



**Universidade de
Aveiro**
2014

Departamento de Comunicação e Artes
Departamento de Engenharia Mecânica

**Oliver Michael Pinto
Fonseca**

O desenvolvimento de uma bicicleta multifuncional



**Universidade de
Aveiro
2014**

Departamento de Comunicação e Artes
Departamento de Engenharia Mecânica

**Oliver Michael Pinto
Fonseca**

O desenvolvimento de uma bicicleta multifuncional

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Design do Produto, realizada sob a orientação científica do Professor Doutor Carlos Alberto Moura Relvas, professor auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro e coorientada pelo Mestre João Nunes Sampaio, assistente convidado do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho à minha companheira pelo incansável apoio.

O júri

Presidente	Professora Doutora Teresa Cláudia Magalhães Franqueira Baptista Professora auxiliar da Universidade de Aveiro
Arguente	Professor Doutor Carlos Casimiro da Costa Professor adjunto do Instituto Politécnico de Bragança e Professor auxiliar convidado da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Arguente	Professor Doutor José António de Oliveira Simões Professor associado com agregação pela Universidade de Aveiro e Diretor da Escola Superior de Artes e Design de Matosinhos
Orientador	Professor Doutor Carlos Alberto Moura Relvas Professor auxiliar da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Agradeço ao meu Orientador, Professor Doutor Carlos Alberto Moura Relvas e ao meu Coorientador, Mestre João Nunes Sampaio pelo precioso trabalho de orientação e tutoria, e ainda a disponibilidade prestada no decorrer deste projeto.

À Susana Margarida Monteiro de Sousa, Companheira de vida e de aventuras, sem a qual já mais teria conseguido realizar este projeto.

Aos meus colegas de curso que graças às suas excepcionais qualidades me estimularam ao empenho e à dedicação.

À Fernetto, SA pelo tempo, pelos meios e pelos recursos disponibilizados.

Aos colegas e chefias de trabalho pelo entusiasmo e incentivo.

Um agradecimento especial ao avô José Fonseca, que me inculuiu o gosto pelas duas rodas, e que acompanhou com grande interesse este trabalho, o qual infelizmente não poderá ver o resultado final.

Finalmente à minha família, aos meus pais, que me inculuiram o espírito de rigor e que através do seu sentido crítico me estimularam a realizar este projeto com brio e paixão.

palavras-chave

Bicicleta, Carga, Utilitária, Multifuncional, Polímero, Polipropileno

resumo

Esta dissertação teve por objetivo o desenvolvimento de um veículo de tração humana, de cariz urbano com capacidade de transportar cargas ligeiras, ágil, robusto, com uma estrutura multifuncional e polivalente que permita assumir diferentes soluções de mobilidade.

Desde o início do século XXI que os veículos de tração humana são cada vez mais encarados como propostas aliciantes para solucionar alguns dos problemas associados à mobilidade nos grandes centros urbanos. Sendo já um comportamento social e cultural enraizado nos países do norte da Europa, começa a estender-se um pouco por todo o globo, assim assiste-se ao eclodir de um mercado global com grande potencial de expansão.

Neste sentido, Portugal reúne condições propícias para assumir um papel preponderante na produção destes veículos, não só pela sua capacidade tecnológica como também por uma longa tradição nesta indústria.

Considerando este cenário, esta dissertação visou o desenvolvimento conceptual de uma bicicleta utilitária, modular e multifuncional. Esta proposta pretendeu ser transversal e alargada às várias vertentes de utilização, tanto profissional como lúdica.

Ao envolver as áreas científicas, predominantes no Mestrado de Engenharia e Design do Produto, pretendeu-se produzir sinergias no desenvolvimento deste novo veículo, adotando metodologias, na sua maioria provenientes das áreas científicas do Design e da Engenharia. Estas pautaram todo o processo de desenvolvimento do produto que culminou na proposta final de uma bicicleta utilitária e multifuncional.

keywords

Bicycle, Cargo, Utility, Multifunctional, Polymer, Polypropylene

abstract

This project aims to develop an urban-oriented human-powered vehicle: agile, robust, and with the ability to carry light loads, which have a multifunctional and multipurpose structure permitting to assume different mobility solutions.

Since the beginning of the XXI century, human-powered vehicles are increasingly seen as an attractive alternative to solve some of the problems associated with mobility in major cities. Firmly rooted in Northern Europe's Social and cultural behavior, bicycles begin to spread all over the globe, so it's expectable an outbreak of great expansion on the global market.

In this sense, Portugal has prime conditions to take a leading role in the production of these vehicles, not only, because of its technological capability, but also, by its long tradition in this industry.

Considering this scenario, this dissertation aims to conceptualize and develop a modular and multifunctional cargo bike. It's a concept that aims to be a cross-platform between two usability aspects, such as professional and recreational.

By involving scientific areas, which intervene in the Master of Engineering and Product Design, the work presented aims to produce synergies that lead to the development of a new human-powered vehicle (HPV).

The adopted methodologies are, mostly from the scientific areas of Design and Engineering, and will guide throughout the product development process, that will culminate in the final proposal of a multifunctional cargo bike.

Índice

1	Introdução.....	1
1.1	Enquadramento	1
1.2	Objetivos e contributo	3
1.3	Conteúdos da dissertação	4
1.4	Mapa mental cronológico.....	5
2	Estado da Arte.....	7
2.1	Retrospectiva Histórica.....	7
2.2	Contexto da bicicleta utilitária	9
2.3	Soluções construtivas	22
3	O mercado da bicicleta.....	27
3.1	Mercado global	27
3.2	Mercado Europeu:	29
3.3	O mercado europeu da bicicleta elétrica	32
4	Desenvolvimento da Proposta	35
4.1	Metodologias e ferramentas	35
4.1.1	Identificação das necessidades do cliente	35
4.1.2	Definição das especificações	36
4.1.3	Gerar conceitos de produto	36
4.1.4	Seleção de conceito	36
4.1.5	Testar conceito	37
4.1.6	Definição das especificações finais e planeamento das atividades.....	37
4.2	Modelo de negócio	37
4.2.1	<i>Customer Segment</i> (CS)	38
4.2.2	<i>Value Proposition</i> (VP)	38
4.2.3	<i>Distribution Channels</i> (DC)	38
4.2.4	<i>Customer Relationship</i> (CR).....	39
4.2.5	<i>Revenue Streams</i> (RS).....	39
4.2.6	<i>Key Resources</i> (KR)	39
4.2.7	<i>Key Activities</i> (KA)	40
4.2.8	<i>Strategic Partners</i> (SP).....	40
4.2.9	<i>Cost Structure</i> (CS)	40
4.2.10	O modelo BMC (Business Model Canvas):	41
4.3	Classificação de atributos no modelo de Kano	41
4.4	“ <i>Benchmarking</i> ”:	42
4.5	Matriz da Qualidade (Quality Function Deployment – QFD)	44
4.6	Esboços conceptuais.....	48
4.7	Análise do modo de falha, fase de conceito (Failure mode and effects analysis – FMEA)	51
4.7.1	Crítérios de avaliação dos termos críticos das falhas:	52
4.7.2	FMEA de conceito: Falhas críticas identificadas.	53
5	Design de concretização e sistemas.....	57
5.1	Gestão de conceitos	57
5.2	Diagrama funcional.....	57
5.2.1	Quadro de decisões conceptuais	58
5.3	Análise dos aspetos ergonómicos	61
5.3.1	Caraterísticas antropométricas e de usabilidade	62
5.4	Caraterísticas da proposta vs concorrência	64
5.5	Transmissão de energia	65
5.5.1	Sistemas de transmissão de energia	69
5.5.2	Sistema elétrico de auxílio ao movimento	74
5.6	Características tecnológicas e materiais do quadro.....	76
5.6.1	Adoção de polímero como matéria-prima	76
5.6.2	Vantagens do polímero:.....	77
5.6.3	Seleção do polímero	77
6	Análise Estrutural	81
6.1	Ensaio CAE/FEA.....	84
6.2	Simulação do processo de injeção – “ <i>Mold Flow</i> ”	87
6.3	Conclusões dos ensaios CAE	88
7	Proposta Final:	91

7.1	Solução Construtiva do Quadro	91
7.2	A proposta em detalhe.....	94
7.2.1	Proposta base.....	95
7.2.2	Add-ons.....	103
7.3	Variações do Produto	106
8	Prototipagem (modelos físicos).....	111
8.1	Modelo completo à escala 1:8.....	111
8.2	Modelo parcial do quadro na escala 1:1	114
8.3	Contabilização de tempos e custos da prototipagem:.....	118
9	Análise de resultados da proposta final	121
9.1	Análise de resultados do projeto em design.....	121
9.2	Análise de resultados do projeto de engenharia	121
9.3	Análise do modo de falha e efeitos (FMEA do produto).....	123
10	Conclusões.....	125
10.1	Trabalhos Futuros.....	126
11	Referências	127
	Anexo A: Mapa mental do Projeto (Modelo detalhado).....	133
	Anexo B: Identificação dos principais modelos de bicicletas utilitárias	137
	Anexo C: Classificação dos principais modelos de bicicletas utilitárias	143
	Anexo D: FMEA de Conceito.....	151
	Anexo E: Gráficos comparativos de polímeros	161
	Anexo F: Resumo de ensaios CAE FAE	167
	Anexo G: FMEA do Produto	197
	Anexo H: Desenhos técnicos e de definição do produto.....	205

Índice de Figuras

Figura 1: “Mind-Map” cronológico do projeto.....	5
Figura 2: A Máquina de correr “Draisienne” ou “Velociped” de Von Drais, o ciclista enverga o uniforme dos serviços postais a quem o Barão pretendia vender a sua ideia (McGurn 1999)	7
Figura 3: “Ordinary” (Sharp 1896)	7
Figura 4: “Safety bicycle” com tração frontal de “Bantam” (Sharp 1896)	8
Figura 5: “Safety bicycle” de “Starley” (Sharp 1896)	8
Figura 6: Triciclo Royal Salvo de Starley (Sharp 1896)	8
Figura 7: Triciclo Coventry rotary de Starley (Sharp 1896).....	9
Figura 8: Vendedores de leite, na Índia, preparando-se para as suas rondas (McGurn 1999).....	10
Figura 9: Ilustrações do século XIX em publicações Britânicas (Pinkerton 1983).....	10
Figura 10: “Singer Carrier Tricycle” de 1896 (Pinkerton 1983)	11
Figura 11: “Horsham Pentacycle” de 1885 (Pinkerton 1983)	11
Figura 12: “The Club Carrier Tricycle” de 1886 (Pinkerton 1983)	12
Figura 13: “Premier Carrier Tricycle, H.M. Government Postal Service”, 1886 (Pinkerton 1983)	12
Figura 14: “Long John” da “Smith &co” (Embacher, Smith e Angerer 2011, 122-123) (Zickermann 2008) ..	12
Figura 15: Triciclo ao serviço dos bombeiros Britânicos (McGurn 1999).....	12
Figura 16: Bicicleta de carga B.S.A. de 1936 (Pinkerton 1983)	13
Figura 17: Bicicleta utilizada em 1900, na distribuição de leite (Urkai Community 2013)	13
Figura 18: Bicicleta de carga Pashley Model D.K.3 1951 (Pinkerton 1983)	13
Figura 19: Bicicleta de carga Gundlen Handytrike 1971 (Pinkerton 1983)	14
Figura 20: Bicicletas Triumph utilizadas pelos correios da Grã-Bretanha 1903 (Pinkerton 1983).....	14
Figura 21: Corrida anual de rapazes de entregas nas ruas de Liège na Bélgica (McGurn 1999).....	15
Figura 22: Bicicletas no “outback” Australiano “The Bicycle and the bush” (Fitzpatrick 1998)	16
Figura 23: Serviço Alemão de mensageiros em meados de 1890 (McGurn 1999)	16
Figura 24: Triciclo de entregas da UPS (Bentrider 2008)	17
Figura 25: Triagem de encomendas na “Airborne Express” (Transportation Alternatives 2013).....	17
Figura 26: “Stop me & buy one” da “Walls” (Pinkerton 1983)	18
Figura 27: “Banner” do sítio de internet da “Pedals express” (Pedal Express 2014).....	19
Figura 28: Poster das edições de 2013 e 2014 do “Cargobike Festival” (Sluijsmans 2014)	19
Figura 29: James O’Sullivan, SAPOL 1893 (SAPOL: South Australia Police 2012).....	20
Figura 30: Patrick Duffy 1896 (Queensland Police 2013)	20
Figura 31: Bicicleta Ambulância utilizada durante a II Guerra Mundial (Urkai Community 2013)	21
Figura 32: Namibian Bicycle Ambulance Project (Bicycling Empowerment Network Namibia 2014).....	21
Figura 33: Denver Health Paramedic All-Terrain Medical Bike Unit (International Police Mountain Bike Association 2014)	21
Figura 34: <i>Wilhelmina Plast Itera</i> (Embacher, Smith e Angerer 2011, 96)	25
Figura 35: <i>Panorama do mercado global da bicicleta</i>	29
Figura 36: Metodologia de desenvolvimento do produto descrita por Ulrich e Eppinger (2012)	35
Figura 37: Customer Segment	38
Figura 38: Value Proposition	38
Figura 39: Distribution Channels	38
Figura 40: Customer Relationship	39
Figura 41: Revenue Streams.....	39
Figura 42: Key Resources	39
Figura 43: Key Activities	40
Figura 44: Strategic Partners.....	40
Figura 45: Cost Structure.....	40
Figura 46: BMC de um dos possíveis negócios para uma bicicleta utilitária	41
Figura 47: Esboços de conceito I “Quick Design”	49
Figura 48: Esboços de conceito II “Quick Design”	50
Figura 49: <i>Diagrama funcional, fase “Black Box”</i>	57
Figura 50: <i>Diagrama funcional subdividido</i>	58
Figura 51: Faixa de utilizadores da proposta de bicicleta utilitária.....	62
Figura 52: Planta - Proporções da proposta.....	63
Figura 53: Vista Frontal – Proporções da proposta.....	63
Figura 54: Efeito da inclinação do guiador sobre a postura de um ciclista com 1,8m de altura	64

