

## **Projeto de um triturador para reciclagem de PLA e ABS resultantes de impressões por Fused Filament Fabrication**

**PEDRO PIRES BRAGUÊS**  
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho de Projeto para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, na Área de Especialização de Manutenção e Produção

**Orientadores:**

Doutor André Rui Dantas Carvalho  
Doutor Ivan Rodolfo Garcia Pereira de Galvão

**Júri:**

Presidente: Doutora Maria Amélia Ramos Loja

Vogais:

Doutor Bruno Alexandre Rodrigues Simões Soares  
Doutor André Rui Dantas Carvalho



# **Projeto de um triturador para reciclagem de PLA e ABS resultantes de impressões por Fused Filament Fabrication**

**PEDRO PIRES BRAGUÊS**  
(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho de Projeto para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, na Área de Especialização de Manutenção e Produção

**Orientadores:**

Doutor André Rui Dantas Carvalho, ISEL/IPL  
Doutor Ivan Rodolfo Garcia Pereira de Galvão, ISEL/IPL

**Júri:**

Presidente: Doutora Maria Amélia Ramos Loja, ISEL/IPL  
Vogais:  
Doutor Bruno Alexandre Rodrigues Simões Soares, FCT/UNL  
Doutor André Rui Dantas Carvalho, ISEL/IPL

**Novembro, 2024**

# Agradecimentos

Gostaria de agradecer primeiramente a ambos os meus orientadores por toda a ajuda e diretrizes que me deram ao longo do percurso de elaboração deste projeto, estando sempre disponíveis para me ajudar. Ao professor André Carvalho pela sugestão do tema e por confiar em mim para abordar o mesmo. E ao professor Ivan Galvão pelo apoio e disponibilidade para a realização de ensaios mecânicos pertinentes para o projeto, no laboratório onde faz investigação.

Aos meus pais e ao meu irmão, pelo apoio constante, pela confiança na minha pessoa e por serem exemplos de sucesso que eu pretendo seguir.

À minha instituição, o ISEL, que é um excelente local de aprendizagem, que muito me ensinou e me preparou para a indústria.

Por último, e não menos importante, aos meus amigos mais próximos, que sempre me acompanharam neste percurso onde foram, e continuam a ser, essenciais para o meu sucesso e felicidade.

Um grande obrigado a todos!



## Declaração de integridade

Declaro que este trabalho de projeto é o resultado da minha investigação pessoal e independente. O seu conteúdo é original e todas as fontes listadas nas referências bibliográficas foram consultadas e estão devidamente mencionadas no texto. Mais declaro que todas as referências científicas e técnicas relevantes para o desenvolvimento do trabalho estão devidamente citadas e constam das referências bibliográficas.

O autor

Pedro Braguês

Lisboa, 22 de setembro de 2024



# **Projeto de um triturador para reciclagem de PLA e ABS resultantes de impressões por Fused Filament Fabrication**

## **Resumo**

O cenário tecnológico contemporâneo tem sido marcado por um crescimento exponencial no uso de tecnologias de impressão 3D, em particular, a popularidade dos polímeros PLA e ABS que têm aumentado consideravelmente. No entanto, esse aumento na produção e utilização de peças impressas traz consigo o desafio substancial da gestão dos resíduos resultantes de defeitos de impressão, rejeições e produtos indesejáveis. O descarte inadequado desses resíduos origina uma carga ambiental significativa, dada a natureza não biodegradável de certos polímeros. Assim, é necessário explorar soluções sustentáveis e eficazes para lidar com essa questão, minimizando o impacto ambiental e promovendo a reutilização desses materiais.

Este estudo tem como objetivo abordar esse desafio ao propor o projeto de um triturador especializado e otimizado para a reciclagem eficaz de resíduos de PLA e ABS resultantes de impressões por *fused filament fabrication*. O triturador proposto terá a finalidade de transformar esses resíduos em matéria-prima reutilizável, como filamentos, que podem ser reintroduzidos no ciclo de produção de impressão 3D.

O projeto do triturador consiste no dimensionamento e/ou seleção de todos os componentes constituintes do mesmo, para que este cumpra eficientemente o seu propósito. Para tal recorrer-se-á a equipamentos de processamento de granulado para ser possível definir certas características de projeto, nomeadamente extrusoras de termoplásticos.



# **Design of a shredder for recycling PLA and ABS resulting from Fused Filament Fabrication 3D prints**

## **Abstract**

The contemporary technological landscape has been marked by exponential growth in the use of 3D printing technologies, in particular the popularity of PLA and ABS polymers has increased considerably. However, this increase in the production and use of 3D printed parts brings with it the substantial challenge of managing waste resulting from printing defects, rejects and unwanted products. Improper disposal of this waste creates a significant environmental burden, given the non-biodegradable nature of certain polymers. It is therefore necessary to explore sustainable and effective solutions to deal with this issue, minimizing the environmental impact and promoting the reuse of these materials.

This study aims to address this challenge by proposing the design of a specialized and optimized shredder for the effective recycling of PLA and ABS waste resulting from fused filament fabrication 3D prints. The proposed shredder aims to transform this waste into reusable raw materials, such as filaments, which can be reintroduced into the 3D printing production cycle.

The design of the shredder consists of dimensioning and/or selecting all of its components so that it fulfills its purpose efficiently. To do this, granulate processing equipment, like thermoplastic extruders, will be used to define certain design characteristics.

Keywords: Additive Manufacturing, Polymers, Shredding, Granulate, Structural Analysis

# Lista de Símbolos e de siglas

## Alfabeto romano

$A$	Área de corte
$b$	Comprimento do lado do pentágono
$d$	Distância da extremidade da lâmina ao centro do veio
$D$	Diâmetro do veio
$F$	Força de corte
$k_s$	Pressão específica de corte
$n$	Velocidade de rotação
$P_{min}$	Potência mínima
$T$	Binário
$t$	Espessura do polímero
$w$	Espessura das lâminas de corte

## Alfabeto grego

$\tau(br)_{PLA}$	Resistência ao corte do PLA ( <i>PLA's Breaking Strength</i> )
$\sigma_u$	Tensão de rotura ( <i>Ultimate Tensile Strength</i> )
$\sigma_{ced}$	Tensão de cedência ( <i>Yield Strength</i> )
$\tau_{adm}$	Tensão de corte admissível
$\tau_u$	Tensão de rotura ao corte
$\tau_{ced}$	Tensão de cedência ao corte
$\varepsilon_{0t}$	Quantidade relativa de penetração da lâmina no material
$\varphi$	Ângulo de inclinação da lâmina no início do corte

## Acrónimos

3D	Tridimensional
ABS	Acrilonitrilo butadieno estireno
CAD	Desenho assistido por computador ( <i>Computer Aided Design</i> )
CS	Coeficiente de Segurança
DIY	<i>Do it yourself</i>
FA	Fabrico aditivo

FFF	Fabrico por filamentos fundidos ( <i>Fused Filament Fabrication</i> )
FDM	Modelação por fusão e deposição ( <i>Fused Deposition Modeling</i> )
G-CODE	Código G ( <i>Geometric Code</i> )
HV	Dureza Vickers ( <i>Vickers Hardness</i> )
PLA	Bipolímero ácido poliáctico
PP	Polipropileno
PVC	Policloreto de vinila
SLA	Estereolitografia ( <i>Stereolithography</i> )
SLS	Sinterização Seletiva a Laser ( <i>Selective Laser Sintering</i> )
STL	<i>Stereolithography file format</i>

# Índice

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1	MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS	1
1.2	ESTRUTURA	2
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>3</b>
2.1	FABRICO ADITIVO	3
2.2	PLA E ABS	8
2.3	RECICLAGEM MECÂNICA	10
2.4	EQUIPAMENTOS EXISTENTES	13
2.4.1	<i>Estudo de mercado</i>	13
2.4.2	<i>Estudo científico</i>	16
<b>3</b>	<b>DIMENSIONAMENTO E SELEÇÃO DE MATERIAIS</b>	<b>19</b>
3.1	1º ESTÁGIO DE TRITURAÇÃO	19
3.1.1	<i>Determinação de Propriedades Mecânicas</i>	19
3.1.2	<i>Lâminas</i>	22
3.1.3	<i>Veio</i>	23
3.1.4	<i>Estrutura, elementos de ligação e componentes auxiliares</i>	26
3.1.5	<i>Motor, acoplamento, rolamentos e elementos de transmissão</i>	29
3.2	2º ESTÁGIO DE TRITURAÇÃO	30
3.2.1	<i>Navalhas</i>	30
3.2.2	<i>Configuração</i>	32
3.2.3	<i>Estrutura, elementos de ligação e componentes auxiliares</i>	34
3.2.4	<i>Motor, acoplamento, rolamento e elementos de transmissão</i>	35
<b>4</b>	<b>MODELAÇÃO DE ELEMENTOS FINITOS</b>	<b>37</b>
4.1	LÂMINAS E VEIO DO 1º ESTÁGIO	37
4.2	NAVALHAS E VEIO DO 2º ESTÁGIO	42
4.3	ESTRUTURA	45
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO</b>	<b>48</b>
5.1	CONCLUSÕES	48
5.2	TRABALHO FUTURO	49
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>50</b>

# Índice de figuras

FIGURA 2.1 – EXEMPLIFICAÇÃO DA TECNOLOGIA FDM/FFF (3D PRINTING TECHNOLOGY COMPARISON: FDM VS. SLA VS. SLS   FORMLABS).....	5
FIGURA 2.2 – EXEMPLO DE UMA ARMAÇÃO DE ÓCULOS DE SKI IMPRESSA POR FDM (FORMLABS FORM 3 DESKTOP SLA 3D PRINTER).....	5
FIGURA 2.3 – EXEMPLIFICAÇÃO DA TECNOLOGIA SLA (3D PRINTING TECHNOLOGY COMPARISON: FDM VS. SLA VS. SLS   FORMLABS).....	6
FIGURA 2.4 – EXEMPLO DE UMA ARMAÇÃO DE ÓCULOS DE SKI IMPRESSA POR SLA (FORMLABS FORM 3 DESKTOP SLA 3D PRINTER).....	6
FIGURA 2.5 – EXEMPLIFICAÇÃO DA TECNOLOGIA SLS (3D PRINTING TECHNOLOGY COMPARISON: FDM VS. SLA VS. SLS   FORMLABS).....	7
FIGURA 2.6 – EXEMPLO DE UMA ARMAÇÃO DE ÓCULOS DE SKI IMPRESSA POR SLS (FORMLABS FUSE 1 BENCHTOP SLS 3D PRINTER).....	7
FIGURA 2.7 – TRITURADOR DO TIPO I (HILL, 1986).....	11
FIGURA 2.8 – TRITURADOR DO TIPO II (HILL, 1986).....	12
FIGURA 2.9 – TRITURADOR DO TIPO III (HILL, 1986).....	13
FIGURA 2.10 – DIY CHEN – STAINLESS STEEL MINI PLASTIC SHREDDER (STAINLESS STEEL MINI PLASTIC SHREDDER WITH NRV050 REDUCER (HARDENING BLADE) – DIY CHEN).....	14
FIGURA 2.11 – ACTION BOX – SHREDII 5.0 (SHREDIITM 5.0   MECHANICAL KIT   ACTION BOX).....	15
FIGURA 2.12 – 3DEVO – GP20 HYBRID (GP20 PLASTIC SHREDDER HYBRID   3DEVO).....	16
FIGURA 2.13 – LÂMINA DE TRITURAÇÃO COM 2 DENTES (MUTHIAH ET AL., 2022).....	17
FIGURA 2.14 – LÂMINA DE TRITURAÇÃO COM 5 DENTES.....	18
FIGURA 3.1 – MICROGRAFIA DE UMA IDENTIFICAÇÃO REALIZADA NUMA PEÇA EM PLA DE COR PRETO.....	20
FIGURA 3.2 – MODELO DA LÂMINA.....	22
FIGURA 3.3 – CONFIGURAÇÃO INICIAL DE 33 LÂMINAS A ATUAR SIMULTANEAMENTE.....	24
FIGURA 3.4 – CONFIGURAÇÃO FINAL DO 1º ESTÁGIO DE TRITURAÇÃO COM 5 LÂMINAS A ATUAR SIMULTANEAMENTE.....	25
FIGURA 3.5 – MODELO CAD DO VEIO.....	26
FIGURA 3.6 – ESTRUTURA DE SUPORTE DO 1º ESTÁGIO DE TRITURAÇÃO.....	27
FIGURA 3.7 – TREMONHA DO 1º ESTÁGIO.....	28
FIGURA 3.8 – MODELO FINAL DO 1º ESTÁGIO DE TRITURAÇÃO.....	29
FIGURA 3.9 – MODELO CAD DO ACOPLAMENTO.....	30
FIGURA 3.10 – MODELO DA NAVALHA.....	31
FIGURA 3.11 – CONFIGURAÇÃO DO CORTE DO 2º ESTÁGIO.....	31
FIGURA 3.12 – EVOLUÇÃO DA PRESSÃO ESPECÍFICA DE CORTE COM A PROFUNDIDADE DE CORTE (KERESZTES ET AL., 2011). 32	
FIGURA 3.13 – CONJUNTO DO VEIO, NAVALHAS E BATENTES, DO 2º ESTÁGIO.....	33
FIGURA 3.14 – CONFIGURAÇÃO DO 2º ESTÁGIO, COM 3 NAVALHAS ROTATIVAS.....	33
FIGURA 3.15 – ESTRUTURA DE SUPORTE DO 2º ESTÁGIO DE TRITURAÇÃO.....	34

FIGURA 3.16 – TREMONHA DO 2º ESTÁGIO.....	35
FIGURA 3.17 – MODELO FINAL DO 2º ESTÁGIO DE TRITURAÇÃO .....	35
FIGURA 4.1 – MODELO DE ELEMENTOS FINITOS DO 1º ESTÁGIO .....	37
FIGURA 4.2 – RESULTADOS DA ANÁLISE POR ELEMENTOS FINITOS ÀS LÂMINAS .....	38
FIGURA 4.3 – À ESQUERDA: MODELO DE SIMULAÇÃO DO 1º ESTÁGIO COM MALHA DE 10 MM. À DIREITA: MODELO DE SIMULAÇÃO DO 1º ESTÁGIO COM MALHA FINAL REFINADA DE 0,5 MM.....	38
FIGURA 4.4 – EVOLUÇÃO DOS VALORES DE TENSÃO DE VON-MISES CONFORME A DIMENSÃO DA MALHA, PARA O MODELO INICIAL DO VEIO DO 1º ESTÁGIO .....	39
FIGURA 4.5 – MODELO OTIMIZADO POR ELEMENTOS FINITOS DO 1º ESTÁGIO .....	40
FIGURA 4.6 – À ESQUERDA: MODELO OTIMIZADO DE SIMULAÇÃO DO 1º ESTÁGIO COM MALHA DE 10 MM. À DIREITA: MODELO OTIMIZADO DE SIMULAÇÃO DO 1º ESTÁGIO COM MALHA FINAL REFINADA DE 0,5 MM.....	40
FIGURA 4.7 – EVOLUÇÃO DOS VALORES DE TENSÃO DE VON MISES CONFORME A DIMENSÃO DA MALHA, PARA O MODELO OTIMIZADO DO VEIO DO 1º ESTÁGIO .....	41
FIGURA 4.8 – EVOLUÇÃO DOS VALORES DE TENSÃO DE VON MISES CONFORME A DIMENSÃO DA MALHA, PARA O MODELO OTIMIZADO DO VEIO DO 1º ESTÁGIO, UTILIZANDO A FERRAMENTA <i>PROBE</i> .....	42
FIGURA 4.9 – MODELO DE ELEMENTOS FINITOS DO 2º ESTÁGIO .....	43
FIGURA 4.10 – RESULTADOS DA ANÁLISE POR ELEMENTOS FINITOS ÀS NAVALHAS .....	43
FIGURA 4.11 – À ESQUERDA: MODELO DE SIMULAÇÃO DO 2º ESTÁGIO COM MALHA DE 10 MM. À DIREITA: MODELO DE SIMULAÇÃO DO 2º ESTÁGIO COM MALHA FINAL REFINADA DE 0,5 MM.....	44
FIGURA 4.12 - EVOLUÇÃO DOS VALORES DE TENSÃO DE VON MISES CONFORME A DIMENSÃO DA MALHA, PARA O VEIO DO 2º ESTÁGIO, UTILIZANDO A FERRAMENTA <i>PROBE</i> .....	45
FIGURA 4.13 – CARGAS APLICADAS NO MODELO DE ANÁLISE DA ESTRUTURA .....	46
FIGURA 4.14 – CONSTRANGIMENTOS APLICADOS NO MODELO DE ANÁLISE DA ESTRUTURA .....	46
FIGURA 4.15 – RESULTADOS DA ANÁLISE POR ELEMENTOS FINITOS À ESTRUTURA .....	47

# Índice de tabelas

TABELA 2.1 – PROPRIEDADES DO PLA E ABS (KOLYUDA, 2021) (KUMAR PATRO ET AL., 2023) (DURGA RAJESH ET AL., 2023).....	9
TABELA 3.1 – VALORES EXPERIMENTAIS MÁXIMOS DE DUREZA PARA CADA PEÇA.....	20
TABELA 3.2 – PROPRIEDADES MECÂNICAS DO PLA E ABS.....	22
TABELA 3.3 – COMPONENTES NORMALIZADOS UTILIZADOS NO 1º ESTÁGIO.....	27
TABELA 3.4 – COMPONENTES NORMALIZADOS UTILIZADOS NO 2º ESTÁGIO.....	34
TABELA 4.1 – EVOLUÇÃO DOS VALORES DE TENSÃO DE VON MISES CONFORME A DIMENSÃO DA MALHA, PARA O MODELO INICIAL DO VEIO DO 1º ESTÁGIO.....	39
TABELA 4.2 – EVOLUÇÃO DOS VALORES DE TENSÃO DE VON MISES CONFORME A DIMENSÃO DA MALHA, PARA O MODELO OTIMIZADO DO VEIO DO 1º ESTÁGIO.....	41
TABELA 4.3 – EVOLUÇÃO DOS VALORES DE TENSÃO DE VON MISES CONFORME A DIMENSÃO DA MALHA, PARA O MODELO OTIMIZADO DO VEIO DO 1º ESTÁGIO, UTILIZANDO A FERRAMENTA <i>PROBE</i> .....	42
TABELA 4.4 – EVOLUÇÃO DOS VALORES DE TENSÃO DE VON-MISES CONFORME A DIMENSÃO DA MALHA, PARA O VEIO DO 2º ESTÁGIO, UTILIZANDO A FERRAMENTA <i>PROBE</i> .....	44

# 1 Introdução

O primeiro capítulo consiste na introdução, sendo esta composta pela motivação e objetivos e a estrutura do presente trabalho.

## 1.1 Motivação e Objetivos

Embora as vantagens do fabrico aditivo sejam inúmeras, a impressão 3D possui também as suas limitações e desafios. Entre estes, destacam-se o tratamento dos resíduos resultantes de defeitos de impressão, rejeições e produtos indesejáveis. Para contornar este problema, têm sido desenvolvidos vários equipamentos e estações de reciclagem para tratamento destes mesmos resíduos, nomeadamente trituradoras. No entanto, estes equipamentos possuem algumas limitações, sendo estas ultrapassadas com o desenvolvimento do triturador em questão.

O objetivo deste trabalho final de mestrado consiste em projetar um equipamento capaz de triturar eficazmente os materiais PLA e ABS. Esta trituradora terá de ser capaz de triturar todos os pedaços de material, de reduzi-los a granulados de pequenas dimensões para poderem, posteriormente, ser processados e convertidos em filamento contínuo, por outro equipamento. É importante que durante o processo de trituração, o material seja de facto triturado através de um corte limpo, sem atingir temperaturas próximas à temperatura de fusão do mesmo.

A trituradora necessita de cumprir o seu propósito, com eficiência, mantendo a sua estabilidade estrutural. Para tal, durante o processo de dimensionamento da mesma, realizado através de software CAD, utilizam-se ferramentas de análise estrutural para garantir este mesmo aspeto.

## 1.2 Estrutura

Este trabalho de projeto encontra-se organizado em cinco capítulos principais, além das seções de referências bibliográficas e anexos.

No primeiro capítulo, a introdução, são apresentados a motivação para a realização do trabalho e os objetivos principais. Também é discutida a importância do tema, bem como o contexto em que se insere.

No segundo capítulo procede-se à revisão da literatura existente sobre os principais tópicos explorados ao longo do trabalho. Nesse capítulo, abordam-se os conceitos relacionados ao fabrico aditivo, características dos polímeros PLA e ABS, métodos de reciclagem mecânica e uma análise dos equipamentos atualmente disponíveis no mercado.

No terceiro capítulo, detalha-se o processo de dimensionamento e seleção dos materiais e componentes necessários para o desenvolvimento do triturador. São abordadas as características mecânicas das lâminas e veios, bem como a estrutura e os componentes auxiliares, incluindo motores e sistemas de transmissão.

O quarto capítulo apresenta os modelos de elementos finitos que foram utilizados para analisar as tensões e deformações nos componentes principais do triturador. São discutidos os resultados das simulações realizadas com o módulo *SIMULATION* do software *SOLIDWORKS*.

Por fim, no quinto capítulo, resumem-se as principais conclusões do trabalho realizado, além de se proporem guias para futuras pesquisas e melhorias no projeto do triturador.

## 2 Revisão da Literatura

Este capítulo encontra-se dividido em 4 subcapítulos, cada um sobre um tema em específico relacionado com o projeto em questão, que têm como objetivo contextualizar o tema.

### 2.1 Fabrico Aditivo

O Fabrico Aditivo (FA) consiste na produção de objetos físicos a partir de um modelo digital, através da adição contínua de camadas de um determinado material, por uma impressora 3D, até à formação de um produto final. O conceito de adição de camadas é transversal a todas as impressoras 3D, mas a tecnologia utilizada para depositar camadas difere consoante o material utilizado e o tipo de FA. Os tipos mais comuns de FA são FFF, SLS e SLA (Kolyuda, 2021).

Os processos de FA são constituídos maioritariamente por 3 etapas. A etapa inicial consiste no desenvolvimento do modelo 3D, onde é desenvolvido o projeto tridimensional num software de CAD, sendo definido o *design* e as dimensões da peça a fabricar.

A segunda etapa consiste no *slicing*, ou corte em camadas. Nesta etapa o modelo 3D é dividido em camadas/fatias. Para tal ser possível, o modelo 3D deve ser exportado, do software CAD, para ser processado no devido software de *slicing*. Após definidos os parâmetros no *slicer*, é gerado um arquivo em formato G-code.

A terceira e última etapa, consiste efetivamente no processo de fabrico aditivo. Nesta etapa, o arquivo G-code é enviado para a impressora 3D, que faz a leitura das coordenadas e a deposição do material em camadas, até se completar o fabrico da peça. Este processo pode ter uma duração de poucos minutos ou alguns dias, dependendo das variáveis do projeto.

Esta tecnologia, como qualquer outra, possui as suas vantagens e desvantagens, podendo algumas ser enumeradas (Costabile et al., 2017).

Vantagens:

- Desenvolvimento mais flexível;
- Liberdade de conceção e construção;
- Redução dos processos de montagem;
- Eliminação de ferramentas de produção;
- Redução de peças sobresselentes em stock;
- Redução de complexidade no negócio devido à redução de peças para gerir;

- Redução do tempo de colocação dos produtos no mercado;
- Implementação mais rápida de alterações.

Desvantagens:

- Necessidade recorrente de operações de acabamento;
- Tempo de fabrico muito dependente das dimensões da peça, podendo ter a duração de dias;
- Ineficiência para elevados volumes de produção.

Existem 3 principais tipos de tecnologias de fabrico aditivo de polímeros, sendo estes a Modelação por Fusão e Deposição (FDM, do inglês Fused Deposition Modeling/FFF, do inglês Fused Filament Fabrication), a Estereolitografia (SLA) e a Sinterização Seletiva a Laser (SLS) (Kanishka & Acherjee, 2023). De seguida serão abordadas estas 3 tecnologias e feita uma comparação visual, através de imagens, de uma mesma peça produzida pelas diversas tecnologias, ilustrado nas Figuras 2.1 a 2.6.

- FDM/FFF - A modelação por fusão e deposição (FDM), também conhecida como fabrico de filamento fundido (FFF), é a forma mais utilizada de impressão 3D ao nível do consumidor, impulsionada pelo aparecimento de impressoras 3D para amadores. As impressoras 3D FDM fabricam peças através da fusão e extrusão de filamento termoplástico, que é depositado, camada a camada, por um bocal na área de construção. O FDM funciona com uma gama de termoplásticos padrão, como o ABS, o PLA e as suas várias misturas. A técnica é adequada para modelos básicos de *proof of concept*, bem como para a prototipagem rápida e de baixo custo de peças simples, tais como peças que normalmente seriam maquinadas. As peças FFF tendem a ter linhas de camadas visíveis e podem apresentar imprecisões em torno de características complexas. A tecnologia FFF possui a menor resolução e precisão quando comparada com a SLA ou SLS e não é a melhor opção para imprimir peças com características detalhadas. Os acabamentos de maior qualidade podem ser obtidos através de processos de polimento químico e mecânico. As impressoras 3D FDM industriais utilizam suportes solúveis para mitigar alguns destes problemas e oferecem uma gama mais alargada de termoplásticos de engenharia, mas também têm um preço elevado (3D Printing Technology Comparison: FDM vs. SLA vs. SLS | Formlabs).

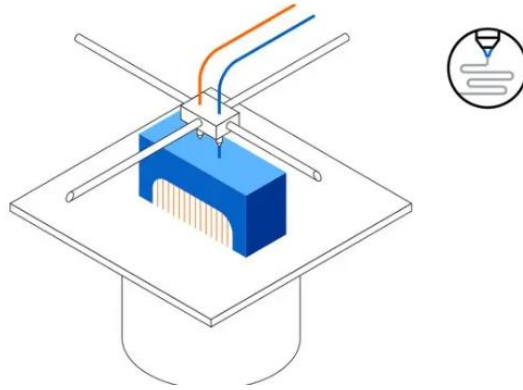


Figura 2.1 – Exemplificação da tecnologia FDM/FFF (3D Printing Technology Comparison: FDM vs. SLA vs. SLS | Formlabs)



Figura 2.2 – Exemplo de uma armação de óculos de ski impressa por FDM (Formlabs Form 3 desktop SLA 3D printer)

- SLA - A estereolitografia foi a primeira tecnologia de impressão 3D desenvolvida. Inventada na década de 1980, continua a ser uma das tecnologias mais populares entre os profissionais. As impressoras 3D de resina SLA utilizam um laser para curar a resina líquida e transformá-la em polímero endurecido, num processo designado por fotopolimerização. As peças produzidas em SLA têm a maior resolução e precisão, os detalhes mais nítidos e o acabamento de superfície mais suave de todas as tecnologias de impressão 3D em polímero, mas a principal vantagem da SLA reside na sua versatilidade. Os fabricantes de materiais criaram formulações inovadoras de resina de fotopolímero SLA com uma vasta gama de propriedades óticas, mecânicas e térmicas para corresponder às dos termoplásticos padrão. As peças produzidas por SLA possuem arestas vivas, um acabamento superficial suave e linhas de camada mínimas visíveis. A tecnologia SLA é uma ótima opção para protótipos altamente

detalhados que requerem tolerâncias apertadas e superfícies lisas, tais como moldes, padrões e peças funcionais. Esta tecnologia é amplamente utilizada numa série de indústrias, desde a medicina dentária, à joalheria, fabrico de modelos e até educação (3D Printing Technology Comparison: FDM vs. SLA vs. SLS | Formlabs).

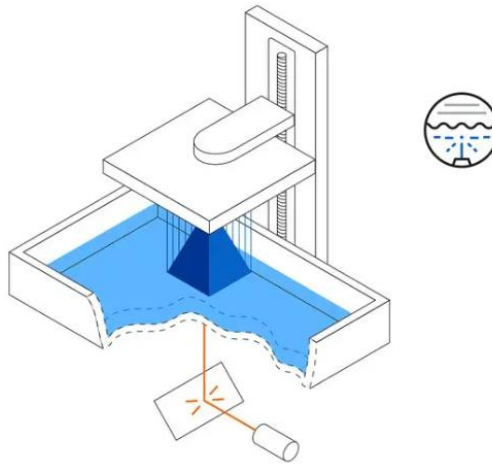


Figura 2.3 – Exemplificação da tecnologia SLA (3D Printing Technology Comparison: FDM vs. SLA vs. SLS | Formlabs)



Figura 2.4 – Exemplo de uma armação de óculos de ski impressa por SLA (Formlabs Form 3 desktop SLA 3D printer)

- SLS - A sinterização seletiva a laser é a tecnologia de fabrico aditivo mais comum para aplicações industriais, em que engenheiros e fabricantes de diferentes indústrias confiam pela sua capacidade de produzir peças fortes e funcionais. As impressoras 3D SLS utilizam um laser de alta potência para fundir pequenas partículas de pó de polímero. O pó não fundido suporta a peça durante a impressão e elimina a necessidade de estruturas de suporte dedicadas. Isto torna a tecnologia SLS ideal para geometrias complexas, incluindo

características interiores, cortes inferiores e paredes finas. As peças produzidas através da impressão SLS têm excelentes características mecânicas, com uma resistência semelhante à das peças moldadas por injeção. Estas peças possuem um acabamento superficial ligeiramente rugoso, mas quase sem linhas de camada visíveis. O material mais comum para a sinterização seletiva a laser é a poliamida [nylon], um material termoplástico de engenharia popular com excelentes propriedades mecânicas. A poliamida é leve, flexível e resistente, tanto estruturalmente e contra impactos, como contra produtos químicos, calor, luz, raios UV e sujidade. A combinação de baixo custo por peça, alta produtividade e inexistência de estruturas de suporte fazem da SLS uma escolha popular entre os engenheiros para prototipagem funcional e uma alternativa económica à moldagem por injeção para fabrico de séries limitadas ou de pontes (3D Printing Technology Comparison: FDM vs. SLA vs. SLS | Formlabs).

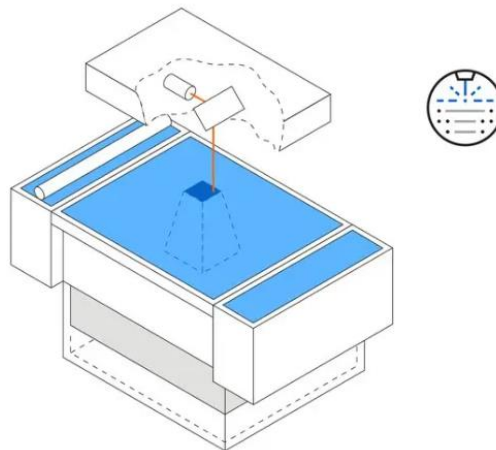


Figura 2.5 – Exemplificação da tecnologia SLS (3D Printing Technology Comparison: FDM vs. SLA vs. SLS | Formlabs)



Figura 2.6 – Exemplo de uma armação de óculos de ski impressa por SLS (Formlabs Fuse 1 benchtop SLS 3D printer)

## 2.2 PLA e ABS

Devido às grandes vantagens dos materiais poliméricos no fabrico aditivo, nomeadamente, através da tecnologia FFF, o PLA e o ABS têm vindo a evoluir como talvez os materiais mais utilizados na impressão 3D (Rodríguez-Reyna et al., 2022). Tendo a tecnologia do fabrico aditivo um impacto significativo em diferentes aplicações industriais, estes têm vindo a registar um enorme desenvolvimento e presença na indústria nos últimos anos (Agrawal et al., 2023).

Dependendo do modo como estão ligados química e estruturalmente, os materiais poliméricos podem ser divididos em duas classes, os termoplásticos e os termoendurecíveis. No caso do PLA e ABS, tratam-se de polímeros termoplásticos, que são caracterizados por necessitarem de calor para serem enformados e, após o arrefecimento, manterem a forma que adquiriram durante a enformação. Estes materiais podem ser várias vezes reaquecidos e reenformados em novas formas, sem que ocorra alteração significativa das suas propriedades. A deformação dos materiais caracteriza-se como elástica ou plástica. Nos polímeros termoplásticos, abaixo da temperatura de transição vítrea, estes deformam-se elasticamente, enquanto acima da temperatura de transição vítrea, eles sofrem essencialmente uma deformação plástica. Devido à sua leveza, fácil processamento e resistência à corrosão, são usados em grandes quantidades em componentes da indústria automóvel, aeroespacial e bens de consumo (William F. Smith, 1998).

O PLA (bipolímero ácido polilático) é um termoplástico derivado de fontes renováveis, sendo este biodegradável nas condições corretas. Este material é um dos bioplásticos mais populares e é perfeito para uma variedade de aplicações, desde copos de plástico a implantes médicos.

Em comparação com outros materiais utilizados na impressão 3D, o PLA é bastante económico, oferecendo uma boa relação qualidade/preço, obtendo-se componentes de alta qualidade com acabamentos superficiais relativamente suaves. O PLA é fácil de imprimir, devido à sua temperatura de impressão mais baixa, e possui uma rigidez mais elevada quando comparado a outros materiais poliméricos como o ABS e poliamida, porém, este não resiste bem a temperaturas elevadas, produtos químicos e tensões elevadas.

O ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) é um material comum na impressão 3D e bastante popular no processo de moldagem por injeção. As aplicações do ABS na indústria variam desde brinquedos (LEGO), caixas para eletrónica, peças para automóveis, eletrodomésticos, entre outros.

O ABS possui certas propriedades mecânicas superiores às do PLA, como a resistência mecânica, sendo ao mesmo tempo mais leve. No entanto, as desvantagens que este possui, tratam-se da dificuldade em ser impresso e requerer frequentemente temperaturas mais elevadas para uma impressão eficaz. Este possui uma condutividade térmica superior ao PLA, no entanto, não é de todo conhecido pela sua elevada resistência térmica.

Tanto o PLA como o ABS possuem resistências à tração semelhantes, o que os torna sólidas opções para muitas aplicações de prototipagem. Na indústria, é frequentemente preferido o ABS devido à sua superior ductilidade, em relação ao PLA. O ABS tem uma maior resistência à flexão e um melhor alongamento antes da rutura comparativamente ao PLA, este, por outro lado, é mais popular para prototipagem rápida quando se dá mais importância à forma do que à função da peça.

Para finalizar, o PLA trata-se de uma boa opção para o fabrico de peças personalizadas domesticamente que não estejam sujeitas a elevadas cargas (ou radiação UV e temperaturas elevadas), como maquetes ou peças decorativas. O ABS é mais adequado para aplicações industriais e componentes funcionais, visto possuir uma melhor resistência a cargas físicas do que o PLA (3D Printing with PLA vs. ABS: What's the Difference? | Hubs) (Oliveira, 2018) (Kumar Patro et al., 2023).

Para se poder visualizar de uma forma mais concisa algumas das propriedades do PLA e ABS, elaborou-se a Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Propriedades do PLA e ABS (Kolyuda, 2021) (Kumar Patro et al., 2023) (Durga Rajesh et al., 2023)

<b>Propriedade</b>	<b>PLA</b>	<b>ABS</b>	<b>Unidades</b>
Módulo de Elasticidade (E)	1,9	0,9	GPa
Massa Volúmica ( $\rho$ )	1250	1040	kg/m <sup>3</sup>
Temperatura de Transição Vítrea	52	108	°C

## 2.3 Reciclagem Mecânica

Segundo Valavanidis (2022), a reciclagem mecânica refere-se ao processamento de resíduos de plástico em matérias-primas ou produtos secundários, sem alterar significativamente a estrutura química do material. Na generalidade, todos os tipos de materiais termoplásticos são passíveis de serem reciclados mecanicamente com pouco, ou nenhum impacto na qualidade dos mesmos. Esta trata-se, na generalidade, da abordagem mais económica de reciclagem de materiais termoplásticos (Valavanidis, 2022).

A reciclagem mecânica de polímeros é constituída por diferentes fases – em particular: (1) Separação: onde os resíduos são divididos e reagrupados consoante o seu material; (2) Trituração: onde estes são moídos e triturados em pedaços de menores dimensões ou grânulos; (3) Lavagem: normalmente com água, que tem a finalidade de remover eventuais contaminantes; (4) Secagem: onde são removidas as partículas de humidade; (5) Extrusão: etapa final onde o material é fundido, compactado e extrudido (Oliveira, 2018).

Relativamente à fase de trituração, esta é habitualmente realizada em trituradores, ou *shredders* em inglês. Um triturador trata-se de um equipamento cujo objetivo é reduzir o tamanho de um certo material a uma desejada dimensão. Embora um triturador seja comumente conhecido como um “equipamento utilizado para triturar documentos como medida de privacidade”, isto refere-se a trituradores de documentos em papel, podendo as máquinas de trituração ser de várias formas e feitios, dependendo do material que se encontra a ser triturado. Existem máquinas de trituração concebidas para lidar com a trituração de materiais numa vasta gama de utilizações de reciclagem, incluindo a reciclagem de plástico, a reciclagem de sucata metálica, resíduos eletrónicos, reciclagem de madeira e trituração ou reciclagem de pneus (Shredding Machines: Types, Applications, Advantages, and Standards).

De acordo com Oliveira (2018), o funcionamento de um triturador resulta da combinação de 3 ações:

- Ação de corte: é o mecanismo de corte em si. A sua eficiência depende de quão afiadas estão as lâminas e da tolerância entre duas consecutivas, como se de uma tesoura se tratasse;
- Ação de rasgo: deve ser tida em conta a ação de puxar o material e capacidade de o separar, abrindo um rasgo inicial. Esta ação é particularmente verificada com plásticos e borrachas;

- Ação de fratura: É comum haver fratura quando as lâminas não estão devidamente afiadas ou existe demasiada folga entre as mesmas. Deste modo, deve-se ter especial cuidado com este facto pelo perigo de projetar pequenas partes para fora do equipamento (Oliveira, 2018).

Segundo Hill (1986), existem 3 tipos diferentes de trituradores, os de Tipo I, Tipo II e Tipo III.

Os de Tipo I; são trituradores cuja aplicação se trata de desfazer materiais não ferrosos como cabos isolantes e de os preparar para outro processo de reciclagem. Neste tipo, o material é bastante homogéneo na sua composição, mas a sua distribuição pode variar, ou seja, tanto podem existir amontoados de material agregado como fios dispersos. O *design* resultante incorpora dois veios com lâminas removíveis, para conveniente substituição, com sentidos de rotação opostos que nunca se cruzam entre si e, no centro, um conjunto de lâminas fixas que realizam efetivamente a trituração do material, como é possível observar na Figura 2.7. Os dois eixos são acionados de forma independente e conseguem, caso exista alguma obstrução ou massa de maiores dimensões, ser revertidos. Deste modo, a quantidade de material colocada no triturador não tem influência na eficácia do mesmo e do produto final produzido. Neste tipo de trituradores, é necessário recorrer a uma preparação do material, dividindo-o em pedaços mais pequenos, sendo que o comprimento ideal é entre 15-60 mm, assumindo que as lâminas possuem um toleranciamento justo. Este *design* torna-se pouco prático para materiais como resíduos sólidos urbanos, pneus e outros resíduos volumosos.

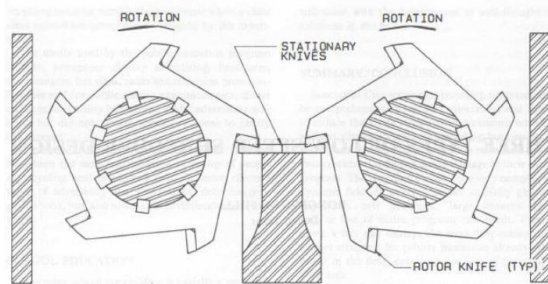


Figura 2.7 – Triturador do Tipo I (Hill, 1986)

Os de Tipo II, como se observa na Figura 2.8, tratam-se dos trituradores de uso mais comum cujas aplicações variam desde a trituração de lixo municipal, resíduos volumosos ou de grandes dimensões como mobília doméstica, resíduos provenientes da construção civil e de processos de fabrico, ou outros objetos que necessitem de redução de tamanho. Neste tipo de trituradores, é necessário ter em especial atenção a quantidade de material a ser triturado pois, para o seu funcionamento ser eficaz, a zona

de corte não deve possuir material em excesso. Este tipo de equipamento é constituído por dois veios com sentidos de rotação opostos e diversas lâminas que interferem com as do veio oposto. Dada a vasta gama de aplicações e flexibilidade que estes trituradores possuem, características como as dimensões da câmara de corte, número e dimensões das lâminas, potência e velocidade de rotação das lâminas variem bastante. No entanto, um aspeto comum a todos os modelos de trituradores deste tipo é a utilização de diferentes valores de binário e velocidade de rotação em cada veio. O seu baixo custo de manutenção, consumo de energia reduzido e a redução dos riscos de projeção de resíduos sólidos, durante o processamento, tornam-no bastante atrativo quando comparado com outros métodos de reciclagem de materiais. Neste tipo de trituradores, o material é puxado para o centro da zona de corte e rasgado em vez de cortado, sendo a ação de rasgo o mecanismo de trituração predominante.

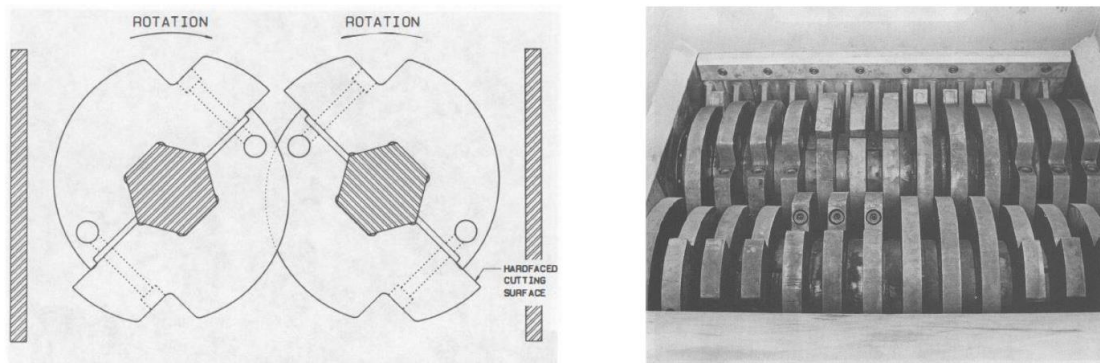


Figura 2.8 – Triturador do Tipo II (Hill, 1986)

Tal como os de Tipo I, o terceiro tipo foi projetado com o objetivo de preparar o material triturado a ser queimado, necessitando este de ser expelido uniformemente no formato de longas tiras de borracha. Sendo a matéria-prima volumosa, flexível e elástica, torna-se difícil de se manter no centro das lâminas de corte (como no Tipo II), por conseguinte, este Tipo III incorpora semelhanças existentes nos trituradores do Tipo I e II. Como se pode observar na Figura 2.9, a introdução de novos componentes em formato de estrela auxiliam a deslocação do material para o centro de corte, no entanto, aumentam a complexidade do *design* e a dificuldade de manutenção do triturador (Hill, 1986).

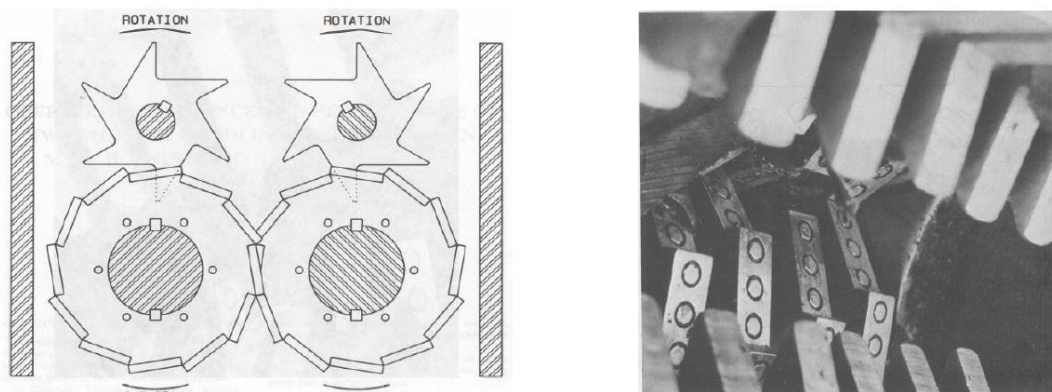


Figura 2.9 – Triturador do Tipo III (Hill, 1986)

## 2.4 Equipamentos existentes

Um triturador trata-se de um equipamento muito comum em diversas indústrias, concebido para triturar objetos ou materiais como papel, metais ou plásticos. As características estruturais de um triturador variam consoante as suas funções e, mesmo dentro da mesma indústria, as características de um triturador podem variar. Na indústria dos plásticos, por exemplo, é possível encontrar trituradores com um eixo de lâminas rotativas combinadas com um conjunto de lâminas fixas, ou trituradores com duas filas de lâminas móveis. Em ambas as configurações, a construção de um triturador implica a rotação das lâminas. A rotação das mesmas pode ser assegurada por um veio, que é um elemento rotativo geralmente de secção transversal circular (sólida ou oca), que é utilizada para transmitir potência e movimento angular em equipamentos mecânicos. No geral, os veios não possuem um diâmetro uniforme, mas são escalonados para fornecer locais para a localização das engrenagens, polias e rolamentos, que atuam como fatores de concentração de tensões (Vicente et al., 2019).

### 2.4.1 Estudo de mercado

Este subcapítulo baseia-se na pesquisa comercial de trituradores existentes no mercado de modo a se ter uma perceção inicial da configuração dos trituradores.

No âmbito dos trituradores de materiais poliméricos de pequenas dimensões, foi-se ao encontro, principalmente, de 3 equipamentos vendidos no mercado. Iniciando-se pelo *Stainless steel mini plastic shredder*, do fabricante DIY Chen, observado na Figura 2.10. Este equipamento foi inicialmente desenvolvido numa perspetiva *DIY [do it yourself]*, e posteriormente comercializado. O âmbito deste triturador é a trituração de vários materiais poliméricos, como o PLA, ABS, PVC, entre outros. A sua configuração é de 2 veios motores, com 9 lâminas por veio, obtendo-se dimensões da câmara de trituração

de 94,7 mm de comprimento por 98 mm de largura. Possui alimentação externa de apenas um motor elétrico, com potência de 350 W, propulsionando os dois veios através de um sistema de engrenagens. Sendo um equipamento simples, possui uma massa de 8,5 kg e tem um custo comercial de 342€ (Stainless Steel Mini Plastic Shredder with NRV050 Reducer(Hardening Blade) – DIY Chen).

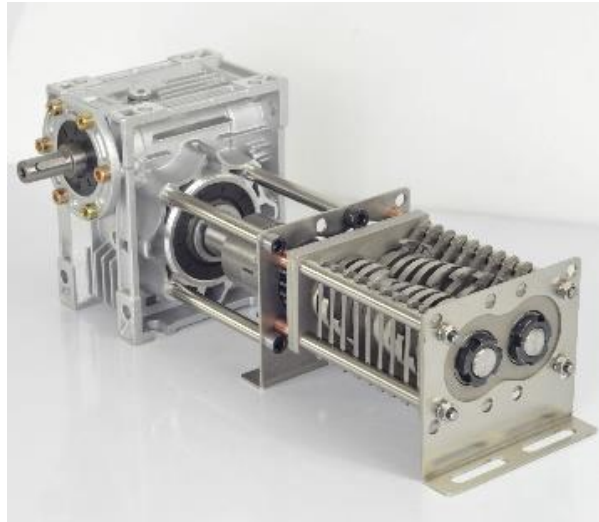


Figura 2.10 – DIY Chen – Stainless steel mini plastic shredder (Stainless Steel Mini Plastic Shredder with NRV050 Reducer (Hardening Blade) – DIY Chen)

Identificou-se também o SHREDII 5.0, do fabricante Action BOX, demonstrado na Figura 2.11. É um equipamento ligeiramente mais complexo que o anterior, tendo alimentação proveniente de dois motores elétricos com 746 W cada, sendo os dois veios alimentados de forma independente. Similarmente ao equipamento anterior, este possui dois veios motores, com 15 lâminas de trituração por veio e dimensões da câmara de trituração de 140 mm de comprimento por 160 mm de largura. Este triturador foi alvo de reprojeção, sendo que se trata de uma segunda versão do SHREDII. Inicialmente foi projetado com um menor número de lâminas de 5 mm de espessura, concluindo-se, posteriormente, que se se reduzisse a espessura das lâminas e se aumentasse o número das mesmas, obter-se-ia um granulado de dimensões mais satisfatórias, ou seja de menores dimensões. Deste modo, esta segunda versão do equipamento possui as 15 lâminas referidas anteriormente, cada uma com 3 mm de espessura. Este equipamento é ligeiramente mais complexo, possuindo até uma proteção para o utilizador ao triturar PLA, ABS e PVC, sendo o seu custo 510€ (SHREDIITM 5.0 | Mechanical Kit | Action BOX).



Figura 2.11 – Action BOX – SHREDII 5.0 (SHREDIITM 5.0 | Mechanical Kit | Action BOX)

Por fim, identificou-se o triturador de configuração híbrida GP20 Hybrid, como demonstra a Figura 2.12, fabricado pela 3devo. Sendo híbrido, este possui dois estágios que podem ser utilizados de forma independente, dependendo do granulado que se deseja obter. O material é inserido por um funil de alimentação que possui um tapete rolante, que tem como objetivo alimentar o material ao primeiro estágio, com uma cadência constante, de modo a evitar sobrealimentação. Este primeiro estágio é semelhante aos mencionados anteriormente, sendo constituído por dois veios motores cada um com 7 lâminas rotativas. É alimentado através de um motor elétrico de 1200W (240V) ou 1500W (120V).

O segundo estágio é constituído por um granulador de elevada velocidade de rotação que possui 3 lâminas rotativas e um filtro, sendo que o granulado extraído do equipamento possui dimensões máximas de 3,5 mm. A alimentação energética do segundo estágio é idêntica à do primeiro, totalizando o equipamento, em termos de alimentação externa, de 2 motores elétricos.

Devido à sua elevada complexidade e requinte, este é capaz de triturar PLA, ABS, PVC e PP, sendo que a sua massa é de 125 kg e possui um custo de 13 000 € (GP20 Plastic Shredder Hybrid | 3devo).

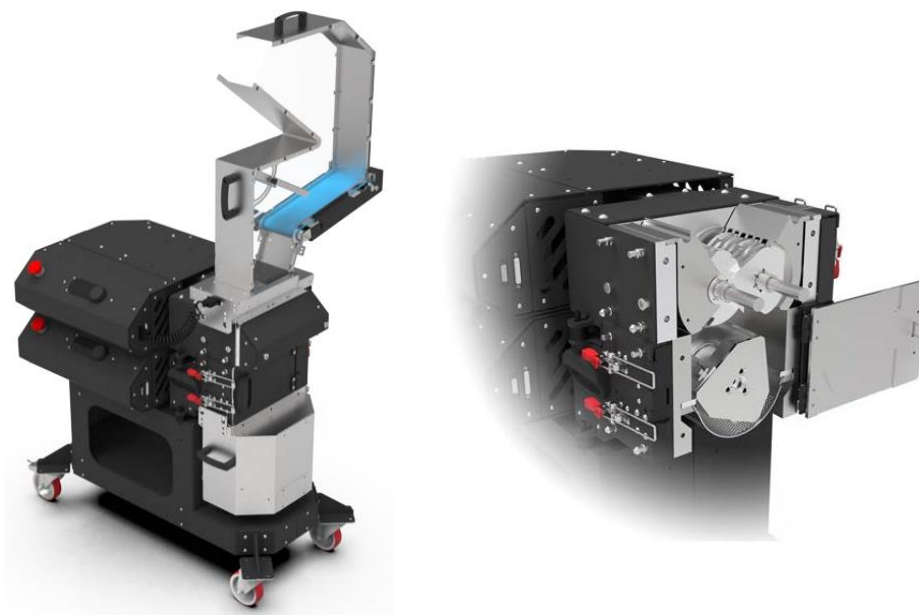


Figura 2.12 – 3devo – GP20 Hybrid (GP20 Plastic Shredder Hybrid | 3devo)

É de salientar que, podendo os trituradores de polímeros, ser equipamentos de pequenas dimensões, estes podem ser construídos com alguma facilidade, encontrando-se pela internet, uma vasta diversidade de trituradores “*DIY – do it yourself*”.

#### 2.4.2 Estudo científico

Uma vez feita uma análise de mercado, de cariz técnico, torna-se particularmente relevante complementar a abordagem com uma análise da literatura científica. Deste modo, neste subcapítulo é aprofundado o estudo numa perspetiva do tipo de lâminas existentes nos equipamentos, bem como realizadas pesquisas de métodos analíticos para determinação de esforços aplicados às lâminas.

Encontrou-se, essencialmente, na literatura, dois tipos diferentes de configurações de lâminas e, associado a estes, duas formas analíticas de determinação de esforços nas mesmas, ou seja, da força de corte aplicada às lâminas, proveniente da trituração dos materiais.

As duas configurações de lâminas mais comuns são as lâminas com 2 dentes, e as lâminas com 3 ou mais dentes. Nas Figuras 2.13 e 2.14, é possível observar as duas configurações, uma lâmina com 2 dentes e uma lâmina com 5 dentes.

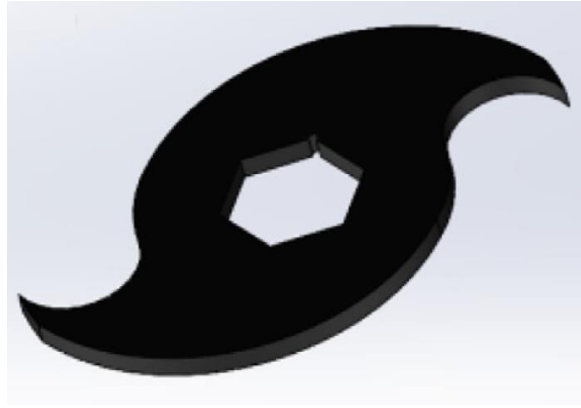


Figura 2.13 – Lâmina de trituração com 2 dentes (Muthiah et al., 2022)

De acordo com Oliveira (2018) e Muthiah et al. (2022), a força de corte aplicada às lâminas ( $F$ ) de 2 dentes, proveniente da trituração, pode ser calculada através da expressão presente na equação 2.1 (Oliveira, 2018) (Muthiah et al., 2022).

$$F = \tau_u \varepsilon_{0t} \frac{t^2}{2 \operatorname{tg}(\varphi)} \quad (2.1)$$

Onde  $\tau_u$  é a tensão de rotura ao corte,  $\varepsilon_{0t}$  a quantidade relativa de penetração da lâmina no material,  $t$  a espessura do material a triturar e  $\varphi$  o ângulo de inclinação da lâmina no início do corte.

Para as lâminas de 3 ou mais dentes, a metodologia de cálculo é diferente, sendo que Nasr e Yehia (2019) e Sedani e Sudarshan (2022) calculam a força de corte ( $F$ ) aplicada às lâminas de 3 ou mais dentes, de acordo com as equações 2, 3 e 4 (Nasr & Yehia, 2019) (Sedani & Sudarshan, 2022).

$$\tau(br) = CS \tau_u \quad (2.2)$$

$$A = w t \quad (2.3)$$

$$F = \tau(br) A \quad (2.4)$$

Onde  $\tau(br)$  corresponde à resistência ao corte do material, que pode ser aproximada à tensão de rotura ao corte do mesmo, impondo um coeficiente de segurança ( $CS$ ) e  $A$ , a

área de corte, calculada através da espessura da lâmina de corte ( $w$ ) e da espessura de material a triturar ( $t$ ).

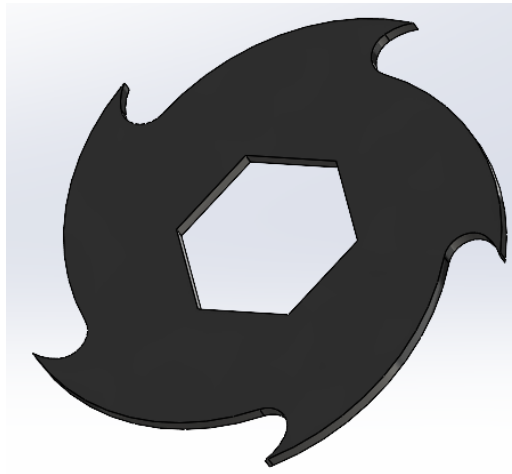


Figura 2.14 – Lâmina de trituração com 5 dentes

## **3 Dimensionamento e Seleção de Materiais**

O terceiro capítulo trata-se do projeto mecânico do equipamento em questão e encontra-se dividido por estágios de trituração. Neste, são inicialmente determinadas as propriedades mecânicas dos materiais a tritar pelo equipamento, de modo a se possuírem valores concretos para os cálculos e dimensionamento. Serão também apresentados todos os componentes do equipamento, bem como a montagem, em *CAD*, do mesmo.

### **3.1 1º Estágio de Trituração**

Inicia-se o capítulo de dimensionamento e seleção de materiais pelo 1º estágio de trituração.

#### **3.1.1 Determinação de Propriedades Mecânicas**

A fase inicial do projeto do triturador começou pelo dimensionamento das lâminas de corte, sendo estas o componente que maior interação tem com o material a tritar. Deste modo, e para se poder dar início ao dimensionamento das mesmas, considerou-se essencial determinar a dureza dos materiais a tritar. Sendo que o polímero impresso em 3D se trata de um material cujas propriedades mecânicas podem variar consoante a cor do filamento e o enchimento da peça, considerou-se pertinente realizar ensaios de dureza Vickers a diversas peças impressas, com o objetivo de se obter um valor de dureza empírico. Foram impressas 3 peças em PLA nas cores branco, vermelho e preto, todas com 100% de enchimento, de modo a se obterem peças com propriedades mecânicas superiores e se projetar o equipamento para a situação mais exigente.

Para tal ser possível, foram realizados ensaios de macrodureza Vickers, num durómetro laboratorial, com uma carga de 3 kgf e tempo de indentação de 10 segundos. Foram realizadas 3 indentações numa mesma linha reta, sendo estas localizadas no centro, a três quartos e na extremidade da peça. Obtendo-se as indentações necessárias nas peças, estas foram observadas a microscópio, como ilustra a Figura 3.1. Com auxílio de software, foi possível medir o comprimento médio entre as diagonais do losango marcado nas peças e, através da equação 3.1, determinar o valor da dureza Vickers. Sendo que  $F$  corresponde à carga aplicada e  $D_{médio}$  ao comprimento médio das diagonais do losango, como demonstrado na equação 3.2 (Durga Rajesh et al., 2023).

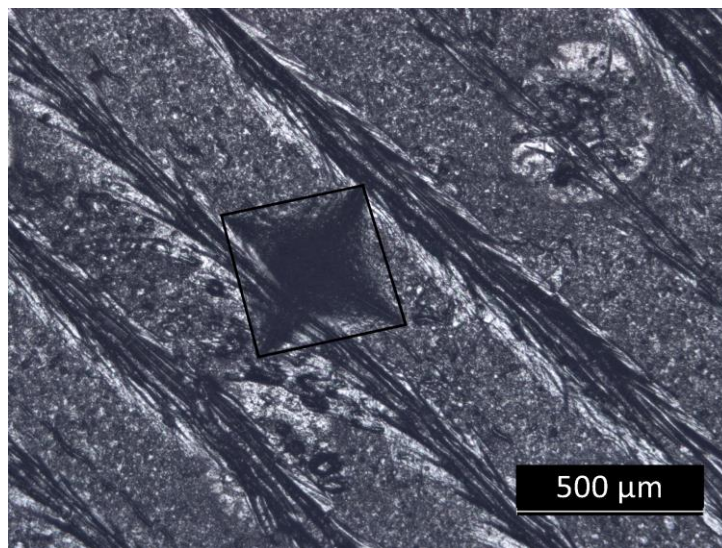


Figura 3.1 – Micrografia de uma indentação realizada numa peça em PLA de cor preto

$$HV = \frac{1,854F}{(D_{médio})^2} \quad (3.1)$$

$$D_{médio} = \frac{D_1 + D_2}{2} \quad (3.2)$$

A Tabela 3.1 demonstra a gama de valores de dureza obtida experimentalmente, para as peças de diferentes pigmentos.

Tabela 3.1 – Valores experimentais máximos de dureza para cada peça

Cor do filamento	Gama de valores de dureza [HV3]
Branco	14,5 – 15,2
Preto	17,6 – 17,8
Vermelho	15,6 – 17,1

Tendo-se dado o procedimento por finalizado, observa-se que os valores de dureza Vickers variam entre 14,5 HV (PLA branco) a 17,8 HV (PLA preto), sendo que para o PLA vermelho os valores são intermédios. Observa-se uma ligeira variação de valores para medições na mesma peça pois, como referido anteriormente, foram realizadas várias medições em zonas distintas da peça, e, sendo estas heterógenas, devido à sua natureza, obtêm-se propriedades ligeiramente diferentes consoante a localização de medição.

É possível concluir que as peças produzidas em filamento PLA preto apresentam uma dureza ligeiramente superior às restantes cores analisadas, deste modo, utilizou-se o valor 18 HV ou 176,5 MPa como valor de referência da dureza do material PLA. Realizando uma breve pesquisa bibliográfica relativamente à dureza deste mesmo material, verifica-se que Durga Rajesh et al., (2023) obteve um valor de dureza média, experimental, de 15,3 HV e Beltrán et al., (2021) um valor de 135 MPa, que corresponde a 13,77 HV. Esta pesquisa corrobora os valores obtidos laboratorialmente, sendo que estes pouco divergem dos valores obtidos pelos autores mencionados, podendo esta variação estar relacionada à qualidade de impressão, ou mesmo do filamento (Durga Rajesh et al., 2023) (Beltrán et al., 2021).

O mesmo procedimento foi realizado para o ABS, no entanto, apenas para peças de filamento branco, obtendo-se valores de dureza Vickers entre 5,3 HV e 6,7 HV, utilizando-se como valor de referência para a dureza do ABS, 7 HV. Comparando estes valores com a literatura, observa-se que Durga Rajesh et al., (2023) obtém um valor de dureza média de 12,7 HV e Saviello et al., (2018) um valor de 10,2 HV, sendo que estes diferem bastante dos obtidos experimentalmente. Porém, como o PLA apresenta uma maior dureza, o equipamento é dimensionado para o mesmo material, não sendo preocupante o desvio de dureza detetado no ABS (Beltrán et al., 2021) (Saviello et al., 2018).

Através dos valores de dureza obtidos experimentalmente, foi possível estimar os valores de tensão de rotura ( $\sigma_u$ ) de ambos os materiais, através da equação 3.3. É de notar que o valor de dureza (HV) vem expresso em MPa (Zhang et al., 2011).

$$\sigma_u = \frac{HV}{3} \quad (3.3)$$

Realizando o cálculo, obtêm-se valores de tensão de rotura ( $\sigma_u$ ) de 58,8 MPa e 22,9 MPa para PLA e ABS, respetivamente.

Na Tabela 3.2, é possível observar, de uma forma concisa, as propriedades mecânicas relevantes do PLA e do ABS.

Tabela 3.2 – Propriedades mecânicas do PLA e ABS

Propriedade	PLA	ABS	Unidades
Tensão de Ruptura ( $\sigma_u$ )	58,8	22,9	MPa
Dureza Vickers (HV3)	14,5 – 17,8	5,3 – 6,7	-

### 3.1.2 Lâminas

As lâminas desempenham o papel principal no triturador, sendo que necessitam de estar corretamente toleranciadas, afiadas e dimensionadas para se efetuar o processo de trituração com eficácia.

Relativamente à sua geometria, optou-se por uma configuração de 5 dentes, de modo a se obter um bom escoamento do material e conseqüentemente evitar o encravamento do mesmo. Optou-se, também, por uma espessura reduzida de modo a aumentar o número de lâminas a utilizar no equipamento, o que originará numa redução das dimensões do granulado produzido. Assim sendo, elaborou-se o modelo observado na Figura 3.2.

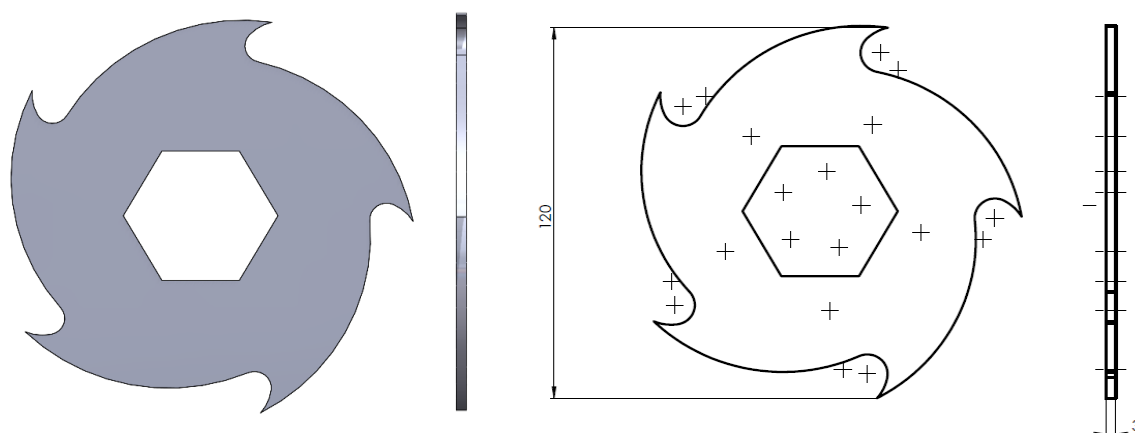


Figura 3.2 – Modelo da lâmina

De modo a se proceder à caracterização e dimensionamento das mesmas, foi necessário identificar quais os esforços aplicados nas lâminas, durante o processo de trituração do polímero. Para tal, seguiu-se o processo de cálculo relativo a lâminas de 3 ou mais dentes, enunciado no subcapítulo 2.4.2.

Deste modo, deu-se início à elaboração do procedimento de cálculo para o PLA. Assumiu-se um coeficiente de segurança (CS) de 1,5, tensão de ruptura do material ( $\sigma_u$ )

de 58,8 MPa, largura da lâmina ( $w$ ) 3 mm e espessura do material a triturar ( $t$ ) 10 mm, de modo a se projetar as lâminas para uma situação exigente. Relativamente à tensão de rotura ao corte do material ( $\tau_{rot}$ ), considerou-se como sendo 60% da tensão de rotura do mesmo.

$$\tau(br)_{PLA} = 0,6 CS \sigma_u \quad (3.4)$$

$$F = \tau(br)_{PLA} A \quad (3.5)$$

Através da equação 3.4, obteve-se uma resistência ao corte do PLA ( $\tau(br)_{PLA}$ ) de 52,92 MPa. Calculando-se uma a área de corte de  $30 \text{ mm}^2$ , através da largura da lâmina ( $w$ ) e espessura do material a triturar ( $t$ ) e utilizando a equação 3.5, foi possível obter uma força de corte ( $F$ ) de 1587,6 N. Esta trata-se da força aplicada a cada lâmina, durante o processo de trituração do polímero.

Relativamente ao material constituinte das mesmas, optou-se por um aço inox AISI 310S, fornecido em formato de chapa calibrada. Selecionou-se o mesmo devido às suas propriedades inoxidáveis e mecânicas, possuindo uma tensão de cedência  $\sigma_{ced} = 300 \text{ MPa}$ , tensão de rotura  $\sigma_u = 650 \text{ MPa}$  e dureza = 200 HV (AISI 310S (S31008) Stainless Steel: MakeltFrom.Com).

Outro motivo para a seleção deste aço foi o seu estado de fornecimento. Este é fornecido, pela empresa Ramada Aços, segundo a norma EN 10051, no formato de chapa calibrada com o toleranciamento dimensional de espessura de  $3 \pm 0,22 \text{ mm}$ , para chapas de largura até 1200 mm. Desta forma é possível controlar a espessura real das lâminas, impedindo que as mesmas possuam uma espessura superior à projetada e que, durante o funcionamento do equipamento, existam colisões entre as mesmas e as lâminas fixas (Tolerances to EN 10051 for Continuously Rolled Hot Rolled Plate Sheet and Strip – British Stainless Steel Association).

