



**Inês Margarida
Brás Pereira**

**Otimização de amortecedor rotativo para tampos de
sanitas e acompanhamento de respetiva linha de
montagem**



**Inês Margarida
Brás Pereira**

**Otimização de amortecedor rotativo para tampos de
sanitas e acompanhamento de respetiva linha de
montagem**

Relatório de Estágio apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação científica de António Manuel de Amaral Monteiro Ramos, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

O júri

Presidente

Prof. Doutor João Paulo Davim Tavares da Silva
Professor Catedrático, Universidade de Aveiro

Prof. Doutor José António de Oliveira Simões
Equiparado a Professor Coordenador c/ Agregação, Esad - Escola Superior de Artes e Design de Matosinhos

Prof. Doutor António Manuel de Amaral Monteiro Ramos
Professor Auxiliar, Universidade de Aveiro (Orientador)

Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao meu orientador, Professor Doutor António Ramos pela disponibilidade e orientação dada ao longo do decorrer do estágio.

Queria também agradecer à empresa JBMC pela oportunidade de estágio. Um agradecimento especial ao António Sousa do departamento de investigação e desenvolvimento, que acompanhou o meu estágio curricular, à Isabel Cristina do departamento de Marketing e imagem, ao André Correia e, ainda, à Engenheira Isabel Correia por toda a disponibilidade.

Por fim, ao meu namorado, aos meus amigos e familiares por todo o apoio dado ao longo destes cinco anos.

Palavras-chave

Amortecedor rotativo, fluído, soldadura por ultrassons, certificação, custo

Resumo

O presente trabalho consistiu no desenvolvimento de um amortecedor rotativo que permita efetuar queda amortecida dos tampos de sanita. Foi essencial fazer uma pesquisa bibliográfica sobre os amortecedores, as suas aplicações e o seu modo de funcionamento. Foi também bastante importante detetar os pontos fracos dos amortecedores importados, para que durante o desenvolvimento do amortecedor JBMC esses erros fossem evitados. Os vários componentes constituintes do amortecedor rotativo sofreram alterações com o objetivo de melhorar e otimizar o seu funcionamento. Assim, os moldes foram atualizados e a injeção de peças ficou planeada. Infelizmente, não foi possível retirar os componentes atualizados injetados antes do fim do estágio curricular. Outro ponto que ficou por realizar foi a escolha do fluído para o mecanismo devido a problemas com comunicação com os fornecedores e atrasos no prazo de entrega dos produtos. Apesar de alguns objetivos não terem sido integralmente concluídos, o desenvolvimento do amortecedor rotativo sofreu alterações importantes para um bom funcionamento no futuro. Para além disso, o método de selagem e a montagem automatizada do mecanismo já ficou delineada com os fornecedores e os respetivos equipamentos encomendados. Assim que esses equipamentos fossem entregues, seriam iniciados todos os ensaios de montagem, selagem e funcionamento.

Keywords

Rotary damper, fluid, ultrasound welding, certification, cost

Abstract

The present work consisted in the development of a rotary damper applied to toilet seats, allowing a damped fall. It was essential to do a thorough bibliographic research about rotary dampers, their applications, and their mode of operation. Also important was to detect the weaknesses in the rotary dampers available on market, in order to avoid the mistakes that cause them, in the developing of the JBMC damper. With the commitment of improve and optimize rotary damper functioning, changes were made in the various components of the set. Existing molds were updated, and a small production was scheduled. Unfortunately, that was not possible within the time this curricular internship occurs. Another point also not concluded was the choice of mechanism internal fluid due to supplier issues, mainly communication and delivery deadlines. Despite some goals were not fully achieved, rotary damper development took major steps towards a future good functioning result. Besides, sealing method and assemble automatization of the mechanism were already planned with suppliers, and the equipment has been ordered. As soon as this equipment was delivered, would be initiated to do all the necessary assemble, sealing and function tests.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	ENQUADRAMENTO.....	1
1.2	ESTRUTURA.....	3
2	ENQUADRAMENTO	5
2.1	A EMPRESA.....	5
2.2	ESTÁGIO CURRICULAR NA EMPRESA	6
2.3	OBJETIVOS.....	7
3	AMORTECEDORES.....	8
3.1	MODELOS IMPORTADOS PELA EMPRESA.....	9
3.2	AMORTECEDOR DESENVOLVIDO PELA EMPRESA.....	13
3.2.1	COMPONENTES	13
3.2.2	MODO DE FUNCIONAMENTO	17
4	NORMAS DE ENSAIOS DO AMORTECEDOR.....	19
4.1	FATORES INFLUENCIADORES NO FUNCIONAMENTO DO AMORTECEDOR ...	21
4.1.1	TIPO DE FLUÍDO E QUANTIDADE	21
4.1.2	FOLGAS ENTRE COMPONENTES.....	22
4.1.3	TEMPERATURA DE FUNCIONAMENTO	22
5	AValiação DO CONCEITO EXISTENTE.....	25
5.1	ANÁLISE DO MODELO DESENVOLVIDO PELA EMPRESA	25
5.2	ALTERAÇÃO DE FERRAMENTAS, MOLDES E PEÇAS JÁ DESENVOLVIDAS	27
5.3	INFLUÊNCIA DO FLUÍDO	35
6	FABRICO E MONTAGEM.....	36
6.1	MATERIAIS E PROCESSOS DE FABRICO	36
6.2	SOLDADURA POR ULTRASSONS	39
6.2.1	MODO DE FUNCIONAMENTO	40
6.2.2	VANTAGENS E DESVANTAGENS.....	42
6.3	MONTAGEM AUTOMATIZADA DO AMORTECEDOR JBMC	42
7	DISCUSSÃO DE RESULTADOS	44
8	CONCLUSÕES.....	46

REFERÊNCIAS	47
-------------------	----

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 DIAGRAMA DE ASPETOS	3
FIGURA 2 CERTIFICAÇÃO SEGUNDO AS NORMAS ISO 14001, ISO 9001 E NF 240	6
FIGURA 3 DISPOSITIVO CLIPP-OFF	6
FIGURA 4 TIPOS ACIONAMENTO DE AMORTECEDORES	8
FIGURA 5 AMORTECEDORES USADOS NA JBMC	10
FIGURA 6 TRAVÃO SUGATSUNE DO TAMPO E DO ARO, RESPETIVAMENTE	10
FIGURA 7 TRAVÃO TOYOU	12
FIGURA 8 TRAVÃO TOK.....	13
FIGURA 9 COMPONENTES DO AMORTECEDOR ROTATIVO DA JBMC.....	13
FIGURA 10 VISTA EM CORTE DO AMORTECEDOR	14
FIGURA 11 SISTEMA CLIPP-OFF	15
FIGURA 12 CASQUILHO	16
FIGURA 13 MECANISMO DO AMORTECEDOR DO ARO EM RECUO MÁXIMO- ARO ABERTO. 18	
FIGURA 14 MECANISMO DO AMORTECEDOR DO ARO EM AVANÇO MÁXIMO- ARO FECHADO	18
FIGURA 15 MECANISMO DO AMORTECEDOR DO TAMPO EM RECUO MÁXIMO- TAMPO ABERTO	18
FIGURA 16 MECANISMO DO AMORTECEDOR DO TAMPO EM AVANÇO MÁXIMO- TAMPO FECHADO	18
FIGURA 17 MÁQUINA DE ENSAIOS DA JBMC	19
FIGURA 18 ZONA DE TRABALHO DA MÁQUINA DE ENSAIOS	20
FIGURA 19 EXEMPLO DE AJUSTE NOS ALOJAMENTOS DOS TRAVÕES	21
FIGURA 20 GRÁFICO DOS TEMPOS DE QUEDA REGISTRADOS NO MÊS DE NOVEMBRO	23
FIGURA 21 GRÁFICO DOS TEMPOS DE QUEDA REGISTRADOS NO MÊS DE MAIO	24
FIGURA 22 CASQUILHO DO ARO.....	27
FIGURA 23 CASQUILHO DO TAMPO	28
FIGURA 24 EIXO DO ARO.....	29
FIGURA 25 EIXO DO TAMPO.....	29
FIGURA 26 LIGANTE	30

FIGURA 27 PRIMEIRA ALTERAÇÃO DA VÁLVULA.....	31
FIGURA 28 SEGUNDA ALTERAÇÃO DA VÁLVULA.....	31
FIGURA 29 ÊMBOLO DO ARO.....	32
FIGURA 30 ÊMBOLO DO TAMPO.....	32
FIGURA 31 MECANISMO VISTO EM CORTE DO ARO, À ESQUERDA, E DO TAMPO, À DIREITA	33
FIGURA 32 COMPONENTES IMPRESSOS EM 3D EM ABS	34
FIGURA 33 COMPONENTES IMPRESSOS EM 3D EM ASA.....	34
FIGURA 34 PROTÓTIPOS IMPRESSOS EM 3D EM ASA	35
FIGURA 35 ETAPAS DA MOLDAÇÃO POR INJEÇÃO [29].....	37
FIGURA 36 MÁQUINA DE MOLDAGEM POR INJEÇÃO DA EMPRESA JBMC.....	38
FIGURA 37 MÁQUINA DE MOLDAGEM POR COMPRESSÃO DA EMPRESA JBMC.....	39
FIGURA 38 TABELA DE COMPATIBILIDADE DE TERMOPLÁSTICOS [38].....	40
FIGURA 39 MÁQUINA DE SOLDADURA POR ULTRASSONS	41
FIGURA 40 POSTOS DO EQUIPAMENTO SEMIAUTOMÁTICO PROPOSTOS PELA DIVMAC.....	43
FIGURA 41 IMPORTAÇÃO Vs PRODUÇÃO INTERNA	44

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 RESULTADOS DO ENSAIO 1- RECORRENDO ÀS ANILHAS E AO PARAFUSO	26
TABELA 2 RESULTADOS DO ENSAIO 2- RECORRENDO À TAMPA	26
TABELA 3 PREVISÃO DE LUCRO	45

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de um amortecedor rotativo foi o que motivou a empresa em questão a propor um estágio curricular. Um amortecedor rotativo é especificado por ter um coeficiente de amortecimento no binário por velocidade angular, que pode ser obtida diretamente dos fabricantes [1]. O amortecedor é um dispositivo que serve para amortecer um choque ou uma queda. Assim, na empresa onde o estágio foi realizado, o objetivo do amortecedor é com a finalidade de permitir uma queda amortecida dos conjuntos sanitários. A queda amortecida num conjunto sanitário para além de tornar o movimento de fecho muito mais elegante e suave, permite que o desgaste dos materiais seja reduzido, uma vez que não existem movimentos bruscos nem impactos fortes, aumentando assim a durabilidade do produto. Para além disso, reduz substancialmente o ruído aquando do fecho do tampo da sanita e reduz também o risco de acidente provocado por uma queda brusca e repentina.

1.1 ENQUADRAMENTO

Ao longo dos anos, a procura pelo elegante e tecnológico aumentou exponencialmente. Assim, surgiu a necessidade de inovação nos produtos mais básicos do quotidiano, onde a inovação à priori não faz falta, mas depois de inserido na comunidade passa a ser um básico essencial. O produto abordado é um produto habitualmente monótono e pouco estético que, com a constante procura dos últimos anos, foi alvo de alterações e, principalmente, inovações. O produto onde se aplicou o dispositivo alvo deste projeto foi nos equipamentos sanitários, mais concretamente, nos assentos e tampos de sanita. Se antes se falava deste tema com desinteresse, atualmente é um produto com cada vez mais preocupação com a elegância e adaptação ao espaço e às necessidades do mercado.

A inovação neste ramo tem passado por diversos aspetos e funcionalidades, desde linhas elegantes que tornam o assento e tampo compatíveis e homogêneos com a cerâmica, sistemas que facilitam a limpeza e a higienização, a sistemas de queda amortecida do conjunto, assentos de sanita aquecidos com regulação de temperatura, até à inclusão de um jato de água com possibilidade de ajuste da temperatura e posição da cânula [2]. Este jato de água proporciona uma elevada higiene em todos os sentidos, uma vez que a cânula regulável realiza uma autolimpeza antes e depois de cada utilização e a água passa por um processo de filtragem antes de sair pela cânula. Para além disso, existem também sensores para descargas automáticas e, ainda, sensores de deteção de movimento para a abertura do tampo quando há aproximação da sanita e respetivo fecho automático após o afastamento [3].

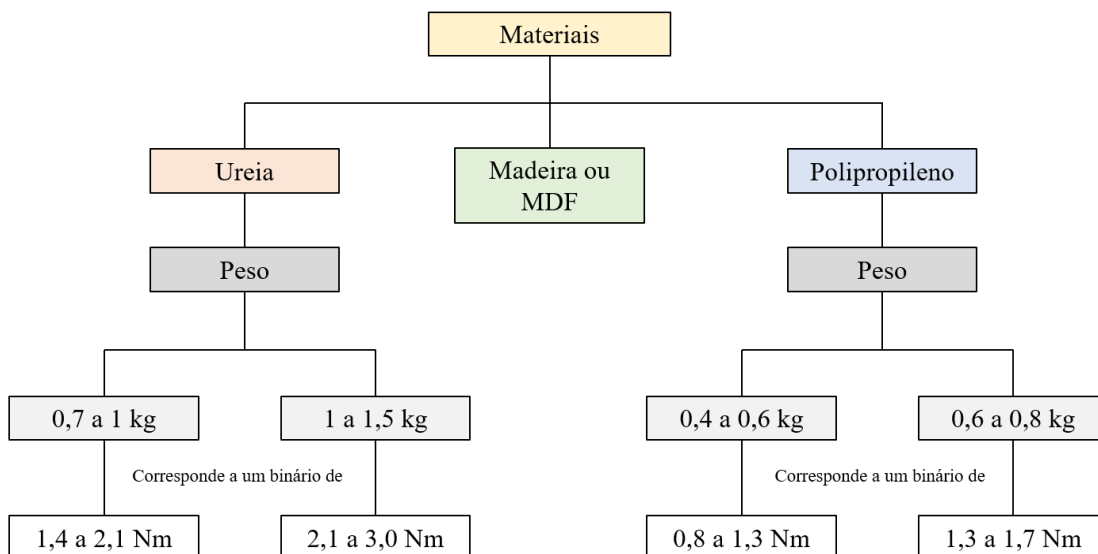
Relativamente aos fatores que distinguem os diversos modelos de tampos de sanita, após um estudo de mercado, identificou-se algumas variáveis com influência notória na escolha do amortecedor rotativo. A primeira o material. Existe uma vasta gama de materiais utilizados nos tampos de sanita, desde os modelos mais antigos em madeira ou *MDF* lacado (*Medium Density Fiberboard*) até aos plásticos. O *MDF* lacado tem como vantagem um bom acabamento

devido à facilidade de trabalhar o material obtendo superfícies lisas e, sobretudo, maior flexibilidade em satisfazer a geometria que o cliente procura pois a sua produção não depende de molde [4]. A grande característica do *MDF* lacado é o seu conforto térmico e o seu elevado peso que atribui uma sensação de robustez, sendo que o seu peso nem sempre é um aspeto positivo para o cliente. Este material é revestido com uma camada de tinta que atribui um melhor acabamento. No entanto, a baixa resistência da pintura ao ataque de detergentes e humidade é uma desvantagem na escolha deste material nos tampos de sanita.

Se a escolha do consumidor final recair nos materiais plásticos, existem duas gamas a ter em conta: os termoplásticos e os termoendurecíveis. Os tampos termoplásticos são produzidos através de injeção por um preço mais competitivo devido ao custo relativamente baixo da matéria prima [5]. É um material reciclável, caracterizado pela sua elasticidade que permite que o produto final tenha elevada resistência ao impacto. Em contraponto torna-o vulnerável aos riscos, fazendo com que num curto espaço de tempo o aspeto fique degradado. Para além disso, tem uma reduzida resistência ao ataque de químicos e uma elevada acumulação de eletricidade estática que provoca a sedimentação de pó e sujidades na superfície. Assim, nos últimos anos, um dos materiais em crescente utilização nesta área é o plástico termoendurecível. Este é produzido através de moldação por compressão. Relativamente às suas características, possui uma elevada resistência a ataques químicos, uma boa resistência a riscos e é caracterizado pelo bom acabamento de superfícies [6]. A produção de materiais termoendurecíveis nem sempre é reciclável e isto faz com que seja um ponto negativo. Para além disso, o produto final tem uma baixa elasticidade o que pode provocar fissuras quando sujeito a um impacto elevado. Este foi um dos principais motivos para a necessidade de recorrer ao uso de um amortecedor rotativo.

Outra variável para a escolha dos amortecedores é o peso do conjunto sanitário. A escolha do material deste, influencia substancialmente o seu peso. Como apresentado anteriormente e classificando do mais pesado para o mais leve, pode-se considerar o *MDF* lacado, depois os termoendurecíveis e, por fim, os termoplásticos. Esta característica influencia o esforço exercido no amortecedor, assim como, o tamanho do conjunto sanitário. Por exemplo, um modelo mais longo exerce um esforço diferente mesmo que o peso seja igual. Assim sendo, o conjunto destes dois parâmetros interferiu na escolha do valor do binário do amortecedor.

Na Figura 1 está representado um diagrama de aspetos com as variáveis que interferem na escolha do amortecedor. Relativamente aos pesos e aos binários para os tampos de madeira ou *MDF* lacado, como a empresa não trabalhava com este material, não existiam dados para associar o peso com o binário do amortecedor.



*Considerando um tamanho padrão entre o eixo de rotação e a extremidade do tampo que varia entre 40 a 43 cm

Figura 1 Diagrama de aspetos

Primeiramente as variáveis foram separadas por material, depois foi associado um intervalo de massas para o qual foi calculado o binário necessário para o amortecedor através da Equação 1.

$$B [N.m] = m[kg] \times d[m] \times \frac{g \left[\frac{m}{s^2} \right]}{2} \quad (1)$$

O binário é igual a metade do produto da massa pelo tamanho padrão do tampo pela aceleração gravítica. O tamanho do tampo é a distância entre o eixo de rotação e a extremidade do mesmo.

Já identificadas as variáveis que tem um maior impacto no funcionamento e nas características do amortecedor rotativo, pôde-se afirmar que foi um desafio desenvolver um amortecedor que seja versátil ao ponto de ser aplicado em vários modelos com materiais diferentes. A possibilidade de variação do fluido no interior do amortecedor foi uma hipótese bastante interessante para ter em consideração ao longo do desenvolvimento deste projeto.

1.2 ESTRUTURA

O presente relatório foi organizado em oito capítulos, incluindo o primeiro que é a introdução. Na introdução foi abordado o tema geral onde se incluí a necessidade de desenvolvimento do tema abrangido pelo estágio curricular. Neste primeiro capítulo foi também especificada a estrutura do presente relatório.

O segundo capítulo centra-se na apresentação da empresa onde são destacadas algumas das datas importantes da história da JBMC. Foi enunciado o papel do estágio curricular dentro da empresa, assim como, uma apresentação dos pontos a abordar no desenvolvimento do estágio.

O estado de arte dos amortecedores foi apresentado no terceiro capítulo, sendo este um dos mais importantes para o entendimento do projeto desenvolvido. Ao longo da terceira parte do relatório foi explicado não só o que é um amortecedor como também a sua função, o modo de funcionamento e, ainda, as diversas aplicações de um amortecedor rotativo no quotidiano. Foram

apresentados os modelos de amortecedores rotativos que a empresa utilizava de momento. Para além disso, foram também apresentados os componentes do amortecedor desenvolvido antes do início do estágio curricular.

No quarto capítulo foram identificados os testes a que os travões estão sujeitos para a devida certificação. Alguns dos fatores influenciadores no funcionamento do amortecedor foram também descritos.

No capítulo cinco foi descrito todo o procedimento realizado ao longo do estágio, onde grande parte foi ocupada na análise dos componentes já existentes e nas falhas de funcionamento do mecanismo, isto porque para resolver as falhas é necessário primeiro detetá-las. Após a deteção das falhas, procedeu-se à avaliação de cada componente com a finalidade de fazer alterações para eliminar as zonas críticas do mecanismo. Após a modificação das zonas críticas, foram feitas as alterações nos moldes para injetar os novos componentes do amortecedor rotativo.

Em seguida, surge o capítulo sobre o fabrico e montagem onde se encontra descrito o processo de fabrico dos componentes do amortecedor e, ainda, o processo de fabrico dos vários modelos de tampos de sanita com materiais distintos. A soldadura por ultrassons foi o método de selagem do amortecedor e, por isso, foi explicado o modo de funcionamento deste processo e algumas das vantagens e desvantagens. A montagem automatizada do amortecedor rotativo desenvolvido também foi uma etapa importante do trabalho.

No capítulo sete foi feita uma discussão dos resultados obtidos ao longo do estágio curricular tendo como referência uma previsão financeira do impacto do fabrico do amortecedor desenvolvido internamente face ao amortecedor importado.

No último capítulo está uma síntese do ocorrido durante o estágio curricular assim como dos pontos positivos e negativos do projeto.

2 ENQUADRAMENTO

2.1 A EMPRESA

A JBMC- Indústrias de Plásticos, S.A. foi fundada em 2003, em Escapães, concelho de Santa Maria da Feira, local onde atualmente mantém a sua sede e unidade fabril. Os fundadores da JBMC iniciaram o seu percurso profissional numa empresa criada pelo seu pai, em 1975, cuja especialização era a moldagem, por injeção, de materiais termoplásticos. Assim, os três fundadores adquiriram experiência e qualificaram-se cada um numa área diferente: administração e vendas; automação e tecnologias; compras, produção e logística. Devido às áreas de formação de cada fundador, o objetivo era produzir em ciclo fechado: desde o desenvolvimento de produto, à execução dos próprios moldes, passando pela planificação da produção e sua implementação através da criação de linhas de fabrico parcial ou totalmente robotizadas. Assim a JBMC seria capaz de reduzir o tempo de resposta ao mercado sempre com a satisfação do cliente como alvo principal. E foi com estas premissas que, em 2003, criaram a JBMC com uma área de 2000 m² e com o objetivo de produzir produtos *Duroplast* que até à data ninguém produzia em Portugal. Mais tarde, em 2012, a empresa já liderava o mercado dos tampos de sanita ao nível da Península Ibérica.

Atualmente, a JBMC ocupa mais de 5000 m² dividido por escritórios, laboratório, fabricação de moldes, produção de injeção e compressão, armazém e área de reciclagem. Na JBMC são utilizados *softwares* de desenho, mais concretamente o *SolidWorks*, onde se desenvolve os projetos, preparam-se os protótipos e são construídos os moldes. O recurso às máquinas CNC atribui um rigor necessário à concretização dos conceitos idealizados. Tudo isto fez com que a JBMC assumisse o compromisso da produção de assentos de alta qualidade compatíveis com as cerâmicas presentes no mercado, confortáveis, resistentes e de limpeza e montagem fáceis.

Com a constante evolução da empresa e a grande procura pela inovação, em 2008, foi registado o primeiro sistema de queda amortecida, SENSOFT. Em 2010 foi produzido o primeiro assento sanitário em termoplástico para uma produção de uma gama mais económica. Com o objetivo de melhorar o nível de qualidade e implantar um sistema de qualidade certificado, em 2012 a empresa certificou a produção de assentos sanitários de acordo com as normas francesas NF 240. A JBMC é também certificada em qualidade e ambiente pelas normas ISO 9001 e ISO 14001. Na Figura 2 pode-se visualizar os logotipos das normas ISO 14001, ISO 9001 e, ainda, a norma NF 240.



Figura 2 Logotipos da certificação segundo as normas ISO 14001, ISO 9001 e NF 240

Em 2013 foi inaugurado o laboratório de ensaios da empresa e, em 2014, a empresa registou a marca CLIPP-OFF para os assentos sanitários. Este é um dispositivo de remoção fácil do conjunto aro e tampo para uma maior facilidade aquando da higienização, Figura 3.



Figura 3 Dispositivo CLIPP-OFF

Mais tarde, em 2018 foram desenvolvidos assentos de sanita para pessoas com mobilidade reduzida. Os sistemas de fixação, os sistemas de queda amortecida e, ainda, a proteção microbiana tem sido alvo de inovação ao longo do tempo.

2.2 ESTÁGIO CURRICULAR NA EMPRESA

O estágio final do curso de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro foi realizado na JBMC com a finalidade do desenvolvimento de um amortecedor rotativo e respetiva linha de montagem automatizada, para a substituição gradual dos amortecedores adquiridos externamente. O objetivo final era começarem a ser produzidos internamente para diminuir custos e diminuir a dependência de fornecedores. Assim, o desenvolvimento deste trabalho passou pela validação do processo de fabrico e montagem de um novo amortecedor rotativo mecânico e hidráulico para retardar o movimento de queda, especialmente desenvolvido para equipamentos sanitários.

2.3 OBJETIVOS

Os principais objetivos do estágio proposto foram: a compreensão do problema a estudar, que passou por perceber o modo de funcionamento de um amortecedor rotativo assim como as suas aplicações; pesquisa de soluções já existentes no mercado para perceber os pontos fracos e fortes destes mecanismos e, ainda, a sua fiabilidade de funcionamento; e, por fim, desenvolvimento de uma proposta de solução para queda amortecida. Para alcançar esses objetivos foram necessárias várias fases de trabalho, tais como:

1. Pesquisa bibliográfica sobre amortecedores de tampos de sanita;
2. Avaliação de ferramentas, moldes e peças já desenvolvidas constituintes do amortecedor rotativo;
3. Apoiar o projeto de máquina de montagem do amortecedor rotativo;
4. Planificar ensaios e apoiar o projeto máquina para execução dos mesmos;
5. Realização de ensaios do amortecedor rotativo;
6. Estudo da avaliação de investimento.

3 AMORTECEDORES

O objetivo de um amortecedor é amortecer uma carga em movimento com o mínimo de ressaltos de carga e com choque mínimo para o equipamento [7]. Os amortecedores convertem energia cinética de uma carga em calor que é dissipado para a atmosfera [7]. Atualmente, pode-se aplicar um amortecedor nas mais variadíssimas áreas, seja em aplicações na área automóvel para melhorar a condução, seja em design de sistemas e aplicações industriais, entre muitas outras áreas. Um amortecedor serve principalmente para diminuir a velocidade de movimento dos objetos, sendo que pode proteger e prolongar a vida útil de um produto, pode ser utilizado para diminuir o ruído de impacto e, visualmente, permite um movimento mais suave e elegante. A sequência harmoniosa do movimento suave protege os componentes sensíveis e aumenta a qualidade, valor e funcionalidade do produto [8]. Ao longo deste trabalho, foram abordados com maior detalhe os amortecedores rotativos.

