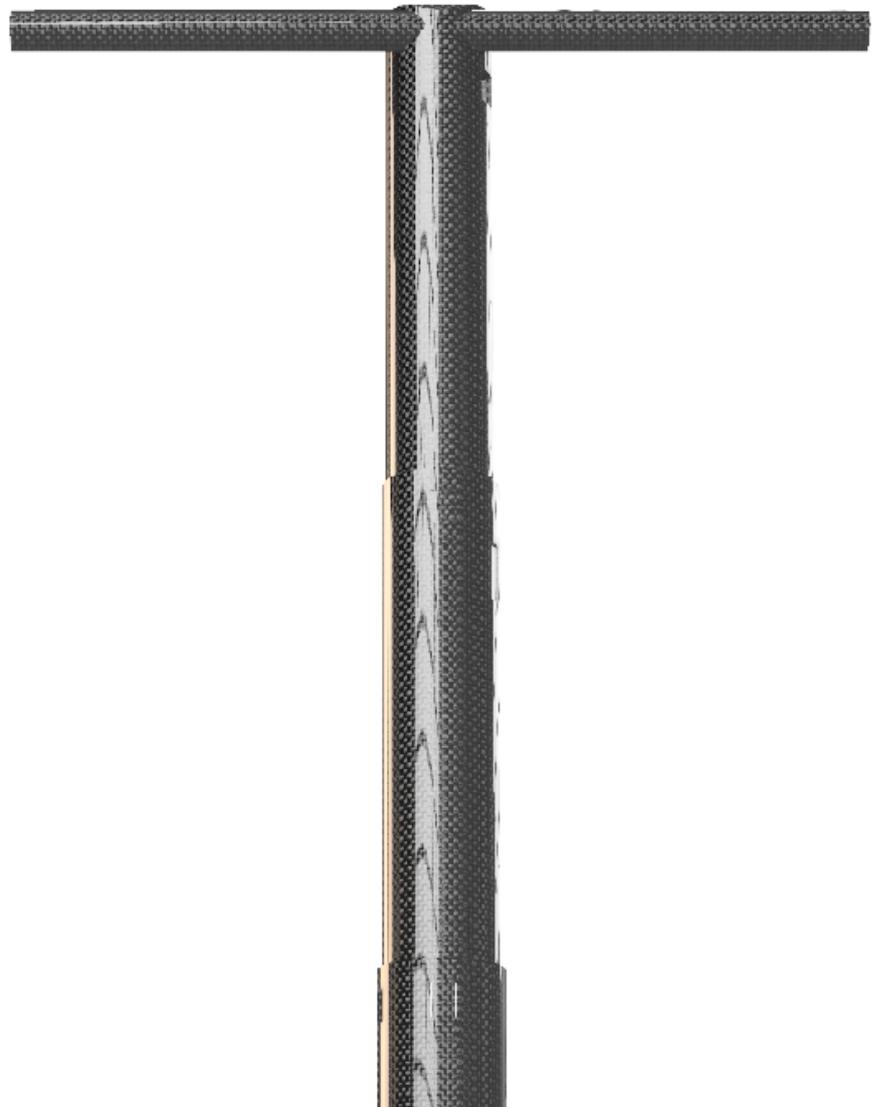




Gabriel Geraldo Aires

Desenvolvimento de novos produtos que
promovam a mobilidade e a acessibilidade





Gabriel Geraldo Aires

**Desenvolvimento de novos produtos que
promovam a mobilidade e a acessibilidade**

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.

Com o apoio dos projetos:
UID/EMS/00481/2013-FCT
CENTRO-01-0145-FEDER-022083

O júri / The jury

Presidente / President

Prof. Doutor João Alexandre Dias de Oliveira

Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro

Vogais / Committee

Prof. Doutor Joaquim Miguel Gonçalves Macedo

Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro (arguente principal)

Prof. Doutor Carlos Alberto Moura Relvas

Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro (orientador)

Agradecimentos / Acknowledgements

O finalizar desta etapa tem um enorme significado sobretudo ao nível pessoal e, por esse motivo, quero deixar um sincero “MUITO OBRIGADO” a todas as pessoas que acompanharam, de alguma forma, esta etapa da minha vida, nomeando algumas daquelas que tiveram um papel mais ativo neste processo:

- a Mãe, o Pai, o Irmão, os Avós e os Tios, pelo apoio incondicional durante todo o percurso académico;
- os amigos, principalmente os que ajudaram a combater as últimas longas semanas e estiveram presentes na área motivacional da minha mente durante as várias etapas do meu percurso académico;
- o orientador, Carlos Alberto Moura Relvas por todo o acompanhamento que deu no desenvolver do projeto e por proporcionar e potenciar a geração de ideias e conceitos alternativos;
- o co-orientador, António Manuel de Amaral Monteiro Ramos pelo interesse que mostrou no conceito desenvolvido e pelas falhas quase invisíveis que detetou;
- a Karina e o João (e a sua BEE) que foram incansáveis na fase final de prototipagem do projeto;
- a Tânia Ribeiro pela disponibilidade e preocupação, em especial no fabrico de partes do protótipo, no American Corner MediaLab;
- toda a equipa da Mediateca, em especial a Daisy Vieira Tavares, o João Paulo Tomás Santos Gamelas Costa e a Maria Edite de Melo Noronha Vicente pelo acolhimento próximo e caloroso que senti com um risonho “bom dia” diário.

(reservei esta área para fazer um agradecimento pessoal e num discurso informal, abdicando deliberadamente dos títulos académicos das pessoas mencionadas)

Palavras-chave

Desenvolvimento de Produto; Mobilidade; Sustentabilidade; Inovação; *Fusion 360*; Engenharia

Resumo

O presente trabalho, dissertação de mestrado, aborda o processo de desenvolvimento de um novo produto - o *Airth* -, que é uma trotineta de elevado nível de portabilidade com massa e volumetria reduzida. Primeiramente é feita a revisão bibliográfica, abordando a situação atual da mobilidade urbana e do turismo, seguida de um estudo de mercado onde é feita a segmentação e o *benchmarking*. O processo de desenvolvimento de produto é composto pelas etapas de concepção onde são avaliadas as preferências do potencial cliente e desenvolvida a estratégia das especificações técnicas do produto, o projeto de concretização onde é criado o primeiro protótipo e feito o dimensionamento dos componentes estruturais, o projeto de detalhe onde são expostas as soluções construtivas desenvolvidas e apresentados alguns dos desenhos finais das mesmas, terminando com uma visão de produto final onde é criada uma marca e se utilizam ferramentas de apresentação e comunicação do produto.

Keywords

Product Development; Mobility; Sustainability; Innovation; Fusion 360; Engineering

Abstract

This master thesis project is the development process of a new product - the *Airth* -, which is an extremely portable and lightweight kick scooter, whose dimensions are minimalist. Firstable, in the state of the art, concepts like urban mobility and sustainable tourism are explained and then a market research is made, where the target is defined and the benchmarking analysis is made. The product development process has all the different steps: concept design starts with the customer necessities which is an input to the product specifications; product design is the step where the first prototype is developed and the structure is designed and calculated; detail project is the step when all the innovative parts show up and also some of their technical drawings; the last step is about the final product where the branding is developed and then the product is showed up in different ways (rendering and through a prototype).

Conteúdo

I	Enquadramento	1
1	Introdução	3
1.1	Contextualização	3
1.2	Objetivos	4
1.3	Contributo	5
1.4	Organização do documento	5
2	Revisão do Estado da Tecnologia	7
2.1	Mobilidade	7
2.1.1	Mobilidade individual	7
2.1.2	O turismo e a atividade física	8
2.2	Processo de Desenvolvimento de novos Produtos	9
2.2.1	Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável	9
2.2.2	Fabrico sustentável	11
2.2.3	Indicadores de sustentabilidade: mobilidade urbana e desenvolvimento de produto	12
2.3	Estudo de mercado	13
2.3.1	Definição do mercado	15
2.3.1.1	Identificação da necessidade / Definição do produto	15
2.3.1.2	Segmentação	16
2.3.2	Oportunidade de negócio	17
2.4	<i>Benchmarking</i>	17
2.4.1	Análise geral comparativa das soluções existentes (primeira etapa)	17
2.4.2	Análise concorrencial das soluções existentes (segunda etapa)	19
II	Desenvolvimento do Produto	25
3	Desenvolvimento Concetual	27
3.1	<i>Design brief</i>	27
3.2	<i>Quality Function Deploiment</i> - QFD	28
3.2.1	Requisitos dos clientes	28
3.2.1.1	Qualidade	28
3.2.1.1.1	Qualidade nas organizações	28
3.2.1.1.2	Qualidade do produto	29
3.2.1.2	Modelo de Kano	30
3.2.1.2.1	<i>Voice Of the Client</i> - VOC	30

3.2.1.3	Das necessidades dos clientes às especificações do produto: <i>Critical to Quality (Tree)</i>	31
3.2.2	Especificações do produto	32
3.2.2.1	Matriz da qualidade	32
3.3	Arquitetura do produto	35
3.3.1	Análise funcional e de sistemas	35
3.3.2	Análise morfológica	35
3.4	Geração de Conceitos	36
3.4.1	Esboços iniciais	36
3.4.2	<i>Mind Mapping</i>	36
3.4.3	<i>Quick Design</i>	37
3.4.3.1	Airth 1.0	37
3.4.3.2	Airth 2.0	39
3.4.3.3	Airth 3.0	40
3.5	Seleção do Conceito	41
3.6	Viabilização do Conceito	41
3.6.1	Análise de Modos e Efeitos de Falhas (FMEA) - Conceito	42
4	Projeto de Concretização	45
4.1	Determinação e definição de requisitos	45
4.1.1	Estudo antropométrico	45
4.1.1.1	Requisitos dimensionais	46
4.1.1.1.1	Tábua	46
4.1.1.1.2	Rodas	47
4.1.1.1.3	Sistema direcional	47
4.1.2	Disposição e organização dos componentes	48
4.1.3	Seleção de Materiais	48
4.1.4	Requisitos Gerais	49
4.2	Protótipo funcional	49
4.2.1	Estudo ergonómico	51
4.2.1.1	Ergonomia Antropométrica	51
4.2.1.2	Análise do esforço humano no acionamento dos mecanismos de fixação	51
4.2.1.3	Ergonomia Cognitiva	53
4.2.2	Validação Estrutural	54
4.2.2.1	Tábua e respetivos elementos de ligação	54
4.2.2.2	Guiador e coluna de direção: carregamento na direção vertical	55
4.2.2.3	Guiador e coluna de direção: carregamento na direção horizontal	56
5	Projeto de Detalhe	59
5.1	Soluções construtivas	59
5.1.1	Mecanismo de abertura/fecho da tábua	59
5.1.2	Guiamento e posicionamento dos elementos da coluna de direção	60
5.1.3	Otimização topológica do componente fixo da coluna de direção	61
5.1.4	Transporte do <i>Airth</i>	62

5.2	<i>Design for Manufacturing</i> - DFM	62
5.2.1	Desenhos de Definição	63
6	Produto Final	65
6.1	Desempenho do <i>Airth</i>	65
6.2	Comunicação e imagem do <i>Airth</i>	65
6.2.1	<i>Branding</i>	66
6.2.1.1	A marca: nomenclatura	66
6.2.1.2	A marca: logótipo	67
6.2.2	Foto Realismo (<i>rendering</i>)	67
6.2.3	Prototipagem	68
6.2.3.1	Processo de prototipagem	68
6.2.4	O serviço associado ao produto	71
III	Conclusões	75
7	Conclusões	77
7.1	Problemas encontrados	77
7.2	Reflexão sobre o resultado	78
7.3	Propostas de futuros trabalhos no <i>Airth</i>	78
7.3.1	Mecanismo de rebatimento das rodas	78
7.3.2	Eixos de aperto rápido nas rodas	79
7.3.3	Refinamento na seleção dos materiais dos componentes	80
A	Desenhos de conjunto e lista de peças do <i>Airth</i>	83
B	Desenhos bidimensionais de componentes do <i>Airth</i>	89

Lista de Figuras

2.1	Processo de Desenvolvimento de novos Produtos (adaptado de [9])	10
2.2	Indicadores de sustentabilidade do produto (adaptado de [10])	13
2.3	Indicadores de sustentabilidade do projeto de novos produtos (adaptado de [10])	14
2.4	Plano de negócios - o que é feito? (adaptado de [17])	15
2.5	Primeira etapa de <i>benchmarking</i> : alternativas em análise (fonte: imagens recolhidas do catálogo da <i>Decathlon</i> [21])	18
2.6	Primeira etapa de <i>benchmarking</i> : resumo da análise de conceitos	18
2.7	MONOROVER R4+ - principais características [22]	20
2.8	BOOSTED Board - principais características [24]	21
2.9	ZAR TM E-Scooter - principais características [25]	22
2.10	INFINITY ELECTRIC SCOOTER - principais características [26]	22
2.11	BOLT MOTION - principais características [27]	23
2.12	Linky - principais características [28]	24
3.1	<i>Quality Function Deployment</i> - As quatro etapas de desdobramento (fonte: [8])	27
3.2	<i>Quality Function Deployment</i> - Priorização dos requisitos dos clientes: gráfico de Pareto	32
3.3	<i>Quality Function Deployment</i> - Árvore da qualidade: especificações de produto	33
3.4	<i>Quality Function Deployment</i> - Matriz da Qualidade	34
3.5	Arquitetura de produto - Diagrama funcional	35
3.6	Arquitetura de produto - Diagrama de sistemas (trotineta)	36
3.7	Arquitetura de produto - Análise morfológica	37
3.8	Geração de conceitos - Esboços iniciais	38
3.9	Geração de conceitos - <i>Mind Map</i>	38
3.10	Geração de conceitos - Airth 1.0 (<i>quick design</i>)	39
3.11	Geração de conceitos - Airth 2.0 (<i>quick design</i>)	39
3.12	Geração de conceitos - Airth 3.0 (<i>quick design</i>)	40
3.13	Seleção do Conceito - <i>Concept Screening</i>	41
3.14	Seleção do Conceito - Protótipo funcional do conceito <i>Airth 3.0</i>	42
3.15	Viabilização do Conceito - Análise de Modos e Efeitos de Falhas	43
4.1	Proporção do corpo humano em altura relativamente à altura da cabeça [32]	46
4.2	Influência do diâmetro das rodas na velocidade, aceleração, conforto e manobrabilidade	47

4.3	<i>Airth</i> 1.0 - protótipo funcional (virtual)	50
4.4	<i>Airth</i> 1.0 - protótipo funcional virtual em processo de abertura	50
4.5	<i>Airth</i> 1.0 - análise ergonómica: enquadramento dimensional	52
4.6	<i>Airth</i> 1.0 - análise ergonómica: movimento de impulsão	52
4.7	<i>Airth</i> 1.0 - análise ergonómica: avaliação da força aplicada pelo dedo no acionamento do fixador do guiador	53
4.8	<i>Airth</i> 1.0 - análise ergonómica: a) mecanismo de fixação do pescoço na posição de trabalho; b) mecanismo de montagem e desmontagem do guiador	54
4.9	<i>Airth</i> 1.0 - análise estrutural: deslocamento máximo (à esquerda) e tensão de <i>Von Mises</i> (à direita)	55
4.10	<i>Airth</i> 1.0 - análise estrutural: tensão de contacto (à esquerda) e fator de segurança (à direita)	56
4.11	<i>Airth</i> 1.0 - análise estrutural: guiador	56
4.12	<i>Airth</i> 1.0 - análise estrutural - coluna de direção	57
5.1	Fecho da tábua: desencaixe da tampa traseira da tábua (à esquerda) e movimento de recolha da tábua (à direita)	60
5.2	Sistema de rotação da tábua com as cavilhas de posição assinaladas a vermelho	60
5.3	Perfil das peças da coluna de direção (guiamento)	61
5.4	Encaixes rápidos de posicionamento das peças da coluna de direção	61
5.5	Soluções construtivas - otimização topológica do componente fixo da coluna de direção: peça com a geometria original (à esquerda) estudo de otimização topológica (à direita)	62
6.1	Indicadores de desempenho do <i>Airth</i>	66
6.2	Símbolos dos elementos AR (à esquerda) e TERRA (à direita) utilizados na alquimia clássica	67
6.3	Logótipo da <i>Airth in Motion</i>	68
6.4	O <i>Airth</i> dobrado em ambiente neutro	69
6.5	O <i>Airth</i> aberto em ambiente neutro	70
6.6	O <i>Airth</i> aberto em ambiente real	70
6.7	Equipamentos utilizados na execução do protótipo: <i>BEETHEFIRST</i> à esquerda, <i>HELLOBEEPRUSA</i> ao centro e <i>Ultimaker 3</i> à direita	71
6.8	Peças obtidas através de impressão tridimensional	72
6.9	Protótipo físico (impressão 3D) do <i>Airth</i> dobrado	72
6.10	Protótipo físico (impressão 3D) do <i>Airth</i>	73
7.1	<i>Headphones</i> dobráveis da <i>Sony</i>	79
7.2	Soluções construtivas - Imagem exemplo de um sistema de aperto rápido utilizado em rodas de bicicletas	79

Lista de Tabelas

3.1	<i>Quality Function Deployment</i> - Inquérito: questões funcionais e disfuncionais sobre necessidades de cliente.	31
4.1	Dureza das rodas em função do tipo de utilização	49

Parte I

Enquadramento

Capítulo 1

Introdução

1.1 Contextualização

O conceito de mobilidade é uma problemática abordada diariamente pelas mais diversas entidades. A mobilidade condiciona diretamente a qualidade de vida do ser humano, pois interfere no seu dia-a-dia (por exemplo, nas deslocações de casa para o trabalho) e em toda a atividade económica (indústria e serviços).

As soluções de mobilidade têm um impacto importante no turismo, nomeadamente no turismo na Europa. De acordo com a *European Travel Commission*, apesar de alguns acontecimentos recentes que desfavorecem o turismo europeu (como ataques terroristas em países como, por exemplo, Espanha, Inglaterra, França e Turquia), este tem sofrido um crescimento notório e é hoje um destino desejado pelos mais diversos povos [1]. De uma forma quantitativa, pode dizer-se que os casos mais notórios de crescimento no ano de 2016, tendo como critério o aumento do número de turistas que deram entrada no país relativo ao ano anterior, são a Islândia (54%), Portugal (25%) e Malta (23%) [1].

Sendo algo positivo, contudo, é de notar que a indústria do turismo é responsável por 5% das emissões de CO_2 (a nível mundial), sendo o setor dos transportes o que gera a maior parcela, o que faz emergir conceitos como o turismo sustentável e, naturalmente, soluções que permitam reduzir esse impacto ambiental [1].

Grande parte das soluções de mobilidade atuais têm impactos diretos negativos no meio ambiente. Têm surgido no mercado muitas alternativas desenvolvidas com uma filosofia de sustentabilidade, quer do ponto de vista energético (consumo/eficiência) mas, também, nos materiais e processos que são empregues no seu fabrico. O papel da engenharia é tornar viável este desenvolvimento do ponto de vista tecnológico, não desfocando daquilo que o cliente/consumidor mais valoriza.

No que diz respeito à mobilidade urbana, existem hoje alternativas inúmeras e, mais concretamente, dentro da mobilidade individual, pretende-se enunciar algumas das opções: dentro da categoria dos meios de transporte motorizados, podem-se incluir o automóvel (abrangendo todo o tipo de automóveis), o motociclo/ciclomotor, a bicicleta com motor auxiliar, *segway*, *smart balance/overboard*; já no caso dos não motorizados têm-se a bicicleta, a trotineta/patineta, triciclo, *skate board* (e as demais variantes como *long board*, *penny board*, *short board*), patins ou veículos de tração animal.

Contudo, a tendência hoje é no sentido de criar cada vez mais soluções, mais personalizadas de acordo com a sua utilização e mais sustentáveis, surgindo daí a principal motivação deste trabalho.

1.2 Objetivos

Neste capítulo pretendem-se expor os objetivos propostos para o produto a desenvolver. Segundo o autor de *Principles and techniques for designing precision machines*, esta é a primeira etapa num projeto de um equipamento (que, facilmente, pode ser extrapolado para o caso genérico de um produto desta natureza), e faz parte de uma estratégia que serve para compreender o problema em mãos [2]:

“- Enumerar os objetivos e/ou requisitos e os constrangimentos e perceber quais as consequências da falha de cada um deles, afim de compreender quais são os mais importantes;

- Tomar conhecimento, do ponto de vista técnico, daquilo que são os temas envolventes e necessários ao projeto;

- Procurar as soluções já existentes, caso existam e, procurar nelas os seus pontos fortes e fracos, tentando perceber como melhorar os fracos e quais os impactos dos fortes (*benchmarking*);

- Prever problemas ao nível do fabrico do equipamento (aplicável para produtos a serem industrializados);

- Enumerar os desafios do projeto aos quais se pretende dar resposta, passando pelos de nível técnico, económico, ambiental, entre outros.” [2].

É, portanto, essencial definirem-se as metas que se pretendem alcançar mesmo antes de iniciar o projeto propriamente dito, afim de o poder orientar.

Sucintamente, o objetivo geral ao qual se pretende dar resposta com o presente trabalho é o desenvolvimento de um produto que facilite a mobilidade urbana, aumentando a qualidade de vida do Homem:

- O equipamento visa a promover a mobilidade urbana e em particular de viajantes, devendo apresentar extrema leveza e compacidade;

- O equipamento deve estar preparado (foco no aspeto legal) para ser transportado dentro de meios de transporte públicos, incluindo aéreos;

- O produto e o seu desenvolvimento e fabrico devem ser sustentáveis (pressupondo um estudo que indique boas práticas);

Do ponto de vista dos objetivos ou competências que o autor pretende desenvolver, destacam-se:

- Desenvolvimento de competências na área do *marketing*, nomeadamente a compreensão de conceitos como análise de mercado, segmentação, *benchmarking*, bem como a sua aplicação prática ao nível exigido pelo presente projeto;

- Domínio do processo de *Quality Function Deployment* no âmbito do desenvolvimento de novos produtos, utilizando as ferramentas inseridas no modelo como, a título de exemplo, a Casa da Qualidade;

- Estímulo das competências de desenho criativo no âmbito da geração de conceitos;

- Domínio do *software Fusion 360*, da *Autodesk* nas suas ferramentas de modelação, montagem, simulação estrutural, otimização topológica, renderização e elaboração de desenhos bidimensionais;

- Realização de projeto ergonómico com recurso a *software* para esse efeito;

- Elaboração de elementos de comunicação visual do produto e para inserir no presente documento, com recurso a *software* de desenho vectorial, nomeadamente o *Microsoft Publisher do Office 365* e o *Adobe Illustrator CC 2018*;

- Domínio do processo de impressão tridimensional, o que envolve a utilização dos softwares *BEESOFT 4.0* e *Ultimaker Cura 3.4.0* bem como o teste de vários parâmetros de máquina durante o processo de prototipagem.

1.3 Contributo

O principal contributo do presente trabalho é o produto desenvolvido - o *Airth*. Trata-se de uma trotineta de elevada compacidade e massa reduzida, o que se traduz num índice de portabilidade alto. O trabalho é desenvolvido com sustentação científica e de engenharia, acrescentando ainda algumas propostas construtivas inovadoras.

Do ponto de vista da utilização de recursos, o presente projeto desenvolveu-se, em grande parte, a partir do *Fusion 360* da *Autodesk* e, sendo este um *software* recente no mercado, foi explorado nas suas ferramentas e foram detetados alguns problemas que foram reportados diretamente à entidade que o detém, promovendo, desta forma, a sustentação da plataforma do desenvolvimento do mesmo.

1.4 Organização do documento

O presente documento encontra-se dividido em três partes: Enquadramento, Desenvolvimento do Produto e Conclusões.

A parte I é constituída por dois capítulos: a Introdução (1), onde consta a contextualização do tema, são apresentados os objetivos propostos, qual o contributo do trabalho e a sua organização; a Revisão do Estado da Tecnologia (2), onde é feito o estudo, do ponto de vista científico, da problemática da mobilidade, é desenvolvido o tema “desenvolvimento de novos produtos”, é feito um ligeiro estudo de mercado e uma análise concorrencial.

Na parte II, encontram-se quatro capítulos: o Desenvolvimento Concetual (3), onde são desenvolvidos os tópicos que levam à seleção e viabilização do conceito do novo produto, desde a aplicação do *Quality Function Deployment* onde são avaliados os requisitos dos clientes, à Arquitetura do produto, Geração de Conceitos, entre outras ferramentas; O Projeto de Concretização (4), onde é feita a determinação dos requisitos técnicos do produto e é feito o desenvolvimento e validação estrutural do protótipo de aspeto; O Projeto de Detalhe (5), onde são abordadas as soluções construtivas desenvolvidas e/ou desenvolvidas e apresentada a documentação que diz respeito às peças envolvidas; o Produto Final (6) onde é feita a comunicação do mesmo sob a forma de protótipo (virtual e físico) e são apresentados os indicadores de desempenho do produto desenvolvido.

Na parte III, são expostos os problemas encontrados, é feita uma pequena reflexão sobre os resultados obtidos e são propostos alguns trabalhos futuros.

Capítulo 2

Revisão do Estado da Tecnologia

Neste capítulo pretendem-se abordar e definir alguns conceitos, bem como apresentar situações que se consideram relevantes para o desenvolvimento do projeto.

Primeiramente são abordados conceitos relativos à mobilidade (nomeadamente em meios urbanos), sustentabilidade, turismo sustentável, entre outros, no âmbito do processo de desenvolvimento de novos produtos. Seguidamente é feito um estudo de mercado, cujo principal objetivo é a segmentação e o *benchmarking*, através do qual se apresentam indicadores de desempenho de produtos existentes no mercado.

2.1 Mobilidade

O conceito de mobilidade evolui todos os dias. A mobilidade surge hoje então como “(...) o novo campo de pesquisa transdisciplinar que engloba pesquisa na área de mobilidade geográfica de seres humanos, não humanos e objetos; a circulação de informação, imagens e capital; e também o estudo dos meios físicos envolvidos como infraestruturas, veículos e *software* que permitem que as viagens e as comunicações sejam possíveis [3].”

2.1.1 Mobilidade individual

Conforme já referido, a mobilidade individual representa hoje um problema a nível mundial que tem implicações como as emissões de gases e partículas, o aumento substancial das áreas urbanas por consequência do espaço ocupado pelos automóveis e respetivos parques de estacionamento e a própria poluição audio-visual. Isto deve-se, essencialmente, à utilização do automóvel dado que se estima que 60% da população mundial viva em cidades e grande parte recorra ao veículo automóvel no dia-a-dia. O automóvel convencional tem, em média, um volume vinte vezes superior ao condutor (que anda, tipicamente, sozinho) e sabe-se que este se encontra parado cerca de 80% do seu tempo e ainda que 40% do combustível que gasta é desperdiçado na procura de estacionamento [4].

Para além desta visão geral, pretende-se dar a conhecer a problemática aplicada ao turismo, mais propriamente ao turismo europeu praticado por pessoas sozinhas - este é um caso específico de turista que, tipicamente, é jovem e dispõe de poucos recursos financeiros, com a agravante de não dividir despesas de transporte com ninguém. É notória a necessidade que estas pessoas sentem, quando viajam, de ter o seu próprio meio de transporte. Contudo, nem sempre é viável a utilização do automóvel próprio até

ao local de destino (ou o seu despacho para o local) e o aluguer de um veículo é uma alternativa cara. Restam outras opções que podem passar pela utilização de veículos turísticos como o *tuk tuk*, o autocarro turístico entre outros que são também, de um modo geral, alternativas caras ou o recurso aos transportes públicos locais, o que implica a aquisição de bilhetes e o estudo dos percursos. Ora, existem ainda outras soluções, disponíveis em algumas cidades, que se revelam mais ecológicas: como exemplo, na cidade de Aveiro, pode recorrer-se à utilização da Bicicleta de Utilização Gratuita de Aveiro (BUGA) [5] para deslocações dentro da cidade mas, contudo, esta oferta não está disponível em todas as cidades europeias.

Todas estas alternativas, sendo de utilização pública, estão limitadas relativamente ao tempo pelo qual podem ser utilizadas, aos percursos (que dependem da oferta existente) e à própria área que cobrem, sendo que, no caso dos transportes públicos há a necessidade de ir até ao(s) ponto(s) de partida do(s) mesmo(s) sendo esta, segundo Ryan Chin [4], a maior barreira entre estes e os seus utilizadores - “*the first and the last mile problem*” - no contexto de utilização normal (deslocações para o trabalho ou escola).

2.1.2 O turismo e a atividade física

O conceito de turismo sofre constantes alterações devido à necessidade da criação de novos modos, atividades e experiências inovadoras e mais atrativas. Citada pela Sociedade do Turismo, a Organização Mundial do Turismo (OMT) refere que “Turismo é definido como as atividades das pessoas identificadas como visitantes. Um visitante é alguém que se encontra a visitar um destino, fora do seu ambiente habitual, por menos de um ano motivado por qualquer situação, incluindo férias, lazer, atividade recreativa, negócios, saúde, educação, entre outros.” [6]. É notório então que, o turismo é abrangente e um turista é algo mais do que um simples viajante.

O conceito de desporto tem, também ele, vindo a evoluir. Inicialmente, a prática desportiva era considerada uma atividade profissional somente com vista à competição. Hoje em dia, a prática do desporto enraizou-se nas várias sociedades, constituindo uma das principais atividades de lazer. Uma das definições mais consensuais do conceito surge a partir da 7^a Conferência de Ministros Europeus responsáveis pelo Desporto, dizendo que “(...) desporto engloba todas as formas de atividades físicas que, através de uma participação organizada ou não, têm por objetivo a expressão ou o melhoramento da condição física e psíquica, o desenvolvimento das relações sociais ou a obtenção de resultados nas competições a todos os níveis.” [7].

A prática desportiva tem vindo a aumentar significativamente ao longo dos últimos anos e é fácil constatar que “o desporto está na moda”, motivada pelo aumento da qualidade de vida que proporciona devido aos benefícios ao nível da saúde física e psíquica e à própria estimulação hormonal do corpo humano, do aumento da esperança média de vida, pela promoção que é feita para a diminuição do sedentarismo, entre outros. Isto faz com que as pessoas, nos dias de hoje, estejam dispostas a investir mais tempo e dinheiro na prática desportiva, provocando o crescimento desta indústria e, conseqüentemente, havendo mais modalidades, mais oferta (clubes, ginásios) e mais produtos desde o vestuário/calçado aos produtos alimentares (como os suplementos) desenvolvidos para praticantes.

Assim, surgem alternativas como o turismo desportivo que surge no sentido de fundir estas duas atividades de lazer, com o intuito de criar alternativas que permitam às pessoas

praticar desporto fora da sua área de residência, privilegiando, muitas vezes, o contacto com a natureza. Esta é uma situação particular na qual o turista tem a intenção clara de praticar desporto e escolhe o(s) seu(s) destino(s) em função disso mesmo. Não obstante, existem turistas que, tendo gosto pela atividade física (e pelas boas práticas ambientais), valorizam-na ao ponto de quererem praticá-la, por exemplo, durante as suas férias num qualquer destino mas não pretendem centrar a sua atividade turística no desporto.

