



Daniel Sousa Cabral

**Desenvolvimento de Uma Bicicleta de Baixa
Manutenção**



Daniel Sousa Cabral

Desenvolvimento de Uma Bicicleta de Baixa Manutenção

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestrado em Engenharia Mecânica, realizada sob orientação científica de Carlos Alberto Moura Relvas, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro e de António Manuel de Amaral Monteiro Ramos, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro.

O júri / The jury

Presidente / President

Prof. Doutora Margarida Isabel Cabrita Marques Coelho
Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro

Vogais / Committee

Prof. Doutor Carlos Alberto Moura Relvas
Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro (orientador)

Prof. Doutor Joaquim Miguel Gonçalves Macedo
Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro

Agradecimentos / Acknowledgements

Agradeço ao meu Orientador, Professor Doutor Carlos Alberto Moura Relvas e ao meu Coorientador, Professor Doutor António Manuel de Amaral Monteiro Ramos pelo precioso trabalho de orientação e tutoria, e ainda a disponibilidade prestada no decorrer deste projeto.

Agradeço à minha família, em especial aos meus pais e ao meu irmão, pelo apoio constante e por tudo aquilo que sempre fizeram, que me permitiu concluir mais esta caminhada.

À minha namorada pela compreensão, paciência e motivação que me deu para realizar este projeto.

A todos os meus colegas pela ajuda e momentos passados ao longo deste percurso académico.

A todos o meu muito obrigado!

Palavras-chave

Bicicleta, Baixa Manutenção, Urbana, Ciclismo, Cicloturismo, Polímero, Polipropileno

Resumo

O setor dos transportes é um dos maiores contribuintes de emissões de poluentes e de consumo de energia na União Europeia, e o modo rodoviário representa 3/4 dessa parcela. Torna-se, por isso, vital desenvolver e aperfeiçoar soluções de mobilidade alternativas que contrariem a crescente tendência do uso do automóvel como forma de mobilidade individual.

Em Portugal, os dados estatísticos revelam que a distância média diária percorrida de automóvel não ultrapassa os 20 km, o que a torna perfeitamente compatível com o uso da bicicleta, e apesar do mercado das bicicletas e de utilizadores estar a aumentar, parece existir um grupo de utilizadores que gostam de andar de bicicleta mas não querem ou não têm qualquer predisposição para a realização das tarefas de manutenção.

Assim, esta dissertação teve por objetivo o desenvolvimento de uma bicicleta, de cariz urbano, que exigisse o menor nível de manutenção possível. Deste modo, mesmo considerando ambientes mais agrestes, ou climas muito húmidos, e também para situações de *bikesharing* foram analisadas as várias soluções existentes no mercado de forma a minimizar os problemas de manutenção ou a oxidação dos vários componentes. Este trabalho contemplou igualmente o desenvolvimento de um quadro polimérico como solução alternativa às soluções atuais de bicicleta, nomeadamente a utilização da fibra de carbono à qual está associada um elevado preço.

Keywords

Bicycle, Low Maintenance, Urban, Cycling, Polymer, Polypropylene

Abstract

The transport sector is one of the largest contributors of pollutant emissions and energy consumption in the European Union, and the road mode represents 3/4 of this parcel. It is therefore vital to develop and redefine alternative mobility solutions that goes against the growing trend of car usage as a form of individual mobility.

In Portugal, statistical data shows that the average daily distance traveled by car does not exceed 20 km, which makes it perfectly compatible with bicycle usage, and although the market for bicycles and users is increasing, there seems to be a group of users who enjoy cycling but do not want or do not have any predisposition to perform maintenance tasks.

Thus, this dissertation had as objective the development of an urban characteristic bicycle, that requires the lowest level of maintenance possible. In this way, even considering the harshest environments, or very humid climates, and for bikesharing situations, it was made an analysis of the various solutions in the market in order to minimize the problems of maintenance or oxidation of the various components. This work also contemplated the development of a polymer framework as an alternative material to current bicycle solutions, namely the use of carbon fiber which has a high price associated.

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento e Motivação	1
1.2	Objetivos	1
1.3	Estrutura do documento	2
2	Revisão do Estado da Arte	3
2.1	A Mobilidade Individual	3
2.1.1	A Dependência do Automóvel	3
2.1.2	Fatores Energéticos	3
2.1.3	Fatores Ambientais	4
2.1.4	Fatores Sociais e Culturais	5
2.1.5	Fatores Económicos	5
2.2	Benefícios de Usar a Bicicleta	5
2.3	Tipos de Bicicleta	7
2.3.1	Urbana	7
2.3.2	Fixie	7
2.3.3	Dobráveis	8
2.3.4	Estrada	9
2.3.5	Montanha	9
2.3.6	Downhill	10
2.3.7	BMX	10
2.3.8	Infantil	11
2.3.9	E-bikes	12
2.4	Manutenção em Bicicletas	13
2.5	Tecnologias Existentes	14
2.6	Análise de Mercado	19
2.6.1	PRIORITY CLASSIC 1.0	19
2.6.2	8ball	20
2.6.3	SCOTT Silence Evo Bike	20
2.6.4	Berg Crosstown	21
2.6.5	SLADDA	21
2.6.6	ITERA	23
2.7	Normas e Regulamentos	23

3	Desenvolvimento Conceptual	25
3.1	Definição do Público Alvo	26
3.2	Quality Function Deployment	27
3.2.1	Identificação das Necessidades do Público Alvo	27
3.2.2	Modelo de Kano	30
3.2.3	Características do Produto	32
3.2.4	Matriz da Qualidade	33
3.2.5	Matriz do Produto	35
3.3	Importância dos Componentes Relativamente à Manutenção (Diagrama de Mudge)	36
3.4	Geração conceptual	37
3.4.1	Mind-map	37
3.4.2	Conceitos Iniciais	38
3.4.3	Seleção de Conceitos	38
3.4.4	Conceito Escolhido	41
3.4.5	FMEA de Conceito	41
3.4.6	Conceito Revisto	42
4	Design de Concretização e Desenvolvimento de Sistemas	43
4.1	Diagrama de Funções	43
4.2	Diagrama de Componentes	45
4.3	Arquitetura do Produto	45
4.4	Análise Ergonómica e Antropométrica	47
4.4.1	Dados Antropométricos	47
4.4.2	Posturas de Condução	50
4.4.3	Variáveis Dimensionais da Bicicleta	50
4.5	Proposta de Produto	54
4.6	Seleção de Materiais	54
4.6.1	Quadro	54
4.7	Análise Estrutural	58
4.7.1	Método	58
4.7.2	Análise de Resultados	59
5	Proposta Final	63
5.1	Ficha Técnica da Bicicleta	63
5.2	Especificações Geométricas e Dimensionais	64
5.3	Sistemas e Pormenores	65
5.3.1	Sram automatix	65
5.3.2	Selim	66
5.3.3	Avanço	66
5.3.4	Travão frontal	67
5.3.5	Sistema de transmissão	67
5.3.6	Forqueta	67
5.3.7	Quadro	68
5.3.8	Acessórios	68
5.4	Componentes Normalizados e Fornecedores	71
5.5	Montagem	75

5.6 Fotorrealismos e Variantes	77
6 Conclusões e Trabalhos Futuros	79
6.1 Trabalhos Futuros	80
I Anexos	89
A FMEA Conceito	91
B Polipropileno	95
C Policarbonato	97
D Acrilonitrila Butadieno Estireno	99
E Desenhos Técnicos e de Definição do Produto	101

Lista de Tabelas

2.1	Normas europeias	24
3.1	Matriz de Pugh	39
4.1	Dimensões antropométricas	48
4.2	Comprimento do tubo horizontal	52
4.3	Peso de quadros com diferentes materiais [60]	55
4.4	Propriedades mecânicas dos polímeros estudados	56
4.5	Tabela resumo dos resultados obtidos nas diversas simulações	59
5.1	Dimensões do quadro	64
5.2	Lista dos componentes normalizados e respectivos fornecedores e preços . .	71
A.1	FMEA de conceito	92

Lista de Figuras

2.1	Consumo de energia por setor na Europa em 2014	4
2.2	Emissões de gases com efeito de estufa a) por setor e b) relativamente ao setor dos transportes	4
2.3	Bicicleta urbana masculina a) e feminina b) [13]	7
2.4	Bicicleta fixie [14]	8
2.5	Bicicleta dobrável [15]	9
2.6	Bicicleta de estrada [16]	9
2.7	Bicicleta de montanha [17]	10
2.8	Bicicleta de downhill [18]	11
2.9	Bicicleta bmx [19]	11
2.10	Bicicleta de criança [20]	12
2.11	Bicicleta elétrica [21]	12
2.12	Sistema de mudanças [22][23][24]	14
2.13	Sistema de mudanças [25]	14
2.14	Sistema de mudanças [26][27]	15
2.15	Aros [28][29] [30]	15
2.16	Pedaleira [31][32]	16
2.17	Transmissão [33][34]	16
2.18	Travagem [35][36][37][38]	17
2.19	Pneus [39][40]	18
2.20	Bicicleta PRIORITY CLASSIC 1.0 [42]	19
2.21	Bicicleta 8ball [43]	20
2.22	Bicicleta SCOTT Silence Evo Bike [44]	21
2.23	Bicicleta Berg Crosstown [45]	22
2.24	Bicicleta SLADDA [46]	22
2.25	Bicicleta ITERA [47]	23
3.1	Processo de desenvolvimento conceptual	25
3.2	Público alvo e aplicabilidade definidas para a bicicleta	26
3.3	Percentagem do sexo dos inquiridos	28
3.4	Percentagem da idade dos inquiridos	28
3.5	Motivos pelos quais os inquiridos utilizam a bicicleta	28
3.6	Nível de agrado com execução de alguns cuidados a ter com a bicicleta	29
3.7	Habilitações ou disponibilidade por parte dos inquiridos na realização de reparos na bicicleta	29
3.8	Nível de importância dada pelos inquiridos às diferentes características numa bicicleta urbana	30

3.9	Modelo de Kano	31
3.10	Matriz da Qualidade	33
3.11	Priorização da procura da qualidade	34
3.12	Priorização revista da procura da qualidade	34
3.13	Priorização das especificações da bicicleta	34
3.14	Matriz do produto	35
3.15	Priorização da importância dos componentes	36
3.16	Diagrama de Mudge	36
3.17	Priorização da importância dos componentes relativamente à manutenção	37
3.18	Mind-map utilizado	38
3.19	Conceitos iniciais	39
3.20	Bicicleta SLADDA e os três conceitos finais	40
3.21	Conceito escolhido e respetivas falhas	41
3.22	Conceito revisto	42
4.1	Diagrama de funções da bicicleta	44
4.2	Diagrama de componentes da bicicleta	45
4.3	Arquitetura da bicicleta	46
4.4	Dimensões antropométricas	48
4.5	Antropometria dinâmica	49
4.6	Posturas de condução de bicicleta	50
4.7	Dimensões estruturais de um quadro típico de bicicleta	51
4.8	Ajuste da altura a) e recuo do selim b)	53
4.9	Proposta de Produto	54
4.10	Relação entre resistência à flexão e percentagem em volume de reforço do polipropileno com fibra de vidro [62]	56
4.11	Proposta do quadro da bicicleta. Vista lateral e em corte	57
4.12	Modelos de carregamento [67]. a) Carregamento I e b) Carregamento II	59
4.13	Tensão de von Mises referente ao carregamento I	60
4.14	Deslocamento resultante referente ao carregamento I	61
4.15	Tensão de von Mises referente ao carregamento II	61
4.16	Deslocamento resultante referente ao carregamento II	62
5.1	Ficha Técnica da Bicicleta	63
5.2	Dimensões do quadro da bicicleta	64
5.3	Dimensões gerais da bicicleta	65
5.4	SRAM AUTOMATIX	65
5.5	Selim	66
5.6	Avanço	66
5.7	Travão frontal	67
5.8	Sistema de transmissão	67
5.9	Forqueta	68
5.10	Quadro	69
5.11	Acessórios da bicicleta	70
5.12	Imagem representativa da montagem do quadro	75
5.13	Imagem representativa da montagem da caixa na grelha	76
5.14	Imagem representativa da montagem da roda traseira no quadro	76

5.15	Fotorrealismos da bicicleta [74] [75] [76] [77] [78] [79] [80]	77
B.1	Tensão de von Mises referente ao carregamento I	95
B.2	Deslocamento resultante referente ao carregamento I	95
B.3	Tensão de von Mises referente ao carregamento II	96
B.4	Deslocamento resultante referente ao carregamento II	96
C.1	Tensão de von Mises referente ao carregamento I	97
C.2	Deslocamento resultante referente ao carregamento I	97
C.3	Tensão de von Mises referente ao carregamento II	98
C.4	Deslocamento resultante referente ao carregamento II	98
D.1	Tensão de von Mises referente ao carregamento I	99
D.2	Deslocamento resultante referente ao carregamento I	99
D.3	Tensão de von Mises referente ao carregamento II	100
D.4	Deslocamento resultante referente ao carregamento II	100

Capítulo 1

Introdução

1.1 Enquadramento e Motivação

O setor dos transportes é um dos maiores contribuintes no que diz respeito às emissões de poluentes e foi responsável por 33,2 % do consumo de energia na União Europeia em 2014, sendo que o modo rodoviário ocupou mais de 3/4 dessa parcela [1]; torna-se, por isso, vital desenvolver e aperfeiçoar veículos que venham contrariar esta crescente tendência de usar o automóvel como forma de mobilidade individual.

Dados estatísticos revelam que a distância média diária percorrida de automóvel não ultrapassa os 20 km em Portugal [2], pelo que é perfeitamente aceitável percorrê-los de bicicleta. Num ambiente citadino, o utilizador não precisa de se preocupar com filas de trânsito e dificuldades de estacionamento associados a elevado stress, quando pode utilizar um meio de transporte amigo do ambiente e que, ao mesmo tempo, promove o seu bem estar a curto e longo prazo.

O mercado das bicicletas tem vindo a aumentar, no entanto este tem uma lacuna no que diz respeito a bicicletas que exigem poucos cuidados por parte dos utilizadores. É, por isso, necessário desenvolver um veículo com um nível de manutenção exigido muito baixo, de modo a evitar que os proprietários tenham de recorrer a entidades externas para garantir um período de utilização aceitável. Deste modo, mesmo em ambientes mais agrestes, como em climas muito húmidos, em situações de *bikesharing*, ou simplesmente quando o utilizador não sabe ou não gosta de fazer a manutenção da bicicleta, poderá usa-la diariamente sem a constante preocupação de que possa ficar danificada. É exemplo disso a oxidação de vários componentes, como a corrente ou o quadro.

Espera-se com este trabalho apresentar alternativas à bicicleta convencional e através de novos métodos de fabrico, poder utilizar materiais recicláveis que tenham um ciclo de vida com o mínimo de desperdício possível.

1.2 Objetivos

A primeira patente do modelo mais próximo da bicicleta atual foi registada em 1866 por Piekre Lallement [3], e desde então a bicicleta tem sofrido constantes alterações e melhorias. Hoje em dia é um objeto que grande parte da população adquire, na maioria das vezes para lazer e desporto.

O objetivo principal do trabalho desenvolvido no âmbito desta dissertação foi o de-

envolvimento, conceção e projeto detalhado de uma bicicleta de baixa manutenção de cariz urbano. Este projeto vem dar resposta a uma falha no mercado no que diz respeito a bicicletas de baixa manutenção, e é uma opção viável principalmente para dois segmentos: utilizadores que não gostam de fazer a manutenção, que atualmente é necessária, às suas bicicletas, e para situações de *bikesharing*, em que são necessárias bicicletas robustas e de baixa manutenção.

A bicicleta desenvolvida neste documento pretendeu dar resposta à necessidade de mobilidade individual, quer como meio de transporte diário, quer como utensílio de lazer e desporto. Dotada de uma boa aparência e design moderno, a bicicleta deveria exigir o mínimo de cuidados por parte do utilizador, bem como apresentar o conforto necessário à sua utilização.

Os objetivos secundários passaram por inicialmente selecionar um conjunto de componentes já disponibilizados no mercado e que cumpriam os requisitos propostos, e por outro lado desenvolver e otimizar um quadro de bicicleta em polímero onde foram montados esses mesmos componentes.

Tratou-se portanto de um trabalho de desenvolvimento de produto em que foram abordadas as fases de desenvolvimento conceptual, de sistemas, projeto de detalhe e refinamento. Por fim foi assegurada a viabilidade técnica e económica da proposta.

Este trabalho serviu para provar que seria viável explorar o mercado quase inexistente de bicicletas de baixa manutenção e, por outro lado, que é possível fabricar um quadro com materiais poliméricos, sendo estes abundantes e de fácil reciclagem.

1.3 Estrutura do documento

O documento apresentado encontra-se dividido em três partes principais, subdivididas em seis capítulos.

Numa primeira fase é feita uma revisão do estado da arte onde é apresentado um conjunto de dados estatísticos relativos à mobilidade individual, as consequências que representam para o ambiente e os principais benefícios da utilização da bicicleta como meio de transporte diário. Nesta etapa são explicadas as características essenciais dos diversos tipos de bicicletas e a manutenção associada às mesmas. São ainda apresentadas as diferentes tecnologias e bicicletas ditas de baixa manutenção existentes no mercado.

A segunda fase contempla toda a fase de desenvolvimento da bicicleta. Inicialmente é apresentado o desenvolvimento conceptual onde são identificadas as necessidades do público alvo, são definidas as características do produto e é exposta a proposta conceptual. De modo a completar o desenvolvimento da bicicleta, é apresentado o design de concretização e desenvolvimento de sistemas onde é definida a arquitetura do produto, é feita uma análise ergonómica e antropométrica, são selecionados materiais, e é feita uma análise estrutural para validação do projeto.

Na última fase é apresentada a proposta final da bicicleta com todos os sistemas e componentes definidos, bem como uma análise crítica de todo o trabalho desenvolvido e sugestões para trabalhos futuros.

Capítulo 2

Revisão do Estado da Arte

2.1 A Mobilidade Individual

A mobilidade individual é um fator que influencia a sociedade em termos sociais, demográficos, económicos e ambientais, tornando-se indispensável uma fácil e rápida capacidade de movimentação. Desde viagens para o emprego, escola, distribuição de bens e serviços, ou mesmo viagens de lazer, todas têm em comum o facto de ser necessário um veículo capaz de transferir uma ou mais pessoas de um sítio para outro.

2.1.1 A Dependência do Automóvel

Nos dias que correm, a maior parte das viagens são feitas de modo rodoviário. Estatisticamente, 81,9% das viagens na Europa em 2014 foram feitas com recurso ao carro, sendo que Portugal ultrapassou esse valor para 88,9% [1].

Esta dependência está associada a uma sociedade sedentária e consumista. Mesmo em distância curtas do dia a dia, como uma ida à padaria ou ao ginásio, as pessoas preferem o uso do carro a caminhar ou ir de bicicleta. Por outro lado, e tal como um acessório de moda, o automóvel é visto como um símbolo de sucesso e estatuto social. Existe uma economia enorme em torno do automóvel, desde o veículo em si, o combustível, as estradas, os parques ou as taxas e impostos sobre os mesmos.

O automóvel é, por isso, o principal meio de mobilidade individual associado a uma aparente percepção de liberdade. Diariamente a população é incentivada a comprar um automóvel através de políticas de marketing e publicidade, que tanto são diretas como subliminares mas que na realidade surtem efeito.

2.1.2 Fatores Energéticos

O automóvel é uma máquina que, além de pouco eficiente do ponto de vista termodinâmico, possui uma massa e volume muito superior ao de uma pessoa comum. Existe, por isso, um enorme desperdício de energia apenas para satisfazer o conforto do consumidor. Em alguns cidades, como Madrid ou Amesterdão, foram implementadas vias rodoviárias nas quais apenas veículos com uma lotação igual ou superior a dois passageiros podem circular, sendo denominadas de HOV (High Occupancy Vehicle) lanes [4]. Desta forma, existe um incentivo aos utilizadores a partilharem o automóvel e por consequência, reduzir o número de veículos com apenas um passageiro nas estradas.

No ano de 2014, figura 2.1, o consumo energético na Europa relativamente aos transportes foi de 33,2 %, um valor superior ao da indústria que ficou em 25,9 % [1]. É por isso o segundo setor com maior consumo energético e requer medidas para ser controlado.

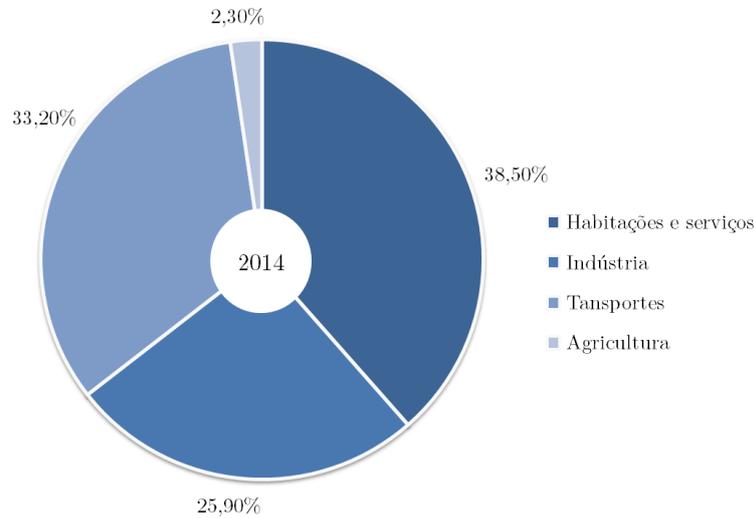


Figura 2.1: Consumo de energia por setor na Europa em 2014

2.1.3 Fatores Ambientais

No que ao ambiente diz respeito, o setor dos transportes é o segundo com emissões de gases efeito de estufa mais elevadas. Tal como se pode observar nos gráficos da figura 2.2, em 2014 foi responsável por 23,2 % da totalidade das emissões na Europa, sendo que o transporte rodoviário foi responsável por 72,8 % dessa percentagem.

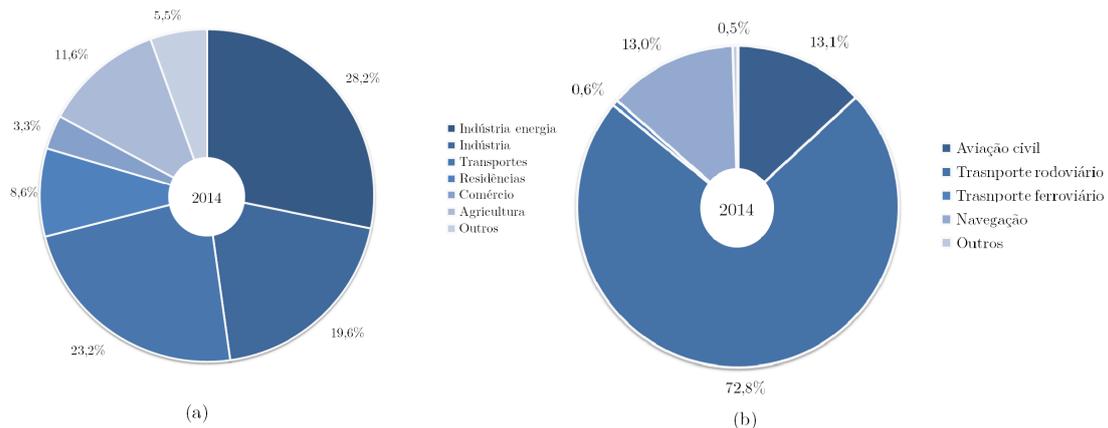


Figura 2.2: Emissões de gases com efeito de estufa a) por setor e b) relativamente ao setor dos transportes

Dentro dos transportes rodoviários, as viagens urbanas de passageiros ocupam um valor de 16 % [5], uma valor bastante significativo. É principalmente neste ambiente que a bicicleta revela especial importância como é explicado na secção 2.2.

2.1.4 Fatores Sociais e Culturais

No ano de 2011 e 2012 existiam 429 automóveis por mil habitantes em Portugal [5], sendo que no mesmo período, esse valor era de 476 bicicletas na região de Aveiro, Portugal [6]. Seria de esperar, por isso, um uso mais substancial da bicicleta, o que não se verifica. Na verdade, na Europa apenas 9% das viagens é executada de bicicleta e esse valor desce para 4% na região de Aveiro [6], sendo que 75% dos portugueses afirma nunca usar a bicicleta [7]. Torna-se necessário mudar urgentemente a mentalidade da população, quer para promover o uso regular de transportes públicos e de veículos mais eficientes, quer o uso da bicicleta como meio de transporte usual. Isto porque 29% das pessoas inquiridas da região de Aveiro admite poder utilizar a bicicleta nas suas deslocações quotidianas embora optem por não o fazer [6]. A principal causa, apresentada por 57% das pessoas para esta falta de adesão, é a carência de condições de ciclismo ou inexistência da rede ciclável [6]. Além disso, 33% dos inquiridos pela comissão europeia em 2013 respondeu que a medida a implementar para facilitar as deslocações dentro das cidades seria o melhoramento das condições para os ciclistas [7].

2.1.5 Fatores Económicos

Portugal tem uma baixa aderência por parte da população ao uso da bicicleta, no entanto, tem um elevado mercado referente a estes veículos. Em 2014, foram vendidas mais bicicletas do que carros (340 000 bicicletas [8] e 142 800 carros [1]), sendo que na Europa foram vendidas mais de 20 milhões de bicicletas no corrente ano [8].

Por outro lado, a indústria Portuguesa está no TOP 5 europeu no que diz respeito à produção de acessórios e partes para bicicletas e no TOP 7 europeu relativamente à produção de bicicletas, de modo que em 2014 produziu aproximadamente 720 000 unidades [8].

Uma parte significativa dessa produção é realizada na região de Aveiro, sendo que, a Alemanha e Itália lideram as posições cimeiras no que diz respeito à produção quer de partes e acessórios de bicicletas, quer de bicicletas completas na Europa.

Tendo em conta os dados apresentados, pode afirmar-se que o sector das bicicletas é importante para a economia nacional tendo a capacidade para empregar 1190 pessoas no ano de 2014 [8]. De frisar ainda que é um setor que exporta aproximadamente metade da sua produção de bicicletas.

2.2 Benefícios de Usar a Bicicleta

Em cidades como Amesterdão ou Copenhaga, mais de 20% da população já usa a bicicleta como forma de mobilidade, tratando-se de exemplos que provam a capacidade destes veículos [9]. No entanto, a maioria das cidades foi pensada para a mobilidade usando o automóvel e não outros meios de transporte, pelo que existe uma carência de rede ciclável.

Dois grandes problemas da sociedade atual são as alterações climáticas e o sedentarismo. A dependência de combustíveis fósseis e a deterioração da saúde pública devido à falta de exercício físico, podem ambos serem resolvidos através do uso regular da bicicleta.

Hoje em dia, os congestionamentos e a poluição, quer ambiental quer sonora, tomaram grandes dimensões e as cidades continuam a tentar trocar o automóvel principalmente

por transportes públicos. Contudo, poucos são os investimentos que têm sido feitos para promover o ciclismo urbano. Em algumas cidades já existe a iniciativa de partilha de bicicletas (*bikesharing*), mas é uma percentagem bastante reduzida.

A bicicleta é um veículo relativamente barato e versátil que, quando utilizado, apresenta vários benefícios [9]:

- **Saúde pública:** como forma de atividade física, o ciclismo reduz os sintomas de sedentarismo, aumenta a atividade muscular e melhora de forma global a saúde física e mental. É uma forma de prevenir doenças cardiovasculares e por outro lado a obesidade. Apesar do ciclismo ser uma atividade bastante intensa, existem bicicletas elétricas que diminuem o esforço necessário ao deslocamento. Podem, por isso, ajudar pessoas mais idosas, pais com crianças ou pessoas com mais dificuldades;
- **Redução dos congestionamentos:** os congestionamentos custam à Europa 100 mil milhões de euros por ano [10]. A redução do uso do carro e o uso mais regular da bicicleta vai promover menos carros na estrada, reduzindo congestionamentos, atrasos, stress e combustível perdido;
- **Melhoria da acessibilidade:** o ciclismo permite às pessoas moverem-se rapidamente e com mais flexibilidade, sendo ambas as características particularmente importantes nos centros das cidades. Por outro lado, favorece a intermodalidade, ou seja, permite que as pessoas se movam para o trabalho, educação ou serviços fazendo usos de outros meios de transporte complementares, como comboios ou autocarros;
- **Melhor qualidade do ar:** enquanto os transportes motorizados emitem elevadas quantidades de poluentes, nomeadamente CO₂, NO_x ou PM, os ciclistas têm emissões locais nulas.
- **Menor nível de poluição sonora:** o tráfego rodoviário é o principal causador de poluição sonora na Europa. Apesar de causar distúrbios e irritação, reduz a produtividade e pode levar a problemas de saúde.
- **Pegada ecológica mais reduzida:** ao reduzir o consumo de combustíveis, a bicicleta baixa a demanda de energia necessária. Desta feita, o ciclismo tem um papel importante no que diz respeito às alterações climáticas e ao consumo de combustíveis fósseis.
- **Redução de custos:** a bicicleta tem um custo inicial bastante reduzido, a deslocação é gratuita, tem um custo de manutenção baixo e ocupam um baixo espaço de estacionamento. Indiretamente, o uso da bicicleta promove poupanças em termos de construção de estradas e a sua manutenção, bem como reduz congestionamentos e poluição.
- **Educação:** o ciclismo ajuda crianças a desenvolverem a sua saúde física, e também competências de navegação e independência. Tendo o ciclismo intrínseco nas suas vidas, este irá promover o uso da bicicleta mais regular quando adultos.
- **Uso do território:** dez bicicletas podem ser parqueadas no espaço de um carro. Por outro lado, enquanto uma estrada rodoviária pode acomodar em média 2 000 carros por hora, poderia ser usada por 14 000 bicicletas.

- **Qualidade de vida:** várias cidades do Norte da Europa reconhecem o ciclismo como forma de tornar um ambiente citadino num espaço mais agradável para se viver.

2.3 Tipos de Bicicleta

Existem vários tipos de bicicletas no mercado, de modo que diferentes características estão associadas a usos distintos. De frisar que existem mais tipos de bicicletas que não serão abordados por apresentarem um nicho de mercado muito específico. São o caso das bicicletas de trial, bicicletas reclinadas, cargo-bikes ou tandem, por exemplo [11] [12].

2.3.1 Urbana

As bicicletas urbanas, apresentadas na figura 2.3, são ideais para circular em ambiente citadino, ciclovias ou parques. Normalmente são equipadas com aro de tamanho 26 e porta-bagagens; É usual terem luzes, tanto para o utilizador ter melhor visibilidade à noite, como por uma questão de segurança e assim ser visto; possuem também um protetor de corrente e guarda-lamas para que, quando o utilizador utiliza roupa casual, não a danifique ou suje; a maior parte tem um descanso para fácil estacionamento; o selim, por sua vez, costuma ter molas e os pneus são lisos para melhor eficiência no asfalto.

A sua geometria é direcionada para o conforto e estabilidade, sendo que o ciclista adota uma postura mais vertical. No entanto, esta postura pode dificultar manter uma elevada velocidade ou vencer subidas. É por isso aconselhável ter algumas mudanças disponíveis.

Existem modelos femininos com um desenho do quadro diferente, tal como se apresenta na figura 2.3 b) que facilita a entrada e saída da bicicleta quando as utilizadoras usam saia, e por vezes possuem um cesto no guidador.



Figura 2.3: Bicicleta urbana masculina a) e feminina b) [13]

2.3.2 Fixie

As bicicletas *fixie* são uma tendência recente e inspirada nas bicicletas de corrida *indoor* (ver figura 2.4). Também podem ser designadas por urbana simples, bicicleta fixa ou *fixed*

gear bike e, inicialmente, eram dedicadas a mensageiros que, em grandes cidades, procuravam agilidade e ao mesmo tempo, rapidez de locomoção mas rapidamente chegaram ao resto da população devido ao seu aspeto apelativo.

A principal característica desta bicicleta é ter o carreto fixo na roda traseira, ou seja, não possui roda livre, o que quer dizer que quando a roda gira os pedais também o fazem. Mesmo numa descida, o utilizador é obrigado a pedalar para acompanhar o movimento da bicicleta. Outra característica desta bicicleta é o facto de não ter travões, ou seja, a travagem é feita através da redução de velocidade de rotação da pedaleira usando as pernas.

Usualmente os pneus são finos, o que provoca menos atrito, e combinado com a posição do utilizador bastante inclinada, permite a esta bicicleta atingir elevadas velocidades.

A bicicleta fixa, por ser mais simples, exige menos manutenção e é mais leve que as convencionais, no entanto, por não terem travões comuns devem ser utilizadas por condutores com alguma experiência. Para resolver esse problema, algumas marcas já equiparam as bicicletas com travões.



Figura 2.4: Bicicleta fixie [14]

2.3.3 Dobráveis

A principal característica deste tipo de bicicletas é a capacidade de se dobrarem e, juntamente com o fácil ajustamento da altura do selim e guiador (através de mecanismos de aperto rápido), a bicicleta pode ficar a ocupar um espaço bastante reduzido. Toma especial relevância como um meio de intermodalidade, uma vez que quando dobrada cabe facilmente na mala de um automóvel ou em transportes públicos. São bicicletas leves, ágeis, confortáveis e fáceis de carregar. Algumas delas têm a particularidade de quando dobradas, poderem ser carregadas/puxadas como uma mala.

Normalmente são equipadas com aros de diâmetro mais reduzido para ocupar menos espaço quando dobradas, o que limita o seu uso a um ambiente citadino pois dificulta a passagem de alguns obstáculos. A postura do utilizador mais vertical, e à semelhança das urbanas, torna mais difícil manter uma velocidade elevada e vencer subidas.

Na figura 2.5 é apresentado um exemplo de uma bicicleta dobrável.



Figura 2.5: Bicicleta dobrável [15]

2.3.4 Estrada

Estas bicicletas também podem ser denominadas por bicicleta de corrida ou *speed* e são desenhadas para velocidade (ver figura 2.6). Exclusivamente projetadas para o asfalto ou estrada, são usadas para desporto ou competição. Normalmente são equipadas com aros 700, que acompanhados por pneus lisos e finos de elevada pressão, permitem ao utilizador atingir grandes velocidades. No entanto, em determinados ambientes, como piso molhado ou com areia, podem ter pouca aderência e são mais propícios a furos.

São equipadas com várias mudanças e com travões em ambas as rodas, uma vez que são usadas em ambientes montanhosos. Mesmo assim, tendem a ser das bicicletas mais leves do mercado. Nestas bicicletas o utilizador adota uma postura muito inclinada para reduzir o atrito provocado pelo ar.



Figura 2.6: Bicicleta de estrada [16]

2.3.5 Montanha

As bicicletas de montanha, também conhecidas por MTB- *Mountain Bike* , ou BTT- Bicicleta Todo Terreno, em português, são usadas em qualquer tipo de terreno e condições, sendo por isso o tipo de bicicleta mais popular devido à sua polivalência. Visível na figura 2.7, as bicicletas de montanha são equipadas com pneus largos, altos e com salien-

cias para melhor performance fora do asfalto. Também podem ser usadas em ambiente urbano, embora seja aconselhável trocar para pneus lisos.

O quadro deve ser resistente para suportar todos os impactos a que a bicicleta está sujeita durante a sua utilização, bem como os aros para evitar empenos. Para maior conforto, e além dos pneus de alto perfil, usualmente são equipadas com suspensão. Pode ser apenas dianteira ou dianteira e traseira.

É importante neste tipo de bicicletas ter várias mudanças, uma vez que em ambiente *offroad*, o utilizador tão depressa tem de vencer subidas muito inclinadas, como conseguir acompanhar descidas difíceis. Costumam ter travões de disco, uma vez que estes têm um melhor desempenho em ambientes hostis.



Figura 2.7: Bicicleta de montanha [17]

2.3.6 Downhill

As bicicletas de *downhill*, presente na figura 2.8, são especialmente desenhadas para descer. Neste desporto, o ciclista percorre descidas agressivas e técnicas passando por vários obstáculos como saltos, terrenos irregulares ou curvas acentuadas. Outra versão desta modalidade é o *downhill* urbano ou *downtown* em que os ciclistas percorrem cidades com um nível de inclinação acentuado e têm de ultrapassar rampas ou escadas a alta velocidade. Esta modalidade não é indicada para iniciantes.

Quase todos os componentes da bicicleta, como o quadro ou as rodas, devem ser bastante resistentes para enfrentar os saltos e impactos a que a bicicleta está sujeita. Possuem suspensão dianteira e traseira, sendo que ambas têm um elevado curso para melhor amortecimento. São equipadas com menos mudanças que o habitual, uma vez que o seu uso está bem definido e não são utilizadas em subidas. Normalmente têm um tensor de corrente para evitar que a corrente se solte com as trepidações. O selim é o mais fino e leve possível já que o ciclista passa pouco tempo sentado nestas bicicletas.

2.3.7 BMX

As bicicletas BMX são especialmente desenhadas para a prática do desporto em sítios especializados, como os *skate parks* ou pistas de terra, sendo por isso, utilizadas para fazer manobras ou corridas respetivamente.

São bicicletas pequenas e com algumas características particulares. Têm rodas pequenas e bastante raiadas para evitar empenos e apenas tem uma mudança (*single speed*).



Figura 2.8: Bicicleta de downhill [18]

Têm um sistema próprio que permite girar o guidador várias vezes, sem com isso enrolar os cabos de travões. Por vezes, também são adicionados suportes que ficam presos nos eixos das rodas para fazer manobras específicas.

Um exemplo de uma BMX é apresentado na figura 2.9.



Figura 2.9: Bicicleta bmx [19]

2.3.8 Infantil

São veículos indicados para crianças que estão a aprender a andar de bicicleta ou que já o sabem. Para o primeiro caso, as bicicletas possuem duas rodas auxiliares (ver figura 2.10), que não permitem que a bicicleta tombe mesmo quando haja falta de equilíbrio. Normalmente são *single speed* e não têm suspensão. Devem ter travões de fácil aciona-

mento e protetor de corrente para que a criança não se aleije.

Uma tendência mais recente é as bicicletas não terem pedais (biciclos) e obrigar as crianças a propulsionarem-se com os pés. Neste caso, as rodas auxiliares perdem efeito e são dispensadas, o que estimula mais o equilíbrio da criança.