Os amortecedores rotativos são componentes para controlo de movimento, seja ele, rotativo (ex: porta pivotante) ou linear (ex: gaveta), assegurando um movimento controlado numa direção ou em ambas as direções. Existem diversos tipos de acionamento de um amortecedor rotativo tais como através de amortecedores de palheta, de amortecedores de disco, de amortecedores de engrenagem, etc. Na Figura 4 pode-se ver as imagens representativas de cada tipo de acionamento.

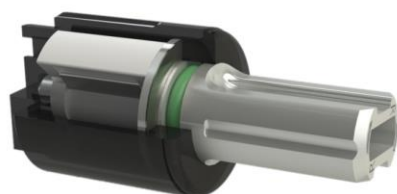


Figura 4a) Amortecedor de Palheta



Figura 4b) Amortecedor de Disco



Figura 4c) Amortecedor de Engrenagens

Figura 4 Tipos acionamento de amortecedores

Estes dispositivos garantem uma abertura e fecho suave e são de construção económica. Podem ser aplicados na indústria de mobiliários, como em gavetas e portas, nos suportes e mesas dobráveis dos autocarros ou da indústria aérea, nos porta-luvas dos carros, tampas de fotocopiadoras, inserções de CD/DVD, etc.

Os materiais usados na construção dos amortecedores rotativos com aplicação em tampas de sanitas são, maioritariamente, polímeros termoplásticos, aço inoxidável, ligas de fundição, entre outros. Relativamente ao modo de funcionamento, os amortecedores rotativos tanto podem ser mecânicos como hidráulicos, isto é, o seu modo de funcionamento é considerado mecânico quando funciona através de atrito, enquanto o funcionamento hidráulico acontece sempre que existe uma

câmara com fluído. Os amortecedores hidráulicos funcionam através de um sistema de óleo lubrificante, podendo ser mais ou menos viscoso consoante as necessidades de amortecimento. Assim, quando o fluído presente na câmara do amortecedor é comprimido, este tenta passar para a outra cavidade livre proporcionando a capacidade de amortecimento. Sem esquecer a existência de amortecedores pneumáticos que podem ser encontrados, por exemplo, nas malas dos automóveis. No caso dos conjuntos sanitários, o *housing* disponível é bastante reduzido, sendo que no mercado não existe um amortecedor pneumático que satisfaça as exigências deste produto. Assim, esta é uma tecnologia que não se adapta ao âmbito deste projeto deixando apenas como referência.

Para a seleção do amortecedor indicado é crucial a determinação do binário necessário. O binário de amortecimento é uma força instantânea que gira um objeto em torno do seu eixo rotativo, ou seja, expressa a força necessária para mover um objeto. Para a determinação do seu valor, multiplica-se o peso do objeto pela distância do eixo de rotação ao centro de massa. Assim, quanto maior for o peso do objeto ou a distância até ao centro de massa, maior será o seu binário. O binário do amortecedor é determinado pela viscosidade e pela área de contacto do fluído, pela temperatura de trabalho e, ainda, pela velocidade de rotação.

Um dos fluídos mais utilizados em amortecedores rotativos aplicados a conjuntos sanitários é o óleo de silicone. Este óleo tem uma boa capacidade de resistência ao calor e ao frio, o que se torna por si só uma característica que diminui drasticamente a probabilidade de alteração da viscosidade com a temperatura. Existe também uma vasta gama de viscosidades disponíveis no mercado, tornando-se num fluído versátil com diversas aplicações possíveis.

3.1 MODELOS IMPORTADOS PELA EMPRESA

A aplicação destes amortecedores rotativos na empresa JBMC foi nos conjuntos sanitários, constituídos por um aro e um tampo de sanita. Compreenda-se por aro a parte cuja função é o assento do utilizador, enquanto, o tampo é o componente que cobre o aro e tem como função fechar o conjunto evitando a propagação de odores e atribuindo uma estética diferente. Estes conjuntos podem ser compostos por materiais distintos, consoante a gama, podendo ser de gama mais baixa, média ou alta. Para os conjuntos de gama mais baixa, o material usado é o polipropileno, um termoplástico e, para as restantes gamas, usa-se a ureia, um material termoendurecível. Cada conjunto é constituído por dois amortecedores, um para cada componente sanitário. Os amortecedores para estas duas aplicações têm algumas variantes explicitadas ao longo deste capítulo.

De momento, a empresa utiliza três modelos de amortecedores nos conjuntos sanitários, o modelo SUGATSUNE, o modelo TOYOU e, ainda, o modelo TOK, representados na Figura 5, respetivamente.



Figura 5a) Travão da SUGATSUNE

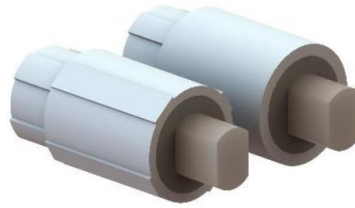


Figura 5b) Travão da TOYOU



Figura 5c) Travão da TOK

Figura 5 Amortecedores usados na JBMC

O primeiro travão a ser utilizado na empresa para permitir uma queda amortecida do conjunto sanitário foi o modelo SUGATSUNE, um modelo japonês. Este é um travão que permite bons resultados em queda livre, mantendo grande repetibilidade do tempo de queda ao longo dos ciclos. No entanto, quando existe aplicação de força a cápsula não consegue reter o fluído no seu interior, comprometendo o resultado esperado. Por este motivo, é um travão que não é possível ser certificado segundo as normas apresentadas abaixo no capítulo 4, pois não cumpre os ciclos estabelecidos. Outra desvantagem deste modelo é o seu elevado preço surgindo assim a necessidade de se adquirir outra solução. Relativamente aos componentes, este amortecedor é composto por: um eixo, um êmbolo, uma válvula, uma cavilha, um *O-ring*, um retentor e uma cápsula metálica. É feita a montagem de todos os componentes à exceção da cápsula metálica. Nesta, é inserido o fluído e, de seguida, os restantes componentes. Com uma operação de estampagem ao involucro exterior, é vedado o mecanismo. Pode-se observar na Figura 6 o travão do tampo, à esquerda e à direita o travão do aro.

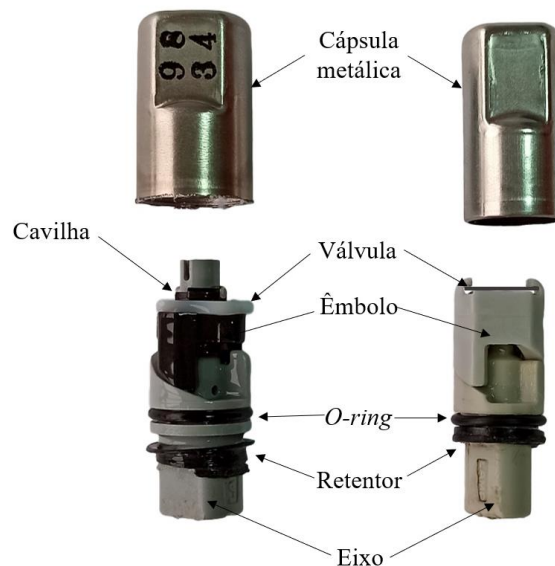


Figura 6 Travão SUGATSUNE do tampo e do aro, respetivamente

Na figura anterior tem-se duas versões do travão SUGATSUNE com binários diferentes. Um dos modelos substitui a cavilha e a válvula plástica por uma válvula metálica bloqueada diretamente no êmbolo.

Sendo o preço do modelo anterior um entrave, foi encontrada uma solução alternativa mais económica. A empresa chinesa TOYOU oferece modelos a um preço mais competitivo. Um deles foi adaptado aos conjuntos de polipropileno e aos de ureia, pois pode ser adquirido para baixo, médio ou alto binário. Para além do binário escolhido, ainda é possível, manualmente, ajustar um parafuso presente numa das extremidades do amortecedor. Assim é possível regular consoante a massa do aro e do tampo, podendo ajustar o binário que veio do fabricante. Apesar de financeiramente ser mais atrativo, é um travão que também não é possível certificar devido às fugas de fluído ao longo do processo de testes. No entanto, de momento é o amortecedor com maior saída nos produtos da empresa. O modo de funcionamento deste travão é bastante diferente do apresentado anteriormente. Este usa um sistema tipo guilhotina, ou seja, em vez de movimentar o êmbolo como acontece no modelo SUGATSUNE, o modelo chinês contém duas paredes no casquilho para que seja possível delimitar o curso do eixo, servindo assim de batentes quando o amortecedor chega à sua rotação mínima ou máxima. O eixo do aro vem equipado com uma guilhotina, que tem o controle de fluxo do fluído colocado nas paredes longitudinais. Por sua vez, o eixo do tampo possui dois destes componentes, um de cada lado. O eixo é colocado dentro do casquilho. Na extremidade do primeiro existe um orifício por onde será inserido o fluído para o interior das câmaras. O sistema é vedado através de um *O-ring*, duas anilhas plásticas, uma de pressão e uma outra complementar, uma anilha metálica e uma fêmea. Na Figura 7 estão representados os diversos componentes dos travões do tampo e do aro e, pode-se ver também o mecanismo interno de ambos.

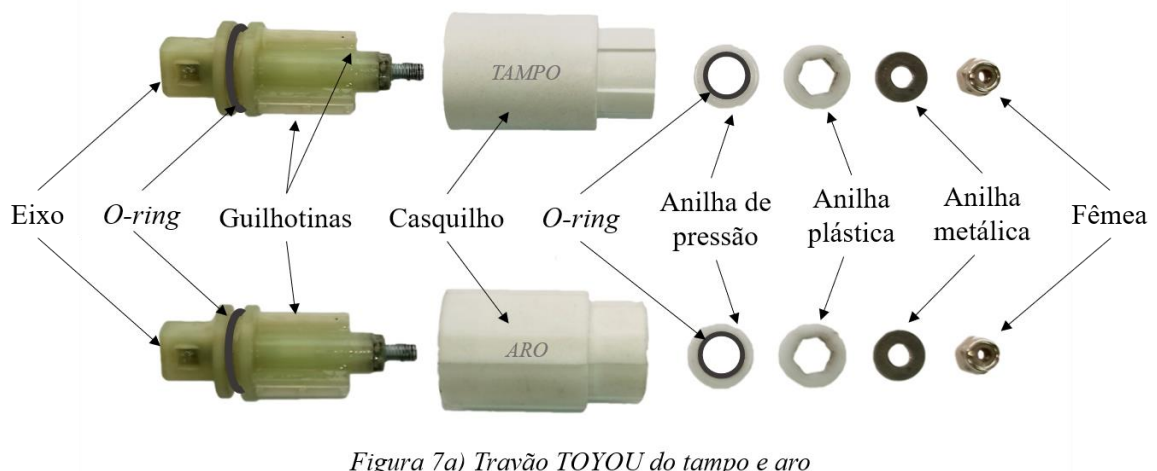


Figura 7a) Travão TOYOU do tampo e aro



Figura 7b) Mecanismo interno do travão TOYOU

Figura 7 Travão TOYOU

Existia ainda uma necessidade de satisfazer a gama superior, isto é, tampos normalmente mais pesados e com necessidade de certificação ao nível do amortecedor. A tendência do mercado, nestes dias, é a utilização de conjuntos de tampos *slim* para sanitários, ou seja, mais finos e elegantes. Por este motivo foram desenvolvidos modelos de espessura mais reduzida, o que, consequentemente, iria alterar o espaço disponível para o travão rotativo. Assim, foi necessário adquirir um novo amortecedor com menores dimensões para conseguir cumprir com os requisitos da gama *slim*. O travão adquirido foi um modelo japonês da empresa TOK. Este travão apresenta excelentes resultados, sendo apenas usado nos conjuntos de gama superior constituídos por ureia. É um modelo que já foi certificado pela empresa segundo as normas enunciadas no capítulo 4. O seu modo de funcionamento é equiparado ao modelo TOYOU com a variante de que o fluido é inserido no casquilho previamente à colocação do eixo e são usados dois *O-rings* para impedir a fuga de fluido. O eixo é em metal fundido que atribui uma estabilidade superior ao conjunto. Para o sistema ficar vedado é colocado um componente que através de soldadura por ultrassons fica unido ao casquilho, fechando assim o amortecedor. Na Figura 8 pode-se ver os diversos componentes do travão japonês TOK.

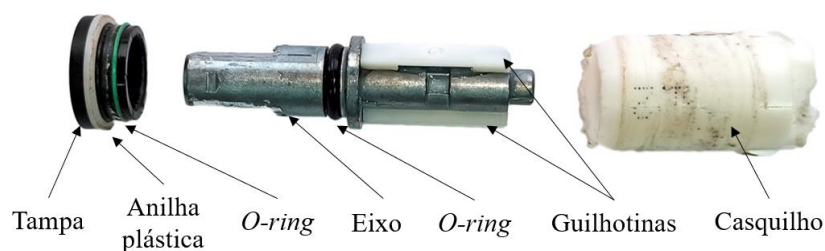


Figura 8 Travão TOK

3.2 AMORTECEDOR DESENVOLVIDO PELA EMPRESA

Após a apresentação dos vários modelos utilizados atualmente na JBMC, pode-se afirmar que o modelo TOK é o que apresenta melhores resultados, no entanto, é um modelo com preço elevado não se adaptando às necessidades da gama baixa e média em que o objetivo é ter uma boa relação qualidade-preço. Tendo em vista esta relação, o combate à ameaça que é a dependência de um fornecedor externo e a otimização destes componentes, a JBMC avançou para o desenvolvimento de um amortecedor de marca própria.

Sendo o modelo TOYOU o travão com maior saída para o mercado atualmente, a maioria dos tampos têm o alojamento do travão adaptado a este modelo. Assim, no desenvolvimento, optou-se por manter a parte externa deste travão para minimizar alterações nos moldes dos conjuntos sanitários. Quanto ao mecanismo interno foi opção um sistema similar ao modelo da SUGATSUNE, isto é, em fuso. Aquando do início do estágio, este desenvolvimento já estava materializado. Foram construídos moldes e feita uma pré-produção. Os testes e as falhas deste protótipo, não sendo satisfatórios à data, foram descritos na secção 5.1. Ao longo deste ponto foram detalhados os diferentes componentes do travão, explicando a sua funcionalidade e, ainda, o seu modo de funcionamento.

3.2.1 COMPONENTES

Um amortecedor hidráulico tem diversos componentes, cada um deles com uma função específica no seu funcionamento. Na Figura 9 pode-se observar os diversos componentes do amortecedor desenvolvido pela empresa JBMC aquando do início do estágio curricular.

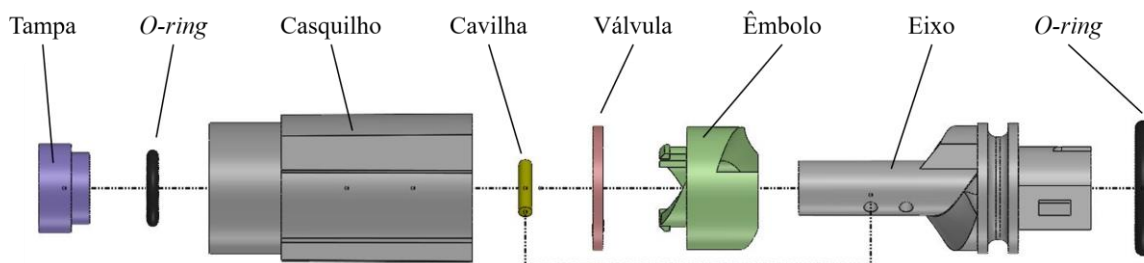


Figura 9 Componentes do amortecedor rotativo da JBMC

Na Figura 10 está representado o amortecedor com os componentes respetivamente montados entre si, seccionado em corte para os detalhes serem visível. O desenho técnico pode ser encontrado no Anexo-A.

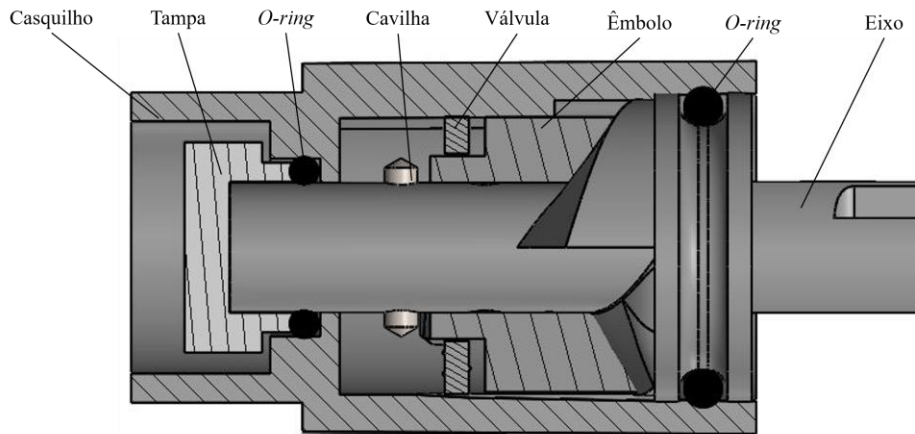


Figura 10 Vista em corte do amortecedor

Os componentes abaixo enumerados foram descritos com maior detalhe:

- Sistema CLIPP-OFF
- Eixo
- O-Rings
- Êmbolo
- Válvula
- Cavilha
- Casquilho
- Tampa

O sistema CLIPP-OFF é composto por três componentes: um eixo, a cinzento-escuro; um botão, a cinzento-claro e uma tampa representada a cor preta na figura. O material dos três componentes é PBT GF 30%, ou seja, polibutileno tereftalato reforçado com 30% de fibra de vidro. É um polímero semicristalino pertencente à família de poliéster utilizado maioritariamente em moldação por injeção. É um material que possui uma elevada resistência mecânica, elevada rigidez, contrai muito pouco durante o processo de injeção tendo uma elevada estabilidade dimensional [9]. Este conjunto está representado na Figura 11.

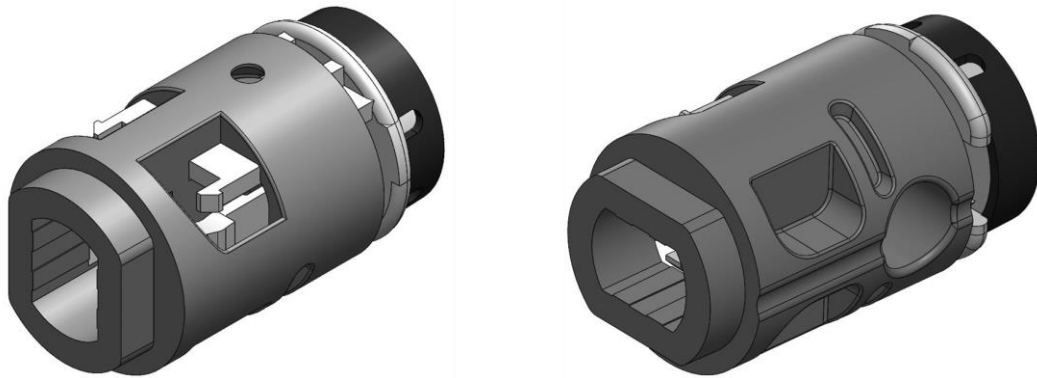


Figura 11 Sistema CLIPP-OFF

CLIPP-OFF é um dispositivo idealizado para possibilitar a remoção do conjunto aro e tampo para facilitar a higienização das cerâmicas. É um dispositivo bastante atrativo visto que o comum no mercado é um método de fixação que requer o auxílio de ferramentas quando é necessário remover o conjunto. Este dispositivo funciona através de uma mola que quando é pressionada recolhe uma patilha. Esta patilha tem como função bloquear o movimento vertical do conjunto quando está corretamente inserido nos suportes metálicos da cerâmica.

Quando o amortecedor está em funcionamento, o eixo é um componente fixo. Quando da montagem, este serve para acoplar todos os restantes componentes. Tem dois furos ao longo do seu comprimento, um com o objetivo de alocar a cavilha e outro com o objetivo de permitir a passagem quando se dá o processo de inserção do fluido. É uma peça que tem diferenças relativamente à orientação das rampas consoante a necessidade de aplicação no aro ou no tampo. Este componente encaixa no sistema CLIPP-OFF. Este componente é processado em POM acetal, quimicamente conhecido como polioximetileno acetal. É um polímero termoplástico semicristalino com alta rigidez e resistência mecânica. O acetal apresenta boas características mecânicas, uma alta estabilidade dimensional e exibe excelente resistência ao desgaste tanto em ambientes húmidos como em ambientes secos, devido à sua baixa absorção de humidade [10].

Para os fluídos e os gases serem vedados com segurança, são usados *O-rings*. Um *O-ring* é um elemento de vedação relativamente económico, que desempenha a sua função de uma forma bastante eficaz. O efeito de vedação ocorre na montagem resultante da compressão axial ou radial da secção transversal [11]. Deste modo, a vedação com o *O-ring* é auxiliada pela pressão, ou seja, quanto maior a pressão aplicada, mais efetiva será a vedação. Todavia, existe um limite em que esta pressão deixa de ser benéfica, sendo que a escolha da dimensão do *O-ring* deverá ser feita cuidadosamente. Neste amortecedor rotativo existem dois *O-rings* com tamanhos diferentes. Um deles de diâmetro exterior de 15,3 mm e espessura de 2,4 mm a ser colocado na ranhura do eixo para fazer a vedação com a zona mais larga do casquilho. Um segundo com diâmetro exterior de 7,66 mm e espessura 1,78 mm alocado no casquilho no topo do eixo e que é pressionado pela tampa. Os *O-rings* são adquiridos externamente e o material que os constitui é borracha butílica. Este material é considerado um elastómetro sintético constituído por 98% de isobutileno e 2% de isopreno [12]. Este material apesar de ser sintético assemelha-se às propriedades da borracha natural. Possui uma boa resistência à abrasão, ao rasgo e à flexão, tem uma permeabilidade excepcionalmente baixa aos gases e as suas propriedades mantêm-se até altas temperaturas, cerca de 150° [13].

Relativamente ao êmbolo, este é um dos componentes responsáveis pelo controlo do movimento descendente do conjunto sanitário. Neste movimento, as rampas do eixo ativam o êmbolo na

direção de pressão do fluido no interior da câmara. Na direção contrária, é a cavilha que faz recuar o êmbolo até à posição inicial. Como é um componente que irá encaixar-se diretamente no eixo, as suas rampas também têm inclinações diferentes consoante aplicação no aro ou no tampo. Logo depois, é inserida a válvula cuja função é dificultar a passagem do fluido que ocorre devido à existência de dois furos neste componente. O material do êmbolo e da válvula é, tal como o eixo, de polioximetileno acetal (POM acetal).

Na extremidade contrária ao acoplamento no CLIPP-OFF, é inserida uma cavilha com diâmetro de 2 mm com a finalidade das peças inseridas até ao momento não desencaxarem e também garantir o retorno do êmbolo. Esta cavilha é adquirida externamente e tem como material o aço inoxidável 316. Os aços inoxidáveis resistem à corrosão na maioria dos ambientes e permanecem dúcteis quando sujeitos a baixas temperaturas [13]. Este material é geralmente usado por apresentar uma boa resistência mecânica, para além de ser um material reciclável e com uma durabilidade elevada. Neste caso concreto, a cavilha por estar em contacto com um fluido é necessário ser de um material resistente à corrosão para evitar danos nos componentes, por isso foi escolhido o aço inoxidável 316.

O casquilho será outro componente que tem duas variantes na sua geometria. O casquilho do aro, tem saliências na parte lateral mais comprida e é liso na parte mais estreita, isto porque a parte mais comprida é encaixada no aro, enquanto a mais estreita encaixa no tampo e deixa-o livre. O casquilho do tampo é o oposto, isto é, a parte mais comprida é lisa para que o aro seja independente do tampo e, na parte mais estreita tem saliências para que possa encaixar no tampo. Estas duas configurações garantem o movimento amortecido aos dois componentes. Ambos os casquilhos podem ser vistos na Figura 12.

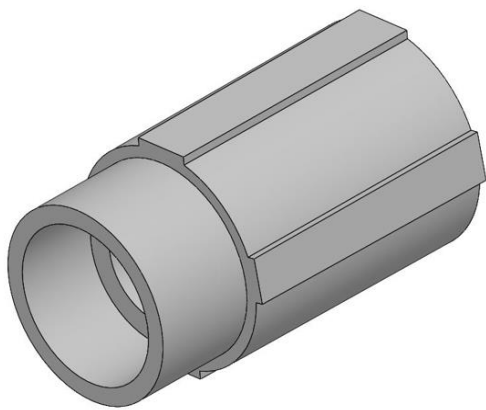


Figura 12a) Casquilho do aro

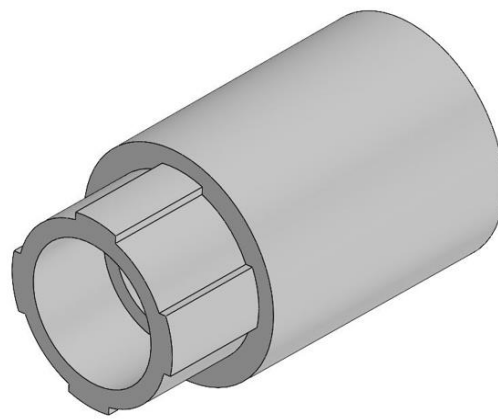


Figura 12b) Casquilho do tampo

Figura 12 Casquilho

Internamente, os casquilhos também são diferentes, tendo em comum apenas uma parede reta para que a válvula e o êmbolo não permitam rotação dentro do casquilho. Relativamente ao que os distingue, o casquilho do aro tem três paredes inclinadas para que o fluido possa deslizar aquando do movimento amortecido, enquanto o casquilho do tampo tem apenas duas zonas inclinadas. Esta diferença surgiu devido à variação de massa entre o aro e o tampo. O objetivo da terceira parede inclinada para o aro é permitir uma possibilidade de escoamento extra de fluido para compensar o menor peso. Assim, o tempo de queda será menor do que o do tampo evitando que este se junte ao

aro no movimento descendente. Isto provocaria uma sobrecarga ao amortecedor do aro, pois seria este a suportar o peso de ambos os componentes. O material dos casquilhos é PBT GF 30%.

Relativamente ao meio de selar o amortecedor, foi recentemente substituída uma anilha de pressão plástica, uma anilha de pressão metálica e um parafuso por uma única peça, a tampa. No Anexo-B encontra-se a montagem do conjunto com o recurso ao parafuso. Estes componentes foram substituídos porque o parafuso tinha tendência a desapertar com o funcionamento do amortecedor. Para além disso, é difícil garantir uma uniformidade no aperto do parafuso do amortecedor. Esta diferença influencia o funcionamento do sistema, uma vez que interfere na pressão exercida no interior da câmara. A tampa, por sua vez, sendo soldada evitaria todos estes constrangimentos. Este método foi aprofundado na secção 6.2. A tampa tem como função fechar o amortecedor exercendo pressão sobre o *O-ring* de menor diâmetro para que este consiga vedar o fluído existente no interior do amortecedor. Este componente tem como material POM acetal. Após o processo de soldadura da tampa ao eixo, o mecanismo encontra-se selado e pronto a acoplar ao sistema CLIPP-OFF. A montagem do amortecedor rotativo com recurso à tampa encontra-se no Anexo-C.