Existe então espaço para criar alternativas (do ponto de vista da mobilidade) que promovam o estilo de vida saudável e a prática de exercício físico, que acabam por, também elas, tornar o próprio turismo mais sustentável e apetecível.

2.2 Processo de Desenvolvimento de novos Produtos

O Processo de Desenvolvimento de novos Produtos (PDP) é algo complexo e que, embora existam já algumas ferramentas que prevalecem, não é, de todo, guiado por uma receita. A complexidade do processo é devida, essencialmente, à necessidade de aliar várias áreas do conhecimento e, tipicamente, pessoas que acrescentam valores distintos à organização: o *marketing*, é o “mediador entre a empresa e os clientes”; o *design* é a criatividade e geração dos conceitos; a engenharia de desenvolvimento de produto é responsável por desenvolver o conceito selecionado do ponto de vista estrutural, térmico, geométrico, entre outros aspetos de engenharia; a engenharia de produção é responsável por industrializar e distribuir o produto. Este deve ainda ser ajustado à tipologia do produto, podendo este ser, por exemplo, um produto customizado, de rápido desenvolvimento, *Internet of Things*, entre outros, o que leva a abordagens e necessidades de projeto ligeiramente diferentes no que diz respeito a desenvolvimento de conhecimento técnico, procura de fornecedores para soluções específicas bem como o próprio risco associado ao projeto [8].

Uma das metodologias mais difundidas é a proposta por *Karl Ulrich* e *Steven Eppinger* e encontra-se resumida e de uma forma minimalista no esquema da figura 2.1.

2.2.1 Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável

O progresso que tem vindo a ser alcançado pelo Homem tem provocado enormes impactos e mudanças na Terra. Por um lado, o progresso aumenta a qualidade de vida do ser humano, permitindo-lhe viver mais tempo, mais saudável e com maiores comodidades. Por outro lado, já que este progresso não está difundido homogeneamente, as novas tecnologias e serviços nem sempre são acessíveis a todos, o que provoca disparidades sociais. Grande parte das invenções do passado século XX (muitas ainda hoje perduram), têm impactos negativos no meio ambiente devido aos consumos energético e de materiais que exigem que, por sua vez, provocam o aumento das emissões de poluentes e, genericamente, da poluição [10].

No presente, o Homem inteirou-se de que não deve continuar a destruir o planeta por forma a não condicionar a continuidade da sua existência, assumindo a responsabilidade de alterar a sua forma de pensar. Isto leva a que tudo hoje seja pensado e repensado de forma integrada.

O conceito de sustentabilidade está hoje presente em todo o tipo de desenvolvimento feito pelo Homem. Desenvolvimento sustentável assenta em vários princípios e pode

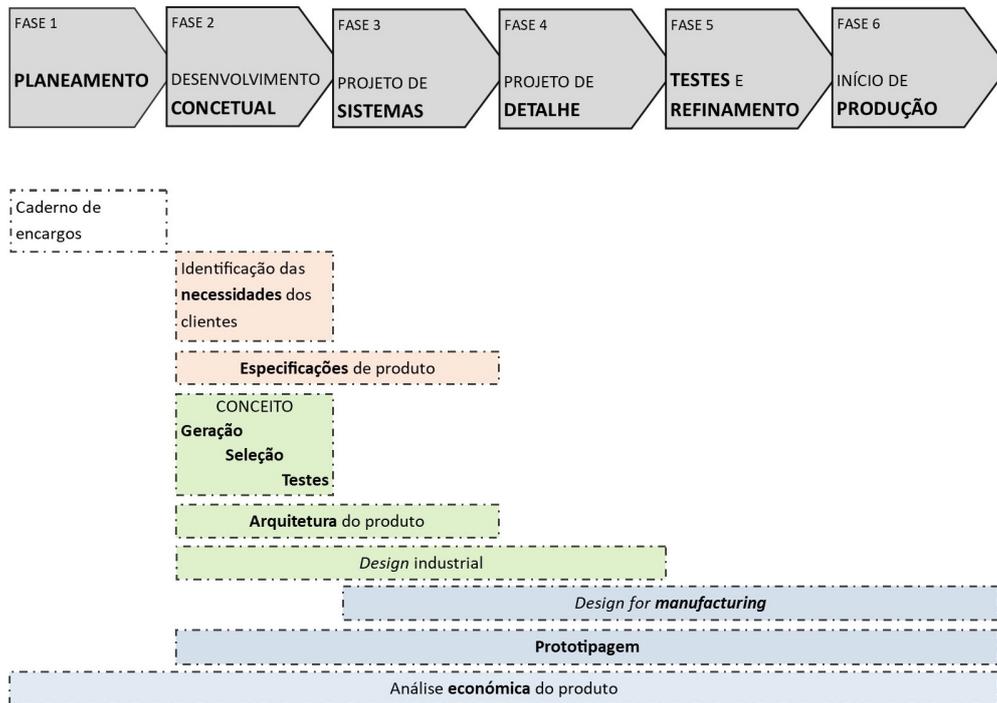


Figura 2.1: Processo de Desenvolvimento de novos Produtos (adaptado de [9])

definir-se como “uma forma de desenvolvimento que vai de encontro às necessidades da geração atual sem comprometer a possibilidade (ou capacidade) das gerações futuras em satisfazer as suas necessidades. [11]”. Segundo a autora, o desenvolvimento sustentável é feito tendo em conta um amplo leque de questões, destacando-se três pilares: a sociedade (qualidade de vida das pessoas), a economia (a sua viabilidade) e o meio ambiente (local e global). No caso concreto da mobilidade urbana sustentável, a *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD), propõe um quarto pilar que é a *performance* do sistema de mobilidade em análise/desenvolvimento [12]. A WBCSD propõe ainda uma definição daquilo que é a mobilidade sustentável como “a habilidade de ir ao encontro das necessidades da sociedade no que diz respeito à liberdade para se deslocarem, às acessibilidades, à comunicação e ao estabelecimento de relações humanas sem sacrificar outros valores humanos ou ecológicos quer no presente mas também no futuro.” [12].

“Turismo que tem em consideração, no presente e no futuro, a sua conjuntura económica, os impactos social e ambiental, e também a necessidade dos visitantes, a indústria, o ambiente e as comunidades locais (onde é praticada a atividade turística)” - é esta a definição de turismo sustentável proposta pela OMT, que defende que este princípio deve ser aplicado em todas as formas de turismo (em massa ou nichos) e a todos os tipos de destinos. Deste ponto de vista, a ideia passa por conservar ao máximo as reservas naturais, preservando os ecossistemas e promovendo a biodiversidade, respeitar as culturas locais (conservando os seus princípios, edifícios, tradições) promovendo, ao mesmo tempo, a interculturalidade e a tolerância, tendo por base a melhoria das condições sócio-económicas para os povos de cada local. Analogamente, a prática de turismo sustentável deve proporcionar experiências relevantes ao turista, já que este é o foco desta mesma prática. De uma forma simples, o desenvolvimento sustentável de produtos é feito de

acordo com práticas que se revelam importantes após a avaliação dos impactos causados pelo mesmo, nos quatro pilares acima mencionados.

No caso dos impactos de ordem ambiental, de uma forma generalista, a sua avaliação passa pela análise dos materiais/recursos que são necessários, a forma como esses recursos são obtidos a partir da natureza, o consumo energético associado a todo o processo de fabrico, e também, ao próprio meio de transporte desenvolvido (no caso dos motorizados), e, naturalmente, a geração e emissão de poluentes. Segundo a *European Enviromental Agency* (EEA), referida por Vânia Barcellos Gouvêa Campos, as cidades devem ser projetadas e geridas de acordo com os seus limites ambientais naturais (por exemplo, evitar a criação de canais de água artificiais ou a fazer com que estes se extingam para criar ligações rodoviárias).

Do ponto de vista social (também descrito como a qualidade de vida), o desenvolvimento deve ser feito considerando o benefício da humanidade, promovendo a igualdade social e não privilegiando estratos ou classes, sempre com vista ao aumento da qualidade de vida das pessoas e à diminuição da pobreza, não comprometendo o poder de decisão das gerações vindouras (por exemplo, usar excessivamente um recurso natural escasso levará à sua extinção). No caso concreto das cidades, e do ponto de vista sócio-económico, as soluções devem ser acessíveis às comunidades permitindo que estas possam evoluir a par com a oferta tecnológica. A reversibilidade é outro fator mencionado pela EEA, no sentido de o desenvolvimento ser estudado por forma às soluções serem reversíveis e/ou com maior adaptabilidade por forma a não condicionarem mudanças nas atividades económicas da cidade.

Economicamente, os objetivos são guiados pela eficiência ambiental e social, ou seja, deve-se conseguir obter o maior benefício económico por cada unidade de recurso utilizado e o maior benefício para a humanidade para cada atividade económica desenvolvida [11].

Segundo a EEA, a sustentabilidade urbana passa por estabelecer metas no sentido de:

- Minimizar o consumo de espaço e recursos naturais;
- Racionalizar e gerir de forma eficiente os fluxos urbanos;
- Proteger a saúde da população urbana;
- Assegurar igualdade de acesso a recursos e serviços;
- Manter a diversidade social e cultural.

2.2.2 Fabrico sustentável

Existem estratégias já definidas que definem por si só um conjunto de medidas a serem tomadas no projeto e fabrico de forma sustentada de um produto: *Design for Environment* (DFE) foi introduzida em alguns projetos em 1990 que pressupõe, por exemplo, a utilização de materiais recicláveis, a redução da utilização dos mesmos e a sua reutilização no fim de vida do produto sendo uma das estratégias adotadas pela *Airbus* [13]; *Design for Sustainability* (D4S) é abrangente, englobando indicadores de natureza ambiental, económica e social, destacando, por exemplo, o peso atribuído aos direitos humanos, minimização/eliminação do trabalho infantil e as condições de segurança no trabalho [14]; *Life Cycle Design* (LCD) que avalia características como os custos associados, ruído gerado e emissões de gases em toda a vida do produto [10].

2.2.3 Indicadores de sustentabilidade: mobilidade urbana e desenvolvimento de produto

Após a definição do conceito de sustentabilidade e da indicação dos campos onde esta pode ser evidente, surge a necessidade de criar métodos de quantificar, deste ponto de vista, o desenvolvimento do produto, por forma a orientar o projeto no sentido da maximização deste fator. Ora, para isso podem ser definidos e utilizados indicadores de sustentabilidade.

A WBCSD propõe alguns indicadores para o caso concreto da avaliação da sustentabilidade da mobilidade urbana de algumas cidades. O objetivo é poder comparar várias cidades e perceber quais os pontos nos quais as políticas de desenvolvimento devem apostar em cada uma delas, para as tornar mais sustentáveis [12]. Os indicadores propostos são:

- Acessibilidade dos transportes públicos às classes de pessoas com menor poder financeiro;
- Acessibilidade dos transportes públicos às pessoas com mobilidade reduzida;
- Emissões de gases poluentes na atmosfera;
- Poluição sonora;
- Ocorrência de acidentes fatais dentro da cadeia de mobilidade;
- Acesso a serviços de mobilidade;
- Qualidade da área pública;
- Diversidade dos meios utilizados;
- Duração temporal das deslocações;
- Oportunidade económica do setor;
- Finanças públicas líquidas;
- Utilização de área urbana;
- Emissões de gases de efeito de estufa;
- Congestionamento e atrasos;
- Eficiência energética;
- Oportunidade para mobilidade ativa;
- Integração entre os vários meios de transporte (intermodal);
- Conforto e prazer na utilização dos transportes públicos;
- Segurança.

É notório que estes indicadores têm várias naturezas, dizendo eles respeito a cada um (ou a mais do que um em simultâneo) dos quatro pilares mencionados acima. O estabelecimento destes parâmetros por parte da WBCSD seguiu um processo algo complexo que, contudo, assente num princípio simples: o método *SMART* - *Specific, Measurable, Attainable and Time-based*. Resumidamente, os parâmetros selecionados têm que ser mensuráveis, com precisão suficiente para servir de termo quantitativo, a partir de dados que são fáceis de recolher/obter, orientados para o resultado final e devem ser passíveis de serem monitorizados (frequentemente atualizados) [12].

No âmbito do presente projeto, é importante perceber e definir também quais os indicadores de sustentabilidade que podem ser utilizados concretamente no desenvolvimento de um produto. Os autores Paulo Ussui1 e Milton Borsato propõem um conjunto de indicadores, especificamente criados para o desenvolvimento de produtos para a indústria automóvel e defendem que estes podem ser divididos em dois grupos [10]: os que dizem respeito ao produto, que avaliam tecnicamente as suas características e são possíveis de

quantificar, dos quais os mais importantes se encontram na tabela da figura 2.2; os que dizem respeito ao projeto que são, no fundo, boas práticas de projeto que devem ser consideradas no seu processo constando as mais relevantes na tabela da figura 2.3 (sendo estes de carácter qualitativo).

	Indicador	Medida
1	Massa total do produto	Kg
2	Toxicidade dos materiais	% da massa que contém materiais tóxicos
3	Utilização de materiais diferentes	Unidades
4	Consumo de energia elétrica no fabrico	W/h
5	Consumo de água	L/componente
6	Consumo de combustíveis fósseis	Nm ³ /h por cada componente
7	Custo total	€
8	Custos de manutenção	€ por cada componente produzido
9	Massa da embalagem	Kg
10	Fim de vida da embalagem	1 - Não pode ser reutilizada nem reciclada; 3 - Pode ser reciclada; 5 - Pode ser reciclada ou reutilizada.
11	Durabilidade	Km percorridos
12	Manutenção	% de componentes que podem ser reparados/substituídos pelo utilizador
13	Desmontagem/Montagem	1 - Não é possível; 2 - É difícil e requer ferramentas específicas; 3 - É difícil e requer ferramentas comuns; 4 - É difícil e não requer ferramentas; 5 - É fácil e não requer ferramentas.
14	Elementos de fixação	Unidades (parafusos, rebites ou outros)
15	Reutilização de componentes	% de componentes que podem ser utilizados para outras aplicações
16	Utilização de materiais recicláveis	% de materiais recicláveis

Figura 2.2: Indicadores de sustentabilidade do produto (adaptado de [10])

2.3 Estudo de mercado

Segundo a *Glocal*, “as micro e pequenas empresas constituem a base de sustentação da economia de quase a totalidade das regiões da união europeia, incluído todo o território nacional.” [15]. É por isso crucial que o desenvolvimento destas seja sustentado e estruturado pois constitui, por si só, um mecanismo de evolução e prosperidade das comunidades. Tipicamente, estas empresas são criadas por empreendedores. Um empreendedor “é capaz de identificar ideias inovadoras, que respondem a necessidades do mercado, e tem as competências para transformar essas ideias em negócios de sucesso.” [16], sendo que “na origem da criação de qualquer empresa está uma ideia de negócio que passa pela oferta de um produto ou serviço.” [15].

É importante então que o produto ou serviço tenha um elevado potencial. Existem ferramentas previamente estudadas que permitem a geração de ideias de negócio, sendo que estas não têm que ser completamente novas e podem, assim, surgir por vários motivos: observação do meio envolvente (detetando alguma necessidade não satisfeita); importação de ideias vencedoras noutros locais (requer, obviamente, um estudo da viabilidade no novo local); instrução sobre o tema “geração de ideias” que pode ser feita através de canais

	Indicador	Como medir?	Critérios/Domínios	Critério de avaliação
1	Objetivos projeto	Os objetivos do projeto abrangem a sustentabilidade dos produtos?	Social Ambiental Económico	1 - Não; 2 - Abragem um domínio; 3 - Abragem dois domínios; 5 - Abragem os três domínios
2	Diretivas de projeto	As diretivas do projeto são pensadas por forma a torná-lo sustentável?		1 - Não; 2 - Apenas um domínio; 3 - Dois domínios; 5 - Três domínios
3	Indicadores de desempenho	Estão denidos indicadores de performance da sustentabilidade?		1 - Não; 2 - Num domínio; 3 - Em dois domínios; 5 - Nos três domínios
4	Ciclo de vida do produto	A denição do ciclo de vida do produto tem em consideração elementos que promovem a sua sustentabilidade?		1 - Não tem em consideração; 3 - Tem em consideração, de forma parcial; 5 - Tem em consideração, de forma total
5	Requisitos do produto	Os requisitos do produto tem potencial para melhorar a sua sustentabilidade?		1 - Não; 2 - Sim, num domínio; 3 - Sim, em dois domínios; 5 - Sim, nos três domínios
6	Conceito selecionado	O conceito selecionado tem potencial para melhorar a sustentabilidade?		1 - Não; 2 - Sim, num domínio; 3 - Sim, em dois domínios; 5 - Sim, nos três domínios
7	Desenvolvimento de novos conceitos	O desenvolvimento de novos conceitos tem em consideração métodos de desenvolvimento sustentável de produtos (DfE, LCD, D4S)?	(Não aplicável)	1 - Não são considerados; 3 - São considerados parcialmente; 5 - São totalmente considerados
8	Seleção de fornecedores	Os fornecedores selecionados são certificados segundo a norma ISO 14000?		1 - 0% a 20% são certificados; 2 - 21% a 40% são certificados; 3 - 41% a 60% são certificados; 4 - 61% a 80% são certificados; 5 - 81% a 100% são certificados
9	Planeamento do fim de vida do produto	O planeamento do fim de vida do produto prevê alternativas sustentáveis?		1 - Não prevê; 3 - Prevê parcialmente; 5 - Prevê totalmente
10	Processo de manutenção	O processo de manutenção é viável?		1 - Não é viável; 2 - A manutenção é viável só para a empresa; 3 - A manutenção é viável só para o consumidor; 5 - A manutenção é viável
11	Legislação relativa ao impacto ambiental dos produtos	As leis ambientais atuais são cumpridas?		1 - Não; 3 - Sim, parcialmente; 5 - Sim, na totalidade
12	Segurança dos utilizadores do produto	O produto nal é seguro para os seus utilizadores ou consumidores?	(Não aplicável)	1 - O produto revela problemas de segurança; 3 - Os problemas são detetados antes do lançamento; 5 - O produto é completamente seguro
13	Legislação e metas ambientais	O produto nal cumpre a legislação e metas ambientais estabelecidas?		1 - Não; 3 - O produto cumpre parcialmente; 5 - O produto cumpre totalmente
14	Embalagem	São consideradas alternativas sustentáveis para o embalamento?	Utilização de embalagens retornáveis ou embalagens recicláveis/biodegradáveis	1 - Não são consideradas; 3 - São parcialmente consideradas; 5 - São completamente consideradas
15	Viabilidade económica (projeto de detalhe)	O novo produto é economicamente viável?	Após o projeto de detalhe	1 - Não é viável economicamente; 3 - É parcialmente viável economicamente; 5 - É completamente viável economicamente

Figura 2.3: Indicadores de sustentabilidade do projeto de novos produtos (adaptado de [10])

de divulgação específicos para o efeito como revistas da área, reportagens a empresários, entre outros [15].

“O melhor teste para a nossa ideia de negócio é, sem dúvida, realizar um plano de negócio. Este é o instrumento que mais facilmente nos aproxima do verdadeiro potencial da nossa ideia.” [15] - o plano de negócio é, portanto, uma ferramenta indispensável no estudo da viabilidade de uma ideia de negócio e que abrange um conjunto de tarefas, conforme ilustrado na imagem 2.4. No âmbito do presente trabalho, pretende-se fazer um estudo de mercado que é parte integrante de um plano de negócios.

Relativamente ao mercado, pretende-se fazer a identificação da necessidade que conduz, de certa forma, à definição do produto, à seleção dos segmentos a atingir e um *benchmarking* competitivo (a desenvolver no capítulo seguinte).



Figura 2.4: Plano de negócios - o que é feito? (adaptado de [17])

2.3.1 Definição do mercado

Segundo o Professor Robert S. Pindyck (*Massachusetts Institute of Technology - MIT*), “um mercado é o conjunto de compradores e vendedores que, através das suas interações já existentes ou potenciais, determinam o preço de um produto ou de um conjunto de produtos.” [18]. Segundo o autor, a importância de definir um mercado prende-se com o facto de ser essencial, para uma empresa, conhecer quais são os produtos/serviços que lhe são concorrentes no momento e no futuro, de acordo com as suas expectativas e sendo a definição do(s) mercado(s) o primeiro passo a realizar num estudo de mercado. A definição do mercado é igualmente indispensável para, mediante o conhecimento das suas dimensões produto/serviço (no presente trabalho, será considerado apenas o produto) e limites geográficos (segundo [19]), estabelecer um preço, determinar o capital a investir e definir a estratégia de comunicação para esse mesmo mercado.

2.3.1.1 Identificação da necessidade / Definição do produto

A identificação da necessidade, no presente projeto, é feita pelo autor do mesmo, assumindo este o papel do empreendedor.

Pretende-se desenvolver um produto que transporte o seu utilizador em meio urbano e seja transportado pelo mesmo de uma forma fácil, desenvolvido em torno de um conceito: encontrar uma solução que complemente a mobilidade de pessoas que viajam (para efeitos de estudo restringe-se a área à Europa) e recorrem a transportes de longo curso e baixo custo que, de uma forma geral, são os voos *low cost* e sentem necessidade de ter um meio de transporte individual. Ou seja, esta solução estará condicionada aos limites de bagagem (dimensões e peso) impostos, de forma geral, pelas companhias aéreas e que podem estender-se facilmente a outras imposições, como o espaço disponível para guardar bens nos *hostels* e as limitações que estão associadas às mais diversas formas de deslocação (utilização de comboio, autocarro, metro, plataformas como *Uber* ou *BláBláCar*).

2.3.1.2 Segmentação

A segmentação é um processo através do qual se define(m) o(s) grupo(s) de indivíduos a quem se destina(m) o(s) produto(s). Entende-se que um segmento de mercado é um grupo de potenciais consumidores com características e necessidades semelhantes.

Aquando do desenvolvimento de um produto é importante, por forma a perceber quais os requisitos a preencher, definir-se a quem o mesmo se destina, definindo o seu público alvo. As características consideradas relevantes para o presente estudo são, essencialmente, critérios demográficos, geográficos, sócio-económicos e estilo de vida.

Pode-se concluir que, para o produto em desenvolvimento, existem dois segmentos de mercado que, sendo distintos, têm alguns aspetos em comum, embora o público alvo seja algo abrangente, pois a mobilidade urbana, tal como referido, afeta uma grande parte da população mundial.

O **segmento A**¹, diz respeito aos “mochileiros”, ou seja, indivíduos que têm interesse em viajar num estilo próprio, tipicamente em lazer, de uma forma multi modal e que se fazem acompanhar dos seus objetos pessoais dentro de uma mochila.

Estes são, de um modo geral, indivíduos em idade ativa de ambos os géneros com boas condições de saúde física e mental, que viajam dentro do espaço Europeu (para efeitos de estudo) que têm um poder de compra médio e valorizam o facto de poderem ser independentes. Do ponto de vista do estilo de vida, este grupo de indivíduos consideram que o seu maior *hobbie* é viajar e têm preocupações ambientais e gosto pela inovação.

O **segmento B** engloba todas as pessoas que residem habitualmente em meios urbanos ou que recorrem a um ou mais meios de transporte para os fazerem chegar a um meio urbano (cidade) mas que não conseguem, por diversas razões, fazê-lo na totalidade, deixando uma ou mais parte(s) do percurso em vazio.

De um modo geral, estes percursos são diários e representam o trajeto casa-trabalho e vice versa pelo que, têm um impacto muito representativo na vida destes indivíduos. Do ponto de vista demográfico, este grupo de indivíduos abrange pessoas em idade ativa, com boas condições de saúde física e mental e de ambos os sexos. De acordo com o mencionado acima, estes indivíduos residem no espaço Europeu e valorizam o tempo que podem poupar nos seus percursos diários, enquanto atribuem um elevado nível de importância às questões ambientais também.

¹Os nomes atribuídos aos segmentos A e B são arbitrários.

2.3.2 Oportunidade de negócio

A partir da análise feita ao mercado de uma forma muito simplista, percebe-se que o presente desenvolvimento pode passar pelo de uma solução de mobilidade individual com um elevado nível de compacidade, leveza e robustez por forma a estar apta para ser transportada numa mochila de viagem, constituindo assim um complemento (ou, em algumas situações, uma alternativa) à deslocação multi modal.

2.4 *Benchmarking*

Segundo o Instituto de Apoio às Pequenas e Médias Empresas e à Inovação (IAP-MEI), “A prática do *Benchmarking* consiste na pesquisa dos melhores métodos utilizados nos diferentes processos de negócio e funções empresariais, com especial ênfase naqueles cujo impacto, no desempenho, permite assegurar e sustentar vantagens competitivas. No *Benchmarking*, a avaliação e comparação não representam um fim em si, mas um meio para apoiar o processo de melhoria, constituindo-se como uma forma de aprendizagem, dado que a procura de melhores práticas implica uma análise cuidada das diversas formas de implementação dos processos, das metodologias de trabalho e dos diferentes arranjos organizacionais. O exercício termina com a análise de resultados, a definição de recomendações e a sua implementação. Devemos ainda realçar um aspeto crítico no processo de *Benchmarking* - a ética. As atuais práticas de *Benchmarking* regem-se por princípios próprios, resumidos num código de conduta onde a reciprocidade na partilha e no uso da informação, a confidencialidade e o respeito pela individualidade dos parceiros se assumem como preceitos invioláveis.” [20].

No projeto em questão, e por forma a torna-lo mais sustentado, é fulcral fazer-se esta análise para que se possa perceber, essencialmente, quais as soluções/componentes existentes, e quais as suas limitações e aspetos diferenciadores. Segundo o IAPMEI, existem vários tipos de abordagens, sendo que se pretende aqui fazer um simples *benchmarking* competitivo ou concorrencial, ou seja, fazer a comparação entre produtos comercializados que são potenciais concorrentes à solução em estudo. Serão ainda consideradas soluções não comerciais, desenvolvidas por técnicos (ou *developers*) para utilização doméstica/particular que se revelem pertinentes.

O processo de *benchmarking*, no âmbito do presente trabalho é feito em duas etapas: a primeira, na qual se pretendem expor as soluções existentes de mobilidade individual de elevado nível de portabilidade de um modo generalista (não abordando soluções comerciais, apenas os conceitos gerais de cada solução); a segunda onde se pretende, a partir dos resultados obtidos na etapa anterior, expor soluções comerciais, detalhando as suas características técnicas, sistemas utilizados, entre outros.

2.4.1 Análise geral comparativa das soluções existentes (primeira etapa)

Conforme já referido no capítulo de contextualização do presente documento (secção 1.1), existem diversos meios de transporte individual. De acordo com a análise de mercado realizada e a sua principal conclusão, pode-se aplicar um filtro que conduz à primeira etapa/iteração do *benchmarking*: apenas se vão comparar soluções que apresentem características de compacidade, robustez e leveza.

Consideram-se então, a bicicleta, a trotineta, o *penny board* (que representa, para

este efeito, todas as variantes do *skateboard*) e os patins em linha (que representam também a configuração em paralelo). Note-se que, nesta etapa apenas são considerados os conceitos, ou seja, não é particularizada nenhuma solução, pelo que podem apresentar, para efeitos de análise, todas as características que se revelem pertinentes. Os meios em análise encontram-se, a título ilustrativo, na imagem 2.5.



Figura 2.5: Primeira etapa de *benchmarking*: alternativas em análise (fonte: imagens recolhidas do catálogo da *Decathlon* [21])

Relativamente aos critérios de *benchmarking* utilizados, estes podem dividir-se em qualitativos e quantitativos. Os quantitativos são: a massa total (*kg*), as dimensões gerais (*mm x mm x mm*) e o custo (€) do equipamento. No que diz respeito aos qualitativos: análise do *design* do equipamento, análise dos requisitos e curva de aprendizagem para utilização e a segurança do utilizador. A análise encontra-se resumida através do gráfico da figura 2.6, sendo que esta se baseia em valores médios, considerando também soluções com motor elétrico auxiliar, com base nas informações encontradas no catálogo *online* da *Decathlon* [21]. A partir desta análise, pode-se concluir que, do ponto de vista da

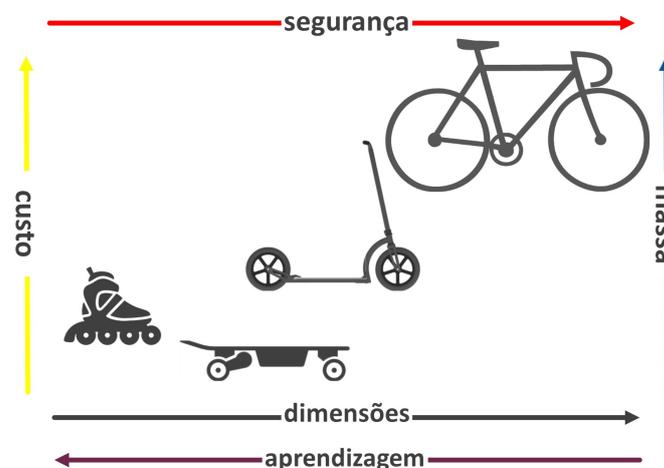


Figura 2.6: Primeira etapa de *benchmarking*: resumo da análise de conceitos

compacidade e leveza, podem-se definir três patamares: o conceito do *skateboard* e o dos patins são aqueles que apresentam maior potencial, já que têm dimensões e massa reduzidas; a trotineta ocupa um lugar de transição, apresentando valores com potencial de serem explorados; por fim, a bicicleta (consideraram-se bicicletas dobráveis) apresenta valores que levam, à partida, à sua exclusão na análise concorrencial detalhada (em 2.4.2). Outros indicadores foram considerados: a massa total do utilizador máxima passível de ser transportada que é cerca de 100 *kg* semelhante em qualquer um dos meios considerados; a autonomia, no caso dos que são assistidos por motor elétricos, também se revelou um fator pouco relevante nesta etapa, uma vez que é semelhante em todos (cerca de 20 *km*).

2.4.2 Análise concorrencial das soluções existentes (segunda etapa)

Das soluções propostas para análise na etapa anterior, concluiu-se que as que revelam maior potencial nos fatores chave são, em termos concetuais, o *skateboard*, os patins e a trotinete. Assim, nesta etapa, pretendem-se analisar algumas soluções existentes quer sejam de natureza comercial ou não, estejam completamente desenvolvidas ou apenas protótipos, que se revelem pertinentes quer pela sua *performance* global ou por utilizarem soluções particularmente interessantes.

A metodologia associada é expor as principais características dos produtos - **massa total, dimensões gerais, autonomia, velocidade máxima, potência do motor e massa total máxima do utilizador** -, em resumo para cada produto sob a forma de uma figura representativa e expor o funcionamento e configuração global e particularidades de cada produto.