Figura 55: Comparação das características peso e comprimento das propostas concorrentes	65
Figura 56: Padrão de forças típico de uma Pedalada (Okajima 1983)	66
Figura 57: Forças envolvidas durante uma pedalada num sistema perna, joelho e tornozelo (Okajima 1983)	67
Figura 58: Momentos aplicados às articulações da perna durante uma pedalada (Okajima 1983)	67
Figura 59: Efeito de um sistema de transmissão variável na eficiência energética (Wilson 2004)	68
Figura 60: Potência em função da velocidade, tempo e distância a uma velocidade constante (Wilson 2004)	69
Figura 61: Proposta de sistema de transmissão	70
Figura 62: Cubo com geometria de transmissão variável NuVinci N360	71
Figura 63: Proposta de sistema EPA (Electric Power Assist)	74
Figura 64: Vista em corte de um cubo motorizado para uma bicicleta com EPA	75
Figura 65: Micro controlador para bicicletas com EPA	75
Figura 66: Bateria composta por um pack de células LiFePo4	76
Figura 67: Propostas de quadro em Polímero	76
Figura 68: <i>Proposta estrutural ajustada para produção</i>	85
Figura 69: <i>Casca estrutural com elementos de reforço</i>	86
Figura 70: <i>Aplicação de malha aos elementos da estrutura</i>	86
Figura 71: Gate de injeção colocada no centro da peça	87
Figura 72: Gate de injeção colocada no centro da peça com 3 “runners”	87
Figura 73: Decomposição dos elementos da proposta final de quadro.	91
Figura 74: Decomposição dos elementos da proposta final de estrutura para o módulo frontal	93
Figura 75: Ilustração Fotorrealista da proposta virtual	94
Figura 76: Divisão da proposta em dois “Chunks”	95
Figura 77: Subdivisão do “Chunk A” nos seus diversos subgrupos funcionais	96
Figura 78: Corte/detalhe do subgrupo funcional “Selim”	97
Figura 79: Decomposição dos elementos do subconjunto de tração	98
Figura 80: Decomposição dos elementos do subconjunto estrutural traseiro	99
Figura 81: Subdivisão do “Chunk B” nos seus diversos subgrupos funcionais	99
Figura 82: Decomposição dos elementos do subconjunto estrutural frontal	100
Figura 83: Decomposição dos elementos do subconjunto de controlo direção e marcha	101
Figura 84: Decomposição dos elementos do subconjunto estrutural de viragem	101
Figura 85: Decomposição dos elementos do subconjunto dos rodados frontais	102
Figura 86: Variações da solução básica de transporte de cargas	103
Figura 87: Soluções opcionais e Add-ons	103
Figura 88: Propostas de soluções customizadas de transporte de cargas	104
Figura 89: Funcionamento do sistema de fixação de caixas	104
Figura 90: Sistema de abertura e fecho da solução caixa fechada	104
Figura 91: Solução de fixação para “baby-seat”	105
Figura 92: Grelha de compatibilidade de soluções para Addons	105
Figura 93: Conjunto de propostas vocacionadas para a utilização cidadina	106
Figura 94: A bicicleta utilitária na distribuição de correio	107
Figura 95: A bicicleta utilitária no transporte de mercadorias	108
Figura 96: A bicicleta utilitária em ambiente rural	109
Figura 97: Proposta, após a eliminação de detalhes	111
Figura 98: Decomposição do modelo à escala em componentes e processos I	112
Figura 99: Decomposição do modelo à escala em componentes e processos II	112
Figura 100: Envelope de impressão do modelo à escala	112
Figura 101: Ficheiro STL do “Nesting” impresso (Resolução cotumizada com um desvio cordal de 0.007mm)	113
Figura 102: ZPrinter® 310 Plus	113
Figura 103: Maquete, Modelo à escala (1:8)	114
Figura 104: Divisão do elemento a prototipar em secções	115
Figura 105: Processo de prototipagem por FDM (PrintrBot Simple)	116
Figura 106: Processo de lixagem e retificação	116
Figura 107: aplicação de betume de poliéster	117
Figura 108: Prototipo após a aplicação de um primário aparelho	117

Índice de Quadros

Quadro 1: <i>Quadro de resumo do Benchmarking competitivo ao mercado das bicicletas utilitárias</i>	43
Quadro 2: <i>QFD, Matriz qualidade de uma bicicleta utilitária</i>	45
Quadro 3: <i>QFD, Matriz do produto de uma bicicleta utilitária</i>	47
Quadro 4: <i>Critérios de avaliação dos Termos Críticos das Falhas</i>	52
Quadro 5: <i>Resumo das falhas críticas identificadas no FMEA de conceito</i>	53
Quadro 6: <i>Quadro de decisões conceptuais</i>	60
Quadro 7: <i>Dados do sistema de transmissão proposto</i>	71
Quadro 8: <i>Comparação da Pegada de CO2 e de energia incorporada na matéria-prima em materiais padrão</i>	77
Quadro 9: <i>Seleção e análise de polímeros através das suas características (CES EduPack 2011)</i>	79
Quadro 10: <i>Resumo de ensaios FAE efetuados em ambiente CAE</i>	85
Quadro 11: <i>Resumo de componentes, materiais e processos da proposta final de quadro</i>	92
Quadro 12: <i>Resumo de componentes, materiais e processos da proposta estrutural do módulo frontal</i>	93
Quadro 13: <i>Descrição de tempos e custos associados à produção dos protótipos</i>	118

Índice de Gráficos

Gráfico 1: <i>O mercado europeu da bicicleta</i>	30
Gráfico 2: <i>Preço médio das bicicletas, pago pelos consumidores dos países EU27</i>	32
Gráfico 3: <i>Distribuição do mercado europeu da bicicleta elétrica</i>	33
Gráfico 4: <i>Identificação de característica de uma bicicleta utilitária através do modelo de Kano</i>	42
Gráfico 5: <i>Gráfico de priorização da procura de qualidade</i>	45
Gráfico 6: <i>Gráfico de priorização revista da procura de qualidade</i>	46
Gráfico 7: <i>Gráfico de priorização das especificações do produto</i>	46
Gráfico 8: <i>Gráfico de priorização da Importância das partes</i>	47
Gráfico 9: <i>Gráfico de priorização revista da importância das partes</i>	48
Gráfico 10: <i>Impacto da relação de transmissão no binario e velocidade da roda relativamente ao solo</i>	73

Acrónimos

3D	Tridimensional ou três dimensões
ABS	Acrilonitrila butadieno estireno
ACj	Análise competitiva
BMC	Business model canvas
CAD	Computer-aided design
CAE	Computer-aided engineering
CR	Customer relationship
CS	Customer segment
DAj	Dificuldade de atuação
DC	Distribution channels
DFA	Design for assembly
DFM	Design for manufacturability
DFMA	Design for manufacture and assembly
DFR	Design for reliability
DFSS	Design for six sigma
EPA	Electronically power assist, ou também Electric pedaling assist
EPAC	Electric power assisted cycles
EPAC	Electronically Power Assisted Cycles
FDM	Fused deposition modeling
FEA	Finite element analysis
FMEA	Failure mode and effects analysis
IQj	Importância das características
KA	Key activities
KR	Key resources
LiFePo4	Ferrofosfato de Lítio
PET	Politereftalato de etileno
PLC	Polycaprolactone
PP	Polipropileno
PPQ	Priorização da procura de qualidade
QFD	Quality function deployment
RS	Revenue Streams
SP	Strategic partners
STL	Standard Tessellation Language
VP	Value proposition

Glossário

Can Couriers	Alcunha atribuída aos estafetas em bicicleta Nova-Iorquinos.
Carrier	Modelo de triciclo fabricado pela Singer Motors Limited (Coventry, Reino Unido).
Commodities	Bens escassos para os quais existe intensa procura, bens fungíveis.
Dandy-Horses	Alcunha dada no Reino Unido aos velocípedes.
Diamond Frame	Referente a um quadro de bicicleta com uma geometria trapezoidal
Heavy-Duty	Algo preparado ou concebido para ser utilizado de forma intensiva, que se adequa a uma utilização fora dos parâmetros habituais.
Long John	Modelo de bicicleta utilitária produzida pela Smith &co (Odense, Dinamarca)
Marketing Verde	Estratégia de marketing orientada para a venda de produtos e serviços, recorrendo a argumentos que enfatizam as medidas adotadas para minimizar o impacto no ambiente, desses produtos ou serviços.
Ordinary	Bicicleta caracterizada pela utilização de uma roda frontal de grandes dimensões e, de uma roda substancialmente mais pequena atrás.
Rickshaws	Triciclos utilitários, habitualmente utilizados no transporte de passageiros.
Safety Bicycle	Bicicleta atual, caracterizada por duas rodas de tamanho idêntico e uma estrutura habitualmente trapezoidal.
Transporter	Modelo de bicicleta utilitária produzida pela Smith &co (Odense, Dinamarca)

1 Introdução

1.1 Enquadramento

Segundo Wilson (2004) a bicicleta não deverá ser considerada apenas uma máquina, mas sim um motor de mudança na ideia de desenvolvimento social. É com base neste paradigma que este trabalho de dissertação pretende adicionar um contributo para o desenvolvimento tecnológico deste instrumento, ele próprio de desenvolvimento, que é a bicicleta.

Neste trabalho não se pretende reinventar a bicicleta nem atribuir-lhe novos usos, essas questões encontram-se amplamente resolvidas pelos utilizadores. Propõe-se sim, reinterpretar e redirecionar a visão que existe destes equipamentos ao explorar novos desenhos e equacionar novos materiais, que permitiram a adoção de processos de fabrico alternativos aos atuais. Também ao nível funcional pretende-se agregar tecnologias já existentes com o sentido de melhorar, ou propor, soluções alternativas às atuais demonstrando a mais-valia obtida. É ainda, explorado um possível modelo de negócio para a colocação da proposta de bicicleta no mercado.

Este mesmo trabalho é transversal a duas importantes áreas científicas como é o Design e a Engenharia. É essa complementaridade que se pretende sublinhar, afirmando que estas duas ciências permitem alargar o horizonte de trabalho, obrigando-nos a uma maior reflexão sobre os temas a abordar. Assim, qualquer problema proposto deverá ser analisado dessa forma transversal, onde os paradigmas existentes deverão ser constantemente alvo de ceticismo, mesmo que esta última atitude implique um distanciamento das soluções convencionais, pois só desta forma poderão surgir novas e melhores soluções.

Neste início do séc. XXI assiste-se, e com grande intensidade na mudança da primeira década, a um crescente interesse por formas de mobilidade alternativa ao automóvel. Esta mudança social é particularmente visível nos núcleos urbanos de média e grande dimensão. Mesmo em Portugal, onde existe uma cultura do automóvel extremamente enraizada, começa-se a assistir a uma explosão da utilização de meios de transporte alternativos, nomeadamente as bicicletas, quer nas suas versões básicas, quer em versões elétricas. Podemos constatar este fenómeno quando por exemplo; assistimos à proliferação de novas vias destinadas a velocípedes promovidas pelas autarquias locais, ou quando observamos as recentes alterações à legislação rodoviária, que trouxeram consigo importantes alterações na relação entre os veículos motorizados e os utilizadores vulneráveis. Podemos ainda verificar o aparecimento de novos negócios, tanto os que surgem à volta do tema da bicicleta como aqueles que trabalham para a bicicleta propriamente dita.

Não é objetivo deste trabalho dissecar de forma científica os fenómenos que influenciam esta mudança, mas, contudo será importante analisar alguns destes, no sentido de melhor compreender o mercado, pois só assim será possível trabalhar em propostas de produto relevantes.

O mercado Português da bicicleta começa a ganhar alguma efervescência, desde o início desta segunda década do séc. XXI começam a destacar-se as iniciativas promovidas por entidades como a Federação Portuguesa de Ciclismo e Utilizadores de Bicicleta (FPCUB 2014), a plataforma Lisboa Cicável criada pela Câmara Municipal de Lisboa (CML 2014), O braço Português do movimento Massa Crítica (Massa Crítica Portugal 2014), o movimento associativo MUBI (MUBI 2014), a iniciativa de Bike para o Trabalho (Bike Anjo 2014) , e ainda, o ciclo de congressos para a promoção da mobilidade suave (ABIMOTA LEA 2013). Contudo estes esforços não deixam de ser um pouco incipientes quando comparados com iniciativas de outros países ou estados.

Nos EUA, onde existem grupos muito fortes do “lobby” da bicicleta, estes “Bicycle Advocates” como a “Alliance for Biking and Walking” (AB&W 2014), “People for Bikes” (peopleforbikes.org 2014), “CyclingSavvy” (Cycling Savvy 2014), “International Mountain Biking Association” (IMBA 2014), “League of American Bicyclists” (TLAB 2014), “National Bicycle Greenway” (NBG 2014), “Rails-to-Trails Conservancy” (Rails To Trails 2014), “Adventure Cycling Association” (ACA 2014) atuam ao nível nacional e com cerca de 77 associações locais e estaduais em todo o país. Existem ainda também organizações privadas como a SRAM que com o seu fundo de 2 milhões de dólares apoia iniciativas ligadas ao melhoramento de infraestruturas e promoção do uso da bicicleta (SRAM 2014). No entanto, paradoxalmente os Estados Unidos é um dos países em que a taxa de utilização das formas clicáveis de mobilidade é mais baixa, não ultrapassando 1% do total das deslocações (IBF 2014).

No norte da Europa, em estados como a Holanda, Dinamarca e Suécia, este fenómeno assume contornos diferentes. Estes países são um verdadeiro exemplo na proliferação das formas de mobilidade clicáveis, não só por razões históricas e culturais bastante enraizadas, mas também por questões ligadas à gestão do tráfego nos seus centros urbanos.