Figura 2.10: Bicicleta de criança [20]

2.3.9 E-bikes

As *E-bikes* têm o auxílio de um motor elétrico que é alimentado por uma bateria. O objetivo desta bicicleta é aliviar a carga que o ciclista tem de suportar e não substituir na totalidade a função de pedalar. Também são conhecidas por bicicletas elétricas, E-bicicleta ou bicicleta híbrida.

Existem no mercado vários tipos de bicicletas elétricas, desde bicicletas de montanha até urbanas. Um exemplo é apresentado na figura 2.11.



Figura 2.11: Bicicleta elétrica [21]

2.4 Manutenção em Bicicletas

As bicicletas são constituídas por um conjunto de componentes fixos a um quadro que, através da sua interligação, permitem ao utilizador deslocar-se através da sua própria força. Geralmente as bicicletas são usadas no exterior e expostas aos elementos, pelo que os componentes com materiais ferrosos tendem a oxidar. Por outro lado, estes veículos requerem manutenção regular e troca de alguns componentes de modo a terem um longo período de vida.

Os principais componentes sujeitos a manutenção são:

- **Sistema de transmissão:** o sistema de transmissão das bicicletas mais utilizado é constituído por carretos, corrente e seletores de velocidade. Todas estas peças precisam de lubrificação para diminuir o atrito entre elas, mas por outro lado, o óleo ou outro lubrificante, tornam as superfícies pegajosas, o que faz com que areias e outros resíduos se acumulem neste sistema. Torna-se por isso necessário a lavagem, lubrificação e afinação dos componentes. Tratando-se de peças de desgaste, por vezes é necessário proceder à substituição das mesmas;
- **Sistema de travagem:** dependendo do sistema de travagem aplicado na bicicleta, a manutenção necessária é diferente. No entanto, quer travões por calços ou disco exigem afinação regular. No caso dos travões de disco, é necessário substituir as pastilhas e o óleo ou cabos quando degradados, enquanto que no caso dos travões por calços, é necessário substituir os cabos e os calços periodicamente;
- **Quadro e estrutura:** o quadro, o espigão do selim, a forqueta ou o guiador são componentes que exigem atenção constante. Quando fabricados em materiais ferrosos, uma falha na pintura por exemplo, é causa suficiente para provocar oxidação nessa zona. No entanto, em todos os componentes, independentemente do material, existe a necessidade de limpeza regular para evitar acumulação de resíduos e degradação da pintura;
- **Pneus:** é necessário verificar regularmente a pressão e o estado dos pneus. Quando vazios têm de ser enchidos e quando gastos têm de ser substituídos. Por vezes os pneus furam, pelo que tem de se proceder à sua reparação;
- **Rodas:** as rodas que são raiadas têm tendência a empenar, no entanto, é possível desempená-las através do ajuste da tensão de cada raio. Os cubos das rodas devem ser lubrificados regularmente e o conjunto deve ser limpo para evitar acumulação de resíduos;
- **Partes móveis:** conjuntos como a coluna de direção, eixo pedaleiro e cubos das rodas devem ser limpos e lubrificados regularmente para diminuir o atrito e consequentemente o desgaste das peças;
- **Parafusos e peças de aperto:** o aperto dos parafusos e peças de aperto como porcas ou peças de fixação da pedaleira, por exemplo, deve ser verificado regularmente e quando fabricadas em materiais ferrosos, devem ser lubrificadas para evitar oxidação.

2.5 Tecnologias Existentes

Na atualidade, várias são as tecnologias existentes no mercado que possuem características distintas para os diferentes tipos de aplicação. Nas figura 2.12 a 2.19 são apresentadas as principais vantagens e desvantagens de cada tipo de sistema. Os principais fatores analisados foram o preço, a proteção contra elementos e a necessidade de manutenção.

Sistema de mudanças

	Cassete + desviador	Cubo com mudanças internas	Fixie
Prós	<ul style="list-style-type: none"> •Nº engrenagens disponíveis •Preço •Sistema líder de mercado •Fácil manutenção 	<ul style="list-style-type: none"> •Proteção contra elementos •Nº engrenagens disponíveis •Troca engrenagem parado •Menor manutenção 	<ul style="list-style-type: none"> •Peso •Preço •Simplicidade
Contras	<ul style="list-style-type: none"> •Exposição aos elementos •Desafinação •Oxidação 	<ul style="list-style-type: none"> •Preço •Peso •Pedaleira single speed •Difícil manutenção quando necessário 	<ul style="list-style-type: none"> •Só uma mudança disponível •Exposição aos elementos •Oxidação

Figura 2.12: Sistema de mudanças [22][23][24]

NuVinci CVT

Prós	<ul style="list-style-type: none"> •Proteção contra elementos •Compatível com corrente e correia •Número de mudanças infinito 	<ul style="list-style-type: none"> •Possibilidade de trocar de mudança parado •Suavidade
Contras	<ul style="list-style-type: none"> •Preço •Peso •Durabilidade 	<ul style="list-style-type: none"> •Novidade no mercado •Manutenção

Figura 2.13: Sistema de mudanças [25]

Caixa de velocidades



Prós	<ul style="list-style-type: none"> •Proteção contra elementos •Durabilidade •Nº engrenagens disponíveis •Menor manutenção
Contras	<ul style="list-style-type: none"> •Preço •Peso •Desenho do quadro não convencional

Figura 2.14: Sistema de mudanças [26][27]

Aros

Ferro



Alumínio



Carbono



Prós	<ul style="list-style-type: none"> •Preço •Resistência 	<ul style="list-style-type: none"> •Relação peso-resistência •Preço •Travões de jante funcionam melhor 	<ul style="list-style-type: none"> •Peso •Em alguns casos não há empenos (menor manutenção) •Aerodinâmica
Contras	<ul style="list-style-type: none"> •Peso •Oxidação •Difícil travagem quando molhadas (travões de jante) 	<ul style="list-style-type: none"> •Usualmente possui partes em ferro 	<ul style="list-style-type: none"> •Preço •Travagem •Não reparável •Apenas aconselhável em caso de competição

Figura 2.15: Aros [28][29] [30]

Pedaleira

Single speed



Multi-gear



Prós	<ul style="list-style-type: none"> •Simplicidade •Peso •Preço •Adequado para ambiente citadino 	<ul style="list-style-type: none"> •Nº de velocidades maior •Adequado para ambientes montanhosos
Contras	<ul style="list-style-type: none"> •Nº de velocidades menor 	<ul style="list-style-type: none"> •Necessidade de desviador frontal •Peso •Preço •Maior nível de manutenção

Figura 2.16: Pedaleira [31][32]

Transmissão

Corrente



Correia



Prós	<ul style="list-style-type: none"> •Resistência •Compatibilidade •Preço •Comprimento ajustável •Compatível com quadro com suspensão 	<ul style="list-style-type: none"> •Não oxida •Não necessita lubrificação •Sistema mais limpo •Peso •Mantém o comprimento •Durabilidade
Contras	<ul style="list-style-type: none"> •Oxidação •Necessidade de lubrificação •Sistema mais "sujo" •Peso •Barulho 	<ul style="list-style-type: none"> •Preço •Compatibilidade •Fragilidade em determinados ambientes •Pedaleiro single speed e mudanças de cubo •Necessidade de "corte" no quadro para montagem

Figura 2.17: Transmissão [33][34]

Travagem

Disco mecânico



Disco hidráulico



Prós	<ul style="list-style-type: none"> •Preço •Simplicidade de manutenção 	<ul style="list-style-type: none"> •Menos manutenção necessária •Maior facilidade de dosagem de atuação •Melhor performance em ambientes severos
Contras	<ul style="list-style-type: none"> •Força de atuação •Sujidade afeta cabo •Necessidade de ajustamento regularmente 	<ul style="list-style-type: none"> •Preço

Travagem

Por calços



Cubo



Prós	<ul style="list-style-type: none"> •Preço •Peso •Fácil manutenção 	<ul style="list-style-type: none"> •Boa travagem em condições molhadas •Baixa manutenção
Contras	<ul style="list-style-type: none"> •O aro está sujeito a desgaste •Necessária elevada força de atuação •Necessidade de ajustamento •Frac performance com água 	<ul style="list-style-type: none"> •Peso •Difícil manutenção se necessário •Elevada força numa zona específica do quadro •Difícil dosagem de travagem •Apenas aplicável na roda traseira •Em caso de falha da corrente, impossibilidade de travar

Figura 2.18: Travagem [35][36][37][38]

Pneus

Tubular



Tubeless



Prós	<ul style="list-style-type: none"> •Preço •Fácil montagem •Selante apenas para tornar o pneu anti-furo 	<ul style="list-style-type: none"> •O selante necessário funciona como anti-furo •Possibilidade de menores pressões quando vantajoso
Contras	<ul style="list-style-type: none"> •Possibilidade de furo sendo a câmara de ar trilhada •Maior número de partes 	<ul style="list-style-type: none"> •Preço •Peso •Impossibilidade de se encher com uma bomba manual •Necessidade de selante •Aro de difícil construção (dimensões) •Difícil montagem

Pneu airless

NEXO

Go The Distance

Test Settings
 Distance : 5,000km
 Speed : 30km/h
 Load : 54 kg/individual tire
 Abrasive Material : Emery paper #400



Prós	<ul style="list-style-type: none"> •Sem furos •Sem necessidade de verificar a pressão dos pneus •Compatível com jantes standard •Preço •Peso
Contras	<ul style="list-style-type: none"> •Novidade no mercado •Rigidez

Figura 2.19: Pneus [39][40]

2.6 Análise de Mercado

Segundo Stevenson, *benchmarking* é simplesmente a medição da performance de uma companhia em relação aos melhores na mesma ou noutra indústria [41]. A análise de *benchmarking*, associado ao desenvolvimento de produtos, é um processo de comparação de produtos já existentes no mercado com características e funções semelhantes às requeridas. O seu principal objetivo é utilizar a concorrência mais forte como forma de inspiração e aprendizagem. Esta análise demonstra as principais fraquezas e as qualidades dos produtos já existentes do mercado, dando assim informação vital do que se deve ou não adotar na conceção de um novo produto do mesmo género.

Atualmente já existem algumas bicicletas que exigem menos manutenção que as bicicletas comuns, ainda assim com configurações e características diferentes relativamente ao que se pretendia com este trabalho. Fez-se uma pesquisa de mercado e as soluções disponíveis são apresentadas de seguida.

2.6.1 PRIORITY CLASSIC 1.0

A primeira bicicleta analisada é a PRIORITY CLASSIC 1.0 presente na figura 2.20. Em termos de baixa manutenção, apresenta transmissão feita por correia, pneus *airless* e travão traseiro e mudanças incluídas no cubo. Relativamente aos pontos mais negativos, não apresenta travão frontal o que pode representar um perigo para a integridade física do utilizador, as mudanças não são automáticas e o quadro apresenta um design banal com uma estrutura tubular em alumínio. A postura de condução aparenta ser a adequada para passeio com uma altura de guiador bastante elevada.

- Transmissão por correia
- Travão de cubo
- Cubo de mudanças interno com 3 velocidades
- Quadro em alumínio
- Pneus *airless* sólidos



Figura 2.20: Bicicleta PRIORITY CLASSIC 1.0 [42]

2.6.2 8ball

A bicicleta 8ball presente na figura 2.21 apresenta mudanças e travões inseridos no cubo. Os pneus são *airless*, logo resistentes a furos e apresenta uma correia próximo da pedaleira para transporte da bicicleta. Em ambiente citadino pode ser uma mais-valia quando é necessário subir escadas ou entrar para transportes públicos. Também possui uma grelha para transporte de objetos, mas o seu tamanho é bastante reduzido. Relativamente aos pontos negativos, o quadro é em ferro com a zona central muito elevada o que dificulta a entrada dos utilizadores. Por outro lado, a sua configuração em conjunto com a do guiador, torna a postura de condução bastante agressiva e desportiva. O selim é pouco almofadado e de tamanho reduzido.

- Quadro em ferro
- Travões internos
- Cubo de mudanças interno
- Pneus *airless* sólidos
- Fita de transporte
- Postura de condução desadequada para passeio



Figura 2.21: Bicicleta 8ball [43]

2.6.3 SCOTT Silence Evo Bike

A bicicleta SCOTT Silence Evo Bike presente na figura 2.22 apresenta um cubo de 11 velocidades o que, por um lado facilita a locomoção, mas por outro aumenta a complexidade do sistema e consequentemente a manutenção associada. A transmissão é feita através de uma correia e a travagem é assegurada por dois travões de disco hidráulicos. Possui dois guarda lamas e porta bagagens. O quadro é em alumínio e uma vez mais apresenta uma altura central elevada dificultando a entrada e saída dos ciclistas.

- Quadro em alumínio
- Cubo de mudanças interno

- Altura e avanço do guidador ajustável
- Correia
- Porta bagagens
- Travões de disco
- Guarda lamas



Figura 2.22: Bicicleta SCOTT Silence Evo Bike [44]

2.6.4 Berg Crosstown

A Berg Crosstown C6 existe tanto no formato masculino (figura 2.23a)) como no feminino (figura 2.23b)). Possui um cubo de mudanças internas de 3 velocidades e travões de calços. A transmissão é feita por corrente protegida para segurança do utilizador. Possuem porta bagagens, guarda lamas e descanso. O quadro é em ferro o que aumenta o peso da bicicleta e é propício a sofrer oxidação. O selim também não é o adequado para um uso diário.

- Quadro em ferro
- Cubo de mudanças interno com 3 velocidades
- Guarda corrente
- Luzes
- Porta-bagagens
- Selim pouco confortável

2.6.5 SLADDA

A bicicleta SLADDA do IKEA presente na figura 2.24 é a concorrente mais direta do projeto em questão. Apresenta um cubo de mudanças automáticas de duas velocidades com travão incluído e um travão de disco mecânico frontal. A transmissão de potência é feita através de uma correia, e possui uma proteção para maior segurança do utilizador.



Figura 2.23: Bicicleta Berg Crosstown [45]

A altura e avanço do guidador são ajustáveis e possui dois porta-bagagens. Também tem incluída luzes dianteiras e traseiras e um descanso central para facilitar o estacionamento. O aspeto mais negativo desta bicicleta é sem dúvida o aspeto da mesma. O seu quadro apresenta uma interligação entre tubos redondos e quadrados sem existir uma harmonia entre ambos.

- Correia (10 ano de garantia)
- Quadro em alumínio
- Protetor correia
- Altura e avanço do guidador ajustável
- Porta bagagens
- Sistema automático de mudanças
- Travão traseiro acionado com os pés



Figura 2.24: Bicicleta SLADDA [46]

2.6.6 ITERA

A bicicleta ITERA presente na figura 2.25 foi desenvolvida pela Volvo nos anos 80 e possui muitos dos componentes em material polimérico. A transmissão é assegurada por uma corrente e carretos que estão inseridos dentro do quadro o que dificulta o seu acesso e manutenção. Apresenta luzes, guarda lamas e uma pega central para transporte. O seu design com linhas retas, embora algo revolucionário, encontra-se desatualizado mas com ideias bastante interessantes.

- Quadro em polímero
- Transmissão por corrente
- Guarda lamas
- Luzes
- Pega de transporte



Figura 2.25: Bicicleta ITERA [47]

2.7 Normas e Regulamentos

As normas europeias são um conjunto de regras, diretrizes ou características, estabelecidas por consenso e aprovadas por um Organismo de Normalização reconhecido, aplicáveis numa atividade ou seus resultados (produtos e/ou serviços) [48].

No desenvolvimento de um novos produtos, principalmente nos que têm uma relação direta com a segurança do seu utilizador, deve ter-se em conta as normas já existentes e o seu cumprimento.

Na tabela 2.1 são apresentadas as principais normas europeias a analisar aquando o desenvolvimento de uma bicicleta de cariz urbano para adultos [49].

Tabela 2.1: Normas europeias

Norma	Designação
EN ISO 4210-1:2014	Bicicletas - Requisitos de segurança para bicicletas - Parte 1: Termos e definições
EN ISO 4210-2:2015	Bicicletas - Requisitos de segurança para bicicletas - Parte 2: Requisitos para bicicletas citadinas, de montanha e de corrida
EN ISO 4210-3:2014	Bicicletas - Requisitos de segurança para bicicletas - Parte 3: Métodos de testes
EN ISO 4210-4:2014	Bicicletas - Requisitos de segurança para bicicletas - Parte 4: Métodos de teste do sistema de travagem
EN ISO 4210-5:2014	Bicicletas - Requisitos de segurança para bicicletas - Parte 5: Métodos de teste do sistema de direção
EN ISO 4210-6:2015	Bicicletas - Requisitos de segurança para bicicletas - Parte 6: Métodos de teste do quadro e forqueta
EN ISO 4210-7:2014	Bicicletas - Requisitos de segurança para bicicletas - Parte 7: Métodos de teste das rodas e jantes
EN ISO 4210-8:2014	Bicicletas - Requisitos de segurança para bicicletas - Parte 8: Métodos de teste dos pedais e sistema de transmissão
EN ISO 4210-9:2014	Bicicletas - Requisitos de segurança para bicicletas - Parte 9: Métodos de teste do selim e postura do ciclista
EN ISO 11243:2016	Bicicletas - Porta-bagagens para bicicletas - Requisitos e métodos de teste

Capítulo 3

Desenvolvimento Conceptual

Desenvolvimento de produto pode definir-se como "um conjunto de atividades que começam na percepção de uma oportunidade de mercado e acabam na produção, venda e entrega do produto"[50]. Ou seja, é um processo organizado e estruturado, que permite desenvolver produtos inseridos num tipo de mercado específico, e vêm satisfazer necessidades dos consumidores.

Segundo Ulrich e Eppinger (2012), uma das fases desse mesmo processo é o desenvolvimento conceptual. Esta deve seguir a metodologia e etapas esquematizadas na figura 3.1, de forma a cumprir todos os objetivos estabelecidos anteriormente. Para tal, existem várias ferramentas que o projetista tem ao seu dispor, e que o ajudam a organizar o trabalho e a expor as suas ideias. São exemplo disso o QFD (Quality Function Deployment), diagrama de Kano, FMEA (Failure Modes, Effects Analysis) ou o diagrama de funções, ferramentas que foram usadas neste projeto.

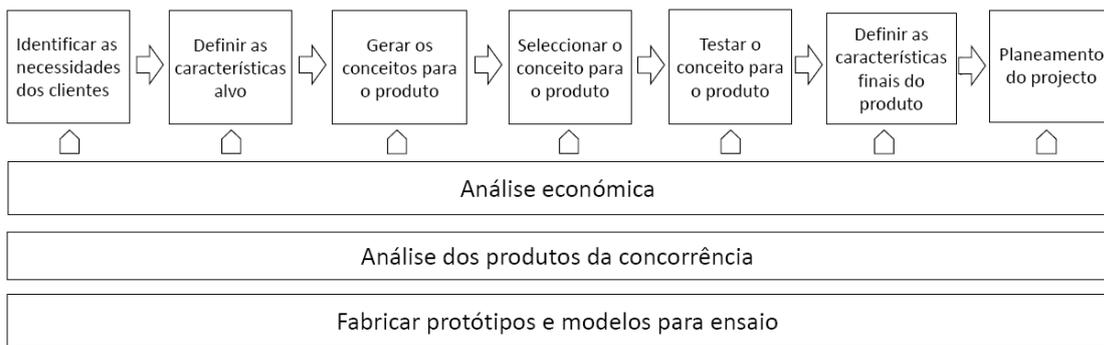


Figura 3.1: Processo de desenvolvimento conceptual

O desenvolvimento conceptual toma especial relevância no processo de desenvolvimento uma vez que é nesta fase que se identifica o mercado ao qual o produto é destinado e as suas necessidades. São analisados os produtos da concorrência e as suas mais valias, bem como problemas já existentes, aos quais se procura uma solução viável. São definidas as especificações e características principais do produto e é escolhido um conceito que será a base do projeto. Nesta fase faz-se uma análise económica e estabelecem-se metas até ao resultado final.

3.1 Definição do Público Alvo

O público alvo é um conjunto de pessoas que possuem as mesmas características ou interesses e podem ser definidos tendo em conta diversos critérios, como por exemplo idade, sexo, nível económico, localização, estilo de vida, gostos, entre outros [51]. É o ponto de partida saber a quem se destina e quem irá comprar os produtos desenvolvidos, para obter um produto de sucesso. É necessário seccionar o mercado e os seus consumidores para poder saber as suas necessidades e interesses. Se a gama de mercado for muito abrangente, fica mais difícil agradar a todos e as opções tornam-se mais caras. Por outro lado, este produto também poderia ser comprado por mais pessoas, pelo que é necessário encontrar um equilíbrio.

A utilização e aplicabilidade de um produto está diretamente relacionado com o seu público alvo. Para este projeto, a secção de mercado que se pretendia atingir seriam pessoas com idades compreendidas entre 20 e 50 anos, de ambos os sexos e principalmente habitantes de zonas urbanas. A bicicleta é também adequada para habitantes da zona litoral, já que todos os componentes foram escolhidos ou projetados de forma a apresentarem o menor nível de corrosão possível. A principal característica da bicicleta desenvolvida é o seu baixo nível de manutenção exigido, pelo que é apropriada para ciclistas que não gostem de se preocupar com os cuidados que as bicicletas convencionais exigem, ou para aqueles que não o sabem fazer.

No que à aplicabilidade diz respeito, esta bicicleta pode ser utilizada para passeio, para a prática de ciclo-turismo ou como forma de mobilidade no quotidiano. Devido à sua resistência e robustez, também poderá ser utilizada como bicicleta para situações de *bikesharing*.

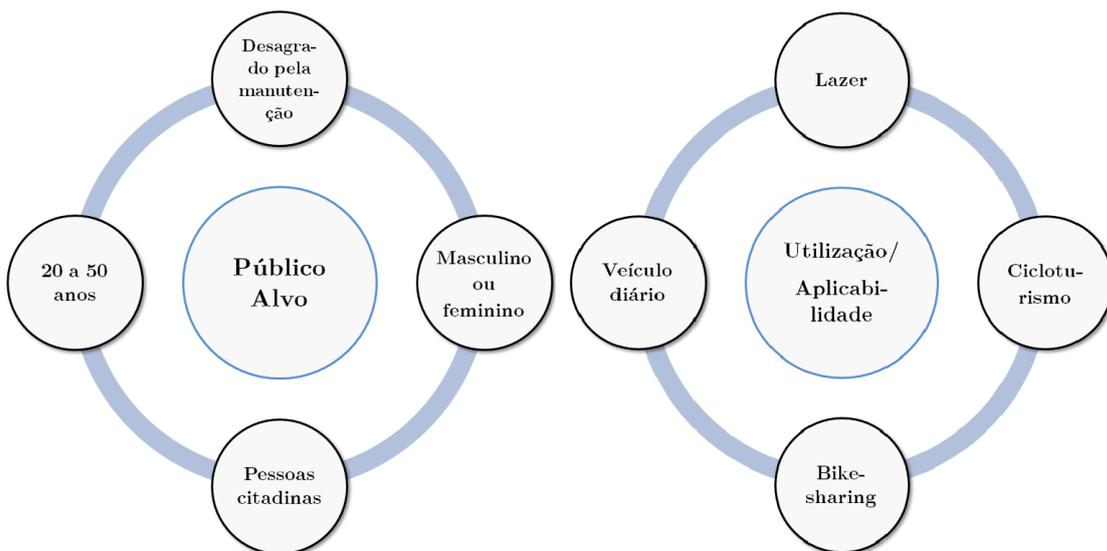


Figura 3.2: Público alvo e aplicabilidade definidas para a bicicleta

3.2 Quality Function Deployment

O QFD é uma ferramenta desenvolvida nos anos 60 pelo japonês Yoji Akao e tem como objetivo principal permitir à equipa de desenvolvimento do produto a incorporação das necessidades reais do cliente nos seus projetos [52].

Esta ferramenta permite ao projetista uma melhor perceção das necessidades do consumidor, e permite ordená-las de forma intuitiva de modo a, posteriormente, serem transformadas em requisitos do produto no modelo de especificações técnicas do mesmo. Estas necessidades podem ser obtidas através de pesquisa, inquéritos ou reclamações e geralmente são coletadas na forma de ideias vagas ou conceitos, sendo necessário traduzi-las em requisitos mensuráveis do produto. Esta tradução é realizada por meio de duas matrizes: a matriz da qualidade e a matriz do produto.

O QFD é vantajoso no projeto de um novo produto, uma vez que direciona o seu desenvolvimento para as ideias do cliente e não do projetista. É uma técnica que considera a concorrência e reduz o tempo de lançamento. Permite o registo de informação de forma simples e organizada, e o seu formato visual facilita a interpretação das especificações.

3.2.1 Identificação das Necessidades do Público Alvo

A identificação das necessidades dos consumidores é deveras importante de modo a saber quais os atributos que o público favorece, e aqueles que se podem dispensar no desenvolvimento de um novo produto.

No contexto de desenvolvimento da bicicleta em questão, a análise de *benchmarking* feita na secção 2.5 revelou um papel indispensável, uma vez que permitiu perceber o que já existe no mercado. Um produto de sucesso caracteriza-se pela sua exclusividade e originalidade pelo que, através da análise das bicicletas já existentes, procurou-se optar por soluções inovadoras e diferentes das geralmente utilizadas, sempre que possível.

Com o intuito de entender de forma mais clara como a bicicleta é vista pelos ciclistas, foi realizado um questionário online através da tecnologia *Google Docs*. Este questionário pretendia ser respondido por indivíduos de todas as idades e ambos os sexos e a sua divulgação foi feita através da rede social *Facebook*.

O questionário consistia num conjunto de perguntas de escolhas múltiplas obrigatórias e esteve disponível entre os dias 21 de março de 2017 até ao dia 03 de julho de 2017 tendo contabilizado um total de 262 respostas.

Em termos de resultados, pode observar-se no gráfico da figura 3.3 que 62,8 % dos inquiridos foram do sexo masculino, enquanto 37,2 % eram do sexo feminino, tendo ambos os sexos mostrado interesse na realização do inquérito.

No que à idade diz respeito, a maior parte dos inquiridos tinha uma idade inferior ou igual a 25 anos, isto porque o inquérito foi principalmente respondido por jovens estudantes. No entanto a faixa etária entre 25 e 60 anos também apresentou uma adesão bastante significativa de 24,1 %, tal como se pode observar no gráfico da figura 3.4.

Na terceira pergunta procurou-se identificar o tipo de utilização da bicicleta por parte dos utilizadores. Pode observar-se no gráfico da figura 3.5 que 48,7 % dos inquiridos utiliza a bicicleta para lazer e ciclo-turismo e 18,9 % utiliza-a como meio de transporte do quotidiano. Foi para este tipo de pessoas que a bicicleta foi pensada e desenvolvida.

A pergunta seguinte tinha como objetivo saber qual o nível de agrado que os utilizadores de bicicletas atribuíam à realização de diferentes tarefas. Pode observar-se nos

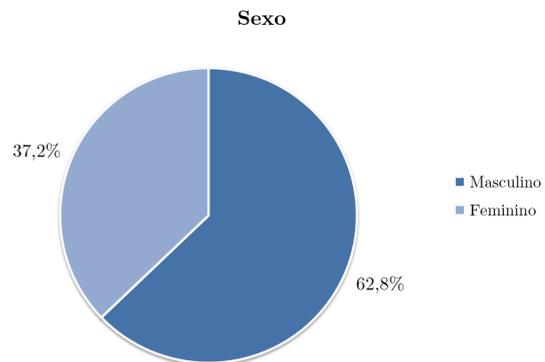


Figura 3.3: Percentagem do sexo dos inquiridos

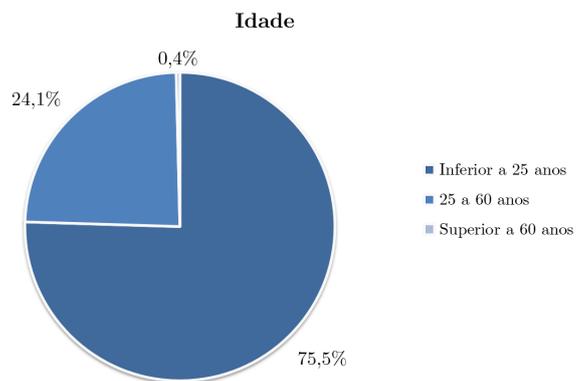


Figura 3.4: Percentagem da idade dos inquiridos

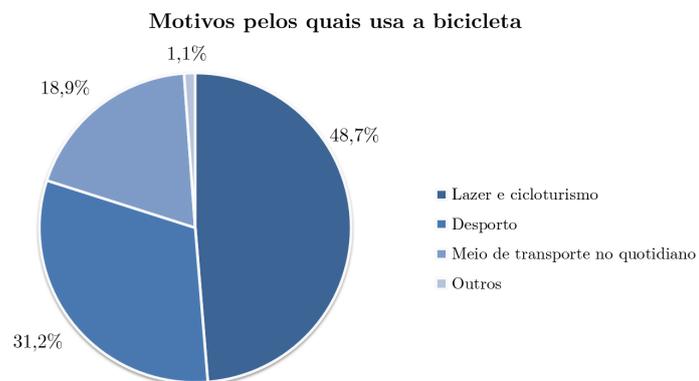


Figura 3.5: Motivos pelos quais os inquiridos utilizam a bicicleta

gráficos da figura 3.6 que a tarefa que demonstra mais desagrado é a limpeza da corrente, enquanto que a verificação da pressão dos pneus é mais agradável de ser feita. No entanto, é de referir que à exceção desta última, todas as outras possuem um nível de desagrado bastante elevado.

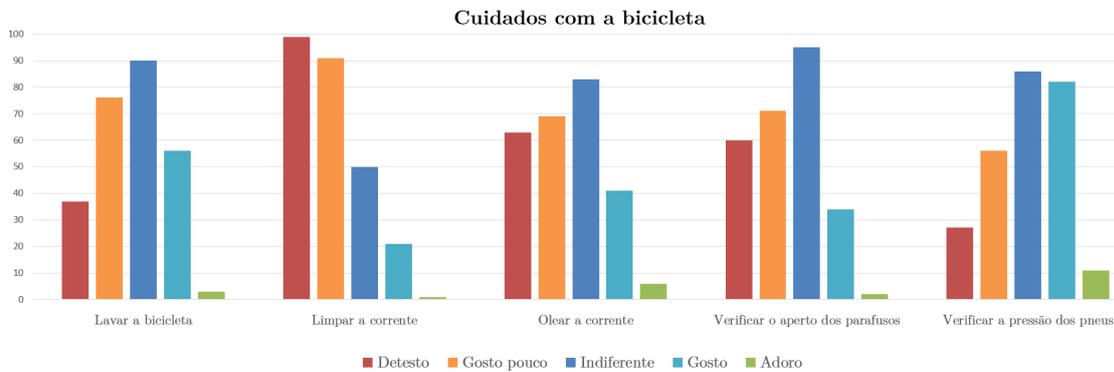


Figura 3.6: Nível de agrado com execução de alguns cuidados a ter com a bicicleta

A quinta pergunta pretendia revelar quais os níveis de habilitações ou a disponibilidade por parte dos utilizadores para a realização de reparações na bicicleta, que por vezes são necessárias. Por observação dos resultados da figura 3.7, pode concluir-se que em todas as tarefas, o somatório das respostas de "Não sei fazer" com a "Sei mas prefiro não o fazer", é sempre superior à resposta afirmativa. Ou seja, a maioria dos utilizadores tem de recorrer a entidades externas para realizar os reparos e pagar por esse serviço. De notar que reparar o empeno das rodas é a tarefa que menos pessoas sabem fazer, enquanto que uma percentagem bastante significativa sabe reparar um furo ou afinar os travões.

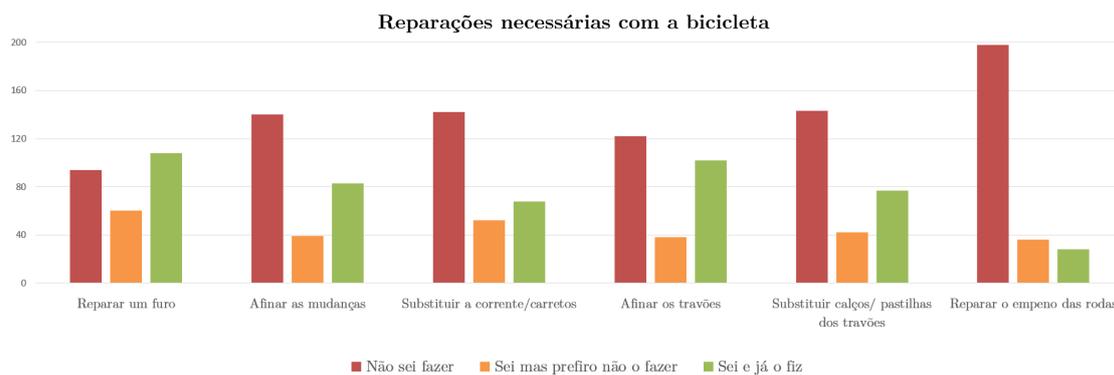


Figura 3.7: Habilidade ou disponibilidade por parte dos inquiridos na realização de reparos na bicicleta

A última questão tinha como objetivo saber quais as características que os consumidores mais valorizam numa bicicleta urbana. Em termos de resultados, presentes na figura 3.8, o conforto e a ajustabilidade são consideradas as características mais importantes, assim como a segurança para o utilizador. Todas as outras características tiveram níveis de respostas bastante similares à exceção do design e da utilização de materiais

recicláveis. Contudo, cabe ao projetista uma análise crítica dos resultados e, embora o cliente não tenha escolhido o uso de materiais recicláveis como uma característica importante, é um dever a sua utilização com vista a reduzir os desperdícios existentes. Quanto ao design, é também importante para cativar a atenção dos clientes.

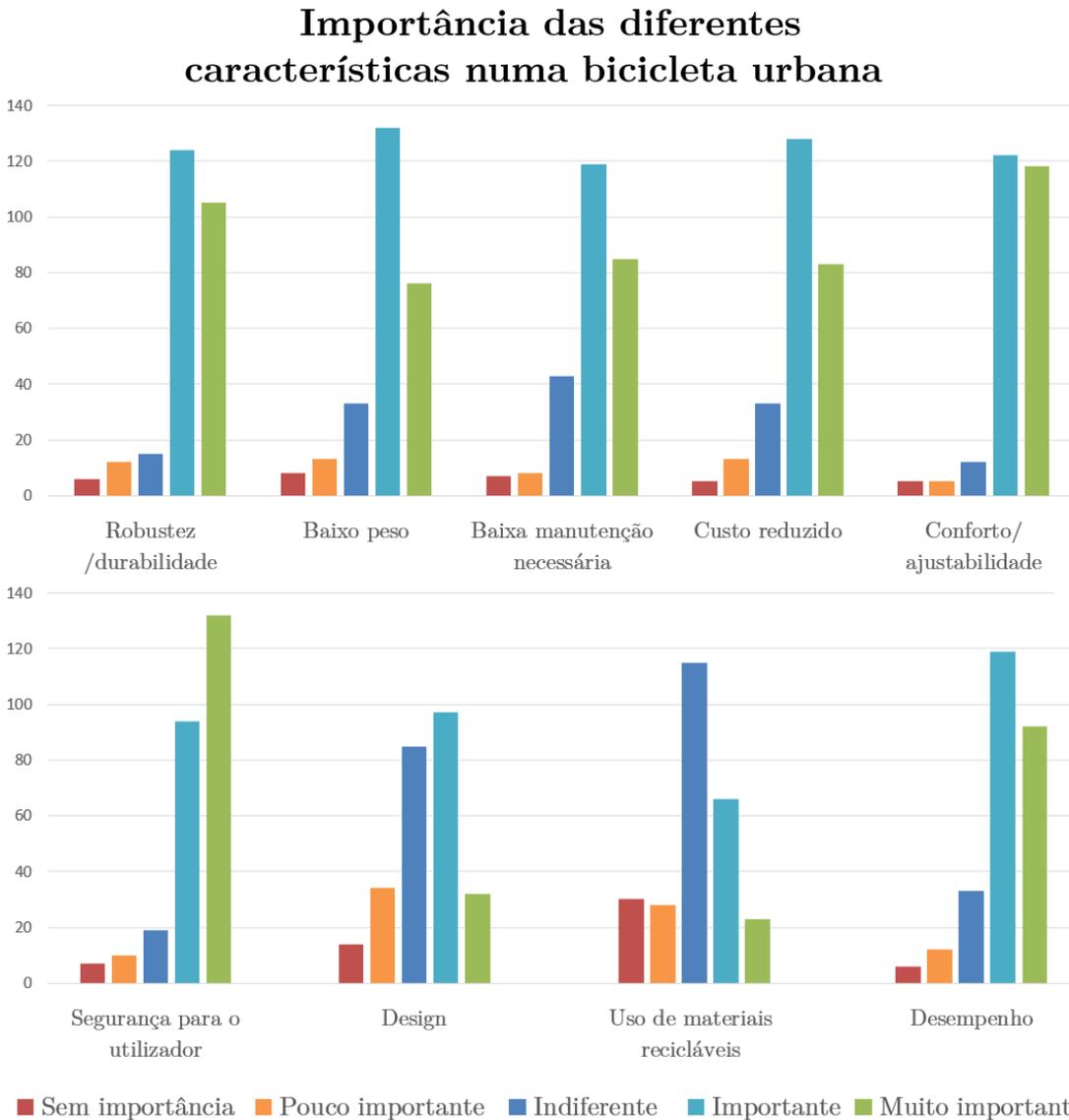


Figura 3.8: Nível de importância dada pelos inquiridos às diferentes características numa bicicleta urbana

3.2.2 Modelo de Kano

Ter um cliente satisfeito pode ser uma vantagem competitiva. Neste sentido, cada vez mais, as estratégias de melhoria contínua são necessárias para um bom desempenho frente às perceções dos clientes. De modo geral, clientes satisfeitos são menos sensíveis a preços e são mais propensos a gastar com produtos e serviços com maior qualidade. A maior

dificuldade para o projetista depara-se com a seleção de atributos que irão retribuir maior nível de satisfação para com o consumidor. O modelo de Kano é uma ferramenta para a medição do grau de satisfação que um atributo possa gerar. Neste modelo é defendido que para alguns atributos do produto, a satisfação do cliente aumenta drasticamente com uma pequena melhoria no desempenho, enquanto que para outros atributos, a sua satisfação aumenta muito pouco quando o desempenho é melhorado ao extremo [53].