MONOROVER R4+

A *R4 +* da *MONOROVER*, cujas principais características se encontram descritas na figura 2.7, foi desenvolvida para ser utilizada em ambiente urbano, sendo também capaz de circular em jardins, caminhos de terra e em condições de chuva moderada. A sua facilidade de utilização resume-se a um impulso com o pé para iniciar o movimento e definir a sua velocidade primária, sendo posteriormente controlada por um manípulo. No que diz respeito às dimensões, as apresentadas na tabela dizem respeito à condição de dobrada e desdobrada, já que esta trotineta oferece essa possibilidade. O seu aspeto assemelha-se, em tudo, a uma trotinete convencional, significando que todo o sistema de propulsão se encontra integrado de uma forma muito orgânica no produto final. Esta solução da *MONOROVER* está munida de iluminação *LED* para que possa ser utilizada também durante a noite e um *display* no qual é possível ler a velocidade instantânea, carga restante da bateria, entre outros. É provida de duas rodas de borracha (*airless*) com cinco polegadas de diâmetro, travão elétrico (controlado através de um manípulo) na roda da frente e travão de fricção convencional na roda traseira, sendo a sua prancha feita de fibra de carbono, o que lhe confere propriedades como leveza, elevada robustez e ainda, um ponto positivo no fator “estética” [22].

BOOSTED board

O *BOOSTED board* é um *longboard* elétrico. Este foi desenvolvido e é fabricado nos Estados Unidos da América e constitui uma solução de elevado nível tecnológico, com



Figura 2.7: MONOROVER R4+ - principais características [22]

um *design* muito apelativo.

As principais características deste *longboard* encontram-se resumidas na figura 2.8, que, no caso dos valores que apresentam mínimos e máximos, estes dizem respeito às duas versões disponíveis (*low range* e *high range*). A tábua de *bamboo* (desenvolvida pela *BOOSTED* em parceria com a *Loaded* [23]), que assegura o amortecimento do veículo, é posta em movimento de uma forma muito simples: existe um controlador remoto (conectado através de *bluetooth*) que o utilizador deve ter na sua mão para acelerar e travar, sendo a direção do mesmo controlada fisicamente tal como num *longboard* convencional. O controlador permite ainda a seleção de um dos quatro modos, de acordo com a experiência do utilizador e do tipo de utilização/terreno. O veículo conta com um sistema de travagem elétrico regenerativo, ou seja, a sua bateria é alimentada no ato de travagem. A potência dos motores e o sistema de transmissão permitem que se atinjam velocidades elevadas num curto espaço de tempo. A transmissão é feita por correia, a duas das quatro rodas, existindo, para isso, dois motores que se encontram, tal como a bateria, fixos na zona inferior da tábua/prancha. Segundo o fabricante, a transmissão é feita desta forma para garantir a redução em 1 : 3 e, por consequência, conseguir um aumento de binário à saída (o que permite subidas com até 25% de inclinação), tendo em conta também que a correia garante uma transmissão suave, apresenta boa durabilidade e é de fácil e barata substituição (sendo que é dos poucos componentes que é necessário repor com frequência). A manutenção do *Boosted* pode ser feita pelo utilizador, havendo para isso instruções por parte do fabricante. A *BOOSTED*, tendo como objetivo atingir o segmento de mercado dos viajantes, tem implementada uma versão do produto (*low range*) que se encontra, segundo o fabricante, de acordo com a legislação para poder ser transportada dentro de aviões comerciais [24].

ZAR™E-Scooter

A *CRAZYFIRE* implementou no mercado (2016) a *ZAR™E-Scooter*, a trotinete elétrica transportável numa mochila, sendo este a sua característica mais diferenciadora. Sobre esta, encontra-se um resumo na figura 2.9. A sua configuração apresenta três rodas



Figura 2.8: BOOSTED Board - principais características [24]

(duas à retaguarda e uma dianteira), sendo que as traseiras têm um sistema de suspensão independente que permite o aumento da estabilidade e aderência, já que numa situação de curva as duas rodas mantêm o contacto com o solo (com o seu eixo aproximadamente paralelo ao terreno, assemelhando-se a um *skateboard*). O motor encontra-se alojado no cubo da roda traseira esquerda, sendo este à prova de água e poeira (aumentando a durabilidade do motor) e assumindo também a função de travão. A roda da frente é composta por um pneu que tem as funções de garantir a máxima aderência ao piso e aumentar o conforto (amortecimento). Para além disso, existe também um sistema de amortecimento na forquilha composto por duas molas. Relativamente ao chassis, pode destacar-se que são utilizados diversos materiais: polímeros à base de fibra de vidro e policarbonatos (GF-PC), ligas de alumínio (ultra leves) e ligas de Ti-Mg. As baterias da *Panasonic* são de iões de lítio (alta densidade) e o fabricante estima que sejam capazes de prevalecer após 2000 ciclos de carga (ou 5 anos) devido ao seu sistema de gestão de energia. A *iZAR App* é uma aplicação para *smartphone* que permite fazer o controlo e monitorização da trotinete através de conexão *bluetooth*. Concretamente, permite gerir o sistema de iluminação do veículo, conhecer os valores do nível de bateria e velocidade instantânea, gravar os trajetos e distâncias efetuados, partilha de localização com outros utilizadores em tempo real, entre outras funções [25].

INFINITY ELECTRIC SCOOTER

A *INFINITY* é uma trotinete elétrica dobrável de arquitetura convencional, cujas características são apresentadas na figura 2.10. O seu quadro é fabricado em liga de alumínio (equiparável à utilizada na indústria aeronáutica), por forma a lhe conferir robustez aliada à leveza. Um dos fatores diferenciadores da *INFINITY* é o facto de estar preparada para ser utilizada não só como meio de transporte (estando preparada para se deslocar em inclinações com até 30%), mas também no âmbito dos desportos radicais, tendo sido concebida para acrobacias. A sua utilização é simples, iniciando-se o movimento (ligando o motor) com um impulso que lhe confere a velocidade inicial e sendo, posteriormente, acelerada e desacelerada através dos respetivos manípulos que

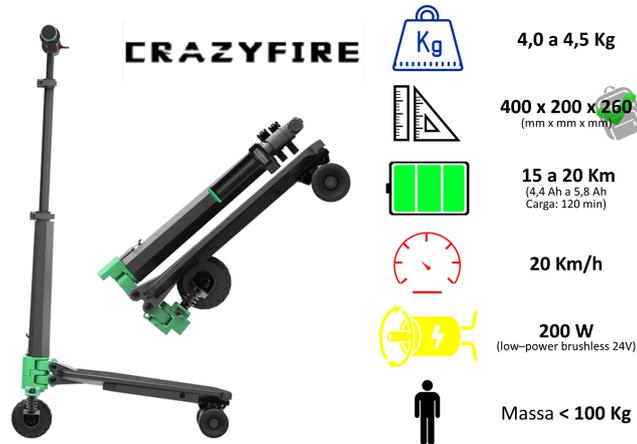


Figura 2.9: ZAR TME-Scooter - principais características [25]

se encontram no guidador. O sistema de travagem é composto por um travão elétrico regenerativo no cubo da roda da frente (onde se encontra o motor) e um travão mecânico de fricção na roda traseira, para situações mais emergentes. O seu contacto com o solo é estabelecido por meio de pneus *airless* com tecnologia semelhante à militar, garantindo todas as vantagens da utilização do pneu (aderência, conforto), evitando a necessidade da verificação e ajuste da sua pressão, bem como a sua substituição por eventuais furos. Conforme já referido, o motor encontra-se no cubo da roda frontal ao passo que as baterias de iões de lítio (18650 da *Samsung*) se encontram incorporadas na coluna de direção. Esta trotinete dispõe de três modos de velocidade e luz frontal (LED) que podem ser monitorizados e controlados através de um *display* LCD que se encontra no guidador. A título indicativo, o preço de comercialização da *INFINITY* é de 498 \$ [26].



Figura 2.10: INFINITY ELECTRIC SCOOTER - principais características [26]

BOLT MOTION

O *BOLT MOTION* é um *skateboard/penny board* elétrico caracterizado, essencialmente, pelo comprimento reduzido da sua tábua o que permite que seja transportável numa mochila (ver características gerais na figura 2.11). Desenhado e fabricado em Itália, o *Bolt* apresenta-se como um artigo exclusivo, no qual a sua tábua, feita de folhas de madeira e reforçada com fibra de vidro, incorpora o corpo de baterias da *LG* bem como o *drive* de controlo, o módulo de comunicação *bluetooth* (4.0 - *low energy*), o interruptor que permite ligar e desligar o veículo e ainda uma porta *USB* que permite alimentar dispositivos como o controlo remoto (em carga) ou um telemóvel (ou seja, todos os componentes eletrónicos). O motor encontra-se acoplado à roda traseira direita por meio de uma correia. Os *trucks* têm 250 *mm* de largura e o contacto ao solo do *Bolt* é feito por meio de rodas de *longboard* com índice de dureza 83a e diâmetro de 70 *mm*.



Figura 2.11: BOLT MOTION - principais características [27]

Linky

“*Freedom in your bag*” - é o *slogan* da *Linky Innovation* a *start up* italiana (com sede em Falerone) que desenvolveu um *longboard* dobrável (com um sistema patenteado pela marca), suficientemente compacto para ser transportável numa mochila que, aliás, é também comercializada pela empresa. As principais características encontram-se resumidas na figura 2.12. O processo de abertura e fecho do *Linky* é fácil e prático, já que apenas tem um dispositivo de tranca, ou seja, tudo se resume a um pequeno *click* - para além da compacidade, o processo de abertura ativa o circuito de potência, eliminando a necessidade do convencional e habitual interruptor. Este apresenta uma arquitetura invulgar já que, pelo facto de ser dobrável, não é constituído por uma tábua mas sim duas pequenas plataformas (ou tábuas) fabricadas em fibra de carbono e *bamboo* com 6 *mm* de espessura, interligadas por meio de uma estrutura fabricada em materiais que lhe conferem elevada leveza (polímeros avançados). O *Linky* tem o seu *pack* de baterias (íões de lítio 18650) alojado na zona inferior de uma das plataformas e é facilmente amovível/substituível, tornando-o num convencional *longboard*. Para além disso, este produto foi desenvolvido e concebido respeitando as normas da *International Air Transport Asso-*

ciation (IATA) para a deslocação aérea. O motor (e respetivo travão regenerativo), que permite ao *Linky* subir encostas com até 15 % de inclinação, encontra-se a atuar a roda (com 83 mm de diâmetro) da frente esquerda por meio de uma correia mas, contudo, protegido e camuflado com uma blindagem ao contrário de outras soluções da mesma categoria. Os *trucks* têm 180 mm de largura e foram desenvolvidos pela empresa, fabricados em polímeros de elevada resistência, com o intuito de reduzir a massa total do *Linky*. Este meio dispõe de quatro modos de condução para utilizações desportivas a económicas, uma porta *USB* para carregar dispositivos como o telemóvel. A iluminação (*LED*) de que dispõe à frente e na traseira e o facto de ser à prova de água, permitem-lhe que possa ser utilizado em ambientes escuros (noite) e com humidade elevada (chuva) [28].



Figura 2.12: Linky - principais características [28]

Parte II

Desenvolvimento do Produto

Capítulo 3

Desenvolvimento Concetual

3.1 *Design brief*

A informação que permite partir para o desenvolvimento concetual é, usualmente, resumida e comunicada através do *design brief*¹ que, de uma forma minimalista, responde a seis questões (*5 Ws & 1 H* - do inglês "who is the target user?", "what problem the product solve?", "when it is intended to use?", "where it is intended to use?", "why the user should use it?" e "how the user access the product?"). A resposta a estas questões é dada através do estudo de mercado que se encontra no capítulo 2.3. No desenvolvimento

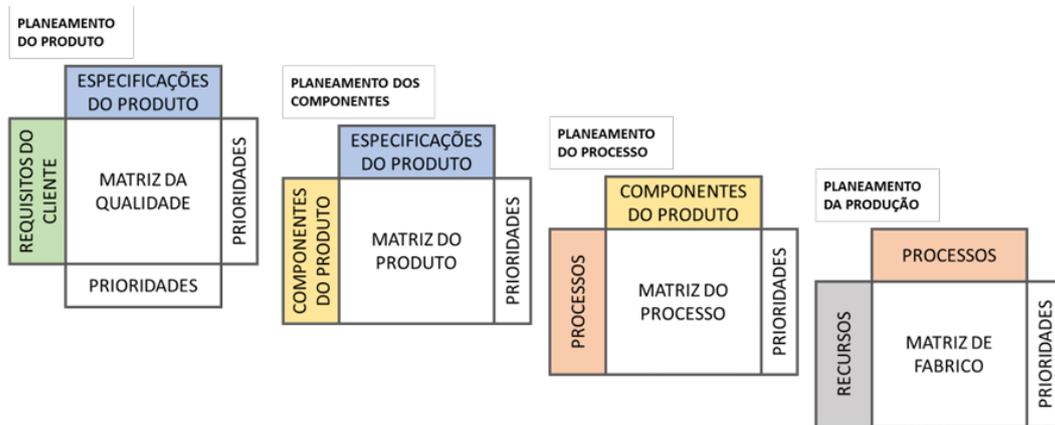


Figura 3.1: *Quality Function Deployment* - As quatro etapas de desdobramento (fonte: [8])

concetual do presente trabalho, a metodologia utilizada é a do Desdobramento da Função Qualidade (*Quality Function Deployment - QFD*) que, de uma forma sucinta, converte os requisitos apresentados pelos clientes (*Voice Of the Client - VOC*) em especificações de produto suficientemente detalhadas e mensuráveis, por forma a, no caso do desenvolvimento de novos produtos, criá-los de forma a satisfazerem as necessidades dos clientes.

¹O *design brief* é uma ferramenta muito utilizada pelo *designer* para comunicar com o cliente, focando o que este pretende e reunindo toda a informação necessária com o objetivo de exceder as suas expectativas.

No presente capítulo, pretendem-se realizar as seguintes tarefas (ver figura 2.1):

- Identificar os requisitos dos clientes;
- Definir as características/especificações do produto e priorizá-las;
- Definir a arquitetura do produto, correlacionando os seus sistemas com as respetivas funções;
- Gerar conceitos de produto;
- Selecionar o conceito para o produto;
- Testar e validar o conceito selecionado;

3.2 *Quality Function Deployment* - QFD

3.2.1 Requisitos dos clientes

Em grande parte dos produtos a desenvolver, o foco está, de forma mais ou menos direta, no cliente e, por isso, o esforço envolvido neste processo deve ser canalizado no sentido de o satisfazer. Só deste modo é possível criar algo que seja apetecível no mercado e difundi-lo.

O nível de satisfação do cliente tem efeitos mensuráveis e diretos ao nível das vendas (volume de vendas e valor de faturação), bem como outros menos quantificáveis como, por exemplo, a fortificação ou enfraquecimento da marca (ou do país de origem do produto) que são difíceis de medir, entre outros fatores. Importa saber que a satisfação está intimamente ligada com a qualidade do produto.

3.2.1.1 Qualidade

O cliente pretende sempre um produto de qualidade elevada. Qualidade é um conceito difícil de definir e nem sempre consensual pelo que, no âmbito do presente trabalho, se apresenta sob duas formas distintas: a qualidade nas organizações, estabelecida através da norma ISO 9001:2015; a qualidade do produto, proposta por *David Garvin*.

3.2.1.1.1 Qualidade nas organizações

Hoje, acredita-se que a definição mais difundida e abrangente de qualidade (produtos e serviços) é a norma ISO 9001:2015, sendo também a sua implementação em/por organizações amplamente difundida em todo o mundo.

A ISO 9001:2015 estabelece os requisitos necessários para a implementação de um sistema de gestão de qualidade, que tem como objetivo ajudar as organizações a serem mais eficientes e aumentarem a satisfação dos seus clientes (ou utentes), e assenta em sete princípios [29]:

- Foco no cliente: corresponder e exceder as necessidades do cliente é o foco primário do sistema de gestão de qualidade e a importância de manter os clientes e atrair novos, contribui para o sucesso sustentado e a longo prazo da organização;
- Liderança: a missão da organização deve provir de uma forte liderança e ser conhecida por todos (dentro e fora da organização);
- Envolvimento e compromisso: a criação de valor para os clientes (através do produto ou serviço) torna-se mais fácil se as pessoas (de todos os níveis da organização) estiverem comprometidas com o projeto;

- Abordagem integrada: é importante interligar pessoas (ou entidades como departamentos) e fazer-lhes compreender que a sua atividade influencia as demais dentro da organização e como, no final, todos trabalham para um (ou mais) objetivo em comum;
- Melhoria contínua: o processo de melhoria contínua (ferramenta utilizada por organizações de sucesso) prevê alterações internas e/ou externas à organização e é de extrema importância, já que estas existem de forma constante e rápida;
- Tomada de decisões com base em evidências: a análise e avaliação de dados reduz o nível de incerteza no ato da decisão;
- Gestão de relações: a boa gestão das relações (note-se que se podem tratar de relações comerciais e, muitas vezes, pessoais) melhora o sucesso sustentado, sendo importante definir quais as relações nas quais se deve apostar mais (por exemplo, com fornecedores ou clientes);

3.2.1.1.2 Qualidade do produto

Na ótica do produto, *David Garvin* propõe que a qualidade possa ser avaliada em oito dimensões:

- Desempenho: tratam-se das características primárias, mensuráveis/quantificáveis que, do ponto de vista do produto em desenvolvimento, são a autonomia, a velocidade máxima, a massa e as dimensões do objeto;
- Características Secundárias: sendo difícil distingui-las das primárias, podem considerar-se, a massa total transportável (utilizador), a amplitude de alturas que o utilizador pode ter por forma a que o produto lhe seja confortável (se aplicável), o facto de ser ou não dobrável e a hipótese de customizar o produto;
- Fiabilidade: mede, de uma forma simples, o espaço temporal (ou outros) que existe entre o início da utilização do produto e a deteção da sua primeira falha e que, no caso de veículos, é prática comum estipular-se como período de garantia um determinado intervalo de tempo (24 meses) ou número quilómetros percorridos;
- Conformidade: é o cumprimento de especificações de projeto (é uma das dimensões mais antigas) que, no produto em desenvolvimento, têm a ver com as tolerâncias geométricas das peças envolvidas, a “pureza” dos materiais empregues sendo que um produto é tanto mais confiável quanto os valores medidos (cotas ou percentagem de compostos nas ligas) são mais próximos dos previstos em projeto;
- Durabilidade: é medida através do nível de utilização do produto, até que este se torne inutilizável (no caso dos meios de transporte esta é medida em quilómetros percorridos ou tempo de utilização²), ou seja, o seu estado de degradação é tal que não compensa o investimento de uma eventual reparação, sendo que, no caso de um meio de transporte, devem distinguir-se os componentes de sacrifício/degaste dos componentes de elevada durabilidade que assumem o mesmo tempo de vida do produto e, quando degradados, o inviabilizam³;

²O tempo em que um produto não é utilizado contribui também para a sua deterioração, existindo por exemplo, oxidação dos materiais, entre outros fenómenos que o potenciam.

³A título de exemplo: as rodas (ou pneus) são componentes de degaste pelo que, a sua substituição é considerada um ato de manutenção enquanto que o chassi de uns patins em linha é um componente que determina a durabilidade dos próprios patins, dado que, quando danificado estruturalmente, inviabiliza a sua utilização e a reparação (em termos económicos e outros) não é compensatória.

- Reparabilidade: é medida através do investimento financeiro, do tempo, da facilidade e da competência (no caso, por exemplo, em que o fornecedor do produto presta assistência) envolvidos nas reparações/manutenções do produto e o objetivo é que as intervenções no produto possam ser feitas pelo seu utilizador, através de instruções e ferramentas (se necessário) simples, pelo que este índice será “substituído” pela facilidade em encontrar a informação e componentes necessários às intervenções;

- Estética: é a dimensão que avalia o produto do ponto de vista emocional, através das sensações que provoca como os sentimento(s) que provoca, o som que produz, o sabor ou o cheiro que emite e, mais importante no produto em questão, o seu aspeto visual;

- Qualidade percebida: é a dimensão mais subjetiva e prende-se com aquilo que está por detrás do produto e que não é “palpável” (atributos psicológicos) e que, neste caso, são a sua sustentabilidade (quer na sua utilização, mas também no seu fabrico), a exclusividade e a associação ao seu país de *design*/fabrico que é uma potência emergente no meio tecnológico (Portugal).

A gestão estratégica de qualidade de um produto é, no fundo, o balanço que existe entre estes domínios [30].

3.2.1.2 Modelo de Kano

A ideia de Noriaki Kano (1984) é que o produto deve superar as expectativas do cliente [31] e devem ser os próprios clientes a expressar qual o seu interesse no produto e quais as características que melhor os satisfazem (VOC - *voice of the client*).

3.2.1.2.1 *Voice Of the Client* - VOC

A metodologia de Kano pressupõe que o cliente seja escutado. A metodologia utilizada no desenvolvimento do produto em questão é a realização de inquéritos, cujo principal objetivo é identificar as preferências de cada segmento, a partir de um conjunto de eventuais necessidades, permitindo também que se conheçam outras.

O inquérito tem várias questões, de várias naturezas: demográficas (idade e zona de residência) e estilo de vida (psicologia, frequência com que viajam, informações sobre os percursos que realizam em ambiente urbano e interesse no conceito do produto apresentado). Na ótica da engenharia de produto, a questão mais importante é aquela em que o inquirido atribui um nível de importância a cada uma das necessidades (presentes na lista) e/ou sugere outras características que gostaria de ver no produto final e ainda qual o preço que estaria disposto a pagar por uma solução desta natureza. Relativamente aos requisitos do cliente, as questões são apresentadas de forma funcional e disfuncional (organizadas no inquérito de forma aleatória), pedindo-se ao inquirido que atribua um dos cinco níveis de importância (de acordo com o modelo de *Kano*): (0) indesejável; (1) indiferente; (2) unidimensional; (3) deve ter; (4) atrativo. Estas questões encontram-se na tabela 3.1.

O número de respostas obtidas não consegue ser representativo, pois existem apenas 32 respostas. Dado que este assunto poderia ser demasiado extenso, não sendo um dos objetivos principais do presente trabalho, considera-se que a análise destes resultados serve apenas para verificar que a priorização pensada inicialmente está validada, partindo do princípio de que esta análise seria feita, numa situação mais real, de uma forma mais aprofundada. Constata-se que, de uma forma geral, os inquiridos têm em comum as

Tabela 3.1: *Quality Function Deployment* - Inquérito: questões funcionais e disfuncionais sobre necessidades de cliente.

	Questão funcional	Questão disfuncional
1	"(...) it's lightweight?"	"(...) it's not lightweight?"
2	"(...) it's very portable?"	"(...) it's not too much portable?"
3	"(...) it has power assistance?"	"(...) it has not power assistance?"
4	"how would you feel if (...) it has an high range of autonomy?"	"(...) it has not an high range of autonomy?"
5	"(...) it's fast?"	"(...) it isn't fast?"
6	"(...) it's very reliable?"	"(...) it isn't very reliable?"
7	"(...) it's beautiful and exclusive?"	"(...) it's not beautiful or exclusive?"
8	"(...) it's ecological and sustainable?"	"(...) it's not ecological or sustainable?"

seguintes características: idade superior a 16 anos; já viajaram pelo menos uma vez para fora do seu país de residência; têm contacto frequente com o ambiente urbano; conhece as formas como as pessoas se deslocam num meio urbano (no quotidiano e em viagem). O que os inquiridos não têm todos em comum é a sua nacionalidade, dado que, de forma intencional, o inquérito foi distribuído por forma a atingir o maior número de países diferentes⁴ para que possa convergir num conjunto de respostas de indivíduos com várias condicionantes culturais, entre outras. Os resultados dos inquéritos, no âmbito do presente projeto, servem essencialmente como *input* a utilizar na construção da matriz da qualidade (explicada à frente, na secção 3.5), por análise das respostas à questão na qual é feita a priorização dos requisitos de cliente. O gráfico de Pareto, na figura 3.2, é a ferramenta escolhida para mostrar os resultados obtidos. Através do inquérito realizado, outras ideias/requisitos foram sugeridos pelos inquiridos: a preocupação com a segurança do utilizador e do seu meio envolvente e a possibilidade de partilha do veículo (entre vários utilizadores) são os melhores exemplos a destacar. A segurança considera-se um requisito obrigatório e, por esse motivo, foi colocada em primeiro lugar. Algumas adaptações foram feitas na análise, devido às falhas existentes na robustez do questionário (falta de perguntas)⁵.

3.2.1.3 Das necessidades dos clientes às especificações do produto: *Critical to Quality (Tree)*

As necessidades dos clientes, sendo expressas por eles, não especificam (tecnicamente) o que realmente deve constar no produto para que eles sejam satisfeitos. Portanto, as necessidades, do ponto de vista do desenvolvimento do produto, devem ser expressas/convertidas em requisitos do produto - critérios de desempenho mensuráveis que, depois de estabelecidos, levam a que cada necessidade seja satisfeita.

A árvore da qualidade (CTQ - *Critical to Quality Tree*) é a ferramenta adotada no presente trabalho, que traduz a conversão das necessidades dos clientes em especificações do produto, apresentando-as sob a forma esquemática (árvore) na figura 3.3.

⁴O inquérito foi redigido e feito na língua inglesa porque parte dos mesmos foram feitos remotamente a um grupo de pessoas que residem em diversos países

⁵Havendo necessidades que não foram incluídas no inquérito, foi-lhes atribuído um nível de importância que se considera adequado.

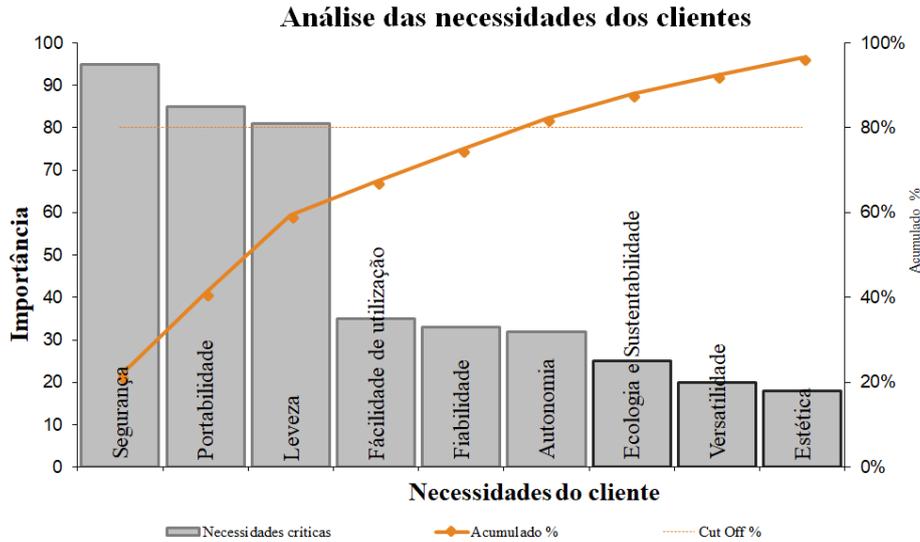


Figura 3.2: *Quality Function Deployment* - Priorização dos requisitos dos clientes: gráfico de Pareto

3.2.2 Especificações do produto

Os requisitos do produto são, de uma forma simplista, o culminar das necessidades dos clientes a satisfazer face às limitações técnicas existentes, tendo por base também a análise concorrencial (*benchmarking* realizado anteriormente).

As especificações de produto promovidas pelas necessidades dos clientes encontram-se descritas através da árvore de qualidade, no esquema da figura 3.3.

Através do *benchmarking* realizado, surgem especificações do produto a reter: a gestão integrada e monitorização do veículo (inclusive, por exemplo, a criação de uma plataforma de segurança anti-furto) realizada através de uma aplicação para *smartphone*; inclusão de um sistema de iluminação; a possibilidade de carregar o telemóvel ou outros dispositivos a partir do sistema de armazenamento energético do veículo. As duas últimas consideram-se que podem integrar a especificação “Acabamentos”, uma vez que se consideram que a sua inclusão no produto não apresenta grande dificuldade ou custo associado.

3.2.2.1 Matriz da qualidade

Após definir as especificações que o produto deve ter, é necessário proceder à sua hierarquização por forma a perceber onde o desenvolvimento deve manter o seu foco, por forma a promover as características que mais satisfazem o cliente.

A ferramenta utilizada é a casa/matriz da qualidade (*House of Quality*), ferramenta integrante do *Quality Function Deployment* - QFD, cujo processo se encontra descrito na figura 3.1. Note-se que, no presente trabalho apenas se realiza a primeira etapa do processo uma vez que não se considera necessária a divisão do produto em vários componentes (o produto é, neste caso, desenvolvido por uma única pessoa enquanto que, num contexto mais estruturado este seria desenvolvido por equipas). Através desta ferramenta é possível obter a priorização das especificações de produto tendo em conta: as necessidades dos clientes e a sua priorização; a forma como a concorrência satisfaz as necessidades

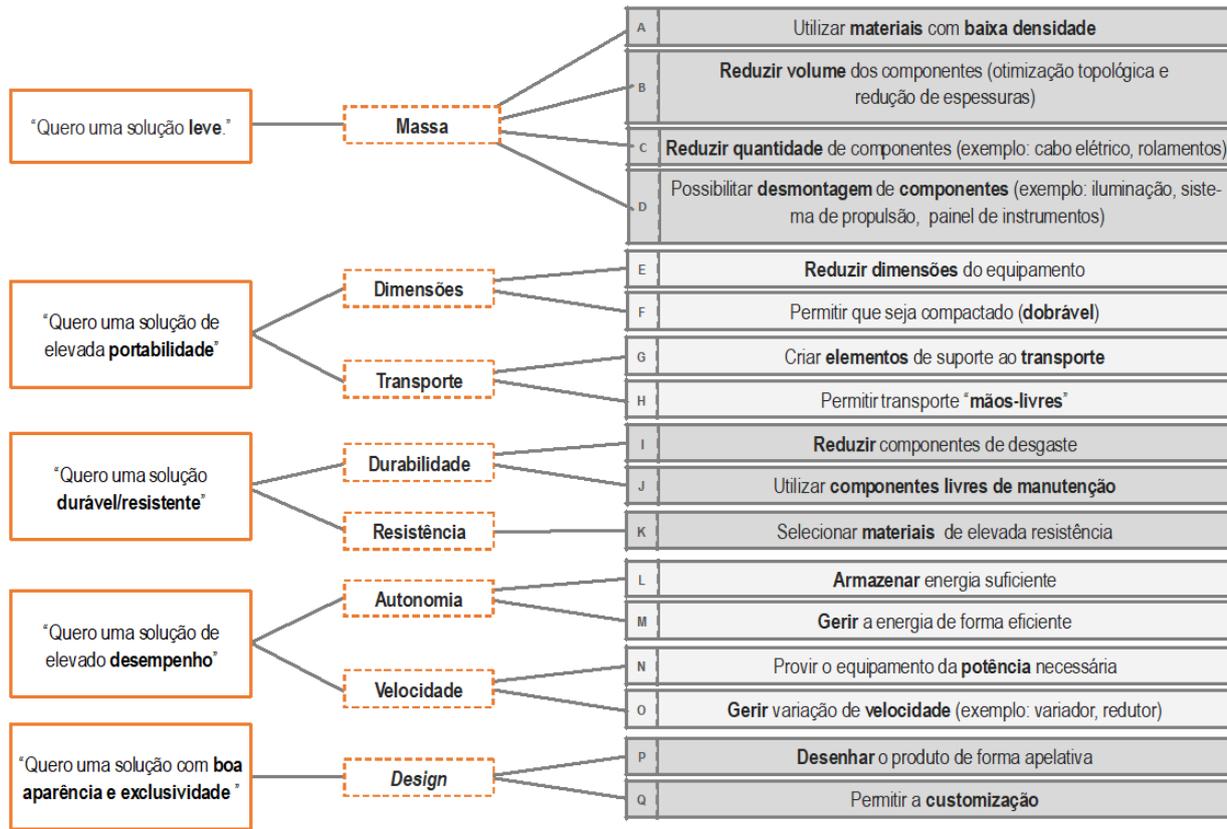


Figura 3.3: *Quality Function Deployment* - Árvore da qualidade: especificações de produto

(de forma individual) dos clientes; as dificuldades técnicas (ou outras) de atuação sobre determinada especificação; a estratégia interna (priorização dada pela equipa de desenvolvimento); o desempenho do produto a desenvolver face à concorrência para cada uma das suas características. Esta avaliação (competitiva) é feita tendo por base o sonho do produto, ou seja, o produto idealizado - é este quem vai ser submetido à comparação com a concorrência, considerando que as características do produto concorrente são as melhores de cada um dos seis avaliados. Para além disso, é ainda possível prever de que forma cada uma das características é potenciada de forma a agradar o cliente (\uparrow ou \downarrow) e estabelecer uma relação entre elas: forte positiva ($++$); positiva ($+$); neutra ($()$); negativa ($-$); forte negativa ($--$).