### 3.1.3 Veio

Para o dimensionamento do veio, optou-se por uma abordagem de análise de esforços de corte sobre o mesmo, sendo estes aplicados, inicialmente, às lâminas. Para tal foi necessário, assumir uma configuração inicial de lâminas e veios de modo a se obter os esforços aplicados sobre o mesmo. Assim, considerou-se que cada veio possuía 33 lâminas de 3 mm de espessura cada, como ilustra a Figura 3.3.

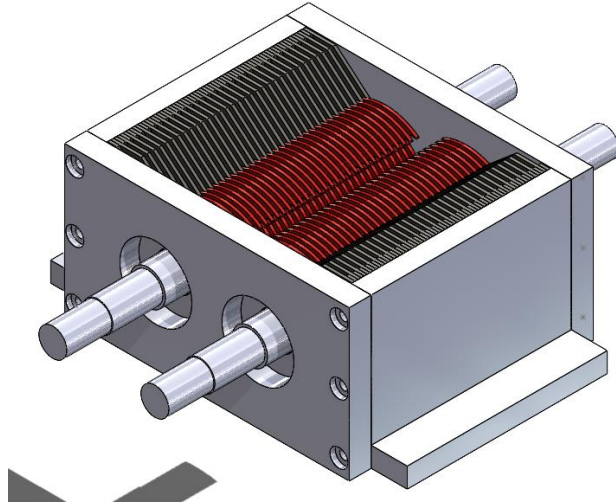


Figura 3.3 – Configuração inicial de 33 lâminas a atuar simultaneamente

Para se obter o diâmetro do veio, utilizou-se o seguinte procedimento de cálculo. Calculou-se, através da equação 3.6, o binário aplicado ao veio ( $T$ ), multiplicando a força de corte por lâmina ( $F$ ), calculada anteriormente (1587,6 N) pela distância da extremidade da lâmina ao cento do veio ( $d$ ) de 0,06 m e, multiplicando pelo número de lâminas (33), obteve-se um binário total aplicado ao veio ( $T_{33 \text{ lâminas}}$ ) de 3143,5 Nm.

$$T = F d \quad (3.6)$$

$$T_{33 \text{ lâminas}} = 33 T \quad (3.7)$$

Antes de se prosseguir, foi necessário selecionar o material do veio. Optou-se por um aço de baixo carbono *AISI 1010* com valor de tensão de cedência  $\sigma_{ced} = 190 \text{ MPa}$  e tensão de rotura  $\sigma_u = 350 \text{ MPa}$  (SAE-AISI 1010 (S10C, G10100) Carbon Steel: MakeltFrom.Com).

De seguida, através da equação 3.8, calculou-se o valor de tensão de cedência ao corte ( $\tau_{ced}$ ), aproximando este valor a 60% da tensão de cedência ( $\sigma_{ced}$ ) do material, obtendo-se assim um valor de 114 MPa.

$$\tau_{ced} = 0,6 \sigma_{ced} \quad (3.8)$$

Projetou-se o veio para a cedência ao corte, impondo um coeficiente de segurança (CS) de 1,5. Obtendo-se assim, através da equação 3.9, uma tensão de corte admissível ( $\tau_{adm}$ ) de 76 MPa.

$$\tau_{adm} = \frac{\tau_{ced}}{CS} \quad (3.9)$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{T_{33 \text{ lâminas}}}{0,217 \frac{3}{2} b D^2} \quad (3.10)$$

Sendo o comprimento de um lado do pentágono ( $b$ ) 23.09 mm, assumindo que o valor de tensão de corte máxima ( $\tau_{m\acute{a}x}$ ) corresponde à tensão de corte admissível ( $\tau_{adm}$ ), e com o valor de binário total máximo aplicado ao veio ( $T_{33 \text{ lâminas}}$ ), foi possível, através da equação 3.10, obter diâmetro necessário do veio ( $D$ ) para que este suportasse as cargas de trituração, obtendo-se um valor de 74,2 mm.

Conclui-se que o valor obtido é bastante elevado e seria irrealista utilizar um veio com 74,2 mm de diâmetro no equipamento em questão. Para tal, optou-se por reconfigurar o triturador, alterando o número de lâminas a atuar em simultâneo, de modo a se reduzir o esforço aplicado ao veio.

Deste modo, desenvolveu-se a configuração da Figura 3.4, onde se reduziu o número de lâminas a atuar em simultâneo para 5, desfasando-as umas das outras de modo a se obter uma trituração mais uniforme. Aumentou-se, também, a espessura das mesmas para 4 mm e considerou-se que o material a triturar possui, 5 mm de espessura, obtendo-se assim uma nova área de corte de 20 mm<sup>2</sup>.

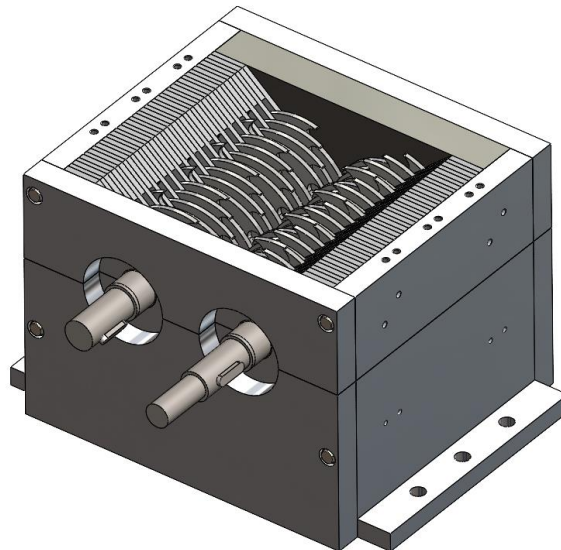


Figura 3.4 – Configuração final do 1º estágio de trituração com 5 lâminas a atuar simultaneamente

Deste modo, mantendo-se o valor da resistência ao corte do PLA ( $\tau(br)_{PLA}$ ) de 52,92 MPa foi possível recalcular, através da mesma Equação 3.5, uma nova força de corte de 1058,4 N.

Realizando novamente o procedimento de cálculo das equações 3.7 e 3.10, no entanto, para 5 lâminas em vez de 33, obteve-se um seguinte binário total aplicado ao veio ( $T_{5\text{ lâminas}}$ ) de 317,5 Nm e um diâmetro mínimo do veio (D) de 23,6 mm. Sendo assim, optou-se por um diâmetro, da zona mais estreita, de 26 mm, de modo a se garantir uma segurança superior, como ilustra a Figura 3.5.

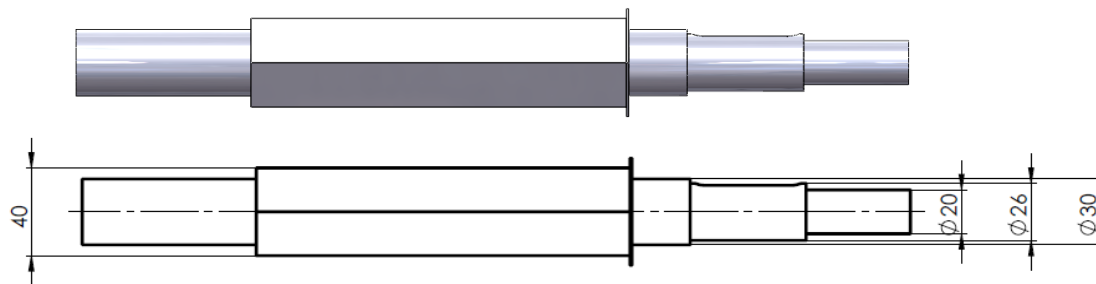


Figura 3.5 – Modelo CAD do veio

#### 3.1.4 Estrutura, elementos de ligação e componentes auxiliares

De modo a sustentar o triturador bem como o motor elétrico e os elementos transmissores, foi necessário desenvolver uma estrutura resistente. Para tal, optou-se por criar uma estrutura à base de calhas e elementos de união Bosch pré-fabricados. Para fortalecer a segurança durante o funcionamento do equipamento, projetaram-se 5 chapas em acrílico que encaixam nas calhas e impedem a aproximação do utilizador aos componentes móveis. Para a montagem do triturador, motor e placa de acrílico superior à estrutura, optou-se por parafusos e porcas normalizados. A Figura 3.6 ilustra o modelo CAD desenvolvido, utilizando-se os componentes sintetizados na Tabela 3.3.

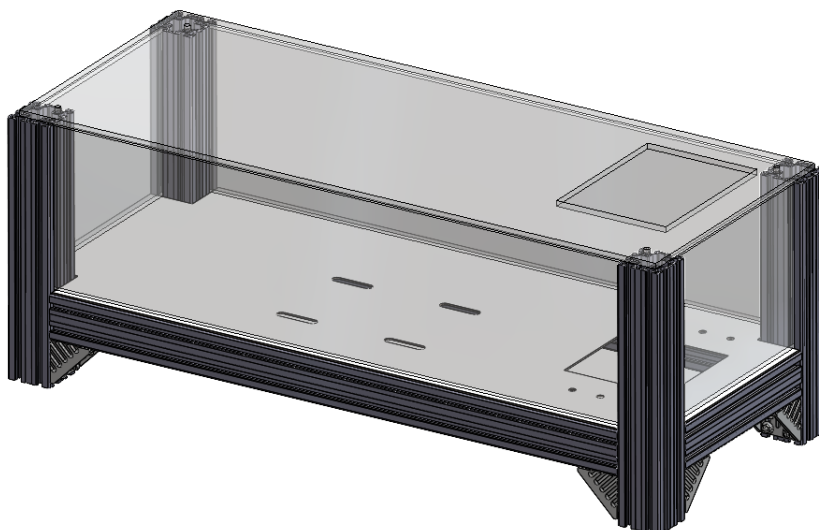


Figura 3.6 – Estrutura de suporte do 1º estágio de trituração

Tabela 3.3 – Componentes normalizados utilizados no 1º estágio

<b>Quantidade</b>	<b>Componente</b>	<b>Dimensões [mm]</b>
4	Calha Bosch	80 x 80 x 460
2	Calha Bosch	80 x 80 x 1082
2	Calha Bosch	80 x 80 x 357
1	Calha Bosch	40 x 40 x 357
1	Chapa metálica	1076 x 511 x 3
2	Placa acrílico maior	1106 x 288 x 10
2	Placa acrílico menor	381 x 288 x 10
1	Placa acrílico superior	1212 x 487 x 10
8	Suporte de canto	80 x 80
4	ISO 7045	M10 x 20
6	ISO 7045	M6 x 10
6	ISO 4016	M12 x 55
2	ISO 4034	M12
4	ISO 4016	M16 x 65
4	ISO 4034	M16
8	ISO 4016	M6 x 30
16	ISO 10642	M5 x 12

Para ser possível assegurar a correta alimentação e extração do material no triturador, optou-se por desenvolver um funil de alimentação e uma tremonha por onde irá escoar o material. O funil situa-se antes do 1º estágio de trituração e tem como objetivo orientar o material a triturar para a câmara de trituração, possuindo paredes em acrílico, para ser possível observar o funcionamento do triturador.

A tremonha encontra-se após o 1º estágio de trituração e impede que granulado com dimensões indesejáveis, ou seja, com dimensão máxima superior a 5 mm, seja admitido para o segundo estágio de trituração. Esta serve também para guiar o material triturado para o 2º estágio de trituração. Na figura 3.7, é possível observar a geometria do mesmo, identificando-se a zona, na lateral, por onde o granulado que não passa pela tremonha, escoar. Este é, posteriormente, recolhido e admitido novamente no funil de alimentação para ser novamente triturado.

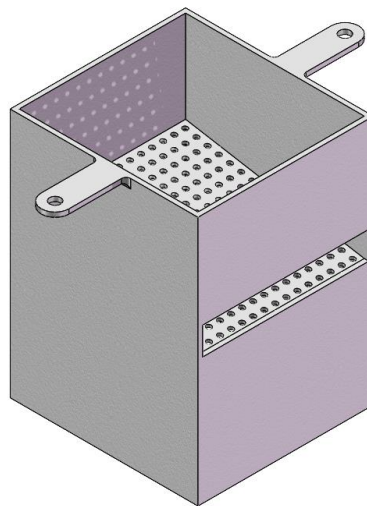


Figura 3.7 – Tremonha do 1º estágio

Por fim, na figura 3.8, consegue-se observar o modelo final do 1º estágio de trituração, desde os elementos projetados anteriormente, aos elementos normalizados selecionados.

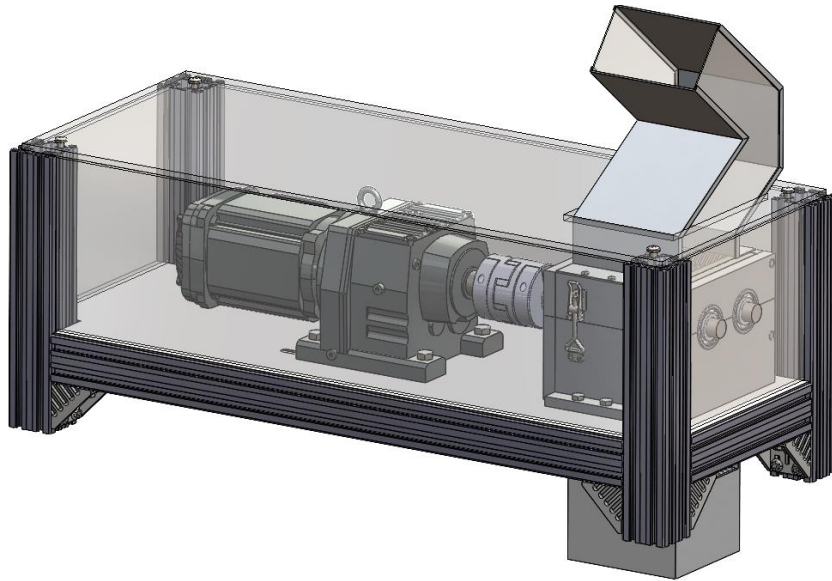


Figura 3.8 – Modelo final do 1º estágio de trituração

### 3.1.5 Motor, acoplamento, rolamentos e elementos de transmissão

A seleção do motor foi feita com base no binário total aplicado ao veio, proveniente da força de corte do polímero, nas várias lâminas. Como não se quer que o material seja projetado, mas sim triturado lentamente de modo a escoar e se obter um granulado de boas dimensões, optou-se por utilizar uma velocidade de rotação reduzida. Deste modo, definiu-se uma velocidade de rotação ao primeiro veio ( $n$ ) de 40 rpm.

$$P_{min} = T_5 \text{ lâminas} \left( n \frac{\pi}{30} \right) \eta_{eng} \quad (3.11)$$

Através da equação 3.11, conhecendo-se o valor do binário máximo aplicado, e com uma eficiência de engrenagens helicoidais de 95% ( $\eta_{eng} = 1.05$ ), obteve-se um valor de potência mínima de trituração ( $P_{min}$ ) de 1,4kW.

Face às opções do mercado, optou-se por um moto-redutor com 1,5 kW de potência, 360 Nm de binário e velocidade de saída de 40 rpm.

De modo a transmitir a potência do motor para o triturador, optou-se por um acoplamento de garras elástico, com corpo em alumínio, cujo modelo 3D está presente na Figura 3.9.

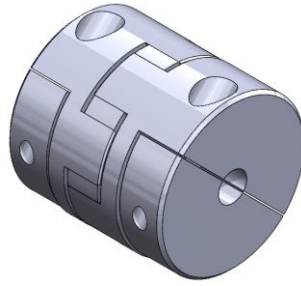


Figura 3.9 – Modelo CAD do acoplamento

Para se obterem velocidades de rotação diferentes em ambos os veios do triturador, foi necessário impor uma relação de transmissão entre as duas engrenagens que transmitem a potência do motor. Deste modo, optou-se pelas engrenagens helicoidais KHG2-45RJ25 e KHG2-60RJ25 para se obter uma relação de transmissão de 1,33, tendo os veios velocidades de rotação de 40 rpm e 30 rpm, respetivamente.

Por fim, para suportar os veios e permitir a eficiente rotação dos mesmos, selecionaram-se 4 rolamentos de esferas SKF 306, devido às suas dimensões.

## 3.2 2º Estágio de Trituração

De forma a se obter um granulado final com as dimensões desejadas, após o mesmo ser triturado pelas lâminas rotativas, passa pela tremonha do 1º estágio e segue para o 2º estágio de trituração onde, através de uma geometria de corte mais refinada, uma velocidade de rotação elevada e várias passagens, se irá obter um granulado de menores dimensões.

### 3.2.1 Navalhas

De forma semelhante ao 1º estágio, iniciou-se o projeto deste estágio pela configuração do corte, originado pelas navalhas. Para tal, optou-se pela configuração exemplificada na Figura 3.10. Esta trata-se de uma navalha com ângulo de corte de 40º e que efetua o corte, aprisionando o material entre a sua aresta e a rede metálica, como se verifica na Figura 3.11.

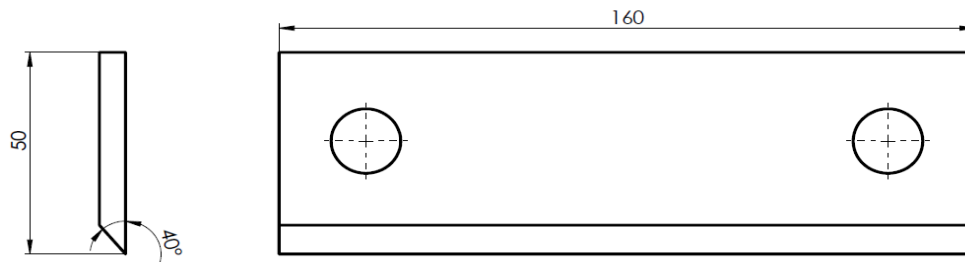


Figura 3.10 – Modelo da navalha

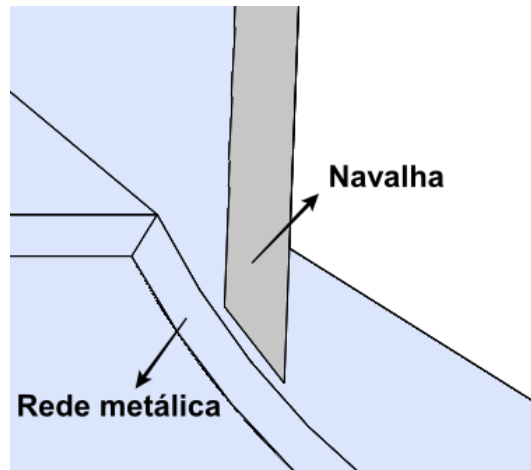


Figura 3.11 – Configuração do corte do 2º estágio

De modo a ser possível caracterizar a força de corte gerada durante o processo de corte polímero, utilizou-se a expressão da equação 3.12 (Keresztes et al., 2011).

$$F = k_s A \quad (3.12)$$

Para se obter a área de corte ( $A$ ), multiplicou-se a largura total da lâmina, de 160 mm, pela profundidade de corte e considerou-se que apenas 10% da lâmina se encontra a triturar o material, em cada passagem. Sendo que apenas são admitidos, no 2º estágio, granulados de dimensões máximas de 5 mm, e que o corte se obtém quando a lâmina raspa no polímero, que se encontra aprisionado pela rede metálica, estimou-se que a profundidade de corte seria cerca de metade da dimensão máxima do granulado, ou seja, 2,5 mm.

Relativamente ao valor da pressão específica de corte ( $k_s$ ), observa-se, através do gráfico da Figura 3.12 que a mesma decresce com a diminuição da profundidade de

corte. Para uma profundidade de corte de 2,5 mm, estimou-se que a pressão específica de corte seria cerca de 25 MPa (Keresztes et al., 2011).

Desta forma obteve-se um valor de força de corte ( $F$ ) aplicado às lâminas, de 1000 N.

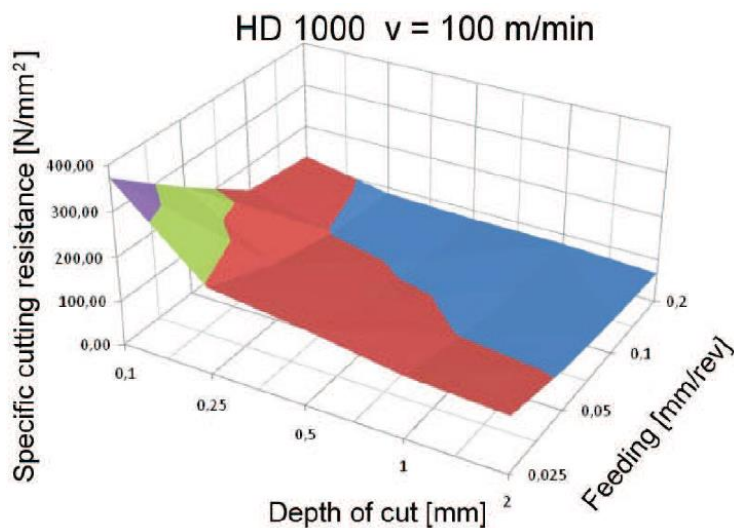


Figura 3.12 – Evolução da pressão específica de corte com a profundidade de corte (Keresztes et al., 2011).

Relativamente ao material constituinte das mesmas, optou-se pelo mesmo das lâminas do 1º estágio, o aço inox AISI 310S, fornecido em formato de chapa calibrada.

### 3.2.2 Configuração

De forma a transmitir a potência do motor e se realizar a trituração do material eficazmente, desenvolveu-se a configuração da Figura 3.13. Esta conta com um veio rotativo com geometria de secção circular variável e duas zonas de secção hexagonal onde se aparafusam as navalhas de corte. De modo a providenciar uma segurança extra, durante o processo de corte, desenvolveram-se dois batentes hexagonais, de dimensão ligeiramente superior ao veio, que aparafusam às laterais e constroem as navalhas, impedindo-as de se moverem.

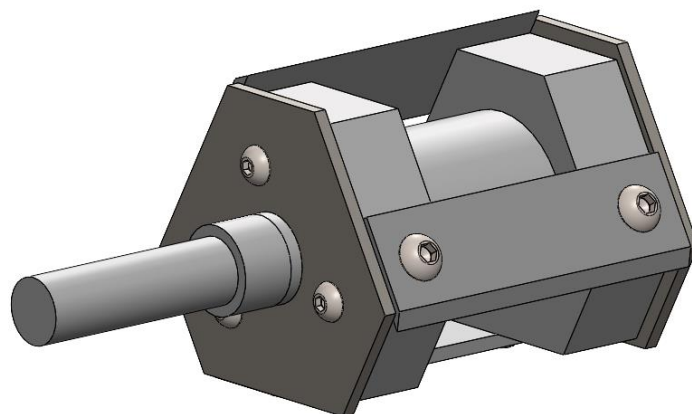


Figura 3.13 – Conjunto do veio, navalhas e batentes, do 2º estágio

De modo a garantir a sua estabilidade e correto funcionamento, o veio encontra-se suportado à estrutura exterior por um rolamento de esferas e é na sua extremidade esquerda onde estará unido o acoplamento que transmite a potência do motor.

Para se ter a certeza de que o granulado final possui as dimensões desejadas de, no máximo, 3,5 mm, configurou-se o equipamento para que durante a trituração, as navalhas de corte aprisionem o granulado entre a rede metálica, onde o material será forçado a passar pelos furos da mesma ou será novamente triturado, até o desejado acontecer. Na Figura 3.14, é possível observar a configuração desenvolvida onde se pode ter a percepção do funcionamento da mesma.

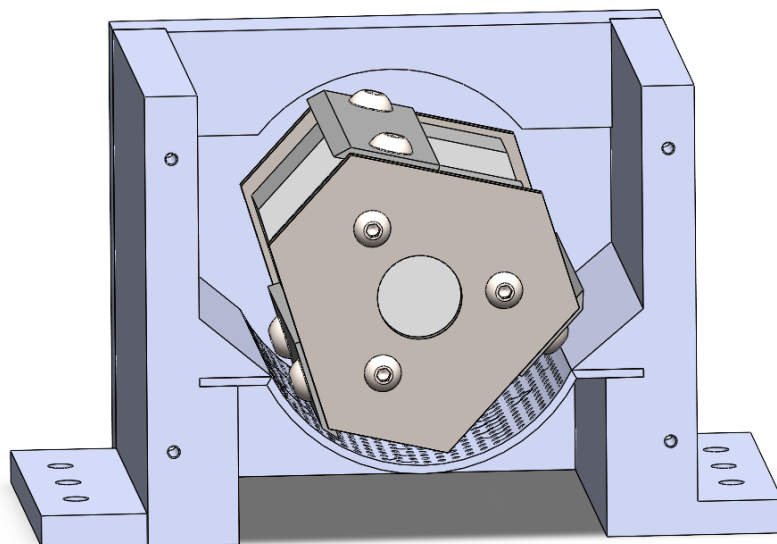


Figura 3.14 – Configuração do 2º estágio, com 3 navalhas rotativas

### 3.2.3 Estrutura, elementos de ligação e componentes auxiliares

Relativamente à estrutura que sustenta o 2º estágio de trituração, optou-se, para otimização de projeto, por utilizar uma estrutura semelhante à do 1º estágio, fazendo apenas pequenas alterações ao nível da posição dos furos de retenção do triturador e do motor elétrico, bem como nas placas laterais de acrílico, para impedir a aproximação do utilizador aos componentes móveis. Estas alterações são visíveis na Figura 3.15.

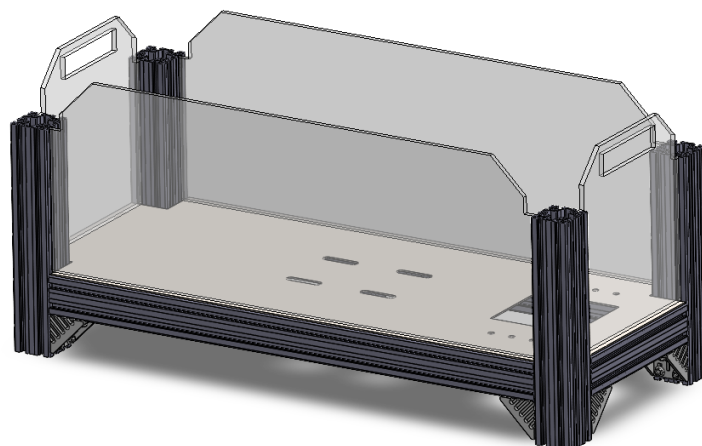


Figura 3.15 – Estrutura de suporte do 2º estágio de trituração

Semelhantemente ao 1º estágio, para montagem do triturador e motor à estrutura, optou-se por parafusos e porcas normalizados, como ilustra a Tabela 3.4.

Tabela 3.4 – Componentes normalizados utilizados no 2º estágio

Quantidade	Componente	Dimensões [mm]
4	Calha Bosch	80 x 80 x 460
2	Calha Bosch	80 x 80 x 1082
2	Calha Bosch	80 x 80 x 357
1	Calha Bosch	40 x 40 x 357
1	Chapa metálica	1076 x 511 x 3
2	Placa acrílico maior	1106 x 395 x 10
2	Placa acrílico menor	381 x 400 x 10
8	Suporte de canto	80 x 80
10	ISO 4016	M12 x 55
10	ISO 4034	M12
8	ISO 4016	M6 x 45
6	ISO 7045	M10 x 20

De forma a se obter a correta extração do granulado, para este poder ser recolhido, desenvolveu-se, de forma semelhante ao 1º estágio, uma tremonha, ilustrado na Figura 3.16. Este encontra-se na secção final do triturador e, através das 2 orelhas, é retido à chapa metálica por 2 parafusos e porcas.

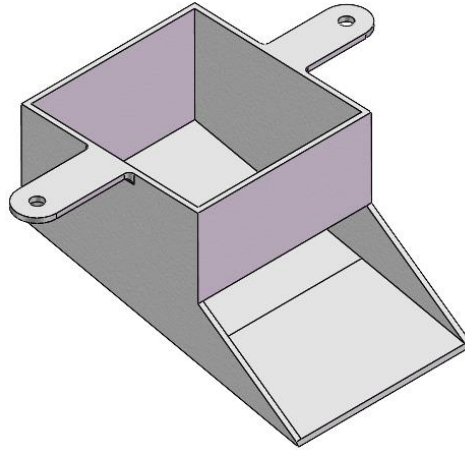


Figura 3.16 – Tremonha do 2º estágio

Por fim, na Figura 3.17, é possível observar o modelo final do 2º estágio de trituração, desde os elementos projetados, aos elementos normalizados selecionados.

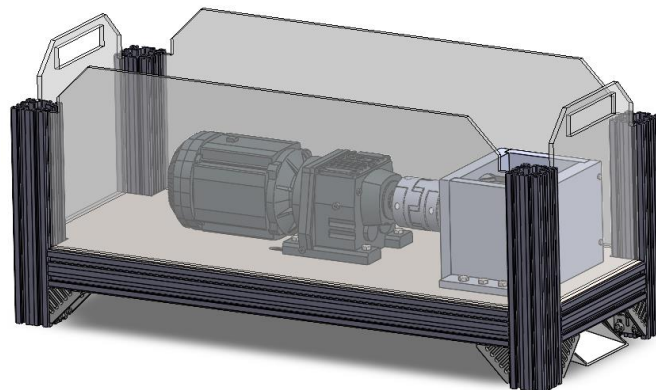


Figura 3.17 – Modelo final do 2º estágio de trituração

#### 3.2.4 Motor, acoplamento, rolamento e elementos de transmissão

A seleção do motor que alimenta o triturador do 2º estágio foi feita com base no binário produzido na trituração e na velocidade de rotação do veio. Ao contrário do 1º estágio, neste deseja-se que a velocidade de rotação seja elevada de modo que a trituração se dê tanto pelo corte do material, bem como pelo impacto das navalhas no mesmo. Ao selecionar uma velocidade de rotação elevada, caso o material não fique triturado na primeira passagem, rapidamente volta a ser triturado e assim possui-se uma elevada cadência de trituração. Deste modo, optou-se por uma velocidade de rotação ( $n$ ) de 200

rpm. Para se calcular o binário, multiplicou-se a força de corte ( $F = 1000$  N), calculada em 3.2.1, pela distância entre a extremidade das lâminas ao centro do veio, sendo esta 77,87 mm. Obtendo-se assim um valor de binário produzido pela trituração de 77,87 Nm.

$$P_{min} = T n \frac{\pi}{30} \quad (3.13)$$

Através da equação 3.13, foi possível obter um valor de potência mínima ( $P_{min}$ ) que o motor necessita de ter, de 1,63 kW. Face às opções do mercado, optou-se por um motor-reductor com 2,2 kW de potência, 106 Nm de binário e velocidade de saída de 193 rpm. Optando-se por este motor, não é possível garantir a velocidade de rotação de 200 rpm, no entanto, sendo a diferença bastante ligeira, não haverá impacto no funcionamento do equipamento.

Para transmitir a potência do motor para o triturador, utilizou-se o um acoplamento de garras elástico semelhante ao do 1º estágio, apenas com diâmetros para entrada de veios diferentes.

Relativamente ao rolamento utilizado para sustentar o veio, optou-se por um rolamento de esferas SKF 62208-2RS1, devido às suas dimensões.

## 4 Modelação de Elementos Finitos

De modo a se projetar um equipamento estruturalmente estável, considerou-se importante ir além apenas da conceção dos componentes, realizando-se, deste modo, análises estruturais por elementos finitos a alguns dos componentes mais críticos do equipamento. Foram alvo de estudo o veio e lâminas do 1º estágio de trituração, o veio do 2º estágio de trituração bem como a estrutura de ambos os estágios, face às condições de carregamento do 1º estágio, sendo estas as mais exigentes.

### 4.1 Lâminas e veio do 1º estágio

Iniciaram-se as análises estruturais pelo subconjunto veio + lâminas, onde foram simuladas as condições de funcionamento. Estas são, nomeadamente, as forças aplicadas nas lâminas, previamente calculadas, e as zonas de constrangimento, que correspondem às zonas onde o veio se encontra suportado pelos rolamentos e à zona do escatel do veio, que está conectado às engrenagens.

Deste modo, para se iniciar a simulação, considerou-se a situação mais exigente, onde as lâminas encontram-se a triturar o material, ou seja, está a ser aplicada força sobre as mesmas, mas o veio encontra-se numa posição estática e preso pelos elementos transmissores. Na Figura 4.1 é possível identificar visualmente a modelação das cargas e constrangimentos.

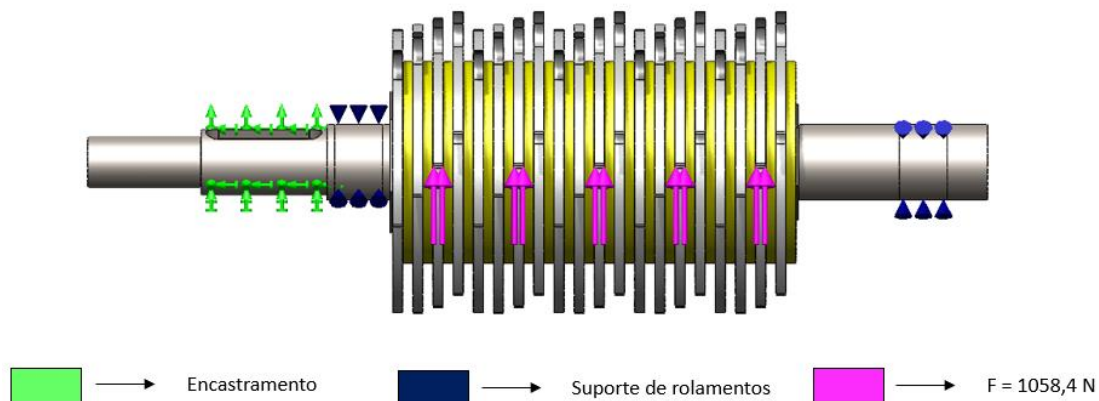


Figura 4.1 – Modelo de elementos finitos do 1º estágio

Realizando-se o estudo e observando-se primeiro o comportamento das lâminas, identifica-se, na Figura 4.2, um valor máximo de tensão de Von Mises de 23,47 MPa. Sendo a tensão de cedência do material 300 MPa, é possível concluir que as mesmas se encontram em segurança, durante o processo de trituração.

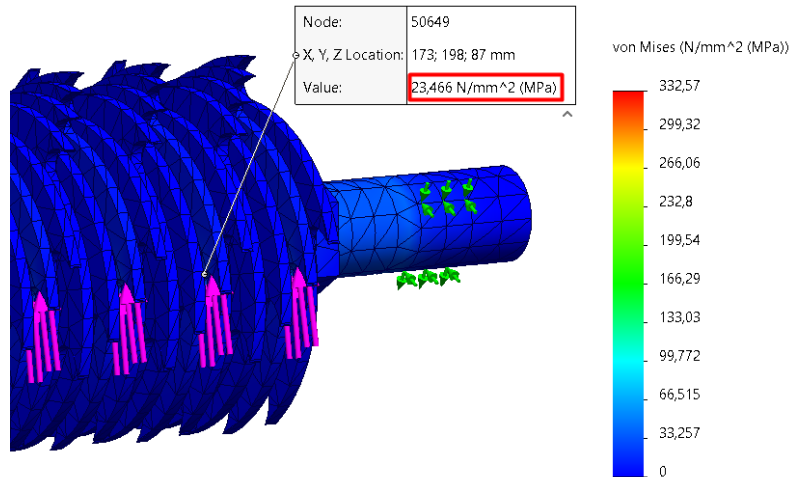


Figura 4.2 – Resultados da análise por elementos finitos às lâminas

De seguida analisou-se o comportamento do veio face às mesmas condições. Iniciou-se o estudo utilizando uma dimensão de malha de elementos finitos de 10 mm e obteve-se um valor máximo de tensão de Von Mises de 181,9 MPa (Figura 4.3 à esquerda). Visto este valor ser elevado e estar localizado numa zona de mudança de geometria, optou-se por realizar um estudo de refinamento de malha local, começando-se com uma dimensão de elementos de malha de 10 mm e finalizando-se com 0,5 mm. A Figura 4.3 à direita ilustra o resultado da simulação com a malha de 0,5 mm, podendo-se identificar o local sob maior esforço.

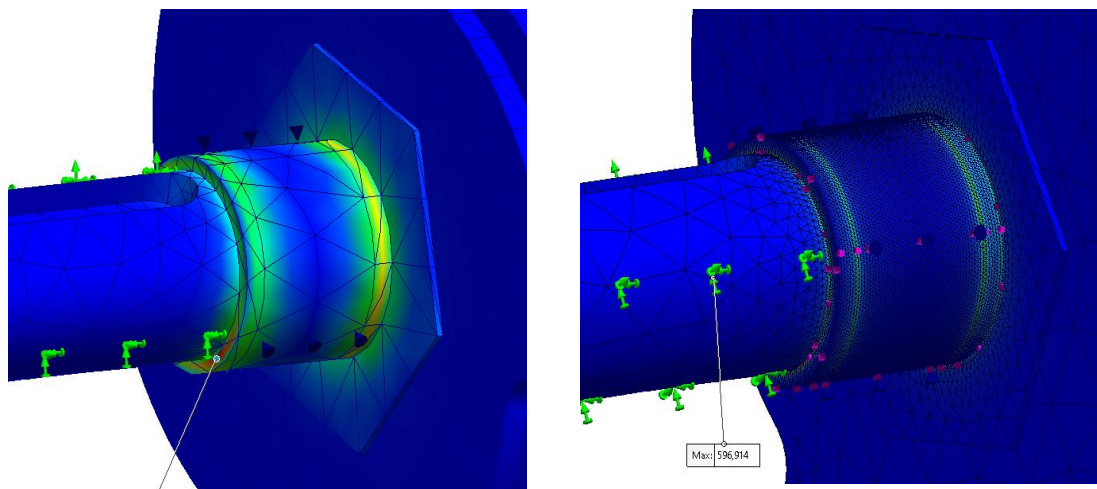


Figura 4.3 – À esquerda: modelo de simulação do 1º estágio com malha de 10 mm. À direita: modelo de simulação do 1º estágio com malha final refinada de 0,5 mm.

De acordo com a Tabela 4.1 e a Figura 4.4, observa-se que, ao refinar a malha, o valor de tensão máxima aumenta drasticamente, o que leva a concluir que se está perante uma singularidade de tensões, devido à zona ser de mudança de geometria e aplicação

de constrangimentos. Com isto, não se possui confiança nos resultados obtidos, ou seja, não é possível estimar o valor real de tensão máxima no veio.

Tabela 4.1 – Evolução dos valores de tensão de von Mises conforme a dimensão da malha, para o modelo inicial do veio do 1º estágio

Iteração	Dimensão dos elementos de malha [mm]	H=1/dimensão	Tensão von Mises [ $\sigma$ ] [MPa]
1	10	0,1	181,9
2	8	0,125	164,6
3	6	0,167	171,1
4	4	0,25	198,4
5	2	0,5	214,6
6	1	1	346,1
7	0,5	2	596,9

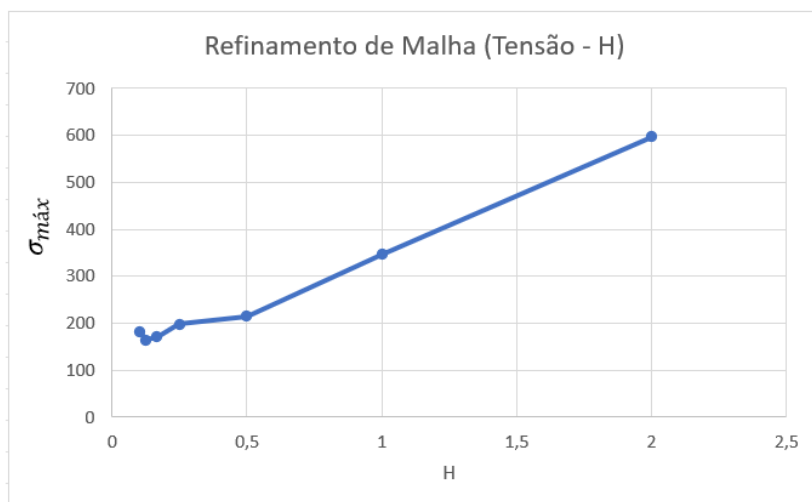


Figura 4.4 – Evolução dos valores de tensão de von-Mises conforme a dimensão da malha, para o modelo inicial do veio do 1º estágio

Para ultrapassar este desafio, optou-se por alterar ligeiramente a configuração do modelo de elementos finitos. Deste modo, desenvolveu-se o modelo da Figura 4.5 onde se alterou a geometria do veio, removendo-se as mudanças bruscas de geometria, através de boleados e optou-se por adicionar uma chaveta onde se aplicou o constrangimento que limita a rotação do veio. De forma a simular a limitação de movimento provocada pelo acoplamento, adicionou-se um constrangimento axial, na extremidade esquerda do veio, correspondendo este modelo à situação real.

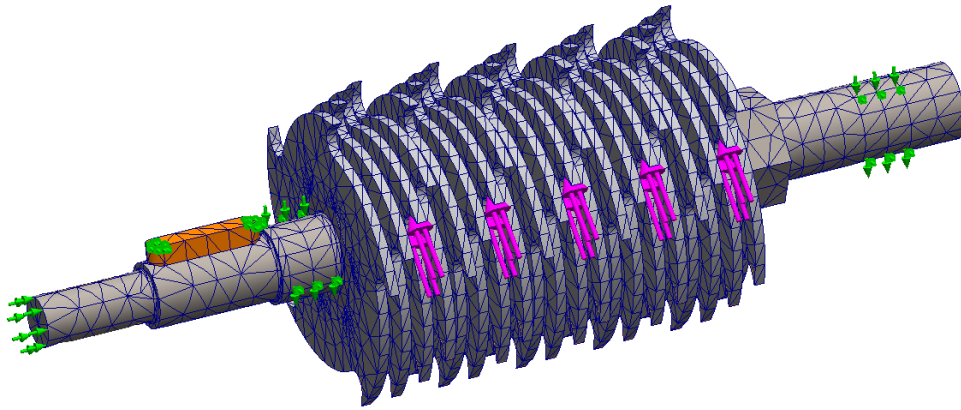


Figura 4.5 – Modelo otimizado por elementos finitos do 1º estágio

De forma semelhante ao que foi feito para o modelo anterior, realizou-se um refinamento de malha local na zona de maior tensão para ser possível identificar o valor real de tensão máxima. Na Figura 4.6 observa-se a iteração inicial (à esquerda), com dimensão de elementos de malha de 10 mm e a final (à direita), com 0,5 mm, observando-se que a zona mais crítica não altera.

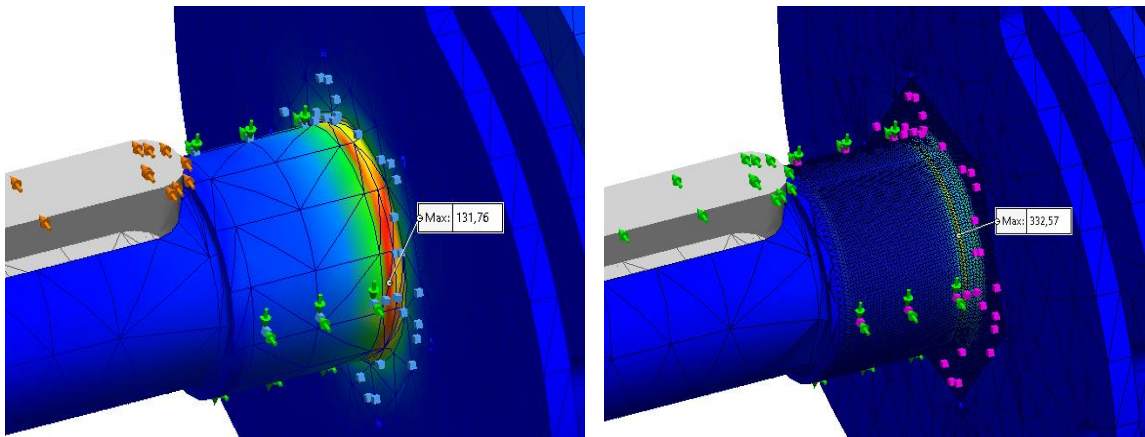


Figura 4.6 – À esquerda: modelo otimizado de simulação do 1º estágio com malha de 10 mm. À direita: modelo otimizado de simulação do 1º estágio com malha final refinada de 0,5 mm.

Após realizar o segundo estudo observou-se que o problema da singularidade de tensões, embora diminuísse, persistia ao refinar a malha, como se observa na Tabela 4.2 e na Figura 4.7, de evolução dos valores de tensão máxima. Outro parâmetro que se considerou importante analisar foi o deslocamento máximo das lâminas, de modo a entender se este iria pôr em causa o correto funcionamento do triturador. Analisando-se o deslocamento para as várias dimensões de elementos da malha, observou-se que este se mantém praticamente constante, variando apenas 0,001 mm e não excedendo 0,056 mm.

Tabela 4.2 – Evolução dos valores de tensão de von Mises conforme a dimensão da malha, para o modelo otimizado do veio do 1º estágio

Iteração	Dimensão dos elementos de malha [mm]	H=1/dimensão	Tensão von Misses [ $\sigma$ ] [MPa]	Deslocamento Máximo [ $\delta$ ] [mm]
1	10	0,1	131,8	0,055
2	8	0,125	138,6	0,055
3	6	0,167	141,6	0,055
4	4	0,25	145,5	0,056
5	2	0,5	155,9	0,056
6	1	1	225,5	0,056
7	0,5	2	332,6	0,056

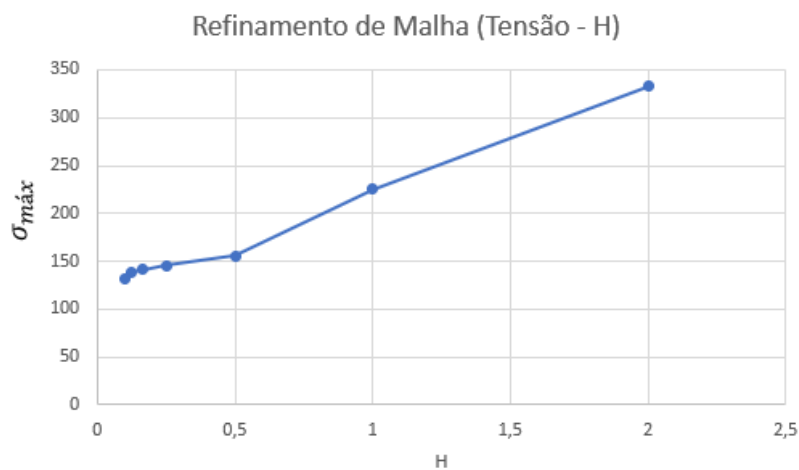


Figura 4.7 – Evolução dos valores de tensão de von Mises conforme a dimensão da malha, para o modelo otimizado do veio do 1º estágio

De modo a ser possível identificar o valor máximo real de tensão de Von-Mises optou-se por utilizar a ferramenta *probe* do *software* e analisar como evoluía a tensão na zona mais crítica, sendo esta onde o valor da tensão é mais elevado, ou seja, no boleado.

Tabela 4.3 – Evolução dos valores de tensão de von Mises conforme a dimensão da malha, para o modelo otimizado do veio do 1º estágio, utilizando a ferramenta *probe*

Iteração	Dimensão dos elementos de malha [mm]	H=1/dimensão	Tensão von Mises [ $\sigma$ ] [MPa]
1	10	0,1	129,6
2	8	0,125	138,6
3	6	0,167	138,6
4	4	0,25	135
5	2	0,5	133,7
6	1	1	135,6
7	0,5	2	137,1

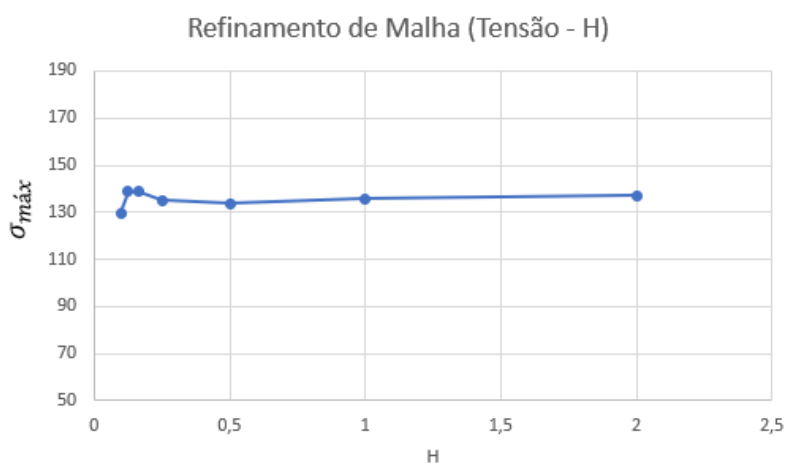


Figura 4.8 – Evolução dos valores de tensão de von Mises conforme a dimensão da malha, para o modelo otimizado do veio do 1º estágio, utilizando a ferramenta *probe*

Na Tabela 4.3 e Figura 4.8, que apresentam os resultados do último estudo, observa-se que o valor de tensão máxima de von Mises converge para 135,5 MPa, podendo concluir que este é o valor real de tensão máxima a que o veio está sujeito, estando este em segurança com coeficiente de 1,4.

## 4.2 Navalhas e veio do 2º estágio

Para o 2º estágio de trituração procedeu-se à análise por elementos finitos do subconjunto composto pelo veio e as navalhas de corte. De forma semelhante ao realizado para o 1º estágio, simularam-se as forças e os constrangimentos aplicados ao conjunto. Relativamente à força, esta corresponde à força de corte do polímero (1000

N). Os constrangimentos correspondem às zonas onde o veio se encontra suportado pelo rolamento e a pelo acoplamento de veios, como se observa na Figura 4.9.

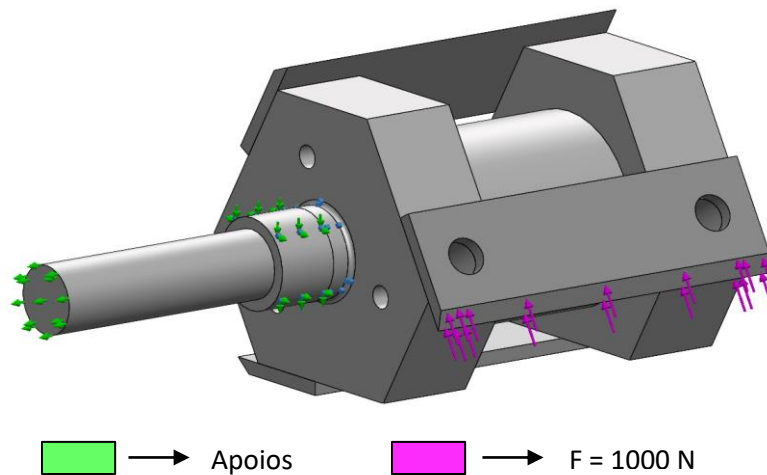


Figura 4.9 – Modelo de elementos finitos do 2º estágio

Foi realizada a análise estrutural, onde foi analisado, inicialmente, o comportamento das navalhas de corte.

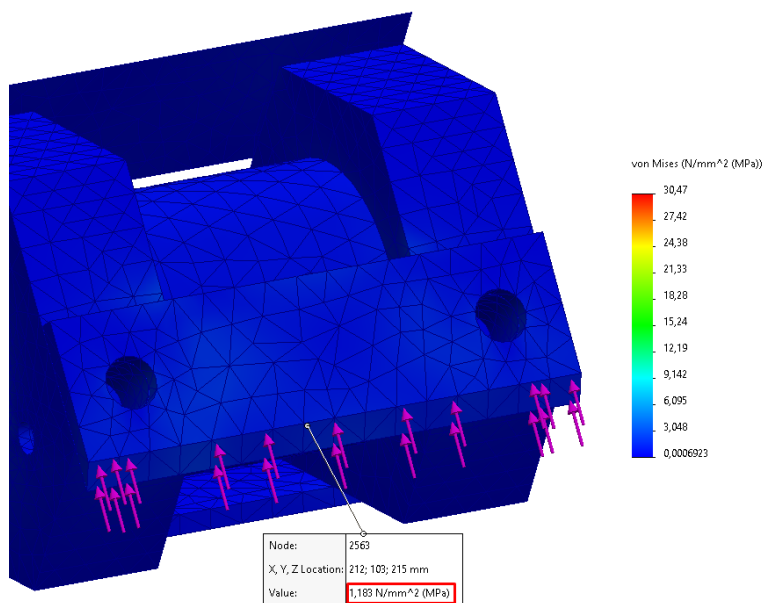


Figura 4.10 – Resultados da análise por elementos finitos às navalhas

Do resultado da simulação, observado na Figura 4.10, observa-se que o valor de tensão máxima sobre o qual as navalhas estão sujeitas, é bastante reduzido, podendo concluir que as mesmas se encontram em segurança, durante o processo de trituração.

De seguida analisou-se o comportamento do veio face às mesmas condições. Semelhantemente à primeira análise estrutural, são propensas a zonas de concentração de tensões, a zona de aplicação do constrangimento do rolamento e a zona de mudança

brusca de geometria do veio. De modo a minimizar o efeito da mesma, optou-se por adicionar um boleado à zona de mudança de geometria. Como este é o local mais crítico do veio, será onde a tensão real será mais elevada e, portanto, foi este o local onde foi analisado o valor de tensão máxima para estudar a integridade estrutural do veio.

A Figura 4.11 ilustra o estudo de convergência de malha elaborado para se tentar obter o valor de tensão máxima no veio. Observa-se que, a zona de singularidade de tensões permanece em torno do apoio de rolamento e, desta forma, avaliou-se o valor máximo de tensão na zona do boleado.

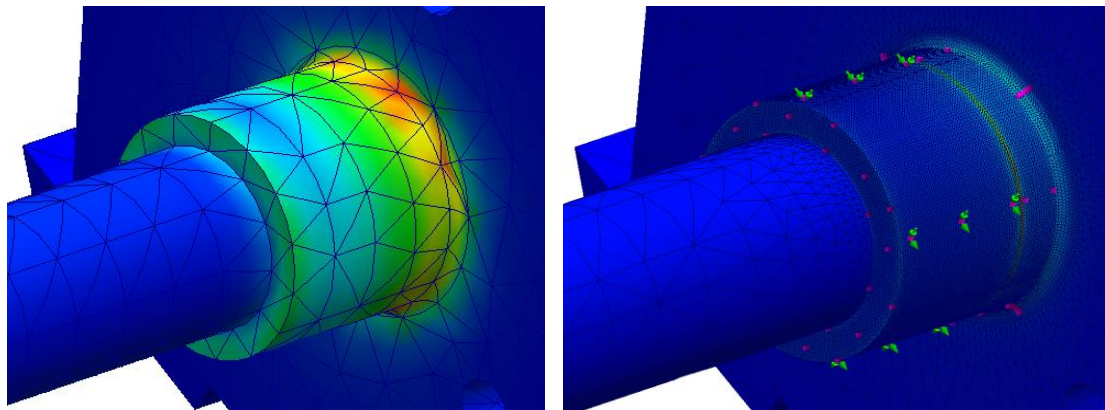


Figura 4.11 – À esquerda: modelo de simulação do 2º estágio com malha de 10 mm. À direita: modelo de simulação do 2º estágio com malha final refinada de 0,5 mm.

Tabela 4.4 – Evolução dos valores de tensão de Von-Mises conforme a dimensão da malha, para o veio do 2º estágio, utilizando a ferramenta *probe*

Iteração	Dimensão dos elementos de malha [mm]	H=1/dimensão	Tensão von Mises [ $\sigma$ ] [MPa]
1	10	0,1	26,06
2	8	0,125	25,57
3	6	0,167	25,63
4	4	0,25	25,86
5	2	0,5	26,17
6	1	1	27,24
7	0,5	2	27,95

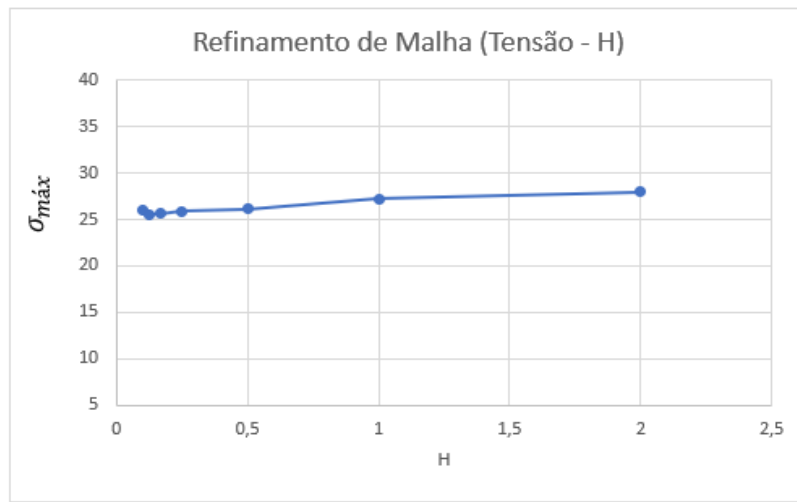


Figura 4.12 - Evolução dos valores de tensão de von Mises conforme a dimensão da malha, para o veio do 2º estágio, utilizando a ferramenta *probe*

Realizando-se o processo iterativo observa-se, na Tabela 4.4 e Figura 4.12, que o valor de tensão máxima de von Mises converge para cerca de 28 MPa, podendo concluir que este é o valor real de tensão máxima a que o veio está sujeito, estando este em segurança à cedência.

### 4.3 Estrutura

Para redução de custos de projeto e sendo os dois estágios de trituração geometricamente semelhantes, utilizou-se a mesma estrutura para acomodar ambos. Sendo crucial que a estrutura se encontre estruturalmente estável durante o funcionamento do equipamento, analisou-se qual o estágio de trituração possui o maior peso, ou seja, que exerce uma maior carga sobre a estrutura. Tendo-se todos os componentes projetados, concluiu-se que o 1º estágio possui um peso total de 92 kg e o 2º estágio 73 kg.

Para analisar estruturalmente a estrutura onde assenta o 1º estágio de trituração, realizou-se uma análise estática onde se simulou uma situação extrema onde o equipamento encrava e o binário máximo produzido pela trituração (T) de 317,5 Nm é transmitido para a estrutura. Para esta simulação, o binário foi convertido em duas forças, com sentidos opostos e aplicadas nos rasgos de retenção do motor elétrico, como é possível observar na Figura 4.13. Através da equação 4.1, multiplicando o binário (T) pela distância entre os rasgos onde as mesmas serão aplicadas (dist), que corresponde a 187,5 mm, obtiveram-se valores de força de 29,8 N.

$$T = \frac{F}{dist} \quad (4.1)$$

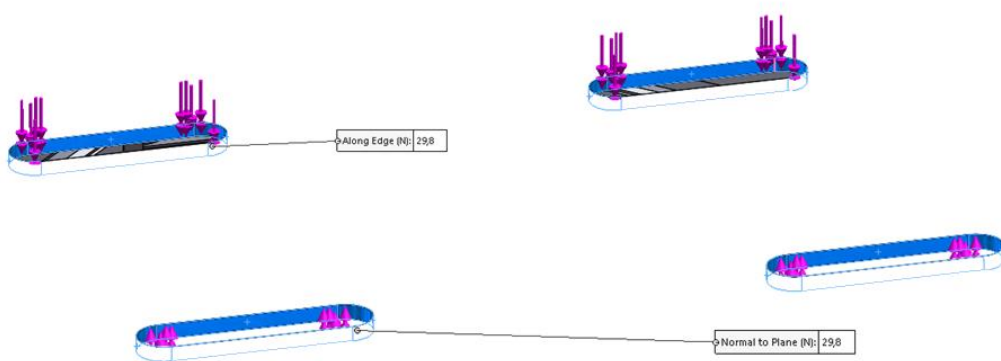


Figura 4.13 – Cargas aplicadas no modelo de análise da estrutura

Na Figura 4.14, observam-se os constrangimentos da simulação, estes correspondem às zonas onde o triturador se encontra aparafusado à estrutura.

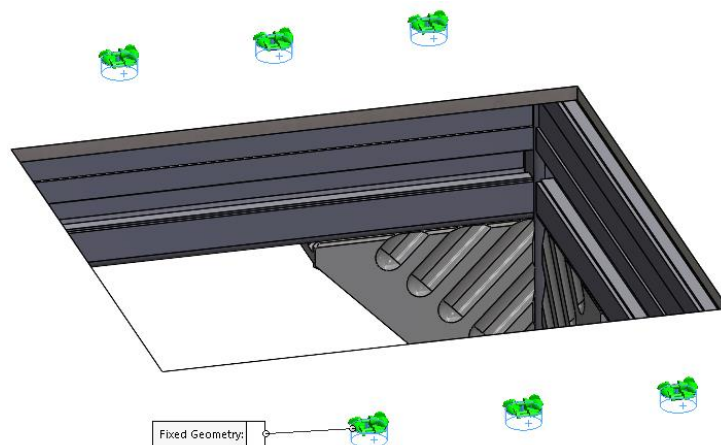


Figura 4.14 – Constrangimentos aplicados no modelo de análise da estrutura

Realizando-se a simulação, como se verifica na Figura 4.15, observa-se que a estrutura se encontra em segurança face às cargas aplicadas, sendo que o valor máximo de tensão de von Mises máximo é 7,74 MPa, bastante abaixo da tensão de cedência do material.

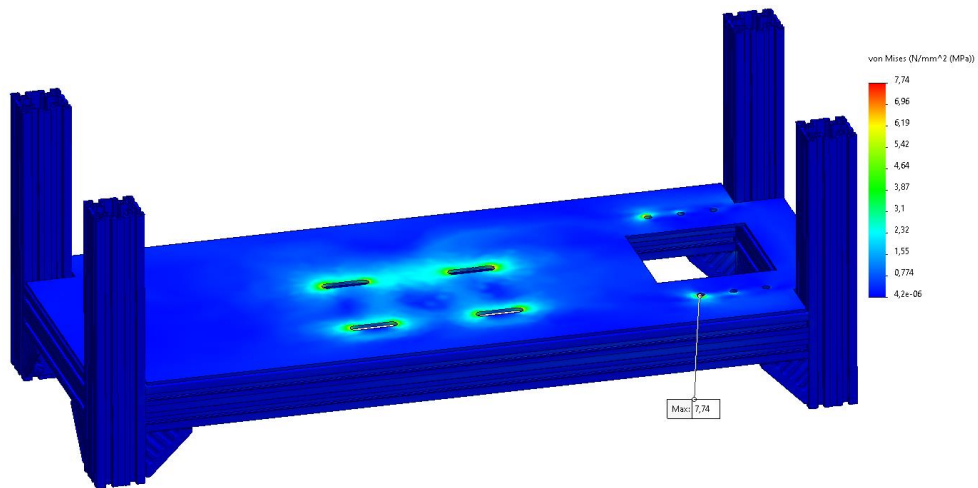


Figura 4.15 – Resultados da análise por elementos finitos à estrutura

Desta forma, é possível concluir que a estrutura se encontra estruturalmente estável e capaz de suportar ambos os estágios de trituração em segurança.

## 5 Conclusões e trabalho futuro

O quinto, e último capítulo, consiste na conclusão do TFM bem como propostas para possível trabalho futuro.

### 5.1 Conclusões

Em relação aos objetivos definidos no início do documento, é seguro dizer que estes foram cumpridos, tendo-se efetivamente projetado um equipamento especializado na trituração de polímero, otimizado especificamente para a trituração de PLA e ABS. O projeto encontra-se totalmente definido, desde os componentes modelados, aos componentes normalizados e de catálogo que, funcionando em sincronia, permitem o correto funcionamento do triturador.

Devido à necessidade de identificação das propriedades mecânicas do PLA e ABS, numa fase inicial do projeto foram realizados ensaios de macrodureza Vickers, onde se pode concluir que as propriedades mecânicas das peças testadas em PLA são semelhantes aos estudos encontrados na literatura. Por outro lado, para o ABS, os valores das propriedades mecânicas obtidos experimentalmente, diferem dos identificados na literatura. Porém, como o PLA apresenta uma maior dureza e tensão de rotura, dimensionou-se o equipamento para o mesmo material, não se considerando preocupante o desvio de dureza detetado no ABS.

Relativamente ao funcionamento do triturador, é de salientar a importância da utilização de dois estágios de trituração distintos, sendo que, ao utilizarem mecanismos de corte diferentes, permitem a obtenção de granulado de diferente exigência dimensional. Sendo o primeiro estágio focado na trituração de peças de maiores dimensões, eliminando a sua forma original. Ao passo que o segundo estágio, através de um corte refinado de alta velocidade, permite a transformação de material já na forma de granulado, em granulado de dimensões inferiores, capaz de ser admitido num equipamento de conversão de granulado em filamento (extrusora).

Em relação aos materiais utilizados no equipamento, salienta-se a utilização do aço AISI 310S em componentes de alta precisão dimensional, como as lâminas e navalhas. Aços carbono AISI 1010 e AISI 1050 em componentes estruturais, como os veios. A liga de alumínio EN-AW 2017A em componentes de exigência estrutural inferior, como as placas laterais de ambos os estágios e, ainda o polímero PET em componentes onde a principal função é a forma do mesmo e não as propriedades mecânicas.

## 5.2 Trabalho futuro

Propõem-se para trabalho futuro alguns aspetos que poderiam melhorar e otimizar o projeto, como a realização de análises estruturais a outros componentes, embora menos exigentes para o funcionamento do equipamento, podendo estes ser, possivelmente, redimensionados. A realização de análises de otimização topológica a alguns componentes como por exemplo os veios, lâminas e navalhas, de modo a reduzir os possíveis custos de fabrico.

De modo a testar a exequibilidade do projeto, seria interessante proceder-se à definição dos processos de fabrico de cada componente com o objetivo de produzi-los e realizar a montagem do mesmo, segundo os desenhos de definição.

# Referências Bibliográficas

- 3D Printing Technology Comparison: FDM vs. SLA vs. SLS | Formlabs.* (n.d.). Retrieved September 11, 2023, from <https://formlabs.com/eu/blog/fdm-vs-sla-vs-sls-how-to-choose-the-right-3d-printing-technology/>
- 3D printing with PLA vs. ABS: What's the difference? | Hubs.* (n.d.). Retrieved October 26, 2023, from <https://www.hubs.com/knowledge-base/pla-vs-abs-whats-difference/>
- Agrawal, A. P., Kumar, V., Kumar, J., Paramasivam, P., Dhanasekaran, S., & Prasad, L. (2023). An investigation of combined effect of infill pattern, density, and layer thickness on mechanical properties of 3D printed ABS by fused filament fabrication. *Heliyon*, 9(6). <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2023.E16531>
- AISI 310S (S31008) Stainless Steel:: MakeItFrom.com.* (n.d.). Retrieved February 20, 2024, from <https://www.makeitfrom.com/material-properties/AISI-310S-S31008-Stainless-Steel>
- Beltrán, F. R., Arrieta, M. P., Moreno, E., Gaspar, G., Muneta, L. M., Carrasco-Gallego, R., Yáñez, S., Hidalgo-Carvajal, D., de la Orden, M. U., & Urreaga, J. M. (2021). Evaluation of the Technical Viability of Distributed Mechanical Recycling of PLA 3D Printing Wastes. *Polymers 2021, Vol. 13, Page 1247*, 13(8), 1247. <https://doi.org/10.3390/POLYM13081247>
- Costabile, G., Fera, M., Fruggiero, F., Lambiase, A., & Pham, D. (2017). Cost models of additive manufacturing: A literature review. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 8, 263–282. <https://doi.org/10.5267/j.ijiec.2016.9.001>
- Durga Rajesh, K. V., Ganesh, N., Yaswanth Kalyan Reddy, S., Mishra, H., & Teja Naidu, T. M. V. P. S. (2023). Experimental research on the mechanical characteristics of fused deposition modelled ABS, PLA and PETG specimens printed in 3D. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2023.06.343>
- GP20 Plastic Shredder Hybrid | 3devo.* (n.d.). Retrieved November 17, 2023, from <https://www.3devo.com/gp20-plastic-shredder>
- Hill, R. M. (1986). *THREE TYPES OF LOW SPEED SHREDDER DESIGN*.
- Kanishka, K., & Acherjee, B. (2023). Revolutionizing manufacturing: A comprehensive overview of additive manufacturing processes, materials, developments, and challenges. In *Journal of Manufacturing Processes* (Vol. 50

- 107, pp. 574–619). Elsevier Ltd.  
<https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2023.10.024>
- Keresztes, R., Kalácska, G., Zsidai, L., & Dobrocsi, Z. (2011). Machinability of engineering polymers. *International Journal Sustainable Construction & Design*, 2(1), 106–114. <https://doi.org/10.21825/SCAD.V2I1.20467>
- Kolyuda, V. (2021). *Desenvolvimento de uma Cabeça de Maquinagem para uma Impressora 3D FDM de 5 eixos*.
- Kumar Patro, P., Kandregula, S., Suhail Khan, M. N., & Das, S. (2023). Investigation of mechanical properties of 3D printed sandwich structures using PLA and ABS. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2023.08.366>
- Muthiah, E., Rathanasamy, R., Ravichandran, D., Palanichamy, D., & Sivaraj, S. (2022). Experimental analysis on shredder for recycling thermoplastics using injection moulder. *Materials Today: Proceedings*, 66, 797–803. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2022.04.353>
- Nasr, M., & Yehia, K. (2019). Stress Analysis of a Shredder Blade for Cutting Waste Plastics. *Journal of International Society for Science and Engineering*. <https://doi.org/10.21608/JISSE.2019.20292.1017>
- Oliveira, D. M. V. (2018). *Estação de reciclagem de polímeros termoplásticos para impressão 3D*.
- Rodríguez-Reyna, S. L., Mata, C., Díaz-Aguilera, J. H., Acevedo-Parra, H. R., & Tapia, F. (2022). Mechanical properties optimization for PLA, ABS and Nylon + CF manufactured by 3D FDM printing. *Materials Today Communications*, 33. <https://doi.org/10.1016/J.MTCOMM.2022.104774>
- SAE-AISI 1010 (S10C, G10100) Carbon Steel:: *MakeItFrom.com*. (n.d.). Retrieved February 20, 2024, from <https://www.makeitfrom.com/material-properties/SAE-AISI-1010-S10C-G10100-Carbon-Steel>
- Saviello, D., Andena, L., Gastaldi, D., Toniolo, L., & Goidanich, S. (2018). Multi-analytical approach for the morphological, molecular, and mechanical characterization after photo-oxidation of polymers used in artworks. *Journal of Applied Polymer Science*, 135(17). <https://doi.org/10.1002/APP.46194>
- Sedani, C. M., & Sudarshan, M. (2022). *FEA AND DESIGN MODIFICATION OF SHREDDER BLADE USED FOR RECYCLING PLASTIC*. *International Journal Of Advanced Research And Innovative Ideas In Education*. [https://www.researchgate.net/publication/361163744\\_FEA\\_AND\\_DESIGN\\_](https://www.researchgate.net/publication/361163744_FEA_AND_DESIGN_)

MODIFICATION\_OF\_SHREDDER\_BLADE\_USED\_FOR\_RECYCLING\_PLASTIC

*Shredding Machines: Types, Applications, Advantages, and Standards.* (n.d.).