The Netherlands, Denmark, Germany, and other European nations reached high cycling rates through policies that give priority to cycling, walking, and public transportation over private automobiles. (Worldwatch Institute 2013)

...Bikeways that are separated from traffic, stoplights timed to the speed of bikes, shortcuts allowing cyclists to make right-hand turns before intersections, traffic calming in residential neighborhoods, ample bicycle parking, and coordination with public transport have all made cycling safe, fast, and convenient in strong biking cities. (Worldwatch Institute 2013)

Assiste-se ainda a um forte crescimento na adoção destes veículos no centro da Europa, com especial ênfase para a Alemanha e Suíça, onde a utilização destes veículos é encarada como uma medida complementar aos seus planos de combate à poluição nos centros urbanos. Bons exemplos deste género de atuação são as cidades de Munique e Estugarda (Petty 2001).

Tendo em conta esta realidade, interessa idealizar um produto que possa ser globalizado e não pensar ou conceber um produto exclusivamente orientado para o mercado Português. Esta estratégia só será possível se o produto for verdadeiramente versátil e multifuncional, pois só assim, isto é, permitindo que com pequenas alterações e afinações o produto possa ser ajustado, não com o intuito de o orientar para diferentes mercados mas sim para

diferentes perfiz de consumidores, permitindo uma configuração que satisfaça as necessidades e os gostos individuais de cada utilizador.

1.2 Objetivos e contributo

Muito próximo de celebrar dois séculos da apresentação do invento do Barão Von Drais, a bicicleta continua a ser um tema fértil para a formulação de novas propostas que valorizem ainda mais este produto, neste sentido e em traços gerais, pode-se sintetizar os objetivos deste trabalho da seguinte forma:

Objetivo principal:

Desenvolver uma bicicleta utilitária, de cariz urbano com capacidade de transportar cargas ligeiras, ágil, robusta, com uma estrutura multifuncional e polivalente que permita assumir diferentes soluções de mobilidade.

Objetivos específicos:

- Recolher dados qualitativos, quantitativos e estatísticos que justifiquem o objetivo principal do trabalho.
- Gerar soluções conceptuais.
- Definir as especificações do produto.
- Selecionar tecnologias e materiais a englobar na solução.
- Equacionar diversas soluções construtivas.
- Assegurar a viabilidade técnica da proposta.
- Assegurar a viabilidade económica e de controlo de custo.
- Proceder à elaboração da documentação técnica necessária ao fabrico.

1.3 Conteúdos da dissertação

Averiguar o estado da arte: pesquisar o estado da arte, e obter um conjunto de informação que permitia identificar e caracterizar as soluções já existentes.

Analisar o mercado: Análise da dimensão, das diferentes soluções conceptuais e tecnológicas disponíveis atualmente no mercado.

Desenvolver conceitos: Estabelecer requisitos de cliente/utilizador, definição das especificações alvo, geração de conceitos (esboços) e seleção do conceito. Dever-se-á dar ênfase a uma solução de arquitetura compacta, adequada a percursos urbanos de curta distância e de manobrabilidade condicionada. Diferenciar o produto pela multifuncionalidade e modularidade, desenvolvendo componentes e “*add-ins*” que permitam formatar o produto às necessidades individuais do utilizador.

Desenvolver sistemas e soluções construtivas: Definição da arquitetura do produto e levantamento das diversas técnicas e tecnologias utilizadas no fabrico deste tipo de plataformas. Conceptualizar uma estrutura, consideravelmente robusta, que permita suportar as solicitações necessárias a uma utilização em ambientes mais exigentes como os industriais ou até mesmo agrícolas. Elaborar uma estratégia do produto em relação ao mercado que permita orientar e personalizar o produto para novos nichos de mercado.

Projeto de detalhe e dimensionamento: Ao adotar um material polimérico injetado como matéria-prima, formular uma resposta alternativa, e de custo controlado, aos paradigmas atuais. Revolucionar ao nível dos processos, o fabrico das estruturas de quadro de bicicletas. Calcular, dimensionar e projetar detalhadamente os diversos componentes e elementos de ligação, de modo a assegurar a sua funcionalidade e viabilidade de fabrico.

Protótipo: Realização de um protótipo cujas características técnicas ou funcionais, assim como a escala serão determinadas em função do desenvolvimento do próprio projeto.

1.4 Mapa mental cronológico

Com o intuito de esquematizar e priorizar, de uma forma macro e ao mesmo tempo cronológica o conjunto de atividades propostas, tornou-se necessário elaborar um diagrama em que sejam evidenciadas as principais tarefas por grau de importância e duração no tempo. Uma das maiores dificuldades identificadas nesta fase foi a atribuição de um grau de importância às diversas áreas abordadas, mantendo uma proposta equilibrada entre o trabalho de pesquisa e o projeto de produto propriamente dito.

Assim, construiu-se um diagrama simplificado, Figura 1, que cruza as metodologias de um cronograma com a de um mapa-mental, resultando numa “árvore” de atividades que se prolongaram ao longo de três semestres, e que culmina na conclusão do presente documento no final do terceiro semestre de trabalho.

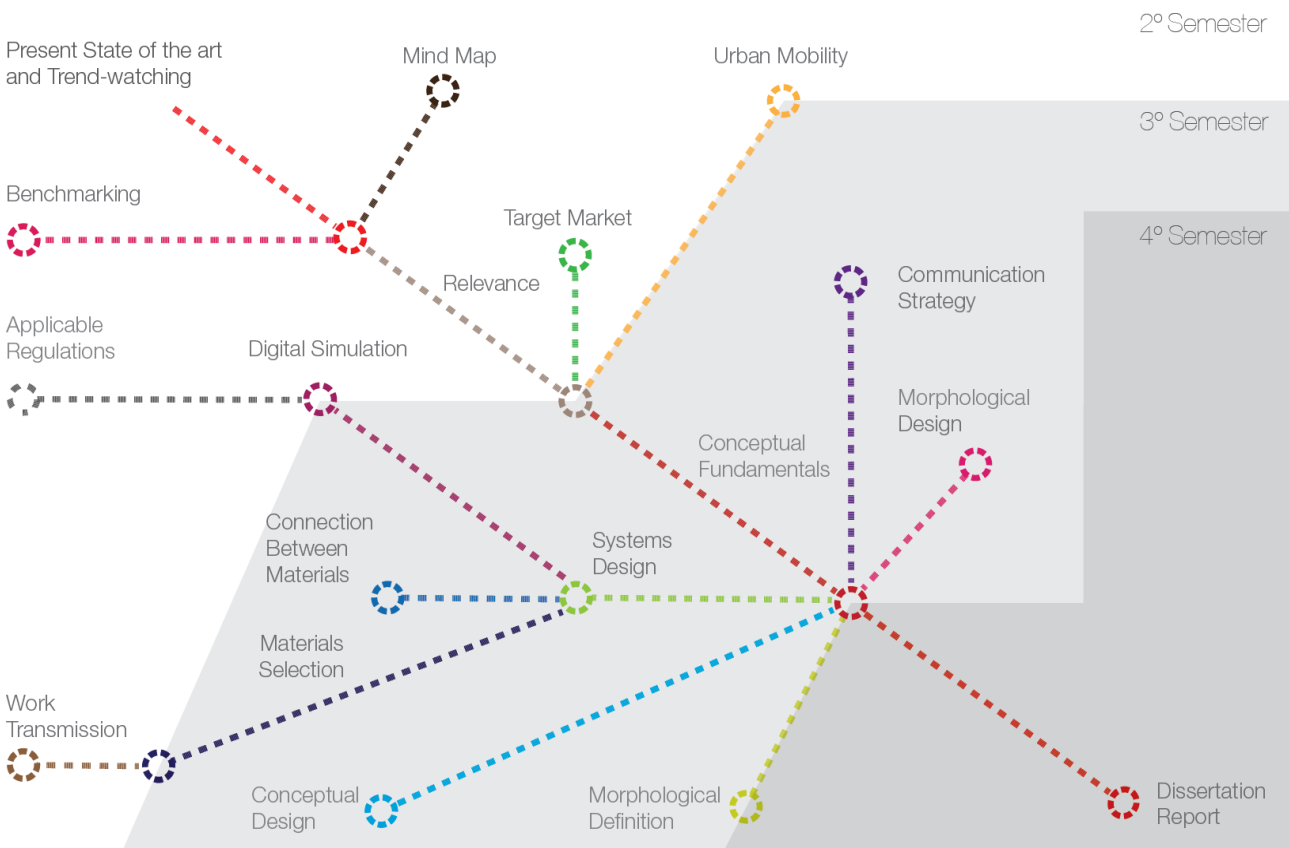


Figura 1: “Mind-Map” cronológico do projeto

2 Estado da Arte

2.1 Retrospectiva Histórica

Na evolução histórica das bicicletas, desde a série de eventos que levaram à criação do velocípede pelo Barão Von Drais, dever-se-á ter em conta os ambientes socioeconómico das diferentes épocas que conduziram o desenvolvimento destas máquinas até às bicicletas que hoje conhecemos (Wilson 2004). Esta evolução foi caracterizada por três importantes estágios:

O início do primeiro estágio ocorreu com o invento do Barão Von Drais, em 1816, o acelerador de pedestres, e com todos aqueles que lhe seguiram, adaptando de várias formas a sua ideia e reclamando para si mesmos pontuais inovações. Esta fase reúne bastante consenso pelos estudiosos do tema, pois parece haver uma concordância quanto aos principais intervenientes neste período temporal

...Von Drais's premier place in what might be regarded as the three-step history of the development of the safety bicycle is assured, and it is relatively free from controversy.” (Wilson 2004, 11)



Figura 2: A Máquina de correr “Draisienne” ou “Velociped” de Von Drais, o ciclista enverga o uniforme dos serviços postais a quem o Barão pretendia vender a sua ideia (McGum 1999)

O segundo estágio é caracterizado pela introdução da propulsão a pedais, e pelo surgimento das bicicletas “Ordinary”, velocípedes de roda alta, que terá ocorrido entre os anos de 1860 e 1890 (Wilson 2004, 14). David Wilson reconhece ainda a falta de consenso no papel de cada um dos intervenientes e inventores. É nesta fase, ou segundo estágio, que se dá uma ampla expansão da utilização do velocípede por toda a Europa e pelos EUA. Autores, como Nicholas Oddy (1990), Hanserahard Lessing (1991) e Alastair Dodds (1992), para justificam o vazio que ocorreu no desenvolvimento de bicicletas no período de 1820 a 1860, apontando como causa ou justificação de tal facto a construção e implementação do caminho-de-ferro, que terá eventualmente desviado a atenção dos inventores para esta tecnologia emergente (Wilson 2004, 12).

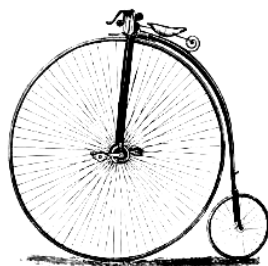


Figura 3: “Ordinary” (Sharp 1896)

O terceiro estágio, que teve a sua origem na feira de velocípedes de Paris em 1869 (Wilson 2004, 20), será caracterizado pela chegada da moderna bicicleta “*Safety Bicycle*”. Este período foi caracterizado pela introdução de um grande número de inovações, entre elas o quadro em forma de trapézio apelidado de “*Diamond Frame*”, a utilização de duas rodas de proporções moderadas, a utilização de pneus insuflados, a introdução de sistemas de troca de velocidades e ainda os novos sistemas de travagem. Todas essas inovações levaram ao surgimento da nova “*Safety Bicycle*”, que terá começado a dar nas vistas em provas de ciclismo, convencendo o público, confuso pelas inovações do século XIX, da sua utilidade.

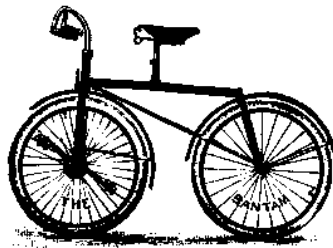


Figura 4: “*Safety bicycle*” com tração frontal de “*Bantam*” (Sharp 1896)

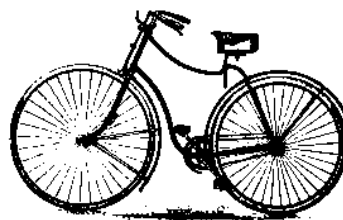


Figura 5: “*Safety bicycle*” de “*Starley*” (Sharp 1896)

“Success in racing in those days gave a clear signal to a public confused by many diverse developments. Cyclists saw that, as in the case of the safety versus the high-wheeled bicycle, a development had arrived that promised not only greater speed, or the same speed with less effort, but greater comfort and, especially, greater safety.” (Wilson 2004, 26)

A ideia de utilizar bicicletas para transportar cargas terá ocorrido entre o segundo e o terceiro estágio de desenvolvimento da bicicleta. Os carteiros, os ardinias e os polícias são possivelmente o melhor exemplo de pioneiros na utilização destas bicicletas transportadoras de carga.

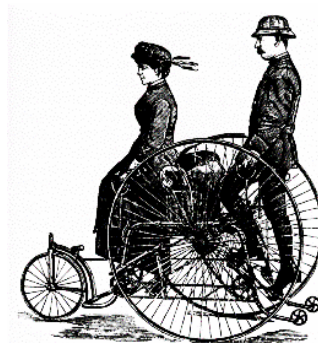


Figura 6: *Triciclo Royal Salvo* de *Starley* (Sharp 1896)

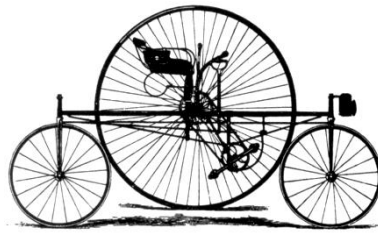


Figura 7: Triciclo Coventry rotary de Starley (Sharp 1896)

A transformação das bicicletas em ferramentas de trabalho ter-se-á iniciado ainda com as bicicletas “Ordinary” e também com alguns triciclos rudimentares. As bicicletas de trabalho, tal como as suas congéneres de laser, foram gradualmente substituídas pelas modernas “Safety Bicycles”, com os seus pneus em borracha e uma altura ao solo mais conveniente para o ciclista. Este meio de transporte teve um franco crescimento, nas últimas décadas do século XIX e primeiras do século XX, sendo interrompido em consequência da massificação dos veículos motorizados. No entanto, como podemos testemunhar hoje, no século XXI, este advento não conseguiu extinguir o uso, nem ofuscar as virtudes da invenção de Von Drais.