A matriz da qualidade do presente estudo encontra-se representada na figura 3.4. A priorização inicial das necessidades dos clientes provém dos resultados obtidos no capítulo 3.2.1.2, de acordo com o gráfico presente na figura 3.2. A análise competitiva/concorrencial é feita com base no desempenho das várias soluções (cujos dados quantitativos se encontram na secção 2.4). No caso da fiabilidade e ecologia e sustentabilidade dos produtos, optou-se por lhes atribuir o peso 1 (um), dado que não foram encontrados dados consistentes que os permitissem distinguir.

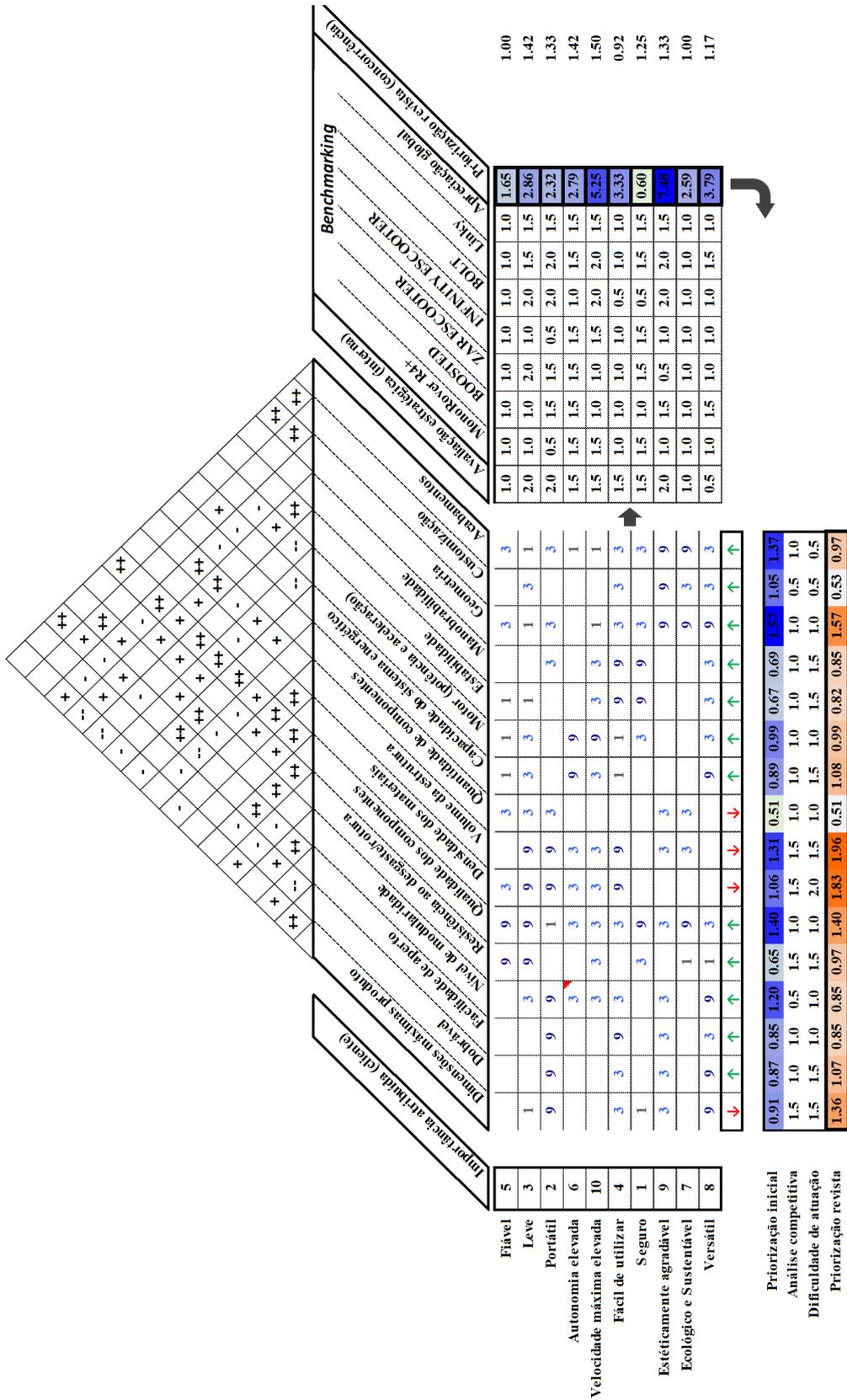


Figura 3.4: Quality Function Deployment - Matriz da Qualidade

3.3 Arquitetura do produto

3.3.1 Análise funcional e de sistemas

A análise funcional no âmbito do desenvolvimento de um novo produto pretende alavancar/suportar as etapas de arquitetura e geração de conceitos, descrevendo “o que” o produto deve fazer, descrevendo as suas funções e sub-funções.

No presente caso, tendo por base o conceito/ideia original (suportado ainda pela análise da matriz da qualidade realizada na etapa anterior), o equipamento deve transportar o utilizador e ser transportável pelo mesmo. Aquilo que pode, à primeira vista, parecer um trocadilho, é de facto a ideia base do produto. O diagrama funcional encontra-se na figura 3.5. Para além da descrição do produto do ponto de vista funcional, este deve

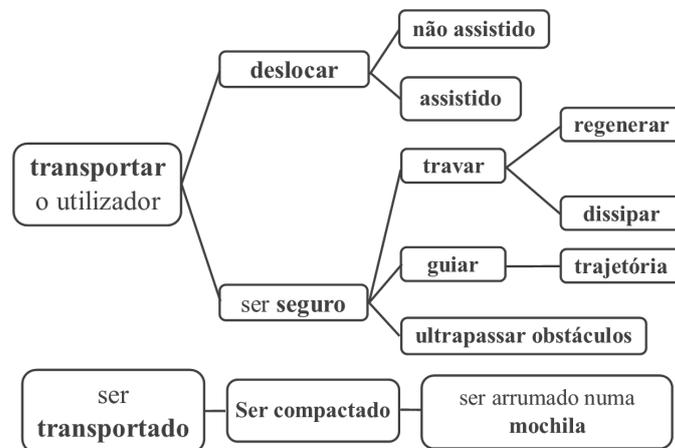


Figura 3.5: Arquitetura de produto - Diagrama funcional

(sempre que possível) ser decomposto nos seus vários sistemas. No presente desenvolvimento, o produto a desenvolver (conforme já referido, na secção 2.4) pode assentar no conceito base do *skate*, dos patins ou da trotineta. Dado que todos eles partilham sistemas básicos, considera-se que a análise de sistemas da trotineta é válida, uma vez que é a que envolve maior diversidade de componentes. Outro motivo para que a análise de sistemas apenas seja realizada em detalhe para a trotineta, advém da análise da matriz da qualidade que prioriza, claramente, a segurança do utilizador e do meio envolvente - a trotineta é a solução mais forte do ponto de vista da segurança. O diagrama de sistemas pode ser visto na figura 3.6.

3.3.2 Análise morfológica

A análise morfológica é uma ferramenta que pode ser utilizada no auxílio à geração de conceitos de um novo produto. É a atividade de coletar o maior número de possíveis soluções técnicas para cada um dos sistemas definidos tendo por base, por exemplo, a análise concorrencial (realizada na secção 2.4) pelo que, neste caso, a análise morfológica inclui soluções habitualmente encontradas num *skate*, patins ou trotineta. Esta análise facilita o processo criativo, resultando num conceito que, muitas vezes, surge da arte de combinar as várias alternativas. Uma trotineta pode variar a sua configuração em vários aspetos mas aquela que assume maior relevância é o número e a disposição das suas rodas.



Figura 3.6: Arquitetura de produto - Diagrama de sistemas (trotineta)

Existem várias combinações a fazer com duas, três e quatro rodas. No caso das três rodas é ainda possível dispor duas à frente e uma à retaguarda ou o caso oposto. A análise morfológica encontra-se na figura 3.7. Note-se que existem componentes que são multifuncionais, ou seja, fazem parte de mais do que um sistema. No caso da roda com pneu e motor no cubo, este componente é parte integrante dos sistemas tração/transmissão, propulsão, travagem, ligação ao solo e amortecimento. No caso das bases dos *trucks*, estas apenas têm papel no amortecimento do veículo.

3.4 Geração de Conceitos

3.4.1 Esboços iniciais

O desenvolvimento concetual é um processo que não contempla uma receita ou estratégia concreta a seguir. Os primeiros esboços surgem no sentido de ilustrar conceitos vagos como: a utilização de componentes estruturais do tipo “esqueleto”, ou seja, recorrendo a técnicas de redução volumétrica de componentes; componentes com corredeiras e/ou rótulas para poderem ser dobrados; a presença do conceito de minimalismo aplicado ao produto, ou seja, a utilização do menor número de componentes possível. Alguns dos esboços feitos podem ver-se na figura 3.8.

3.4.2 *Mind Mapping*

O *mind mapping* é uma ferramenta utilizada para registar, organizar e expressar as ideias que surgem para que estas possam ser, posteriormente, desenvolvidas ou não sob a forma de conceito(s). Na imagem 3.9 é possível ver-se o *mind map* realizado no âmbito do presente projeto que regista duas ideias base que têm a ver com a compactação do objeto, bem como outras soluções de menor impacto no produto.



Figura 3.7: Arquitetura de produto - Análise morfológica

3.4.3 Quick Design

Surge então um novo *brainstorming* com influências variadas, tendo em conta que as propostas lançadas não são suficientemente inovadoras e não dão resposta ao problema em estudo. Propõe-se que o conceito possa ser desenvolvido em torno de duas hipóteses (ao nível da sua geometria) de compactação: um cilindro ou um paralelepípedo.

3.4.3.1 Airth 1.0

No caso do cilindro, a proposta apresentada é a da figura 3.10. A ideia é, através de elementos estruturais com um *design* orgânico inspirado no Oniscidea (vulgarmente designado “bicho-de-conta”) embora, ao invés de enrolar na forma de uma esfera, corre as suas articulações por forma a expandir ou contrair. Inspirado no conceito de compactação da *matryoshka* (matriosca ou boneca russa), pretende-se que o guiador seja inserido dentro da peça de menores dimensões da coluna de direção que, por sua vez, é inserida dentro da peça de menores dimensões da tábua, prevendo-se que existam dois níveis de compactação: um nível ligeiro no qual se recorrem somente às corrediças e o nível máximo onde se recorrem aos mecanismos já descritos e ainda são rebatidas as rodas (noventa graus) por forma a ficarem paralelas e de topo à tábua. No caso do nível de compactação máxima, é necessário proceder ao destacamento de componentes. Assim, estes devem assumir uma função independente ou constituir uma hipótese de modularidade. No caso surgem duas hipóteses: com o rebatimento de noventa graus das rodas previsto e o destacamento da coluna de direção junto à caixa de direção, esta pode ser montada

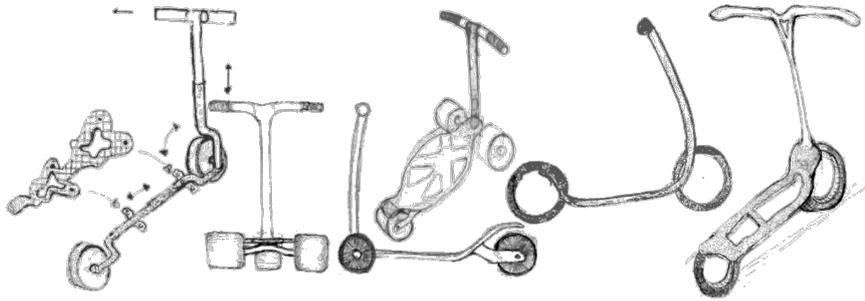


Figura 3.8: Geração de conceitos - Esboços iniciais

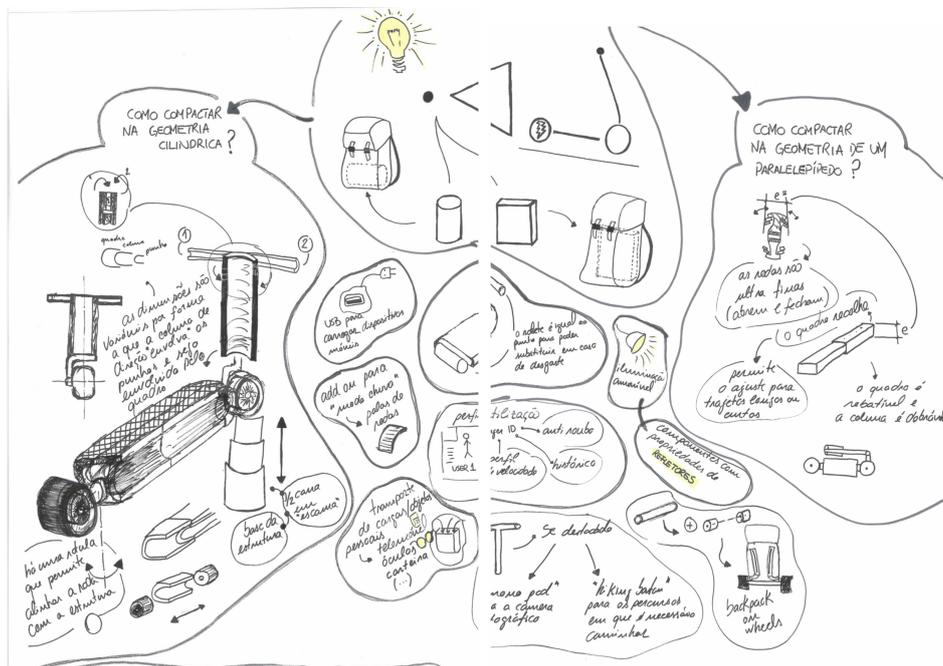


Figura 3.9: Geração de conceitos - Mind Map

na zona central da tábua, criando assim um *trolley* para o auxílio no transporte da mochila/mala de viagem, o que é uma ferramenta de elevada utilidade principalmente em zonas como aeroportos, estações ferroviárias/rodoviárias, bem como em zonas do percurso em que a utilização do veículo seja desadequada; o destaque da coluna de direção faz com que este possa assumir duas funções distintas como a de bastão de caminhada, elemento que ajuda na eventualidade de o utilizador querer fazer um trilho *off road* (percurso de montanha, por exemplo) ou ainda um *monopod* (o que permitirá ainda filmar/fotografar em movimento, no centro do guiador) dada a apetência e elevado interesse geral na área de fotografia e vídeo deste tipo de indivíduos. Outros fatores relevantes no *Airth 1.0* são a possibilidade de acoplar o sistema elétrico (motor, controlador e sistema de armazenamento) bem como outros itens (objetos pessoais como óculos de sol, telemóvel, carteira) na zona oca da tábua, podendo destinar-se a zona oca da coluna ao transporte de uma garrafa de água e prevendo um orifício para um farol frontal. Na zona oca do

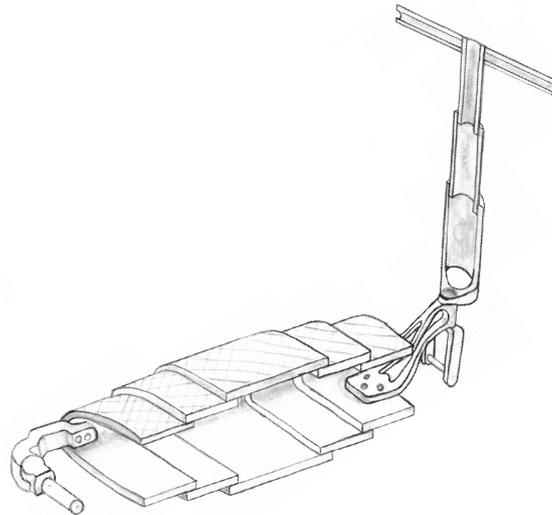


Figura 3.10: Geração de conceitos - Airth 1.0 (*quick design*)

guiador, podem incluir-se os acionadores de travagem e propulsão sendo que deve ainda prever um suporte de encaixe para o telemóvel, já que este pode servir de consola de monitorização bem como assumir a função de GPS.

3.4.3.2 Airth 2.0

A ideia de compactar o objeto num paralelepípedo dá origem a duas propostas: o *Airth 2.0* e o *Airth 3.0*. No caso do primeiro, visível na figura 3.11, destaca-se que a ideia base é que seja possível rebater todos os elementos para o mesmo plano. No esboço encontra-se em falta um dos mecanismos de rebatimento da coluna, já que esta necessita de dois rebatimentos para ficar o mais próxima possível da tábua. Uma das

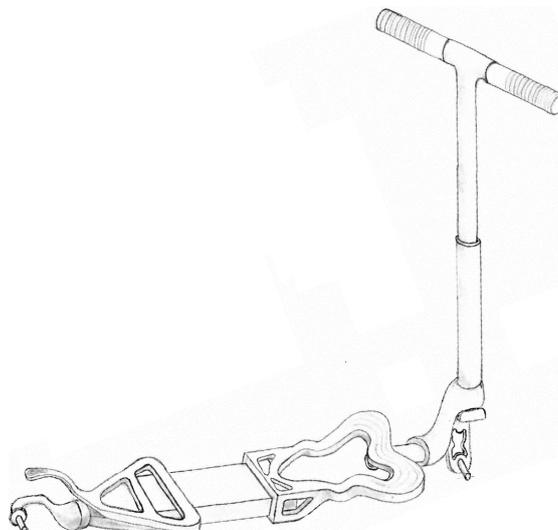


Figura 3.11: Geração de conceitos - Airth 2.0 (*quick design*)

ideias presentes neste conceito é o recurso a estruturas do tipo esqueleto, o que é notório na tábua que, no esboço se encontra desenhada por forma a proporcionar uma posição de condução estável e confortável para utilizadores *regular* ou *goofy* (da prática de *skate*, onde o *regular* é o *skater* que se posiciona em cima da tábua com o pé direito à retaguarda ao contrário do *goofy* que posiciona o pé esquerdo à retaguarda) devido à sua geometria simétrica. No caso, existe ainda uma corredeira que compacta a tábua, por forma a esta se aproximar do comprimento da coluna de direção já compactada. As rodas rebatem segundo um eixo que atravessa a tábua, ficando no plano da sua secção central, o que, no caso da roda de trás, permite a inclusão de um travão mecânico que acompanha a forma do braço que suporta o eixo da mesma. Nesta proposta, os punhos são curtos e devem destacar-se por forma a serem guardados dentro da coluna de direção.

3.4.3.3 Airth 3.0

No caso do *Airth 3.0* este é inspirado, geometricamente, num livro, tendo por base a ideia de poder ser aberto e fechado, como é visível na figura 3.12. É constituído por um só eixo com duas rodas, e três estruturas que quando dobradas se encontram paralelas e juntas entre elas. A utilização de uma coluna com uma pega (que, neste caso, não funciona como guiador), pretende auxiliar no equilíbrio do conjunto. A posição de equilíbrio/condução deste é assemelha-se aquela que, na gíria do skate, se designa *one foot manual*, e é, por si só, uma manobra praticada apenas por *skaters* experientes.

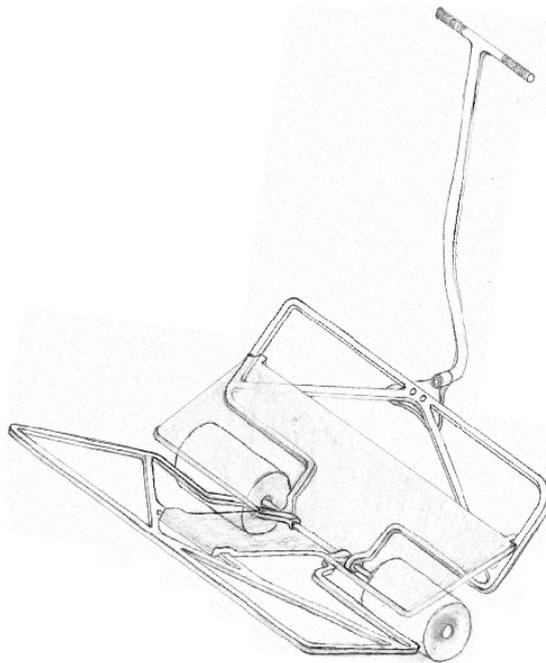


Figura 3.12: Geração de conceitos - Airth 3.0 (*quick design*)

3.5 Seleção do Conceito

A seleção de um conceito constitui uma etapa crucial no desenvolvimento de um produto, dado que é feita a seleção de grande parte das soluções construtivas do produto, definida a sua estrutura em traços gerais e são, deste modo, descartadas outras alternativas. Este processo requer a máxima atenção, podendo ser feito recorrendo a um método simples: atribui-se uma pontuação a cada um dos conceitos gerados, tendo em conta a sua resposta a cada uma das especificações pretendidas. Na tabela da figura 3.13, encontra-se a avaliação feita a cada um dos conceitos. O conceito selecionado para

CONCEITOS		
CRITÉRIOS	<i>Airth 1.0</i>	<i>Airth 2.0</i>
Fiável	-	+
Leve	0	0
Portátil	+	+
Autonomia elevada	0	0
Velocidade máxima elevada	0	0
Fácil de utilizar	+	+
Seguro	+	+
Esteticamente agradável	+	-
Ecológico e Sustentável	0	0
Versátil	+	-
Barato	0	0
Positivos	5	4
Neutros	5	5
Negativos	1	2
Índice	2	1
Aprovado	SIM	NÃO

Figura 3.13: Seleção do Conceito - *Concept Screening*

a fase de viabilização é, naturalmente, o que obtém a maior pontuação - *Airth 1.0*.

O *Airth 3.0* foi inviabilizado dado que carece de estabilidade (de forma extrema), o que o torna desconfortável e inseguro. Para testar a sua utilização, recorreu-se ao fabrico de um protótipo funcional (ver figura 3.14), cujo objetivo é testar a facilidade de utilização do mesmo. Após o teste feito por vários utilizadores, a perceção é unânime: o conceito não é viável pois requer uma perícia e aprendizagem muito elevadas, intrínsecas à posição de condução “*one foot manual*”.

3.6 Viabilização do Conceito

Após a seleção de um conceito, surge a hipótese de este ser testado, avaliado e viabilizado (ou não). Esta etapa permite que sejam detetados problemas no conceito mesmo antes de avançar para o projeto de concretização, o que potencia a redução de custos ao nível de eventuais retrabalhos, e manutenção a fazer, aumentando ainda a robustez, o índice de confiança atribuído ao produto e podendo aumentar a qualidade percebida do próprio produto [8]. Uma das ferramentas que pode ser utilizada para prever a ocorrência de falhas e corrigi-las é a Análise de Modos e Efeitos de Falhas (ou *Failure Mode Effects Analysis* - FMEA) aplicada ao conceito.



Figura 3.14: Seleção do Conceito - Protótipo funcional do conceito *Airth* 3.0

3.6.1 Análise de Modos e Efeitos de Falhas (FMEA) - Conceito

O FMEA aplicado a um conceito tem por objetivo, para além dos já enunciados anteriormente (secção 3.6), a hierarquização de potenciais falhas do ponto de vista qualitativo (falhas menores, maiores e/ou críticas), de modo a que possa ser tomada de antemão uma ou mais ações preventiva(s) e/ou corretiva(s) que solucionem o(s) problema(s). Assim, é necessário identificar as funções e proceder à realização da respetiva análise que se encontra sob a forma de resumo na tabela da figura 3.15. Uma das ações mais importantes a tomar passa pela inclusão de um sistema de travagem no veículo.

Função	Modo de falha	Efeito(s) da falha	Falha	Causa(s) da falha	Ações a tomar
Configuração do veículo	Descompactação: o braço da roda traseira fica solto			- O mecanismo de fixação não foi corretamente acionado - O mecanismo de fixação encontra-se danificado	- Aumentar a segurança do mecanismo de fixação - Travar a roda enquanto o braço estiver solto
	Descompactação: os elementos que integram a coluna de direção não fixam a posição relativa entre eles (podendo a coluna descair) Estrutura: a tábuas atinge deslocamentos excessivos ou parte	Desequilíbrio/queda do utilizador	Critica	Não existe mecanismo de fixação da posição A estrutura não tem rigidez suficiente Não existe fixação adequada do guiador a coluna de direção	Criar um mecanismo de fixação da posição "aberto"
Condução do veículo	Direção: o guiador solta-se do conjunto				Dimensionar a tábuas (articulada) de forma a suportar a massa do utilizador Fixar o guiador à coluna
	Direção: a roda direcional bate na estrutura	Quando em contacto com a estrutura, a roda é travada Acidentes que afetam o utilizador e o meio envolvente		O ângulo entre a tábuas e a coluna de direção é elevado	Estabelecer um ângulo entre a tábuas e a coluna de direção adequado
Transporte de cargas pessoais	Travagem: o veículo não trava	Desconforto na utilização do equipamento e/ou perda dos objetos		Não existe mecanismo de travagem do veículo	Criar um mecanismo de travagem
	Transporte: os objetos (telemóvel, óculos de sol, carteira, etc) caem		Maior	Não existem suportes para os objetos a transportar	Criar suportes/zonas de transporte seguras
Transporte da mochila (trolley)	Compactação: a roda da frente não fica alinhada com o conjunto	Desconforto na utilização do trolley	Menor	Não existe mecanismo de fixação da posição	Criar mecanismo de fixação da posição da roda na posição de trolley

Figura 3.15: Viabilização do Conceito - Análise de Modos e Efeitos de Falhas

Capítulo 4

Projeto de Concretização

O *design* concetual permite, recorrendo ao *quick design* como meio de comunicação, que a primeira elucidação do produto seja feita no que diz respeito à sua configuração geral, disposição de alguns elementos e também acerca de aspetos sistémicos e funcionais do mesmo. Contudo, o conceito selecionado é apenas um esboço, pelo que deve ser corrigido do ponto de vista da engenharia.

A etapa de concretização pretende dar resposta a várias questões:

- Determinar os requisitos dimensionais do produto, de acordo com as especificações e o estudo antropométrico;
- Determinar a disposição e organização dos componentes;
- Definir os requisitos dos materiais a utilizar;
- Definir outros requisitos do produto como aspetos relacionados com a segurança (do produto, do utilizador e do meio envolvente), ergonomia, montagem/configuração do produto, reciclagem dos materiais, entre outros;
- Conceber um protótipo funcional (virtual), onde já se encontram algumas das soluções/geometrias definitivas;
- Validar, do ponto de vista ergonómico, o protótipo concebido;
- Validar, do ponto de vista estrutural, o protótipo concebido;

4.1 Determinação e definição de requisitos

Reunindo toda a informação que se encontra no projeto concetual, é ainda necessário definir alguns dos requisitos do produto (muitos do ponto de vista quantitativo), por forma a que se possa partir para a modelação do protótipo funcional. Assim, definir-se-ão dimensões (estudo antropométrico), disposição e organização dos componentes, requisitos dos materiais, bem como outros requisitos mais gerais.

4.1.1 Estudo antropométrico

O estudo antropométrico insere-se no âmbito do estudo ergonómico (na sua dimensão física), a partir do qual se estabelecem padrões geométricos e dimensionais referentes à relação entre o Homem e o produto. Validando o produto do ponto de vista ergonómico, espera-se garantir o máximo conforto e menor esforço de utilização e ainda reduzir a probabilidade da ocorrência de lesões durante a utilização do equipamento.

Neste estudo são relevantes: a posição em que se encontra o guiador relativamente ao utilizador (posição de condução), mensurável através da sua largura, curvatura, elevação e da altura a que se encontra; a brecagem, que condiciona o esforço de viragem e que se prende, essencialmente, com o ângulo formado entre a coluna de direção e a tábua; o comprimento da tábua; a posição dos atuadores existentes (travão ou travões). No que diz respeito às dimensões do corpo humano, optou-se por recorrer ao esquema da figura 4.1 para obter as dimensões gerais iniciais (primeira iteração), cuja proporção advém de estudos antropométricos que têm vindo a ser desenvolvidos, já desde a época do renascimento¹.

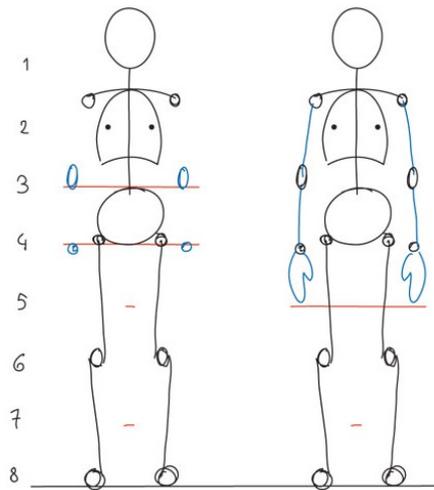


Figura 4.1: Proporção do corpo humano em altura relativamente à altura da cabeça [32]

4.1.1.1 Requisitos dimensionais

O encadeamento deste estudo prende-se com o facto de ser necessário conhecer, de antemão, as dimensões gerais que o produto deve ter, antes mesmo de partir para a conceção de um protótipo funcional, afim de não condicionar decisões tomadas nessa fase. O estudo ergonómico é realizado de forma completa posteriormente, cujo objetivo é também é corrigir (se necessário) e validar o protótipo do ponto de vista antropométrico.

4.1.1.1.1 Tábua O comprimento livre da tábua, deve ser suficiente para pousar um pé perfeitamente alinhado com a mesma, já que o outro pé estará grande parte do tempo a impulsionar o veículo e, por esse motivo, apenas será considerado algo que lhe dê suporte para que o utilizador possa repousar (um pequeno estribo, por exemplo). Considera-se que 300 mm é o valor de referência, dado que corresponde ao comprimento médio no caso do tamanho 48,5 do calçado europeu. No que diz respeito à largura da tábua, por forma a compactar o conjunto sob a forma de um cilindro, esta não deve ultrapassar o diâmetro da coluna, devendo contudo garantir que o calcanhar e a planta do pé são devidamente suportados.

