



# PROJETO DE UM SISTEMA DE FIXAÇÃO PARA CADEIRAS PORTA-BEBÉS DE BICICLETA

**SAMUEL SANTOS SILVA**

novembro de 2020

# PROJETO DE UM SISTEMA DE FIXAÇÃO PARA CADEIRAS PORTA-BEBÉS DE BICICLETA

Samuel Santos Silva

1150976

**2020**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica





# PROJETO DE UM SISTEMA DE FIXAÇÃO PARA CADEIRAS PORTA-BEBÉS DE BICICLETA

Samuel Santos Silva

1150976

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Doutor Francisco José Gomes da Silva, e Co-Orientação do Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho, Professores Adjuntos do Departamento de Engenharia Mecânica do ISEP.

**2020**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica





# JÚRI

## **Presidente**

Doutor Arnaldo Manuel Guedes Pinto

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

## **Orientador**

Doutor Francisco José Gomes da Silva

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

## **Co-orientador**

Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho

Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

## **Arguente**

Doutor Fernando Jorge Lino Alves

Professor Associado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



## AGRADECIMENTOS

A presente dissertação foi realizada com o esforço e dedicação de várias pessoas que, de forma direta ou indireta, intervieram e contribuíram para o seu sucesso. Assim, serve esta secção para lhes deixar um agradecimento.

Em primeiro, queria agradecer ao Doutor Francisco José Gomes da Silva por todo o suporte ao longo da dissertação e da vida académica, com a partilha dos seus conhecimentos e com o seu acompanhamento, delineando o caminho a seguir. Ao Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho agradeço também a sua partilha de conhecimentos na dissertação e na unidade curricular que lecionou, na área de dimensionamento mecânico. Aos restantes Professores e comunidade ISEP em geral, agradeço a sua contribuição.

Em segundo, deixo o meu agradecimento à empresa que me acolheu para realização desta dissertação, a Polisport Plásticos, S.A.. Ao Ricardo Ferreira e ao Tiago Teixeira, deixo um agradecimento especial, pelo acompanhamento de perto e pela colaboração direta neste trabalho. A experiência, partilhada por ambos, fez de mim um melhor profissional, permitindo acrescentar valor a esta dissertação.

Em seguida, e não menos importante que os já mencionados, deixo o agradecimento aos meus pais e à minha família, por criarem as condições necessárias para que pudesse realizar quer o estágio, quer a dissertação, quer o Mestrado em Engenharia Mecânica. Todos os valores transmitidos foram essenciais no desenrolar do meu percurso académico.

Aos meus colegas e amigos, em especial os que se foram cruzando no meu caminho no ISEP e na Polisport Plásticos, S.A., agradeço, não só a partilha de conhecimentos, como também todos os momentos vividos no dia a dia que trouxeram motivação para o trabalho em equipa.

Aos demais, que não foram referenciados anteriormente mas que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização desta dissertação, fica o meu agradecimento.



## PALAVRAS CHAVE

Cadeira porta-bebé, sistema de fixação, desenvolvimento de produto, método dos elementos finitos.

## RESUMO

Os centros urbanos são caracterizados pela elevada densidade populacional e pela centralização da atividade comercial e financeira. Uma vez que estes parâmetros tendem a aumentar, outros, como a mobilidade, tendem a sofrer alterações. Isto acontece porque é necessário transportar mais pessoas num menor espaço, e mais rapidamente. Por isso, veículos como os automóveis têm vindo a perder popularidade nas cidades, acrescentando ainda o facto das crescentes restrições à poluição. Com isto, outros meios de transporte têm vindo a ganhar terreno, como é o caso das bicicletas, por ocuparem pouco espaço e permitirem às pessoas deslocar-se facilmente e de forma socialmente mais responsável e sustentável. Como complemento a este veículo, podem ser usadas cadeiras porta-bebés, que permitem assim aumentar a capacidade deste meio de transporte. Este acessório pode ser usado para tarefas do dia a dia, como levar os filhos para a escola, ou para atividades de lazer.

Atualmente, no mercado, é possível encontrar vários tipos de cadeira porta-bebés, com diferentes modos de fixação à bicicleta. Este trabalho centra-se nas cadeiras de fixação ao *seat tube* (tubo do selim) do quadro da bicicleta. As soluções apresentadas pelo mercado são muito semelhantes e apresentam como principal desvantagem a demora na montagem/desmontagem do sistema, ou a necessidade de andar sempre com parte do sistema montado na bicicleta, o que pode incomodar visualmente o utilizador ou o obrigue a transportar peso desnecessariamente.

Por forma a resolver este problema foi desenvolvido um novo sistema de fixação da cadeira à bicicleta. Após uma interiorização dos conceitos, requisitos e necessidades do mercado, foi realizado o desenvolvimento de um novo sistema utilizando um método iterativo, para convergência numa solução considerada ótima.

Assim, foi obtido um sistema de fixação da cadeira porta-bebé que reúne as condições de segurança requeridas pelos padrões atuais, e que permite a montagem e desmontagem de todo o sistema de forma simples e rápida.



**KEYWORDS**

*Baby bike seat, fastening system, product development, finit element method*

**ABSTRACT**

Urban centers are characterized by high population density and centralization of commercial and financial activity. Since these parameters tend to increase, others, such as mobility, tend to change. This is because it is necessary to transport more people in a smaller space and faster. As a result, vehicles such as automobiles have been losing popularity in cities, adding to the fact that there are increasing restrictions on pollution. As a result, other means of transport have been gaining market share, such as bicycles, because they take up little space and allow people to move easily and less environmental burden. As a complement to the bicycle, baby carrier seats can be attached, thereby increasing its capacity. These baby bicycle seats can be used for everyday tasks such as taking children to school or for leisure activities.

Currently on the market it is possible to find various types of baby seats, with different ways of attachment to the bicycle. This work focuses on the seat frames that attach to the seat tube of the bicycle frame. The present solutions on the market are very similar and have as their main disadvantage the delay in the assembling / disassembling of the system, or the need to always ride with part of the system mounted on the bike, which can visually bother the user or carrying unnecessary extra weight.

In order to solve this problem, a new system for attaching the baby seat to the bicycle was developed. After internalizing the concepts, requirements and needs of the market, a new system was developed using an iterative method, to converge on a solution considered to be optimal.

Thus, it was obtained a system for fixing the baby seat that meets the safety conditions required by current standards and that allows the assembly and disassembly of the entire system in a simple and quick way.



## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Termo	Designação
€	Euro
ABS	Acrilonitrilo Butadieno Estireno
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CEO	<i>Chief Executive Officer</i>
DFA	<i>Design for assembly</i>
DFMA	<i>Design for manufacturing and assembly</i>
DNP	Desenvolvimento de novos produtos
DP	Desenvolvimento de produto
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
PBB	Cadeira porta-bebé
PBBT	Cadeira porta-bebé traseira
PE	Polietileno
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
QFD	<i>Quality Function Deployment</i>
$\sigma$	Tensão
$\sigma_{adm}$	Tensão admissível
$\sigma_{eq}$	Tensão equivalente
$\sigma_{rot,C}$	Tensão de rotura à compressão
$\sigma_{rot,T}$	Tensão de rotura à tração
$\tau_{rot}$	Tensão de rotura ao corte



## LISTA DE UNIDADES

---

%	Porcentagem
€	Euro
€/unidade	Euro por unidade
cm	centímetro
GPa	GigaPascal
g/cm <sup>3</sup>	Gramas por centímetro cúbico
Hz	Hertz
km/h	Quilómetro por hora
kg	Quilograma
m	Metro
m/s <sup>2</sup>	Metro por segundo quadrado
mm	Milímetro
MPa	MegaPascal
N	Newton
N.m	Newton metro
Pa	Pascal
s	Segundo

---



## GLOSSÁRIO DE TERMOS

Termo	Designação
<i>carrier</i>	Estrutura fixa à bicicleta para facilitar o transporte de cargas
<i>Design</i>	Projetar
Entalamento	Ficar apertado
Inputs	Informações introduzidas/adicionadas ao projeto
<i>Seat tube</i>	Tubo do quadro da bicicleta, onde se insere o selim



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: DESEMPENHO DOS MEIOS DE TRANSPORTE URBANO [24].	21
FIGURA 2: CRESCIMENTO DAS VIAGENS EM MEIOS DE MICROMOBILIDADE PARTILHADOS [26].	22
FIGURA 3: PERCENTAGEM DE RESPOSTAS "CICLISMO" COMO MEIO DE TRANSPORTE MAIS USADO NUM DIA NORMAL, NA EU [28].	23
FIGURA 4: PAÍSES EM QUE SE VENDERAM MAIS CADEIRAS PORTA-BEBÉS DE BICICLETA PELA MARCA POLISPORT [29].	24
FIGURA 5: CADEIRAS PORTA-BEBÉS PARA BICICLETA [30].	24
FIGURA 6: EXEMPLOS DE FIXAÇÃO DA CADEIRA TRASEIRA AO <i>CARRIER</i> (A) E AO <i>SEAT TUBE</i> (B), E DA CADEIRA FRONTAL NA ZONA DA DIREÇÃO (C) E NO <i>SEAT TUBE</i> (D) [31].	25
FIGURA 7: QUANTIDADE DE CADEIRAS PORTA-BEBÉS FRONTAIS DE BICICLETA VENDIDAS PELA POLISPORT NOS ÚLTIMOS ANOS [29].	25
FIGURA 8: QUANTIDADE DE CADEIRAS PORTA-BEBÉS TRASEIRAS DE BICICLETA VENDIDAS PELA POLISPORT NOS ÚLTIMOS ANOS [29].	26
FIGURA 9: EQUIPAMENTO USADO PELA POLISPORT PARA ENSAIO DINÂMICO VERTICAL DE ACORDO COM EN 14344:2004 [32].	27
FIGURA 10: EQUIPAMENTO USADO PELA POLISPORT PARA ENSAIO DINÂMICO LATERAL DE ACORDO COM EN 14344:2004 [32].	28
FIGURA 11: CICLO DO PROCESSO DE MOLDAÇÃO POR INJEÇÃO [34].	29
FIGURA 12: TIPOS DE ELEMENTOS MAIS COMUNS [39].	34
FIGURA 13: COMPARAÇÃO DA TENSÃO NUMA PLACA COM UM FURO, COM DIFERENTES TAMANHOS DE ELEMENTO [41]	35
FIGURA 14: EXEMPLOS DE ELEMENTOS DE SEGUNDA ORDEM [42].	36
FIGURA 15: COMPARAÇÃO DAS TENSÕES NUMA PLACA COM UM FURO, COM O AUMENTO DA ORDEM DOS ELEMENTOS [41].	36
FIGURA 16: EXEMPLOS DE REFINAMENTO GLOBAL (A), LOCAL (B) E MANUAL (C) DA MALHA [41].	37
FIGURA 17: REPRESENTAÇÃO DO CRITÉRIO DE MOHR (A) E APLICAÇÃO PARA UM ESTADO DE TENSÃO (B) [45].	39
FIGURA 18: INSTALAÇÕES DA POLISPORT PLÁSTICOS S.A..	44
FIGURA 19: EXEMPLO PBB COM FIXAÇÃO AO <i>CARRIER</i> .	46
FIGURA 20: EXEMPLO DE PBB COM FIXAÇÃO À COLUNA DE DIREÇÃO.	46
FIGURA 21: EXEMPLO DE PBB COM FIXAÇÃO AO <i>SEAT TUBE</i> .	47

FIGURA 22: ÁRVORE DO PRODUTO PBB.	47
FIGURA 23: SISTEMA DE FIXAÇÃO MAIS RECENTE DA POLISPORT [46].	48
FIGURA 24: SISTEMA DE FIXAÇÃO MAIS ANTIGO POLISPORT [46].	49
FIGURA 25: ABRAÇADEIRA PARA SISTEMA FF DA HAMAX [47].	49
FIGURA 26: ABRAÇADEIRA BELLELI HANDLEFIX (A) E ABRAÇADEIRA BELLELLI MULTIFIX (B) [48].	50
FIGURA 27: ABRAÇADEIRA BELLELLI B-FIX [48].	50
FIGURA 28: FUNCIONAMENTO DO TRANCAMENTO DA ABRAÇADEIRA BELLELLI B-FIX [48].	50
FIGURA 29: ABRAÇADEIRAS OKBABY PARA PBB DA FRENTE (A) E DE TRÁS (B) [49].	51
FIGURA 30: SISTEMA DE FIXAÇÃO BOBIKE [50].	52
FIGURA 31: ABRAÇADEIRA PARA PBB DE TRÁS DA BRITAX RÖMER [51].	52
FIGURA 32: SISTEMA DE FIXAÇÃO THULE YEPP [52].	53
FIGURA 33: BLOCO DE FIXAÇÃO THULE [52].	53
FIGURA 34: SISTEMA DE FIXAÇÃO URBAN IKI [53].	54
FIGURA 35: CALENDARIZAÇÃO DAS ATIVIDADES DO PROJETO.	63
FIGURA 36: DIAGRAMA CAUSA-EFEITO DO SISTEMA DE FIXAÇÃO.	64
FIGURA 37: PROTÓTIPO DO CONCEITO 2B.	83
FIGURA 38: PROTÓTIPO DO CONCEITO 2B MONTADO NUMA BICICLETA.	83
FIGURA 39: PROBLEMAS ENCONTRADOS DURANTE A MONTAGEM DO PROTÓTIPO.	84
FIGURA 40: CASQUILHOS PARA ADAPTAÇÃO DA ABRAÇADEIRA A VÁRIOS DIÂMETROS DE <i>SEAT TUBE</i> .	84
FIGURA 41: SEQUÊNCIA DE DESMONTAGEM DO SISTEMA DE FIXAÇÃO DA BICICLETA.	100
FIGURA 42: REPRESENTAÇÃO DO PBB COM O NOVO SISTEMA DE FIXAÇÃO, MONTADO NUMA BICICLETA.	101
FIGURA 43: REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA CINEMÁTICA DO MOVIMENTO DO EQUIPAMENTO DE ENSAIO, NO EXTREMO DIREITO.	106
FIGURA 44: ELEMENTOS ADICIONADOS AO MODELO PARA SE ADAPTAR À ANÁLISE A EFETUAR.	107
FIGURA 45: LOCALIZAÇÃO DO CENTRO DE MASSA DO PBB DURANTE O ENSAIO (A) E APLICAÇÃO DA RESPECTIVA CARGA NA SIMULAÇÃO (B).	110
FIGURA 46: POSICIONAMENTO DO CONJUNTO NAS CONDIÇÕES MAIS DESFAVORÁVEIS E DEFINIÇÃO DA DIREÇÃO DA ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE.	111
FIGURA 47: EXTREMIDADES DO TUBO ONDE FOI IMPOSTO DESLOCAMENTO NULO.	111
FIGURA 48: SUPERFÍCIES ONDE FOI APLICADA UMA PRÉ-CARGA, CORRESPONDENTE AO APERTO QUE O MANÍPULO EXERCE (ASSINALADO A VERMELHO).	111
FIGURA 49: APLICAÇÃO DA CARGA EQUIVALENTE AO EFEITO DE INÉRCIA NO CICLO DE ENSAIO.	112

---

FIGURA 50: REPRESENTAÇÃO DA MALHA SELECIONADA PARA A ANÁLISE PELO MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS.	112
FIGURA 51: DISTRIBUIÇÃO DE TENSÕES EQUIVALENTES (VON-MISES) NO SISTEMA DE FIXAÇÃO.	113
FIGURA 52: DISTRIBUIÇÃO GRÁFICA DAS DEFORMAÇÕES NO SISTEMA DE FIXAÇÃO.	113
FIGURA 53: ANÁLISE PORMENORIZADA DA DISTRIBUIÇÃO DE TENSÕES NO CORPO DA FRENTE DA ABRAÇADEIRA E NO VARÃO.	114
FIGURA 54: DIMINUIÇÃO DO ÂNGULO DE DOBRAGEM DO VARÃO NA PRIMEIRA CURVA APÓS SAÍDA DA ABRAÇADEIRA. À ESQUERDA, ENCONTRA-SE A VERSÃO ANTERIOR E, À DIREITA, ENCONTRA-SE A NOVA VERSÃO.	115
FIGURA 55: NOVA VERSÃO DO CORPO DA FRENTE DA ABRAÇADEIRA COM ARESTAS ARREDONDADAS.	115
FIGURA 56: REPRESENTAÇÃO DA MALHA SELECIONADA NA ITERAÇÃO FINAL.	116
FIGURA 57: REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE TENSÕES EQUIVALENTES (VON-MISES) NO MODELO, PARA A ITERAÇÃO FINAL.	117
FIGURA 58: REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE TENSÕES EQUIVALENTES (VON-MISES) NO VARÃO, PARA A ITERAÇÃO FINAL.	117
FIGURA 59: REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE TENSÕES EQUIVALENTES (VON-MISES) NA ABRAÇADEIRA, PARA A ITERAÇÃO FINAL.	118
FIGURA 60: REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE DEFORMAÇÕES NO MODELO, PARA A ITERAÇÃO FINAL.	118
FIGURA 61: DIFERENÇAS ENTRE OS MODELOS DA PRIMEIRA ITERAÇÃO (ACIMA) E DA ÚLTIMA ITERAÇÃO (ABAIXO).	119



## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1: PESQUISA BIBLIOGRÁFICA SOBRE METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO.	9
TABELA 2: PESQUISA BIBLIOGRÁFICA SOBRE CONCEITOS DE <i>DESIGN FOR X</i> .	13
TABELA 3: PESQUISA BIBLIOGRÁFICA SOBRE CONCEITOS DE SUSTENTABILIDADE.	17
TABELA 4: DEFEITOS MAIS COMUNS NA MOLDAÇÃO POR INJEÇÃO DE PLÁSTICOS [33, 34].	30
TABELA 5: PRINCÍPIOS DE DESIGN PARA MOLDAÇÃO POR INJEÇÃO [35, 36].	31
TABELA 6: ANÁLISE SWOT DO PROJETO E PRODUTO A DESENVOLVER.	55
TABELA 7: ENTRADAS E REQUISITOS PARA O PROJETO EM DESENVOLVIMENTO.	56
TABELA 8: CONCEITOS GERADOS PARA UMA ABRAÇADEIRA NOVA (CASO 1)	65
TABELA 9: CONCEITOS GERADOS PARA UM NOVO SISTEMA DE FIXAÇÃO (CASO 2)	68
TABELA 10: VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS CONCEITOS GERADOS.	70
TABELA 11: NÍVEIS DE INTEGRAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS NOS CONCEITOS.	74
TABELA 12: CLASSIFICAÇÃO DOS CONCEITOS PELO NÍVEL DE REDUÇÃO DE TEMPO NA MONTAGEM/DESMONTAGEM	75
TABELA 13: CLASSIFICAÇÃO DOS CONCEITOS PELO NÍVEL DE REDUÇÃO DE COMPLEXIDADE NA MONTAGEM/DESMONTAGEM.	76
TABELA 14: CLASSIFICAÇÃO DOS CONCEITOS PELO NÍVEL DE EXEQUIBILIDADE.	76
TABELA 15: CLASSIFICAÇÃO DOS CONCEITOS PELO NÍVEL DE SEGURANÇA.	77
TABELA 16: CLASSIFICAÇÃO DOS CONCEITOS PELO NÍVEL DE INOVAÇÃO.	79
TABELA 17: MATRIZ DE SELEÇÃO DOS CONCEITOS ANALISADOS.	81
TABELA 18: SEQUÊNCIA DE EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE ABRAÇADEIRA DE MONTAGEM RÁPIDA.	85
TABELA 19: PERSPETIVA DE CUSTO POR COMPONENTE PARA ABRAÇADEIRA DE MONTAGEM RÁPIDA.	91
TABELA 20: PERSPETIVA DE INVESTIMENTOS PARA A ABRAÇADEIRA DE MONTAGEM RÁPIDA.	92
TABELA 21: PERSPETIVA DE CUSTO POR COMPONENTE PARA SISTEMA DE FIXAÇÃO DE MONTAGEM RÁPIDA.	93
TABELA 22: PERSPETIVA DE INVESTIMENTOS PARA O SISTEMA DE FIXAÇÃO DE MONTAGEM RÁPIDA.	93
TABELA 23: DESENVOLVIMENTO DE <i>DESIGN</i> E ENGENHARIA.	95
TABELA 24: PROPRIEDADES DOS MATERIAIS UTILIZADOS NA SIMULAÇÃO E COMPONENTES AOS QUAIS FORAM ATRIBUÍDOS.	107
TABELA 25: DEFINIÇÃO DAS TIPOLOGIAS DE CONTACTO ENTRE OS COMPONENTES.	108

---

TABELA 26: VERIFICAÇÃO DE CUMPRIMENTO DOS OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO.

123

# ÍNDICE

AGRADECIMENTOS .....	VII
RESUMO .....	IX
ABSTRACT .....	XI
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS .....	XIII
LISTA DE UNIDADES.....	XV
GLOSSÁRIO DE TERMOS .....	XVII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIX
ÍNDICE DE TABELAS .....	XXIII
ÍNDICE .....	XXV
1 INTRODUÇÃO .....	3
1.1 Contextualização .....	3
1.2 Objetivos .....	4
1.3 Metodologia Científica .....	4
1.4 Empresa de acolhimento .....	5
1.5 Estrutura da dissertação .....	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
2.1 Desenvolvimento de produto .....	9
2.1.1 Metodologia de desenvolvimento de produto .....	9
2.1.2 Conceitos de <i>Design for X</i> .....	13
2.1.3 Conceitos de sustentabilidade .....	16

---

2.2	Mobilidade urbana .....	19
2.2.1	Meios de mobilidade urbano ligeiros .....	21
2.2.2	Acessórios para meios de mobilidade urbana ligeiros .....	23
2.3	Legislação aplicável aos porta-bebés de bicicleta.....	26
2.3.1	Equipamentos de ensaio .....	27
2.4	<i>Design</i> de peças plásticas para injeção .....	28
2.5	Análise dimensional pelo método dos elementos finitos.....	33
2.5.1	O método dos elementos finitos .....	33
2.5.2	Análise Computacional.....	34
2.5.3	Condições Fronteira .....	37
2.5.4	Modelos de deformações e tensões .....	38
3	CARATERIZAÇÃO DA EMPRESA E DO PROBLEMA .....	43
3.1	Apresentação da empresa de acolhimento .....	43
3.2	Portefólio de produtos da empresa .....	44
3.3	Definição do produto .....	44
3.4	<i>Benchmarking</i> .....	47
3.5	Requisitos para um novo produto .....	54
3.5.1	<i>Briefing</i> .....	54
3.5.2	Entradas e Requisitos .....	56
4	DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS .....	61
4.1	Definição da estratégia .....	61
4.2	<i>Brainstorming</i> .....	63
4.3	Análise de conceitos.....	69
4.4	Seleção de conceitos .....	73
4.5	Sequência de desenvolvimento do conceito .....	82
4.6	Estudo de viabilidade preliminar .....	91

---

4.7	Desenvolvimento de <i>design</i> e engenharia .....	94
5	ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO .....	105
5.1	Definição dos parâmetros da análise .....	105
5.2	Verificação e análise crítica .....	112
6	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS .....	123
6.1	Conclusões .....	123
6.2	Propostas de trabalhos futuros .....	124
7	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO .....	127
8	ANEXOS .....	135
8.1	Calendarização completa das atividades do projeto .....	135
8.2	Desenho de conjunto do sistema de fixação .....	137



# INTRODUÇÃO

- 1.1 Contextualização
- 1.2 Objetivos
- 1.3 Metodologia Científica
- 1.4 Empresa de acolhimento
- 1.5 Estrutura da dissertação



# 1 INTRODUÇÃO

Este capítulo introdutório tem como objetivo o enquadramento do leitor com o trabalho realizado e com a dissertação que irá ser apresentada. Deste modo, inicialmente irá ser feita uma contextualização do trabalho, seguida dos objetivos propostos para a realização do mesmo e da metodologia utilizada. Será ainda apresentada a empresa onde o trabalho foi realizado e a estrutura da dissertação.

## 1.1 Contextualização

Um aglomerado urbano pode ser definido como a área de uma cidade central, ou de várias cidades contíguas, que compartilham o uso da área para a indústria, infraestruturas e habitações, com altos níveis de densidade populacional [1]. Estes elevados aglomerados populacionais, tem vindo a crescer, segundo a Organização Mundial de Saúde [2].

Este modo de organização urbana tem as suas vantagens, como por exemplo a proximidade das pessoas às infra estruturas, mas tem muitas vezes como desvantagem os problemas de tráfego. Por forma a agilizar a mobilidade urbana, são usados meios de transporte como as bicicletas, pela sua praticidade e pelo pouco espaço que ocupam.

A bicicleta é um meio de transporte que terá surgido em 1490, por Leonardo Da Vinci, segundo alguns autores [3], sendo que, começou a ser desenvolvida de forma intensa a partir do século XIX [4]. Nos dias de hoje, podemos já encontrar diferentes variantes de bicicletas, consoante a prática a que se destinam.

Assim, para a mobilidade urbana são usadas bicicletas de carácter mais prático, e com uma ergonomia mais adequada às viagens curtas. Cada vez mais são utilizados estes veículos nas cidades por todo o mundo, sendo nos países do norte da Europa que são usados em maior número e com maior frequência no dia a dia.

Sendo a bicicleta um meio de transporte de uso diário, há enorme interesse do mercado em oferecer soluções que complementem o veículo, por forma a que seja tirado mais partido do mesmo. De entre os acessórios, podemos encontrar as cadeiras porta-bebés, que surgiram da necessidade de transportar as crianças numa idade em que ainda não são capazes de pedalar. Deste modo, é possível que a bicicleta seja usada no transporte das crianças, por exemplo para as levar à escola, uma tarefa que também faz parte da rotina diária e pode levar bastante tempo, quando utilizado outro meio de transporte como o automóvel.

Atualmente existem cadeiras de montagem à frente do ciclista e atrás do mesmo. Este projeto está focado nas cadeiras de montagem atrás, nomeadamente, as que são fixadas ao quadro da bicicleta. As soluções existentes no mercado para este tipo de montagem, não permitem a instalação e desinstalação total do produto na bicicleta de forma rápida e fácil. Isto torna-se

inconveniente, uma vez que leva bastante tempo para que o utilizador desmonte tudo, ou apenas parte do sistema de fixação, quando não quiser andar com a cadeira toda na bicicleta. Os utilizadores acabam por não se dar ao trabalho da desmontagem completa, o que faz com que carreguem pesos desnecessários nas viagens pessoais. Acresce ainda o problema estético do sistema de fixação, uma vez que só fica parte do mesmo, e a sua volumetria, que pode incomodar no mesmo aspeto.

## 1.2 Objetivos

O trabalho realizado tem como principal meta a apresentação de uma solução, diferente das atuais, para o sistema de fixação, que torne o processo de montagem e desmontagem da cadeira porta-bebé na bicicleta simples e rápido. De uma forma mais detalhada, para atingir a meta referida, pretende-se cumprir com os seguintes objetivos:

- Definição clara e objetiva de requisitos para o novo produto;
- Implementação de uma estratégia de desenvolvimento de produto;
- Promoção da interação dos elementos de equipa de projeto para desenvolvimento de uma solução;
- Implementação de uma metodologia de seleção de conceitos;
- Previsão de custos e investimentos para o novo produto;
- Desenvolvimento de design e engenharia do novo produto;
- Dimensionamento e verificação dimensional do produto.

## 1.3 Metodologia Científica

Para a elaboração do presente trabalho foi seguida uma metodologia *case study*, a qual teve por base as seguintes etapas:

- Pesquisa bibliográfica sobre desenvolvimento de produto e conceitos relacionados com este tema;
- Análise das tendências na mobilidade urbana;
- Exploração de acessórios para bicicleta, nomeadamente as cadeiras porta-bebés;
- Revisão do método dos elementos finitos, com maior foco na análise computacional com recurso a este método;
- Pesquisa das necessidades do mercado e requisitos a considerar numa nova abraçadeira;
- Geração de ideias;
- Estudo das ideias e dos conceitos gerados e seleção das melhores soluções;
- Estudo de viabilidade preliminar do projeto;
- Modelação do sistema de fixação da cadeira;
- Análise e dimensionamento do sistema de fixação, com recurso aos elementos finitos;
- Redação da dissertação.

O método seguido assenta na metodologia *case study*, que pode ser dividida em quatro fases. Numa primeira fase é realizada uma pesquisa alargada sobre o tema a desenvolver, e numa

segunda fase é focada a análise, identificando os problemas chave e as suas origens. A terceira fase é responsável pela descoberta de possíveis soluções, com base nos conceitos teóricos anteriormente analisados, e, numa última fase, é selecionada a melhor solução.

#### *1.4 Empresa de acolhimento*

Esta dissertação foi realizada com base num estágio curricular de nove meses realizado na Polisport Plásticos S. A., localizada em Carregosa, Aveiro, Portugal. Esta empresa foca-se na produção de acessórios para bicicleta, assim como acessórios e peças de reposição para motos *off-road*, na sua essência em material polimérico.

#### *1.5 Estrutura da dissertação*

A dissertação elaborada encontra-se dividida em seis partes. Numa primeira fase será feita uma introdução, com uma breve apresentação da proposta de trabalho, assim como a metodologia utilizada na sua realização. Num segundo capítulo, são apresentadas informações provenientes de pesquisas bibliográficas com os principais conceitos teóricos que servem de suporte ao desenvolvimento. No terceiro capítulo é feita uma contextualização do produto e da empresa no mercado, sendo apresentado um benchmarking de produtos e definidos os requisitos para o novo produto. Com este capítulo por base, é apresentado um quarto, denominado de desenvolvimento. Aqui será estudado o sistema de fixação, desde as ideias e requisitos iniciais, até um modelo quase final. No quinto capítulo é efetuado o dimensionamento mecânico do produto e são aplicadas as alterações finais pré-produção. Por fim, são apresentadas as conclusões, onde são revistos os objetivos do trabalho e são destacados os principais contributos traduzidos pelo trabalho para o conhecimento global.



# REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Desenvolvimento de produto

2.2 Mobilidade urbana

2.3 Legislação aplicável aos porta-bebés de bicicleta

2.4 Design de peças plásticas para injeção

2.5 Análise dimensional pelo método dos elementos finitos



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 *Desenvolvimento de produto*

Num mundo em constante evolução, onde os clientes estão cada vez mais próximos das empresas, surge cada vez mais a necessidade de criação de novos produtos que cumpram com as suas exigências. Por outro lado, a diversidade de soluções que os clientes dispõem, provoca uma competitividade entre as empresas, para que estas desenvolvam novos produtos, que não só atendam às necessidades dos clientes, mas que sejam também melhores que os já existentes, e assim consigam sobreviver. Este desenvolvimento de novos conceitos e produtos pode ser considerado como uma força vital para as empresas [5].

O desenvolvimento de produto (DP) pode então ser definido como um conjunto de atividades de uma empresa que levam a um fluxo de ofertas de mercado de produtos novos ou alterados [6].

Atendendo ao objetivo de desenvolver um novo produto, é necessário definir cuidadosamente as várias atividades do projeto, para que o conceito de produto seja sólido e possível de construir. Deste modo, é necessário ter em atenção não só o fim a que se destina o produto, mas também as vias e meios para que se possa produzir. De outra perspetiva, torna-se relevante ter em atenção a reação do mercado ao produto e o impacto ambiental que o produto terá, desde a sua produção até à sua utilização pelo cliente [7, 8].

#### 2.1.1 *Metodologia de desenvolvimento de produto*

Na base do DP encontra-se a geração de um ou vários conceitos. Este trabalho pode ser efetuado por um departamento de *marketing* ou por um departamento técnico, sendo que uma combinação de ambos é geralmente melhor sucedida. A ideia de produto pode então surgir de uma necessidade de mercado ou de uma tendência. Noutros casos, o DP pode ser necessário devido a uma alteração legislativa [9]. Seguem-se então várias etapas, até que o produto chegue ao cliente final. Para conseguir perceber melhor as tendências e as várias abordagens no DP, foi então efetuada uma pesquisa bibliográfica do tema, estando apresentada na Tabela 1 a informação mais relevante.

Tabela 1: Pesquisa bibliográfica sobre metodologia de desenvolvimento de produto.

Referência bibliográfica	Descrição do trabalho
--------------------------	-----------------------

---

Neste artigo encontra-se uma síntese da experiência de Persson, ao longo de décadas, no desenvolvimento de novos produtos (DNP). Segundo o autor, os impulsionadores do DP têm sido: Tecnologia, com mudanças revolucionárias e repentinas; Mercado, com evoluções de produtos em pequenos passos; e Sociedade, com questões de sustentabilidade, impacto ambiental, saúde e segurança.

O principal objetivo do DP é melhorar a relação custo/desempenho de um novo produto. O desempenho pode, então, ser interpretado como uma combinação das características *Hard* (propriedades relacionadas com o projeto de engenharia e os parâmetros dimensionais) e *Soft* (propriedades relacionadas com o aspeto, ergonomia e interface) de um produto. O custo está relacionado com a quantidade de recursos utilizados, com o preço para o produtor e para o consumidor, e com o impacto ambiental ao longo da vida útil dos produtos.

[Persson]

[7]

Persson define três características principais do DP:

- Iteração, caracterizada por repetitivas etapas de análise-síntese-ação no processo, agilizadas por ferramentas informáticas, contrariamente à tentativa-erro usada anteriormente;
- Integração, relacionada com a combinação de *design* (projeto) de engenharia e o *design* industrial, e a integração de várias áreas (engenharia, *design* industrial, produção, compras, vendas) na equipa de DP;
- Inovação, baseada na invenção de novas soluções para as necessidades do mercado.

O autor apresenta ainda exemplos de métodos que complementam o processo de DP, destacando-se: o QFD (*Quality Function Deployment* - transformação de requisitos do cliente em parâmetros de projeto), FMEA (Análise de Modos de Falhas e seus Efeitos), DFA (projetar com vista à montagem).

---

Neste livro, Rainey apresenta como exemplo de metodologia geral de DP, a que é seguida pela empresa *The Stanley Works*. A metodologia usada por esta empresa está dividida em seis fases:

[David L. Rainey]

[10]

- Fase 0 - Geração da ideia de produto, onde são gerados conceitos e selecionada a equipa de trabalho;
- Fase 1 – Definição do produto;
- Fase 2 – Projeto do produto, nesta fase é realizado um estudo de mercado e uma visita ao cliente, para definir a estratégia de desenvolvimento e as especificações;
- Fase 3 – Desenvolvimento do produto, etapa onde se realiza o projeto em si do produto, com o recurso a protótipos e testes;
- Fase 4 – Comercialização do produto, sendo aqui finalizado o projeto do produto, elaborando um plano de *marketing* e um plano de produção;

- 
- Fase 5 – Melhoria contínua/auditoria, fase final em que é verificada a qualidade e, portanto, é validado o produto. É também efetuado o plano de vendas e o financiamento.

No final de cada fase, a Stanley efetua uma fase de revisão, onde os resultados são avaliados e são tomadas decisões sobre prosseguir ou terminar com o projeto. O autor indica ainda a duração que a empresa propõe para a metodologia. Para as duas primeiras fases, são indicadas durações entre duas semanas e doze meses. Já para as três fases seguintes, a duração proposta é entre dois e doze meses. Na última fase, são indicados doze meses.

---

Neste livro estão descritos os passos iniciais efetuados no desenvolvimento de sumos de fruta, que são comuns ao processo de DP.

[Ashurst, Hargitt e Palmer]  
[9]

Na base do desenvolvimento está a ideia de produto, que pode vir de uma necessidade de mercado, ou de um departamento comercial ou de *marketing*. Devem então ser definidas várias características alvo do produto (*briefing*), como a posição de mercado, o formato do embalamento, restrições técnicas, restrições da produção, restrições ambientais e questões legislativas. Todas as informações técnicas que identifiquem problemas durante o desenvolvimento, devem ser apontadas. De seguida, torna-se importante esboçar um plano das atividades, dos momentos de decisão e das datas a cumprir. Devem ser realizadas revisões regulares, identificando se o desenvolvimento está a seguir o rumo pretendido, e efetuando alterações ao plano, se necessário.

Assim que o conceito do novo produto permita prever, de forma realista, os custos associados na produção, deve então ser estudada a viabilidade financeira. Posteriormente, realiza-se também o estudo de impacto do produto.

Se a decisão tomada for a de prosseguir com o desenvolvimento do produto, é então efetuado todo o trabalho, até este estar disponível para o consumidor.

---

Neste artigo, os autores sintetizam um fluxo de etapas para o desenvolvimento de produto, tendo por base as metodologias usadas por Kaminski [12] e Sousa [13]. Assim, as principais etapas num DP são:

- [Carvalho, Fernandes, Borges e Ribeiro]  
[11]
- Estudo do mercado consumidor, bem como a sua necessidade – procura da ideia base para um novo produto;
  - Ideia e função do produto – apresentação da ideia com os principais requisitos;
  - Características do produto – todos os requisitos inerentes quer ao produto, quer ao seu projeto e à sua produção;
  - Projeto do produto – onde é desenvolvido o produto, atendendo aos requisitos especificados;
  - Produção do produto – fase que inclui a compra dos equipamentos necessários e a determinação do processo de montagem;

- 
- Consumo e/ou utilização do produto;
  - Descarte do produto – devido ao desgaste ou fim da sua utilidade, sendo que o foco deve ser a redução da velocidade a que este último fenómeno possa ocorrer, projetando uma vida útil igual à do tempo de utilização.
- 

Neste artigo, os autores apresentaram cinco passos para a implementação de uma metodologia *Lean* no DP:

- [Rossi, Taisch e Terzi]  
[14]
- Identificação e avaliação de resíduos – nesta fase, é diagnosticado e medido o impacto de diferentes tipos de resíduos no desempenho do DP;
  - Definição de resíduos prioritários – onde são categorizados os resíduos, tendo em conta fatores tais como probabilidade, gravidade, detetabilidade e evitabilidade;
  - Análise do subprocesso – nesta fase, é efetuada uma investigação no processo de DP, ou apenas numa parte do processo, onde tenham sido identificados mais resíduos;
  - Análise crítica do subprojecto – Nesta fase, é feita uma avaliação da análise efetuada no passo anterior, identificando onde ocorrem perdas de tempo e outras ineficiências, e percebendo porque ocorrem. Os resíduos encontrados no primeiro passo podem ser contextualizados aqui, e detetados de diferentes formas, por exemplo, usando KPIs (Indicador-chave de desempenho) ou lição aprendida;
  - Implementação de ações corretivas contínuas – Neste último passo são selecionadas e estabelecidas ações corretivas para as ineficiências encontradas. As ações de melhoria devem ser avaliadas e categorizadas em termos dos benefícios obtidos e do esforço necessário.
- 

Analisando as metodologias apresentadas pelos autores, é possível identificar as principais etapas que o DP normalmente segue. Tudo começa com a geração da ideia e do conceito, seguido da definição das características e requisitos do produto. Nesse momento, são avaliadas as soluções e é estudada a viabilidade do produto. Deve ser ainda introduzida uma revisão das etapas a seguir e do conceito de produto, de maneira a identificar resíduos, como refere a metodologia *lean*. Em seguida, é feito o projeto do produto propriamente dito, com os dimensionamentos e com a escolha de processos e materiais. Deve ser dada especial atenção aos requisitos definidos inicialmente, pois são a razão do desenvolvimento do produto. O final desta etapa vai então coincidir com o início da produção, onde ainda serão efetuados ajustes ao produto, se necessário. Depois de efetuada a produção, o produto passa para a sua etapa principal, para a qual foi concebido, a utilização. Como referiam as metodologias de Kaminski [12] e Sousa [13], deve ainda ter-se em conta uma última etapa, que é o descarte do produto, a qual deve ser tomada em consideração no início do desenvolvimento do produto, que diz respeito ao futuro do produto, quando já não desempenha a função idealizada [8].

