nº Interno: <input type="text"/>		Quant. 3
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.		Material: C45E (F10)		Escala 1:1
		Tratamento: Oxidação a Negro		
Última actualização /impressão		Acabamento:		1/1



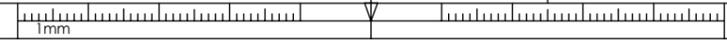


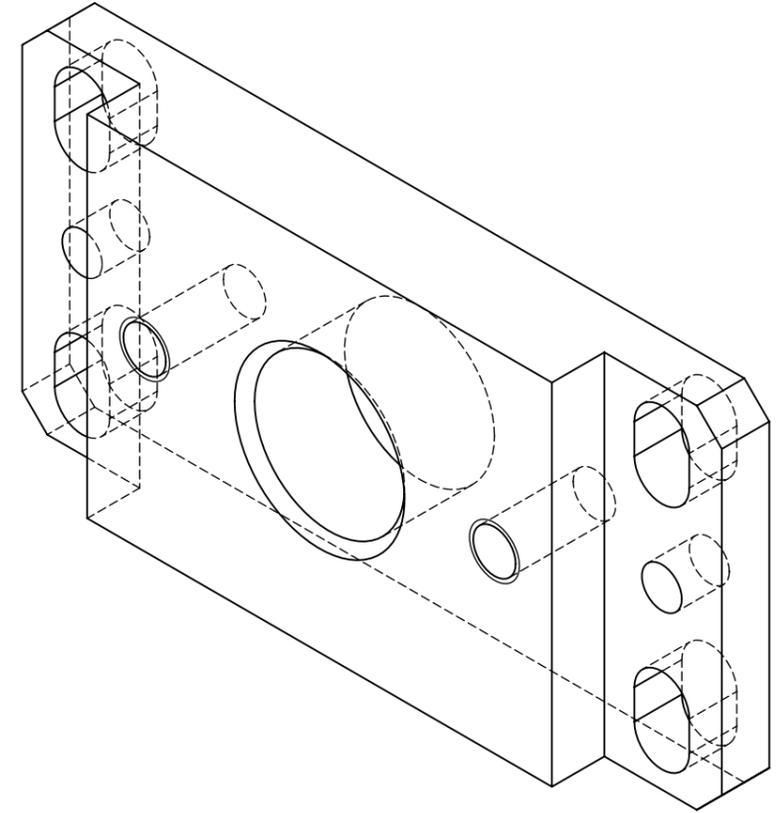
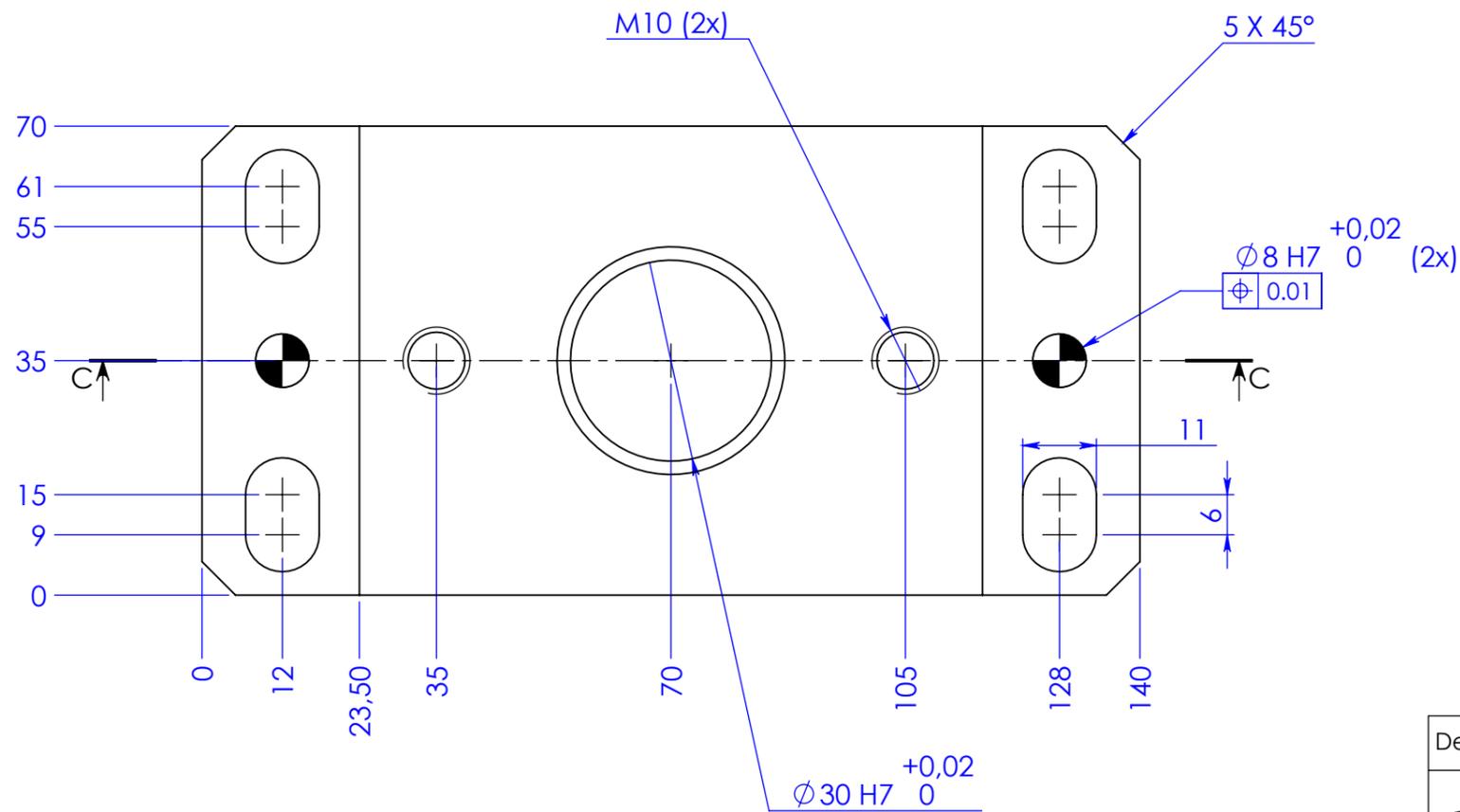
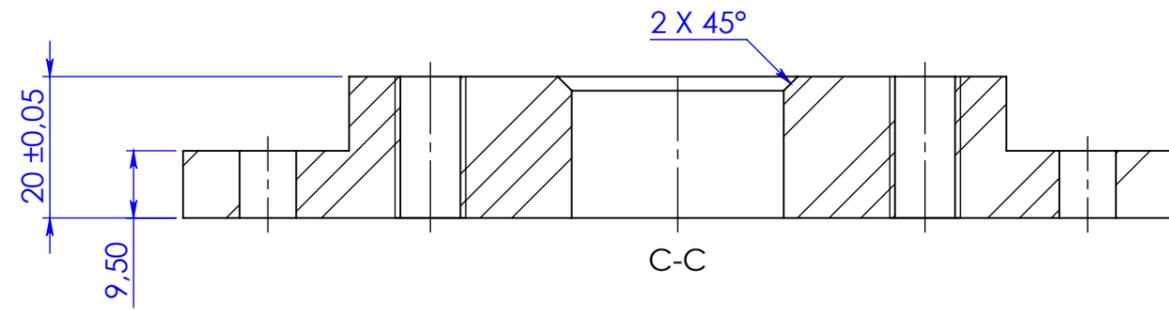
Designação: Indexador Placa bridagem Posto DB				
 I.S.O.	Quebra arestas		Data	Rubrica
	0.5 x 45°	Desenhou	08/07/2019	Lisandro Ferreira
Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral 3,2	Verificou		
		Exec.		
Formato: A3		Nº Interno: <input type="text"/>		Quant. 2
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.		Material: EN 34CrNiMo6 (Fr3)		Escala 1:2
		Tratamento: T8 (Nitruração)		
Última actualização /impressão		Acabamento:		1/1

Atena Automação Industrial, Lda
Zona Industrial da Palhaça lote 11
3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro

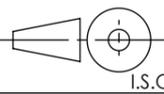
Atena
Automação Industrial

T. +351 234 757 010
F. +351 234 756 106
atena@atena-ai.pt
www.atena-ai.pt





Designação: Placa Apoio Batente Posto DB

 I.S.O.	Quebra arestas		Data	Rubrica	 <p>Atena Automação Industrial, Lda Zona Industrial da Palhaça lote 11 3770-355 Palhaça - Oliveira do Bairro</p> <p>T. +351 234 757 010 F. +351 234 756 106</p> <p>atena@atena-ai.pt www.atena-ai.pt</p>
	0,5 x 45°	Desenhou	08/07/2019	Lisandro Ferreira	
Tolerâncias Gerais ISO 2768 - mK	Rugosidade Geral 3,2	Verificou			
		Exec.			

Formato: A3	Nº Interno: <input type="text"/>	Quant. 2
Este documento é propriedade da Atena, não podendo ser reproduzido ou utilizado sem autorização por escrito da mesma.	Material: EN C45E (F10)	Escala 1:1
	Tratamento: Oxidação a Negro	
Última actualização /impressão	Acabamento:	1/1