¹Como exemplo destes estudos tem-se a obra "*L'Uomo Vitruviano*" de Leonardo da Vinci que remonta ao ano de 1490

4.1.1.1.2 Rodas As dimensões das rodas são um dos fatores mais limitantes e importantes neste produto. A sua volumetria é praticamente incontornável, já que é um elemento obrigatório para que a função primária do produto seja garantida: deslocar-se. Assim, resta otimizar a roda no seu diâmetro e largura para que, mantendo-se leve e compacta, garanta ao utilizador o conforto e segurança necessários. É usual encontrarem-se, em trotinetas presentes no mercado, rodas cujos diâmetros variam, de uma forma geral, entre os 100 *mm* e 230 *mm*. Dados os requisitos do produto em desenvolvimento e os constrangimentos no que toca à sua compacidade e massa total, o diâmetro da roda selecionado situa-se entre os 100 *mm* e os 125 *mm*, uma vez que é uma roda que garante o conforto para utilizadores (adultos e crianças), tendo em conta o tipo de pavimento onde a trotineta será utilizada (meios urbanos). Rodas desta dimensão são consideradas rodas pequenas, que oferecem como vantagens (para além das descritas na figura 4.2) massa/volumetria reduzida e maior agilidade, permitindo realizar trajetórias curvas de menores raios. As desvantagens principais são a redução da eficiência (maior número de “impulsos” por *km* percorrido) e a maior probabilidade da ocorrência de acidentes provocados por danos/obstruções no piso.

É comum ainda encontrarem-se trotinetas com rodas de diferentes dimensões à frente e à retaguarda. No presente estudo, consideram-se rodas com 110 *mm* e 100 *mm* de diâmetro, respetivamente.

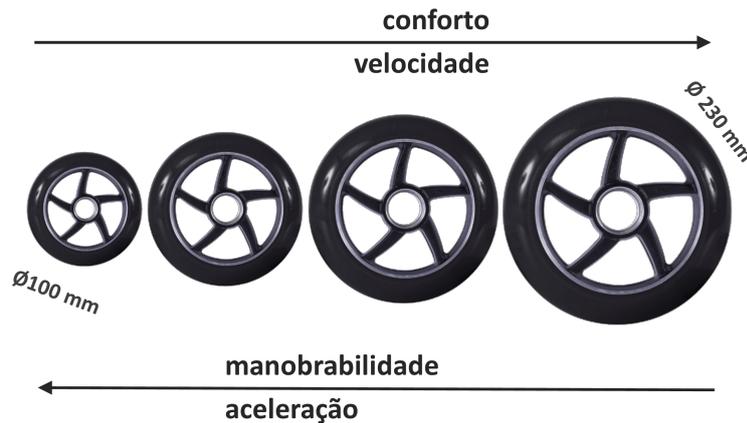


Figura 4.2: Influência do diâmetro das rodas na velocidade, aceleração, conforto e manobrabilidade

4.1.1.1.3 Sistema direcional No caso da largura do guiador, deve ter-se em conta que os braços se devem alinhar com os respetivos ombros, pelo que a distância entre os centros das mãos é cerca de duas vezes largura da cabeça.

A altura a que o guiador se encontra e a sua largura são aspetos importantíssimos: afetam não só o conforto como a segurança na utilização da trotineta - uma postura de condução desadequada pode incorrer em lesões, fadiga excessiva e, nos casos mais extremos, perda do controlo do veículo por parte do utilizador, provocando acidentes. Existem regras já pré estabelecidas que determinam estas dimensões ótimas. No caso da altura do guiador, deve ser igual à da cintura do utilizador (segundo a figura 4.1 esta é equivalente a quatro vezes o comprimento da cabeça), quando este se encontra

fora da trotineta, ambos no mesmo plano - assume-se como valor padrão de 900 *mm*, tendo em conta de que este pode ser ajustável; a largura do guiador, de uma forma geral, deve ser aproximadamente a largura dos ombros considerando ainda que, de uma forma geral, um guiador mais largo dá maior estabilidade ao veículo ao passo que um guiador mais estreito aumenta a manobrabilidade e precisão - assume-se como valor padrão 300 *mm*. O diâmetro do guiador é também um fator que influencia, do ponto de vista ergonómico, a experiência de utilização da trotineta. Convencional e comercialmente, utilizam-se um de dois diâmetros: a medida *standard* são 32 *mm*; a medida “*over sized*” (sobremedida) que corresponde a 34,9 *mm*. Tipicamente, utilizam-se guiadores com o diâmetro superior em casos em que as solicitações são maiores: competição. No caso do produto em desenvolvimento, dado o nível de compactidade requerido, a proposta inicial é utilizar a medida *standard* menor (32 *mm*), tendo como objetivo, se possível, reduzi-la.

4.1.2 Disposição e organização dos componentes

A disposição dos elementos assemelha-se em tudo à arquitetura de uma trotineta convencional (ver figura 2.5). Assim, a disposição das rodas é longitudinal, encontrando-se cada uma, numa das extremidades do elemento horizontal. A roda da frente é direcional, controlada por meio de um guiador que se lhe encontra ligado pela coluna de direção.

Importa destacar que existe uma sequência, do ponto de vista geométrico/dimensional entre as peças que formam o guiador, a coluna e a tábua por forma a que se possam encaixar quando o conjunto se encontra na sua forma compacta. No que toca ao sistema direcional, é de elevada importância o ângulo formado entre a coluna de direção e a tábua que, de uma forma geral, é próximo e inferior a 90° que, na proposta funcional, passará por 84,5° (valor encontrado em soluções comerciais).

4.1.3 Seleção de Materiais

Dado que se trata de um meio de mobilidade urbana, este produto deve ser concebido por forma a garantir um nível elevado de resistência à corrosão, bem como prever que os seus componentes, se necessário, sejam “à prova de água” (embora não se preveja que este venha a ser utilizado em situações de intempéries). A ausência de um sistema de amortecimento, obriga a que outros sistemas acumulem essa função: a tábua e as rodas são os principais responsáveis pelo amortecimento do veículo, o que implica a utilização de materiais/estruturas capazes de o garantir. Os materiais empregues no fabrico das rodas assumem diferentes responsabilidades: na zona mais exterior, onde é feito o contacto com o solo, pretende-se que haja aderência entre o mesmo e o veículo; no núcleo, pretende-se que haja algum amortecimento por parte da roda, ao passo que deve ser suficientemente resistente para superar todas as solicitações a que está sujeita a roda. Relativamente à zona exterior, existem já materiais que são utilizados correntemente com uma escala de dureza normalizada que serve para os categorizar e com a qual os utilizadores deste tipo de produtos já estão familiarizados. Pretende-se que a roda seja compacta pelo que o seu material deve ser macio (devido à redução de diâmetro e espessura da mesma), por forma a garantir um bom nível de aderência ao piso que, por sua vez, se traduz num maior nível de segurança. Assim, o nível de dureza situar-se-à, na escala de dureza, entre o 88A e 95A, o que se considera que é ideal para utilização em pisos ásperos, com o melhor compromisso entre a aderência e a eficiência (ver tabela 4.1).

Tabela 4.1: Dureza das rodas em função do tipo de utilização

Dureza	Aplicação
78A a 87A	Indicado para superfícies ásperas/danificadas e ultrapassar obstáculos
88A a 95A	Indicado para utilização em estrada
96A a 99A	Indicado para utilizadores inexperientes/iniciantes em pisos regulares (<i>skatepark</i>)
101A	Indicado para utilizadores experientes em pisos regulares (<i>skatepark</i>)
83B a 84B	Indicado para utilizadores experientes em pisos regulares para elevada velocidade (<i>pump track</i>)

4.1.4 Requisitos Gerais

Os requisitos gerais do produto prendem-se essencialmente com a segurança do utilizador e a ergonomia. Importa destacar que o veículo deve estar munido, devido às necessárias articulações e mecanismos de compactação, de mecanismos de fixação de posição e segurança, especialmente no que diz respeito à posição estendida, ou seja, em funcionamento. Do ponto de vista da ergonomia, para além dos aspetos já referidos, deve ter-se em conta a seleção dos materiais nas zonas de contacto com o utilizador, nomeadamente o guiador (punhos), e a tábua, sendo que cada um deve adequar-se à sua função. Ainda, a forma como o veículo é montado e desmontado (ou dobrado e desdobrado) deve, por si só, ser um processo intuitivo, requerendo o mínimo esforço físico possível, dado é uma situação que se preveja que ocorra com elevada frequência. O facto de se pretender criar um produto sustentável, e aliado à imagem de um mundo verde, conforme explicado, leva a que outros requisitos surjam. A seleção dos materiais e processos deve ser pensada de tal forma a que tudo seja minimalista destacando ainda o facto de os materiais deverem ser passíveis de serem reciclados.

4.2 Protótipo funcional

O protótipo funcional (virtual) pretende transmitir/comunicar toda a informação de projeto existente até esta fase, aliando o conceito selecionado às funções básicas que se pretendem ver contempladas no produto final. Na ideia concetual selecionada, o *Airth 1.0* (ver figura 3.10), propõe-se o rebatimento das rodas no plano da secção do conjunto cilíndrico. Esta proposta acaba por ser abandonada, já que a complexidade do equipamento seria significativamente aumentada, não revelando ganhos significativos em termos de volumetria. Ainda assim, é considerada a hipótese de as rodas serem acopladas ao conjunto por meio de apertos rápidos para que possam ser montadas/desmontadas caso necessário, à semelhança das bicicletas. A proposta funcional do *Airth 1.0* foi desenvolvida com recurso ao *software Fusion 360 (Autodesk)* e encontra-se representada na figura 4.3. O processo de abertura/montagem para utilização (semelhante ao de fecho/desmontagem para arrumação) encontra-se representado, de forma sequencial, no esquema da figura 4.4. Pretende-se que este seja um processo intuitivo e, naturalmente, o mais breve possível. Ainda assim, é de notar que, de uma forma geral, quanto maior é o nível de compactação, mais exigente é o seu processo.



Figura 4.3: *Airth 1.0* - protótipo funcional (virtual)

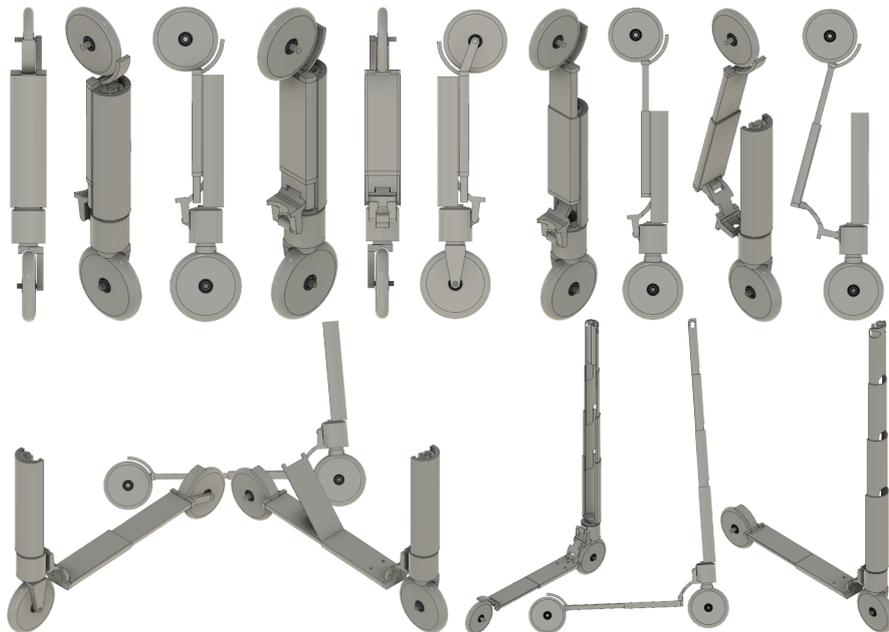


Figura 4.4: *Airth 1.0* - protótipo funcional virtual em processo de abertura

4.2.1 Estudo ergonómico

O estudo ergonómico tem como objetivo tornar o desenvolvimento do produto centrado no cliente enquanto ser humano. Assim, dentro das várias dimensões de projeto ergonómico, são importantes a física e a cognitiva.

4.2.1.1 Ergonomia Antropométrica

A dimensão física (antropométrica) deste estudo prende-se com a validação do estudo antropométrico feito anteriormente, por meio da simulação da interação do produto com o ser humano. Para validar deste ponto de vista o protótipo, recorre-se ao módulo de ergonomia do *software CATIA V5* da *Dassault Systèmes*.

A metodologia passa pela exportação do modelo criado em formato universal *Standard for the Exchange of Product model data* - STEP, para que o protótipo possa ser interpretado fora do ambiente do *Fusion 360*, seguida da conversão do mesmo num produto do *CATIA V5 - CATprod*². No ambiente do *CATIA V5*, dentro do separador *Human Builder*, inserido no módulo *Ergonomics Design & Analysis*, é possível criar um manequim que serve como base para a análise a fazer. O *software* permite várias configurações na criação do manequim, sendo importante referir que este é um indivíduo de género masculino e percentil 95 no que diz respeito à sua estatura (1849,9 mm de altura) e massa (86,66 Kg). Este é um caso quase extremo do ponto de vista geométrico e dimensional, considerando-se que serve como base para obter as dimensões máximas do produto, tendo em conta que este deve permitir ajustar a altura do guiador, garantindo que utilizadores de estatura inferior possam sentir-se confortáveis quando o utilizarem. Dada a configuração da coluna, o ajuste de altura é de fácil implementação, pelo que será abordado no capítulo seguinte.

Após a simulação da interação entre o produto e o seu utilizador, implementam-se as correções necessárias ao nível da largura do guiador, a altura a que se encontra e no comprimento da tábua, o que se traduz na configuração apresentada nas figuras 4.5 e 4.6 (onde pode ver-se o movimento de impulsão do veículo). Assim, nesta etapa, o guiador tem 350 mm de largura e a sua face superior encontra-se a 940 mm da superfície da tábua que tem, de comprimento útil, aproximadamente, 340 mm. Através da figura 4.5, é possível ver o enquadramento dimensional que existe entre o manequim e o protótipo, após as correções feitas, nas posições de impulsão a) e b) e em andamento c) e d). Relativamente às dimensões da tábua, importa ter a noção de que uma tábua com maiores dimensões traduz-se, normalmente, em maior estabilidade e, por isso, conforto na utilização. Contudo, esta é desenhada com largura e comprimento reduzidos, dado que a portabilidade é um requisito prioritário face ao conforto de utilização.

4.2.1.2 Análise do esforço humano no acionamento dos mecanismos de fixação

Os mecanismos de fixação num produto desta natureza estão associados, muitas vezes, a movimentos pouco repetitivos mas de esforço físico mais elevado por forma a potenciar a rapidez da sua montagem/desmontagem. Assim, é importante perceber se o esforço

²O modelo é convertido num modelo rígido na sua posição de trabalho, por forma a facilitar os movimentos de translação e rotação necessários ao alinhamento com o manequim.

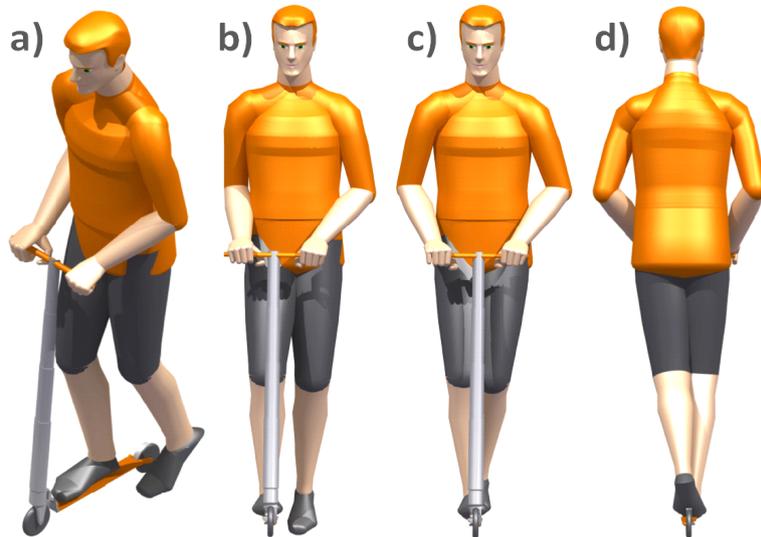


Figura 4.5: *Airth 1.0* - análise ergonômica: enquadramento dimensional



Figura 4.6: *Airth 1.0* - análise ergonômica: movimento de impulsão

necessário ao acionamento destes mecanismos se encontra dentro de uma gama de valores confortáveis para o utilizador.

No caso do guiador, o desenho inicial proposto, prevê que exista um elemento rápido de fixação de posição, que é necessário atuar mecanicamente com um dedo, por forma a desmontar o guiador para que possa ser arrumado. A força máxima que o dedo indicador pode exercer são cerca de 43 N (valor médio) [33]. De imediato se percebe que a peça a atuar tem que assumir um comportamento fortemente elástico, oferecendo resistência mecânica tal que possa ser atuada com o esforço referido, pelo que a proposta passa pelo encastramento deste componente na peça esquerda do guiador, conforme representado na figura 4.7. Por forma a garantir o máximo conforto, o carregamento simulado é de 21,5 N (metade do valor apresentado anteriormente como o máximo), sendo a peça desenhada para que este seja necessário para atuar completamente o elemento. O material selecionado Poliamida (PA 6), é utilizado de forma corrente neste tipo de elementos, uma vez que apresenta um módulo de elasticidade baixo relativamente aos valores de tensão de cedência e tensão de rotura, apresentando ainda elevada resistência à fadiga (inerente ao movimento cíclico a que estão sujeitos estes componentes). A tensão de *Von Mises* máxima é de 91,4 MPa , cujo gráfico se encontra ilustrado na figura 4.7, onde é também possível ver de que forma a peça deforma quando o dedo a pressiona na zona assinalada.

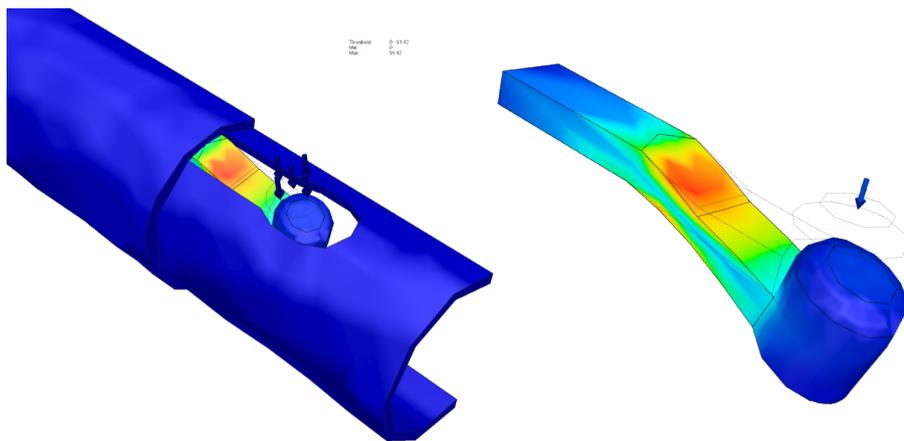


Figura 4.7: *Airth* 1.0 - análise ergonómica: avaliação da força aplicada pelo dedo no acionamento do fixador do guiador

4.2.1.3 Ergonomia Cognitiva

Na dimensão cognitiva, importa destacar que o processo de utilização do veículo deve ser intuitivo, requerendo o mínimo esforço mental possível, dado que o objetivo da sua utilização é desfrutar do ambiente envolvente. Concretamente, é necessário desenvolverem-se e/ou selecionarem-se mecanismos de fixação das posições aberto e fechado do *Airth*. Estes mecanismos devem contemplar vários critérios: não devem ser destacáveis do conjunto, por forma a diminuir a complexidade de montagem e prevenir o seu desaparecimento; devem requerer o mínimo de esforço e habilidade física na sua utilização; devem garantir que o *Airth*, quando montado, não tenha folgas evidentes entre as várias partes, que tornem insegura ou desconfortável a sua utilização.

O pino de fixação do pescoço na posição de trabalho é concebido por forma a que o utilizador o possa puxar e empurrar com a mão direita (encontrando-se, por isso, a sua pega do lado direito), sendo que a sua fixação ocorre por atração magnética existente entre o topo do pino e o disco magnético colocado (fixo) no orifício esquerdo da peça (ver figura 4.8 a)). O pino corre dentro da caixa (no pescoço) num curso limitado por um perno (o pino tem uma calha) existente na zona inferior da peça que garante, deste modo, que o próprio pino não é removido do conjunto. A pega não visível na imagem trata-se de um arame, cuja forma permite que o dedo encaixe no mesmo.

No caso do guiador, a sua desmontagem e montagem na coluna é projetada por forma a ser feita num só passo, havendo um mecanismo de fixação que conecta os três elementos simultaneamente (as duas peças que constituem o guiador e a peça da coluna de direção onde este é montado), conforme é possível visualizar na figura 4.8 b).



Figura 4.8: *Airth* 1.0 - análise ergonómica: a) mecanismo de fixação do pescoço na posição de trabalho; b) mecanismo de montagem e desmontagem do guiador

4.2.2 Validação Estrutural

Do ponto de vista da engenharia, é importante garantir que o equipamento resiste às solicitações a que vai ser sujeito aquando da sua utilização. Prevê-se que as solicitações estruturais sejam as mais intensas a que o equipamento estará sujeito (não se prevendo, assim, que o equipamento seja utilizado em ambientes extremos do ponto de vista térmico, por exemplo). A metodologia utilizada no presente trabalho para realizar o cálculo (e posterior validação) estrutural dos componentes já desenhados prende-se com a utilização do *Fusion 360* para simular, recorrendo ao seu módulo de simulação (que assenta no método dos elementos finitos), o comportamento da estrutura quando sujeita a vários carregamentos. A proposta passa pela simulação do comportamento de alguns componentes de forma individual ou em conjunto:

- Tábua e os seus elementos de ligação e fixação;
- Guiador com carregamentos na direção perpendicular à da tábua;
- Colisão (eventual) da roda da frente com um obstáculo.

4.2.2.1 Tábua e respetivos elementos de ligação

A tábua é, conforme já visto, bi-partida, havendo conexão entre as duas peças na zona central da mesma. O elemento de ligação “pescoço” é um dos componentes mais complexos do conjunto e desempenha, por si só, algumas funções, sendo uma das mais

importantes a estrutural. Este, é responsável pela rigidez existente entre os dois maiores blocos da trotineta: o elemento vertical (coluna de direção) e o elemento horizontal (tábua). Todo o conjunto dos componentes de ligação é crítico do ponto de vista estrutural.

A simulação passa pela utilização das configurações automáticas do *software* no que diz respeito a contactos entre as demais peças, ou seja, estão em contacto todas as que apresentam distâncias entre si inferiores a $0,1\text{ mm}$. Considera-se que existe um carregamento estático distribuído na superfície superior da peça frontal da tábua de 1200 N - este carregamento provém da massa do utilizador conjunta com a aceleração gravítica. Esta é, tipicamente, suportada somente pela perna/pé da frente, e o valor do carregamento imposto é tal que se pretende que sejam suportados 100 Kg (valor de referência obtido através do *benchmarking*), sendo o aumento deste valor devido ao facto de que a área da sola da peça de calçado é inferior à área da superfície onde se considera haver a distribuição da carga.

A estrutura (conjunto de componentes e as suas interações) é validada quando se atinge um coeficiente de segurança igual ou superior a 3, no que à tensão de cedência diz respeito (pretende-se que estes componentes trabalhem sempre em regime elástico). Este critério é utilizado correntemente neste tipo de aplicações, dado que a massa total simulada deve ser equivalente a três vezes a massa do utilizador, devido ao facto de o esforço se dar de forma dinâmica (e não estática). O conjunto em análise é validado com um coeficiente de segurança de, aproximadamente, 3,3 (ver figura 4.10). O deslocamento máximo dá-se na zona central da tábua e é cerca de $0,46\text{ mm}$, ao passo que a tensão máxima de *Von Mises* é de aproximadamente $80,3\text{ MPa}$, conforme a figura 4.9. Através

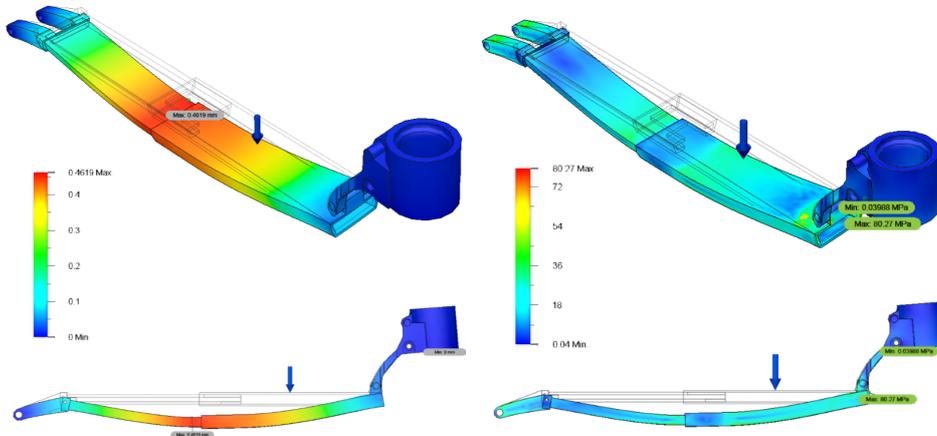


Figura 4.9: *Airth 1.0* - análise estrutural: deslocamento máximo (à esquerda) e tensão de *Von Mises* (à direita)

da figura 4.10, é possível perceber a distribuição das pressões de contacto existentes, provocadas pelo contacto entre as várias peças do conjunto em análise e ainda a mancha gráfica resultante do coeficiente de segurança.

4.2.2.2 Guiador e coluna de direção: carregamento na direção vertical

O guiador já desenhado, presente no protótipo funcional, apresenta espessuras elevadas pelo que deve ser redesenhado tendo em conta a redução das mesmas (dimensionado e

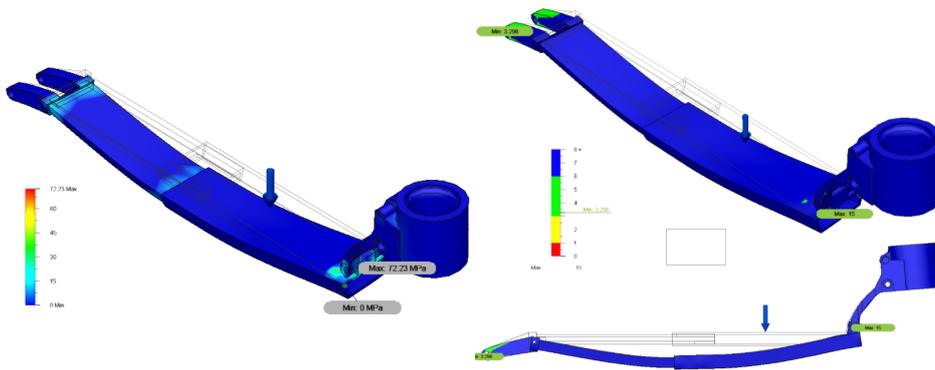


Figura 4.10: *Airth 1.0* - análise estrutural: tensão de contacto (à esquerda) e fator de segurança (à direita)

otimizado). Considera-se que é aplicado um carregamento de 150 N em cada um dos punhos, na direção perpendicular à tábua e no sentido descendente, utilizando um guiador em fibra de carbono com 1 mm de espessura mínima na sua secção (existindo zonas de maior espessura). Assim, obtém-se o deslocamento máximo na peça direita do guiador, que é cerca de $1,9\text{ mm}$ e, sendo a tensão de *Von Mises* máxima $225,1\text{ MPa}$, obtém-se um fator de segurança de $1,33$. Tendo em conta que o carregamento aplicado na simulação muito superior ao expectável, considera-se que a peça é estruturalmente válida.

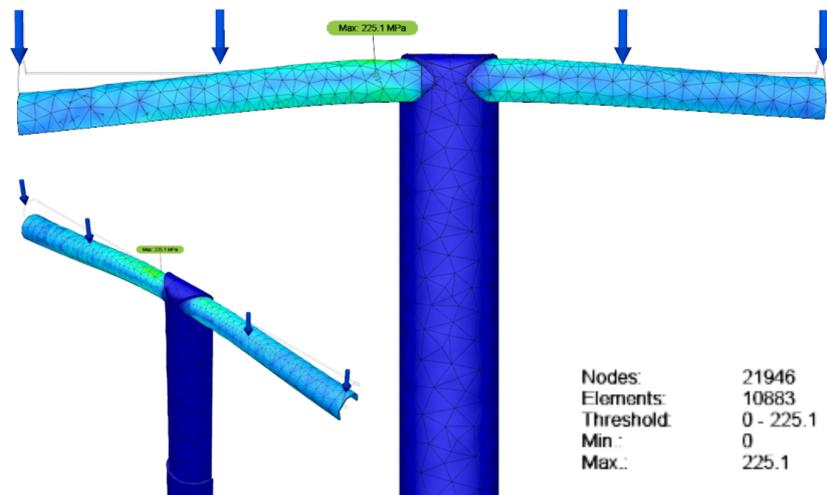


Figura 4.11: *Airth 1.0* - análise estrutural: guiador

4.2.2.3 Guiador e coluna de direção: carregamento na direção horizontal

A coluna de direção encontra-se, tipicamente, livre de esforços nos restantes eixos que não o da sua secção semi-circular (ou a direção vertical). Contudo, no caso de a roda da frente colidir com algum objeto ou ficar presa, por exemplo, num buraco existente no pavimento, o utilizador terá que suportar-se no guiador, criando esforços na direção horizontal, ou seja, paralela à tábua. Pretende-se validar a coluna de direção estrutu-

almente, quando sujeita a um carregamento na zona do guiador na direção referida, no sentido da traseira para a parte frontal, com uma magnitude de 500 N (por ação da massa do indivíduo, dividida por dois). A estrutura considera-se, neste caso, validada com um coeficiente de segurança de aproximadamente 2, dado que esta é uma ocorrência extrema onde habitualmente não há um bloqueio completo da roda da frente pelo que a situação é desagradada (ver figura 4.12).

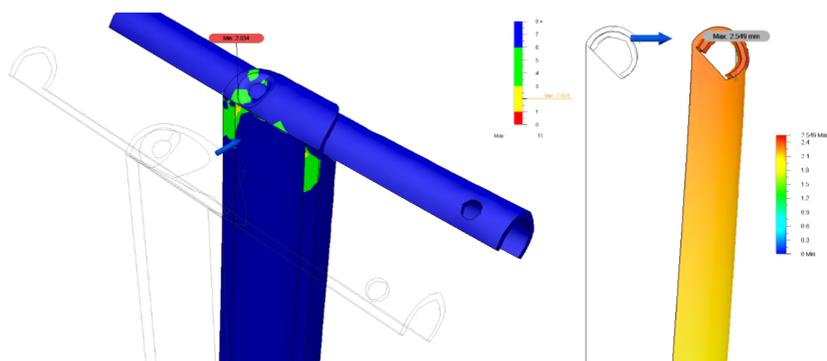


Figura 4.12: *Airth 1.0* - análise estrutural - coluna de direção

Capítulo 5

Projeto de Detalhe

O projeto de detalhe vem no seguimento do desenvolvimento do produto e pretende-se com ele integrar o desenvolvimento de soluções construtivas que se encontram em falta e partir para a conceção de um protótipo final, bem como incluir alguns dos desenhos bidimensionais com informações dimensionais e geométricas das peças e/ou conjuntos mais relevantes.