### 2.1.2 Conceitos de Design for X

No decorrer do desenvolvimento de um produto, torna-se cada vez mais importante projetar um produto pensando nas etapas seguintes. Assim, o processo de fabrico, a montagem do produto e a reparação do mesmo, são todas fases do ciclo de vida do produto que devem ser planeadas desde cedo, para evitar a maioria dos problemas associadas a estas [8].

Ao abordar esta temática, podemos encontrar na bibliografia várias referências ao conceito *design for X* (projetar com vista a várias situações). Na Tabela 2 é apresentada a recolha de informação fornecida por vários autores nos seus livros ou artigos acerca deste tema.

Tabela 2: Pesquisa bibliográfica sobre conceitos de *design for X*.

Referência bibliográfica	Descrição do trabalho
[Carvalho, Fernandes, Borges e Ribeiro] [11]	<p>Neste artigo, os autores elaboraram uma metodologia de DP <i>Design for Manufacturing and Assembly</i> (Projetar para fabrico e montagem - DFMA) com base nas metodologias de Boothroyd [15], Sousa [13] e Bralla [16]. Então, como princípios mais importantes a ter em consideração, foram apresentados os seguintes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Projetar com vista a reduzir o número de componentes;</li> <li>• Montagem empilhada / unidirecional;</li> <li>• Padronização de processos e componentes;</li> <li>• Montagem modular ou com componentes-base;</li> <li>• Facilitar alinhamento e inserção de todos os componentes;</li> <li>• Facilidade de manipulação de peças;</li> <li>• Projeto para montagem estável;</li> <li>• Redução de ajustes.</li> </ul> <p>Para demonstrar a vantagem da aplicação destes princípios, são apresentados os resultados obtidos por Boothroyd [15], cuja aplicação de <i>software's</i> baseados nestes conceitos permitiu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução do tempo de montagem - Acima de 62%;</li> <li>• Redução do número de operações na montagem - Acima de 50%;</li> <li>• Redução de montagens defeituosas - Acima de 68%;</li> <li>• Redução do período de lançamento de produtos - Acima de 50%.</li> </ul>
[Ljungberg] [17]	<p>Ljungberg assinala neste artigo a importância do <i>design for environment</i> (projetar para o ambiente), um conceito de desenvolvimento focado no ambiente, destacando os princípios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Design</i> modular, com foco na facilidade de reparação e substituição de componentes;</li> <li>• Seleção de materiais, substituindo materiais com alto impacto ambiental por materiais melhores em termos de sustentabilidade ambiental;</li> </ul>

- 
- Redução da fonte de resíduos, reduzindo a quantidade de material em termos de produto e embalagem;
  - Projetar para a desmontagem, para facilitar a reparação, usando, por exemplo, encaixes, bloqueios mecânicos, etc.;
  - Projetar para reciclar, promovendo ao máximo a reciclabilidade do material e uma elevada composição de material reciclado no produto;
  - Projetar para descartabilidade, de forma a garantir que peças ou materiais não recicláveis possam ser descartados ecologicamente;
  - Projetar para reutilização, procurando a possível reutilização de diferentes componentes num produto;
  - Projetar para redução de substâncias indesejáveis;
  - Projetar para extensão do tempo de vida, reduzindo o desperdício de componentes ou produtos.

Apesar de não serem conceitos padrão, são úteis no projeto de produtos sustentáveis.

O autor apresenta ainda o DFMA, que normalmente não está relacionado com o *design* sustentável, mas inclui princípios comuns, como a seleção de material, o planeamento do processo, o teste, a montagem e a garantia de qualidade. É um método para produção simples, que pode também promover uma produção mais sustentável, por procurar usar o mínimo de recursos na produção.

O autor destaca ainda a importância de um *design* multifuncional, como um dispositivo de fax/impressora/digitalizadora, ou o projeto de um produto de longa vida útil, conservando as suas funções durante mais tempo.

---

Nesta referência, os autores inserem o conceito DFMA como uma estratégia desenvolvida, integrando engenharia e sistemas de produção, que leva a ciclos de desenvolvimento mais curtos, aumentando a qualidade do produto e reduzindo o seu custo, por forma a ser mais competitivo.

Este autor indica que o DFMA deve ser aplicado o mais cedo possível, seguindo os princípios:

[Molloy, Tilley e  
Warman]  
[18]

- Minimizar o número de peças;
- Desenhar para facilidade de manuseamento;
- Desenhar para facilidade de inserção;
- Peças *standards*;
- Desenhar para as capacidades atuais dos processos;
- Manter a consciência de processos alternativos.

Sendo a reciclabilidade e o impacto ambiental, cada vez mais, problemáticas importantes, surgiu também o conceito *design for recycling and the environment* (projetar para a reciclagem e para o ambiente). Com este conceito de *design* veio a necessidade de aumentar o ciclo de vida dos produtos, sendo uma das soluções a

---

reparação ou substituição de componentes. Para isso, surgiu também o conceito de *design for disassembly* (*design* para desmontagem).

---

Geoffrey Boothroyd, Peter Dewhurst e Winston Knight escreveram neste livro os seus conhecimentos acerca do conceito *design for X*.

Acerca do *design for manual assembly*, deve-se ter especial atenção para:

- [Boothroyd, Dewhurst e Knight]  
[15]
- Projetar peças que sejam o mais simétricas possível, ou que sejam claramente assimétricas;
  - Facilitar o encaixe entre peças, tentando reduzir o atrito e utilizar arestas ou geometrias que permitam o guiamento das peças durante a montagem;
  - Evitar formas que se irão deformar ou emaranhar-se quando armazenadas;
  - Evitar formas que provoquem o corte, o entalamento, a compressão, ou potenciais perigos para o operário.
- 

Sobre o *Design for Machining* (projetar para maquinagem), destacam-se algumas linhas gerais:

- [Boothroyd e Geoffrey]  
[15]
- Utilização de componentes e características normalizadas;
  - Utilizar matérias primas na sua forma normalizada de fornecimento e que resultem num menor custo do componente.
  - Tentar projetar para uma quantidade mínima de ferramentas necessárias;
  - Verificar que não há interferências da máquina ou ferramenta com a peça, para realizar determinada forma;
  - Evitar furos com curvas apertadas;
  - Em peças destinadas a promover rotações, certificar que o diâmetro externo ou interno é superior ou inferior à do outro componente;
  - Evitar pequenos ou grande raios L/D, assim como peças extramente longas ou finas;
  - Assegurar que a montagem é possível e não vai haver interferências;
  - Especificar as tolerâncias e rugosidades superficiais necessárias.
- 

Para *design for injection molding* (projetar para moldação por injeção), destacam-se os seguintes traços gerais:

- [Boothroyd e Geoffrey]  
[15]
- Projetar a parede principal de espessura uniforme com saídas adequadas para facilitar a saída do molde. Isto irá minimizar a distorção da peça, por facilitar o arrefecimento ao longo da peça;
  - Escolher o material e uma espessura de parede principal com vista ao custo mínimo. Um material mais caro, mas com maior resistência ou rigidez,
-

---

pode ser a melhor escolha, uma vez que poderá permitir uma parede com menor espessura, logo um menor volume de material, que pode compensar o custo mais elevado. Uma parede de espessura menor reduz ainda, significativamente, o tempo de ciclo, levando a um menor custo de processamento;

- Projetar as espessuras de todas as projeções da parede principal com metade do valor da espessura da parede principal, não excedendo os dois terços da espessura da parede principal. Isto minimiza problemas de arrefecimento nas juntas, onde a secção é mais espessa;
  - Se possível, alinhar as projeções na direção do molde ou em ângulo reto com o plano de partição, de maneira a evitar a necessidade de mecanismos no molde;
  - Evitar depressões nas superfícies internas da peça, uma vez que exige a construção de pinos que se movimentam no interior do molde (também conhecidos como levantadores), que são muito caros de construir e manter. No caso de serem necessários, pinos de movimentos pelas laterais do molde, são mais baratos que os internos;
  - Se possível, projetar as roscas dos parafusos externos para que fiquem no plano de moldação. Como alternativa, usar um perfil de rosca arredondado ou laminado, que possa ser retirado da cavidade ou do núcleo sem girar.
- 

Ao projetar um produto, é necessário ter em conta os requisitos, não só os relacionados com a sua função, mas também todos os requisitos envolvidos nos processos e na produção do produto. Como Ljungberg [17] refere, o projeto pensado no ambiente e no destino do produto depois da sua vida útil, são aspetos a tomar em consideração desde o início do projeto.

O conceito de DFMA tem como objetivo a simplificação da etapa de produção e montagem, para que seja feita de forma rápida e com eficiência. O *design for environment* foca-se mais na redução da geração de resíduos, por forma a evitar baixos ciclos de vida do produto e tentando dar uma utilidade ao produto após o seu fim de vida.

Outros conceitos de *design*, mais relacionados com o processo de fabrico, trazem princípios a ter em consideração para a eficiência dos mesmos.

### 2.1.3 *Conceitos de sustentabilidade*

Como abordado anteriormente, até lançar um produto para o mercado são necessários efetuar vários passos desde a criação da ideia base, até à sua produção.

Desde a década de noventa que conceitos como o *eco-design* (projeto ecológico) e desenvolvimento de produto adaptado ao ambiente, têm sido estabelecidos na indústria [7]. *Eco-design* abrange diversos aspetos, com o objetivo de reduzir o impacto ambiental dos

produtos. Geralmente, o foco incide na fase de utilização de um produto, como por exemplo nos automóveis, em que mais de 90% do impacto ambiental resulta do consumo de combustível ao longo do seu ciclo de vida [19].

Os pilares em que deve assentar um desenvolvimento de produto sustentável são:

- Seleção de materiais de baixo impacto ambiental: menos poluentes, não tóxicos, de produção sustentável, reciclados, ou que requeiram menos energia na produção;
- Eficiência energética: redução do consumo de energia nos processos de fabrico e no funcionamento do produto;
- Qualidade e durabilidade: produtos mais duráveis e que funcionem melhor, com maiores ciclos de vida e que gerem menos lixo;
- Modularidade: objetos com peças substituíveis, que possam ser trocadas em caso de defeito ou avaria, evitando a troca de todo o produto, gerando menos lixo;
- Reutilização: projetar produtos para que no fim do seu ciclo de vida, possam ser reutilizados ou reaproveitados para outras funções [20].

Existem diversas formas de aplicar estes princípios de sustentabilidade no desenvolvimento do produto. Na Tabela 3 encontram-se exemplos e formas de aplicação deste conceito.

Tabela 3: Pesquisa bibliográfica sobre conceitos de sustentabilidade.

Referência bibliográfica	Descrição do trabalho
[Santos, Gouveia e Silva] [21]	Neste artigo, os autores propõem uma metodologia aplicável durante a fase do projeto de peças, tendo em vista a redução de peso em veículos pesados. Esta redução é efetuada com base na seleção de materiais, optando por materiais de maior resistência mecânica, que assegurem o mesmo desempenho com uma menor espessura, o que pode levar a um peso do componente menor (dependendo da densidade). A redução de peso do veículo, leva a um menor consumo de energia envolvido no seu movimento e, assim, a uma menor pegada ecológica. A metodologia elaborada passa pela análise dos requisitos e pesquisa de matérias após o <i>design</i> do componente. São então reunidos os materiais que cumpram os requisitos, sendo efetuada uma análise dos requisitos e uma pesquisa dos possíveis processos de fabrico. Após esta fase, é selecionado o material e o possível processo de fabrico que seja mais vantajoso na redução da pegada ecológica. Este processo deve voltar à etapa inicial de design do componente, sempre que não se encontre materiais ou processos que satisfaçam os requisitos. No caso de estudo apresentado no artigo, os autores conseguiram chegar a uma possível redução de peso de cerca de 20% com a seleção de um novo material para o braço de suspensão de um veículo pesado. No entanto, esta proposta tinha um custo superior à existente.

Viecelli apresenta neste artigo ferramentas de análise ambiental para aplicação do *ecodesign*:

- Qualitativas: com recurso ao uso de listas de verificação e avaliação da estratégia ambiental. Aqui, apenas são revelados os pontos em que o potencial impacto negativo no ambiente é mais forte;
- Semiquantitativas: com recurso à avaliação das mudanças de *design* e às matrizes de análise. Nestas ferramentas, é analisada a geração de resíduos em cada etapa do ciclo de vida do produto, e é comparada com uma estimativa, após efetuar uma certa alteração;
- Quantitativas: com recurso à análise do ciclo de vida, onde são examinados diversos fatores com impacto (simultâneos ou não).

Como exemplo de aplicação das ferramentas descritas, é apresentado o caso de um produto que agrega o creme de barbear sem espuma com o bálsamo pós-corte da barba. Este produto é fornecido num tubo de plástico flexível, e apresenta como funções:

- Básicas
  - Preparação da barba e da pele para barbear com lâminas;
  - Deslizamento mais suave das lâminas sobre a pele.
- Agregadas
  - Suavização da pele após o atrito das lâminas;
  - Hidratação da pele;
  - Odorização da pele;
  - Melhor visibilidade ao barbear, devido à ausência de espuma.

[Eduardo  
Viecelli]  
[22]

Neste exemplo, estariam a ser seguidos os seguintes conceitos de sustentabilidade:

- Desmaterialização - substituição de alguns componentes por substitutos intangíveis, sem perda de função;
- Multifunção - integração de dois ou mais produtos num só;
- Eficácia - aumento do número de processos por unidade de produto;
- Otimização de Benefícios - eliminação de componentes supérfluos sem redução das funções do produto.

Destacam-se ainda outros benefícios ambientais como:

- Os dois produtos ocupam apenas uma embalagem;
- Fim da necessidade de embalagens com pressão;
- Melhor controlo do consumo devido à embalagem;
- O plástico da embalagem pode ser reciclado ou reutilizado.

[Braga]  
[23] Neste artigo, a autora pretendeu mostrar a importância de um *design* e desenvolvimento sustentável de produtos. Deste modo, apresentou várias estratégias e exemplos para um desenvolvimento de produtos mais sustentáveis:

- 
- Seleção de materiais de baixo impacto – exemplo de um *skateboard* produzido com materiais biológicos e reforçado com polipropileno reciclado;
  - Redução no uso de materiais e recursos – exemplo de um detergente concentrado que manteve as suas características, ocupando apenas um quarto do volume;
  - Design para a otimização dos sistemas de produção – exemplo de uma garrafa térmica em que diminuíram o número de componentes e a redesenharam, para permitir efetuar reparações, o que levou a uma redução da quantidade de material utilizado e um menor tempo de produção;
  - Otimização do sistema de transporte – exemplo de uma cadeira dobrável;
  - Redução do impacto ambiental durante o uso – exemplo de frigorífico com nova tecnologia, que reduz o consumo de energia;
  - Extensão da vida útil dos produtos – exemplo de uma bicicleta de criança que permite ajustes para se adequar ao seu tamanho durante uma maior gama de idades;
  - Otimização do fim de vida dos materiais – exemplo de reutilização de uma estante e da reciclagem de garrafas e de aparas ou rebarbas de metal.
- 

Analisando as pesquisas efetuadas, é possível perceber os traços gerais a ter em mente para desenvolver um produto sustentável. Deve então ser efetuada uma seleção de materiais, não só tendo em conta os requisitos principais, como por exemplo, a sua resistência, mas tendo também em conta outras características. Por exemplo, um menor peso pode trazer um menor gasto energético, ou um menor volume, que leva a um embalamento menos espaçoso e com menos material, ou uma maior ductilidade, que permita ultrapassar interferências entre componentes e torne possível a reparação do produto. Outro aspeto frisado pelos autores, é o impacto ambiental gerado na fase de utilização. Torna-se então relevante desenvolver um produto que não produza lixo, nem desperdícios nessa fase, que em muitos casos se inicia logo pelo descarte das embalagens, sacos e manuais que vêm junto com os produtos.

## 2.2 Mobilidade urbana

A urbanização está diretamente relacionada com o desenvolvimento dos meios de transporte, particularmente com a sua capacidade e eficiência. Desde cedo, surgiu a necessidade de nos deslocarmos de forma rápida e com pouco esforço dentro das cidades, onde as deslocações tendem a ser efetuadas a pé. Deste modo, os serviços têm tendência a aglomerar-se, para se posicionarem mais próximos das pessoas, o que torna os meios urbanos compactos e com usos mistos. Muitas das cidades, herdaram já um meio urbano criado por estas circunstâncias, mesmo que este já não seja o mais predominante. Os densos núcleos urbanos de muitas cidades da Europa e do Leste Asiático, por exemplo, permitem que os residentes façam entre um e dois terços de todas as viagens, a pé e de bicicleta. Por outro lado, a organização urbana mais

dispersa da maioria das cidades australianas, canadenses e americanas, que foram construídas mais recentemente, incentivam a dependência de automóveis e estão ligadas a altos níveis de mobilidade [24].

Assim, as áreas reservadas à mobilidade urbana podem ser divididas em:

- Áreas Pedestres: espaços destinados para caminhar. Muitas vezes, este espaço aparece partilhado com estradas, com as bermas a ocupar cerca de 10 a 20%;
- Estradas e parques de estacionamento: espaços destinados à circulação e estacionamento de veículos motorizados. Numa cidade motorizada, cerca de 30% da superfície é ocupada por estradas, e cerca de 20% por estacionamentos. Na América do Norte, cerca de 30 a 60% da superfície é ocupada por estradas e estacionamentos;
- Áreas cicláveis: espaços dedicados ao uso da bicicleta. Numa cidade mais desorganizada, estes espaços são partilhados com as áreas pedestres e com as estradas. Contudo, vários acidentes têm levado à criação de espaços específicos para bicicletas em zonas urbanas, com vias reservadas e parques. A Holanda tem sido particularmente proativa em relação a esta questão, com ciclovias e áreas de estacionamento como componentes ativas do sistema de transporte urbano. Cerca de 27% da quantidade total de viagens são efetuadas com bicicletas;
- Rede de transportes: muitas redes de transportes, como autocarros suburbanos, partilham as estradas com os automóveis, o que muitas vezes prejudica a sua eficiência. Para tentar diminuir os congestionamentos, têm sido criadas faixas rodoviárias, reservadas a autocarros de forma permanente ou temporária. Outros sistemas, como autocarros suburbanos e comboios, têm as suas próprias infraestruturas, tendo os seus próprios direitos de passagem;
- Terminais de transportes: conjunto de espaços como portos, aeroportos, estações de comboios, estações de autocarros e centros de distribuição. A globalização tem aumentado a mobilidade das pessoas e mercadorias e, conseqüentemente, os espaços urbanos necessários para estas atividades. A maioria dos terminais estão localizados nas periferias das cidades, por serem as zonas com maiores áreas disponíveis para tal [24].

O espaço ocupado por cada meio de transporte varia de acordo com vários fatores, sendo a densidade populacional o mais importante. Além disso, cada meio de transporte tem as suas próprias características de desempenho e de espaço utilizado. O exemplo mais relevante é o automóvel, uma vez que necessita de espaços para se movimentar (estradas), mas também gasta 98% da sua vida num parque de estacionamento. Conseqüentemente, uma quantidade significativa de espaços urbanos está alocada ao estacionamento automóvel, o que é economicamente e socialmente inútil, uma vez que estes não se movem. Nos Estados Unidos, é usado mais espaço pelo automóvel do que pela habitação. Na Europa Ocidental, as estradas representam entre 15% a 20% da superfície urbana, enquanto que nas economias em desenvolvimento esse número é de cerca de 10%, mas aumenta rapidamente devido à motorização [24]. A Figura 1 apresenta o índice de desempenho de vários meios de mobilidade urbana, tendo em conta a relação entre o espaço requerido destes meios por pessoa e a rapidez

ou facilidade de transporte. É possível visualizar o facto referido acima, de que os carros necessitam de bastante área, o que os coloca com o menor índice de desempenho. Destaca-se ainda que a bicicleta é dos meios que ocupa uma menor área por pessoa, a par do autocarro suburbano, quando não vai totalmente cheio.

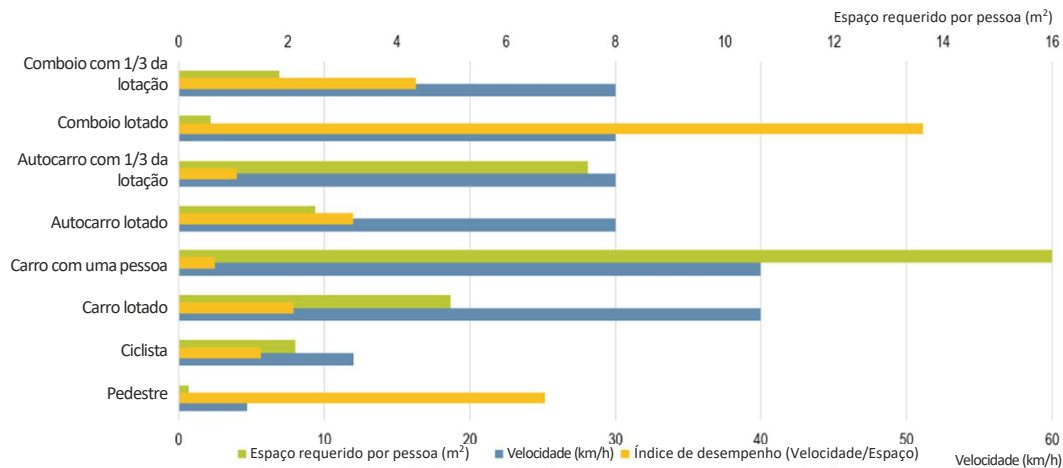


Figura 1: Desempenho dos meios de transporte urbano [24].

### 2.2.1 Meios de mobilidade urbano ligeiros

Ao abordar o tema da mobilidade urbana, surge o termo micromobilidade. Este termo engloba todos os modos de transporte como bicicletas, bicicletas elétricas e trotinetes elétricas, quer sejam de uso partilhado ou pessoal. Ambos os meios permitem maior flexibilidade nas rotas e nos acessos. Muitos destes serviços de transporte podem ser requisitados e adquiridos através de um *smartphone*, em que são definidos postos de levantamento e entrega do veículo, ou o local onde se vai encontrar ou estacionar o veículo. Isto permite que o sistema de transporte possa ser utilizado por várias pessoas no mesmo dia [25].

Estes conceitos de mobilidade têm vindo a crescer nas cidades, como é possível ver nos dados recolhidos pela NACTO (Associação Nacional de Oficiais de Transporte da Cidade), apresentados na Figura 2, que compara o total de viagens nestes meios de transporte desde 2010 até 2018 nos Estados Unidos da América. Neste espaço de tempo, o total de viagens aumentou cerca de 260 vezes. Isto revela uma forte tendência da população a utilizar cada vez mais estes meios de mobilidade partilhados [26].

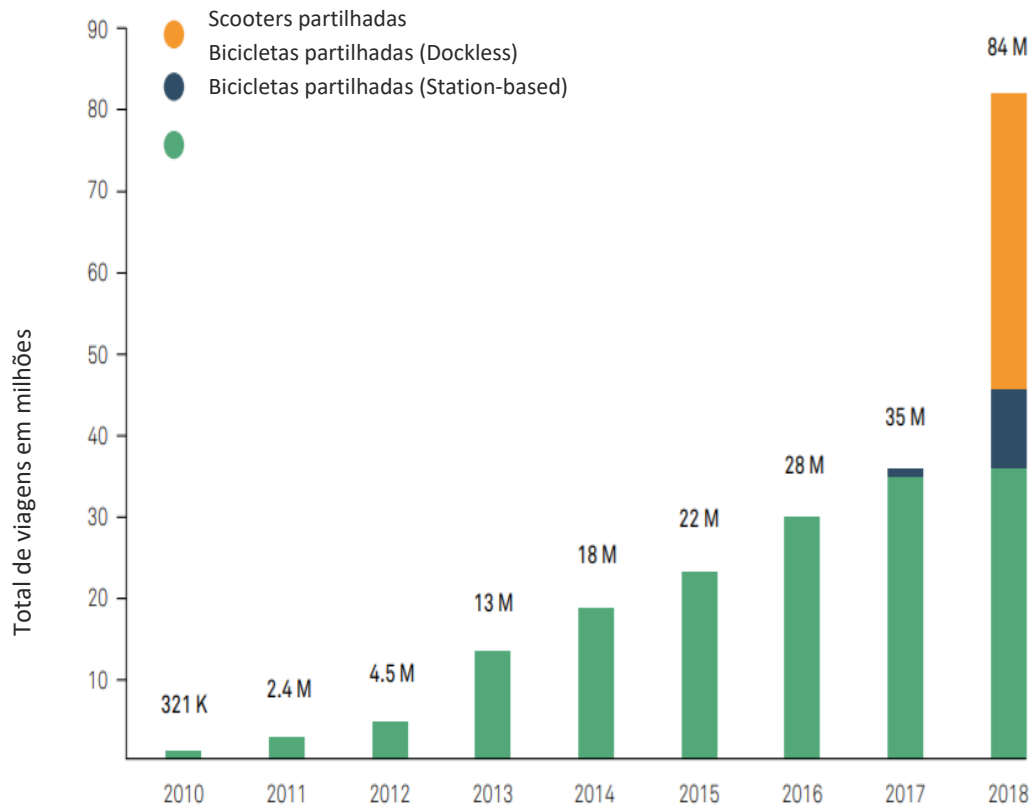


Figura 2: Crescimento das viagens em meios de micromobilidade partilhados [26].

No mesmo estudo, indicam que as bicicletas partilhadas são mais usadas nos dias úteis, e que são usadas em viagens para o trabalho e para conexão entre transportes [26].

Um estudo realizado pela McKinsey no início de 2019 revela que 60% das viagens realizadas na China, Europa e Estados Unidos são inferiores a 8 km, o que pode beneficiar soluções de micromobilidade. Assim, existe um forte potencial para crescimento deste mercado, para o qual se prevê um crescimento de 300 bilhões de dólares atualmente, para 500 bilhões em 2030 [27].

Num inquérito realizado pela Federação Europeia de Ciclistas, em que questionaram sobre qual o meio de transporte mais usado num dia normal, a resposta ciclismo é mais frequente em países como Holanda e Dinamarca, que revelam uma grande utilização da bicicleta no norte da Europa. Na Figura 3 estão representadas graficamente a percentagem de resposta “ciclismo” a este inquérito, onde era perguntado “Num dia comum, que meio de transporte usa com mais frequência?”, nos países da UE nos anos de 2007, 2010 e 2014 [28].

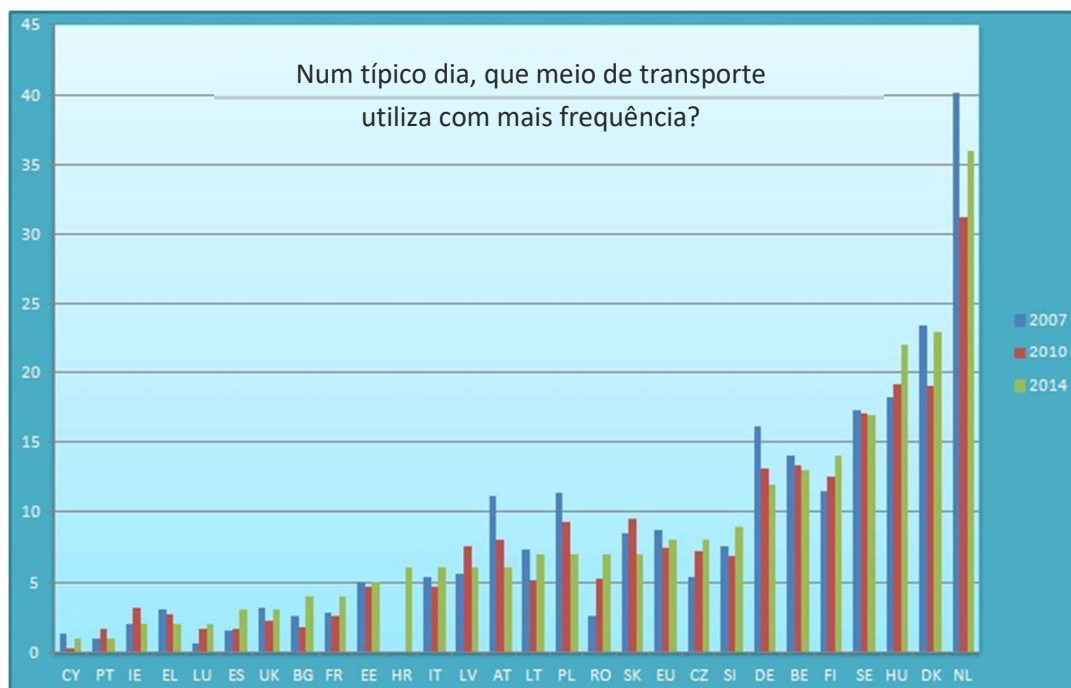


Figura 3: Percentagem de respostas "ciclismo" como meio de transporte mais usado num dia normal, na EU [28].

### 2.2.2 Acessórios para meios de mobilidade urbana ligeiros

Para complementar a versatilidade dos meios de mobilidade urbana ligeiros, vão sendo desenvolvidos acessórios conforme as necessidades dos utilizadores. Assim, é possível encontrar no mercado uma grande variedade de complementos para as bicicletas com diversas utilidades, como por exemplo, os guarda-lamas, as luzes, as bolsas ou malas, os sistemas antirroubo e as cadeiras porta-bebés.

Uma vez que a bicicleta é um dos principais meios citadinos de transporte, torna-se importante a utilização das cadeiras porta-bebés, para que os pais possam levar consigo os seus filhos. As cadeiras porta-bebés de bicicleta surgem então da necessidade de transportar as crianças numa idade em que ainda não conseguem pedalar, permitindo transportar facilmente as crianças para a escola, ou apenas para um passeio. Para além disto, permite, principalmente, o contacto com o meio ambiente e o convívio entre pais e filhos.

Assim, o uso de cadeiras porta-bebés nas bicicletas é mais intenso nos países que também apresentam maior utilização da bicicleta para as viagens diárias. Destaca-se então, como se pode ver na Figura 4, países como a França, Holanda e Alemanha, onde a marca Polisport mais vendeu este tipo de acessório.

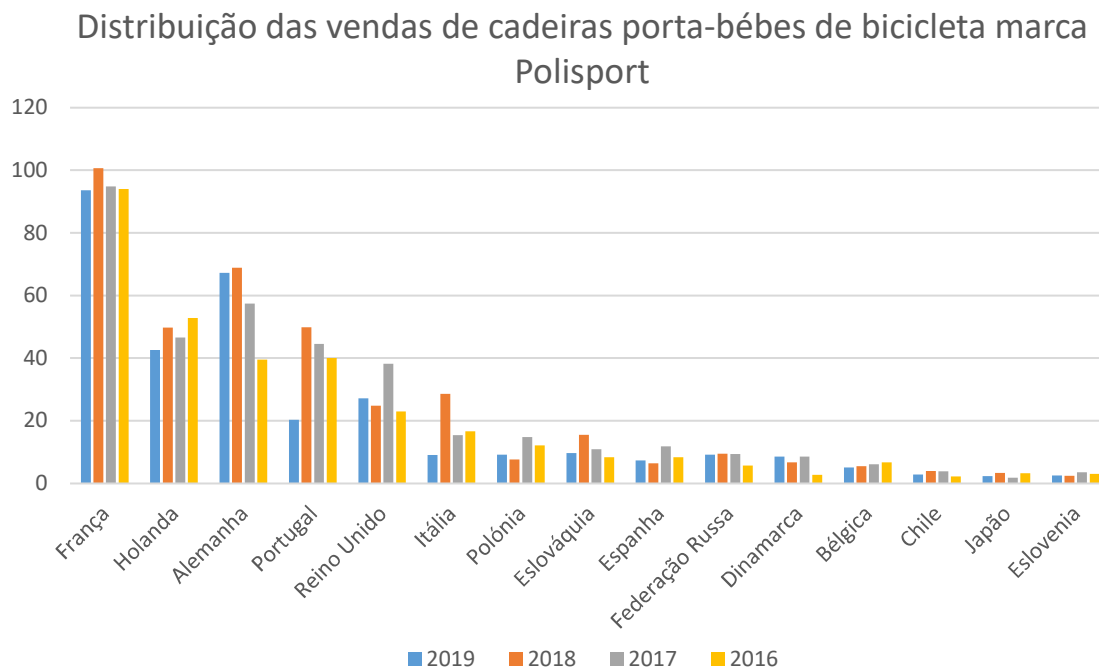


Figura 4: Países em que se venderam mais cadeiras porta-bébes de bicicleta pela marca Polisport [29].

As cadeiras porta-bébes apareceram no mercado há largos anos e com várias variantes. Atualmente, encontram-se no mercado cadeiras para transportar a criança à frente do ciclista e atrás do ciclista (Figura 5).



Figura 5: Cadeiras porta-bébes para bicicleta [30].

Estes acessórios podem ser fixados à bicicleta através de diferentes sistemas, conforme a geometria da bicicleta e a preferência do utilizador. Assim, os sistemas mais vulgares para fixação das cadeiras traseiras são a fixação ao *carrier* (porta-bagagens) (Figura 6 a) e a fixação ao *seat tube* (Figura 6 b). Já as cadeiras da frente normalmente são fixadas ao quadro, na zona da direção (Figura 6 c), ou ao *seat tube* como nas cadeiras traseiras (Figura 6 d).



Figura 6: Exemplos de fixação da cadeira traseira ao *carrier* (a) e ao *seat tube* (b), e da cadeira frontal na zona da direção (c) e no *seat tube* (d) [31].

Na Figura 8 encontram-se as quantidades de vendas deste tipo de porta-bebés pela Polisport Plásticos SA. nos últimos quatro anos.

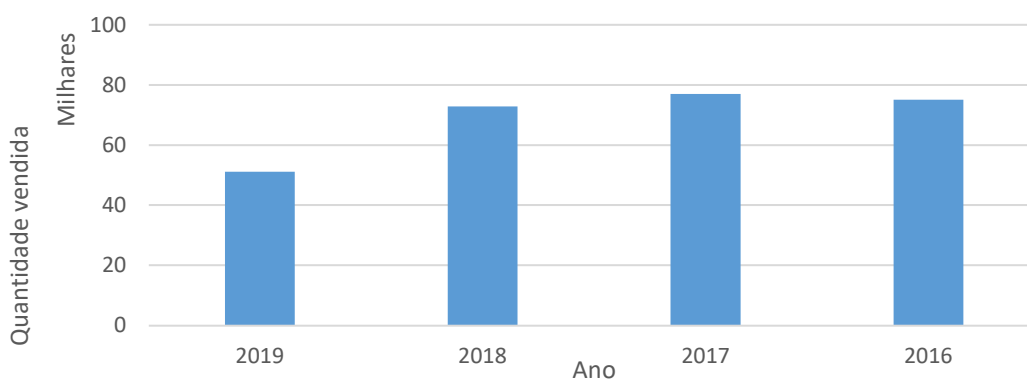


Figura 7: Quantidade de cadeiras porta-bebés frontais de bicicleta vendidas pela Polisport nos últimos anos [29].

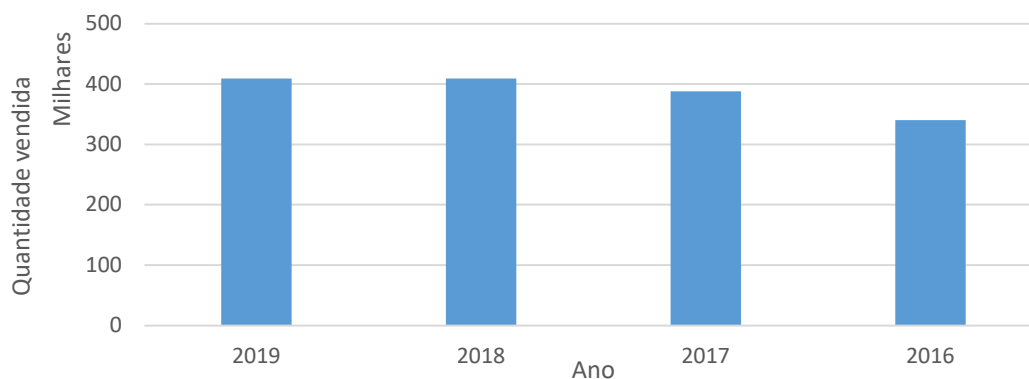


Figura 8: Quantidade de cadeiras porta-bebês traseiras de bicicleta vendidas pela Polisport nos últimos anos [29].

### 2.3 Legislação aplicável aos porta-bebês de bicicleta

Os porta-bebês de bicicleta, por transportarem crianças, devem cumprir normas consoante o mercado onde é vendido, para que a segurança da vida humana seja assegurada. A norma europeia destinada a este acessório de bicicleta é a EN 14344:2004 [32].

A norma define então que as cadeiras frontais se destinam a crianças com um peso não superior a 15 kg e uma altura máxima de 93 cm. Já as cadeiras traseiras permitem o transporte de crianças até 22 kg e com uma altura máxima de 110 cm.

Uma vez que é um acessório destinado a crianças, a norma define restrições na geometria das cadeiras, para evitar situações de entalamento de dedos ou pés, assim como perigos provenientes de arestas vivas ou saliências, de peças móveis que causem corte ou compressão e da ingestão de peças. A norma define ainda os requisitos que um mecanismo de fixação à bicicleta tem de obedecer, para evitar desaperto inadvertido. Assim, um mecanismo de fixação da cadeira à bicicleta tem de cumprir com uma das seguintes condições:

- a) Pelo menos um dos mecanismos do sistema de fixação requer uma força operacional superior a 50 N, ou um binário de 0,34 N.m, ou...
- b) Pelo menos um dos mecanismos do sistema de fixação é apertado com o uso de uma ferramenta, ou...
- c) O sistema de fixação requer pelo menos duas ações consecutivas, a primeira das quais deve ser mantida enquanto a segunda é efetuada, ou...
- d) O sistema de fixação requer pelo menos duas ações independentes e simultâneas.