3.2.2 MODO DE FUNCIONAMENTO

Durante o funcionamento do amortecedor rotativo existem dois movimentos possíveis. Em primeiro lugar, o movimento de ascensão do conjunto sanitário onde o conceito é libertar a passagem do fluído, seja através dos orifícios do êmbolo e/ou das rampas do casquilho, com o objetivo de minimizar o atrito facilitando a abertura. Para isso, a válvula encontra-se na posição mais afastada do êmbolo enquanto os dentes deste o permitam. Este afastamento serve para que os dois orifícios do êmbolo fiquem livres e permitam o aumento do fluxo de fluído para a segunda câmara. Na Figura 13 e na Figura 15 pode-se ver o mecanismo quando o aro e o tampo estão levantados, respetivamente, ou seja, na abertura máxima do conjunto. Quando o amortecedor chega à sua posição máxima na abertura, teoricamente, já não existe fluído entre o êmbolo e o eixo, estando este presente na outra parte da câmara. Assim, pode-se passar para o segundo movimento do amortecedor: o movimento descendente. O êmbolo começa a afastar-se da base do eixo comprimindo o fluído e, por sua vez, este pressiona a válvula fazendo com que esta se junte ao êmbolo dificultando a passagem do fluído. Assim, o fluído movimenta-se apenas nas rampas da parede interna do casquilho. Esta dificuldade de passagem do fluído é o motivo pelo qual o amortecedor começa a travar o equipamento.

Na Figura 14 e Figura 16 encontra-se a posição do mecanismo do amortecedor para o aro e tampo fechados, respetivamente. Assim, para que o amortecedor funcione corretamente deveria oferecer pouca resistência ao movimento ascendente e resistência suficiente para que o movimento descendente seja amortecido.

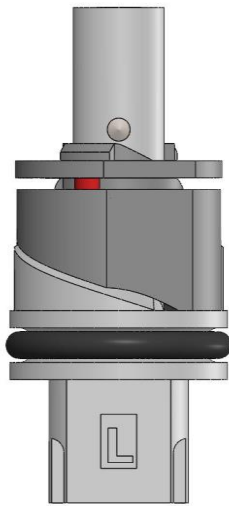


Figura 13 Mecanismo do amortecedor do aro em recuo máximo- Aro aberto

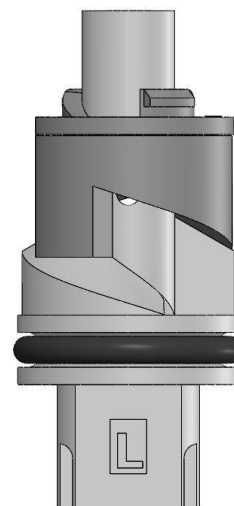


Figura 14 Mecanismo do amortecedor do aro em avanço máximo- Aro fechado

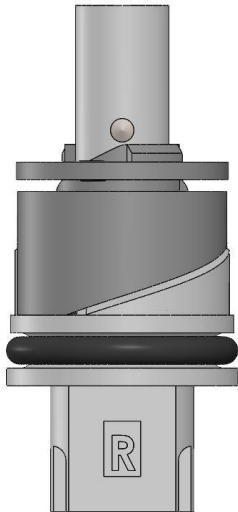


Figura 15 Mecanismo do amortecedor do tampo em recuo máximo- Tampo aberto

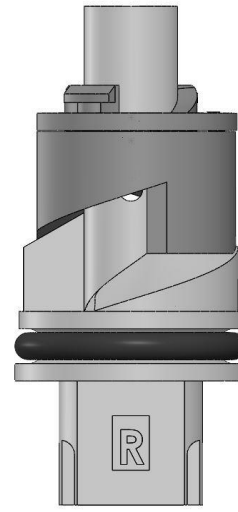


Figura 16 Mecanismo do amortecedor do tampo em avanço máximo- Tampo fechado

4 NORMAS DE ENSAIOS DO AMORTECEDOR

Para detetar falhas ou anomalias no funcionamento destes sistemas, são necessários testes rigorosos e repetitivos. Estes têm que demonstrar uma consistência nos seus valores para garantir o funcionamento adequado durante o tempo normal de uso do conjunto sanitário. Assim, a empresa JBMC adquiriu recentemente uma máquina de ensaios, visível na Figura 17, que permite testar o conjunto sendo possível retirar dados e detetar eventuais erros.

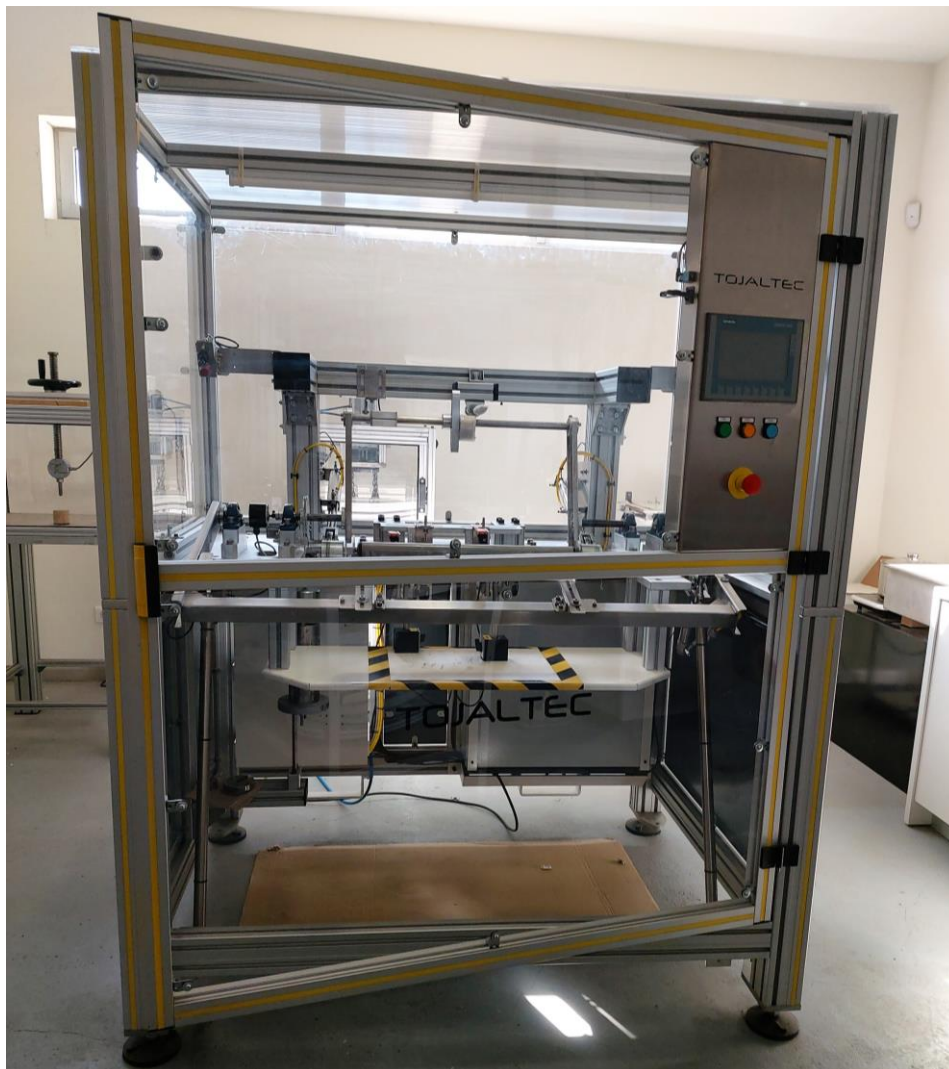


Figura 17 Máquina de ensaios da JBMC

Um conjunto sanitário equipado com amortecedores é submetido à seguinte bateria de testes: uma primeira fase de 50 ciclos com abertura apoiada e fecho em queda livre, isto é, apenas sujeito à

força gravítica; uma segunda fase, novamente de 50 ciclos com abertura apoiada e fecho submetido a uma carga de 30N. Estas duas fases são repetidas alternadamente até completar 30 000 ciclos. Este teste está de acordo com a norma francesa D207 do referencial NF240. Não existe nenhuma norma harmonizada para tampos de sanita (classificação CE). Assim, na JBMC optou-se por seguir a NF por ser a mais difundida e reconhecida a nível europeu para certificação do produto [14]. Na Figura 18 pode-se ver a área de trabalho da máquina acima mencionada.

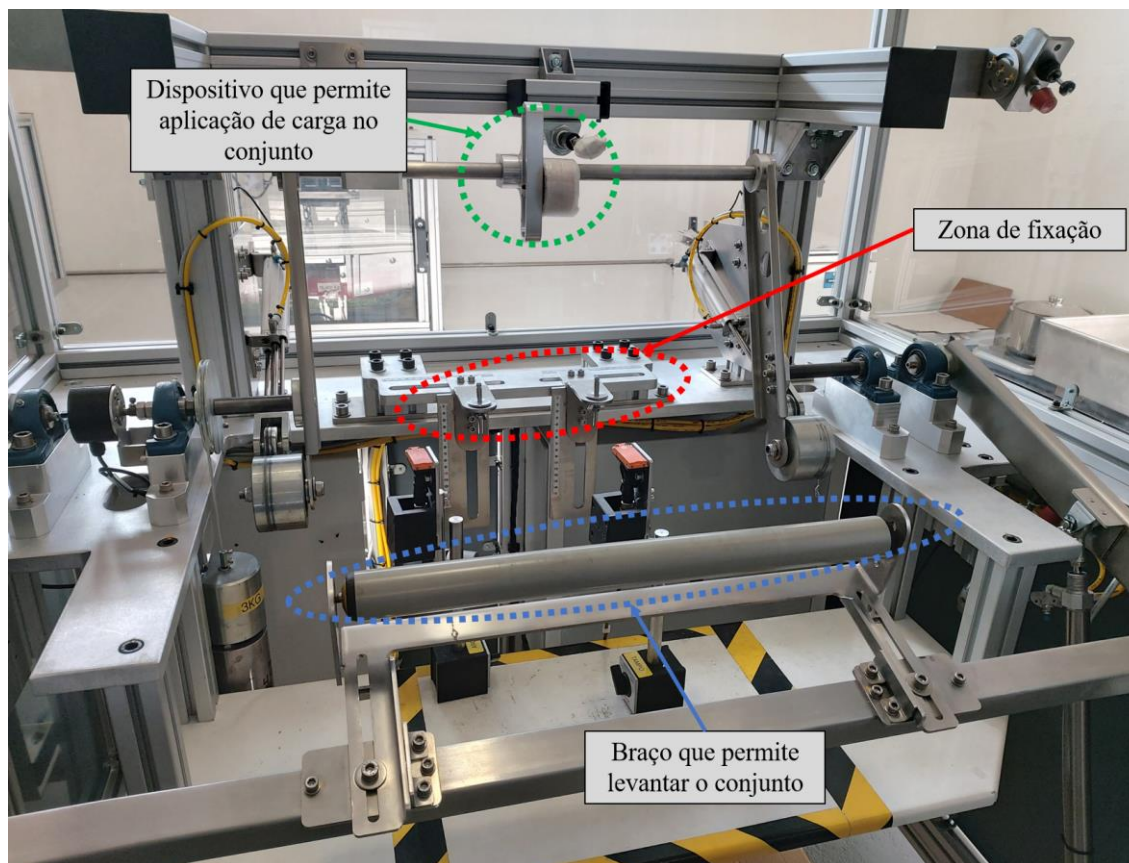


Figura 18 Zona de trabalho da máquina de ensaios

Na zona central está a fixação para ser possível fixar o conjunto aro e tampo. Na zona inferior da figura pode-se ver o sistema que levanta o conjunto. Este é um sistema pneumático e é acionado por um sensor ajustável em posição. Na zona superior da figura, pode-se observar o dispositivo que permite o impulso do conjunto para a queda livre (cilindro pneumático pequeno) e também para a aplicação de carga (braço mecânico) para os ensaios com queda forçada.

Segundo a norma D207 do referencial NF240, o conjunto aro e tampo tem de permanecer com um tempo de queda aceitável durante os 30 000 ciclos [15]. Considera-se um tempo de queda aceitável quando os valores estiverem entre 2 e 15 segundos, tanto em queda livre como com aplicação de força.

Um conjunto sanitário por norma tem uma abertura máxima entre 95° e 105°, considerando que cada cerâmica tem a sua própria geometria e dimensões. Tendo por base esta informação, é exigível como fator de segurança que o amortecedor garanta uma amplitude de 120°. Assim, pode-se posicionar esta amplitude consoante o formato e disposição da cerâmica ou conforme a cinemática que se pretenda obter. De modo a familiarizar com a cinemática do conjunto sanitário, tome-se o exemplo de um modelo equipado com amortecedores SUGATSUNE, Figura 19.

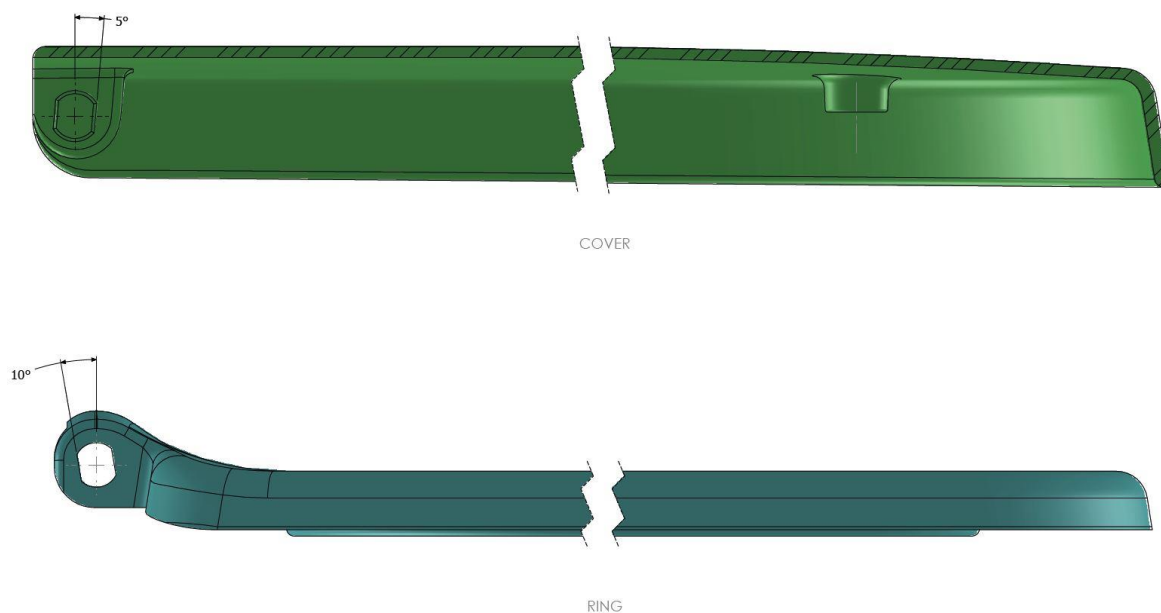


Figura 19 Exemplo de ajuste nos alojamentos dos travões

Aqui, o amortecedor do tampo é colocado desfasado 15° em relação ao do aro. Os 5° no alojamento do amortecedor faz com este acione mais cedo e, assim, provoca um retardamento na queda em relação ao aro. Este, por sua vez, tem uma rotação de 10° no alojamento de modo que o amortecedor acione mais tarde, acelerando a sua queda. O efeito que se pretende é que aro e tampo se encontrem praticamente aos 0° , garantindo um esforço equilibrado aos dois amortecedores.

4.1 FATORES INFLUENCIADORES NO FUNCIONAMENTO DO AMORTECEDOR

Relativamente ao bom funcionamento do amortecedor existem algumas variantes relevantes a ter em conta no seu desenvolvimento, tais como, o material dos componentes, as características e quantidades do fluido inserido, as folgas existentes nas peças e, ainda, fatores externos ao seu desenvolvimento como, por exemplo, a temperatura de trabalho do amortecedor, humidade no ambiente ou o ataque químico a que poderá estar sujeito. Ao longo desta secção foram aprofundados alguns destes fatores.

4.1.1 TIPO DE FLUÍDO E QUANTIDADE

Escolher o fluido ideal para este sistema foi uma das etapas fundamentais deste processo, uma vez que o fluido deve ter a consistência certa para que suporte o peso amortecendo a queda, mas não ultrapassando o tempo aceitável para o fazer. A gama de viscosidades dos amortecedores usados na empresa está entre os 500cSt e os 1000cSt, salvo exceções. Um dos problemas que ocorre quando o fluido é demasiado viscoso é que o aro e/ou o tampo não conseguem garantir os 0° ficando com um comportamento tipo mola.

Outro aspeto importante é a quantidade de fluido, uma vez que, se inserirmos uma menor quantidade de fluido o travão deixa de ter capacidade de amortecimento. Por outro lado, inserindo uma quantidade de fluido em excesso, irá dificultar o movimento interior do mecanismo resultando

num tempo de queda excessivo, ou seja, superior a 15 segundos. Em situação limite, poderá mesmo não permitir o fecho do conjunto, ou seja, este não termina na posição pretendida, 0°.

4.1.2 FOLGAS ENTRE COMPONENTES

Outro ponto chave do bom funcionamento do amortecedor foram as folgas entre os componentes. Em excesso provocará alguns fenómenos que iriam afetar o funcionamento, tais como:

- Casquilho: demasiada folga neste componente poderia afetar o encaixe no alojamento do conjunto sanitário, poderia impedir a ação da faceta sobre o êmbolo e a válvula, causar dificuldades no controle da passagem do fluido, ou ainda, afetar a capacidade de vedação dos *O-rings* no contacto entre o casquilho e o eixo;
- Eixo: demasiada folga neste componente poderia pôr em causa a vedação dos *O-rings* e poderia afetar a funcionalidade da cavilha;
- Êmbolo e válvula: a folga excessiva nestes componentes poderia afetar a passagem do fluido podendo comprometer a capacidade de amortecimento do travão;
- Cavilha: folga neste componente poderia afetar todo o mecanismo, uma vez que é o responsável pela compactibilidade do sistema.

Por outro lado, se as folgas forem demasiado reduzidas, uma das possíveis consequências seria o excesso de atrito entre as peças que provocaria uma variação no funcionamento do amortecedor. Este atrito entre os componentes provocaria também um maior desgaste afetando a *performance* do amortecedor.

As folgas puderam ser controladas através da previsão da contração do material dos componentes aquando da sua produção. Estas contrações dependem das dimensões e do material do componente injetado. Assim, para o material POM acetal os valores percentuais de contração prevista é de 1,5% a 2,5% e para o material PBT GF30% o valor mínimo estimado é de 0,2% e o máximo 1% [16]. Relativamente aos valores aplicados aos componentes em causa, para o POM acetal aplicou-se um valor de 2% e para o PBT GF30% aplicou-se 1%. Relativamente às tolerâncias aplicadas, foram apresentadas após a alteração dos componentes na secção 5.2.

4.1.3 TEMPERATURA DE FUNCIONAMENTO

A temperatura do mecanismo afeta o seu funcionamento. Demasiado atrito entre componentes, repetibilidade do movimento de abertura e fecho do conjunto sanitário, esforço aplicado ao travão e a temperatura ambiente são alguns dos fatores que alteram a temperatura do mecanismo. O atrito foi considerado no desenvolvimento do amortecedor, através do controlo de folgas e da respetiva contração dos materiais, estando ainda salvaguardado possíveis ajustes dos moldes dos componentes, caso sejam necessários. A questão da repetibilidade foi apenas considerada nos testes de desempenho pois é levado a um extremo que nunca aconteceria numa utilização no dia-a-dia. Assim esta utilização diária não teria um impacto significativo na temperatura de funcionamento. Quanto ao esforço aplicado, foi sempre ajustado o binário do travão ao peso do conjunto sanitário que, por sua vez, influencia o esforço do amortecedor. Por fim, a temperatura ambiente está dependente das diferentes estações do ano, da localização geográfica, das condições climáticas, etc. O comportamento do amortecedor poderia ficar alterado com o aumento ou diminuição da temperatura ambiente, pois a viscosidade do fluido e a temperatura tem uma relação exponencial [17], [18], [19]. Este fator poderia ser controlável, por

exemplo, através de uma câmara térmica, contudo é um meio que não existia na JBMC.

Para analisar o impacto da temperatura ambiente foi efetuado um estudo sobre a influência desta no tempo de queda do travão. Assim, realizou-se um ensaio experimental que consiste em avaliar o tempo de queda do conjunto sanitário ao longo de 20 000 ciclos em estações do ano diferentes, mais concretamente no mês de novembro de 2020 e no mês de maio do ano seguinte. Recorrendo ao registo de temperaturas no local da empresa, Santa Maria da Feira, entre os dias 23 a 28 do mês de novembro, a temperatura média foi de 16,6° C enquanto que a temperatura média registada entre os dias 25 e 29 de maio, foi de 20,2° C [20]. O primeiro ensaio já tinha sido efetuado antes do estágio curricular começar, portanto no segundo ensaio foram usados os mesmos amortecedores e o mesmo conjunto sanitário. Os travões do ensaio experimental foram os da TOK com o modelo URBY SLIM, com uma massa do aro de 805g e do tampo de 1014g. Na Figura 20 encontra-se um gráfico com os dados retirados do ensaio efetuado no mês de novembro, com uma temperatura média registada na semana dos ensaios de 16,6°C.

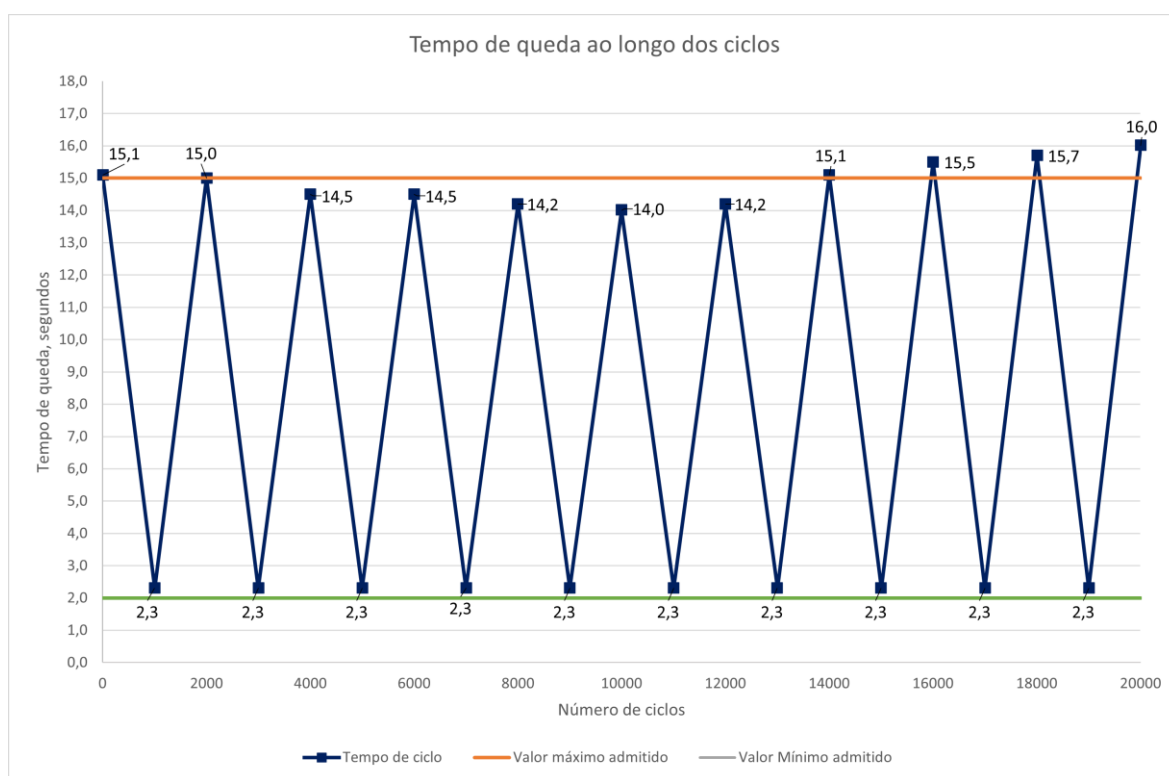


Figura 20 Gráfico dos tempos de queda registados no mês de novembro

Como referido anteriormente, o tempo de queda adequado é entre os 2 e os 15 segundos, estando assim representado no gráfico a verde o tempo mínimo e a cor-de-laranja o tempo máximo admitido para o fecho do conjunto. De realçar que os ensaios realizados na máquina da empresa cumprem os requisitos impostos pela norma D207 do referencial NF240 e, portanto, 50 ciclos são efetuados em queda livre seguidos de 50 ciclos com aplicação de força. Assim, analisando o gráfico, os pontos superiores são relativos aos ciclos em queda livre enquanto que os pontos inferiores são relativos à aplicação de força. Passando à análise dos valores, com aplicação de força os valores encontram-se todos acima do limite mínimo, no entanto, em queda livre pode-se ver que nem sempre está dentro do tempo aceitável.

Os resultados obtidos no ensaio realizado no mês de maio com temperatura média de 20,2°C, encontram-se na Figura 21.