Retrieved October 26, 2023, from <https://www.iqsdirectory.com/articles/shredder/shredding-machine.html>

*SHREDII™ 5.0 | Mechanical Kit | Action BOX.* (n.d.). Retrieved November 17, 2023, from [https://actionbox.ca/products/shredii-5?utm\\_medium=product\\_shelf&utm\\_source=youtube&utm\\_content=YT-APM2gMDbzUx-](https://actionbox.ca/products/shredii-5?utm_medium=product_shelf&utm_source=youtube&utm_content=YT-APM2gMDbzUx-hObcKxZ_D43rf2OXWdc33cjYFTkqVKquL9E2vuysmMgtZhGHjc8NMNNV0yHiJXo87tmTfwf8v4GfE6GHEv9rGhd-Zg6T_7JnzJz17eQCPr1toX_GvsL59iwKIE9PsT2QTk8INg4D9Rog3PV9AaiMvtN9PPYK1q3NT5TbgGr0sw%3D%3D)

[hObcKxZ\\_D43rf2OXWdc33cjYFTkqVKquL9E2vuysmMgtZhGHjc8NMNNV0yHiJXo87tmTfwf8v4GfE6GHEv9rGhd-Zg6T\\_7JnzJz17eQCPr1toX\\_GvsL59iwKIE9PsT2QTk8INg4D9Rog3PV9AaiMvtN9PPYK1q3NT5TbgGr0sw%3D%3D](https://actionbox.ca/products/shredii-5?utm_medium=product_shelf&utm_source=youtube&utm_content=YT-APM2gMDbzUx-hObcKxZ_D43rf2OXWdc33cjYFTkqVKquL9E2vuysmMgtZhGHjc8NMNNV0yHiJXo87tmTfwf8v4GfE6GHEv9rGhd-Zg6T_7JnzJz17eQCPr1toX_GvsL59iwKIE9PsT2QTk8INg4D9Rog3PV9AaiMvtN9PPYK1q3NT5TbgGr0sw%3D%3D)

*Stainless steel mini plastic shredder with NRV050 Reducer(hardening blade) – DIY Chen.* (n.d.). Retrieved November 17, 2023, from <https://diychen.net/product/stainless-steel-mini-plastic-shredder-with-nrv050-reducer/>

*Tolerances to EN 10051 for continuously rolled hot rolled plate sheet and strip – British Stainless Steel Association.* (n.d.). Retrieved August 25, 2024, from [https://bssa.org.uk/bssa\\_articles/tolerances-to-en-10051-for-continuously-rolled-hot-rolled-plate-sheet-and-strip/](https://bssa.org.uk/bssa_articles/tolerances-to-en-10051-for-continuously-rolled-hot-rolled-plate-sheet-and-strip/)

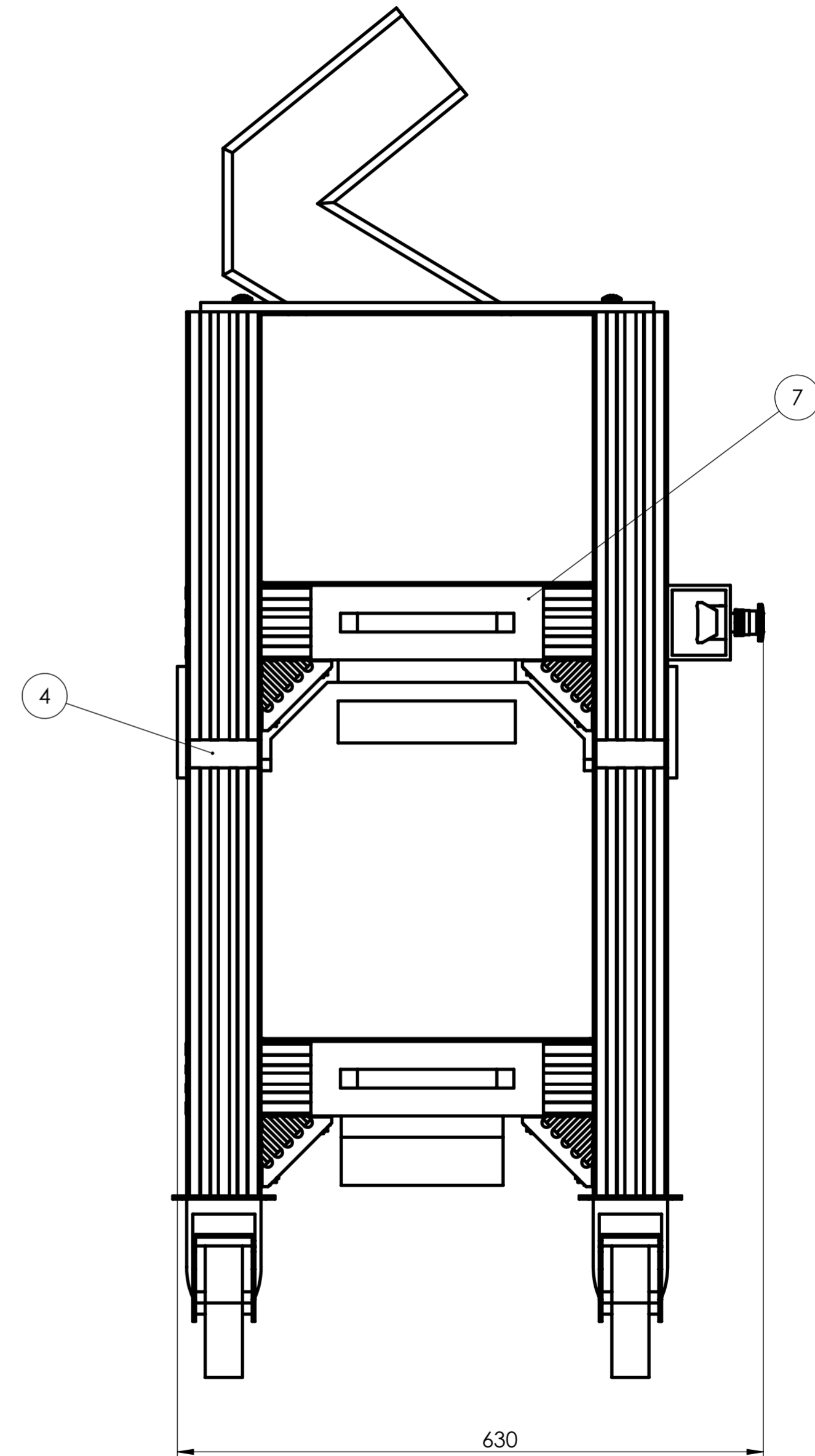
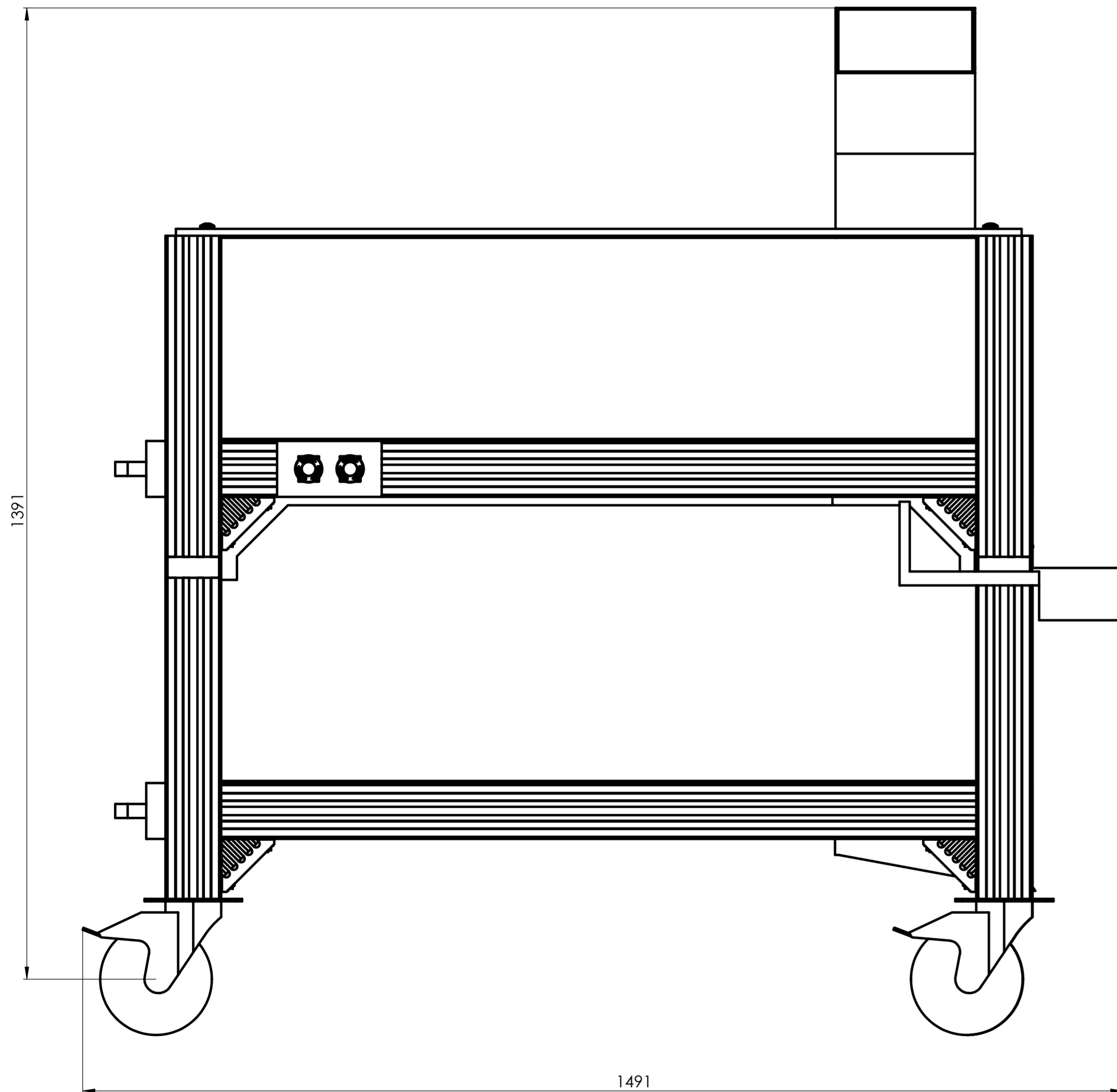
Valavanidis, A. (2022). *Recent Developments in Plastic Waste Recycling. Plastic recycling still remains a challenging area in the waste management sector.* <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/global-plastics-market>

Vicente, C. M. S., Sardinha, M., & Reis, L. (2019). Failure analysis of a coupled shaft from a shredder. *Engineering Failure Analysis*, 103, 384–391. <https://doi.org/10.1016/J.ENGFAILANAL.2019.05.011>

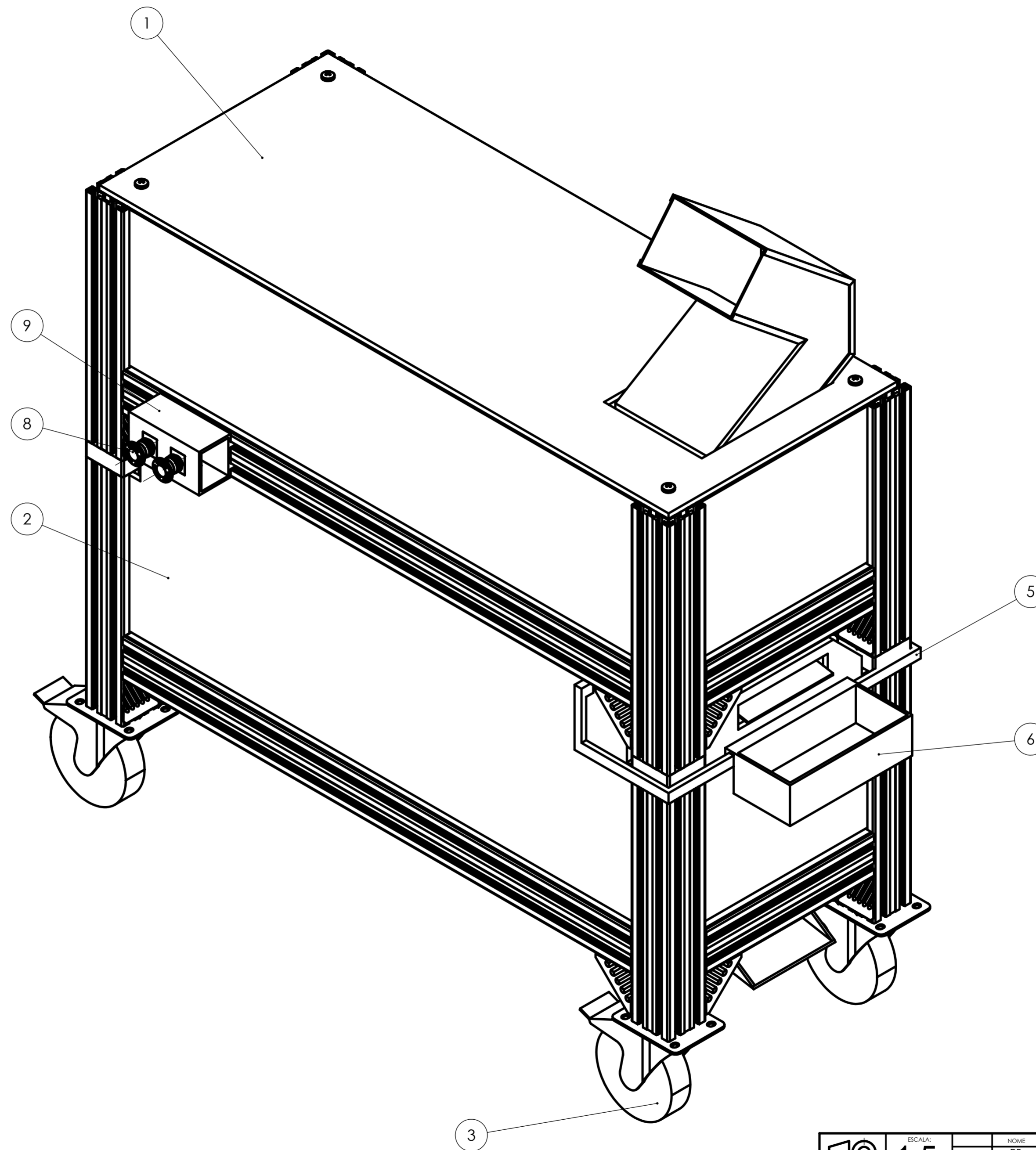
William F. Smith. (1998). *Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais (3ª).*

Zhang, P., Li, S. X., & Zhang, Z. F. (2011). General relationship between strength and hardness. *Materials Science and Engineering: A*, 529(1), 62–73. <https://doi.org/10.1016/J.MSEA.2011.08.061>

## **Apêndice A: Desenhos técnicos**



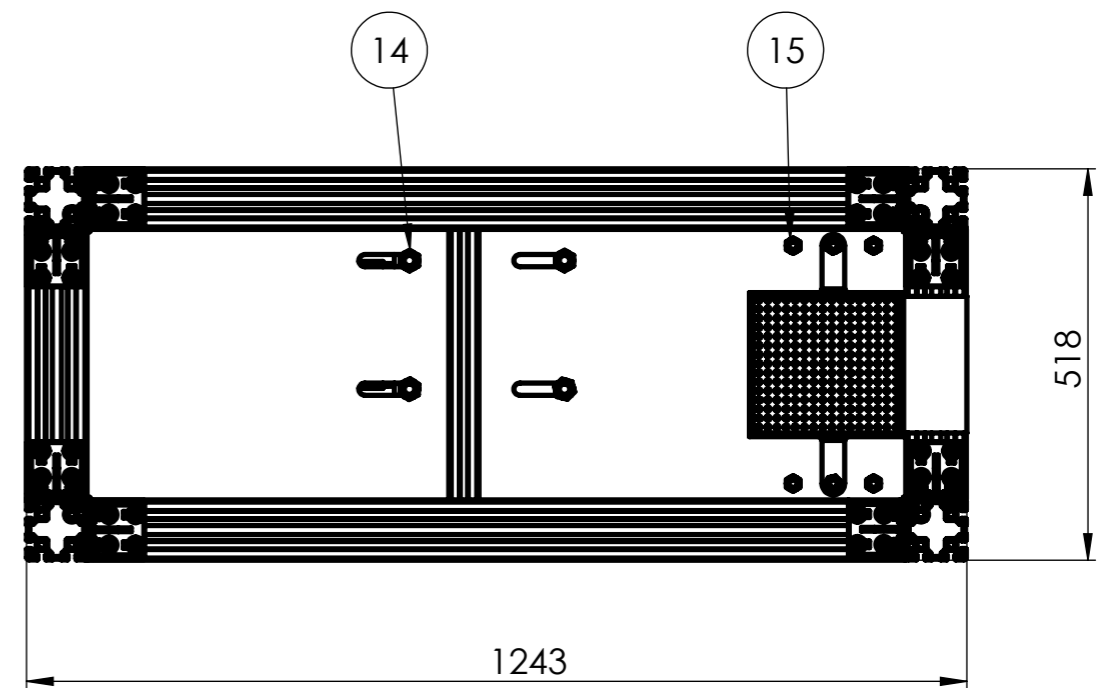
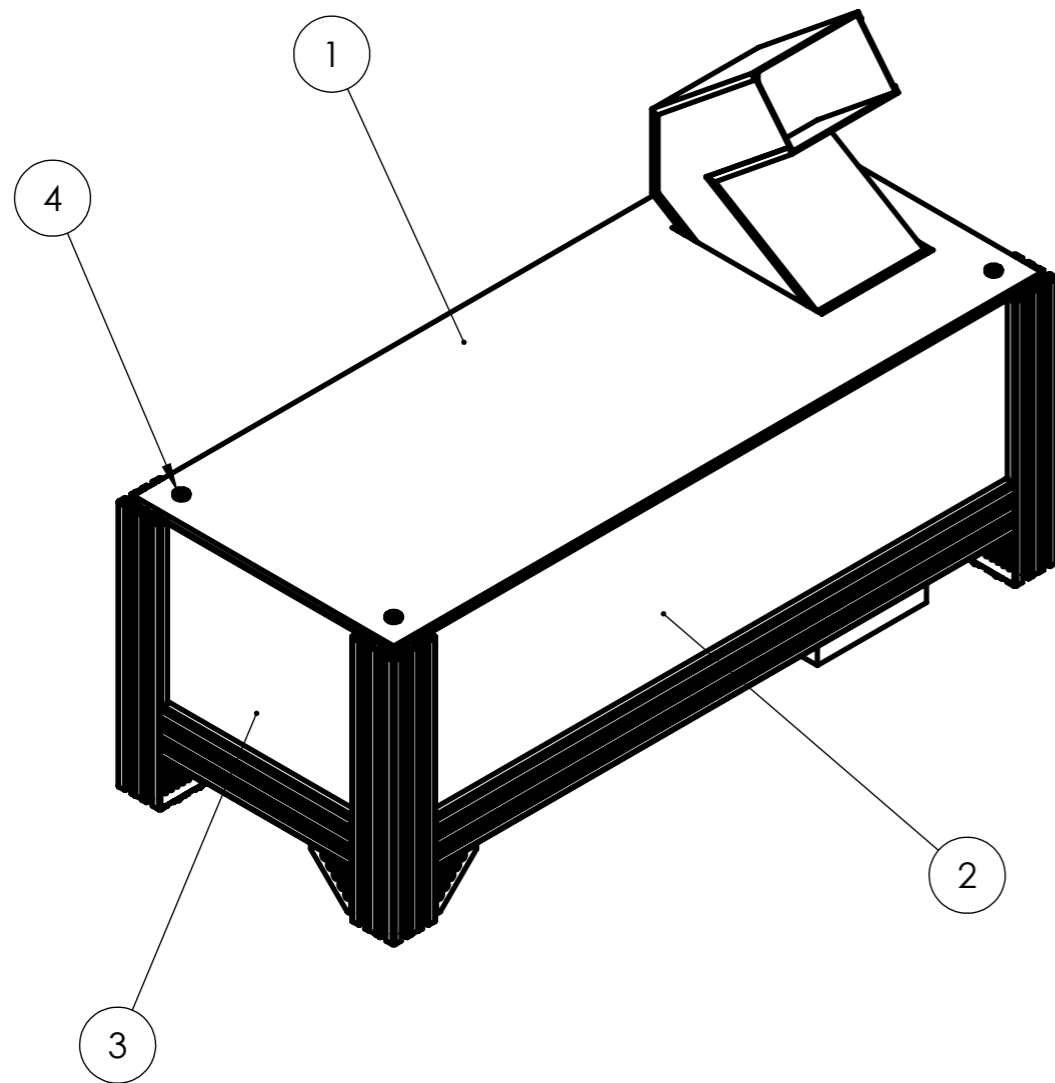
	ESCALA:	1:5	NOME:	PB	DATA:	03/10/2024	<b>ISEL</b> INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA	
	DESENHOU:		VERIFICOU:		APROVOU:			CONJUNTO:
MATERIAL:			NOTAS:		COMPONENTE:			
TOLERÂNCIA GERAL:					Triturador			
ACABAMENTOS:					DESENHO Nº	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:
					A2	10	1/3	-



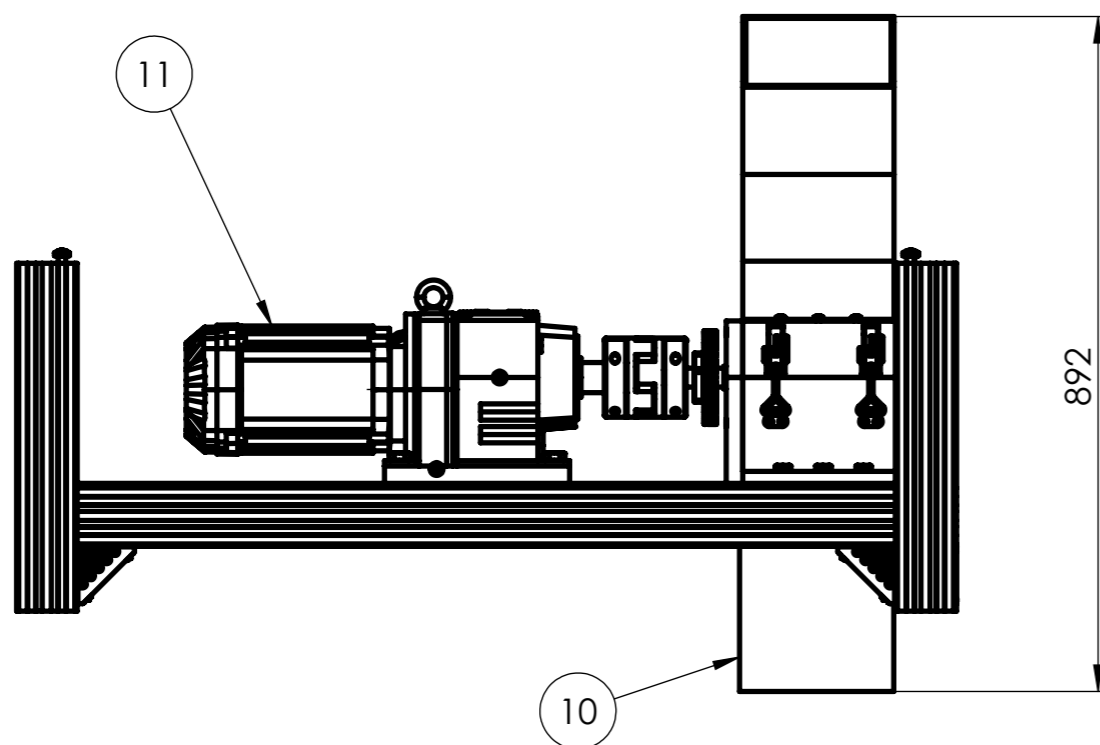
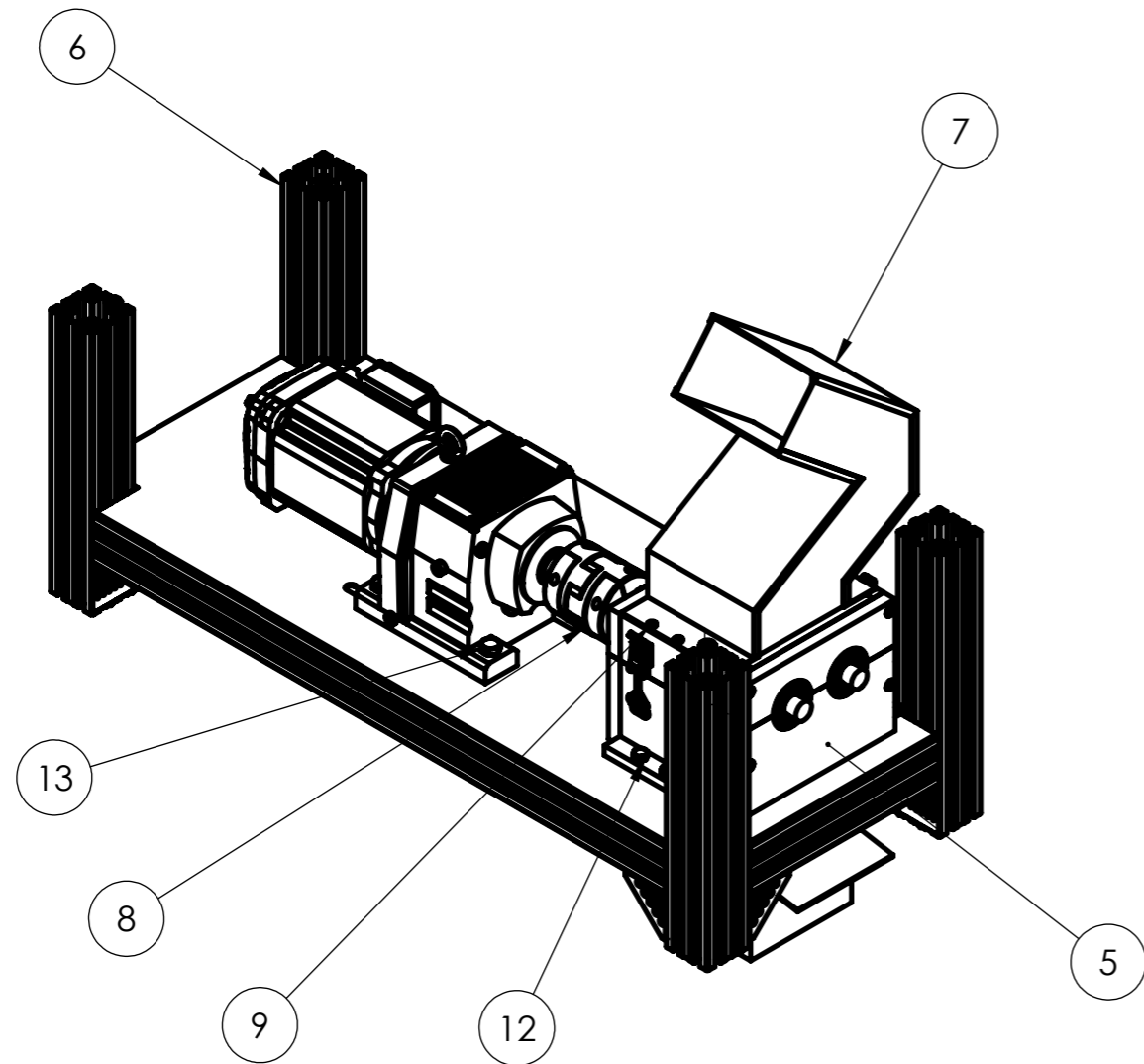
	ESCALA:	1:5	NOME:	PB	DATA:	03/10/2024	<b>ISEL</b> INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA
	DESENHOU:		VERIFICOU:		APROVOU:		
MATERIAL:						COMPONENTE:	Triturador
TOLERÂNCIA GERAL:						NOTAS:	
ACABAMENTOS:						DESENHO N.º	A2
						DESENHO N.º	10
						FOLHA:	2/3
						MASSA [g]:	-
						REVISÃO:	-

Nº	DESIGNAÇÃO	QUANT.	NORMA DES. Nº	MATERIAL	OBS.
1	1º estágio	1	10.10		
2	2º estágio	1	10.20		
3	Roda com travão D160 F	4	Ref: 3842562057		Bosch Rexroth
4	Conector de estágios	4	10.70	3.1325 (EN-AW 2017A)	
5	Suporte da caixa do granulado	1	10.50	PLA	
6	Caixa do granulado	1	10.60	PLA	
7	Pega	2	10.40	3.1325 (EN-AW 2017A)	
8	Botões de emergência	2			Comunidade GRABCAD
9	Caixa dos botões de emergência	1	10.30	3.1325 (EN-AW 2017A)	

	ESCALA: <b>1:5</b>	DESENHOU	NOME	DATA		<b>ISEL</b>	INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA	
		VERIFICOU	PB	03/10/2024				
MATERIAL:		APROVOU			CONJUNTO:			
TOLERÂNCIA GERAL:		NOTAS:			COMPONENTE:	<b>Triturador</b>		
ACABAMENTOS:					DESENHO N.º			FOLHA:
					<b>A4</b>	10	3/3	-

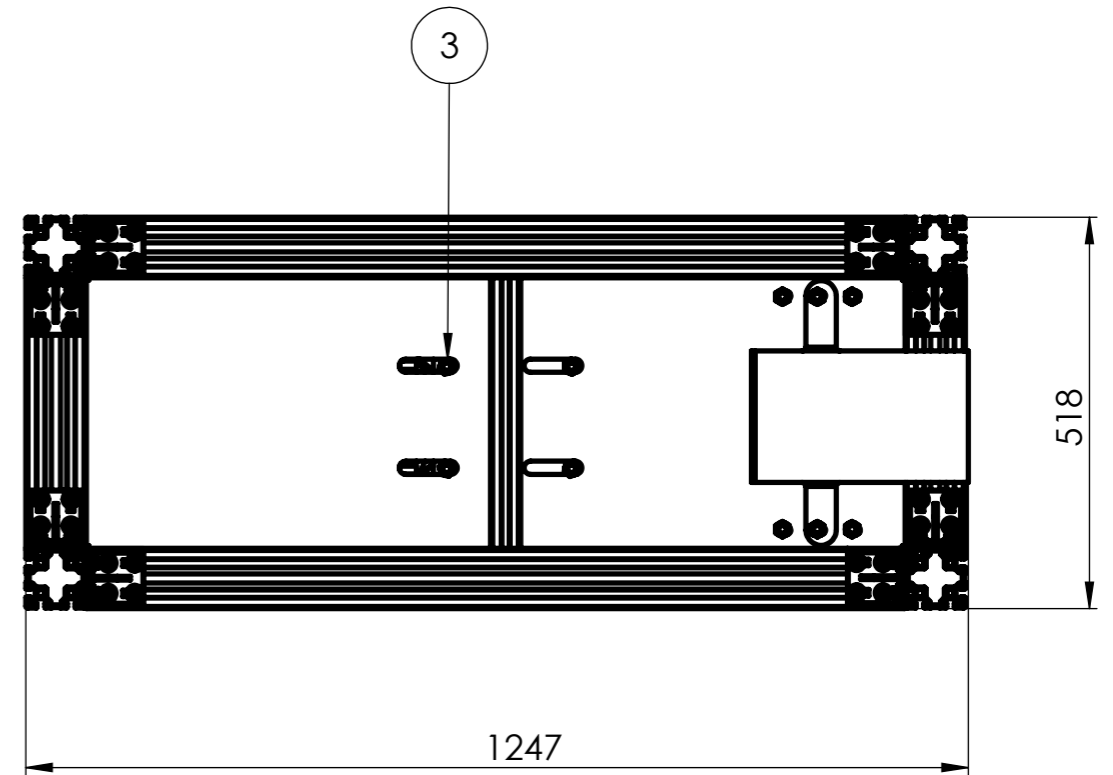
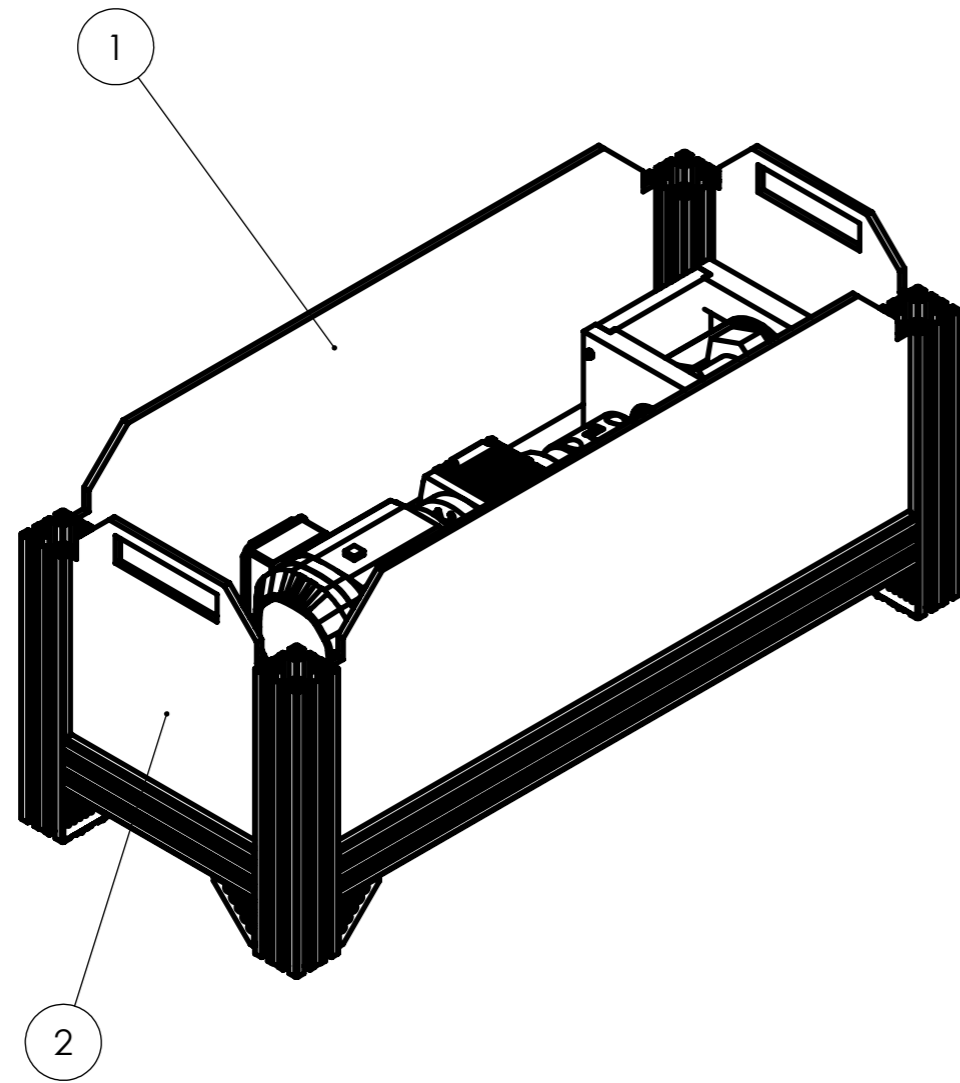


	ESCALA:	1:10	NOME	PB	DATA	08/12/2024	<b>ISEL</b> INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA		
	MATERIAL:		DESENHOU		VERIFICOU			CONJUNTO: TRITURADOR	
	TOLERÂNCIA GERAL:		APROVOU					COMPONENTE:	
ACABAMENTOS:		NOTAS:					1º Estágio		
		A3	DESENHO N.º	10.10	FOLHA:	1/2	MASSA [g]:	REVISÃO:	-

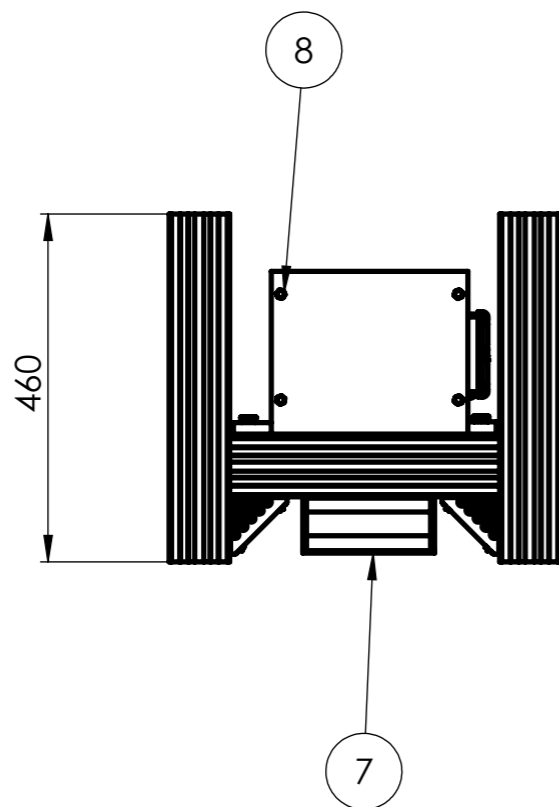
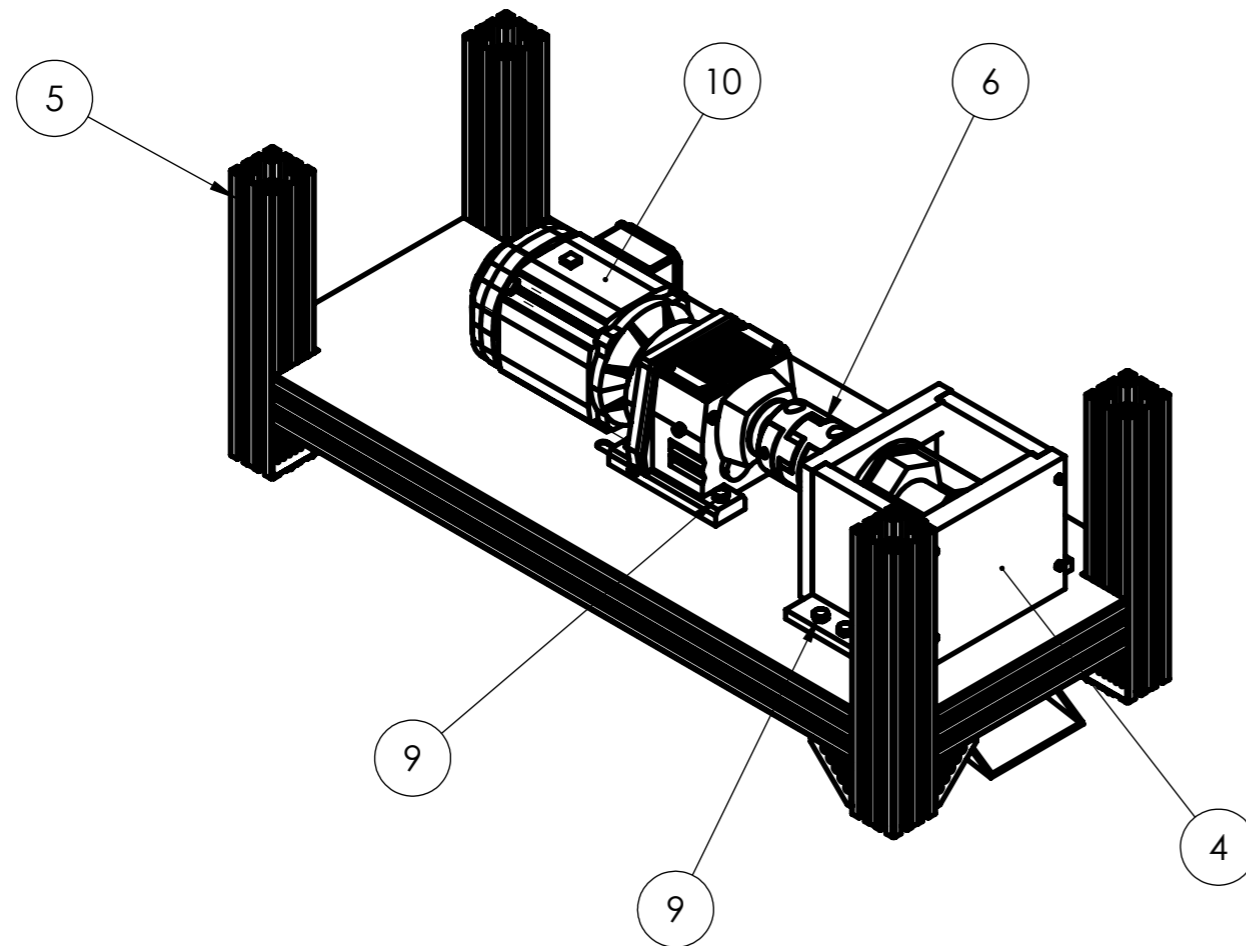


Nº	DESIGNAÇÃO	QUANT.	NORMA DES. Nº	MATERIAL	OBS.
1	Placa acrílico superior - 1º estágio	1	10.10.60	Acrílico	
2	Placa acrílico maior - 1º estágio	1	10.10.40	Acrílico	
3	Placa acrílico menor - 1º estágio	1	10.10.50	Acrílico	
4	Parafuso de cabeça cilíndrica - M10 x 20 - Z - 20N	4	ISO 7045		
5	Triturador de lâminas	1	10.10.10		
6	Estrutura - 1º estágio	1	10.10.30		
7	Funil de alimentação	1	10.10.20		
8	Acoplamento de garras em elastómero	1	Ref: 23022-25		Norelem
9	Parafuso de cabeça cilíndrica - M6 x 10 - Z - 10N	6	ISO 7045		
10	Tremonha - 1º estágio	1	10.10.15	PLA	
11	Motor - 1º estágio	1	Ref: R77DRN90L4		Sew Eurodrive
12	Parafuso de cabeça hexagonal - M12 x 55 x 30-WN	6	ISO 4016		
13	Parafuso de cabeça hexagonal - M16 x 65 x 38-WN	4	ISO 4016		
14	Porca hexagonal - M16 - N	4	ISO 4034		
15	Porca hexagonal - M12 - N	6	ISO 4034		

	ESCALA:	NOME	DATA		INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA		
	1:10	DESENHOU	08/12/2024		CONJUNTO: TRITURADOR		
MATERIAL:	VERIFICOU			COMPONENTE:			
TOLERÂNCIA GERAL:	APROVOU			1º estágio			
ACABAMENTOS:	NOTAS: Vistas sem as placas de acrílico para ser possível identificar os componentes no interior.			DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:
				A3	10.10	2/2	-

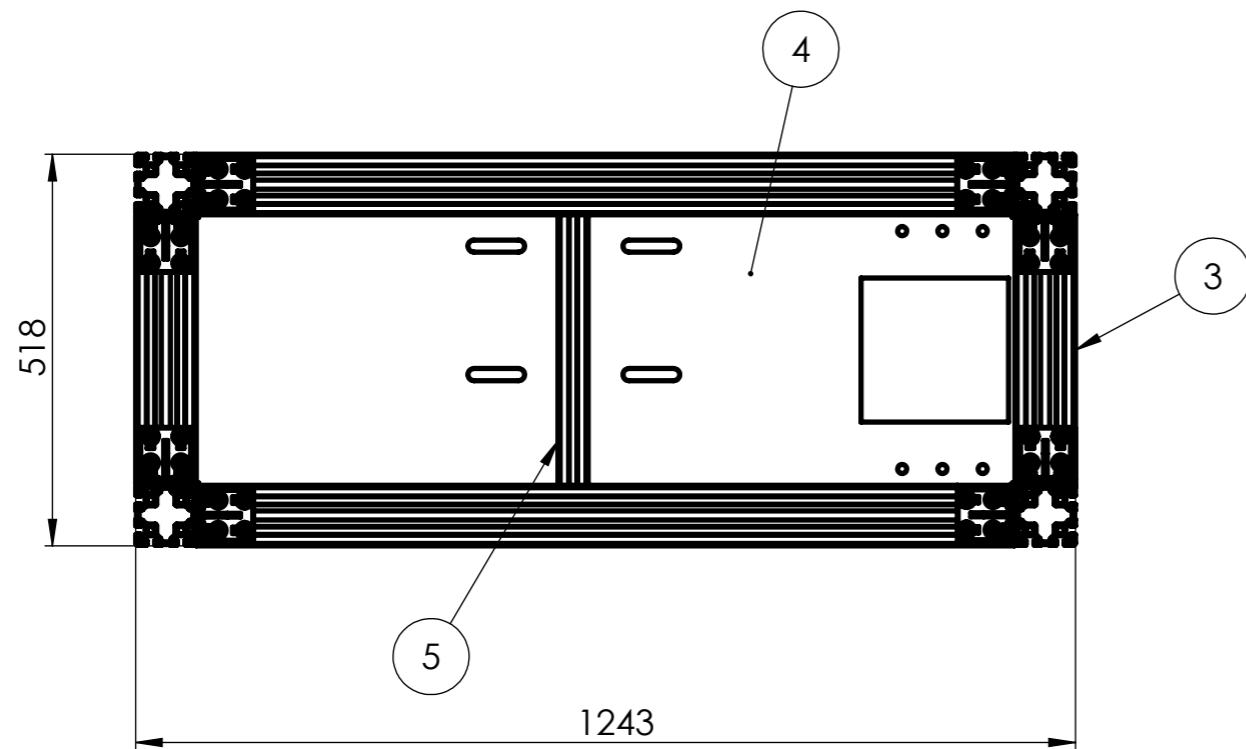
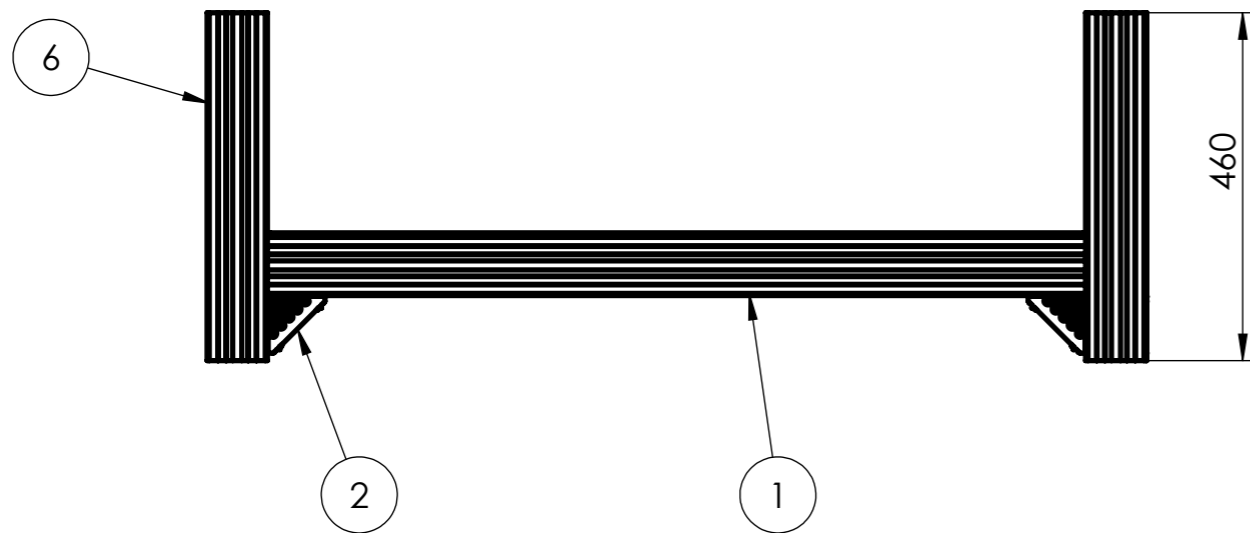


	ESCALA:		NOME	DATA		INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA				
	1:10	DESENHOU	PB	08/12/2024						
MATERIAL:		VERIFICOU			CONJUNTO: TRITURADOR					
TOLERÂNCIA GERAL:		APROVOU			COMPONENTE:					
ACABAMENTOS:		NOTAS:				2º estágio				
				A3		DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:	
						10.20	1/1		-	



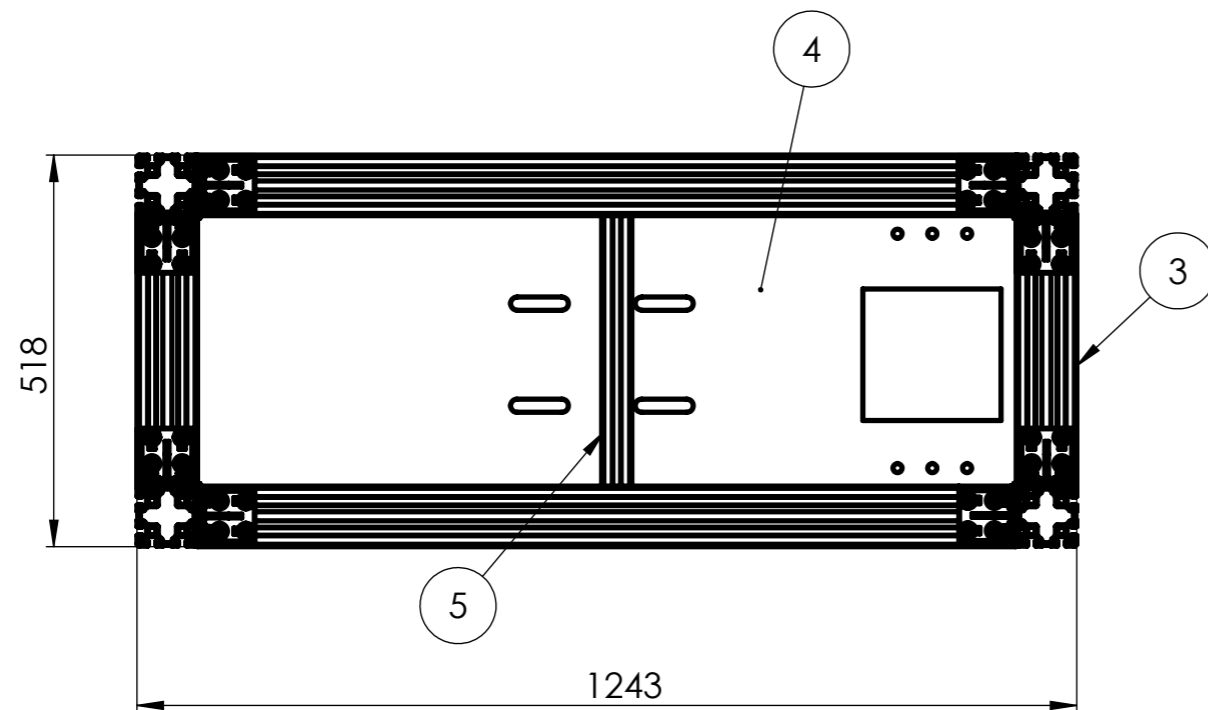
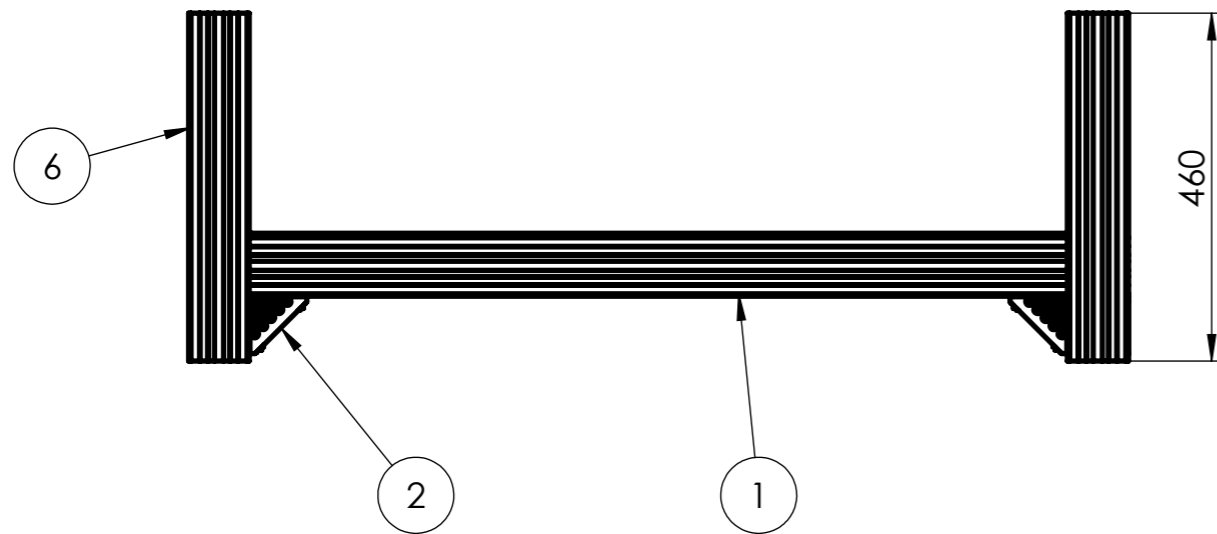
Nº	DESIGNAÇÃO	QUANT.	NORMA DES. Nº	MATERIAL	OBS.
1	Placa acrílico maior - 2º estágio	1	10.20.30	Acrílico	
2	Placa acrílico menor - 2º estágio	1	10.20.40	Acrílico	
3	Porca Hexagonal - M12 - N	10	ISO 4034		
4	Triturador de navalhas	1	10.20.10		
5	Estrutura - 2º estágio	1	10.20.20		
6	Acoplamento de garras em elastómero	1	Ref: 23022-25		
7	Tremonha - 2º estágio	1	10.20.50	PLA	
8	Parafuso de cabeça hexagonal - M6 x 45 x 18-WN	8	ISO 4016		
9	Parafuso de cabeça hexagonal - M12 x 55 x 30-WN	10	ISO 4016		
10	Motor - 2º estágio	1	Ref: R57DRN100LS4		Sew Eurodrive

	ESCALA:	NOME	DATA		INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA		
	1:10	DESENHOU	08/12/2024		CONJUNTO: TRITURADOR		
MATERIAL:	VERIFICOU	APROVOU		COMPONENTE:			
TOLERÂNCIA GERAL:	NOTAS:			<h2 style="text-align: center;">2º estágio</h2>			
ACABAMENTOS:	Vistas sem as placas de acrílico para ser possível identificar os componentes no interior.						
A3		DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:		
		10.20	1/1		-		



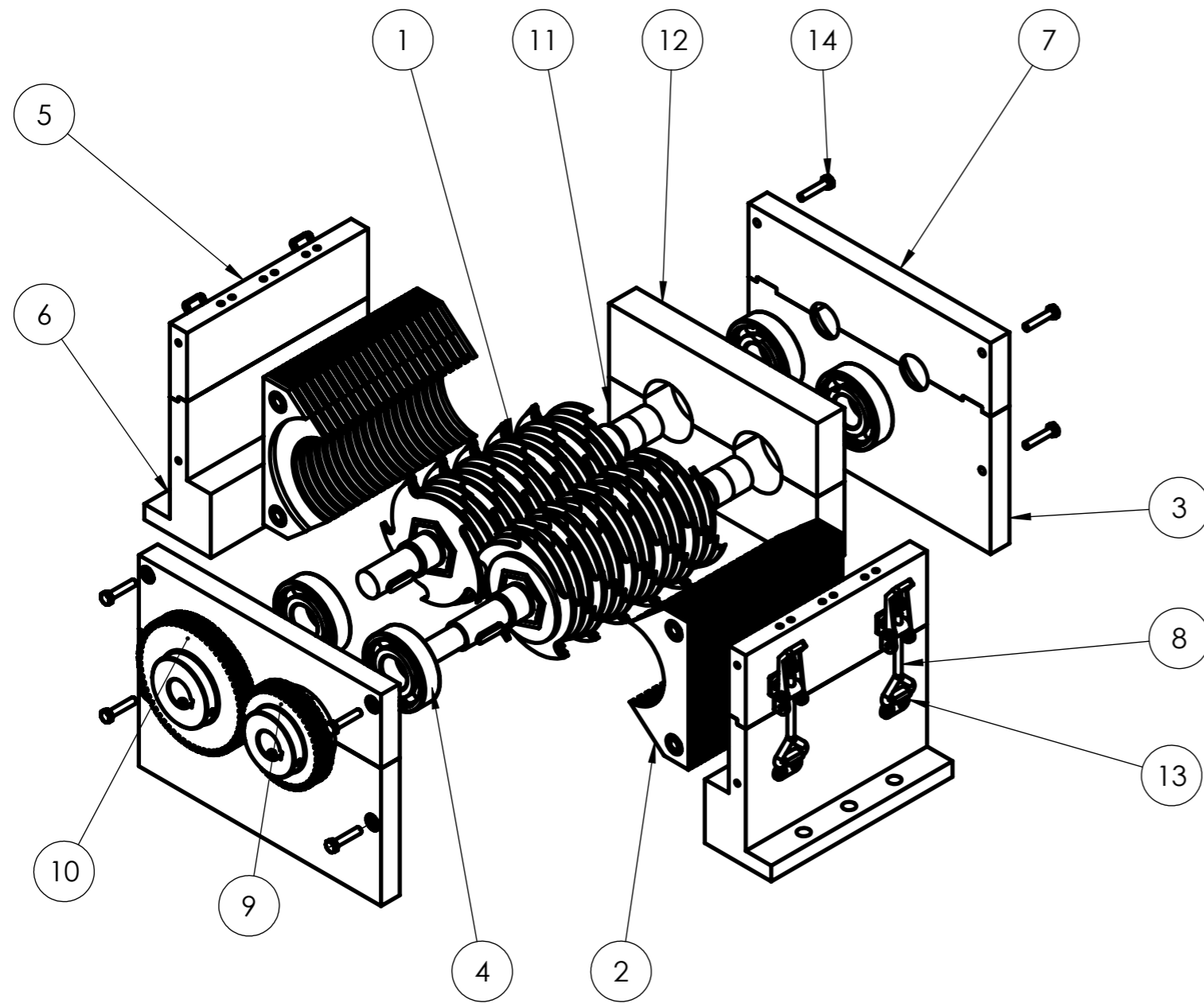
Nº	DESIGNAÇÃO	QUANT.	NORMA DES. Nº	MATERIAL	OBS.
1	Calha Bosch perfil 80x80x1082 mm	2	Ref: 3842993133		Bosch rexroth
2	Suporte de canto bosch	8	Ref: 3842548871		Bosch rexroth
3	Calha Bosch perfil 80x80x357 mm	2	Ref: 3842993133		Bosch rexroth
4	Placa inferior - 1º estágio	1	10.10.30.10	AISI 316	
5	Calha Bosch perfil 40x40x357 mm	1	Ref: 3842993120		Bosch rexroth
6	Calha Bosch perfil 80x80x460 mm	4	Ref: 3842993133		Bosch rexroth

	ESCALA:	NOME	DATA		INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA		
	1:10	DESENHOU PB	03/10/2024		CONJUNTO: TRITURADOR		
MATERIAL:	VERIFICOU	APROVOU		COMPONENTE:			
TOLERÂNCIA GERAL:	NOTAS:			Estrutura - 1º estágio			
ACABAMENTOS:	DESENHO N.º		FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:		
	A3 10.10.30		1/1		-		



Nº	DESIGNAÇÃO	QUANT.	NORMA DES. Nº	MATERIAL	OBS.
1	Calha Bosch perfil 80x80x1082 mm	2	Ref: 3842993133		Bosch rexroth
2	Suporte de canto Bosch	8	Ref: 3842548871		Bosch rexroth
3	Calha Bosch perfil 80x80x357 mm	2	Ref: 3842993133	10.20.40	Bosch rexroth
4	Placa inferior - 2º estágio	1	10.20.20.10	AISI 316	
5	Calha Bosch perfil 40x40x357 mm	1	Ref: 3842993120		Bosch rexroth
6	Calha Bosch perfil 80x80x460 mm	4	Ref: 3842993133		Bosch rexroth

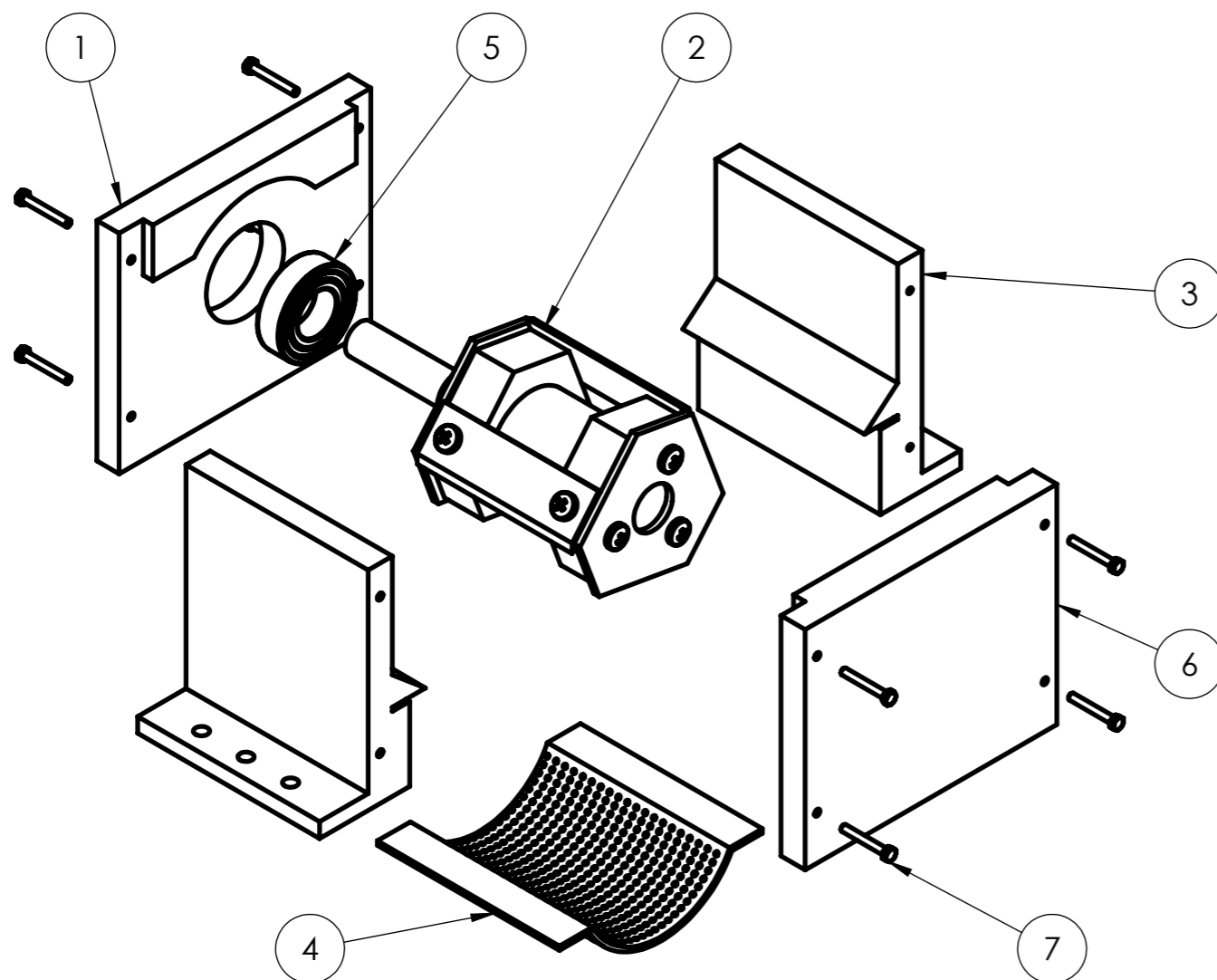
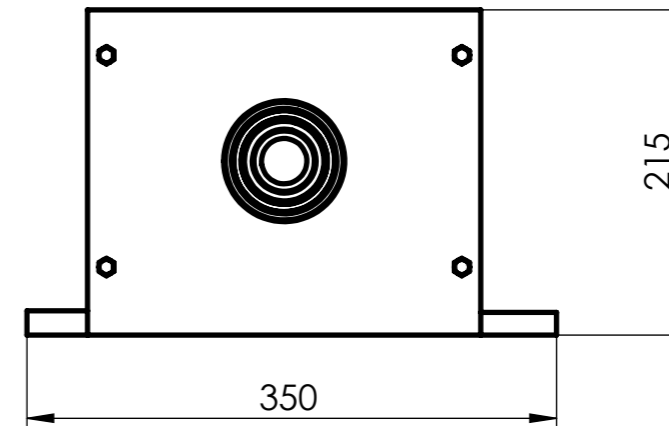
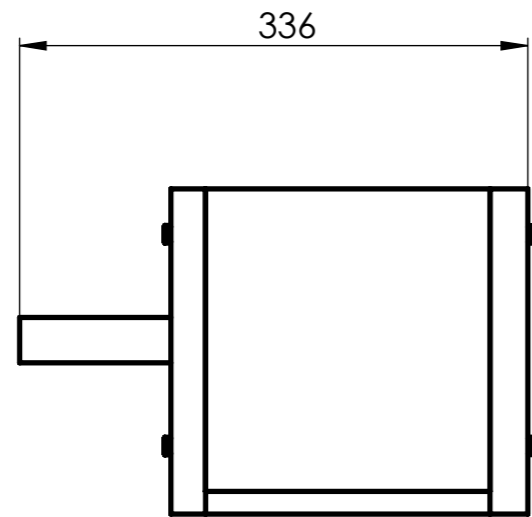
	ESCALA:	NOME	DATA		INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA			
	1:10	DESENHOU PB	03/10/2024		CONJUNTO: TRITURADOR			
MATERIAL:	VERIFICOU	NOTAS:		COMPONENTE: Estrutura - 2º estágio				
TOLERÂNCIA GERAL:	APROVOU							
ACABAMENTOS:					DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:
					A3	10.20.20	1/1	-