Quanto à resistência mecânica da cadeira, a norma define requisitos e testes dinâmicos que as cadeiras devem cumprir para serem validadas. É então definido pela norma a massa a colocar nas cadeiras e os métodos de montagem para se realizarem os ensaios.

Inicialmente, terá de ser efetuado um teste dinâmico vertical, que consiste em vibrar a cadeira com um movimento sinusoidal numa direção vertical a 7 Hz e a uma amplitude de 5 mm durante 50 000 ciclos.

Em seguida, deve ser efetuado um teste dinâmico lateral, que consiste em vibrar a cadeira de lado para lado com um movimento sinusoidal sobre um eixo horizontal, que represente a linha de contacto entre os pneus da bicicleta e a estrada, posicionado a uma distância definida na

norma, abaixo da cadeira. A cadeira deve então fazer um arco de  $10^\circ$  e devem ser realizados 50 000 ciclos a uma frequência de 1 Hz.

Após o teste dinâmico lateral, deve ser efetuado o teste de rigidez transversal, que consiste em efetuar 100 ciclos nas mesmas condições do anterior, e verificar que a cadeira não atinge um dispositivo limitador posicionado a  $(3^\circ \pm 0,1^\circ / \pm 0^\circ)$  das posições extremas definidas no ensaio anterior.

Deste modo, as cadeiras, incluindo todo o mecanismo de aperto à bicicleta, devem cumprir os testes definidos pela norma.

### 2.3.1 Equipamentos de ensaio

Para verificar a resistência mecânica dos PBB, segundo os critérios definidos na EN 14344:2004 [32], os laboratórios de teste e certificação estão dotados de equipamentos capazes de executar os ensaios como referido na Norma EN 14344:2004 [32].

Para o ensaio dinâmico vertical, o equipamento deverá permitir a montagem do produto na respetiva posição, e submetê-lo a uma vibração com um movimento sinusoidal numa direção vertical a 7 Hz e a uma amplitude de 5 mm durante 50 000 ciclos. Na Figura 9 encontra-se o equipamento utilizado pela Polisport para a execução deste ensaio nos seus produtos. O produto é montado numa bicicleta, na posição definida pela EN 14344:2004 [32], tornando o ensaio mais representativo das condições reais de utilização pelo cliente. O equipamento possui duas rodas sincronizadas representativas do solo, sobre as quais rodam as rodas da bicicleta, que possuem pequenos acréscimos de 5 mm de altura, para efetuarem a amplitude do movimento. O sistema é colocado a rodar por forma a cumprir a frequência definida na Norma, e são executados 50 000 ciclos do movimento. O equipamento permite a troca de bicicleta, para variação do diâmetro do *seat tube*, estando disponíveis os diâmetros 28, 32, 36 e 40 mm. O equipamento permite ensaiar PBB de fixação ao *seat tube*, ao *carrier* e à coluna de direção.



Figura 9: Equipamento usado pela Polisport para ensaio dinâmico vertical de acordo com EN 14344:2004 [32].

Para o ensaio dinâmico lateral, o equipamento deverá permitir a montagem do produto na respetiva posição, e submetê-lo a uma vibração de lado para lado com um movimento sinusoidal sobre um eixo horizontal, que represente a linha de contacto entre os pneus da bicicleta e a

estrada. A cadeira deve então fazer um arco de  $10^\circ$  e devem ser realizados 50 000 ciclos a uma frequência de 1 Hz. Na Figura 10 encontra-se o equipamento utilizado pela Polisport para execução deste ensaio nos seus produtos. O PBB é montado num quadro de bicicleta adaptado para o movimento, na respetiva posição, o que torna o ensaio mais representativo do produto na sua utilização. O quadro apenas tem rotação livre na direção do movimento do ensaio, estando fixo em todas as outras. O movimento sinusoidal do produto é conseguido pelo mecanismo de biela-manivela, com o comprimento adequado para executar a amplitude angular pretendida, que é acionado por um motor elétrico, por forma a ser cumprida a frequência de movimento definida na EN 14344:2004 [32]. O equipamento executa o movimento durante 50 000 ciclos, após os quais é efetuada a validação do produto. Este equipamento, utilizado pela Polisport, permite a troca de quadros, para variação do diâmetro do *seat tube*, estando disponíveis os diâmetros 28, 32, 36 e 40 mm. O equipamento permite ensaiar PBB de fixação ao *seat tube*, à coluna de direção e ao *carrier* com o acoplamento do mesmo.



Figura 10: Equipamento usado pela Polisport para ensaio dinâmico lateral de acordo com EN 14344:2004 [32].

O ensaio de rigidez transversal, que tem por objetivo limitar o deslocamento lateral da cadeira no movimento devido à flexão dos materiais, é executado no mesmo equipamento do ensaio dinâmico lateral. Como referido em 2.3, são efetuados 100 ciclos nas mesmas condições do ensaio dinâmico lateral, sendo verificado se a cadeira não atinge os dispositivos limitadores posicionados a  $(3^\circ \pm 0,1^\circ / \pm 0^\circ)$  das posições extremas do ensaio anterior.

#### 2.4 Design de peças plásticas para injeção

O processo de moldação por injeção para plásticos é um processo para criação de peças plásticas, com recurso a uma máquina de injeção, onde a matéria-prima é aquecida (Figura 11 -

1) e depois é injetada num molde (Figura 11 - 2). Quando o material arrefece e solidifica, este adquire a geometria do molde (Figura 11 - 3) e a peça é ejetada (Figura 11 - 4) [33].

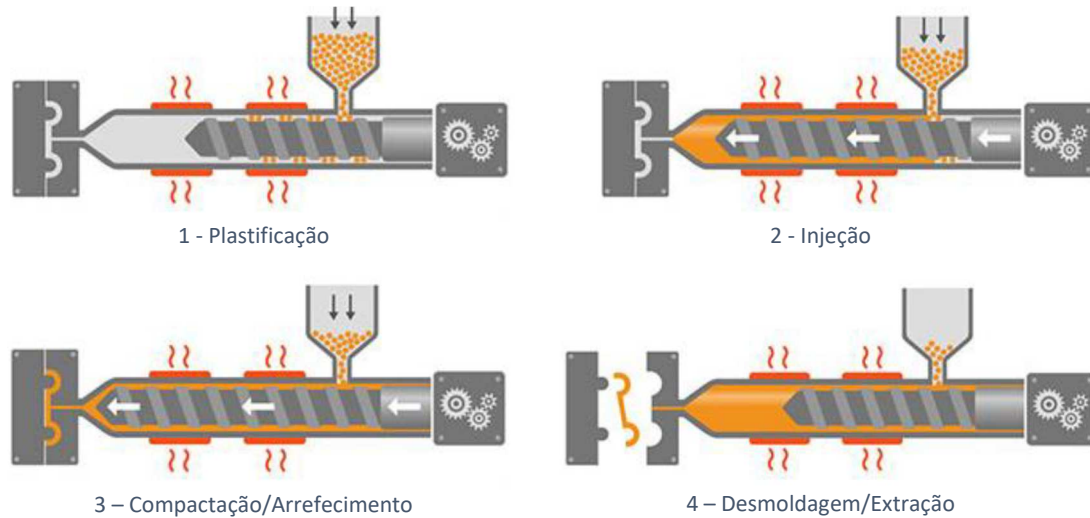


Figura 11: Ciclo do processo de moldação por injeção [34].

Tendo em conta todas as outras tecnologias, as peças produzidas por injeção representam cerca de 40% das peças produzidas, com os materiais [35]:

- Polipropileno (PP): 38% da produção global por injeção;
- Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS): 27% da produção global por injeção;
- Polietileno (PE): 15% da produção global por injeção;
- Poliestireno (PS): 8% da produção global por injeção [34, 35]

A maioria dos defeitos nas peças produzidas por moldação por injeção estão relacionados com o fluxo do material no molde, ou com a taxa de arrefecimento não uniforme durante a solidificação [35]. Na Tabela 4 estão apresentados os defeitos mais comuns neste processo.

Por forma a obter peças com a qualidade desejada, devem ser seguidas linhas de *design* que minimizem os defeitos durante o processo de injeção. Na Tabela 5 estão apresentados os princípios gerais a ter em consideração no *design* de peças para moldação por injeção.

Tabela 4: Defeitos mais comuns na moldação por injeção de plásticos [33, 34].

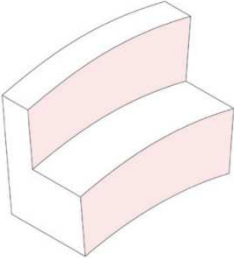
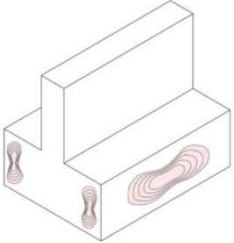
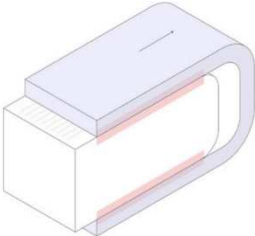
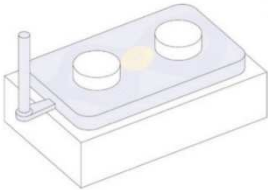
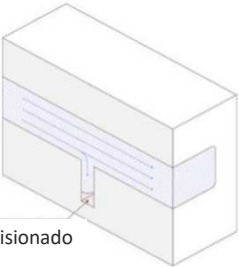
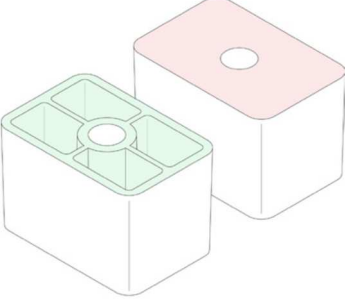
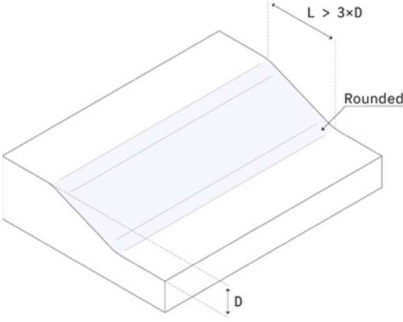
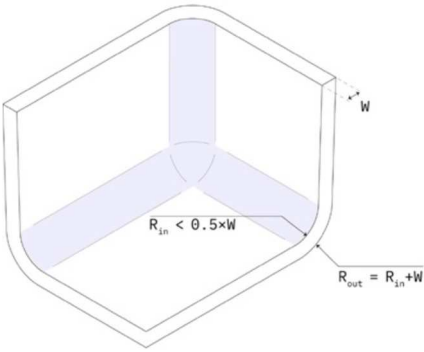
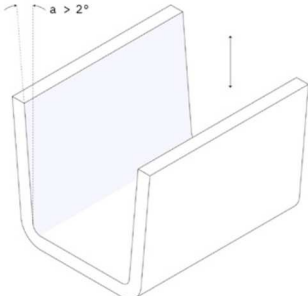
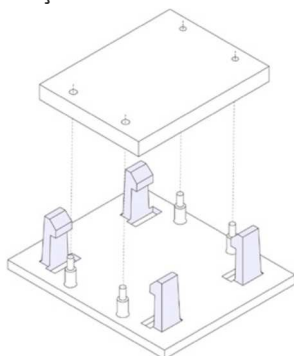
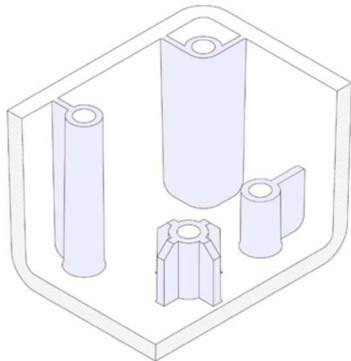
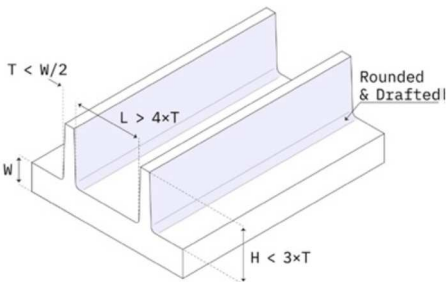
Defeito	Explicação
<p>Empenamento</p> 	<p>Quando certas secções arrefecem mais rapidamente que outras, a peça pode fletir permanentemente devido aos esforços internos. Peças com paredes de espessura não uniforme são mais propícias a empenos.</p>
<p>Contrações ou Rechupes</p> 	<p>Quando o interior da peça solidifica mais rapidamente que a superfície, podem aparecer pequenas depressões nas superfícies planas. Peças com paredes espessas ou nervuras mal projetadas são mais propícias.</p>
<p>Marcas de arrastamento</p> 	<p>Durante a ejeção, as paredes das peças deslizam no molde, o que pode provocar marcas de arrastamento.</p> <p>Peças com paredes verticais (e sem ângulos de saídas) são mais propícias ao aparecimento de marcas de arrastamento.</p>
<p>Linhas de junção</p> 	<p>Quando dois fluxos de encontram, pequenas linhas de junção podem ser desenvolvidas. Estas linhas de junção afetam a estética da peça, e também, geralmente, diminuem a resistência da peça.</p> <p>Peças com mudanças de geometria abruptas ou furos, são mais propícias a linhas de junção.</p>
<p>Faltas de preenchimento</p>  <p>Ar aprisionado</p>	<p>Ar aprisionado no molde pode restringir o fluxo de material durante a injeção, resultando em peças incompletas.</p> <p>Peças com paredes muito finas ou nervuras mal desenhadas, são mais propícias a faltas de preenchimento.</p>

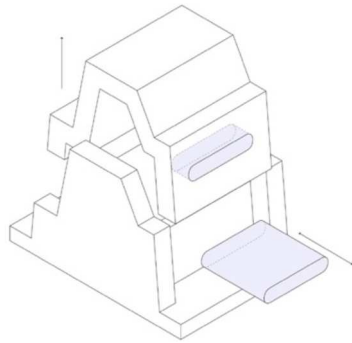
Tabela 5: Princípios de design para moldação por injeção [35, 36].

Princípios	Explicação
<p><b>Espessura de Parede Constante</b></p> 	<p>As paredes devem ser o mais finas e constantes possíveis, para evitar empenos ou depressões. Se forem necessárias paredes espessas, tentar substituir por nervuras, para adicionar a rigidez necessária.</p> <p>Cada aumento de 10% na espessura da parede leva a um aumento, aproximado, de 30% da rigidez.</p> <p>Espessuras recomendadas: 1 a 3 mm.</p>
<p><b>Transições Suaves</b></p> 	<p>Por vezes, não é possível evitar secções com espessuras de parede diferentes. Nestes casos, deve-se utilizar um chanfro ou um filete para tornar a transição o mais suave possível.</p> <p>Do mesmo modo, a base de alargamentos verticais (nervuras, apoios, dentes) devem ser arredondadas.</p> <p>Comprimento de transição recomendado: três vezes a diferença de espessura.</p>
<p><b>Arestas arredondadas</b></p> 	<p>Todas as arestas devem ser arredondadas e deve-se manter a espessura da parede constante. Adicionar filetes com raios o mais largo possível a todos as arestas internas e externas.</p> <p>Arestas Internas: raio superior a metade da espessura da parede.</p> <p>Arestas externas: raio igual ao do filete interior, somado à espessura da parede.</p>
<p><b>Adicionar ângulos de saída</b></p> 	<p>Devem ser dadas a todas as paredes verticais ângulos de saída, para tornar a ejeção da peça mais fácil e evitar marcas de arrastamento. Se foram desenhadas sem ângulo propositadamente para o seu funcionamento, devem ser mantidas.</p> <p>Ângulo de saída recomendado: Superior a 2°</p> <p>Devem ser aumentados os ângulos de saída para:</p>

Princípios	Explicação
Utilização de nervuras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peças com comprimento superior a 50 mm, aumentando 1° por cada 25 mm;</li> <li>• Peças com acabamento texturado, aumentando 1° a 2°.</li> </ul> <p>Quando a máxima espessura de parede recomendada não é suficiente para os requisitos funcionais da peça, podem ser usadas nervuras para melhorar a rigidez.</p> <p>Ao desenhar nervuras, deve-se:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Usar uma espessura igual a metade da espessura da parede principal;</li> <li>• Definir uma altura inferior a três vezes a espessura da nervura;</li> <li>• Usar filetes na base com raio superior a um quarto da espessura da nervura;</li> <li>• Adicionar um ângulo de saída de pelo menos 0,25° a 0,5°;</li> <li>• Adicionar uma distância mínima entre nervuras e paredes de quatro vezes a espessura da nervura.</li> </ul>
Utilização de apoios	<p>Os apoios são pontos de montagem ou aperto. Para os apoios com nervuras circulares, aplicam-se as mesmas regras de <i>design</i>. Deve-se considerar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar apoios que coincidam com o interior de paredes principais;</li> <li>• Suportar os apoios com nervuras ou conectá-los à parede principal;</li> <li>• Utilizar um diâmetro exterior igual a duas vezes o diâmetro nominal do incerto.</li> </ul>
Utilização de dentes de encaixe	<p>Os dentes de encaixe são uma maneira rápida e simples de ligar duas peças sem parafusos ou ferramentas. Para projetar dentes de encaixe, deve-se:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adicionar ângulos de saída às paredes laterais do dente;</li> <li>• Utilizar uma espessura de metade da parede principal;</li> <li>• Ajustar o comprimento e largura para controlar a flexão e a força;</li> <li>• Contornar a contra saída criada.</li> </ul>



Princípios	Explicação
Movimentos e Machos Retrátéis	<p>Quando não é possível nenhuma solução para contornar uma contra saída, podem ser usados movimentos ou machos retrátéis, que saem da peça antes da ejeção. Estes mecanismos devem ser usados com moderação, por adicionarem complexidade e aumentos de 15% a 30% do custo do molde. Ao desenhar peças com movimentos laterais:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Deve-se utilizar ângulos de saída como habitual;</li><li>• O movimento deve deslizar na direção paralela à linha de apartação.</li></ul>



## 2.5 Análise dimensional pelo método dos elementos finitos

### 2.5.1 O método dos elementos finitos

O método dos elementos finitos é uma técnica de análise numérica para obter soluções aproximadas para uma ampla variedade de problemas de engenharia [37]. Neste método, uma geometria submetida aos carregamentos e restrições é subdividida em pequenas partes, designadas de elementos, que passam a representar o domínio contínuo do problema. Esta divisão da geometria em pequenos elementos, permite que um problema complexo possa ser subdividido em problemas mais simples, o que o torna possível de ser resolvido por um computador.

Então, o método sugere que um número infinito de variáveis desconhecidas, seja substituído por um número limitado de elementos de comportamento bem definido. Em função do tipo e da dimensão do problema, estes elementos podem ser de diferentes formas, tais como a triangular, quadrangular, entre outras. Uma vez que são elementos de dimensões finitas, são chamados de “elementos finitos”.

Os elementos finitos estão ligados entre si por pontos, os quais são denominados de nós ou pontos nodais. O conjunto de todos os elementos e nós designa-se por malha. Em função da forma e dimensão dessas subdivisões da geometria, as equações matemáticas que regem o comportamento físico serão resolvidas de forma aproximada por este método numérico. A precisão do Método dos Elementos Finitos depende da quantidade de nós e elementos, do seu tamanho e também dos tipos de elementos utilizados na malha. Quanto menor for o tamanho e maior for a quantidade dos elementos numa determinada malha, maior será a precisão dos resultados da análise [38].

## 2.5.2 Análise Computacional

### 2.5.2.1 Seleção da malha

Uma vez que a precisão do método dos elementos finitos depende da quantidade de nós e elementos, bem como do seu tamanho e tipo, é então necessário ter em atenção quais os parâmetros mais adequados para realizar a malha de uma dada geometria e para obter uma solução próxima da exata.

Os tipos de elementos mais comuns são:

- Elementos unidimensionais – representados por linhas retilíneas, consistem em elementos de barra, viga e estrutura. Estes elementos são utilizados para modelar estruturas articuladas ou reticuladas;
- Elementos bidimensionais – apenas podem ser carregados no seu plano e apresentam uma forma triangular ou retangular;
- Elementos tridimensionais – apresentam 4 (tetraedro) ou 6 faces (hexaedro) e são usados para análises tridimensionais de tensões;
- Elementos axi-simétricos – formulados pela rotação de  $360^\circ$  de uma forma bidimensional em torno do eixo de revolução do corpo, permitindo a modelação de casos em que a geometria, carregamentos e condições fronteiras são simétricos relativamente ao eixo de rotação do corpo;
- Elementos de placa e casca – para corpos de espessura fina. Estes elementos destinam-se a modelar placas planas e cascas, definidas pela sua espessura e superfície média. Podem ser efetuados carregamentos no plano e fora dele [39].

Na Figura 12 estão representados os tipos de elementos referidos.

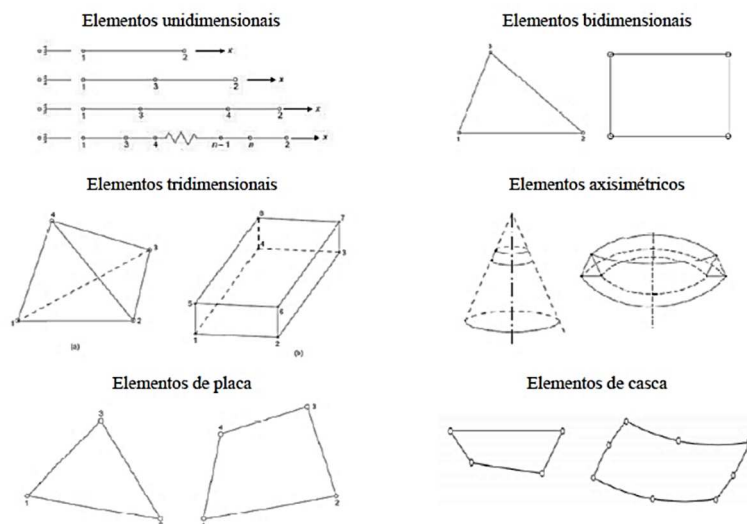


Figura 12: Tipos de elementos mais comuns [39].

Para obter uma solução mais aproximada da exata, é necessário efetuar várias iterações, com utilização de malhas diferentes, que descrevam cada vez melhor a geometria do componente que está a ser estudado. Este processo é chamado de refinamento da malha e consiste então na adição de elementos ou pontos, reduzindo o comprimento característico dos elementos em certos locais. Isto aumenta facilmente a resolução da malha local, mas também aumenta o

número de equações diferenciais a serem resolvidas, uma vez que aumenta também o número de graus de liberdade do sistema [40].

Para efetuar o refinamento da malha, podem ser adotadas várias estratégias:

- Redução do tamanho do elemento

A redução do tamanho do elemento é simples de aplicar, mas torna-se inconveniente uma certa região preferencial não estar ainda mais refinada, por ser necessário uma malha mais fina [41]. Na Figura 13 é possível observar o efeito na precisão da localização das tensões, reduzindo o tamanho dos elementos.

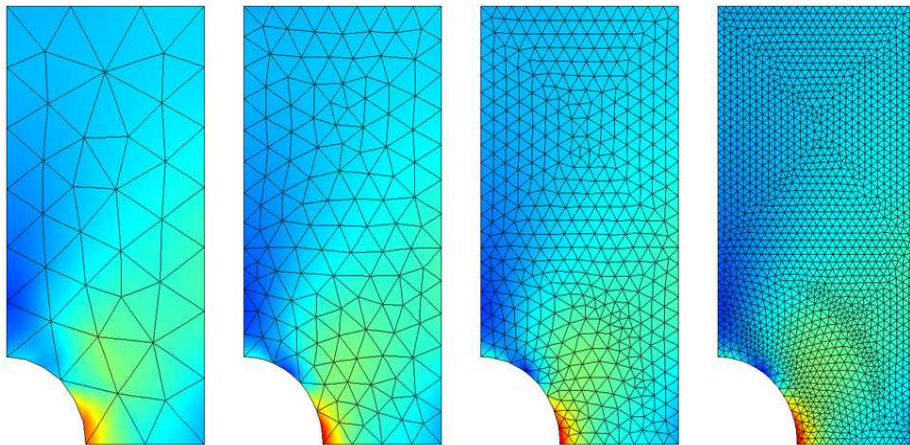


Figura 13: Comparação da tensão numa placa com um furo, com diferentes tamanhos de elemento [41]

- Aumento da ordem do elemento

O aumento da ordem dos elementos é útil para criar malhas em domínios curvos. Na Figura 14 encontram-se exemplos de elementos de segunda ordem (quadrática), onde uma das faces possui curvatura [42].

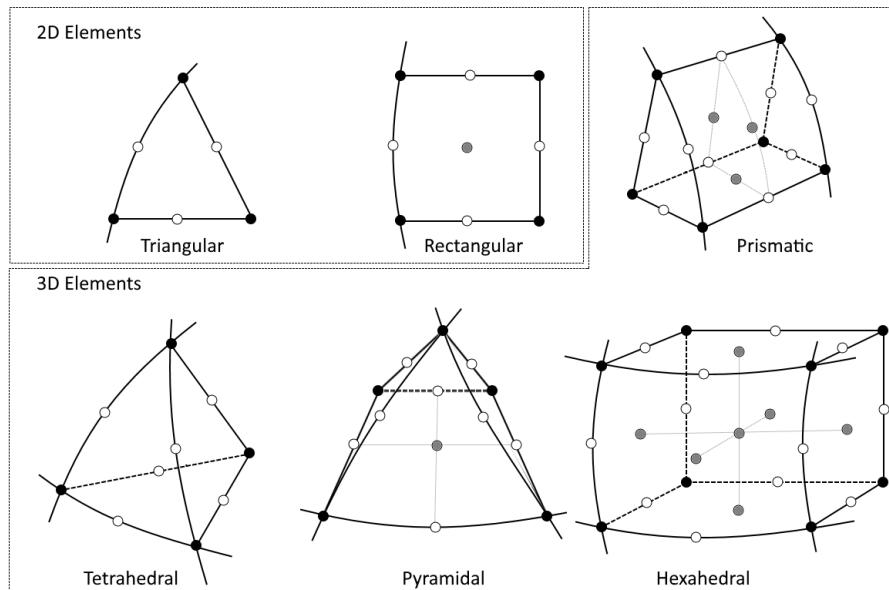


Figura 14: Exemplos de elementos de segunda ordem [42].

Esta estratégia não necessita de nenhuma alteração na malha, uma vez que apenas é aumentada a ordem dos elementos. Por outro lado, esta atualização da malha pode ser lenta, assim como o seu processamento ao realizar o estudo, uma vez que os requisitos computacionais também aumentam, até de forma mais rápida que noutras estratégias [41]. Na Figura 15 é possível verificar, na região do furo, o efeito do aumento da ordem do elemento, em que as curvaturas dos elementos permitem uma geometria da malha bastante mais parecida com a do furo.

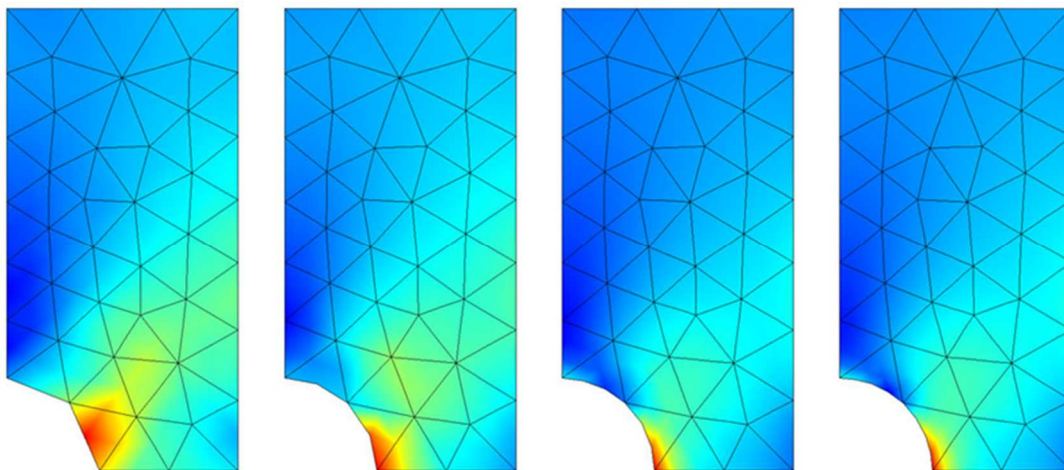


Figura 15: Comparação das tensões numa placa com um furo, com o aumento da ordem dos elementos [41].

O refinamento da malha pode ser ajustado globalmente com recurso a uma estratégia de estimação do erro, para determinar os pontos do domínio onde o erro é maior. O *software* faz então um refinamento da malha nesses locais (Figura 16 a)). Por ser o *software* a efetuar o refinamento, o utilizador não tem controlo sobre a malha.

O refinamento da malha pode ser ajustado localmente da mesma forma, sendo que terá de ser indicado ao *software* qual a zona a ser avaliada (Figura 16 b)). Este refinamento pode ainda ser efetuado manualmente, sendo que exige maior experiência por parte do utilizador (Figura 16 c)). Quando efetuado corretamente, pode poupar de uma forma significativa tempo e recursos. É ainda possível utilizar elementos de vários tipos na mesma malha. Em modelos 2D, podem ser usadas combinações de elementos triangulares e retangulares, como demonstrado na Figura 16 c). Nos modelos 3D podem ser combinados elementos tetraédricos, hexaédricos, prismáticos triangulares e piramidais [41].

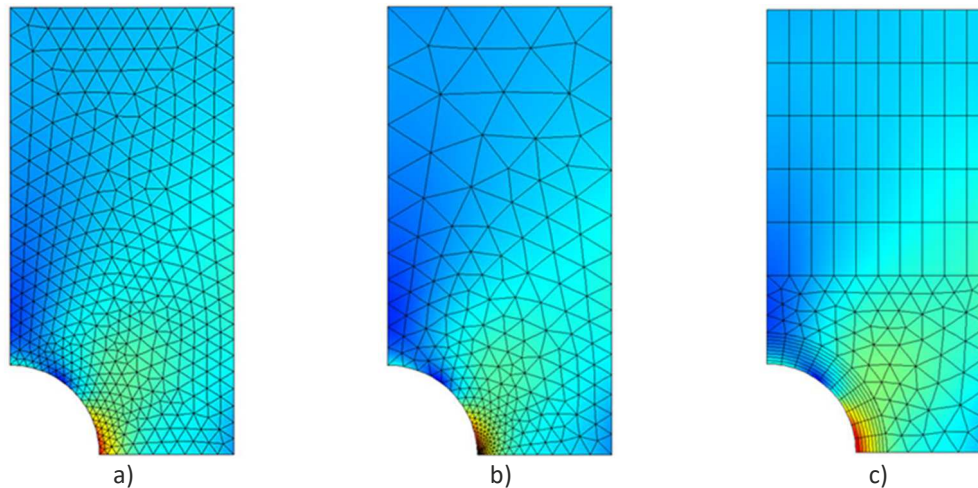


Figura 16: Exemplos de refinamento global (a), local (b) e manual (c) da malha [41].

Embora seja possível fazer a malha de qualquer geometria com os elementos triangulares e tetraédricos, os elementos quadrilaterais, hexaédricos, prismáticos e piramidais são úteis quando se sabe que a solução varia gradualmente ao longo de uma ou mais direções. Ao alongar ou encolher elementos em determinadas direções, a malha pode ser ajustada à variação nos campos.

### 2.5.3 Condições Fronteira

As equações diferenciais ordinárias e parciais precisam de condições fronteira para serem resolvidas. Então, diferentes tipos de condições fronteira podem ser impostas no limite do domínio. A escolha das condições fronteira é fundamental para a resolução computacional do problema, pois uma má imposição da condição pode levar à divergência da solução, ou à convergência para uma solução errada.

No método dos elementos finitos, que é um modelo de deslocamentos, as condições fronteiras geralmente impõem o deslocamento da estrutura em determinados pontos. Cada nó tem seis graus de liberdade (três de deslocamento e três de rotação num espaço tridimensional) e, portanto, podem ser impostos até seis movimentos ou restrições em cada nó.

Para além de deslocamentos impostos, podem ainda ser impostos carregamentos externos nos nós, em qualquer um dos seis graus de liberdade [43].

#### 2.5.4 Modelos de deformações e tensões

O método dos elementos finitos tem como saídas as reações e os deslocamentos nos nós [44]. Assim, com estas informações é possível efetuar o dimensionamento de componentes.

O dimensionamento de componentes consiste na verificação do cumprimento dos critérios de resistência e dos critérios de rigidez. Os critérios de resistência consistem na análise das tensões e é verificada a resistência à cedência (materiais dúcteis) ou à rotura (materiais frágeis), a resistência à fadiga e a resistência à instabilidade (encurvadura). Os critérios de rigidez consistem na análise das deformações, sendo verificadas as flechas e os ângulos de torção.

Estando um dado ponto crítico sob um estado de tensão triaxial, é necessária uma forma para relacionar as tensões principais com a tensão limite ( $\sigma_{lim}$ ) do material. Devem então ser transformadas para uma tensão uniaxial equivalente ( $\sigma_{eq}$ ), que permite comparar com a tensão limite do material. Para um material dúctil, podem ser utilizados os seguintes critérios de determinação da tensão equivalente:

- Critério da tensão tangencial máxima ou de Tresca – a cedência do material ocorre num dado ponto de uma peça quando o valor da tensão tangencial máxima instalada nesse ponto iguala a tensão tangencial máxima instalada num ponto do provete do ensaio de tração, no momento da cedência. Daí resulta que:

$$\sigma_{eq} = \sigma_1 - \sigma_3 \quad (1)$$

- Critério da energia de distorção ou de Von Mises - a cedência do material ocorre num dado ponto de uma peça quando o valor da energia específica de distorção instalada nesse ponto iguala a energia específica de distorção instalada num ponto do provete do ensaio de tração, no momento da cedência. Daí resulta que:

$$\sigma_{eq} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2} \quad (2)$$

Para materiais frágeis, a tensão equivalente pode ser determinada pelos critérios:

- Critério da tensão normal máxima - a rotura num dado ponto de uma peça ocorre quando a maior, em valor absoluto, das três tensões principais do estado de tensão nesse ponto iguala a tensão de rotura determinada no ensaio de tração

$$\sigma_{eq} = \text{Max}(|\sigma_1|; |\sigma_2|; |\sigma_3|) \quad (3)$$

Este critério tem como inconvenientes:

- Mesmo valor de tensão de rotura para a tração e compressão;
- Despreza os efeitos das tensões de corte no mecanismo de rotura.
- Critério de Mohr – para aplicação deste critério, é necessária a informação de três resultados experimentais:
  - 1- Ensaio de tração uniaxial ( $\sigma_{rot,T}$ );
  - 2- Ensaio de compressão uniaxial ( $\sigma_{rot,C}$ );
  - 3- Ensaio de corte puro (ensaio de torção) ( $\tau_{rot}$ ).

Este critério define então como condição limite de resistência, a curva envolvente aos três círculos definidos pelos valores destes três ensaios (Figura 17 a)). Assim, a representação do estado de tensão triaxial deve-se encontrar no interior da envolvente, verificando a condição limite de resistência (Figura 17 b)) [45].

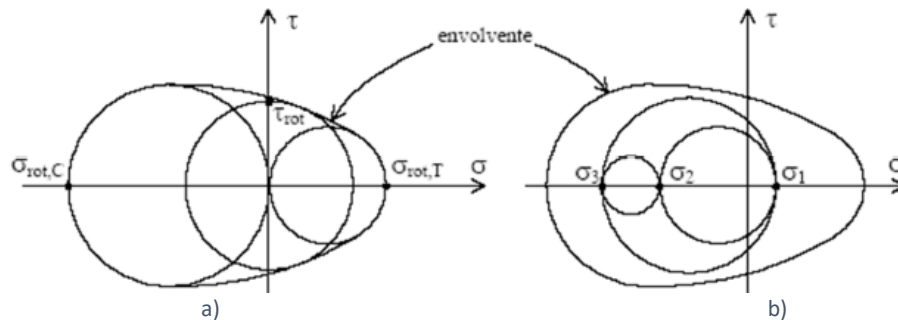


Figura 17: Representação do critério de Mohr (a) e aplicação para um estado de tensão (b) [45].

A verificação à resistência consiste então na comparação desta tensão equivalente com a tensão de cedência do material, sendo que a tensão de cedência deve ser superior à tensão equivalente.

Na verificação da rigidez, são geralmente fornecidas por normas as deformações limite para o componente, ou o projeto em si define os limites de deformação do componente.

Ao longo deste capítulo, foi realizada uma pesquisa sobre os métodos utilizados no desenvolvimento de produto, assim como conceitos ligados a esta temática, que devem servir de base ao longo do desenvolvimento. Foi também elaborada uma pesquisa pelo mercado sobre os porta-bebês e os sistemas de fixação que irão ser estudados no próximo capítulo. Esta pesquisa é útil, nomeadamente, para perceber as tipologias de produtos existentes, conhecer o consumidor e o papel do PBB no seu dia a dia, e assim facilitar a ideia base para o projeto. Nesta revisão, foi ainda estudada a norma referente a esta tipologia de produtos e os conceitos básicos de *design* para peças plásticas de injeção, com vista a proporcionar conhecimentos que permitam a modelação de um sistema de fixação com peças poliméricas. Por fim, foi realizada uma revisão ao método dos elementos finitos, que será importante no dimensionamento do sistema de fixação.



# CARATERIZAÇÃO DA EMPRESA, DO PROCESSO E DO PROBLEMA

3.1 Apresentação da empresa de acolhimento

3.2 Portefólio de produtos da empresa

3.3 Definição do produto

3.4 *Benchmarking*

3.5 Requisitos para um novo produto



## 3 CARATERIZAÇÃO DA EMPRESA E DO PROBLEMA

Neste capítulo será abordado todo o processo de pré desenvolvimento de um novo sistema de fixação para as cadeiras porta-bebé de bicicleta.

Inicialmente será contextualizado o projeto, através da apresentação da empresa onde foi desenvolvido este trabalho e da definição do produto em questão. Em seguida será apresentado um *benchmarking* ao mercado dos PBB, com especial foco no sistema de fixação para PBBT. No fim deste capítulo, será abordado o início do projeto, com a definição do produto a desenvolver e dos requisitos para o mesmo.