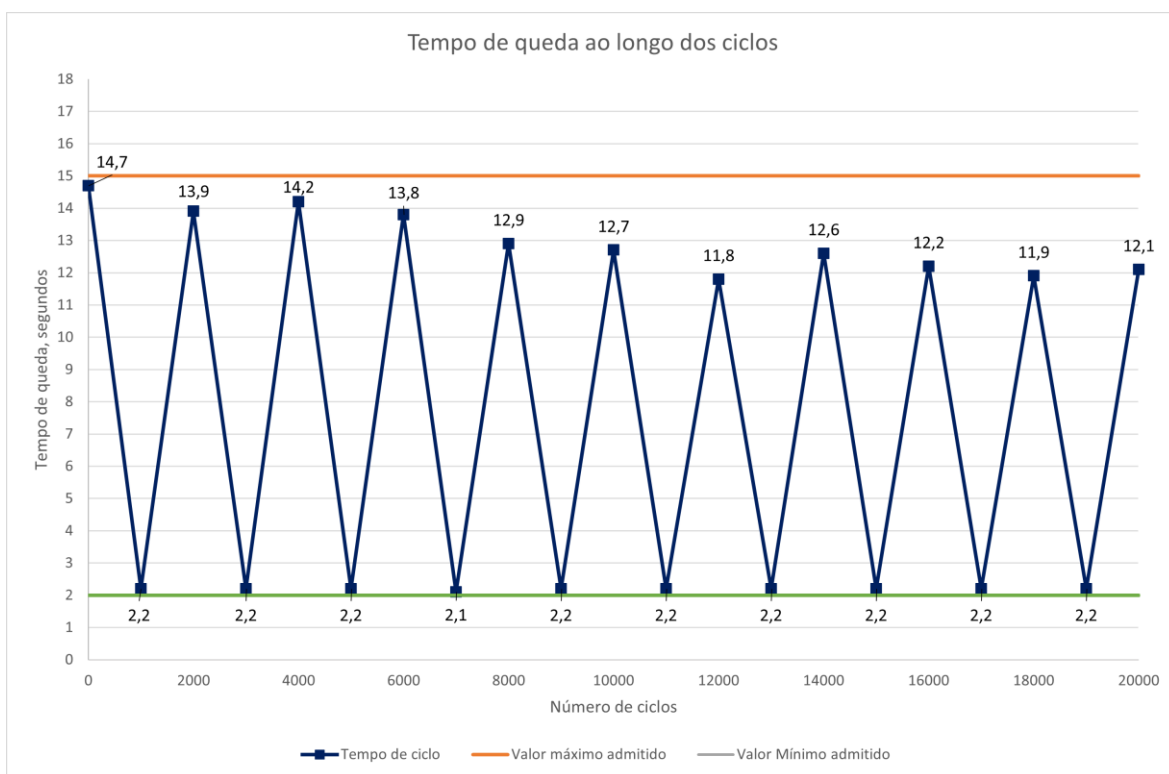


Figura 21 Gráfico dos tempos de queda registados no mês de maio

Como no gráfico anteriormente apresentado, a reta a verde e a reta a cor-de-laranja limitam o tempo de queda admissível e os pontos superiores continuam a corresponder ao tempo de queda livre e os pontos inferiores correspondem ao tempo de queda com aplicação de carga. Assim, pode-se ver que todos os valores estão dentro dos tempos adequados.

Fazendo uma comparação dos dois gráficos, pode-se ver que, exatamente com os mesmos amortecedores rotativos e com o mesmo aro e tempo, os resultados variaram ligeiramente. No mês de novembro o tempo médio em queda livre foi de 14,9 segundos. Por outro lado, no mês de maio esse mesmo tempo médio reduziu-se para 13 segundos. Relativamente ao tempo de queda com aplicação de carga não se nota grande discrepância. Destes dois ensaios concluiu-se que a temperatura ambiente interfere com o comportamento do travão, no entanto, não tem um impacto significativo tendo em conta a localização geográfica e as temperaturas mínimas e máximas habitualmente registadas em Portugal. De modo a completar este estudo, ficou previsto repetir-se o ensaio em alturas do ano com uma maior amplitude térmica.

5 AVALIAÇÃO DO CONCEITO EXISTENTE

5.1 ANÁLISE DO MODELO DESENVOLVIDO PELA EMPRESA

Como referido no capítulo anterior, a JBMC tinha já desenvolvidos alguns dos componentes do amortecedor, no entanto, ainda não tinham passado para a fase de ensaios para testar o produto. Para essa fase de ensaios seria necessário a montagem dos componentes segundo o esquema presente no Anexo-C para, posteriormente, ser injetado o fluido no conjunto e, selar o sistema recorrendo à soldadura por ultrassons. Assim, estariam as condições reunidas para proceder aos testes segundo a norma D207 do referencial NF240.

Como ponto inicial da avaliação ao modelo desenvolvido foi necessário avaliar o comprimento das cavilhas a utilizar. O comprimento desta influencia diretamente o ângulo de abertura do mecanismo, o que pode prejudicar a posição final de fecho do aro e do tampo quando montado na cerâmica. Assim, foram tidas em conta cavilhas de vários comprimentos, variando entre 10 mm, 11,7 mm, 11,9 mm e 14 mm. A cavilha é ideal quando o amortecedor garante uma amplitude de 0° até 105°. Através do *SolidWorks* foi retirado o valor máximo para este componente. O comprimento máximo que a cavilha poderia ter era de 11,3 mm. Logo, das cavilhas disponíveis, a única que servia o propósito sem comprometer a amplitude do conjunto sanitário era a de comprimento 10 mm. Todas as outras foram, pelo menos, consideradas porque quando se passasse para o passo de automatizar a montagem, haveria uma maior facilidade de manuseamento com cavilhas maiores.

Num segundo momento, foram realizados testes com inserção de fluido. Para isso foram usados dois fluidos com características diferentes já existentes na empresa. O primeiro fluido a considerar foi um polímero com a designação de PL650 e o segundo foi um composto de óleo de silicone e sílica em pó, sendo este denominado por SILTEK 2. Os testes foram realizados com recurso a estes fluidos, no entanto não existiam dados técnicos completos, havendo apenas as fichas técnicas de segurança. No Anexo-D encontra-se um excerto da ficha técnica de segurança com os dados mais relevantes relativo ao fluido PL650 e no Anexo-E relativo ao SILTEK 2. Os ensaios foram divididos em dois momentos: um primeiro ensaio usando a anilha de plástico, a de metal e o parafuso para fechar o mecanismo e, um segundo ensaio usando a tampa. Para os ensaios usou-se sempre o mesmo modelo sanitário, o modelo *Tanzânia*, onde a massa do aro era de 493g e a massa do tampo de 681g. Os ensaios consistiram em inserir o aro e o tampo na cerâmica e, em queda livre, contabilizar o tempo que demora a chegar à posição neutra da cerâmica, amplitude de 0°.

Assim, num primeiro ensaio foram testados os travões fechados recorrendo às anilhas e ao parafuso. Começou-se por inserir o fluido PL650 dentro de um conjunto de travões preenchendo a sua capacidade máxima. Sabendo que os amortecedores já estariam no seu máximo de capacidade de amortecimento com este fluido, os resultados para o aro foram interessantes, obtendo um tempo de queda total de 9 segundos efetuando uma descida amortecida apenas nos últimos 30°. Já para o tampo, os resultados não foram tão positivos, sendo que com a capacidade máxima, este fluido não

foi suficiente para amortecer a queda. Passando então para o segundo fluido, o mesmo processo de inserção foi aplicado para o SILTEK 2, recorrendo também à sua capacidade máxima. Este ensaio falhou porque ambos os amortecedores não conseguiram uma queda amortecida do conjunto. Não tendo dados concretos sobre a viscosidade, pôde-se supor que o fluido SILTEK 2 não é suficientemente viscoso para dificultar o funcionamento do mecanismo interno do amortecedor. Como consequência da pouca viscosidade, o fluido começou a sair pelos orifícios onde estavam alojados os *O-rings* perdendo assim a finalidade de vedação. O que provocou um movimento de queda não amortecido. Na Tabela 1 encontram-se os resultados do primeiro ensaio.

Tabela 1 Resultados do ensaio 1- recorrendo às anilhas e ao parafuso

Ensaio 1		
	Aro	Tampo
PL650	Tempo de queda: 9 segundos	Sem amortecimento
SILTEK 2	Sem amortecimento	Sem amortecimento

Do primeiro teste concluiu-se que o fluido com melhores resultados para o aro foi o PL650. No entanto, como o amortecedor era fechado com um parafuso, era possível ajustar o aperto deste sempre que os resultados não eram tão satisfatórios. Nos próximos ensaios, foi usado apenas este fluido variando a quantidade inserida e substituindo o parafuso por uma tampa já projetada pela empresa. Novamente, através do *SolidWorks* recorreu-se ao cálculo do volume vazio do amortecedor com tampa, originando num valor de 2200 mm³, ou seja, 2,2 ml. Assim, começou-se por injetar nos travões essa quantidade de fluido sendo que o tempo de queda registado foi de 22 segundos, tempo este que excedeu o estabelecido pelas normas. Posto isto, como o tempo de queda foi muito elevado, foi injetado uma quantidade menor de fluido, cerca de 1,9 ml, demorando 9 segundos para fazer a queda total. Na Tabela 2 encontram-se os resultados do segundo ensaio.

Tabela 2 Resultados do ensaio 2- recorrendo à tampa

Ensaio 2		
PL650	Aro	Tampo
Quantidade inserida: 2.2 ml	Tempo de queda: 22 segundos	Sem amortecimento
Quantidade inserida: 1.9 ml	Tempo de queda: 9 segundos	Sem amortecimento

Este último ensaio com uma quantidade de fluido PL650 de 1,9 ml foi o que demonstrou melhores resultados. Para a massa do aro e ajustando a quantidade de fluido inserido no mecanismo, conseguiu-se obter resultados atrativos. No entanto, para o tampo não foi possível tirar conclusões com os fluidos existentes pois estes não tinham capacidade de amortecimento. Para contornar esta limitação, seria necessário recorrer a um fornecedor e pedir novas amostras para retirar tempos de queda e assim conseguir escolher um fluido consoante as necessidades. Este fornecedor deveria ser, preferencialmente, em território nacional e, após contacto e pesquisa sobre o fluido a utilizar, foi aconselhado utilizar óleo de silicone pois tem uma vasta gama de viscosidades.

De realçar que o tempo de queda vai ser influenciado não só pela viscosidade do fluído, como também pela massa de cada componente do conjunto, aro e tampo.

Com base nos ensaios realizados, conseguiu-se detetar algumas falhas no funcionamento do amortecedor rotativo. A falha mais limitante na qualidade de funcionamento a curto e longo prazo era a saída de fluído pelas duas extremidades do travão. Detetada a falha, a próxima etapa foi melhorar os componentes do amortecedor para evitar fugas de material para o exterior. Surgiu a possibilidade de eliminar uma das extremidades do mecanismo, reduzir o número de componentes e, ainda, alterar a zona de vedação do amortecedor.

5.2 ALTERAÇÃO DE FERRAMENTAS, MOLDES E PEÇAS JÁ DESENVOLVIDAS

Tendo sempre em foco resolver o problema detetado anteriormente, foram analisados todos os componentes do amortecedor para evitar perdas de fluído ao longo dos ciclos de funcionamento. O primeiro componente analisado foi o casquilho, sendo este o componente que foi alvo de mais alterações. Assim, na Figura 22 e Figura 23 encontram-se assinaladas as zonas onde ocorreram alterações, tanto no aro como no tampo, respetivamente.

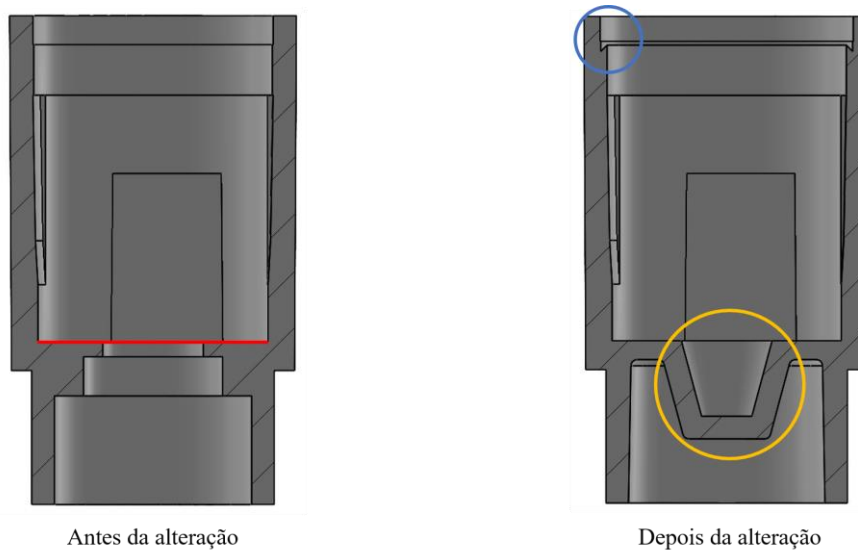


Figura 22 Casquilho do aro

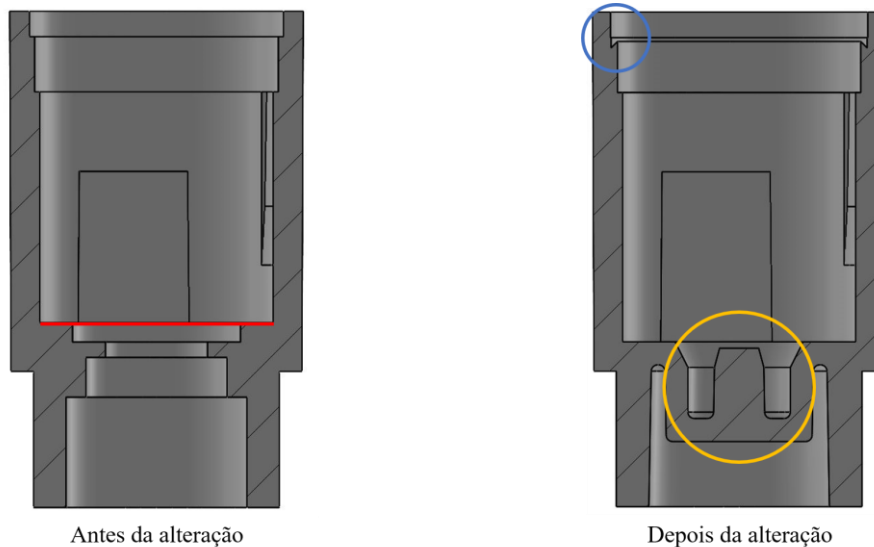


Figura 23 Casquilho do tampo

Em ambas as figuras, está representada uma linha a vermelho, isto porque o interior do casquilho do aro era diferente do tampo, no entanto, como não tinha funcionalidade decidiu-se igualar os patamares do interior. Relativamente à zona inferior, optou-se por fechar o casquilho substituindo a tampa, conseguindo assim remover uma das zonas críticas de saída de fluído. A zona delimitada a amarelo, onde ocorreu a alteração acabada de mencionar, serviu também para criar um sistema de anti-erro no casquilho, isto é, o eixo do aro não consegue encaixar no casquilho do tampo e vice-versa. A alteração representada a azul foi desenvolvida a pedido dos fornecedores do equipamento de soldadura por ultrassons para permitir a solda entre o casquilho e a peça desenvolvida para esse fim. Com as alterações efetuadas no casquilho foi necessário adaptar alguns componentes à sua geometria.

O segundo componente a sofrer alterações foi o eixo. Nas figuras seguintes encontra-se representado o eixo antes de ser alterado, o eixo após alteração e, ainda, as vistas laterais mais detalhadas antes e após as alterações. Na Figura 24 está representado o eixo do aro e na Figura 25 o eixo do tampo.

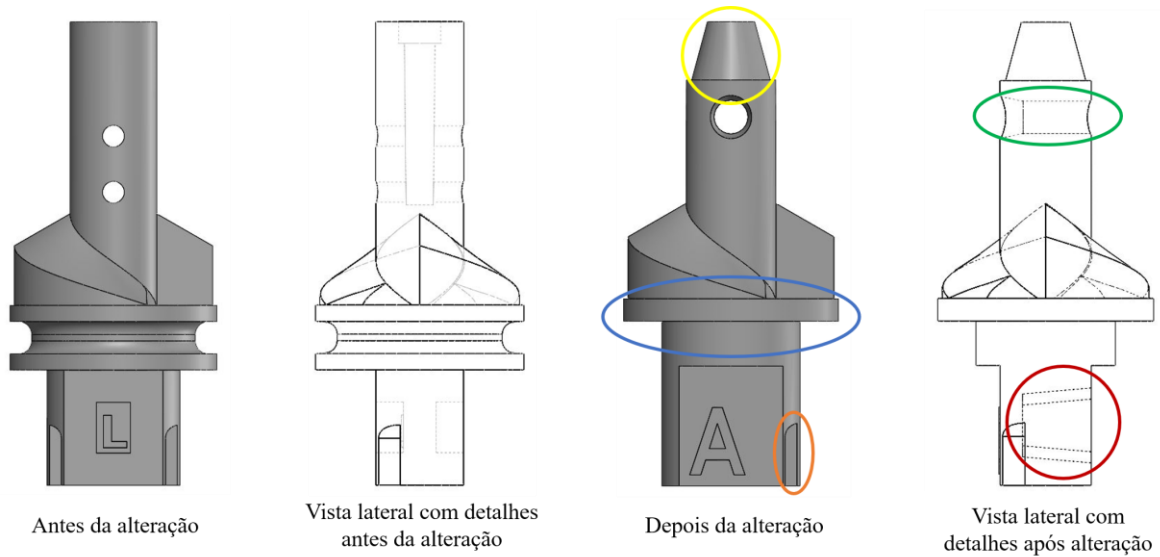


Figura 24 Eixo do Aro

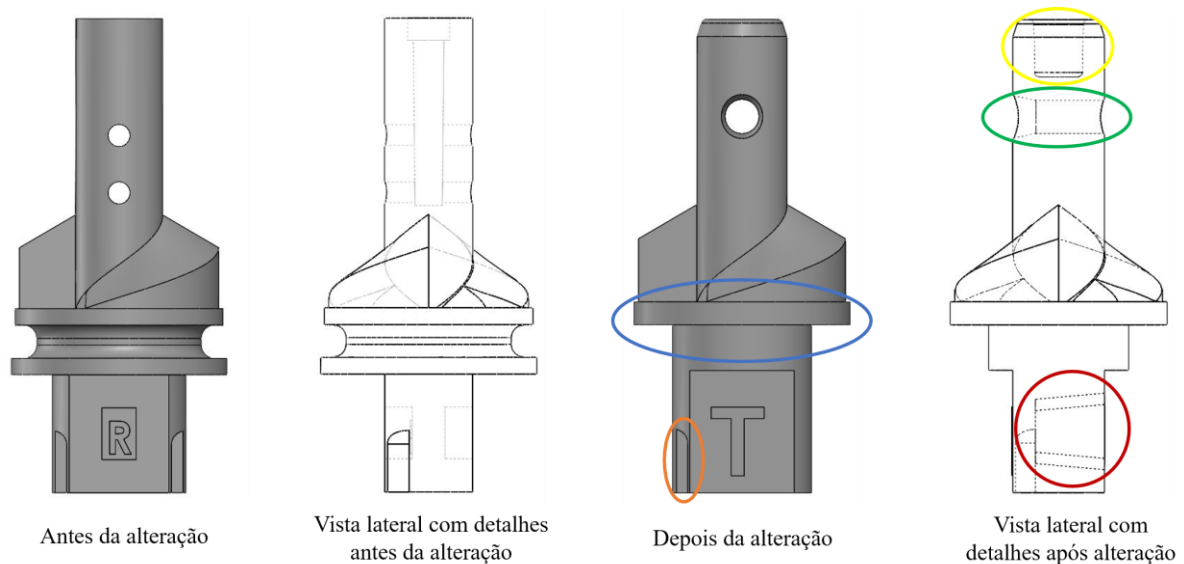


Figura 25 Eixo do Tampo

Como é visível nas imagens relativas ao eixo, existem cinco zonas onde foram realizadas alterações. Começando a análise com as alterações que variam consoante a aplicação no aro ou no tampo, a zona a cor-de-laranja serve para que, posteriormente, na montagem automatizada exista um sistema anti-erro nos ninhos; a extremidade do eixo, zona amarela, é diferente para que só seja possível montar o eixo certo no casquilho certo. Continuando a análise com as alterações comuns, a ambos os eixos foram removidos os furos transversais de 2 mm de diâmetro; na zona verde foi criado um novo furo transversal com 3 mm para facilitar o manuseamento da cavilha na montagem automatizada. Numa das extremidades deste furo, como se pode ver nas figuras, foi adicionado um chanfro para facilitar a colocação da cavilha. A zona delimitada a vermelho tem uma configuração que permite o anti-erro para a montagem da cavilha. Isto é, esta cavidade permite o encaixe do eixo no ninho ficando sempre o chanfro do furo na face superior. De modo a acoplar uma nova peça, denominada de ligante, na zona azul, retirou-se o alojamento do *O-ring* do eixo. Os desenhos

técnicos do casquilho e do eixo estão presentes no Anexo-F (relativamente aos componentes do aro) e no Anexo-G (relativamente aos componentes do tampo). Nestes anexos estão presentes as tolerâncias permitidas destes componentes.

O ligante é o elemento responsável pela vedação do mecanismo. Na Figura 26 pode-se ver uma vista em perspectiva do ligante e uma vista em corte com detalhes assinalados.

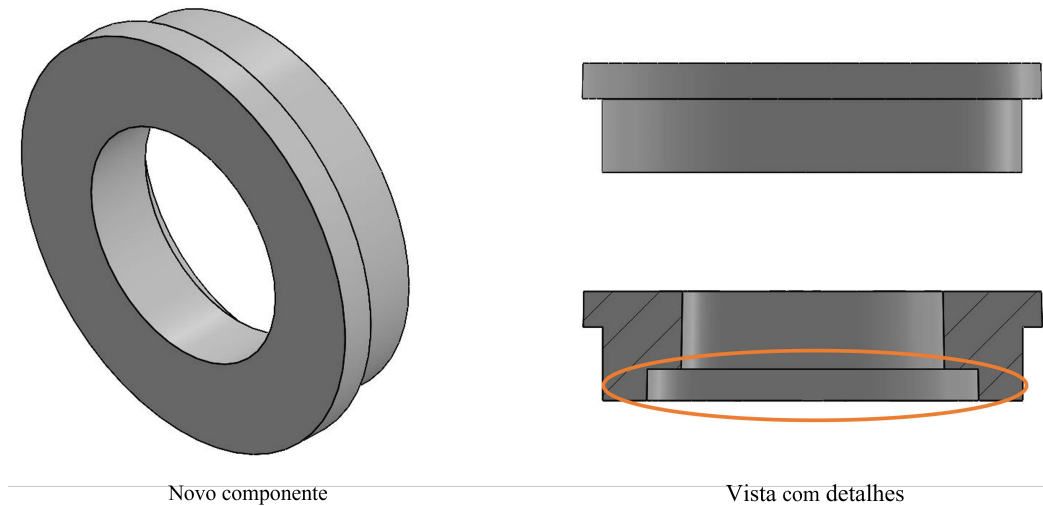


Figura 26 Ligante

Este novo componente foi desenvolvido para fechar o conjunto através de soldadura por ultrassons com o casquilho, continuando a permitir rotação livre do eixo. Como é visível na vista detalhada da figura, na zona delimitada a cor-de-laranja, este componente contém uma caixa para alojamento de um *O-ring* que terá como objetivo a vedação entre o ligante e o eixo, impedindo assim a passagem de fluído para fora do mecanismo.

Relativamente à válvula, numa primeira fase de injeção de peças, este componente era diferente consoante a aplicação no aro ou no tampo, o que futuramente seria um obstáculo quando a montagem passasse a ser automatizada. Assim, a primeira alteração feita foi com o objetivo de ter apenas um componente para as duas aplicações, surgindo assim uma válvula universal. Tanto a válvula do aro e do tampo antes da alteração como a válvula universal podem ser encontradas na Figura 27.

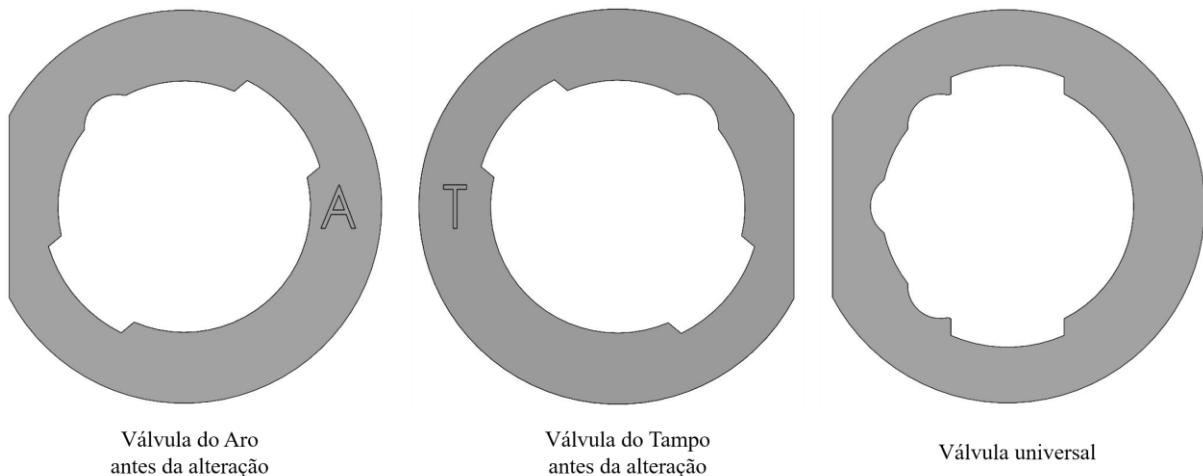


Figura 27 Primeira alteração da Válvula

Durante a montagem dos componentes notou-se que a válvula tinha demasiada folga no diâmetro interno e, portanto, este valor foi ajustado. Um dos rasgos da válvula, zona amarela, foi também eliminado porque não era funcional. Na Figura 28 pode-se ver a eliminação de um dos rasgos.

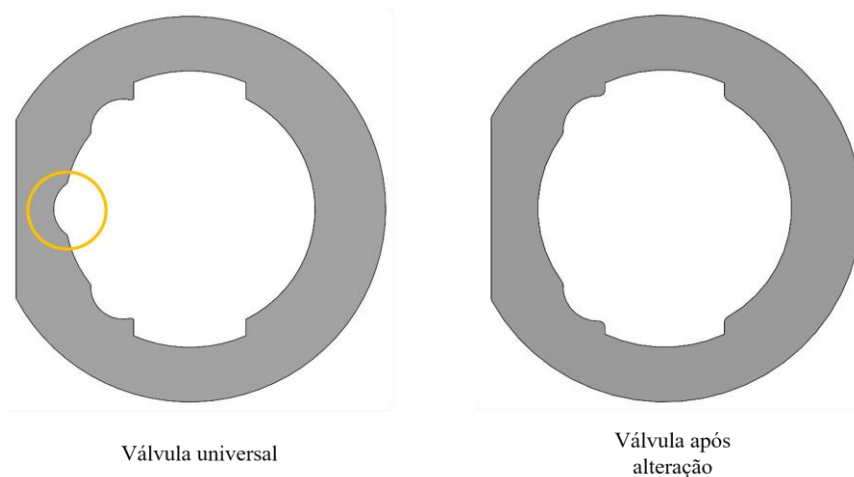


Figura 28 Segunda alteração da Válvula

Ainda não estando impedida a rotação total da válvula quando está corretamente montada, foi efetuada uma última alteração no êmbolo. Os desenhos técnicos do ligante e da válvula encontram-se no Anexo-H. No êmbolo, para além do dente já existente, foi criado um segundo dente de modo a reforçar o bloqueio com a válvula. Pode-se ver a alteração dos êmbolos, do aro e do tampo, na Figura 29 e Figura 30, respetivamente.