Nº	DESIGNAÇÃO	QUANT.	NORMA DES. Nº	MATERIAL	OBS.
1	Empilhamento lâminas e espaçadores	1	10.10.10.10		
2	Lâminas Fixas	1	10.10.10.20		
3	Placa Suporte Rolamentos Inferior	2	10.10.10.40	3.1325 (EN-AW 2017A)	
4	Rolamento de esferas SKF 306	4			SKF
5	Placa Lateral Superior	2	10.10.10.25	3.1325 (EN-AW 2017A)	
6	Placa Lateral Inferior	2	10.10.10.30	3.1325 (EN-AW 2017A)	
7	Placa Suporte Rolamentos Superior	2	10.10.10.50	3.1325 (EN-AW 2017A)	
8	Fecho de Alavanca	4			Comunidade GRABCAD
9	Engrenagem Helicoidal KHG2-45RJ25	1			KHK Gears
10	Engrenagem Helicoidal KHG2-60LJ25	1			KHK Gears
11	Peça final inferior	1	10.10.10.70	AISI 310S	
12	Peça final superior	1	10.10.10.60	AISI 310S	
13	Parafuso de cabeça lisa - M5 x 12 - 12N	16	ISO 10642		
14	Parafuso de cabeça hexagonal - M6 x 30 x 18-WN	8	ISO 4016		

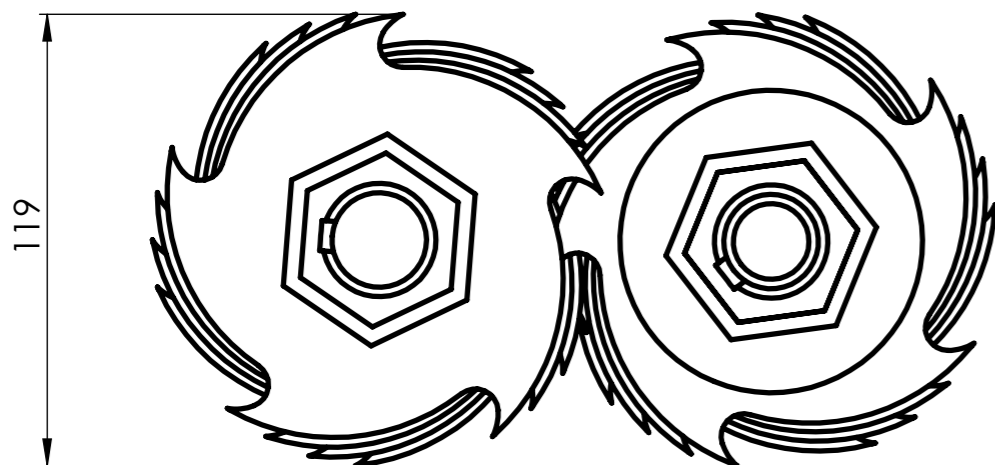
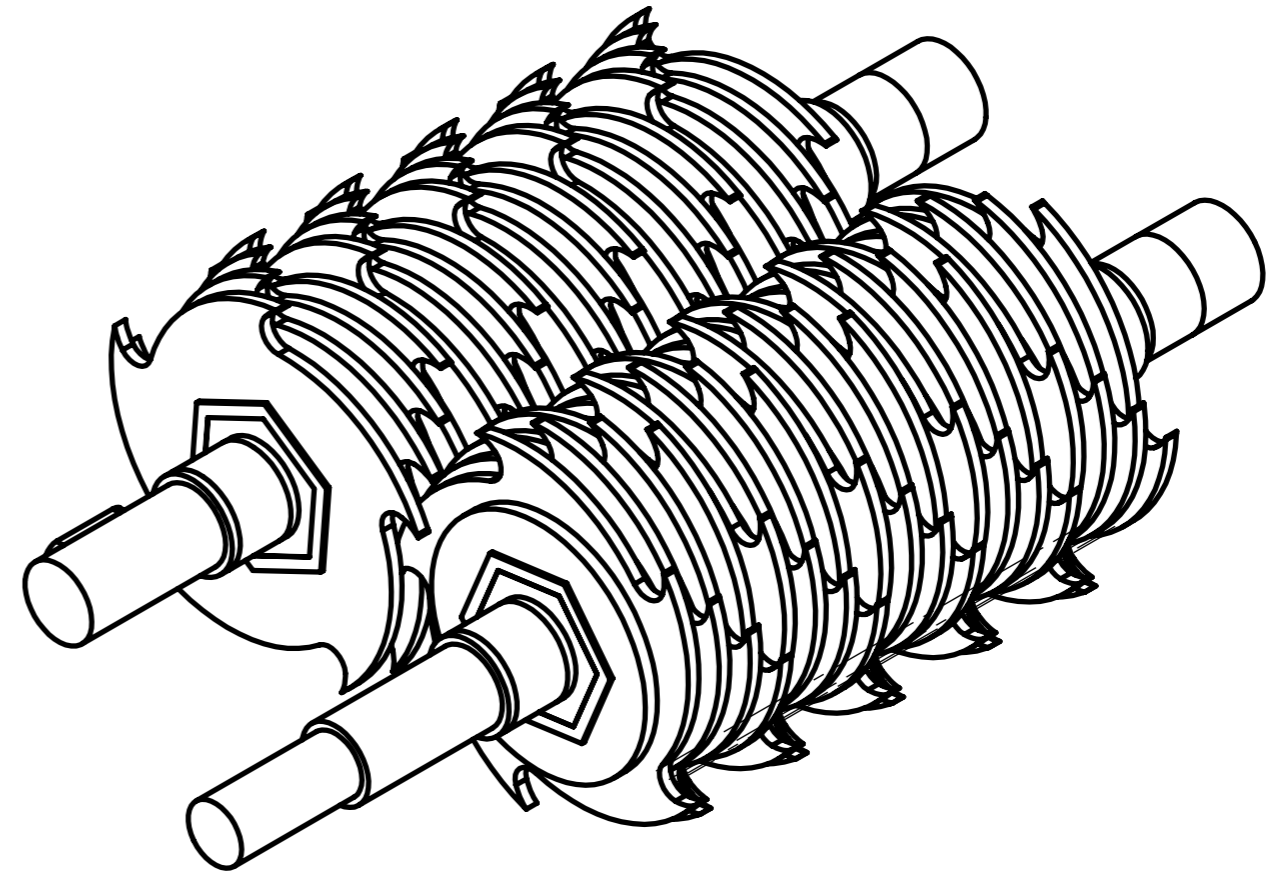
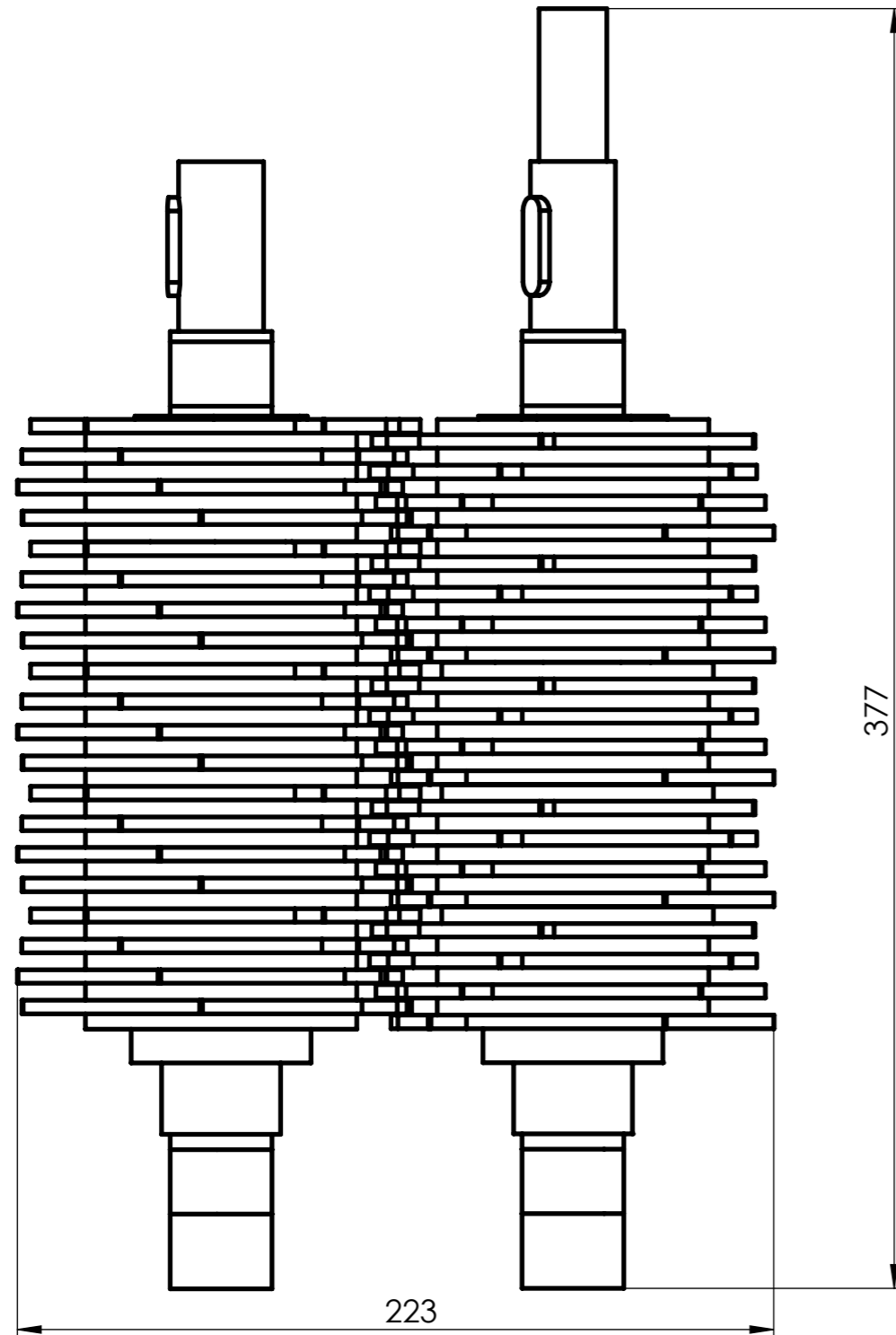
	ESCALA:	NOME	DATA		INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA		
	1:5	DESENHOU	PB		05/10/2024		
MATERIAL:		VERIFICOU			CONJUNTO: TRITURADOR		
TOLERÂNCIA GERAL:		APROVOU			SUBCONJUNTO:		
ACABAMENTOS:		NOTAS:			Triturador de lâminas		
		DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:		
		A3	10.10.10	1/2	-		



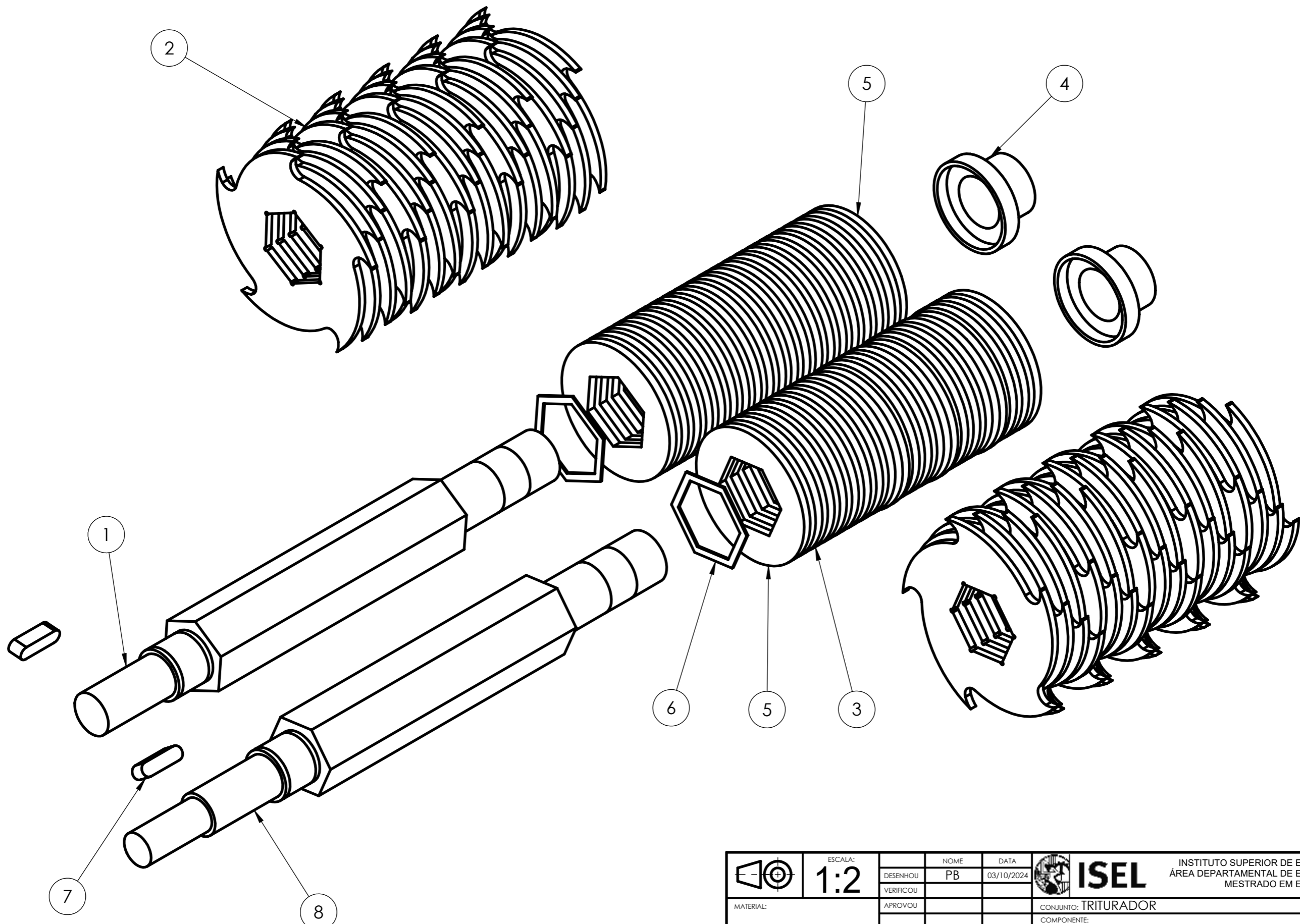


Nº	DESIGNAÇÃO	QUANT.	NORMA DES. Nº	MATERIAL	OBS.
1	Placa traseira - 2º estágio	1	10.20.10.40	3.1325 (EN-AW 2017A)	
2	Mecanismo de corte	1	10.20.10.10		
3	Placa lateral - 2º estágio	1	10.20.10.20	3.1325 (EN-AW 2017A)	
4	Rede 2º - estágio	1	10.20.10.60	3.1325 (EN-AW 2017A)	
5	Rolamento de esferas SKF 62208-2RS1	1			SKF
6	Placa dianteira - 2º estágio	1	10.20.10.50	3.1325 (EN-AW 2017A)	
7	Parafuso de cabeça hexagonal - M6 x 45 x 18-WN	8	ISO 4016		

	ESCALA:	NOME	DATA		INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA		
	1:5	DESENHOU	PB		05/10/2024	CONJUNTO: TRITURADOR	
MATERIAL:	VERIFICOU	APROVOU		COMPONENTE:			
TOLERÂNCIA GERAL:	NOTAS:			Triturador de navalhas			
ACABAMENTOS:				DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:
				A3	10.20.10	1/1	-

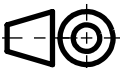



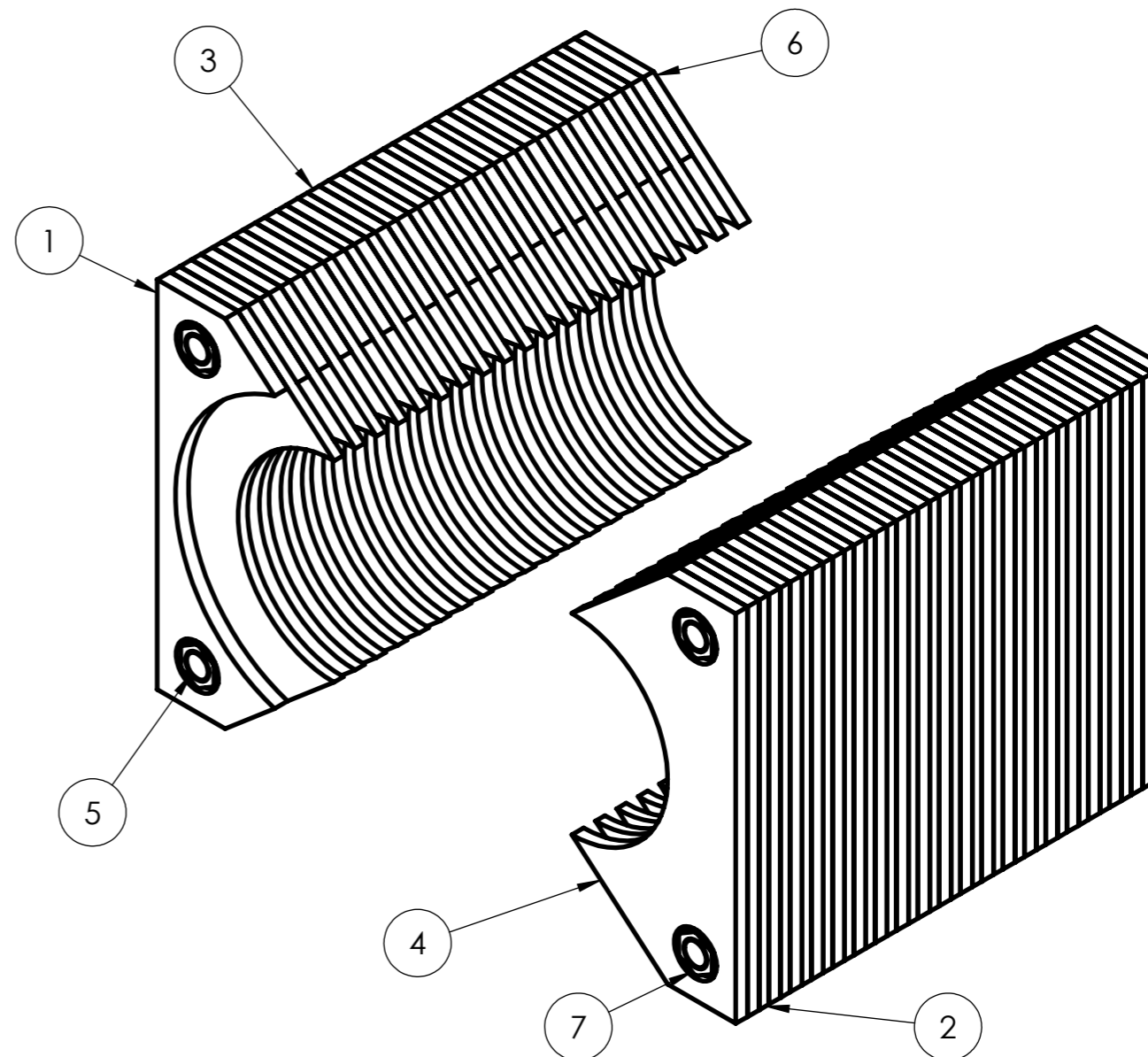
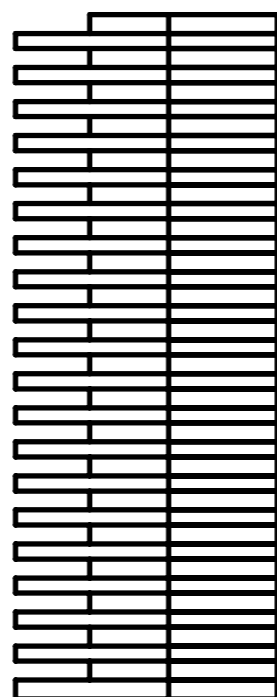
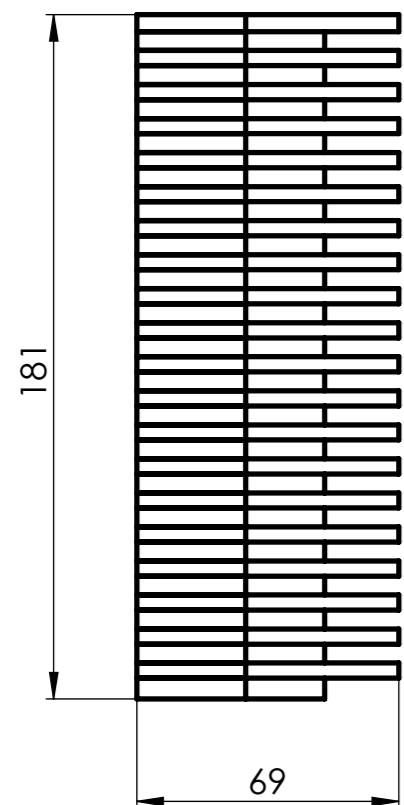
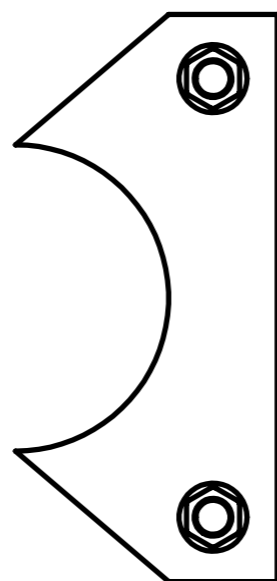
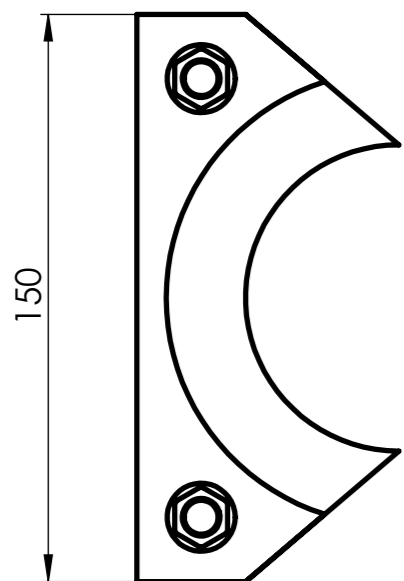
	ESCALA:	NOME	DATA		INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA		
	1:2	DESENHOU	PB		03/10/2024	CONJUNTO: TRITURADOR	
MATERIAL:		VERIFICOU			COMPONENTE:		
TOLERÂNCIA GERAL:		APROVOU			Empilhamento lâminas e espaçadores		
ACABAMENTOS:		NOTAS:					
A3		DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:		
		10.10.10.10	1/3				-



	ESCALA:	NOME	DATA		INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA				
	1:2	DESENHOU	PB		03/10/2024	CONJUNTO: TRITURADOR			
	MATERIAL:	VERIFICOU				COMPONENTE: Empilhamento lâminas e espaçadores			
TOLERÂNCIA GERAL:	NOTAS:			<b>A3</b>	DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:	
ACABAMENTOS:					10.10.10.10	2/3		-	

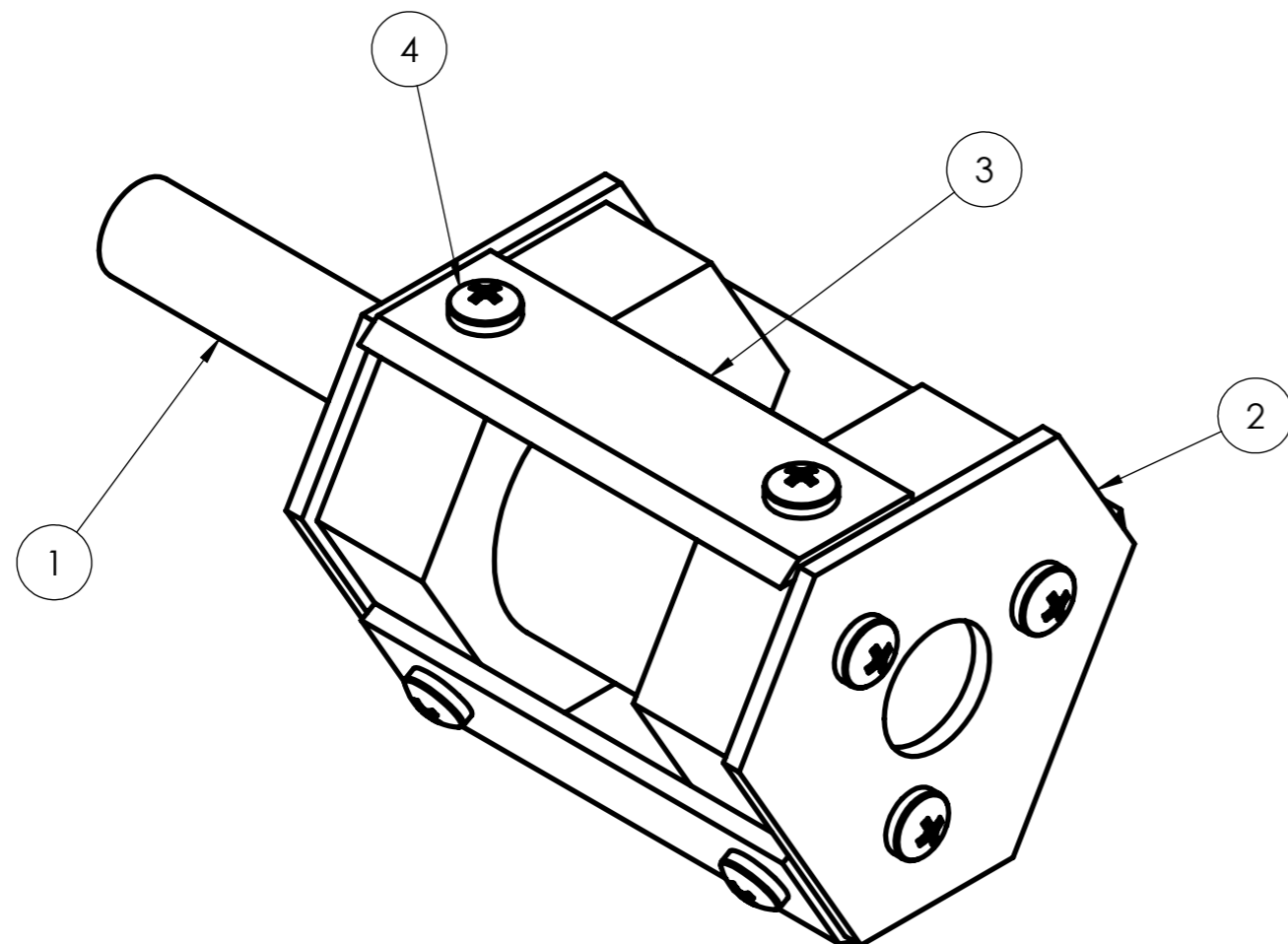
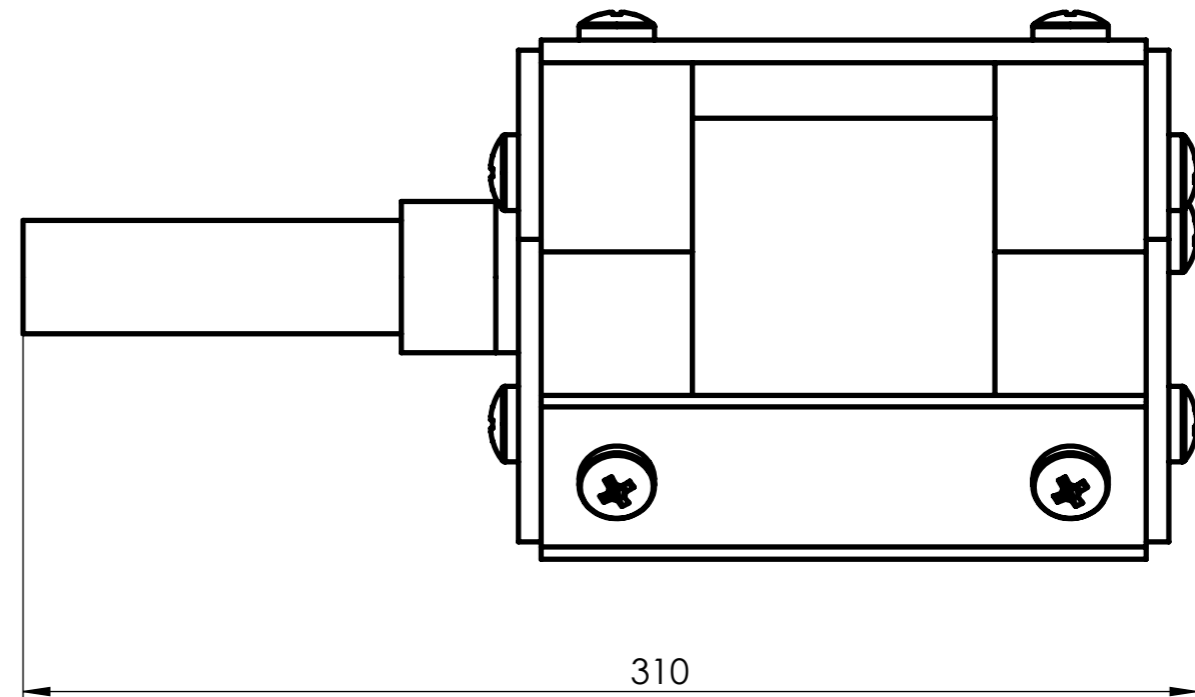
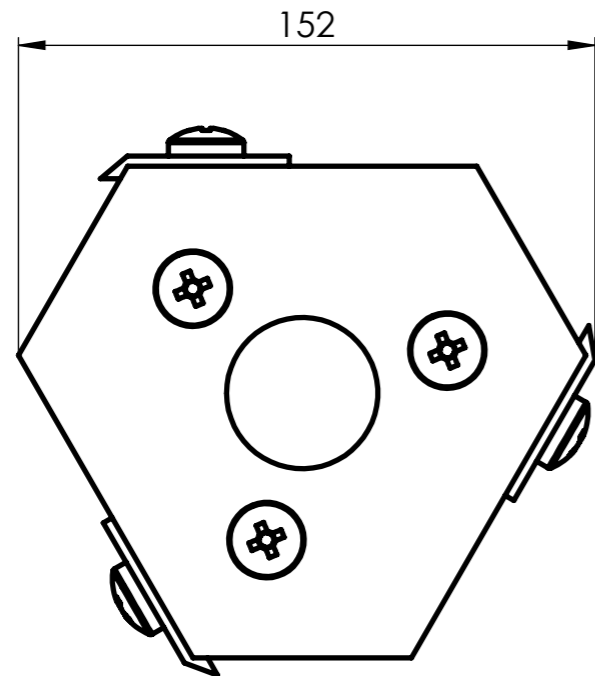
Nº	DESIGNAÇÃO	QUANT.	NORMA DES. Nº	MATERIAL	OBS.
1	Veio secundário do 1º estágio	1	10.10.10.15	AISI 1010, laminado a quente	
2	Lâmina	40	10.10.10.10	AISI 310S	
3	Espaçador 5 mm	38	10.10.10.30	AISI 310S	
4	Rosca de compressão	2	10.10.10.80	AISI 1010, laminado a quente	
5	Espaçador 4.5 mm	2	10.10.10.40	AISI 310S	
6	Batente pentagonal	2	10.10.10.60	AISI 1010, laminado a quente	
7	Chaveta	2	10.10.10.70	AISI 1010, laminado a quente	
8	Veio do 1º estágio	1	10.10.10.20	AISI 1010, laminado a quente	

	ESCALA:	NOME	DATA	 <b>ISEL</b>	INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA		
	<b>1:2</b>	DESENHOU	PB				
MATERIAL:		VERIFICOU		CONJUNTO: TRITURADOR			
TOLERÂNCIA GERAL:		APROVOU		COMPONENTE:			
ACABAMENTOS:		NOTAS:		Empilhamento lâminas e espaçadores			
				DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:
				<b>A4</b> 10.10.10.10	3/3		-



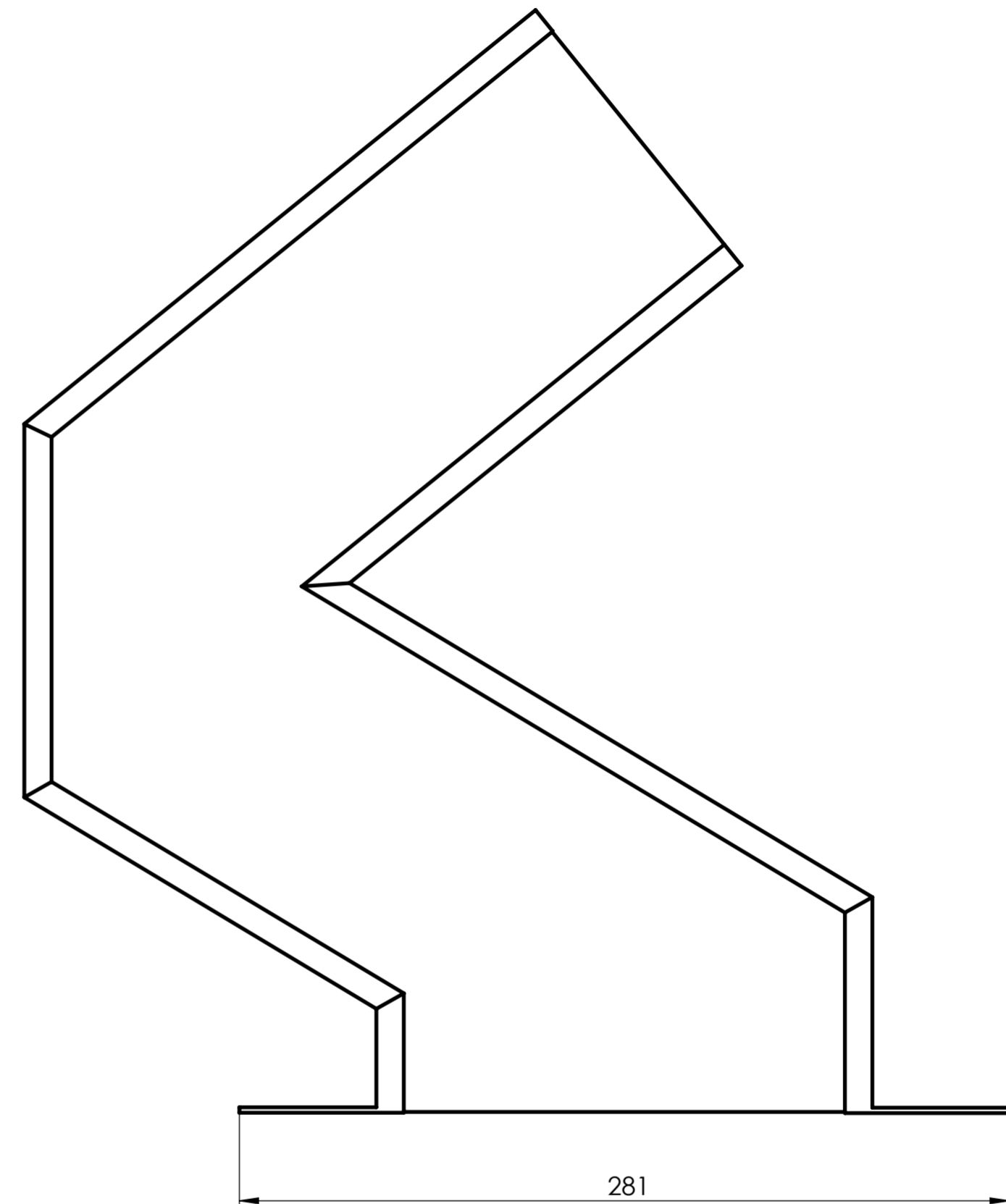
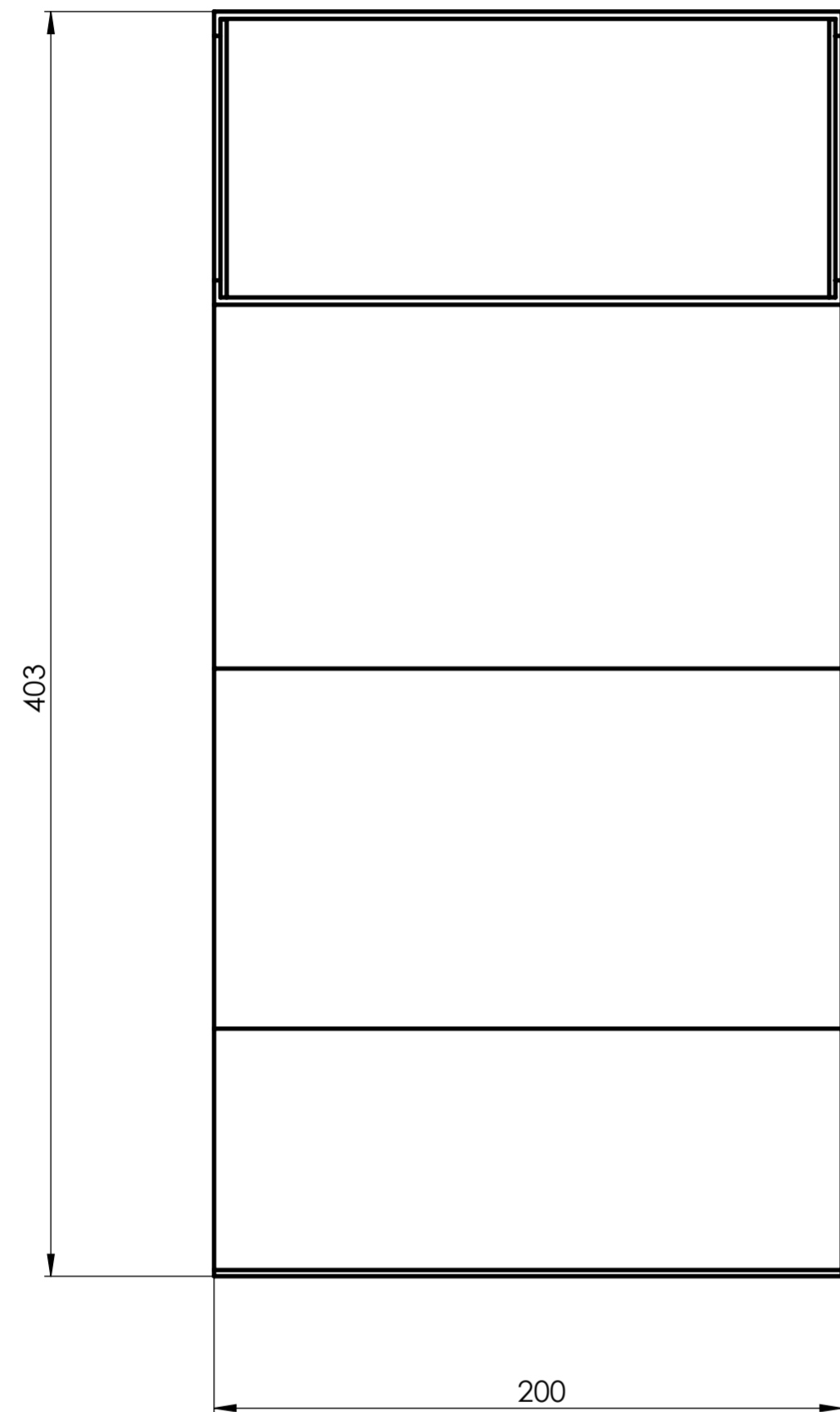
Nº	DESIGNAÇÃO	QUANT.	NORMA DES. Nº	MATERIAL	OBS.
1	Lamina Fixa Pequena 5.5 mm	1	10.10.10.20.20	AISI 310S	
2	Lamina Fixa 4 mm	38	10.10.10.20.40	AISI 310S	
3	Lamina Fixa Pequena 5 mm	39	10.10.10.20.10	AISI 310S	
4	Lamina Fixa 5 mm	1	10.10.10.20.30	AISI 310S	
5	Veio de união das lâminas fixas	4	10.10.10.20.60	AISI 1010, laminado a quente	
6	Lamina Fixa 4.5 mm	1	10.10.10.20.50	AISI 310S	
7	Porca sextavada M10x1x3	4	ISO 4032		ifm eletronic

	ESCALA:	NOME	DATA		INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA			
	1:2	DESENHOU	PB		03/10/2024	CONJUNTO: TRITURADOR		
MATERIAL:	VERIFICOU	APROVOU	COMPONENTE:		Lâminas Fixas			
TOLERÂNCIA GERAL:	NOTAS:		A3					DESENHO N.º
ACABAMENTOS:					10.10.10.20	1/1		-



Nº	DESIGNAÇÃO	QUANT.	NORMA DES. Nº	MATERIAL	OBS.
1	Veio 2º do estágio	1	10.20.10.10.20	AISI 1050, laminado a quente	
2	Batente das navalhas	2	10.20.10.10.30	AISI 1050, laminado a quente	
3	Navalha de corte	3	10.20.10.10.10	AISI 310S	
4	Parafuso de cabeça cilíndrica - M10 x 20 - Z - 20N	12	ISO 7045		

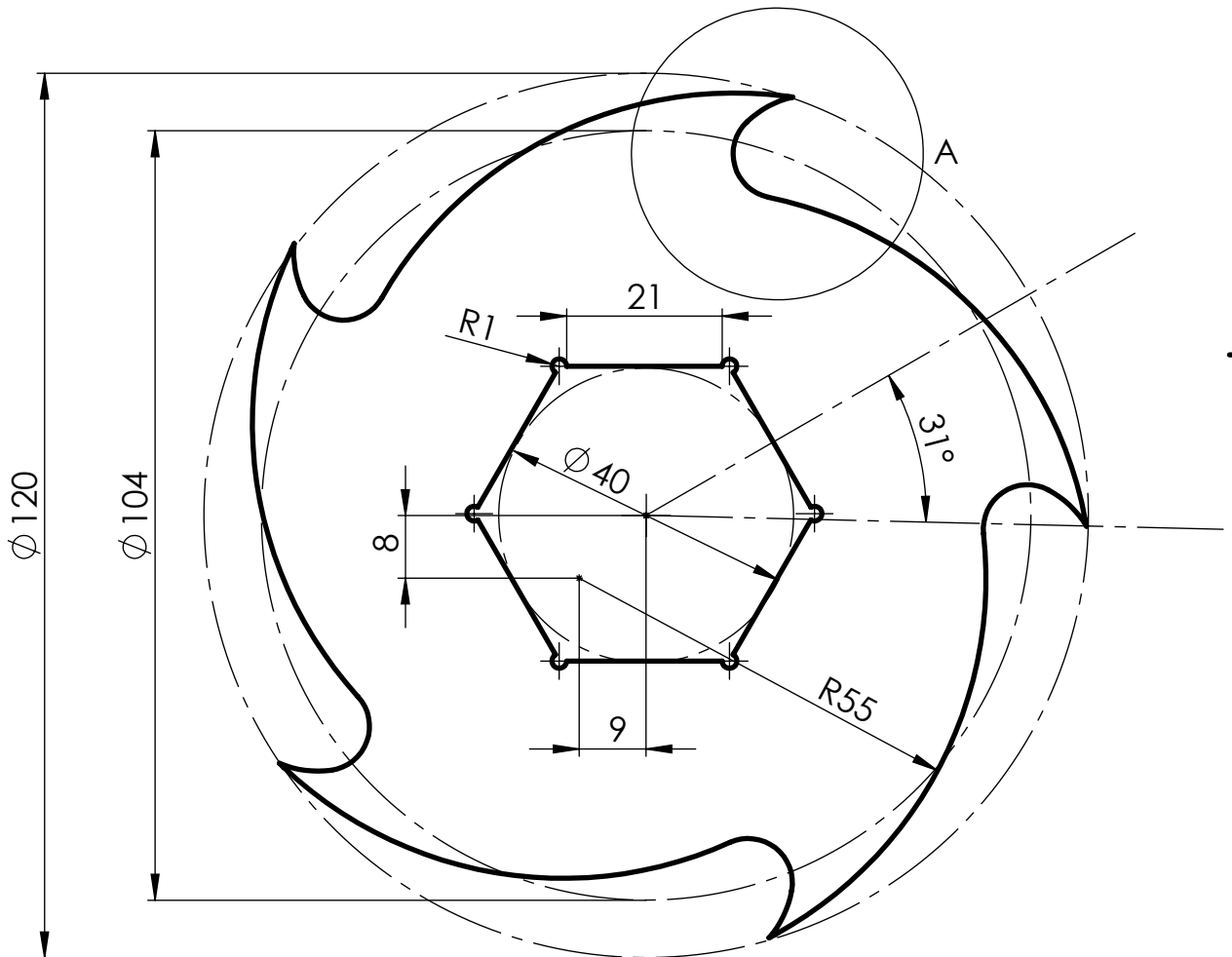
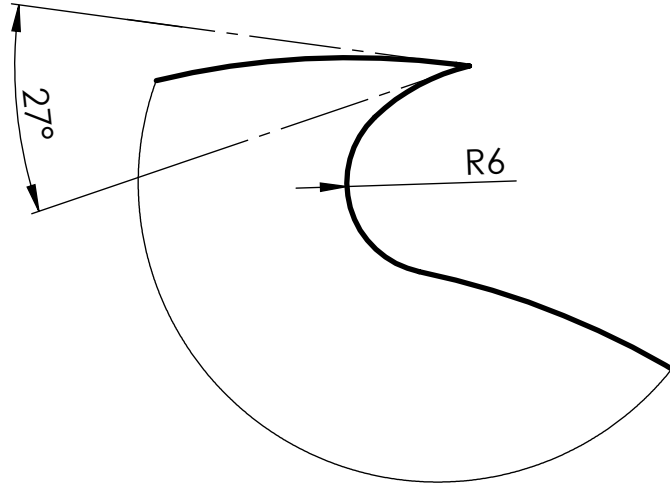
	ESCALA:	NOME	DATA		INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA		
	1:2	DESENHOU	PB		05/10/2024	CONJUNTO: TRITURADOR	
MATERIAL:	VERIFICOU	APROVOU		COMPONENTE:			
TOLERÂNCIA GERAL:	NOTAS:			Mecanismo de corte - 2º estágio			
ACABAMENTOS:				DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:
				A3	10.20.10.10	1/1	-



Nº	DESIGNAÇÃO	QUANT.	NORMA DES. Nº	MATERIAL	OBS.
1	Placa Acrílico - Funil Alimentação	2	10.10.20.10	Acrílico	
2	Chapa Exterior	1	10.10.20.20	3.1325 (EN-AW 2017A)	
3	Chapa Interior	1	10.10.20.30	3.1325 (EN-AW 2017A)	

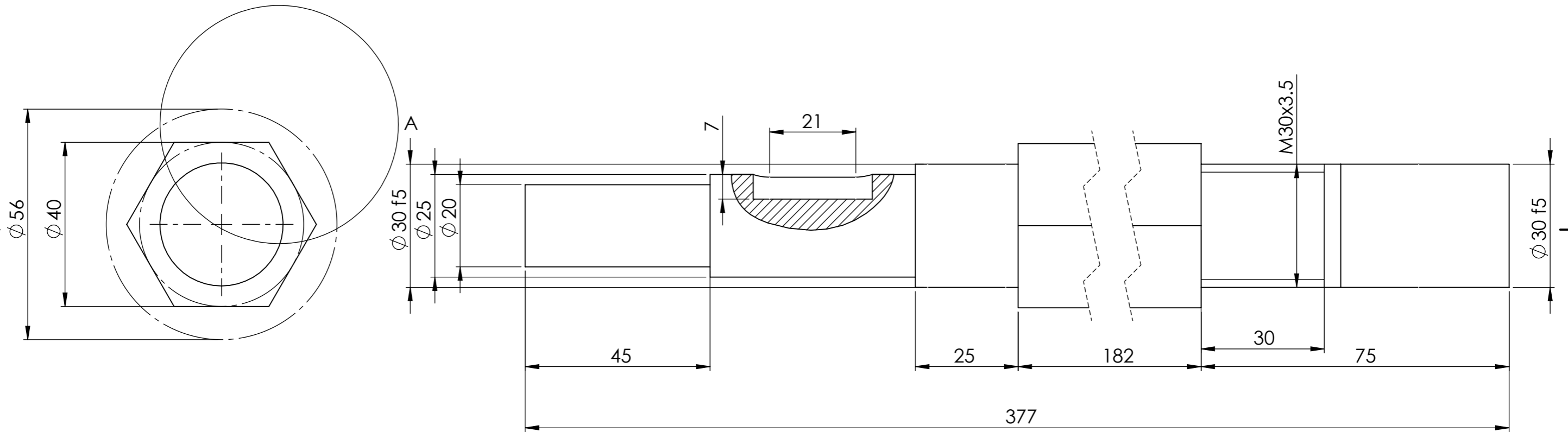
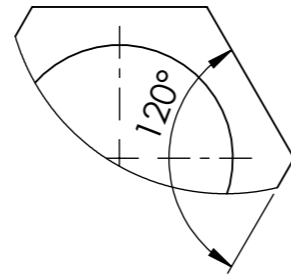
	ESCALA:	NOME:	DATA:	<b>ISEL</b> INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA
	1:2	DESENHOU:	28/08/2024	
MATERIAL:	VERIFICOU:	APROVOU:	NOTAS:	CONJUNTO: TRITURADOR
TOLERANCIA GERAL:				COMPONENTE: Funil de alimentação
ACABAMENTOS:				DESENHO Nº: 10.10.20
				FOLHA: 1/1
				MASSA [g]: -
				REVISÃO: -

Detalhe A  
(2 : 1)



	ESCALA: <b>1:1</b>	NOME PB	DATA 22/09/2024		INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA
		DESENHOU VERIFICOU APROVOU	NOTAS: Chapa de aço AISI 310S de espessura 4 mm		
MATERIAL: <b>AISI 310S</b>		Lâmina			DESENHO N.º <b>A4</b> 10.10.10.10
TOLERÂNCIA GERAL: EN 10051					
ACABAMENTOS:					

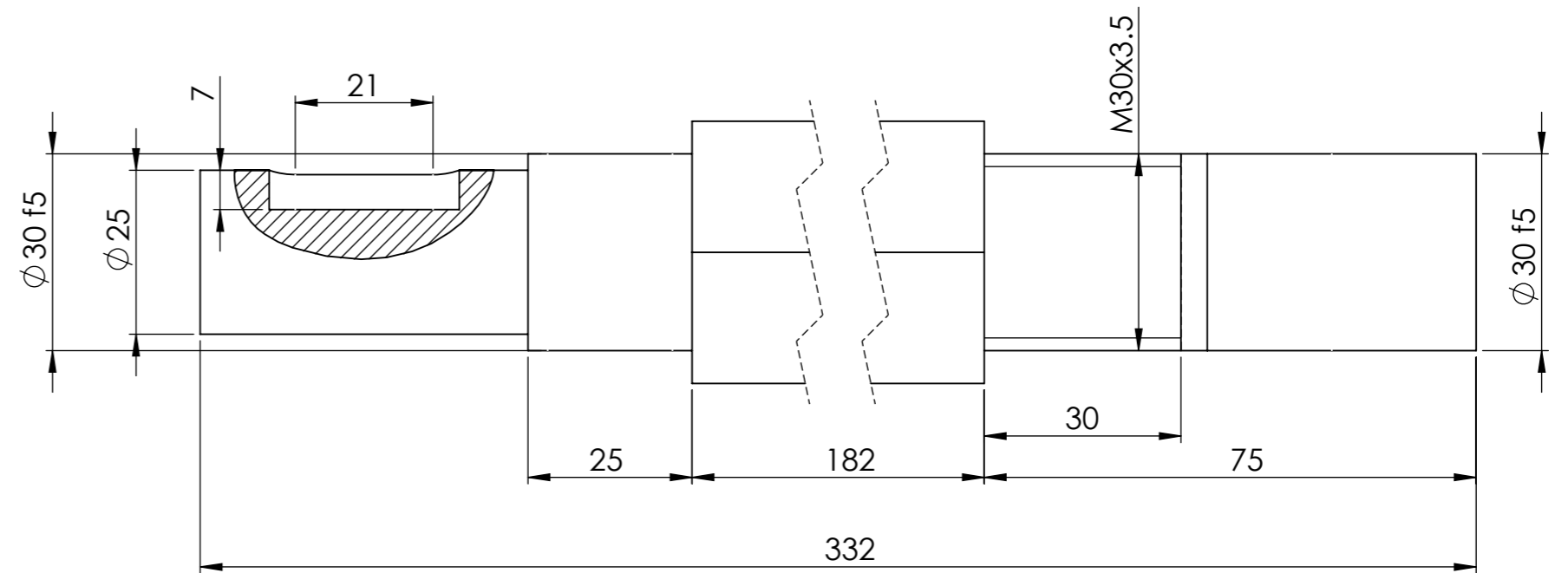
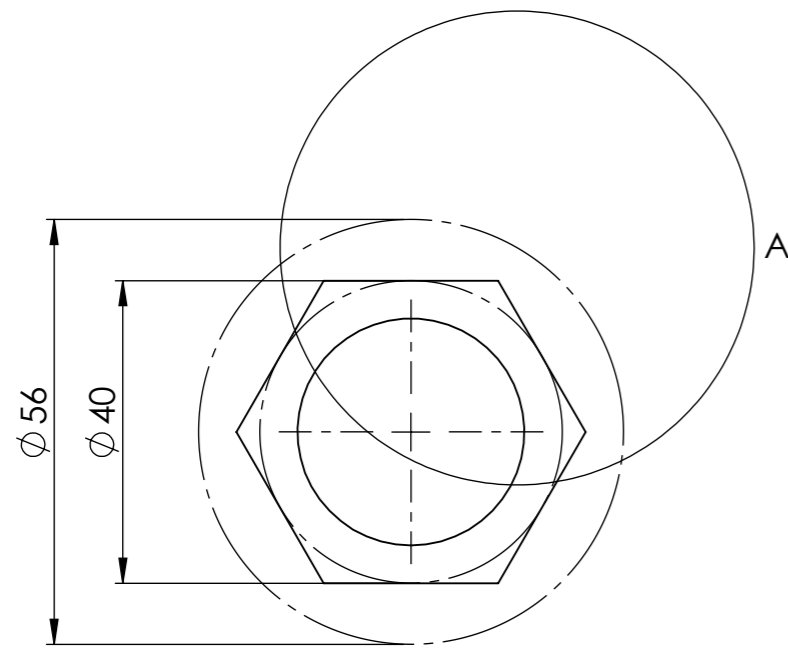
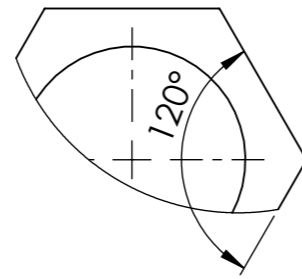
Detalhe A  
(1 : 1)



NOTA:  
Escatel normalizado segundo a norma DIN 6885/1 com largura 8N9 mm e profundidade 7N9 mm.

	ESCALA:	NOME	DATA		INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA		
	<b>1:1</b>	DESENHOU PB	08/12/2024		CONJUNTO: TRITURADOR		
MATERIAL: AISI 1010, laminado a quente		VERIFICOU		COMPONENTE: <b>Veio do 1º estágio</b>			
TOLERÂNCIA GERAL: ISO 2768-mK		APROVOU					
ACABAMENTOS:		NOTAS:					
				DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:
				<b>A3</b> 10.10.10.20	1/1		-

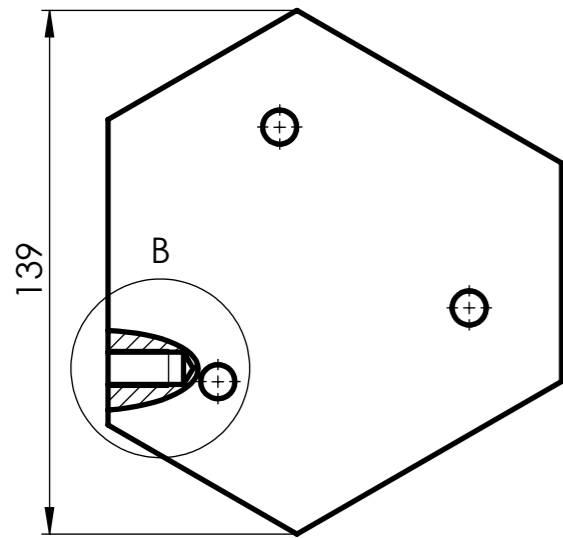
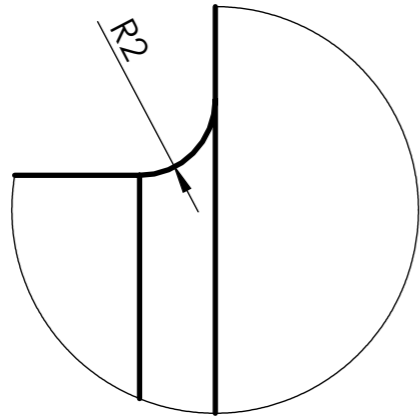
Detalhe A  
(1 : 1)



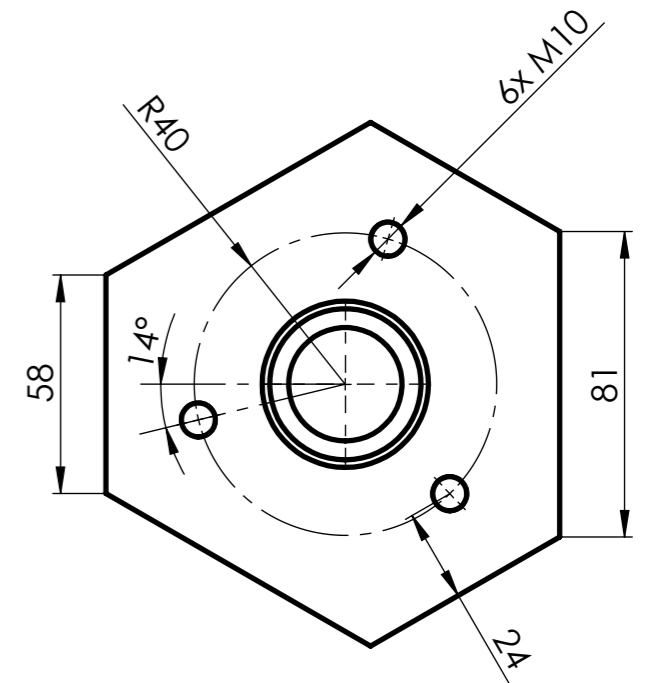
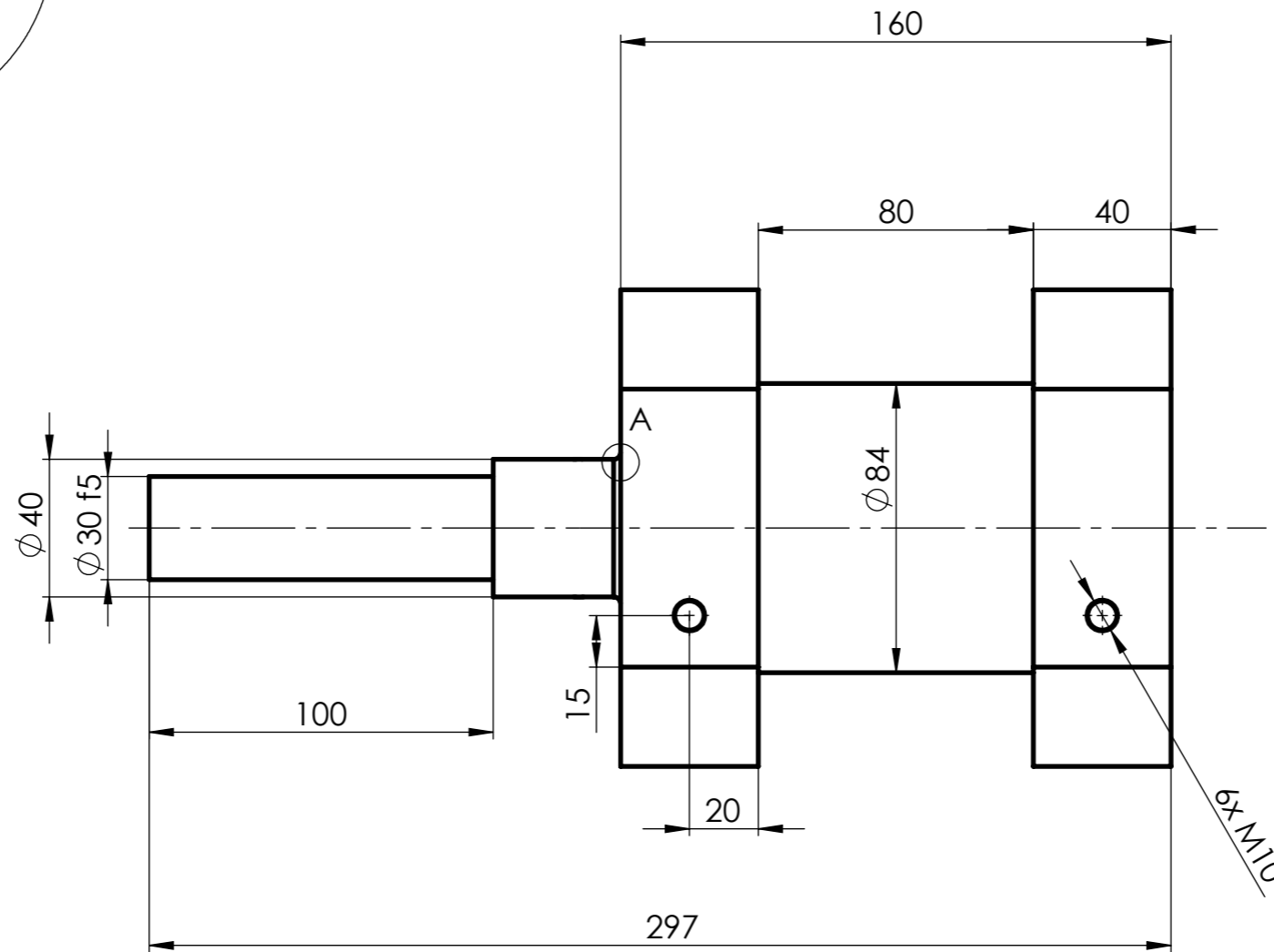
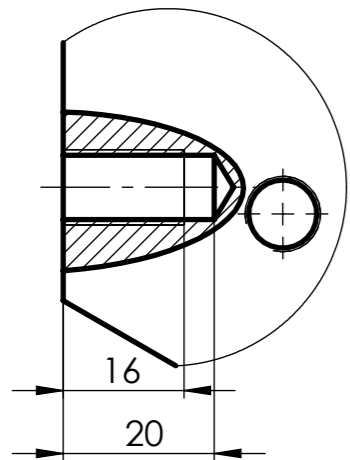
NOTA:  
Escatel normalizado segundo a norma DIN 6885/1 com largura 8N9 mm e profundidade 7N9 mm.

	ESCALA:	NOME	DATA		INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA			
	1:1	DESENHOU	PB		08/12/2024	CONJUNTO: TRITURADOR		
MATERIAL:		APROVOU		COMPONENTE:				
AISI 1010, laminado a quente				Veio secundário do 1º estágio				
TOLERÂNCIA GERAL:		NOTAS:		DESENHO N.º		FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:
ISO 2768-mK				A3		10.10.10.15	1/1	-
ACABAMENTOS:								

Detalhe A  
(5:1)



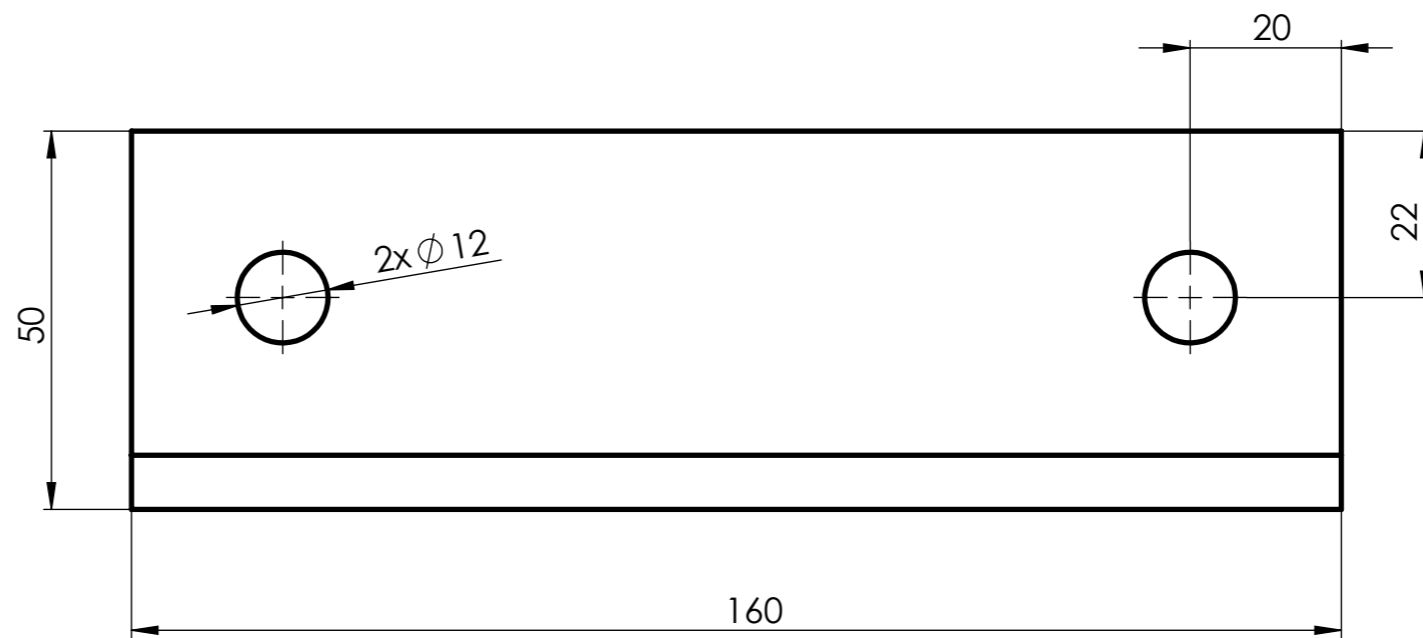
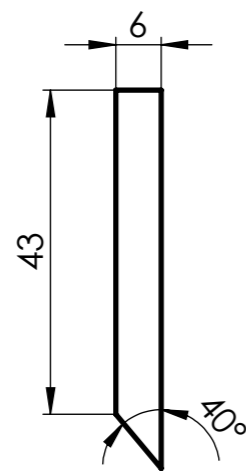
Detalhe B  
(1:1)



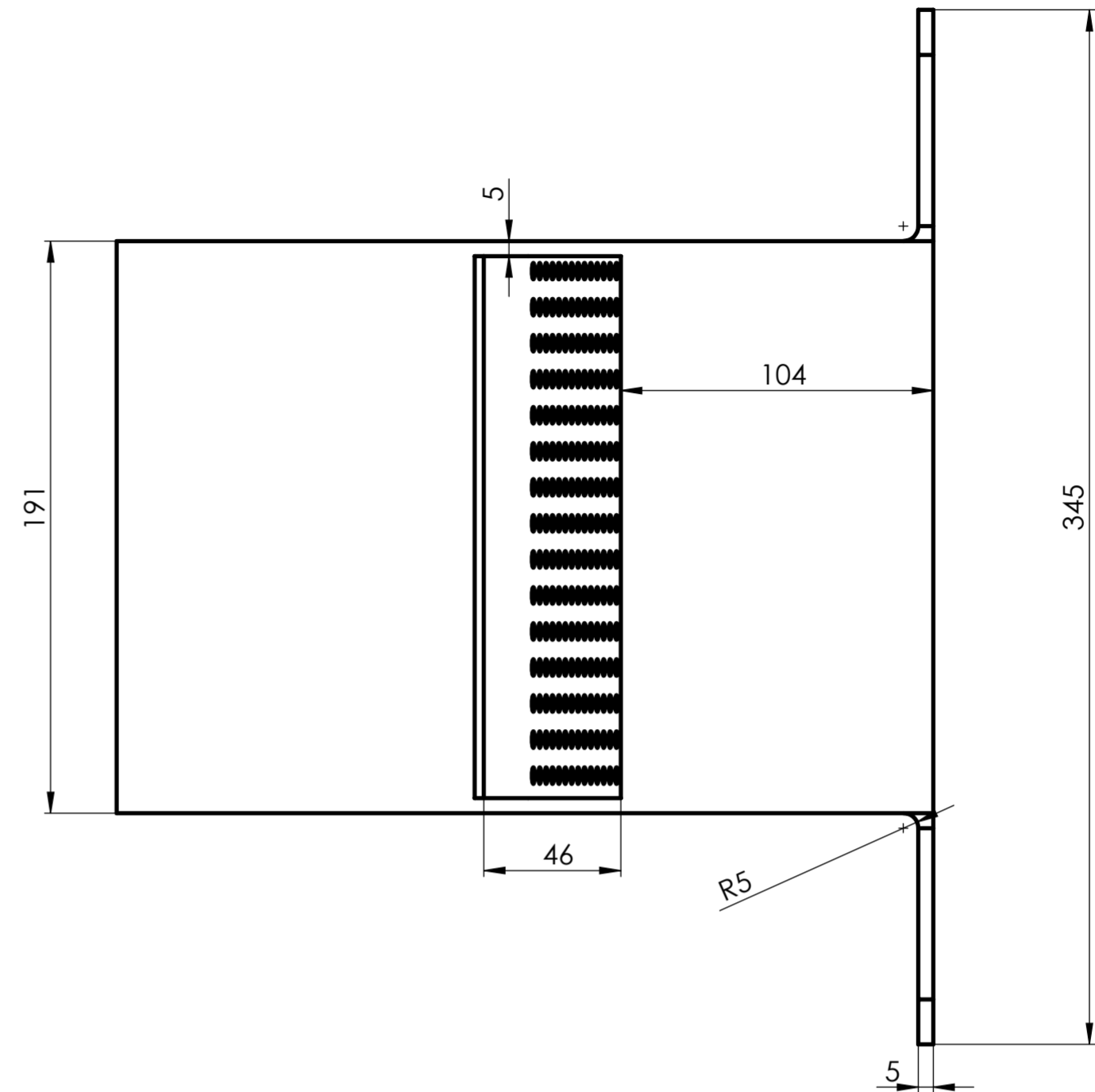
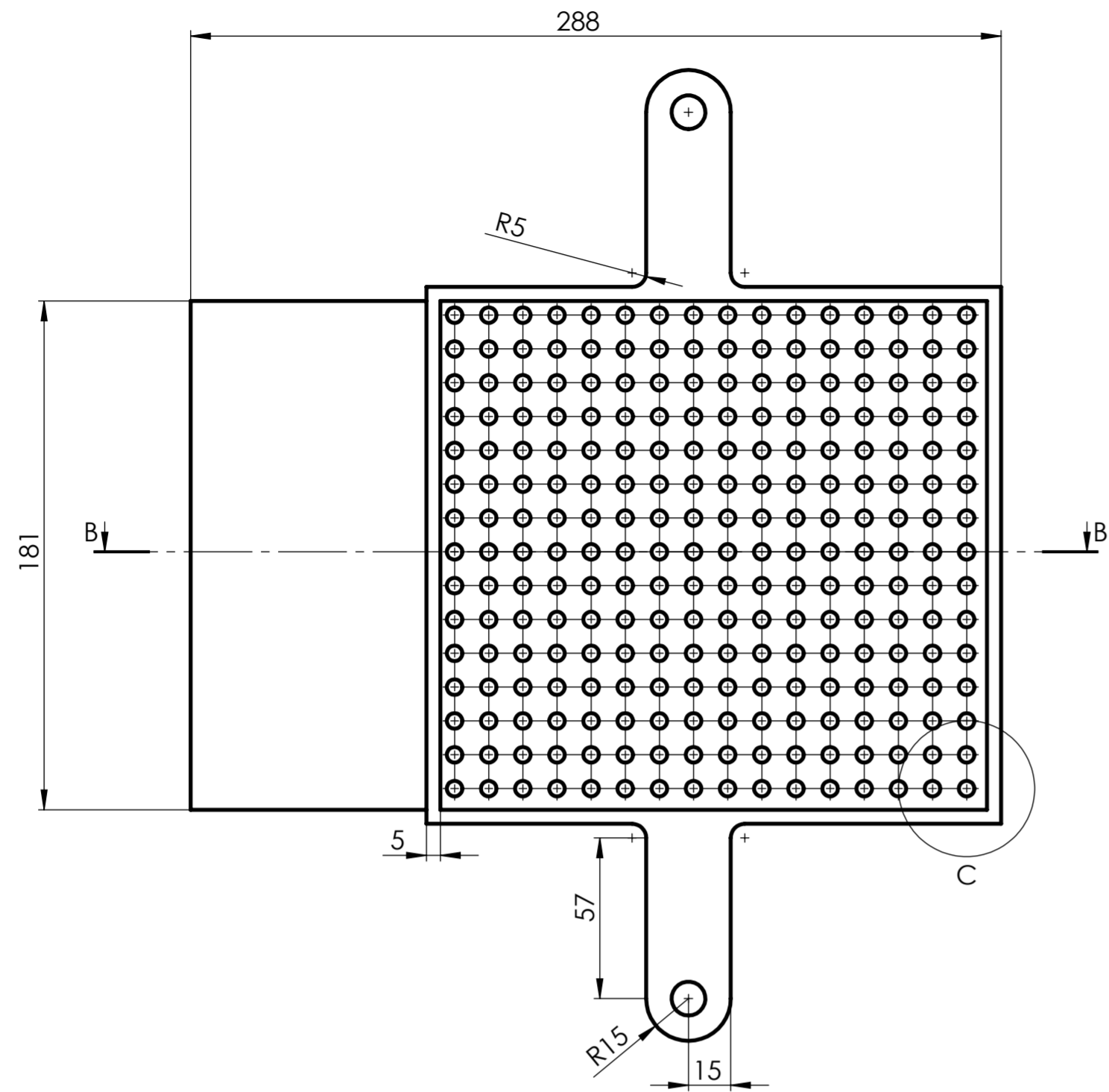
NOTAS:

OS 12 FUROS TÊM A MESMA PROFUNDIDADE E COMPRIMENTO DE ROSCA.