### 3.1 Apresentação da empresa de acolhimento

O Grupo Polisport surgiu da paixão do seu CEO, Pedro Araújo, pelo mundo das duas rodas, tendo sido fundado em 1978. As bicicletas e as motos de *off-road* foram desde sempre o foco do Grupo, que se dedica à conceção e produção de acessórios inovadores para veículos de duas rodas, combinando o desempenho com a segurança, a diferenciação e a diversão.

No Grupo Polisport, colaboram 365 pessoas distribuídas por oito empresas:

- Polisport Plásticos, S.A.
- Polinter Plásticos, S.A.
- Polisport Molds, Lda.
- Polisport Motorcycle
- Polipromotion, S.A.
- Headgy Helmets, S.A.
- Polistar (Brasil)
- Bobike

O Grupo detém as marcas:

- Polisport Off-road
- Polisport Bicicletas
- Headgy Helmets
- Bobike
- Polipromotion

Atualmente, 95% da produção é exportada, estando distribuída por mais de 70 países em todo o mundo.

No setor das motas de todo o terreno (off-road), a Polisport desenvolveu o seu negócio e marca tendo como base o seu *core business*, as peças plásticas de substituição para motas. Na área das

bicicletas, a Polisport é líder europeu na venda de cadeiras de criança de bicicleta, vendendo perto de meio milhão de unidades por ano. No entanto, no seu leque de produtos destacam-se ainda os capacetes, guarda-lama e *bidons*.

O estágio curricular decorreu na sede do Grupo, na Polisport Plásticos S.A. (Figura 18).



Figura 18: Instalações da Polisport Plásticos S.A..

Em 2019, a Polisport Plásticos, S.A. apresentou uma faturação de 31 milhões de euros, sendo cerca de 42% desse valor respeitante à área das bicicletas. Desta parte, 74% corresponde à venda de cerca de 462 mil cadeiras porta-bebé de bicicleta.

### 3.2 Portefólio de produtos da empresa

No mundo das bicicletas, a Polisport tem na sua gama de produtos PBB, capacetes, guarda-lamas, *bidons*, bicicletas de aprendizagem e acessórios de manutenção.

Quanto aos PBB, onde se centra esta dissertação, a Polisport oferece ao cliente dez modelos de cadeiras para bicicleta com fixação ao quadro no *seat tube*, ao *carrier* e à frente da bicicleta, na coluna de direção. A marca oferece ainda um modelo de cadeira de fixação ao *carrier* com maior capacidade de carga, destinado a crianças maiores.

No mundo das motos *off-road*, a Polisport dispõe na sua gama de produtos de: carenagens, faróis dianteiros, proteções de mão, *kits restyling*, proteções de corpo, guarda-lamas universais, cores e edições especiais, proteções de componentes e outros acessórios.

### 3.3 Definição do produto

Um PBB tem como função o transporte de crianças em viagens de bicicleta acompanhadas por um ciclista, que conduz e exerce a força motora para o movimento. De um modo geral, podem ser distinguidos três grupos de componentes nos PBB:

- a cadeira, que geralmente é uma peça plástica, que é onde a criança se senta e encosta;
- os sistemas de segurança e conforto, que promovem o posicionamento correto e seguro da criança; e o
- sistema de fixação, que liga a cadeira à bicicleta e suporta todo o produto.

A cadeira é normalmente uma peça plástica com uma ergonomia e dimensões que promovem a segurança e conforto da criança.

Para além da bicicleta ser um meio de transporte de equilíbrio, que a torna desde logo vulnerável, o transporte de uma criança eleva ainda mais o nível de atenção exigido ao produto em termos de segurança. Portanto, a segurança é o principal fator a ter em conta quando se aborda este produto. Existem então vários aspetos a ter em conta no *design* de um PBB, para que a criança esteja em segurança durante o transporte, uma vez que podem existir quedas ou contacto com mecanismos em movimento. Assim, deve haver uma conjugação entre os sistemas de conforto e segurança, dado que se pretende que a criança esteja em segurança e se sinta confortável. Dos sistemas de conforto e segurança fazem parte:

- os cintos, que imobilizam as crianças numa posição segura, permitindo também uma condução em segurança;
- os pousa-pés e os guarda-pés, que suportam as pernas das crianças e imobilizam os pés das crianças, para que não entrem em contato inadvertido com a roda da bicicleta;
- as proteções laterais, para que, em caso de queda, o contacto não seja direto com a criança, e para que a criança fique imobilizada lateralmente na viagem;
- o encosto de cabeça que, para além de promover alguma segurança, promove o conforto e a ergonomia;
- os estofos, que promovem a comodidade da criança.

Para efetuar a ligação entre a cadeira e a bicicleta, são usados diferentes sistemas de fixação, consoante o modelo da bicicleta e da cadeira. Os sistemas de fixação mais usados atualmente, podem ser divididos em:

- fixação ao *carrier* (*CFS – Carrier Frame System*) (para PBB de trás);
- fixação ao quadro da bicicleta (*FF – For Frame*), no *seat tube* (para PBB da frente e de trás);
- fixação à coluna de direção (para PBB da frente).

Para a fixação ao *carrier*, a cadeira deve possuir uma base com maxilas que permitam o aperto, e assim aprisionem a cadeira à estrutura do *carrier* (Figura 19).



Figura 19: Exemplo PBB com fixação ao *carrier*.

Para a fixação à coluna de direção (*Head Tube*), o sistema de fixação é composto por uma abraçadeira, que é fixada ao tubo da direção por um varão que liga a abraçadeira à cadeira, e por uma peça que fixe o varão à cadeira (Figura 20).



Figura 20: Exemplo de PBB com fixação à coluna de direção.

Para a fixação ao quadro da bicicleta, nomeadamente, ao *seat tube*, o sistema de fixação é semelhante ao de fixação à coluna de direção. Este sistema é então composto por uma abraçadeira que está fixa ao tubo do quadro, e onde é inserido o varão que faz a ligação à cadeira. Assim como no sistema referido acima, existe uma peça que fixa o varão à cadeira (Figura 21).



Figura 21: Exemplo de PBB com fixação ao seat tube.

Na Figura 22 é apresentada a árvore de produto para o PBB, na qual estão dispostos os três conjuntos principais do PBB e a sua constituição, como descrito acima.

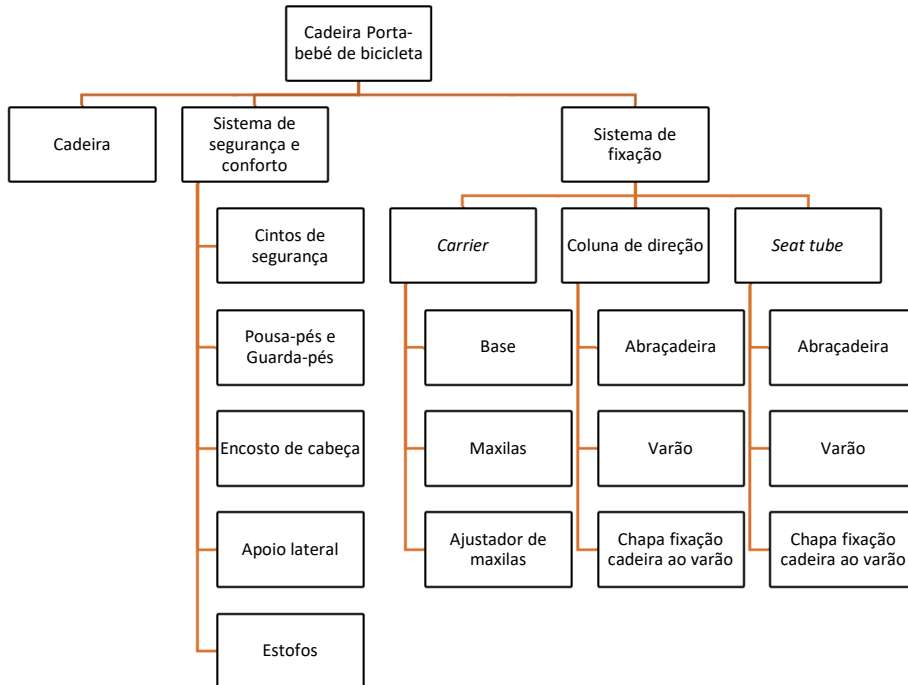


Figura 22: Árvore do produto PBB.

### 3.4 Benchmarking

Dada a dimensão de mercado para este segmento de produto, existem diversas marcas que apresentam os PBB na sua gama de produtos. Como foi apresentado em 3.3, existem várias soluções para a fixação dos PBB à bicicleta, como apresentado anteriormente. De entre os três sistemas mais comuns de fixação (CFS, FF e *Head tube*) o sistema FF, na qual se foca esta dissertação e o *Head tube*, promovem a fixação por aperto a um tubo de geometria arredondada. Estes sistemas, apesar de apresentarem diferentes dimensões devido à sua

aplicação, possuem o mesmo mecanismo de funcionamento, pelo que se tornam de relevo para esta análise de mercado.

A Polisport tem uma forte presença no mercado, sendo líder europeu de vendas de PBB. Esta marca oferece ao cliente PBB traseiros de fixação ao *seat tube*, com os sistemas de fixação das

Figura 23 e Figura 24. Este sistema de fixação apresentado pela Polisport consiste num varão que liga a cadeira a um bloco, que por sua vez faz a ligação ao quadro da bicicleta. Os sistemas das

Figura 23 e Figura 24 partilham o mesmo varão, diferindo apenas no bloco de fixação ao quadro. Estes blocos, também denominados por abraçadeiras, aprisionam-se ao *seat tube*, pelo esmagamento de uma chapa metálica traseira em direção ao bloco plástico frontal. Este esmagamento ocorre por aperto de quatro parafusos, sendo que na abraçadeira da

Figura 23 são apertados pela parte de trás, na zona da roda, onde há menor espaço e proporciona maior dificuldade e demora na montagem. Já na abraçadeira da Figura 24, o aperto é efetuado pela frente, não havendo problemas de falta de espaço para efetuar o aperto com a devida ferramenta. Ambas as abraçadeiras permitem o desencaixe rápido do varão. Na abraçadeira mais antiga da Polisport (Figura 24), é necessário pressionar um botão para que o varão possa ser removido da abraçadeira. Já na abraçadeira mais recente da Polisport (

Figura 23), a tampa funciona como botão, a qual deve ser pressionada para o varão ficar livre e poder ser removido. Esta abraçadeira mais recente possui ainda dois pinos sinalizadores verdes na zona inferior, que indicam, quando estão visíveis, se a montagem do varão está bem efetuada. Estes sistemas são compatíveis com tubos redondos e ovais com diâmetro entre 28 mm e 40 mm.



Figura 23: Sistema de fixação mais recente da Polisport [46].



Figura 24: Sistema de fixação mais antigo Polisport [46].

A marca Hamax produziu o seu primeiro PBB em 1981 e anuncia-se como líder de mercado na península da Escandinávia. É uma das mais importantes e conhecidas marcas Europeias. Para fixação dos seus PBB FF, a Hamax apresenta um sistema de fixação de varão com abraçadeira ligado ao *seat tube*. Na Figura 25 encontra-se a abraçadeira fornecida pela Hamax nos PBB FF.



Figura 25: Abraçadeira para sistema FF da Hamax [47].

Esta abraçadeira é compatível com tubos redondos com diâmetro entre 28 mm e 40 mm. A montagem não permite passagem de cabos no interior, pelo que pode ser incompatível com bicicletas que tenham passagem de cabos no *seat tube*. Esta abraçadeira possui ainda dois pinos sinalizadores verdes que indicam a correta montagem do varão na abraçadeira, e possui também um sistema de chaves para bloqueio antirroubo.

A marca Bellelli apresenta para a fixação ao *head tube* a abraçadeira da Figura 26 a) e para fixação FF a abraçadeira da Figura 26 b) com funcionamentos semelhantes. O modelo Handlefix é compatível com secções circulares com diâmetros desde 21 mm a 34 mm. O aperto é efetuado por aperto de elementos roscados. O bloqueio/desbloqueio do varão é feito pelo acionar de um

botão. O modelo Multifix é compatível com tubos de secção circular e abrange diâmetros desde 25 mm a 36 mm e de 38 mm a 46 mm. Para instalação desta abraçadeira é necessária uma altura de tubo entre 38 e 60 mm.



Figura 26: Abraçadeira Bellelli Handlefix (a) e Abraçadeira Bellelli Multifix (b) [48].

Esta marca tem ainda na sua gama a abraçadeira Bellelli B-Fix da Figura 27, que se destaca pelo seu sistema de ancoragem, que permite montagem no *head tube* e no *seat tube*.



Figura 27: Abraçadeira Bellelli B-Fix [48].

Outra característica presente nesta abraçadeira é o trancamento do mecanismo de desencaixe do varão. Este trancamento é efetuado por uma chave universal que impede o funcionamento do botão de desbloqueio do varão, como ilustrado na Figura 28.

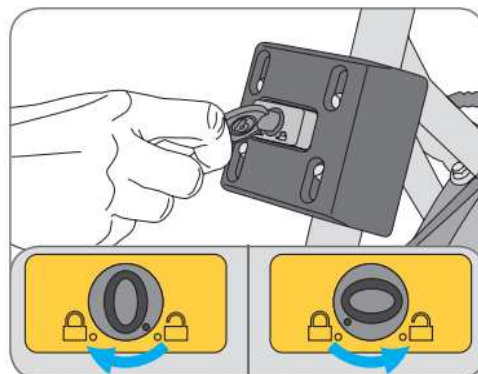


Figura 28: Funcionamento do trancamento da abraçadeira Bellelli B-Fix [48].

A Ok Baby oferece uma abraçadeira (Figura 29 a)) para PBB da frente, de fixação ao *top tube*, que permite regular a inclinação da cadeira. Este sistema está concebido para ser compatível com diâmetros de tubos entre os 28 mm e 45 mm. Para fixação ao *seat tube*, esta marca dispõe de uma outra abraçadeira, ilustrada na Figura 29 b), em que é necessário colocar um código para desmontar a abraçadeira ou o varão. Esta abraçadeira possui o aperto entre os dois corpos por parafusos, fixando o *seat tube* entre eles. Já este sistema tem um alcance de diâmetros entre 28 mm e 40 mm.



Figura 29: Abraçadeiras OkBaby para PBB da frente (a) e de trás (b) [49].

A marca Bobike produz cadeiras desde 1978. As suas cadeiras destacam-se pelo seu *design* holandês e pela sua segurança, uma vez que são compostas por parede dupla. Para fixação ao quadro da bicicleta, esta marca usa nas suas cadeiras traseiras um sistema constituído por um varão, uma abraçadeira e uma base (Figura 30). O varão faz a conexão entre a abraçadeira e a base, que por sua vez liga à cadeira. A abraçadeira, constituída por dois corpos, fixa o *seat tube* entre eles pelo aperto de quatro parafusos que fazem aproximar as duas partes. Esta abraçadeira contém a funcionalidade de desencaixe rápido do varão pelo acionamento de um botão. Os corpos da abraçadeira são formados por peças plásticas com ferragens no seu interior, que lhe fornecem a resistência.



Figura 30: Sistema de fixação Bobike [50].

A Britax Römer é uma marca com influência britânica e alemã, que desenvolveu a sua primeira cadeira de criança para automóvel em 1966 e, atualmente, inclui também na sua gama de produtos os PBB para bicicleta. Em relação ao sistema mais comum para fixação da cadeira ao *seat tube*, esta apresenta uma abraçadeira (Figura 31) com uma montagem diferente das apresentadas. A montagem desta abraçadeira é feita pelo movimento de duas partes articuladas por um eixo, formando um sistema tipo dobradiça. O aperto é realizado por dois parafusos na extremidade oposta à do eixo. Esta abraçadeira é compatível com tubos redondos com diâmetro entre 28 mm e 40 mm com recurso a vários casquilhos, devendo o utilizador montar o que corresponde à dimensão do *seat tube* da sua bicicleta.



Figura 31: Abraçadeira para PBB de trás da Britax Römer [51].

A Thule apresenta no mercado vários modelos de PBB de gama alta. Esta marca utiliza nas suas cadeiras de trás dois tipos de sistema de fixação ao *seat tube*. Nas cadeiras Yepp, a marca apresenta o sistema da Figura 32, em que a ligação da cadeira à bicicleta é efetuada por dois perfis ocós e o aperto é efetuado por quatro parafusos que, ao aproximar uma chapa do resto do sistema, aprisiona o *seat tube*. Este sistema de fixação diferencia-se dos restantes, uma vez que a estrutura que se fixa ao *seat tube*, é a mesma que se liga à cadeira, sendo o mecanismo

para libertação da cadeira, junto da mesma. Acrescenta-se ainda como vantagem deste sistema, a possibilidade de passagem de cabos no *seat tube*.



Figura 32: Sistema de fixação Thule Yepp [52].

A Thule oferece ainda outro PBB com o sistema comum de varão e abraçadeira. A abraçadeira da Thule, representada na Figura 33, à semelhança do que as outras marcas apresentam, funciona pelo aperto de quatro parafusos, juntando o corpo da frente da abraçadeira ao corpo de trás e aprisionando o *seat tube* no interior. Para desencaixe do varão, é utilizada uma alavanca na zona inferior. Este bloco destaca-se por apresentar um bloqueio de chave não universal da alavanca de desencaixe dos varões, proporcionando maior segurança ao utilizador no que respeita ao roubo do PBB.



Figura 33: Bloco de fixação Thule [52].

A Urban Iki é uma marca com mais de 80 anos e com forte influência holandesa, onde está sediada. Esta marca coloca no mercado, para fixação ao quadro da bicicleta o PBB da Figura 34. Este sistema, tem um funcionamento semelhante ao das outras marcas. Assim, este sistema de fixação é constituído por um varão que liga a cadeira ao bloco de fixação. Este bloco fixa-se ao *seat tube* através do seu aprisionamento por aproximação de duas partes, com recurso a quatro parafusos. Este bloco permite o desencaixe rápido do varão pelo acionamento da tampa. O ponto forte deste PBB é o *design*.



Figura 34: Sistema de fixação Urban Iki [53].

### 3.5 Requisitos para um novo produto

Na base do desenvolvimento de produto estão as necessidades de mercado. A identificação das necessidades para este projeto foi realizada pelo Departamento Comercial e *Marketing*, que junto com os distribuidores e clientes finais procurou saber o *feedback* sobre os produtos vendidos, avaliando as principais dificuldades, os pontos menos bons dos produtos atualmente vendidos e as tendências do mercado.

A informação obtida pelo Departamento Comercial e *Marketing* delineou uma ideia de produto que foi apresentada à equipa de projeto num *briefing*. A equipa de projeto, conforme a tipologia de projeto é formada por elementos dos Departamentos de Comercial e *Marketing*, Compras, Inovação, Engenharia, Logística e Qualidade.

#### 3.5.1 Briefing

No *briefing*, foi então apresentada, com base na informação recolhida, a ideia de uma abraçadeira de aperto rápido. Uma vez que o processo de montagem ou desmontagem das abraçadeiras atuais demora bastante tempo, leva a que o cliente final realize este processo poucas vezes, ou até apenas no momento de compra. Isto faz com que o cliente leve sempre a abraçadeira na bicicleta, estando ou não a levar o PBB. Para além de acrescentar peso à bicicleta, torna-a menos apelativa visualmente e pode causar ainda, algum transtorno mediante a prática que o utilizador lhe dê, devido ao volume e à geometria que pode acumular sujidade, principalmente numa prática *off-road*. Outra vantagem para o cliente, seria na facilidade de montar o produto em várias bicicletas frequentemente. Esta necessidade surge dos clientes que têm várias bicicletas, por exemplo, os pais que transportam os filhos em dias alternados, tendo o pai e mãe cada um a sua bicicleta. Até ao momento, para solucionar este problema, sem perder grande tempo na montagem e desmontagem do produto, o cliente compra uma abraçadeira para cada bicicleta, tornando rápido o processo de troca da cadeira para outra bicicleta, uma vez que o varão desmonta facilmente.

Deste modo, assim como nas cadeiras com varão de montagem rápida, em que o utilizador desmonta a cadeira com o varão quando não vai usar, se o utilizador também tivesse a opção

de uma abraçadeira de montagem/desmontagem rápida, também a iria remover da bicicleta quando não fosse necessário.

Como fatores de força para o desenvolvimento deste produto, surge ainda o *feeling* comercial de preferência do cliente por sistemas de montagem rápida, e o fator inovador que este produto poderá ter associado, por ser um conceito diferente dos que estão presentes no mercado.

No *briefing* definiu-se que este novo sistema de fixação seria para uma aplicação FF (*for frame* – ao quadro) e para cadeiras Maxi (crianças até 22 kg). Assim como nas abraçadeiras atuais, esta nova deveria ser compatível com tubos do quadro da bicicleta (*seat tube*), com um perfil redondo ou oval, e com um diâmetro compreendido entre 28 e 40 mm. Surge ainda como requisito neste tema, a compatibilidade deste sistema com as novas geometrias de *seat tube* presentes no mercado, tornando o sistema universal.

Por forma a cumprir a legislação e segurança, a abraçadeira deverá possuir um bloqueio com uma chave especial, para não permitir o roubo, que será igual em todos os produtos. Para a remoção do bloco, deverá ser necessário efetuar dois movimentos, assim como para a remoção do varão. A abraçadeira deverá incorporar sinalizadores que permitam saber se o varão está bem montado.

Quanto ao aspeto do produto, a utilização de uma cor neutra seria preferível, embora dependa do *design*. Do mesmo modo a textura do corpo depende do *design* que for desenvolvido.

Esta nova abraçadeira será comercializada na Europa e, para tal, deverá estar de acordo com a norma EN 14344:2004 [32]. Pretende-se obter o produto final em 2022 e um período de amortização de cinco anos.

Por forma a avaliar a competitividade e as possibilidades internas e externas de obter sucesso no projeto, foi apresentada a respetiva análise SWOT na Tabela 6.

Tabela 6: Análise SWOT do projeto e produto a desenvolver.

<b>Forças</b>	<b>Fraquezas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Design</i> Interno</li> <li>• <i>Know-How</i> existente na área</li> <li>• Possibilidade de testes internos à medida que se for desenvolvendo as peças</li> <li>• Departamento de Marketing fará uma promoção cuidada do novo sistema de fixação</li> <li>• Compatibilidade do sistema com vários quadros de bicicleta.</li> <li>• Montagem simples e rápida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necessário muito tempo para o desenvolvimento deste projeto</li> <li>• Objetivo de baixo custo do produto</li> <li>• Incompatibilidade do novo sistema de fixação com varões ou outros componentes, que não permitam a sua aplicação nas atuais cadeiras da gama Polisport</li> </ul>

Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parceria com universidades</li> <li>• Novo posicionamento da marca Polisport com este produto</li> <li>• Possibilidade de a abraçadeira ser facilmente removível com o PBB para não ser roubada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tendência para novos perfis do <i>seat tube</i> nos quadros de bicicleta</li> <li>• Distribuição do artigo como <i>spare part</i></li> <li>• Não desenvolver um sistema de fixação mini (aplicação na frente) semelhante</li> <li>• Clientes não quererem o novo sistema de fixação por causa de um preço superior</li> </ul>

### 3.5.2 Entradas e Requisitos

Após o *briefing* onde o conceito é apresentado à equipa de trabalho, foi aberto o período para especificar os requisitos necessários a tomar como base de trabalho para o desenvolvimento do novo produto, para além dos requeridos já no *briefing*.

Assim, para o projeto do sistema de fixação, neste período, os elementos da equipa foram dando os seus *inputs* (entradas). No final, fez-se uma reunião com a equipa de projeto, para fechar todos os pontos e questões levantadas, encontrando-se compilada na Tabela 7 a síntese dos requisitos para o projeto e para o produto.

Tabela 7: Entradas e requisitos para o projeto em desenvolvimento.

Tipo de Requisito	Requisitos
	REACH - cumprir em termos, nº 1907/2006 (REACH), EN 71-3 e o AfPS GS 2014:01 PAK.
	Resistir a 75 000 ciclos no ensaio interno na máquina Velotech e 200 000 ciclos no ensaio dinâmico lateral, antes da primeira produção.
Legais/ Normativos	A norma EN 14344:2004 [32] deve ser cumprida e devem ser tidas em atenção as alterações recentes da norma.
	Deve ser feito o registo de <i>design</i> , pelo menos na Europa, e deve-se ter em atenção os registos de <i>design</i> /patentes já existentes.
	O produto deve também obter GS Mark.
	As peças metálicas devem ser testadas ao nevoeiro salino antes da pré-série.
Externos/ Cliente	Sistema de fixação deverá manter as funcionalidades após 100 ciclos de montagem/desmontagem.
	Resistir a descidas de passeios de 20 cm a baixa velocidade (10 km/h).

	Montagem/desmontagem rápida, fácil, simples.
	Ajustável para perfis de <i>seat tube</i> redondos e ovais com diâmetros entre os 28 e 40 mm.
	Sem necessidade de ferramenta para montagem/desmontagem.
	Tempo de montagem do produto na bicicleta de dez segundos.
	Acautelar desencaixe do varão com torção do PBB, no caso de ser desmontável.
	Na geometria do varão, quanto mais dobragem mais frágil e, no caso de optar por perfis ocós com geometria quadrada ou redonda, não há histórico.
	Deve existir um sinal visual ou sonoro, que indique que a abraçadeira está bem colocada e funcional.
	Sistema anti-roubo como opcional – uma vez que sistema de fixação será de fácil desmontagem, tem alguma importância a prevenção do roubo, por exemplo, com um mecanismo de chave universal de trancamento.
Internos	Sistema de fixação compatível com bicicletas elétricas Batavus, Sparta, Gazelle, Btwin.
	Não danificar o quadro da Bicicleta.
	Não usar parafusos de classe superior a 8.8 com acabamentos eletrolíticos (zincados).
	Preferir utilização de materiais já utilizados nos sistemas atuais (Abraçadeira atual - Poliamida reforçada com fibra de vidro).
	Compatível com todos os PBB Polisport (excepto wallaby).
	<i>Design</i> enquadrado com gama Polisport.
	Prever <i>gabarits</i> de controlo de peça plástica (nomeadamente corpo e encaixe no varão) e <i>gabarit</i> de montagem.
	Corantes específicos por tipo de polímero.
	Avaliar patenteabilidade da solução.
	Marcação de peça segurança - produtos críticos de segurança devem ser adjudicados e qualificados para tal (seja injeção ou montagem).
Embalamento	Manuais e ferragens devem ir apenas num único saco.
	Embalamento deve ser otimizado.

---

Incluir um QR Code que mostre a funcionalidade/teste laboratórios/aplicação do produto.

---

Se for vendido como *spare part*, embalagem deve indicar modelos de PBB compatíveis.

---

Na cadeira, a abraçadeira não deve ser presa com *zip ties*, sendo assim desnecessário qualquer utensílio de corte. O ideal seria a abraçadeira vir já enquadrada/ presa na cadeira.

---

Encerrada a fase de entradas e requisitos para o projeto e para o produto com a reunião para discussão dos vários aspetos a ter em conta ao longo do projeto, prosseguiu-se para a próxima fase de desenvolvimento.

# DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

4.1 Definição da estratégia

4.2 *Brainstorming*

4.3 Análise de conceitos

4.4 Seleção de conceitos

4.5 Sequência de desenvolvimento do conceito

4.6 Estudo de viabilidade preliminar

4.7 Desenvolvimento de *design* e engenharia



## 4 DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

Listados todos os requisitos para o novo sistema de fixação, passou-se à fase de projeto e desenvolvimento do produto. Esta fase começou pelo planeamento do projeto, definindo tempos e objetivos para cada etapa. O desenvolvimento do produto surge em seguida, com uma primeira fase de exploração de conceitos e de *brainstorming*. Por ser um produto com requisitos fora do comum, esta foi uma importante fase, em que se pretendia chegar a um ou mais conceitos o mais fortes e inovadores possível, para que o projeto fosse viável. Estes conceitos foram filtrados e trabalhados, para prosseguir para o *design* e dimensionamento.

### 4.1 Definição da estratégia

O desenvolvimento de produto refere-se, geralmente, a todas as etapas envolvidas na criação do produto, desde o conceito ou ideia, até ao lançamento no mercado e mais além [54]. Deste modo, torna-se relevante planear as etapas do desenvolvimento de produto, por forma a reduzir o total de custos e do *time to market*. O ambiente competitivo do mercado eleva a importância deste planeamento, sendo de enorme importância a adoção de uma estratégia eficaz. Perceber o tempo e recursos necessários em cada etapa do desenvolvimento está diretamente relacionado com a rentabilidade de uma empresa que queira ser competitiva.

Assim, neste sentido, foi definida uma estratégia para o desenvolvimento do novo sistema de fixação para cadeiras porta-bebés de bicicleta, na fase de arranque do projeto. Com base na literatura estudada em 2.1.1, foi decidido seguir a estratégia de desenvolvimento descrita no artigo de Carvalho, Fernandes, Borges e Ribeiro [11], que sintetizava as metodologias elaboradas por Kaminski [12] e Sousa [13]. As metodologias descritas por David L. Rainey [10] e Ashurst, Hargitt, e Palmer [9] apresentavam semelhanças às de Kaminski e Sousa, o que fortalece a escolha desta estratégia.

O processo de desenvolvimento de produto inicia-se, então, pelo estudo de mercado e da necessidade do mesmo, como já foi apresentado no capítulo anterior. Com este estudo, pretendeu-se encontrar a ideia base para o novo sistema, tendo sido explorado o mercado, por forma a entender os sistemas atuais e enquadrar as necessidades do cliente.

Recolhida a ideia base da etapa anterior, passou-se à próxima etapa, nomeada por “Ideia e função do produto” por Carvalho *et al.* [11]. Esta etapa foi concretizada com um *briefing*, como exemplifica Ashurst *et al.* [9] no seu livro de desenvolvimento de sumos de fruta. Esta etapa,

descrita em 3.5.1, consistiu na apresentação da ideia base e principais requisitos à equipa de projeto.

Seguindo a metodologia, passou-se à etapa de definição de características do produto, onde toda a equipa, com a experiência de outros produtos desenvolvidos, definiu novos requisitos inerentes ao produto, e ao seu projeto e produção. Todas as informações foram listadas, como apresentado em 3.5.2. Esta fase do desenvolvimento de produto destaca-se pela integração, uma das características referidas por Persson [7] no seu artigo.

A fase que se seguiu, e se encontra apresentada neste capítulo, está relacionada com o projeto de produto. Kaminski [12] e Sousa [13] referem que é nesta etapa onde se desenvolve o produto, tendo por base os requisitos previamente especificados. Articulando a bibliografia estudada, este é o período em que as características enumeradas por Persson [7] mais se enquadraram. Uma das características referidas pelo autor, a inovação, teve elevada importância neste passo, por se pretender uma solução inexistente no mercado que atendesse às necessidades do cliente. Como forma de potenciar esta característica do DP e obter melhores resultados, foi utilizada a técnica de *brainstorming*, descrita em 4.2.. Com a sua larga experiência em DP, Persson descreve também, a iteração, como uma das principais características, destacando o processo análise-síntese-ação agilizado pelas ferramentas informáticas em substituição do lento processo de tentativa-erro. Alinhado com isto, encontra-se descrito no capítulo 5, o processo iterativo efetuado com a ajuda das ferramentas informáticas, permitindo acelerar o design e o dimensionamento mecânico do produto. A última das três características definidas pelo autor, a integração, esteve sempre envolvida ao longo desta etapa, através da intervenção de toda a equipa no *brainstorming*, na análise e seleção de ideias, na articulação *design*-engenharia, e através dos conceitos de *Design for X* estudados no capítulo 2.1.2 e no 2.1.3, permitindo a conjugação de conhecimento de diversas áreas no desenvolvimento do novo produto.

As etapas de produção e utilização do produto, decorreriam de forma subsequente às anteriores, não tendo ocorrido no decorrer da realização desta dissertação.

Para auxiliar a gestão das tarefas inerentes a cada etapa, foi elaborado um plano temporal em *Microsoft Project*, com todas as atividades e a respetiva duração, apresentado na Figura 35. A calendarização completa encontra-se no Anexo 8.1.

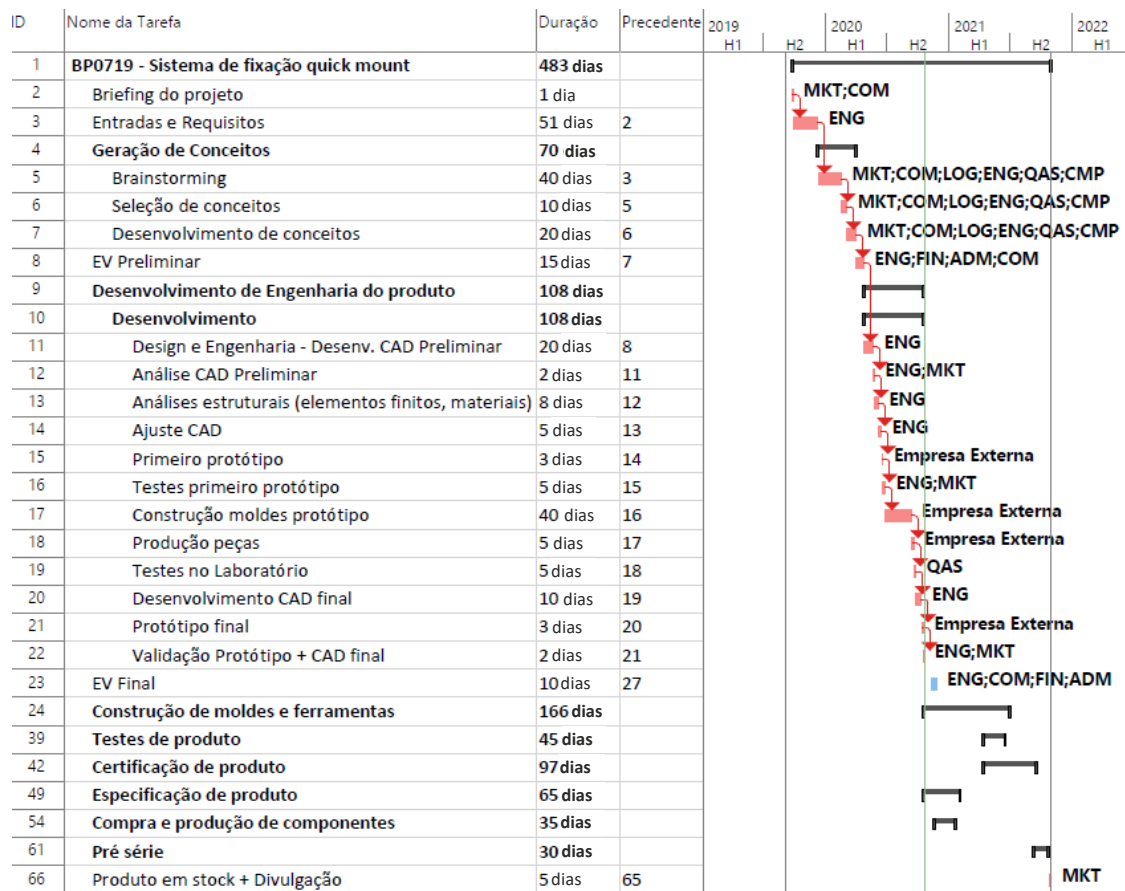


Figura 35: Calendarização das atividades do projeto.

### 4.2 Brainstorming

O *brainstorming* é uma técnica desenvolvida para explorar a criatividade de uma ou várias pessoas, por forma a atingir um dado objetivo. Esta técnica requer um ambiente livre e aberto para proporcionar que todos os participantes possam interagir. Todas as ideias são aceites, e são contruídas soluções através delas [55].

O *brainstorming* realizado pode então ser dividido em três etapas. Numa primeira foram determinados os problemas e as suas causas. Numa segunda etapa foram geradas ideias, e na terceira foi encontrada a solução.

Deste modo, foi elaborado o diagrama de causa-efeito da Figura 36, por forma a tornar claras, para toda a equipa, as causas que suscitavam o desenvolvimento de um novo sistema de fixação.

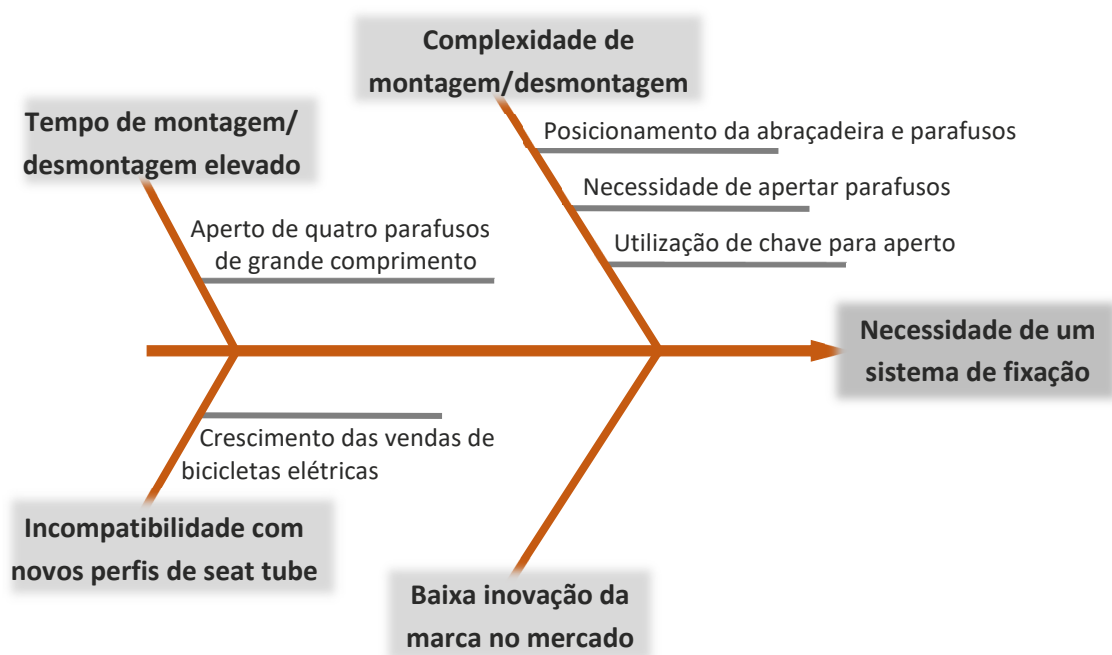


Figura 36: Diagrama causa-efeito do sistema de fixação.