No modelo de Kano, encontra-se representado um gráfico Atendimento/Satisfação que contém três curvas que caracterizam os constituintes do produto:

- **Atributos obrigatórios:** se estes não estiverem presentes ou se o grau de desempenho for insuficiente, o cliente ficará insatisfeito, por outro lado, se estiverem presentes ou tiverem grau de desempenho suficiente, não trará satisfação. São atributos decisivos num produto uma vez que o cliente assume que estejam por defeito incluídos, caso isso não aconteça, provavelmente o produto será descartado;
- **Atributos unidimensionais:** em relação a estes atributos, a satisfação é proporcional ao grau de desempenho, quanto maior o grau de desempenho, maior será a satisfação do cliente e vice-versa;
- **Atributos atrativos:** estes atributos são o ponto-chave para a satisfação do cliente, se tiverem alto grau de desempenho trarão plena satisfação, porém, não trarão insatisfação ao cliente se não forem atendidos. Ou seja, a satisfação aumenta exponencialmente com o atendimento, isto é, quanto mais surpreso e mais inesperado, maior a satisfação, isto claro se for um requisito que satisfaça o cliente.



Figura 3.9: Modelo de Kano

Na figura 3.9 encontra-se o Modelo de Kano utilizado para este projeto. A classificação dos diversos atributos teve em conta a análise de *benchmarking*, bem como o inquérito realizado. Através da análise do mesmo gráfico é possível concluir que dentro dos requisitos obrigatórios se encontram a segurança, a ajustabilidade/adaptabilidade a cada utilizador, a utilização de componentes standard para fácil substituição e um preço apelativo. No que toca aos requisitos unidimensionais fazem parte o apelo estético, a durabilidade da bicicleta, a manobrabilidade e estabilidade e o conforto. Capacidade de transportar objetos, ter um baixo nível de manutenção, facilidade de estacionamento e pneus anti furo foram atrativos que se propuseram desenvolver.

3.2.3 Características do Produto

Numa fase pré-conceptual foram definidas as características e especificações principais que deveriam ser consideradas no desenvolvimento de conceitos. Para tal, e tendo em conta as necessidades do consumidor, foram analisadas propostas existentes no mercado e definiram-se, desde logo, atributos que deveriam estar presentes na proposta conceptual. Por um lado, especificações para o desenvolvimento do quadro da bicicleta e por outro, a escolha das soluções para os diversos sistemas existentes no mercado que possibilitam a redução da manutenção.

As características e especificações principais definidas nesta etapa foram:

- **Unissexualidade:** a geometria do quadro e restantes componentes deveria permitir o uso da bicicleta por ambos os sexos;
- **Dimensões:** mesmo não tendo sido definidas nesta etapa as dimensões específicas do quadro, estipulou-se que a bicicleta deveria acomodar rodas de tamanho 28”;
- **Design:** a bicicleta deveria apresentar formas e traços futurísticos de modo a ser apelativa ao consumidor;
- **Compartimento de carga:** sendo um elemento que influencia diretamente a estética da bicicleta, foi considerado nesta etapa. Por outro lado, foi definido que este deveria ser um componente amovível, uma vez que existem pessoas que preferem que a bicicleta não o possua;
- **Ajustabilidade:** elementos como o banco ou o guiador deveriam permitir ajuste para acomodar pessoas com dimensões distintas;
- **Correia de transmissão:** foi definido que seria usada uma correia em vez de corrente. É um sistema mais limpo que dispensa lubrificação, mas que pode ter implicações diretas no design do quadro;
- **Mudanças e travão traseiro no cubo:** os carretos e o travão ao estarem dentro do cubo, estão automaticamente protegidos de resíduos, dispensam uma lubrificação constante e estão protegidos de colisões;
- **Rodas raiadas em alumínio:** definiu-se que seriam usadas rodas raiadas em alumínio uma vez que não sofrem oxidação;
- **Travão frontal de calços:** o travão frontal por calços é uma solução mais barata e igualmente eficiente numa bicicleta urbana.

3.2.4 Matriz da Qualidade

Na figura 3.10 é possível verificar a matriz da qualidade, que consiste na identificação e classificação do tipo de relações entre os requisitos do consumidor e os requisitos do produto. Esta relação qualitativa foi representada por três algarismos 1, 3 e 9 que definem o grau de interação (menor para maior, respetivamente) dos requisitos do consumidor com as especificações técnicas da bicicleta. Esta análise teve como objetivo priorizar os requisitos ou atributos que iriam promover maior nível de satisfação por parte do consumidor.

Matriz da Qualidade

	IDI = Priorização inicial	Desempenho					Dimensionamento					Detalhes técnicos				EI = Avaliação Estratégica	MI = Avaliação da Concorrência	IDI* = Priorização Revista
		Tempo de vida	Rolamento	Mudança de direção	Travagem	Periodicidade de manutenções	Medidas antropométricas	Peso	Dimensões de componentes	Trasmissão	Amortecimento	Design/Geometria	Compartimentos de carga	Materiais	Proteções de segurança			
Baixa manutenção	13	9	9	3	9	9		9	9	3			9			1,5	1,0	15,9
Apelo Estético	12					3		1	9		9		9			1,5	1,0	14,7
Facilidade de locomoção	11		9	3		3	9	3	3	9	1	3				1,5	1,0	13,5
Manobrabilidade	10		9	9			3	3	9		3					1,0	1,0	10,0
Estabilidade e segurança	9	3		9	9	9				1	3			9	9	1,0	1,5	11,0
Ergonomia	8		3	3	3		9	3	9	3	9	9	3		3	1,0	1,0	8,0
Conforto	7		1				9			3		9				1,0	0,5	4,9
Facilidade Paragem	6				9	9	1	1								1,0	1,0	6,0
Adaptabilidade/ajustabilidade	5	3		1			9		3			3				1,0	0,5	3,5
Fiabilidade	4	9	3			9							9			1,5	1,0	4,9
Facilidade entrada/saída	3					3		3			9	1	3	1		1,0	0,5	2,1
Leveza	2		3				9	1					9			1,5	1,0	2,4
Capacidade de Carga	1	3										1	9	1		1,5	0,5	0,9
lqj		0,9	2,5	2,6	1,8	2,4	3,1	1,0	2,3	1,6	1,6	1,7	0,4	1,5	1,3			
Análise competitiva		1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0			
Dificuldade de actuação		1,5	1,0	0,5	1,0	1,5	1,0	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0			
lqj*		1,1	2,5	1,8	1,8	2,1	3,1	1,2	2,3	1,6	1,6	1,7	0,4	1,5	1,3			

Figura 3.10: Matriz da Qualidade

Após o preenchimento da matriz da qualidade, onde é visível a forte relação entre a “baixa manutenção” com diversas especificações, aplicou-se os fatores de correção e obteve-se uma priorização revista da priorização da procura da qualidade definida antes do preenchimento da mesma. Ao analisar os gráficos das figuras 3.11 e 3.12 podem observar-se que os requisitos “baixa manutenção”, “apelo estético” e “facilidade de locomoção” apresentam os lugares cimeiros da priorização. Relativamente às alterações da revisão, a “manobrabilidade” e a “estabilidade e segurança” trocaram de posição, a “ajustabilidade” tomou mais importância, entre outras alterações.

No que diz respeito à priorização das especificações da bicicleta, pode observar-se no gráfico da figura 3.13 que a “periodicidade de manutenções”, os “materiais” e a facilidade de “rolamento” ocupam os lugares cimeiros. Os “compartimentos de carga”, as “proteções de segurança” e o “peso” ocupam as posições menos relevantes.



Figura 3.11: Priorização da procura da qualidade



Figura 3.12: Priorização revista da procura da qualidade

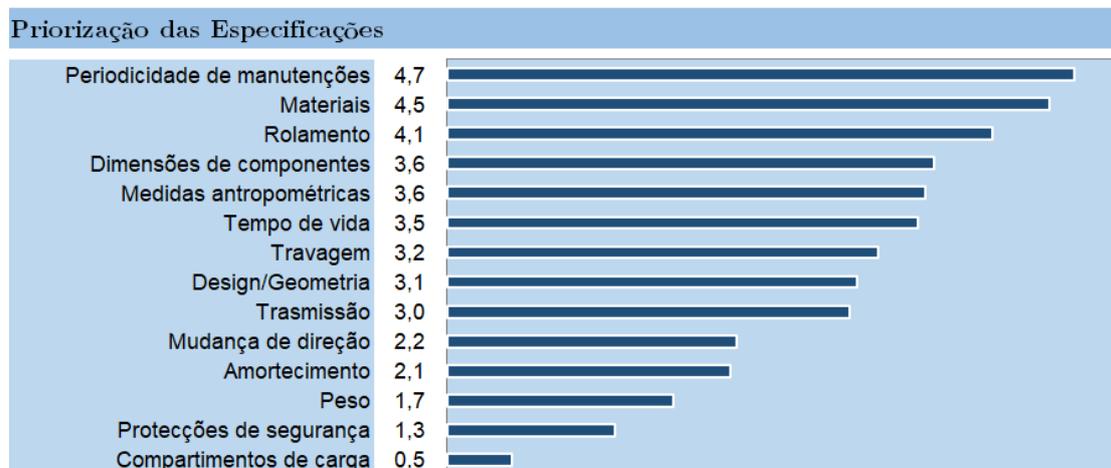


Figura 3.13: Priorização das especificações da bicicleta

3.2.5 Matriz do Produto

Tal como a matriz da qualidade, a matriz do produto é parte integrante do QFD. Na matriz do produto presente na figura 3.14, avaliaram-se as relações entre os principais componentes da bicicleta e as especificações técnicas da mesma. À semelhança da matriz da qualidade, foi utilizada uma correlação numérica de valores 1, 3 e 9. Através da análise da matriz do produto, pode saber-se quais os componentes mais importantes no desenvolvimento do produto, e por consequência, aqueles que requerem mais tempo de análise.

O gráfico de priorização da importância dos componentes, tendo em conta os fatores de correção, é apresentado na figura 3.15, de onde se pode concluir que o "quadro" é sem dúvida o elemento com o qual se deve despender mais tempo e atenção ao detalhe. Os outros componentes apresentam menor grau de exigência uma vez que alguns poderão ser standard e não necessitam de desenvolvimento. No entanto, a escolha desses mesmos componentes é um passo fundamental para a concretização do produto final.

Matriz do Produto

	Desempenho					Dimensionamento					Detalhes técnicos			Ipi = importância das partes	Fi = Facilidade de Desenvolvimento	Ti = Tempo de Desenvolvimento	Ipi* = Priorização	
	Tempo de vida	Rolamento	Mudança de direção	Travagem	Periodicidade de manutenções	Medidas antropométricas	Peso	Dimensões de componentes	Trasmissão	Amortecimento	Design/Geometria	Compartimentos de carga	Materiais					Protecções de segurança
Iqj*	3,5	4,1	2,2	3,2	4,7	3,6	1,7	3,6	3,0	2,1	3,1	0,5	4,5	1,3				
Quadro	9		1	1	1	9	9	9	1	3	9	3	9	1	201,2	1,5	1,5	302
Selim	1					9	1	3		9			1		71,6	0,5	1,0	51
Rodas	9	9	3		9		3	9	3	3			1		173,9	0,5	1,0	123
Guiador	1		9	1		9	1	3			1	1	1	1	80,0	1,0	1,0	80
Travões	9	1		9	9	1	1	3					3		126,3	1,0	1,0	126
Suspensão	1	3	1		1		1			9	1				46,2	1,0	1,0	46
Transmissão	9	9			9		1	3				1	9		138,3	1,0	1,0	138
Compartimentos de carga	1		3	1			1	3			9	9	1		62,1	1,0	1,0	62
Luzes							1				1		9		16,0	0,5	1,0	11
Descanso	1						1	3			1		1		23,6	1,0	1,0	24
Acabamentos	3				3						9		1		56,5	1,0	1,0	56

Figura 3.14: Matriz do produto

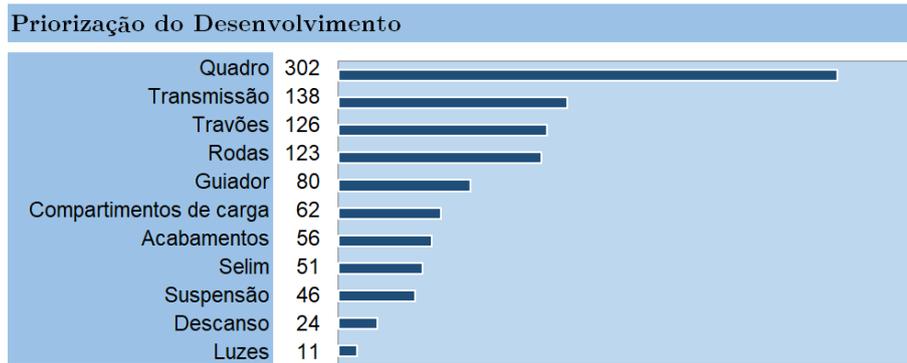


Figura 3.15: Priorização da importância dos componentes

3.3 Importância dos Componentes Relativamente à Manutenção (Diagrama de Mudge)

Sendo o principal objetivo deste trabalho a obtenção de uma bicicleta de baixa manutenção, torna-se indispensável saber quais dos componentes requerem mais cuidados e atenção. Para tal foi desenvolvido um Diagrama de Mudge presente na figura 3.16 e a respetiva priorização dos componentes encontra-se na figura 3.17. O diagrama é construído da seguinte forma: inicialmente é atribuída uma letra a cada componente e posteriormente são comparados aos pares; sendo um componente mais importante que o par, a sua letra ocupa o quadrado em questão; seguidamente é adicionado o algarismo 1, 2 ou 3, sendo que o 1 representa “um pouco mais importante que” e o 3 “muito mais importante que”; no final são somados todos os algarismos da mesma letra e obtida a priorização de importância.

A-Seletores velocidades	B-Pedaleira	C-Corrente/correia	D-Carretos	E-Selim	F-Guiador	G-Rodas	H-Pneus	I-Descanso	J-Pintura	K-Travões	L-Luzes	Total	%	Importância
A	A2	C1	A1	A2	A2	A1	A1	A2	A1	A1	A3	16	17,0	11
	B	C1	B1	B2	B2	B1	B1	B2	B1	B1	B2	13	13,8	10
		C	C1	C3	C3	C2	C2	C3	C1	C1	C3	21	22,3	12
			D	D2	D2	D1	D1	D2	D1	D1	D2	12	12,8	9
				E	E1	G1	H1	I1	J2	K1	E2	3	3,2	4
					F	G1	H1	F1	J1	K1	F1	2	2,1	3
						G	H1	G2	G1	G1	G1	7	7,4	7
							H	H2	H1	H1	H1	8	8,5	8
								I	J1	K1	I1	2	2,1	2
									J	J1	L1	5	5,3	6
										K	K1	4	4,3	5
											L	1	1,1	1
												94	100,0	

Figura 3.16: Diagrama de Mudge

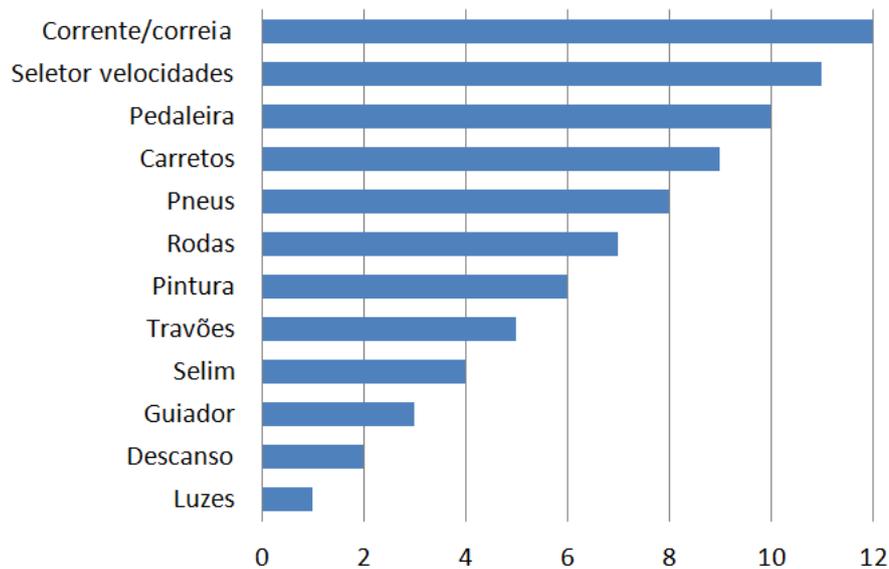


Figura 3.17: Priorização da importância dos componentes relativamente à manutenção

3.4 Geração conceptual

O processo de execução de esboços conceptuais surge após a identificação dos requisitos e das especificações do produto. Nesta etapa são gerados conceitos que cumpram a satisfação das reais necessidades do cliente, tratando-se apenas de linhas genéricas e passíveis de detalhe. Não foram tidas em conta proporções antropométricas, nem sistemas mecânicos associados. Como mecanismos de auxílio e clarificação do problema foram utilizadas ferramentas como o mind-map e também a análise morfológica já executada na Secção 2.5.

O objetivo deste procedimento é a análise comparativa entre as diferentes ideias propostas, descartando as que são inviáveis em prol das restantes. Esta metodologia permite apresentar uma quantidade diversificada de modelos, bem como pequenas variantes entre si. As alterações aos esboços não despendem muito tempo, permitindo assim uma otimização constante das propostas.

3.4.1 Mind-map

Um Mind-map é um meio criativo de lógicas de anotações que, ajuda a organizar as ideias. Todos os Mapas Mentais (em português), têm algumas coisas em comum. Têm uma estrutura organizacional que partindo de uma ideia central e utilizando linhas, símbolos, palavras, cores e imagens de acordo com determinados conceitos converte uma longa lista de informações monótonas, num diagrama memorável e altamente organizado. O Mind-map desenvolvido, encontra-se na figura 3.18, e representa um conjunto de opções disponíveis para realizar determinada função.

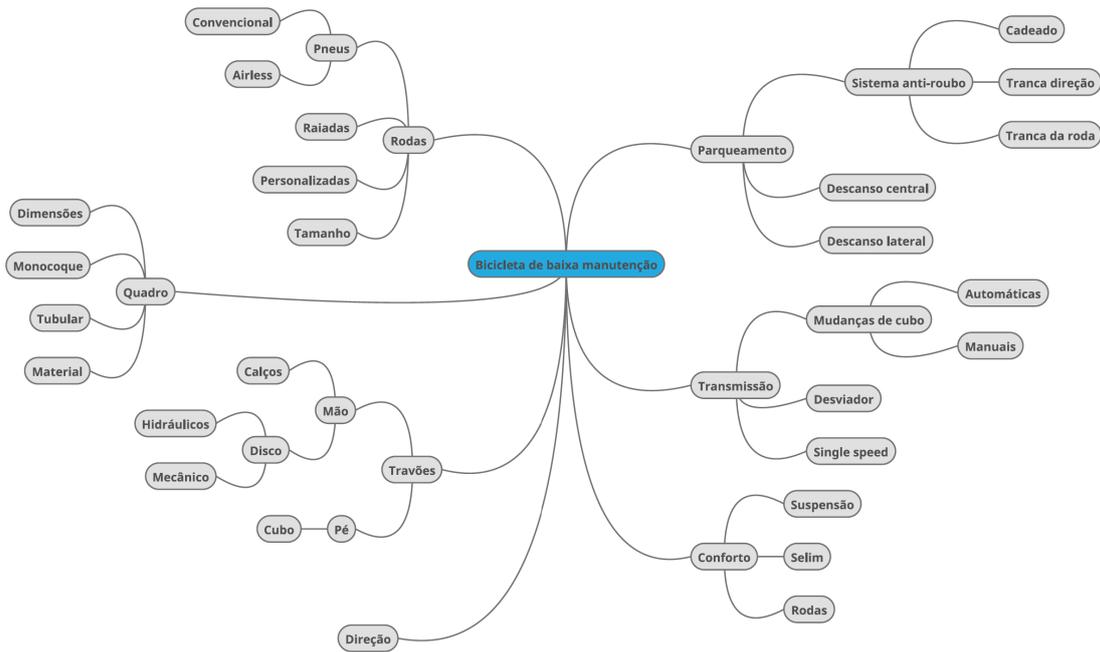


Figura 3.18: Mind-map utilizado

3.4.2 Conceitos Iniciais

Finda a conclusão do Mind-map procedeu-se ao desenvolvimento dos primeiros esboços da bicicleta, os primeiros modelos de aspeto e conceito. Ainda que primários, são importantes para a realização do FMEA de conceito que será apresentado posteriormente, e desta forma, corrigir logo à partida problemas que poderiam surgir.

Sendo o quadro o principal componente a desenvolver, foi o componente central dos esboços presentes na figura 3.19 e o que distinguia os mesmos entre si. Ficou, desde logo, decidido que o quadro teria uma forma “cheia”, ao contrário da estrutura tubular mais comum nas bicicletas. Desta forma, caso o projeto fosse adquirido por alguma empresa, representaria uma novidade no mercado, consequentemente um produto de sucesso, traduzido no número de vendas.

O objetivo do desenvolvimento da bicicleta seria apenas desenvolver o quadro e acoplar-lhe componentes standardizados, escolhidos de forma a minimizar a sua manutenção. Desta forma, diminuir-se-iam custos de produção e garantia-se a qualidade dos mesmos, assumida pelas diferentes marcas. Por essa razão, o quadro deveria ser pensado tendo em conta a forma generalizada da constituição da bicicleta. É exemplo disso geometrias cilíndricas para acomodar a maioria das pedaleiras ou garfos de direção.

3.4.3 Seleção de Conceitos

De modo a poder fazer a seleção de um conceito, foram eliminados, desde logo, alguns esboços por não cumprirem pelo menos um dos requisitos impostos anteriormente. Nesta fase foram eliminadas todas as bicicletas que tinham a parte central do quadro demasiado elevada, uma vez que se destina a um uso citadino e torna difícil a entrada e saída de pessoas com roupa casual, ou saia no caso feminino.



Figura 3.19: Conceitos iniciais

O passo seguinte foi a seleção do conceito final. Para tal, os três conceitos restantes foram comparados entre si e entre a concorrente principal: a bicicleta do IKEA denominada SLADDA (figura 3.20). A comparação foi feita através de uma Matriz de Pugh e, por conseguinte, atribuída uma classificação a cada modelo. Foram definidos alguns critérios que pudessem ser analisados apenas através dos esboços e cada um poderia ter uma classificação de 1 (pior), 3 ou 5 (melhor). Os resultados são apresentados na tabela 3.1, sendo o conceito escolhido o representado pela letra C.

Tabela 3.1: Matriz de Pugh

Crítérios	Referência	A	B	C
Design	1	5	5	5
Acessibilidade	3	3	5	3
Ergonomia	3	3	3	3
Proteção corrente	3	1	1	1
Facilidade de fabrico (quadro)	3	3	1	3
Facilidade montagem	3	5	3	5
Funcionalidade	5	5	5	5
Facilidade manutenção	3	3	3	5
Classificação	24	28	26	30

Quanto ao conceito A, a dificuldade de montagem da pedaleira por dentro do quadro e a sua fraca acessibilidade tornam impossível a viabilidade do mesmo, uma vez que aumentam a dificuldade de exercer a manutenção.

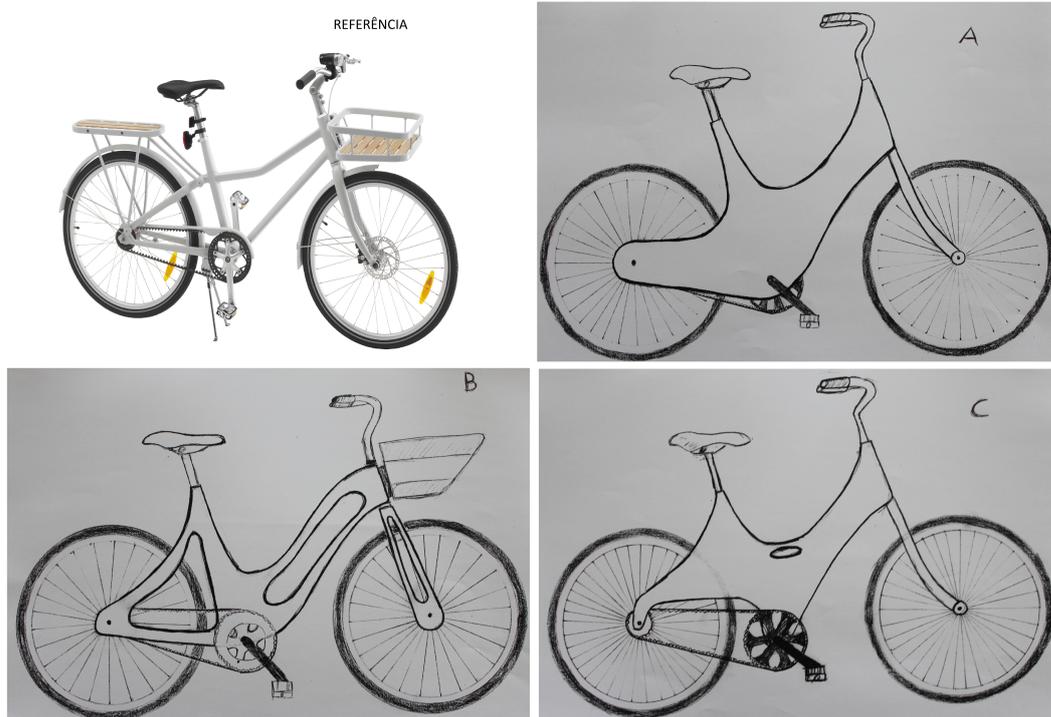


Figura 3.20: Bicicleta SLADDA e os três conceitos finais

O conceito B foi o que obteve a pontuação mais baixa uma vez que não possui proteção da corrente e ao passar a corrente por dentro do “triângulo” do quadro, torna necessário um corte nessa mesma geometria, para conseguir inserir uma corrente fechada no quadro. Embora seja possível colar uma corrente são necessárias ferramentas específicas e é um procedimento que não está ao alcance de todos. Quanto ao corte no quadro, para inserir uma corrente já pronta a usar, fragiliza à partida uma zona crítica.

Em relação ao conceito que obteve melhor classificação destaca-se o seu design, a facilidade de montagem dos componentes, bem como a facilidade de manutenção. Existe bom acesso aos principais componentes que requerem manutenção, e neste caso, a troca de corrente torna-se num processo bastante simplificado, bastando para isso desmontar a roda traseira do quadro. No que diz respeito aos critérios que não obtiveram pontuação máxima e que exigem melhoria, destaca-se a ausência de proteção de corrente, o que pode provocar o entalar do vestuário entre a corrente e o prato pedaleiro. Outros pontos a melhor são a acessibilidade, bem como a facilidade de fabrico do quadro.

3.4.4 Conceito Escolhido

Na figura 3.21 está representado o conceito escolhido com as respectivas anotações a melhorar.

Relativamente à parte traseira da bicicleta, foi necessário reforçar a zona do eixo bem como alterar a geometria geral. Foi necessário reforçar a zona de fixação do selim e a pega foi removida. A zona central da bicicleta foi rebaixada para facilitar a entrada do ciclista e, ao mesmo tempo, reduzir material. O guiador também foi alterado.

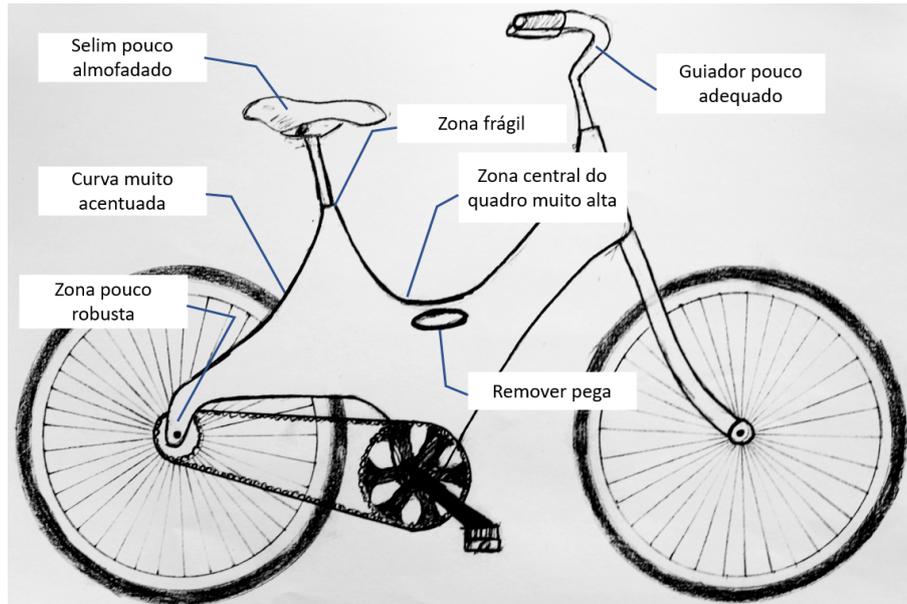


Figura 3.21: Conceito escolhido e respetivas falhas

3.4.5 FMEA de Conceito

Através do FMEA de conceito, pretende-se efetuar uma análise primária das possíveis falhas da proposta conceptual, de modo a que problemas que sejam detetados nesta fase possam ser corrigidos e, se necessário, alterar o conceito inicial. Com esta ferramenta, o conceito pode ser melhorado o que evita gastos desnecessários numa fase mais avançada do projeto, torna a modelação mais simples e poupa tempo na definição do modelo final.

O FMEA assenta em quatro fundamentos principais:

- Definir o modo de falha;
- Identificar a causa da falha;
- Identificar os efeitos da falha;
- Estabelecer ação corretiva.

As falhas são classificadas em três tipos, menor, maior e crítica e encontram-se representadas com diferentes cores, verde, laranja e vermelho respetivamente. O FMEA de Conceito encontra-se representado no Apêndice A.

3.4.6 Conceito Revisto

Na figura 3.22 é apresentado o conceito revisto tendo em conta as correções sugeridas na secção 3.4.4 e as falhas presentes no FMEA. Foi tendo por base este conceito que foi desenvolvida a bicicleta.

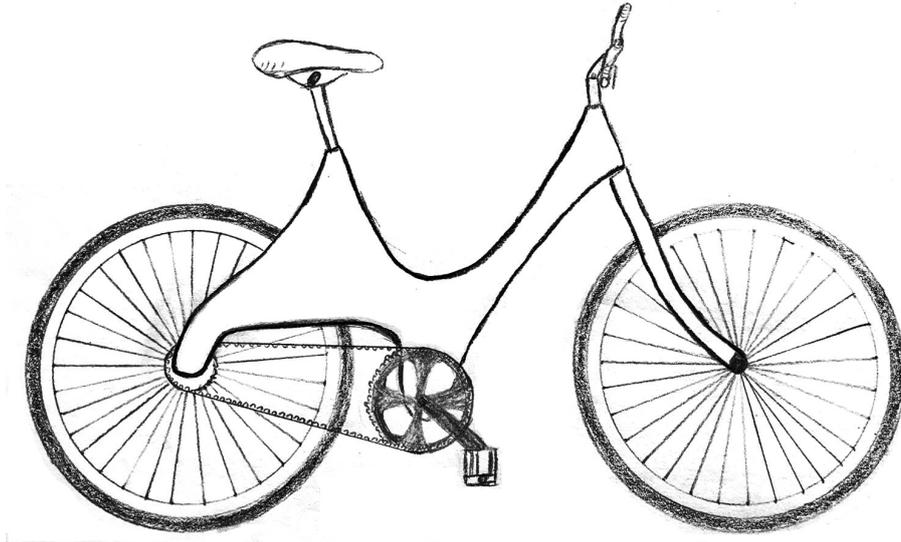


Figura 3.22: Conceito revisto

Capítulo 4

Design de Concretização e Desenvolvimento de Sistemas

No processo de desenvolvimento de um novo produto, várias são as ferramentas disponíveis ao criador para o ajudar na simplificação e orientação desse procedimento. Quanto mais esquematizado e seccionado o produto estiver, mais fácil será a divisão e coordenação do trabalho, bem como a estipulação de metas e prazos a cumprir.

O Design de Concretização e Sistemas representa a ponte entre o Design Conceptual e o Projeto Estrutural e de Detalhe, permitindo definir a arquitetura do produto e a interligação dos diversos sistemas. É também nesta fase que se dá viabilidade ao conceito e se fazem correções não detetadas na etapa anterior.

4.1 Diagrama de Funções

O diagrama de funções permite identificar, de forma rápida, todas as funções da bicicleta que requerem atenção e visualizar eventuais falhas e pontos críticos do processo. O diagrama de funções do projeto está representado na figura 4.1. Destacam-se três funcionalidades principais:

- **A deslocação do ciclista:** trata-se da função principal da bicicleta e engloba subfunções desde o “entrar/montar” até “travar” e imobilizar a bicicleta. Fazem parte desta função geral “pedalar” de modo a promover impulso, e “guiar” para poder conduzir .
- **O transporte de objetos:** tratando-se de uma bicicleta citadina, faz todo o sentido promover ao utilizador um compartimento para permitir o transporte de pequenos objetos. Quer seja uma mala, compras, um guarda chuva ou até uma adaptação para uma cadeira de bebé, é com certeza uma mais valia.
- **A iluminação:** embora não seja obrigatório, a iluminação trata-se de uma questão de segurança. Em viagens noturnas ou em condições climatéricas adversas, como nevoeiro ou chuva, as lanternas permitem que a bicicleta seja vista promovendo a segurança do utilizador e daqueles que o rodeiam.

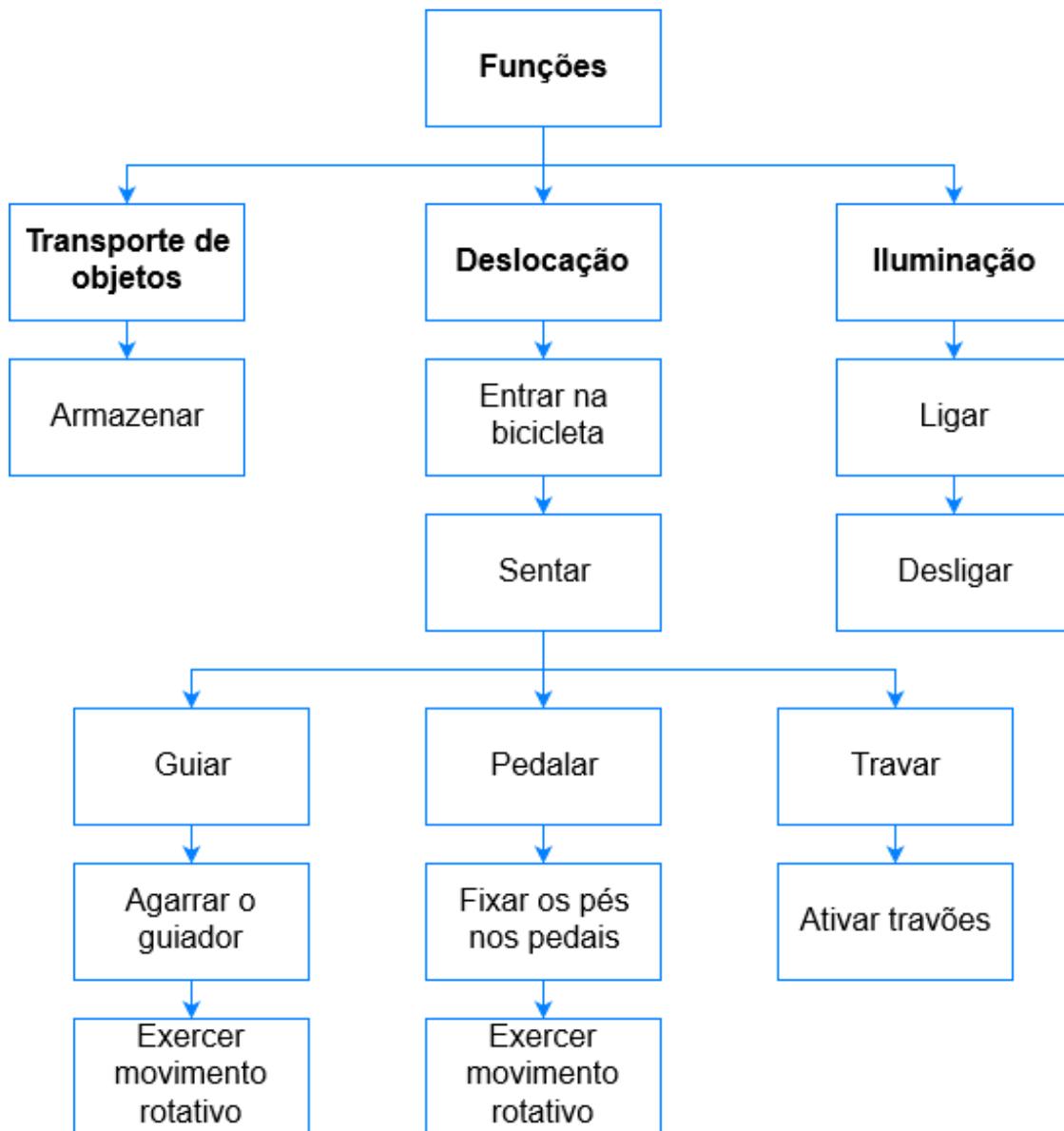


Figura 4.1: Diagrama de funções da bicicleta

4.2 Diagrama de Componentes

O diagrama de componentes permite identificar e esquematizar todos os componentes presentes no produto. Neste caso, figura 4.2, a bicicleta apresenta oito sistemas ou componentes principais, dos quais se desmembram partes mais pequenas e específicas para cada um. Esta ferramenta, em conjunto com a análise QFD, permite definir prioridades e organizar a modelação de todos os componentes necessários ao produto final.