“The majority of the growing phase as well as the maturity and decline phases of the bicycle product life cycle are represented by the dominance of the modern pneumatic tired safety bicycle, developed in Britain in the late 1880s.” (Petty 2001, 119)

2.2 Contexto da bicicleta utilitária

Nas últimas duas décadas assiste-se ao reaparecimento das bicicletas, não só nas profissões tradicionais mas também em todo um conjunto de novas profissões. Poder-se-ão atribuir diversas razões para justificar este fenómeno, entre as quais importa referir o baixo custo de aquisição, operação e a sua capacidade inata para se integrar no ambiente urbano. Atendendo às crescentes preocupações das organizações em implementar estratégias de “Marketing Verde” é curioso observar que a falta de investimento nesta tecnologia continue a impedir a sua massificação (Petty 2001).

O panorama nos países do continente Asiático é bastante diferente, nestas comunidades é frequente encontrar triciclos que transportam cargas superiores a meia tonelada. Um bom exemplo desta realidade é o Bangladesh, onde os rickshaws na globalidade carregaram um número maior de toneladas de carga que as transportadas pelos veículos motorizados daquele país (Lowe 1989).

As bicicletas e os *rickshaws* contabilizaram entre 10 a 20% do movimento total de cargas, em zonas urbanas, da maioria das cidades da Ásia (Replogle 1992, 78), em particular na China as bicicleta superam os quilómetros viajados pelos automóveis dos restantes países do mundo.

Em África existem também importantes focos de intensa utilização de bicicletas no transporte de cargas. Um exemplo desta realidade encontra-se em Kampala, Capital do Uganda, onde as bicicletas são utilizadas para movimentar aproximadamente 40% de todas as mercadorias (*commodities*) para o interior e exterior da cidade (Grisley 1995).



Figura 8: Vendedores de leite, na Índia, preparando-se para as suas rondas (McGurn 1999)

Nos EUA esta realidade também se verifica em organizações de naturezas tão distintas como as do centro espacial Kennedy, onde existe uma frota de 30 triciclos de carga “*Heavy-Duty*” e mais de 1000 bicicletas destinadas à movimentação de pessoas e equipamentos (Kump 1992). Além desta, outras organizações como é o exemplo da seguradora USAA, nas suas instalações de San Antonio no Texas possui 80 triciclos de carga a operar dentro e fora do edifício (Olson 1999).

Na América Latina existem igualmente zonas de forte utilização das bicicletas no transporte e distribuição de mercadorias. Estima-se que atravessarão mensalmente, entre a Bolívia e a Venezuela através da ponte Simão Bolívar, mais de um milhão de dólares em mercadorias transportadas por uma frota de aproximadamente 160 bicicletas (The Economist 1994). Em Bogotá, na Colômbia, uma das maiores cadeias de panificação daquele país substituiu a sua frota de camiões por 800 bicicletas atingindo uma redução do peso do custo do fator distribuição de 27% para 8% (Sanders 1991, 63), (VanderTuin 1986, 2), graças ainda à capacidade das suas bicicletas escaparem ao congestionamento do trânsito melhorou substancialmente a eficiência das suas entregas, aumentando significativamente a sua capacidade de resposta, o que se refletiu na evolução do seu volume de negócio (Petty 2001).

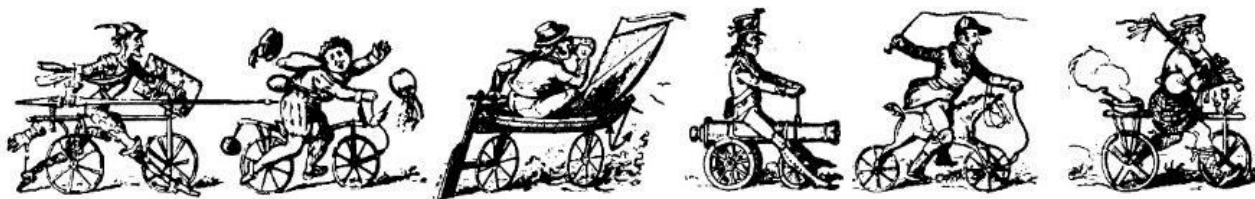


Figura 9: Ilustrações do século XIX em publicações Britânicas (Pinkerton 1983)

Embora sejam escassas as evidências históricas da utilização dos veículos de tração humana, no transporte de cargas, acredita-se que esta utilização tenha surgido na Escócia na década de 40 do século XIX, existindo relatos da utilização de bicicletas na distribuição do chá (Reilly 2000, 9). Na década de 70 e início de 80, do mesmo século, começaram a ser desenhados triciclos com o objetivo de satisfazer um mercado que não o recreativo. Assim, começaram a aparecer novas propostas de bicicletas dotadas de dispositivos de transporte de cargas.



Figura 10: “Singer Carrier Tricycle” de 1896 (Pinkerton 1983)

Woodforde (1970, 84-85) afirma que o jornal Britânico “*The Evening Standard*” terá em 1884 começado a distribuir a sua publicação através de triciclos fabricados pela Singer (Singer Motors Limited, Coventry, Reino Unido), estes eram apelidados de “*Carriers*”, esta decisão terá influenciado também os correios britânicos a adotar esta política de transportes no ano seguinte, no entanto, (Caunter 1955, 31) afirma que a empresa Bayliss Thomas of England terá sido contratada em 1881 para fornecer triciclos de carga aos correios Britânicos. Apesar destas opiniões, o primeiro fornecimento efetivamente documentado ocorreu em 1885 e os veículos terão sido fornecidos pela Horsham Pentacycle (Pinkerton 1983). Após este fornecimento terão surgido várias variantes deste modelo, alguns dos quais ainda fabricados nos dias de hoje em versões melhoradas (Pinkerton 1983).

“This unusual machine was based on a high wheel ordinary with two wheels supporting a large basket in front and two wheels (...) supporting two side rear baskets. This followed as early as 1886, by numerous brands of delivery tricycles...”
(Petty 2001, 119)



Figura 11: “Horsham Pentacycle” de 1885 (Pinkerton 1983)

Em 1911 a Bradbury Tradesman’s Carrier Cycle (Bradbury Motor Cycles, Oldham, UK) apresenta um dos primeiros modelos conhecidos de bicicletas de carga só com duas rodas, esta era uma “*Safety Bicycle*” com um cesto frontal de carga. Os modelos com cestos traseiros surgiram em 1913 (Pinkerton 1983), estas inovações quer em bicicletas quer nos triciclos vieram permitir cargas maiores nos seus cestos laterais ou em estrados próximos do chão.

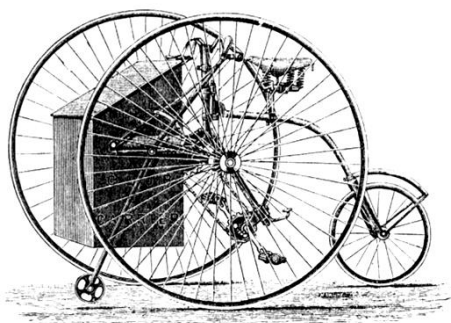


Figura 12: “The Club Carrier Tricycle” de 1886 (Pinkerton 1983)

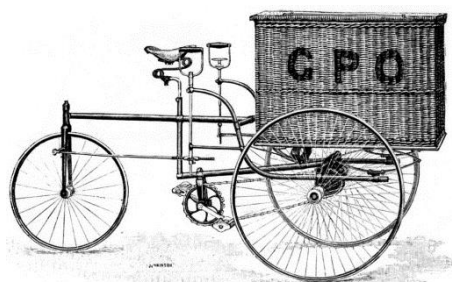


Figura 13: “Premier Carrier Tricycle, H.M. Government Postal Service”, 1886 (Pinkerton 1983)

Em 1925 a Smith &co (SCO, Odense, Dinamarca) produziu dois modelos de bicicleta de carga com apenas duas rodas: a “Transporter” com cestos frontais e traseiros; e a “Long John” com uma plataforma de carga central entre as suas duas rodas (Davidson e McGurn 1997, 31). Versões destes modelos ainda são produzidas nos dias de hoje.



Figura 14: “Long John” da “Smith &co” (Embacher, Smith e Angerer 2011, 122-123) (Zickermann 2008)

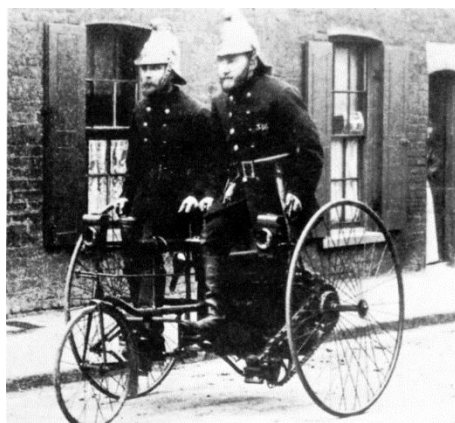


Figura 15: Triciclo ao serviço dos bombeiros Britânicos (McGurn 1999)

Pontualmente surgiram outras inovações que resultaram em modelos únicos de bicicletas de carga. Exemplos destas bicicletas são as inovações introduzidas pela BSA (Birmingham Small Arms Company Limited, Birmingham, Reino Unido) em 1905 nos seus modelos que equipavam os bombeiros que operavam em espaços fabris ligados à indústria petroquímica, também não menos importantes e talvez as mais conhecidas, são as bicicletas inspirada no movimento *Art nouveau* Italiano, utilizadas, na década de 30 do século XX, na venda ambulante de gelados (Petty 2001).



Figura 16: Bicicleta de carga B.S.A. de 1936 (Pinkerton 1983)



Figura 17: Bicicleta utilizada em 1900, na distribuição de leite (Urkai Community 2013)

Na Grã-Bretanha a maioria dos fabricantes de bicicletas dispunham frequentemente de bicicletas de carga nos seus portfólios. Destas empresas distinguem-se a Gundle (Leonard Gundle Motor Co. Ltd., Birmingham, Reino Unido) e a Pashley (Pashley Cycles, Stratford-upon-Avon, Reino Unido) pela sua especialização neste segmento de mercado, sendo que a primeira foi mais tarde adquirida pela Pashley a sua grande rival (Pinkerton 1983).



Figura 18: Bicicleta de carga Pashley Model D.K.3 1951 (Pinkerton 1983)

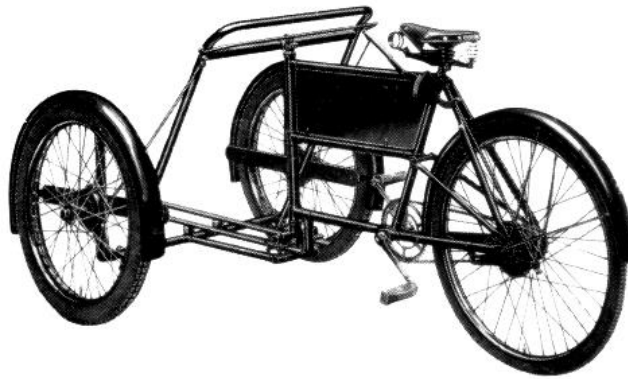


Figura 19: Bicicleta de carga Gundlen Handytrike 1971 (Pinkerton 1983)

Nos Estados Unidos da América a Tinkham Cycle Company (Bidwell-Tinkham Cycle Company, New York City, EUA) foi pioneira na produção em massa de bicicletas e triciclos de carga (Adams 1981, 219), contudo, esta hegemonia esbateu-se quando entrou em cena um outro fabricante chamado Worksman (Worksman Cycles, New York City, EUA), a quem foi encomendado o fornecimento de triciclos de distribuição para a Good Humor Ice Cream, este contrato consequentemente fez com que esta empresa domina-se este mercado (Zuckerman 2000).

Os primeiros relatos das bicicletas ao serviço dos correios surgiram em algumas publicações de 1869 na Grã-Bretanha, estas descreviam carteiros que se deslocavam em “Dandy-Horses” (Petty 2001). Esta opinião é também partilhada por (Ritchie 1995) quando este cita um livro de 1870 em que é descrita a utilização da bicicleta na distribuição postal, contudo Street (1998, 64) é muito cético ao defender que esta utilização, a ter existido, não terá sido registada nos arquivos dos próprios correios e que se de facto existiu terá sido de uma forma muito experimental. Ele defende antes que existem registos da utilização dos velocípedes mas numa data mais próxima de 1880.



Figura 20: Bicicletas Triumph utilizadas pelos correios da Grã-Bretanha 1903 (Pinkerton 1983)

Os serviços postais Australianos são também pioneiros neste meio de transporte. Em Julho de 1898, após um período experimental de onze meses, a central de correios de Melbourne adquiriu 14 bicicletas para a distribuição do correio no interior deste centro urbano. A medida traduziu-se nessa altura numa poupança anual de 2000 Libras Australianas (Fitzpatrick 1998, 54-55).

Nos Estados Unidos da América, em 1869, o *Journal of the Telegraph* recomendou aos seus mensageiros o uso de bicicletas, no entanto os primeiros registos desta utilização referem-se aos correios de Port Jervis em Nova Iorque nesse mesmo ano (Dunham 1956, 118-119).

Ainda hoje em alguns países Europeus, a distribuição de correio é feita através de bicicletas, esta realidade é visível em países como a Grã-Bretanha, a Dinamarca que em 1997 possuía uma frota de aproximadamente 40 triciclos (Davidson e McGurn 1997, 38) e ainda os serviços postais Suíços com um número total de bicicletas a rondar as 3700 (Rhodes 2000).