A maior limitação dos sistemas atuais, e a principal limitação a colmatar, encontrava-se no processo de montagem/desmontagem. O tempo necessário para efetuar este processo e a complexidade do mesmo, levava aos utilizadores à procura de outras soluções. No caso do processo de primeira montagem do sistema de fixação, após o ato de compra do PBB, os utilizadores preferiam pedir aos comerciantes que montassem o produto na bicicleta. No caso das montagens/desmontagens do sistema, no restante período de utilização do produto, os utilizadores preferiam manter sempre a abraçadeira na bicicleta, e apenas retiravam a cadeira com o varão. No caso de quererem usar o mesmo PBB em bicicletas alternadas, os utilizadores adquiriam uma nova abraçadeira como *spare part* e colocavam na bicicleta alternativa, necessitando apenas de desmontar o varão com a cadeira, que é um processo rápido. No caso de pretenderem desmontar a abraçadeira da bicicleta, por exemplo para uma prática *off-road*, os utilizadores simplesmente não a desmontavam, pelo transtorno que envolve. De facto, os utilizadores necessitam de montar e desmontar o PBB completo da bicicleta, mas estes problemas na abraçadeira desagradam ao cliente, que procura por si uma solução alternativa.

A sustentar a necessidade de um novo sistema de fixação, surge ainda o problema de compatibilidade das abraçadeiras atuais com os novos perfis tubulares do *seat tube*. As abraçadeiras atuais são apenas compatíveis com perfis redondos e ovais, tendo estes novos perfis formas mais próximas do quadrangular ou trapezoidal.

Não menos importante, o fator inovação está na raiz do desenvolvimento do sistema de fixação, pois permite introduzir a marca noutra nível de mercado e apresentar produtos com maior valor para o cliente.

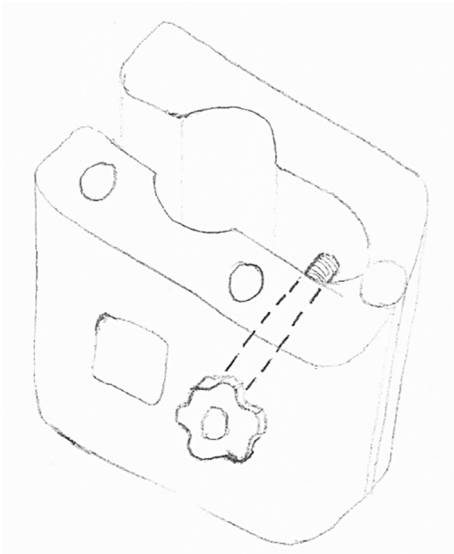
Definidas as causas que fazem surgir a necessidade de um novo sistema de fixação, passou-se à etapa de geração de ideias, onde foram abertos os horizontes e colocados em cima da mesa todos os conceitos imaginados por cada elemento da equipa.

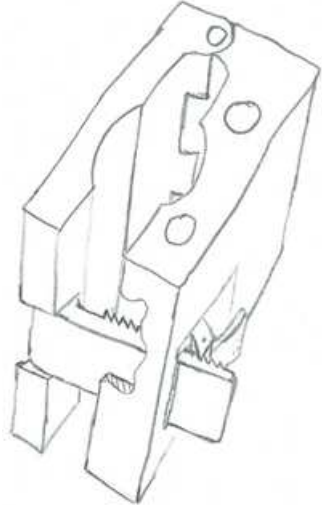
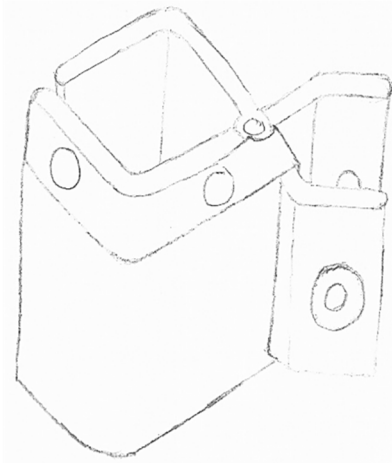
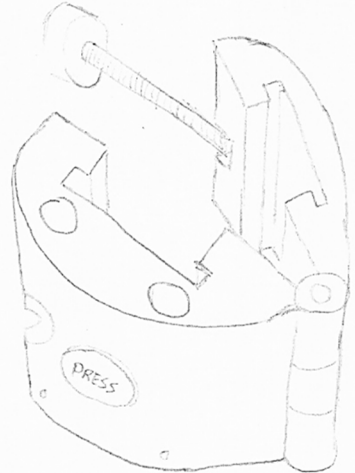
Para a resolução destes problemas foram equacionados dois segmentos de conceitos. No primeiro segmento seria apenas permitido alterar a abraçadeira (Caso 1), e num segundo segmento de ideias nada seria restrito (Caso 2). Deste modo, seria possível aumentar as probabilidades de surgir um conceito inovador.

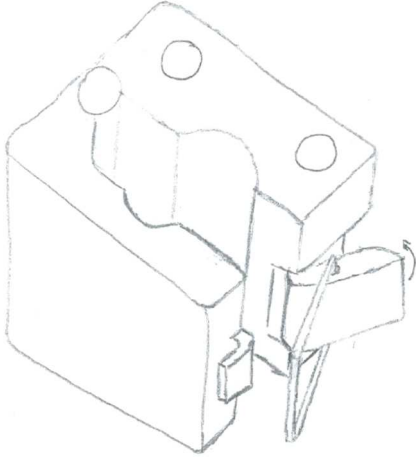
Com a primeira condição, foi possível obter conceitos menos robustos, que iriam permitir um investimento menor à primeira vista, uma vez que o varão e a cadeira permaneceriam inalteráveis. Assim, nesta segmentação de ideias, apenas poderia ser melhorado o tempo e complexidade da montagem/desmontagem da abraçadeira, continuando a montagem/desmontagem completa do PBB na bicicleta a ser efetuada em duas fases, por exemplo, primeiramente era desmontado o varão com a cadeira, e depois a abraçadeira.

Na Tabela 8 encontram-se os conceitos gerados e a respetiva explicação de funcionamento.

Tabela 8: Conceitos gerados para uma abraçadeira nova (Caso 1)

Esboço	Descrição
<p data-bbox="240 1375 272 1402">1A</p> 	<p data-bbox="879 1160 1358 1615">Os dois corpos da abraçadeira são articulados numa extremidade, por um sistema tipo dobradiça, permitindo o movimento de abertura e fecho. O aperto é realizado pelo rodar de um manípulo ligado a um elemento roscado, provocando o afastamento ou aproximação das duas partes, fixando-se ao <i>seat tube</i>. O bloqueio do varão é efetuado pelo sistema normal de botão, que aciona o mecanismo no entalhe do varão.</p>

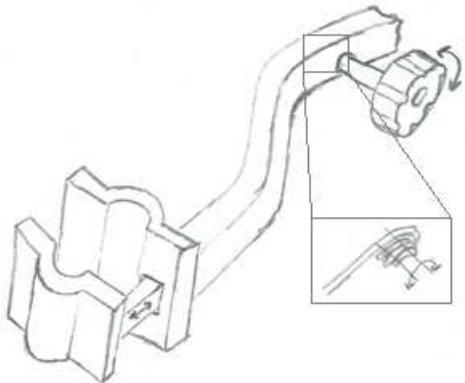
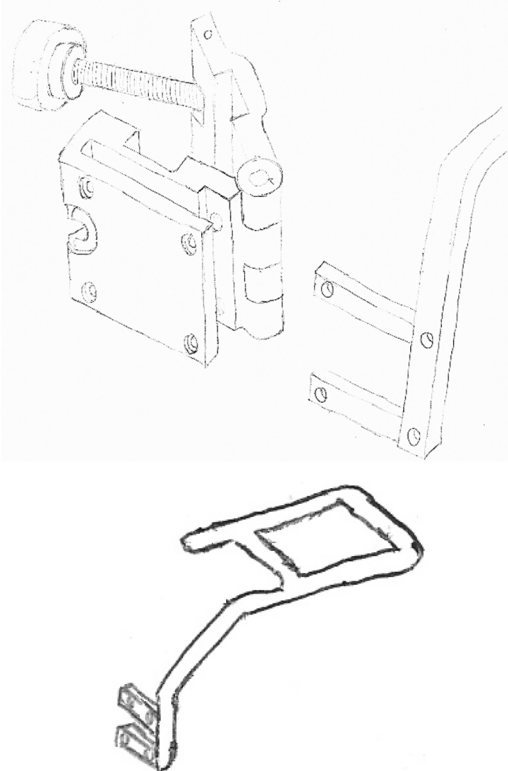
Esboço	Descrição
<p data-bbox="229 562 272 591"><b>1B</b></p> 	<p data-bbox="863 322 1359 842">As duas partes estão articuladas na extremidade, por um sistema tipo dobradiça, para permitir a abertura e fecho. O aperto entre os corpos ao <i>seat tube</i>, é conseguido pelo sistema micrométrico. Este sistema consiste num elemento com vários entalhes, e pelo entalamento do mecanismo no outro corpo, que puxa o elemento e crava-se nos entalhes do mesmo. O bloqueio do varão é efetuado pelo sistema normal de botão, que aciona o mecanismo no entalhe do varão.</p>
<p data-bbox="229 1077 272 1106"><b>1C</b></p> 	<p data-bbox="863 853 1359 1339">Este conceito, com aspeto de mola da roupa, tem uma articulação entre as partes e o aperto é feito pelo lado de fora da zona principal, onde se encontrará o <i>seat tube</i>. Com o acionamento do elemento roscado, é provocado o afastamento das partes naquela zona e a aproximação na zona do <i>seat tube</i>.</p> <p data-bbox="863 1211 1359 1339">O bloqueio do varão é efetuado pelo sistema normal de botão, que aciona o mecanismo no entalhe do varão.</p>
<p data-bbox="229 1574 272 1603"><b>1D</b></p> 	<p data-bbox="863 1350 1359 1841">Assim como no conceito 1A, as duas partes da abraçadeira estão articuladas numa extremidade. O movimento de fecho ou abertura é efetuado manualmente, na outra extremidade, e o aperto é conseguido pela rotação de um manípulo roscado no interior, ligado a um eixo roscado.</p> <p data-bbox="863 1671 1359 1841">O varão, que liga a abraçadeira à cadeira, encaixa nos dois orifícios na parte da frente e é bloqueado pelo sistema de botão, já utilizado nas abraçadeiras atuais.</p>

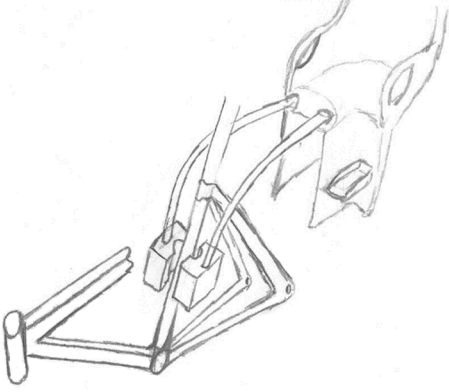
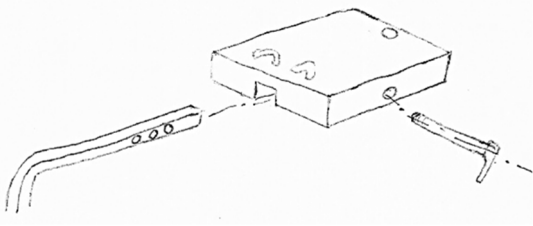
Esboço	Descrição
<p data-bbox="240 613 272 640">1E</p> 	<p data-bbox="874 327 1356 786">Neste esboço, está representado outro conceito para o aperto da abraçadeira. Assim como nas anteriores, os dois corpos estão articulados numa extremidade e o aperto efetua-se na outra. Este sistema diferencia-se, pela aparente simplicidade do mecanismo, que também é usado em malas de viagem. Neste conceito, o aperto é conseguido pelo fecho de pressão, que puxa um corpo em direção ao outro, quando se pressiona a alavanca.</p> <p data-bbox="874 813 1356 927">O bloqueio do varão e o encaixe do mesmo, funciona da mesma forma dos conceitos anteriores.</p>

Todos estes conceitos, apresentados na Tabela 8, apresentam um sistema de encaixe e bloqueio do varão semelhante, resultado da restrição inicial de manter o varão atual e apenas considerar alterações na abraçadeira. Outra semelhança, visível nestes conceitos, é a articulação de um dos lados. Isto leva a que, para a utilização com *seat tubes* de diferentes dimensões, a abraçadeira irá ficar com diferentes aberturas. Este facto pode-se tornar um incómodo, pois pode não ser possível garantir a mesma resistência em todas essas posições. Portanto, serão utilizados diferentes casquilhos interiores, conforme a dimensão do *seat tube*, permitindo que a posição de fecho seja contante, independentemente da geometria e dimensão do perfil.

Partindo de outra perspetiva, foram retiradas as restrições do Caso 1 e foi dada a liberdade para alteração de todo o sistema de fixação e da própria cadeira, que assenta neste. Neste Caso 2, as ideias surgiram com o objetivo de reduzir a complexidade e o tempo total de montagem/desmontagem do PBB na bicicleta. Estas ideias estão apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9: Conceitos gerados para um novo sistema de fixação (Caso 2)

Esboço	Descrição
<p data-bbox="229 703 272 730">2A</p> 	<p data-bbox="868 383 1359 1048">Como forma de facilitar a montagem/desmontagem, foi idealizado este conceito, em que este processo é feito pela lateral, ao invés do original movimento vertical do varão. Este sistema destaca-se então pela invulgaridade da estrutura e mecanismos nesta aplicação. Assim, este sistema é constituído por uma estrutura tubular, que faz a ligação da bicicleta à cadeira. Numa das extremidades, estão dois blocos que farão a fixação ao <i>seat tube</i>, e na outra estará uma base de ligação à cadeira. O acionamento do manípulo faz recolher um cabo que passa no interior do perfil e puxa o bloco da frente em direção ao de trás, aprisionando o <i>seat tube</i> no interior.</p>
<p data-bbox="229 1458 272 1485">2B</p> 	<p data-bbox="868 1205 1359 1742">Na mesma linha que o conceito 2A, o processo de montagem/desmontagem é efetuado pela lateral e de uma só vez. O varão de ligação da abraçadeira à cadeira, só está ligado por um dos lados da bicicleta, para que seja possível o movimento de montagem/desmontagem para a lateral. A abraçadeira é constituída por dois corpos articulados numa extremidade, estando o corpo da frente permanentemente fixo ao varão por uma ligação aparafusada. O aperto ao <i>seat tube</i> é conseguido pelo aperto de um manípulo num eixo roscado.</p>

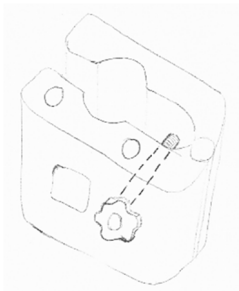
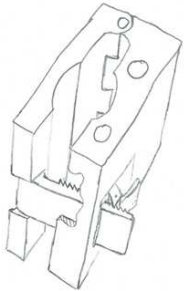
Esboço	Descrição
<p data-bbox="229 501 272 528">2C</p> 	<p data-bbox="868 331 1359 698">Neste conceito, o processo de montagem/desmontagem é realizado verticalmente. Assim, a abraçadeira é constituída por dois blocos, onde cada uma das duas extremidades do varão se encontram fixos. A montagem é conseguida pelo afastamento dos corpos, para colocar na posição desejada do <i>seat tube</i>, seguida da aproximação e aperto ao <i>seat tube</i> por parafusos.</p>
<p data-bbox="229 949 272 976">2D</p> 	<p data-bbox="868 734 1359 1189">Para efetuar a ligação à cadeira, surge este conceito, complementar ao 2A e 2B. No caso de se querer apenas um elemento de ligação à cadeira, este conceito apresenta uma base compatível com as cadeiras atuais, onde é possível fixar o varão ou perfil tubular da ligação e é possível fazer o ajuste da posição da cadeira em relação à bicicleta, pelo encravamento de um pino entre a base e o furo desejado no varão ou perfil tubular da ligação.</p>

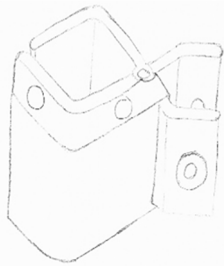
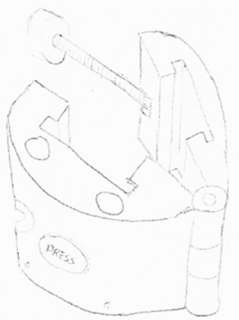
Com o objetivo de reduzir a complexidade e o tempo total de montagem/desmontagem do PBB na bicicleta, surgem para este Caso 2 conceitos inovadores, em que este processo é efetuado num só passo, o que por si só já é uma simplificação ao processo atual. Da mesma forma que os conceitos do Caso 1 precisam de casquilhos para adaptação às diversas geometrias de *seat tube*, também o conceito 2B necessita dos diversos casquilhos. Já os conceitos 2A e 2C, devido ao seu funcionamento, de avanço paralelo dos corpos, não necessitam de casquilhos diferentes para perfis de *seat tube* redondos ou ovais. No entanto, para aplicação a quadros com geometrias de perfis diferentes das indicadas anteriormente, é necessária a aplicação de casquilhos.

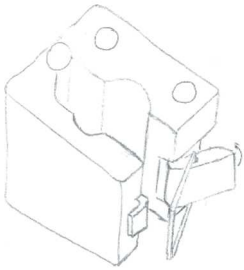
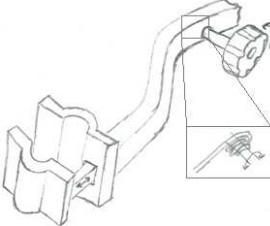
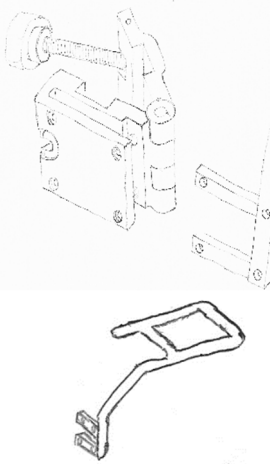
### 4.3 Análise de conceitos

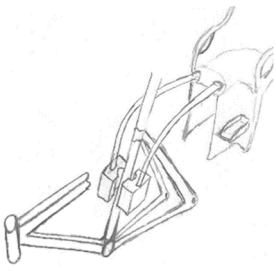
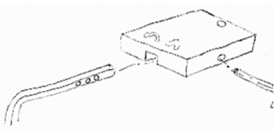
Após a fase de geração de conceitos, passou-se à análise das vantagens e desvantagens de cada um, por forma a conseguir explorar melhor todos os conceitos. Na Tabela 10 encontra-se descrita a análise efetuada a cada conceito

Tabela 10: Vantagens e desvantagens dos conceitos gerados.

Esboço	Vantagens	Desvantagens
<p><b>1A</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aperto por rosca (milimétrica).</li> <li>• Sem necessidade de deslocar componentes no lado de entrada do <i>seat tube</i>.</li> <li>• Abertura e fecho controlados pelo manípulo.</li> <li>• Compatível com varão e cadeira atual.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grande volume, por se situar do mesmo lado a articulação e o aperto.</li> <li>• Possível interferência com as pernas, devido ao volume lateral.</li> <li>• A maior parte dos esforços apenas serão suportados por um dos lados da abraçadeira.</li> <li>• O lado livre da abraçadeira pode tornar-se um perigo para uma desmontagem inadvertida por cedência dos materiais.</li> <li>• Incompatível com várias dimensões de <i>seat tube</i> – necessita de casquilhos adaptadores.</li> </ul>
<p><b>1B</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aperto por alavanca, necessitando de um menor esforço do utilizador.</li> <li>• Esforços na abraçadeira são distribuídos pelos dois lados.</li> <li>• Compatível com varão e cadeira atual.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abraçadeira necessita de ser mais volumosa no lado do aperto, podendo interferir com o movimento de pedalar.</li> <li>• Os elementos dentados do mecanismo de aperto, podem sofrer desgaste prematuro devido aos esforços e à utilização.</li> <li>• Incompatível com várias dimensões de <i>seat tube</i> – necessita de casquilhos adaptadores.</li> </ul>

Esboço	Vantagens	Desvantagens
<p data-bbox="248 730 284 757"><b>1C</b></p> 	<ul data-bbox="608 678 941 831" style="list-style-type: none"> <li>• Aperto por rosca (milimétrico).</li> <li>• Compatível com varão e cadeira atual.</li> </ul>	<ul data-bbox="975 331 1342 1167" style="list-style-type: none"> <li>• Grande volume, por se situar do mesmo lado a articulação e o aperto.</li> <li>• Possível interferência com as pernas devido ao volume lateral.</li> <li>• A maior parte dos esforços apenas serão suportados por um dos lados da abraçadeira.</li> <li>• O lado livre da abraçadeira pode tornar-se um perigo para uma desmontagem inadvertida por cedência dos materiais.</li> <li>• Aspetto estrutural menos apelativo para a aplicação em PBB.</li> <li>• Incompatível com várias dimensões de <i>seat tube</i> – necessita de casquilhos adaptadores.</li> </ul>
<p data-bbox="248 1451 284 1478"><b>1D</b></p> 	<ul data-bbox="608 1328 941 1615" style="list-style-type: none"> <li>• Aperto por rosca (milimétrico).</li> <li>• Esforços na abraçadeira são distribuídos pelos dois lados.</li> <li>• Compatível com varão e cadeira atual.</li> </ul>	<ul data-bbox="975 1205 1342 1733" style="list-style-type: none"> <li>• Eixo pode-se soltar da abraçadeira, por um toque inadvertido do utilizador, colocando a segurança em risco.</li> <li>• Incompatível com várias dimensões de <i>seat tube</i> – necessita de casquilhos adaptadores.</li> <li>• Abraçadeira necessita de ser mais volumosa no lado do aperto, podendo interferir com o movimento de pedalar.</li> </ul>

Esboço	Vantagens	Desvantagens
<p>1E</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aperto por alavanca, necessitando de um menor esforço do utilizador.</li> <li>• Esforços na abraçadeira são distribuídos pelos dois lados</li> <li>• <i>Design</i> compacto, não interferindo com movimento de pedalar.</li> <li>• Compatível com varão e cadeira atual.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incompatível com várias dimensões de <i>seat tube</i> – necessita de casquilhos adaptadores.</li> </ul>
<p>2A</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzido tempo e complexidade da montagem.</li> <li>• Mecanismo de aperto ao <i>seat tube</i> à distância, numa posição mais confortável para o utilizador.</li> <li>• <i>Design</i> inovador.</li> <li>• Não necessita de casquilhos para ajuste entre bicicletas com <i>seat tube</i> redondo ou oval.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funcionamento garante pouca segurança.</li> <li>• Aparecimento de folgas na ligação entre os corpos.</li> <li>• Um dos lados da abraçadeira está livre, podendo soltar-se inadvertidamente do <i>seat tube</i> aquando de um esforço lateral.</li> <li>• A maior parte dos esforços apenas serão suportados por um dos lados da abraçadeira.</li> <li>• Ligação da abraçadeira ao varão por apenas um dos lados pode aparentar menor segurança.</li> </ul>
<p>2B</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzido tempo e complexidade da montagem.</li> <li>• Volume da abraçadeira reduzido.</li> <li>• <i>Design</i> inovador</li> <li>• Aperto por rosca (milimétrica).</li> <li>• Esforços na abraçadeira são distribuídos pelos dois lados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eixo pode-se soltar da abraçadeira, por um toque inadvertido do utilizador, colocando a segurança em risco.</li> <li>• Incompatível com várias dimensões de <i>seat tube</i> – necessita de casquilhos adaptadores.</li> <li>• Os esforços poderão causar desequilíbrio e escorregamento da abraçadeira.</li> </ul>

Esboço	Vantagens	Desvantagens
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ligação da abraçadeira ao varão por apenas um dos lados pode aparentar menor segurança.</li> </ul>
<p>2C</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não necessita de casquilhos para ajuste entre bicicletas com <i>seat tube</i> redondo ou oval.</li> <li>• <i>Design</i> inovador.</li> <li>• Aperto por rosca (milimétrico).</li> <li>• Esforços na abraçadeira são distribuídos pelos dois lados de igual forma.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior dificuldade em posicionar a abraçadeira.</li> <li>• Tempo e complexidade de montagem/desmontagem podem não ter reduzido.</li> <li>• Afastamento dos corpos para montagem/desmontagem na bicicleta, pode danificar outros componentes.</li> </ul>
<p>2D</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibilidade de ajuste da distância da cadeira à bicicleta.</li> <li>• Compatibilidade com cadeiras atuais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de componentes no conjunto do PBB.</li> </ul>

#### 4.4 Seleção de conceitos

Uma vez que foram propostos vários conceitos, e cada um com as suas vantagens e desvantagens, foi necessário proceder a uma seleção, por forma a conseguir um desenvolvimento focado. O processo de seleção de conceitos consiste na avaliação dos conceitos no que respeita às necessidades do cliente e outros critérios, comparando as forças e fraquezas dos conceitos e selecionando um ou mais deles, para prosseguir o desenvolvimento [54].

Para a realização desta etapa, recorreu-se ao método da matriz de seleção. As matrizes de seleção consistem na construção de um modelo representativo da forma como pensamos que cada proposta de projeto se irá desenrolar. Os modelos construídos podem ser tabelas simples de pontuação, que podem ter diferentes escalas e métodos para combinar as pontuações nessas escalas, com o objetivo de encontrar a solução mais aproximada do ideal. Assim, Ulrich e Eppinger [54] descrevem uma sequência de seis passos para a aplicação deste método de seleção de conceitos:

1. Preparar uma matriz de seleção: organizar os conceitos ou opções de *design* numa dimensão e os critérios de seleção noutra dimensão;

2. Classificar cada conceito de acordo com os critérios de seleção;
3. Classificar os conceitos através de uma pontuação ponderada (pesos indicam importância);
4. Eliminar, combinar ou melhorar conceitos;
5. Selecionar um ou mais conceitos;
6. Refletir sobre os resultados.

Seguindo a metodologia descrita, e com os conceitos já organizados como em 4.3, foram delineados os critérios de seleção ou características mais relevantes:

- Redução de tempo na montagem/desmontagem,
- Redução da complexidade na montagem/desmontagem,
- Exequibilidade do conceito,
- Segurança e
- Inovação.

Embora o requisito de compatibilidade entre quadros de bicicletas seja relevante, não foi inserida como característica na matriz de seleção, por poder ser contornada com a adição de casquilhos nas abraçadeiras, sem grande impacto no produto.

Uma vez que esta seleção, decorre numa fase prematura do projeto, não envolve grandes riscos e, portanto, os conceitos foram avaliados atribuindo uma pontuação entre 1 e 5, conforme o nível de integração dessa característica no conceito, como descrito na Tabela 11.

Tabela 11: Níveis de integração das características nos conceitos.

<b>Nível de integração da característica no conceito</b>	
1	Muito fraco
2	Fraco
3	Razoável
4	Bom
5	Muito bom

O passo seguinte passou pela classificação de cada conceito com base nos níveis descritos na Tabela 11. Na Tabela 12, Tabela 13, Tabela 14,

Tabela 15 e Tabela 16, é apresentada a classificação atribuída a cada conceito e a respetiva justificação para cada critério de seleção.

Tabela 12: Classificação dos conceitos pelo nível de redução de tempo na montagem/desmontagem

Conceito	Nível de redução de tempo na montagem/desmontagem	Justificação
<b>1A</b>	1 – Muito fraco	A aproximação dos corpos ao <i>seat tube</i> é efetuada em todo o curso pelo aperto milimétrico do eixo roscado. Acresce ainda o tempo de montagem do varão.
<b>1B</b>	3 - Razoável	A aproximação dos corpos ao <i>seat tube</i> pode ser efetuada manualmente, e o aperto final através da alavanca. Acresce ainda o tempo de montagem do varão.
<b>1C</b>	1 – Muito fraco	A aproximação dos corpos ao <i>seat tube</i> é efetuada em todo o curso pelo aperto milimétrico do eixo roscado. Acresce ainda o tempo de montagem do varão.
<b>1D</b>	2 - Fraco	A aproximação dos corpos ao <i>seat tube</i> pode ser efetuada manualmente, e o aperto final é conseguido pelo rodar do manípulo no eixo roscado. Acresce ainda o tempo de montagem do varão.
<b>1E</b>	3 - Razoável	A aproximação dos corpos ao <i>seat tube</i> é efetuada manualmente, e o aperto final através da alavanca. Acresce ainda o tempo de montagem do varão.
<b>2A</b>	5 – Muito bom	A aproximação dos corpos ao <i>seat tube</i> é efetuada apenas pelo rodar do manípulo. Não necessita de mais nada a fazer para estar completa a montagem.
<b>2B</b>	5 – Muito bom	A aproximação dos corpos ao <i>seat tube</i> é efetuada manualmente, e o aperto final pelo rodar do manípulo. Não necessita de mais nada a fazer para estar completa a montagem.
<b>2C</b>	2 – Fraco	A aproximação dos corpos ao <i>seat tube</i> é efetuada manualmente, pelo afastamento das hastes do varão de ligação. O aperto final é efetuado por parafusos, por forma a ligar os corpos à frente e atrás do <i>seat tube</i> , que torna o processo demorado.

Tabela 13: Classificação dos conceitos pelo nível de redução de complexidade na montagem/desmontagem.

Conceito	Nível de redução da complexidade na montagem/desmontagem	Justificação
<b>1A</b>	3 – Razoável	Necessário rodar um manípulo (pode requerer alguma força) e montar o varão.
<b>1B</b>	3 - Razoável	Necessário aproximar os corpos, puxar a alavanca até estar justo e montar o varão.
<b>1C</b>	3 – Muito fraco	Necessário rodar um manípulo (pode requerer alguma força) e montar o varão.
<b>1D</b>	2 - Fraco	Necessário aproximar os corpos, posicionar e rodar o manípulo (pode requerer alguma força) e montar o varão.
<b>1E</b>	4 - Bom	Necessário aproximar os corpos, apertar com a alavanca e montar o varão.
<b>2A</b>	5 – Muito bom	Apenas é necessário rodar o manípulo.
<b>2B</b>	4 – Bom	Necessário aproximar os corpos e, posicionar e rodar o manípulo (pode requerer alguma força).
<b>2C</b>	1 - Muito fraco	O posicionamento pode requerer alguma força física e o aperto de parafusos é um processo complexo.

Tabela 14: Classificação dos conceitos pelo nível de exequibilidade.

Conceito	Nível de exequibilidade do conceito	Justificação
<b>1A</b>	5 – Muito bom	Muito simples, apenas uma articulação e um mecanismo simples de aperto.
<b>1B</b>	2 – Fraco	Mecanismo de aperto pode trazer problemas como o desgaste, e será difícil de conseguir um mecanismo resistente.
<b>1C</b>	5 – Muito bom	Muito simples, apenas uma articulação e um mecanismo simples de aperto.
<b>1D</b>	4 – Bom	Simple, com uma articulação entre os corpos e uma articulação num dos corpos para o eixo roscado.

Conceito	Nível de exequibilidade do conceito	Justificação
<b>1E</b>	4 – Bom	Simple, com uma articulação entre os corpos e uma alavanca que pode ser bem dimensionada, por se posicionar numa zona com mais espaço.
<b>2A</b>	1 – Muito fraco	Ligação entre os corpos terá de ser muito resistente, mecanismo de aperto poderá não conseguir a força requerida para uma boa fixação e a barra de conexão dos corpos à cadeira terá de ser bastante resistente.
<b>2B</b>	3 – Razoável	Possui uma articulação entre os corpos e uma articulação num dos corpos para o eixo roscado. A barra de conexão dos corpos à cadeira terá de ser bastante resistente.
<b>2C</b>	5 – Muito bom	Muito simples, os corpos serão simples e a utilização de parafusos para aperto ao <i>seat tube</i> torna o conceito de fácil execução. O varão de ligação dos corpos à cadeira poderá ser o utilizado nos sistemas atuais.

Tabela 15: Classificação dos conceitos pelo nível de segurança.

Conceito	Nível de Segurança	Justificação
<b>1A</b>	1 – Muito fraco	Uma vez que um dos lados da abraçadeira estará sem qualquer elemento de ligação entre os dois corpos, surge o perigo de libertação do <i>seat tube</i> por aquele lado. Por outro lado, o aperto apenas é realizado num dos lados da abraçadeira, onde também está a articulação, o que pode tornar a fixação instável.
<b>1B</b>	4 – Bom	Os elementos da abraçadeira envolvem todo o perímetro do perfil do <i>seat tube</i> , garantindo que este não escapa. Uma vez que a abraçadeira é articulada numa das laterais e ligada por um elemento do outro lado, promotor do aperto, pode tornar a fixação mais uniforme ao <i>seat tube</i> , evitando escorregamentos.
<b>1C</b>	2 – Fraco	Uma vez que um dos lados da abraçadeira estará sem qualquer elemento de ligação entre os dois corpos, surge o perigo de libertação do <i>seat tube</i> por aquele lado. Por outro lado, o aperto apenas é realizado num dos lados da abraçadeira, onde também

Conceito	Nível de Segurança	Justificação
		está a articulação, o que pode tornar a fixação instável, embora o formato de “mola da roupa” promova maior aperto.
<b>1D</b>	3 – Razoável	Os elementos da abraçadeira envolvem todo o perímetro do perfil do <i>seat tube</i> , garantindo que este não escapa. Uma vez que a abraçadeira é articulada numa das laterais e ligada pelo eixo roscado do outro lado, promotor do aperto, pode tornar a fixação mais uniforme ao <i>seat tube</i> , evitando escorregamentos. Por outro lado, o manípulo poderá escorregar com algum toque inadvertido, uma vez que não estará bloqueado lateralmente.
<b>1E</b>	5 – Muito Bom	Os elementos da abraçadeira envolvem todo o perímetro do perfil do <i>seat tube</i> , garantindo que este não escapa. Uma vez que a abraçadeira é articulada numa das laterais e ligada pelo mecanismo de alavanca do outro lado, promotor do aperto, pode tornar a fixação mais uniforme ao <i>seat tube</i> , evitando escorregamentos.
<b>2A</b>	1 – Muito fraco	Uma vez que um dos lados da abraçadeira estará sem qualquer elemento de ligação entre os dois corpos, surge o perigo de libertação do <i>seat tube</i> por aquele lado. Por outro lado, o aperto apenas é realizado num dos lados da abraçadeira, onde também está a articulação, o que pode tornar a fixação instável. Acresce o facto de a conexão da abraçadeira à cadeira ser efetuada por apenas um elemento, posicionado numa das laterais, podendo causar desequilíbrio.
<b>2B</b>	3 – Razoável	Os elementos da abraçadeira envolvem todo o perímetro do perfil do <i>seat tube</i> , garantindo que este não escapa. Uma vez que a abraçadeira é articulada numa das laterais e ligada pelo eixo roscado do outro lado, promotor do aperto, pode tornar a fixação mais uniforme ao <i>seat tube</i> , evitando escorregamentos. Por outro lado, o manípulo poderá escorregar com algum toque inadvertido, por não estar bloqueado lateralmente. Acresce o facto de a conexão da abraçadeira à cadeira ser efetuada por apenas um elemento, posicionado numa das laterais, podendo causar desequilíbrio.
<b>2C</b>	5 – Muito Bom	O aperto do bloco ao <i>seat tube</i> é semelhante aos sistemas atuais, com uma distribuição mais uniforme dos esforços por

Conceito	Nível de Segurança	Justificação
		toda a abraçadeira e em todo o perímetro do <i>seat tube</i> , dificultando o escorregamento.

Tabela 16: Classificação dos conceitos pelo nível de inovação.

Conceito	Nível de Inovação	Justificação
<b>1A</b>	3 – Razoável	O aperto é conseguido apenas pelo rodar de um manípulo. A abraçadeira pode ser montada no <i>seat tube</i> pela lateral da bicicleta.
<b>1B</b>	4 – Bom	A abraçadeira pode ser montada no <i>seat tube</i> pela lateral da bicicleta. O aperto é conseguido com o movimento da alavanca, que é bastante simples.
<b>1C</b>	3 – Razoável	O aperto é conseguido apenas pelo rodar de um manípulo. A abraçadeira pode ser montada no <i>seat tube</i> pela lateral da bicicleta.
<b>1D</b>	4 – Bom	A abraçadeira pode ser montada no <i>seat tube</i> pela lateral da bicicleta. O aperto é conseguido apenas pelo rodar de um manípulo. A abraçadeira poderá ser pouco volumosa.
<b>1E</b>	4 – Bom	A abraçadeira pode ser montada no <i>seat tube</i> pela lateral da bicicleta. O aperto é conseguido apenas pelo movimento na alavanca lateral. A abraçadeira poderá ser pouco volumosa.
<b>2A</b>	5 – Muito bom	O PBB pode ser montado todo de uma só vez, e pela lateral da bicicleta. A conexão da abraçadeira ao <i>seat tube</i> por apenas um elemento, o aperto da abraçadeira simples, que pode ser efetuado numa posição mais favorável para o utilizador, diferencia esta solução.
<b>2B</b>	5 – Muito bom	O PBB pode ser montado todo de uma só vez, e pela lateral da bicicleta. A conexão da abraçadeira ao <i>seat tube</i> por apenas um elemento e o aperto da abraçadeira apenas pelo rodar do manípulo no eixo roscado, diferenciam esta solução.
<b>2C</b>	3 – Razoável	O PBB pode ser montado todo de uma só vez na bicicleta. Por outro lado, o aperto por parafusos reduz o grau de inovação, por ser um aperto comum ao dos sistemas atuais e trazer poucos benefícios para o utilizador.

Todos os conceitos tinham um nível de satisfação positivo por simplificarem bastante o processo de montagem/desmontagem e serem bastante diferentes das soluções que o mercado oferece.

De seguida à classificação dos conceitos, foi atribuído um peso aos critérios de seleção, conforme a sua importância nesta fase do projeto e nas seguintes. As características de redução de tempo e complexidade na montagem/desmontagem, têm igual importância na seleção do conceito e foi atribuído um peso de 30% a cada um, por serem os parâmetros que avaliam os objetivos principais. A característica de exequibilidade do conceito tem em conta aspetos como a complexidade do desenvolvimento, a garantia de funcionalidade e a complexidade de fabrico. Por isso, foi atribuído um peso de 10%, para que os melhores conceitos beneficiem e reflitam a vantagem do surgimento de menores problemas no desenvolvimento e na vida do produto. A segurança, como já referida anteriormente, é a característica mais importante num produto como um PBB. Para esta seleção, foi atribuído um peso de 10% a esta característica, uma vez que pode ainda ser trabalhada no desenvolvimento do produto, aumentando a segurança que os conceitos embrionários apresentam. A última característica que foi tida em conta para esta seleção foi o fator inovação. Este parâmetro está diretamente relacionado com o impacto que o produto terá no mercado. Foi atribuído um peso de 20% a este fator, uma vez que dele depende a visibilidade e o destaque que o produto terá, refletindo-se nas vendas e na faturação da empresa.