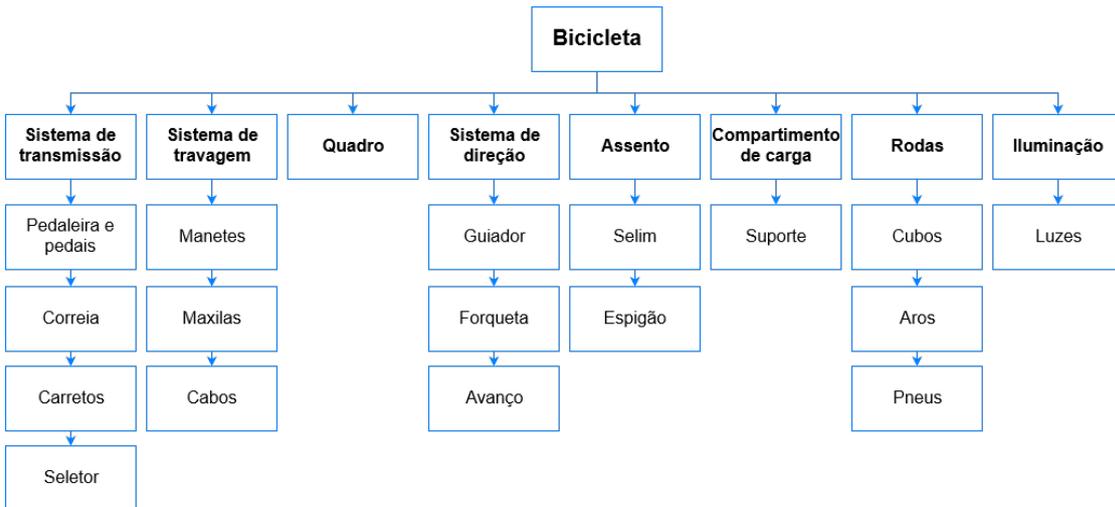


Figura 4.2: Diagrama de componentes da bicicleta

4.3 Arquitetura do Produto

Um produto pode cumprir as mesmas funções, mas a forma como estas estão implementadas determina a sua arquitetura e deste modo os componentes físicos e as suas interações. Em termos gerais, a arquitetura do produto pode ser definida como a forma como em produtos distintos, interagem os blocos de construção para a obtenção correta do funcionamento do conjunto. Sendo a modularidade do produto, uma característica essencial da arquitetura do produto [54].

Para determinar a arquitetura da bicicleta, figura 4.3, foram utilizados os dois diagramas apresentados anteriormente, o diagrama de funções e o diagrama de componentes, e fez-se a interligação dos mesmos. Ou seja, a cada função atribuiu-se um componente geral, por exemplo, quando se refere a *chunk* selim à função sentar, este engloba o assento, o espigão, o aperto, o cilindro do quadro, etc.

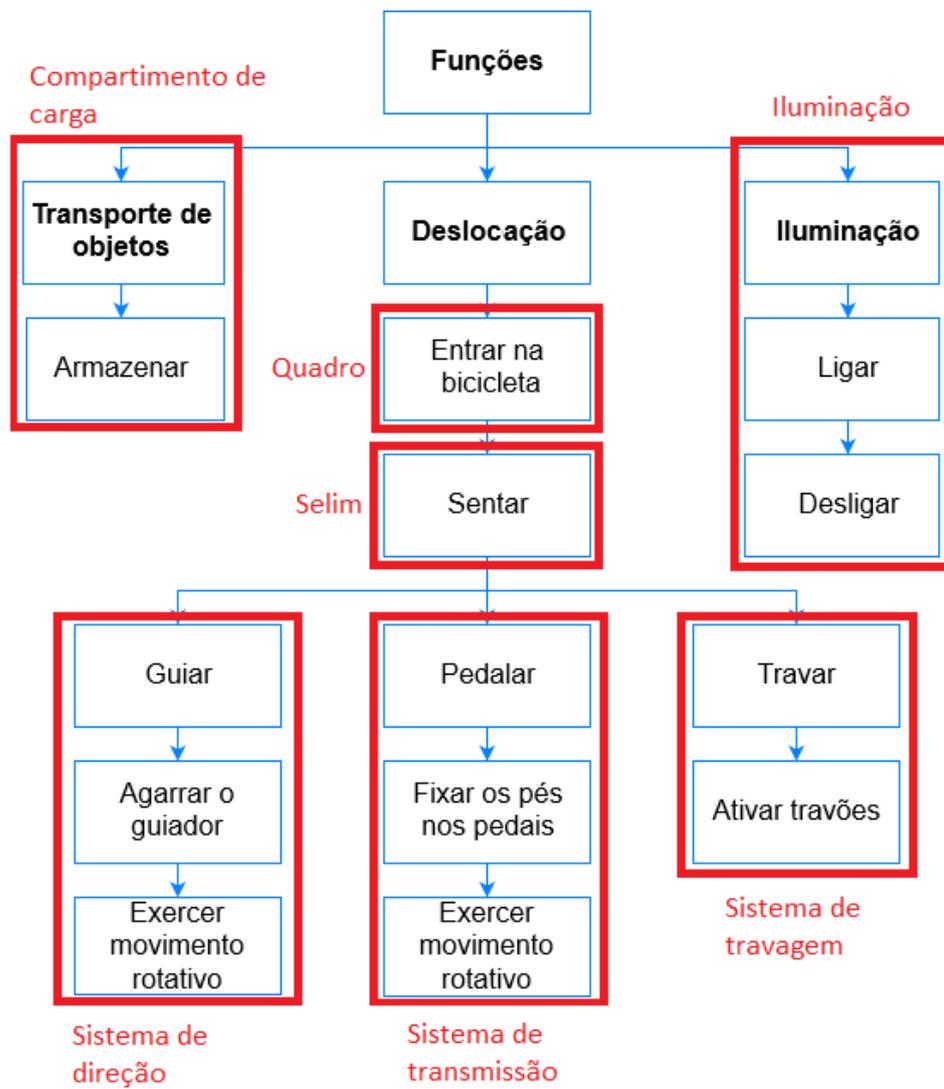


Figura 4.3: Arquitetura da bicicleta

4.4 Análise Ergonómica e Antropométrica

O objetivo do desenvolvimento de um produto, seja ele de qualquer natureza, é satisfazer um requisito ou necessidade do consumidor. O estudo de fatores ergonómicos e antropométricos para o seu desenvolvimento, e sendo um produto que se encontra diretamente relacionado com as diferentes variáveis dimensionais do corpo humano, é de extrema importância. São estes fatores que ditam a confortabilidade, eficiência e segurança dos produtos, de modo a atingir um maior grau de desempenho e satisfação por parte do utilizador.

Etimologicamente, ergonomia não é mais que o estudo das leis do trabalho, uma vez que deriva das palavras gregas “*Ergon*” e “*Nomos*”. “*Ergon*” significa trabalho e “*Nomos*” significa o estudo das leis e regras. Inicialmente, a ergonomia tinha como principal objetivo estudar fatores relacionados com o homem, a máquina, a organização e inclusive as consequências do trabalho na saúde do trabalhador. No entanto, esse conceito alargou-se a todos os objetos e sistemas com que o Homem tem contacto, otimizando esta interação. Wisner definiu ergonomia como “*o conjunto de conhecimentos científicos relativos ao homem e necessários para a conceção de ferramentas, máquinas e dispositivos que possam ser utilizados com o máximo conforto, segurança e eficácia*” [55], e mais recentemente a Associação Internacional de Ergonomia definiu-a como uma “*disciplina científica que estuda as interações entre os seres humanos e outros elementos do sistema, e a profissão que aplica teorias, princípios, dados e métodos, a projetos que visem otimizar o bem-estar humano e o desempenho global de sistemas*” [56].

A interdisciplinaridade em ergonomia é sustentada por diversas áreas do conhecimento, entre elas a antropometria. Conhecendo o corpo humano, bem como as suas dimensões físicas com exatidão, permite ao projetista uma melhor compreensão da complexidade que é a estrutura e o funcionamento do corpo humano na relação do Homem consigo mesmo, e também na sua relação com os objetos que usa.

No caso específico do projeto de uma bicicleta, deve ter-se em conta que esta irá ser utilizada por pessoas diferentes com características distintas. Vários são os fatores para estas diferenças como por exemplo a idade, o sexo ou a etnia. Assim, a capacidade de ajuste de diversos componentes da bicicleta, como o guiador e selim, deve ser possível e simples de modo a não comprometer o desempenho do conjunto. Por outro lado, as próprias dimensões do quadro vão influenciar a postura do ciclista, dependendo do tipo de utilização pretendida.

Desta forma, o objetivo principal destas disciplinas é maximizar as capacidades humana, tendo em conta as suas limitações de forma a obter melhores resultados.

4.4.1 Dados Antropométricos

Antropometria Estática

A antropometria estática diz respeito às medições das diferentes partes do corpo em posições pré-determinadas. Segundo Pequini (2005) as de maior relevo para este projeto encontram-se esquematizadas na figura 4.4, enquanto que os resultados dessas medições são ilustrados na tabela 4.1. Para o projeto deve ser utilizado o percentil 2,5 para o caso feminino e 97,5 para o masculino [57].

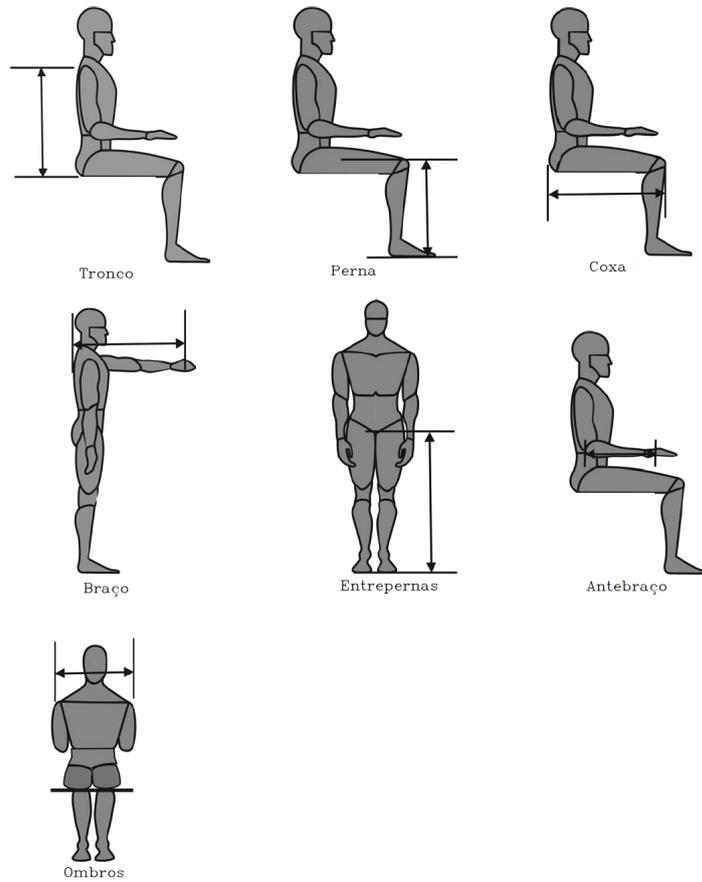


Figura 4.4: Dimensões antropométricas

Tabela 4.1: Dimensões antropométricas

Percentis	Feminino	Masculino
Entrepernas (cm)		
2,5	68,8	75,2
50	75,2	82,5
97,5	82,0	89,7
Largura do ombro (cm)		
2,5	36,6	40,6
50	40,6	45,0
97,5	45,0	49,3
Comprimento do tronco (cm)		
2,5	46,0	49,5
50	49,5	54,4
97,5	53,8	58,9
Comprimento do braço (cm)		
2,5	53,1	56,9
50	56,9	61,2
97,5	60,0	62,2

Antropometria Dinâmica

A antropometria dinâmica mede o alcance dos movimentos e as trajetórias dos segmentos do corpo humano. É por isso utilizada no projeto de produtos que impliquem movimentos com a sua utilização, e vem complementar a antropometria estática. A figura 4.5 mostra rotações voluntárias que podem ser feitas em relação à cabeça, braços, antebraços, pernas e mãos [58].

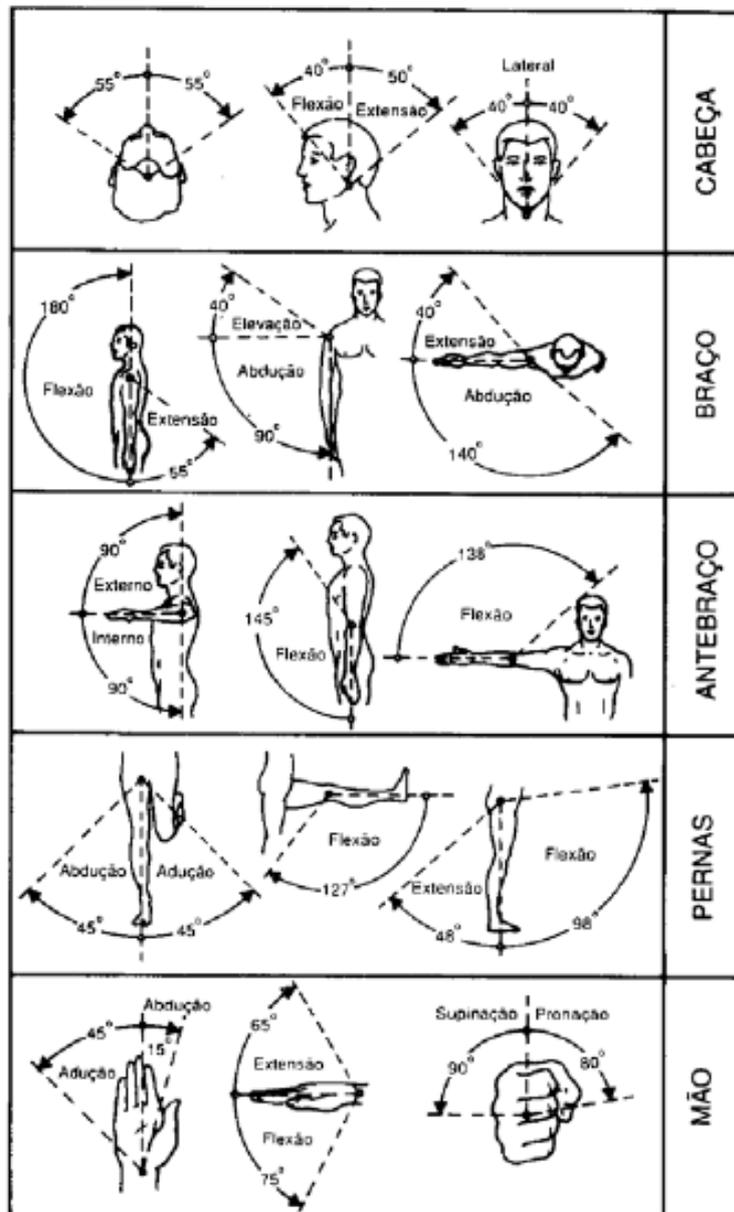


Figura 4.5: Antropometria dinâmica

4.4.2 Posturas de Condução

As bicicletas proporcionam diferentes posturas de condução para diferentes estilos e utilizações. A figura 4.6 ilustra os 3 tipos de postura principais: (a) posição de passeio, citadina ou clássica, (b) postura dinâmica ou de BTT e (c) postura desportiva ou de competição. Em consequência da inclinação do tronco exigida, também a ocupação do selim é diferente e visível na mesma figura.

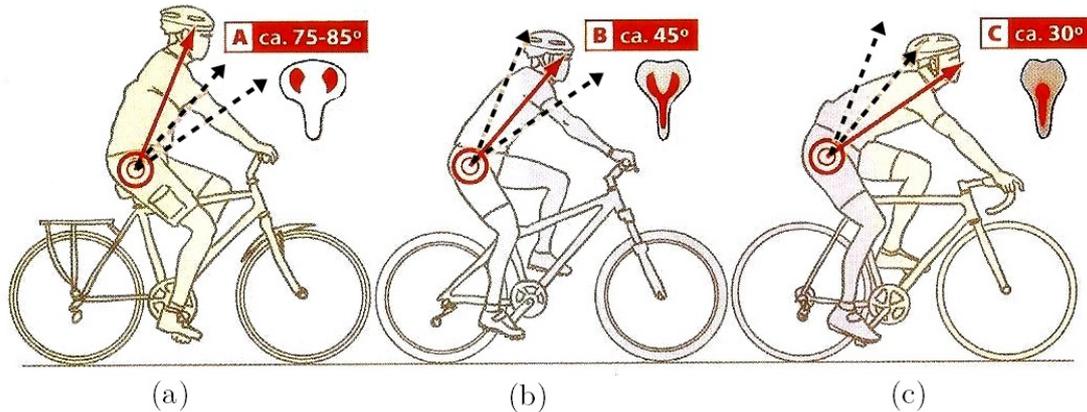


Figura 4.6: Posturas de condução de bicicleta

- **Postura de passeio:** posição mais vertical proporcionando mais conforto ao utilizador e possibilidade de apreciar e desfrutar da viagem. Neste caso a maior parte do peso do ciclista fica assente no selim, reduzindo a tensão exercida sobre os braços e mãos. As maiores desvantagens desta posição são a dificuldade de transmitir movimento e a grande área de contacto com o ar na zona peitoral.
- **Postura dinâmica:** posição intermédia em termos de inclinação relativamente ao solo. Facilita a manobrabilidade da bicicleta e alternância entre posição sentada e de pé.
- **Postura desportiva:** posição com nível de inclinação mais elevado de modo a ser o mais aerodinâmico possível. É uma postura que aplica mais força sobre os membros superiores e, por outro lado, a que mais facilita a transmissão de movimento. As desvantagens deste tipo de ciclismo prendem-se com o cansaço a nível da coluna vertebral e, por outro lado, não permitir uma boa visualização do ambiente envolvente.

4.4.3 Variáveis Dimensionais da Bicicleta

A bicicleta caracteriza-se por dois conjuntos de medidas: as medidas estruturais e medidas variáveis. As medidas estruturais dizem respeito às dimensões de projeto e não podem ser modificadas pelo utilizador. Pelo contrário, as medidas variáveis podem ser ajustadas de acordo com o ciclista.

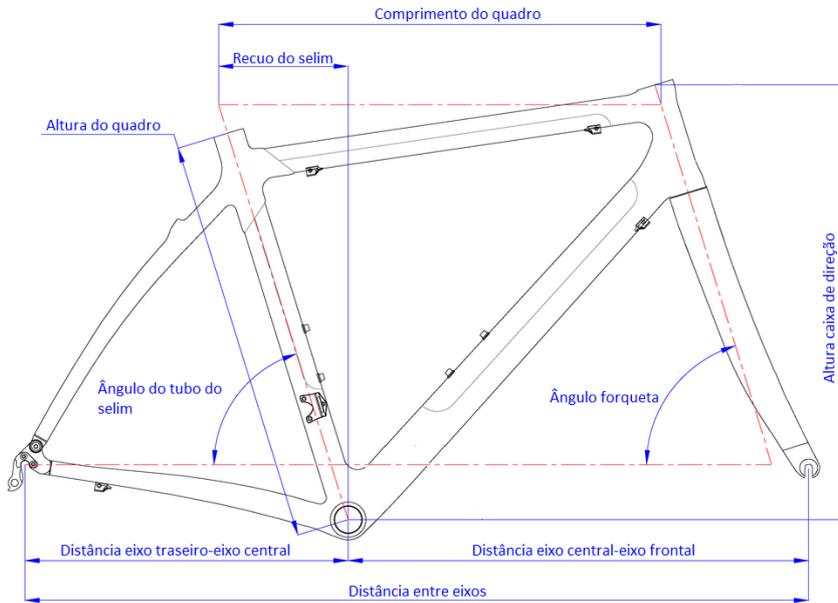


Figura 4.7: Dimensões estruturais de um quadro típico de bicicleta

Medidas Estruturais

As dimensões da figura 4.7 devem ter em conta os dados antropométricos de modo a abranger um maior número de utilizadores.

As principais dimensões relativas ao quadro são [59]:

- **Comprimento do quadro ou comprimento do tubo superior:** comprimento que afeta a separação entre mãos e ancas. Se esta distância for muito elevada, o ciclista terá uma postura mais inclinada propícia a uma condução desportiva, reduzindo a força de atrito provocada pelo ar e evitando que a roda da frente levante em subidas muito acentuadas. Se a distância for mais curta, a posição será mais vertical e relaxada, mais indicada para passeios. Este comprimento é uma função da soma do comprimento do tronco e do braço como se mostra na tabela 4.2 [57].
- **Altura do quadro ou comprimento do tubo vertical (tubo do selim):** dimensão que define o tamanho do quadro e não pode ser superior ao tamanho da perna do ciclista. A altura do quadro pode ser dada pela seguinte fórmula [57]:

$$\text{Altura do quadro} = 0,65 \times \text{entrepernas} \quad (4.1)$$

- **Distância entre o eixo traseiro - eixo central ou comprimento da escora inferior:** distância que dita o tamanho da roda traseira. Influencia a tração, uma vez que distâncias mais curtas concentram o peso do utilizador na roda traseira, no entanto quanto mais curta for esta medida menos estável se torna a bicicleta.
- **Distância entre eixos:** influencia a estabilidade e manobrabilidade da bicicleta. Quanto maior for esta distância mais estável é e menos manobrável e vice-versa.

Tabela 4.2: Comprimento do tubo horizontal

Soma do comprimento do tronco com o braço	Comprimento do tubo horizontal de acordo com o resultado da soma dos comprimentos do tronco com o braço
100	53
101	53,1
102	53,8
103	54,1
104	54,4
105	54,7
106	55
107	55,3
108	55,6
109	55,9
110	56,2
111	56,5
112	56,8
113	57,1
114	57,4
115	57,7
116	58
117	58,3
118	58,6
119	58,8
120	59
121	59,2
122	59,4
123	59,6
124	59,8
125	60

- **Ângulo do tubo do selim:** a inclinação do tubo do selim influencia a tração e a posição do ciclista. Com um ângulo mais reduzido aumenta-se o peso na roda traseira aumentando assim a tração. Este ângulo deve estar compreendido entre 72 a 74 graus para bicicletas de montanha [57].
- **Ângulo da forqueta ou da direção:** ângulos próximos de 90 graus dá à direção um carácter rápido e sensível, enquanto que um ângulo menor dá mais estabilidade ao conjunto mas torna a mudança de direção mais lenta e difícil.
- **Largura do guiador:** a distância entre os punhos do guiador deve ser aproximadamente da largura dos ombros. Se o guiador for demasiado estreito provoca dificuldades de respiração e se for muito largo problemas de fadiga muscular [57].

Medidas Variáveis

As medidas variáveis servem para acomodar as diferenças existentes entre ciclistas e são as seguintes:

- **Ajuste do selim:** como se pode ver na figura 4.8 a altura pode ser ajustada entre uma medida mínima e máxima - tendo em conta o comprimento do espigão, bem como o seu recuo e inclinação. A altura do selim é muito importante e influencia diretamente o pedalar da bicicleta. Recomenda-se que quando a pedaleira estiver no seu ponto inferior, a perna do ciclista esteja ligeiramente fletida. A altura máxima

é dada pela seguinte fórmula [57]:

$$\text{Altura do selim} = 0,885 \times \text{entrepernas} \quad (4.2)$$

Em relação ao recuo do selim, recomenda-se que quando o ciclista estiver sentado e as manivelas da pedaleira paralelas ao solo, o joelho deve estar sobre uma linha vertical imaginária que passa no pedal.

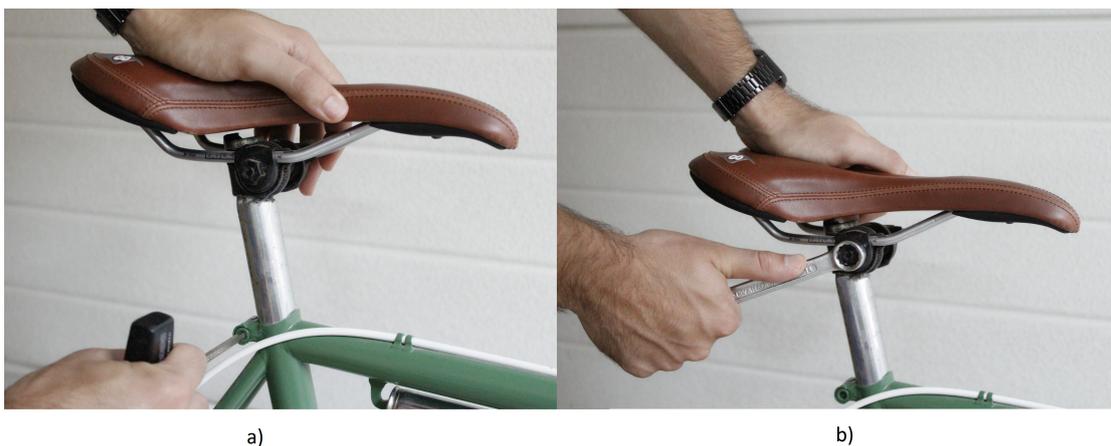


Figura 4.8: Ajuste da altura a) e recuo do selim b)

- **Ajuste do guidador:** o guidador permite ajuste quer em termos de inclinação, altura e avanço. No entanto, nem todas as bicicletas permitem alterar o avanço do guidador, sendo muitas vezes necessário trocar esse mesmo componente.

4.5 Proposta de Produto

Usando como referência o conceito final apresentado na secção 3.4.6 e estando definida a arquitetura do produto, o passo seguinte foi a modelação 3D utilizando para isso o software *SolidWorks* na versão 2016. Tratou-se de um processo iterativo até a obtenção do resultado final apresentado na figura 4.9. Desde o início foram surgindo falhas que foram consecutivamente suprimidas, alterando assim quer a geometria, quer a interligação de componentes.



Figura 4.9: Proposta de Produto

4.6 Seleção de Materiais

4.6.1 Quadro

Uma das opções pensada para o projeto visava a utilização de um material polimérico para a realização do quadro. A principal razão para esta solução passava pela possibilidade de obtenção de formas mais fluídas e cheias, ao contrário da estrutura tubular mais usual nas bicicletas.

Na atualidade são três os principais materiais usados em quadros de bicicleta. São eles o aço, o alumínio e o carbono. O objetivo não passava por competir com o peso dos quadros em carbono ou alumínio, apenas pretendia-se não ultrapassar o peso da maioria dos quadros de aço, tendo-se estipulado uma meta de 2 kg. Isto porque, com a fibra de carbono é possível obter variadas formas, mas a um preço bastante elevado. Usando alumínio ou aço, o preço é mais acessível, mas não é possível atingir formas mais complexas. Na tabela 4.3 são apresentados alguns exemplos de pesos de quadros fabricados com material ferroso, em alumínio e em carbono.

As principais vantagens da utilização de um material polimérico no fabrico do quadro são:

- **Tempo reduzido de fabrico:** sendo o quadro obtido por injeção, existe uma cadência de execução bastante elevada;

Tabela 4.3: Peso de quadros com diferentes materiais [60]

Designação	Material	Peso [kg]
Planet X Kaffenback 2	Aço	2.2
Holdsworth Competition	Aço	1.6
Holdsworth Strada	Aço	1.6
Planet X London Road	Alumínio	1.54
Planet X RT-58 V2	Alumínio	1.54
Planet X Pro Carbon	Carbono	1.12
Planet X RT-80 Carbon	Carbono	0.99
Proposta	Polímero	≈ 2.0

- **Pouca mão-de-obra necessária:** o processo pode ser automatizado dispensando quase na totalidade o fator humano;
- **Dispensa de pintura:** o polímero pode ser pigmentado dispensando assim processos de pintura e garantido uma cor uniforme em toda a peça. Por outro lado, a cor manter-se-á uniforme mesmo estando o quadro sujeito aos elementos;
- **Reciclabilidade:** materiais poliméricos tendem a ser mais facilmente recicláveis face aos restantes apresentados;
- **Baixo custo:** consequência das quatro razões apresentadas anteriormente, aliado ao baixo custo do material;
- **Possibilidade de obtenção de formas variadas:** dependendo do molde, existe facilidade em obter formas variadas com materiais poliméricos;
- **Peso admissível:** embora seja necessário um volume de material superior ao dos quadros de aço, a baixa densidade dos polímeros permite obter massas competitivas;
- **Não oxida:** mesmo estando o material exposto aos elementos não sofre oxidação.

A escolha do material polimérico teve por base a análise estrutural presente na secção 4.7, onde é feito o estudo de resistência de 4 materiais: o PP (Polipropileno), PP 10% (Polipropileno reforçado com 10% de fibra de vidro), o PC (Policarbonato) e ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno).

O PP é um termoplástico semi-cristalino, de baixo custo e fácil de processar. É um material de uso comum, mas que é utilizado em muitas aplicações de engenharia. Isto deve-se à elevada versatilidade deste material, que pode ter propriedades muito diferentes, que vão desde o *soft touch* à elevada rigidez utilizando fibras de vidro. Esta gama alargada de propriedades e aplicações consegue-se através de métodos sofisticados de copolimerização e de aditivização.

O PP, ou os vários tipos de PP, pode ser processado por extrusão, termoformação sopro e injeção. É utilizado em diversas aplicações, como mobiliário de jardim, peças para a indústria automóvel, cordas e ráfias de elevada resistência e diversos tipos de tampas e cápsulas. A sua elevada resistência à fadiga faz do PP o material de eleição para o fabrico de peças com dobradiças integrais [61].

Hoje em dia, pode utilizar-se fibra de vidro para reforçar o polipropileno. Os reforços fibrosos são usados para melhorar a rigidez e a resistência mecânica da matriz, além de conferir estabilidade dimensional e bom desempenho a temperaturas elevadas. Dentre as fibras sintéticas mais utilizadas como reforço em compósitos, as fibras de vidro são as mais amplamente empregadas; são materiais amorfos, possuindo como principais características baixo coeficiente de expansão térmica, facilidade de processamento e baixo custo. No gráfico da figura 4.10 é mostrada a evolução da resistência à flexão tendo em conta o aumento de teor de fibra de vidro do material [62]. De notar que na mesma imagem, o teor de fibra encontra-se em percentagem referente ao volume, havendo uma linearidade de aproximadamente 0.45 relativamente à percentagem em peso. Ou seja, um polipropileno reforçado com 10% de fibra de vidro em peso, corresponde a 4.5% em volume.

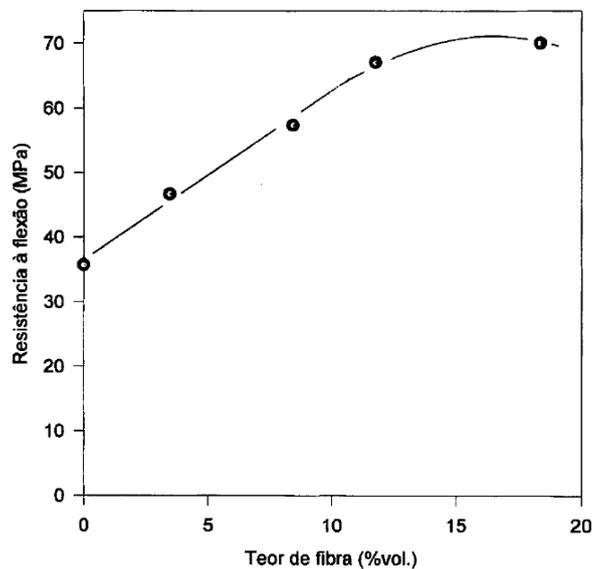


Figura 4.10: Relação entre resistência à flexão e percentagem em volume de reforço do polipropileno com fibra de vidro [62]

Na tabela 4.4 são visíveis as principais características, bem como o respetivo peso do quadro, dos diversos materiais utilizados na análise estrutural.

Tabela 4.4: Propriedades mecânicas dos polímeros estudados

Property	PP [63]	PP 10 % [64]	PC [65]	ABS [66]	Units
Módulo de elasticidade	1790	2950	2390	2320	$\frac{N}{mm^2}$
Densidade	933	1010	1200	1070	$\frac{kg}{m^3}$
Tensão de cedência	33	43	62.6	43.3	$\frac{N}{mm^2}$
Tensão de compressão	39.3	-	82.8	-	$\frac{N}{mm^2}$
Peso do quadro	2.08	2.25	2.68	2.39	kg

Tendo em conta as propriedades enumeradas anteriormente, mais especificamente a

baixa densidade aliada a uma boa resistência mecânica, o material proposto para fabrico do quadro é o polipropileno reforçado com 10% de fibra de vidro.

Na figura 4.11 estão imagens do quadro em diversas cores, tanto no seu design final, como na sua representação em corte onde se pode ver a sua estrutura nervurada. Sendo o polímero pigmentado, todo o quadro irá ficar com a mesma cor inclusivamente o seu interior.



Figura 4.11: Proposta do quadro da bicicleta. Vista lateral e em corte

4.7 Análise Estrutural

A simulação numérica toma, nos dias de hoje, uma importância elevada no projeto estrutural de qualquer componente. Através desta ferramenta é possível avaliar a resistência e integridade estrutural do sistema quando sujeito a condições externas, como cargas, forças, variações de temperaturas, entre outros.

O método atualmente mais utilizado para validação de estruturas é o MEF (Método de Elementos Finitos). Usando uma simulação, é possível obter uma estrutura mais otimizada, o que reduz à partida custos de fabrico. Por outro lado, torna-se mais fácil e viável alterar a geometria ou especificações do componente, não sendo necessário o fabrico de protótipos reais para a validação da geometria.

Com a utilização do MEF é possível detetar, ainda na fase de projeto, os pontos críticos da estrutura, permitindo ao projetista adotar uma solução diferente para essa zona, ou por outro lado, pontos onde pode, por exemplo, reduzir material. A simulação numérica permite também avaliar qual o material que mais se adequa ao componente, mesmo adotando a mesma geometria.

Na realização do projeto, o único componente analisado foi o quadro da bicicleta, uma vez que os restantes já estão implantados no mercado, pelo que se pressupõe que estejam corretamente dimensionados. Esta análise foi um processo iterativo, procurando-se uma estrutura o mais otimizada possível de modo a reduzir a quantidade de material necessária. Foram alteradas as formas previstas no conceito e reduzidas as espessuras quer da casca exterior quer das nervuras.

4.7.1 Método

A metodologia adotada para a validação da geometria do quadro foi a descrita esquematicamente na figura 4.12. Para cada material analisado foram realizados dois carregamentos. Quanto aos apoios, os quadros de ambas as simulações foram igualmente restringidos nas 3 dimensões na zona do veio da roda traseira, e restringidos verticalmente na zona inferior da coluna de direção.

No que diz respeito às cargas utilizadas, no primeiro carregamento (figura 4.12 a)), foi aplicada uma carga vertical descendente de 2400 N na zona do selim para simular o ciclista sentado. Quanto ao segundo carregamento (figura 4.12 b)), foi aplicada uma carga vertical descendente de 1200 N e uma carga horizontal de 1660N na zona do veio da pedaleira, duas cargas horizontais de 47 N em cada extremidade do guiador, uma carga ascendente de 638 N numa extremidade do guiador e uma carga descendente de 150 N na outra extremidade do guiador. O segundo carregamento simula o ciclista a pedalar em pé, no caso em que a força é exercida no pedal direito.

As simulações foram executadas através do software *Solidworks Simulation 2016*. Foi modelado um guiador fictício apenas para a simulação que posteriormente foi escondido uma vez que o objeto em análise era o quadro.

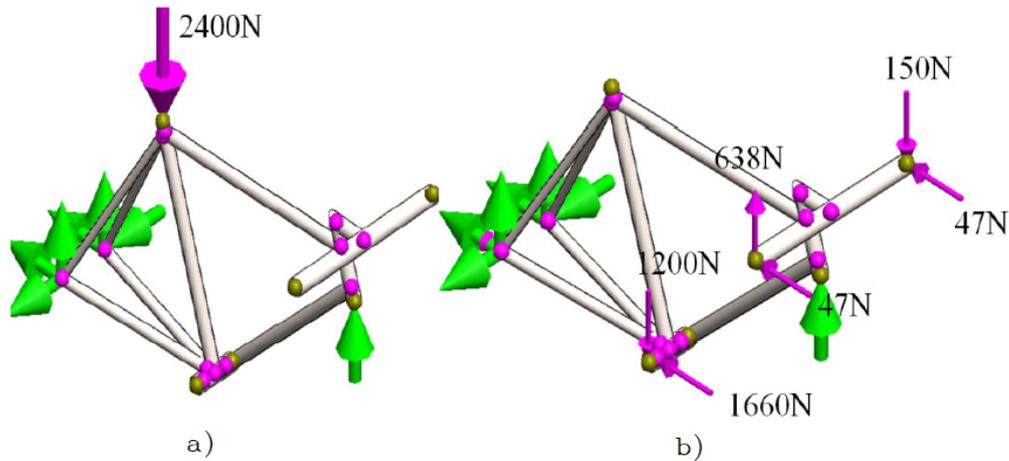


Figura 4.12: Modelos de carregamento [67]. a) Carregamento I e b) Carregamento II

4.7.2 Análise de Resultados

Parte fundamental do projeto estrutural é a interpretação e análise dos resultados obtidos. Na tabela 4.5 é feito um resumo de todas as simulações executadas nos dois tipos de carregamentos.

Tabela 4.5: Tabela resumo dos resultados obtidos nas diversas simulações

Carregamento	Material	Tensão Máxima [MPa]	Deslocamento máximo [mm]
I	PP	21,2	9,9
	PP 10%	22,2	6,1
	PC	22,3	7,57
	ABS	22,8	7,8
II	PP	30,7	38,8
	PP 10%	29,7	24,9
	PC	29,7	30,6
	ABS	29,4	31,5

A principal característica tida em conta para validação da estrutura foi a tensão máxima presente no quadro da bicicleta usando o critério de von Mises. Esta tensão foi comparada com a tensão de cedência de cada material exibida na tabela 4.4 da secção 4.6. O deslocamento máximo apresentado na tabela 4.5 é o deslocamento resultante de cada nó.

No que diz respeito ao primeiro carregamento, todos os materiais apresentam tensões máximas inferiores às tensões de cedência com um fator de segurança superior a 1,5. Quanto ao deslocamento máximo, o material com melhores resultados é o polipropileno

reforçado com 10 % de fibra de vidro, apresentando um valor máximo de 6.1 mm.

No que concerne ao segundo carregamento, uma vez mais, todos os materiais apresentam tensões máximas inferiores às tensões de cedência. No entanto, o polipropileno apresenta um fator de segurança de apenas 1.07, descartando à partida este material. Quanto ao deslocamento máximo o material que apresenta melhores resultados é o PP reforçado com 10 % de fibra de vidro, apresentando um valor máximo de 24.9 mm. Todavia, este é um valor bastante elevado, mesmo tratando-se de valores em situações de carregamentos críticos.