A partir da década de 80 do século XIX, da mesma forma que os correios, outros comerciantes começam também a adotar as bicicletas como meio de transporte para as suas mercadorias (Caunter 1955, 31), tal como os correios, os serviços de entregas privados terão adotado estes veículos sensivelmente na mesma altura.



Figura 21: *Corrida anual de rapazes de entregas nas ruas de Liège na Bélgica (McGurn 1999)*

Na Austrália, por exemplo, no período da corrida ao ouro no início da década de 90 do século XIX, os serviços privados asseguravam a distribuição de correio entre Sothorn Cross e Coolgardie numa rota superior a 160 quilómetros. Esta foi a alternativa encontrada por estes pioneiros para superar as dificuldades que se colocavam nesta região desértica, onde escasseava o feno para os cavalos, e a importação de camelos se tornava extremamente dispendiosa. Este serviço foi mantido até 1897, ano em que foi completamente substituído pela instalação de uma linha de telégrafo e pela chegada do serviço postal regular (Fitzpatrick 1998, 158-166).



Figura 22: Bicicletas no “outback” Australiano “The Bicycle and the bush” (Fitzpatrick 1998)

No início do século XX a Western Union utilizava mensageiros em bicicletas para entregar telegramas nas cidades mais importantes dos EUA, também em Londres, na década de 30 do mesmo século, contabilizavam-se cerca de 1000 mensageiros em bicicletas, sendo que este número ascendia a 7000 em toda a Grã-Bretanha (McGurn 1999, 155).



Figura 23: Serviço Alemão de mensageiros em meados de 1890 (McGurn 1999)

Em Seattle, em 1907, seis adolescentes com duas bicicletas formaram a American Messenger Company, estes jovens propuseram-se a entregar telegramas vinte e quatro horas por dia sete dias por semana, até que em 1913 se fundiram com outra empresa de entregas que operava com motocicletas passando a chamar-se Merchant Parcel Delivery. A partir deste marco, o seu negócio foi reorientado para a distribuição de parcelas de clientes retalhistas, esta estratégia permitiu a esta empresa crescer, e anos mais tarde mudar o seu nome para UPS (Hartung 1996). Curiosamente a UPS ainda hoje utiliza frotas de bicicletas para efetuar uma parte das suas entregas, assiste-se até, nos grandes centros urbanos, a uma substituição gradual das carrinhas de distribuição por veículos de tração humana. Um exemplo desta política é o caso de Estugarda na Alemanha, onde integrada numa estratégia de combate à poluição, a UPS substituiu as suas carrinhas por bicicletas (Petty 2001). Pelas mesmas razões a Airborne Express, nos EUA, começou a utilizar no

seu centro de logística 150 triciclos para recolher parcelas dos tapetes transportadores (Davidson e McGurn 1996, 89).



Figura 24: Triciclo de entregas da UPS (Bentrider 2008)



Figura 25: Triagem de encomendas na "Airborne Express" (Transportation Alternatives 2013)

Na década de 30, do século XX, os adventos do telefone e a massificação do automóvel fizeram com que os serviços de entrega de mensagens por bicicleta se tornassem gradualmente obsoletos (Reilly 2000, 12). No entanto, em 1970 estes correios reaparecem em Nova Iorque graças à indústria do audiovisual com o nome de Can Couriers, tal como o nome sugere estes apressavam-se a entregar nos laboratórios de revelação as bobinas de filme exposto, proveniente dos estúdios de gravação. Estes serviços de estafeta rapidamente se propagam a outras cidades dos EUA, como São Francisco e Seattle (Reilly 2000, 12).

O crescente congestionamento do tráfego automóvel, nos grandes centros urbanos norte Americanos, e os sucessivos aumentos dos preços dos combustíveis fósseis potenciou o crescimento do número de prestadores destes serviços, como nos referem Fisher (1997, 103) e Raab (1994) na década de 80, do século XX, contabilizavam-se em Nova Iorque um número de estafetas na ordem dos 5000 a 7000 ciclistas.

Nos EUA, tal como com o telefone na década de 30, do século XX, o telefax na década de 80 do mesmo século volta a ameaçar a profissão, no entanto, fontes como Raab (1994) afirmam que em Nova Iorque deverão ainda existir entre 1000 a 2000 estafetas, a Associated Press (1998) enumera 350 estafetas autorizados em São Francisco, Wasseerman (1996) refere que em Boston este número será de 225 e em Monreal 140 (Coulture et al. 1998). No mesmo período noutras regiões do mundo como Tóquio, no Japão, estes correios ganharam especial relevância graças ao seu modelo de negócio, baseado nos baixos custos operacionais, que lhes permitia oferecer tarifas 20 a 30% mais baixas que as dos seus concorrentes motorizados (Petty 2001).

A organização do Campeonato mundial de estafetas em bicicleta reportava que em 1988 existia, a nível mundial, aproximadamente 10 000 estafetas em cerca de 100 cidades. Os promotores do evento defendiam que anualmente a distribuição por bicicleta, de 73 milhões de parcelas (Shiplely 1998).

McGurn (1999, 81) identifica, na Europa, várias evidências históricas da distribuição de produtos, nomeadamente a entrega de leite fresco no Reino Unido, na Alemanha e na Holanda durante a década de 80 do século XIX, apontando como auge desta utilização a década de 30 do século XX. Em Londres, durante o ano de 1939, terão existido aproximadamente 4000 triciclos associados à marca de gelados “Walls” e os seus concorrentes segundo McGurn (1999) também possuíam os seus próprios triciclos. McGurn (1999, 155) acredita ainda que os triciclos de carga seriam bastante vulgares na Europa, não se limitando apenas a efetuar entregas tão diversas como mercearias, leite, correio e jornais, mas também serviriam como veículo de apoio para alguns artesãos.



Figura 26: “Stop me & buy one” da “Walls” (Pinkerton 1983)

Ainda hoje serviços deste tipo são vulgares em alguns países, mesmo nos EUA existem serviços tão diversos como eletricitas, canalizadores e outros modelos de entregas completamente desenvolvidos a partir da bicicleta como meio de transporte (Petty 2001).

Um exemplo desta viragem nos EUA é a Pedal’s Express, que nasceu no Oregon em 1992, com um serviço de entregas através de triciclos especiais, dimensionados para transportar cargas até 450 quilogramas. Os seus funcionários efetuavam diariamente giros de 5 horas, entregando uma média de 90 kg de massas alimentares pelos restaurantes locais. Em 1994 expandiu-se pelos EUA associando-se a outros grupos na Califórnia e em Nova Iorque (Dinkelspiel 1995). A Terra Nova Landscaping, que se associou à Pedal’s Express em 1994, teria em 1991 alienado um dos seus camiões para o substituir por duas bicicletas com atrelado, mais tarde em 1995, aumentou a sua frota não motorizada para 7 bicicletas com atrelado, um triciclo de carga e ainda um quadriciclo. Estima-se que cerca de um terço dos clientes dos serviços da Pedal’s Express são pessoas que se identificam com a causa “Bike Only” (Musitelli 1995). Existem ainda a Fresh air delivery services, no Iowa, e a Bike-cart age, em Victoria, que com as suas seis bicicletas entrega 100 000 jornais todas as semanas, e ainda possui um contrato de distribuição com uma mercearia local (Litman e Kort 1999). Também no Canadá, no Québec, um inquérito local estimou que 25% de todas as entregas feitas por lojas de conveniência são efetuadas recorrendo à bicicleta (Coulture et al. 1999, 30).



Figura 27: “Banner” do sítio de internet da “Pedals express” (Pedal Express 2014)

Com o objetivo de comparar o maior número de soluções tecnológicas disponíveis, a International Federation of Bike Messengers Associations (IFBMA). organiza o “The Cycle Messenger World Championships” (CMWC). Este campeonato contempla uma prova (Cargo Race) que consiste em transportar no menor tempo possível uma carga de volumosa e irregular ao longo de um percurso urbano (IFBMA 2014). Paralelamente a este evento em Nijmegen, na Holanda, realiza-se também o “The International Cargo Bike Festival que já se encontra na terceira edição. (Bakfiets Treffen 2014)



Figura 28: Poster das edições de 2013 e 2014 do “Cargobike Festival” (Sluijsmans 2014)

A utilidade das bicicletas em situações de emergência tornou-se evidente em 1995 na cidade de Kobe, no Japão, quando esta cidade foi assolada por um terramoto, e as suas principais vias de comunicação ficaram comprometidas. Esta catástrofe tornou bastante difícil o fornecimento de bens de primeira necessidade à população local. Como parte do plano de assistência Humanitária foram doadas pela indústria 2000 bicicletas novas, bem como um número indeterminado de bicicletas usadas que foram doadas por organizações

humanitárias (*Apud Petty 2001*). A eficácia das bicicletas nesta experiência levou a que a cidade de São Francisco, nos EUA, elaborasse um plano de contingência para uma catástrofe semelhante, contemplando os seus mensageiros em bicicleta como parte desse plano (*Petty 2001*).

A polícia é uma das forças de emergência onde o uso da bicicleta é mais visível, existem também nos EUA alguns serviços, de intervenção médica rápida, que se deslocam de bicicleta, transportando alguns equipamento básicos de assistência e suporte à vida, e ainda algumas utilizações esporádicas da bicicleta por parte dos Bombeiros.

A utilização de bicicletas por polícias segundo alguns relatos remonta a 1869 no Illinois (*Dunham 1956, 119*) havendo também segundo *McGurn (1999)* registos da utilização de um triciclo pela polícia Britânica, contudo segundo *Smith (1972)* e *Seymour (1895)* referem que o uso das bicicletas por polícias era frequente em cidades como Boston, Nova Iorque, Milwaukee e Chicago (*Seymour 1895, 707-05*). *Smith (1972, 49)* defende ainda que Filadélfia, Brooklyn, Cincinnati, e Chicago em 1894 já teriam patrulhas de polícias em bicicletas. Em baixo (*Figura 29*) o polícia James O'Sullivan do estado de "South Australia", uma das dez primeiras bicicletas que equiparam a polícia deste estado Australiano em 1893, a polícia de Queensland adota bicicletas em 1896, como comprova a fotografia de estúdio do Agente Patrick Duffy em 1896 (*Figura 30*).



Figura 29: James O'Sullivan, SAPOL 1893 (*SAPOL: South Australia Police 2012*)



Figura 30: Patrick Duffy 1896 (*Queensland Police 2013*)

O regresso das bicicletas às forças policiais, em 1987, é creditado ao Sargento Paul Grady e ao seu colega Mike Miller. Estes terão proposto esta ideia como solução para enfrentar os graves problemas de congestionamento rodoviário do centro urbano de Seattle (*Cuerdon 1997*). No ano de 1993 o número de polícias em bicicletas nesta cidade já superava os 70 agentes, com mais de 600 pedidos de cooperação de outras corporações de polícia, entre 1991 e 1992 (*Petty 2001*).

Esta ideia foi rapidamente adotada, não só por outras forças policiais mas também pelas empresas privadas de segurança. Um levantamento efetuado pela League of American

Wheelmen determinou que pelo menos 80 cidades em 26 estados dos EUA possuíam patrulhas em bicicletas (Petty 2001).

Carter (1999) observou que a polícia não é a única força de emergência que recorre a este meio de transporte, em países como a Austrália, EUA, Reino Unido e a França outras forças de intervenção como médicos e bombeiros também utilizam bicicletas. Em alguns países, em vias de desenvolvimento, algumas bicicletas ainda são utilizadas como ambulâncias (Petty 2001).



Figura 31: *Bicicleta Ambulância utilizada durante a II Guerra Mundial (Urkai Community 2013)*



Figura 32: *Namibian Bicycle Ambulance Project (Bicycling Empowerment Network Namibia 2014)*

Atualmente são cada vez mais frequentes unidades de paramédicos em bicicleta, um exemplo de uma cidade pioneira neste tipo de utilização é a cidade de Denver, nos EUA, que em 1991 criou a All-terrain medical unit, que com as suas bicicletas adaptadas transportavam monitores cardíacos, oxigênio e outros equipamentos médicos de primeira intervenção. Estas equipas conseguem cobrir o dobro do terreno que uma equipa a pé, e têm sido bastante utilizadas em alguns eventos desportivos, conseguindo dar uma resposta pronta num espaço de poucos minutos. Também têm tido bastante sucesso em espaços comerciais e parques públicos (Bicycle Network News 1991). Em 1995 Austin no Texas torna-se o vigésimo estado Norte-americano a possuir uma brigada de emergência médica em bicicleta (Kelly 1995). O Jamaica Hospital, em Queens, foi um dos primeiros Hospitais com um serviço de socorro em bicicleta a operar a tempo inteiro, esta patrulha de 25 bicicletas percorre uma área de 10 km², com um custo operacional total igual ao de uma só ambulância (Cuerdon 1999). Toronto, Vancouver e Edmonton no Canadá também possuem unidades de intervenção médica deste tipo (Holubitsky 1998).



Figura 33: *Denver Health Paramedic All-Terrain Medical Bike Unit (International Police Mountain Bike Association 2014)*

Com as evidências recolhidas, conclui-se que conceito de uma bicicleta de carga, como solução para o transporte de bens, tem proliferado um pouco por todo o mundo. Existem várias evidências históricas que descrevem a utilização destes veículos desde meados do século XIX, comprovando que esta ideia não se trata de um conceito novo. Em algumas cidades europeias, como Copenhaga e Amesterdão, este uso nunca foi descontinuado e continua a ser bastante comum. Desde as bicicletas de cargas mais comuns às soluções mais engenhosas e elaboradas, adaptadas a funções muito específicas, é evidente que os habitantes destas cidades exploram de forma bastante exaustiva o potencial deste meio de transporte. Noutros continentes, e em especial na América do Norte, encontram-se nichos muito ativos onde estas bicicletas assumem um estatuto de culto. Apoiantes incondicionais desenvolvem vários negócios associados a este conceito que alavancam e potenciam a sua disseminação, assim, verifica-se que neste continente a bicicleta de carga é um meio de transporte, complementar e alternativo, com uma crescente procura já reconhecida por alguns fabricantes que parecem focados em apostar neste mercado.