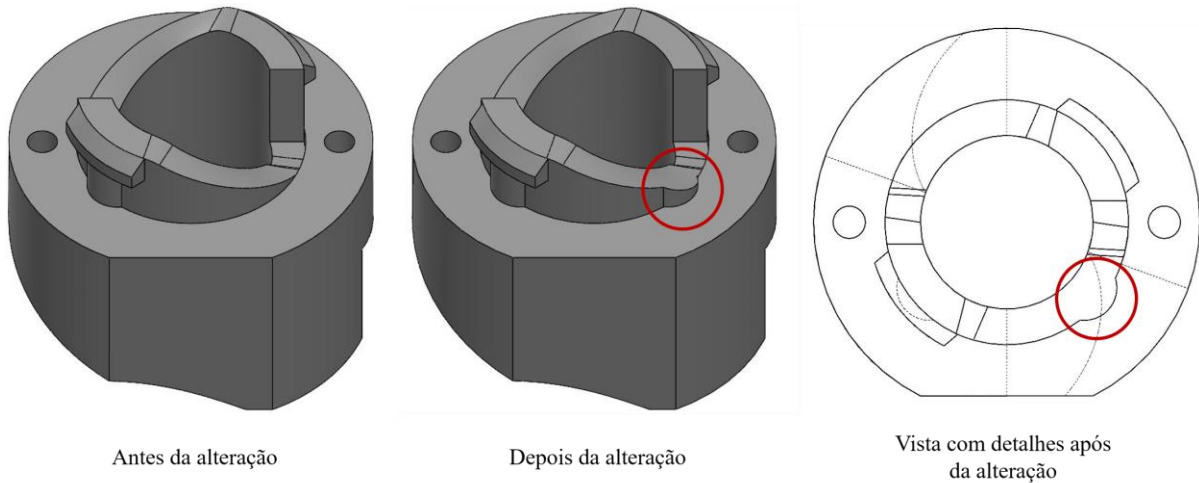


Figura 29 Êmbolo do Aro

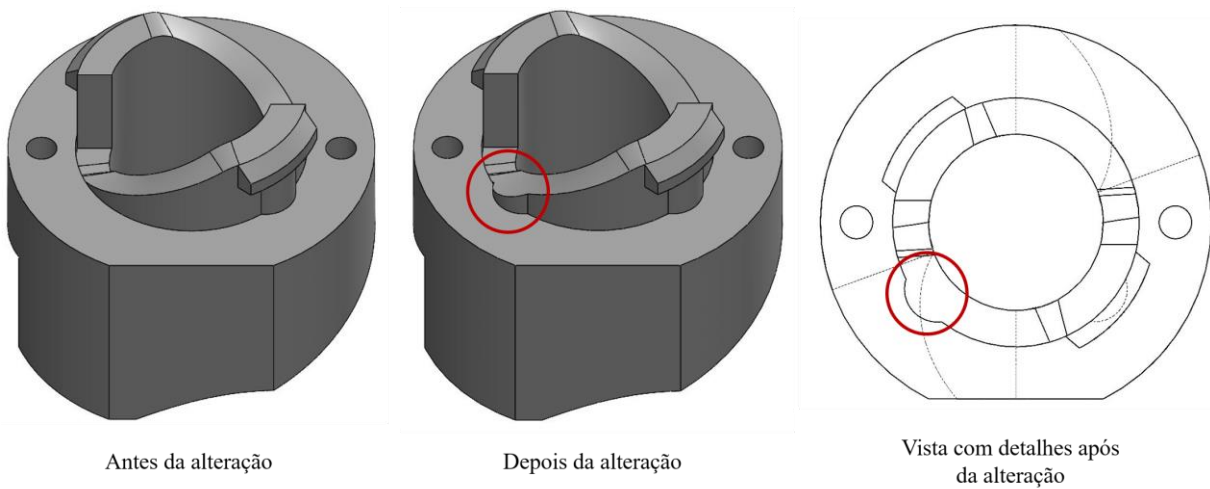


Figura 30 Êmbolo do Tampo

Assim, nas zonas a vermelho é visível a adição de um segundo dente. No aro foi adicionado do lado direito ao dente já existente e no tampo do lado esquerdo. Depois destas alterações, a válvula, após estar montada, tem movimento apenas para cima e para baixo com a finalidade de dificultar a passagem do fluído. O desenho técnico relativo ao êmbolo está presente no Anexo-F (êmbolo do aro) e Anexo-G (êmbolo do tampo).

Relativamente ao mecanismo todo montado, na Figura 31, pode-se ver, numa vista em corte, o mecanismo do aro e do tampo, respetivamente. É possível também observar as alterações feitas em cada componente e a compatibilidade entre todos. De frisar que o eixo e o casquilho têm geometrias distintas no seu encaixe de modo a garantir característica de montagem anti-erro.

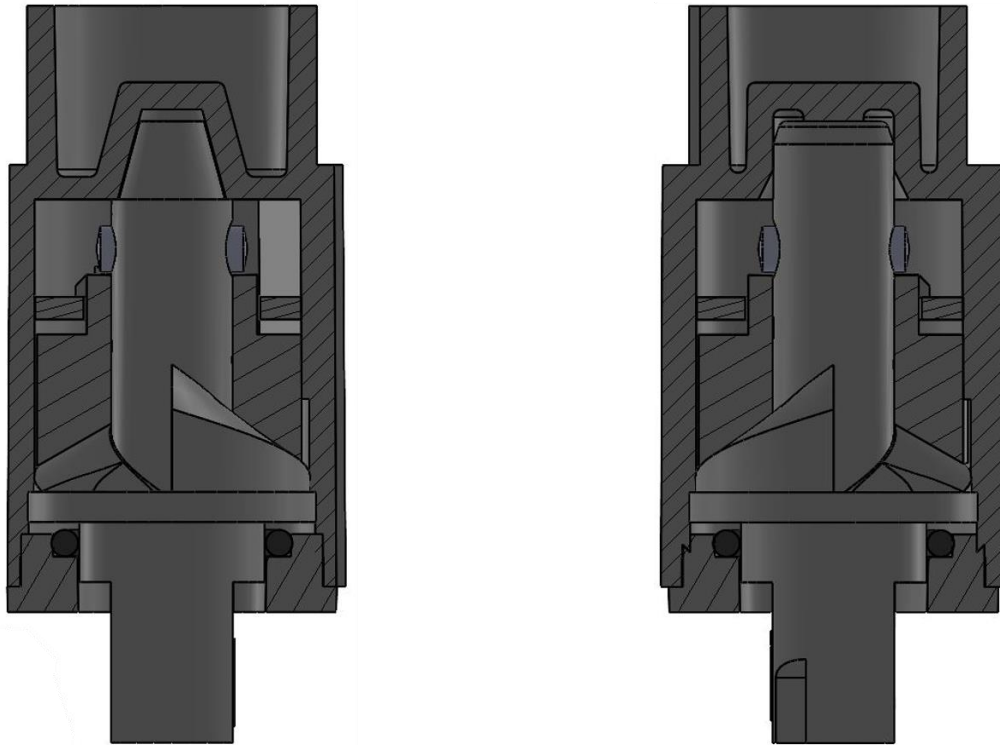


Figura 31 Mecanismo visto em corte do aro, à esquerda, e do tampo, à direita

No Anexo-I está o desenho de conjunto dos dois mecanismos presentes na figura anterior. Finalizadas todas as alterações dos componentes do amortecedor rotativo e, antes de passar às alterações nos moldes, recorreu-se à impressora 3D da empresa para verificação de compatibilidade entre componentes e verificação de funcionamento. A impressão 3D ou fabricação aditiva é um processo que permite construir objetos físicos através da deposição de materiais em camadas, com base num modelo 3D digital [21]. A impressão usada na JBMC foi a impressão 3D FDM (*Fused Deposition Modeling*). Esta tecnologia utiliza como material um filamento polimérico sólido que é aquecido e depositado na superfície de impressão. O modelo usado foi STRATASYS F170 com filamento na impressão de 0,13 mm e com uma tolerância nas peças de +/- 0,2 mm, sendo que a precisão da impressão depende na sua maioria da geometria da peça [22].

Relativamente aos materiais usados na JBMC para impressão 3D foram: ABS e ASA. O material ABS é o material mais recorrente nesta área devido às suas propriedades mecânicas. No entanto, o material ASA excede as propriedades mecânicas do ABS e possui uma maior resistência ao calor [23]. Inicialmente, imprimiu-se em ABS e, posteriormente, em ASA todos os componentes com as devidas alterações para testar o seu funcionamento e montabilidade. O material de suporte usado na impressão foi o material de suporte solúvel SR-100. Este é um material que em peças com geometria menos complexas conseguem ser separadas manualmente. No entanto, se não for possível realizar essa separação, colocado numa solução de água com um produto próprio, em poucas horas separa-se da peça impressa [24]. Na Figura 32 encontram-se os componentes em ABS, no final da impressão, ainda no tabuleiro e sem remover o material de suporte.

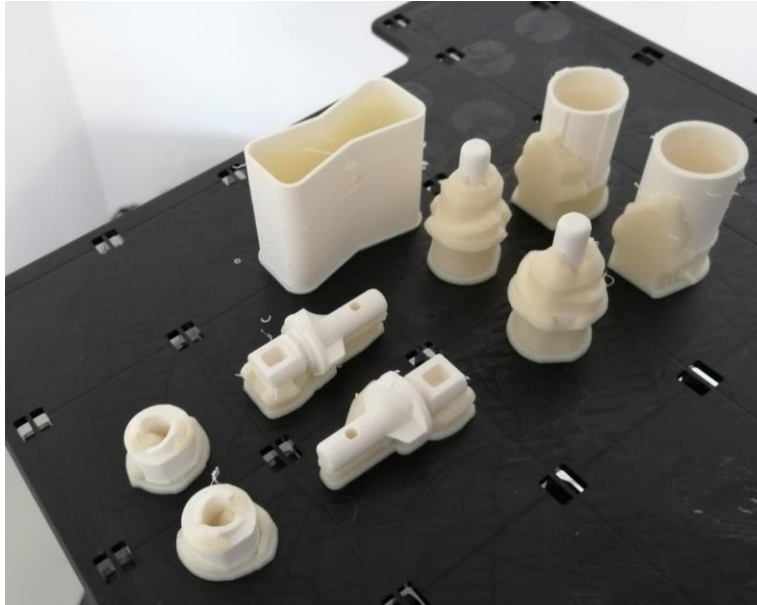


Figura 32 Componentes impressos em 3D em ABS

Nas figuras seguintes, Figura 33 e Figura 34 pode-se ver os componentes impressos no material ASA, na primeira figura ainda com o material de suporte e na segunda já isolados. Como se pode ver na Figura 33 um dos componentes não ficou corretamente imprimido. Um dos motivos poderia ser a presença de humidade nos filamentos do material, dificultando assim o processo de impressão por *layers*, ou seja, por camadas.



Figura 33 Componentes impressos em 3D em ASA

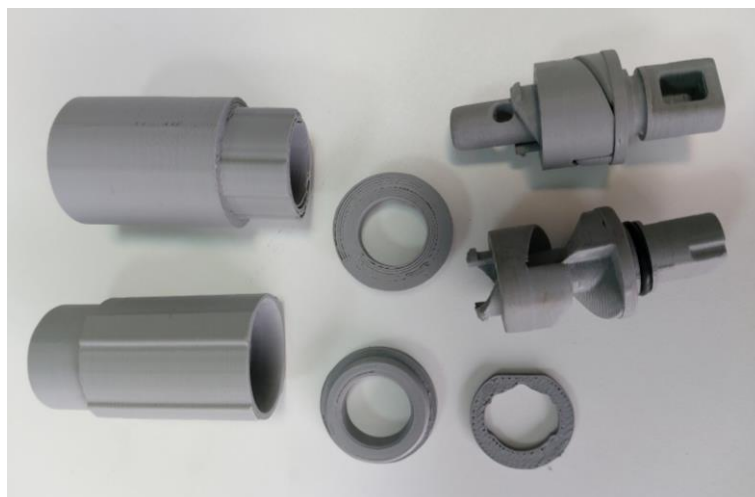


Figura 34 Protótipos impressos em 3D em ASA

Após a validação das alterações procedeu-se então à atualização dos moldes. A atualização dos moldes passou por soldar as zonas onde foi retirado material dos componentes e maquinar onde foi necessário acrescentar material. Ou seja, neste caso e aplicado às zonas com gravações dos componentes, quando se queria retirar plástico dos componentes acrescentou-se aço nos moldes e quando se acrescentou plástico retirou-se aço. A empresa optou por soldar e maquinar os moldes já existentes para injetar peças e proceder-se a testes para verificação funcional das alterações efetuadas. Assim que as alterações estivessem aprovadas pelos resultados dos ensaios, iria adquirir-se novas placas de aço e fazer novamente as gravações dos moldes em placas novas.

5.3 INFLUÊNCIA DO FLUÍDO

A viscosidade é uma propriedade que varia com a temperatura, pressão, humidade, concentração, entre outras [17]. Esta é uma das propriedades físicas mais importantes do fluído que, conseqüentemente, seria também o ponto fulcral do bom funcionamento do mecanismo do amortecedor rotativo.

Após realizados testes com alguns fluídos presentes na JBMC, o polímero PL650 foi o que demonstrou melhores resultados. No entanto, por orientação de alguns fornecedores desta área, a família de fluídos escolhida para o funcionamento do amortecedor rotativo desenvolvido foi o óleo de silicone. Para essa escolha ser focalizada no padrão de funcionamento pretendido, em primeiro recurso tentou-se obter mais informações analisando o polímero PL650. No entanto, esta análise não foi possível acontecer devido a entraves externas à empresa. Assim, a empresa decidiu recorrer diretamente aos fornecedores solicitando amostras dos vários óleos de silicone para perceber qual o mais indicado para esta aplicação. Após a chegada das amostras, o próximo passo seria realizar ensaios dos vários fluídos. O objetivo final era escolher dois fluídos diferentes, um que fosse adequado para os conjuntos sanitários de polipropileno e outro para ser aplicado nos amortecedores dos conjuntos de ureia. Infelizmente, até à data-limite de entrega deste trabalho, os fornecedores não conseguiram fazer as entregas das amostras, ficando a escolha dos fluídos por determinar. No entanto, com as novas alterações e com recurso ao *SolidWorks* calculou-se o volume vazio do amortecedor. Esse valor foi de $1,74 \text{ cm}^3$ e significa que pode ser inserido 1,74 ml do fluído dentro do amortecedor rotativo.

6 FABRICO E MONTAGEM

6.1 MATERIAIS E PROCESSOS DE FABRICO

Atualmente, dentro dos materiais de engenharia estão incluídos diversos polímeros, tais como, plásticos, borrachas, fibras, adesivos, sendo estes materiais bem conhecidos e indispensáveis ao estilo de vida atual [25]. Os materiais poliméricos são uma presença constante no dia-a-dia do ser humano, uma vez que estão presentes nos produtos domésticos, brinquedos, produtos para a área da saúde, área da construção civil, informática, eletrônica, automóvel, militar e aviação, entre outros, os polímeros vieram dinamizar e aumentar níveis de produção [5]. Os polímeros podem ser classificados em materiais termoplásticos, termoendurecíveis ou em elastômeros consoante o modo como estão ligados química e estruturalmente. Ao longo deste relatório foram abordados em maior detalhe os materiais termoplásticos, pois constituem uma grande parte dos polímeros comerciais e são materiais com custo relativamente reduzido, com grande facilidade de processamento e com alta versatilidade. Para além disso, as propriedades mecânicas destes materiais podem ser otimizadas, por exemplo, com adição de cargas ou fibras, tornando-os mais competitivos comparando aos outros materiais plásticos [5]. Estes materiais antes de serem processados podem apresentar diferentes propriedades mecânicas podendo ser rígidos ou flexíveis. Os termoplásticos necessitam de calor para poderem ser trabalhados e moldados, adquirem plasticamente a forma desejada e presente no molde apenas quando são arrefecidos. Uma grande característica e diferença relativamente aos outros polímeros, os termoendurecíveis e os elastômeros, é a sua capacidade de manter as suas propriedades mesmo quando sujeitos a sucessivos ciclos de processamento, podendo ser um material reciclável, o que é um aspeto bastante atrativo atualmente.

Passando agora para o processo de fabrico destes materiais, um dos métodos mais utilizados no processamento de plásticos é a injeção. O processo de moldagem por injeção é uma tecnologia importante para produzir peças de plásticos com geometria complexa e alta precisão, sendo um processo adequado para produção automatizada em massa [26]. A injeção é o processo onde o material polimérico, inicialmente no estado sólido sob a forma de grãos, é aquecido e injetado sob pressão para o interior de um molde cuja geometria será da peça a processar [27]. As máquinas de injeção utilizam duas funções básicas: a primeira função é abrir e fechar o molde enquanto a segunda função é derreter e injetar o plástico para a cavidade do molde [28]. Na Figura 35 pode-se ver um diagrama com as principais etapas do ciclo de injeção.

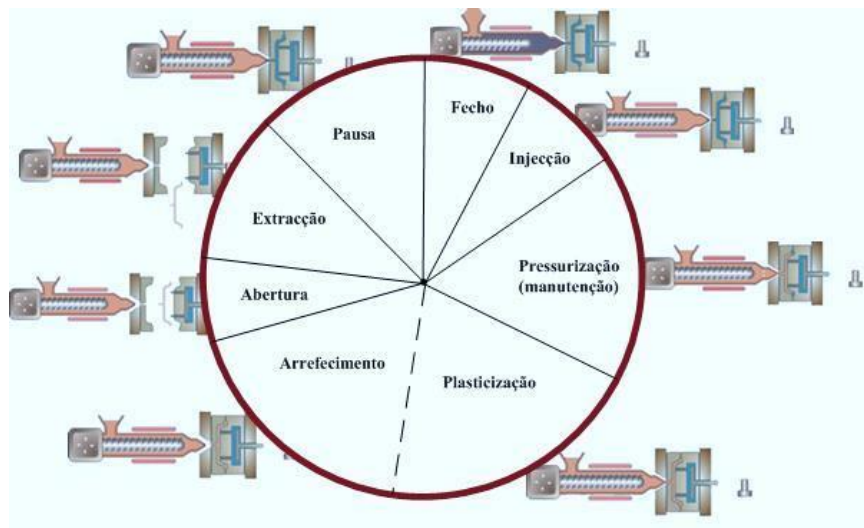


Figura 35 Etapas da moldação por injeção [29]

O ciclo de injeção inicia com o fecho do molde. O material previamente aquecido na câmara é encaminhado pelo fuso até ao ponto de entrada do molde e, subsequentemente, até à cavidade deste. O fuso continua a exercer pressão durante a fase de plasticização e arrefecimento com a finalidade de preencher totalmente a cavidade sem qualquer falha. Quando a peça solidifica, a pressão exercida pelo fuso é retirada podendo proceder-se à abertura do molde e à extração da peça. Após estas etapas, o molde é novamente fechado e inicia-se um novo ciclo. Nos moldes de injeção é necessário existir refrigeração através de canais estrategicamente posicionados para arrefecer o molde e ajudar na solidificação da peça a extrair [30]. Como se pode observar na Figura 35, o arrefecimento é uma etapa significativa no ciclo de injeção fazendo com que a refrigeração dos moldes seja um aspeto essencial para reduzir o tempo de ciclo de moldagem. A pressão e a temperatura de fusão durante a moldagem por injeção são parâmetros cruciais a serem controlados, uma vez que afetam as propriedades de fusão e cristalização dos polímeros, bem como a qualidade das peças finais, a precisão dimensional, as propriedades mecânicas e o aparecimento de defeitos estéticos [31]. A máquina de injeção presente na JBMC pode ser vista na Figura 36.



Figura 36 Máquina de Moldagem por Injeção da empresa JBMC

No âmbito dos processos de fabrico e sendo a JBMC uma empresa especializada no processamento de ureia, um plástico termoendurecível, através do processo de compressão, urge também descrever este processo. A moldagem por compressão está entre as técnicas de processamento de materiais mais antigas. Para os plásticos, foi um dos primeiros métodos industriais e é conhecido como moldagem por matriz combinada [32]. Este é um método de moldagem plástica que é em tudo distinto da injeção. Primeiramente, é um processo em que a abertura do molde é feita na vertical ao contrário da grande maioria dos casos dentro do processo de injeção. O material é depositado no interior do molde sem pré-aquecimento. O molde, ao contrário da injeção, não tem qualquer refrigeração, pois é necessário manter uma temperatura elevada para a moldação acontecer. Após o depósito, dá-se o fecho faseado para permitir a desgaseificação do material termoendurecível. Este tipo de fecho faz com que o produto acabado tenha tendência à criação de rebarba. Esta, por sua vez, é eliminada em operação pós-produção. Na JBMC, acontece com recurso a um *robot*. A máquina de moldagem por compressão da JBMC está presente na Figura 37.



Figura 37 Máquina de Moldagem por Compressão da empresa JBMC

Então porque não uniformizar o método de produção aos dois materiais, o termoplástico e o termoendurecível? Simplesmente porque este último no seu processo de moldação tem um período de tempo até à solidificação relativamente curto, sendo que após estar sólido não pode voltar a ser trabalhado. Logo, esta característica inviabiliza a sua compatibilidade com o processo de injeção (solidificação e bloqueio da câmara de fusão). Em contraponto, o termoplástico não é apropriado para o processo de compressão devido à necessidade de arrefecimento para a solidificação do produto final (molde encontra-se constantemente a uma temperatura elevada e não permite a plasticização do termoplástico).

6.2 SOLDADURA POR ULTRASSONS

Este mecanismo exige uma forma de selagem. Numa fase inicial deste desenvolvimento, foi utilizado um parafuso específico para utilização em plásticos. Este método demonstrou-se ineficiente conforme descrito anteriormente. Na procura por novas soluções, a soldadura por ultrassons demonstrou ser a escolha mais promissora.

A soldadura de plásticos emergiu como uma área ativa de pesquisa a partir do crescente desenvolvimento de diversos tipos de plástico [33]. Assim, foi necessário encontrar uma técnica de união ideal para soldar este tipo de material. A soldadura por ultrassons começou a ser aplicada na década de 1960 em plásticos rígidos, sendo que no decorrer dos anos a variedade de plásticos soldáveis foi alargando. Atualmente, existem várias técnicas de soldadura de plásticos que são utilizadas no setor industrial, que variam conforme a necessidade, o projeto e o modelo do equipamento a ser utilizado [34].

No mercado existem diversas formas de soldadura, tais como, soldadura eletromagnética, soldadura com aplicação de pressão e uma fonte de calor externa e, ainda, soldadura por fricção. A

soldadura por ultrassons é categorizada como soldadura por fricção usada para unir plásticos, metais e os seus respetivos compósitos [33]. Este processo pode ser aplicado nos mais variadíssimos materiais, desde plásticos na produção de componentes para a indústria alimentar, de eletrodomésticos; até aos metais. Os componentes da máquina de ultrassons são possíveis de ajustar ou mesmo substituir consoante as características do material a soldar e a sua aplicação.

6.2.1 MODO DE FUNCIONAMENTO

A soldadura por ultrassons é um processo no qual duas peças são unidas como resultado de uma pressão exercida combinada com a aplicação de alta frequência [35], [36]. Esta provoca atrito e calor na área de contacto entre as peças permitindo a fusão dos materiais. A maioria dos materiais termoplásticos podem ser soldados por ultrassons, excluindo os materiais que exigem potências mais altas do gerador de frequência ou pela sensibilidade do termoplástico [37]. No entanto, é de ressaltar que nem todos os materiais termoplásticos combinam idealmente entre si, tendo em conta as especificações de cada material, como por exemplo, o ponto de fusão de cada um. Isto porque só podem ser soldados materiais que tenham o ponto de fusão relativamente próximo. Na Figura 38 pode-se ver uma tabela de compatibilidade de alguns materiais termoplásticos.

Compatibilidade de solda em termoplásticos por ultra-som

Solda ultra-som	PS. (poliestireno)	S.A.N.	A.B.S.	Noril	Poliacetel	P.M.M.A. (acrílico)	Acetato de celulose	Poliamida (nylon)	PC (policarbonato)	Poliester	PE (polietileno)	PP (polipropileno)	P.V.C.	Duracon (celcon)	Delrin
PS. (poliestireno)	● ótima			● parcial											
S.A.N.		● ótima	● parcial			● parcial									
A.B.S.		● parcial	● ótima			● parcial			● parcial					● parcial	
Noril	● parcial			● ótima											
Poliacetel					● ótima										
P.M.M.A. (acrílico)		● parcial	● parcial			● ótima			● parcial					● parcial	
Acetato de celulose							● ótima								
Poliamida (nylon)								● ótima							
PC (policarbonato)			● parcial			● parcial			● ótima					● parcial	
Poliester										● ótima					
PE (polietileno)											● ótima				
PP (polipropileno)												● ótima			
P.V.C.			● parcial			● parcial			● parcial				● ótima		
Duracon (celcon)														● ótima	● parcial
Delrin														● parcial	● ótima

Figura 38 Tabela de compatibilidade de Termoplásticos [38]

Passando a explicar o modo de funcionamento dos constituintes mais relevantes da máquina que permite fazer a soldadura por ultrassons, em primeiro lugar, tem-se o conversor que transforma energia elétrica vinda do gerador de alta frequência, em vibrações mecânicas. Após a obtenção de vibrações mecânicas, estas passam para o *booster*. Este dispositivo é utilizado para aumentar ou reduzir a amplitude de vibração que passará para o sonotrodo [36]. Este ajuste da amplitude é possível devido à forma geométrica de cada *booster*, sendo que o mais comum não altera a amplitude que provem do conversor. Haverá casos onde exista a necessidade de usar um *booster* redutor para soldar termoplásticos com ponto de fusão mais reduzido e, noutros casos, um *booster* amplificador quando o ponto de fusão é maior. A vibração ultra-sónica é transmitida por uma ferramenta de metal, designada de sonotrodo, cuja secção de contacto com a peça pode ser variável, levando em consideração o formato geométrico do componente a soldar [39]. O material do sonotrodo é geralmente de alumínio, de aço ou de titânio consoante a aplicação [40]. Como este componente da máquina de soldadura por ultrassons está disponível em variados formatos, permite também variar a amplitude das vibrações, sendo que para aumentar a frequência pode-se diminuir o comprimento do sonotrodo. Na Figura 39 encontra-se uma máquina de soldadura por ultrassons com a representação das ferramentas enunciadas anteriormente.