Com os valores das propriedades ( $a$ ) estabelecidos na avaliação dos conceitos e com os pesos ( $\omega_i$ ) definidos para os critérios de seleção, foram estruturados os dados na Tabela 17. Uma vez que para todos os critérios era desejável o maior valor da propriedade (nível mais elevado na classificação), a propriedade ponderada ( $b$ ) foi obtida pela expressão:

$$b = \frac{\text{Valor numérico da propriedade do material}}{\text{Maior valor da propriedade entre os vários conceitos}} \times 100 \quad (4)$$

O peso relativo para cada propriedade ( $c$ ) obteve-se pela expressão:

$$c = \omega_i \times b_i \quad (5)$$

Por fim, com a soma dos pesos relativos para cada propriedade, obteve-se o índice de desempenho ( $\gamma$ ) para cada conceito, pela expressão:

$$\gamma = \sum (\omega_i \times b_i) \quad (6)$$

Tabela 17: Matriz de seleção dos conceitos analisados.

Propriedades / Critérios de Seleção	Redução de tempo na montagem/desmontagem		Redução da complexidade na montagem/desmontagem		Exequibilidade do conceito		Segurança		Inovação		Índice de desempenho
	Conceito	$\omega_1=0,3$	$\omega_2=0,3$	$\omega_3=0,1$	$\omega_4=0,1$	$\omega_5=0,2$	$\gamma$				
1A	a	1	3	5	1	3	48				
	b	6	18	10	2	12					
	c	20%	60%	100%	20%	60%					
1B	a	3	3	2	4	4	64				
	b	18	18	4	8	16					
	c	60%	60%	40%	80%	80%					
1C	a	1	3	5	2	3	50				
	b	6	18	10	4	12					
	c	20%	60%	100%	40%	60%					
1D	a	2	2	4	3	4	54				
	b	12	12	8	6	16					
	c	40%	40%	80%	60%	80%					
1E	a	3	4	4	5	4	76				
	b	18	24	8	10	16					
	c	60%	80%	80%	100%	80%					
2A	a	5	5	1	1	5	84				
	b	30	30	2	2	20					
	c	100%	100%	20%	20%	100%					
2B	a	5	4	3	3	5	86				
	b	30	24	6	6	20					
	c	80%	60%	60%	60%	100%					
2C	a	2	1	5	5	3	50				
	b	12	6	10	10	12					
	c	40%	20%	100%	100%	60%					

Da Tabela 17 é possível concluir que o conceito 1E, de entre os conceitos em que apenas seria possível alterar a abraçadeira, e o 2B, de entre os conceitos onde não foram colocadas restrições, são os que apresentam um maior índice de desempenho.

De entre os conceitos para o Caso 1, o 1E apresenta grande destaque relativamente aos restantes. De facto, este conceito apresenta elevado potencial, demonstrado pelas elevadas classificações em todos os critérios de seleção. O simples mecanismo de aperto, que permite a montagem ou desmontagem de forma rápida e simples, promoveu o destaque, relativamente aos outros conceitos, de forma mais notória nos níveis de redução de tempo e complexidade na montagem/desmontagem, e no nível de segurança. Os conceitos 1A e 1C apresentam elevado nível de exequibilidade, resultado dos mecanismos simples, contrastando com um pior desempenho nos outros critérios, levando à exclusão destes conceitos fáceis de executar, mas pouco vantajosos. Os conceitos 1B e 1D apresentam um índice de desempenho intermédio entre os conceitos, o primeiro pelo funcionamento do mecanismo de aperto, e o segundo pela exequibilidade do conceito.

Para o Caso 2, os conceitos 2A e 2B apresentaram um índice de desempenho muito próximo. Apesar de se encontrar semelhança neste indicador, o mesmo não se encontra para as classificações atribuídas em cada critério de seleção. De facto, estes dois conceitos apresentam um elevado grau de inovação e permitem uma drástica redução de tempo e complexidade na montagem/desmontagem, relativamente aos sistemas atuais. No entanto, por serem bastante diferentes dos sistemas atuais, provocam na equipa alguma insegurança no seu desempenho, por não haver *know-how* em sistemas deste género. Ao conceito 2A acresce a perceção de pouca segurança e de maior dificuldade no seu desenvolvimento, desvalorizando-o em relação ao 2B. O conceito 2C ficou classificado bastante mais abaixo que o 2A e 2B. De facto, apresenta alguma inovação, grande facilidade de execução da ideia e até proporciona grande segurança, mas a falta de vantagens nos requisitos chave do projeto torna o conceito fraco.

Como ponto de partida para a próxima fase de desenvolvimento dos conceitos, foi decido pela equipa a seleção dos conceitos 1E e o 2B, por apresentarem maior índice de desempenho. No entanto, os restantes conceitos não foram colocados totalmente de parte, por poderem potenciar os selecionados.

#### 4.5 Sequência de desenvolvimento do conceito

Os conceitos escolhidos, que se apresentavam ainda numa fase bastante embrionária, foram desenvolvidos neste passo. Assim, antes de passar a uma fase de *design* e engenharia, pretendeu-se explorar as funcionalidades dos conceitos e definir estratégias para cumprir com os requisitos propostos, potenciando a solidez do conceito.

Dada a invulgaridade do sistema apresentado no conceito 2B, foi realizado um protótipo, para auxiliar ao trabalho a desenvolver neste passo. Foi efetuada a modelação CAD do bloco e produzido por fabrico aditivo em ABS. Foi ainda produzido um varão semelhante ao do conceito 2B. Na Figura 37 encontra-se o sistema já montado numa cadeira PBB.



Figura 37: Protótipo do conceito 2B.

Numa primeira análise, o bloco foi caracterizado como volumoso, mas bastante simples. O varão, que conecta o bloco à cadeira, apresenta alguma fragilidade, permitindo, no entanto, visualizar o aspeto mais limpo que trará ao sistema em relação ao varão duplo dos sistemas atuais.

O PBB foi montado numa bicicleta (Figura 38) para avaliação do processo de montagem e desmontagem.



Figura 38: Protótipo do conceito 2B montado numa bicicleta.

Nesta segunda análise, durante o processo de montagem e desmontagem foi possível ter a percepção da rapidez e agilidade que este sistema poderá trazer na montagem e desmontagem. Foi então possível montar o sistema todo na bicicleta, em cerca de dez segundos. Relativamente ao sistema atual (

Figura 23), que demorava cerca de cinco a dez min, dependendo da perícia, houve uma redução significativa, que realça claramente uma grande vantagem de um sistema de aperto rápido. Durante este processo, foram encontradas algumas inconveniências e interferências, a justificarem a introdução de melhorias nas próximas versões do sistema. Na Figura 39 a), é

possível observar a interferência da cadeira com a roda da bicicleta, que ocorre porque a montagem da abraçadeira é efetuada pela lateral. O pouco espaço entre o *seat tube* e a roda, assinalado na Figura 39 b), obriga a que o manípulo tenha de estar alinhado com o corpo de trás, para penetrar esse espaço. Isto pode colocar em causa a agilidade da montagem, por acrescentar uma etapa de posicionamento do manípulo, que pode não ser fácil para o utilizador. Outro inconveniente na montagem, é a presença de cabos soltos na zona do manípulo, que podem dificultar a montagem e o aperto da abraçadeira (Figura 39 c)).

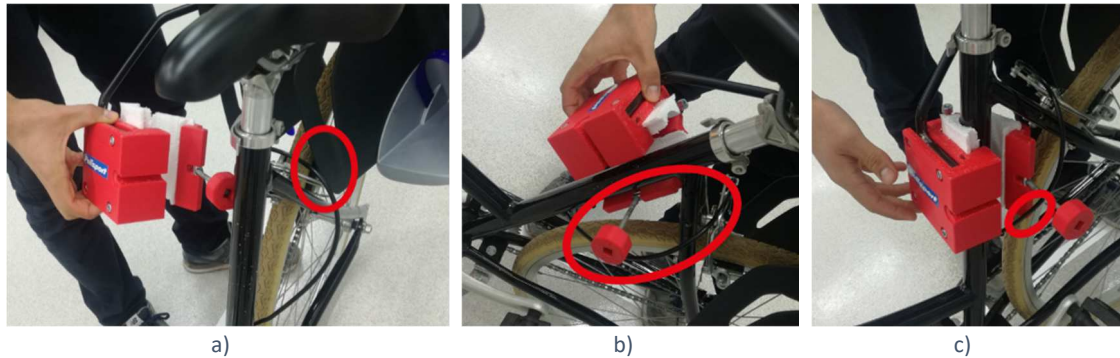


Figura 39: Problemas encontrados durante a montagem do protótipo.

Com este protótipo, foi ainda possível experimentar a utilização de diferentes casquilhos, para adaptação aos diversos diâmetros de *seat tube*, que foi aceite como uma boa solução para este requisito. Os casquilhos foram produzidos em placas de poliestireno cortadas na geometria pretendida.



Figura 40: Casquilhos para adaptação da abraçadeira a vários diâmetros de *seat tube*.

Apesar dos pontos negativos encontrados na análise, os pontos positivos, como a rapidez e simplicidade de montagem, apresentaram-se como motivos para continuar a evolução deste sistema.

Tendo como ponto de partida os requisitos para o novo produto, já apresentados na Tabela 7, e as lições aprendidas com o protótipo, passou-se ao desenvolvimento dos conceitos 1E e 2B.

Na Tabela 8 está apresentada a sequência de desenvolvimento dos dois conceitos selecionados.

Tabela 18: Sequência de evolução do conceito de abraçadeira de montagem rápida.

Conceito	Descrição
<p data-bbox="248 383 549 450"><b>Abraçadeira de montagem rápida</b></p> <p data-bbox="416 483 549 510">Conceito 1E</p> 	<p>A montagem da abraçadeira é iniciada pelo posicionamento da mesma no <i>seat tube</i>. Para efetuar o aperto, basta encaixar a argola no entalhe do bloco traseiro, e com a alavanca puxar o mesmo, impondo uma força de aperto entre os blocos. O facto de apenas ser um filamento a suportar os esforços causados pelo aperto, traz algum desconforto do ponto de vista mecânico.</p>
<p data-bbox="576 904 820 972"><b>Sistema de fixação de montagem rápida</b></p> <p data-bbox="576 1005 695 1032">Conceito 2B</p>   	<p>Este sistema monta diretamente na cadeirinha, vindo a abraçadeira e varão já montados de fábrica. No entanto, o varão deverá ser alterado para facilitar a montagem na cadeira. O mesmo aparenta pouca segurança ao produto, do ponto de vista mecânico. A abraçadeira não deverá ter o eixo de aperto fixo ao bloco traseiro, para evitar interferências com cabos e com a roda na montagem, e facilitar esse processo.</p>

**Conceito****Descrição****Sistema de fixação com tubo redondo**

Ligação do bloco à cadeira por tubo redondo dobrado e por uma base de cadeira



Para este novo sistema, foram efetuadas alterações na abraçadeira e na conexão da mesma à cadeira. Na abraçadeira foi colocado o eixo de aperto fixo ao bloco frontal, ficando assim, livre para se movimentar sem interferências, e facilitando o posicionamento do bloco de trás na montagem. Para o sistema de ligação da abraçadeira à cadeira, foi modelado um tubo redondo dobrado e uma base para o tornar compatível com a cadeirinha. A ligação, que é feita a partir do centro da abraçadeira ao centro da base, adicionou equilíbrio à cadeira e melhor distribuição dos esforços nos componentes. Este tubo, que traz ainda a vantagem do aumento de resistência, acrescenta por outro lado a obrigação de aumento do número de componentes relativamente à versão anterior, contrariando o princípio de projetar para um número mínimo de peças do DFMA referido por Carvalho *et al.* [11] e Molloy *et al.* [18].

**Sistema de fixação com varão duplo unido**

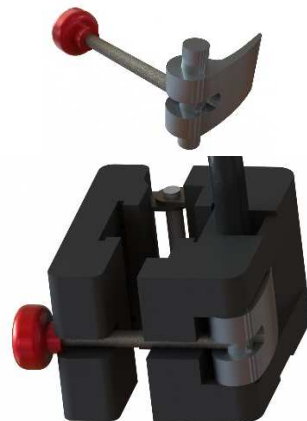
Ligação da abraçadeira à cadeira diretamente, por dois varões dobrados e unidos por soldadura



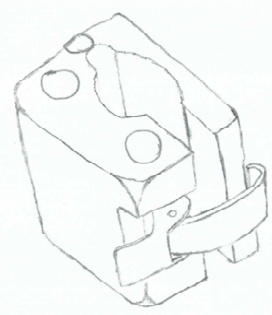
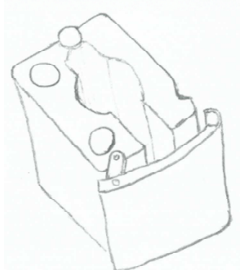
Com o objetivo de permitir a ligação direta à cadeira sem aumento número de componentes, surgiu o varão duplo representado ao lado. Esta ligação é constituída por dois varões redondos, unidos por cordões de soldadura desde a zona de fixação à abraçadeira até à zona de abertura de espaço entre os mesmos. Nesta abertura, os varões distanciam-se por forma a encaixar nos furos existentes na frente da cadeira.

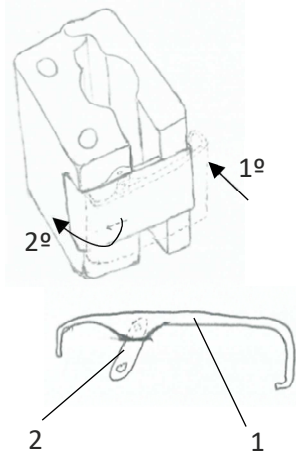
**Conceito****Descrição****Sistema de fixação com varão duplo unido versão 2**

Evolução do mecanismo de aperto



Apesar de já ser possível apertar os blocos da abraçadeira no sistema apresentado, torna-se importante garantir um esmagamento final dos casquilhos, para que seja criado atrito com o *seat tube* e o ajuste necessário sem ter de aplicar demasiada força no manípulo roscado (representado no sistema a vermelho). Na extremidade que se encontrava fixa à abraçadeira, introduziu-se um manípulo, excêntrico relativamente ao ponto central onde se fixava anteriormente o eixo roscado.

Conceito	Descrição
<p data-bbox="245 327 549 439"><b>Abraçadeira com mecanismo de alavanca no aperto</b></p> <p data-bbox="245 472 549 539">Alteração do mecanismo de aperto</p> 	<p data-bbox="908 327 1361 607">Para esta versão, foi colocado um aperto diferente, onde o elemento que une os blocos, para além de ter maior secção, tem uma geometria em forma de gancho na extremidade, por forma a prender-se ao bloco de trás, sem aumento de saliências na lateral.</p>
<p data-bbox="269 960 549 1072"><b>Abraçadeira com mecanismo de aperto de maiores dimensões</b></p> <p data-bbox="245 1106 549 1173">Alteração do mecanismo de aperto</p> 	<p data-bbox="908 960 1361 1413">Por forma a maximizar a distribuição dos esforços de aperto por toda a altura de abraçadeira e do aperto, surge este mecanismo, que traz também maior limpeza da lateral da abraçadeira. No entanto, o mecanismo fica mais desenquadrado no design relativamente às versões anteriores. Neste mecanismo, o utilizador apenas precisará de mexer num elemento, tornando mais simples a montagem.</p>
<p data-bbox="304 1547 549 1659"><b>Abraçadeira com mecanismo de aperto integrado</b></p> <p data-bbox="245 1693 549 1760">Alteração do mecanismo de aperto</p>	<p data-bbox="908 1547 1361 1749">Com a combinação dos mecanismos das versões anteriores, surge este aperto integrado na abraçadeira. A abraçadeira ficou com um aperto mais simples e um <i>design</i> mais limpo.</p> <p data-bbox="908 1783 1361 1973">O mecanismo de aperto é constituído pela chapa metálica que se encontra na lateral da abraçadeira (peça representada com o número 1). Este componente faz a ligação entre os dois</p>

**Conceito****Descrição**

corpos principais da abraçadeira, puxando o bloco de trás com a sua forma, tipo gancho, e roda em torno das manivelas (peça representada com o número 2). O movimento de fecho do mecanismo permite a aproximação dos corpos e ainda o aperto final que garante o atrito com o *seat tube*.

Para além da simplicidade do mecanismo, a sua integração estética na abraçadeira torna-o relativamente melhor, comparado com as versões anteriores.

**Sistema de fixação com varão duplo unido e aperto integrado**

Aplicação do mecanismo de aperto integrado da abraçadeira no sistema de fixação com varão

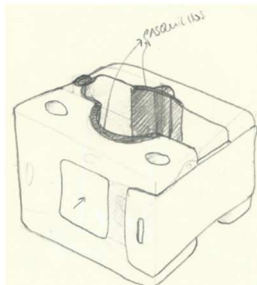
Para esta versão do sistema de fixação, foi trocado o mecanismo de aperto, pelo que foi aplicada abraçadeira com mecanismo de aperto integrado. Os benefícios de simplicidade e integração estética foram também transitados, tornando esta versão bastante melhor que as anteriores.



**Conceito****Descrição**

**Abraçadeira com  
mecanismo de aperto  
integrado**

Integração do mecanismo  
de segurança de  
desmontagem inadvertida  
do PBB

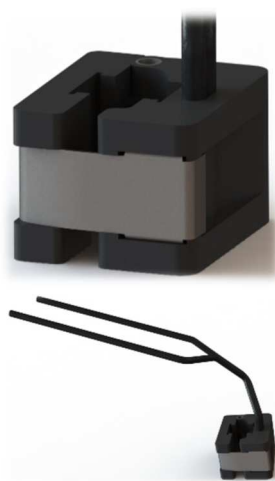


Para esta nova versão da abraçadeira, foram adicionados componentes como o botão e mecanismo de travamento do aperto e varão. O funcionamento destes mecanismos é semelhante ao dos modelos de abraçadeira atuais, com o entalamento do varão com pinos em plástico, assim como, o entalamento do manípulo de aperto com um pino em plástico. A integração destas funcionalidades surge como forma de obrigar o utilizador a executar dois movimentos para desmontar o PBB da bicicleta, conforme indica a norma EN 14344:2004 [32]. Um dos movimentos será o acionamento do botão, que liberta os pinos entalados e o outro movimento será a remoção do varão ou, no caso do aperto, a abertura do mesmo.

Esta versão da abraçadeira, por já conter as principais funcionalidades e, por já estar bem desenvolvida, foi considerada para o estudo de viabilidade preliminar.

**Conceito****Sistema de fixação com varão duplo unido, aperto integrado e abraçadeira em material polimérico**

Alteração da geometria para que a abraçadeira não seja reforçada com metal no interior

**Descrição**

Uma vez que a empresa tem o seu negócio centrado nas peças plásticas, onde já possui um conhecimento alargado, ganhou grande interesse o desenvolvimento de uma solução com reduzido uso de metais.

Esta versão do sistema de fixação surge deste princípio e do objetivo de obter um produto leve. Assim, por forma a não reduzir em demasia a resistência do produto, esta abraçadeira possuirá paredes mais espessas que na versão anterior.

Como já era possível perspetivar o restante desenvolvimento deste sistema, o mesmo passou para a fase seguinte de estudo de viabilidade.

#### 4.6 Estudo de viabilidade preliminar

No estudo de viabilidade é pretendido avaliar o risco de investimento no desenvolvimento do produto. Para isso, é apresentada uma perspetiva de investimento e custo do produto, de quantidades e preços de venda e, uma análise global a curto e médio prazo da rentabilidade.

Neste capítulo desta dissertação serão apenas apresentadas, de forma generalizada, as perspetivas de custo e investimento, por forma a proteger os dados internos da empresa.

Tabela 19: Perspetiva de custo por componente para abraçadeira de montagem rápida.

Componente(s)	Quantidades	Custo (€/unidade)
Corpo frontal da abraçadeira	1	0,75
Corpo traseiro da abraçadeira	1	0,60
Casquilhos interiores	4	0,07

Componente(s)	Quantidades	Custo (€/unidade)
Botão	1	0,10
Mola do botão	1	0,01
Sinalizador de encaixe do varão	2	0,05
Mola do sinalizador	2	0,01
Chave anti roubo	1	0,05
Pino de bloqueio anti roubo	1	0,05
Varão	1	1,50
Eixo M8	1	0,25
Manípulo alavanca	1	0,30
Manivela alavanca	2	0,05
Pino Alavanca	1	0,02
<b>TOTAL</b>		<b>3,81</b>

Tabela 20: Perspetiva de investimentos para a abraçadeira de montagem rápida.

Descrição	Custo (€)
Molde Corpo frontal da abraçadeira	40 000
Molde Corpo traseiro da abraçadeira	20 000
Molde Casquilhos	25 000
Molde protótipo	15 000
Molde botão	6 000
Molde sinalizadores e pino de trancamento	3 000
Molde da chave e pino de bloqueio anti roubo	3 000
Ferramenta manípulo alavanca	500
Ferramenta manivela alavanca	4 000
Ferramentas de controlo e montagem	300
Protótipos	1 000
Ensaio dos moldes	2 000

Descrição	Custo (€)
Certificação	4 000
Manual e traduções	3 700
<b>TOTAL</b>	<b>127 500</b>

Tabela 21: Perspetiva de custo por componente para sistema de fixação de montagem rápida.

Componente(s)	Quantidades	Custo (€/unidade)
Corpo frontal da abraçadeira	1	0,75
Corpo traseiro da abraçadeira	1	0,60
Casquilhos interiores	4	0,07
Botão	1	0,10
Mola do botão	1	0,01
Chave anti roubo	1	0,05
Pino de bloqueio anti roubo	1	0,05
Varão	1	3,00
Eixo M8	1	0,25
Manípulo Alavanca	1	0,30
Manivela Alavanca	2	0,05
Pino Alavanca	1	0,02
<b>TOTAL</b>		<b>5,25</b>

Tabela 22: Perspetiva de investimentos para o sistema de fixação de montagem rápida.

Descrição	Custo (€)
Molde Corpo frontal da abraçadeira	40 000
Molde Corpo traseiro da abraçadeira	20 000
Molde Casquilhos	25 000
Molde protótipo	15 000
Molde botão	6 000

Descrição	Custo (€)
Molde da chave e pino de bloqueio anti roubo	3 000
Ferramenta manípulo alavanca	4 000
Ferramenta manivela alavanca	500
Ferramentas de controlo e montagem	300
Ferramenta varão	4 000
Protótipos	1 000
Ensaio dos moldes	2 000
Certificação	4 000
Manual e traduções	3 700
<b>TOTAL</b>	<b>128 500</b>

Do estudo resultou a indicação para prosseguir para a fase de desenvolvimento de design e engenharia com o sistema de fixação de varão de montagem rápida. Esta solução, relativamente à que surgiu do conceito 1E, apresentava melhor viabilidade. Embora o custo do produto e investimento serem superiores para este sistema selecionado, o preço de venda também o era, por apresentar mais vantagens para o cliente, aumentando o retorno a curto e médio prazo.

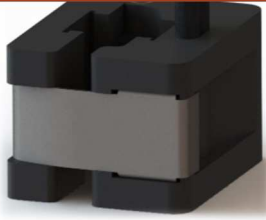
#### 4.7 Desenvolvimento de design e engenharia

Após a fase de estudo de viabilidade preliminar, onde se pretendia definir o rumo do projeto tendo em conta o investimento e o retorno do mesmo, seguiu-se a fase de *design* e engenharia. As duas vertentes, design e engenharia, trazem vantagens quando desenvolvidas em simultâneo, por economizar tempo e iterações, aproximando o resultado do produto final.

Como entradas para esta etapa, foram utilizados: a lista de requisitos para o produto (Tabela 7), o conceito aprovado em 4.6 e os conhecimentos adquiridos nos capítulos 2.1.2 Conceitos de Design for X e 2.4 Design de peças plásticas para injeção.

Para a modelação do sistema recorreu-se ao *software* Solidworks® e, a partir do conceito aprovado, construíram-se vários modelos, como descrito na Tabela 23.

Tabela 23: Desenvolvimento de *design* e engenharia.

Vista global	Vista pormenorizada	Descrição
		<p>Esboço inicial, utilizado para estudo de viabilidade do projeto. Este bloco apresenta pouco trabalho de <i>design</i>, como se pode ver na imagem ao lado. Esta forma, transmite a sensação de grande volume e apresenta linhas que não se enquadraram com as bicicletas, nem com os PBB.</p>

Vista global	Vista pormenorizada	Descrição
		<p>Evolução de <i>design</i> com a adição de linhas curvas na zona superior e inferior, assim como nas laterais. As curvas tornam o <i>design</i> mais aproximado ao pretendido, no entanto, a superfície plana na frente encontra-se pouco trabalhada, continuando a abraçadeira com aparência de volumosa.</p> <p>Para o sistema de dobradiça, optou-se por vários elos ao longo da altura, alternando o corpo de ligação. Para eixo de rotação utilizou-se um eixo metálico, ligando os corpos em toda a altura de dobradiça.</p> <p>O sistema de aperto, constituído pela alavanca e duas manivelas, está fixo ao corpo da frente por um eixo metálico que passa num dos furos de cada manivela. O outro furo da manivela encontra-se ligado à alavanca. A alavanca é uma chapa metálica conformada. Numa das extremidades tem a forma de gancho, para agarrar o corpo de trás da abraçadeira e na outra extremidade está dobrada a 90°, ficando alinhada com a face frontal da abraçadeira por onde será atuada manualmente. Na imagem consegue-se ainda observar duas abas, na zona superior e inferior da alavanca, com um furo para fazer a ligação às manivelas.</p>

Vista global	Vista pormenorizada	Descrição
		<p>Como forma de modificar a aparência da face da frente, fez-se uma saliência como apresentado na imagem. Esta saliência, que se apresenta a toda a volta, promove a integração do sistema de aperto, onde esta saliência já existia. Foi adicionado ainda o logótipo da marca, que se encontra gravado na face da frente.</p> <p>Com esta alteração, a abraçadeira ganhou melhor aparência e diminuiu a sensação de volumosa. No entanto, a alavanca de aperto está demasiado plana na lateral, ficando com um aspeto desenquadrado.</p>
		<p>Em seguida, foi também rebaixada a zona superior e inferior da face frontal, para evitar uma grande diferença de espessura da parede principal, alinhando o <i>design</i> com os princípios enunciados em 2.4. Foi também alterada a geometria da alavanca do sistema de aperto, nomeadamente, a face lateral. Adicionou-se uma curvatura semelhante à da abraçadeira e posicionou-se as abas numa zona plana da chapa, para que não deformassem ao longo do processo de produção.</p>



Para que o produto cumpra com a norma EN 14344:2004 [32], optou-se por colocar duas ações simultâneas para fazer a desmontagem do sistema e adicionou-se o botão verde que bloqueia a alavanca de abrir inadvertidamente. Assim, para desmontar o PBB da bicicleta, é necessário pressionar o botão e em simultâneo puxar a alavanca. Este botão é guiado por quatro rasgos nas laterais e está continuamente sob tensão de uma mola que o empurra na direção exterior. Os quatro rasgos visíveis na face exterior servem para a montagem do botão. Após o botão entrar, é descido e entra nos rasgos onde será guiado durante a utilização.

Outro dos requisitos listados na Tabela 7, era a possibilidade de inserir um mecanismo anti-roubo na abraçadeira. Foi adicionado um pino lateral, que regula a progressão do botão, permitindo um estado onde não é possível atuar o botão e outro em que é possível. A mudança de estado é efetuada pelo rodar do pino, com a ajuda de uma chave especial.

Para o trancamento da ligação da cadeira ao varão, projetou-se uma chapa idêntica à utilizada nos PBB atuais da Polisport, com a diferença de esta aprisionar o varão nos entalhes projetados para esse efeito.

Para que os corpos da abraçadeira, em plástico, fossem possíveis de produzir, foi retirado o volume interior, ficando apenas uma parede principal com espessura de 4,5 mm. Como não seria possível adquirir a resistência pretendida apenas com esta parede, foram adicionadas paredes secundárias ou nervuras no interior, com uma espessura inferior. Uma vez que o

---

Vista global	Vista pormenorizada	Descrição
		material de injeção preferencial era uma poliamida (requisito de projeto descrito em 3.5.2), a bibliografia indicava a redução mínima de 50% da espessura, relativamente à parede principal, para reduzir a depressão causada na superfície. Foi então utilizada uma espessura de 2,2 mm para as paredes secundárias. Para o posicionamento destas, a bibliografia referia o distanciamento entre nervuras de duas vezes a espessura da parede principal. Com estas dimensões como referência, foram adicionadas as nervuras nos dois corpos, por forma a provocar o reforço da peça nas zonas previsíveis de maior esforço.

---

Para melhor compreensão do funcionamento do sistema de fixação desenvolvido, encontra-se na Figura 41 a respetiva sequência de desmontagem, cujos passos são descritos por:

- 0: Estado inicial;
- 1: Pressionar botão verde;
- 2: Levantar do manípulo;
- 3: Desencaixe do manípulo do corpo de trás da abraçadeira;
- 4: Libertação do sistema de fixação da bicicleta.

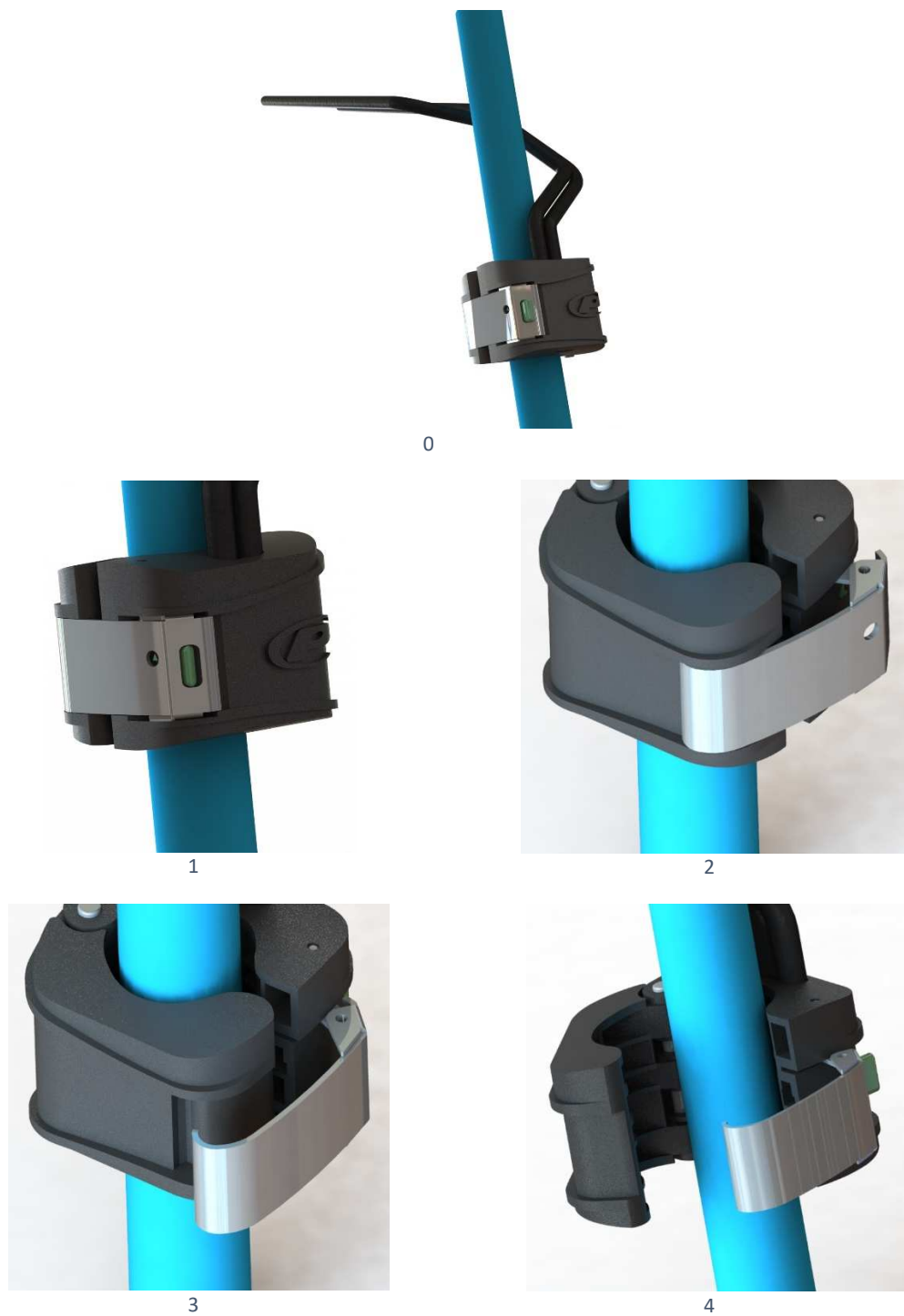


Figura 41: Sequência de desmontagem do sistema de fixação da bicicleta.

Na Figura 42, encontra-se representada a montagem, numa bicicleta, de um PBB com o novo sistema de fixação.



Figura 42: Representação do PBB com o novo sistema de fixação, montado numa bicicleta.

A modelação do novo sistema fica concluída com a aplicação de ângulos de saída nas faces e com o arredondamento das arestas. Estas alterações serão tratadas após o estudo de elementos finitos, por tornarem o modelo mais complexo e requererem mais memória e velocidade de processamento, sem grande diferença de resultados. Este estudo de dimensionamento mecânico será tratado no próximo capítulo.



# ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO

5.1 Definição dos parâmetros da análise

5.2 Verificação e análise crítica



## 5 ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO

Para verificar o desempenho mecânico do sistema desenvolvido, optou-se por recorrer à análise numérica computacional com base no método dos elementos finitos. Existem vários *software's* que possuem essa capacidade e é um método muito bom para obter aproximações das tensões e deformações de uma determinada peça. Em 2.5 foi abordado este método, com mais detalhe, sobre as suas bases e sobre a sua aplicação para estimar as tensões e deformações de um corpo.

A análise computacional para o sistema de fixação projetado seguiu as seguintes fases principais:

- Seleção do tipo de análise;
- Preparação do modelo;
- Seleção de materiais;
- Definição do contacto entre peças;
- Aplicação de restrições e esforços às peças;
- Seleção da malha;
- Determinação da solução;
- Análise da solução e implementação de melhorias;
- Múltiplas iterações deste processo até aprovação da análise.

A aprovação deste processo foi dada assim que o sistema de fixação apresentava um coeficiente de segurança de 2,5. Uma vez que se tratam de peças críticas, que podem colocar o utilizador em risco no caso de rotura ou cedência dos materiais, foi definido este limite, indicando-nos que a tensão máxima equivalente (segundo Von-Mises) instalada no sistema de fixação é duas vezes e meia menor que a tensão de cedência do respetivo material.

### 5.1 Definição dos parâmetros da análise

Embora a norma EN 14344:2004[32] refira ensaios aos produtos, que determinam a resistência mecânica e rigidez mínima dos mesmos, torna-se complexa a simulação desses, pela dinâmica e interação entre as peças que requerem elevadas capacidades computacionais. Então, para o dimensionamento deste sistema, recorreu-se a simulações de cargas estáticas, que embora não sejam tão representativos dos ensaios normativos, permitem a análise de pontos de fragilidade das peças.

Analisando o movimento do ensaio dinâmico lateral descrito em 2.3.1, é possível perceber que o sistema de fixação está a ser solicitado de forma mais onerosa nos extremos do ciclo, ou seja, no ponto mais à direita ou no ponto mais à esquerda. Nesta situação, para além das cargas externas que simulam o peso da criança, estarão a atuar forças no sistema devido a inércia do movimento que atingem neste momento o seu pico máximo. Esta força, segundo a segunda lei de Newton, atuará na direção tangente ao movimento e resultará da multiplicação da massa

pela aceleração, que é máxima neste ponto. No esquema da Figura 43 encontra-se representada vectorialmente a situação cinemática descrita.

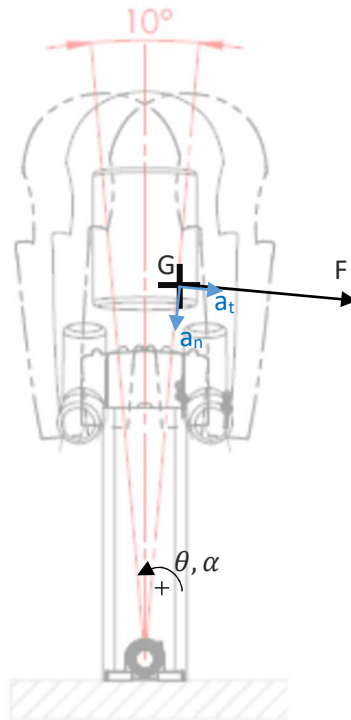


Figura 43: Representação esquemática da cinemática do movimento do equipamento de ensaio, no extremo direito.

Para este ensaio dinâmico lateral, a equação da rotação ( $\vec{\theta}$ ) em função do tempo de ciclo ( $t$ ) foi extraída diretamente do seu movimento oscilatório sinusoidal, com a amplitude máxima do movimento de  $5^\circ$  ou  $\pi/36$  rad e a frequência de 1 Hz. A expressão é, então, dada por:

$$\vec{\theta}(t) = -\frac{\pi}{36} \times \sin(2\pi t) \quad (7)$$

Já a expressão da aceleração angular, obtida pela segunda derivada da equação (7) é dada por:

$$\vec{\alpha}(t) = \frac{\pi^3}{9} \times \sin(2\pi t) \quad (8)$$

Os valores máximos para a aceleração angular acontecem nos extremos, como referido acima e foram obtidos pela substituição da variável  $t$  por 0,75, valor correspondente ao tempo de ciclo no extremo direito, em segundos.

$$\vec{\alpha}(0,75) = -3,445 \text{ rad/s}^2 \quad (9)$$

O módulo da aceleração tangencial ( $a_t$ ), obteve-se pela expressão (10), onde se substituiu o módulo da aceleração angular pelo valor da expressão (9) e  $r$  (distância entre o eixo de rotação e o centro de massa) por 0,825 m.

$$a_t = \alpha \cdot r = 3,445 \times 0,825 = 2,842 \text{ m/s}^2 \quad (10)$$

Por fim, obteve-se a força resultante, dada pela segunda lei de Newton, onde a massa ( $m$ ) apresenta o valor de 26 kg (massa do PBB durante o ensaio):

$$F = m \cdot a_t = 26 \times 2,842 = 74 \text{ N} \quad (11)$$

Após selecionar o tipo de análise, com a definição da situação física a replicar, procedeu-se à preparação do modelo para a análise. Para conseguir uma montagem do sistema de fixação idêntica à de utilização real, foi inserido no modelo um tubo de diâmetro 40, semelhante ao *seat tube* das bicicletas (Figura 44). Por outro lado, foi retirada a cadeira, onde se aplicam as cargas de ensaio, para simplificar a simulação, exigindo menos capacidades computacionais. Em substituição da cadeira foi inserida na simulação uma placa para aplicação das cargas (Figura 44), mantendo o varão numa situação de encastrado, simulando a ligação à cadeira.