5.1 Soluções construtivas

Existem alguns mecanismos que, nesta etapa do projeto, não foram desenvolvidos ou incorporados no produto final. Neste capítulo pretende-se desenvolver o mecanismo de abertura (e fixação) da tábua, abordar a conceção dos elementos que integram a coluna de direção e abordar o desenvolvimento do componente fixo da coluna de direção (*head*).

5.1.1 Mecanismo de abertura/fecho da tábua

O maior desafio ao nível da compactação do *Airth* é o juntar dos elementos verticais (coluna de direção) aos elementos horizontais (tábua). Este processo pode subdividir-se em duas etapas: compactação da tábua, rotação do elemento “pescoço” por forma a colocar a face superior da tábua em contacto com as faces planas da coluna de direção.

No caso da compactação da tábua, esta é feita, também ela, em duas etapas dado que é necessário, primeiramente, desencaixar a cobertura da tampa da tábua (peça que cobre a zona traseira da tábua) para que a peça traseira possa correr sobre a frontal, à semelhança daquilo que acontece na coluna de direção. As principais etapas deste processo encontram-se representadas na figura 5.1. Já no caso dos movimentos de rotação por intermédio do “pescoço” (elemento de ligação entre o *head pipe* e a tábua apresentado na figura 4.8), é necessário destrancarem-se as cavilhas que fixam a posição de trabalho do *Airth*. Estas encontram-se localizadas de acordo com a figura 5.2, e sendo que: uma destas é acionada por um arame que atua como mola, obrigando-a a estar sempre encostada à face da peça frontal da tábua; a outra é fixada magneticamente e limitada no seu curso por um perno que se situa na zona inferior do pescoço.

Assim, após removidas as duas cavilhas, é possível rebater-se a tábua conforme explicado acima. O *Airth* recolhido será arrumado dentro de um saco que, sendo feito de um material elástico, garantirá que este permanece recolhido.

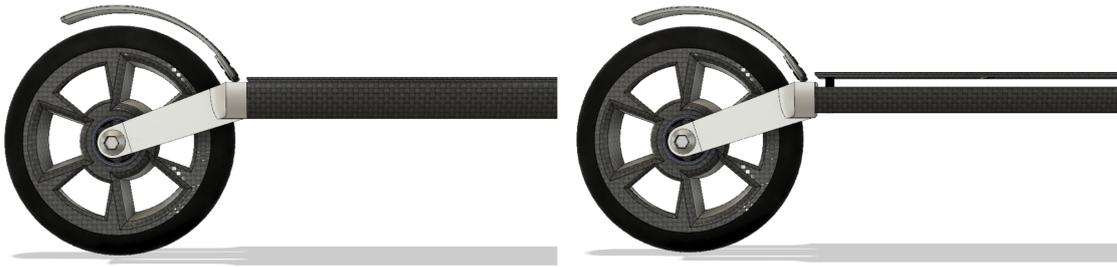


Figura 5.1: Fecho da tábua: desencaixe da tampa traseira da tábua (à esquerda) e movimento de recolha da tábua (à direita)

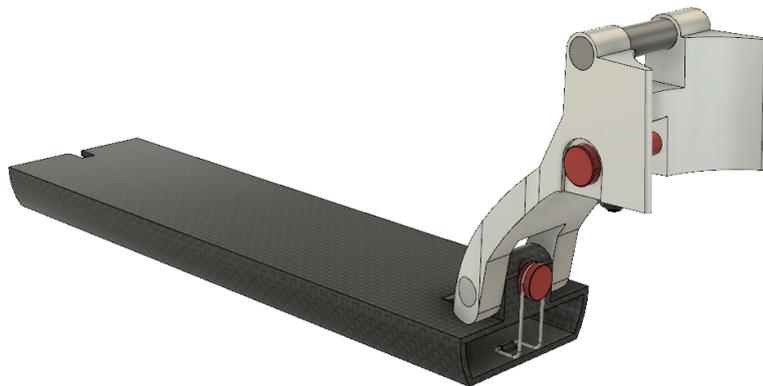


Figura 5.2: Sistema de rotação da tábua com as cavilhas de posição assinaladas a vermelho

5.1.2 Guiamento e posicionamento dos elementos da coluna de direção

O protótipo funcional apresentado (figura 4.3) tem a coluna de direção fragmentada em quatro peças, de acordo com o conceito gerado no capítulo anterior. Este conjunto garante que, com as devidas sobreposições entre as peças, que a coluna de direção assuma um comprimento de, aproximadamente, 850 mm ao passo que, quando recolhida tem cerca de 250 mm , o que representa uma redução de 3,4 vezes nesta medida. É necessário garantir que estas peças são devidamente encaixadas e funcionem em sintonia pelo que estas têm quem ser guiadas e têm que garantir as posições entre si que, no conjunto, se traduzam na coluna sob a forma estendida e recolhida. Do ponto de vista funcional, estes critérios são satisfeitos com recurso ao guiamento feito pelas abas laterais, pela sobreposição das peças e pelos encaixes rápidos existentes entre elas.

O guiamento (rotacional) é garantido através do perfil (secção) semicircular com uma aba em cada extremidade. Conforme se pode ver na figura 5.3, esta geometria evita que as peças rodem sobre si, e o sistema é aplicado nas três peças com diâmetros mais elevados. Existe ainda uma sobreposição entre as várias peças, conforme referido acima, que faz com que elas transmitam e dividam os esforços aplicados no guiador (pelo utilizador) pelas várias peças que formam a coluna. O posicionamento relativo entre as várias peças é garantido pelos encaixes rápidos. Este sistema foi desenhado por forma a que a coluna possa ser estendida e recolhida com apenas um clique. Deste modo, o processo torna-se mais *user friendly* e mais seguro. A geometria dos botões (ver figura 5.4) foi concebida

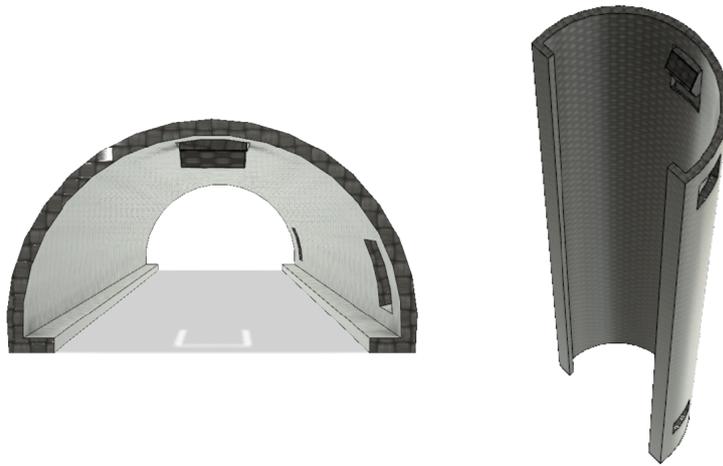


Figura 5.3: Perfil das peças da coluna de direção (guiamento)

de forma a que as próprias peças os pressionem, quando deslizam sobre si, desbloqueando a sua posição.

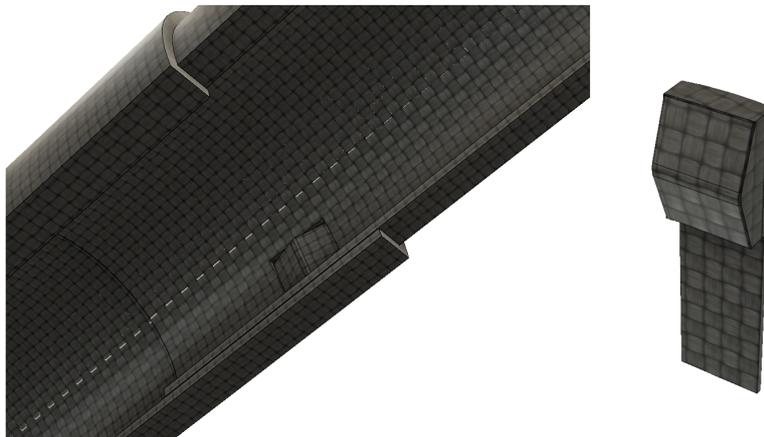


Figura 5.4: Encaixes rápidos de posicionamento das peças da coluna de direção

5.1.3 Otimização topológica do componente fixo da coluna de direção

O elemento da coluna de direção fixo ao pescoço (e à tábua) sofre um processo de otimização topológica. A otimização topológica é um processo que visa a minimizar a volumetria de uma peça desenhada, de acordo com as suas solicitações. Neste caso, as solicitações da peça em análise são estruturais pelo que, através do estudo, pretende conhecer-se qual a geometria da peça que satisfaz estes requisitos, o que resulta, tipicamente, no “esqueleto” da mesma. Os principais objetivos deste estudo são: permitir a montagem do parafuso que fixa a forquilha à peça móvel inferior da coluna de direção; reduzir a volumetria e, por consequência, massa da própria peça.

Para além de esta ser submetida a esforços (estruturais), é necessário definirem-se

imposições ao nível das faces que são necessárias manter, afim de garantir a montagem deste componente nos demais. O material selecionado para este componente é a liga de alumínio 7075 dado que, após uma pesquisa feita às soluções de componentes estruturais para trotinetas (*benchmarking*), se conclui que este é o material selecionado nas aplicações mais leves e resistentes.

A simulação feita, com recurso ao *Fusion 360*, permite que o componente, após o re *design*, se apresente com cerca de 28% da massa inicial, o que se considera uma redução muito significativa. (ver imagem 5.5).

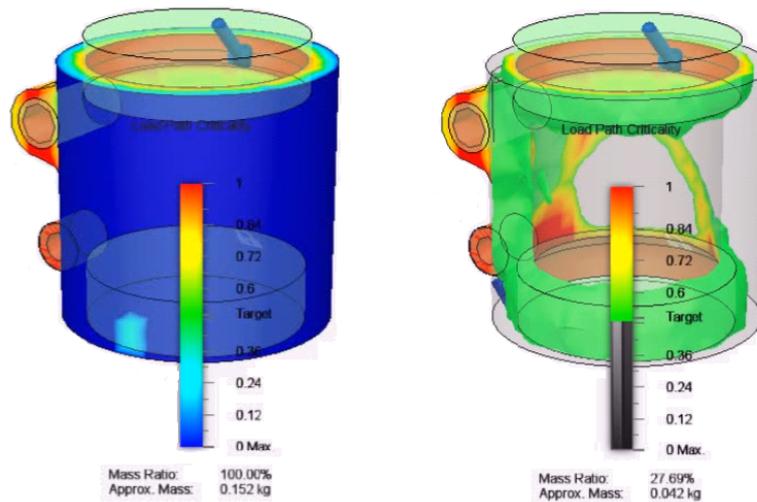


Figura 5.5: Soluções construtivas - otimização topológica do componente fixo da coluna de direção: peça com a geometria original (à esquerda) estudo de otimização topológica (à direita)

5.1.4 Transporte do *Airth*

Após dobrar o *Airth* e desmontar o respetivo guiador, este encontra-se pronto para ser transportado (ou guardado). O guiador, conforme já visto, é constituído por duas peças e estas serão transportadas em conjunto com o restante conjunto dentro de um saco. A proposta passa pela utilização de uma meia elástica com uma alça que permita que o *Airth* possa ser transportado de forma a ter as mãos livres, sendo que esta meia é responsável por garantir a posição da trotineta fechada, bem como por guardar o guiador, cujas peças vão ficar junto à face inferior da tábua.

5.2 *Design for Manufacturing - DFM*

A abordagem ao DFM no presente projeto é feita de forma simples, cuja ordem de trabalhos é:

- Elaborar desenhos de definição das peças mais importantes do *Airth*;
- Elaborar o desenho de conjunto do *Airth*, com a lista de peças e as respetivas quantidades;

- Elucidar relativamente aos processos de fabrico de alguns dos componentes não *standard*.

5.2.1 Desenhos de Definição

Os desenhos de definição são desenhos bidimensionais que permitem, através de informações como a cotação e o toleranciamento geométrico e dimensional, partir para o fabrico das respetivas peças ou obter informações relativas às dimensões gerais (atravancamento) ou ao número e descrição das peças que um determinado conjunto tem.

O *Airth* encontra-se representado sob a forma de conjunto nas suas configurações aberto e fechado nos desenhos presentes no anexo A. No anexo B é possível encontrarem-se outros desenhos bidimensionais que dizem respeito às peças concebidas de maior relevância.

Capítulo 6

Produto Final

O *marketing* é responsável pelo início e pelo final do processo de desenvolvimento de um produto, ou seja, este inicia-se com o estudo do mercado e finaliza-se com a sua implementação no mesmo, sendo este o departamento responsável pela divulgação do produto, da sua marca, serviços associados e canais de distribuição, em parceria com outras entidades como os operadores logísticos, financeiros, entre outros.

O produto final é o principal resultado do desenvolvimento feito do ponto de vista técnico (*design* e engenharia), e é importante utilizar boas ferramentas para comunicar o seu desempenho, que pode ser medido de várias formas: existem indicadores, mensuráveis e/ou quantificáveis que indicam, exatamente, “quanto” o produto satisfaz uma determinada necessidade por meio da atribuição de um valor a uma determinada característica técnica; existem também outros fatores, mencionados no capítulo 3.2.1 que têm a ver com dimensões não quantificáveis como a estética e a qualidade percebida. Nesse sentido, a proposta de comunicação do *Airth* subdivide-se em duas vertentes que pretendem dar resposta às duas formas distintas de o avaliar mencionadas, ou seja, a quantitativa e qualitativa que são traduzidas, neste caso, pela avaliação dos indicadores de desempenho do produto e pela estratégia de comunicação que envolve a divulgação do resultado final de uma forma menos objetiva, respetivamente.

6.1 Desempenho do *Airth*

O desempenho do *Airth* pode ser medido a partir dos indicadores que foram criados no capítulo 2.4, com o objetivo de analisar as soluções existentes no mercado, e a sua avaliação pode ser vista na figura 6.1.

Devido a algumas decisões de projeto tomadas que se prendem também com a duração temporal do mesmo, o *Airth* surge como uma trotineta puramente mecânica cuja propulsão é feita pelo seu utilizador pelo que, existem alguns dos indicadores utilizados no *benchmarking* que não são aplicáveis.

6.2 Comunicação e imagem do *Airth*

É importante que o *Airth* como produto seja bem comunicado/divulgado junto do potencial mercado. Do ponto de vista da comunicação do produto, existem inúmeras

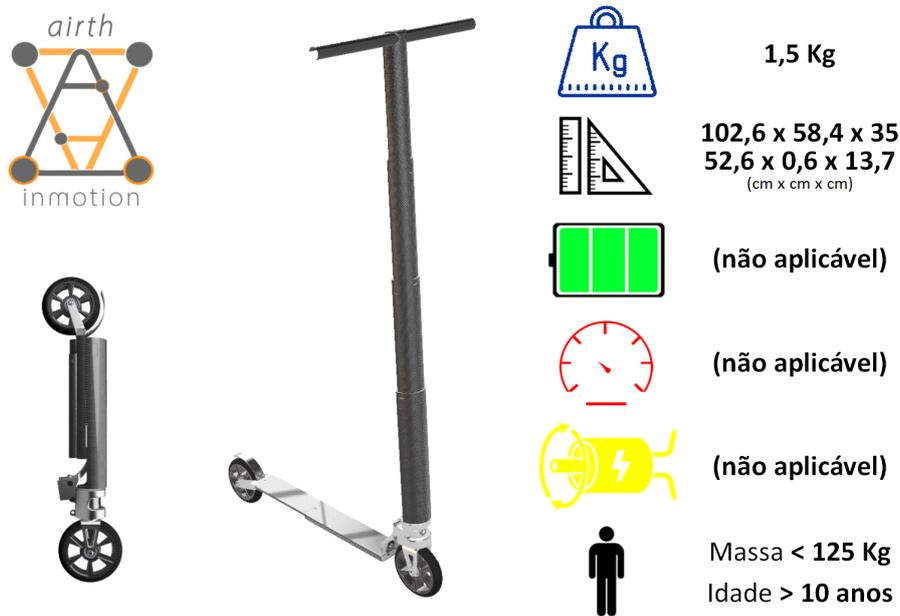


Figura 6.1: Indicadores de desempenho do *Airth*

estratégias que podem ser delineadas com recurso a infinitas ferramentas. A proposta de trabalhos, nessa matéria, para o *Airth* é:

- A criação de uma marca e o respetivo logo, bem como a sua contextualização;
- A utilização do foto realismo como forma de divulgação do produto;
- O fabrico de um protótipo físico de aspeto (à escala) como forma de comunicação das soluções técnicas encontradas;
- A criação de um serviço que pode ser fornecido em conjunto com o produto.

6.2.1 *Branding*

A criação de uma marca e atribuição de um nome ao produto são cruciais na sua comunicação. Este é um processo criativo e extremamente exigente, pois deve conseguir refletir-se os valores e a “alma” do produto sob a forma de um nome, logo, imagem, entre outros.

O processo de *branding* é algo complexo e que assume uma importância extrema no sucesso de uma empresa/produto. Este processo é simplificado, dado que não faz parte dos objetivos principais do presente trabalho, muito embora se considere relevante que este seja abordado e desenvolvido.

6.2.1.1 A marca: nomenclatura

A marca criada assume o nome de *Airth in Motion*, vulgarmente designado *Airth* acima. Este nome surge após um estudo sobre o que poderia ser associado, verbalmente, ao produto: a combinação dos termos *air* e *earth* resulta numa palavra com uma fonética equilibrada, que se considera que não é esquecida pois o som “th” se propaga no tempo. A ideia é transmitir que o produto é leve e flui (tal como o “ar”), sendo um meio de

transporte terrestre e amigo do ambiente (terra). “*in Motion*” é o mote da marca, que assume vários sentidos: o estado de “em movimento” do utilizador; o facto de o mundo se encontrar em constante movimento (e o movimento do próprio planeta); as pessoas são cada vez menos sedentárias, ou seja, encontram-se em movimento constante por vários motivos (lazer ou trabalho); *in* pode ainda sugerir *innovation*, o que enquadra o produto no meio da inovação tecnológica.

6.2.1.2 A marca: logótipo

O logo (ou, neste caso, logótipo) é a imagem da marca, sendo uma das principais ferramentas na sua criação (*branding*). O logo da *Airth in Motion* pode ser visto na figura 6.3 e foi criado com base na simplicidade, tendo o objetivo de transmitir movimento, *green thinkings*, aludindo à ciência por meio da sua combinação geométrica: o hexágono que se forma no centro pela sobreposição dos dois triângulos pretende provocar a lembrança da fibra de carbono (sendo uma representação gráfica da sua estrutura).

A simbologia por detrás do logo são os símbolos clássicos dos elementos “ar” e “terra” da alquimia, representados na figura 6.2. No conceito simbólico do “ar”, é possível ver, de forma camuflada, o perfil/silhueta de uma trotineta. No caso do símbolo do elemento “terra”, este apresenta também os conceitos anteriores (já que surge a partir da simetria segundo os eixos horizontal e vertical) e permite que exista um jogo de cores mais interessante, criando estabilidade na imagem final. Concetualmente, o elemento “terra” no logo remete à estabilidade, pois está voltado para baixo.

O desenvolvimento do presente logótipo ilustrado na figura 6.3 é realizado com recurso ao *software* de desenho vetorial *Adobe Illustrator CC 2018*.



Figura 6.2: Símbolos dos elementos AR (à esquerda) e TERRA (à direita) utilizados na alquimia clássica

6.2.2 Foto Realismo (*rendering*)

O foto realismo é uma ferramenta de comunicação utilizada para apresentar o produto, quando este se encontra ainda em fase virtual. O seu potencial é imenso, pois permite integrar o produto no seu ambiente de utilização, interagindo virtualmente com o utilizador, de uma forma barata e eficiente. Permite ainda a realização de catálogos, ou outras ferramentas de divulgação do produto que de outra forma envolveriam custos e tempos de espera superiores na sua execução.

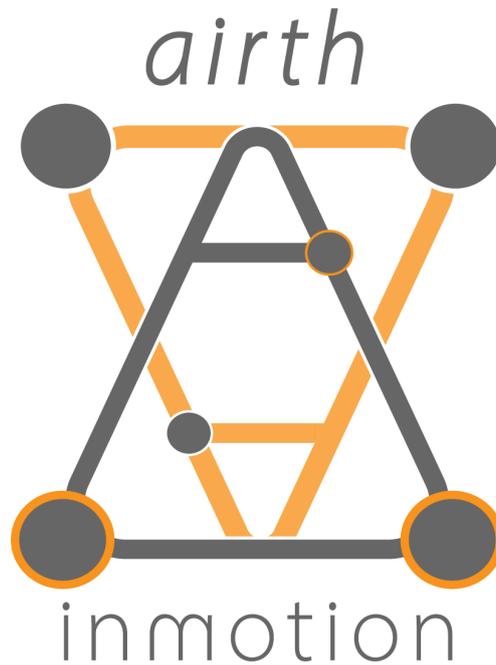


Figura 6.3: Logótipo da *Airth in Motion*

O *Airth* em ambiente neutro encontra-se na figura 6.4 na sua forma compacta e na figura 6.5 aberto e ambas as imagens foram obtidas com recurso ao *Fusion 360*. No caso da imagen 6.6, em que o *Airth* é inserido num ambiente real, esta é obtida com recurso ao *SolidWorks*.

6.2.3 Prototipagem

O produto, após o projeto de detalhe, encontra-se pronto para prototipar e, eventualmente, industrializar o seu processo de fabrico e montagem após algumas fases de teste, produção de amostras e refinamento.

Este processo permite obter um produto sob a forma de protótipo, cujos custos e tempos de fabrico são reduzidos. O protótipo que se pretende obter no âmbito do presente projeto é de aspeto, no qual também se pretendem ver concretizadas algumas funções que são a base do conceito.

No presente projeto, o protótipo é obtido por meio de um processo de fabrico aditivo que, nos dias de hoje, tende a ser cada vez mais difundido e banalizado: impressão a três dimensões. Pretende-se que o protótipo de aspeto seja uma ferramenta de comunicação e desempenhe duas funções principais: perceber e testar as funções implementadas de dobragem, montagem e desmontagem e os principais mecanismos, tendo em conta que este se trata de uma miniatura e não é possível ser utilizado enquanto veículo; transmitir de uma forma clara as formas do objeto.

6.2.3.1 Processo de prototipagem

O protótipo virtual, obtido a partir do *Fusion 360* encontra-se já concluído e é a partir deste que se parte para o fabrico do protótipo físico (impresso). O *software* utilizado na

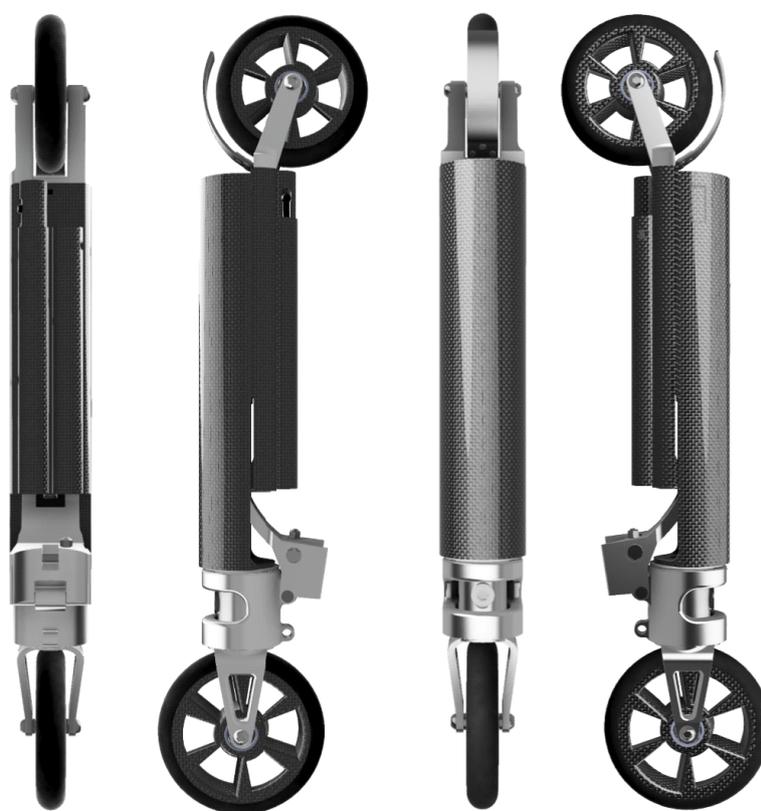


Figura 6.4: O *Airth* dobrado em ambiente neutro



Figura 6.5: O *Airth* aberto em ambiente neutro

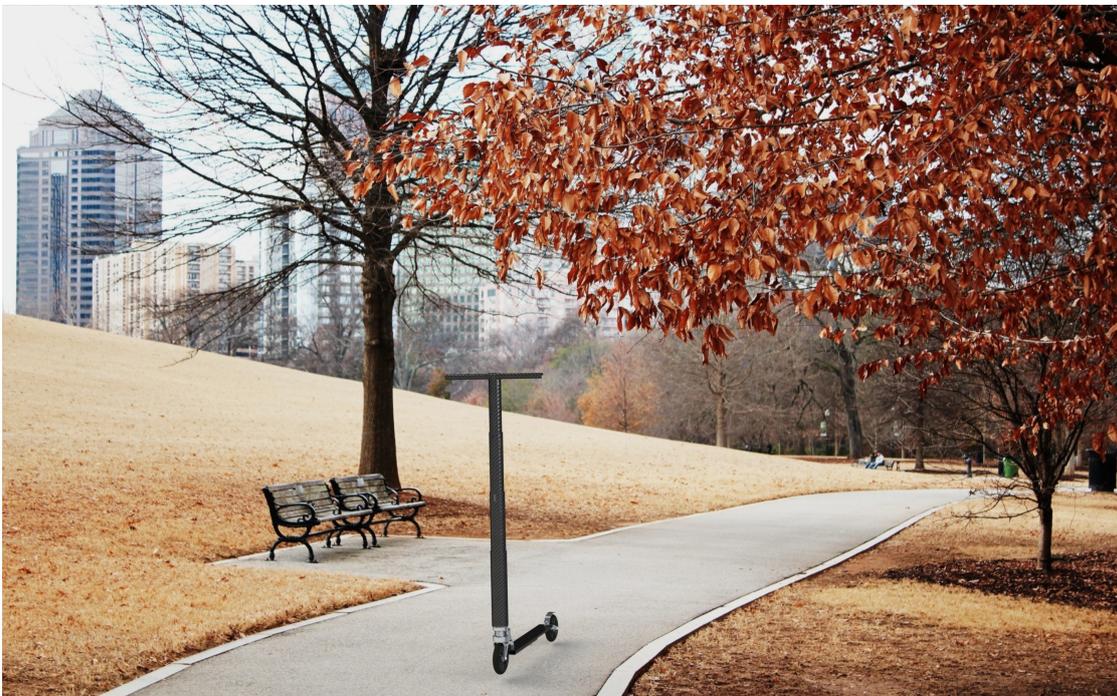


Figura 6.6: O *Airth* aberto em ambiente real

modelação permite a exportação direta para os pós processadores de impressão utilizados, o *Ultimaker Cura* e o *BEE SOFT 4.0*, a partir do modelo gravado em formato *STL*. Tratam-se de programas que permitem gerar o ficheiro de código G, interpretado pelos processadores dos vários equipamentos, nomeadamente os utilizados: *hello BEE prusa* e a *BEETHEFIRST* da *BEEVERYCREATIVE* e a *Ultimaker 3* da *Ultimaker*¹.

A impressão do *Airth* é feita à escala de 1:2 e o material selecionado é um polímero - filamento de poliácido láctico (PLA) com 1.75 mm de diâmetro. Este material é o mais barato que se encontra atualmente no mercado para este efeito e satisfaz as necessidades das funções descritas acima. As configurações de impressão estão já predefinidas pelo



Figura 6.7: Equipamentos utilizados na execução do protótipo: *BEETHEFIRST* à esquerda, *HELLOBEEPRUSA* ao centro e *Ultimaker 3* à direita

Cura de acordo com a impressora e o material selecionados. Contudo, algumas foram ajustadas de acordo com a geometria das várias peças² por forma a otimizar o processo e obter peças com melhor acabamento. É possível verem-se algumas das peças após impressão, em estado bruto na figura 6.8.

O protótipo final, após o processo de acabamento encontra-se representado na figura 6.9 dobrado e na figura 6.10 aberto. Os processos de acabamento prendem-se essencialmente com a lixagem das superfícies para eliminar os defeitos inerentes ao processo de impressão (sobreposição das camadas) por forma a que se possam montar as peças e, em alguns casos, haver o deslizamento entre elas. A fragilidade das peças obtidas, inerente ao material selecionado para o seu fabrico (PLA) fez com que algumas ficassem danificadas durante o processo de montagem, pelo que as funções que se pretendem demonstrar com o protótipo não estão todas asseguradas.

6.2.4 O serviço associado ao produto

O *Airth* é um produto, conforme já descrito, de elevada portabilidade. O facto de não estar munido de um sistema auxiliar de transmissão cria uma barreira entre ele e alguns

¹O acesso a estes equipamentos foi feito por meios pessoais no caso da *BEETHEFIRST* e, no caso das demais, por intermédio do *MediaLab* do *American Corner* da Biblioteca da Universidade de Aveiro (ver figura 6.7).

²No caso de peças com elevado comprimento (dimensão no eixo Z) como, por exemplo, as peças que constituem a coluna de direção, é aconselhável a utilização de uma base de adesão com maior área, pelo que nessas situações se utilizou a opção *Brim* em vez de *Skirt*.