Figura 39 Máquina de soldadura por ultrassons

Já conhecendo o procedimento da máquina, pode-se passar para as etapas do processo de soldadura. Em primeiro lugar, posicionam-se corretamente as peças a serem soldadas. Logo depois, o sonotrodo entra em contacto com o componente superior aplicando uma pressão controlada, prendendo as peças contra o dispositivo de fixação. Reúnem-se então as condições para começar com o processo de soldadura. O sonotrodo começa a vibrar verticalmente com uma frequência de 20 kHz por segundo, podendo este valor ser variável consoante as características do material [41]. Esta vibração é aplicada durante um determinado período de tempo, permitindo que as vibrações mecânicas sejam transmitidas da peça superior para a área de contacto com a segunda peça

causando calor por fricção. Quando esta temperatura atinge o ponto de fusão do material, o termoplástico começa a derreter. Neste momento, a vibração é interrompida. No entanto, a pressão é mantida durante um determinado período para permitir que as peças sejam fundidas à medida que comecem a arrefecer e a solidificar. Após a solidificação do material, é retirada a pressão ao sonotrodo e, por sua vez, este recua, obtendo-se então o conjunto soldado. Todo este processo ocorre em pouco tempo, podendo variar de segundos a alguns minutos consoante a dimensão da peça.

6.2.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS

No caso do amortecedor, as vantagens do processo de soldadura por ultrassons foram substancialmente maiores do que as desvantagens. A soldadura por ultrassons em termoplásticos é um processo bastante rápido sem necessidade de fluxo de calor ou adição de material para a criação de uma junta de ligação que pode ser aplicado em pequenas ou grandes escalas de produção [42], [43], [44]. É um processo facilmente automatizado, controlável e com possibilidade de ajuste do sonotrodo para diferentes geometrias das peças a soldar [43]. É um processo bastante atrativo para o setor industrial, uma vez que permite a substituição de fixadores mecânicos e convencionais (parafusos, porcas, cola, entre outros), reduzindo o número de peças do elemento. É um processo que garante um aumento da estanqueidade da união. É um processo de ligação extremamente rápido e de custo acessível [36].

Em relação às suas desvantagens este é um processo onde apenas peças de dimensões reduzidas podem ser soldadas. Outro aspeto menos positivo é o facto de que depois da união realizada não é possível ser desmontada, sendo que a separação ocorrerá apenas com a quebra da união das peças.

6.3 MONTAGEM AUTOMATIZADA DO AMORTECEDOR JBMC

Após a alteração dos componentes, a atualização dos moldes e a escolha do fluído encontram-se as condições reunidas para começar a planear a montagem automatizada. Para isso, a JBMC entrou em contacto com uma empresa vocacionada para o segmento industrial, especializada no desenvolvimento de soluções e fabricação de automatismos e periféricos industriais, a Divmac.

Depois de contactar a empresa e após visita do técnico comercial da Divmac à JBMC, a proposta foi apresentada com todas as etapas pretendidas para a montagem automatizada. A proposta passaria pelo desenvolvimento e produção de um equipamento semiautomático para a montagem do amortecedor rotativo para o aro e para o tampo, com quatro postos. Numa fase inicial optou-se por um equipamento semiautomático, sendo necessário que algumas etapas sejam realizadas por um operador, com o objetivo de a longo prazo ser uma montagem completamente automatizada.

Aquando da aprovação da proposta por parte da Divmac, houve uma visita a esta empresa para conhecer as instalações e acertar alguns pormenores relativamente ao processo de montagem do mecanismo. Este processo definiu-se em quatro postos: inserção automática da cavilha, inserção automática do fluído, vedação através de soldadura por ultrassons e medição do binário do amortecedor. Estes quatro postos estão representados no esquema da Figura 40 disponibilizado pela Divmac.

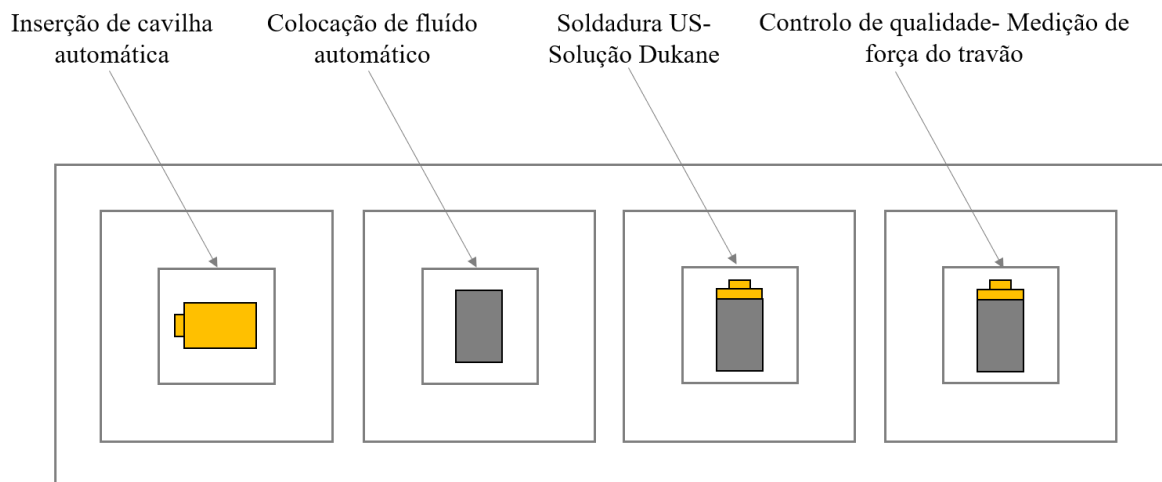


Figura 40 Postos do equipamento semiautomático propostos pela Divmac

Primeiramente, o operador coloca a cavilha num dispensador, faz a montagem manual dos componentes eixo, êmbolo e válvula e insere o conjunto no ninho do posto 1, onde é inserida a cavilha automaticamente. Logo depois, o operador coloca o casquilho no segundo posto para que o equipamento possa dispensar o fluido. Após a inserção do fluido no casquilho, o operador retira o conjunto do primeiro posto, já com a cavilha inserida, e coloca-o no interior do casquilho. A seguir, o operador coloca o ligante, já com o *O-ring* no seu interior, e fecha o conjunto manualmente. Coloca o amortecedor já montado no ninho para que no terceiro posto seja efetuada a soldadura por ultrassons. Com o ligante soldado ao casquilho, o operador poderá retirar o conjunto e colocá-lo no último posto para que seja efetuada uma verificação de binário. Nesta última etapa, se o binário do amortecedor rotativo estiver dentro dos valores estipulados, o equipamento valida e liberta-o para que seja colocado num local de armazenamento. Por outro lado, caso o binário não seja cumprido a máquina dá erro. Bloqueia a produção e cabe ao operador a tarefa de retirar o mecanismo para que seja colocado num local diferente dos amortecedores com binário correto. Após esta seleção, o ciclo começa novamente. A montagem dos diversos componentes do amortecedor rotativo está presente no Anexo-J.

7 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

De forma a avaliar a produção interna foi feito um estudo económico do amortecedor JBMC para quantificar valores. Este estudo pode ser encontrado no Anexo-K e teve como base apenas investimentos, tanto de moldes, ferramentas como de equipamentos para a montagem. Ou seja, para um estudo mais cuidado e mais fiável, uma análise de risco seria crucial. A cadência de produção de cada componente foi importante para esta análise, sendo que por hora é possível montar cerca de 100 amortecedores. O custo do amortecedor TOYOU é cerca de 1,75€ para o conjunto (aro e tampo). Após a avaliação de todos os investimentos que engloba uma análise financeira, o amortecedor JBMC atingiu um valor máximo de 1,30€ para o conjunto. Ou seja, uma redução por conjunto igual, ou até mesmo superior a 0,45€. Na Figura 41 encontra-se um gráfico representativo da análise financeira. Note-se que os valores até 2020 são reais, enquanto os restantes valores foram uma previsão segundo os registos da empresa.

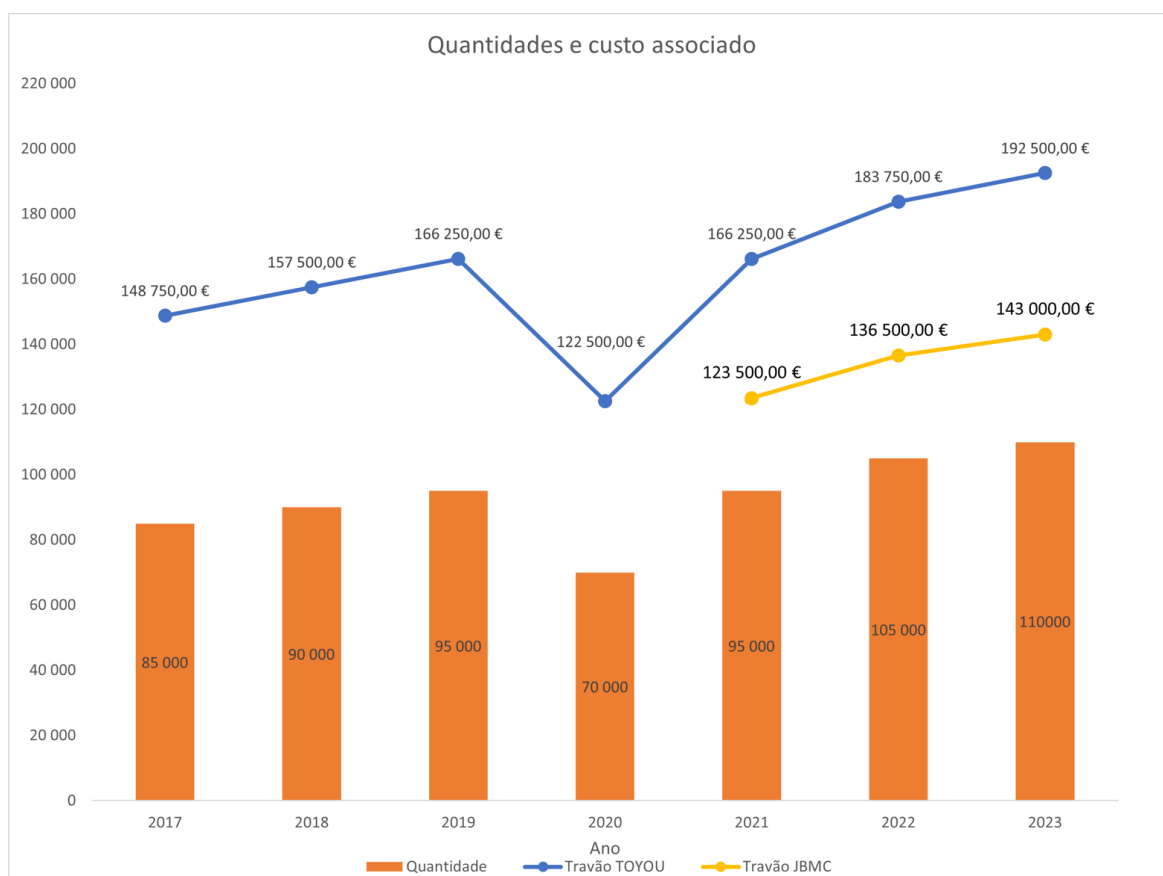


Figura 41 Importação Vs Produção Interna

Como se pode ver no gráfico, as barras cor-de-laranja correspondem à quantidade de amortecedores adquiridos pela empresa anualmente. No ano de 2020 houve uma descida acentuada devido à pandemia que afetou a produção da indústria. O gráfico a azul corresponde ao custo dos amortecedores da empresa TOYOU consoante as quantidades importadas. O gráfico a amarelo é a previsão do custo anual se a substituição dos amortecedores importados fosse total. Conseguiu-se ver que, apesar de todos os riscos envolvidos, o investimento feito para o começo da produção interna dos amortecedores JBMC trouxe vantagens económicas. Na Tabela 3 encontra-se a diferença do custo dos travões TOYOU e os da JBMC.

Tabela 3 Previsão de Poupança

Ano	Poupança
2021	42 750,00€
2022	47 250,00€
2023	49 500,00€

Este foi um estudo meramente indicativo, uma vez que a substituição dos amortecedores importados iria acontecer gradualmente. Isto porque, para haver confiança no produto é necessário haver um bom *feedback* do cliente e perceber onde existem as falhas quando tem um funcionamento diário. Assim, previa-se uma inserção no mercado gradual com a finalidade de ser totalmente substituído. Na tabela anterior pode-se observar a previsão de poupança que a empresa teria caso usasse os amortecedores JBMC, em prol dos amortecedores TOYOU, em todos os equipamentos.

8 CONCLUSÕES

Neste trabalho foram abordadas todas as etapas para o desenvolvimento de um amortecedor rotativo para aplicação nos conjuntos sanitários. Para isso, foi necessário adquirir conhecimento da oferta existente no mercado nesta área. Esse conhecimento serviu para melhorar o desenvolvimento e antecipar possíveis falhas. Assim, conhecendo a oferta atual, procedeu-se à análise dos componentes já desenvolvidos pela JBMC com o objetivo de identificar falhas e projetar a sua resolução. É da opinião de todos os envolvidos neste projeto que as alterações feitas nos componentes do amortecedor foram uma mais-valia ao longo deste processo. Conseguiu-se ao longo deste projeto reduzir falhas, otimizar o mecanismo e, conseqüentemente, melhorar o funcionamento do amortecedor.

Relativamente aos objetivos propostos não foram todos concretizáveis antes do fim do estágio curricular. Os objetivos eram ambiciosos para o tempo de realização do estágio. No entanto, todo o processo e desenvolvimento já ficou orientado e projetado para que, assim que seja possível, os amortecedores rotativos comecem a ser produzidos na JBMC. Os obstáculos encontrados foram, numa grande maioria, devido à pandemia do COVID-19. Esta pandemia afetou a produção da empresa, uma vez que, com o fecho das fronteiras e muitas empresas fechadas não havia matéria-prima para continuar a produzir. Assim, quando o estágio curricular começou, a empresa estava a compensar as falhas de produção anteriores e, por isso, havia muito trabalho e também pouca disponibilidade de fornecedores externos para adquirir produtos. Para além disso, os prazos de entrega dos equipamentos para a soldadura por ultrassons e da montagem automatizada eram substancialmente grandes quando comparados ao tempo do estágio curricular.

Face aos resultados obtidos até ao momento, de prever que dentro de uma semana teria início uma pequena produção dos elementos atualizados, pois as operações nos moldes já se encontravam concluídas. Após esta etapa seria possível proceder aos ensaios do amortecedor rotativo. Não obstante, todo o processo foi bastante vantajoso não só a nível pessoal, com a aquisição de conhecimentos, experiência em contexto empresarial, como também para a JBMC, pois foram dados passos seguros para a conclusão deste projeto. Projeto esse que já tinha começado há alguns anos e que tardava em obter resultados concretos.

Apesar de alguns obstáculos ao longo do percurso, todo o conhecimento adquirido e todo o processo de desenvolvimento do amortecedor serviu para aplicação de conhecimentos e enriquecer as áreas de formação. Através do estágio foi possível aplicar a teoria aprendida ao longo do curso de Engenharia Mecânica e não só, muitas outras áreas também foram exploradas. Este estágio permitiu a aplicação da aprendizagem em situações do quotidiano e oportunidade de solucionar problemas em contexto real.

REFERÊNCIAS

- [1] R. J. Oliveira, “Desenvolvimento de um Protótipo de Amortecedor Magnético para Controlo Passivo de Vibração,” Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior de Tecnologia e Gestão, 2016.
- [2] GEBERIT, “Soluções Geberit para Remodelar a Casa de Banho,” 2020.
- [3] “Roca lança sanita inteligente - Construir - Construir.” <https://construir.pt/2012/03/21/roca-lanca-sanita-inteligente/> (accessed Apr. 24, 2021).
- [4] A. Ashori, A. Nourbakhsh, and A. Karegarfard, “Properties of medium density fiberboard based on bagasse fibers,” *J. Compos. Mater.*, vol. 43, no. 18, pp. 1927–1934, 2009, doi: 10.1177/0021998309341099.
- [5] C. Capela, “Processamento de Plásticos e Materiais Compósitos: Comportamento Mecânico de Componentes em Serviço,” Instituto Politécnico de Leiria, 2010.
- [6] T. Nunes, “Desenvolvimento de Equipamento para Injeção de Termoendurecíveis com Reforço,” Universidade de Aveiro, 2009.
- [7] “Shock absorbers | Hydraulics & Pneumatics.” <https://www.hydraulicspneumatics.com/fluid-power-basics/accessories/article/21884637/shock-absorbers> (accessed Mar. 22, 2021).
- [8] ACE, “Damping Technology,” *Automation Control Equipment*, pp. 3–4, 2017, Accessed: Apr. 19, 2021. [Online]. Available: https://www.bibus.pt/fileadmin/product_data/ace/documents/ACE_Rotary_Dampers2017.pdf.
- [9] Ensinger, “ERIKS- TECADUR PBT GF30,” 2007.
- [10] D. & F. Laminated Plastics, “Technical Data Sheet Acetal (POM).”
- [11] Norelem, “Indicação técnica para O-Rings.”
- [12] NewDealSeals, *The World’s Best O-Ring Handbook*. 2015.
- [13] M. Ashby and K. Johnson, *Materials and Design - The Art and Science of Material Selection in Product Design*, Third Edit. Oxford: Elsevier, 2014.
- [14] “NF in Sanitary tapware - Find - CSTB Evaluation.” <https://evaluation.cstb.fr/en/search/products-assessed/?evaluations=certification&familles=robinetterie-sanitaire&marques=nf&tri=date> (accessed Jun. 24, 2021).
- [15] “Toilet Seats Certification NF Certification Reference System: Toilet Seats,” 2018.
- [16] “Shrinkage Value of Plastics Material & Injection Molding,” *Omnexus*. <https://omnexus.specialchem.com/polymer-properties/properties/shrinkage> (accessed Apr. 29, 2021).
- [17] S. G. E. Giap, “The Hidden Property of Arrhenius-type Relationship: Viscosity as a Function of Temperature,” *J. Phys. Sci.*, vol. 21, no. 1, pp. 29–39, 2010.
- [18] D. P. Wall and S. K. Wilson, “The linear stability of flat-plate boundary-layer flow of fluid with temperature-dependent viscosity,” University of Strathclyde, 1996.
- [19] C. A. CANCIAM, “Efeito Da Temperatura Na Viscosidade Dinâmica Dos Óleos Lubrificantes Sae 5W20, Sae 5W30 E Sae 5W40,” Universidade Vale do Rio Verde, 2013.
- [20] “Meteorologia mensal em Arrifana, Aveiro, Portugal | AccuWeather.” <https://www.accuweather.com/pt/pt/arrifana/868733/may-weather/868733?year=2021> (accessed Jun. 02, 2021).
- [21] C. Relvas, *O Mundo da Impressão 3D e o Fabrico Digital*. Quântica Editora, 2018.
- [22] Stratasys, “The Stratasys F123 Series The Stratasys F123 Series,” 2018.
- [23] Stratasys, “Asa Vs Abs,” 2018. Accessed: Jun. 22, 2021. [Online]. Available: <https://tech-labs.com/sites/images/stratasys-materials/DataSheet-ASA vs ABS.pdf>.
- [24] Stratasys, “SR-100 Soluble Support Material SR-100 Soluble Support Material,” 2015.
- [25] E. Mano, *Polímeros como materiais de engenharia*, 8ª edição. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1991.

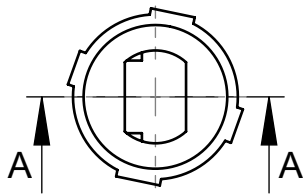
- [26] O. Ogorodnyk, O. V. Lyngstad, M. Larsen, and K. Martinsen, "Application of feature selection methods for defining critical parameters in thermoplastics injection molding," *Procedia CIRP*, vol. 81, pp. 110–114, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.procir.2019.03.020.
- [27] R. Pinto, "Injeção e Caracterização do Comportamento Mecânico de Polímeros Termoplásticos," Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, 2012.
- [28] S. Dowlatshahi, "An application of design of experiments for optimization of plastic injection molding processes," *J. Manuf. Technol. Manag.*, 2004, doi: 10.1108/17410380410547852.
- [29] M. Sena, "Otimização da eficiência térmica de moldes de injeção," Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, 2014.
- [30] O. Rashid, K. W. Q. Low, and J. F. T. Pittman, "Mold cooling in thermoplastics injection molding: Effectiveness and energy efficiency," *J. Clean. Prod.*, vol. 264, p. 121375, Aug. 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.121375.
- [31] X. Zhou, Y. Zhang, T. Mao, Y. Ruan, H. Gao, and H. Zhou, "Feature extraction and physical interpretation of melt pressure during injection molding process," *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 261, pp. 50–60, Nov. 2018, doi: 10.1016/j.jmatprotec.2018.05.026.
- [32] R. A. Tatara, "Compression Molding," in *Applied Plastics Engineering Handbook: Processing, Materials, and Applications*, Second Edi., Elsevier Inc., 2017, pp. 291–320.
- [33] S. Raza, "Ultrasonic Welding of Thermoplastics," University of Sheffield, 2015.
- [34] "Soldagem plástica por ultrassom," *Neuplast*. <https://www.neuplast.com.br/blog/afinal-o-que-e-soldagem-plastica-por-ultrassom/> (accessed Mar. 23, 2021).
- [35] K.-H. Grote and H. Hefazi, Eds., *Springer Handbook of Mechanical Engineering*, 2nd ed. Springer International Publishing, 2021.
- [36] G. Wagner, F. Balle, and D. Eifler, "Ultrasonic Welding of Hybrid Joints," *J. Miner. Met. Mater. Soc.*, vol. 64, no. 3, pp. 401–406, 2012, doi: 10.1007/s11837-012-0269-5.
- [37] E. Júnior, "Solda Termoplástica através de Ultrassom," Universidade São Francisco, 2012.
- [38] S. Ultrassônica, "Solda Ultrasónica e suas Aplicações." http://www.ultrassonica.com.br/aplicacao_do_ultrassom.html (accessed Mar. 23, 2021).
- [39] J. H. D. Valente, "Caracterização e Desenvolvimento da Soldabilidade por Ultra-Sons de Cablagens Multifilares de Secção Fina," Universidade Técnica de Lisboa, 2011.
- [40] J. Kumar, "Ultrasonic Machining- A Comprehensive Review," *Mach. Sci. Technol. An Int. J.*, vol. 17, no. 3, pp. 325–379, Jul. 2013, doi: 10.1080/10910344.2013.806093.
- [41] S. Heinz, G. Wagner, and D. Eifler, "Ultrasonic Welding of Wires and Cables," *J. Miner. Met. Mater. Soc.*, vol. 64, no. 3, pp. 421–426, 2012, doi: 10.1007/s11837-012-0266-8.
- [42] D. Olson, T. Siewert, S. Liu, and G. Edwards, Eds., *ASM Handbook, Volume 6: Welding, Brazing and Soldering*, 9^a Edition. ASM International, 1993.
- [43] A. Jacquemod, J. P. Tock, J. M. Balaguer, F. Laurent, and L. Vaudaux, "Qualification and start of production of the ultrasonic welding machines for the LHC interconnections," in *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, Jun. 2006, vol. 16, no. 2, pp. 1729–1732, doi: 10.1109/TASC.2005.864330.
- [44] B. Kang, W. Cai, and C.-A. Tan, "Vibrational Energy Loss Analysis in Battery Tab Ultrasonic Welding," *J. Manuf. Process.*, vol. 16, pp. 218–232, 2014, doi: 10.1016/j.jmapro.2013.10.008.