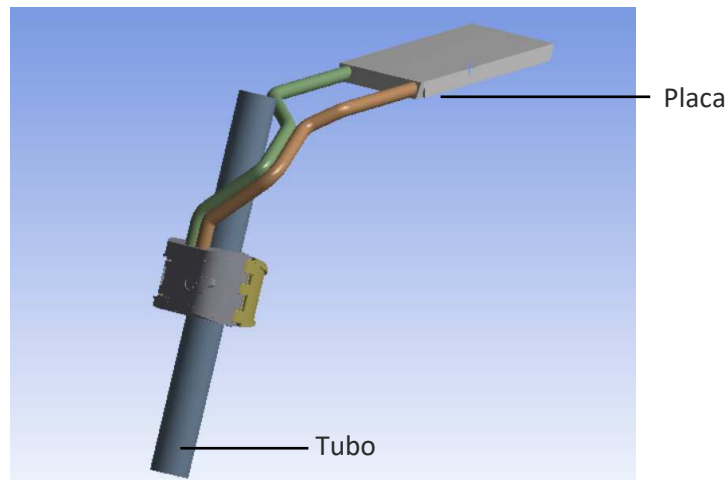


Figura 44: Elementos adicionados ao modelo para se adaptar à análise a efetuar.

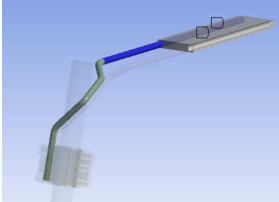



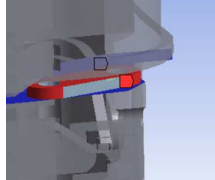
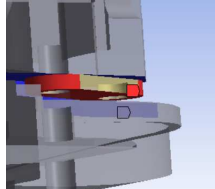
De seguida, passou-se à atribuição de materiais aos componentes, com as respetivas propriedades mecânicas. Na Tabela 24 encontra-se as propriedades dos materiais utilizados e a listagem dos componentes em que foram aplicados.

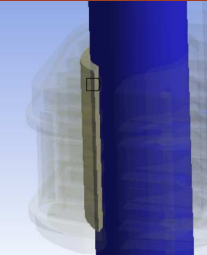
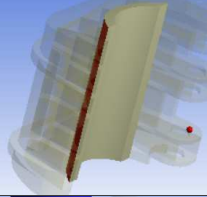
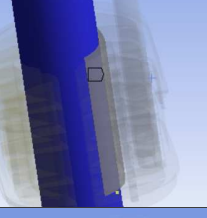
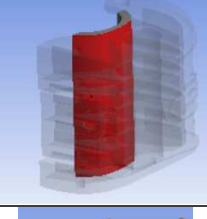
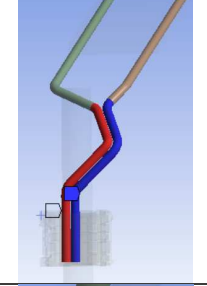
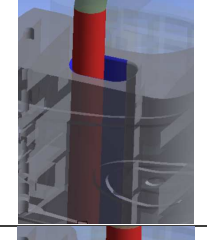
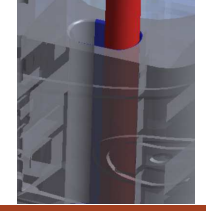
Tabela 24: Propriedades dos materiais utilizados na simulação e componentes aos quais foram atribuídos.

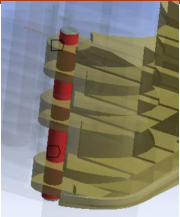
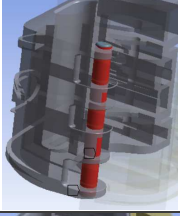
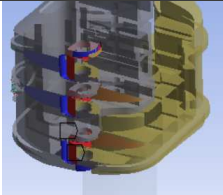
Material	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Módulo de Elasticidade (GPa)	Coefficiente de Poisson	Tensão de cedência (MPa)	Componentes Aplicados
Aço S355	7,86	210	0,29	355	Varão Alavanca Manivelas Eixos Quadro da bicicleta
Borracha TPU	1,24	1,69	0,38	63,2	Casquilhos
PA6+35%FV	1,41	11,4	0,4	150	Corpos da Abraçadeira

Em seguida, foram definidos os tipos de contactos entre os componentes, por forma a obter um comportamento do sistema, semelhante ao real. Na Tabela 25 encontra-se essa informação com a justificação para cada tipologia de contacto atribuída.

Tabela 25: Definição das tipologias de contacto entre os componentes.

Contato	Representação	Tipologia
Varão Esquerdo e Base de aplicação de forças		Unido – Simular a ligação à cadeira, onde o varão fica encastrado.
Varão direito e Base de aplicação de forças		Unido – Simular a ligação à cadeira, onde o varão fica encastrado.
Eixo do aperto e Manivela de cima		Rugoso – Para que não haja deslizamento e os componentes se possam deformar de forma independente.
Eixo do aperto e Manivela de baixo		Rugoso – Para que não haja deslizamento e os componentes se possam deformar de forma independente.
Eixo do aperto e Bloco da frente		Rugoso – Para que não haja deslizamento e os componentes se possam deformar de forma independente.
Manivela de cima e Bloco da frente		Sem atrito – Para simplificar e não interferir nas tensões do Bloco.
Manivela de baixo e Bloco da frente		Sem atrito – Para simplificar e não interferir nas tensões do Bloco.

Contato	Representação	Tipologia
<i>Seat tube</i> e Bloco de trás		Rugoso – Para que não haja deslizamento e os componentes se possam deformar de forma independente.
Casquilho de trás e Bloco de trás		Unido – Para simplificar.
<i>Seat tube</i> e Casquilho da frente		Rugoso – Para que não haja deslizamento e os componentes se possam deformar de forma independente.
Casquilho da frente e Bloco da frente		Unido – Para simplificar.
Varão esquerdo e Varão direito		Unido – Simular a união por soldadura.
Varão esquerdo e Bloco da frente		Rugoso – Para que não haja deslizamento e os componentes se possam deformar de forma independente.
Varão direito e Bloco da frente		Rugoso – Para que não haja deslizamento e os componentes se possam deformar de forma independente.

Contato	Representação	Tipologia
Eixo da dobradiça e Bloco de trás		Sem atrito – Para que o Bloco possa rodar em torno do eixo sem adicionar complexidade.
Eixo da dobradiça e Bloco da frente		Rugoso – Para que não haja deslizamento e os componentes se possam deformar de forma independente.
Dobradiça entre o corpo da frente e de trás		Sem atrito – Para que os Blocos possam rodar em torno do eixo sem adicionar complexidade.

Na fase seguinte foram aplicadas as restrições e forças externas aos componentes. O objetivo principal foi aproximar a realidade o mais possível e, portanto, foi adicionado um ponto de massa remoto que simula a massa do PBB com as cargas de ensaio no seu centro de gravidade (Figura 45 b)). Na Figura 45 a) encontra-se representado o centro de massa do PBB com as cargas de ensaio, cuja posição, relativamente ao sistema de coordenadas representado, é (40,15; 0; 83,91) mm.

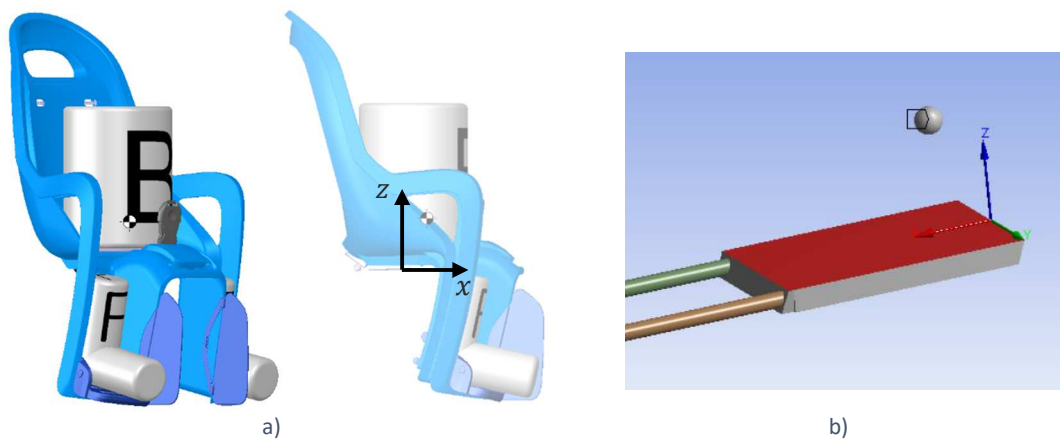


Figura 45: Localização do centro de massa do PBB durante o ensaio (a) e aplicação da respetiva carga na simulação (b).

Para que o ponto de massa aplicado exercesse a carga ao sistema na direção da gravidade, foi adicionada à simulação a aceleração gravítica, com o conjunto na posição mais desfavorável, que foi analisada no início deste capítulo (Figura 46).

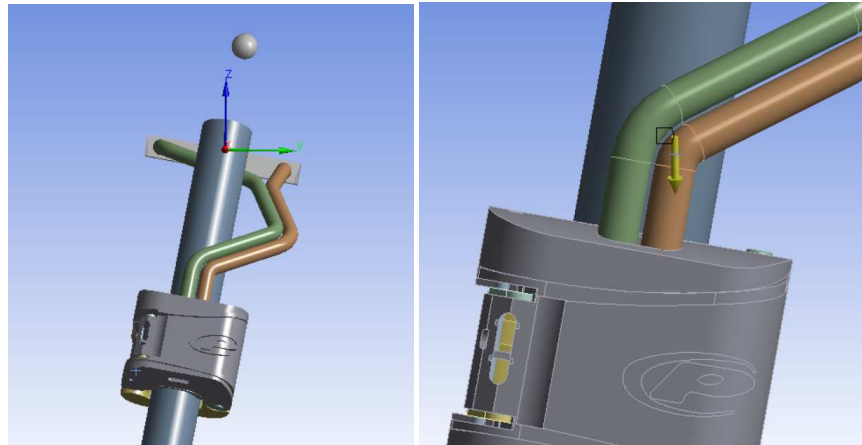


Figura 46: Posicionamento do conjunto nas condições mais desfavoráveis e definição da direção da aceleração da gravidade.

Para remover os graus de liberdade e ser possível executar a simulação, foi imposto nas extremidades do tubo (Figura 47) deslocamento nulo.

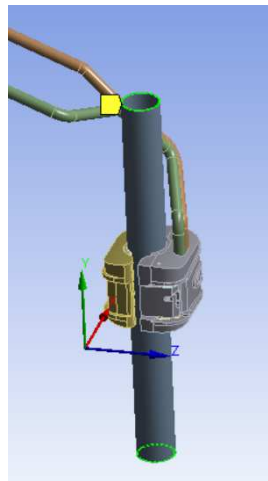


Figura 47: Extremidades do tubo onde foi imposto deslocamento nulo.

O manípulo lateral de aperto dos corpos foi removido e, para substituir, adicionou-se pré-cargas de 1000 N nas faces em que este estaria a exercer este esforço, como indicado a vermelho na Figura 48. Esta força considerada pretende simular o mesmo aperto entre os corpos que a abraçadeira Polisport (

Figura 23) faz.

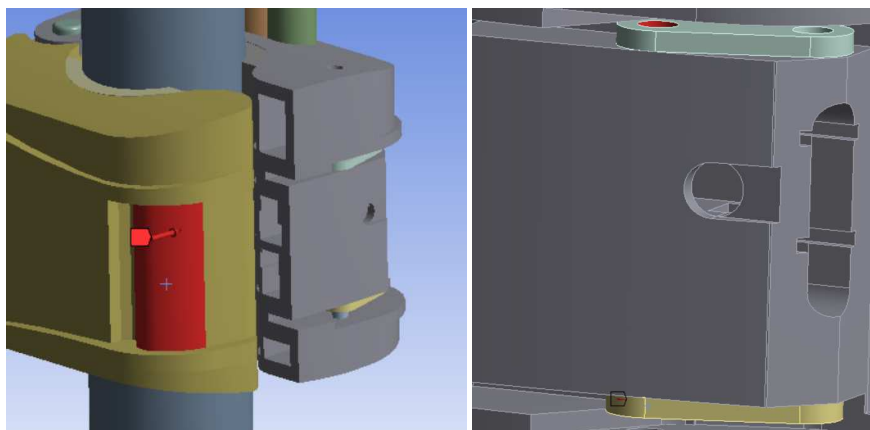


Figura 48: Superfícies onde foi aplicada uma pré-carga, correspondente ao aperto que o manípulo exerce (assinalado a vermelho).

Para simular o efeito da inércia, adicionou-se a força de 74 N, calculada no início deste capítulo, à face lateral da placa (Figura 49), na direção e sentido indicadas na Figura 43.

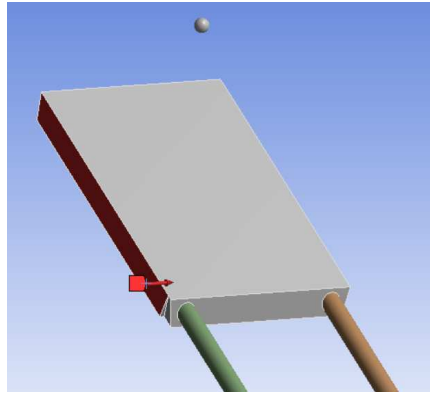


Figura 49: Aplicação da carga equivalente ao efeito de inércia no ciclo de ensaio.

Na etapa seguinte, como indica no método dos elementos finitos (capítulo 2.5.2.1), aplicou-se uma malha aos componentes, conforme a Figura 50.

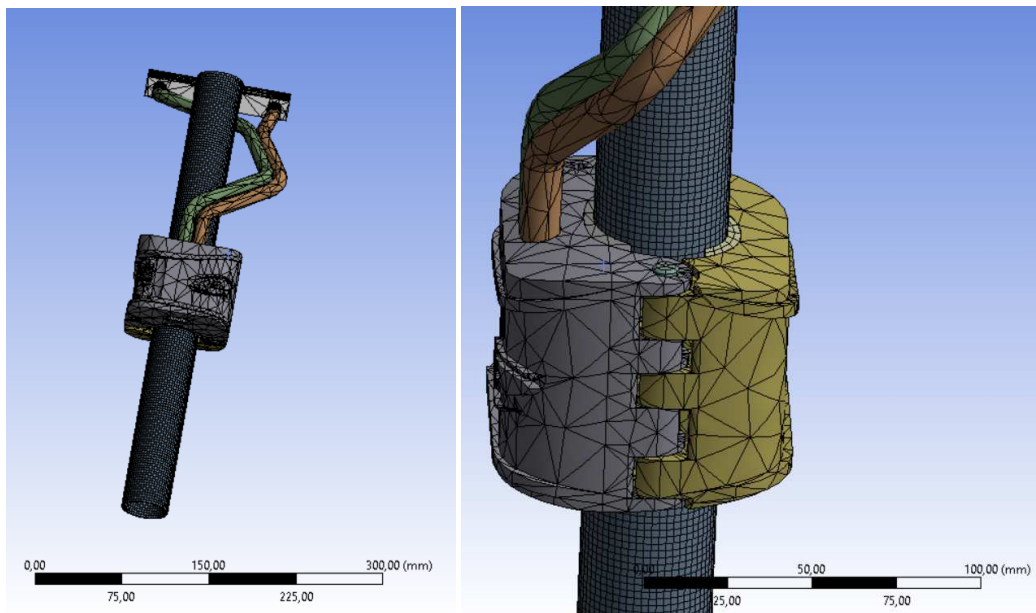


Figura 50: Representação da malha selecionada para a análise pelo método dos elementos finitos.

## 5.2 Verificação e análise crítica

Com a malha e os parâmetros definidos, foi corrida a simulação, obtendo a distribuição de tensões e deformações no conjunto. Na Figura 51 encontra-se representada a distribuição de tensões equivalentes no sistema de fixação, segundo Von-Mises. Observou-se que a tensão máxima ocorria no varão com o valor de 385 MPa, ultrapassando a tensão de cedência do material (355 MPa). Quanto às deformações dos materiais, observou-se valores muito baixos, que indicam uma boa rigidez do sistema de fixação, principalmente da abraçadeira. A variação da deformação do sistema de fixação pode ser observada na Figura 52. Na Figura 53 é possível perceber, com maior detalhe, a distribuição das tensões no varão e no corpo frontal da abraçadeira, outro dos componentes mais críticos no sistema de fixação, onde as tensões

atingiam valores superiores face à tensão de cedência correspondente. No entanto, para esta peça a tensão máxima equivalente de Von-Mises foi de 38 MPa, que se traduz num coeficiente de segurança de 2,8.

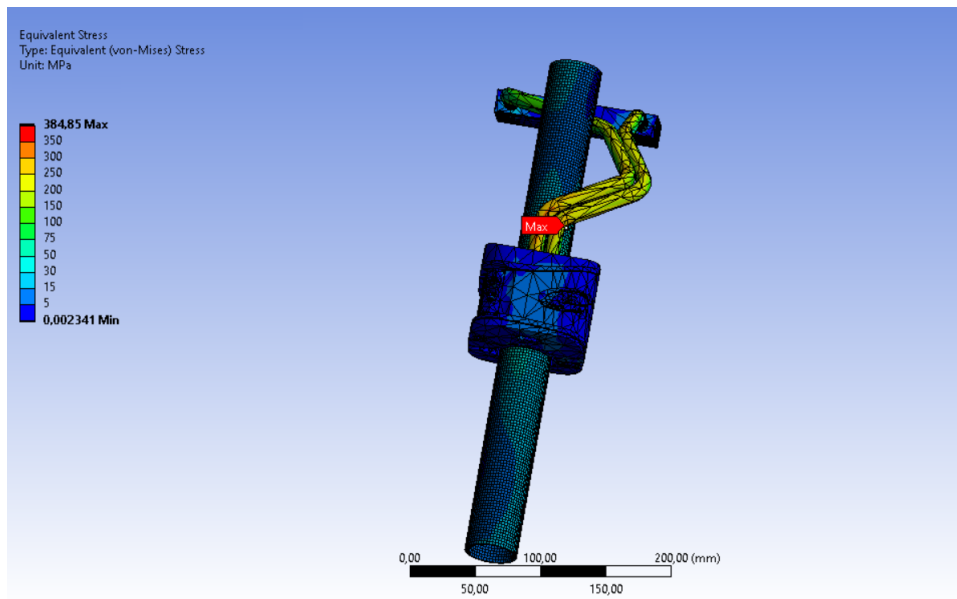


Figura 51: Distribuição de tensões equivalentes (Von-Mises) no sistema de fixação.

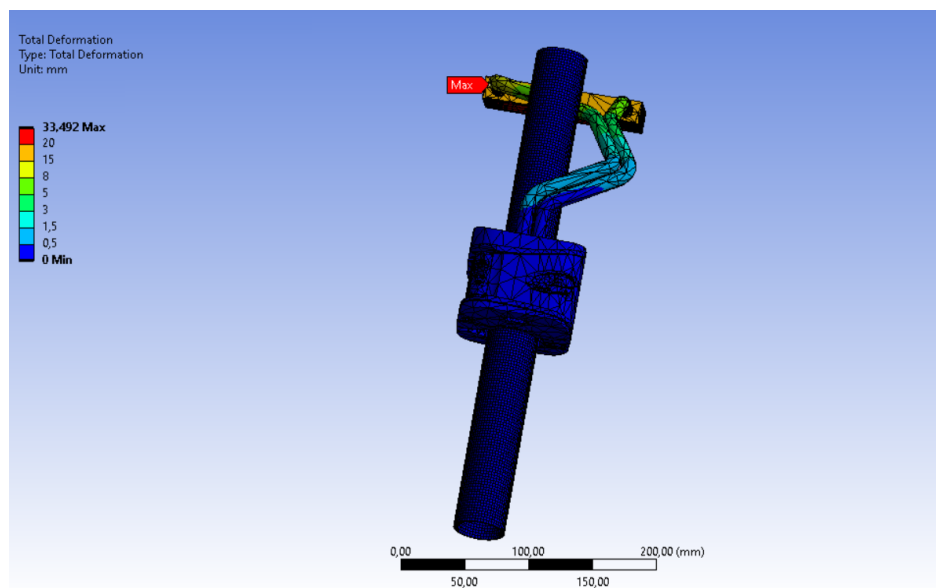


Figura 52: Distribuição gráfica das deformações no sistema de fixação.

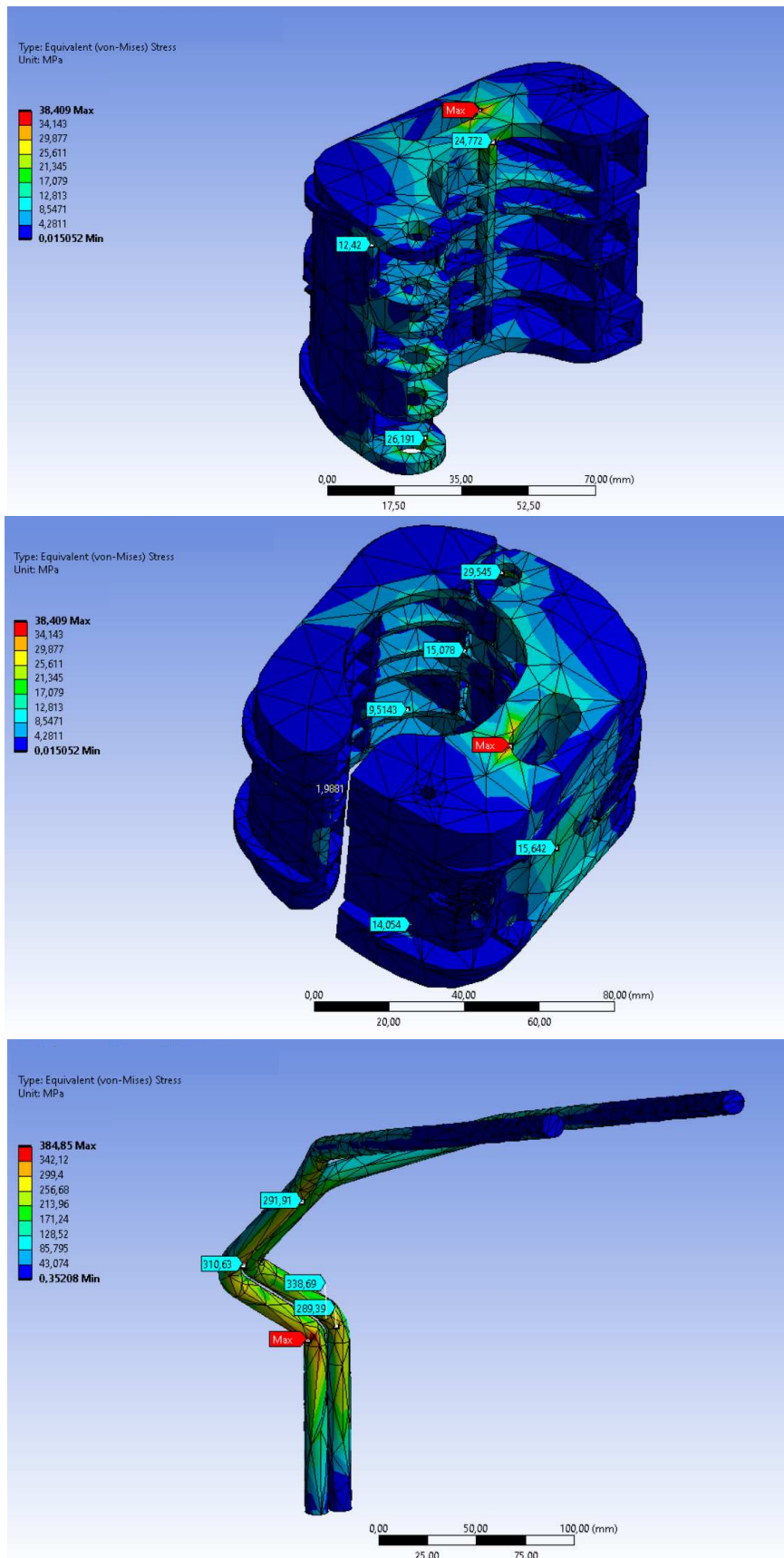


Figura 53: Análise pormenorizada da distribuição de tensões no corpo da frente da abraçadeira e no varão.

Com os resultados desta primeira simulação, concluiu-se que o sistema não possuía resistência suficiente para avançar. As tensões no varão ultrapassavam o limite de cedência do material e, portanto, o sistema não iria oferecer segurança para o utilizador.

Para contornar este problema, efetuou-se uma análise ao modelo, através da distribuição gráfica de tensões, para perceber as causas do problema e possíveis soluções. Uma vez que os pontos de maior tensão no varão surgiram nas dobras, principalmente na primeira, decidiu-se diminuir o ângulo de dobragem (Figura 54). Na abraçadeira, no corpo da frente, nas zonas de maior tensão, decidiu-se fazer os acabamentos arredondados nas arestas em causa (Figura 55).

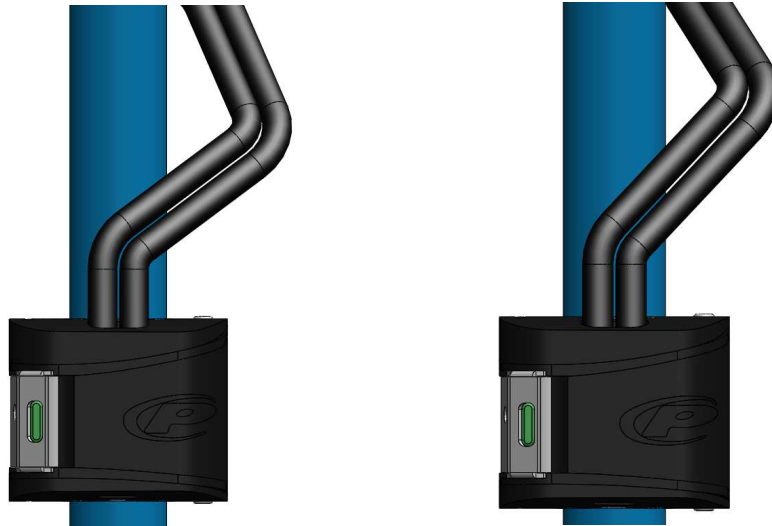


Figura 54: Diminuição do ângulo de dobragem do varão na primeira curva após saída da abraçadeira. À esquerda, encontra-se a versão anterior e, à direita, encontra-se a nova versão.

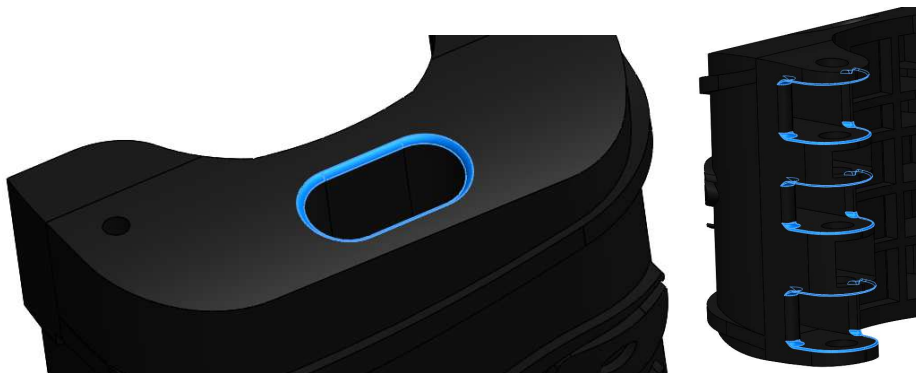


Figura 55: Nova versão do corpo da frente da abraçadeira com arestas arredondadas.

A simulação foi corrida novamente, nas mesmas condições da anterior, para esta nova versão. A tensão equivalente máxima de Von-Mises no sistema de fixação voltou a surgir no varão, com o valor de 381 MPa. Este valor é ligeiramente inferior ao obtido na última iteração, o que demonstra que as modificações efetuadas não foram suficientes e não foram realizadas na raiz do problema. No corpo da frente da abraçadeira verificou-se um aumento das tensões nas zonas modificadas, com uma tensão máxima de 78 MPa, na aresta arredondada da Figura 55, da cavidade que aloja o varão. Este resultado indica que esta zona da abraçadeira é bastante frágil e necessita de ser reforçada ou, em alternativa, é necessário distribuir os esforços exercidos pelo

varão numa área superior. Este resultado veio ainda reforçar a necessidade de refinamento da malha neste elemento, para melhorar a fiabilidade das soluções.

Em seguida, foram realizadas várias iterações deste processo, efetuando alterações na geometria, com vista à redução da tensão máxima no modelo. As iterações terminaram quando se conseguiu ultrapassar o objetivo mínimo de coeficiente de segurança de 2,5, já mencionado no início do presente capítulo. Nesta iteração final, foi conseguida a distribuição de tensões como representado no modelo da Figura 57. As tensões no varão baixaram consideravelmente, sendo a tensão máxima de 123 MPa, que aparece na zona de soldadura do varão entre a primeira e segunda dobra, como se pode observar na Figura 58. Com esta tensão máxima instalada, por comparação com o valor da tensão de cedência do aço S355 (355 MPa), resultou um coeficiente de segurança de 2,9. Na abraçadeira, em particular no corpo frontal, as tensões também diminuíram (Figura 59), resultando num coeficiente de segurança de 4,5. De notar que nesta última iteração foi refinada a malha, através da redução do tamanho dos elementos, para maior precisão dos valores de tensão e deformação, e da sua localização. Na Figura 56 pode-se observar a malha utilizada nesta iteração.

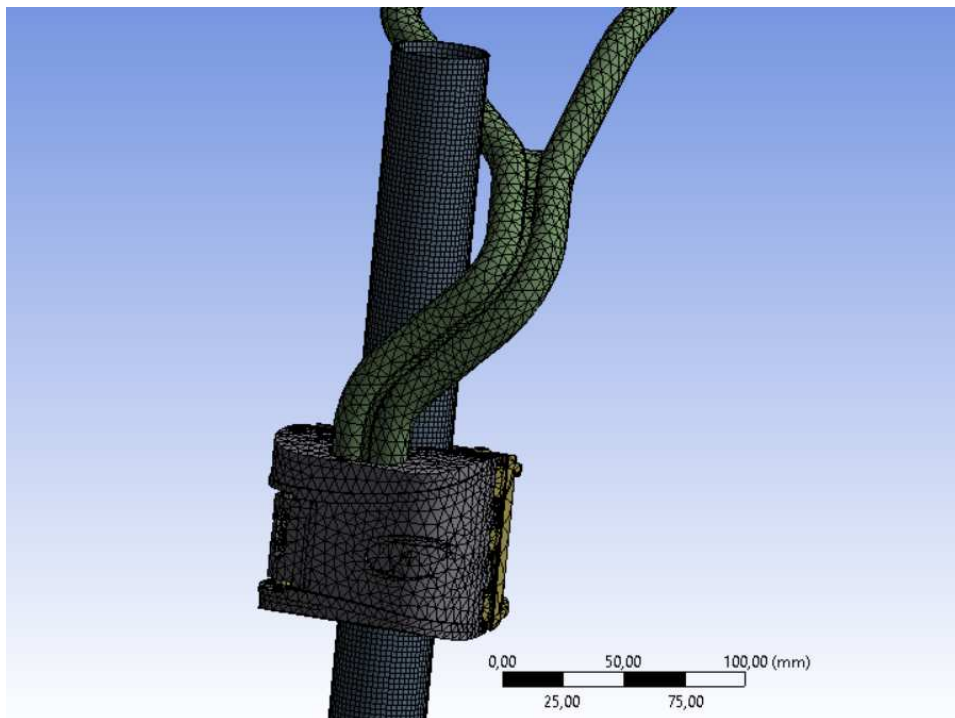


Figura 56: Representação da malha selecionada na iteração final.

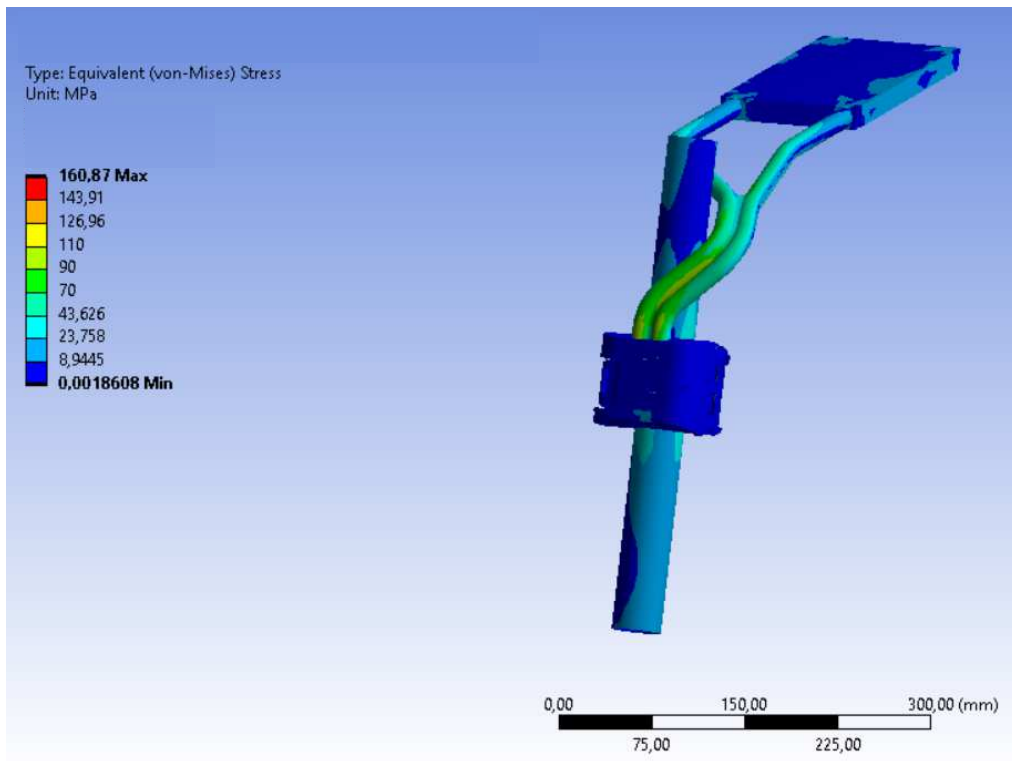


Figura 57: Representação gráfica de Tensões equivalentes (Von-Mises) no modelo, para a iteração final.

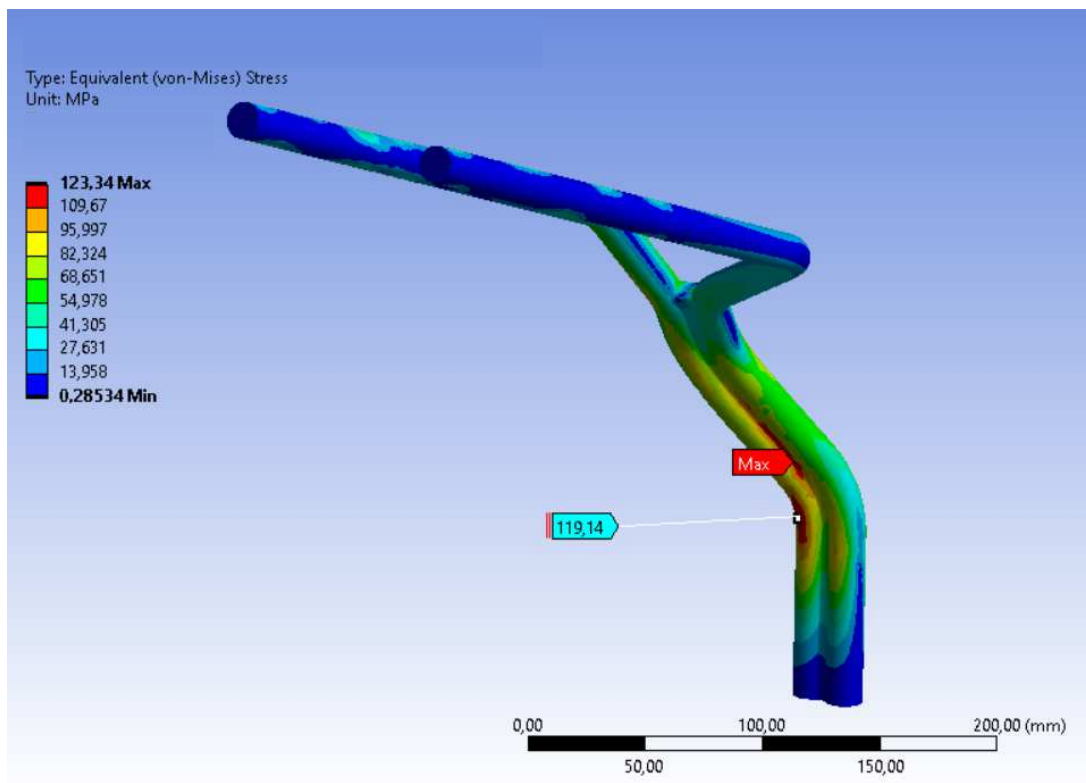


Figura 58: Representação gráfica de Tensões equivalentes (Von-Mises) no varão, para a iteração final.