Dos restantes três materiais, propõem-se a utilização do polipropileno reforçado com 10 % de fibra de vidro uma vez que apresenta um fator de segurança de 1,45 relativamente à tensão máxima admissível, melhores valores de deslocamento máximo e a densidade mais reduzida.

Nas figuras 4.13 a 4.16 estão imagens das tensões equivalentes e deslocamentos com PP com 10 % de fibra de vidro, enquanto que as dos restantes materiais encontram-se nos apêndices B a D. No lado direito das imagens, encontra-se a escala utilizada para análise da grandeza em causa. No caso da tensão de von Mises, o valor máximo dessa escala é o da tensão de cedência do material.

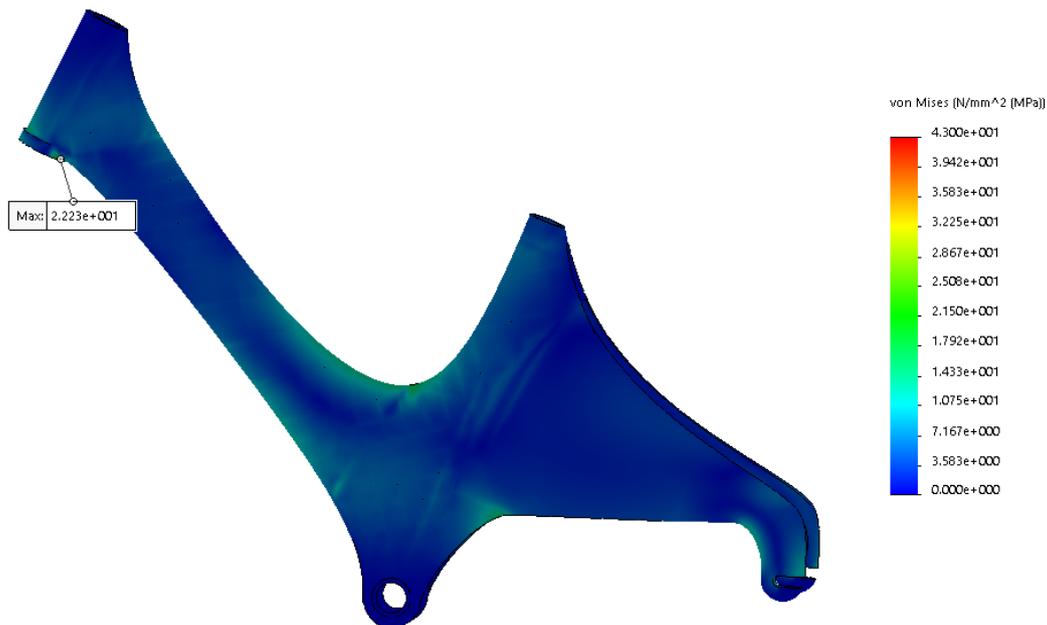


Figura 4.13: Tensão de von Mises referente ao carregamento I

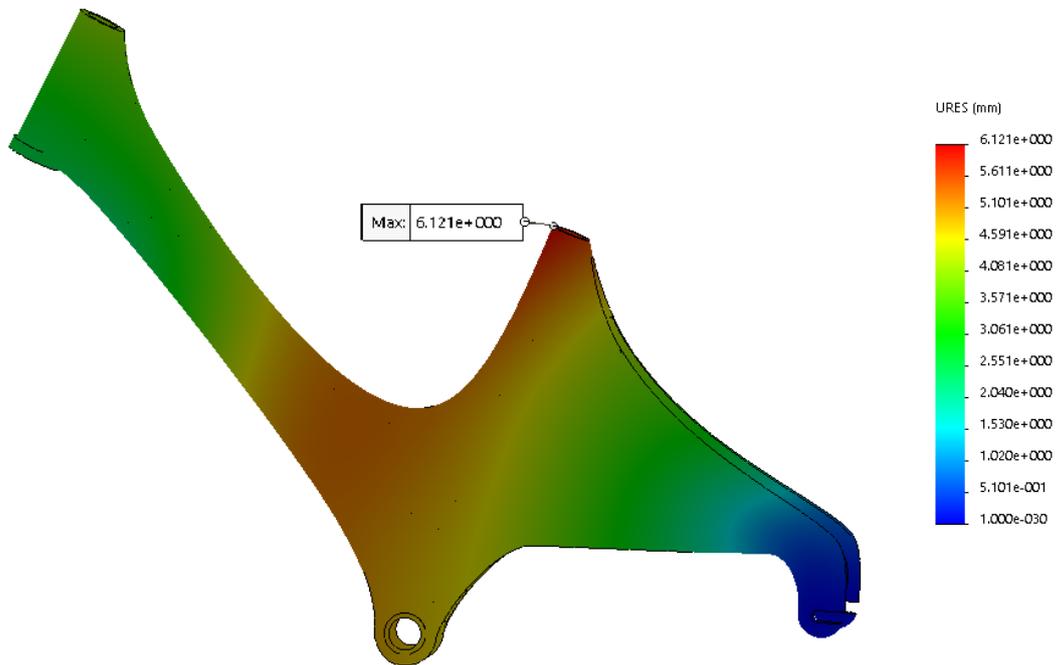


Figura 4.14: Deslocamento resultante referente ao carregamento I

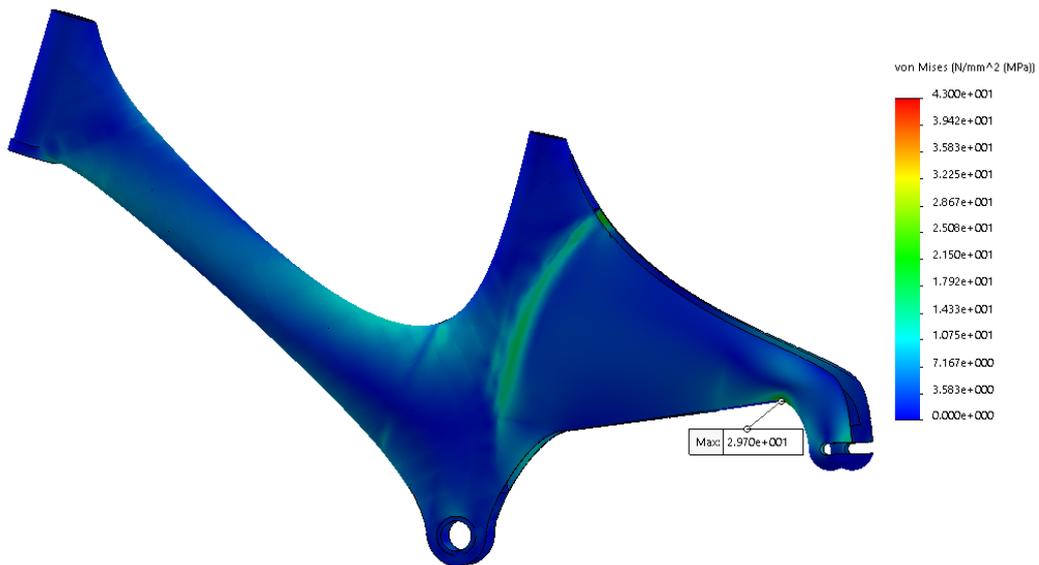


Figura 4.15: Tensão de von Mises referente ao carregamento II

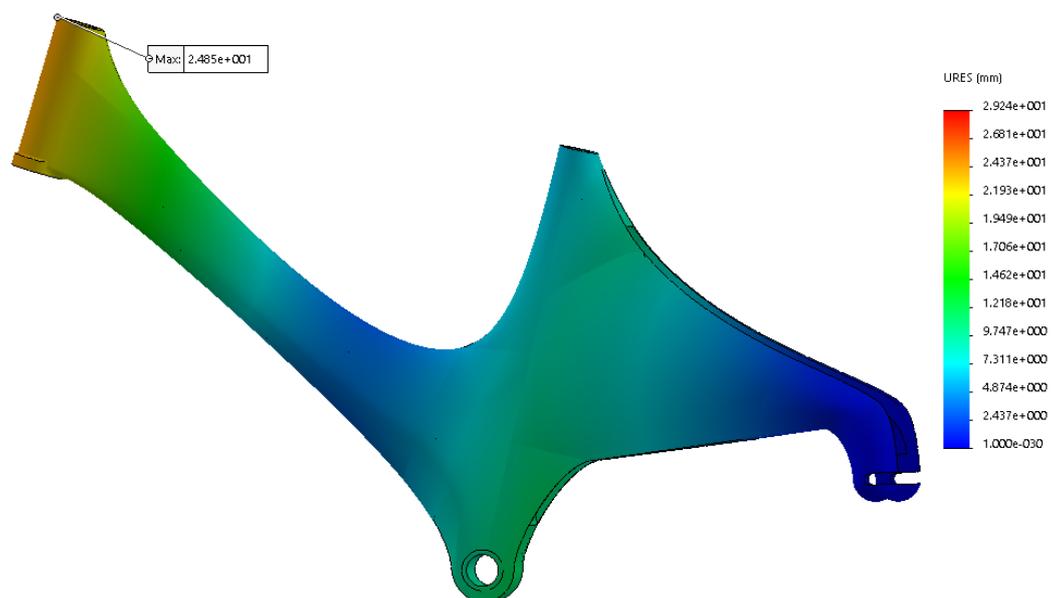


Figura 4.16: Deslocamento resultante referente ao carregamento II

Capítulo 5

Proposta Final

A bicicleta como um todo é um conjunto de elementos e sistemas interligados entre si, que de outra forma não fariam sentido. Tendo em conta todo o trabalho realizado anteriormente, é agora apresentada a proposta final em detalhe. Embora seja um modelo virtual, representa à escala todos os componentes da mesma.

5.1 Ficha Técnica da Bicicleta

Quadro	Quadro em polipropileno reforçado com 10% fibra de vidro
Forqueta	VELOGEAR com haste de 230mm
Guiador	B'TWIN 25.4 x 580mm em alumínio
Avanço	B'TWIN 25.4mm de rosca e ajustável em alumínio
Punhos	B'TWIN CONFORT 500
Pneus	B'TWIN HYBRID5 700x45 ARAME
Rodas	MAVIC A119
Travão traseiro	Incluído no cubo traseiro
Travão dianteiro	B'TWIN V-brake Alumínio forjado com manete B'TWIN EASY 24"
Desviador traseiro	SRAM AUTOMATIX com 2 velocidades e cubo de 36 furos
Correia	CARBON DRIVE 118T CDN
Pedaleira	CARBON DRIVE 46T CDN
Pinhão	CARBON DRIVE 22T CDN
Selím	B'TWIN 100 para bicicleta de cidade
Espigão	B'TWIN Preto em alumínio
Tamanho	M
Peso	14.4 kg

Figura 5.1: Ficha Técnica da Bicicleta

5.2 Especificações Geométricas e Dimensionais

Concluída a modelação do quadro, foram retiradas as respetivas dimensões principais do mesmo, e estão expostas na Tabela 5.1. Estas dimensões referem-se a um quadro de tamanho M de maneira a abranger uma gama mais alargada de pessoas. No entanto, caso a bicicleta fosse para produção, deveriam ser criados quadros maiores e mais pequenos de modo a garantir as condições ergonómicas do maior número de pessoas possível.

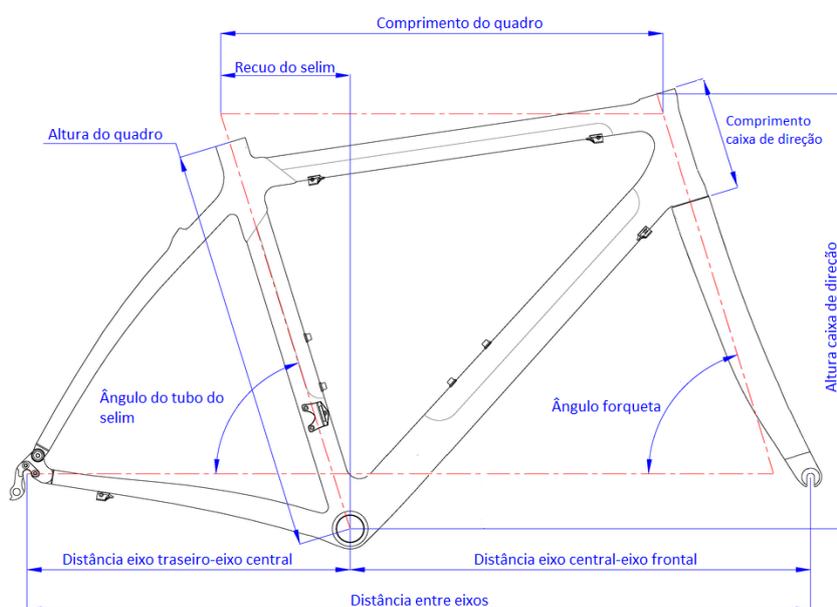


Figura 5.2: Dimensões do quadro da bicicleta

Tabela 5.1: Dimensões do quadro

Parâmetro	Valor
Altura do quadro	470 mm
Ângulo do tubo do selim	73.5°
Distância eixo traseiro-eixo central	448 mm
Distância entre eixos	1106.6 mm
Ângulo forqueta	70°
Altura caixa de direção	620 mm
Comprimento caixa de direção	168 mm

Na Figura 5.3 é possível observar a relação dimensional entre a bicicleta e uma pessoa com 1,75m. Deve notar-se que a figura se encontra à escala.



Figura 5.3: Dimensões gerais da bicicleta

5.3 Sistemas e Pormenores

5.3.1 Sram automatix

A principal razão para a escolha do sistema SRAM AUTOMATIX (figura 5.4) é a sua “autonomia” e simplicidade para o utilizador. É um sistema que possui duas velocidades e travão, tudo incluído no cubo. Como é selado, sujidade e água têm mais dificuldade em entrar no sistema o que reduz a manutenção necessária. Em relação às duas velocidades, estas são trocadas automaticamente através de uma embraiagem centrífuga pelo que não são necessárias manetes ou cabos. A troca de velocidade é efetuada com base na velocidade, o que toma especial relevância em regime urbano de pára-arranca, não obrigando o utilizador a prestar atenção à velocidade escolhida, mas possibilitando a análise do trânsito em seu redor. Os rácios de velocidade são de 1.00 e 1.36. Em relação ao travão, este é ativado invertendo o sentido de rotação dos pedais [68].



Figura 5.4: SRAM AUTOMATIX

5.3.2 Selim

No que diz respeito ao selim, pode observar-se na figura 5.5, que optou-se por escolher um modelo mais largo para maior conforto do passageiro uma vez que a postura de condução é bastante vertical. Por outro lado, a altura da esponja também é elevada, uma vez que a bicicleta não tem amortecedores. Se após alguns testes se achasse que não seria suficiente, poder-se-ia substituir o espigão por um com amortecedor incluído. O conjunto é ajustável em altura, inclinação e recuo. É necessário a utilização de chaves específicas para esses ajustes de modo a ser mais moroso e difícil o furto do conjunto.



Figura 5.5: Selim

5.3.3 Avanço

Em relação ao avanço, optou-se por escolher um em alumínio capaz de ser ajustado em altura e inclinação (ver figura 5.6). O ajuste de inclinação além de permitir a melhor adaptação a pessoas com alturas diferentes, permite também alterar a postura de condução tal como foi explicado na secção 2.6.2. Quanto mais inclinado estiver (mais direcionado para a roda frontal) mais desportiva será a postura. Pelo contrário, se estiver menos inclinado, é mais indicado para situações de passeio.



Figura 5.6: Avanço

5.3.4 Travão frontal

Para o travão frontal visível na figura 5.7 optou-se por instalar um sistema *V-brake* uma vez que apresenta uma boa relação preço-atuação. A única situação em que o seu funcionamento piora é com a interferência de água, mas uma vez que o travão traseiro estanque, é viável a utilização deste tipo de travão frontal.



Figura 5.7: Travão frontal

5.3.5 Sistema de transmissão

O elemento a destacar do sistema de transmissão é a utilização de uma correia dentada, visível na figura 5.8, para transmitir a potência da pedaleira para a roda traseira. Este elemento tem implicações direta em variados sistemas. Tanto o prato pedaleiro como o pinhão têm de ser específicos para acomodar a correia. A pedaleira obrigatoriamente tem de ser *singlespeed* e é necessário um sistema para esticar a correia que se pode observar na figura 5.8 b).

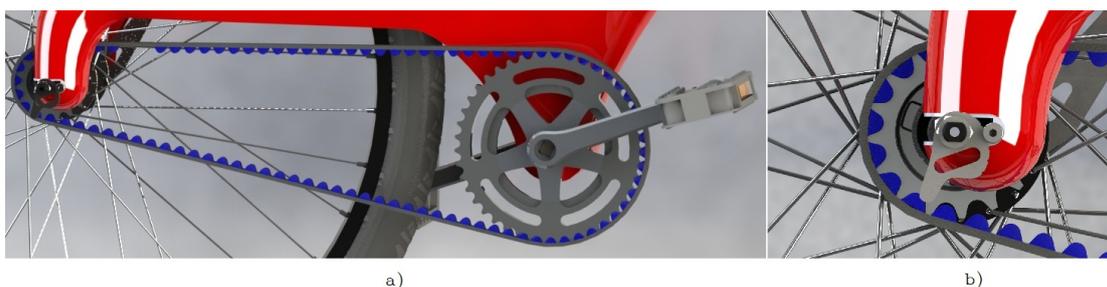


Figura 5.8: Sistema de transmissão

5.3.6 Forqueta

Em relação à forqueta, visível na figura 5.9, optou-se por utilizar o aço como material que, embora fuja um pouco ao conceito do quadro em polímero, garante a rigidez necessária a este componente. Com um compartimento de carga assente na forqueta, este aspeto toma ainda mais relevância.



Figura 5.9: Forqueta

5.3.7 Quadro

No que diz respeito ao quadro, este é constituído por uma casca exterior de 3mm e reforçado interiormente por nervuras de 1 e 2mm. Estas espessuras foram reduzidas ao mínimo aceitável tendo em conta a integridade do conjunto, usando para isso a análise estrutural apresentada na secção 4.7. A zona traseira do quadro não se trata de uma casca, mas sim de uma geometria mais robusta para aguentar os esforços necessários.

O quadro seria fabricado em duas metades simétricas e injetadas em polipropileno, sendo posteriormente coladas com uma resina epóxi.

Para a interligação da coluna de direção, do espigão e da pedaleira com o quadro foram inseridos casquilhos metálicos no mesmo. Isto deve-se ao facto de os materiais metálicos desses componentes serem muito duros quando comparados com o PP do quadro, não permitindo ligação direta entre ambos.

O design do quadro visível na figura 5.10, permite a montagem da correia facilmente sem ser necessário abrir a mesma o que torna a manutenção bastante mais fácil. Apresenta linhas fluidas e a zona central bastante baixa permite a fácil entrada e saída dos utilizadores.

5.3.8 Acessórios

Os acessórios apresentados em seguida e na figura 5.11 são todos removíveis tendo em conta as necessidades e gostos de cada utilizador.

Guarda correia

O guarda correia escolhido é em polipropileno e a sua principal função é a proteção do vestuário do utilizador. Neste caso o problema não será a sujidade, uma vez que a correia dispensa lubrificação, mas sim o trilhar das calças entre a correia e o disco pedaleiro.



Figura 5.10: Quadro

Guarda lamas

O guarda lamas também é em polipropileno e serve para proteger o utilizador de projeções de salpicos de água ou lama. No caso do guarda lamas traseiro a fixação é feita na zona inferior do selim e também próximo do eixo traseiro. No caso do guarda lamas frontal, a fixação é feita integralmente na forqueta quer na zona da coluna de direção quer também na zona do eixo da roda dianteira.

Luzes

Optou-se por instalar uma lanterna frontal e uma traseira. Além de servir para iluminar o caminho a seguir, a principal razão é que a bicicleta seja vista pelos automobilistas. São removíveis para evitar furtos das mesmas e a baterias para mais uma vez simplificar o sistema.

Porta bagagens

Tratando-se de uma bicicleta citadina, muitos utilizadores podem utilizá-la como meio de transporte diário. Quer seja para transportar uma mala, um computador, compras, entre outros, o porta bagagens torna-se importante. O escolhido é em ferro de modo a aguentar com cargas mais elevadas e posicionado na frente da bicicleta para melhor controlo dos pertences. A fixação dos objetos é feita através de uma rede elástica com ganchos de fixação.

Caixa de carga

A caixa de carga vem complementar o porta bagagens. No que diz respeito a objetos mais pequenos torna-se difícil a fixação dos mesmos apenas na grelha. Esta caixa é fixa à grelha através de *snap-fits* de modo a ser mais prático e fácil a sua remoção. Neste caso, usando o caso das compras, o utilizador ao chegar a casa pode retirar a caixa na sua integridade e transportar as compras dessa forma. A caixa pode ser pintada com várias texturas ou grafismos sendo um fator que facilmente diferencia a bicicleta de cada utilizador.

Descanso

O descanso representa uma mais valia para a bicicleta uma vez que facilita o estacionamento da mesma. Por outro lado, aumenta a vida útil da bicicleta uma vez que o utilizador não necessita de encostar a árvores ou postes o que poderia danificar o quadro ou componentes da mesma.

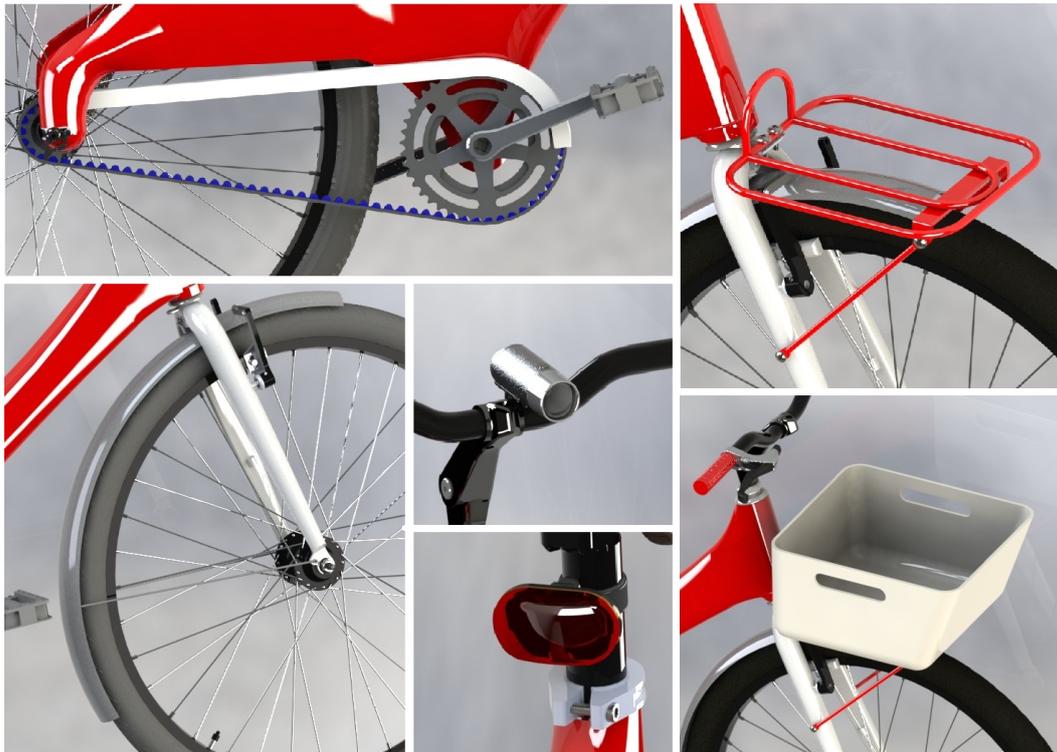


Figura 5.11: Acessórios da bicicleta

5.4 Componentes Normalizados e Fornecedores

Desde o início do desenvolvimento do produto definiu-se que o quadro iria ser o principal componente a desenvolver, e posteriormente iriam ser-lhe acoplados componentes estandardizados. Desta forma, reduz-se significativamente o processo de produção, uma vez que existe uma grande variedade de marcas especializadas a comercializar estes componentes com preços competitivos. Por outro lado, estes componentes já estão implementados no mercado com garantias de boas prestações e, havendo uma grande abundância dos mesmos, torna-se mais fácil a manutenção e a troca de peças de desgaste.

Outra razão para a utilização de componentes estandardizados é a existência de medidas padrão, como por exemplo a do guiador, que permite a montagem dos punhos, da manete de travão e da lanterna. Caso o diâmetro do guiador fosse outro, seria necessário fabricar os restantes acessórios.

Os componentes escolhidos para a montagem da bicicleta estão expostos na tabela 5.2 [69] [70][71] [72][73]. Os preços apresentados são referentes aos praticados em loja e não a preços de fornecedor, pelo que não refletem o verdadeiro valor necessário para montar a bicicleta. O preço de venda ao público total dos componentes apresentados é de 503,41 Euros.

Tabela 5.2: Lista dos componentes normalizados e respetivos fornecedores e preços

Componente	Descrição	Fornecedor	Quantidade	Preço (€)
Selim				
	Aperto selim	B'TWIN	1	7.99
	Espigão selim	B'TWIN	1	13.99
	Selim	B'TWIN	1	17.99

Sistema de transmissão



Pedaleira 46T CDN

Carbon
drive

1

66.50



Pedais

B'TWIN

1 par

4



Correia 118T CDN

Carbon
drive

1

50

SRAM Automatix 2-
speed

Sram

1

68.74



Pinhão 22T CDN

Carbon
drive

1

88

Sistema de direção				
	Guiador 25.4mm	B'TWIN	1	7.99
	Avanço de rosca ajustável 25.4mm	B'TWIN	1	15.99
	Caixa de direção	B'TWIN	1	12.99
	Forqueta	Velogear	1	50.50
	Punhos desportivos	B'TWIN	1 par	5

Sistema de travagem



Estribos travões
v-brake

B'TWIN

1

15.99



Manete travão

B'TWIN

1

9.99

Rodas



Pneu estrada 700x45

B'TWIN

2

2x9.99



Câmara de ar
700x35/45

B'TWIN

2

2x2.49



Mavic A119

MAVIC

2

2x20

Raios

Sapim

2 sets

2.79

5.5 Montagem

A solução construtiva do quadro como um todo é apresentado na figura 5.12, onde são visíveis as duas metades em polipropileno reforçado e os casquilhos metálicos. Quanto aos reforços do eixo traseiro e do eixo da pedaleira, deverão ser introduzidos no molde de injeção para garantir uma melhor colagem. Se após testes se verificar que essa colagem não é suficiente, deverão ser adicionadas saliências nessas peças para garantir uma melhor fixação.

A segunda fase de montagem do quadro, representa a união das duas metades aquando da inserção do casquilho do espigão do selim e do casquilho de reforço da coluna de direção. Esses mesmos casquilhos possuem uma aba para ajudar na fixação do componente, e ao mesmo tempo aumentar a área de contacto entre materiais, reduzindo desta forma a concentração de tensões.

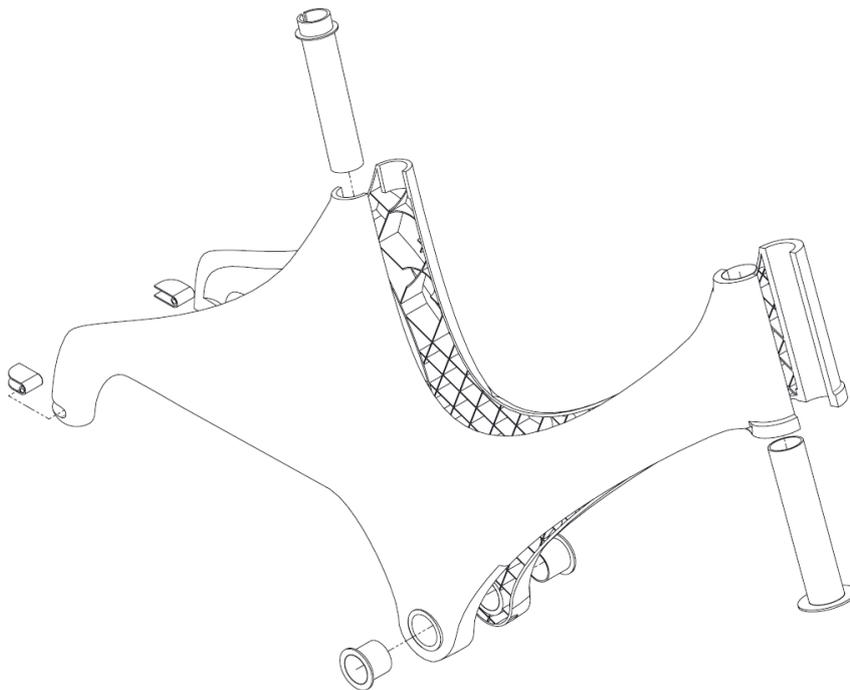


Figura 5.12: Imagem representativa da montagem do quadro

Na figura 5.13 está representada a fixação da caixa de carga na respetiva grelha. A utilização de *snap-fits* vem simplificar o processo, dispensando a necessidade de qualquer tipo de aperto. A facilidade de remoção da caixa, e tal como explicado anteriormente, toma especial relevância quando é necessário o transporte de vários objetos de dimensões reduzidas, já que não é preciso um compartimento externo ou a fixação dos mesmos.

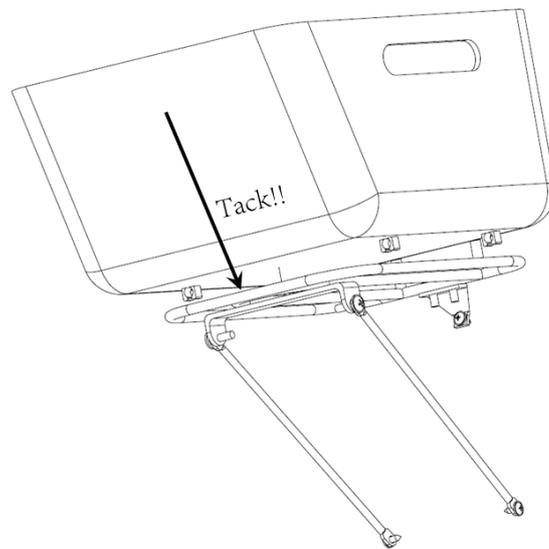


Figura 5.13: Imagem representativa da montagem da caixa na grelha

Na figura 5.14 esta representada a inserção da roda traseira no quadro. A geometria do quadro permite a uma fácil acoplagem entre a roda traseira e os respetivos encaixes, sendo que nem é necessário a abertura da correia nem do quadro. Esta é inserida pela parte inferior, simplificando a troca da mesma quando apresentar desgaste. Quando a roda estiver inserida no respetivo eixo, e antes de ser feito o aperto da mesma, a correia deve ser esticada, utilizando para isso os respetivos esticadores. Estes possuem marcas de posição de modo a garantir um fácil alinhamento da roda.

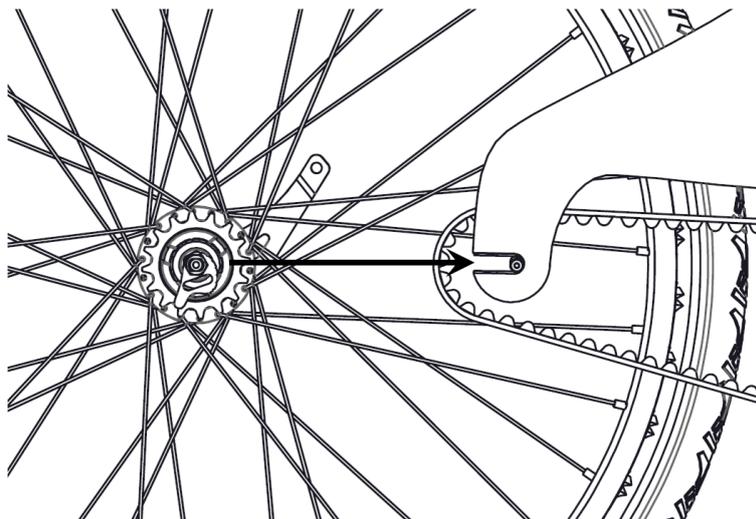


Figura 5.14: Imagem representativa da montagem da roda traseira no quadro

Ao nível de documentação técnica, desenho de definição de peças não normalizadas, desenho de conjunto e lista de peças e desenho de perspetiva explodida, encontram-se todos nos apêndices deste trabalho.

5.6 Fotorrealismos e Variantes

Depois de todo o processo de desenvolvimento de produto - que se encontra descrito por ordem cronológica ao longo deste trabalho - obteve-se o resultado final, ilustrado pelos fotorrealismos da figura 5.15. Nessa figura é possível ver a bicicleta em diversos ambientes e com diversas combinações de cores.



Figura 5.15: Fotorrealismos da bicicleta [74] [75] [76] [77] [78] [79] [80]

Capítulo 6

Conclusões e Trabalhos Futuros

A bicicleta como meio de transporte diário surge num momento em que são inegáveis as alterações climáticas. A sua utilização representa benefícios de cariz ambiental, económico, social e cultural. É, também, uma forma de promover o bem-estar físico que, cada vez mais, é uma preocupação da população em geral, contrariando o sedentarismo inerente ao dia-a-dia. Contudo, e para quebrar o paradigma do uso do automóvel como meio de transporte individual, é necessário desenvolver soluções alternativas e fidedignas, sendo nesse contexto que se inseriu este projeto. A utilização da bicicleta como meio de mobilidade individual produz emissões locais nulas e, aliado a um baixo custo de aquisição e manutenção, é sem dúvida uma mais valia para o utilizador e para o ambiente. Neste âmbito, os ideais políticos tomam um papel essencial na criação de uma rede ciclável melhor, no estabelecimento de incentivos a quem utilizar este meio de transporte ou mesmo na proibição da utilização do automóvel em centros urbanos, tal como acontece em outros países. Meios de transporte como os comboios ou autocarros também devem ser pensados para existir uma fácil intermodalidade com a bicicleta.

O objetivo primário deste trabalho passava pelo desenvolvimento, conceção e projeto de uma bicicleta urbana de baixa manutenção, tendo este sido alcançado e apresentada uma proposta de produto. Foram selecionados um conjunto de componentes standard que requerem o mínimo de manutenção, e foi desenvolvido um quadro. Esta bicicleta vem mostrar a capacidade de obtenção de formas alternativas à estrutura tubular mais comum, através do uso de materiais poliméricos. Ainda que seja possível a obtenção de formas complexas através da fibra de carbono, a proposta apresentada deverá ter um preço bastante mais acessível.

No que diz respeito à metodologia adotada, foi feita uma análise de mercado onde se observou uma lacuna relativamente a bicicletas de baixa manutenção. Essa lacuna é existente, e foi comprovada pelo inquérito realizado onde foi mostrado, por um lado, a incapacidade por falta de conhecimentos dos utilizadores para realização das diversas tarefas exigidas pela bicicleta comum, e por outro lado, o desagrado por parte de quem as sabe realizar, mas prefere não o fazer. No desenvolvimento de produto propriamente dito, foi adotada a metodologia descrita por Relvas (2017) que tem por base o modelo preconizado por Ulrich e Eppinger, uma vez que se trata de um processo estruturado que utiliza um conjunto de ferramentas de apoio ao desenvolvimento, desde a identificação dos requisitos dos utilizadores, especificações do produto, desenvolvimento conceptual, projeto de sistemas, cálculo estrutural e projeto de detalhe. Além disso, foram utilizadas outras ferramentas para clarificação do problema.

Ao propor um novo produto, e quando este implica o projeto de uma qualquer estrutura, torna-se vital a validação da mesma. Foi, por isso, realizada uma análise estrutural ao quadro onde o material eleito foi o polipropileno reforçado com 10 % de fibra de vidro, que apresentou resultados positivos com um fator de segurança de 1.5, o que torna viável o fabrico do mesmo. Contudo, foi excedido em 250g o peso estipulado como meta de 2kg para o quadro, mas, não se tratando de uma bicicleta de competição, este aumento torna-se pouco significativo. O projeto deste quadro vem abrir portas e quebrar tabus no que diz respeito aos materiais utilizados nas bicicletas.

A proposta final apresenta um design inovador e futurista, que aliada a uma baixa manutenção necessária, vem satisfazer todos requisitos impostos pelo público-alvo. É, por isso, numa solução viável e passível de ser produzida. A capacidade de customização da bicicleta representa uma tela em branco para qualquer empresa ou entidade, já que a grande área de superfície do quadro permite colar decalques ou texturas. Nesse aspeto, mesmo utilizando o mesmo quadro, existe uma grande diferenciação entre bicicletas, o que não acontece com quadros em treliça. Além disso, também os componentes podem ser pintados e personalizados.

6.1 Trabalhos Futuros

Sendo este um trabalho de engenharia, existe sempre espaço para melhorias. Utilizando como base de trabalho a proposta apresentada, é possível fazer uma otimização da geometria do quadro através do estudo em detalhe de todos os seus pontos críticos. Pode ser necessário alterar espessuras e adicionar ou retirar nervuras de reforço. Outra solução passa por usar a interligação entre materiais em zonas específicas, como é o caso da parte traseira da bicicleta que poderia ser fabricada numa liga de alumínio. Deverão ser feitos protótipos e modelos à escala para confirmar os resultados obtidos na análise por elementos finitos, e estudos aprofundados sobre o material a ser utilizado.