Este tema poderá ser alvo de diferentes interpretações, das quais se destacam:

O ponto de vista das organizações, tanto as que produzem como as que tiram partido da tecnologia, esta alternativa é considerada com bastante seriedade, pois uma política de transportes alicerçada em veículos não emissores de gases poluentes é um excelente argumento da política de marketing verde, que muitas organizações procuram transmitir.

Do ponto de vista económico a bicicleta também apresenta argumentos bastante fortes, tanto no custo de aquisição como de manutenção.

Do ponto de vista urbano a bicicleta apresenta um impacte muito reduzido no tráfico dos grandes centros, convivendo de uma forma bastante amigável com a envolvente urbana, resultando numa relação privilegiada com a cidade.

Do ponto de vista dos consumidores estas bicicletas permitem mover, de uma forma bastante prática, cargas consideráveis dentro de zonas urbanas complicadas, quer estas dificuldades se prendam com proibição do tráfico automóvel quer pela sua intensidade. Estas bicicletas poderão ser utilizadas de variadas formas, sejam elas compras, transportando grandes quantidades de bens dos espaços comerciais até suas casas ou no transporte das suas crianças nos diversos percursos quotidianos.

Do ponto de vista dos cidadãos, como utentes do espaço público, assistimos a uma mudança de mentalidades. Existe hoje uma nova visão para o espaço urbano e para a sua relação com as pessoas e a sua mobilidade. Muitas pessoas, em todo o mundo, começam a predispor-se para adotar hábitos mais sustentáveis e começam a aceitar fazer alguns esforços numa atitude “Go-green”, sendo a mobilidade e o transporte dos seus bens um importante ponto de partida neste sentido.

2.3 Soluções construtivas

Os primeiros fabricantes de velocípedes construía os seus modelos recorrendo aos materiais que dispunham em maior abundância e que melhor dominavam utilizando principalmente estruturas em madeira com reforços pontuais em metais. Este paradigma

ter-se-á alterado com o surgimento do processo de produção do aço Bessemer que permitiu a produção de aço a baixo custo (Wilson 2004, 353). Até então, teriam sido utilizadas ligas ferrosas de baixa resistência, ferros fundidos e alguns componentes em bronzes.

No período de 1869 a 1880, foram introduzidas novas ligas metálicas que potenciaram a criatividade dos inventores e designers, neste período surgiram ainda importantes inovações ao nível dos componentes, como a introdução de borrachas para o fabrico de pneus e rolamentos que aumentaram a eficiência do “movimento das rodas”.

Foram efetuados refinamentos contínuos nos materiais que proporcionaram uma melhoria contínua das suas propriedades e características, conquistando-se ganhos significativos tanto ao nível do peso das estruturas como do seu comportamento. Wilson (2004), defende ainda, que esses avanços permitiram reduzir o peso médio das estruturas para um terço daquilo que as primeiras máquinas pesariam.

“Continued refinement of materials and improved design have resulted in a reduction in current bicycle weight to about one-third of that common for early machines.” (Wilson 2004, 353)

Wilson (2004) realça ainda que o cenário, durante o século XX, segmentou-se em três mercados tipos, onde cada um adota os materiais que mais se adequavam aos seus propósitos.

Apresenta um primeiro mercado para bicicletas de baixo-custo, em que maioritariamente se empregavam aços-carbono de baixa liga; um segundo mercado de gama média, que recorria a aços de média liga, e ainda, um terceiro mercado ligado à competição que empregava ligas metálicas mais nobres recorrendo, com frequência, às ligas de cromo (ou manganês) -molibdénio.

“(...) for most of the past century, the principal materials used for the frames of bicycles have been steels (i.e., iron plus carbon): low-carbon for inexpensive machines, medium-carbon for the middle-range models, and chrome- (or manganese-)molybdenum steel alloys with medium carbon content for the best competition cycles.” (Wilson 2004, 353)

O alumínio e as ligas de titânio foram, nas últimas décadas, alternativas bem-sucedidas à utilização do aço, contudo, nos dias de hoje, esse papel cabe às fibras de carbono e Kevlar em matriz epóxica. As boas propriedades mecânicas e a liberdade morfológica destes materiais libertam os designers das limitações dos materiais convencionais e, permitem a adoção de formas cada vez mais orgânicas.

O autor descreve a utilização dos diferentes materiais, ao longo do tempo, atribuindo às suas características mecânicas uma importância fulcral na obtenção de uma estrutura fiável e eficaz. A dificuldade em prever todas as cargas e solicitações, a que uma estrutura desta natureza estará sujeita, aumenta a probabilidade de falhas na conceção e validação. Assim, o designer deverá compensar e prever os efeitos da utilização de um determinado material, e/ou uma determinada geometria, e o impacto que as suas decisões poderão ter na integridade da estrutura.

Nos dias de hoje, os plásticos e os compósitos surgem como alternativas válidas aos materiais metálicos, em indústrias como a aeronáutica e a automóvel estes materiais já se encontram amplamente implementados com resultados bastante surpreendentes.

“Plastics and composites (fiber-reinforced resins) are now competitive with metal components in such demanding applications as airplane structures, racing and sports cars, and chemical plants, and they have made substantial inroads, rather surprisingly, in opposite poles of bicycle production.” (Wilson 2004, 376)

No sector das bicicletas, apesar de se assistir, ao nível profissional desportivo, a uma utilização crescente de componentes poliméricos, estes encontram-se ainda numa fase distante da massificação. No outro extremo da escala, surgem os brinquedos para crianças como pequenos triciclos e bicicletas de baixo custo. Os fabricantes destes brinquedos, geralmente, optam por materiais de baixo custo, que estão longe de revelar o verdadeiro potencial dos polímeros.

O ceticismo em relação à adoção dos polímeros fez surgir pequenos “fabricantes de garagem” que produzem componentes metálicos de substituição, alternativos aos poliméricos introduzidos pelas grandes marcas nas suas bicicletas. Contudo, segundo alguns autores, a qualidade dessas alternativas, na sua maioria, é inferior à dos componentes originais.

“A “cottage industry” of manufacturers of replacement pulleys with sealed ball bearings has developed in response. The author’s experience is that the life of these replacement pulleys is still nasty, brutish, and short.” (Wilson 2004, 376)

O plástico injetado em molde, nos dias de hoje, é uma tecnologia com um grande potencial, polímeros aditivados com cargas (fibras de reforço) poderiam permitir a produção massificada de estruturas com formas orgânicas a um custo muito baixo. Porém, até hoje, poucas tentativas, foram efetivamente, realizadas e destas apenas alguns modelos chegaram efetivamente ao mercado. O exemplo mais conhecido destas tentativas será mesmo o da “Itera”, uma bicicleta desenvolvida na Suécia pela Volvo no início da década de 80 do século XX.



Figura 34: Wilhelmina Plast Itera (Embacher, Smith e Angerer 2011, 96)

Estas bicicletas na opinião de alguns autores apresentavam geralmente uma morfologia volumosa e uma flexibilidade estrutural indesejável.

“These bicycles have generally been bulkier in appearance and more flexible than steel-framed bicycles.” (Wilson 2004, 378)

David Wilson defende que novos materiais estão constantemente a surgir, onde os polímeros adquirem propriedades cada vez mais próximas das propriedades das ligas metálicas.

“As new polymers and polymer-fiber combinations and improved manufacturing methods are developed, mass-produced composite frames will become less bulky, lighter, and stiffer.” (Wilson 2004, 378)

Os polímeros reforçados com fibras poderiam permitir a produção em grande escala de estruturas compósitas menos volumosas, mais leves, mais rígidas e por uma fração do preço das soluções atuais. Outro fator que torna estas estruturas atrativas é a inexistência de corrosão nos polímeros, sendo que esta propriedade poderá reduzir drasticamente as intervenções de manutenção.

3 O mercado da bicicleta

O potencial da bicicleta reside no seu baixo custo de aquisição, na contribuição para melhorar a saúde dos seus utilizadores, na agilidade urbana e ainda por manter uma pegada ecológica bastante reduzida quando comparada com os seus concorrentes. No entanto, mesmo considerando estas virtudes o número de ciclistas, nas principais cidades mundiais, continua muito abaixo do seu potencial.

3.1 Mercado global

A percentagem de trajetos realizados por bicicleta varia bastante entre os diferentes países, ou até mesmo entre as diferentes regiões dos países. Na China registam-se, ainda hoje, no início deste século XXI algumas das maiores taxas de utilização de bicicletas. Apesar do crescente interesse dos cidadãos Chineses pelo automóvel, em cidades como Tianjin, Xi'an e Shijiazhuang a bicicleta é ainda responsável por cerca de metade de todas as deslocações dentro do perímetro urbano.

No Ocidente, nomeadamente na Holanda, Dinamarca e Alemanha existem as maiores taxas de utilizadores de bicicleta. Com as percentagens de trajetos efetuados por bicicleta nestes países a variar entre os 10% e os 27% do total das deslocações.

“Amesterdão tem, segundo dados de Janeiro de 2014, 799.442 habitantes. E 881 mil bicicletas. Para além deste ser o meio de transporte oficial de autoridades e serviços como correios, há quem tenha duas bicicletas, uma para uso diário e outra melhor para lazer.” (Bourgard e Guimarães 2014)

“Em Amesterdão há 400 quilómetros de ciclovias, e mais de 70% de quilómetros percorridos são feitos em bicicleta (11% são em transportes públicos).” (Bourgard e Guimarães 2014)

Contrariando estes números encontram-se países como o Reino Unido, os Estados Unidos da América e a Austrália em que a totalidade das deslocações de bicicleta não ultrapassa 1%. Em África, onde as bicicletas são frequentemente um bem inacessível à maioria da população, existem no entanto cidades como Morogoro na Tanzânia, Eldoret no Quênia, e Ougadougou no Burkina Faso em que a taxa de utilização deste meio de transporte atinge valores situados entre os 10 e os 23% da totalidade das deslocações (Worldwatch Institute 2013). Ainda, segundo o Worldwatch Institute (2013), a produção Industrial de bicicletas ter-se-à situado na ordem dos 130 milhões de unidades em 2007, reflectindo um ciclo de crescimento que já se vinha a verificar ao longo de uma década.

“Bicycle production was up 3.2 percent in 2007 to 130 million units (...) Global output continued to be largely a Chinese affair, as China produced two of every three bikes made worldwide. India, the European Union, Taiwan, Indonesia, and Brazil were the next five largest producers...”
(Worldwatch Institute 2013)

Globalmente, existem diversos organismos que representam tanto a indústria como os retalhistas de bicicletas, estes são, na sua maioria, associações que frequentemente representam simultaneamente a indústria e o retalho. Apesar da abundância de organismos

a informação disponibilizada por estes é frequentemente desatualizada, escassa ou pouco clara. De notar ainda que o mercado chinês, sozinho, representa a maior fatia do mercado mundial e é paradoxalmente aquele que menos informação disponibiliza de si próprio. Não foi possível identificar um organismo que represente nem a indústria, nem o comércio de bicicletas neste país.

Apesar da ausência de dados oficiais que quantifiquem o mercado Chinês é possível extrapolar um valor para quantificar a procura interna, assim, considerando a diferença das unidades produzidas que se situa nos 81.6 milhões e as unidades exportadas que se situam 55.7 milhões de unidades, o valor aproximado da procura interna dever-se-á situar próximo dos 26 milhões de unidades vendidas em 2011.

No entanto, estes números poderão não representar uma ameaça para os fabricantes europeus, mas sim, o início de um novo ciclo que se antevê através do crescente interesse no mercado Chinês por bicicletas Europeias e Norte Americanas.

“At the China Cycle Forum (...) the large amount of renowned foreign enterprises from Europe and the US in particular participating in this year’s show, fully illustrates the fact that China will become the world largest consumer market of middle and high-end bikes by 3 years.” (BIKEurope 2012)

A Infografia representada na Figura 35 foi elaborada recorrendo a dados disponibilizados pelas diversas associações de indústria e retalho dos principais mercados mundiais. Numa fase preliminar identificaram-se os principais mercados e os seus respetivos representantes, desta análise conclui-se rapidamente que o mercado global é claramente dominado pela produção Chinesa (BIKEurope 2012), no entanto, isso não implica que não existam outros espaços onde a produção de bicicletas assuma um peso relevante. Exemplos desses casos são a Índia com 15 milhões de unidades produzidas em 2001 (AICMA s.d.), o espaço Europeu com os seus 11 milhões de bicicletas produzidas em 2012 (COLIPED 2013), o Brasil com 4 milhões em 2012 (ABRACICLO s.d.), o Japão com uma produção em 2008 de 2 milhões (IBF 2014) e ainda o mercado dos EUA com 16 milhões de bicicletas comercializadas (NBDA 2014).