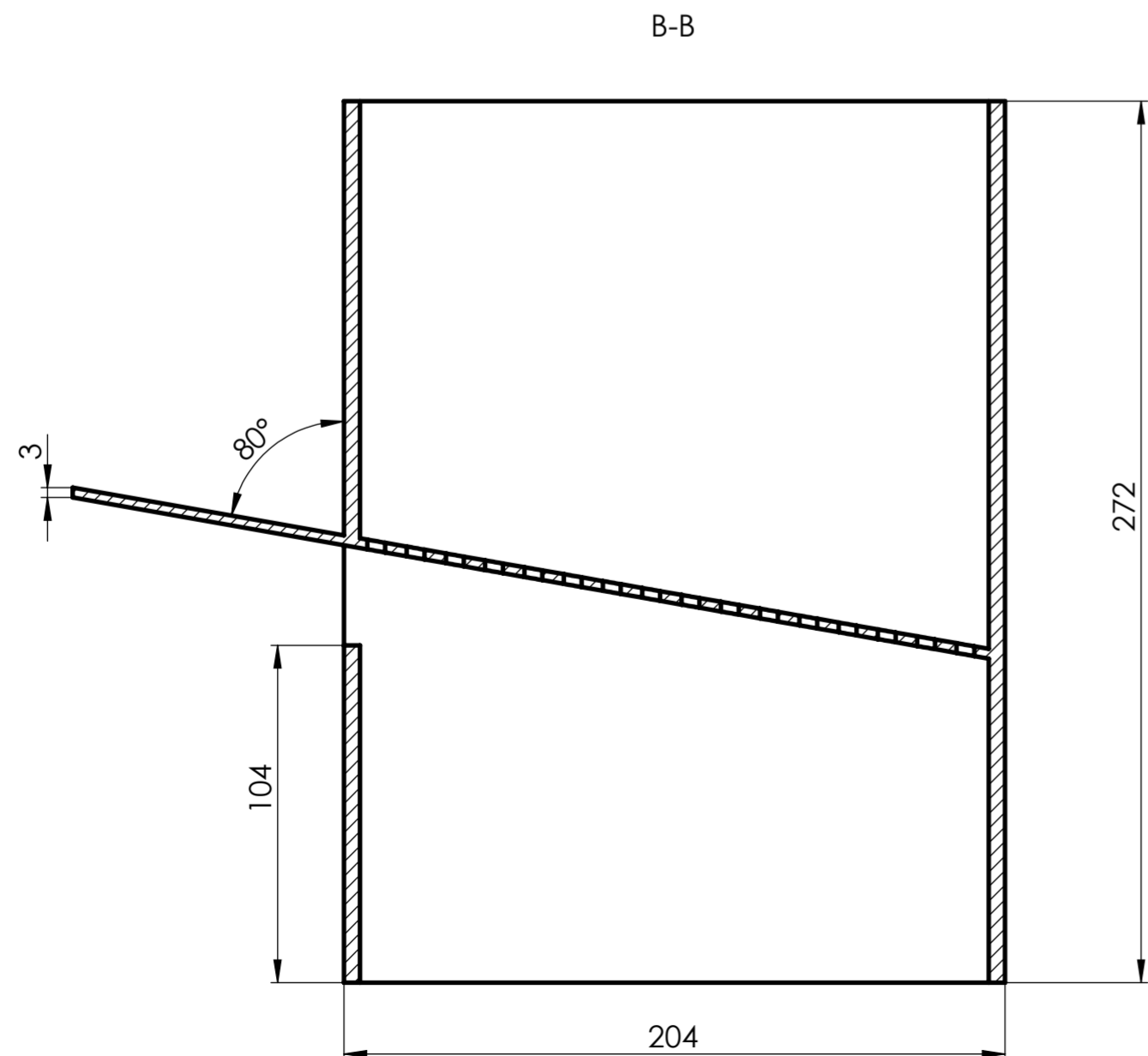
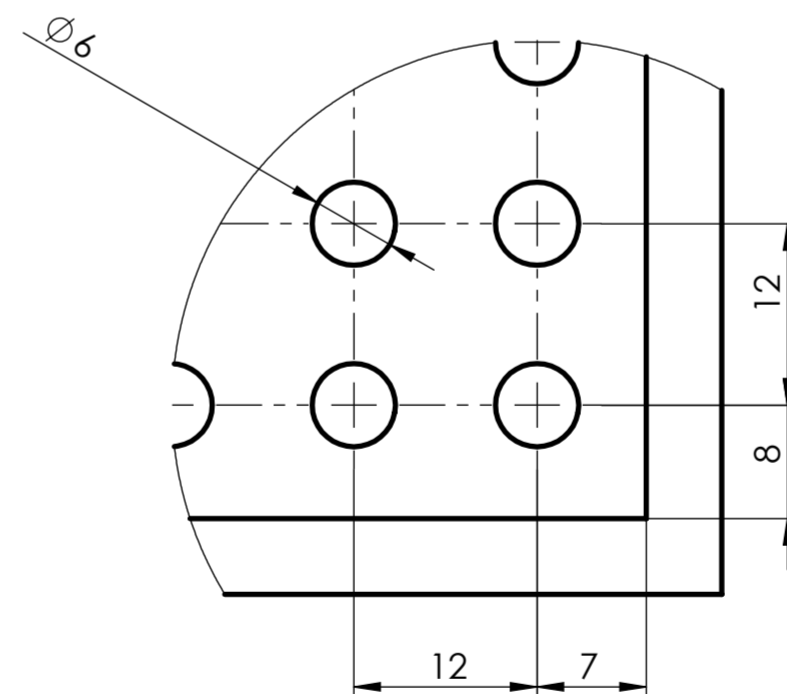
	ESCALA:	NOME	DATA		INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA		
	1:2	DESENHOU	PB		08/12/2024	CONJUNTO: TRITURADOR	
MATERIAL:	AISI 1010, laminado a quente			COMPONENTE:			
TOLERÂNCIA GERAL:	ISO 2768-mK			Veio do 2º estágio			
ACABAMENTOS:				DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:
				A3	10.20.10.10.20	1/1	-



	ESCALA:		NOME	DATA		INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA			
	1:1	DESENHOU	PB	04/12/2024					
MATERIAL:		VERIFICOU			CONJUNTO: TRITURADOR				
AISI 310S		APROVOU			COMPONENTE:				
TOLERÂNCIA GERAL:		NOTAS:			<h1>Navalha</h1>				
EN 10051									
ACABAMENTOS:					A3	DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:
						10.20.10.10.10	1/1		-

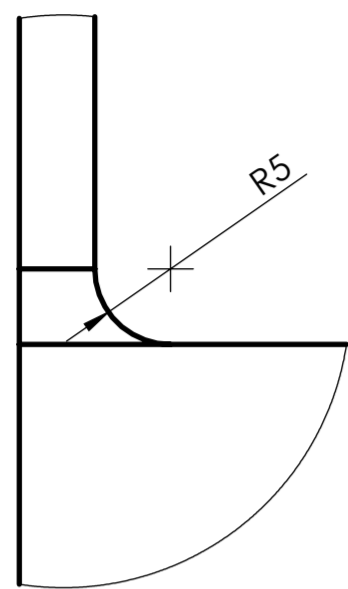


Detalhe C  
(2:1)

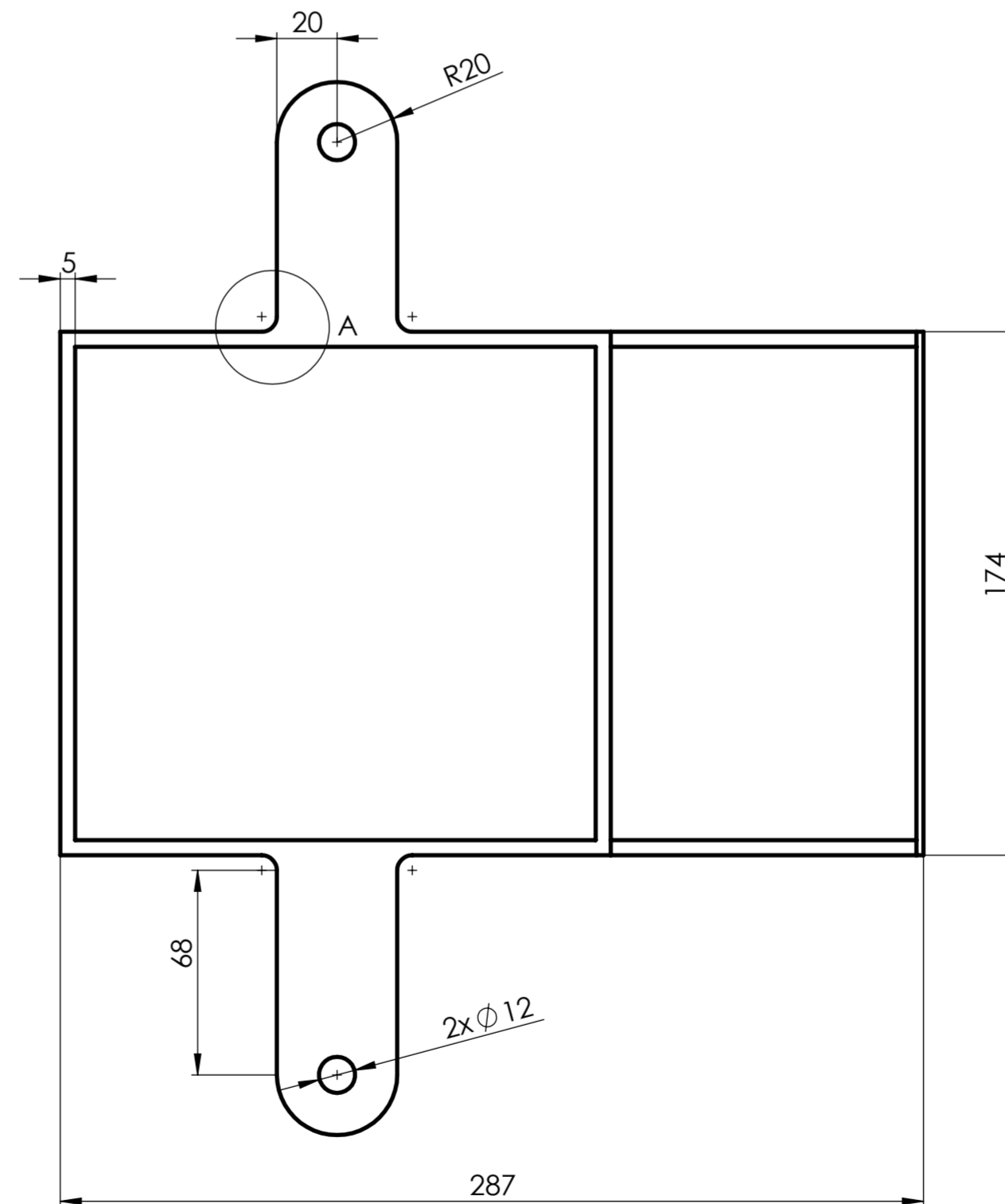
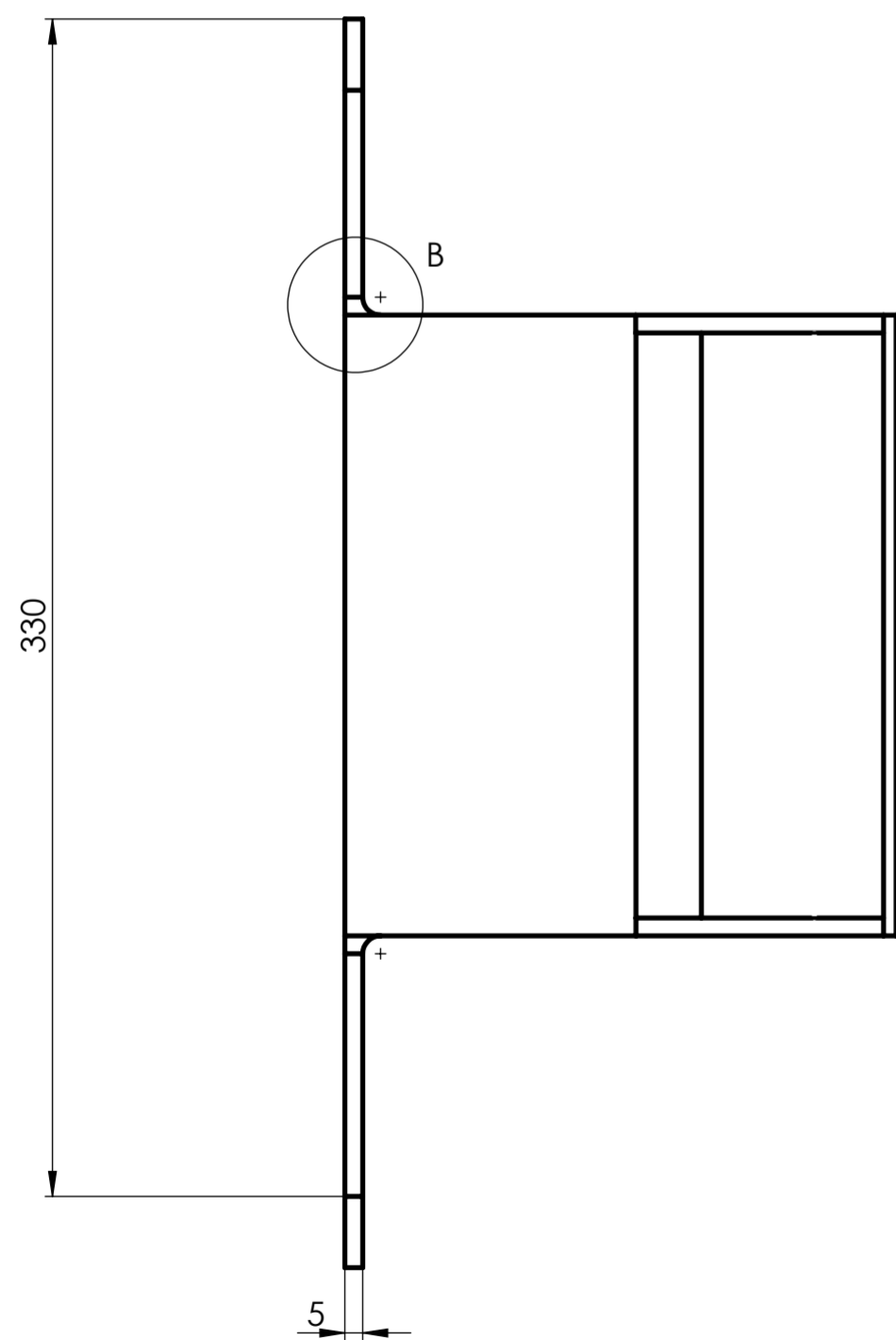
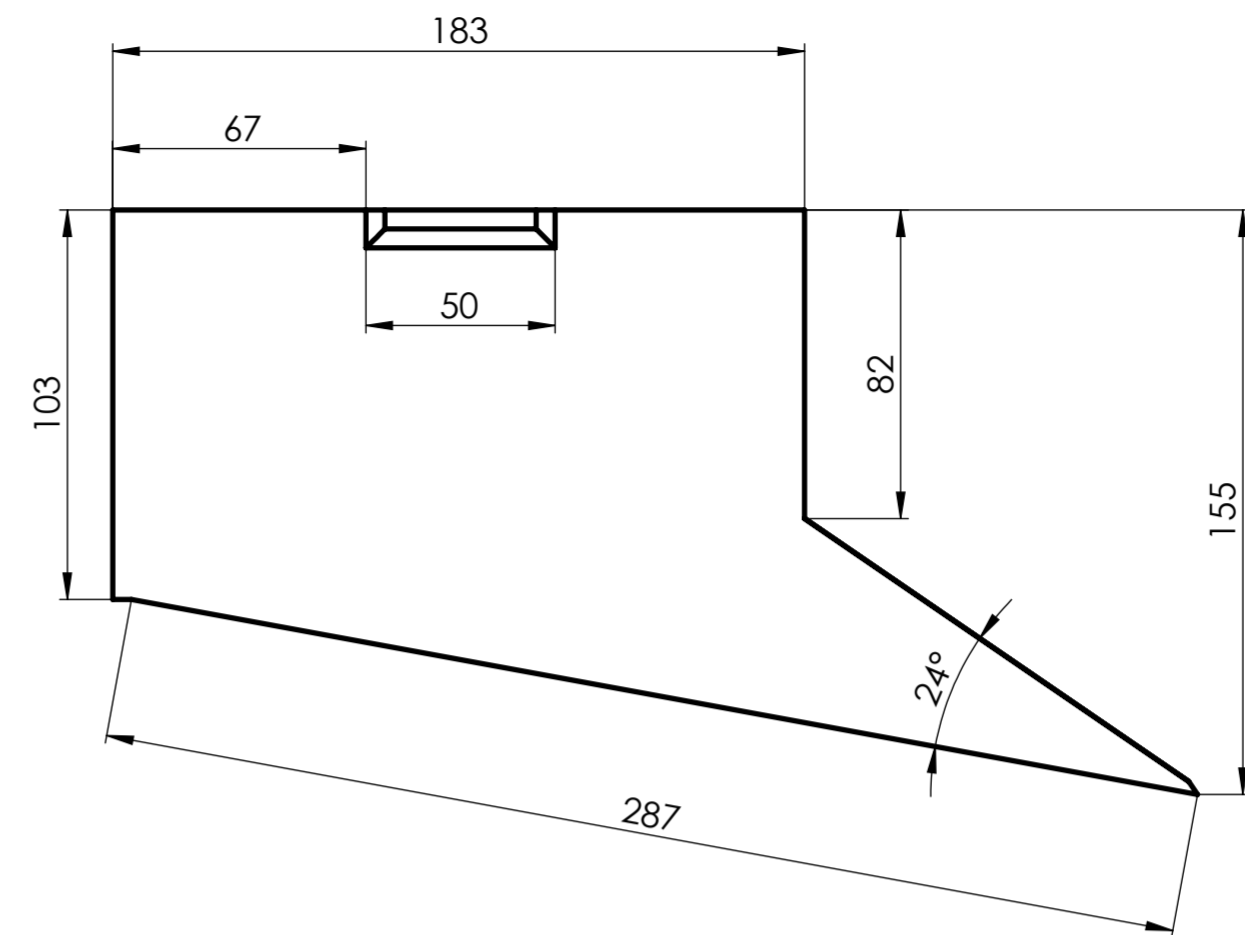
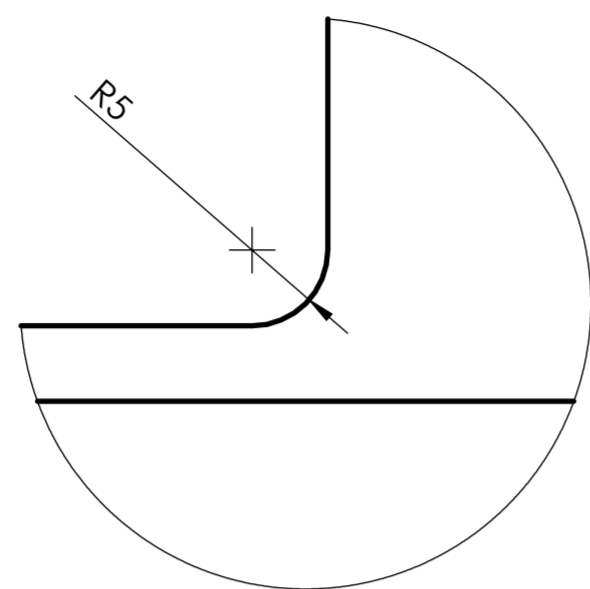


	ESCALA:	NOME:	DATA:		INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA		
	1:2	PB	31/08/2024		ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA		
MATERIAL:	DESENHOU:	VERIFICOU:	APROVOU:	CONJUNTO: TRITURADOR			
PET				COMPONENTE:			
TOLERÂNCIA GERAL:	NOTAS:			Tremonha - 1º estágio			
ACABAMENTOS:	240 furos de $\varnothing 6$ mm						
A2		DESENHO Nº:	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:		
		10.10.15	1/1				

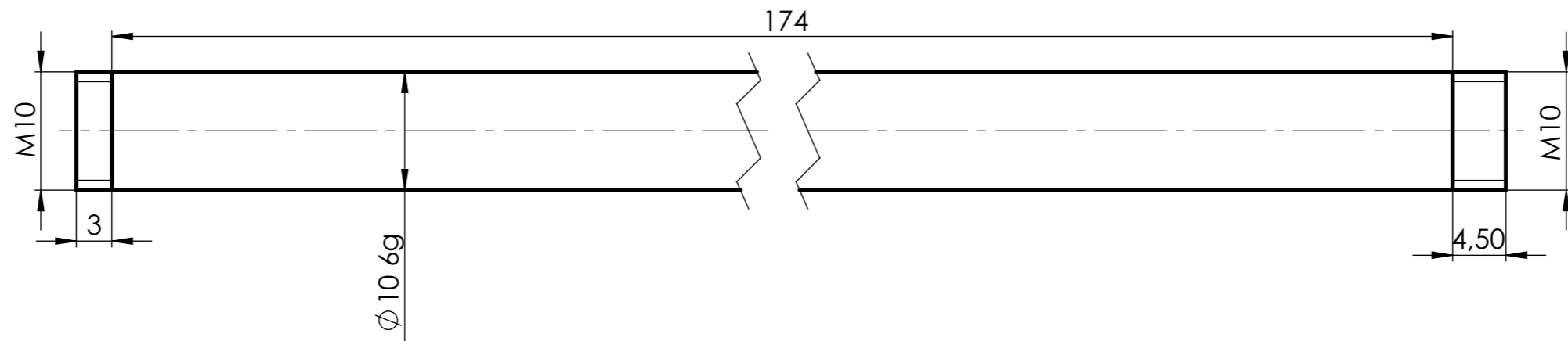
Detalhe B  
(2:1)

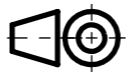


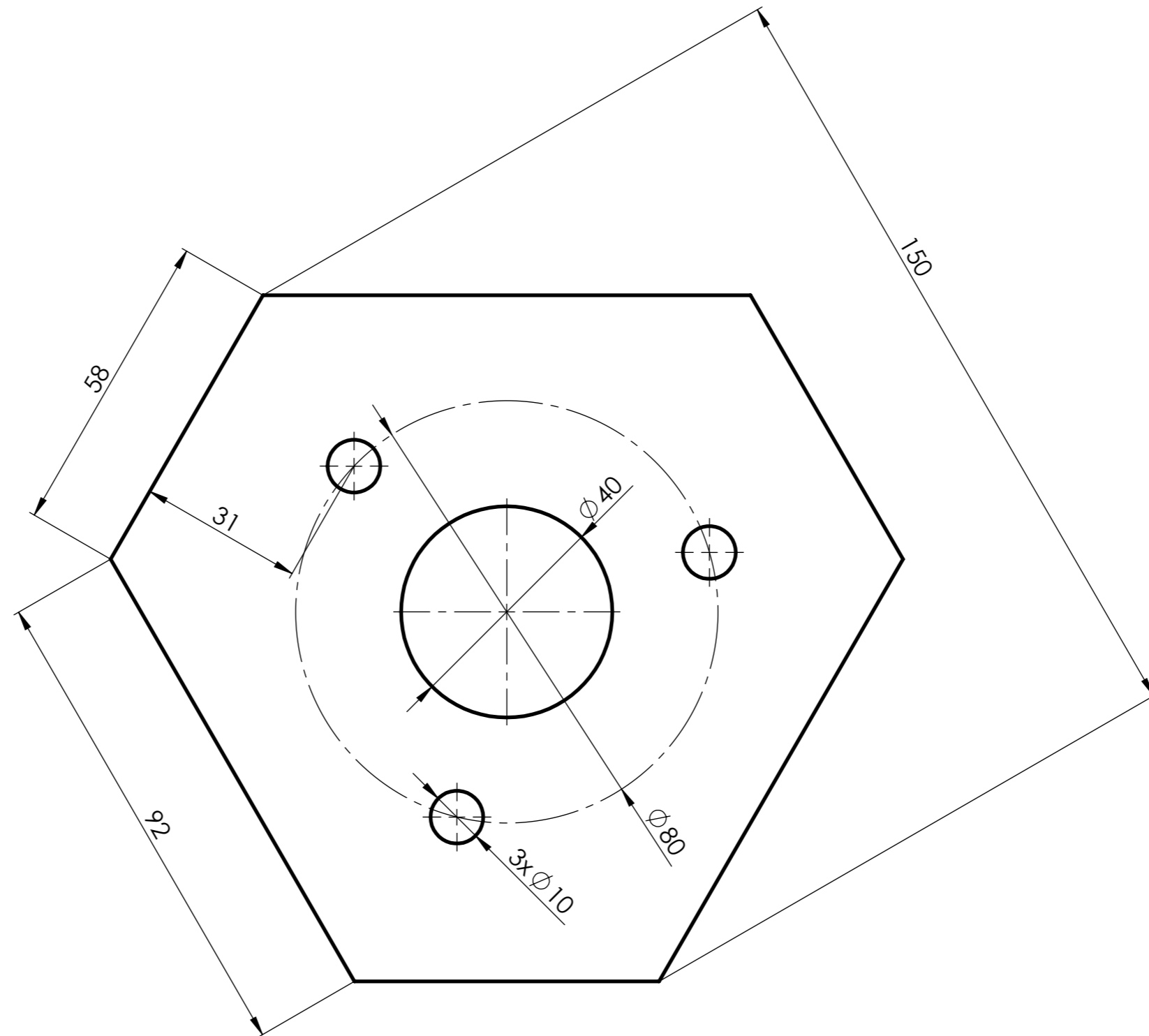
Detalhe A  
(2:1)

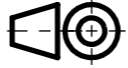



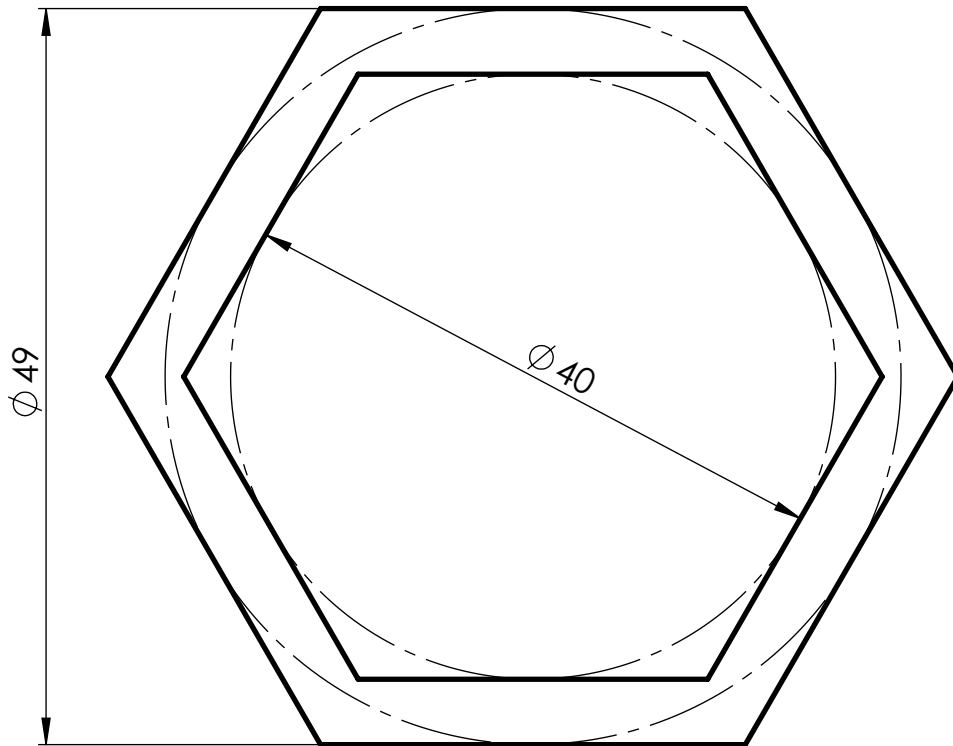
	ESCALA:	1:2	NOME:	RP	DATA:	03/10/2024	INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA					
	DESENHOU:		VERIFICOU:		APROVOU:			CONJUNTO: TRITURADOR				
MATERIAL:	PET		NOTAS:		COMPONENTE: Tremonha - 2º estágio							
TOLERANCIA GERAL:					DESENHO N°	10.20.50	FOLHA:	1/1	MASSA [g]:		REVISÃO:	-
ACABAMENTOS:					A2							

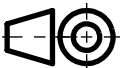



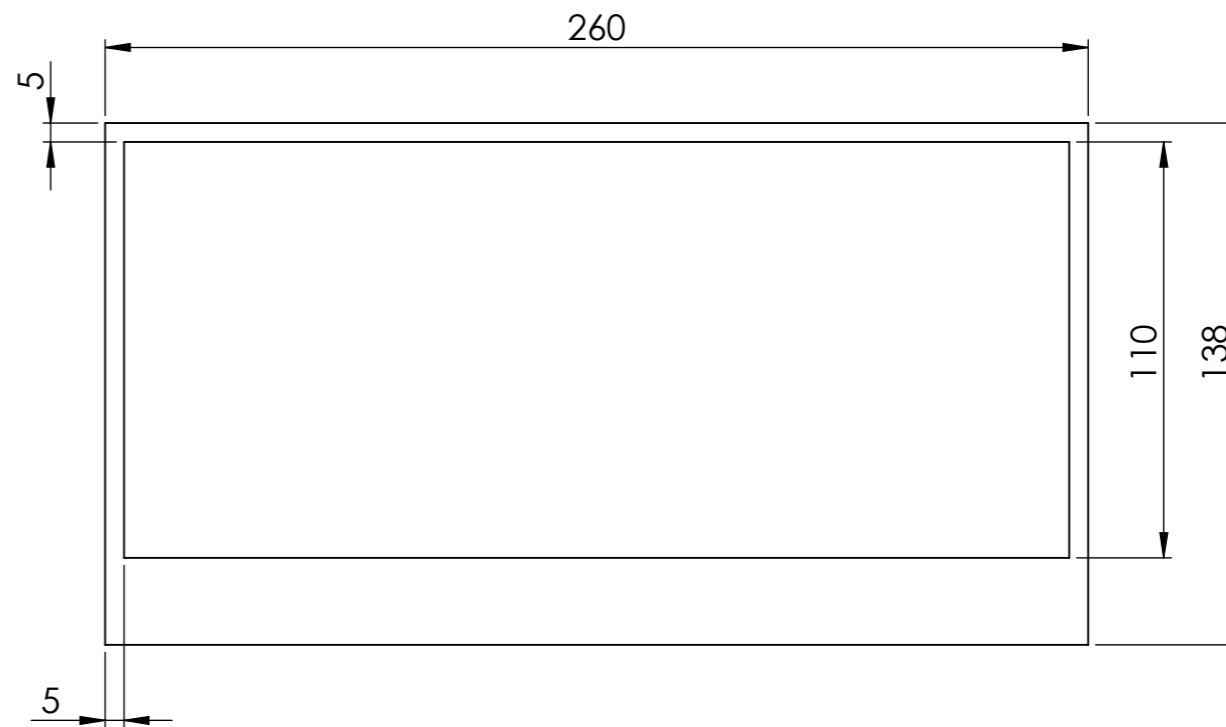
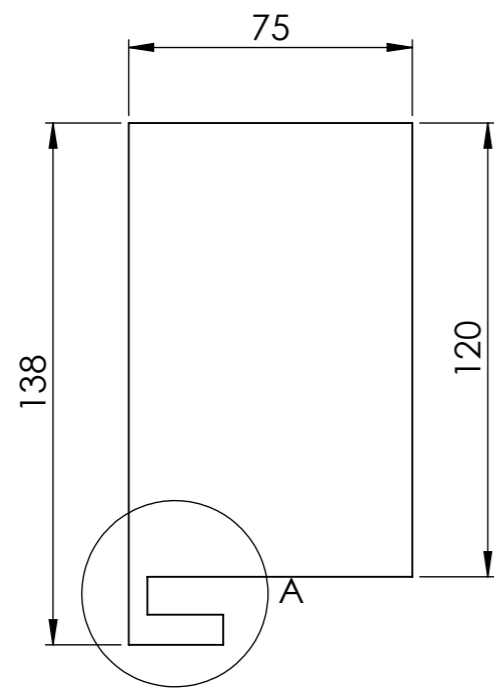
	ESCALA:		NOME	DATA	 <b>ISEL</b>	INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA		
	<b>2:1</b>	DESENHOU	PB	08/12/2024				
MATERIAL:		VERIFICOU			CONJUNTO: TRITURADOR			
AISI 1010		APROVOU			COMPONENTE:			
TOLERÂNCIA GERAL:		NOTAS:			<b>Veio de União de Lâminas</b>			
ISO 2768-mK								
ACABAMENTOS:		<b>A3</b>			DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:
					10.10.10.20.60	1/1		-



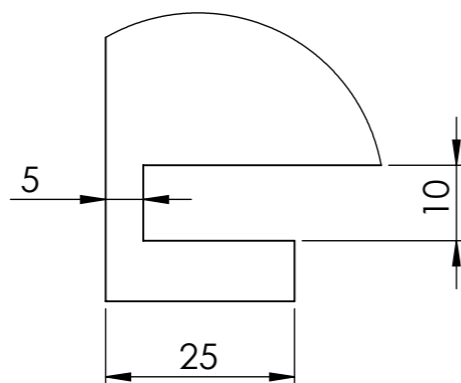
	ESCALA:	NOME	DATA	 <b>ISEL</b>	INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA		
	<b>1:1</b>	DESENHOU	PB		04/12/2024		
MATERIAL:		VERIFICOU		CONJUNTO: TRITURADOR			
AISI 1010, laminado a quente		APROVOU		COMPONENTE:			
TOLERÂNCIA GERAL:		NOTAS:		<h2>Batente das navalhas</h2>			
ISO 2768-mK		Chapa de aço AISI 1010, de espessura 6 mm. Furos igualmente espaçados					
ACABAMENTOS:		A3		DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:
				10.20.10.10.30	1/1		-



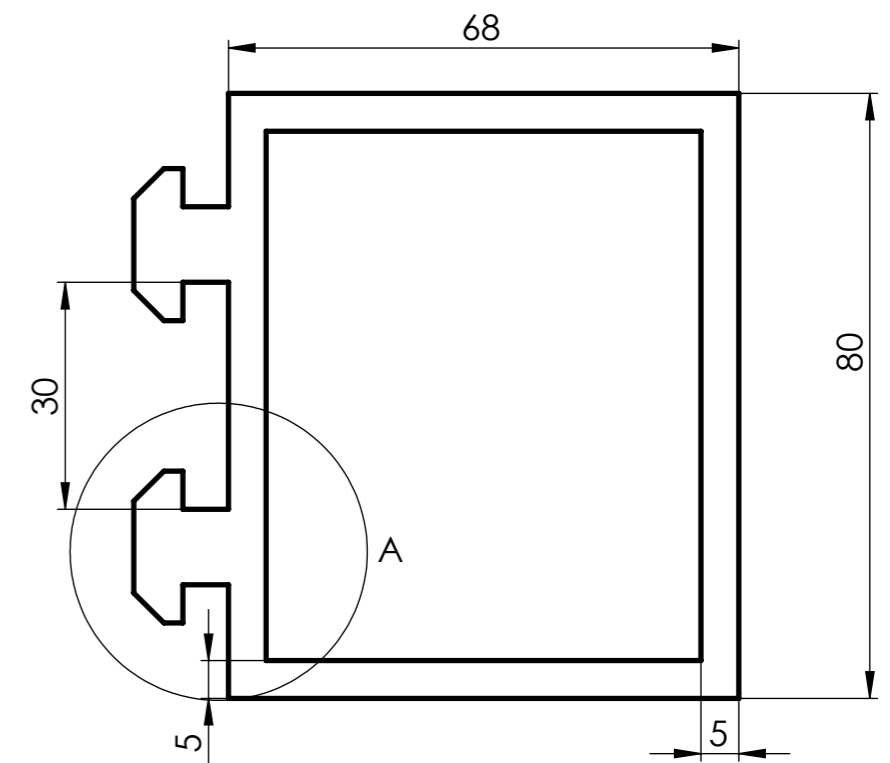
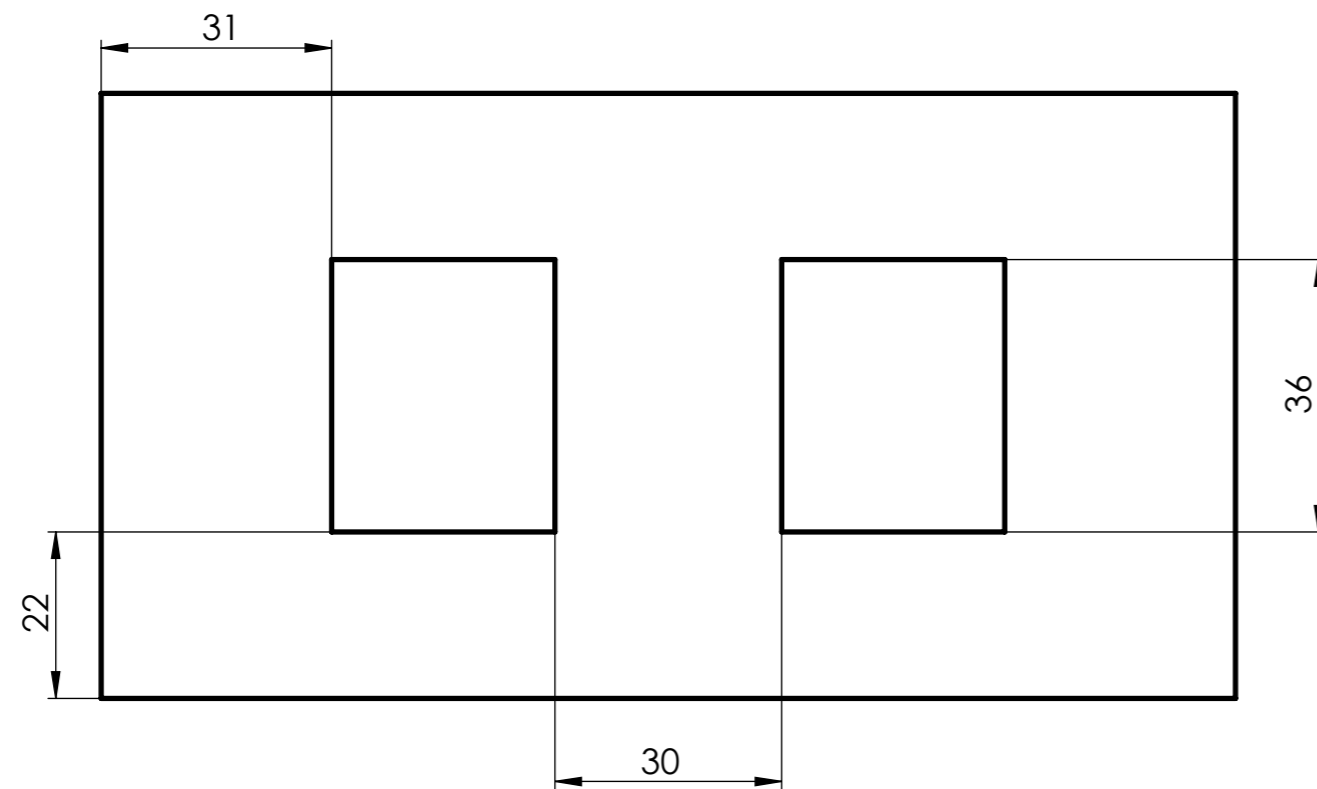
	ESCALA: <b>2:1</b>	NOME PB	DATA 04/12/2024	 <b>ISEL</b>	INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA			
		DESENHOU VERIFICOU APROVOU	CONJUNTO: TRITURADOR COMPONENTE:		<b>Batente Pentagonal</b>			
MATERIAL: AISI 1010		NOTAS: Chapa de aço AISI 1010 de espessura 1 mm		DESENHO N.º <b>A4</b> 10.10.10.10.60	FOLHA: 1/1	MASSA [g]:	REVISÃO: -	
TOLERÂNCIA GERAL: ISO 2768-mK								
ACABAMENTOS:								



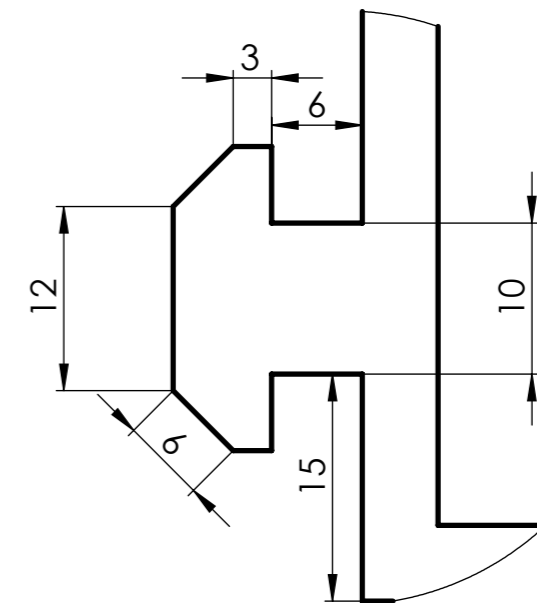
Detalhe A  
(1 : 1)



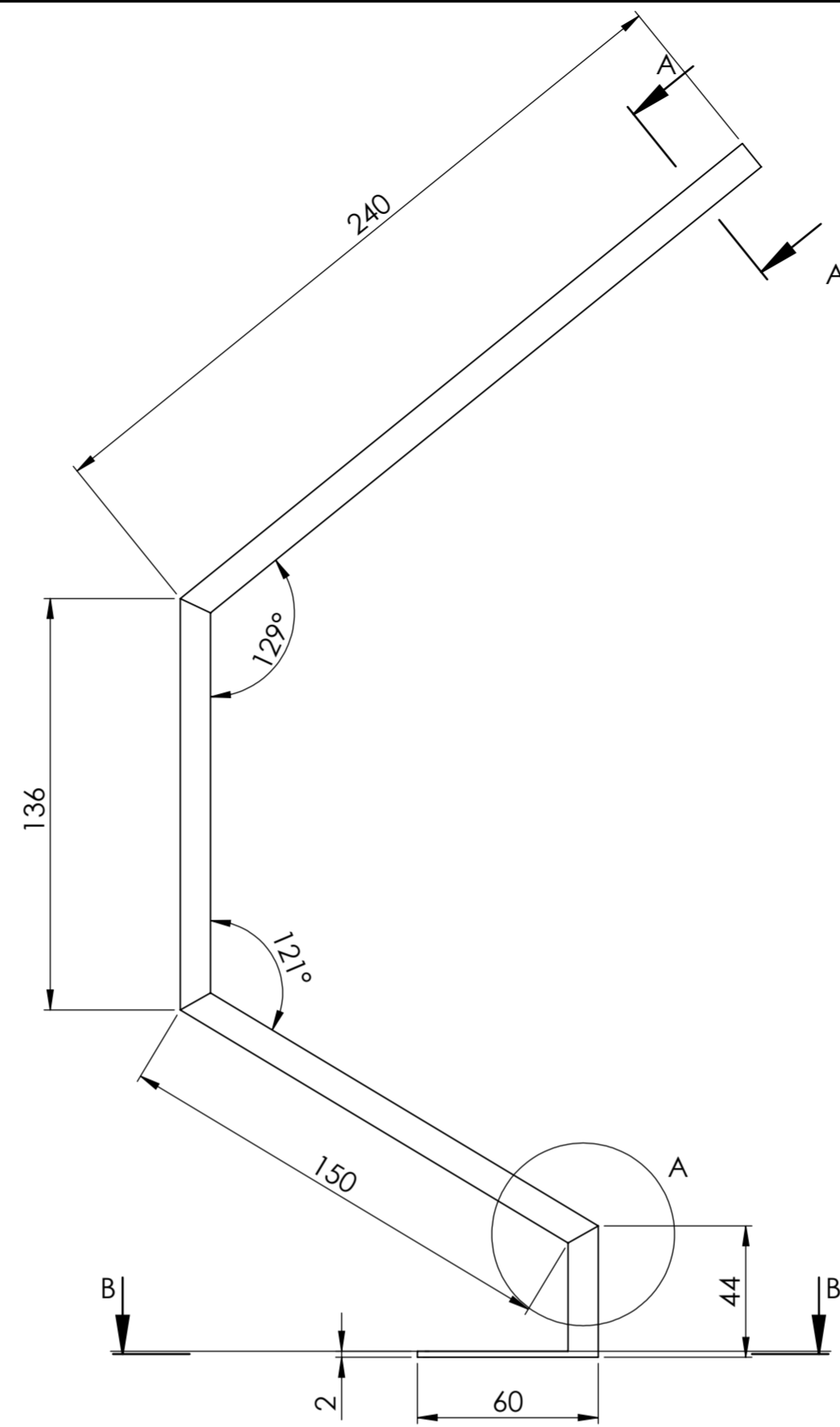
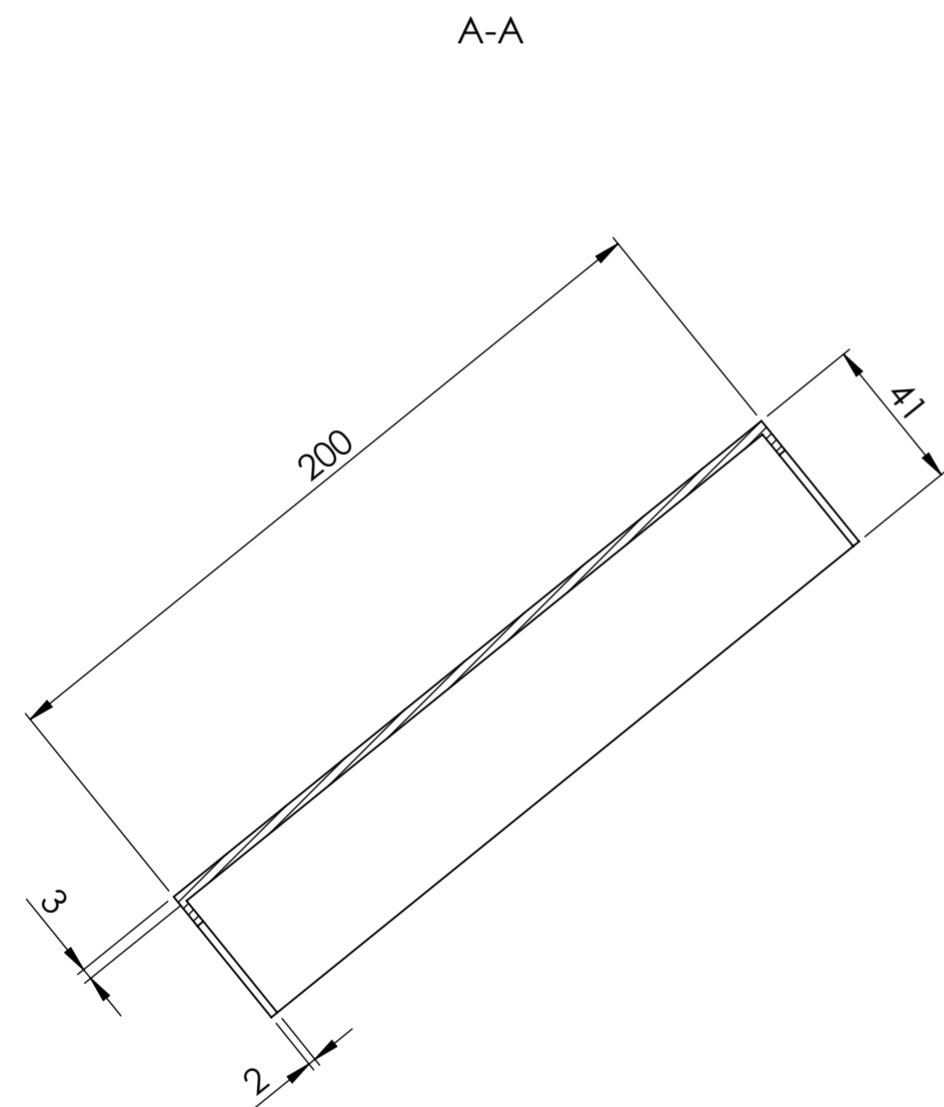
	ESCALA:	NOME	DATA		INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA			
	<b>1:2</b>	DESENHOU	PB		04/12/2024			
MATERIAL:		VERIFICOU			CONJUNTO: TRITURADOR			
PET		APROVOU			COMPONENTE:			
TOLERÂNCIA GERAL:		NOTAS:			<h2>Caixa do granulado</h2>			
ISO 2768-mK								
ACABAMENTOS:		<b>A3</b>		DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:	
				10.60	1/1		-	



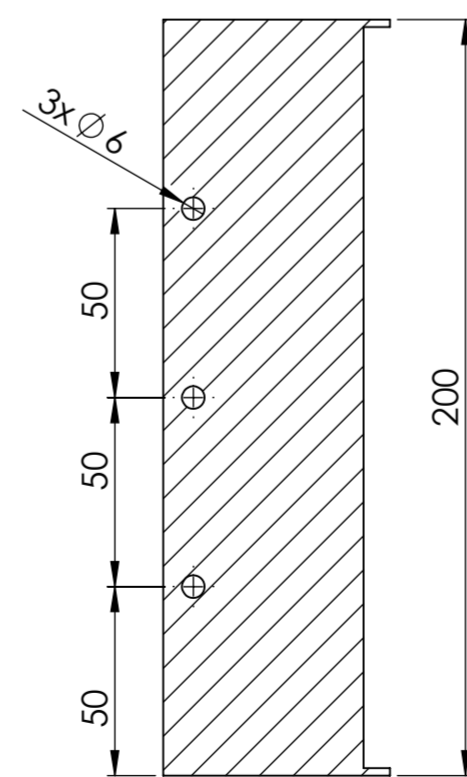
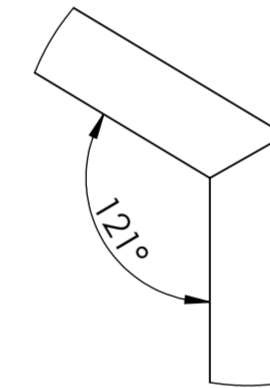
Detalhe A  
(2 : 1)



	ESCALA:	NOME	DATA		INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA			
	<b>1:1</b>	DESENHOU	PB		04/12/2024	CONJUNTO: TRITURADOR		
MATERIAL:		VERIFICOU			COMPONENTE:			
3.1325 (EN-AW 2017A)		APROVOU			<b>Caixa dos botões de emergência</b>			
TOLERÂNCIA GERAL:		NOTAS:						
ISO 2768-mK								
ACABAMENTOS:								
					DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:
					<b>A3</b>	10.30	1/1	-

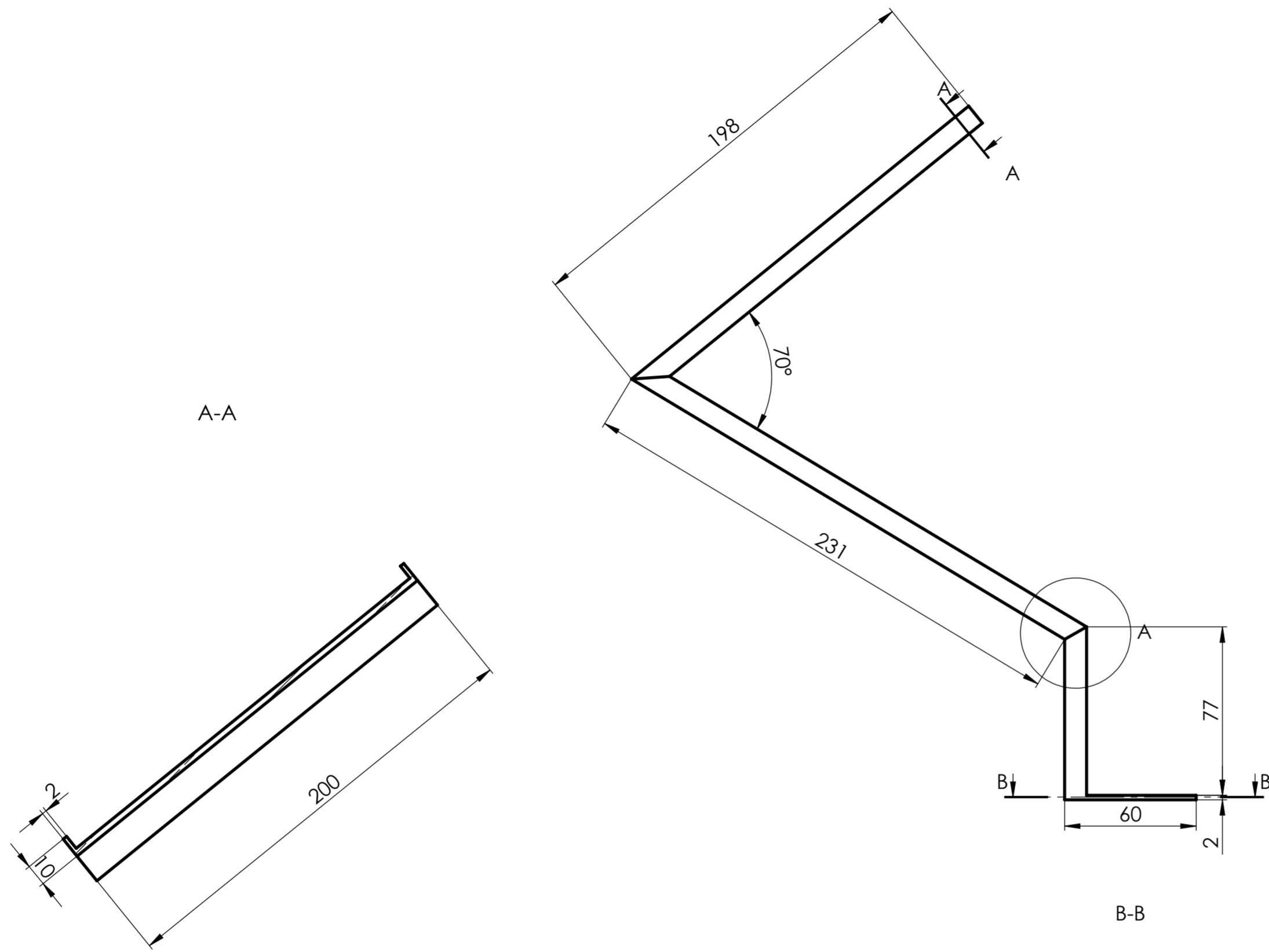


DETALHE A  
(1:1)

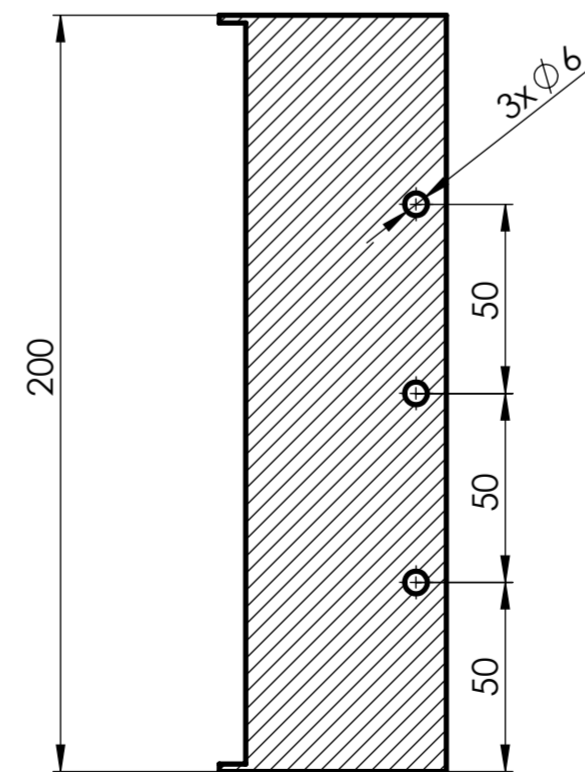
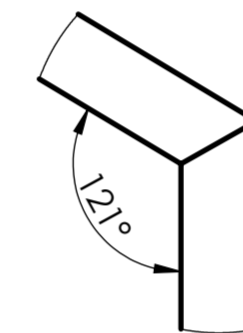


B-B

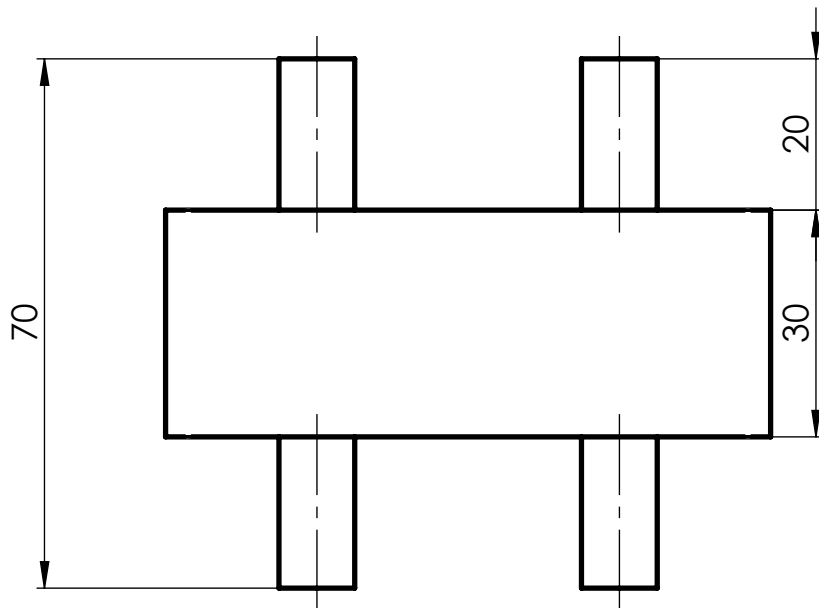
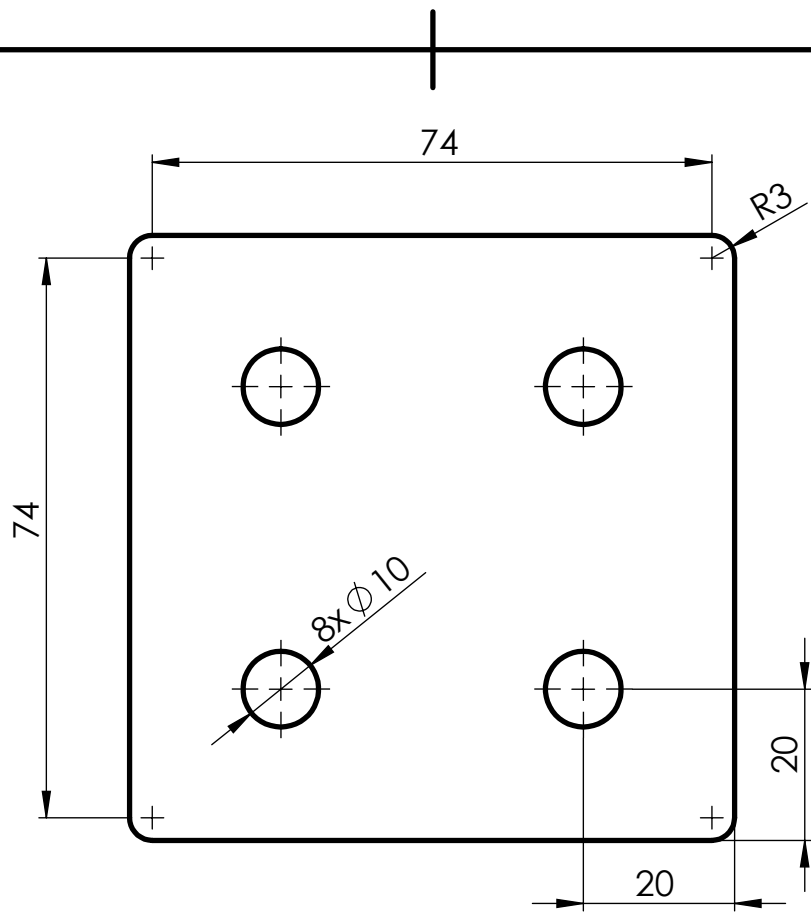
	ESCALA:	1:2	NOME:	PB	DATA:	22/09/2024	INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA
	DESENHOU:		VERIFICOU:		APROVOU:		
MATERIAL:		3.1325 (EN-AW 2017A)		NOTAS:		COMPONENTE: Chapa exterior	
TOLERÂNCIA GERAL:		ISO 2768-mK		ACABAMENTOS:			
A2		DESENHO N°:	10.10.20.20	FOLHA:	1/1	MASSA [g]:	REVISÃO:
						-	



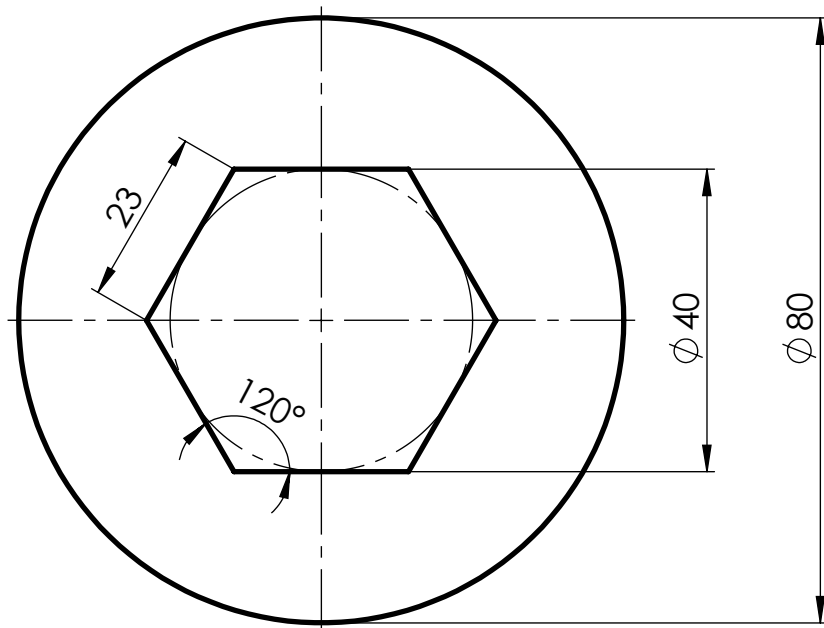
DETALHE A  
(1 : 1)