Bibliografia

- [1] União Europeia- EU transport in figures. Statistical pocketbook. Bruxelas: Publications Office of the European Union, 2016. ISBN 978-92-79-51527-9
- [2] União Europeia- Panorama of Transport. Statistical pocketbook. Luxemburgo: Office for Official Publications of the European Communities, 2009. ISBN 978-92-79-11119-8
- [3] Lallment, P. - VELOGIPEDB. No. 59,915. Patented No v.20, Paris, 1866.
- [4] S. Schijns & P. Eng- High occupancy vehicle lanes - worldwide lessons for European practitioners. WIT Transactions on The Built Environment . ISSN 1743-3509 Vol. 89, (2006).
- [5] EEA-Focusing on environmental pressures from long distance transport. Luxemburgo: Publications Office of the European Union, 2014. ISBN 978-92-9213-497-6
- [6] TIS- Plamo intermunicipal de mobilidade e transportes da região de aveiro. Fase 1: Relatório de caracterização e diagnóstico. Lisboa, 2012.
- [7] União Europeia- Attitudes of Europeans towards urban mobility, 2013.
- [8] CONEBI-EUROPEAN BICYCLE MARKET. Bruxelas, 2014.
- [9] Pape, M.-Moving cycling forward. A coordinated approach to cycling for local and regional authorities in the EU. European Union, 2016. ISBN 978-92-823-9193-8
- [10] União Europeia- Clean transport, Urban transport. Urban mobility. [Em linha]. Bruxelas. [Consult. 25 Fev. 2017] Disponível em WWW:<URL:[http : //ec.europa.eu/transport/themes/urban/urban_mobility_en](http://ec.europa.eu/transport/themes/urban/urban_mobility_en)> .
- [11] Escolda da Bicicleta- capítulo 16. a Bicicleta - tipos básicos [Em linha]. Brasil. [Consult. 24 Fev. 2017] Disponível em WWW:<URL:[http : //www.escoladebicicleta.com.br/bicicletatipos.html](http://www.escoladebicicleta.com.br/bicicletatipos.html)> .
- [12] Sanches, R.- Conheça os tipos de Bicicleta [Em linha]. Brasil. [Consult. 24 Fev. 2017] Disponível em WWW:<URL:[http : //www.nucleobike.com.br/dicas/conheca-os-tipos - e - modelos - de - bicicleta/](http://www.nucleobike.com.br/dicas/conheca-os-tipos-e-modelos-de-bicicleta/)> .
- [13] Órbita Bikes - 1971 SE [Em linha]. Portugal. [Consult. 13 Fev. 2017] Disponível em WWW:<URL:[https : //www.orbitabikes.com/0/pt/product/28/1971 --SE](https://www.orbitabikes.com/0/pt/product/28/1971--SE)> .

- [14] Órbita Bikes - Lisboa [Em linha]. Portugal. [Consult. 13 Fev. 2017] Disponível em WWW:<URL:[https : //www.orbitabikes.com/0/pt/category/19/Urbanas – Single – Speed](https://www.orbitabikes.com/0/pt/category/19/Urbanas-Single-Speed)>.
- [15] Órbita Bikes - Aveiro [Em linha]. Portugal. [Consult. 13 Fev. 2017] Disponível em WWW:<URL:[https : //www.orbitabikes.com/0/pt/product/22/AVEIRO](https://www.orbitabikes.com/0/pt/product/22/AVEIRO)>.
- [16] Órbita Bikes - Saturn [Em linha]. Portugal. [Consult. 13 Fev. 2017] Disponível em WWW:<URL:[https : //www.orbitabikes.com/0/pt/category/7/Estrada – Saturn](https://www.orbitabikes.com/0/pt/category/7/Estrada-Saturn)>.
- [17] Órbita Bikes - OBERON 5.2 [Em linha]. Portugal. [Consult. 13 Fev. 2017] Disponível em WWW:<URL:[https : //www.orbitabikes.com/0/pt/product/5/OBERON – 52](https://www.orbitabikes.com/0/pt/product/5/OBERON-52)>.
- [18] SCOTT Sports SA - SCOTT Gambler 710 Bike [Em linha]. Givisiez. [Consult. 13 Fev. 2017] Disponível em WWW:<URL:[https : //www.scott – sports.com/us/en/product/scott – gambler – 710 – bike?article = 265267008](https://www.scott-sports.com/us/en/product/scott-gambler-710-bike?article=265267008)>.
- [19] Mongoose - FRACTION [Em linha]. Madison. [Consult. 13 Fev. 2017] Disponível em WWW:<URL:[http : //www.mongoose.com/cze/fraction – 20032](http://www.mongoose.com/cze/fraction-20032)>.
- [20] Órbita Bikes - PIXIE [Em linha]. Portugal. [Consult. 13 Fev. 2017] Disponível em WWW:<URL:[https : //www.orbitabikes.com/0/pt/product/15/PIXIE](https://www.orbitabikes.com/0/pt/product/15/PIXIE)>.
- [21] SCOTT Sports SA - E-SUB TOUR MEN BIKE [Em linha]. Givisiez. [Consult. 13 Fev. 2017] Disponível em WWW:<URL:[https : //www.scott – sports.com/us/en/us/en/products/242062007/SCOTT – E – Sub – Tour – Men – %28US%29 – Bike](https://www.scott-sports.com/us/en/us/en/products/242062007/SCOTT-E-Sub-Tour-Men-%28US%29-Bike)>.
- [22] Terapeak - Shimano Saint M820 Shadow Rear Derailleur Ultegra Cassette New [Em linha]. Roménia. [Consult. 14 Fev. 2017] Disponível em WWW:<URL:[https : //www.terapeak.com/worth/shimano – saint – m820 – shadow – rear – derailleur – ultegra – cassette – new/291850159719/](https://www.terapeak.com/worth/shimano-saint-m820-shadow-rear-derailleur-ultegra-cassette-new/291850159719/)>.
- [23] VeloclubSU -Manga planetária [Em linha]. União Soviética. [Consult. 14 Fev. 2017] Disponível em WWW:<URL:[http : //veloclub.su/stati/komplektuyushchie/item/86 – planetarnaya – vtulka](http://veloclub.su/stati/komplektuyushchie/item/86-planetarnaya-vtulka)>.
- [24] Uribe, R. -Sprocket [Em linha]. [Consult. 14 Fev. 2017] Disponível em WWW:<URL:[https : //thenounproject.com/term/bike – gear/40839/](https://thenounproject.com/term/bike-gear/40839/)>.
- [25] Wind and Water and Earth -Nuvinci continous bicycle transmission [Em linha]. [Consult. 14 Fev. 2017] Disponível em WWW:<URL:[http : //windwaterearthmind.blogspot.pt/2013/12/nuvinci – continous – bicycle – transmission.html](http://windwaterearthmind.blogspot.pt/2013/12/nuvinci-continous-bicycle-transmission.html)>.
- [26] ENDURO Mountainbike Magazine-Eurobike: Pinion 2015 mit drei neuen, leichteren Getriebe-Boxen [Em linha]. Alemanha. [Consult. 14 Fev. 2017] Disponível em WWW:<URL:[http : //enduro – mtb.com/eurobike – pinion – 2015 – mit – drei – neuen – leichteren – getriebe – boxen/](http://enduro-mtb.com/eurobike-pinion-2015-mit-drei-neuen-leichteren-getriebe-boxen/)>.

- [27] Mazilu, D. - PINION [Em linha]. Roménia. [Consult. 14 Fev. 2017] Disponível em WWW:<URL:<http://enduro-mtb.com/eurobike-pinion-2015-mit-drei-neuen-leichteren-getriebe-boxen/>>.
- [28] Level Nine Sports - Wheel Master Wheel Rear 26X1-3/8 Sf [Em linha]. Utah. [Consult. 14 Fev. 2017] Disponível em WWW:<URL:<http://www.swimcyclerun.com/wheelsroad/beretta-aluminium-road-wheel.html>>.
- [29] SwimCycleRun Ltd - Beretta Aluminium Road Wheels [Em linha]. Dublin. [Consult. 14 Fev. 2017] Disponível em WWW:<URL:<http://www.swimcyclerun.com/wheelsroad/beretta-aluminium-road-wheel.html>>.
- [30] Carbonbikeoem - 700C 66mm 5 Spoke Carbon Fiber Road Clincher Front Wheel [Em linha]. China. [Consult. 14 Fev. 2017] Disponível em WWW:<URL:<http://www.carbonbikeoem.com/five-spoke-wheel/700c-66mm-5-spoke-carbon-fiber-road-clincher-front-wheel>>.
- [31] One Car Less -M-Wave Crankset [Em linha]. Berlim. [Consult. 14 Fev. 2017] Disponível em WWW:<URL:<http://www.onecarless.net/en/cranksets/1332-m-wave-crankset.html>>.
- [32] UltimeBike-Pédalier Shimano XTR FC-M 985 42/30 dents 175 mm [Em linha]. Avignon. [Consult. 14 Fev. 2017] Disponível em WWW:<URL:<https://www.ultimebike.com/vtt/transmission/pedaliers/pedalier-shimano-xtr-fc-m-985-4230-dents-175-mm.html#ae95>>.
- [33] TriSports.com -Shimano 105 HG600 Chain 11-Speed [Em linha]. Arizona. [Consult. 14 Fev. 2017] Disponível em WWW:<URL:<http://www.trisports.com/shimano-105-hg600-11-speed-chain.html>>.
- [34] Bikefix -Gates Carbon Drive [Em linha]. Londres. [Consult. 14 Fev. 2017] Disponível em WWW:<URL:<http://www.bikefix.co.uk/gates-carbon-drive>>.
- [35] Shelley - Mountain Bike Disc Brakes [Em linha]. [Consult. 14 Fev. 2017] Disponível em WWW:<URL:<http://www.volvoab.com/image/bikes-with-disc-brakes/mountain-bike-disc-brakes>>.
- [36] bikeBoard -SHIMANO Saint BL/BR-M820 [Em linha]. Polónia. [Consult. 14 Fev. 2017] Disponível em WWW:<URL:<http://katalog.bikeboard.pl/produkt,2014,hamulce-tarczowe,17637>>.
- [37] Harris Cyclery -Tektro R540 39 - 51mm Reach Dual-Pivot Brake Caliper [Em linha]. Newton. [Consult. 14 Fev. 2017] Disponível em WWW:<URL:<http://harriscyclery.net/product/tektro-r540-39-51mm-reach-dual-pivot-brake-caliper-recessed-nut-3543.html>>.
- [38] Stack Exchange -What kinds of brake designs exist, and what are their general pros and cons? [Em linha]. [Consult. 14 Fev. 2017] Disponível em WWW:<URL:<https://bicycles.stackexchange.com/questions/4203/what-kinds-of-brake-designs-exist-and-what-are-their-general-pros-and-cons/8819>>.

- [39] Eiecarbon Industry & Trading Co -Bike tubeless wheels –the perfect gift [Em linha]. EUA. [Consult. 14 Fev. 2017] Disponível em WWW:<URL:[http : //www.eiecarbon.com/bike – tubeless – wheels.html](http://www.eiecarbon.com/bike-tubeless-wheels.html)>.
- [40] KICKSTARTER - Nexo Tires: Flat Free Bikes Forever [Em linha]. EUA. [Consult. 14 Fev. 2017] Disponível em WWW:<URL:[https : //www.kickstarter.com/projects/1340586869/nexo – tires – and – ever – tires – flat – free – forever](https://www.kickstarter.com/projects/1340586869/nexo-tires-and-ever-tires-flat-free-forever)>.
- [41] Stevenson, W. - Productions/Operations Management. 5ª ed. Irwin Publishing Company, 1996.
- [42] PRIORITY OUTDOOR PRODUCTS -PRIORITY CLASSIC [Em linha]. New York. [Consult. 13 Mar. 2017] Disponível em WWW:<URL:[https : //www.prioritybicycles.com/products/priorityclassic?variant = 24332409479](https://www.prioritybicycles.com/products/priorityclassic?variant=24332409479)>.
- [43] 8 Ball Bikes -The (almost) zero maintenance bicycle [Em linha]. Reino Unido. [Consult. 13 Mar. 2017] Disponível em WWW:<URL:[http : //www.8ballbikes.co.uk/the – zero – maintenance – bicycle/](http://www.8ballbikes.co.uk/the-zero-maintenance-bicycle/)>.
- [44] SCOTT Sports SA - SCOTT Silence Evo Bike [Em linha]. Givisiez. [Consult. 13 Mar. 2017] Disponível em WWW:<URL:[https : //www.scott – sports.com/pt/pt/product/scott – silence – evo – bike?article = 265451006](https://www.scott-sports.com/pt/pt/product/scott-silence-evo-bike?article=265451006)>.
- [45] Berg cycles- WORKBOOK MY17. Portugal: Lidergraf, 2017.
- [46] IKEA -SLADDA [Em linha]. Suécia. [Consult. 13 Mar. 2017] Disponível em WWW:<URL:[http : //www.ikea.com/pt/pt/catalog/products/10326734/](http://www.ikea.com/pt/pt/catalog/products/10326734/)>.
- [47] TWWHLSPLS - Itera plastic bike [Em linha]. [Consult. 13 Mar. 2017] Disponível em WWW:<URL:[http : //twwhlspls.com/itera/](http://twwhlspls.com/itera/)>.
- [48] Aicep- Guia do Exportador [Em linha]. Portugal. [Consult. 20 Mar. 2017] Disponível em WWW:<URL:[http : //www.portugalglobal.pt/PT/Internacionalizar/GuiadoExportador/NormalizacaoCertificacao/Paginas/Normaliza%C3%A7%C3%A3oCertificacao.aspx](http://www.portugalglobal.pt/PT/Internacionalizar/GuiadoExportador/NormalizacaoCertificacao/Paginas/Normaliza%C3%A7%C3%A3oCertificacao.aspx)>.
- [49] European Committee for Standardization- Cycles- Safety requirements for bicycles [Em linha]. UE. [Consult. 20 Mar. 2017] Disponível em WWW:<URL:[https : //standards.cen.eu/](https://standards.cen.eu/)>.
- [50] Ulrich, K., e S. Eppinger. - Product Design and Development. 5ª ed. Singapore: McGraw-Hill, 2012.
- [51] Gestor.pt- Como definir um público-alvo [Em linha]. Portugal. [Consult. 21 Mar. 2017] Disponível em WWW:<URL:[http : //gestor.pt/como – definir – um – publico – alvo/](http://gestor.pt/como-definir-um-publico-alvo/)>.
- [52] Faria, C. - Desdobramento da Função Qualidade (QFD). [Em linha]. Brasil. [Consult. 18 Mar. 2017] Disponível em WWW:<URL:[http : //www.infoescola.com/administracao/desdobramento–da–funcao–qualidade–qfd/](http://www.infoescola.com/administracao/desdobramento-da-funcao-qualidade-qfd/)>.

- [53] Associação Brasileira de Engenharia de Produção - Modelo de kano para a identificação de atributos capazes de superar as expectativas do cliente. [Em linha]. Brasil. [Consult. 18 Mar. 2017] Disponível em WWW:<URL:www.producaoonline.org.br/rpo/article/viewFile/186/495>.
- [54] Universidade de Aveiro, Departamento de Engenharia Mecânica, Engenharia e Desenvolvimento Produto: Guia Prático. Aveiro, 2016.
- [55] Wisner, A. - Por dentro do trabalho; ergonomia: método & técnica. São Paulo, FTD/Oboré, 1987.
- [56] IEA- Definition and Domains of Ergonomics [Em linha]. Suíça. [Consult. 07 Mar. 2017] Disponível em WWW:<URL:<http://www.iea.cc/whats/index.html>>.
- [57] Pequini, S. M.- Um estudo de caso em design de produto: a Bicicleta. São Paulo, USP, 2005.
- [58] Silva, A. M. - Ergonomia e antropometria. Dimensionamento de postos de trabalho em pé. Universidade de Aveiro, 2008.
- [59] Pereira, J. S. - Bicicletas de montanha. Pistas para projeto de um quadro em compostos. Porto, 1993.
- [60] Planet X bikes [Em linha]. Reino Unido. [Consult. 09 Ago. 2017] Disponível em WWW:<URL:<http://www.planetx.co.uk/>>.
- [61] Poliversal - PP-Polipropileno. [Em linha]. Portugal. [Consult. 10 Ago. 2017] Disponível em WWW:<URL:<http://www.poliversal.pt/pt/landing-pages/tipos-de-plasticos/pp-polipropileno-36.html>>.
- [62] Monteiro, E. E. C. e Cyrino, J. C. R. - Propriedades Mecânicas de Compósitos de Polipropileno com Fibra de Vidro. Rio de Janeiro, 1994.
- [63] MatWeb - Overview of materials for Polypropylene, Molded. [Em linha]. EUA. [Consult. 15 Set. 2017] Disponível em WWW:<URL:<http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=08fb0f47ef7e454fbf7092517b2264b2>>.
- [64] MatWeb - Overview of materials for Polypropylene with 10% Glass Fiber Filler. [Em linha]. EUA. [Consult. 15 Set. 2017] Disponível em WWW:<URL:<http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=1527d33fe3d948b984e861af3409297c>>.
- [65] MatWeb - Overview of materials for Polycarbonate, Molded. [Em linha]. EUA. [Consult. 15 Set. 2017] Disponível em WWW:<URL:<http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=84b257896b674f93a39596d00d999d77&ckck=1>>.
- [66] MatWeb - Overview of materials for Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS), Molded. [Em linha]. EUA. [Consult. 15 Set. 2017] Disponível em WWW:<URL:<http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=eb7a78f5948d481c9493a67f0d089646>>.

- [67] Covill, D. et al. - Parametric finite element analysis of bicycle frame geometries. Elsevier Ltd., 2014.
- [68] SRAM LLC. -AUTOMATIX. [Em linha]. EUA. [Consult. 02 Set. 2017] Disponível em WWW:<URL:<https://www.sram.com/sram/urban/products/automatix>>.
- [69] Decathlon [Em linha]. Portugal. [Consult. 21 Ago. 2017] Disponível em WWW:<URL:<https://www.decathlon.pt/>>.
- [70] eBay - SRAM AUTOMATIX 2Spd Rear Hub 36H , Freewheel , Roller Brake. [Em linha]. EUA. [Consult. 21 Ago. 2017] Disponível em WWW:<URL:<http://www.ebay.com/itm/SRAM-AUTOMATIX-2Spd-Rear-Hub-36H-Freewheel-Roller-Brake-/131884387715?epid=1037407035&hash=item1eb4ec0d83:g:PVsAAOSwys5WUsO>>.
- [71] Carbon Drive. [Em linha]. Alemanha. [Consult. 21 Ago. 2017] Disponível em WWW:<URL:<https://shop.carbondrive.net/shop/>>.
- [72] Velogear - 700 x 35c Threaded Fork. [Em linha]. Austrália. [Consult. 21 Ago. 2017] Disponível em WWW:<URL:<https://www.velogear.com.au/bike-parts/bike-parts/forks/700c-cyclocross-forks/700-x-35c-threaded-fork.html>>.
- [73] Bike24. [Em linha]. Alemanha. [Consult. 21 Ago. 2017] Disponível em WWW:<URL:<https://www.bike24.com/>>.
- [74] Silva, D. - Aveiro em graffiti. [Em linha]. Portugal. [Consult. 06 Nov. 2017] Disponível em WWW:<URL:<http://olhares.sapo.pt/aveiro-em-graffiti-foto6158059.html>>.
- [75] Ribeiro, F. - Atita, um "tubarão" Aveirense. [Em linha]. Portugal. [Consult. 06 Nov. 2017] Disponível em WWW:<URL:<http://olhares.sapo.pt/atita-um-tubarao-aveirense-foto7389017.html>>.
- [76] Idealista - Canais e casas coloridas: um passeio por Aveiro, a "Veneza de Portugal". [Em linha]. Portugal. [Consult. 06 Nov. 2017] Disponível em WWW:<URL:<https://www.idealista.pt/news/ferias/viagens/2015/11/04/29140-canaise-casas-coloridas-um-passeio-por-aveiro-a-veneza-de-portugal>>.
- [77] Marinelli, I. - Viagem a Portugal: 7 passeios imperdíveis para fazer em Aveiro. [Em linha]. Brasil. [Consult. 06 Nov. 2017] Disponível em WWW:<URL:<https://claudia.abril.com.br/sua-vida/viagem-a-portugal-7-passeios-imperdiveis-para-fazer-em-aveiro/>>.
- [78] Hyperakt - Parque Infante Dom Pedro. [Em linha]. Portugal. [Consult. 06 Nov. 2017] Disponível em WWW:<URL:<http://olhares.sapo.pt/atita-um-tubarao-aveirense-foto7389017.html>>.
- [79] Rota da Bairrada - Campus Universitário de Aveiro. [Em linha]. Portugal. [Consult. 06 Nov. 2017] Disponível em WWW:<URL:http://www.rotadabairrada.pt/irt/show/campus-universitario-de-aveiro_p1606>.

-
- [80] Viagens à Solta - De Buga por Aveiro. [Em linha]. Portugal. [Consult. 06 Nov. 2017] Disponível em WWW:<URL:[http : //www.viagensasolta.com/2016/05/de-buga - por - aveiro.html](http://www.viagensasolta.com/2016/05/de-buga-por-aveiro.html)>.
- [81] Relvas, C. - Design & Engenharia: Da Ideia ao Produto (eBook). Portugal: PUBLINDUSTRIA, 2017. ISBN: 9789897232404

Parte I
Anexos

Apêndice A

FMEA Conceito

Tabela A.1: FMEA de conceito

Função/ Atividade	Tipo potencial de falha	Causa da falha	Efeitos possíveis das falhas	Termos críticos das falhas	Medidas corretivas possíveis
Manter/ Cuidar	Corrosão de componentes	Exposição aos elementos meteorológicos	Rutura do componente Aparência desagradável	Falha crítica	Uso de materiais resistentes à corrosão Limpeza regular Lubrificação
		Falta de lubrificação			
Pedalar/ Usar	Esforço exagerado para o utilizador	Má escolha do sistema de transmissão	Transmitir pouca força Energia perdida Movimento não natural	Falha maior	Correto dimensionamento de engrenagens Ajuste e lubrificação de componentes Altura ideal para cada ciclista
		Atrito entre componentes			
		Altura do banco desregulada			
	Rutura do quadro	Mau dimensionamento do quadro	Rutura estrutural Inutilização da bicicleta	Falha crítica	Validação teórica e experimental das geometrias e processos selecionados Uso de materiais mais resistentes
		Uso inadequado da bicicleta			
		Falta de cuidados Materias com defeito ou desadequados			
Sentar	Dificuldade de entrada/saída	Mau dimensionamento do quadro	Pouco prático	Falha maior	Alteração da configuração do quadro
	Aquecer	Má geometria do selim			
Transportar carga	Dificuldade de transporte	Má colocação do compartimento	Dificuldade de equilíbrio Danificação dos objetos a transportar Falta de proteção aos elementos	Falha maior	Alteração das dimensões do compartimento Estudo do centro de massa da bicicleta
		Má geometria do compartimento			
	Pouca capacidade de carga	Tamanho insuficiente	Não ser útil		

Rolar	Dificuldade em ultrapassar obstáculos	Tamanho das rodas reduzido	Desconforto Dificuldade de locomoção Agressividade para o sistema geral	Falha maior	Aumentar o tamanho das rodas
Dirigir	Pouca brecagem	Guiador inadequado	Não girar o suficiente	Falha menor	Alteração da geometria do guiador e do quadro
	Ângulo dos punhos reduzido		Esforço acrescentado para o utilizador		
	Falha de estabilidade	Ângulo forqueta reduzido	Dificuldade em curvar	Falha maior	
Travar/ Parar	Dificuldade em reduzir a velocidade	Sistema de travagem subdimensionado	Dificuldade em parar Colisões Quedas	Falha crítica	Escolha de componentes comprovados Uso de travão frontal
		Oxidação dos cabos de travão			
		Desgaste do sistema			
Parquear	Dificuldade em manter a bicicleta na vertical	Ausência de descanso	Queda da bicicleta	Falha menor	Inserção de um descanso
		Descanso mal dimensionado	Necessidade de encostar a bicicleta para parquear		
	Roubo	Ausência de sistema de segurança	Prejuízo para o utilizador	Falha maior	Inserção de um sistema de segurança
Amortecer	Falta de amortecimento	Ausência de amortecedores	Excesso de vibrações	Falha maior	Implementação de algum tipo de amortecedor
			Fadiga da estrutura		
			Desconforto		

Apêndice B

Polipropileno

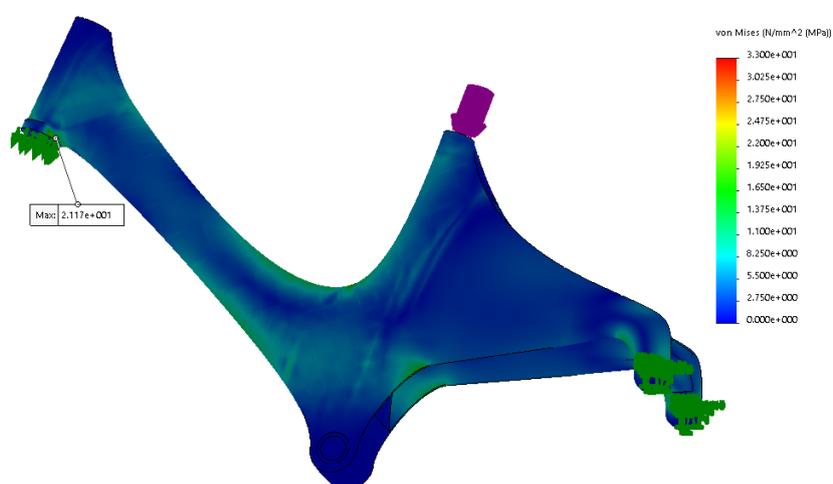


Figura B.1: Tensão de von Mises referente ao carregamento I

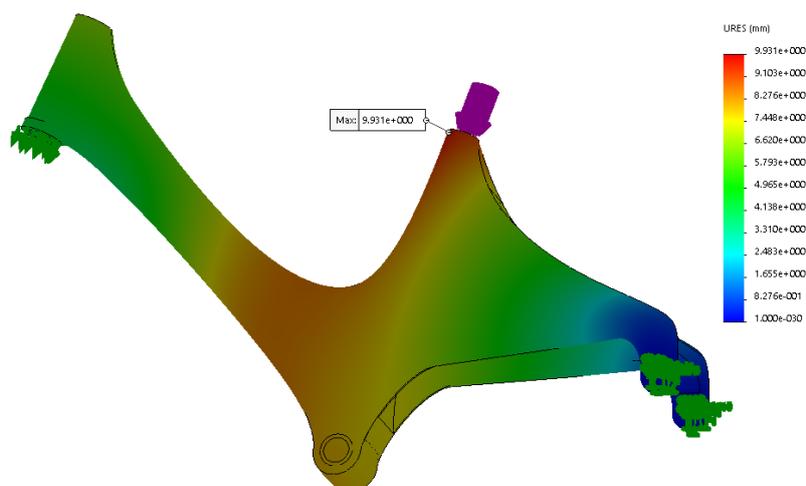


Figura B.2: Deslocamento resultante referente ao carregamento I

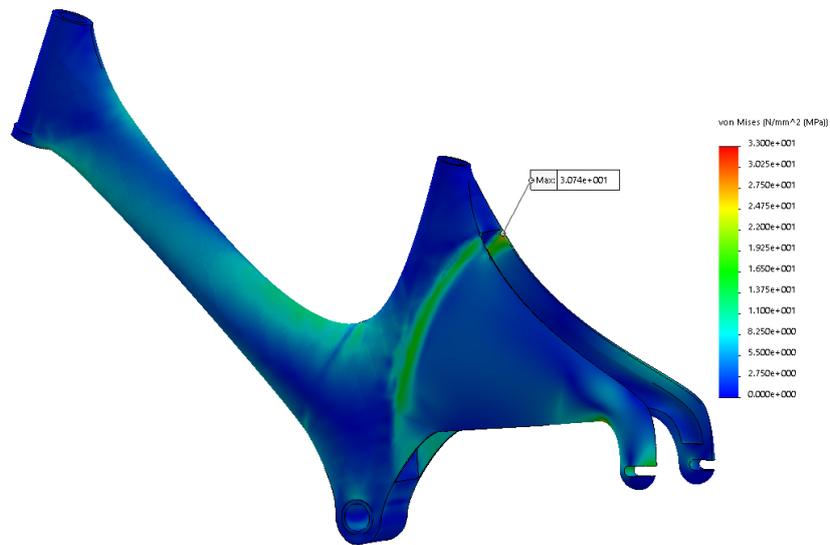


Figura B.3: Tensão de von Mises referente ao carregamento II

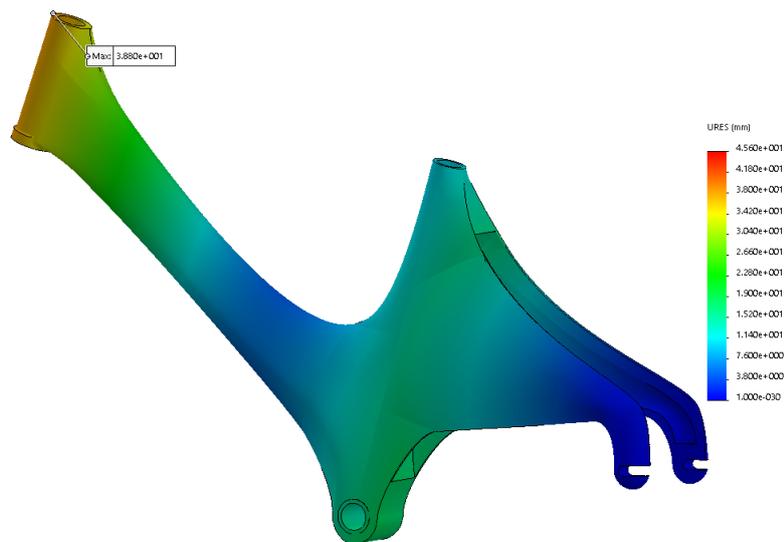


Figura B.4: Deslocamento resultante referente ao carregamento II

Apêndice C

Policarbonato

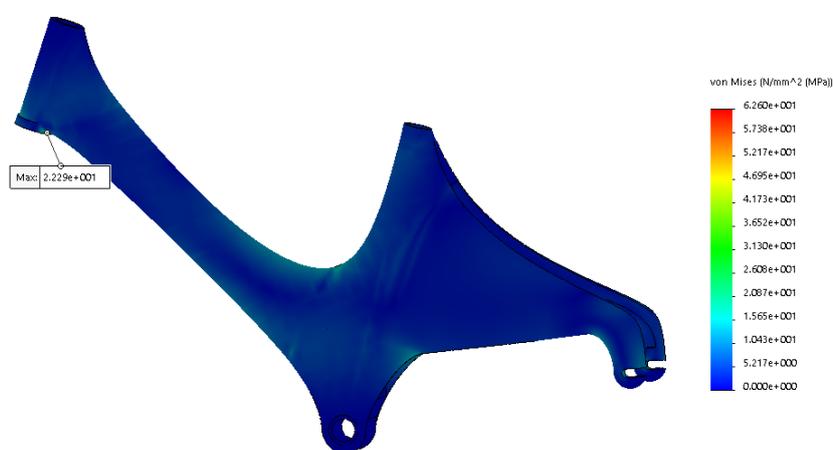


Figura C.1: Tensão de von Mises referente ao carregamento I

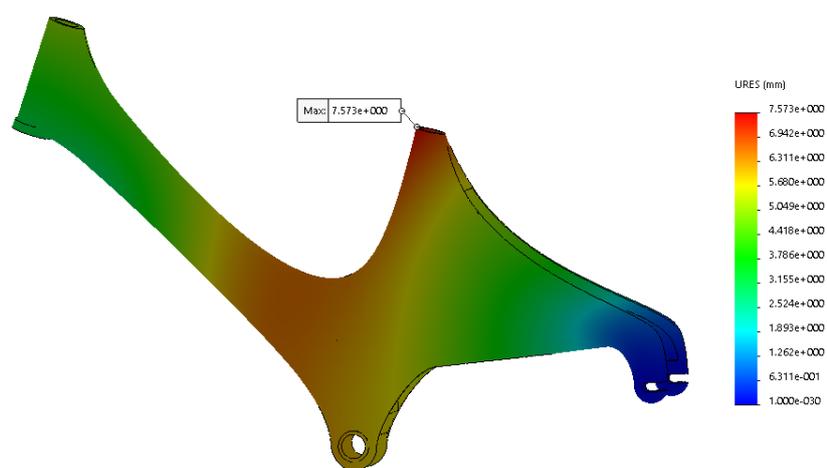


Figura C.2: Deslocamento resultante referente ao carregamento I

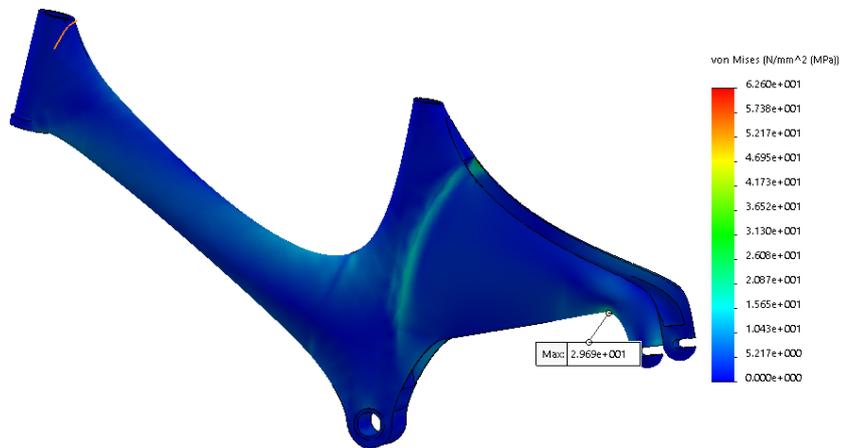


Figura C.3: Tensão de von Mises referente ao carregamento II

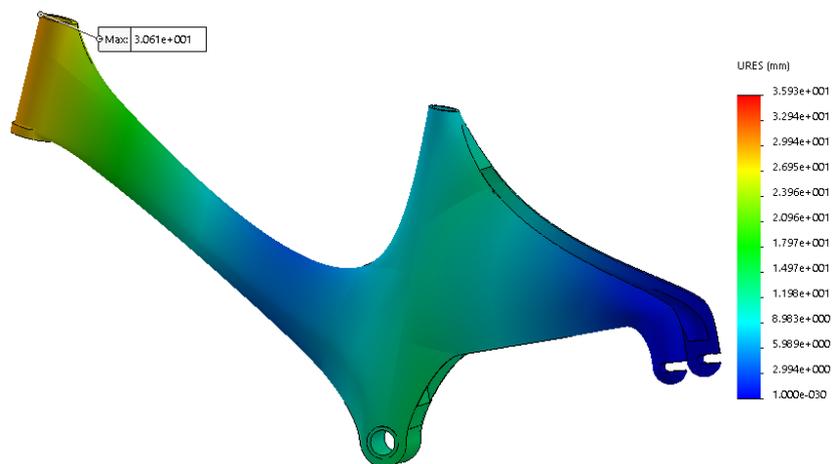


Figura C.4: Deslocamento resultante referente ao carregamento II

Apêndice D

Acrilonitrila Butadieno Estireno

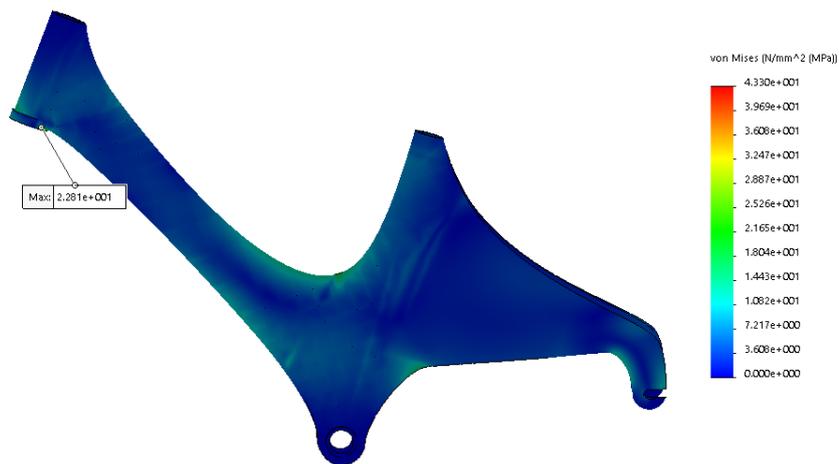


Figura D.1: Tensão de von Mises referente ao carregamento I

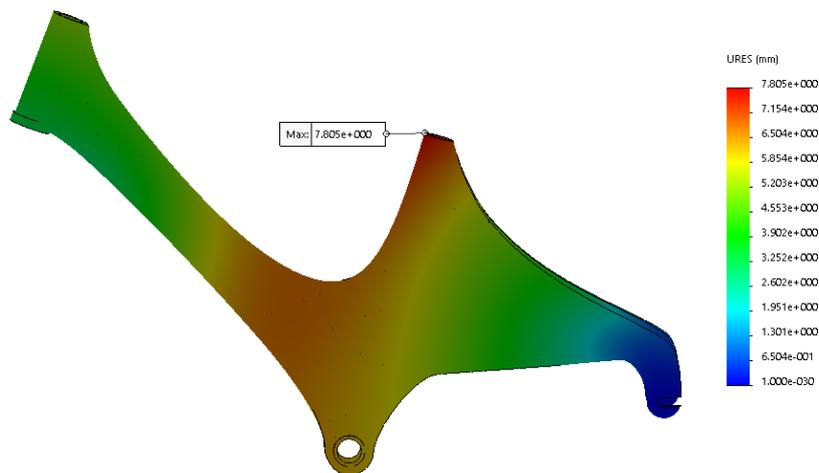


Figura D.2: Deslocamento resultante referente ao carregamento I

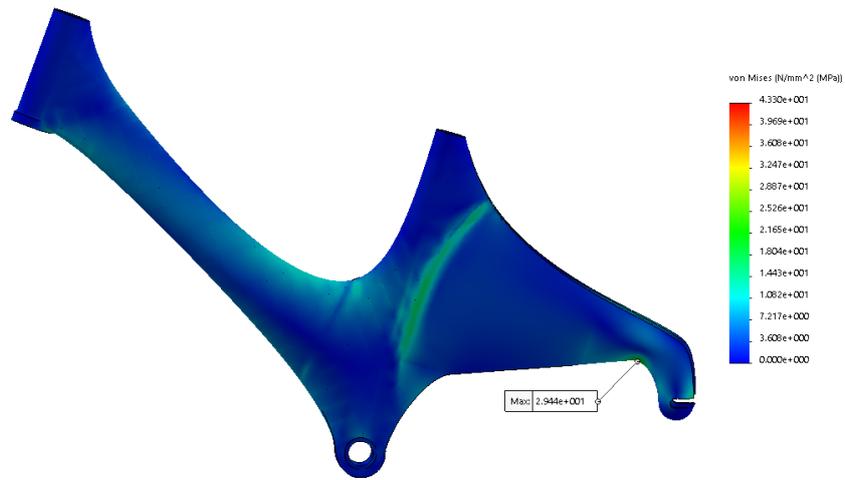


Figura D.3: Tensão de von Mises referente ao carregamento II

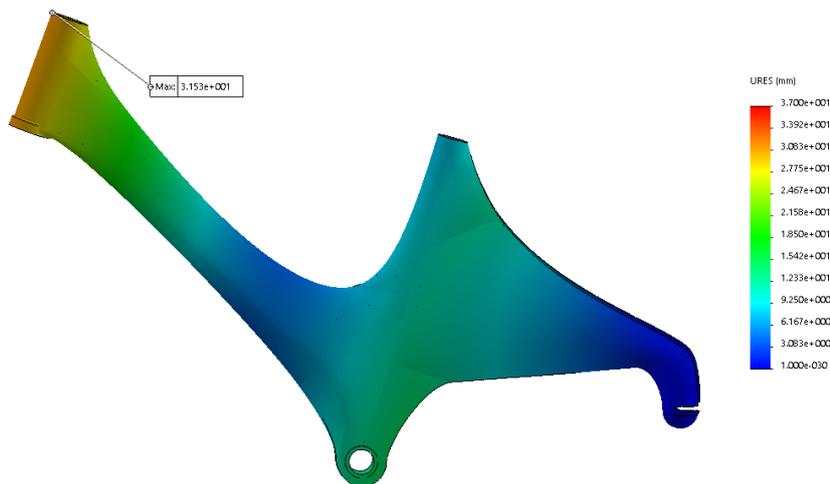
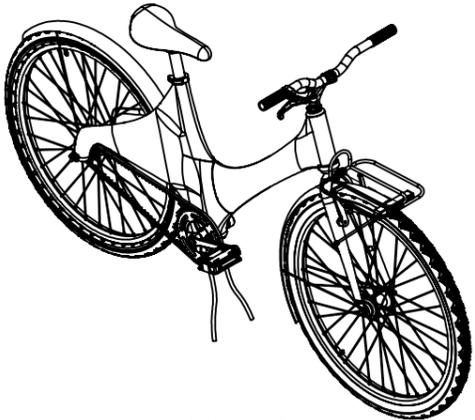
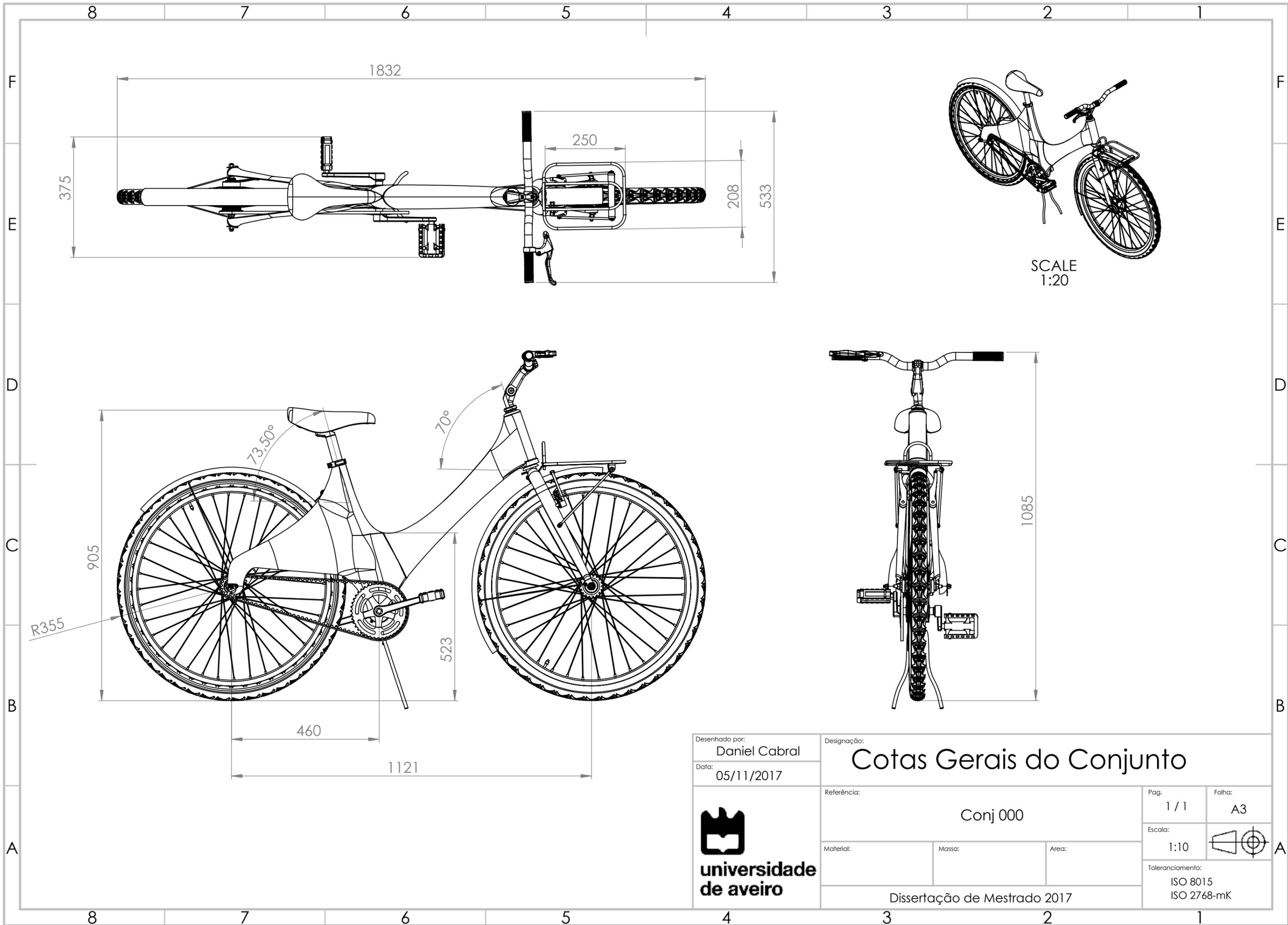