ANEXOS

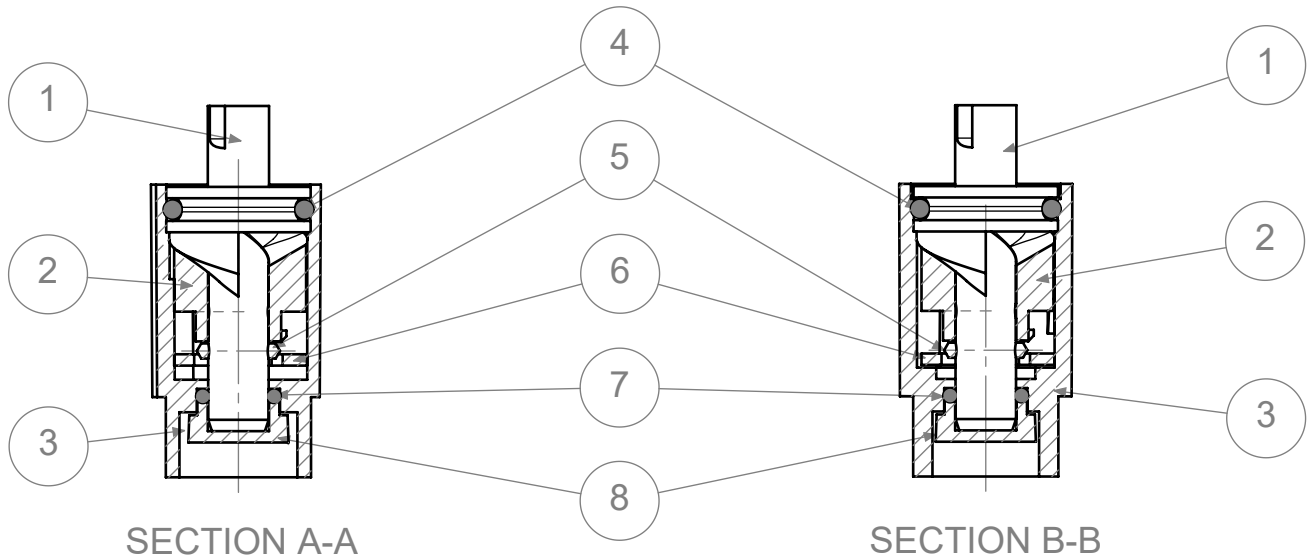
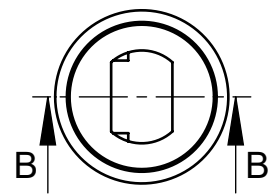
Anexo A

COMPONENTE COMPONENT	DESIGNAÇÃO DESIGNATION	MATERIAL MATERIAL	QUANTIDADE QUANTITY
1	EIXO	POM ACETAL	1 + 1
2	EMBOLO	POM ACETAL	1 + 1
3	CASQUILHO	PBT GF 30%	1 + 1
4	O'RING 2-114 PARKER	BUTYL	2
5	CAVILHA	INOX 316 / STAINLESS STEEL 316	2
6	VALVULA	POM ACETAL	2
7	O'RING 2-011 PARKER	BUTYL	2
8	TAMPA	POM ACETAL	2

DMP02 ARO



DMP02 TAMPA

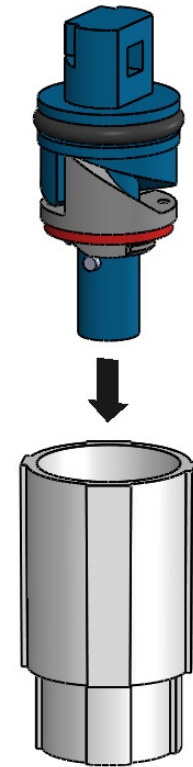
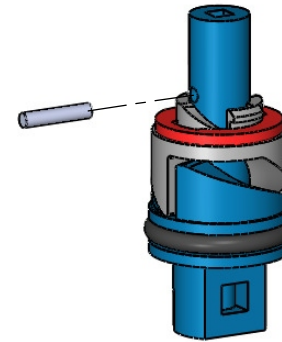
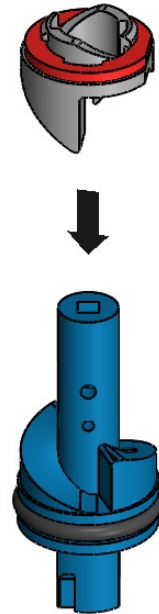
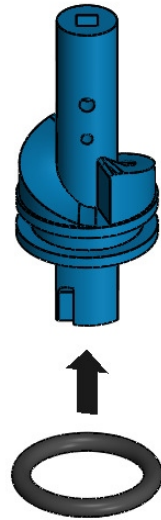
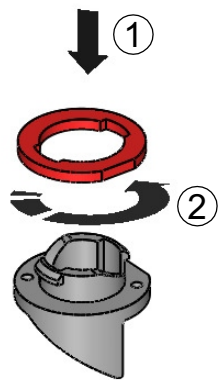


SECTION A-A

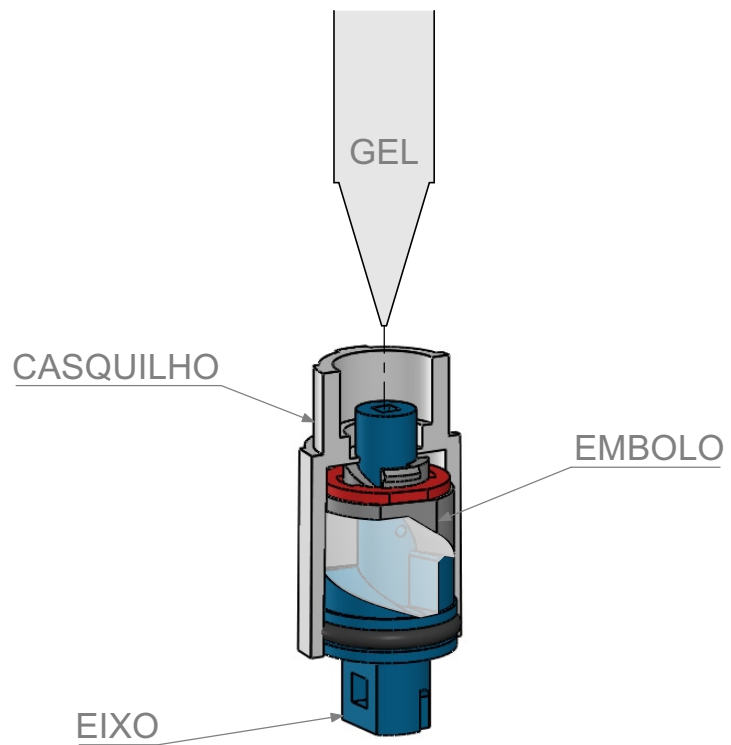
SECTION B-B

JBMC <small>Sitting Style</small>		AUTOR: AUTOR: I.PEREIRA	VERIFICADO: CHECKED: A.SOUSA
DESIGNAÇÃO: PART: DMP02			
FOLHA: SHEET: 1/1	ESCALA: SCALE: 1:1	TOL. GERAL: GEN. TOL.: ISO 2768-f	
REV	DESCRICAÇÃO:	DESCRIPTION:	DATA: DATE:
DT00			20/03/2021

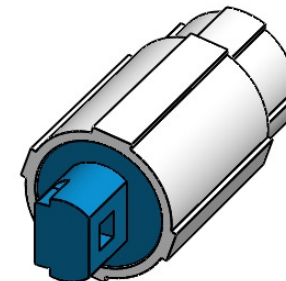
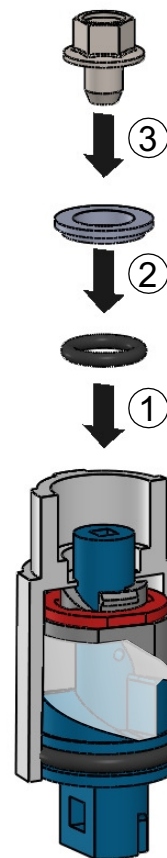
Anexo B



JBMC <small>Sitting Style</small>		AUTOR: AUTOR: I.CRISTINA	VERIFICADO: CHECKED: A.SOUSA
DESIGNACAO: PART:		DMP02 - MONTAGEM PARTE I	
FOLHA: SHEET:	1/2	ESCALA: SCALE:	1:1
		TOL. GERAL: GEN. TOL.:	ISO 2768-c
REV	DESCRICAO:	DESCRIPTION:	DATA: DATE:
			10-04-2015

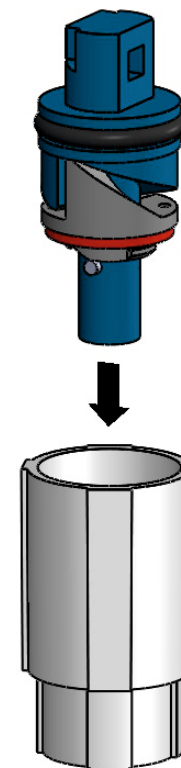
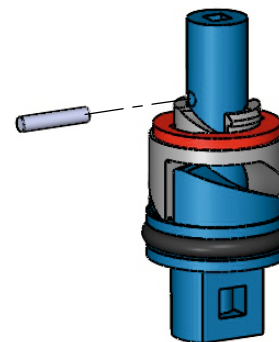
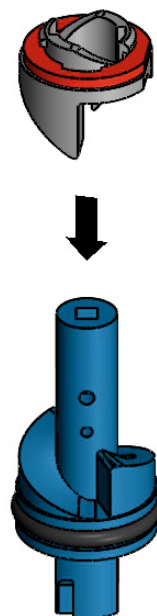
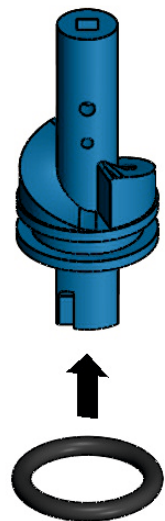
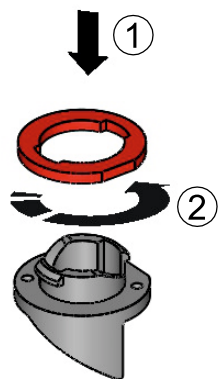


Posicionar as peças "Eixo" e "Casquilho" de forma a impedir a rotação da peça "Embolo".

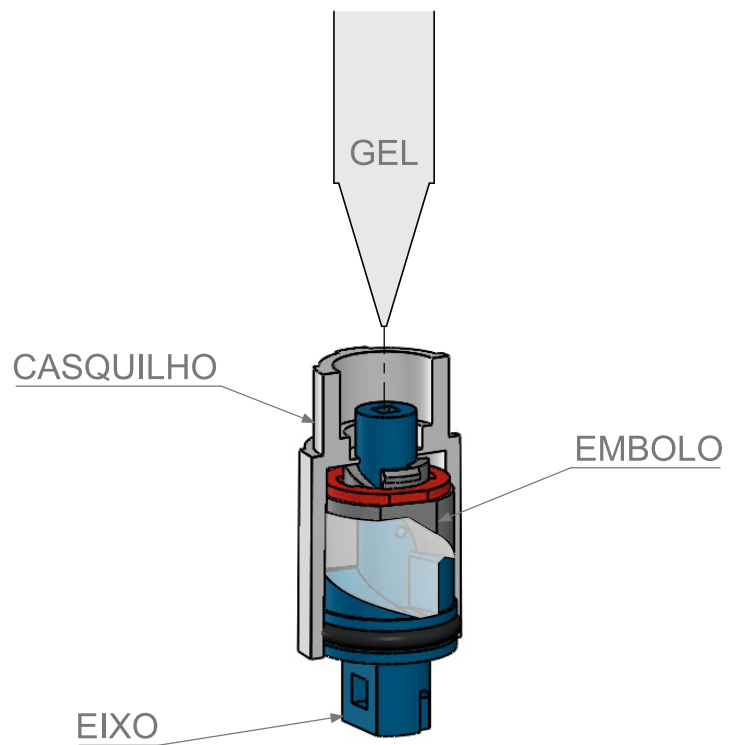


JBMC <small>Sitting Style</small>		AUTOR: AUTOR: I.CRISTINA	VERIFICADO: CHECKED: A.SOUSA
DESIGNACAO: PART:		DMP02 - MONTAGEM PARTE II / III	
FOLHA: SHEET:	2/2	ESCALA: SCALE:	1:1
		TOL. GERAL: GEN. TOL.:	ISO 2768-c
REV	DESCRICAO:	DESCRIPTION:	DATA: DATE:
			10-04-2015

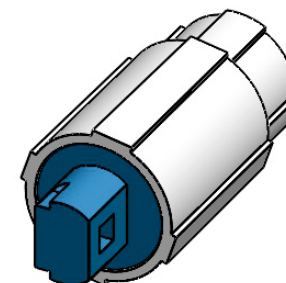
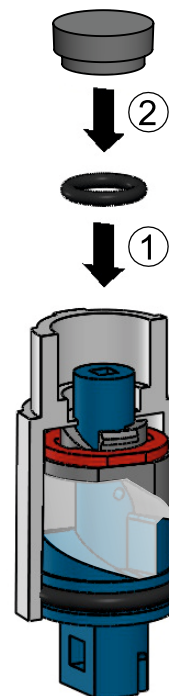
Anexo C



JBMC <small>Sitting Style</small>		AUTOR: AUTOR: I.CRISTINA	VERIFICADO: CHECKED: A.SOUSA
DESIGNACAO: PART:		DMP02 - MONTAGEM PARTE I	
FOLHA: SHEET:	2/2	ESCALA: SCALE:	1:1
		TOL. GERAL: GEN. TOL.:	ISO 2768-c
REV	DESCRICAO:	DESCRIPTION:	DATA: DATE:
			10-04-2015



Posicionar as peças "Eixo" e "Casquilho" de forma a impedir a rotação da peça "Embolo".



JBMC <small>Sitting Style</small>		AUTOR: AUTOR: I.CRISTINA	VERIFICADO: CHECKED: A.SOUSA
DESIGNACAO: PART: DMP02 - MONTAGEM PARTE II / III			
FOLHA: SHEET: 2/2	ESCALA: SCALE: 1:1	TOL. GERAL: GEN. TOL.: ISO 2768-c	
REV	DESCRICAO:	DESCRIPTION:	DATA: DATE: 10-04-2015

PL 650

Previous review: 19/02/13

9.1 Information on basic physical and chemical properties

State at 20°C	Fluid
Colour	clear
Odour	Characteristic
Odour threshold	Not determinable
pH	Not determinable
Pour Point (ASTM D 97)	- 20 °C
Initial boiling point	No data available
Flash Point (ASTM D 92)	160 °C
Evaporation rate	No data available
Flammability	No data available
Flammability upper value	No data available
Flammability lower value	No data available
Vapour pressure	Not applicable
Vapour density	Not applicable
Density (15°) (ASTM D 1298)	0.900 g/cm ³
Solubility (water)	insoluble
Partition coefficient n octanol / water	No data available
Auto-ignition temperature	Uninflammable
Decomposition temperature	No data available
Kinematic Viscosity @40°C	≈ 650 cSt
Explosive properties	No
Oxidizing properties	No

9.2 Other information

No data available

10. STABILITY AND REACTIVITY

10.1 Reactivity	Avoid contact with strong acids and bases and oxidising chemicals
10.2 Stability	The compound is stable at normal conditions
10.3 Possibility of hazardous reactions	No hazardous reaction known
10.4 Conditions to avoid	Avoid contact with heat, sparks, flames, hot surfaces
10.5 Incompatible materials	strong acids and bases and oxidising chemicals
10.6 Hazardous decomposition products	carbon oxides, sulfur, phosphorous, nitrogen, zinc oxides

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

There is no toxicological data on the mixture. The toxicological information listed below is related to the most abundant substances in the mixture. According to the data of substances and similar components can be deduced that: exposure to a high concentration of vapor or mist may be irritating. This product if swallowed, may cause irritation to gastrointestinal tissues, nausea, vomiting, diarrhea. Frequent and prolonged contacts may degrease and irritate the skin, also causing dermatitis. General advise: High pressure injection of product into the skin may lead to local necrosis if the product is not surgically removed. It may cause slight irritation.

11.1 Information on toxicological effects

General data: The formulation has been classified using the conventional method by Directive 1999/45/EC. The available health / ecological information for the substances listed in section 3 and below.

Please note that the information presented in this section are related to the category of refined lubricating oil (IP 346 <3%)

Acute toxicity:

Hazardous component	Parameter	Value	Application rules	Exposition time	Species	Method
Polibutene (copolimero isobutilene/butene)	DL50	>34600 mg/kg	orale		Rat (M/F)	OECD Guideline 401
	CL50	4820 mg/m ³	inalazione	4 h	Rat (M/F)	aerosol OECD Guideline 403
	DL50	>10250 mg/kg	cutaneo		Rabbit	OECD Guideline 402

Skin Sensitization:

Hazardous component	Outcome	Exposure Time	Species	Method
refined mineral oil (IP 346 < 3%)	Not sensitizing (0/10)	-	Guinea Pig	Buehler test Guideline OECD 406

Germ cell mutagenicity:

Carcinogenicity: refined base mineral oils (IP 346 < 3%) did not show any evidence of carcinogenetic activity in dermal carcinogenetic samples.

Reproductive toxicity: refined base mineral oils (IP 346 < 3%) did not show any evidence on reproductive capacity. For this reason they're not classified for this hazard.

SILTEK 2

SILTEK 3

Product code: GR31

Product code: GR32

5.4 Special equipment for fire - fighters

Complete protective clothing with breathing apparatus.

6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

6.1 Individual precaution (also refer to heading 8)

Avoid contact with skin and eyes by wearing suitable protective clothing.

6.2 Environmental precautions

Avoid the product being dispersed or flowing into the ground, the sewers and surface waters. If necessary inform competent local authorities.

6.3 Cleaning and collection methods

Dyke great leakages of product. Contain the spreading of small product quantities with earth, sand or other inert absorbent material. Transfer the waste into suitable impermeable containers, able to store and transport the material collected. Dispose of it according to the legislation in force.

7. HANDLING AND STORAGE

7.1 Handling:

Avoid direct contact with product.
Avoid breathing aerosols or vapours of product, assuring a correct ventilation of the working place, especially if this latter is restricted.

7.2 Storage:

Keep the product in its original containers, stored in an environment and under conditions that assure control and containment of leakage.
Store in a cool place, far from heat sources or of possible ignition source and from direct exposure to sunrays. Avoid accumulating electrostatic charges. Keep containers tightly closed. Assure adequate ventilation of premises.

8. EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION

8.0 Exposure limits

None

8.1 Technical measures

No action under normal use conditions.

8.2 Individual protection

8.2.1 Breathing protection

If the operational mode and other means to limit worker exposure are not adequate – in respect of the exposure limits if specified in heading 8.0 – other measures to protect the human breathing apparatus are needed: gas masks with organic vapour cartridge and for dusts/mists (e.g. mask with charcoal filters).

8.2.2 Hand protection

Wear work gloves (e.g. in neoprene, nitrile or PVC), preferably plush-lined, resistant to mineral oils or solvents. Gloves must be replaced at first signs of wear. Put on gloves after washing hands carefully. When contact is not prolonged, the use of barrier creams can be a useful protection instrument. The choice of protective gloves also depends on use conditions and must follow manufacturer indications.

For further information, refer to UNI EN 374-1, 374-2, 374-3 norms.

8.2.3 Eye protection

Wear safety goggles when contact with the product is possible. For further information, refer to UNI EN 166 norm.

8.2.4 Skin protection

Wear overalls or aprons made of a suitable material; change immediately contaminated clothing and wash it carefully before using it again.

Good personal and work clothing hygiene is important. For further information refer to UNI EN 465, 466, 467 norms.

For further information refer to UNI EN 465, 466, 467 norms.

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

9.1 State at 20°C

Smell

Colour

Flash Point (ASTM D 92)

Relative density (ASTM D 1298)

Dropping point (ASTM D 566):

Consistency NLGI:

Water solubility

pseudoplastic white paste
characteristic
white transparent/ice color
> 300°C ASTM D 92
< 1 Kg/dm³
not measurable
2 or 3
Not soluble

10. STABILITY AND REACTIVITY

10.1 Reactivity

Avoid contact with strong acids and bases and oxidising chemicals.

10.2 Stability

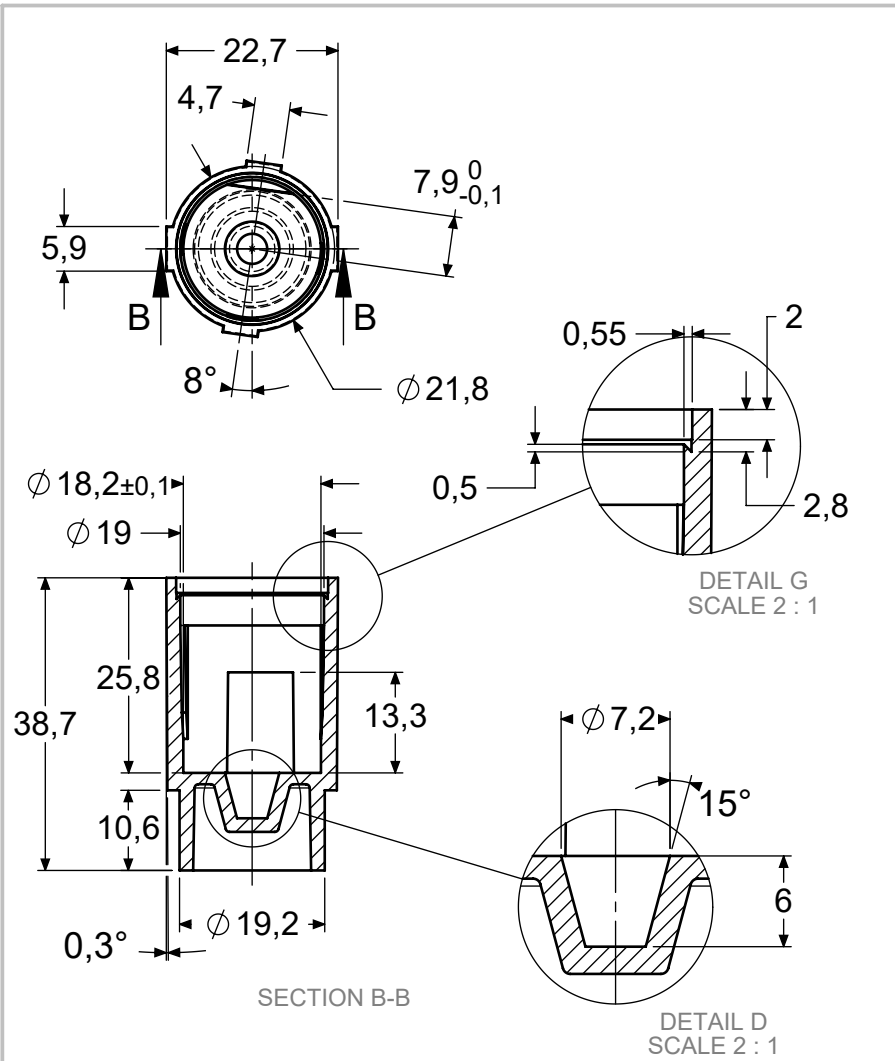
Product stable at room temperature.

11. TOXICAL INFORMATION

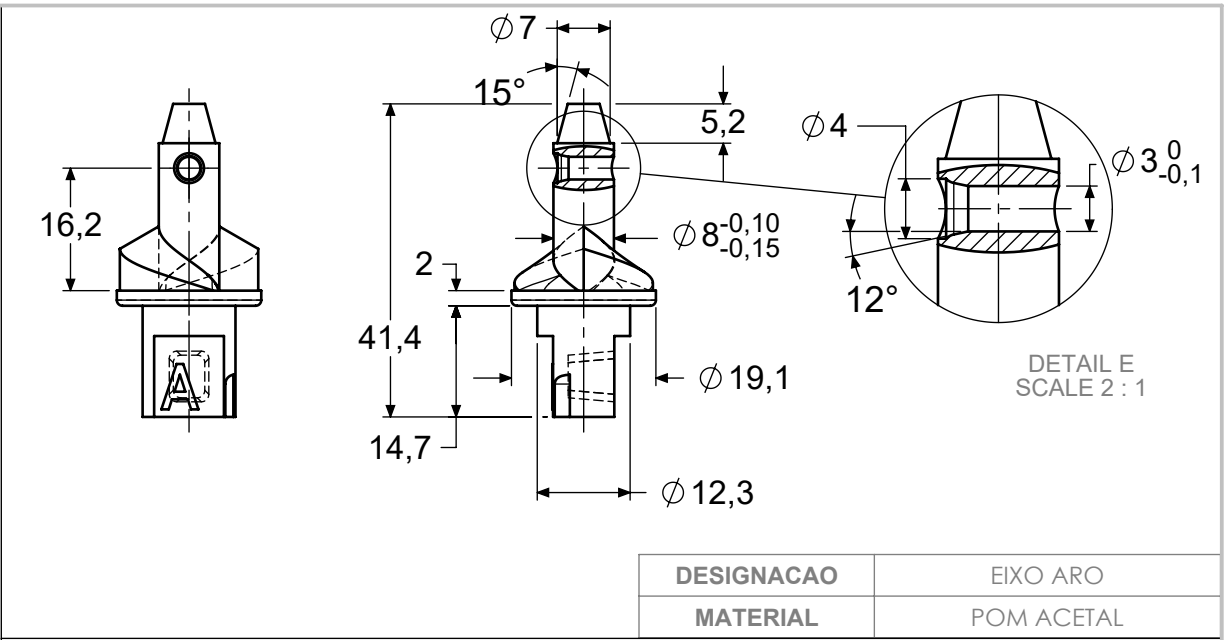
11.1 By inhalation

No significant effect.