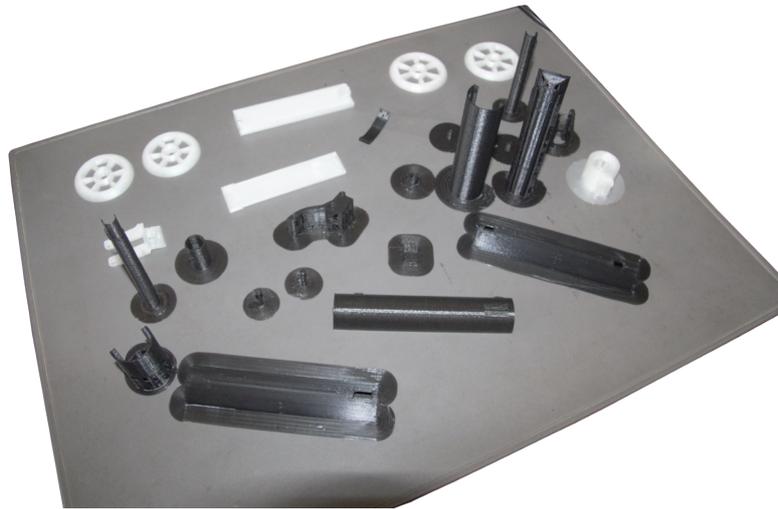


Figura 6.8: Peças obtidas através de impressão tridimensional



Figura 6.9: Protótipo físico (impressão 3D) do *Airth* dobrado



Figura 6.10: Protótipo físico (impressão 3D) do *Airth*

dos potenciais utilizadores, uma vez que implica esforço físico na sua utilização. Contudo, a inclusão de um sistema de transmissão auxiliar, embora acarrete inúmeras vantagens como o aumento do potencial mercado e a versatilidade de utilização do próprio produto, pode implicar custos elevados do ponto de vista da massa total e volumetria do produto.

Assim, surge a proposta de desenvolvimento de um *add on* que surge na forma de um *add in*, ou seja, um equipamento adicional que é incorporado por meio de um serviço - um sistema de propulsão/transmissão auxiliar (elétrico) que consiste, do ponto de vista ideológico, num conjunto que possa ser fácil e rapidamente acoplado ao *Airth*.

Por forma a não comprometer as dimensões, massa e, eventualmente, o custo do produto, esta solução adicional poderia ser adquirida de forma separada ou, numa situação ideal, utilizada apenas se e quando necessária. Neste caso, a proposta de um serviço passaria pela criação de uma rede com vários pontos de entrega e recolha destes equipamentos que poderiam ser requisitados, por exemplo, por meio de uma aplicação para dispositivos móveis, pelo período necessário e no local mais conveniente para o utilizador. A título de exemplo, imagine-se que o utilizador do *Airth* se encontra a viajar, e estará em Aveiro num determinado período: ele pode, por meio da aplicação móvel, requerer a utilização de um *pack* durante esse período, podendo assim levanta-lo no ponto de

recolha e entrega-lo, após esse período, no mesmo local, pagando apenas o aluguer do equipamento.

Parte III
Conclusões

Capítulo 7

Conclusões

A título conclusivo do presente trabalho pretende-se enunciar alguns dos principais problemas encontrados, fazer uma reflexão sobre o resultado final do mesmo e ainda propor algumas melhorias futuras a estudar/implementar no produto.

7.1 Problemas encontrados

Uma das mais importantes análises a fazer após o desenvolvimento do projeto é a listagem e descrição dos principais problemas encontrados que se segue, de uma forma muito sucinta.

1. Inquérito realizado acerca dos requisitos dos clientes, no âmbito da implementação da análise QFD:
 - (a) O número de respostas obtidas é muito reduzida, pelo que não pode considerar-se que tenha representatividade suficiente. O facto de o projeto ter um enquadramento temporal e se tratar de um caso de estudo, justifica o ultrapassar essa etapa tomando como válidos os resultados obtidos com a amostragem reduzida.
 - (b) No inquérito realizado numa primeira fase encontram-se problemas como a ausência das questões relativas aos requisitos do ponto de vista disfuncional e a lista de especificações é muito reduzida;
 - (c) A utilização da plataforma *SurveyMonkey* no primeiro inquérito realizado revelou-se uma má opção, dado que esta interrompeu, num dado momento, o recolher das respostas, o que provocou a perda de dados. Isto demonstra que a sua fiabilidade é muito baixa e deve ser evitada, pelo que se tomou como válidas as respostas coletadas através do *Google Forms*.
2. Utilização do *software Fusion 360*:
 - (a) Dado que é um *software* muito recente, o *Fusion 360* apresenta alguns problemas que foram reportados à *Autodesk* durante o desenvolvimento do projeto, como o facto de ter sido necessário desinstalar o programa, fazer a limpeza completa e reinstalá-lo com uma frequência semanal, devido à sua incapacidade de atualização automática.

- (b) Na realização do *assembly*, o *software* revela alguns *bugs* quando é necessário proceder à atualização dos componentes e estes têm interdependências com os demais componentes (*joints*).

3. Prototipagem

- (a) O processo de prototipagem por impressão tridimensional revela-se um processo muito lento devido à falta de fiabilidade dos equipamentos e do próprio processo. O assegurar da qualidade das peças obtidas por este processo é difícil e requer formação e experiência com o manuseamento dos mesmos, bem como na geração do programa de impressão (*slicing*). Um dos problemas principais foi o entupimento sucessivo do extrusor de um dos equipamentos
- (b) As peças obtidas por impressão tridimensional tiveram que ser, todas elas, alvos de re trabalhos e/ou processos de acabamento, por forma a poderem ser montadas no conjunto.
- (c) A fragilidade das peças obtidas, inerente às suas dimensões, geometria e ao material em que foram fabricadas, originou problemas no protótipo final que apresenta algumas peças danificadas (partidas), o que inviabiliza a demonstração das suas funções em pleno.

7.2 Reflexão sobre o resultado

O principal resultado do presente estudo é o produto desenvolvido. Do ponto de vista do desempenho do mesmo, pode dizer-se que, o facto de a sua massa total se situar abaixo das 1500 *g* é um aspeto positivo, ainda que seja puramente mecânica e, por esse motivo, não possa ser devidamente comparada com as soluções concorrentes analisadas. As dimensões gerais do *Airth* quando fechado são muito reduzidas e este é passível de ser transportado, numa bagagem de mão sujeita às limitações usuais pelas companhias aéreas, o que representa o cumprimento de uma das metas propostas.

O protótipo obtido não permite demonstrar todas as funções pretendidas mas, através do seu fabrico, o autor considera que alargou conhecimentos no que diz respeito ao fabrico por impressão tridimensional.

7.3 Propostas de futuros trabalhos no *Airth*

Existem algumas propostas que não foram desenvolvidas no presente trabalho e que foram consideradas ao longo do seu desenvolvimento.

7.3.1 Mecanismo de rebatimento das rodas

De acordo com o conceito selecionado (ver imagem 3.10), este apresenta um mecanismo que permite rebater as rodas em 90° para o plano da secção da tábua (no caso da roda traseira) e da secção da coluna de direção (no caso da roda frontal). Este mecanismo acarreta um desafio elevado a nível de projeto e são postas em análise várias soluções construtivas.

Primeiramente, considera-se desenvolver um mecanismo de dobragem inspirado nos *headphones* da *Sony*, que podem ser vistos na figura 7.1. O ponto interessante deste

mecanismo é o facto de permitir, para além de fazer o rebatimento num plano a 90° , alterar a distância a que o centro da roda se encontra da tábua - o facto de a roda se encontrar ligeiramente mais afastada da tábua na posição de utilização, traduz-se em ganhos de conforto e estabilidade, permitindo que se possam ultrapassar obstáculos de maior dimensão não prejudicando a compacidade final do conjunto. Outra proposta



Figura 7.1: *Headphones* dobráveis da *Sony*

posta em análise é a utilização de uma solução construtiva do tipo calha, que permite que o conjunto roda e o seu respetivo eixo rodem 90° , permitindo o rebatimento da mesma no plano paralelo à secção da coluna (e dos demais elementos). Ainda assim, a natureza deste elemento pode passar por: um rolamento, ou parte de um rolamento (cerca de $\frac{1}{4}$ do seu perímetro); uma guia linear de trajetória curva (que, ainda assim, pode assumir diferentes configurações). O rolamento prevê utilizações com ciclos elevados, pelo que não se aplica ao produto em desenvolvimento, já que a utilização deste mecanismo será esporádica, apenas quando se pretende compactar ou descompactar o equipamento.

7.3.2 Eixos de aperto rápido nas rodas

A inclusão de eixos de aperto rápido nas rodas pode permitir, em situações mais extremas, que estas sejam desmontadas do veículo e este atinja, desta forma, um nível de compactação mais elevado.

O sistema inserido é semelhante ao vulgarmente encontrado nas rodas das bicicletas (ver figura 7.2), constituído por uma porca (recartilhada) e um veio roscado que atravessa o próprio eixo da roda, com um manípulo que assume a forma de uma came que é responsável pelo aperto.



Figura 7.2: Soluções construtivas - Imagem exemplo de um sistema de aperto rápido utilizado em rodas de bicicletas

7.3.3 Refinamento na seleção dos materiais dos componentes

Um dos trabalhos de melhoria que pode ser implementado no *Airth*, passa pela seleção de componentes *standard* diferentes dos convencionais selecionados. A proposta é fazer o estudo da utilização de rolamentos, parafusos, porcas e anilhas em materiais poliméricos¹, o que se considera que pode resultar em melhorias ao nível da massa global do conjunto.

Outra proposta que afetaria os componentes estruturais *non-standard* que, no presente projeto, se apresentam com sendo fabricados na liga de alumínio 7075 passa pelo estudo das mesmas em ligas de magnésio dado que este é um material utilizado nos componentes estruturais para *skate* mais leves do mercado²

¹A título de exemplo, considerem-se os componentes fabricados e comercializados pela *Igus*.

²Veja-se, como exemplo, os *trucks* fabricados e comercializados pela *Tensor*.

Bibliografia

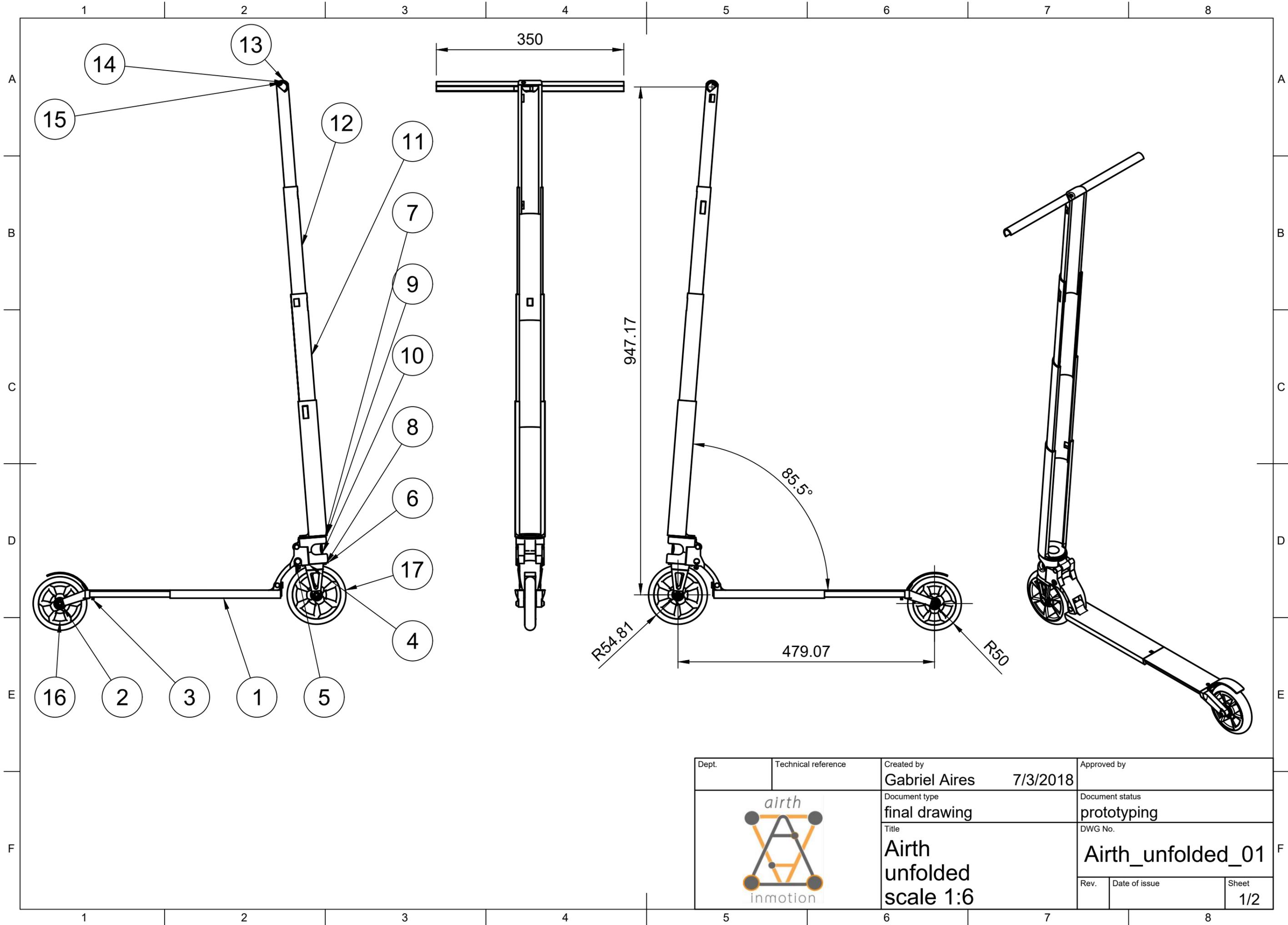
- [1] European Travel Commission, “European Tourism - Trends & Prospects | Quarterly Report Q1/2017,” Tech. Rep. April, 2016.
- [2] L. C. Hale, *Principles and Techniques for Designing Precision Machines*. PhD thesis, 1999.
- [3] M. Sheller, “Mobility,” *Sociopedia*, 2011.
- [4] R. Chin, “Rethinking urban mobility,” in *TEDxBoston*, 2009.
- [5] Turismo de Portugal, “BUGAs - Bicicletas Gratuitas de Aveiro,” 2017.
- [6] The Tourism Society, “Tourism Definitions,” tech. rep., 2010.
- [7] 7^a Conferência de Ministros Europeus responsáveis pelo desporto, “Carta Europeia do Desporto,” 1992.
- [8] C. Relvas, *Design & Engenharia - Da Ideia ao Produto*. Publindústria, 2017.
- [9] K. T. Ulrich and S. D. Eppinger, *Product Design and Development*. McGraw-Hill Higher Education, 4th ed., 2011.
- [10] P. Roberto, S. Ussui, and M. Borsato, “Sustainability Indicators for the Product Development Process in the Auto Parts Industry,” in *20th ISPE International Conference on Concurrent Engineering*, p. 13, 2013.
- [11] V. B. G. Campos, “Uma Visão da Mobilidade Urbana Sustentável,” tech. rep., 2015.
- [12] World Business Council for Sustainable Development, “SMP2.0 - Methodology and indicator calculation method for sustainable urban mobility,” tech. rep., WBCSD, 2015.
- [13] Airbus Corporate Answer to Disseminate Environmental Management System, “Design for Environment,” tech. rep., ACADEMY, 2008.
- [14] D. M. Crul, M. J. Diehl, Delft University of Technology, and Faculty of Industrial Design Engineering, *Design for Sustainability: A Practical Approach for Developing Economies*. 2006.
- [15] C. Coelho, M. Bastos, C. Pires, and S. Pinto, *Criar e Consolidar Empresas (G)Locais passo a passo*. 2011.

-
- [16] Comissão das Comunidades Europeias, *Livro verde - Espírito Empresarial na Europa*. Bruxelas: DG Empresas, 2003.
- [17] Makamba Online, “Steps to write a business plan,” 2017.
- [18] P. R. S. Pindyck, “Lecture Notes on Market Definition and Concentration,” *Industrial Economics for Strategic Decisions - MIT*, 2012.
- [19] D. U. Stumpf, D. S. S. Martins, P. Alexiadis, D. Dillon, M. Cole, P. P. P. Barros, and P. D. M. C. Cave, “Methodologies for market definition and market analysis - Report for ICP-ANACOM,” tech. rep., 2003.
- [20] IAPMEI I.P. - Agência para a Competitividade e Inovação, “Benchmarking e Boas Práticas,” 2017.
- [21] Decathlon France SAS, “Decathlon | Loja Online,” 2017.
- [22] MonoRover, “MonoRover R4+,” 2017.
- [23] Loaded Inc, “Loaded Boards Longboards,” 2017.
- [24] Boosted Boards, “Electric skateboard | Boosted boards,” 2017.
- [25] Crazyfire Tech Co Ltd, “ZAR - CRAZYFIRE,” 2017.
- [26] E. S. Singapore, “INFINITY Electric Scooter,” 2017.
- [27] Bolt Motion, “Bolt - The Most Portable Electric Skateboard,” 2017.
- [28] Linky Innovation, “Linky Innovation - Freedom in your bag,” 2017.
- [29] International Standard Organization, “ISO 9001:2015 How to use it,” 2015.
- [30] D. A. Garvin, “Competing on the Eight Dimensions of Quality,” *Harvard Business Review*, 1987.
- [31] E. Sauerwein, F. Bailom, K. Matzler, and H. H. Hinterhuber, “The kano model: How to delight your customers,” vol. 1, 01 1996.
- [32] J. Medlej, “Human Anatomy Fundamentals: Basic Body Proportions,” *Envatotus+*, 2013.
- [33] A. DiDomenico and M. A. Nussbaum, “Estimation of forces exerted by the fingers using standardised surface electromyography from the forearm,” *Ergonomics*, vol. 51, no. 6, pp. 858–871, 2008. PMID: 18484400.

Apêndice A

Desenhos de conjunto e lista de peças do *Airth*

O presente anexo inclui os desenhos bidimensionais de conjunto do *Airth* aberto e fechado, bem como a lista de peças ou subconjuntos do mesmo.



Dept.	Technical reference	Created by Gabriel Aires	7/3/2018	Approved by
	Document type final drawing	Document status prototyping		
	Title Airth unfolded scale 1:6	DWG No. Airth_unfolded_01		
		Rev.	Date of issue	Sheet 1/2

A

A

Parts List				
Item	Qty	Part Number	Description	Material
1	1	01_airth_boardassy_01_frtprt		
2	1	02_airth_boardassy_centralpart_01		
3	1	04_airth_boardassy_boardcover_01		
4	1	02_airth_neck		
5	1	03_airth_head_locker		Stainless Steel
6	1	01_airth_head_assy		
7	1	Headset_top_01		Steel
8	1	00_airth_fork_assy_02		
9	1	01_airth_steeringc		
10	1	03_airth_steeringcvsfork_bolt_locker		Steel
11	1	02_airth_steeringc		
12	1	03_airth_steeringc		
13	1	04_airth_steeringc		CFRP
14	1	01_airth_handlebar_left		
15	1	02_airth_handlebar_right		CFRP
16	1	03_airth_boardassy_wheel_rear_02		
17	1	04_airth_wheel_front		

B

B

C

C

D

D

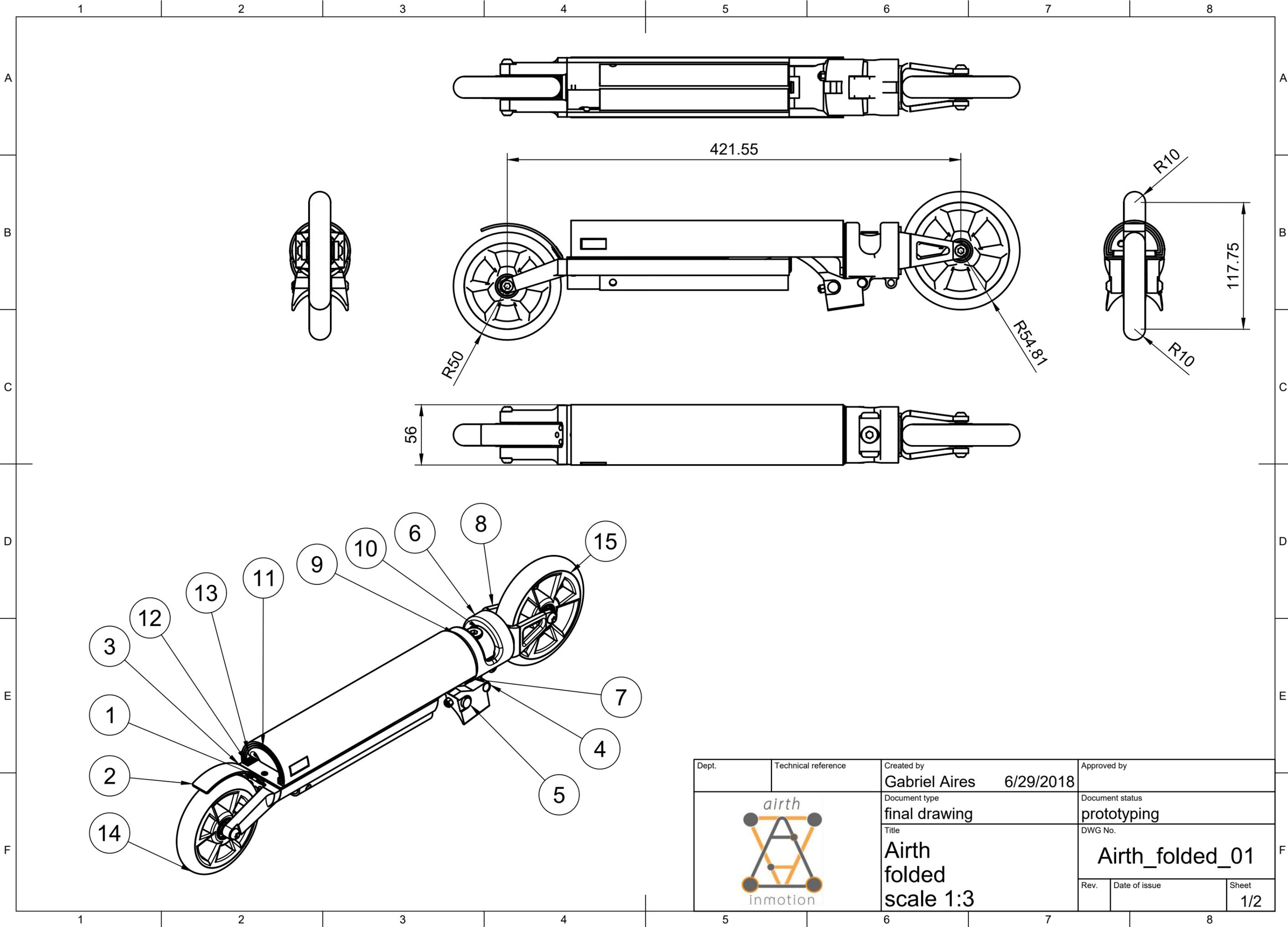
E

E

F

F

Dept.	Technical reference	Created by Gabriel Aires 7/3/2018	Approved by
		Document type final drawing	Document status prototyping
		Title Airth unfolded scale 1:6	DWG No. Airth_unfolded_01
	Rev.	Date of issue	Sheet 2/2



Dept.	Technical reference	Created by Gabriel Aires 6/29/2018	Approved by
	Document type final drawing	Document status prototyping	
	Title Airth folded scale 1:3	DWG No. Airth_folded_01	
		Rev.	Date of issue

A

A

Parts List				
Item	Qty	Part Number	Description	Material
1	1	01_airth_boardassy_01_frtprt		
2	1	02_airth_boardassy_centralpart_01		
3	1	04_airth_boardassy_boardcover_01		
4	1	02_airth_neck		
5	1	03_airth_head_locker		Stainless Steel
6	1	01_airth_head_assy		
7	1	Headset_top_01		Steel
8	1	00_airth_fork_assy_02		
9	1	Steering_col_01		
10	1	03_airth_steeringcvsfork_bolt_locker		Steel
11	1	02_airth_steeringc		
12	1	03_airth_steeringc		
13	1	04_airth_steeringc		CFRP
14	1	03_airth_boardassy_wheel_rear_02		
15	1	04_airth_wheel_front		

B

B

C

C

D

D

E

E

F

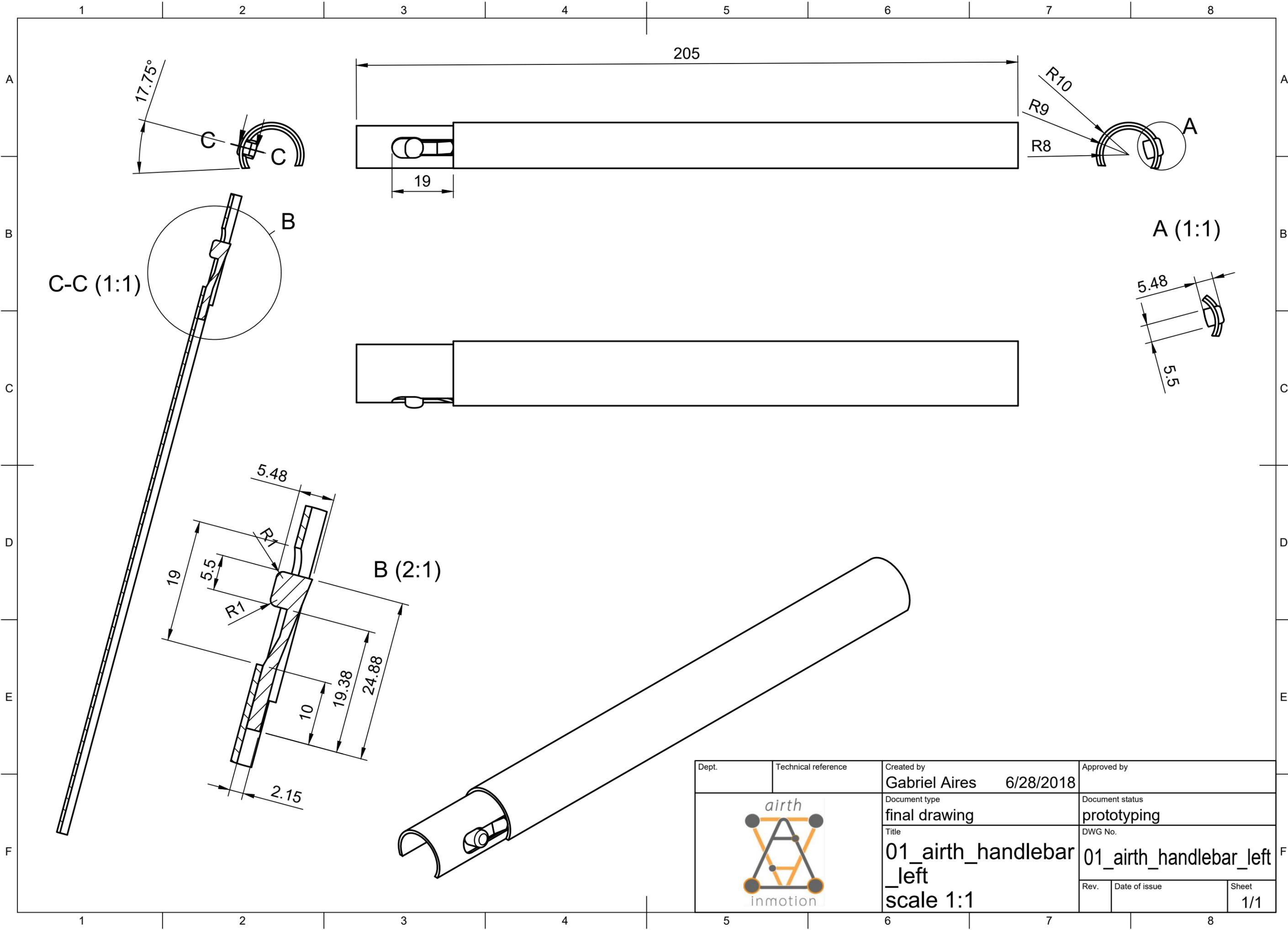
F

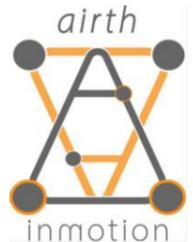
Dept.	Technical reference	Created by Gabriel Aires 6/29/2018	Approved by
		Document type final drawing	Document status prototyping
		Title Airth folded scale 1:3	DWG No. Airth_folded_01
	Rev.	Date of issue	Sheet 2/2

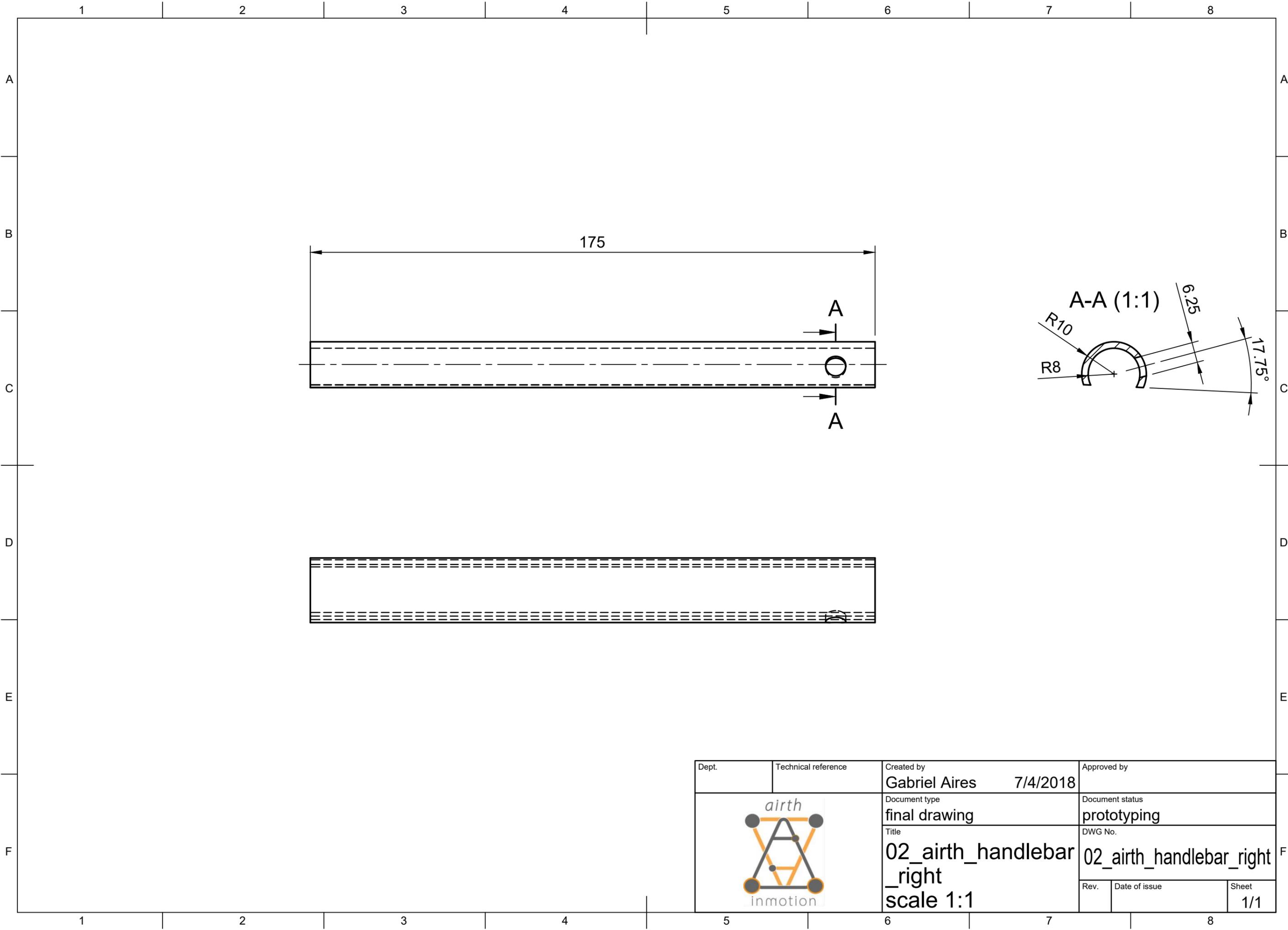
Apêndice B

Desenhos bidimensionais de componentes do *Airth*

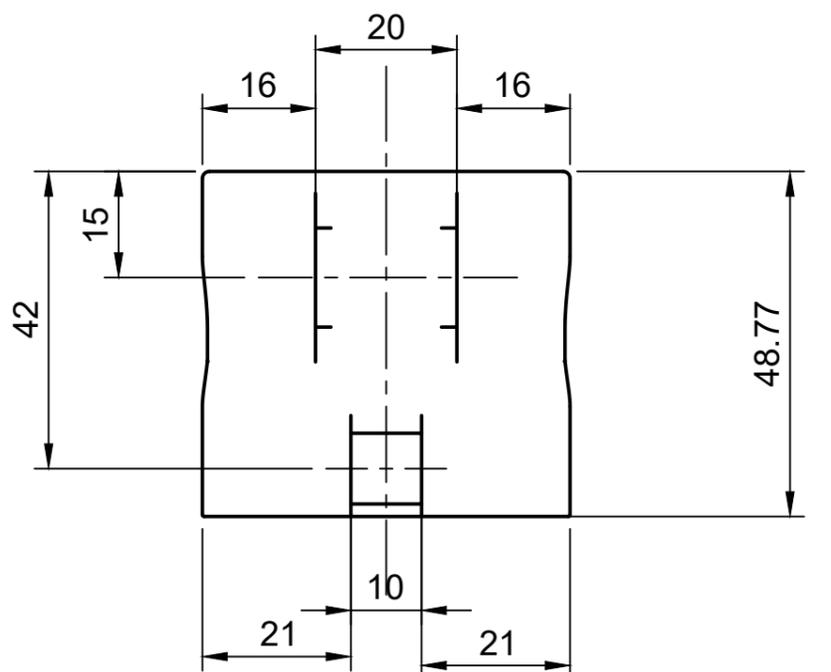
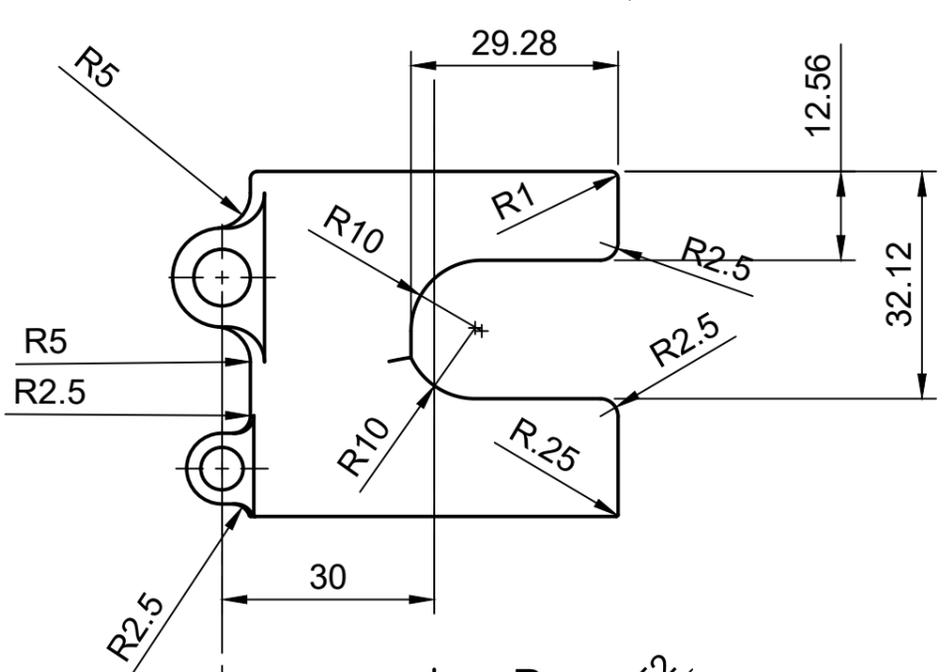
O presente anexo inclui os desenhos bidimensionais de algumas das peças de maior relevância do *Airth*.