Figura D.4: Deslocamento resultante referente ao carregamento II

Apêndice E

Desenhos Técnicos e de Definição do Produto



SCALE
1:20

Desenhado por:
Daniel Cabral
Data:
05/11/2017

Designação:
Cotas Gerais do Conjunto

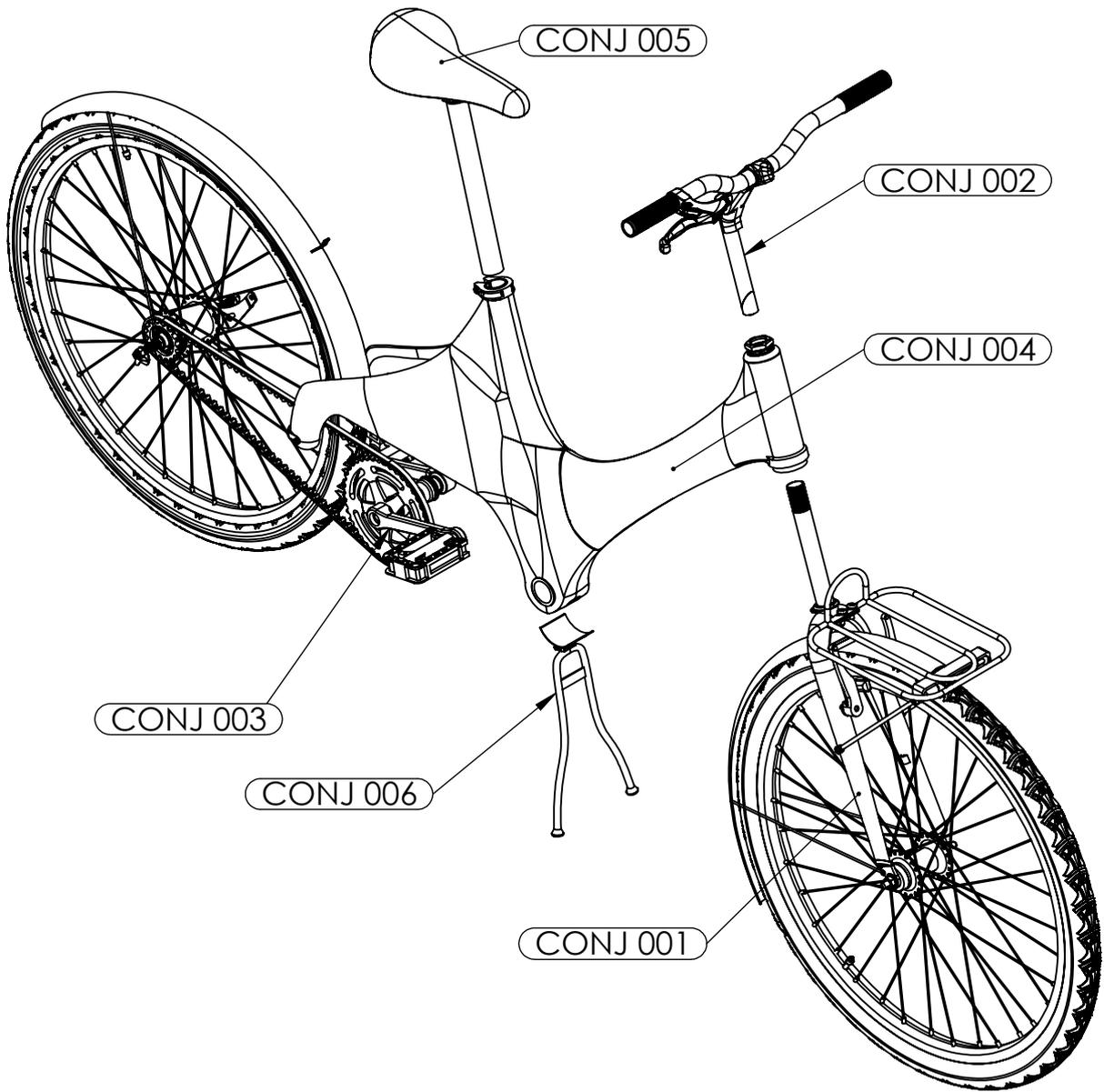


Referência:
Conj 000

Material: Massa: Area:

Dissertação de Mestrado 2017

Pag. 1 / 1	Folha: A3
Escala: 1:10	
Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768-mK	



ITEM	DESCRIÇÃO DO COMPONENTE	QUANTIDADE
CONJ 001	Assemblagem da frente	1
CONJ 002	Assemblagem do guidador	1
CONJ 003	Assemblagem da traseira e transmissão	1
CONJ 004	Assemblagem do quadro	1
CONJ 005	Assemblagem do selim	1
CONJ 006	Assemblagem do descanso	1

Desenhado por:
Daniel Cabral

Designação:

Montagem Geral

Data:
05/11/2017

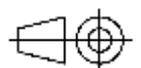
Referência:

Conj 000

Pag.
1 / 1

Folha:
A4

Escala:
1:10



Material:

Massa:

Area:

Toleranciamento:

ISO 8015
ISO 2768-mK



**universidade
de aveiro**

Dissertação de Mestrado 2017

4 3 2 1

F

F

E

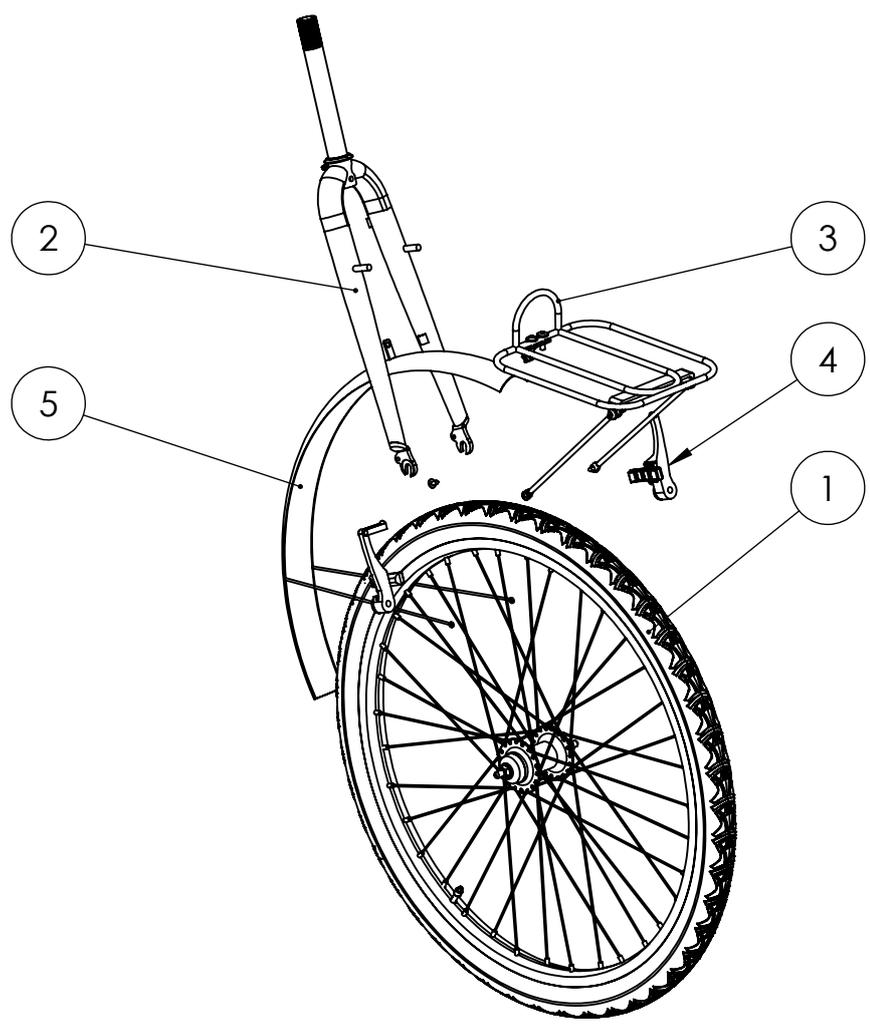
E

D

D

C

C



B

B

A

A

ITEM	DESCRIÇÃO DO COMPONENTE	QUANTIDADE
1	Roda frontal	1
2	Forqueta	1
3	Grelha porta-bagagens	1
4	Travão frontal	1
5	Guarda-lamas frontal	1

Desenhado por:
Daniel Cabral

Data:
05/11/2017

Designação:
Assemblagem da Frente da Bicicleta



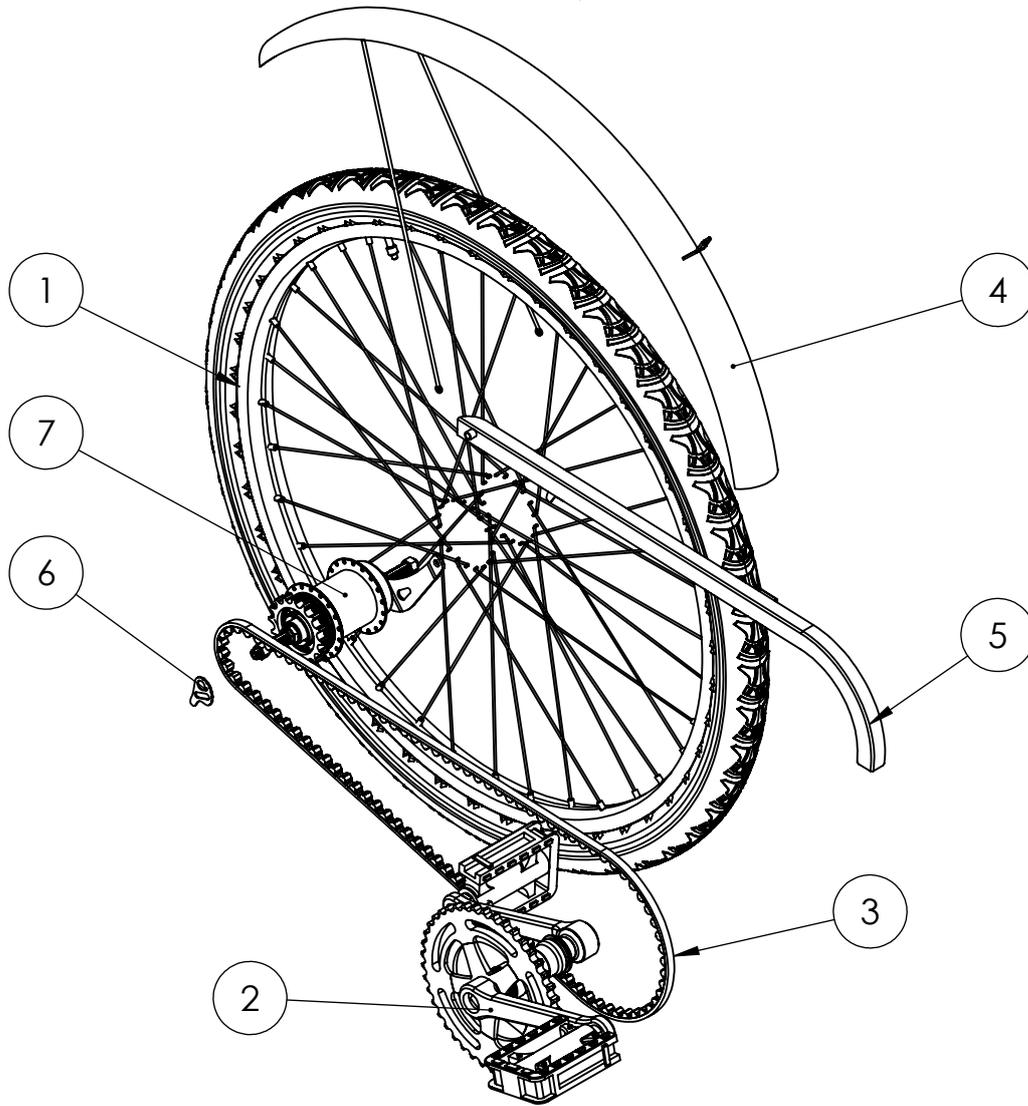
Referência:
Conj 001

Material: Massa: Area:

Dissertação de Mestrado 2017

Pag. 1 / 1	Folha: A4
Escala: 1:10	
Toleranciamento: ISO 8015 ISO 2768-mK	

4 3 2 1



ITEM	DESCRIÇÃO DO COMPONENTE	QUANTIDADE
1	Roda traseira	1
2	Pedaleira	1
3	Correia	1
4	Guarda-lamas traseiro	1
5	Guarda corrente	1
6	Esticador de correia	2
7	Cubo traseiro	1

Desenhado por:
Daniel Cabral

Data:
05/11/2017

Designação:

Assemblagem da Traseira da Bicicleta

Referência:

Conj 003

Pag.

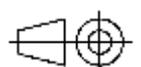
1 / 1

Folha:

A4

Escala:

1:7



Toleranciamento:

ISO 8015

ISO 2768-mK



**universidade
de aveiro**

Dissertação de Mestrado 2017

4 3 2 1

F

F

E

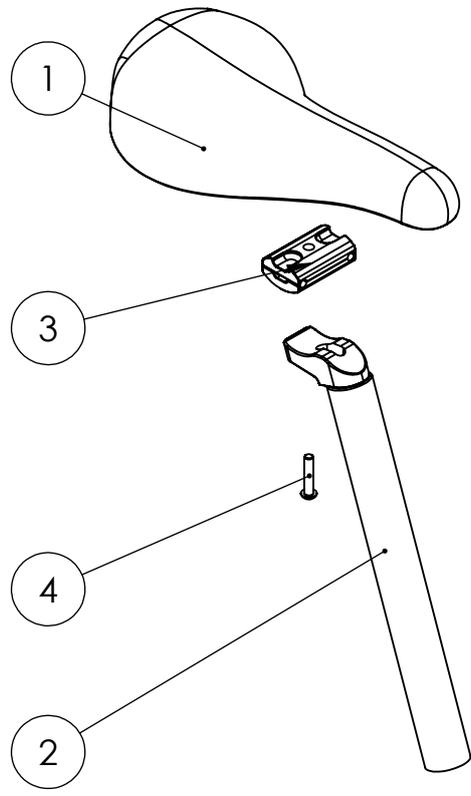
E

D

D

C

C



B

B

ITEM	DESCRIÇÃO DO COMPONENTE	QUANTIDADE
1	Selim	1
2	Espigão	1
3	Sistema de ajuste do selim	1
4	Parafuso de cabeça oval sextavado interior DIN7380 M6x30	1

Desenhado por:
Daniel Cabral

Data:
05/11/2017

Designação:
Assemblagem Selim

A

A



**universidade
de aveiro**

Referência:
Conj 005

Material: Massa: Area:

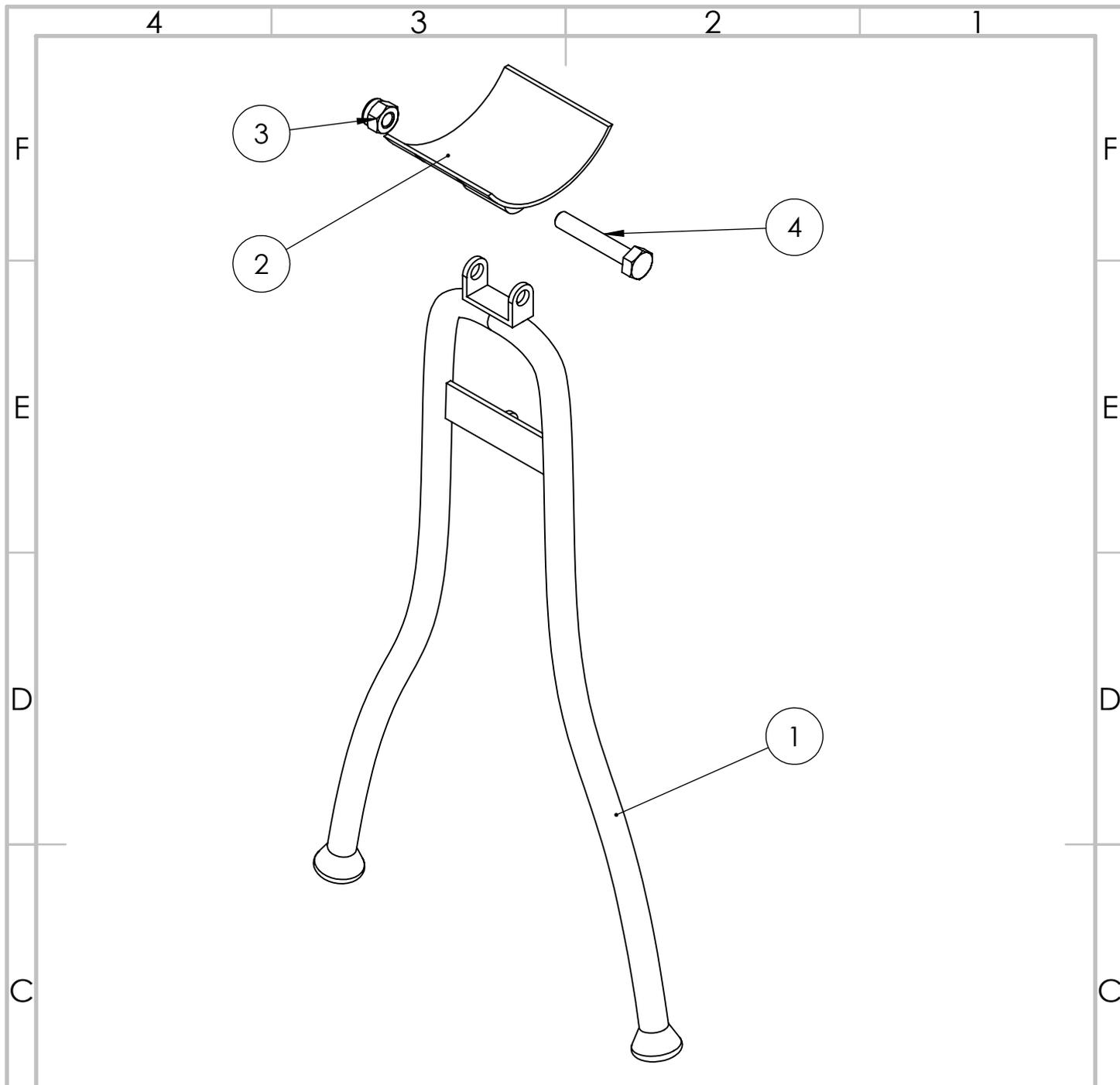
Dissertação de Mestrado 2017

Pag. 1 / 1 Folha: A4

Escala: 1:5

Toleranciamento:
ISO 8015
ISO 2768-mK

4 3 2 1



ITEM	DESCRIÇÃO DO COMPONENTE	QUANTIDADE
1	Patas do descanso	1
2	Fixação do descanso	1
3	Porca freada Nylon M6 DIN982	1
4	Parafuso de cabeça hexagonal M6x35 DIN933	1

Desenhado por:
Daniel Cabral

Data:
05/11/2017

Designação:

Assemblagem Descanso

Referência:

Conj 006

Pag.

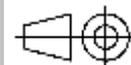
1 / 1

Folha:

A4

Escala:

1:2



Toleranciamento:

ISO 8015
ISO 2768-mK



**universidade
de aveiro**

Dissertação de Mestrado 2017

4

3

2

1

8 7 6 5 4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

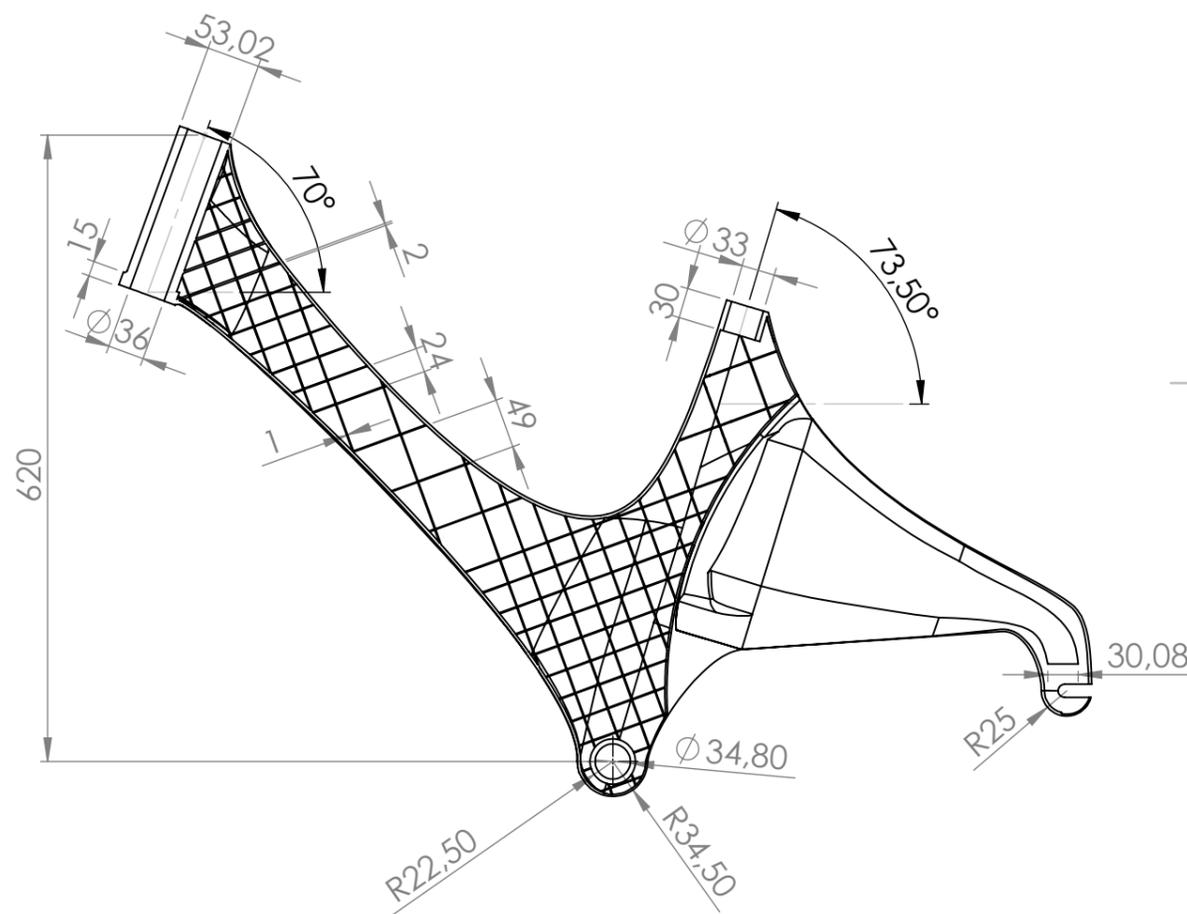
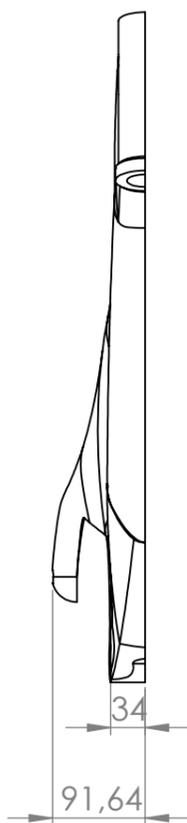
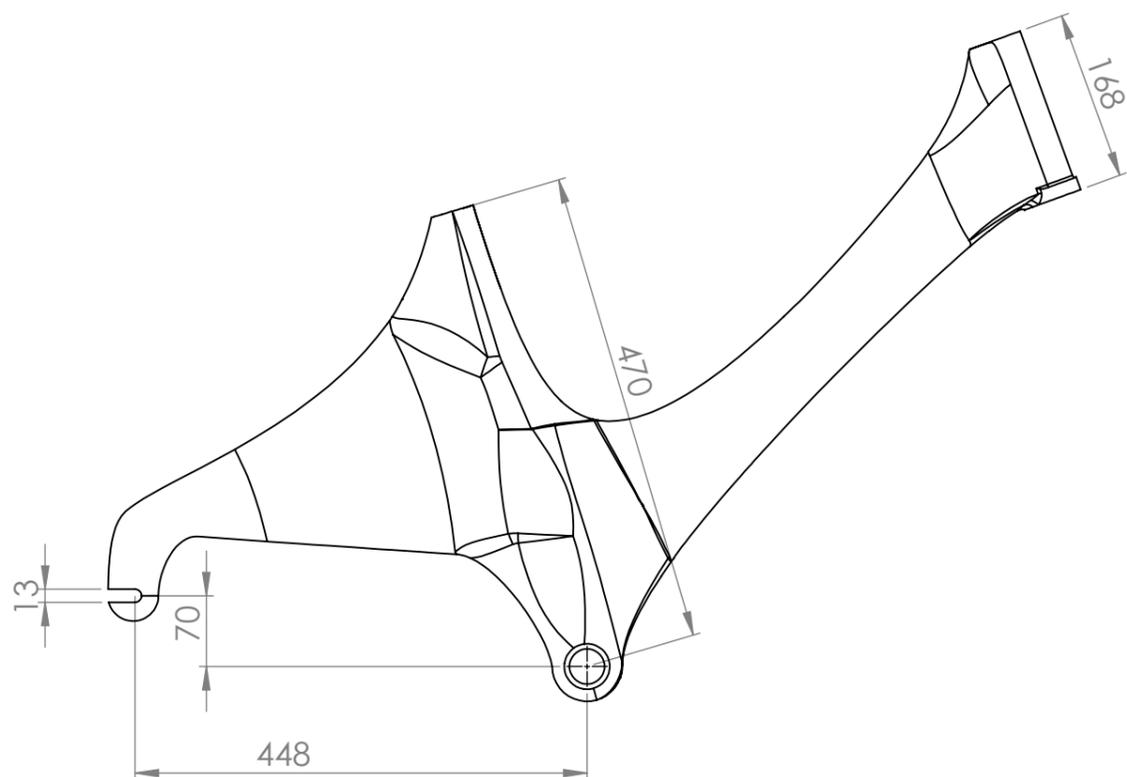
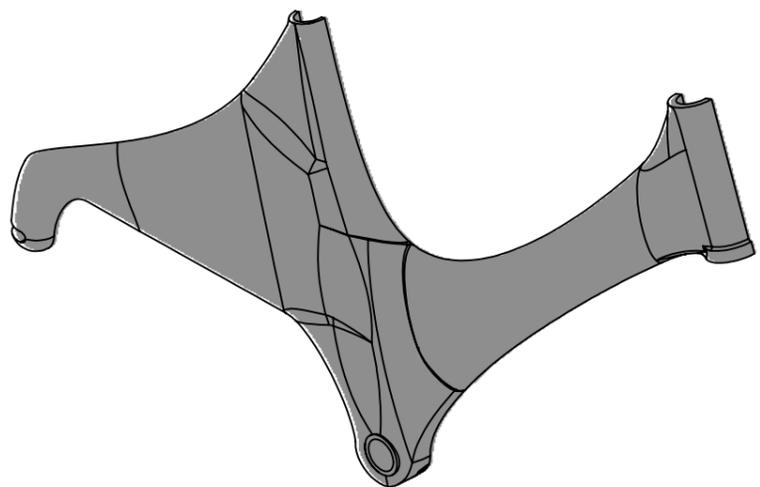
C

B

B

A

A



Desenhado por:
Daniel Cabral
Data:
05/11/2017

Designação:
Metade Direita do Quadro

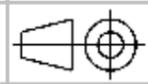


Referência:
Def 000

Pag.
1 / 1
Folha:
A3

Material: PP 10%
Massa: 1.12 kg
Area:

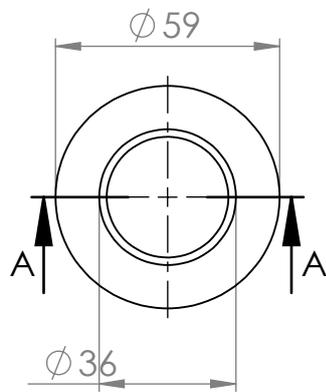
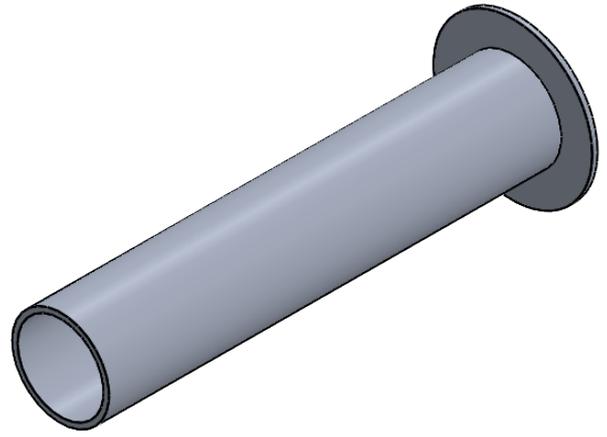
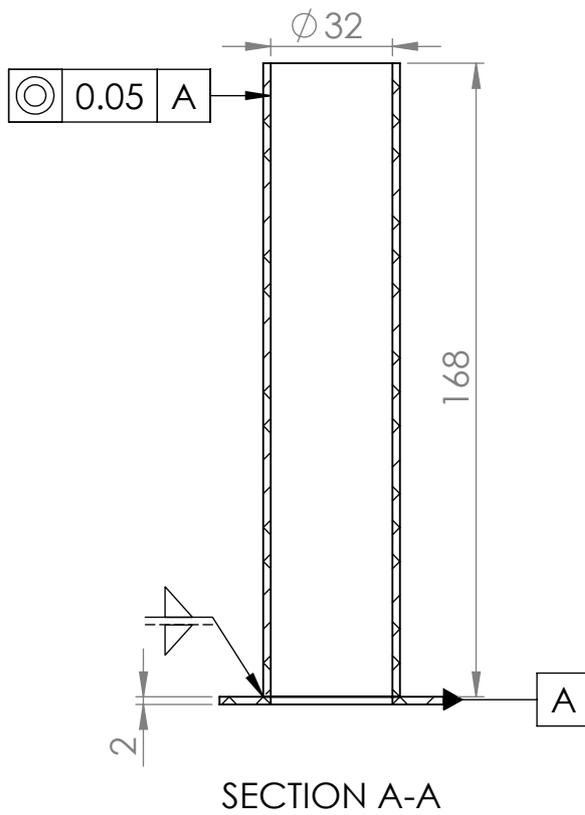
Escala:
1:7



Dissertação de Mestrado 2017

Toleranciamento:
ISO 8015
ISO 2768-mK

8 7 6 5 4 3 2 1



Desenhado por:
Daniel Cabral

Data:
05/11/2017

Designação:

Casquilho Coluna Direção

Referência:

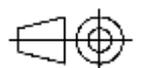
Def 001

Pag.
1 / 1

Folha:
A4

Escala:

1:2



Material:

6061 Alloy

Massa:

0.11 kg

Area:

Toleranciamento:

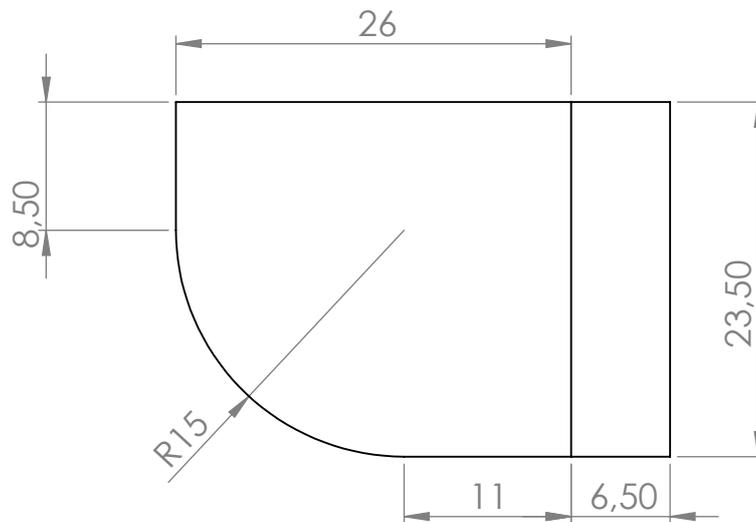
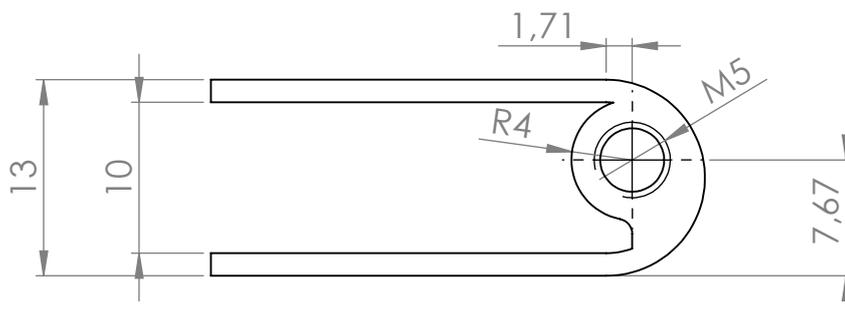
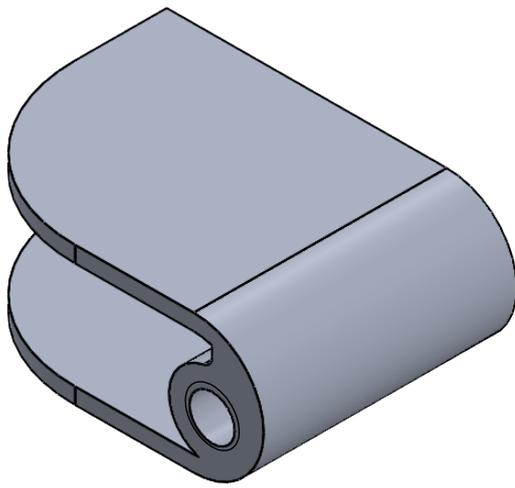
ISO 8015

ISO 2768-mK



**universidade
de aveiro**

Dissertação de Mestrado 2017



Desenhado por:
Daniel Cabral

Data:
06/11/2017

Designação:

Casquilho Eixo Traseiro

Referência:

Def 002

Pag.