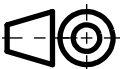



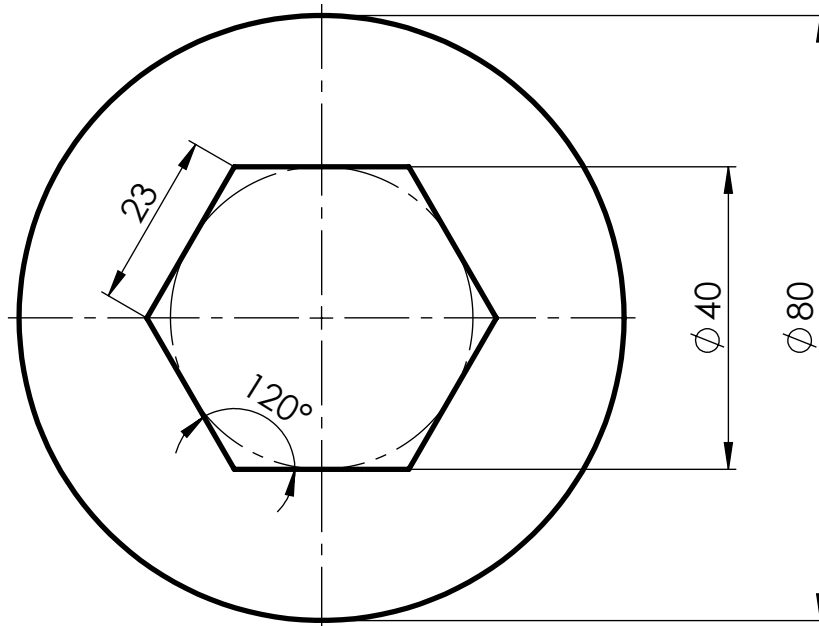
	ESCALA:	1:2	NOME:	PB	DATA:	04/12/2024	INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA	
	DESENHOU:		VERIFICOU:		APROVOU:			CONJUNTO: TRITURADOR
MATERIAL:		3.1325 (EN-AW 2017A)		COMPONENTE:				
TOLERÂNCIA GERAL:		ISO 2768-mK		NOTAS:				<b>Chapa interior</b>
ACABAMENTOS:				DESENHO N°	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:	
				A2	10.10.20.30	1/1	-	



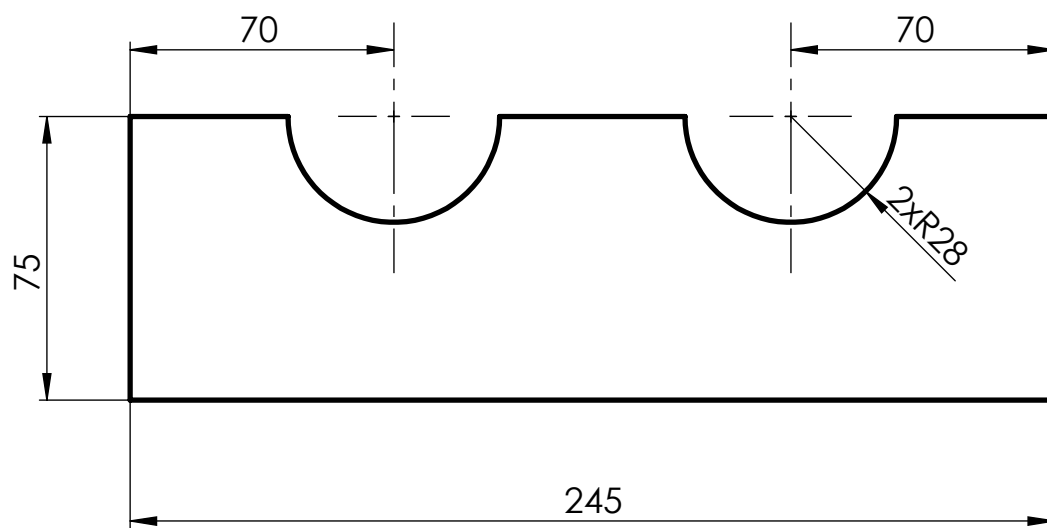
	ESCALA: <b>1:1</b>	NOME DESENHOU PB	DATA 08/12/2024	<b>ISEL</b>	INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA		
		VERIFICOU	APROVOU				
MATERIAL: AISI 1010		NOTAS:		<h1>Conector de estágios</h1>			
TOLERÂNCIA GERAL: ISO 2768-mK		ACABAMENTOS:					



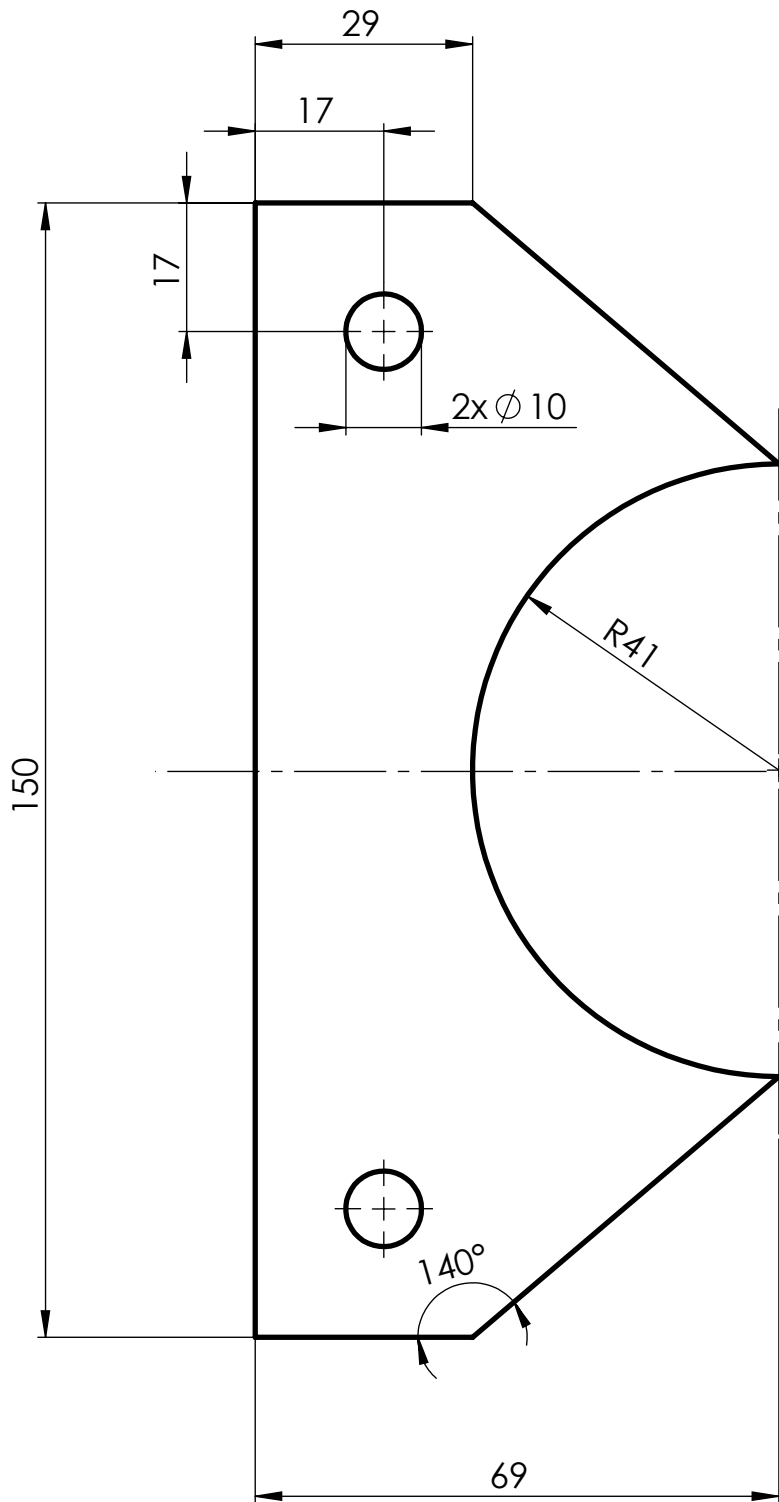
	ESCALA: <b>1:1</b>	NOME PB	DATA 13/08/2024	 <b>ISEL</b>	INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA		
		DESENHOU VERIFICOU APROVOU	DESENHO N.º <b>A4</b>				
MATERIAL: AISI 310S		NOTAS: Chapa de aço AISI 310S de espessura 4.5 mm		CONJUNTO: TRITURADOR COMPONENTE: <b>Espaçador 4.5 mm</b>			
TOLERÂNCIA GERAL: EN 10051							
ACABAMENTOS:							

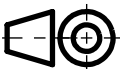



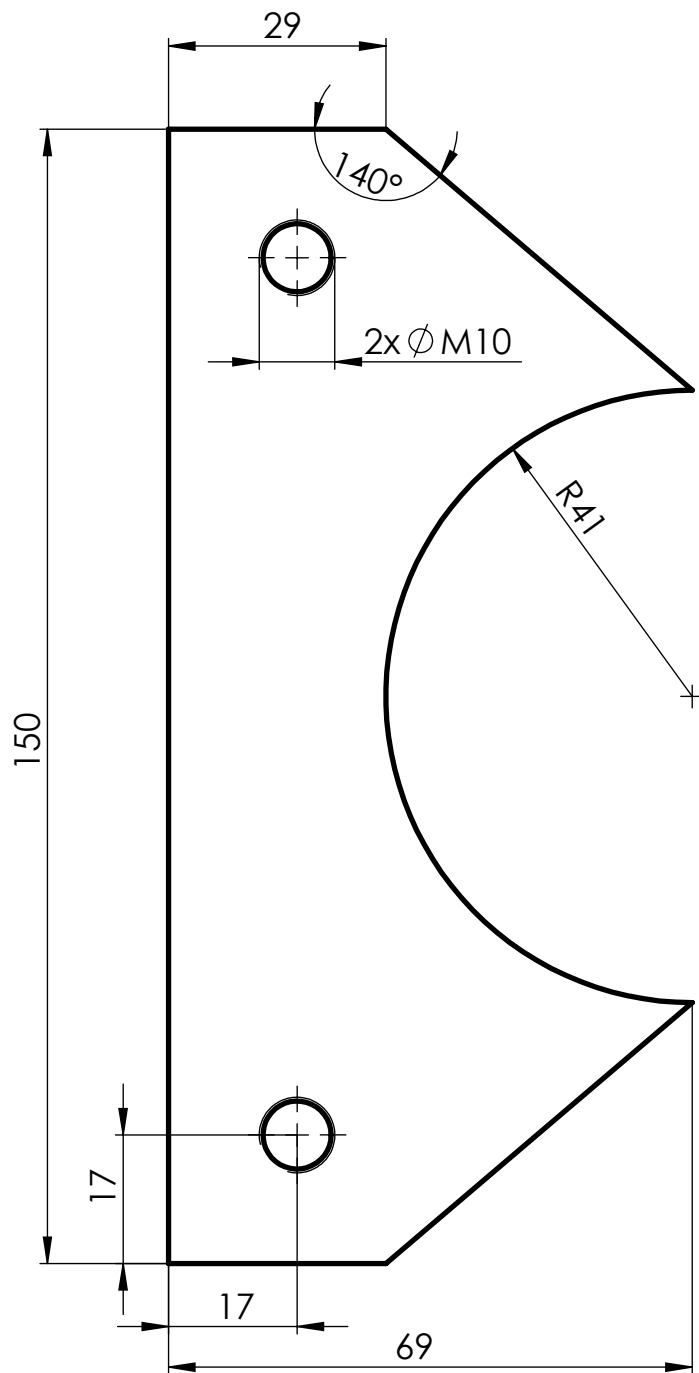
	ESCALA: <b>1:1</b>	NOME DESENHOU	DATA 13/08/2024	 <b>ISEL</b>	INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA
		VERIFICOU APROVOU	PB		
MATERIAL: AISI 310S		NOTAS: Chapa de aço AISI 310S de espessura 5 mm		CONJUNTO: TRITURADOR COMPONENTE:	
TOLERÂNCIA GERAL: EN 10051				<b>Espaçador 5 mm</b>	
ACABAMENTOS:		<b>A4</b>		DESENHO N.º 10.10.10.10.30	FOLHA: 1/1
				MASSA [g]:	REVISÃO: -

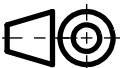



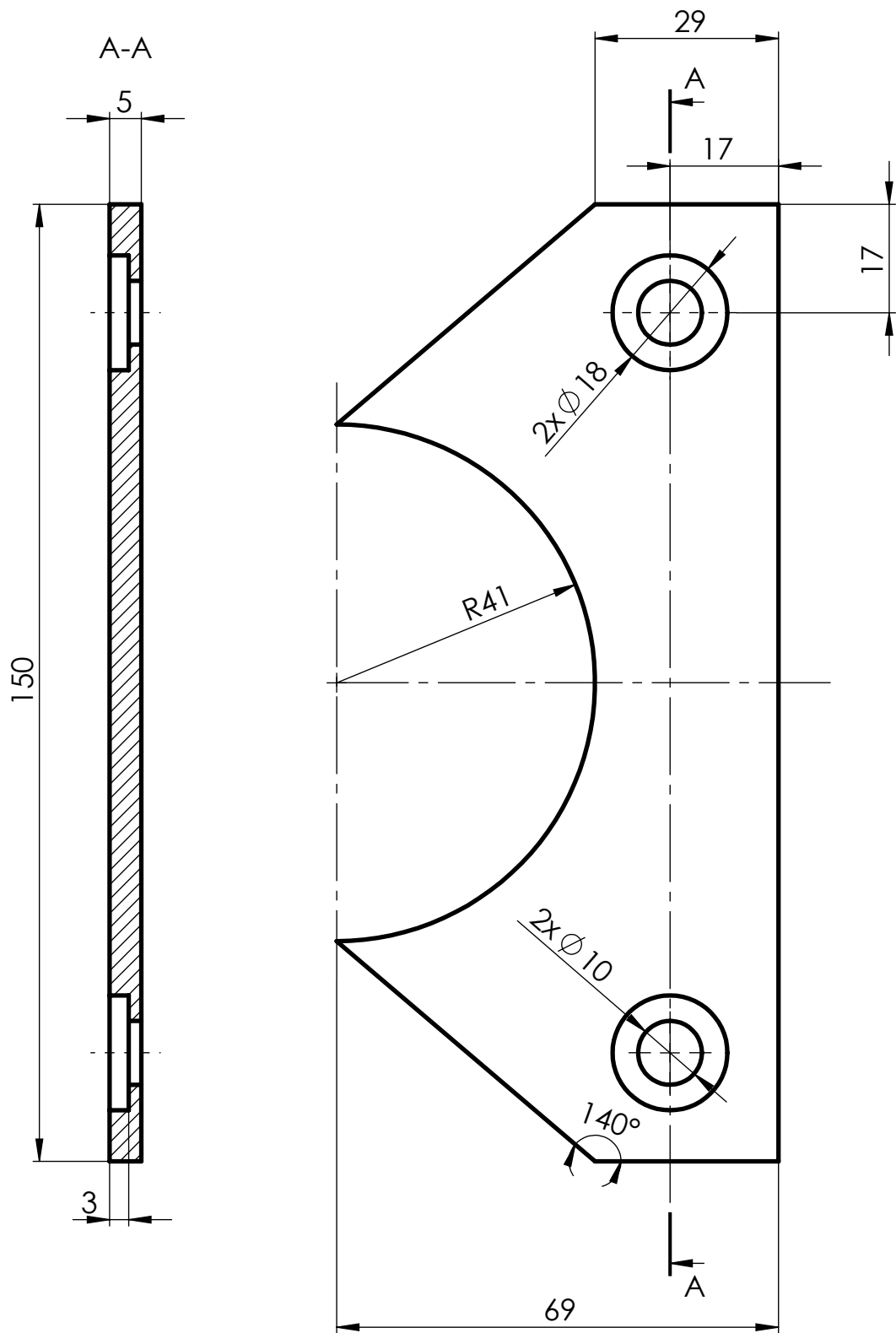
	ESCALA: <b>1:2</b>	NOME PB	DATA 03/10/2024	 <b>ISEL</b>	INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA			
		DESENHOU VERIFICOU APROVOU	NOTAS: Espessura: 32 mm		CONJUNTO: TRITURADOR COMPONENTE:			<b>Espaçador final</b>
MATERIAL: AISI 310S				DESENHO N.º <b>A4</b> 10.10.10.10.50		FOLHA: 1/1	MASSA [g]:	REVISÃO: -
TOLERÂNCIA GERAL: EN 10051								
ACABAMENTOS:								



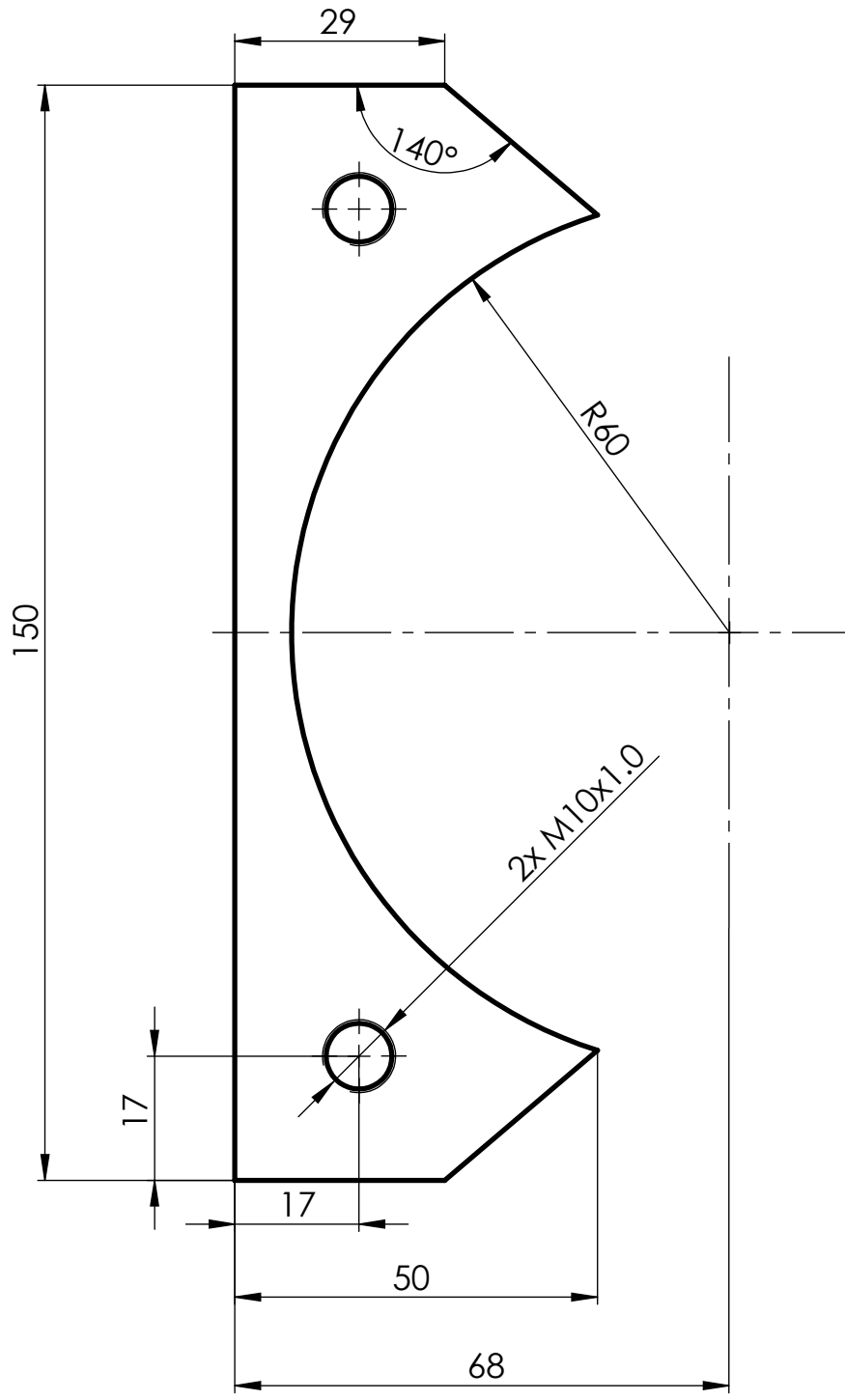
	ESCALA: <b>1:1</b>	NOME PB	DATA 03/10/2024	 <b>ISEL</b>	INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA			
		DESENHOU VERIFICOU APROVOU	CONJUNTO: TRITURADOR COMPONENTE:		<b>Lâmina Fixa 4 mm</b>			
MATERIAL: AISI 310S		NOTAS: Chapa de aço AISI 310S de espessura 4 mm. Furos simétricos em relativamente ao componente.		DESENHO N.º <b>A4</b> 10.10.10.20.40	FOLHA: 1/1	MASSA [g]:	REVISÃO: -	
TOLERÂNCIA GERAL: EN 10051								
ACABAMENTOS:								



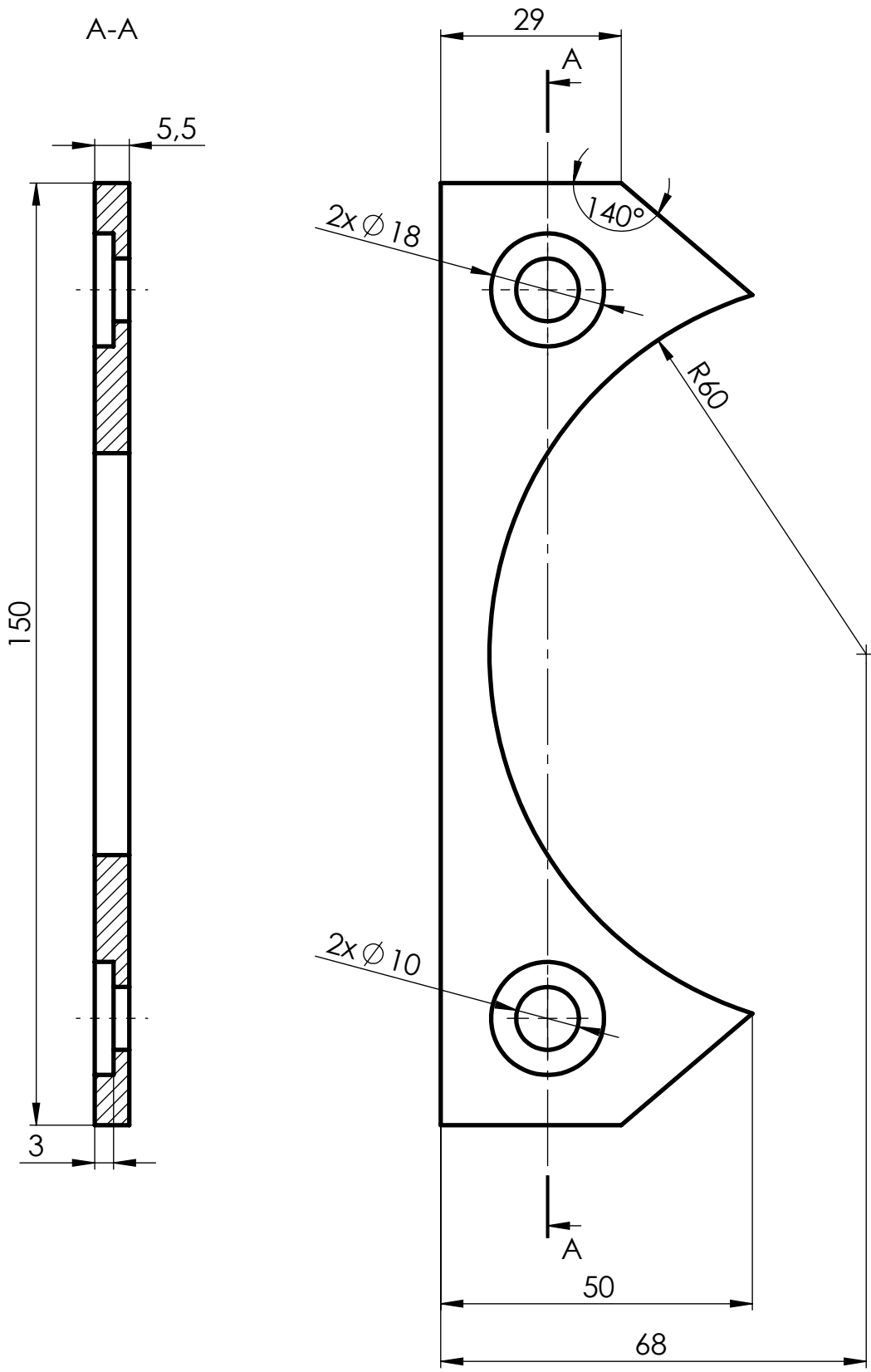
	ESCALA: <b>1:1</b>	NOME PB	DATA 03/10/2024	 <b>ISEL</b>	INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA		
		DESENHOU VERIFICOU APROVOU	CONJUNTO: TRITURADOR COMPONENTE:		<b>Lâmina Fixa 4.5 mm</b>		
MATERIAL: AISI 310S		NOTAS: Chapa de aço AISI 310S de espessura 4.5 mm		DESENHO N.º <b>A4</b> 10.10.10.20.50	FOLHA: 1/1	MASSA [g]:	REVISÃO: -
TOLERÂNCIA GERAL: EN 10051							
ACABAMENTOS:							



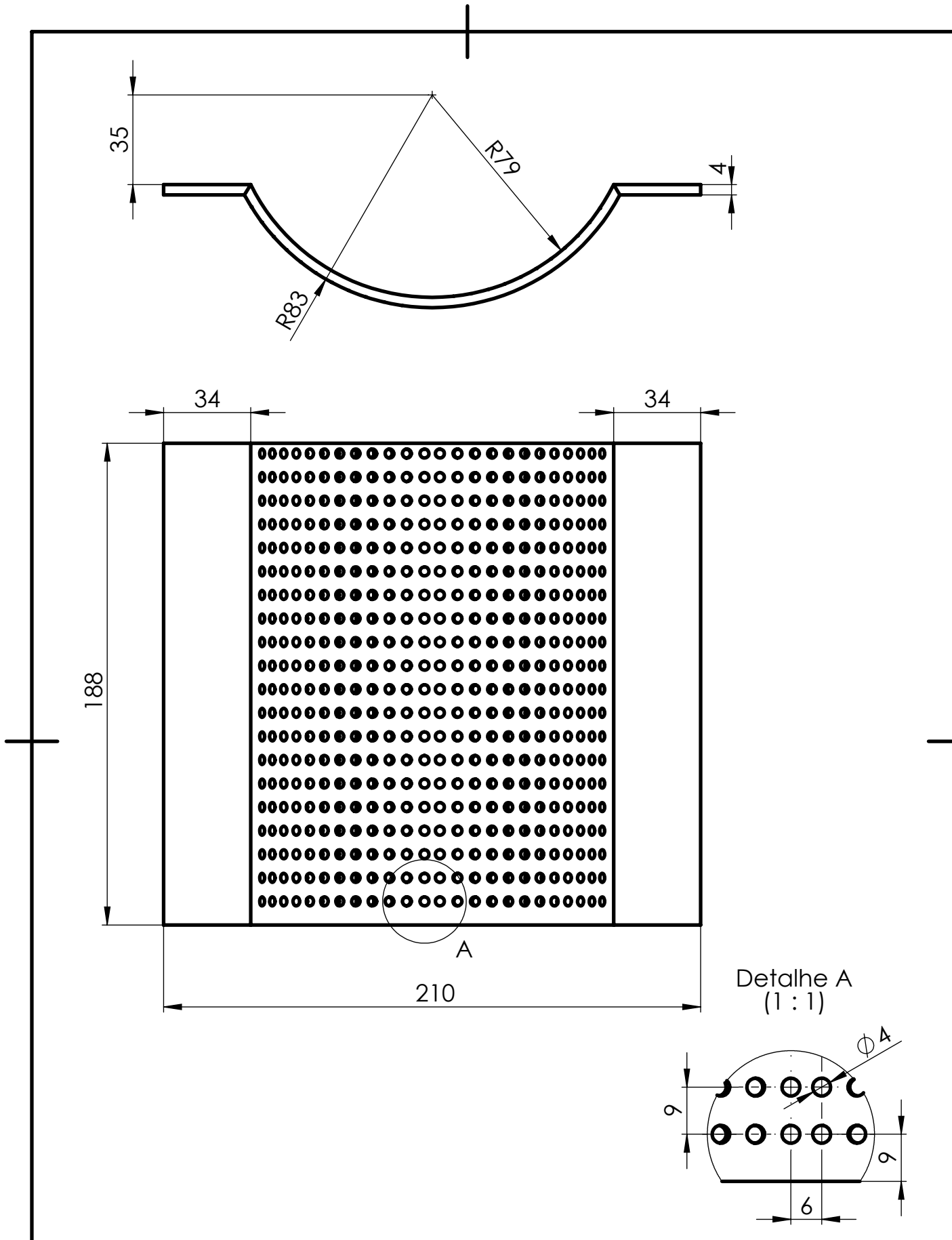
	ESCALA:		NOME	DATA		INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA			
	1:1	DESENHOU	PB	03/10/2024		CONJUNTO: TRITURADOR			
	MATERIAL:	VERIFICOU				COMPONENTE:			
AISI 310S	APROVOU				<b>Lâmina Fixa 5 mm</b>				
TOLERÂNCIA GERAL:	NOTAS:								
EN 10051	Furos simétricos em relação ao componente				DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:	
ACABAMENTOS:					<b>A4</b>	10.10.10.20.30	1/1	-	



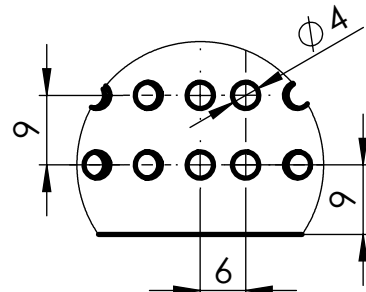
	ESCALA:	NOME	DATA		INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA			
	1:1	DESENHOU	PB		03/10/2024	CONJUNTO: TRITURADOR		
MATERIAL:		VERIFICOU			COMPONENTE:			
AISI 310S		APROVOU			Lâmina Fixa Pequena 5 mm			
TOLERÂNCIA GERAL:		NOTAS:		A4				
EN 10051		Chapa de aço AISI 310S de espessura 4.5 mm. Furos simétricos relativamente ao componente.						
ACABAMENTOS:				DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:	
				10.10.10.20.10	1/1		-	



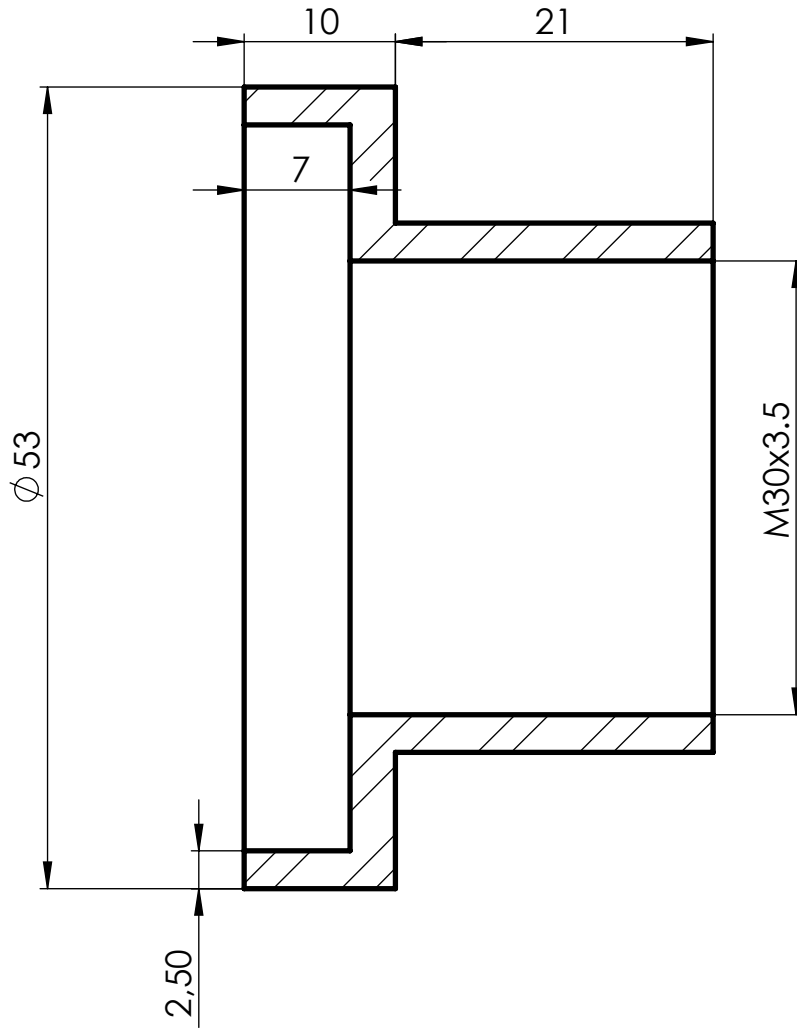
	ESCALA:		NOME	DATA	<b>ISEL</b> INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA	
	1:1	DESENHOU	PB	03/10/2024		
		VERIFICOU				
MATERIAL:		APROVOU			CONJUNTO: TRITURADOR	
AISI 310S					COMPONENTE:	
TOLERÂNCIA GERAL:		NOTAS: Furos simétricos em relação ao componente.			Lâmina Fixa Pequena 5.5 mm	
EN 10051					DESENHO N.º	FOLHA:
ACABAMENTOS:		<b>A4</b>	10.10.10.20.20	1/1	-	

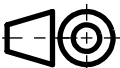



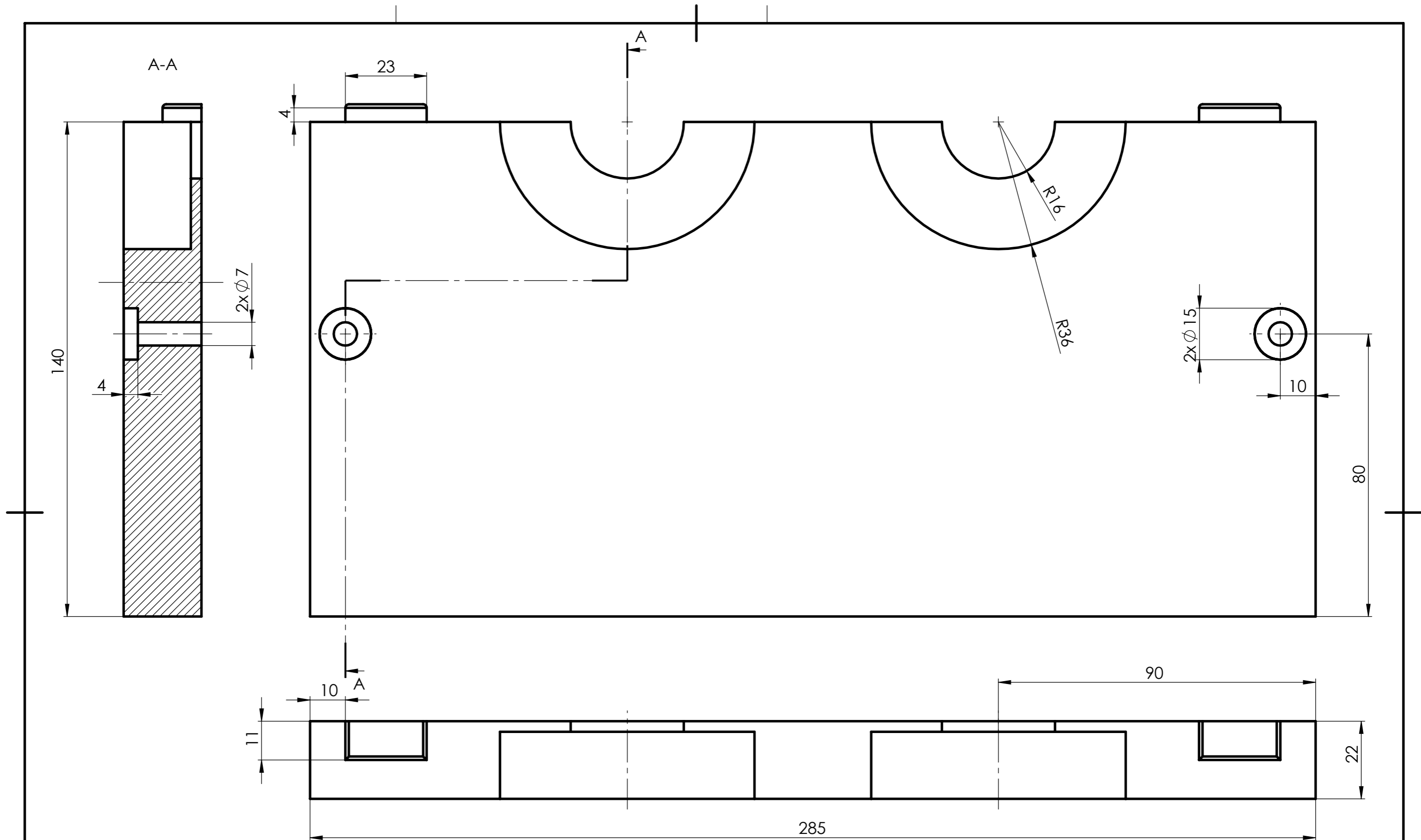
Detalhe A  
(1 : 1)



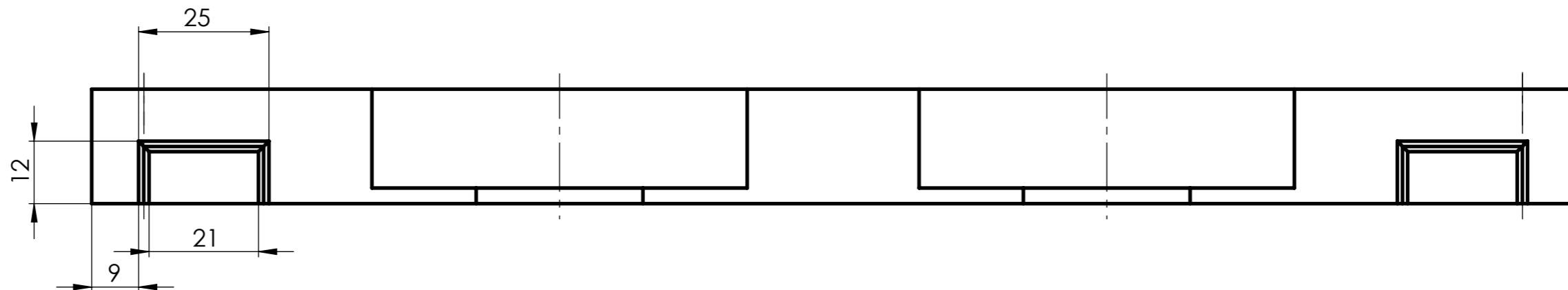
	ESCALA: <b>1:2</b>	DESENHOU PB	NOME PB	DATA 04/12/2024	<b>ISEL</b> INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA	
		VERIFICOU	APROVOU	CONJUNTO: TRITURADOR COMPONENTE:		
MATERIAL: AISI 1010		NOTAS: 480 furos $\phi 4$ espaçados uniformemente.			<b>Rede - 2º estágio</b>	
TOLERÂNCIA GERAL: ISO 2768-mK		ACABAMENTOS:			DESENHO N.º <b>A4</b> 10.20.10.60	FOLHA: 1/1
					MASSA [g]:	REVISÃO: -



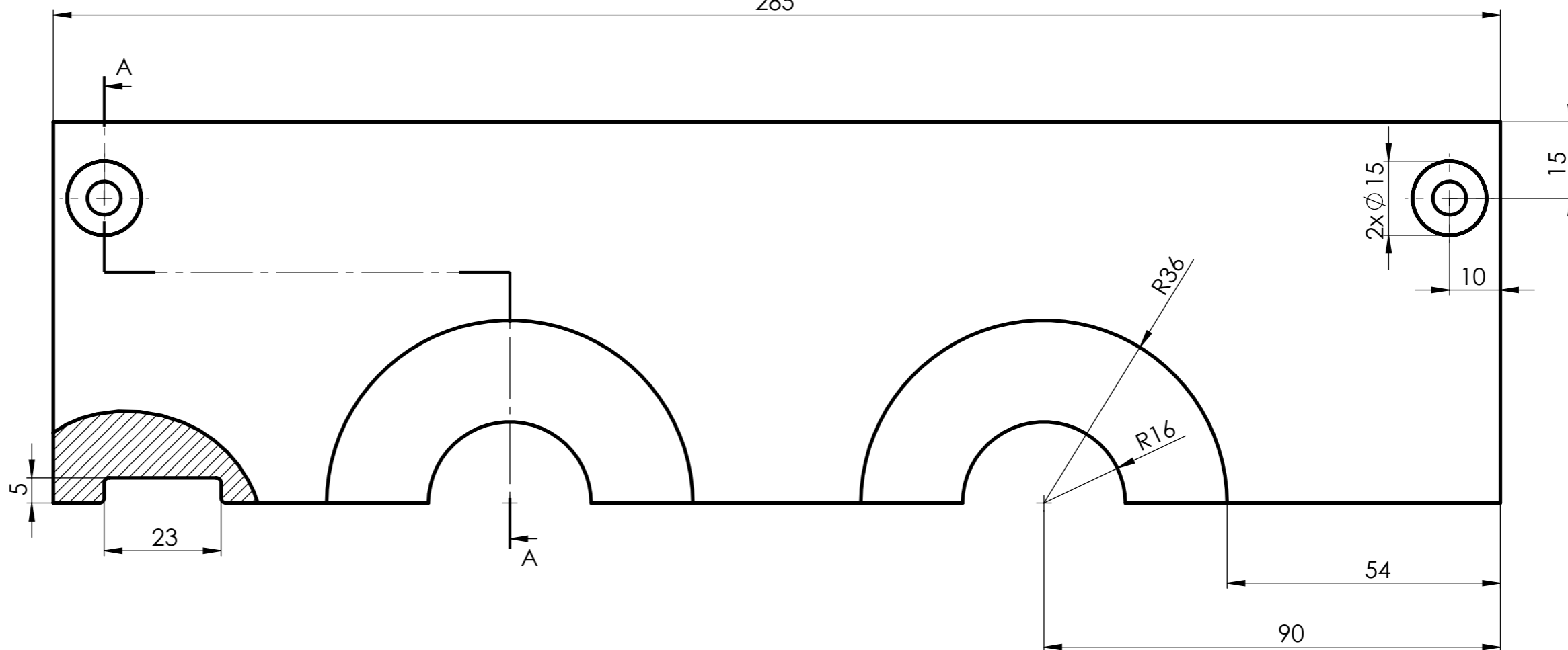
	ESCALA: <b>2:1</b>	NOME DESENHOU PB	DATA 04/12/2024	 <b>ISEL</b>	INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA
		VERIFICOU	APROVOU		
MATERIAL: AISI 1010		NOTAS:		<h1>Rosca de Compressão</h1>	
TOLERÂNCIA GERAL: ISO 2768-mK		ACABAMENTOS:			
		<b>A4</b>		DESENHO N.º 10.10.10.10.70	FOLHA: 1/1
				MASSA [g]:	REVISÃO: -



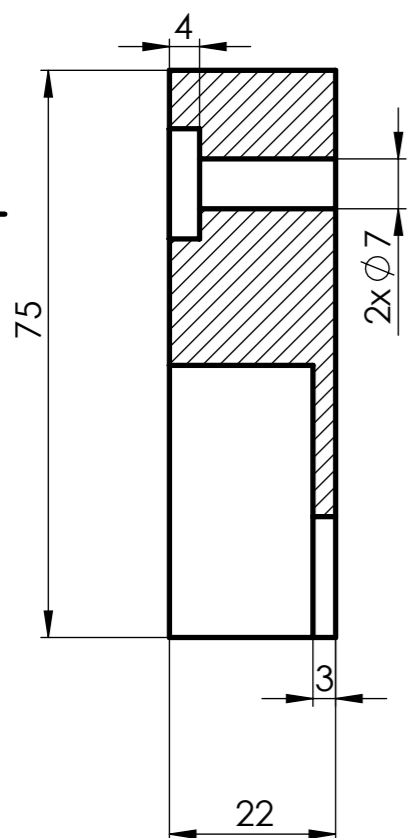
	ESCALA:	NOME	DATA		INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA			
	1:1	DESENHOU	PB		08/12/2024	CONJUNTO: TRITURADOR		
MATERIAL:		APROVOU		COMPONENTE:				
3.1325 (EN-AW 2017A)				Placa de suporte de rolamentos inferior				
TOLERÂNCIA GERAL:		NOTAS:		<b>A3</b>	DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:
ISO 2768-mK		Todos os boleados têm raio de 1mm. Peça simétrica.			10.10.10.40	1/1		-
ACABAMENTOS:								



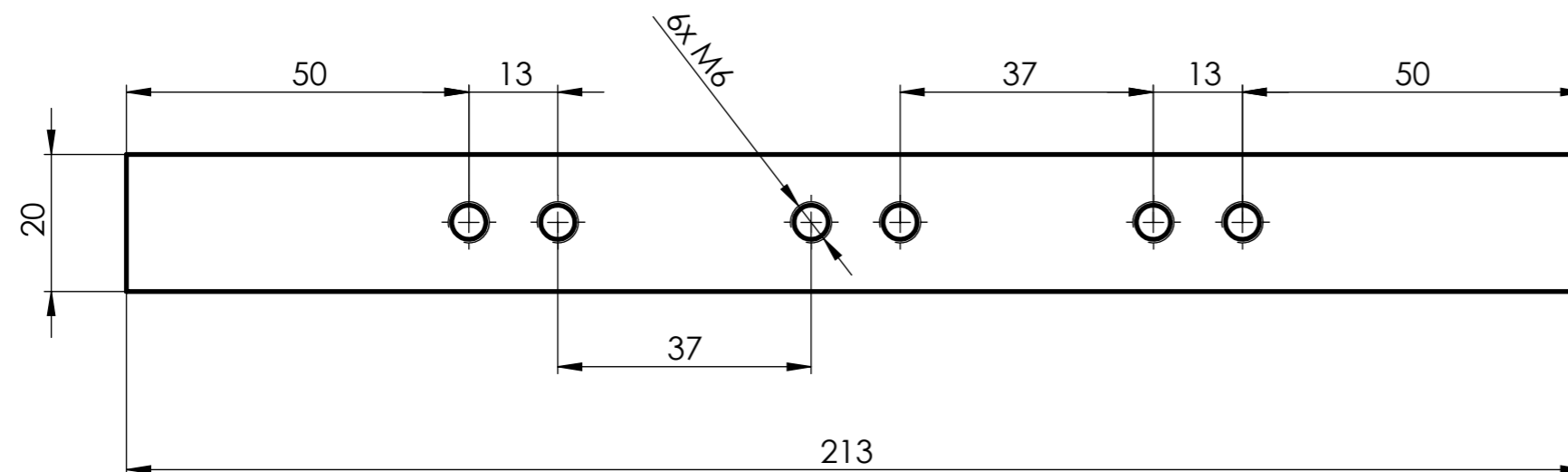
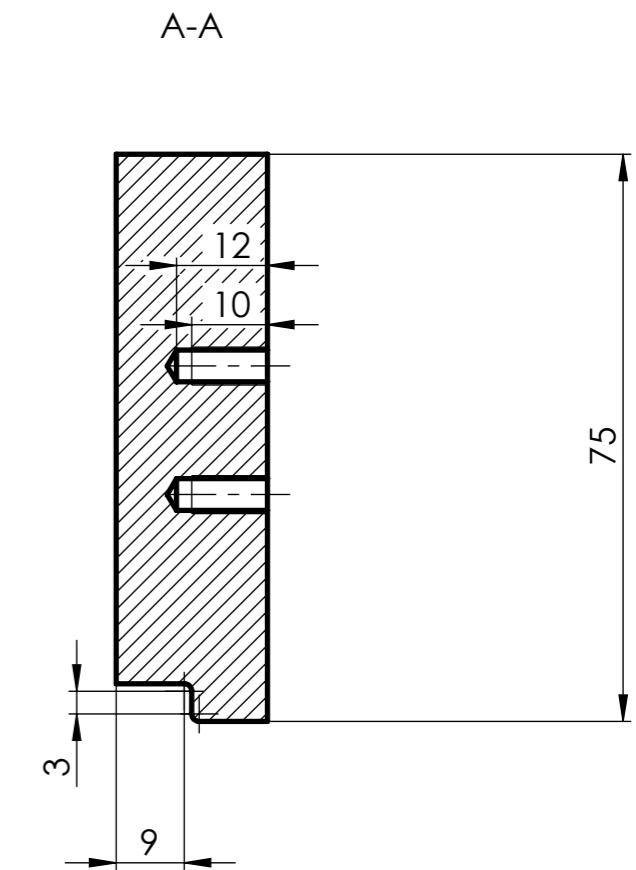
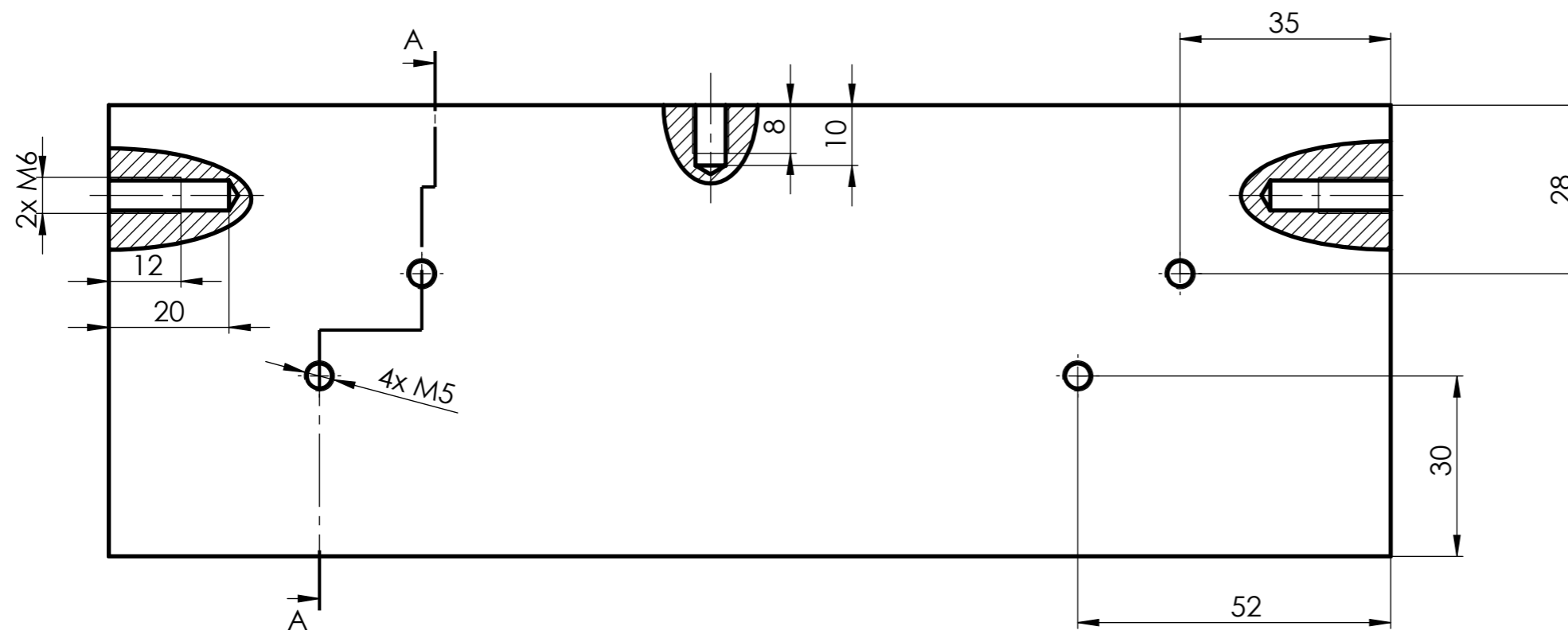
285



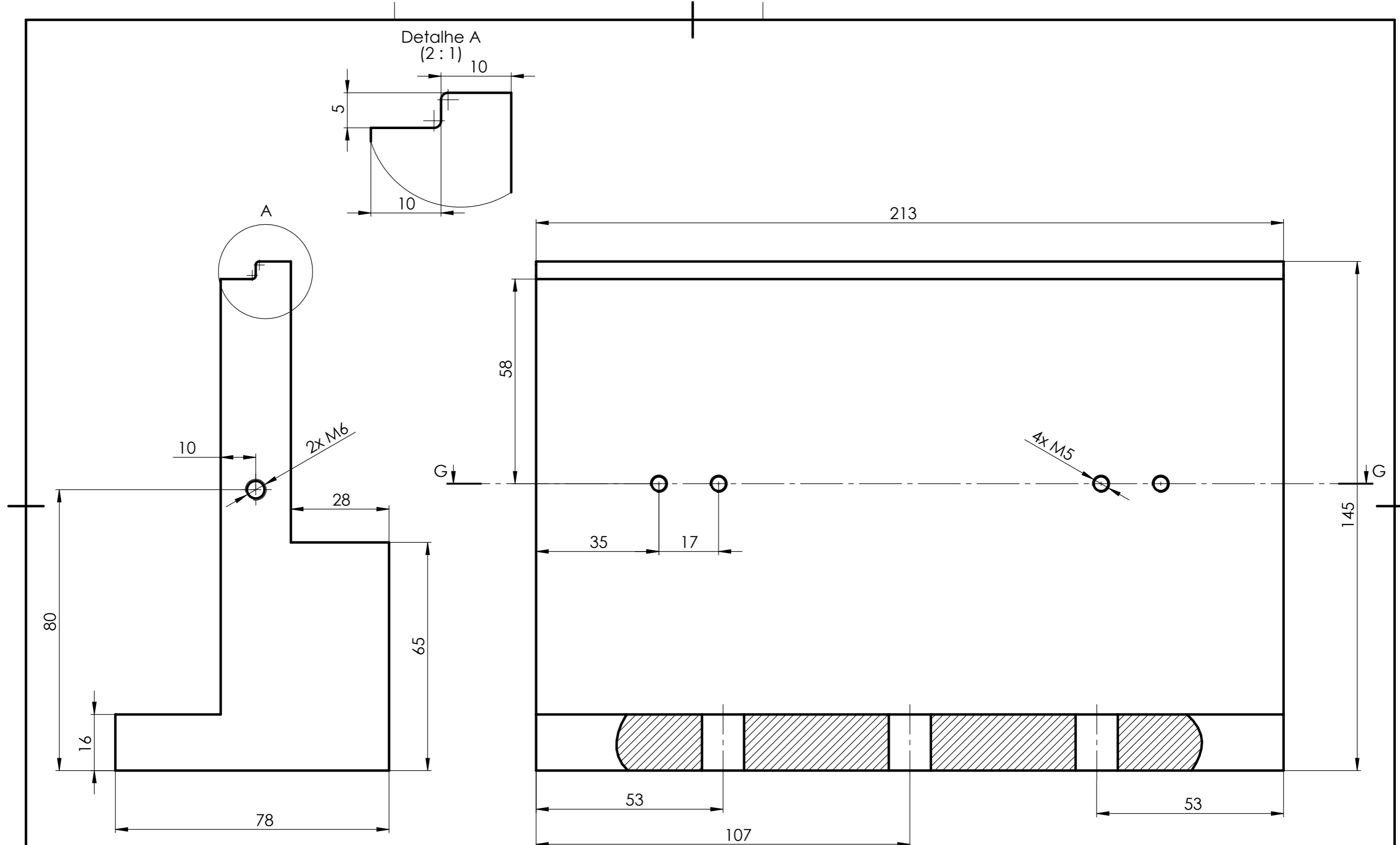
A-A



	ESCALA:	NOME	DATA	<b>INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA</b> ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA	
	<b>1:1</b>	DESENHOU	PB		08/12/2024
	MATERIAL:	VERIFICOU			
3.1325 (EN-AW 2017A)	APROVOU			CONJUNTO: TRITURADOR	
TOLERÂNCIA GERAL:	NOTAS: Todos os boleados têm raio de 1 mm. Peça simétrica.			COMPONENTE:	
ISO 2768-mK				Placa de Suporte de Rolamentos Superior	
ACABAMENTOS:	DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:	
	<b>A3</b> 10.10.10.50	1/1		-	



	ESCALA:	NOME	DATA		INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA		
	1:1	PB	22/09/2024		CONJUNTO: TRITURADOR		
MATERIAL:				COMPONENTE:			
3.1325 (EN-AW 2017A)				Placa lateral superior			
TOLERÂNCIA GERAL:				NOTAS:			
ISO 2768-mK				Todos os boleados têm raio de 1 mm.			
ACABAMENTOS:				DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:
				A3	10.10.10.25	1/1	A



Detalhe A  
(2:1)

213

58

145

2x M6

4x M5

80

10

28

35

17

16

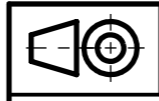
65

78

53

107

53



ESCALA:  
**1:1**

NOME	DATA
DESENHOU PB	04/12/2024
VERIFICOU	
APROVOU	



**ISEL** INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA  
ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA  
MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

MATERIAL:  
3.1325 (EN-AW 2017A)

CONJUNTO: TRITURADOR

TOLERÂNCIA GERAL:  
ISO 2768-mK

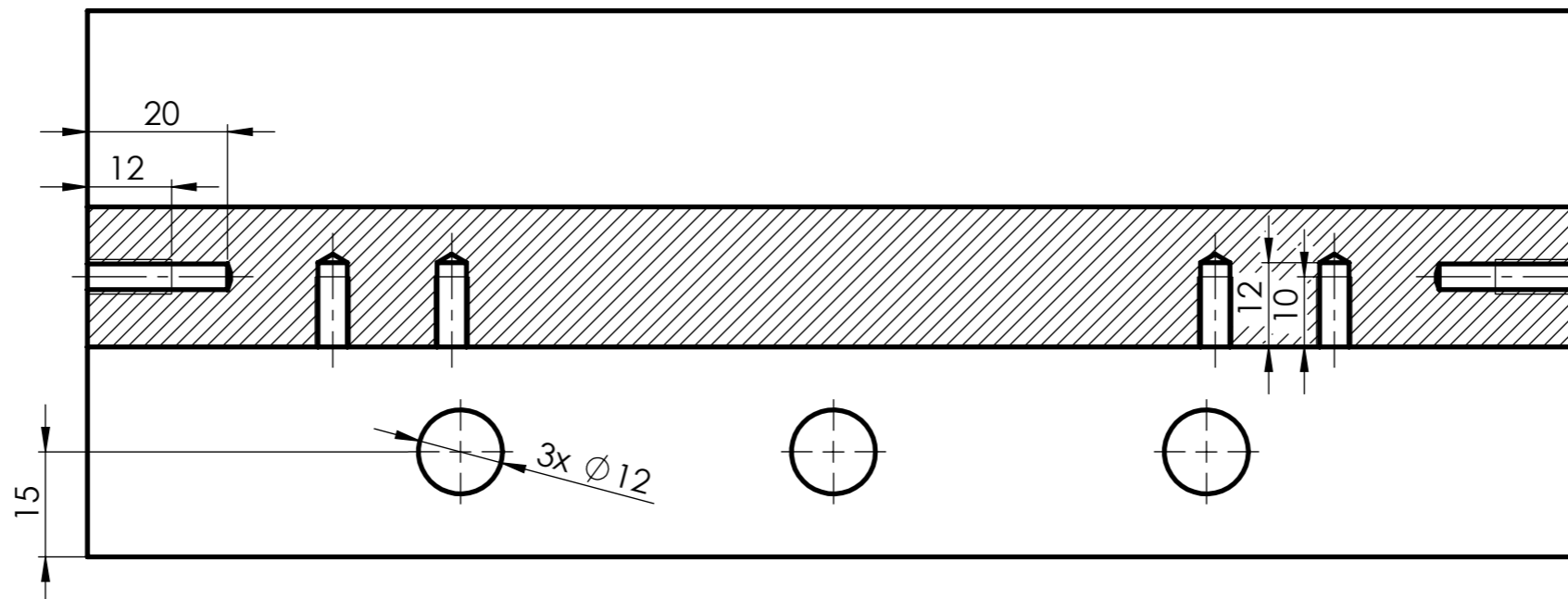
NOTAS:  
Todos os boleados têm  
raio de 1 mm.