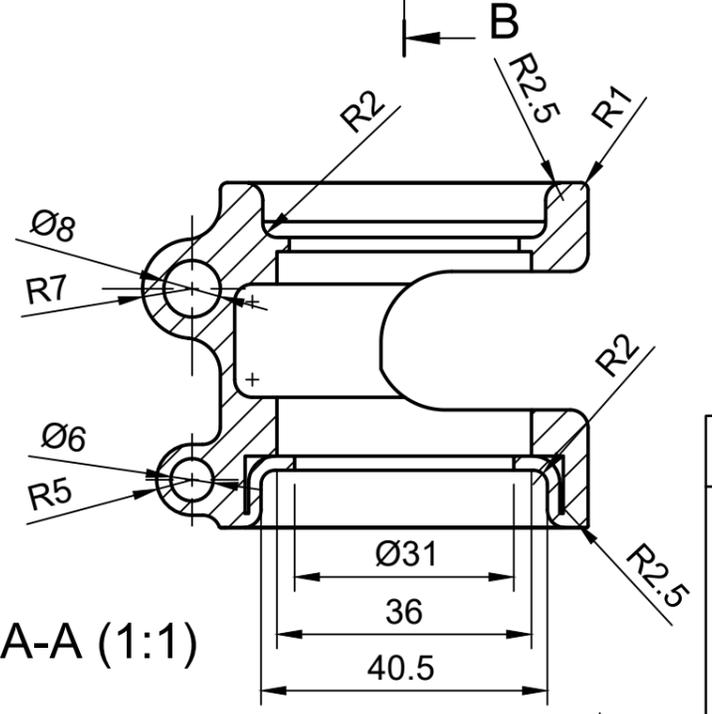
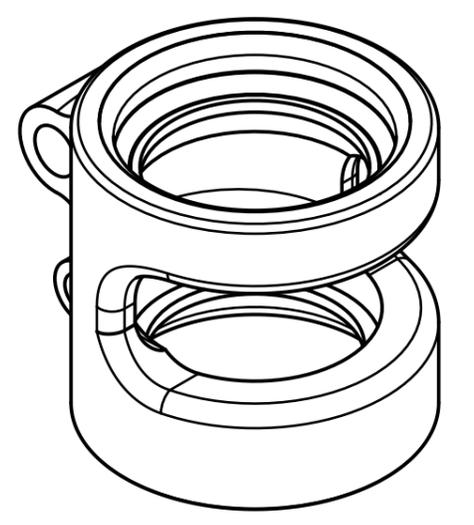
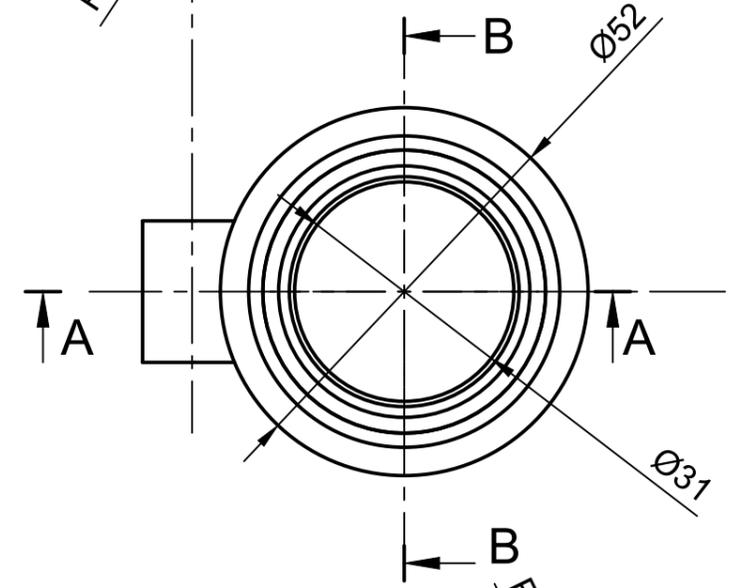
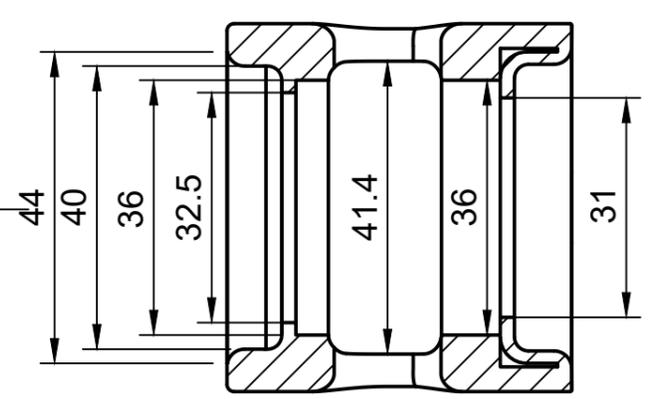
Dept.	Technical reference	Created by Gabriel Aires 6/28/2018	Approved by
	Document type final drawing	Document status prototyping	
	Title 01_airth_handlebar_left scale 1:1	DWG No. 01_airth_handlebar_left	
		Rev.	Date of issue



Dept.	Technical reference	Created by Gabriel Aires 7/4/2018	Approved by
	Document type final drawing	Document status prototyping	
	Title 02_airth_handlebar_right scale 1:1	DWG No. 02_airth_handlebar_right	
		Rev.	Date of issue

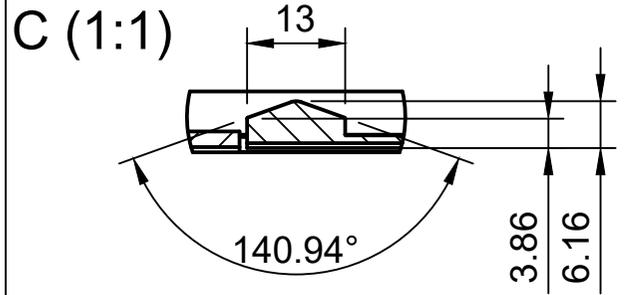
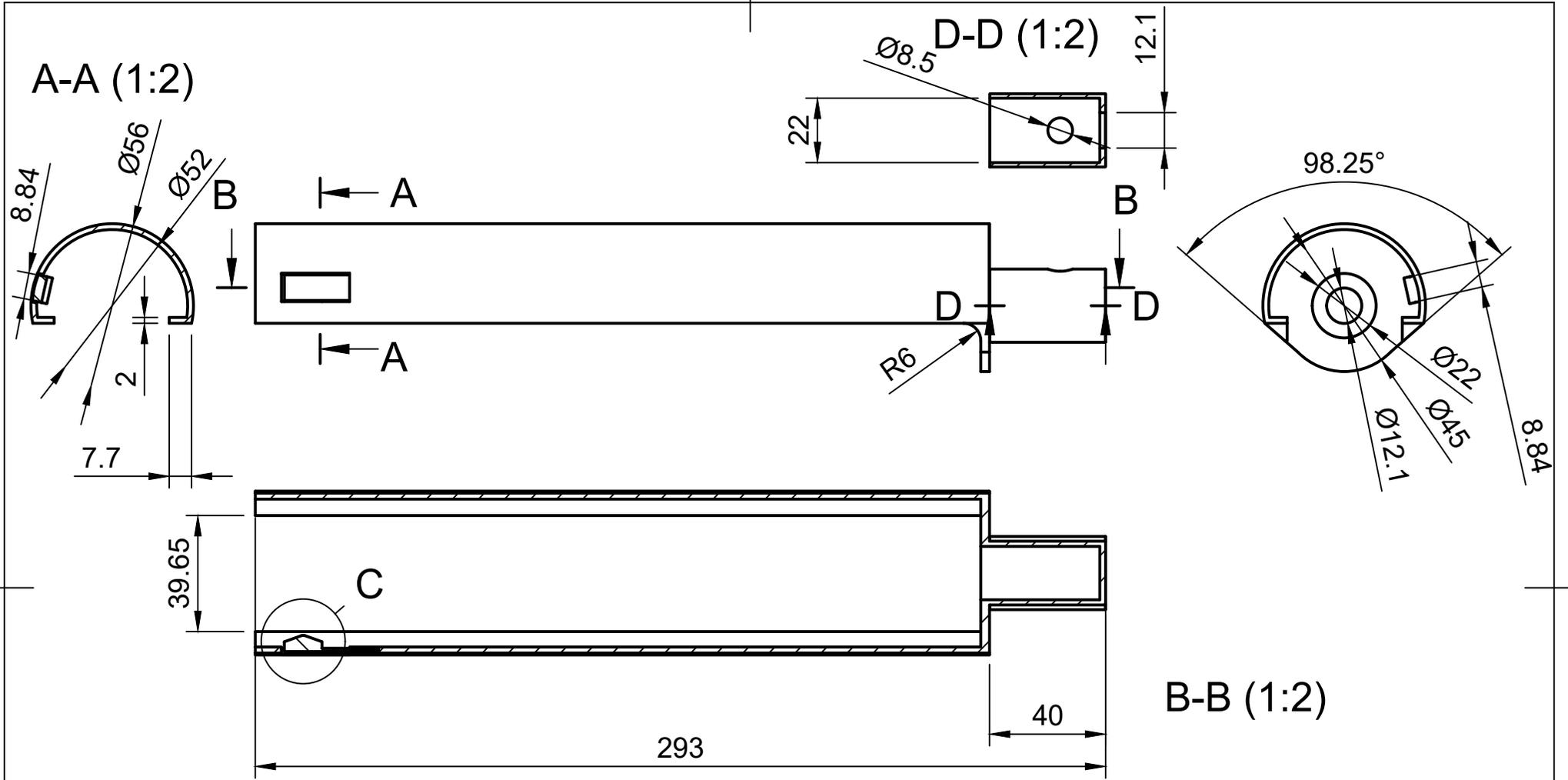


B-B (1:1)

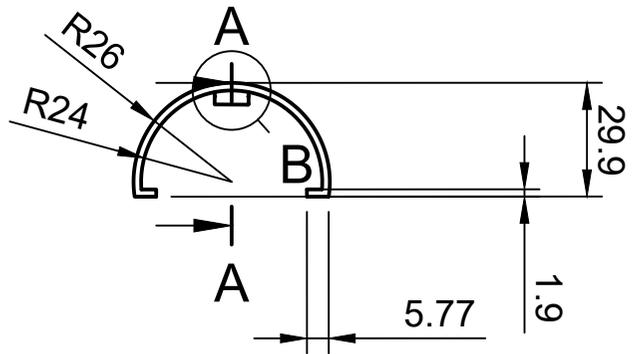


A-A (1:1)

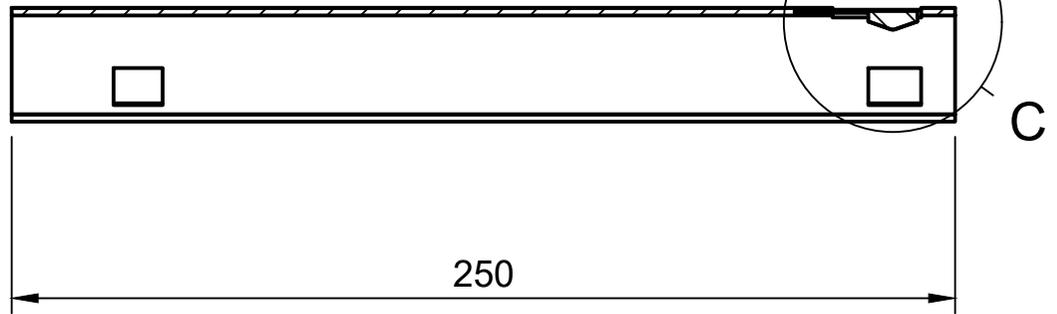
Dept.	Technical reference	Created by Gabriel Aires 6/28/2018	Approved by
	Document type final drawing	Document status prototyping	
	Title headtube material: AA 7075 scale 1:1	DWG No. airth_headtube_01	
	Rev.	Date of issue	Sheet 1/1



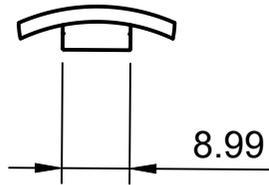
Dept.	Technical reference	Created by Gabriel Aires	6/27/2018	Approved by
	Document type final drawing	Document status prototyping		
	Title airth_steering_col 01	DWG No. airth_steering_col_01		
	scale 1:2	Rev.	Date of issue	Sheet 1/1



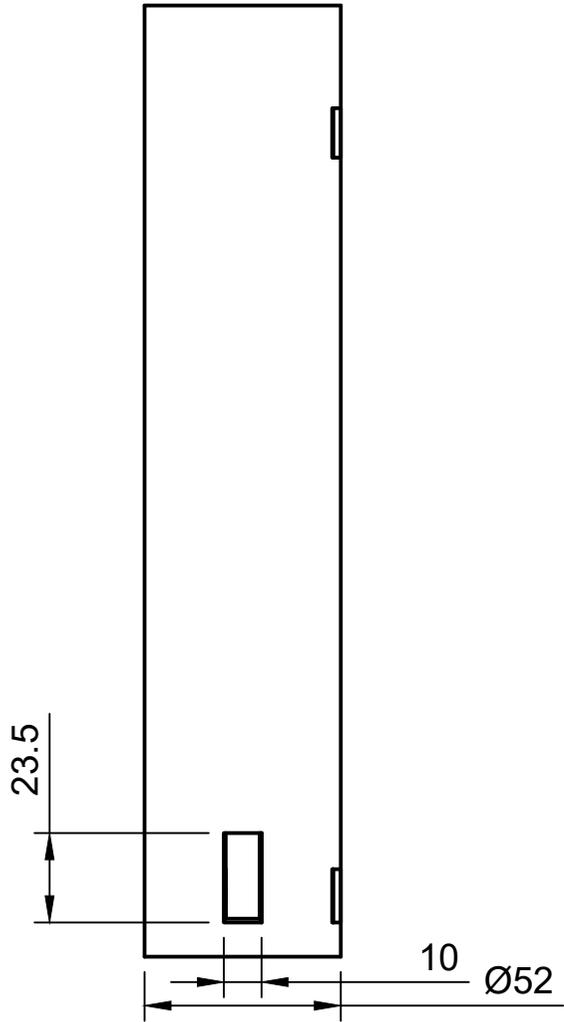
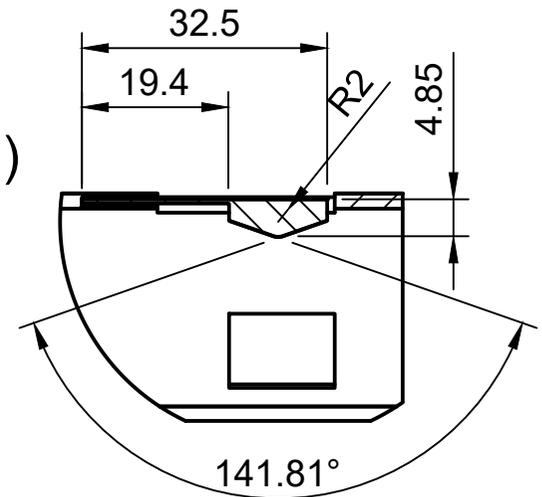
A-A (1:2)



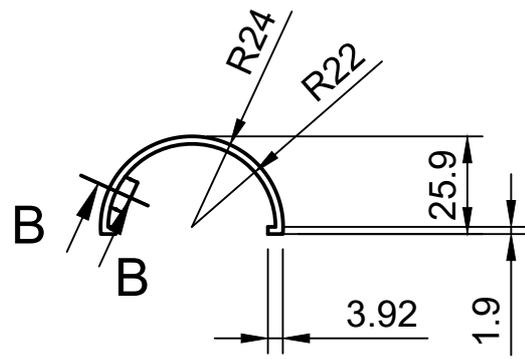
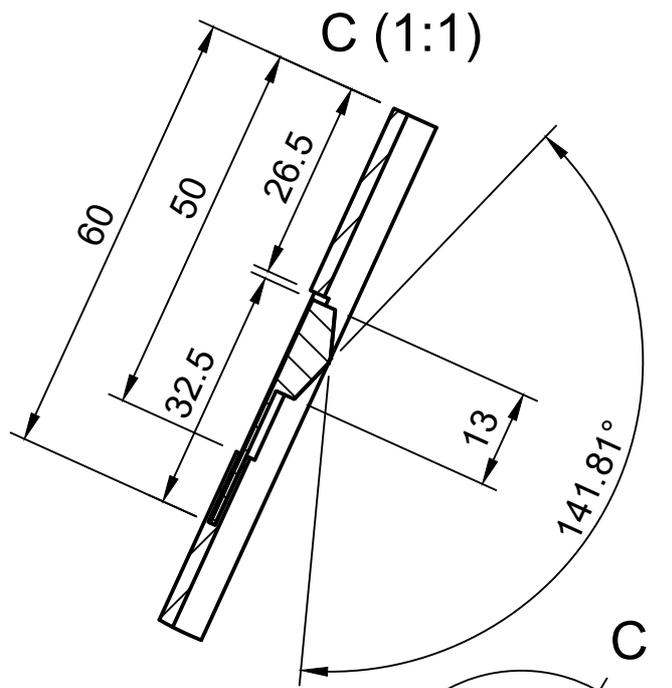
B (1:1)



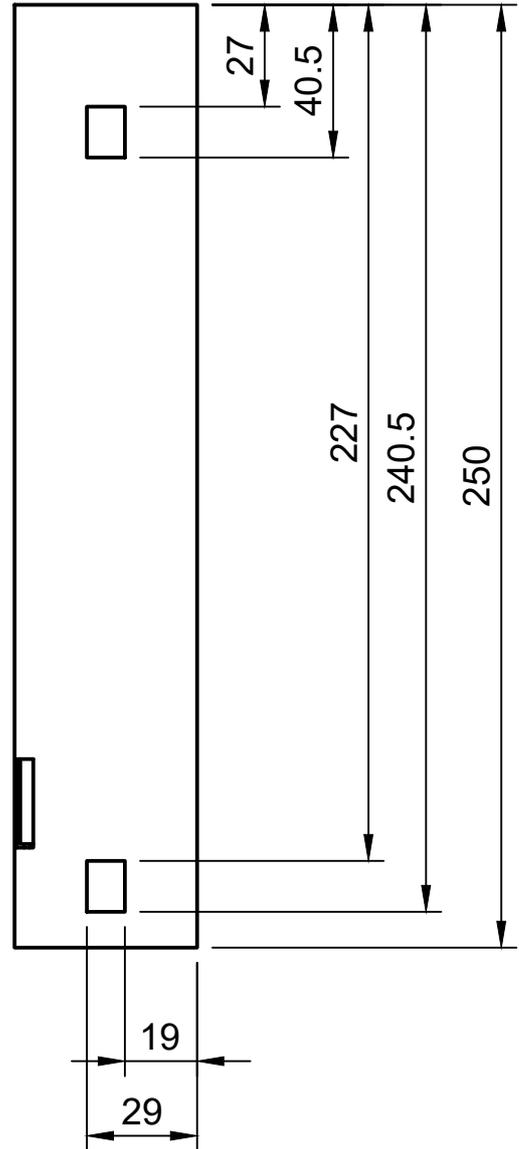
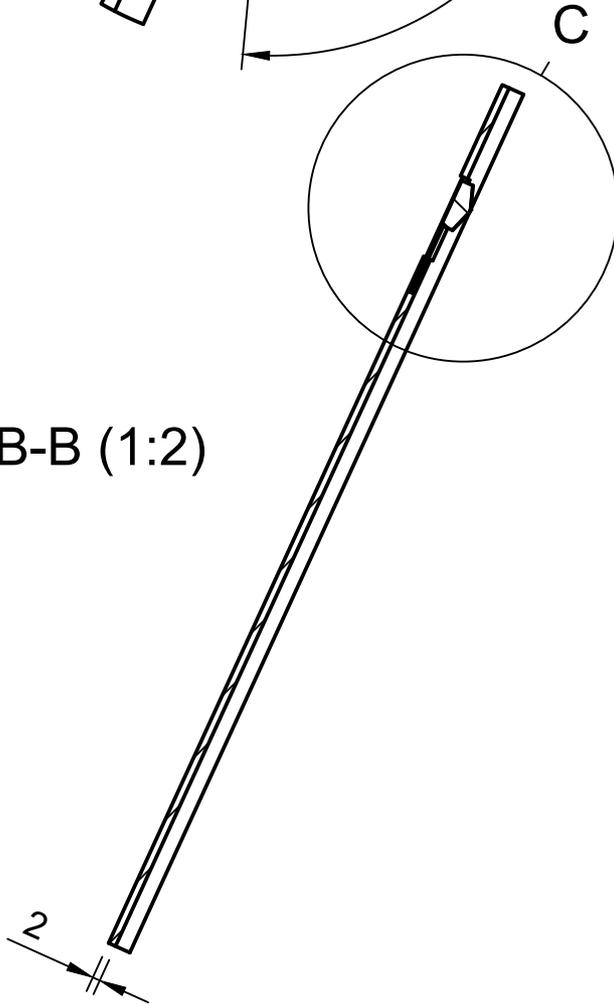
C (1:1)



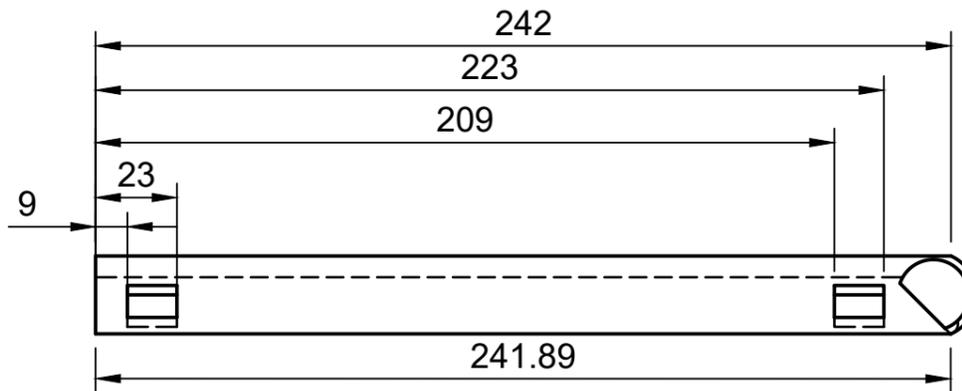
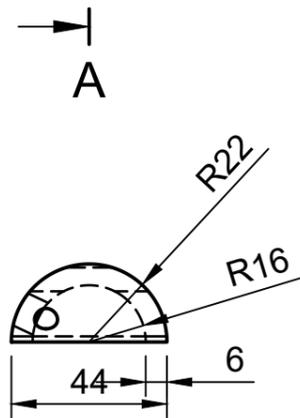
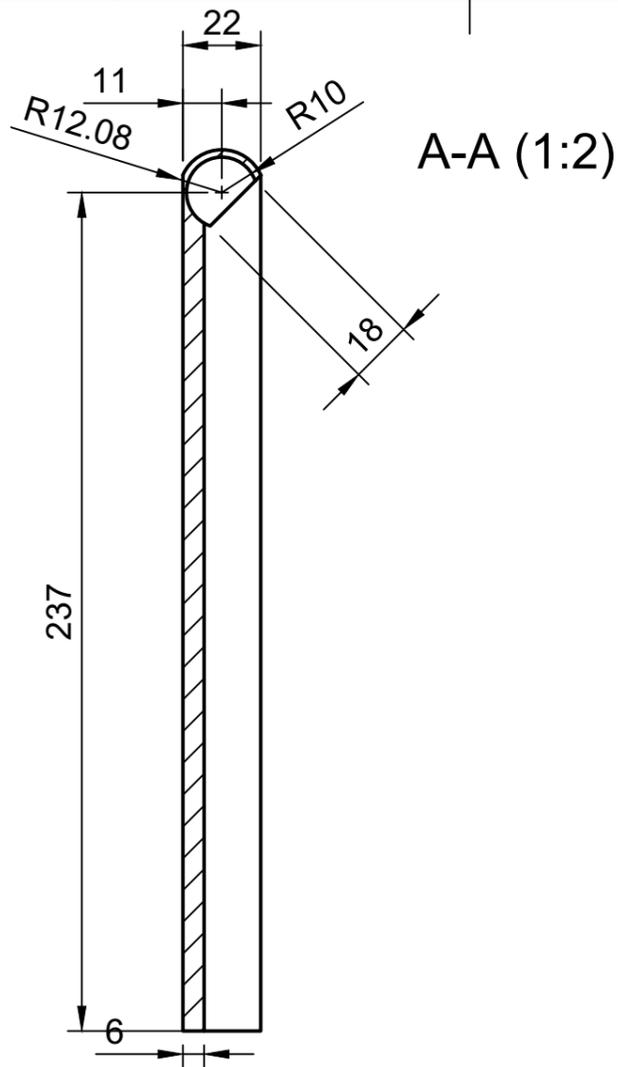
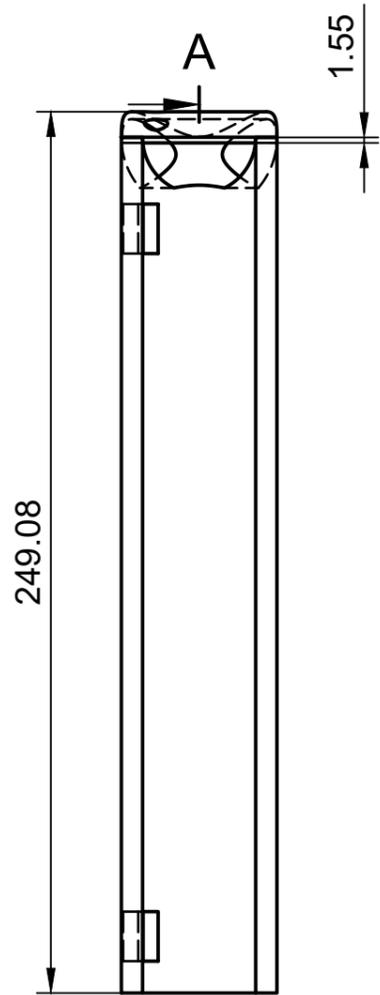
Dept.	Technical reference	Created by Gabriel Aires	6/27/2018	Approved by
	Document type final drawing	Document status prototyping		
	Title airth_steeringc 02	DWG No. airth_steeringc_02		
	scale 1:2	Rev.	Date of issue	Sheet 1/1



B-B (1:2)



Dept.	Technical reference	Created by Gabriel Aires 6/27/2018	Approved by	
	Document type final drawing	Document status prototyping		
	Title airth_steeringc 03	DWG No. airth_steeringc_03		
	scale 1:2	Rev.	Date of issue	Sheet 1/1



Dept.	Technical reference	Created by Gabriel Aires 6/28/2018	Approved by
	Document type final drawing	Document status prototyping	
	Title steeringc material: carbon fiber scale 1:2	DWG No. 04_airth_steeringc	
	Rev.	Date of issue	Sheet 1/1