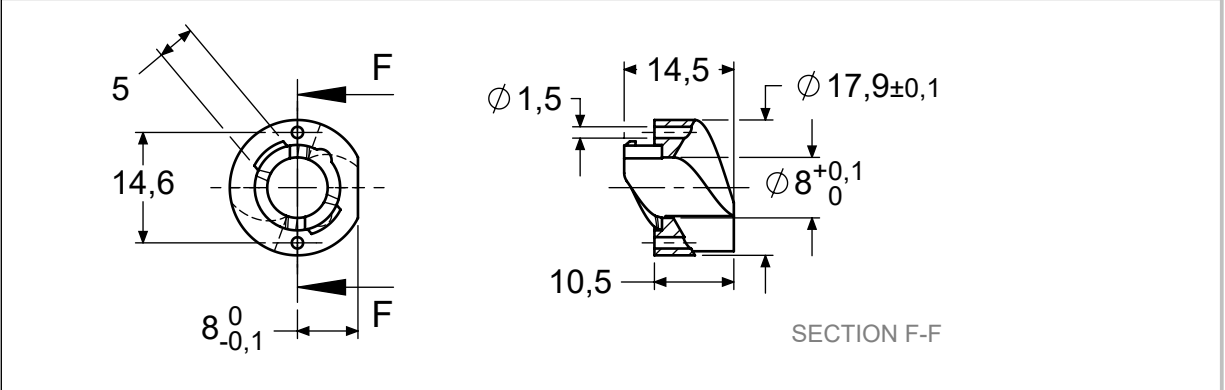
Anexo F



DESIGNACAO	CASQUILHO ARO
MATERIAL	PBT GF 30%



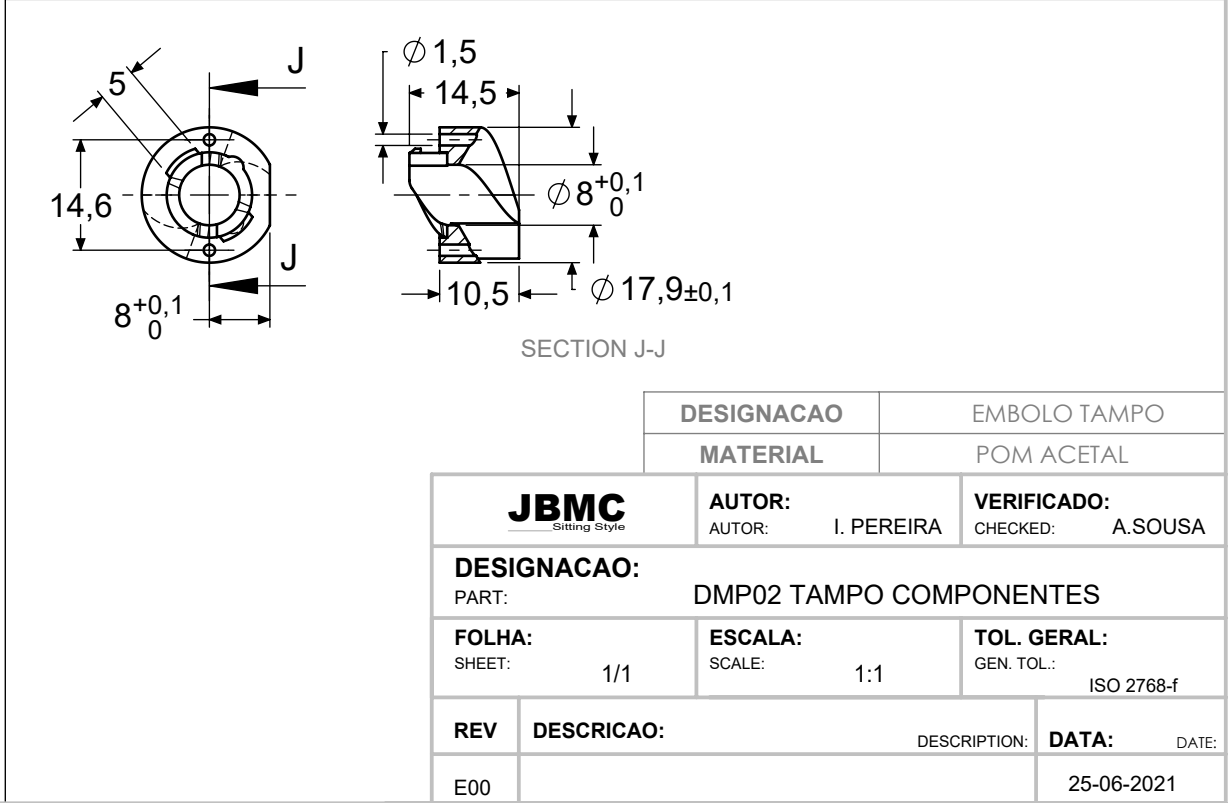
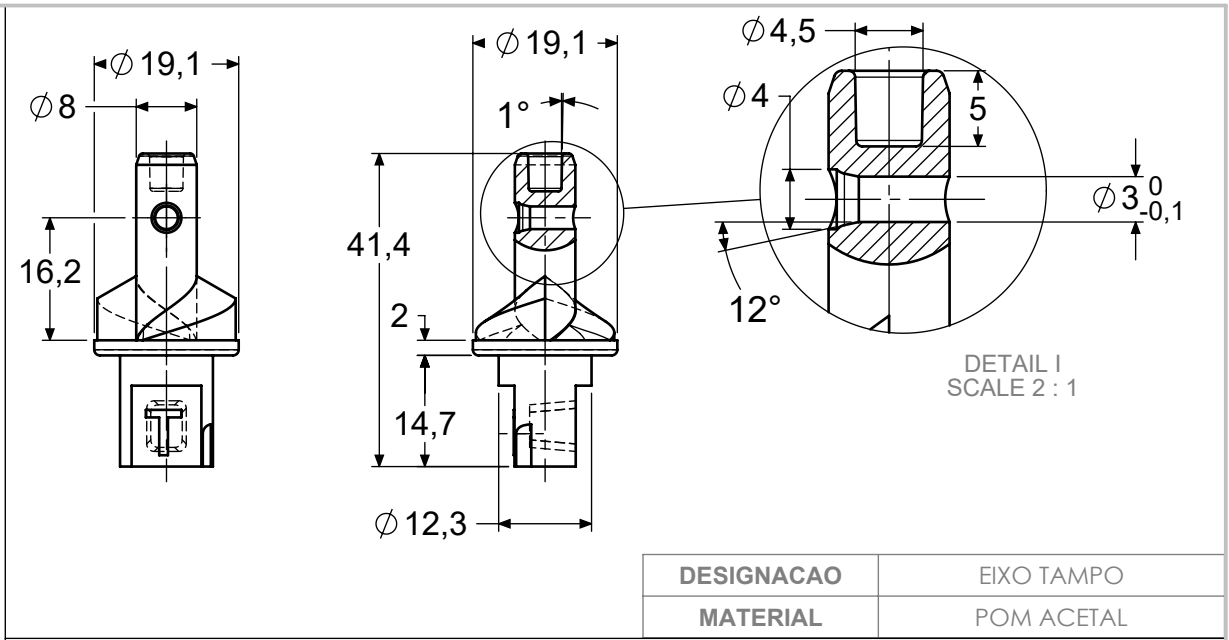
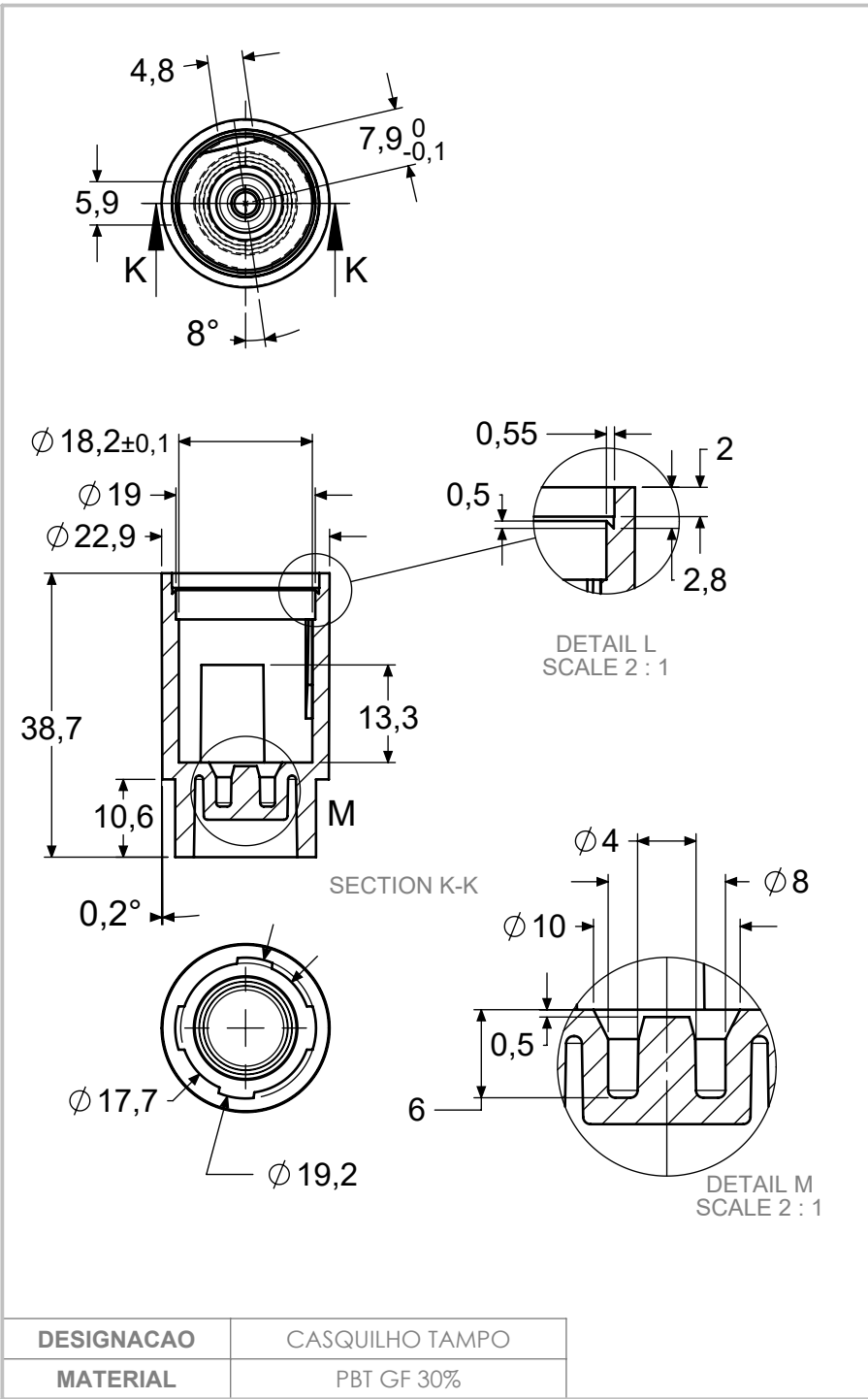
DESIGNACAO	EIXO ARO
MATERIAL	POM ACETAL



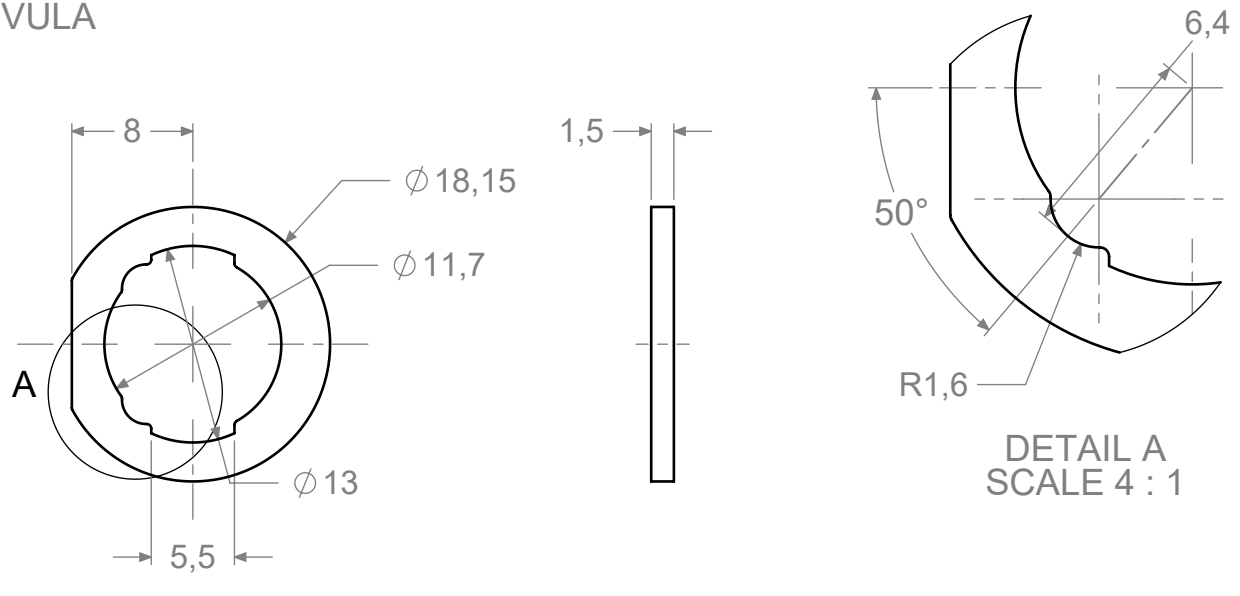
DESIGNACAO	EMBOLO ARO
MATERIAL	POM ACETAL

JBMC <small>Sitting Style</small>		AUTOR: AUTOR: I. PEREIRA	VERIFICADO: CHECKED: A.SOUSA
DESIGNACAO: PART: DMP02 ARO COMPONENTES			
FOLHA: SHEET: 1/1	ESCALA: SCALE: 1:1	TOL. GERAL: GEN. TOL.: ISO 2768-f	
REV	DESCRICAO:	DESCRIPTION:	DATA: DATE:
E00			25-06-2021

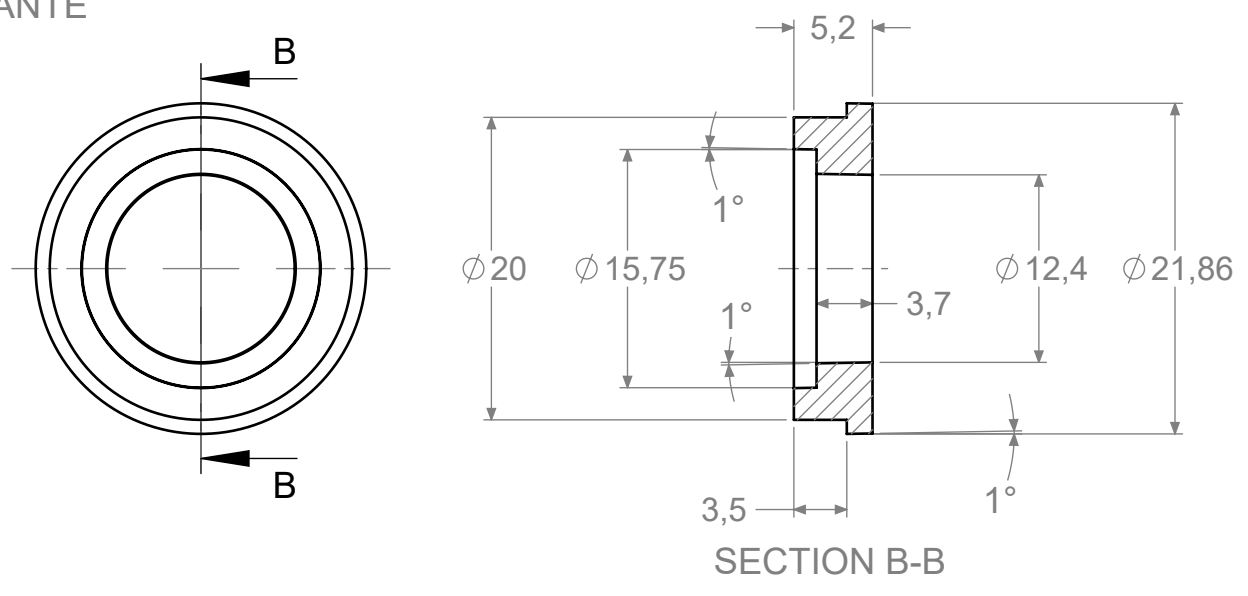
Anexo G



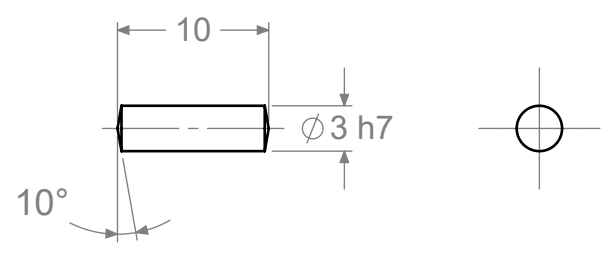
VALVULA



LIGANTE



CAVILHA

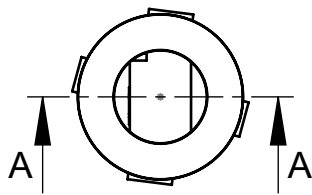


JBMC <small>Sitting Style</small>		AUTOR: AUTOR: I.PEREIRA	VERIFICADO: CHECKED: A.SOUSA
DESIGNACAO: PART: VALVULA + LIGANTE + CAVILHA			
FOLHA: SHEET: 1/1	ESCALA: SCALE: 2:1	TOL. GERAL: GEN. TOL.: ISO 2768-f	
REV	DESCRICAO:	DESCRIPTION:	DATA: DATE:
DT00			25/06/2021

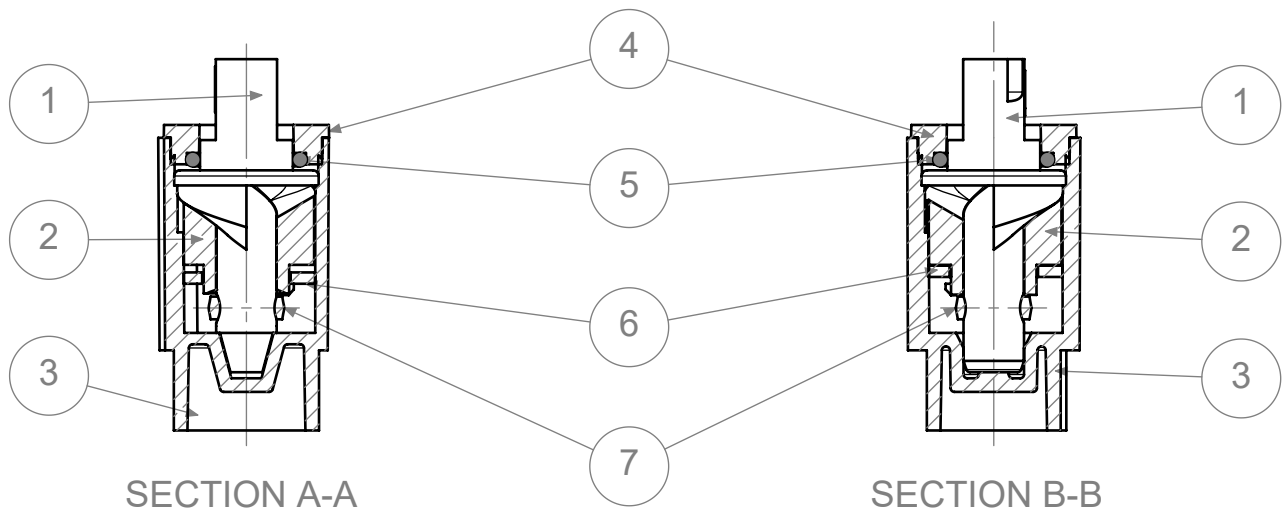
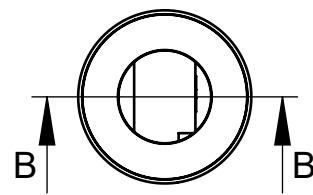
Anexo I

COMPONENTE COMPONENT	DESIGNAÇÃO DESIGNATION	MATERIAL MATERIAL	QUANTIDADE QUANTITY
1	EIXO	POM ACETAL	1 + 1
2	EMBOLO	POM ACETAL	1 + 1
3	CASQUILHO	PBT GF 30%	1 + 1
4	LIGANTE	PBT	2
5	O'RING 2-014 PARKER	BUTYL	2
6	VALVULA	POM ACETAL	2
7	CAVILHA	INOX 316 / STAINLESS STEEL 316	2

DMP02 ARO



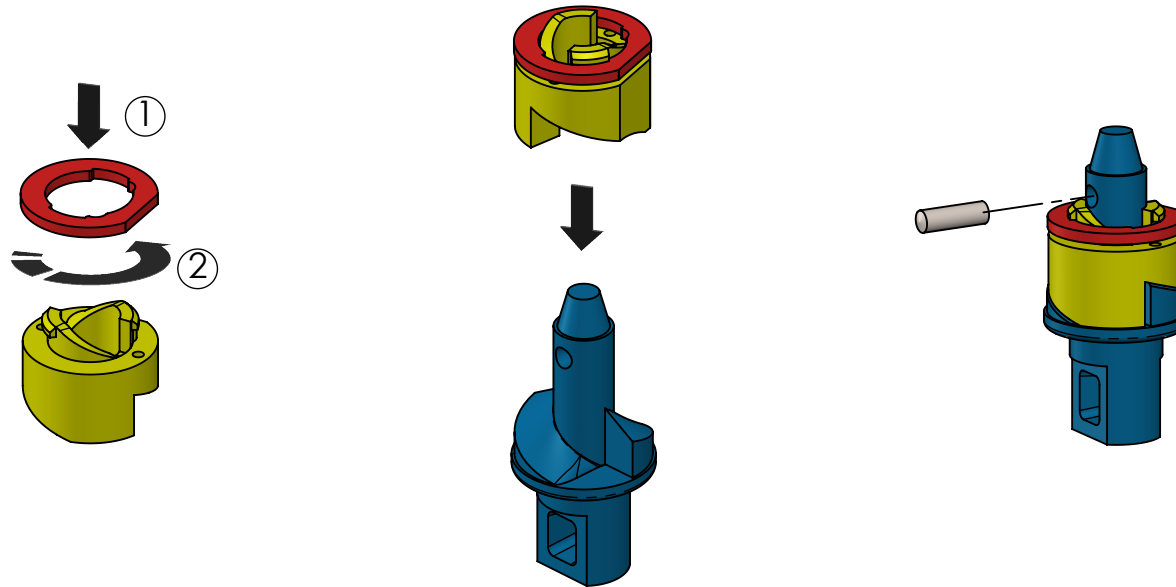
DMP02 TAMPA



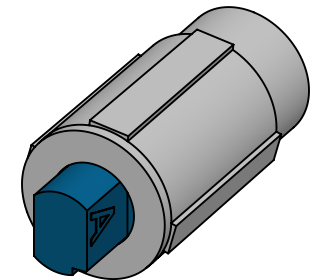
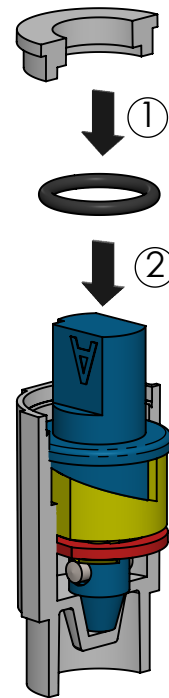
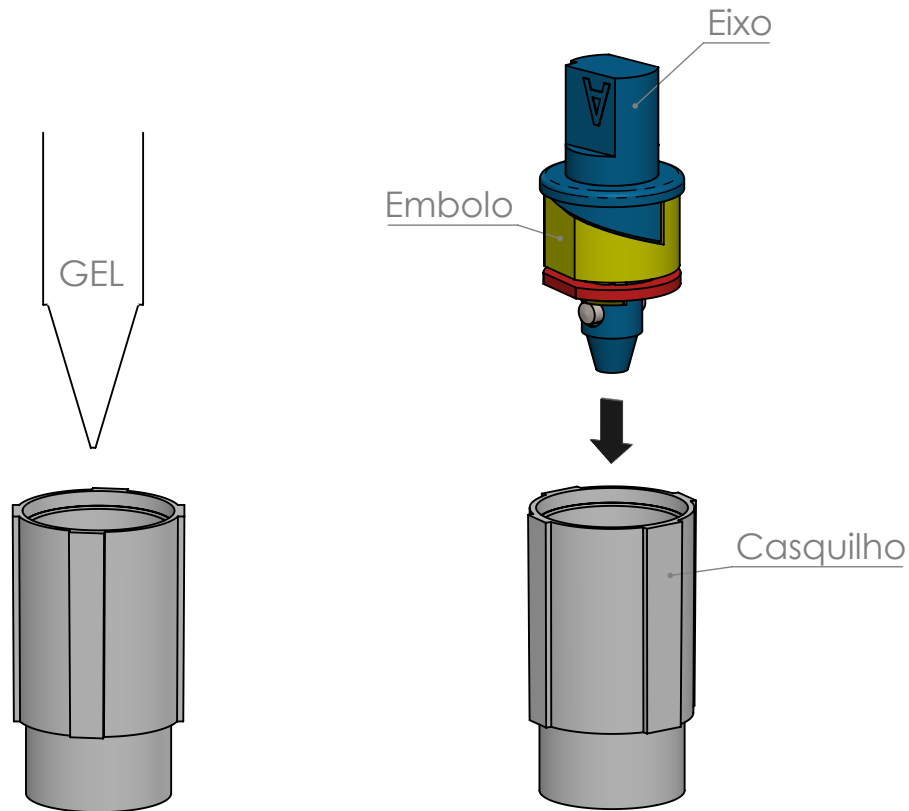
SECTION A-A

SECTION B-B

JBMC <small>Sitting Style</small>		AUTOR: AUTOR: I.PEREIRA	VERIFICADO: CHECKED: A.SOUSA
DESIGNAÇÃO: PART: DMP02			
FOLHA: SHEET: 1/1	ESCALA: SCALE: 1:1	TOL. GERAL: GEN. TOL.: ISO 2768-f	
REV	DESCRICAÇÃO:	DESCRIPTION:	DATA: DATE:
DT00			25/06/2021



JBMC <small>Sitting Style</small>		AUTOR: AUTOR: I.CRISTINA	VERIFICADO: CHECKED: A.SOUSA
DESIGNACAO: PART:		DMP02 - MONTAGEM PARTE I	
FOLHA: SHEET:	1/2	ESCALA: SCALE:	1:1
		TOL. GERAL: GEN. TOL.:	ISO 2768-c
REV	DESCRICAO:	DESCRIPTION:	DATA: DATE:
			22/06/2021



Posicionar as peças "Eixo" e "Casquilho" de forma a impedir a rotação da peça "Embolo".

JBMC <small>Sitting Style</small>		AUTOR: AUTOR: I.CRISTINA	VERIFICADO: CHECKED: A.SOUSA
DESIGNACAO: PART:		DMP02 - MONTAGEM PARTE II / III	
FOLHA: SHEET:	2/2	ESCALA: SCALE:	1:1
		TOL. GERAL: GEN. TOL.:	ISO 2768-c
REV	DESCRICAO:	DESCRIPTION:	DATA: DATE:
			22/06/2021


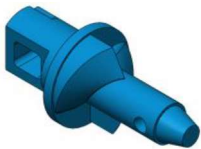

Anexo K







Objetivo: Objetivo produzir “JBMC Damper” ao custo de € 1,25 em vez de o importar da Ásia a € 1,75 incluindo despesas de transporte e aduaneiras. A poupança rondará € 0,50 por cada Tambo de Sanita e o investimento total estima-se € 136.000,00

3 anos passados	2018	2019	2020
Qtd “Dampers” importados	90 000	95 000	70 000

3 anos seguintes	2021	2022	2023
Qtd “JBMC Dampers”	95 000	105 000	110 000

Componente	Custo	Observações
 Casquilho 0,007 kg Material: PBT GF30	€ 0,10	Peça injetada na JBMC Ciclo 36” (200 injeções / hora) Molde com 2 + 2 gravações Custo sem amortização do molde
 Eixo 0,005 kg Material: POM acetal	€ 0,08	Peça injetada na JBMC Ciclo 30” (100 injeções / hora) Molde com 2 + 2 gravações Custo sem amortização do molde
 Êmbolo 0,002 kg Material: POM acetal	€ 0,03	Peça injetada na JBMC Ciclo 24” (150 injeções / hora) Molde com 2 + 2 gravações Custo sem amortização do molde

 <p>Válvula 0,0003 kg Material: POM acetal</p>	<p>€ 0,015</p>	<p>Peça injetada na JBMC Ciclo 18" (200 injeções / hora) Molde com 4 gravações Custo sem amortização do molde</p>
 <p>Ligante 0,001 kg Material: PBT GF30</p>	<p>€ 0,03</p>	<p>Peça injetada na JBMC Ciclo 20" (180 injeções / hora) Molde com 4 gravações Custo sem amortização do molde</p>
 <p>Cavilha 0,00055 Kg Material: Aço inoxidável 316</p>	<p>€ 0,04</p>	<p>Componente de diâmetro standard Adquirido cortado na dimensão 10 mm</p>
 <p>O-Ring</p>	<p>€ 0,02</p>	<p>Componente normalizado ref. 2-014</p>
<p>Sub total Peças</p>	<p>0,315 x 2 = € 0,63</p>	

<p>Óleo silicone</p>	<p>€ 0,06</p>	<p>Produto ref. PL 650 corrente no mercado Aplicado na medida 2 ml por unidade</p>
<p>Operação de montagem 1ª fase termina com colocação da cavilha</p>	<p>€ 0,03</p>	<p>Mão de obra direta JBMC Ciclo 15" (240 unidades / hora) Custo sem amortização ferramentas</p>

Operação de montagem 2ª fase termina com enchimento do silicone e soldadura	€ 0,03	Mão de obra direta JBMC Ciclo 15" (240 unidades / hora) Custo sem amortização do equipamento
Operações de controlo, supervisão e logística interna	€ 0,03	Mão de obra indireta JBMC
Sub total Operações	0,15 x 2 = € 0,30	
Conjunto Moldes para injeção	€ 0,08	Valor de aquisição 36.000,00 Amortizar em 500.000 conjuntos / 5 anos
Ferramentas montagem 1ª fase	€ 0,03	Valor de aquisição 12.000,00 Amortizar em 500.000 conjuntos / 5 anos
Equipamento montagem 2ª fase	€ 0,14	Valor de aquisição 70.000,00 Amortizar em 500.000 conjuntos / 5 anos
Equipamento de teste e impressão	€ 0,04	Valor de aquisição 18.000,00 Amortizar em 500.000 conjuntos / 5 anos
Sub total amortização	€ 0,29	Total dos investimentos € 136.000

Consumo de energia	€ 0,02	Estimativo por conjunto comparação máquina KITS
Ocupação do espaço	€ 0,02	Estimativo por conjunto comparação máquina KITS
Custos manutenção e mecânica	€ 0,04	Orientativo por conjunto
Sub total outros recursos	€ 0,08	

Custo total conjunto Damper JBMC	€ 1,30	
Período de amortização	3 anos 302.222	Valor do investimento € 136.000,00 Valor da Poupança € 0,45