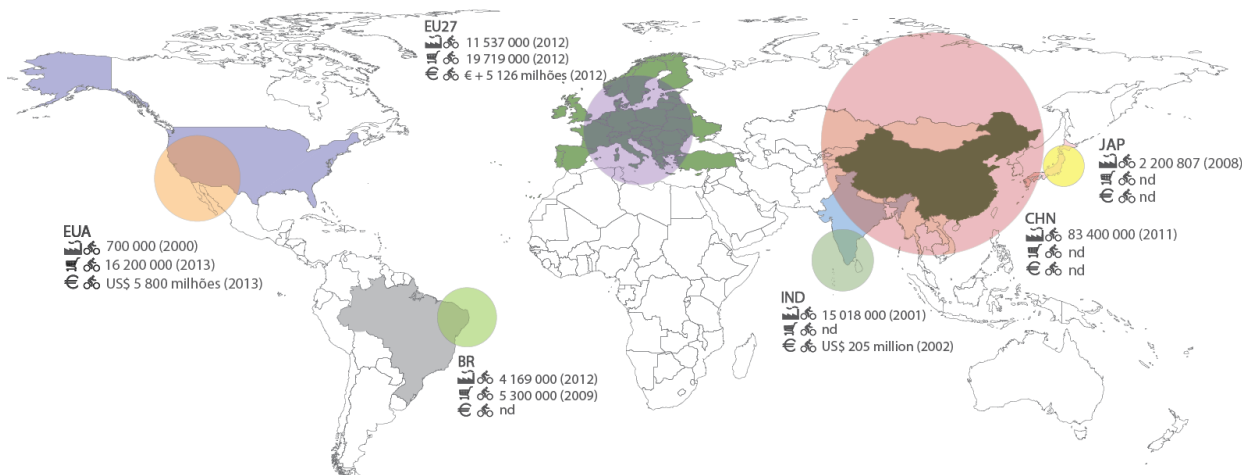


Figura 35: Panorama do mercado global da bicicleta

As bicicletas elétricas que vulgarmente são apelidadas de “ebikes”, ou seja bicicletas que utilizam um motor elétrico para reduzir o esforço de pedalar, emergem como um novo e efervescênte segmento do mercado. Mais uma vez a produção destes veículos encontra-se maioritariamente sediada na China, contudo recentemente já se podem encontrar propostas europeias e japonesas, sendo disto exemplo os “Kits” eléctricos desenvolvidos pela “Bosch” e pela “Shimano”.

Tal como no mercado das bicicletas comuns verifica-se também nas “ebikes” uma estabilização das vendas a nível global. As vendas a partir da China em 2010 atingiram os 29.5 milhões de unidades, enquanto que em 2011 este numero subiu apenas de uma forma muito ligeira fixando-se em 30.9 milhões de unidades. Quando consideramos as exportações Chinesas de bicicletas elétricas completas, estas registam apenas um ligeiro crescimento em 2011 relativamente a 2010, sendo que em 2011 foram exportadas 607 000 unidades enquanto no ano anterior já teriam sido exportadas 585 000. (BIKEurope 2012)

3.2 Mercado Europeu:

Sendo o mercado Europeu a 27, não só aquele em que Portugal se insere mas também um dos maiores ao nível global, justifica examina-lo de uma forma mais atenta.

A partir dos dados contidos no European Bicycle Market Industry & Market Profile 2012 statistics, 2013 edition (COLIPED 2013) foi possível uma interpretação através de duas perspetivas:

A primeira perspetiva, gráfico 1, tem como objetivo apurar o saldo final entre produção, consumo e importação de bicicletas no espaço EU27. Assim, o foco da análise encontra-se no balanço entre as unidades produzidas e as unidades consumidas neste espaço. Esta análise pretendeu ainda evidenciar os valores do consumo e da produção industrial nos diferentes estados europeus.

A segunda perspetiva, Gráfico 2, demonstra os valores médios nos diferentes estados europeus, despendidos pelos consumidores na aquisição de bicicletas. Esta análise permitiu enquadrar o produto desenvolvido dentro de um *“target price”*, e também determinar os mercados-alvo potencialmente mais recetivos à proposta.

Gráfico 1: O mercado europeu da bicicleta



Produção Industrial de Bicicletas 2012 - EU27: 11 537 000
(Unidades Produzidas)

Vendas de Bicicletas 2012 - EU27: 19 719 000
(Unidades Vendidas)

	Alemanha:	2 211 000 Unid (19.16%)
		3 966 000 Unid (20%)
	Itália:	2 195 000 Unid (19.03%)
		1 606 000 Unid (8%)
	Polónia:	1 076 000 Unid (9.33%)
		992 000 Unid (5%)
	Holanda:	900 000 Unid (7.8%)
		1 035 000 Unid (5%)
	França:	850 000 Unid (7.37%)
		2 835 000 Unid (14%)
	Bulgária:	837 000 Unid (7.25%)
		62 000 Unid (>1%)
	Portugal:	780 000 Unid (6.76%)
		350 000 Unid (2%)
	Roménia:	450 000 Unid (3.9%)
		380 000 Unid (2%)
	Hungria:	391 000 Unid (3.39%)
		232 000 Unid (1%)
	Espanha:	370 000 Unid (3.21%)
		780 000 Unid (4%)
	Republica Checa:	350 000 Unid (3.03%)
		350 000 Unid (2%)
	Lituânia:	340 000 Unid (2.95%)
		115 000 Unid (1%)
	Eslováquia:	220 000 Unid (1.91%)
		300 000 Unid (2%)
	Áustria:	142 000 Unid (1.23%)
		410 000 Unid (2%)
	Grecia:	130 000 Unid (1.13%)
		320 000 Unid (2%)
	Suécia:	115 000 Unid (1.0%)
		555 000 Unid (3%)
	Bélgica:	105 000 Unid (0.91%)
		450 000 Unid (2%)
	Reino Unido:	40 000 Unid (0.35%)
		3 600 000 Unid (18%)
	Finlândia:	30 000 Unid (0.26%)
		330 000 Unid (2%)
	Eslovénia:	5 000 Unid (0.04%)
		250 000 Unid (1%)
	Dinamarca:	0 Unid (0.0%)
		550 000 Unid (3%)

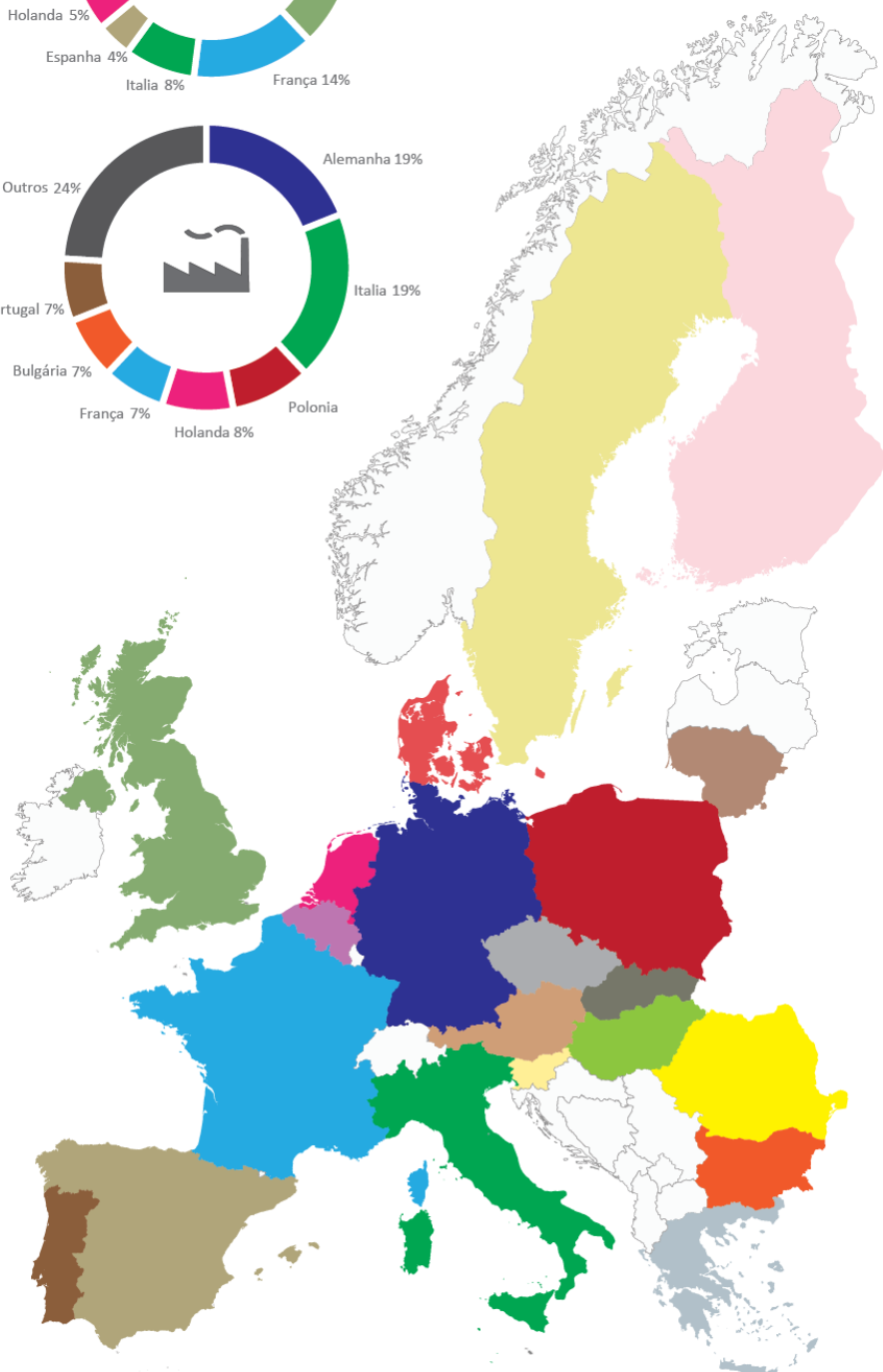
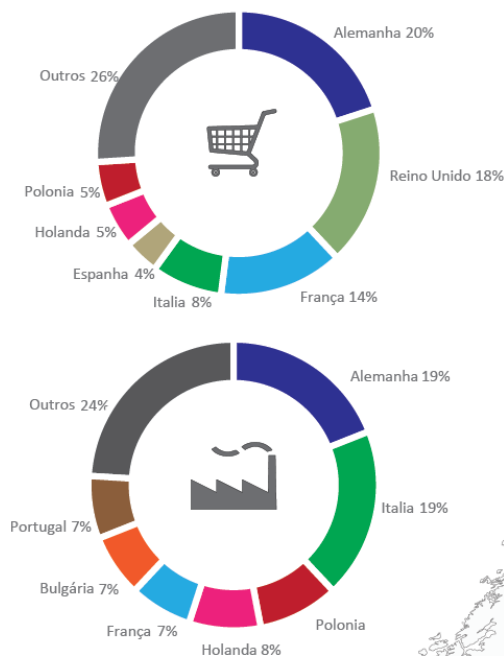
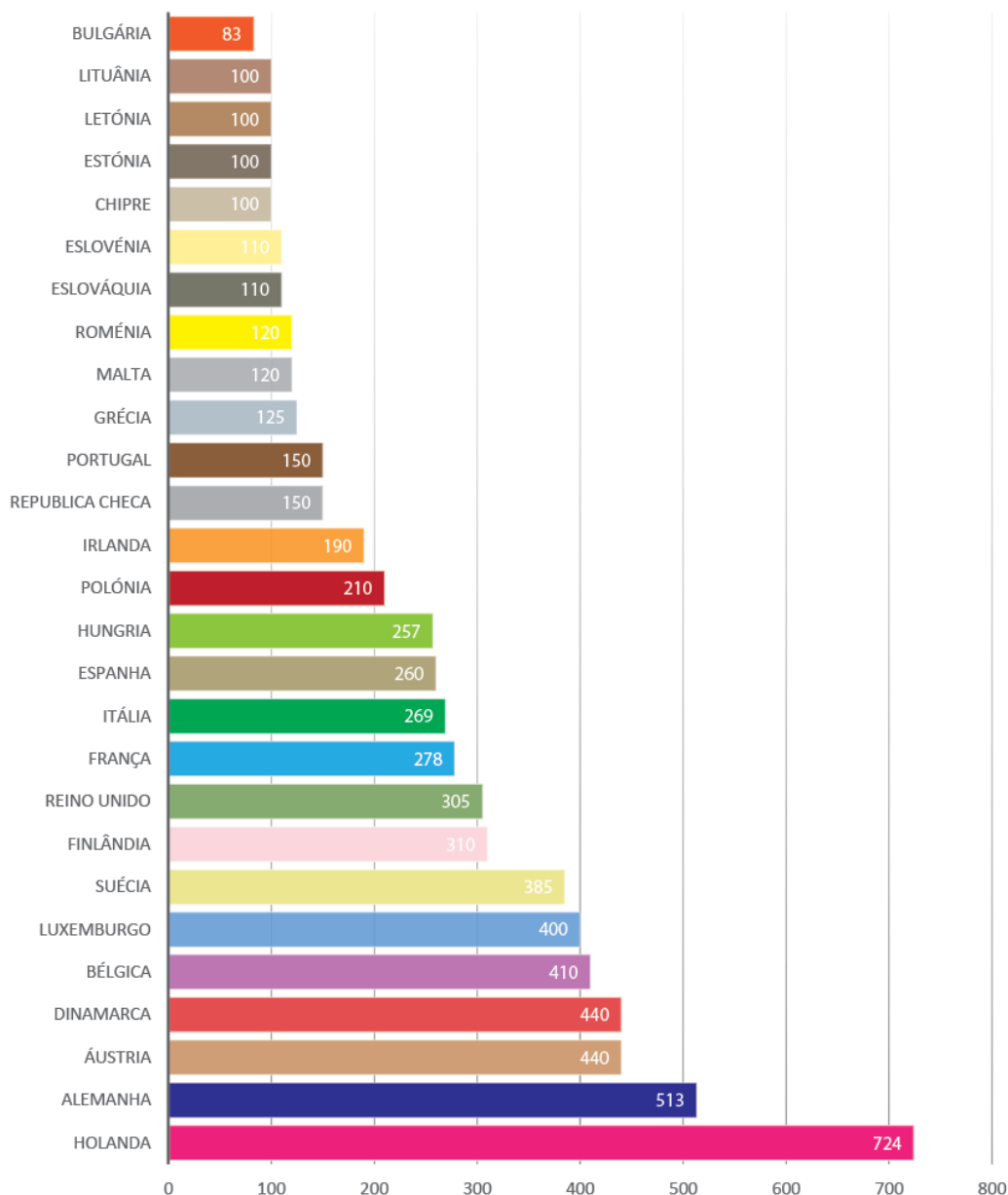


Gráfico 2: Preço médio das bicicletas, pago pelos consumidores dos países EU27

\bar{x} €  Preço Médio das Bicicletas na Zona EURO em 2012
Preço Médio das Unidades Vendidas nos Estados EU27