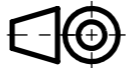
COMPONENTE:  
**Placa Lateral Inferior**

ACABAMENTOS:

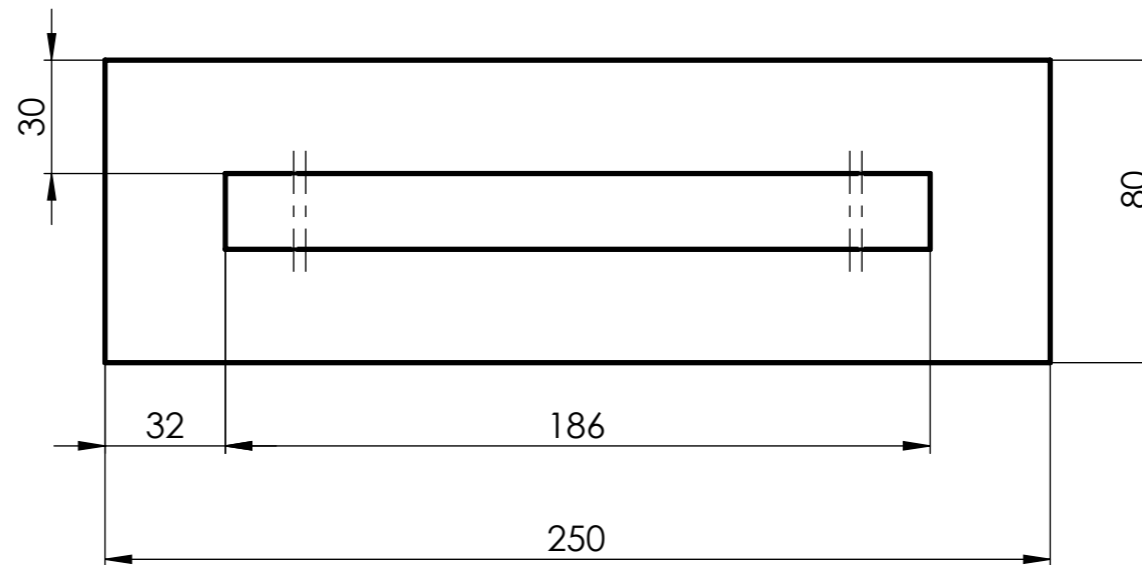
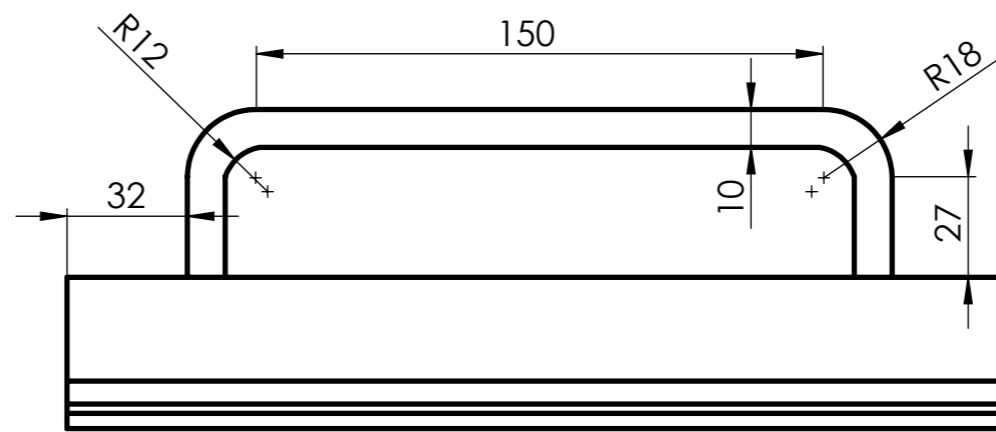
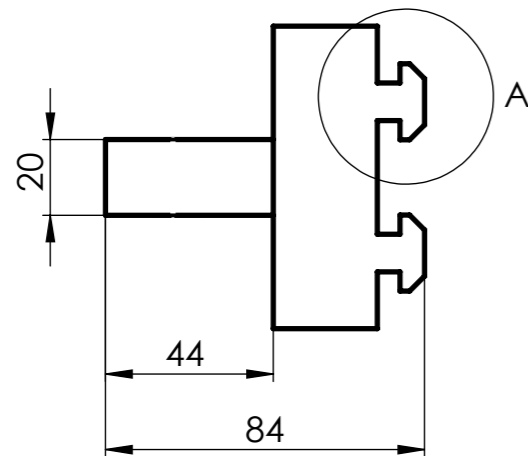
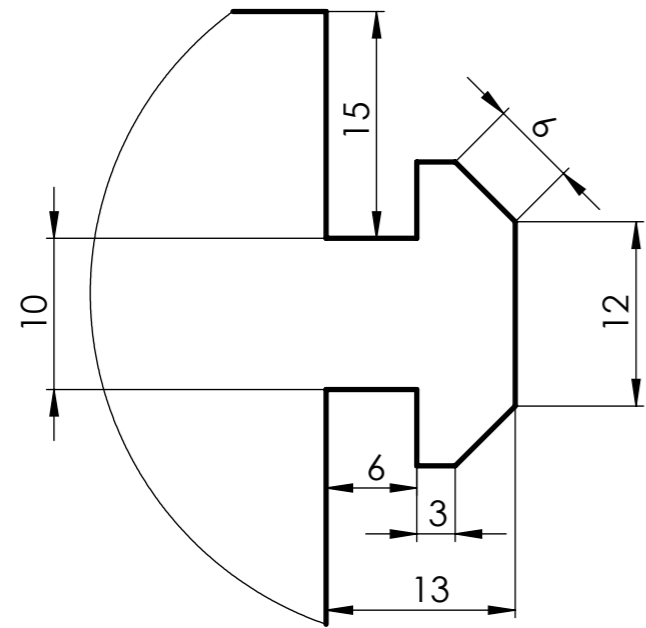
DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:
<b>A3</b> 10.10.10.30	1/2		-

G-G

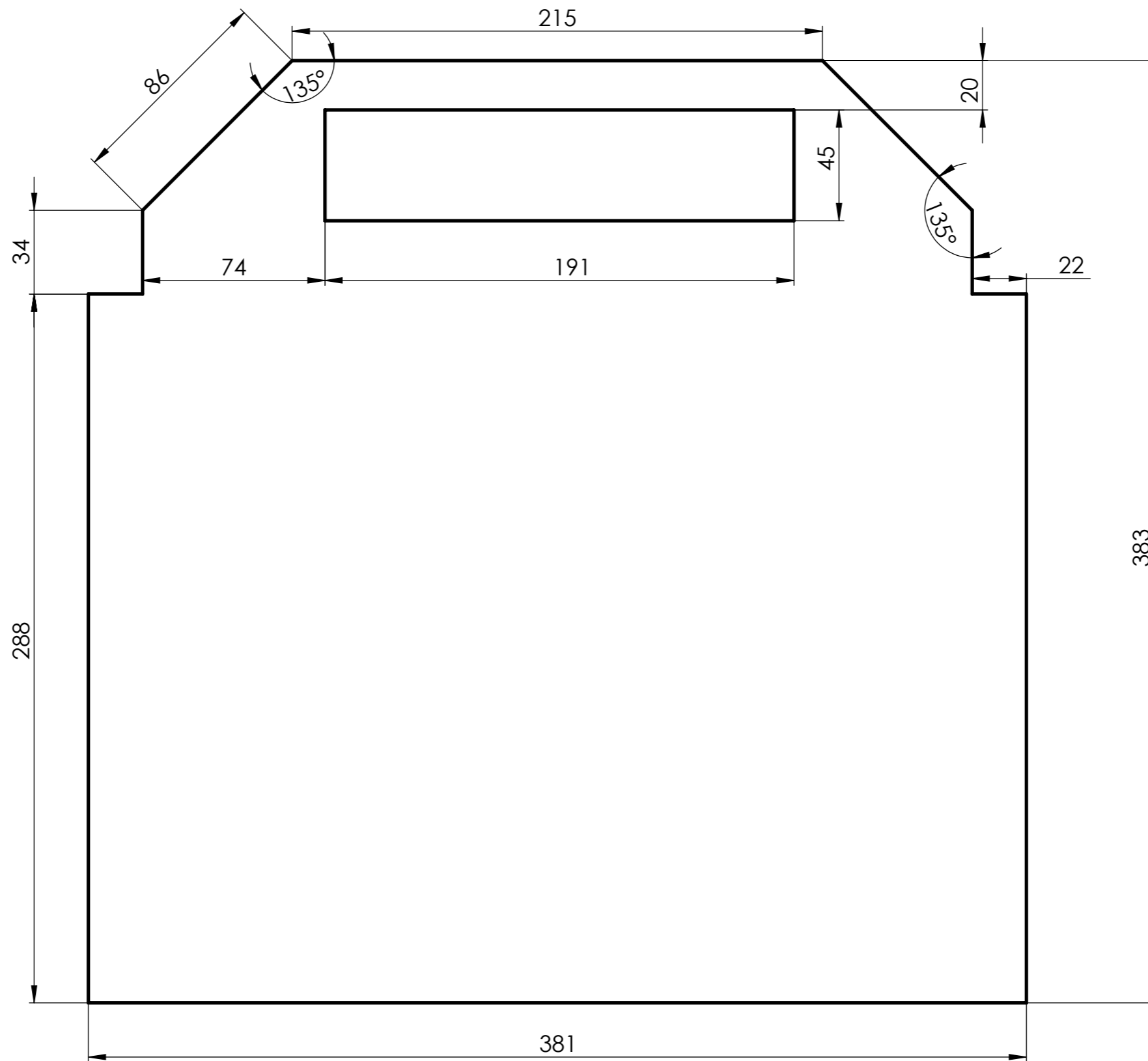


	ESCALA:	NOME	DATA	 <b>ISEL</b>	INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA		
	<b>1:1</b>	DESENHOU	PB		04/12/2024		
MATERIAL:		VERIFICOU			CONJUNTO: TRITURADOR		
3.1325 (EN-AW 2017A)		APROVOU			COMPONENTE:		
TOLERÂNCIA GERAL:		NOTAS:		Placa Lateral Inferior			
ISO 2768-mK		Todos os boleados têm raio de 1 mm.					
ACABAMENTOS:		A3		DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:
				10.10.10.30	2/2		-

Detalhe A  
(2:1)

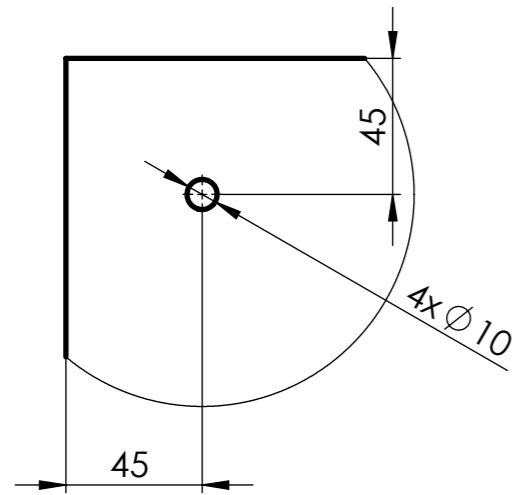


	ESCALA:	NOME	DATA	<b>ISEL</b> INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA	
	<b>1:2</b>	DESENHOU PB	08/12/2024		
MATERIAL: 3.1325 (EN-AW 2017A)	TOLERÂNCIA GERAL:	NOTAS:	CONJUNTO: TRITURADOR		
ACABAMENTOS:			COMPONENTE: <b>Pega</b>		
		DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:
		<b>A3</b> 10.40	1/1		-

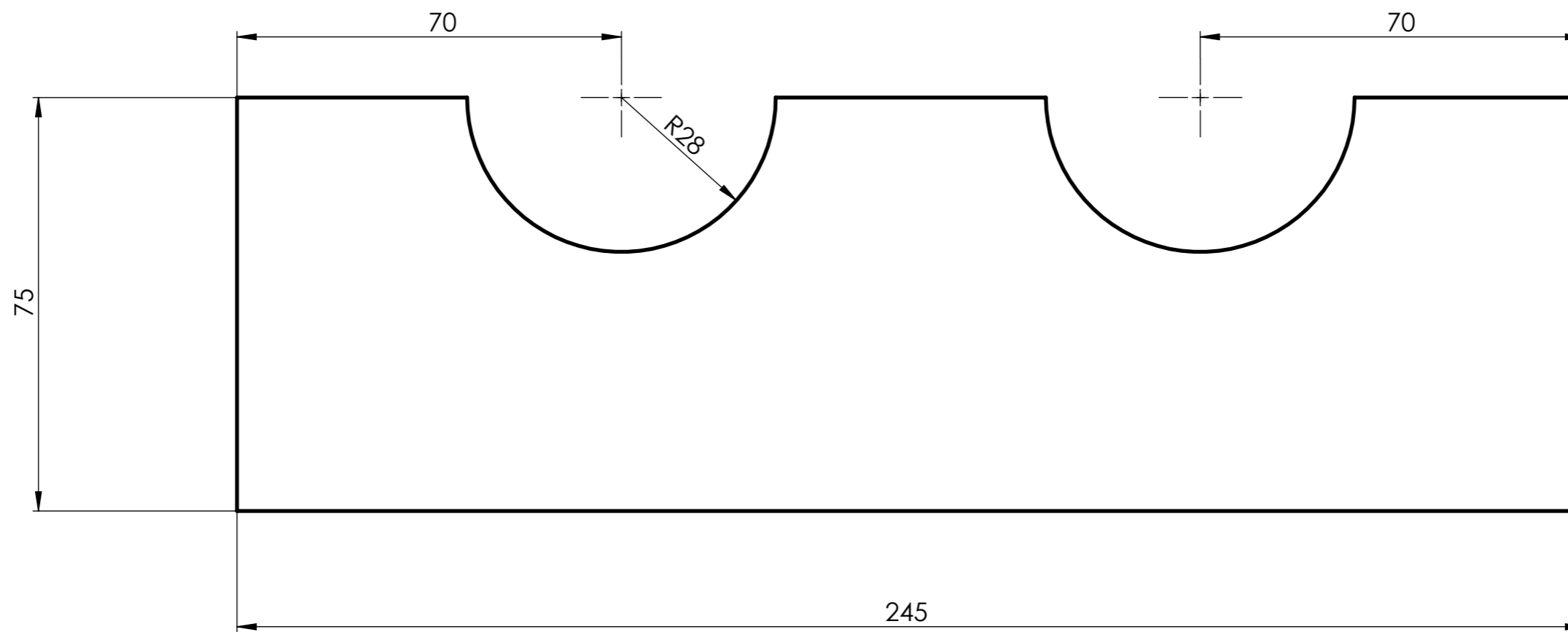


	ESCALA:	NOME	DATA		INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA			
	1:2	DESENHOU	PB		04/12/2024	CONJUNTO: TRITURADOR		
MATERIAL:	Acrílico	VERIFICOU			COMPONENTE:			
TOLERÂNCIA GERAL:		APROVOU			Placa acrílico menor - 2º estágio			
ACABAMENTOS:		NOTAS:		<b>A3</b>	DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:
		Chapa de acrílico de espessura 10 mm.			10.20.40	1/1		-

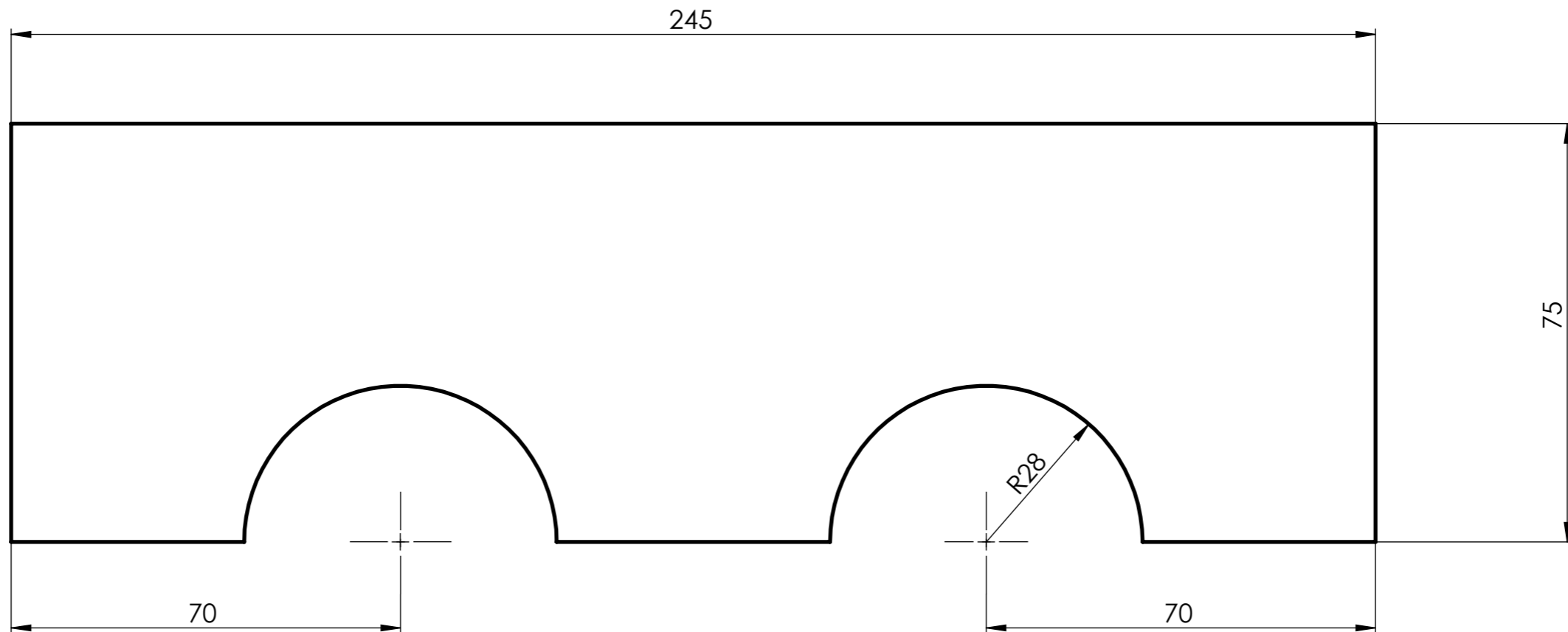
Detalhe A  
(2:5)




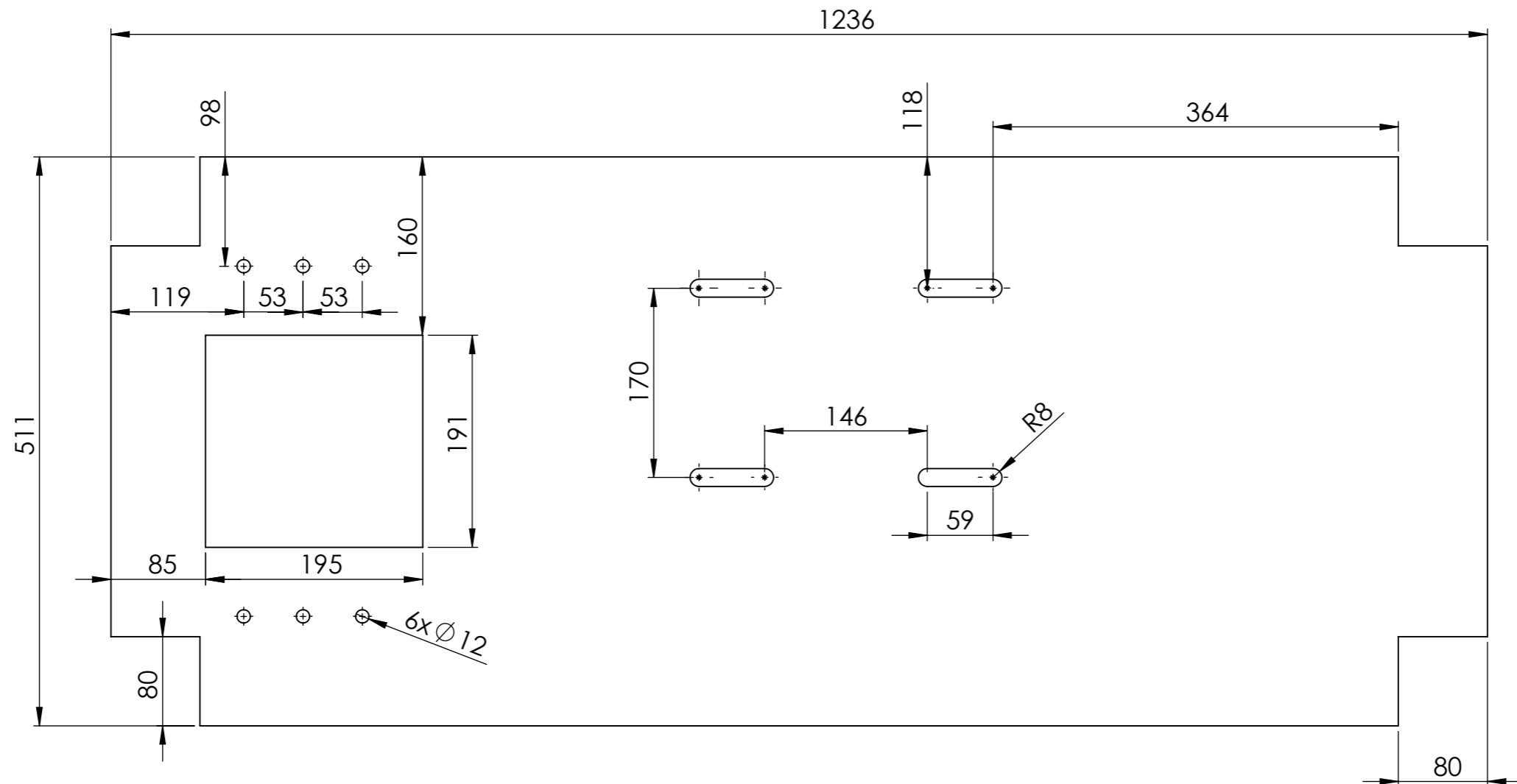
	ESCALA:	NOME	DATA		INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA			
	1:5	DESENHOU	PB		04/12/2024	CONJUNTO: TRITURADOR		
MATERIAL:	Acrílico	VERIFICOU			COMPONENTE:			
TOLERÂNCIA GERAL:	ISO 2768-mK	APROVOU			Placa acrílico superior - 1º estágio			
ACABAMENTOS:		NOTAS:		A3	DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:
		Chapa de acrílico de espessura 10 mm.			10.10.60	1/1		-



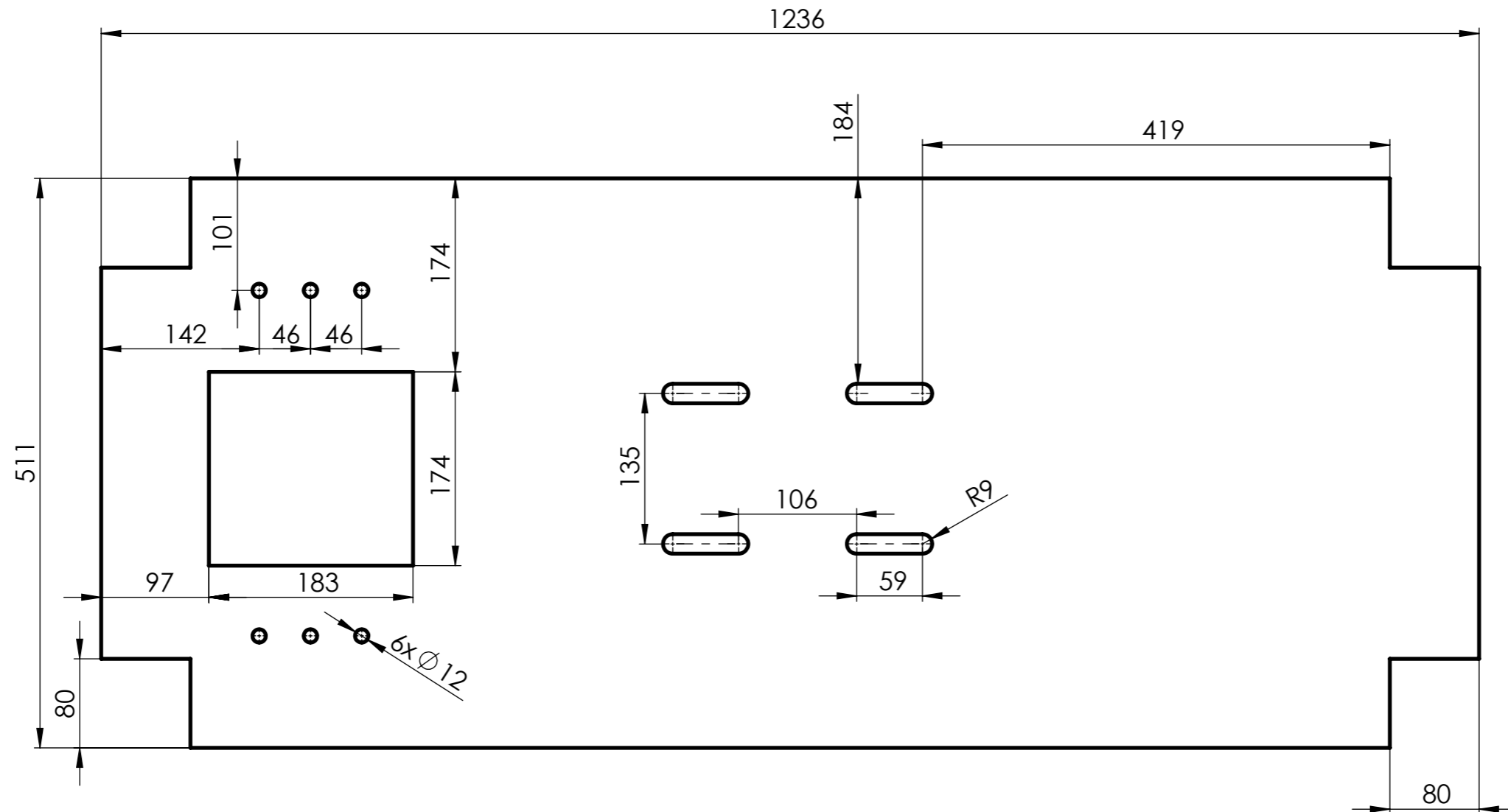
	ESCALA:	NOME	DATA	 <b>ISEL</b>	INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA			
	<b>1:1</b>	DESENHOU	PB		08/12/2024			
MATERIAL:		VERIFICOU			CONJUNTO: TRITURADOR			
AISI 310S		APROVOU			COMPONENTE:			
TOLERÂNCIA GERAL:		NOTAS:		<h2>Placa final inferior</h2>				
ISO 2768-mK		Chapa de aço AISI 310S de espessura 32 mm.						
ACABAMENTOS:				A3	DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:
					10.10.10.70	1/1		-



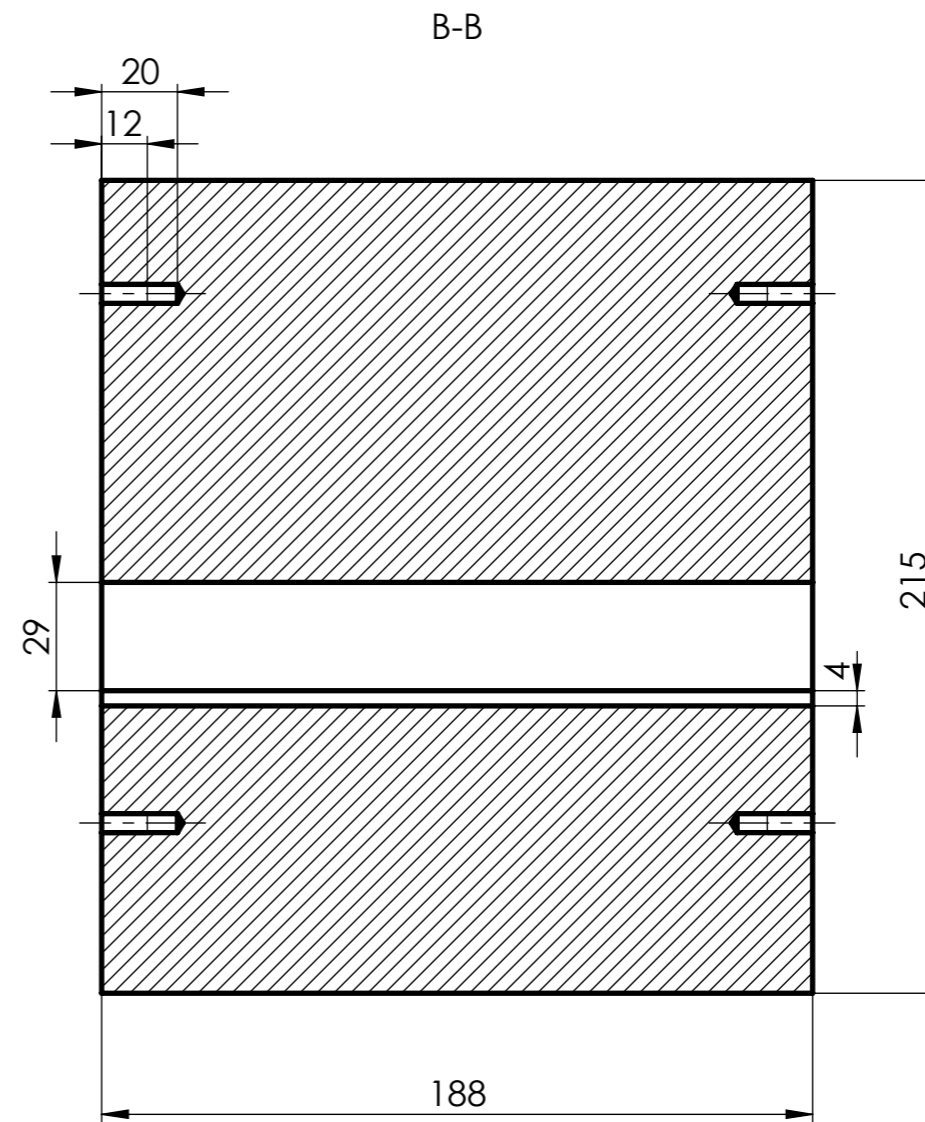
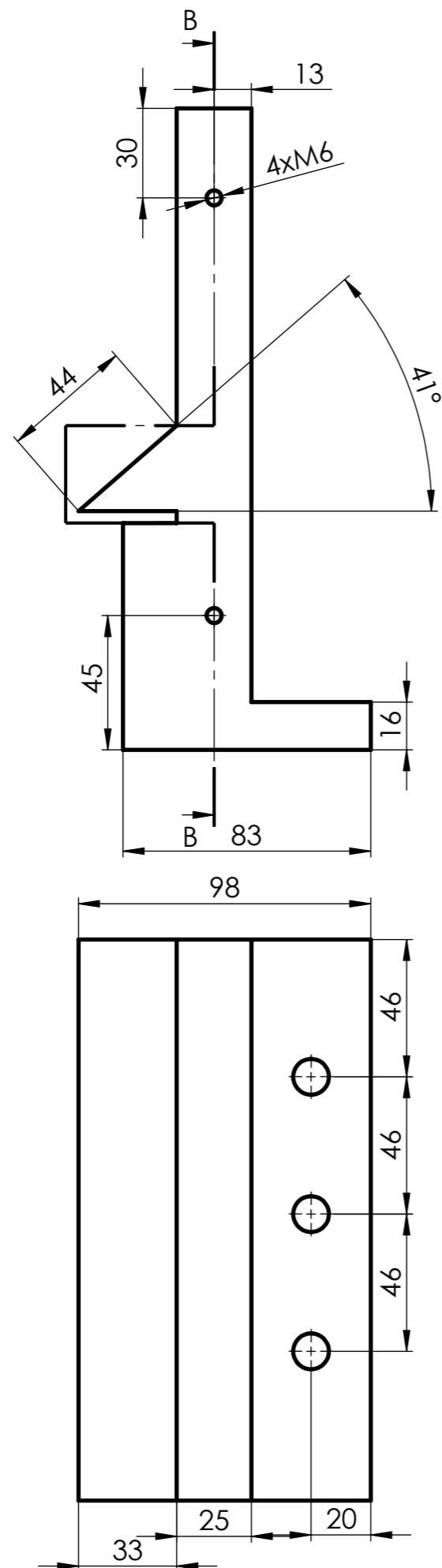
	ESCALA:	NOME	DATA	 <b>ISEL</b>	INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA			
	<b>1:1</b>	DESENHOU	PB		08/12/2024			
MATERIAL:		VERIFICOU		CONJUNTO: TRITURADOR				
AISI 310S		APROVOU		COMPONENTE:				
TOLERÂNCIA GERAL:		NOTAS:		<h2>Placa final superior</h2>				
ISO 2768-mK		Chapa de aço AISI 310S de espessura 32 mm.						
ACABAMENTOS:				<b>A3</b>	DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:
					10.10.10.60	1/1		-



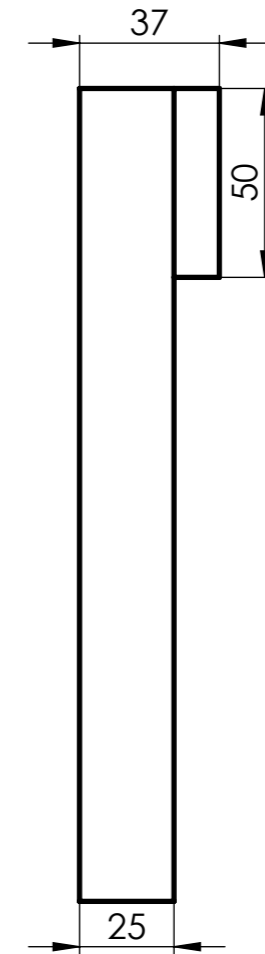
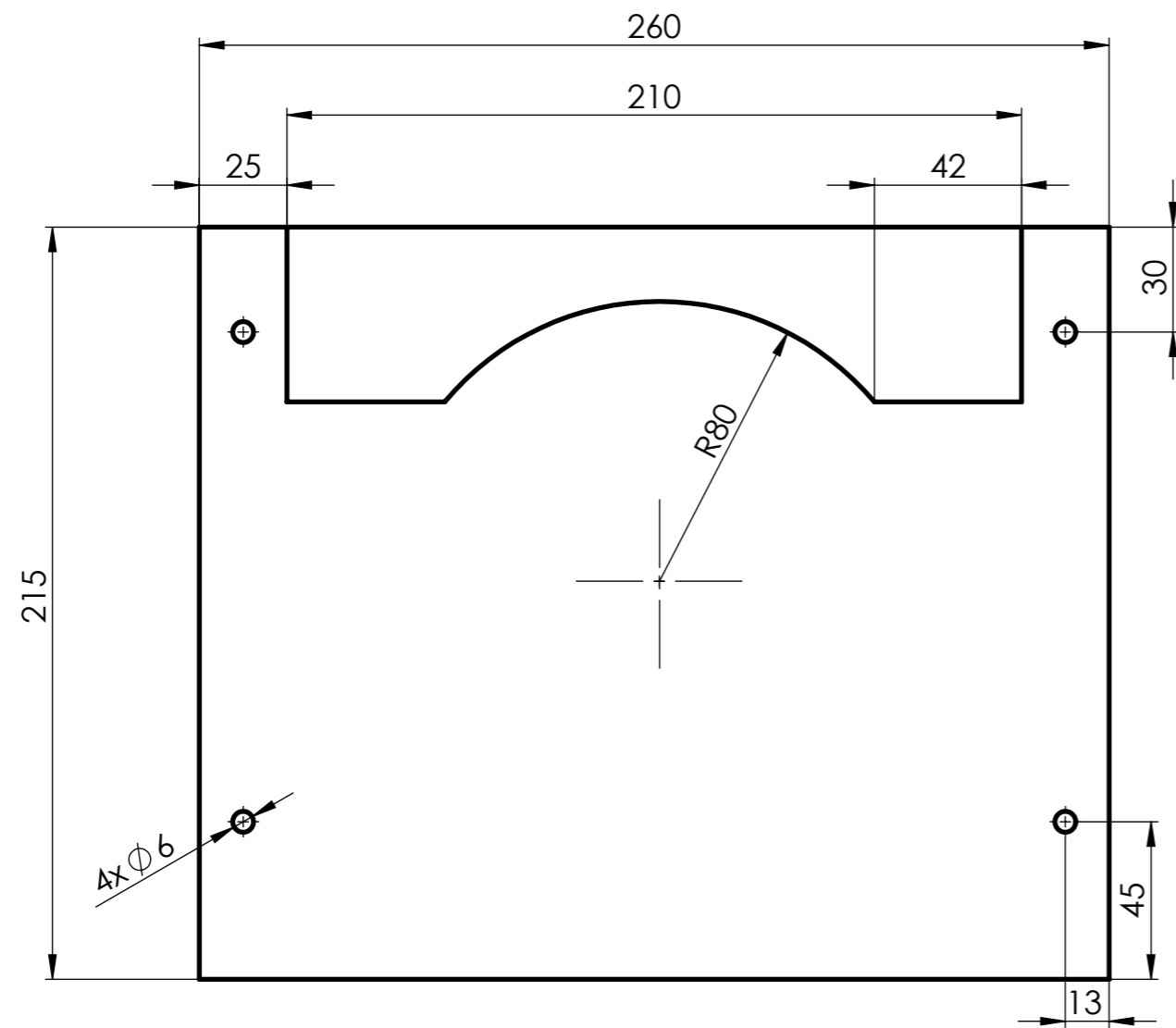
	ESCALA:		NOME	DATA	 <b>ISEL</b> INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA
	1:5	DESENHOU	PB	08/12/2024	
	MATERIAL:	VERIFICOU			
AISI 316	APROVOU				CONJUNTO: TRITURADOR
TOLERÂNCIA GERAL:	NOTAS: Chapa de aço inoxidável AISI 316 de espessura 3 mm.				COMPONENTE:
ISO 2768-mK					Placa inferior - 1º estágio
ACABAMENTOS:	<b>A3</b>	DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:
		10.10.30.10	1/1		-



	ESCALA:	NOME	DATA		INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA			
	1:5	DESENHOU	PB		04/12/2024			
MATERIAL:	AISI 316	VERIFICOU			CONJUNTO: TRITURADOR			
TOLERÂNCIA GERAL:	ISO 2768-mK	APROVOU			COMPONENTE:			
ACABAMENTOS:		NOTAS:		Placa inferior - 2º estágio				
		Chapa de aço inoxidável AISI 316 de espessura 3 mm.		A3	DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:
					10.20.20.10	1/1		-

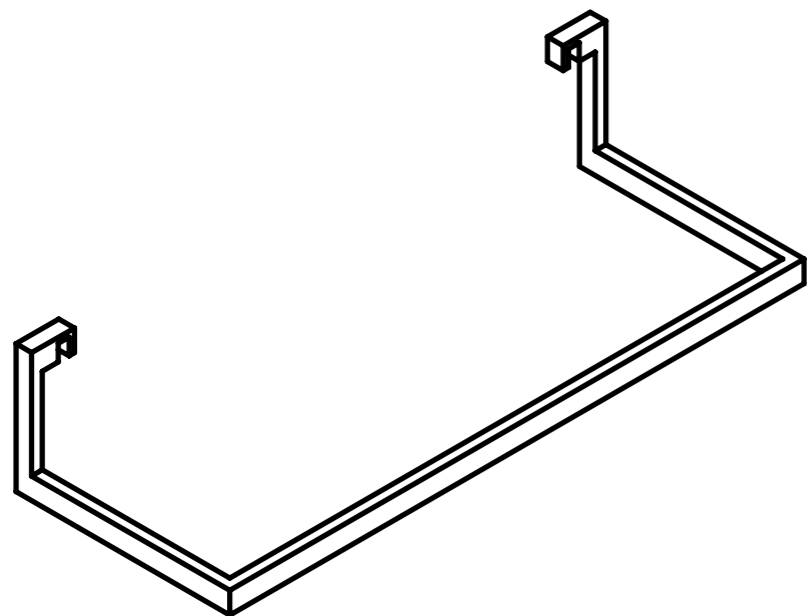


	ESCALA:	NOME	DATA		INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA		
	1:2	PB	20/08/2024		CONJUNTO: TRITURADOR COMPONENTE:		
MATERIAL:		NOTAS:		<b>Placa lateral - 2º estágio</b>			
3.1325 (EN-AW 2017A)							
TOLERÂNCIA GERAL:				DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:
ISO 2768-mK				A3	10.20.10.20	1/1	-
ACABAMENTOS:							

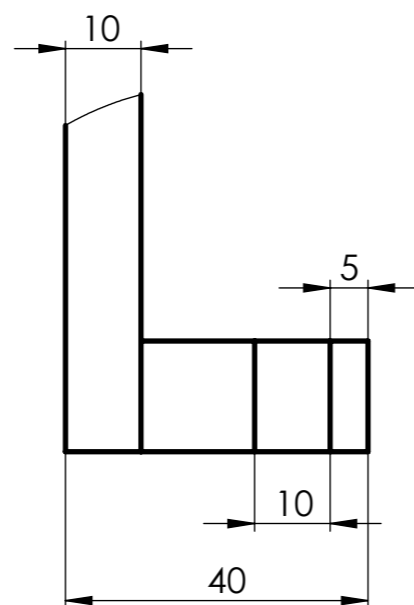


	ESCALA:	NOME	DATA		INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA		
	1:2	DESENHOU	PB		08/12/2024	CONJUNTO: TRITURADOR	
MATERIAL:	NOTAS:			COMPONENTE:			
3.1325 (EN-AW 2017A)				Placa dianteira - 2º estágio			
TOLERÂNCIA GERAL:				DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:
ISO 2768-mK				A3	10.20.10.50	1/1	-
ACABAMENTOS:							

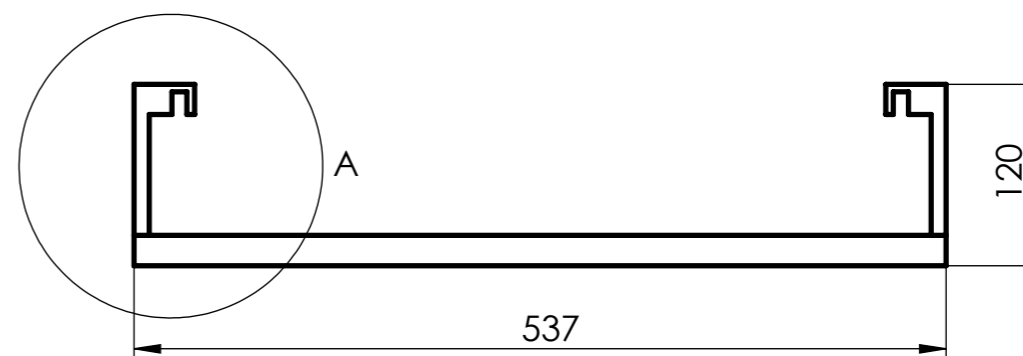
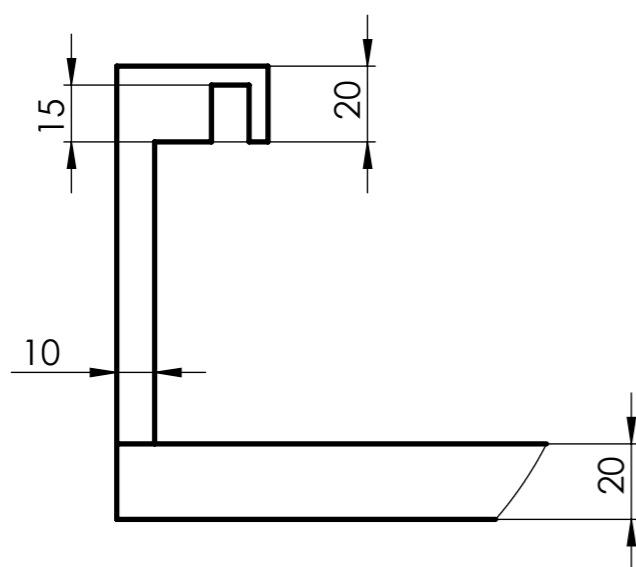




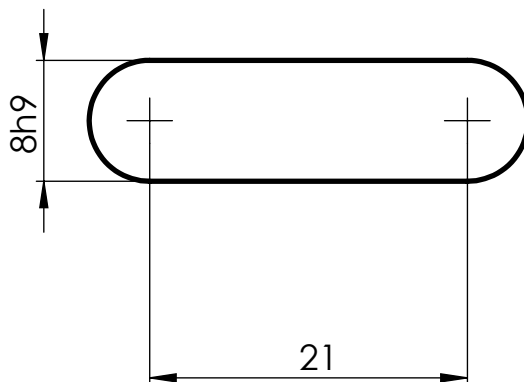
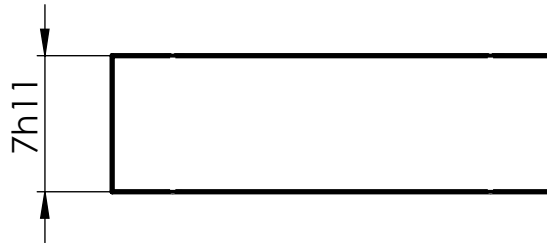
Detalhe B  
(1 : 1)

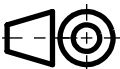



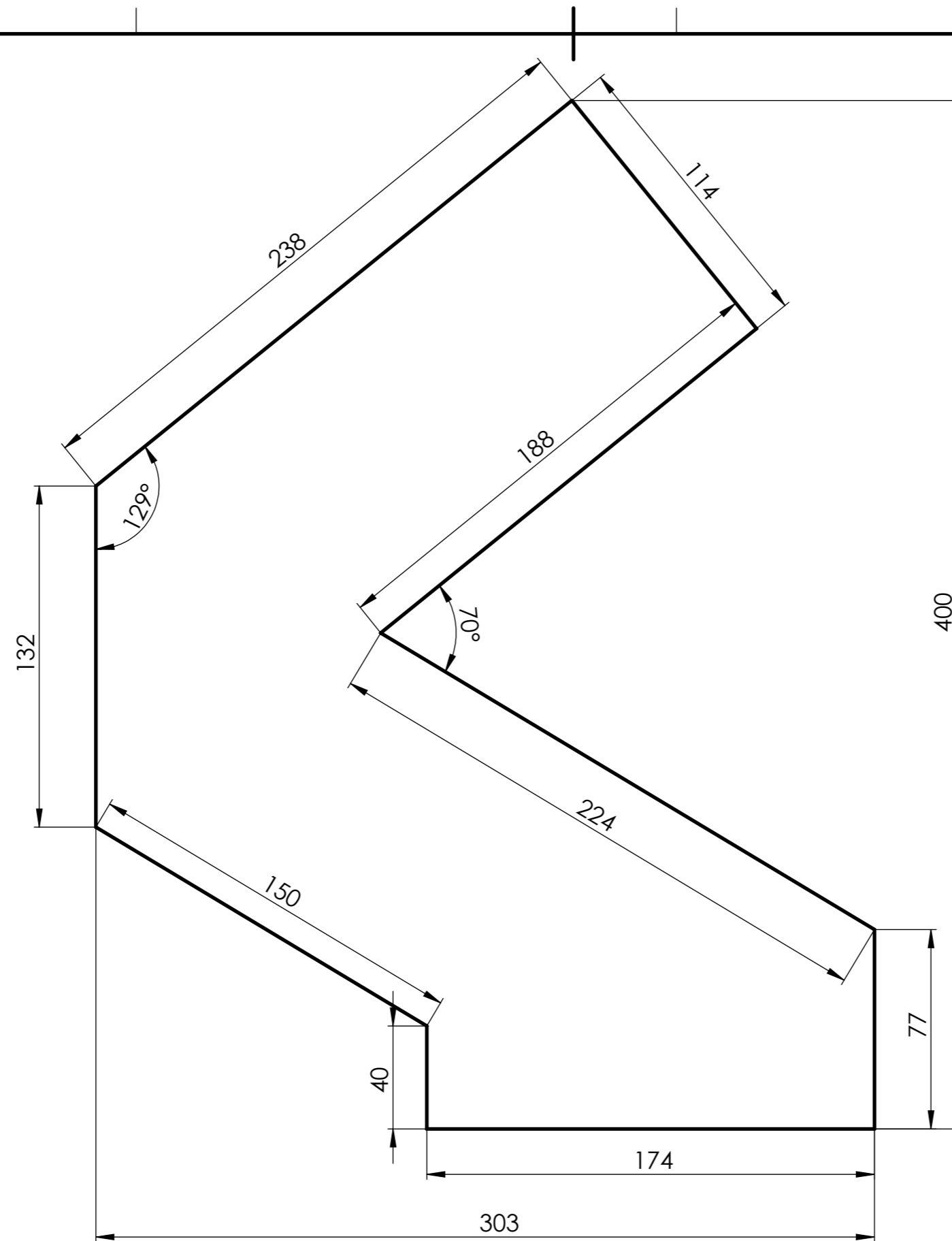
Detalhe A  
(1 : 2)



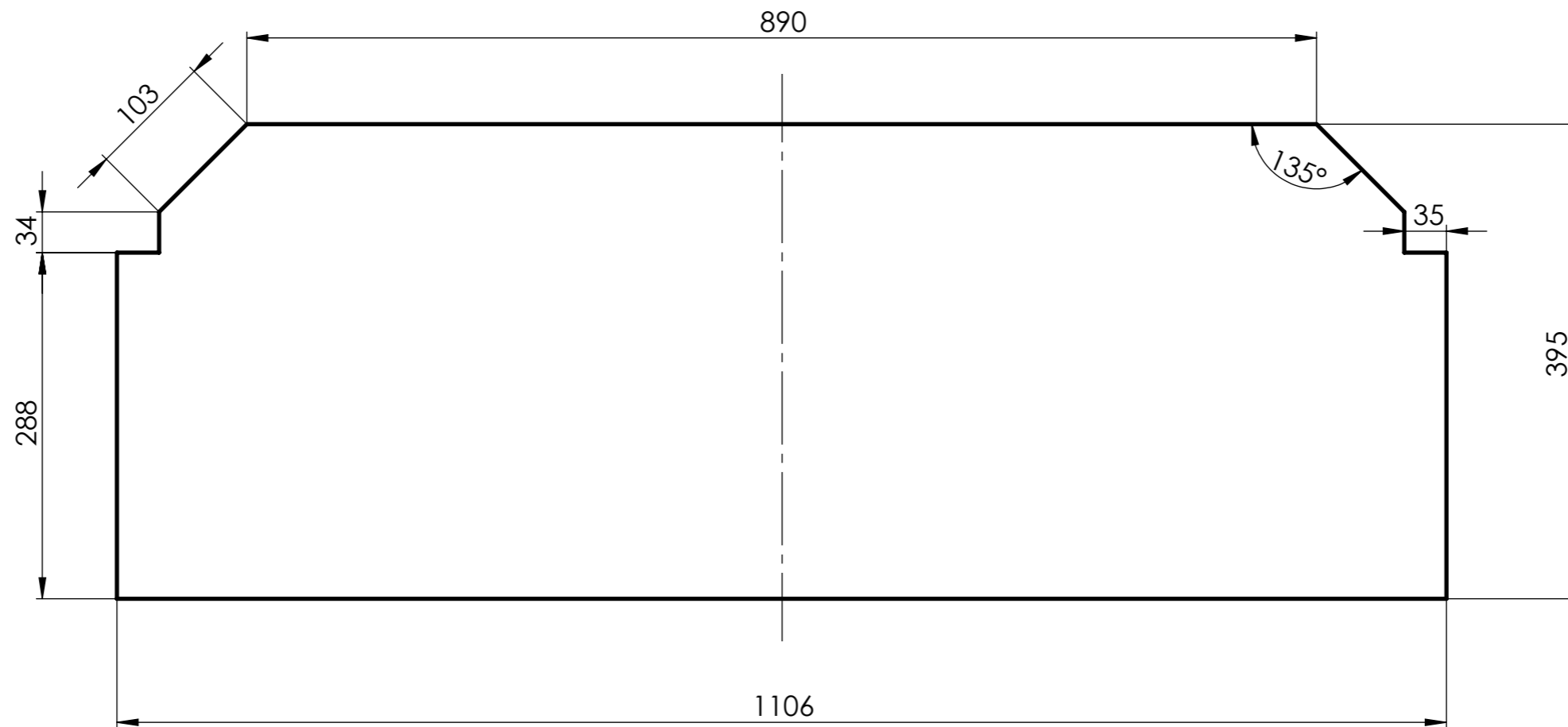
	ESCALA:	NOME	DATA		INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA			
	1:5	DESENHOU	PB		01/09/2024	CONJUNTO: TRITURADOR		
MATERIAL:		VERIFICOU			COMPONENTE:			
PET		APROVOU			Suporte da caixa do granulado			
TOLERÂNCIA GERAL:		NOTAS:						
ACABAMENTOS:								
				DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:	
				A3	10.50	1/1	-	



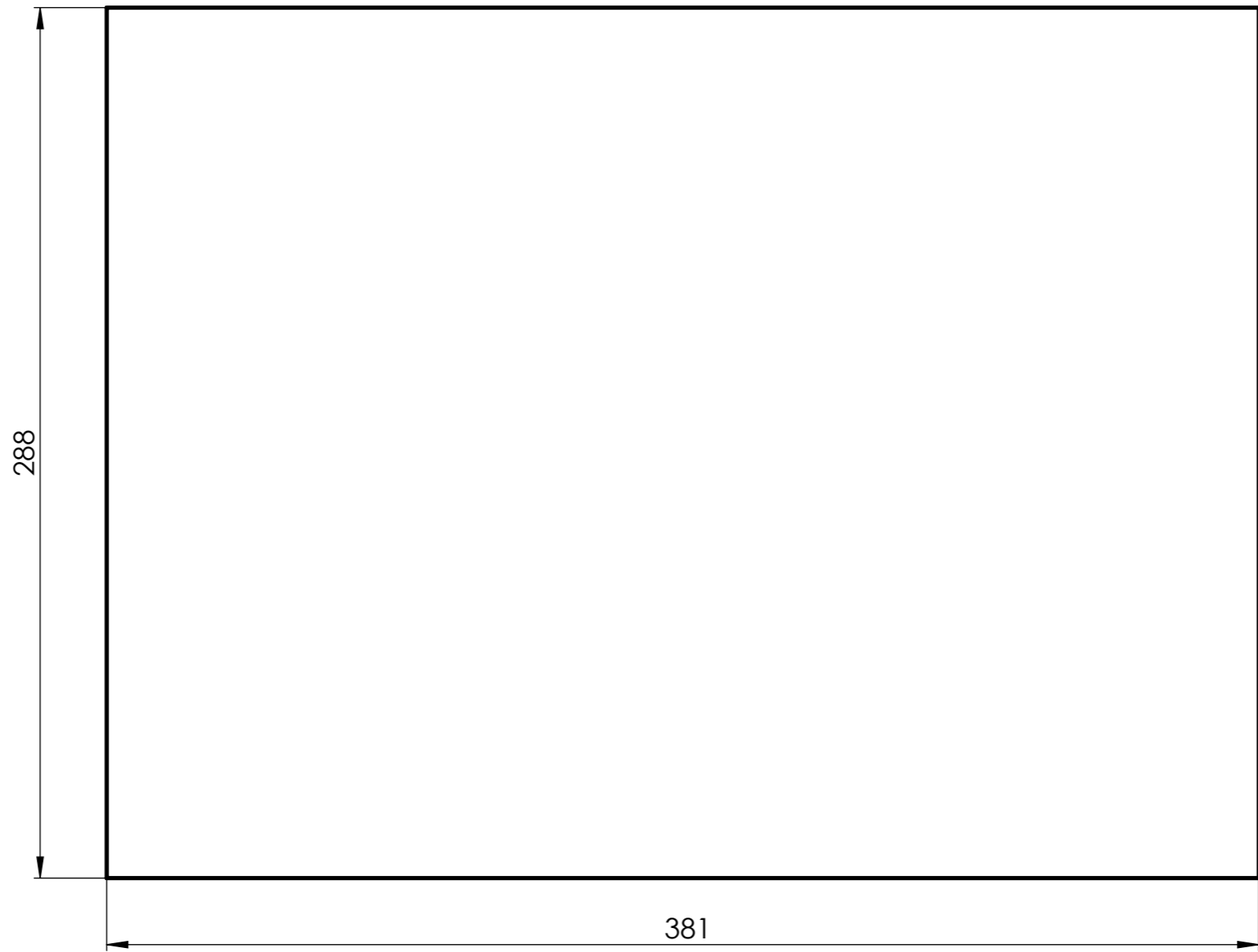
	ESCALA: <b>2:1</b>	NOME PB	DATA 08/12/2024	 <b>ISEL</b>	INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA			
		DESENHOU VERIFICOU APROVOU	NOTAS:		CONJUNTO: TRITURADOR COMPONENTE:			
MATERIAL: AISI 1010				<h1>Chaveta</h1>				
TOLERÂNCIA GERAL: DIN 6885/1								
ACABAMENTOS:				<b>A4</b>	DESENHO N.º 10.10.10.10.70	FOLHA: 1/1	MASSA [g]:	REVISÃO: -



	ESCALA:	NOME	DATA	 <b>ISEL</b> INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA	
	1:2	DESENHOU	PB		08/12/2024
	MATERIAL:	VERIFICOU			
Acrílico	APROVOU			CONJUNTO: TRITURADOR	
TOLERÂNCIA GERAL:	NOTAS:			COMPONENTE:	
	Chapa de acrílico de espessura 2 mm.			Placa acrílico - Funil alimentação	
ACABAMENTOS:				DESENHO N.º	
				10.10.20.10	
				FOLHA:	
				1/1	
				MASSA [g]:	
				REVISÃO:	
				-	



	ESCALA:	NOME	DATA	 <b>ISEL</b>	INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA			
	<b>1:5</b>	DESENHOU	PB		03/10/2024	CONJUNTO: TRITURADOR		
MATERIAL:		VERIFICOU			COMPONENTE:			
Acrílico		APROVOU			Placa acrílico maior - 2º estágio			
TOLERÂNCIA GERAL:		NOTAS:						
ISO 2768-mk		Chapa de acrílico de espessura 10 mm.						
ACABAMENTOS:				<b>A3</b>	DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:
					10.20.30	1/1		-



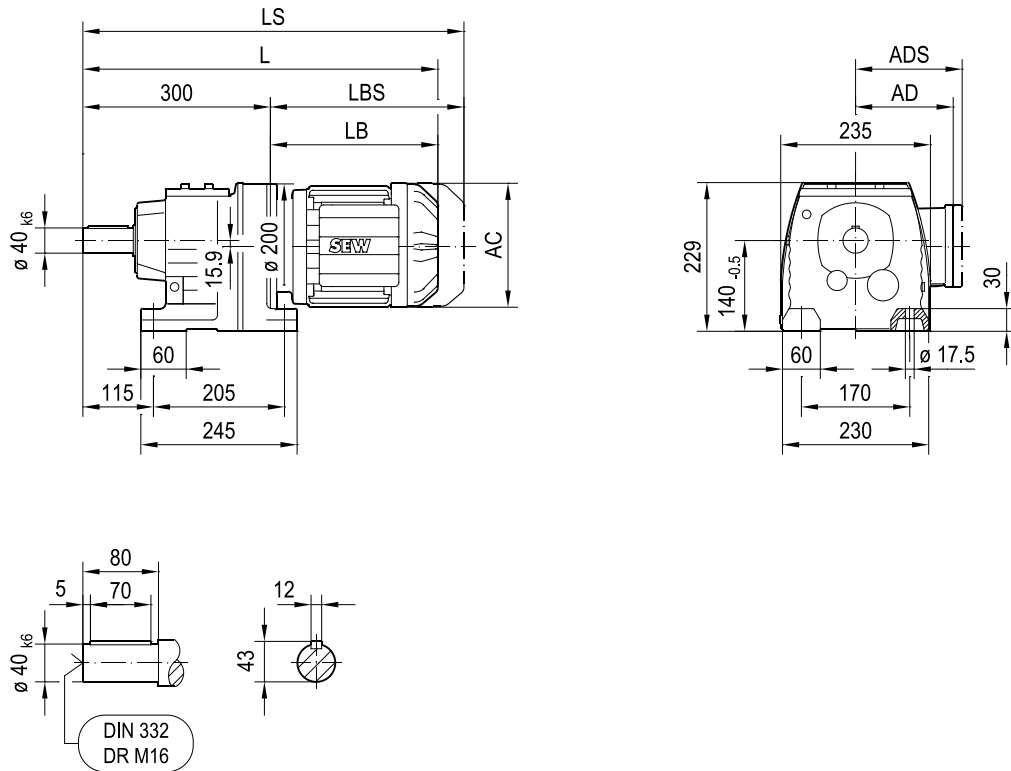
	ESCALA:		NOME	DATA	 <b>ISEL</b>	INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA			
	1:2	DESENHOU	PB	04/12/2024					
MATERIAL:		VERIFICOU			CONJUNTO: TRITURADOR				
Acrílico		APROVOU			COMPONENTE:				
TOLERÂNCIA GERAL:		NOTAS:			Placa acrílico menor - 1º estágio				
		Chapa de acrílico de espessura 10 mm.							
ACABAMENTOS:					<b>A3</b>	DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:
						10.10.50	1/1		-



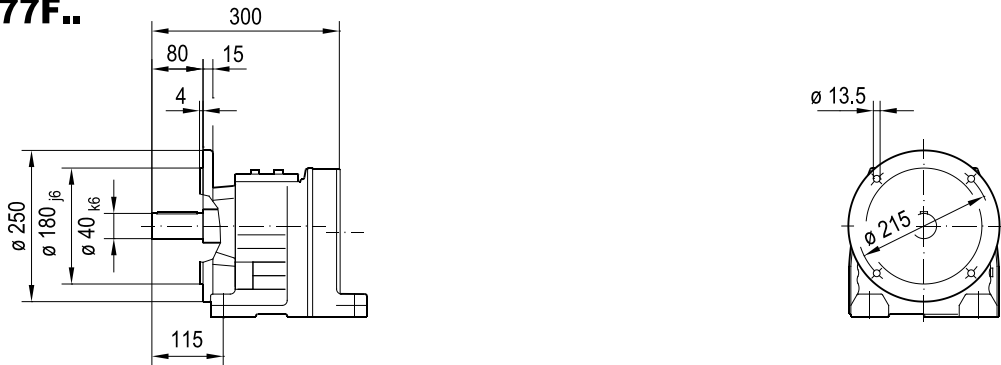
	ESCALA:	NOME	DATA	 <b>ISEL</b>	INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA ÁREA DEPARTAMENTAL DE ENGENHARIA MECÂNICA MESTRADO EM ENGENHARIA MECÂNICA			
	<b>1:5</b>	DESENHOU	PB		08/12/2024			
MATERIAL:		VERIFICOU			CONJUNTO: TRITURADOR			
Acrílico		APROVOU			COMPONENTE:			
TOLERÂNCIA GERAL:		NOTAS:		Placa acrílico maior - 1º estágio				
ISO 2768-mK		Chapa de acrílico de espessura 10 mm.						
ACABAMENTOS:				<b>A3</b>	DESENHO N.º	FOLHA:	MASSA [g]:	REVISÃO:
					10.10.40	1/1		-

# **Anexo 1: Catálogos**

**R77..**



**R77F..**

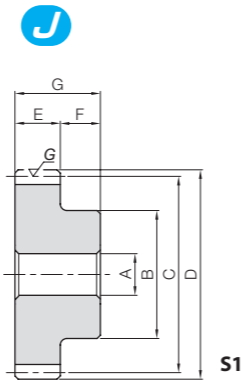


(> 7.3)	DRN													
	63M	71MS	71M	80MK	80M	90S	90L	100LS	100L/L M	112M	132S	132M	132L	160..
AC	115	139	139	156	156	179	179	197	197	221	221	261	261	314
AD	98	118	118	128	128	140	140	157	157	170	170	228	228	253
ADS	98	129	129	139	139	150	150	158	158	172	172	228	228	253
L	491	492	512	523	568	570	602	598	648	679	729	747	773	839
LS	547	560	580	604	649	663	695	692	742	791	841	885	910	1028
LB	191	192	212	223	268	270	302	298	348	379	429	447	473	539
LBS	247	260	280	304	349	363	395	392	442	491	541	585	610	728



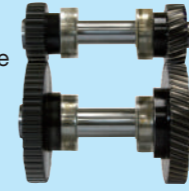
Specifications	
Precision grade	JIS grade N6 (JIS B1702-1: 1998)*
Reference section of gear	Rotating plane
Gear teeth	Standard full depth
Transverse pressure angle	20°
Helix angle	21°30'
Material	SCM440
Heat treatment	Thermal refined, gear teeth induction hardened
Tooth hardness	50 to 60HRC
Surface treatment	Black oxide coated except for teeth

\* The precision grade of J Series products is equivalent to the value shown in the table.

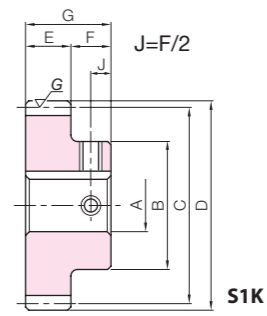


Usable in the assembly distance of the spur gear.

KHG ground helical gears use a "transverse" module. The assembly distance is the same as spur gear pairs with the same module and number of teeth. Improved strength and low noise: Take the next step up from spur gears.



J Series



To order J Series products, please specify: **Catalog No. + J + BORE.**

Catalog Number	No. of teeth	Direction of helix	Shape	Bore AH7	Hub dia. B	Pitch dia. C	Outside dia. D	Face width E	Hub width F	Total length G	Allowable torque (N·m)		Allowable torque (kgf·m)		Backlash (mm)	Weight (kg)
											Bending strength	Surface durability	Bending strength	Surface durability		
KHG2-15R	15	R	S1	12	24	30	34	16	13	29	40.5	22.8	4.13	2.32	0.10~0.20	0.11
KHG2-15L																
KHG2-18R	18	R	S1	12	30	36	40	16	13	29	48.5	31.9	4.95	3.25	0.10~0.20	0.17
KHG2-18L																
KHG2-20R	20	R	S1	15	32	40	44	16	13	29	56.6	40.8	5.77	4.16	0.10~0.20	0.20
KHG2-20L																
KHG2-22R	22	R	S1	15	36	44	48	16	13	29	64.9	50.6	6.62	5.16	0.10~0.20	0.25
KHG2-22L																
KHG2-25R	25	R	S1	15	40	50	54	16	13	29	77.5	67.3	7.90	6.86	0.10~0.20	0.33
KHG2-25L																
KHG2-26R	26	R	S1	15	42	52	56	16	13	29	81.8	73.4	8.34	7.49	0.10~0.20	0.37
KHG2-26L																
KHG2-28R	28	R	S1	15	45	56	60	16	13	29	90.4	86.6	9.21	8.83	0.10~0.20	0.43
KHG2-28L																
KHG2-30R	30	R	S1	18	50	60	64	16	13	29	99.1	101	10.1	10.3	0.10~0.20	0.50
KHG2-30L																
KHG2-32R	32	R	S1	18	50	64	68	16	13	29	108	117	11.0	11.9	0.10~0.20	0.55
KHG2-32L																
KHG2-35R	35	R	S1	18	50	70	74	16	13	29	121	142	12.3	14.5	0.10~0.20	0.63
KHG2-35L																
KHG2-36R	36	R	S1	18	50	72	76	16	13	29	126	151	12.8	15.4	0.10~0.20	0.65
KHG2-36L																
KHG2-40R	40	R	S1	20	60	80	84	16	13	29	143	191	14.6	19.5	0.10~0.20	0.85
KHG2-40L																
KHG2-45R	45	R	S1	20	60	90	94	16	13	29	166	248	16.9	25.3	0.10~0.20	1.02
KHG2-45L																
KHG2-48R	48	R	S1	20	60	96	100	16	13	29	172	273	17.5	27.9	0.10~0.20	1.13
KHG2-48L																
KHG2-50R	50	R	S1	25	60	100	104	16	13	29	181	299	18.4	30.5	0.10~0.20	1.16
KHG2-50L																
KHG2-60R	60	R	S1	25	65	120	124	16	13	29	225	447	22.9	45.6	0.10~0.20	1.65
KHG2-60L																
KHG2-70R	70	R	S1	25	70	140	144	16	13	29	269	625	27.4	63.7	0.10~0.20	2.21
KHG2-70L																
KHG2-80R	80	R	S1	25	80	160	164	16	13	29	301	799	30.7	81.4	0.10~0.20	2.93
KHG2-80L																
KHG2-90R	90	R	S1	25	90	180	184	16	13	29	344	1030	35.0	105	0.10~0.20	3.73
KHG2-90L																
KHG2-100R	100	R	S1	25	100	200	204	16	13	29	387	1290	39.4	132	0.10~0.20	4.64
KHG2-100L																

Bore H7	* The product shapes of J Series items are identified by background color.																			
	12	14	15	16	17	18	19	20	22	25	28	30	32	35	40	45	50			
Keyway Js9	4x1.8			5x2.3			6x2.8			8x3.3			10x3.3		12x3.3		14x3.8			
Screw size	M4				M5				M6				M8				M10			
Catalog Number	S1K																			
KHG2-15R J BORE	S1K																			
KHG2-15L J BORE	S1K																			
KHG2-18R J BORE	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K															
KHG2-18L J BORE	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K															
KHG2-20R J BORE			S1K	S1K	S1K															
KHG2-20L J BORE			S1K	S1K	S1K															
KHG2-22R J BORE			S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K												
KHG2-22L J BORE			S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K												
KHG2-25R J BORE			S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K											
KHG2-25L J BORE			S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K											
KHG2-26R J BORE			S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K											
KHG2-26L J BORE			S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K											
KHG2-28R J BORE			S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K										
KHG2-28L J BORE			S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K										
KHG2-30R J BORE						S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K							
KHG2-30L J BORE						S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K							
KHG2-32R J BORE						S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K							
KHG2-32L J BORE						S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K							
KHG2-35R J BORE						S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K						
KHG2-35L J BORE						S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K						
KHG2-36R J BORE						S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K							
KHG2-36L J BORE						S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K							
KHG2-40R J BORE									S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K					
KHG2-40L J BORE									S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K					
KHG2-45R J BORE									S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K					
KHG2-45L J BORE									S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K					
KHG2-48R J BORE									S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K					
KHG2-48L J BORE									S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K					
KHG2-50R J BORE										S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K					
KHG2-50L J BORE										S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K					
KHG2-60R J BORE											S1K	S1K	S1K	S1K	S1K					
KHG2-60L J BORE											S1K	S1K	S1K	S1K	S1K					
KHG2-70R J BORE											S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K				
KHG2-70L J BORE											S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K				
KHG2-80R J BORE											S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K			
KHG2-80L J BORE											S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K			
KHG2-90R J BORE											S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K			
KHG2-90L J BORE											S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K			
KHG2-100R J BORE											S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K			
KHG2-100L J BORE											S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K	S1K			



Image may differ from product. See technical specification for details.

## 306

### Deep groove ball bearing with filling slots

Single row deep groove ball bearings with filling slots accommodate more balls than standard deep groove ball bearings. They are of a simple, yet versatile, design and are robust in operation, requiring little maintenance. They can accommodate radial and axial loads in both directions. They have a higher radial load carrying capacity than the corresponding bearings without filling slots but have a limited axial load carrying capacity due to the filling slots.

- Simple, versatile and robust design
- Accommodate higher radial loads than corresponding bearings without filling slots, with limited axial loads in both directions
- Require little maintenance

## Overview

### Dimensions

Bore diameter	30 mm
Outside diameter	72 mm
Width	19 mm

### Performance

Basic dynamic load rating	29.7 kN
Basic static load rating	21.6 kN
Reference speed	18 000 r/min
Limiting speed	11 000 r/min

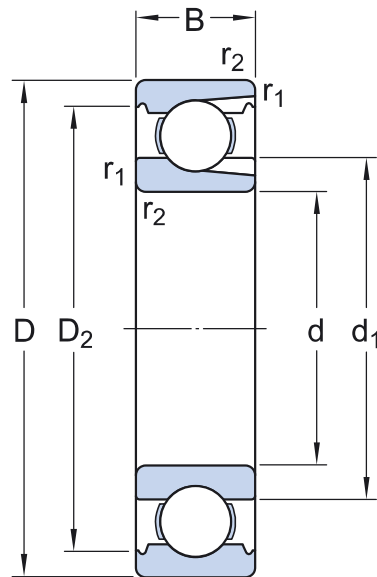
### Properties

Filling slots	With
Number of rows	1
Locating feature, bearing outer ring	None
Bore type	Cylindrical
Cage	Sheet metal
Matched arrangement	No
Radial internal clearance	CN
Material, bearing	Bearing steel
Coating	Without
Sealing	Without
Lubricant	None
Relubrication feature	Without

### Logistics

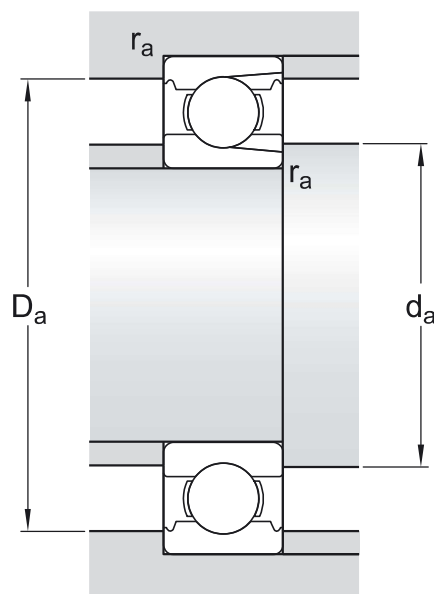
Product net weight	0.369 kg
eClass code	23-05-08-01
UNSPSC code	31171504

## Technical specification



## Dimensions

$d$	30 mm	Bore diameter
$D$	72 mm	Outside diameter
$B$	19 mm	Width
$d_1$	$\approx 44.6$ mm	Shoulder diameter
$D_2$	$\approx 61.88$ mm	Recess diameter
$r_{12}$	min. 1.1 mm	Chamfer dimension



## Abutment dimensions

$d_a$	min. 37 mm	Diameter of shaft abutment
$D_a$	max. 65 mm	Diameter of housing abutment
$r_a$	max. 1 mm	Radius of shaft or housing fillet

## Calculation data

Basic dynamic load rating	C	29.7 kN
Basic static load rating	$C_0$	21.6 kN
Fatigue load limit	$P_u$	0.93 kN
Reference speed		18 000 r/min
Limiting speed		11 000 r/min
Minimum load factor	$k_f$	0.05

## Tolerance class

Dimensional tolerances	Normal
Radial run-out	Normal



Image may differ from product. See technical specification for details.

## 62208-2RS1

### Rolamento rígido de esferas com vedações ou proteções

Os rolamentos rígidos de esferas de uma carreira com vedações ou proteções são particularmente versáteis, possuem baixo atrito e são otimizados para baixo ruído e baixa vibração, o que permite uma alta velocidade de rotação. Eles suportam cargas radiais e axiais em ambas as direções, são fáceis de montar e requerem menos manutenção do que muitos outros tipos de rolamentos. A vedação integral pode prolongar significativamente a vida útil do rolamento, pois mantém o lubrificante dentro dos rolamentos e os contaminantes fora.