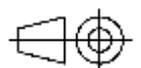
1 / 1

Folha:

A4

Escala:

2:1



Toleranciamento:

ISO 8015

ISO 2768-mK

Material:

6061 Alloy

Massa:

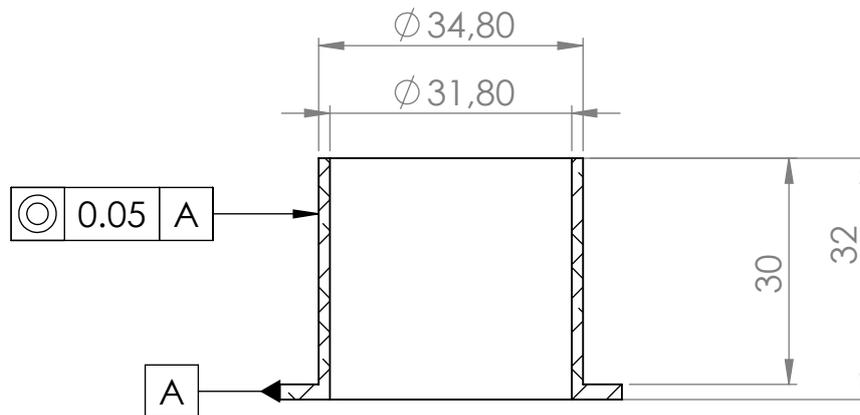
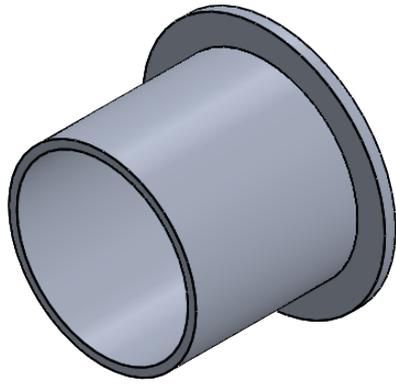
0.01 kg

Area:

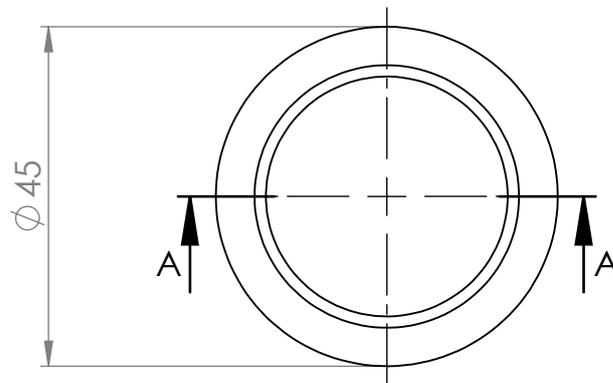


**universidade
de aveiro**

Dissertação de Mestrado 2017



SECTION A-A



Desenhado por:
Daniel Cabral

Data:
05/11/2017

Designação:

Casquilho da Pedaleira

Referência:

Def 003

Pag.

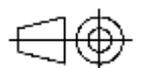
1 / 1

Folha:

A4

Escala:

1:1



Material:

6061 Alloy

Massa:

0.02 kg

Area:

Toleranciamento:

ISO 8015

ISO 2768-mK



**universidade
de aveiro**

Dissertação de Mestrado 2017

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

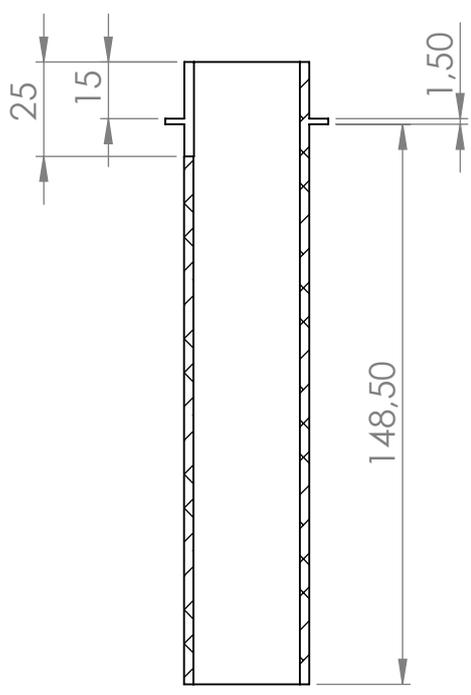
C

B

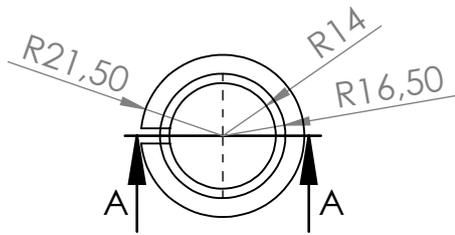
B

A

A



SECTION A-A



Desenhado por:
Daniel Cabral

Data:
05/11/2017

Designação:
Casquilho para espigão do selim



Referência:
Def 004

Material: 6061 Alloy Massa: 0.11 kg Area:

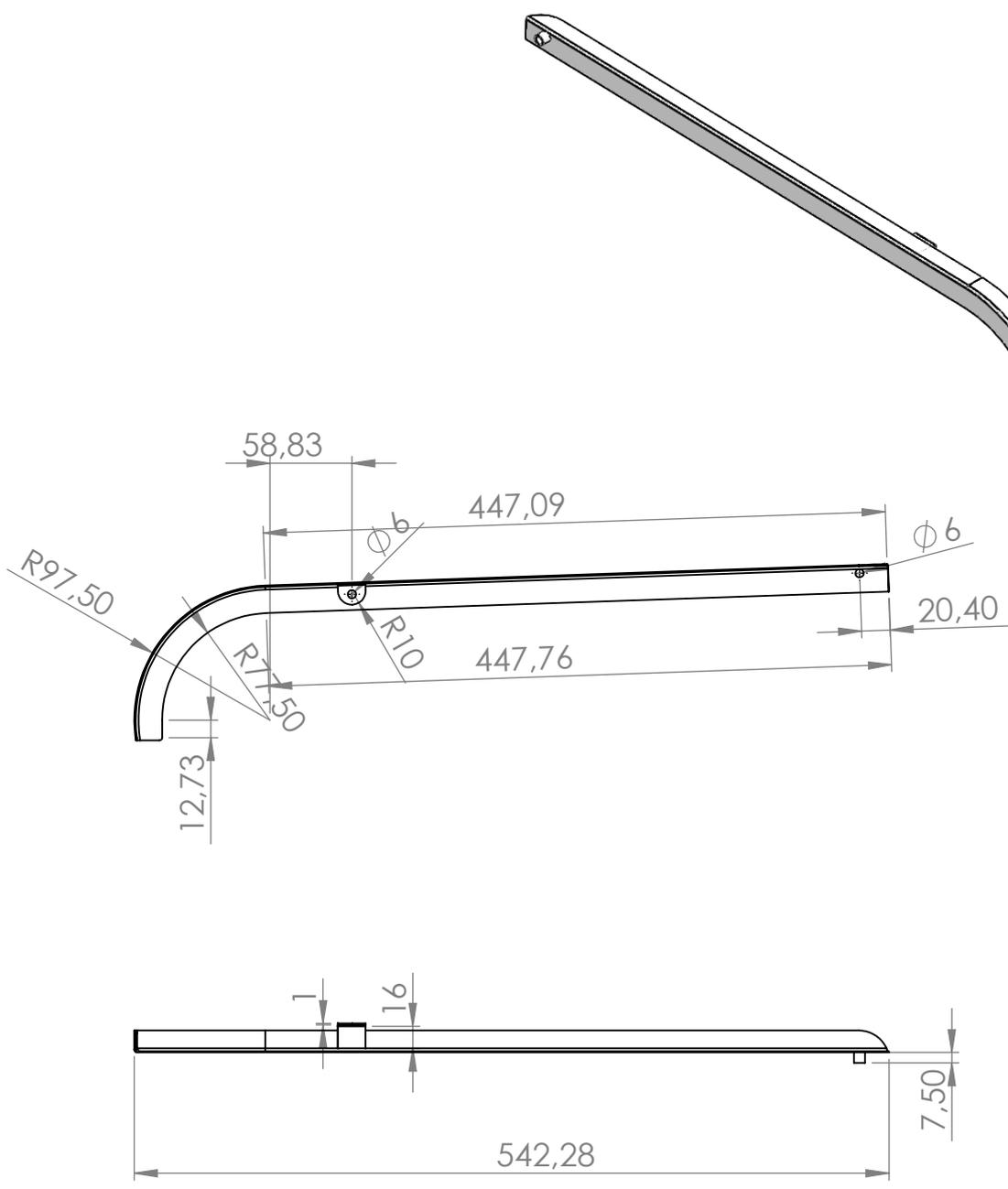
Dissertação de Mestrado 2017

Pag. 1 / 1 Folha: A4

Escala: 1:2

Toleranciamento:
ISO 8015
ISO 2768-mK

4 3 2 1



Desenhado por:
Daniel Cabral

Data:
05/11/2017

Designação:
Guarda-correia



Referência:
Def 005

Material: PP Massa: 0.02 kg Area:

Dissertação de Mestrado 2017

Pag. 1 / 1 Folha: A4

Escala: 1:5

Toleranciamento:
ISO 8015
ISO 2768-mK

A

A

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

C

B

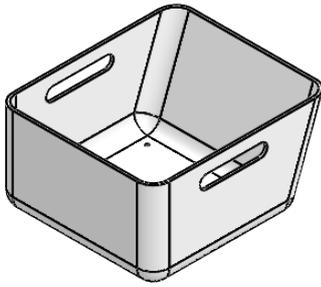
B

4

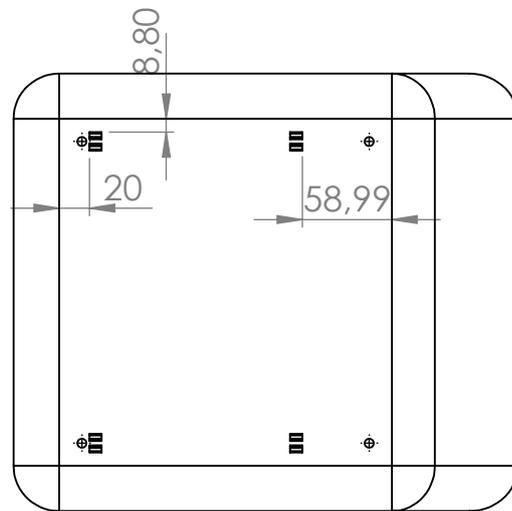
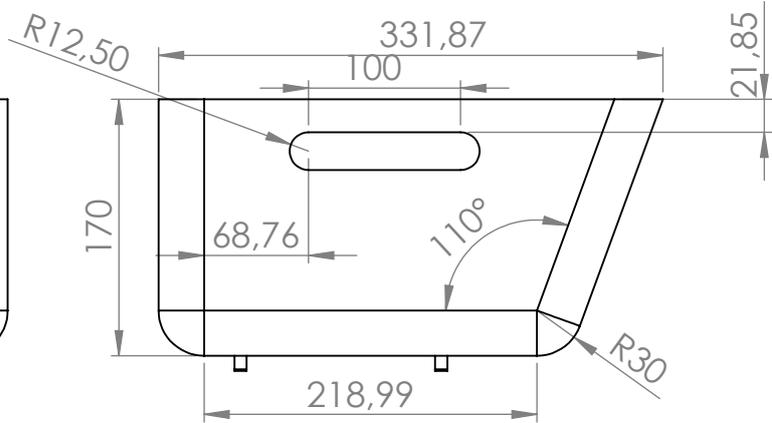
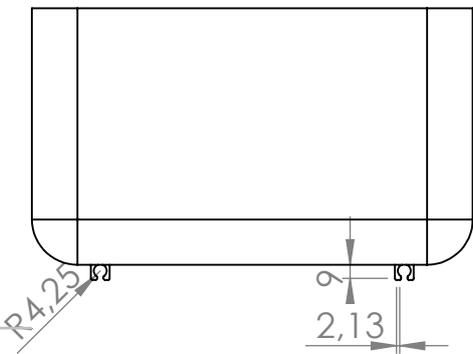
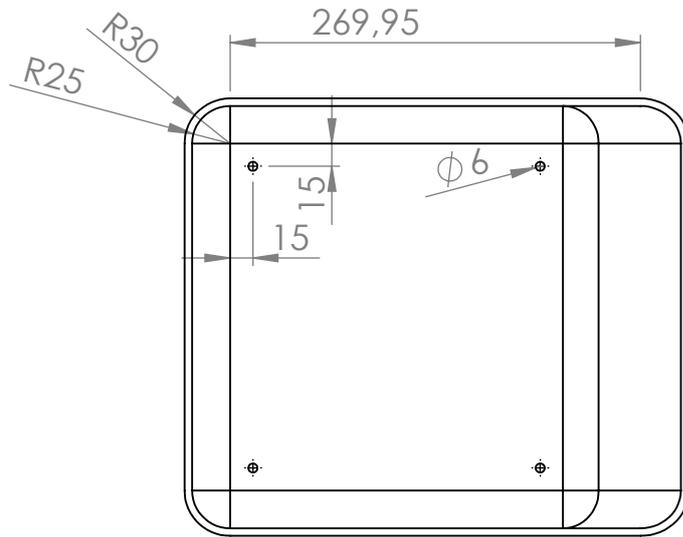
3

2

1



Scale:
1:10



Desenhado por:
Daniel Cabral

Data:
05/11/2017

Designação:

Caixa de Carga

Referência:

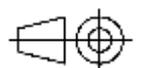
Def 006

Pag.
1 / 1

Folha:
A4

Escala:

1:5



Material:

PP

Massa:

1.16 kg

Area:

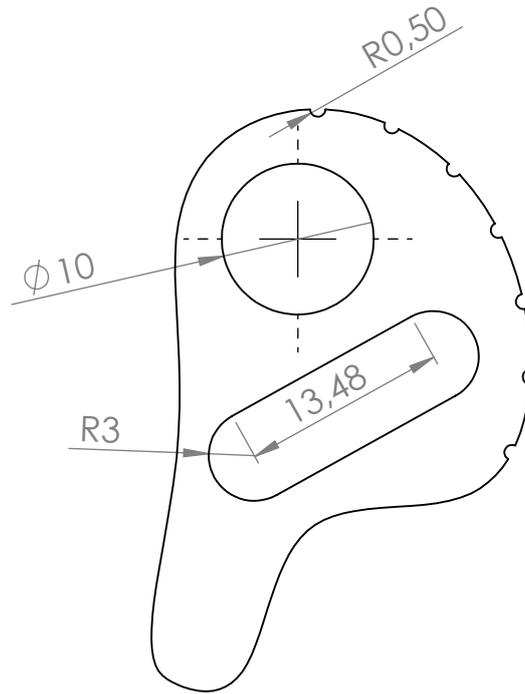
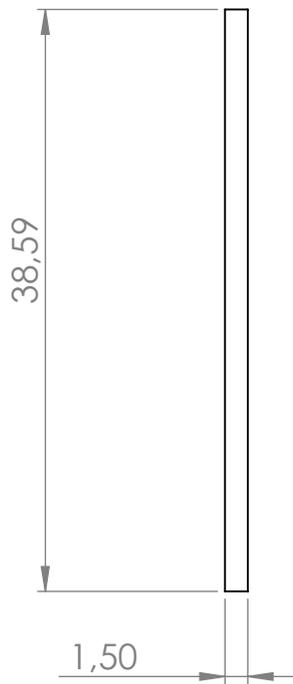
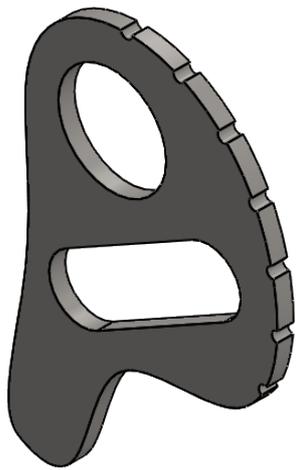
Toleranciamento:

ISO 8015
ISO 2768-mK



**universidade
de aveiro**

Dissertação de Mestrado 2017



Desenhado por:
Daniel Cabral

Data:
05/11/2017

Designação:

Esticador de Correia

Referência:

Def 007

Pag.

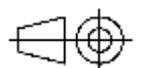
1 / 1

Folha:

A4

Escala:

2:1



Material:

AISI 304

Massa:

0.01 kg

Area:

Toleranciamento:

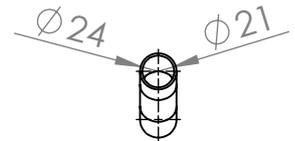
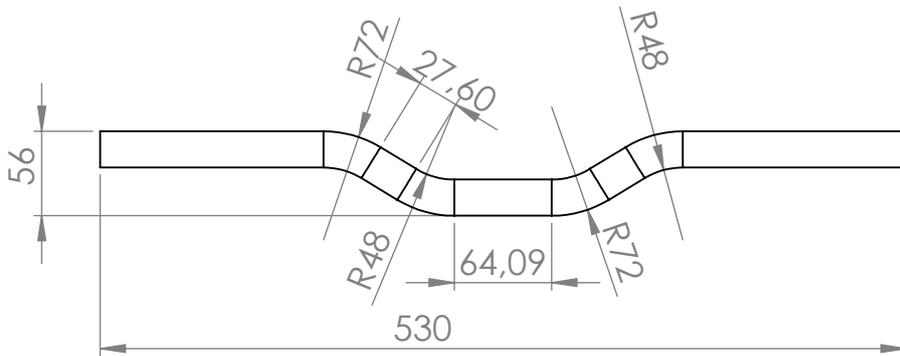
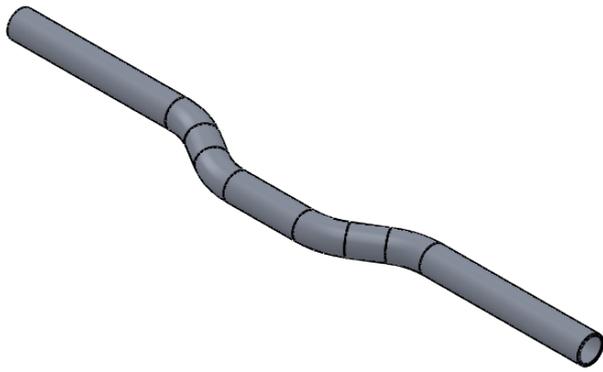
ISO 8015

ISO 2768-mK



**universidade
de aveiro**

Dissertação de Mestrado 2017



Desenhado por:
Daniel Cabral

Data:
05/11/2017

Designação:

Guiador

Referência:

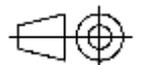
Def 008

Pag.
1 / 1

Folha:
A4

Escala:

1:5



Material:

6061 Alloy

Massa:

0.16 kg

Area:

Toleranciamento:

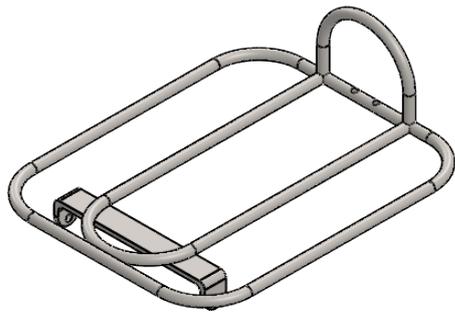
ISO 8015

ISO 2768-mK

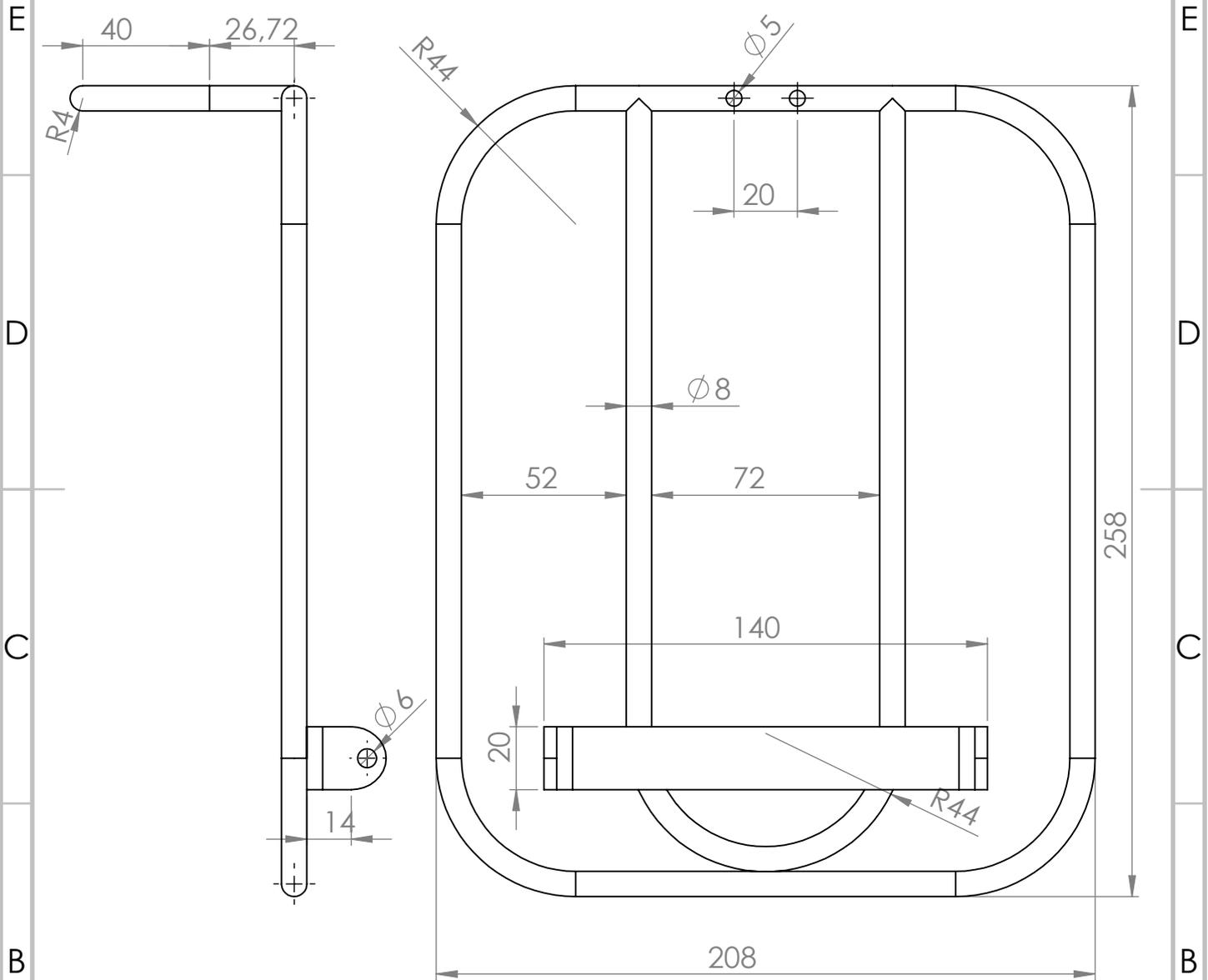


universidade
de aveiro

Dissertação de Mestrado 2017



Scale
1:5



Desenhado por:
Daniel Cabral

Data:
05/11/2017

Designação:

Grelha de Carga

Referência:

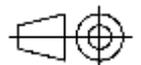
Def 009

Pag.
1 / 1

Folha:
A4

Escala:

1:2



Toleranciamento:

ISO 8015
ISO 2768-mK

Material:

1.0045 (S355JR)

Massa:

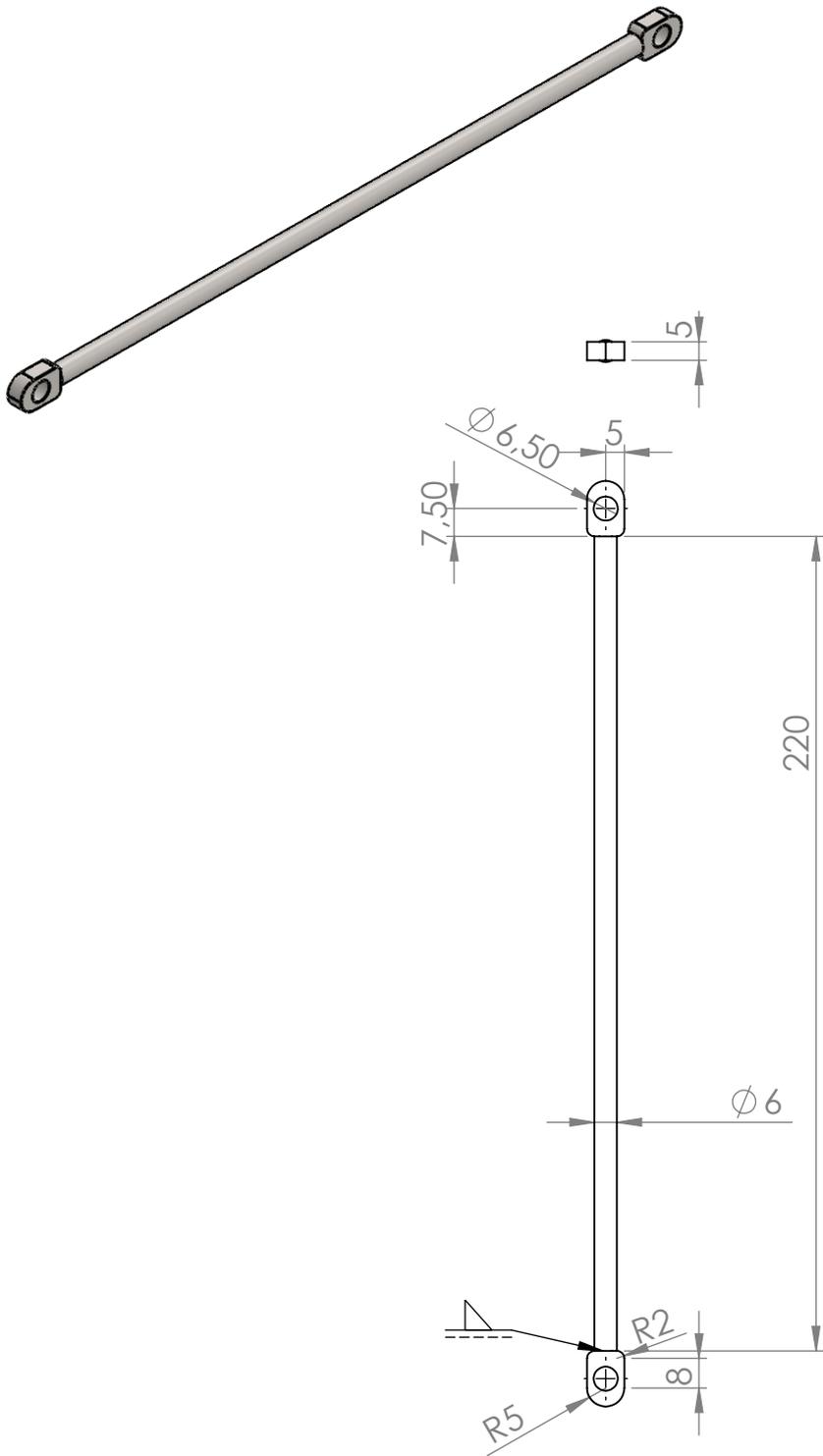
0.70 kg

Area:



**universidade
de aveiro**

Dissertação de Mestrado 2017



Desenhado por:
Daniel Cabral

Data:
05/11/2017

Designação:

Vareta de Suporte

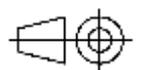
Referência:

Def 010

Pag.
1 / 1

Folha:
A4

Escala:
1:2



Material:

1.0045 (S355JR)

Massa:

56.66 kg

Area:

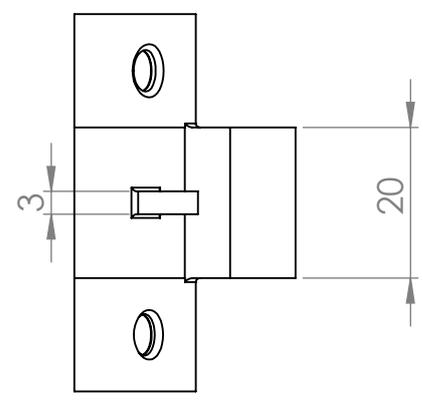
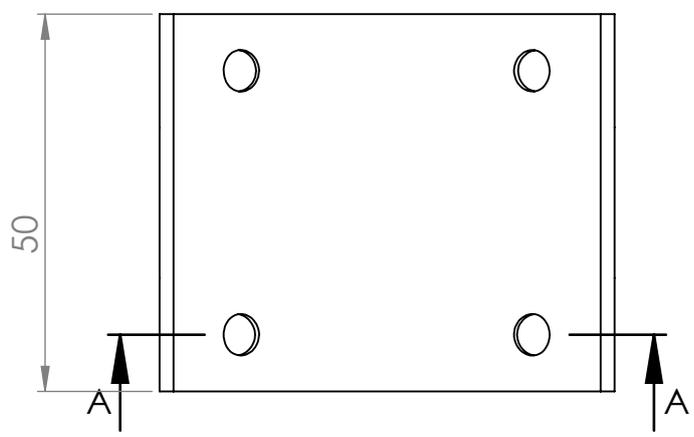
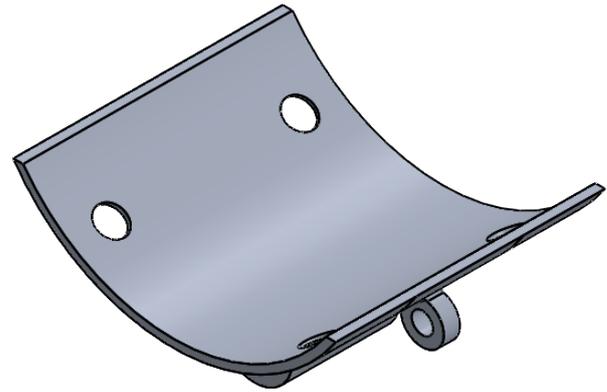
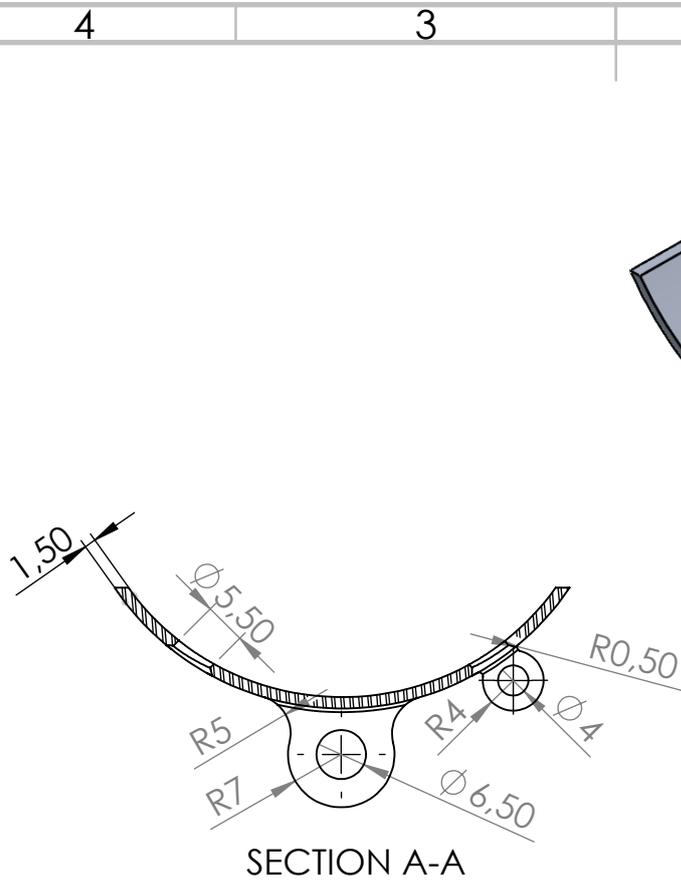
Toleranciamento:

ISO 8015
ISO 2768-mK



**universidade
de aveiro**

Dissertação de Mestrado 2017



Desenhado por:
Daniel Cabral

Data:
05/11/2017

Designação:
Fixador do Descanso ao Quadro



Referência:
Def 011

Material: 6061 Alloy Massa: 0.02 kg Area:

Dissertação de Mestrado 2017

Pag. 1 / 1 Folha: A4

Escala: 1:1

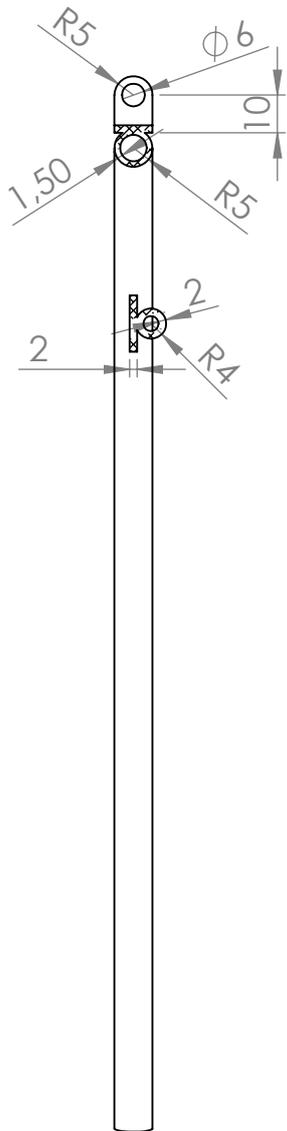
Toleranciamento:
ISO 8015
ISO 2768-mK

F
E
D
C
B
A

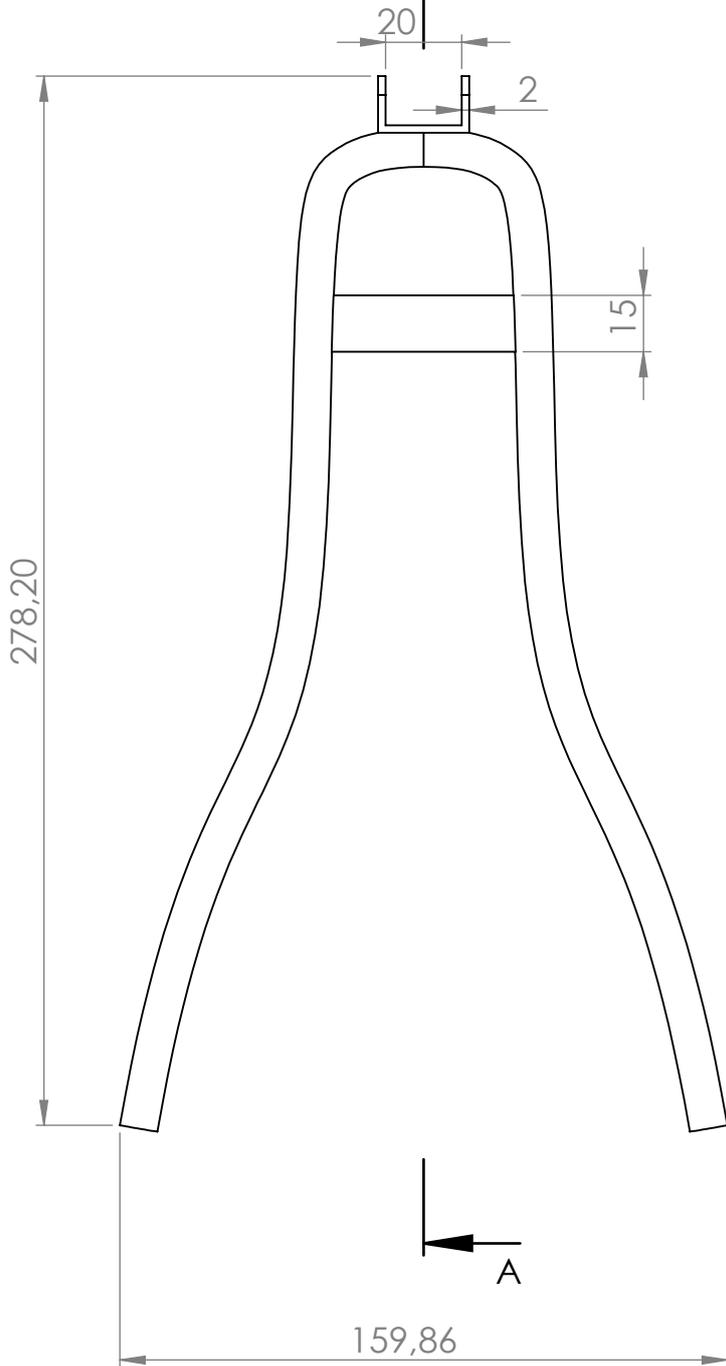
F
E
D
C
B
A

4 3 2 1

4 3 2 1



SECTION A-A



Desenhado por:
Daniel Cabral

Data:
05/11/2017

Designação:
Patas do Descanso



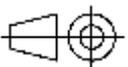
**universidade
de aveiro**

Referência:
Def 012

Material: 6061 Alloy Massa: 0.07 kg Area:

Dissertação de Mestrado 2017

Pag. 1 / 1 Folha: A4

Escala: 1:2 

Toleranciamento:
ISO 8015
ISO 2768-mK

4 3 2 1

F
E
D
C
B

F
E
D
C
B

4 3 2 1