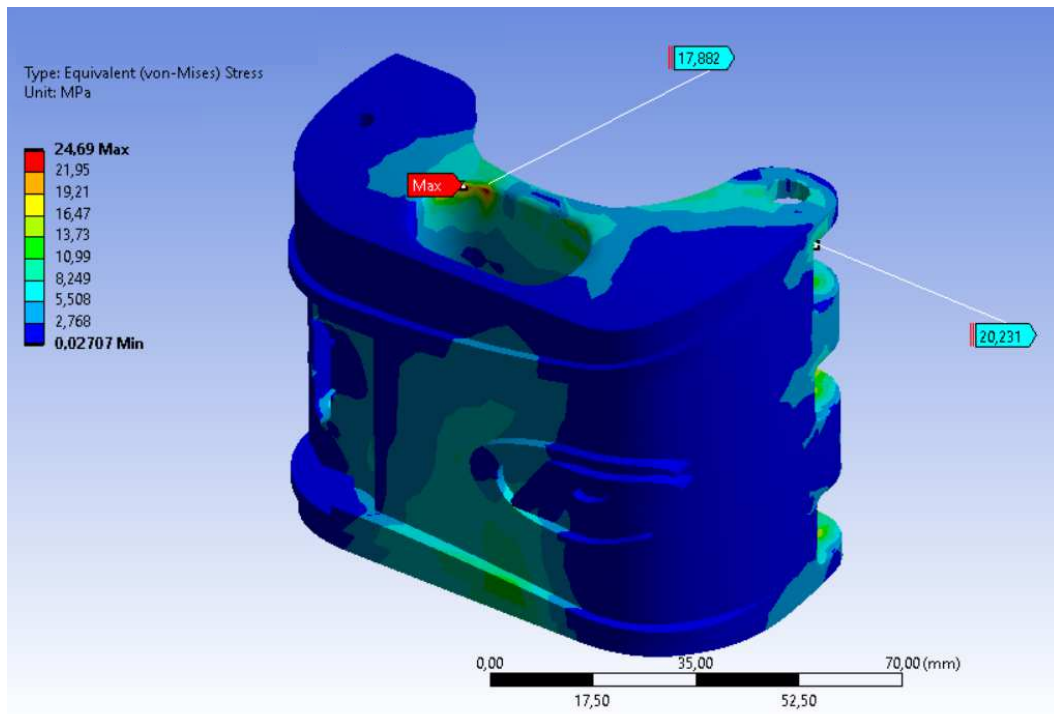


Figura 59: Representação gráfica de Tensões equivalentes (Von-Mises) na abraçadeira, para a iteração final.

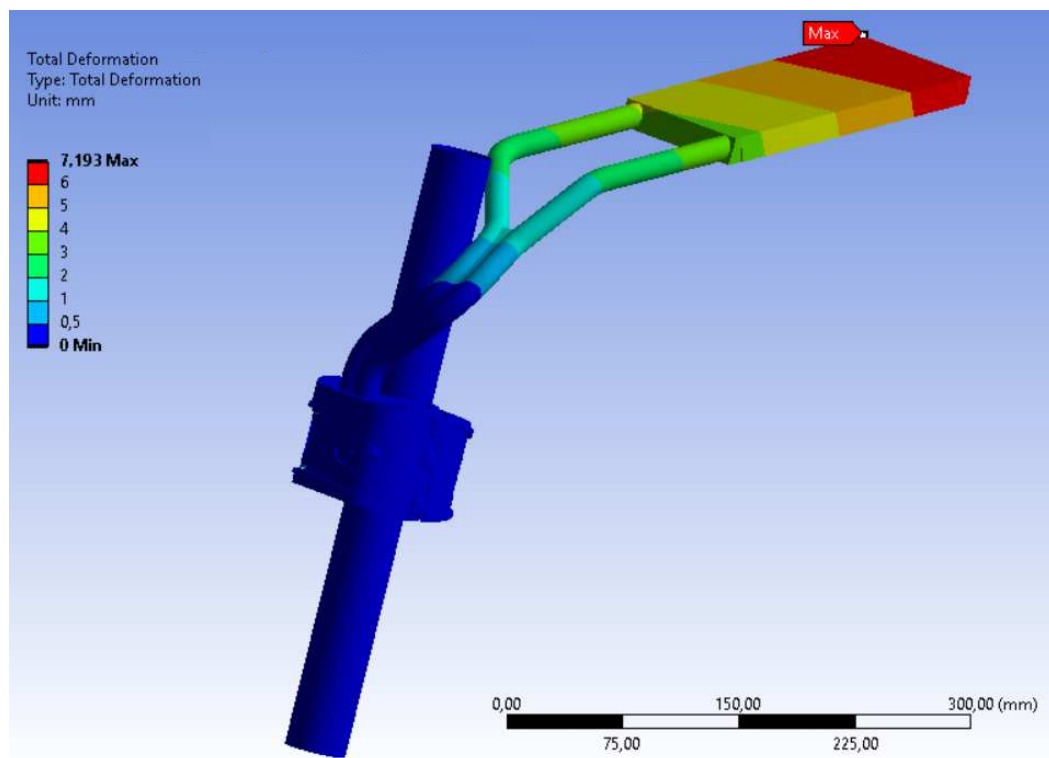


Figura 60: Representação gráfica de deformações no modelo, para a iteração final.

Para a obtenção deste resultado, foi reforçado o varão, com o aumento de 4 mm de espessura, assim como o corpo da frente, no qual foi aumentada a espessura das nervuras que sustentavam a ligação ao corpo de trás, e foram ainda deslocadas as nervuras diretamente responsáveis por sustentar os esforços do varão no alojamento da abraçadeira (Figura 61).

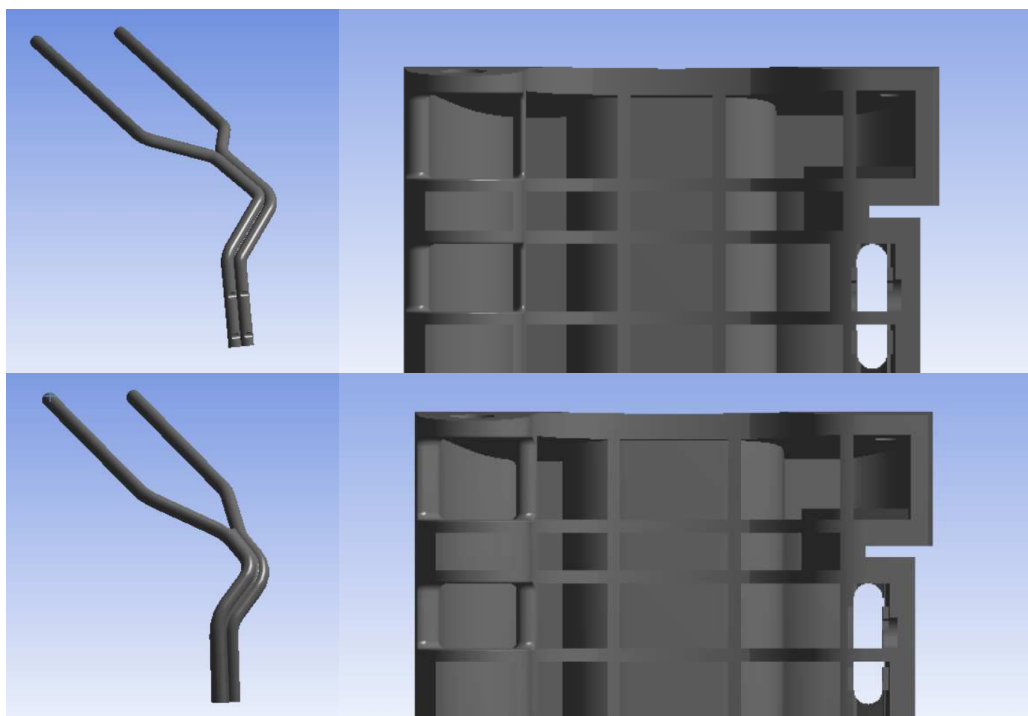


Figura 61: Diferenças entre os modelos da primeira iteração (acima) e da última iteração (abaixo).

No Anexo 8.2 encontra-se o desenho de conjunto do sistema de fixação, com as alterações finais desta etapa.



# CONCLUSÕES

6.1 CONCLUSÕES

6.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS



## 6 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS




Para concluir esta dissertação, será feita neste capítulo uma revisão do trabalho realizado, com a verificação do cumprimento dos objetivos inicialmente traçados. Serão ainda abordados os futuros trabalhos que se poderão desenvolver, no seguimento do trabalho desenvolvido nesta dissertação.





### 6.1 Conclusões

A presente dissertação acerca do estágio curricular realizado na Polisport Plásticos, S.A., teve maior incidência nas áreas de gestão e projeto mecânico. O desenvolvimento de um novo produto, com o planeamento e acompanhamento de todas as etapas permitiram desenvolver capacidades na vertente de gestão de projetos. Para auxiliar estas tarefas, foram utilizadas diversas ferramentas de gestão, destacando-se a análise SWOT, o diagrama de causa-efeito, o *brainstorming* e a matriz de seleção que, além de agilizarem o projeto, permitiram o aumento do conhecimento e destreza nesta área. O projeto mecânico esteve também presente com a conceção de um modelo CAD do sistema de fixação e, com o seu dimensionamento e verificação. Nesta área, foram também utilizadas ferramentas que, para além de agilizar o trabalho, aumentaram o domínio neste campo, como as ferramentas de modelação e análise numérica por elementos finitos.

Os objetivos definidos para esta dissertação foram cumpridos, como está indicado na Tabela 26, onde também está explicada a forma como foram cumpridos.

Tabela 26: Verificação de cumprimento dos objetivos da dissertação.

Definição clara e objetiva de requisitos para o novo produto	Foi estudado o produto onde seria aplicável este novo sistema de fixação, os produtos da concorrência e reunidas as necessidades dos clientes num <i>briefing</i> e detalhados os requisitos para o novo produto.	
Implementação de uma estratégia de desenvolvimento de produto	Com base na bibliografia consultada, foi utilizado um pouco de cada metodologia apresentada, mas com especial foco na descrita por Carvalho <i>et al</i> [11]. Foram definidas as etapas do projeto e a duração e, foi desenvolvido o produto nessa sequência.	
Promoção da interação dos elementos de equipa de projeto para desenvolvimento de uma solução	Foram realizadas reuniões, com trocas de ideias entre os elementos da equipa de projeto, desde a fase de <i>briefing</i> . Destaca-se ainda a fase de <i>brainstorming</i> , onde a interação entre elementos de diversas áreas promoveu o surgimento de diversas soluções para o mesmo problema.	

Implementação de uma metodologia de seleção de conceitos	Para seleção das ideias e conceitos gerados no <i>brainstorming</i> , foram definidos critérios e pesos que sustentaram uma matriz de seleção. Esta matriz de seleção teve o papel importante de indicar um caminho a seguir, que apresentasse as melhores perspectivas para o sucesso do projeto.	
Previsão de custos e investimentos para o novo produto	Foram analisados os componentes que constituíam o sistema de fixação e foi apresentada uma previsão de custos por peça e do investimento necessário para obter o produto final.	
Desenvolvimento de <i>design</i> e engenharia do novo produto	Com o conceito selecionado, modelou-se peças plásticas e metálicas, tendo por base os princípios de <i>design</i> abordados na bibliografia e os requisitos definidos.	
Dimensionamento e verificação dimensional do produto	Para verificar a resistência do sistema de fixação, foram efetuadas análises computacionais pelo método dos elementos finitos, obtendo-se no final dessa etapa, um sistema de fixação com um coeficiente de segurança superior a 2,5.	

Para concluir, o valor de um produto para o cliente está diretamente relacionado com o seu desenvolvimento, onde a definição das bases de projeto e a interação entre membros da equipa de projeto são fundamentais.

## 6.2 Propostas de trabalhos futuros

Esta dissertação finalizou com a validação dimensional do sistema de fixação. No entanto, até este produto poder ser disponibilizado no mercado, existe ainda uma sequência de etapas, pelo qual o projeto deverá passar. Numa próxima fase, deverá ser produzido um protótipo, para verificar se o sistema de fixação está de acordo com a lista de requisitos inicialmente definida e se a interação entre os componentes está de acordo com o esperado. Depois deverão ser efetuadas as alterações no modelo necessárias e deverá ser testado em laboratório a resistência mecânica do sistema de fixação, com peças produzidas em moldes protótipos. Após aprovação dos componentes, deverá também ser efetuada uma aprovação de custos finais. A fase de projeto que seguinte deverá ser a construção de ferramentas e moldes para produzir o sistema de fixação, que irá efetuar a certificação de seguida. Este projeto fica concluído após realizar a especificação do produto e efetuada a pré série de produção e montagem do produto final.

Outro trabalho que poderá ser realizado no futuro, é o desenvolvimento de um sistema de fixação semelhante ao apresentado, mas direcionado para as cadeiras de fixação na frente da bicicleta.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES  
DE INFORMAÇÃO**



## 7 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- [1] Loibl, W., Etmnan, G., Gebetsroither-Geringer, E., Neumann, H.-M., & Sanchez-Guzman, S. (2018). Characteristics of Urban Agglomerations in Different Continents: History, Patterns, Dynamics, Drivers and Trends. In M. Ergen (Ed.), *Urban Agglomeration*. (pp. 29–63). London, United Kingdom: IntechOpen. ISBN 978-953-51-3898-3.
- [2] World Health Organization (2020). Urban population growth. Obtido de [https://www.who.int/gho/urban\\_health/situation\\_trends/urban\\_population\\_growth\\_text/en/](https://www.who.int/gho/urban_health/situation_trends/urban_population_growth_text/en/) [Online, Consultado em 12 de Janeiro de 2020].
- [3] Plas, V. (2004). The Leonardo da Vinci Bicycle Hoax. Obtido de [http://www.cyclepublishing.com/history/leonardo\\_da\\_vinci\\_bicycle.html](http://www.cyclepublishing.com/history/leonardo_da_vinci_bicycle.html) [Online, Consultado em 12 de Janeiro de 2020].
- [4] Alcorta, A. (2008). A história da bicicleta no mundo. Obtido de <http://www.escoladebicicleta.com.br/historiadabicicleta.html> [Online, Consultado em 12 de Janeiro de 2020].
- [5] Annacchino, M. (2003). *New Product Development: From Initial Idea to Product Management*. Burlington, United States of America: Elsevier Inc. ISBN 978-0-7506-7732-5.
- [6] Loch, C. & Kavadias, S. (2008). *Handbook of New Product Development Management*. Burlington, United States of America: Elsevier Ltd. ISBN 978-0-7506-8552-8.
- [7] Persson, J. (2016). Current Trends in Product Development. In L. Wang e T. Kjellberg (Eds.), *Procedia CIRP: 26th CIRP Design Conference*. (50. pp. 378–383). Stockholm, Sweden: KTH Machine Design. ISBN 9789604741786.
- [8] Silva, F. & Gouveia, R. (2020). *Cleaner Production: Toward a Better Future*. Nature, Switzerland: Springer. ISBN 978-3-030-23164-4.
- [9] Ashurst, P., Hargitt, R., & Palmer, F. (2017). *Soft Drink and Fruit Juice Problems Solved*. Kidlington, United Kingdom: Elsevier Ltd. ISBN 9780081009185.
- [10] Rainey, D. (2005). *Product Innovation: Leading Change through Integrated Product Development*. New York, United States of America: Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-84275-4.
- [11] Carvalho, N., Fernandes, L., Borges, M., & Ribeiro, R. (2013). DFMA: Metodologia para Desenvolvimento em Projetos Industriais. In R. Ribeiro (Ed.), *X Encontro de Iniciação Científica e VIII Mostra de Pós-graduação - FATEA*. Lorena, Brasil: Instituto Santa Teresa e Faculdades Integradas Teresa D'Ávila. ISBN 85-99189-06-9.

- [12] Kaminski, P. (2000). *Desenvolvendo Produtos com Planejamento, Criatividade e Qualidade*. Rio de Janeiro, Brasil: Livros Técnicos e Científicos. ISBN 978-8521612001.
- [13] Sousa, A. (1998). *Estudo e análise dos métodos de avaliação da montabilidade de produtos industriais no processo de projeto*. Tese de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina Departamento de Engenharia Mecânica, Florianópolis, Brasil.
- [14] Rossi, M., Taisch, M., & Terzi, S. (2012). Lean product development: A five-steps methodology for continuous improvement. In B. Katzy, T. Holzmann, K. Sailer, e K. Thoben (Eds.), *2012 18th International Conference on Engineering, Technology and Innovation*. Munich, Germany: Strasczeg Center for Entrepreneurship at theMunich University of Applied Sciences. ISBN 978-1-4673-2275-1.
- [15] Boothroyd, G., Dewhurst, P., & Knight, W. (2002). *Product design for manufacture and assembly*. New York, United States of America: Marcel Dekker, Inc. ISBN 0-8247-0584-X.
- [16] Bralla, J. (1999). *Design for manufacturability handbook*. New York, United States of America: The McGraw-Hill Companies, Inc. ISBN 0-07-007139-X.
- [17] Ljungberg, L. (2005). Materials selection and design for development of sustainable products, *Materials and Design*, 28 (2), pp. 466–479.
- [18] Molloy, O., Tilley, S., & Warman, E. (1998). *Design for Manufacturing and Assembly: Concepts, architectures and implementation*. Berlin, Germany: Springer Science+Business Media. ISBN 978-1-4613-7650-7.
- [19] Johansson, J. (2008). *Material Hygiene-An EcoDesign mindset for recycling of products*. Tese de doutoramento. Department of Machine Design Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.
- [20] Ministério do Meio Ambiente (2018). Ecodesign. Obtido de <https://www.mma.gov.br/informma/item/7654-ecodesign.html> [Online, Consultado em 18 de Dezembro de 2019].
- [21] Santos, J., Gouveia, R., & Silva, F. (2017). Designing a new sustainable approach to the change for lightweight materials in structural components used in truck industry, *Journal of Cleaner Production*, 164 (1), pp. 115–123.
- [22] Eduardo Viecelli (2014). ECODESIGN - Fator Redutor de Impacto Ambiental, *Revista Atitude*, 8 (16), pp. 109–112.
- [23] Braga, J. (2014). Ecodesign: Estudo de caso de estratégias aplicadas a produtos nacionais, *Revista Portuguesa e Brasileira de Gestão*, 13 (2), pp. 28–40.
- [24] Rodrigue, J.-P., Comtois, C., & Slack, B. (2016). *The Geography of Transport Systems*. London, United Kingdom: Routledge. ISBN 978-1138669574.
- [25] DuPuis, N., Griess, J., & Klein, C. (2019). *Micromobility in Cities: A History and Policy Overview*. Obtido de <https://www.nlc.org/resource/micromobility-in-cities-a-history-and-policy-overview%0A%0Anlc.org> [Online, Consultado em 28

- de Novembro de 2019].
- [26] NACTO (2018). *Shared Micromobility in the U.S.: 2018*. Obtido de <https://nacto.org/shared-micromobility-2018/> [Online, Consultado em 30 de Dezembro de 2019].
- [27] Heineke, K., Kloss, B., Scurtu, D., & Weig, F. (2019). Micromobility's 15,000-mile checkup. Obtido de <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/micromobilitys-15000-mile-checkup> [Online, Consultado em 30 de Dezembro de 2019].
- [28] European Cyclists' Federation (2015). The benefits of cycling: Unlocking their potential for Europe. Obtido de <https://ecf.com/resources/cycling-facts-and-figures> [Online, Consultado em 30 de Dezembro de 2019].
- [29] Polisport Plásticos S.A. (2019). *Vendas anuais de cadeiras porta-bebé de bicicleta*. Dados Internos. Oliveira de Azemés, Portugal.
- [30] Hollandbikeshop (2019). Cadeira Porta-bébé Polisport-Guppy maxi. Obtido de <https://hollandbikeshop.com/img/prod/polisport-guppy-maxi-seggiolino-posteriore-bimbo-jeans-blue-crema-5604415080272-4-l.jpg> [Online, Consultado em 31 de Dezembro de 2019].
- [31] Polisport Plásticos S.A. (2019). *Catálogo Polisport 2020: WE ARE ALL ABOUT CYCLING*. Documento Interno. Oliveira de Azemés, Portugal.
- [32] European Committee for Standardization Standard EN 14344:2004, 2004. Obtido de [https://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204:110:0:::FSP\\_LANG\\_ID,FSP\\_PROJECT:25,12659&cs=1E738AAEBAF06EDFDE7CFA3BB76BE086D](https://standards.cen.eu/dyn/www/f?p=204:110:0:::FSP_LANG_ID,FSP_PROJECT:25,12659&cs=1E738AAEBAF06EDFDE7CFA3BB76BE086D) [Online, Consultado em 30 de Janeiro de 2020].
- [33] Frizelle, W. (2011). Injection Molding Technology. In M. Kutz (Ed.), *Applied Plastics Engineering Handbook: Processing and Materials*. (pp. 205–214). Oxford, United Kingdom: Elsevier Inc. ISBN 978-1-4377-3514-7.
- [34] 3D Systems (2015). Conceitos básicos de design de moldagem por injeção. Obtido de <https://br.3dsystems.com/quickparts/learning-center/injection-molding-basics> [Online, Consultado em 21 de Maio de 2020].
- [35] 3D Hubs (2018). Injection molding: The manufacturing & design guide. Obtido de <https://www.3dhubs.com/guides/injection-molding/> [Online, Consultado em 20 de Abril de 2020].
- [36] Powell, J. (2001). *Part and Mold Design: A Design Guide*. Pittsburgh, United States of America: Bayer Corporation. ISBN 2001018177.
- [37] Huebner, K., Dewhirst, D., Smith, D., & Byrom, T. (2001). *The finite element method for engineers*. New York, United States of America: John Wiley & Sons, Inc. ISBN 978-0-471-37078-9.
- [38] Giuseppe Mirlisenna (2016). Método dos Elementos Finitos: o que é? Obtido de <https://www.esss.co/blog/metodo-dos-elementos-finitos-o-que-e/> [Online, Consultado em 24 de Dezembro de 2019].

- [39] Campilho, R. (2019). *Sebenta da Unidade Curricular Método de Elementos Finitos*. Porto, Portugal: Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- [40] SimScale (2019). What is a Mesh? Obtido de <https://www.simscale.com/docs/content/simwiki/preprocessing/whatisamesh.html> [Online, Consultado em 27 de Dezembro de 2019].
- [41] COMSOL (2017). Finite Element Mesh Refinement Definition and Techniques. Obtido de <https://www.comsol.com/multiphysics/mesh-refinement> [Online, Consultado em 27 de Dezembro de 2019].
- [42] COMSOL (2017). Detailed Explanation of the Finite Element Method (FEM). Obtido de <https://www.comsol.pt/multiphysics/finite-element-method> [Online, Consultado em 27 de Dezembro de 2019].
- [43] SimScale (2019). What are Boundary Conditions? Obtido de <https://www.simscale.com/docs/content/simwiki/numerics/what-are-boundary-conditions.html> [Online, Consultado em 04 de Janeiro de 2020].
- [44] SimScale (2019). How to Calculate Stress and Strain with FEM Software? Obtido de <https://www.simscale.com/blog/2017/04/stress-and-strain/> [Online, Consultado em 28 de Dezembro de 2019].
- [45] Campos, A. (2017). *Sebenta Teórica da Unidade Curricular de Órgãos de Máquinas*. Porto, Portugal: Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- [46] Polisport (2019). Cadeiras para Bicicleta. Obtido de [https://www.polisport.com/pt/bicicleta/caadeiras-para-bicicleta/ver-tudo\\_594-582.html?p=2](https://www.polisport.com/pt/bicicleta/caadeiras-para-bicicleta/ver-tudo_594-582.html?p=2) [Online, Consultado em 04 de Janeiro de 2020].
- [47] Hamax (2019). Child bike seats. Obtido de <https://www.hamax.com/product-category/child-bike-seat/> [Online, Consultado em 04 de Janeiro de 2020].
- [48] Bellelli (2019). Bellelli's Catalogue - Bike Accessories. Obtido de <https://www.bellelli.com/en/catalogue/bike-accessories> [Online, Consultado em 22 de Maio de 2020].
- [49] Baby, O. (2019). Bike Seats & Helmets. Obtido de <https://www.okbaby.it/en/products/bike.html> [Online, Consultado em 22 de Maio de 2020].
- [50] Bobike (2019). Rear seats: ONE maxi. Obtido de <https://bobike.com/en/product/detail/one-maxi> [Online, Consultado em 04 de Janeiro de 2020].
- [51] Britax Römer (2019). Mounting Bracket JOCKEY - accessory. Obtido de <https://www.britax-roemer.com/accessories/bike-seat-accessories/mounting-bracket-jockey/7123.html> [Online, Consultado em 04 de Janeiro de 2020].
- [52] Thule (2019). Cadeiras de criança para traseira. Obtido de <https://www.thule.com/pt-pt/child-bike-seats/rear-mounted-child-bike-seats> [Online, Consultado em 04 de Janeiro de 2020].
- [53] Urban Iki (2019). Rear seat with frame bracket. Obtido de [https://www.urbaniki.com/pt-pt/child-bike-seats/rear-seat-with-frame-bracket](#) [Online, Consultado em 04 de Janeiro de 2020].

<https://www.urbaniki.dk/en/product/urban-iki-rear-seat-with-frame-bracket/>  
[Online, Consultado em 04 de Janeiro de 2020].

- [54] Ulrich, K. & Eppinger, S. (2012). *Product Design and Development*. New York, United States of America: McGraw-Hill Education. ISBN 9780071086950.
- [55] MindTools (2016). Brainstorming: Generating Many Radical, Creative Ideas. Obtido de <https://www.mindtools.com/brainstm.html> [Online, Consultado em 02 de Abril de 2020].



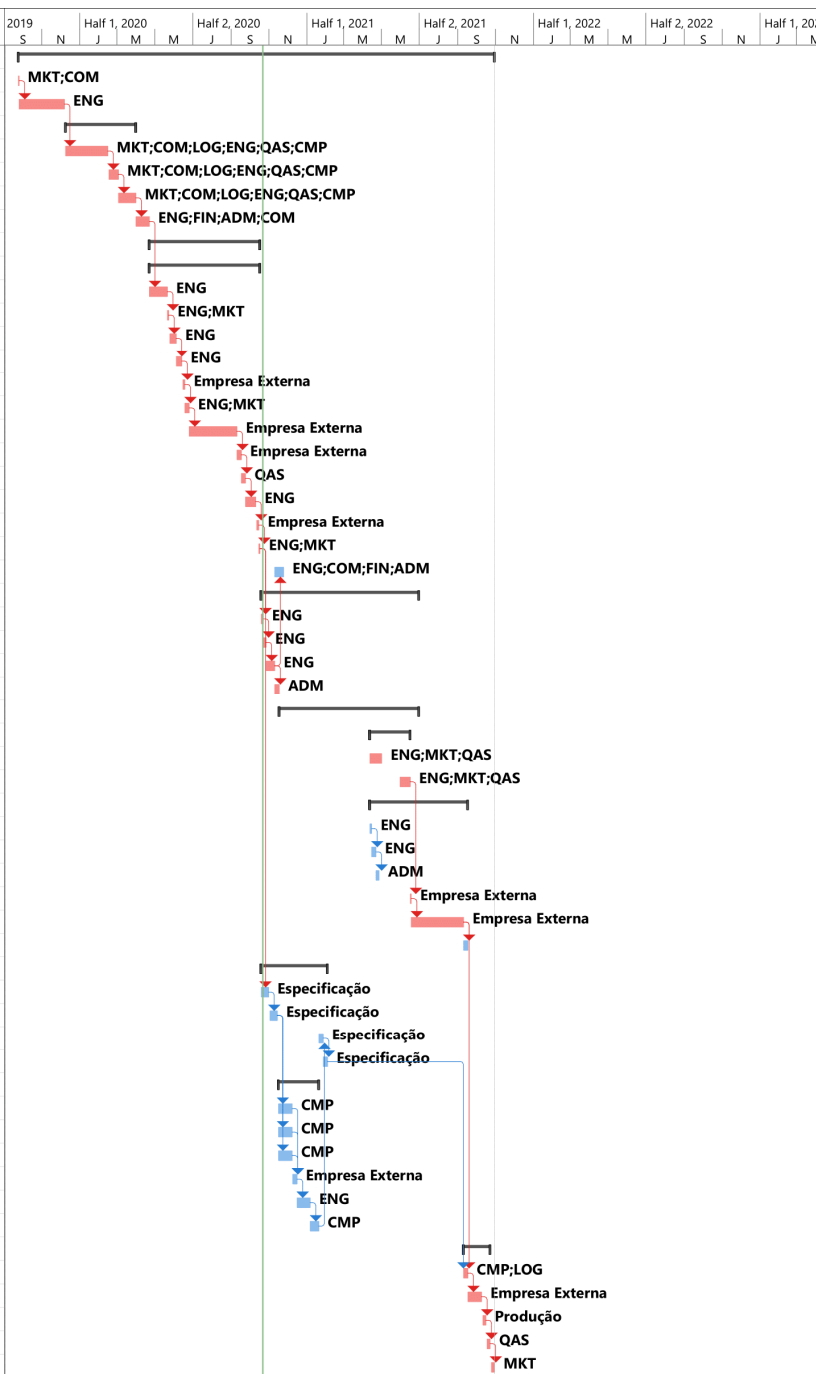
# ANEXOS

- 8.1 Anexo 1: Calendarização completa das atividades do projeto
- 8.2 Anexo 2: Desenho de conjunto do sistema de fixação



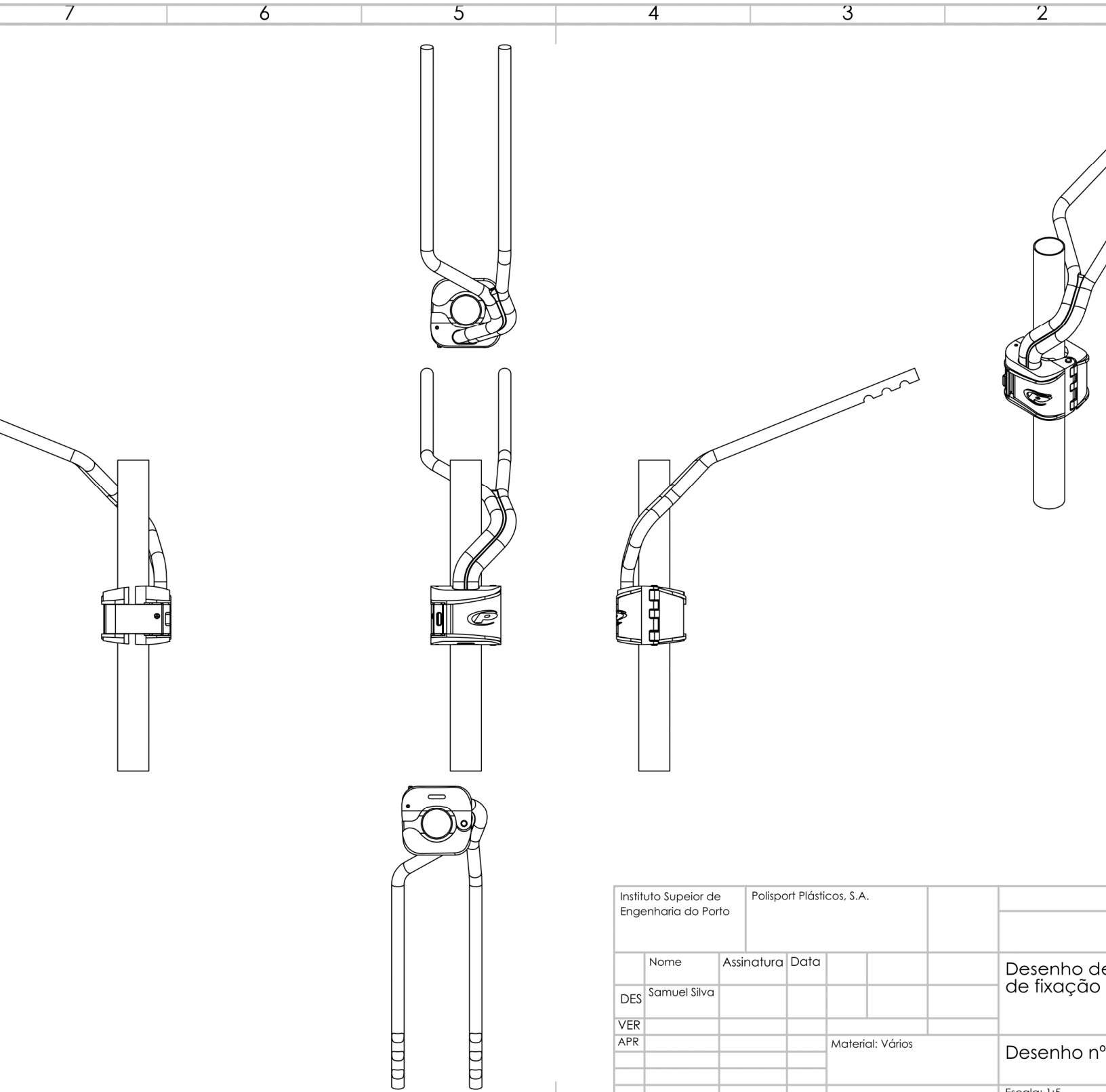
## Atividades do projeto

Atividade	Duração	Início	Fim	Precedentes
<b>Temática de fixação quick mount</b>	<b>483 days</b>	<b>Tue 24/09/19</b>	<b>Fri 29/10/21</b>	
Projeto	1 day	Tue 24/09/19	Tue 24/09/19	
Requisitos	51 days	Wed 25/09/19	Fri 06/12/19	2
<b>Definição de Conceitos</b>	<b>70 days</b>	<b>Mon 09/12/19</b>	<b>Mon 30/03/20</b>	
Definição de conceitos	40 days	Mon 09/12/19	Fri 14/02/20	3
Definição de conceitos	10 days	Mon 17/02/20	Mon 02/03/20	5
Desenvolvimento de conceitos	20 days	Tue 03/03/20	Mon 30/03/20	6
Definição de conceitos	15 days	Tue 31/03/20	Tue 21/04/20	7
<b>Desenvolvimento de Engenharia do produto</b>	<b>108 days</b>	<b>Wed 22/04/20</b>	<b>Fri 16/10/20</b>	
Desenvolvimento de Engenharia do produto	108 days	Wed 22/04/20	Fri 16/10/20	
Desenvolvimento de Engenharia - Desenvolvimento CAD Preliminar	20 days	Wed 22/04/20	Wed 20/05/20	8
Desenvolvimento de Engenharia - Desenvolvimento CAD Preliminar	2 days	Thu 21/05/20	Fri 22/05/20	11
Desenvolvimento de Engenharia - Desenvolvimento CAD Preliminar	8 days	Mon 25/05/20	Wed 03/06/20	12
Desenvolvimento de Engenharia - Desenvolvimento CAD Preliminar	5 days	Thu 04/06/20	Fri 12/06/20	13
Desenvolvimento de Engenharia - Desenvolvimento CAD Preliminar	3 days	Mon 15/06/20	Wed 17/06/20	14
Desenvolvimento de Engenharia - Desenvolvimento CAD Preliminar	5 days	Thu 18/06/20	Wed 24/06/20	15
Desenvolvimento de Engenharia - Desenvolvimento CAD Preliminar	40 days	Thu 25/06/20	Wed 09/09/20	16
Desenvolvimento de Engenharia - Desenvolvimento CAD Preliminar	5 days	Thu 10/09/20	Wed 16/09/20	17
Desenvolvimento de Engenharia - Desenvolvimento CAD Preliminar	5 days	Thu 17/09/20	Wed 23/09/20	18
Desenvolvimento de Engenharia - Desenvolvimento CAD Preliminar	10 days	Thu 24/09/20	Fri 09/10/20	19
Desenvolvimento de Engenharia - Desenvolvimento CAD Preliminar	3 days	Mon 12/10/20	Wed 14/10/20	20
Desenvolvimento de Engenharia - Desenvolvimento CAD Preliminar	2 days	Thu 15/10/20	Fri 16/10/20	21
Desenvolvimento de Engenharia - Desenvolvimento CAD Preliminar	10 days	Tue 10/11/20	Mon 23/11/20	27
<b>Desenvolvimento de moldes e ferramentas</b>	<b>166 days</b>	<b>Mon 19/10/20</b>	<b>Tue 29/06/21</b>	
Desenvolvimento de moldes e ferramentas	3 days	Mon 19/10/20	Wed 21/10/20	22
Desenvolvimento de moldes e ferramentas	3 days	Thu 22/10/20	Mon 26/10/20	25
Desenvolvimento de moldes e ferramentas	10 days	Tue 27/10/20	Mon 09/11/20	26
Desenvolvimento de moldes e ferramentas	5 days	Tue 10/11/20	Mon 16/11/20	27
<b>Desenvolvimento de ferramentas</b>	<b>145 days</b>	<b>Tue 17/11/20</b>	<b>Tue 29/06/21</b>	
Desenvolvimento de ferramentas	45 days	Mon 12/04/21	Tue 15/06/21	
Desenvolvimento de ferramentas	15 days	Mon 12/04/21	Fri 30/04/21	34
Desenvolvimento de ferramentas	10 days	Mon 31/05/21	Tue 15/06/21	36
<b>Desenvolvimento de produto</b>	<b>97 days</b>	<b>Mon 12/04/21</b>	<b>Thu 16/09/21</b>	
Desenvolvimento de produto	3 days	Mon 12/04/21	Wed 14/04/21	34
Desenvolvimento de produto	5 days	Thu 15/04/21	Wed 21/04/21	43
Desenvolvimento de produto	3 days	Thu 22/04/21	Mon 26/04/21	44
Desenvolvimento de produto	2 days	Wed 16/06/21	Thu 17/06/21	41
Desenvolvimento de produto	45 days	Fri 18/06/21	Thu 09/09/21	46
Desenvolvimento de produto	5 days	Fri 10/09/21	Thu 16/09/21	47
<b>Desenvolvimento de produto</b>	<b>65 days</b>	<b>Mon 19/10/20</b>	<b>Tue 02/02/21</b>	
Desenvolvimento de produto	10 days	Mon 19/10/20	Fri 30/10/20	22
Desenvolvimento de produto	10 days	Mon 02/11/20	Fri 13/11/20	50
Desenvolvimento de produto	5 days	Wed 20/01/21	Tue 26/01/21	60
Desenvolvimento de produto	5 days	Wed 27/01/21	Tue 02/02/21	52
<b>Produção de componentes</b>	<b>35 days</b>	<b>Mon 16/11/20</b>	<b>Tue 19/01/21</b>	
Produção de componentes	15 days	Mon 16/11/20	Mon 07/12/20	51
Produção de componentes	15 days	Mon 16/11/20	Mon 07/12/20	51
Produção de componentes	15 days	Mon 16/11/20	Mon 07/12/20	51
Produção de componentes	5 days	Wed 09/12/20	Tue 15/12/20	55;56;57
Produção de componentes	5 days	Wed 16/12/20	Tue 05/01/21	58
Produção de componentes	10 days	Wed 06/01/21	Tue 19/01/21	59
Produção de componentes	30 days	Fri 10/09/21	Fri 22/10/21	
Produção de componentes	5 days	Fri 10/09/21	Thu 16/09/21	53;47
Produção de componentes	15 days	Fri 17/09/21	Fri 08/10/21	62
Produção de componentes	5 days	Mon 11/10/21	Fri 15/10/21	63
Produção de componentes	5 days	Mon 18/10/21	Fri 22/10/21	64
Produção de componentes	5 days	Mon 25/10/21	Fri 29/10/21	65





de fixação



Instituto Superior de Engenharia do Porto		Polisport Plásticos, S.A.			
	Nome	Assinatura	Data		
DES	Samuel Silva				Desenho de de fixação
VER					
APR				Material: Vários	Desenho nº
					Escala: 1:5