- Vedação integral prolonga vida útil do rolamento
- Modelo simples, versátil e robusto
- Baixo atrito e capacidade de alta velocidade
- Suporta cargas radiais e axiais em ambas as direções
- Requer pouca manutenção

## Visão geral

### Dimensões

Diâmetro do furo	40 mm
Diâmetro externo	80 mm
Largura	23 mm

### Desempenho

Classificação de carga dinâmica básica	30.7 kN
Classificação de carga estática básica	19 kN
Velocidade-limite	5 600 r/min

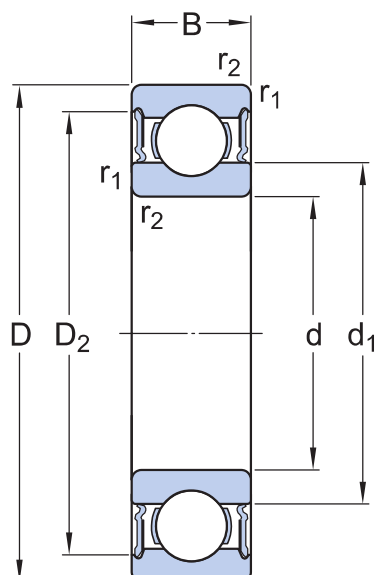
### Propriedades

Rasgos de entrada	Sem
Número de carreiras	1
Recurso de localização, anel externo do rolamento	Nenhum
Tipo de furo	Cilindrico
Gaiola	Metal laminado
Arranjo pareado	Não
Folga interna radial	CN
Material, rolamento	Aço para rolamentos
Revestimento	Sem
Vedação	Vedação em ambos os lados
Tipo de vedação	Contato
Lubrificante	Graxa
Recurso de relubrificação	Sem

### Logística

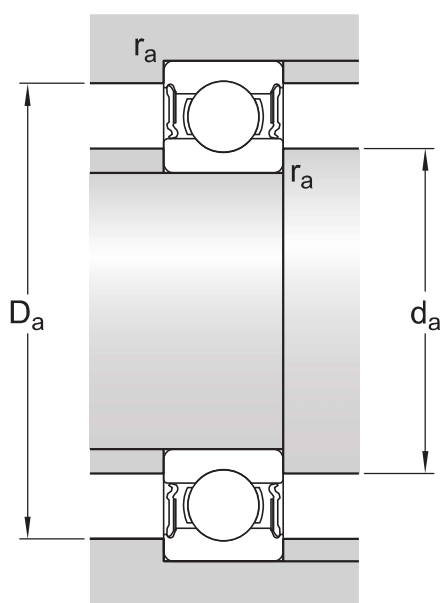
Peso líquido do produto	0.46 kg
Código eClass	23-05-08-01
Código UNSPSC	31171504

## Especificação técnica



## Dimensões

$d$	40 mm	Diâmetro do furo
$D$	80 mm	Diâmetro externo
$B$	23 mm	Largura
$d_1$	$\approx 52.6$ mm	Diâmetro do ressalto
$D_2$	$\approx 69.8$ mm	Diâmetro do rebaixo
$r_{1,2}$	min. 1.1 mm	Dimensão de chanfro



## Dimensões do encosto

$d_a$	min. 47 mm	Diâmetro do encosto do eixo
$d_a$	max. 52,5 mm	Diâmetro do encosto do eixo
$D_a$	max. 73 mm	Diâmetro do encosto do mancal
$r_a$	max. 1 mm	Raio de concordância do eixo ou filete do mancal

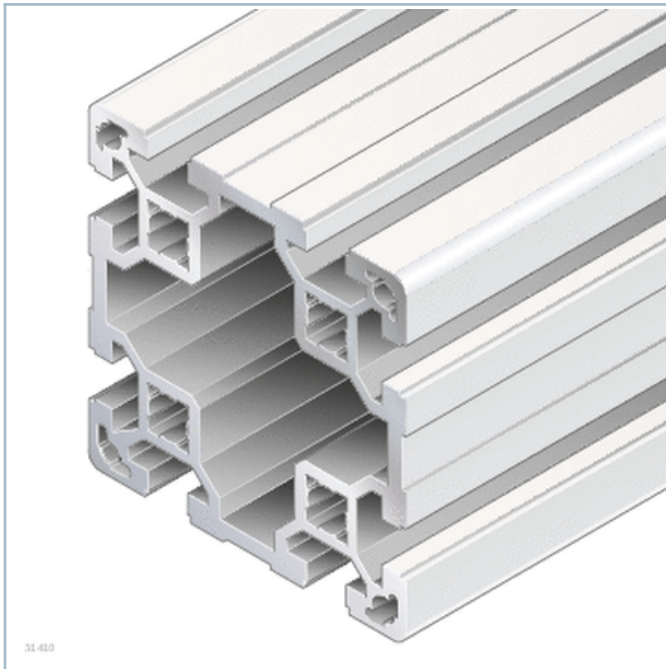
## Dados de cálculo

Classificação de carga dinâmica básica	C	30,7 kN
Classificação de carga estática básica	$C_0$	19 kN
Limite de carga de fadiga	$P_u$	0,8 kN
Velocidade-limite		5 600 r/min
Fator de carga mínima	$k_r$	0,025
Fator de cálculo	$f_0$	13,8

## Classe de tolerância

Tolerâncias dimensionais	Normal
Desvio radial	Normal

## Strut profile 80x80L



31 410

# Product description

[Quick & Easy profile finishes](#)

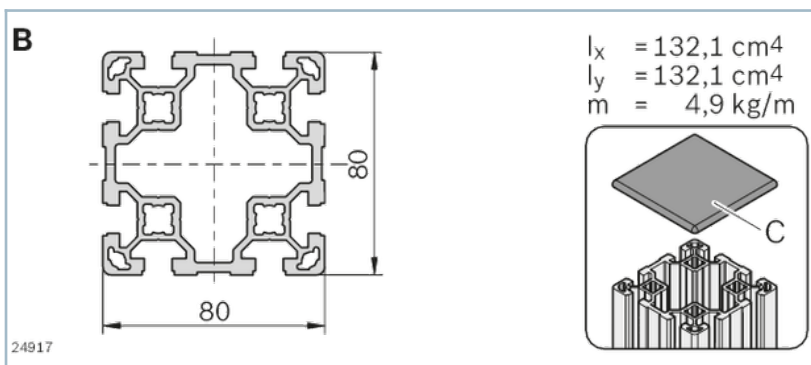
[Introduction to strut profiles](#)

## Technical data

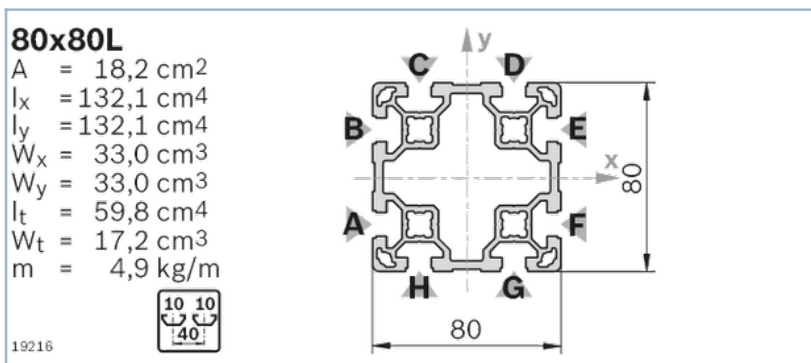
[Quick & Easy profile finishes](#)

## Dimensions

### Section profile AL 80x80 L



### Strut profile 80x80L





## Ordering codes

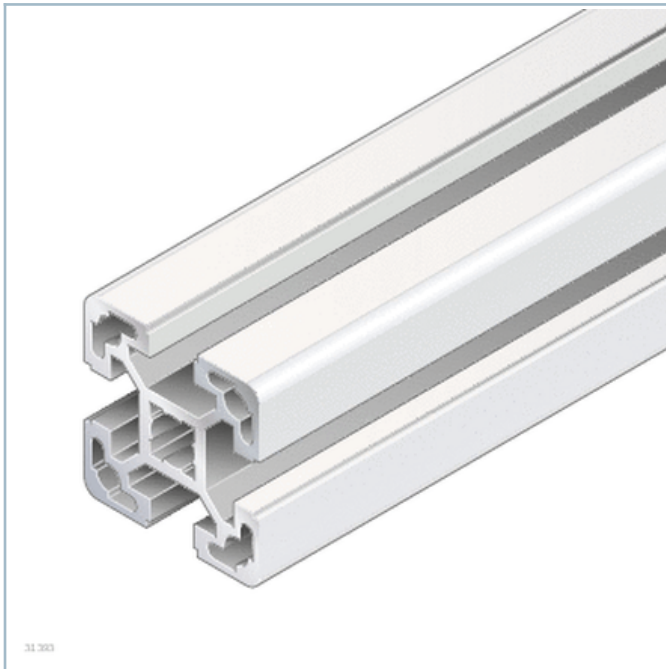
The following cover caps can be used:

Cover cap 80x80, signal gray (1x)

Cover cap 80x80, black (1x)

	L			ESD	No.
	mm				
Strut profile 80x80L	50 ... 6070		1		3842993133
Strut profile 80x80L M12/-	60 ... 6000		1		3842993134
Strut profile 80x80L M12/M12	110 ... 6000		1		3842993147

## Strut profile 40x40L



31.303

# Product description

[Quick & Easy profile finishes](#)

[Introduction to strut profiles](#)

## Technical data

[Quick & Easy profile finishes](#)


## Dimensions

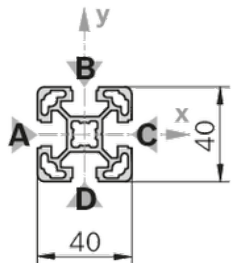
Strut profile 40x40L

**40x40L**

A = 5,6 cm<sup>2</sup>  
 $I_x = 9,1 \text{ cm}^4$   
 $I_y = 9,1 \text{ cm}^4$   
 $W_x = 4,5 \text{ cm}^3$   
 $W_y = 4,5 \text{ cm}^3$   
 $I_t = 1,3 \text{ cm}^4$   
 $W_t = 0,74 \text{ cm}^3$   
m = 1,5 kg/m

19199





## Ordering codes

The following caps with holes are needed:



40x40 signal gray (1 item)

40x40 black (1 item)

The following cover caps are needed:

40x40 signal gray (1 item)

40x40 black (1 item)

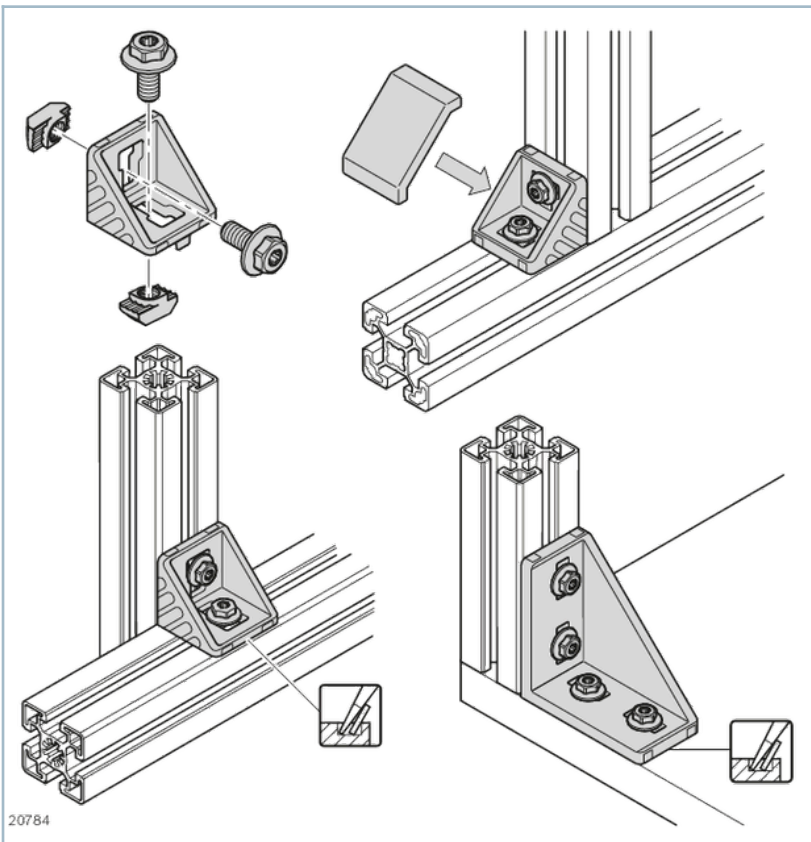
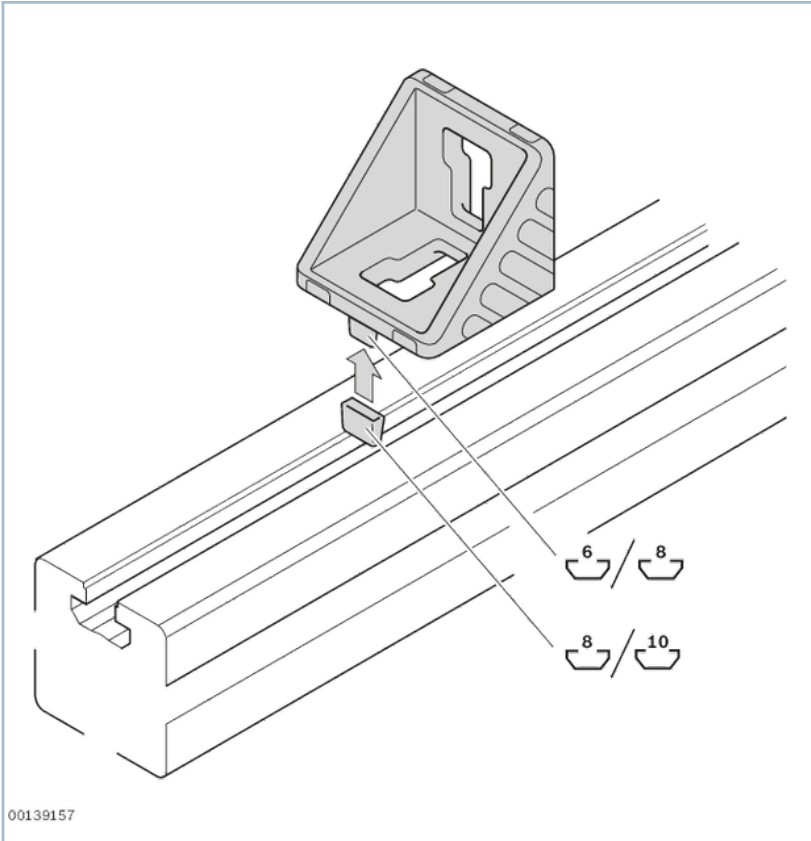
	L			ESD	No.
	mm				
Strut profile 40x40L	50 ... 6070		1		3842993120
Strut profile 40x40L M12/-	60 ... 6000		1		3842993121
Strut profile 40x40L M12/M12	110 ... 6000		1		3842993122
Strut profile 40x40L M12/D17	90 ... 6000		1		3842993123
Strut profile 40x40L D17/-	60 ... 6000		1		3842993124
Strut profile 40x40L D17/D17	80 ... 6000		1		3842993125
Strut profile 40x40L D17/D17V	80 ... 6000		1		3842993126
Strut profile 40x40L D9,8/D9,8	80 ... 6000		1		3842993129
Strut profile 40x40L, 20xL=6070mm	6070	20			3842529339
Strut profile 40x40L Q&E, L50-6000	50 ... 6070				3842993724
Cover cap 40x40, signal gray			100		3842548746

## Bracket 80/80



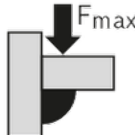
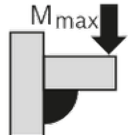
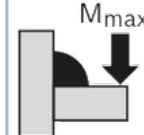




- Brackets with centering lugs for rapid, precise assembly with protection against turning
- Centering lugs can be easily broken off for assembly on plates or at right angles to the slot
- Version *designLINE* with special silver paint (RAL 9006) for an especially high-quality design
- Cover cap to protect from dirt, available in signal gray (RAL 7004) and black ESD (RAL 9005)
- Profile finishing: not required

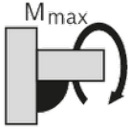
# Product description

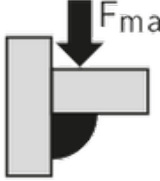
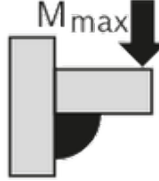




Connection elements, selection criteria

# Technical data

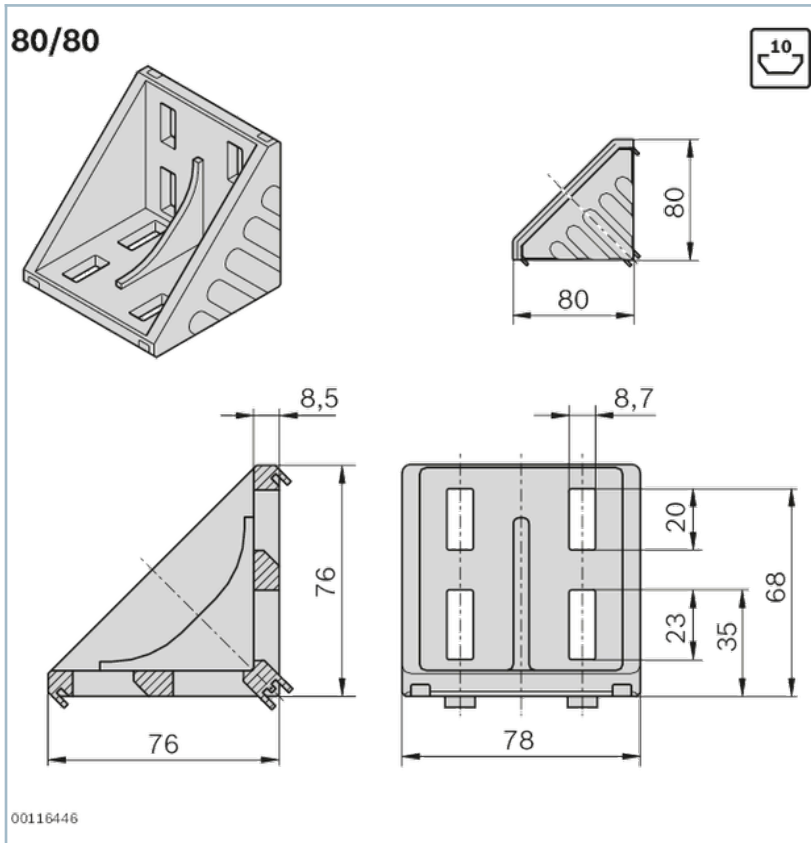
	Groove	ES D	Material entry			
				$F_{max}$	$M_{max}$	$M_{max}$
				N	Nm	Nm
Bracket	10		Bracket: Diecast aluminum, vibratory ground Fastening material: steel; galvanized	14000	500	1000
	10		Bracket <i>designLINE</i> : Diecast aluminum; vibratory ground, painted (RAL 9006) Fastening material: steel; galvanized	14000	500	1000
	10		Bracket: Diecast aluminum, vibratory ground	14000	500	1000
Cover cap for bracket			PP			
			PP			


$M_{max}$
Nm
400
400
400

Typ				
80 / 80	14000 N	500 Nm	1000 Nm	400 Nm

## Dimensions

### Bracket 80/80 with cover cap



## Accessories

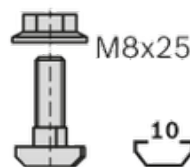
### Recommended accessories

Cover cap for bracket 80/80, signal gray

Cover cap for bracket 80/80, black

## Delivery notes

FS7



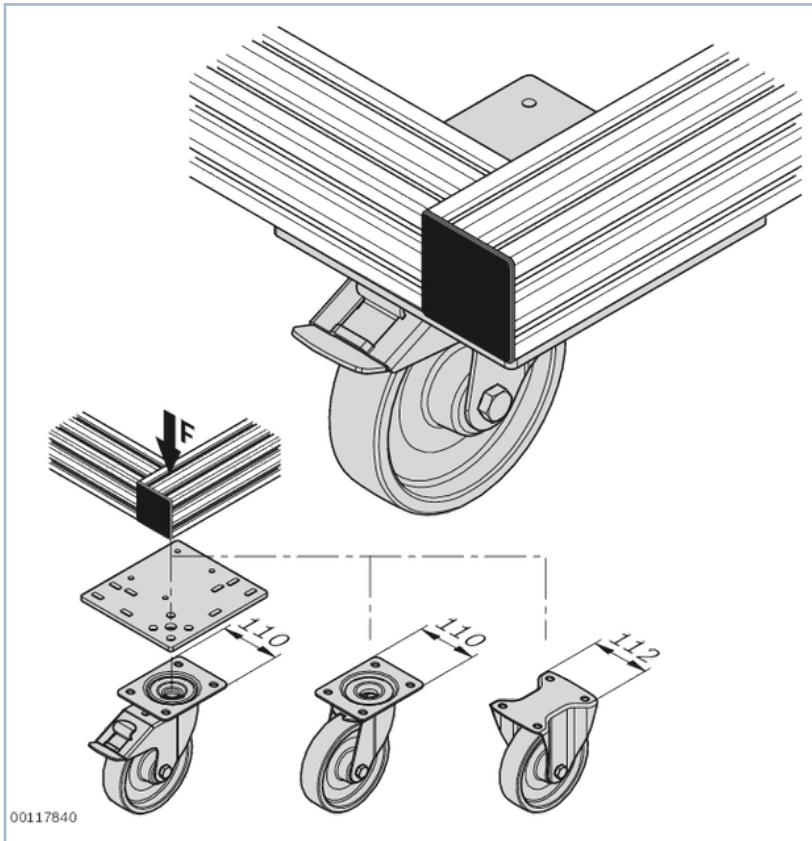


## Heavy-duty wheel



- Heavy-duty wheel with mounting flange
- Available as a caster wheel with lock, caster, and trestle wheel
- Heavy-duty, particularly suited for workshop applications
- Wheels with excellent running properties
- Screw-on plate for attachment to 40 mm or 45 mm profiles

## Product description

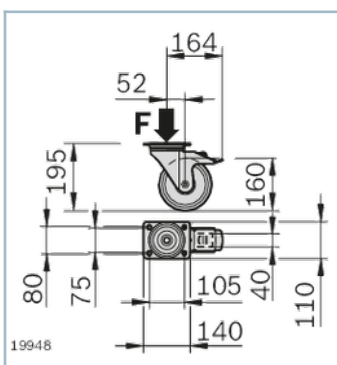


## Technical data

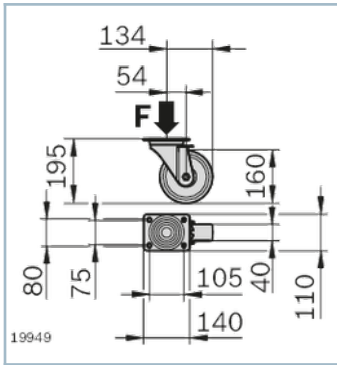
No.		3842536737	3842536738	3842536701	3842562057	3842562058	3842562059
Material		Housing: Steel; zinc-plated Wheel: TPU		Galvanized steel	Housing: Steel; zinc-plated Wheel: TPU, 94° shore A, gray		

## Dimensions

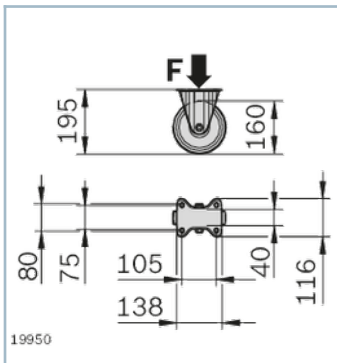
Heavy-duty wheel, LR with lock, F3000



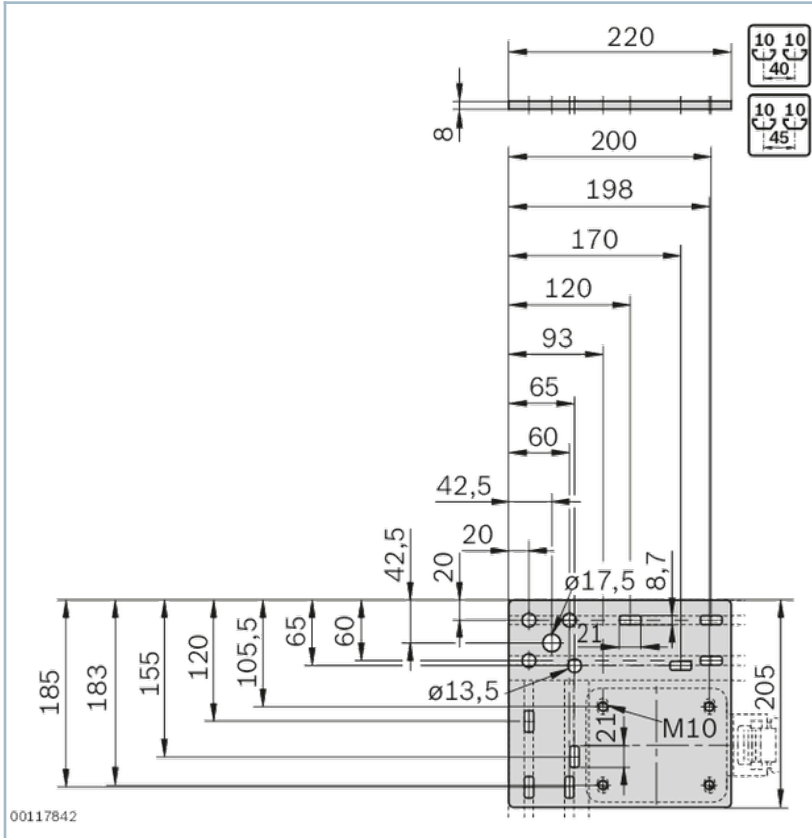
Heavy-duty wheel, LR



Trestle wheel



Screw-on plate, heavy duty wheel





## Descrição

### Material:

Cubo em alumínio.  
Coroa dentada em poliuretano.

### Versão:

Superfície do cubo sem proteção anticorrosiva.  
Coroa dentada azul 80 Shore A.  
Coroa dentada amarela 92 Shore A.  
Coroa dentada vermelha 98 Shore A.

### Indicação:

O acoplamento de garras em elastômero é composto por dois cubos e uma coroa dentada em elastômero. Destinam-se a compensar erros de alinhamento axiais, radiais e angulares, bem como para amortecer oscilações e choques de torque.

A coroa dentada em poliuretano está disponível em diferentes graus de dureza. Quanto mais elevada a dureza da coroa dentada para acoplamento, mais elevado será o torque transmitido e a rigidez. Quanto menor for a dureza, a capacidade de deslocamento e de amortecimento aumenta.

A pré-tensão das coroas dentadas de acoplamento nos cubos de acoplamento torna esta variante livre de folgas.

A entrega ocorre desmontada.

### Faixa de temperatura:

Azul 80 Shore A: -50 °C até +80 °C. Em curto espaço de tempo -60 °C até +120 °C.  
Amarelo 92 Shore A: -30 °C até +90 °C. Em curto espaço de tempo -50 °C até +120 °C.  
Vermelho 98 Shore A: -30 °C até +90 °C. Em curto espaço de tempo -40 °C até +120 °C.

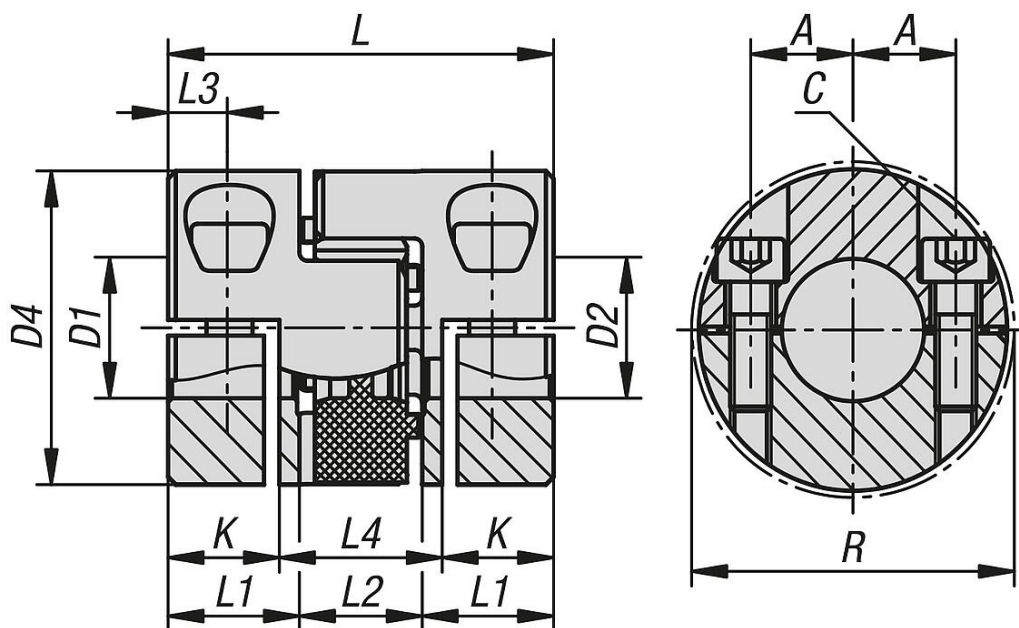
### Montagem:

Os acoplamentos de garras em elastômero têm um ajuste de H7. A folga de ajuste recomendada é de 0,02 mm–0,05 mm. Esta folga de ajuste e olear as pontas do eixo facilita a montagem e desmontagem.

Para a montagem, os cubos do acoplamento de garras em elastômero são colocados em cima do eixo e bloqueadas por meio de cubos de aperto.

### Sob consulta:

Furos do cubo D1 e D2 desejados separadamente com classe ou faixa de tolerância.  
Rasgo de chaveta de acordo com DIN 6885.



## Visão geral dos artigos

Código do artigo	Tamanho	Cor dos componentes	Momento de inércia (gm <sup>2</sup> )	Rigidez à torção estática (Nm/rad)	Rigidez à torção dinâmica (Nm/rad)	Rigidez da mola radial (N/mm)	Desvio máx. do eixo radial (mm)
23022-25-24980581925	24	vermelho	0,121	3700	8130	2940	0,11
23022-25-19920501414	19	amarelo	0,019	1090	1815	1120	0,1
23022-25-28920621414	28	amarelo	0,266	4080	6745	1780	0,15
23022-25-14980320814	14	vermelho	0,006	171,9	513	654	0,09
23022-25-24980581920	24	vermelho	0,121	3700	8130	2940	0,11
23022-25-24980582025	24	vermelho	0,121	3700	8130	2940	0,11
23022-25-19980500808	19	vermelho	0,019	1512	2540	2010	0,06
23022-25-24980581819	24	vermelho	0,121	3700	8130	2940	0,11
23022-25-19980501214	19	vermelho	0,019	1512	2540	2010	0,06
23022-25-19920501515	19	amarelo	0,019	1090	1815	1120	0,1
23022-25-24920582025	24	amarelo	0,121	2300	5130	1900	0,15
23022-25-24920582525	24	amarelo	0,121	2300	5130	1900	0,15
23022-25-24980582020	24	vermelho	0,121	3700	8130	2940	0,11
23022-25-19980501215	19	vermelho	0,019	1512	2540	2010	0,06
23022-25-19980501515	19	vermelho	0,019	1512	2540	2010	0,06
23022-25-19980501616	19	vermelho	0,019	1512	2540	2010	0,06
23022-25-42920944545	42	amarelo	1,832	10870	20500	4100	0,19
23022-25-28920623232	28	amarelo	0,266	4080	6745	1780	0,15
23022-25-19980501414	19	vermelho	0,019	1512	2540	2010	0,06
23022-25-14980321012	14	vermelho	0,006	171,9	513	654	0,09
23022-25-38920861818	38	amarelo	0,79	6525	12000	2350	0,17
23022-25-14980321014	14	vermelho	0,006	171,9	513	654	0,09
23022-25-19920501216	19	amarelo	0,019	1090	1815	1120	0,1
23022-25-14980320812	14	vermelho	0,006	171,9	513	654	0,09
23022-25-14980321414	14	vermelho	0,006	171,9	513	654	0,09
23022-25-24980581825	24	vermelho	0,121	3700	8130	2940	0,11
23022-25-28920622424	28	amarelo	0,266	4080	6745	1780	0,15
23022-25-24920581819	24	amarelo	0,121	2300	5130	1900	0,15
23022-25-19980501516	19	vermelho	0,019	1512	2540	2010	0,06
23022-25-14980320810	14	vermelho	0,006	171,9	513	654	0,09
23022-25-38920862828	38	amarelo	0,79	6525	12000	2350	0,17
23022-25-48921105050	48	amarelo	3,101	12968	22800	4500	0,23
23022-25-24920581920	24	amarelo	0,121	2300	5130	1900	0,15
23022-25-28920622828	28	amarelo	0,266	4080	6745	1780	0,15
23022-25-14980320404	14	vermelho	0,006	171,9	513	654	0,09

# 23022-25 Acoplamentos de garras em elastômero, forma de estrutura curta com cubo de aperto removível



## Visão geral dos artigos

Código do artigo	Tamanho	Cor dos componentes	Momento de inércia (gm <sup>2</sup> )	Rigidez à torção estática (Nm/rad)	Rigidez à torção dinâmica (Nm/rad)	Rigidez da mola radial (N/mm)	Desvio máx. do eixo radial (mm)
23022-25-48921102222	48	amarelo	3,101	12968	22800	4500	0,23
23022-25-19920501415	19	amarelo	0,019	1090	1815	1120	0,1
23022-25-48921103838	48	amarelo	3,101	12968	22800	4500	0,23
23022-25-19980501216	19	vermelho	0,019	1512	2540	2010	0,06
23022-25-24920581825	24	amarelo	0,121	2300	5130	1900	0,15
23022-25-42920943232	42	amarelo	1,832	10870	20500	4100	0,19
23022-25-19980501415	19	vermelho	0,019	1512	2540	2010	0,06
23022-25-42920942222	42	amarelo	1,832	10870	20500	4100	0,19
23022-25-38920863838	38	amarelo	0,79	6525	12000	2350	0,17
23022-25-24920581820	24	amarelo	0,121	2300	5130	1900	0,15
23022-25-19980501212	19	vermelho	0,019	1512	2540	2010	0,06
23022-25-24980581919	24	vermelho	0,121	3700	8130	2940	0,11
23022-25-48921104545	48	amarelo	3,101	12968	22800	4500	0,23
23022-25-19920501516	19	amarelo	0,019	1090	1815	1120	0,1
23022-25-19980501416	19	vermelho	0,019	1512	2540	2010	0,06
23022-25-14980320808	14	vermelho	0,006	171,9	513	654	0,09
23022-25-24980582525	24	vermelho	0,121	3700	8130	2940	0,11
23022-25-24920582020	24	amarelo	0,121	2300	5130	1900	0,15
23022-25-14980321214	14	vermelho	0,006	171,9	513	654	0,09
23022-25-24920581925	24	amarelo	0,121	2300	5130	1900	0,15
23022-25-42920943838	42	amarelo	1,832	10870	20500	4100	0,19
23022-25-19920501416	19	amarelo	0,019	1090	1815	1120	0,1
23022-25-24980581818	24	vermelho	0,121	3700	8130	2940	0,11
23022-25-24920581010	24	amarelo	0,121	2300	5130	1900	0,15
23022-25-28980621414	28	vermelho	0,266	6410	9920	3200	0,11
23022-25-24980581820	24	vermelho	0,121	3700	8130	2940	0,11
23022-25-24980581010	24	vermelho	0,121	3700	8130	2940	0,11
23022-25-19920501616	19	amarelo	0,019	1090	1815	1120	0,1
23022-25-14980321010	14	vermelho	0,006	171,9	513	654	0,09
23022-25-38920863232	38	amarelo	0,79	6525	12000	2350	0,17
23022-25-24920581818	24	amarelo	0,121	2300	5130	1900	0,15
23022-25-24920581919	24	amarelo	0,121	2300	5130	1900	0,15
23022-25-14980321212	14	vermelho	0,006	171,9	513	654	0,09
23022-25-14800320404	14	azul	0,006	60,2	180	153	0,21
23022-25-14800320808	14	azul	0,006	60,2	180	153	0,21
23022-25-14800320810	14	azul	0,006	60,2	180	153	0,21
23022-25-14800320812	14	azul	0,006	60,2	180	153	0,21
23022-25-14800320814	14	azul	0,006	60,2	180	153	0,21
23022-25-14800321010	14	azul	0,006	60,2	180	153	0,21
23022-25-14800321012	14	azul	0,006	60,2	180	153	0,21
23022-25-14800321014	14	azul	0,006	60,2	180	153	0,21
23022-25-14800321212	14	azul	0,006	60,2	180	153	0,21
23022-25-14800321214	14	azul	0,006	60,2	180	153	0,21
23022-25-14800321414	14	azul	0,006	60,2	180	153	0,21
23022-25-19800500808	19	azul	0,019	618	1065	582	0,15
23022-25-19800501212	19	azul	0,019	618	1065	582	0,15
23022-25-19800501214	19	azul	0,019	618	1065	582	0,15
23022-25-19800501215	19	azul	0,019	618	1065	582	0,15
23022-25-19800501216	19	azul	0,019	618	1065	582	0,15
23022-25-19800501414	19	azul	0,019	618	1065	582	0,15
23022-25-19800501415	19	azul	0,019	618	1065	582	0,15
23022-25-19800501416	19	azul	0,019	618	1065	582	0,15
23022-25-19800501515	19	azul	0,019	618	1065	582	0,15
23022-25-19800501516	19	azul	0,019	618	1065	582	0,15
23022-25-19800501616	19	azul	0,019	618	1065	582	0,15
23022-25-24800581010	24	azul	0,121	860	1390	840	0,2
23022-25-24800581818	24	azul	0,121	860	1390	840	0,2
23022-25-24800581819	24	azul	0,121	860	1390	840	0,2
23022-25-24800581820	24	azul	0,121	860	1390	840	0,2
23022-25-24800581825	24	azul	0,121	860	1390	840	0,2
23022-25-24800581919	24	azul	0,121	860	1390	840	0,2
23022-25-24800581920	24	azul	0,121	860	1390	840	0,2
23022-25-24800581925	24	azul	0,121	860	1390	840	0,2
23022-25-24800582020	24	azul	0,121	860	1390	840	0,2

# 23022-25 Acoplamentos de garras em elastômero, forma de estrutura curta com cubo de aperto removível



## Visão geral dos artigos

Código do artigo	Tamanho	Cor dos componentes	Momento de inércia (gm <sup>2</sup> )	Rigidez à torção estática (Nm/rad)	Rigidez à torção dinâmica (Nm/rad)	Rigidez da mola radial (N/mm)	Desvio máx. do eixo radial (mm)
23022-25-24800582025	24	azul	0,121	860	1390	840	0,2
23022-25-24800582525	24	azul	0,121	860	1390	840	0,2
23022-25-28800621414	28	azul	0,266	1370	2350	990	0,2
23022-25-28800622424	28	azul	0,266	1370	2350	990	0,2
23022-25-28800622828	28	azul	0,266	1370	2350	990	0,2
23022-25-28800623232	28	azul	0,266	1370	2350	990	0,2
23022-25-14920320404	14	amarelo	0,006	114,6	344	336	0,15
23022-25-14920320808	14	amarelo	0,006	114,6	344	336	0,15
23022-25-14920320810	14	amarelo	0,006	114,6	344	336	0,15
23022-25-14920320812	14	amarelo	0,006	114,6	344	336	0,15
23022-25-14920320814	14	amarelo	0,006	114,6	344	336	0,15
23022-25-14920321010	14	amarelo	0,006	114,6	344	336	0,15
23022-25-14920321012	14	amarelo	0,006	114,6	344	336	0,15
23022-25-14920321014	14	amarelo	0,006	114,6	344	336	0,15
23022-25-14920321212	14	amarelo	0,006	114,6	344	336	0,15
23022-25-14920321214	14	amarelo	0,006	114,6	344	336	0,15
23022-25-14920321414	14	amarelo	0,006	114,6	344	336	0,15
23022-25-19920500808	19	amarelo	0,019	1090	1815	1120	0,1
23022-25-19920501212	19	amarelo	0,019	1090	1815	1120	0,1
23022-25-19920501214	19	amarelo	0,019	1090	1815	1120	0,1
23022-25-19920501215	19	amarelo	0,019	1090	1815	1120	0,1
23022-25-28980622424	28	vermelho	0,266	6410	9920	3200	0,11
23022-25-28980622828	28	vermelho	0,266	6410	9920	3200	0,11
23022-25-28980623232	28	vermelho	0,266	6410	9920	3200	0,11
23022-25-38980861818	38	vermelho	0,79	11800	21850	4400	0,12
23022-25-38980862828	38	vermelho	0,79	11800	21850	4400	0,12
23022-25-38980863232	38	vermelho	0,79	11800	21850	4400	0,12
23022-25-38980863838	38	vermelho	0,79	11800	21850	4400	0,12
23022-25-42980942222	42	vermelho	1,832	21594	37692	5940	0,14
23022-25-42980943232	42	vermelho	1,832	21594	37692	5940	0,14
23022-25-42980943838	42	vermelho	1,832	21594	37692	5940	0,14
23022-25-42980944545	42	vermelho	1,832	21594	37692	5940	0,14
23022-25-48981102222	48	vermelho	3,101	25759	49400	6820	0,16
23022-25-48981103838	48	vermelho	3,101	25759	49400	6820	0,16
23022-25-48981104545	48	vermelho	3,101	25759	49400	6820	0,16
23022-25-48981105050	48	vermelho	3,101	25759	49400	6820	0,16

Código do artigo	Desalinhamento máx. do eixo axial (mm)	Desalinhamento máx. angular (°)	Torque máximo Nm	Coroa dentada dureza	Torque nominal Nm	Rotação máx Rpm
23022-25-24980581925	+1,4 / -0,5	0,9	120	98 Shore A	60	7000
23022-25-19920501414	+1,2 / -0,5	1	24	92 Shore A	12	10000
23022-25-28920621414	+1,5 / -0,7	1	190	92 Shore A	95	6000
23022-25-14980320814	+1 / -0,5	0,9	25	98 Shore A	12,5	13000
23022-25-24980581920	+1,4 / -0,5	0,9	120	98 Shore A	60	7000
23022-25-24980582025	+1,4 / -0,5	0,9	120	98 Shore A	60	7000
23022-25-19980500808	+1,2 / -0,5	0,9	42	98 Shore A	21	10000
23022-25-24980581819	+1,4 / -0,5	0,9	120	98 Shore A	60	7000
23022-25-19980501214	+1,2 / -0,5	0,9	42	98 Shore A	21	10000
23022-25-19920501515	+1,2 / -0,5	1	24	92 Shore A	12	10000
23022-25-24920582025	+1,4 / -0,5	1	70	92 Shore A	35	7000
23022-25-24920582525	+1,4 / -0,5	1	70	92 Shore A	35	7000
23022-25-24980582020	+1,4 / -0,5	0,9	120	98 Shore A	60	7000
23022-25-19980501215	+1,2 / -0,5	0,9	42	98 Shore A	21	10000
23022-25-19980501515	+1,2 / -0,5	0,9	42	98 Shore A	21	10000
23022-25-19980501616	+1,2 / -0,5	0,9	42	98 Shore A	21	10000
23022-25-42920944545	+2 / -1	1	830	92 Shore A	265	4000
23022-25-28920623232	+1,5 / -0,7	1	190	92 Shore A	95	6000
23022-25-19980501414	+1,2 / -0,5	0,9	42	98 Shore A	21	10000
23022-25-14980321012	+1 / -0,5	0,9	25	98 Shore A	12,5	13000
23022-25-38920861818	+1,8 / -0,7	1	380	92 Shore A	190	5000
23022-25-14980321014	+1 / -0,5	0,9	25	98 Shore A	12,5	13000
23022-25-19920501216	+1,2 / -0,5	1	24	92 Shore A	12	10000
23022-25-14980320812	+1 / -0,5	0,9	25	98 Shore A	12,5	13000

# 23022-25 Acoplamentos de garras em elastômero, forma de estrutura curta com cubo de aperto removível



## Visão geral dos artigos

Código do artigo	Desalinhamento máx. do eixo axial (mm)	Desalinhamento máx. angular (°)	Torque máximo Nm	Coroa dentada dureza	Torque nominal Nm	Rotação máx Rpm
23022-25-14980321414	+1 / -0,5	0,9	25	98 Shore A	12,5	13000
23022-25-24980581825	+1,4 / -0,5	0,9	120	98 Shore A	60	7000
23022-25-28920622424	+1,5 / -0,7	1	190	92 Shore A	95	6000
23022-25-24920581819	+1,4 / -0,5	1	70	92 Shore A	35	7000
23022-25-19980501516	+1,2 / -0,5	0,9	42	98 Shore A	21	10000
23022-25-14980320810	+1 / -0,5	0,9	25	98 Shore A	12,5	13000
23022-25-38920862828	+1,8 / -0,7	1	380	92 Shore A	190	5000
23022-25-48921105050	+2,1 / -1	1	620	92 Shore A	310	3750
23022-25-24920581920	+1,4 / -0,5	1	70	92 Shore A	35	7000
23022-25-28920622828	+1,5 / -0,7	1	190	92 Shore A	95	6000
23022-25-14980320404	+1 / -0,5	0,9	25	98 Shore A	12,5	13000
23022-25-48921102222	+2,1 / -1	1	620	92 Shore A	310	3750
23022-25-19920501415	+1,2 / -0,5	1	24	92 Shore A	12	10000
23022-25-48921103838	+2,1 / -1	1	620	92 Shore A	310	3750
23022-25-19980501216	+1,2 / -0,5	0,9	42	98 Shore A	21	10000
23022-25-24920581825	+1,4 / -0,5	1	70	92 Shore A	35	7000
23022-25-42920943232	+2 / -1	1	830	92 Shore A	265	4000
23022-25-19980501415	+1,2 / -0,5	0,9	42	98 Shore A	21	10000
23022-25-42920942222	+2 / -1	1	830	92 Shore A	265	4000
23022-25-38920863838	+1,8 / -0,7	1	380	92 Shore A	190	5000
23022-25-24920581820	+1,4 / -0,5	1	70	92 Shore A	35	7000
23022-25-19980501212	+1,2 / -0,5	0,9	42	98 Shore A	21	10000
23022-25-24980581919	+1,4 / -0,5	0,9	120	98 Shore A	60	7000
23022-25-48921104545	+2,1 / -1	1	620	92 Shore A	310	3750
23022-25-19920501516	+1,2 / -0,5	1	24	92 Shore A	12	10000
23022-25-19980501416	+1,2 / -0,5	0,9	42	98 Shore A	21	10000
23022-25-14980320808	+1 / -0,5	0,9	25	98 Shore A	12,5	13000
23022-25-24980582525	+1,4 / -0,5	0,9	120	98 Shore A	60	7000
23022-25-24920582020	+1,4 / -0,5	1	70	92 Shore A	35	7000
23022-25-14980321214	+1 / -0,5	0,9	25	98 Shore A	12,5	13000
23022-25-24920581925	+1,4 / -0,5	1	70	92 Shore A	35	7000
23022-25-42920943838	+2 / -1	1	830	92 Shore A	265	4000
23022-25-19920501416	+1,2 / -0,5	1	24	92 Shore A	12	10000
23022-25-24980581818	+1,4 / -0,5	0,9	120	98 Shore A	60	7000
23022-25-24920581010	+1,4 / -0,5	1	70	92 Shore A	35	7000
23022-25-28980621414	+1,5 / -0,7	0,9	320	98 Shore A	160	6000
23022-25-24980581820	+1,4 / -0,5	0,9	120	98 Shore A	60	7000
23022-25-24980581010	+1,4 / -0,5	0,9	120	98 Shore A	60	7000
23022-25-19920501616	+1,2 / -0,5	1	24	92 Shore A	12	10000
23022-25-14980321010	+1 / -0,5	0,9	25	98 Shore A	12,5	13000
23022-25-38920863232	+1,8 / -0,7	1	380	92 Shore A	190	5000
23022-25-24920581818	+1,4 / -0,5	1	70	92 Shore A	35	7000
23022-25-24920581919	+1,4 / -0,5	1	70	92 Shore A	35	7000
23022-25-14980321212	+1 / -0,5	0,9	25	98 Shore A	12,5	13000
23022-25-14800320404	+1 / -0,5	1,1	8	80 Shore A	4	13000
23022-25-14800320808	+1 / -0,5	1,1	8	80 Shore A	4	13000
23022-25-14800320810	+1 / -0,5	1,1	8	80 Shore A	4	13000
23022-25-14800320812	+1 / -0,5	1,1	8	80 Shore A	4	13000
23022-25-14800320814	+1 / -0,5	1,1	8	80 Shore A	4	13000
23022-25-14800321010	+1 / -0,5	1,1	8	80 Shore A	4	13000
23022-25-14800321012	+1 / -0,5	1,1	8	80 Shore A	4	13000
23022-25-14800321014	+1 / -0,5	1,1	8	80 Shore A	4	13000
23022-25-14800321212	+1 / -0,5	1,1	8	80 Shore A	4	13000
23022-25-14800321214	+1 / -0,5	1,1	8	80 Shore A	4	13000
23022-25-14800321414	+1 / -0,5	1,1	8	80 Shore A	4	13000
23022-25-19800500808	+1,2 / -0,5	1,1	12	80 Shore A	6	10000
23022-25-19800501212	+1,2 / -0,5	1,1	12	80 Shore A	6	10000
23022-25-19800501214	+1,2 / -0,5	1,1	12	80 Shore A	6	10000
23022-25-19800501215	+1,2 / -0,5	1,1	12	80 Shore A	6	10000
23022-25-19800501216	+1,2 / -0,5	1,1	12	80 Shore A	6	10000
23022-25-19800501414	+1,2 / -0,5	1,1	12	80 Shore A	6	10000
23022-25-19800501415	+1,2 / -0,5	1,1	12	80 Shore A	6	10000
23022-25-19800501416	+1,2 / -0,5	1,1	12	80 Shore A	6	10000
23022-25-19800501515	+1,2 / -0,5	1,1	12	80 Shore A	6	10000

# 23022-25 Acoplamentos de garras em elastômero, forma de estrutura curta com cubo de aperto removível



## Visão geral dos artigos

Código do artigo	Desalinhamento máx. do eixo axial (mm)	Desalinhamento máx. angular (°)	Torque máximo Nm	Coroa dentada dureza	Torque nominal Nm	Rotação máx Rpm
23022-25-19800501516	+1,2 / -0,5	1,1	12	80 Shore A	6	10000
23022-25-19800501616	+1,2 / -0,5	1,1	12	80 Shore A	6	10000
23022-25-24800581010	+1,4 / -0,5	1	34	80 Shore A	17	7000
23022-25-24800581818	+1,4 / -0,5	1	34	80 Shore A	17	7000
23022-25-24800581819	+1,4 / -0,5	1	34	80 Shore A	17	7000
23022-25-24800581820	+1,4 / -0,5	1	34	80 Shore A	17	7000
23022-25-24800581825	+1,4 / -0,5	1	34	80 Shore A	17	7000
23022-25-24800581919	+1,4 / -0,5	1	34	80 Shore A	17	7000
23022-25-24800581920	+1,4 / -0,5	1	34	80 Shore A	17	7000
23022-25-24800581925	+1,4 / -0,5	1	34	80 Shore A	17	7000
23022-25-24800582020	+1,4 / -0,5	1	34	80 Shore A	17	7000
23022-25-24800582025	+1,4 / -0,5	1	34	80 Shore A	17	7000
23022-25-24800582525	+1,4 / -0,5	1	34	80 Shore A	17	7000
23022-25-28800621414	+1,5 / -0,7	1,3	92	80 Shore A	46	6000
23022-25-28800622424	+1,5 / -0,7	1,3	92	80 Shore A	46	6000
23022-25-28800622828	+1,5 / -0,7	1,3	92	80 Shore A	46	6000
23022-25-28800623232	+1,5 / -0,7	1,3	92	80 Shore A	46	6000
23022-25-14920320404	+1 / -0,5	1	15	92 Shore A	7,5	13000
23022-25-14920320808	+1 / -0,5	1	15	92 Shore A	7,5	13000
23022-25-14920320810	+1 / -0,5	1	15	92 Shore A	7,5	13000
23022-25-14920320812	+1 / -0,5	1	15	92 Shore A	7,5	13000
23022-25-14920320814	+1 / -0,5	1	15	92 Shore A	7,5	13000
23022-25-14920321010	+1 / -0,5	1	15	92 Shore A	7,5	13000
23022-25-14920321012	+1 / -0,5	1	15	92 Shore A	7,5	13000
23022-25-14920321014	+1 / -0,5	1	15	92 Shore A	7,5	13000
23022-25-14920321212	+1 / -0,5	1	15	92 Shore A	7,5	13000
23022-25-14920321214	+1 / -0,5	1	15	92 Shore A	7,5	13000
23022-25-14920321414	+1 / -0,5	1	15	92 Shore A	7,5	13000
23022-25-19920500808	+1,2 / -0,5	1	24	92 Shore A	12	10000
23022-25-19920501212	+1,2 / -0,5	1	24	92 Shore A	12	10000
23022-25-19920501214	+1,2 / -0,5	1	24	92 Shore A	12	10000
23022-25-19920501215	+1,2 / -0,5	1	24	92 Shore A	12	10000
23022-25-28980622424	+1,5 / -0,7	0,9	320	98 Shore A	160	6000
23022-25-28980622828	+1,5 / -0,7	0,9	320	98 Shore A	160	6000
23022-25-28980623232	+1,5 / -0,7	0,9	320	98 Shore A	160	6000
23022-25-38980861818	+1,8 / -0,7	0,9	650	98 Shore A	325	5000
23022-25-38980862828	+1,8 / -0,7	0,9	650	98 Shore A	325	5000
23022-25-38980863232	+1,8 / -0,7	0,9	650	98 Shore A	325	5000
23022-25-38980863838	+1,8 / -0,7	0,9	650	98 Shore A	325	5000
23022-25-42980942222	+2 / -1	0,9	900	98 Shore A	450	4000
23022-25-42980943232	+2 / -1	0,9	900	98 Shore A	450	4000
23022-25-42980943838	+2 / -1	0,9	900	98 Shore A	450	4000
23022-25-42980944545	+2 / -1	0,9	900	98 Shore A	450	4000
23022-25-48981102222	-2,1 / -1	0,9	1050	98 Shore A	525	3750
23022-25-48981103838	-2,1 / -1	0,9	1050	98 Shore A	525	3750
23022-25-48981104545	-2,1 / -1	0,9	1050	98 Shore A	525	3750
23022-25-48981105050	-2,1 / -1	0,9	1050	98 Shore A	525	3750

Código do artigo	A	C (ISO 4029)	D1 (H7)	D2 (H7)	D1/D2 mín.	D1/D2 máx.	D4	K	L	L1	L2	L3	L4	R	Torque de aperto dos parafusos Nm
23022-25-24980581925	20	M6	19	25	10	32	55	16	58	20	18	8	26	57,5	15
23022-25-19920501414	14,5	M6	14	14	8	21	40	14,5	50	17	16	8	21	46	15
23022-25-28920621414	25	M8	14	14	14	37	65	17	62	21	20	9	28	73	40
23022-25-14980320814	10,5	M4	8	14	4	16	30	7,8	32	9,5	13	4,5	16,4	35	4,5
23022-25-24980581920	20	M6	19	20	10	32	55	16	58	20	18	8	26	57,5	15
23022-25-24980582025	20	M6	20	25	10	32	55	16	58	20	18	8	26	57,5	15
23022-25-19980500808	14,5	M6	8	8	8	21	40	14,5	50	17	16	8	21	46	15
23022-25-24980581819	20	M6	18	19	10	32	55	16	58	20	18	8	26	57,5	15
23022-25-19980501214	14,5	M6	12	14	8	21	40	14,5	50	17	16	8	21	46	15
23022-25-19920501515	14,5	M6	15	15	8	21	40	14,5	50	17	16	8	21	46	15
23022-25-24920582025	20	M6	20	25	10	32	55	16	58	20	18	8	26	57,5	15
23022-25-24920582525	20	M6	25	25	10	32	55	16	58	20	18	8	26	57,5	15
23022-25-24980582020	20	M6	20	20	10	32	55	16	58	20	18	8	26	57,5	15

# 23022-25 Acoplamentos de garras em elastômero, forma de estrutura curta com cubo de aperto removível



## Visão geral dos artigos

Código do artigo	A	C (ISO 4029)	D1 (H7)	D2 (H7)	D1/D2 mín.	D1/D2 máx.	D4	K	L	L1	L2	L3	L4	R	Torque de aperto dos parafusos Nm
23022-25-19980501215	14,5	M6	12	15	8	21	40	14,5	50	17	16	8	21	46	15
23022-25-19980501515	14,5	M6	15	15	8	21	40	14,5	50	17	16	8	21	46	15
23022-25-19980501616	14,5	M6	16	16	8	21	40	14,5	50	17	16	8	21	46	15
23022-25-42920944545	32	M10	45	45	22	50	95	25	94	34,5	25	12,5	44	93,5	84
23022-25-28920623232	25	M8	32	32	14	37	65	17	62	21	20	9	28	73	40
23022-25-19980501414	14,5	M6	14	14	8	21	40	14,5	50	17	16	8	21	46	15
23022-25-14980321012	10,5	M4	10	12	4	16	30	7,8	32	9,5	13	4,5	16,4	35	4,5
23022-25-38920861818	30	M8	18	18	18	48	80	24	86	31	24	12	38	83,5	40
23022-25-14980321014	10,5	M4	10	14	4	16	30	7,8	32	9,5	13	4,5	16,4	35	4,5
23022-25-19920501216	14,5	M6	12	16	8	21	40	14,5	50	17	16	8	21	46	15
23022-25-14980320812	10,5	M4	8	12	4	16	30	7,8	32	9,5	13	4,5	16,4	35	4,5
23022-25-14980321414	10,5	M4	14	14	4	16	30	7,8	32	9,5	13	4,5	16,4	35	4,5
23022-25-24980581825	20	M6	18	25	10	32	55	16	58	20	18	8	26	57,5	15
23022-25-28920622424	25	M8	24	24	14	37	65	17	62	21	20	9	28	73	40
23022-25-24920581819	20	M6	18	19	10	32	55	16	58	20	18	8	26	57,5	15
23022-25-19980501516	14,5	M6	15	16	8	21	40	14,5	50	17	16	8	21	46	15
23022-25-14980320810	10,5	M4	8	10	4	16	30	7,8	32	9,5	13	4,5	16,4	35	4,5
23022-25-38920862828	30	M8	28	28	18	48	80	24	86	31	24	12	38	83,5	40
23022-25-48921105050	36	M12	50	50	22	57	105	30	110	41	28	14	50	105	145
23022-25-24920581920	20	M6	19	20	10	32	55	16	58	20	18	8	26	57,5	15
23022-25-28920622828	25	M8	28	28	14	37	65	17	62	21	20	9	28	73	40
23022-25-14980320404	10,5	M4	4	4	4	16	30	7,8	32	9,5	13	4,5	16,4	35	4,5
23022-25-48921102222	36	M12	22	22	22	57	105	30	110	41	28	14	50	105	145
23022-25-19920501415	14,5	M6	14	15	8	21	40	14,5	50	17	16	8	21	46	15
23022-25-48921103838	36	M12	38	38	22	57	105	30	110	41	28	14	50	105	145
23022-25-19980501216	14,5	M6	12	16	8	21	40	14,5	50	17	16	8	21	46	15
23022-25-24920581825	20	M6	18	25	10	32	55	16	58	20	18	8	26	57,5	15
23022-25-42920943232	32	M10	32	32	22	50	95	25	94	34,5	25	12,5	44	93,5	84
23022-25-19980501415	14,5	M6	14	15	8	21	40	14,5	50	17	16	8	21	46	15
23022-25-42920942222	32	M10	22	22	22	50	95	25	94	34,5	25	12,5	44	93,5	84
23022-25-38920863838	30	M8	38	38	18	48	80	24	86	31	24	12	38	83,5	40
23022-25-24920581820	20	M6	18	20	10	32	55	16	58	20	18	8	26	57,5	15
23022-25-19980501212	14,5	M6	12	12	8	21	40	14,5	50	17	16	8	21	46	15
23022-25-24980581919	20	M6	19	19	10	32	55	16	58	20	18	8	26	57,5	15
23022-25-48921104545	36	M12	45	45	22	57	105	30	110	41	28	14	50	105	145
23022-25-19920501516	14,5	M6	15	16	8	21	40	14,5	50	17	16	8	21	46	15
23022-25-19980501416	14,5	M6	14	16	8	21	40	14,5	50	17	16	8	21	46	15
23022-25-14980320808	10,5	M4	8	8	4	16	30	7,8	32	9,5	13	4,5	16,4	35	4,5
23022-25-24980582525	20	M6	25	25	10	32	55	16	58	20	18	8	26	57,5	15
23022-25-24920582020	20	M6	20	20	10	32	55	16	58	20	18	8	26	57,5	15
23022-25-14980321214	10,5	M4	12	14	4	16	30	7,8	32	9,5	13	4,5	16,4	35	4,5
23022-25-24920581925	20	M6	19	25	10	32	55	16	58	20	18	8	26	57,5	15
23022-25-42920943838	32	M10	38	38	22	50	95	25	94	34,5	25	12,5	44	93,5	84
23022-25-19920501416	14,5	M6	14	16	8	21	40	14,5	50	17	16	8	21	46	15
23022-25-24980581818	20	M6	18	18	10	32	55	16	58	20	18	8	26	57,5	15
23022-25-24920581010	20	M6	10	10	10	32	55	16	58	20	18	8	26	57,5	15
23022-25-28980621414	25	M8	14	14	14	37	65	17	62	21	20	9	28	73	40
23022-25-24980581820	20	M6	18	20	10	32	55	16	58	20	18	8	26	57,5	15
23022-25-24980581010	20	M6	10	10	10	32	55	16	58	20	18	8	26	57,5	15
23022-25-19920501616	14,5	M6	16	16	8	21	40	14,5	50	17	16	8	21	46	15
23022-25-14980321010	10,5	M4	10	10	4	16	30	7,8	32	9,5	13	4,5	16,4	35	4,5
23022-25-38920863232	30	M8	32	32	18	48	80	24	86	31	24	12	38	83,5	40
23022-25-24920581818	20	M6	18	18	10	32	55	16	58	20	18	8	26	57,5	15
23022-25-24920581919	20	M6	19	19	10	32	55	16	58	20	18	8	26	57,5	15
23022-25-14980321212	10,5	M4	12	12	4	16	30	7,8	32	9,5	13	4,5	16,4	35	4,5
23022-25-14800320404	10,5	M4	4	4	4	16	30	7,8	32	9,5	13	4,5	16,4	35	4,5
23022-25-14800320808	10,5	M4	8	8	4	16	30	7,8	32	9,5	13	4,5	16,4	35	4,5
23022-25-14800320810	10,5	M4	8	10	4	16	30	7,8	32	9,5	13	4,5	16,4	35	4,5
23022-25-14800320812	10,5	M4	8	12	4	16	30	7,8	32	9,5	13	4,5	16,4	35	4,5
23022-25-14800320814	10,5	M4	8	14	4	16	30	7,8	32	9,5	13	4,5	16,4	35	4,5
23022-25-14800321010	10,5	M4	10	10	4	16	30	7,8	32	9,5	13	4,5	16,4	35	4,5
23022-25-14800321012	10,5	M4	10	12	4	16	30	7,8	32	9,5	13	4,5	16,4	35	4,5
23022-25-14800321014	10,5	M4	10	14	4	16	30	7,8	32	9,5	13	4,5	16,4	35	4,5
23022-25-14800321212	10,5	M4	12	12	4	16	30	7,8	32	9,5	13	4,5	16,4	35	4,5

# 23022-25 Acoplamentos de garras em elastômero, forma de estrutura curta com cubo de aperto removível



## Visão geral dos artigos

Código do artigo	A	C (ISO 4029)	D1 (H7)	D2 (H7)	D1/D2 mín.	D1/D2 máx.	D4	K	L	L1	L2	L3	L4	R	Torque de aperto dos parafusos Nm
23022-25-14800321214	10,5	M4	12	14	4	16	30	7,8	32	9,5	13	4,5	16,4	35	4,5
23022-25-14800321414	10,5	M4	14	14	4	16	30	7,8	32	9,5	13	4,5	16,4	35	4,5
23022-25-19800500808	14,5	M6	8	8	8	21	40	14,5	50	17	16	8	21	46	15
23022-25-19800501212	14,5	M6	12	12	8	21	40	14,5	50	17	16	8	21	46	15
23022-25-19800501214	14,5	M6	12	14	8	21	40	14,5	50	17	16	8	21	46	15
23022-25-19800501215	14,5	M6	12	15	8	21	40	14,5	50	17	16	8	21	46	15
23022-25-19800501216	14,5	M6	12	16	8	21	40	14,5	50	17	16	8	21	46	15
23022-25-19800501414	14,5	M6	14	14	8	21	40	14,5	50	17	16	8	21	46	15
23022-25-19800501415	14,5	M6	14	15	8	21	40	14,5	50	17	16	8	21	46	15
23022-25-19800501416	14,5	M6	14	16	8	21	40	14,5	50	17	16	8	21	46	15
23022-25-19800501515	14,5	M6	15	15	8	21	40	14,5	50	17	16	8	21	46	15
23022-25-19800501516	14,5	M6	15	16	8	21	40	14,5	50	17	16	8	21	46	15
23022-25-19800501616	14,5	M6	16	16	8	21	40	14,5	50	17	16	8	21	46	15
23022-25-24800581010	20	M6	10	10	10	32	55	16	58	20	18	8	26	57,5	15
23022-25-24800581818	20	M6	18	18	10	32	55	16	58	20	18	8	26	57,5	15
23022-25-24800581819	20	M6	18	19	10	32	55	16	58	20	18	8	26	57,5	15
23022-25-24800581820	20	M6	18	20	10	32	55	16	58	20	18	8	26	57,5	15
23022-25-24800581825	20	M6	18	25	10	32	55	16	58	20	18	8	26	57,5	15
23022-25-24800581919	20	M6	19	19	10	32	55	16	58	20	18	8	26	57,5	15
23022-25-24800581920	20	M6	19	20	10	32	55	16	58	20	18	8	26	57,5	15
23022-25-24800581925	20	M6	19	25	10	32	55	16	58	20	18	8	26	57,5	15
23022-25-24800582020	20	M6	20	20	10	32	55	16	58	20	18	8	26	57,5	15
23022-25-24800582025	20	M6	20	25	10	32	55	16	58	20	18	8	26	57,5	15
23022-25-24800582525	20	M6	25	25	10	32	55	16	58	20	18	8	26	57,5	15
23022-25-28800621414	25	M8	14	14	14	37	65	17	62	21	20	9	28	73	40
23022-25-28800622424	25	M8	24	24	14	37	65	17	62	21	20	9	28	73	40
23022-25-28800622828	25	M8	28	28	14	37	65	17	62	21	20	9	28	73	40
23022-25-28800623232	25	M8	32	32	14	37	65	17	62	21	20	9	28	73	40
23022-25-14920320404	10,5	M4	4	4	4	16	30	7,8	32	9,5	13	4,5	16,4	35	4,5
23022-25-14920320808	10,5	M4	8	8	4	16	30	7,8	32	9,5	13	4,5	16,4	35	4,5
23022-25-14920320810	10,5	M4	8	10	4	16	30	7,8	32	9,5	13	4,5	16,4	35	4,5
23022-25-14920320812	10,5	M4	8	12	4	16	30	7,8	32	9,5	13	4,5	16,4	35	4,5
23022-25-14920320814	10,5	M4	8	14	4	16	30	7,8	32	9,5	13	4,5	16,4	35	4,5
23022-25-14920321010	10,5	M4	10	10	4	16	30	7,8	32	9,5	13	4,5	16,4	35	4,5
23022-25-14920321012	10,5	M4	10	12	4	16	30	7,8	32	9,5	13	4,5	16,4	35	4,5
23022-25-14920321014	10,5	M4	10	14	4	16	30	7,8	32	9,5	13	4,5	16,4	35	4,5
23022-25-14920321212	10,5	M4	12	12	4	16	30	7,8	32	9,5	13	4,5	16,4	35	4,5
23022-25-14920321214	10,5	M4	12	14	4	16	30	7,8	32	9,5	13	4,5	16,4	35	4,5
23022-25-14920321414	10,5	M4	14	14	4	16	30	7,8	32	9,5	13	4,5	16,4	35	4,5
23022-25-19920500808	14,5	M6	8	8	8	21	40	14,5	50	17	16	8	21	46	15
23022-25-19920501212	14,5	M6	12	12	8	21	40	14,5	50	17	16	8	21	46	15
23022-25-19920501214	14,5	M6	12	14	8	21	40	14,5	50	17	16	8	21	46	15
23022-25-19920501215	14,5	M6	12	15	8	21	40	14,5	50	17	16	8	21	46	15
23022-25-28980622424	25	M8	24	24	14	37	65	17	62	21	20	9	28	73	40
23022-25-28980622828	25	M8	28	28	14	37	65	17	62	21	20	9	28	73	40
23022-25-28980623232	25	M8	32	32	14	37	65	17	62	21	20	9	28	73	40
23022-25-38980861818	30	M8	18	18	18	48	80	24	86	31	24	12	38	83,5	40
23022-25-38980862828	30	M8	28	28	18	48	80	24	86	31	24	12	38	83,5	40
23022-25-38980863232	30	M8	32	32	18	48	80	24	86	31	24	12	38	83,5	40
23022-25-38980863838	30	M8	38	38	18	48	80	24	86	31	24	12	38	83,5	40
23022-25-42980942222	32	M10	22	22	22	50	95	25	94	34,5	25	12,5	44	93,5	84
23022-25-42980943232	32	M10	32	32	22	50	95	25	94	34,5	25	12,5	44	93,5	84
23022-25-42980943838	32	M10	38	38	22	50	95	25	94	34,5	25	12,5	44	93,5	84
23022-25-42980944545	32	M10	45	45	22	50	95	25	94	34,5	25	12,5	44	93,5	84
23022-25-48981102222	36	M12	22	22	22	57	105	30	110	41	28	14	50	105	145
23022-25-48981103838	36	M12	38	38	22	57	105	30	110	41	28	14	50	105	145
23022-25-48981104545	36	M12	45	45	22	57	105	30	110	41	28	14	50	105	145
23022-25-48981105050	36	M12	50	50	22	57	105	30	110	41	28	14	50	105	145