3.3 O mercado europeu da bicicleta elétrica

No segmento das bicicletas elétricas, o mercado europeu surge destacado ao absorver cerca de 70% das “ebikes” exportadas pelas fábricas Chinesas. (BIKEurope 2012)

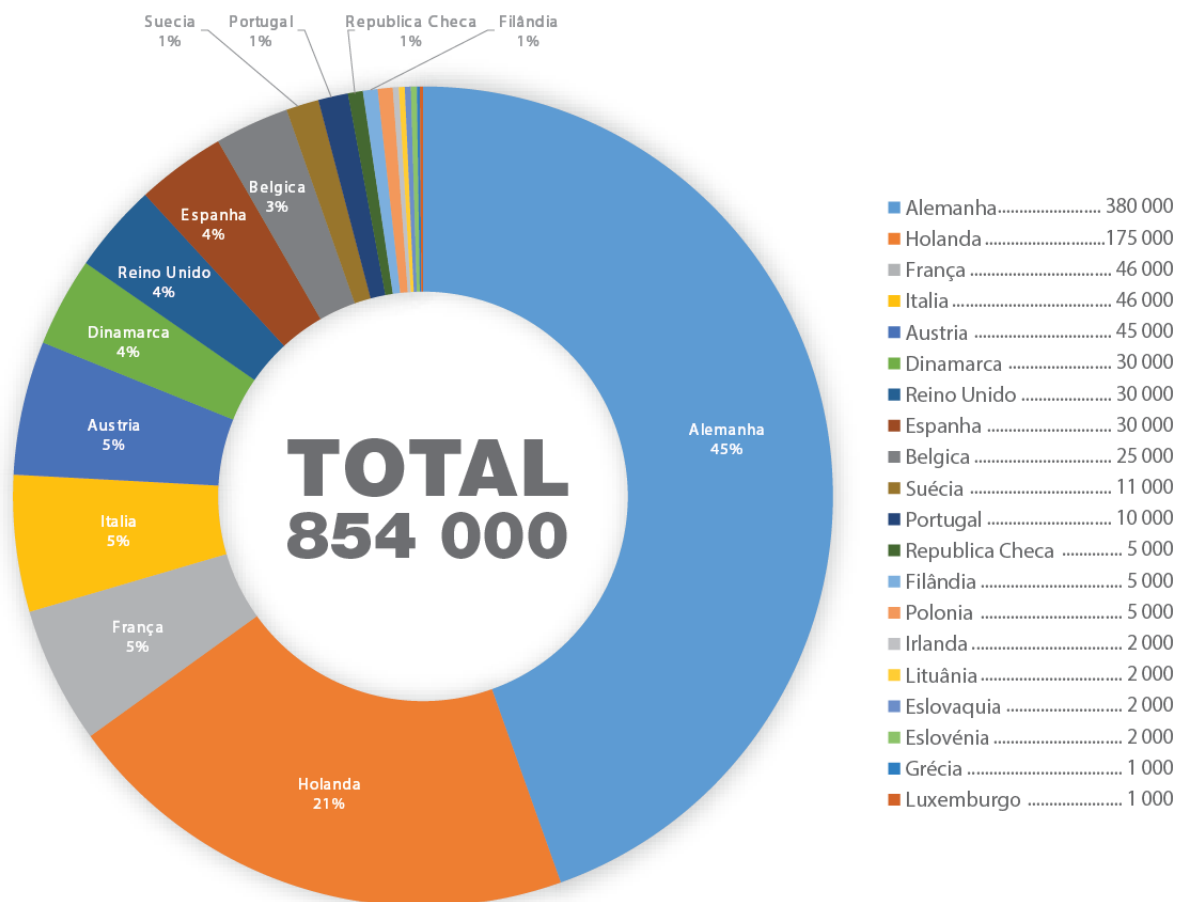
Sales of electric bikes in Germany nearly tripled in 2007. For aging populations and for riders tackling hilly terrain or facing hot temperatures, electric bikes make cycling a viable transport option. Yet battery disposal poses a potentially significant environmental downside to e-bikes. (Worldwatch Institute 2013)

O Gráfico 3 retrata o mercado das bicicletas elétricas na europa a 27 a partir dos dados contidos no European Bicycle Market Industry & Market Profile 2012 statistics, 2013 edition (COLIPED 2013).

Gráfico 3: Distribuição do mercado europeu da bicicleta elétrica



Mercado Europeu 2012
EPAC electric power assisted cycles



4 Desenvolvimento da Proposta

4.1 Metodologias e ferramentas

Para a concretização dos objetivos traçados na fase inicial deste trabalho tiveram que ser, obrigatoriamente, consideradas um conjunto de ferramentas de auxílio ao processo de desenvolvimento de produto. Algumas destas ferramentas são mais usuais numa ou na outra área científica, mas na sua grande maioria são transversais aos processos de design e de engenharia do produto.

Esta dissertação baseia-se fundamentalmente na metodologia descrita por Ulrich e Eppinger (2012), em que são definidas sete etapas para o processo de desenvolvimento de um produto.

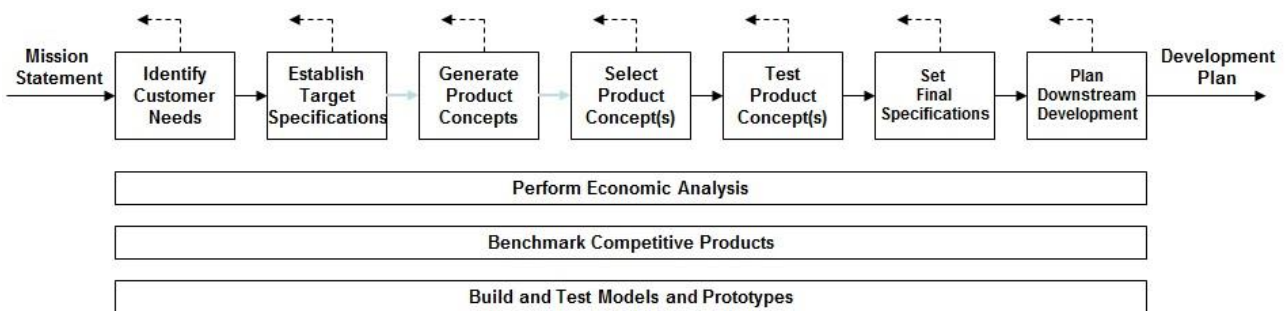


Figura 36: Metodologia de desenvolvimento do produto descrita por Ulrich e Eppinger (2012)

Assim, tendo como base o diagrama da

Figura 36 descreve-se o método adotado neste trabalho e as respetivas ferramentas utilizadas para a concretização das etapas identificadas:

4.1.1 Identificação das necessidades do cliente

Para identificar as necessidades de um cliente é necessário determinar quem esse cliente é, e em que regiões do globo ele se encontra. Assim, além de determinar o estado-da-arte do produto, interessa também determinar onde se situam os principais mercados alvo e qual a sua dimensão. Esta informação assume um interesse especial porque permite orientar e contemplar requisitos específicos associados às diferentes culturas, assim, procedeu-se a um levantamento da dimensão do mercado das bicicletas e também ao levantamento das principais propostas já existentes nos mercados alvo. Ao elaborar um “*benchmark*” da concorrência pretende-se identificar os principais argumentos das propostas, e também determinar os seus pontos fracos. Complementarmente, e fundamentado na informação recolhida e compilada, foi possível idealizar um modelo de negócio através de um “*Business Model Canvas*”.

Identificadas a oportunidade e o público, interessou estruturar e correlacionar o máximo de ideias e soluções para o problema colocado, neste sentido, naturalmente surgiram vários mapas mentais que foram gradualmente refinados até se obter um que servisse de guião para o projeto.

4.1.2 Definição das especificações

As especificações do produto são definidas numa fase pré-conceptual. Para isso foi necessário o conjunto de atividades descritas no ponto anterior. Assim, e alimentando as diferentes ferramentas com as informações e os dados obtidos, foi possível através de análise das propostas existentes e do potencial do mercado identificado, apurar um conjunto de atributos e especificações que deveriam ser considerados e incluídos na proposta conceptual.

Ao identificar as principais características dos produtos existentes, apurando o estado-da-arte e analisando a concorrência através de “*benchmarking*”, foi possível isolar e classificar no modelo de Kano as principais especificações. Numa fase posterior essa informação é analisada qualitativa e quantitativamente através do um QFD, obtendo desta forma uma hierarquização das especificações.

4.1.3 Gerar conceitos de produto

A geração de conceitos foi realizada através de esboços, numa primeira fase de uma forma livre e sem contemplar a informação já recolhida, com o único intuito de gerar o maior número possível de conceitos diferentes.

Numa segunda fase este processo começou a filtrar e a integrar alguns parâmetros, como a antropometria, e alguns dos requisitos principais identificados ao longo do processo anterior.

A terceira fase é caracterizada pelo recurso às ferramentas de CAD, aqui nesta fase já foram introduzidos todos os requisitos apurados, as medidas antropométricas foram levadas em conta com o intuito de assegurar os princípios ergonómicos, e foram equacionados os primeiros desafios ao nível da engenharia e do fabrico. Nesta fase, como consequência da introdução de todos estes fatores, iniciou-se automaticamente o processo de seleção e filtragem de conceitos.

Finalmente, ao considerar os conceitos desenvolvidos, tornou-se necessário definir e desenvolver os diversos sistemas necessários ao desempenho das funções, e ainda selecionar a arquitetura mais adequada ao produto.

4.1.4 Seleção de conceito

Das propostas sobreviventes, do ponto anterior, tornou-se necessário definir um rumo e determinar uma proposta definitiva para a conceção de um produto. Este poderia ser uma das propostas existentes, uma nova proposta resultante da fusão das propostas conceptuais existentes, ou ainda, a reformulação do conceito com o desenvolvimento de novas propostas.

Para auxiliar neste processo, de seleção e avaliação, foi utilizada uma ferramenta de avaliação do modo de falha (FMEA). Aqui, foram analisadas as diferentes características dos conceitos, e avaliadas as probabilidades de falha de uma forma qualitativa. Assim, foi

possível elaborar um panorama que permitiu não só identificar a melhor proposta, como também as características a melhorar.

4.1.5 Testar conceito

Concluída a fase de seleção de conceito, e dos sistemas a integrar, torna-se necessária a materialização de um modelo. Esta tarefa transita, ou é de facto iniciada, ainda durante o processo de desenvolvimento conceptual, no entanto ganha uma nova dimensão nesta fase com a construção detalhada do modelo virtual em CAD. O processo de modelação permite desenvolver um modelo virtual muito aproximado do produto final, este modelo permite prever e ensaiar os diversos elementos estruturais e funcionais que compõem a proposta. Foram ainda ensaiados movimentos, fixações, atravancamentos e a resistência dos componentes às solicitações através da análise por elementos finitos.

Complementarmente, foi elaborado um modelo “*mock-up*” à escala de 1:8, que permitiu avaliar a coerência morfológica da proposta e a relação entre espaços ocupados por componentes e subconjuntos. No final desta fase, as opções tomadas foram novamente confrontadas e validadas através de um FMEA elaborado na ótica do produto.

4.1.6 Definição das especificações finais e planeamento das atividades

Considerando a natureza académica da proposta, as etapas de definição de especificações finais e do planeamento a jusante tornam-se, de certa forma, indistintas. Assim, de uma forma simplificada consideraram-se estas etapas como uma só etapa no desenvolvimento da proposta apresentada.

Neste ponto, podem-se considerar um conjunto de atividades de planeamento e elaboração documentação técnica e de auxílio ao fabrico. Estas atividades são necessariamente focadas nos processos de DFM e DFA, pois a partir deste ponto o produto será desenvolvido na ótica da sua industrialização e distribuição.

4.2 Modelo de negócio

O “*Business Model Canvas*” é uma ferramenta de gestão, desenvolvida por Alexander Osterwalter (Osterwalder e Pigneur 2010), que permite desenvolver e apresentar modelos de negócio, novos ou já existentes, de uma forma bastante gráfica e simplificada. Trata-se de um mapa visual pré-formatado de nove blocos explicativos do(s) modelo(s) de negócios que se pretende explorar.

Para a proposta a desenvolver considerou-se pertinente utilizar esta ferramenta, pois a sua forma resumida de apresentar um modelo de negócio vem de encontro ao que se pretende nesta fase do projeto, pois não sendo o âmbito deste trabalho uma demonstração de viabilidade financeira, entendeu-se que cada um dos nove blocos ajudaria a justificar a pertinência deste produto.

4.2.1 Customer Segment (CS)

O primeiro bloco representa o público-alvo (“Customer Segment”) a que o produto se destina. Interessa identificar, muito bem à partida, os diferentes grupos de consumidores a quem o produto possa interessar, para que o foco seja orientado nesse(s) segmento(s) de mercado. Questões como “A quem interessa o produto?” ou “Qual o tamanho do(s) diferente(s) segmento(s) de mercado?” devem ser bem conhecidas para que não só se passa direcionar o desenvolvimento do produto à medida das necessidades dos diferentes clientes, como também determinar uma estratégia de comunicação clara e orientada para dar a conhecer o produto.



Figura 37: Customer Segment

- Jovens das fchas etárias dos 25 aos 45 anos,
- Utentes do espaço urbano,
- Profissionais que desempenhem atividades ao ar-livre,
- Profissionais que desempenhem atividades dentro de espaços fabris.

4.2.2 Value Proposition (VP)

Após a identificação do público-alvo, o próximo bloco a abordar será a proposta de valor (“Value proposition”). O produto a desenvolver deve ter valor para o público-alvo, definido no bloco anterior, i.e., todo o desenvolvimento do produto deverá ser pensado numa ótica de auscultação da “voz do cliente”. O produto deverá ser desenvolvido com o intuito de acrescentar um valor que o cliente esteja disposto a pagar.

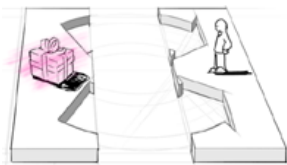


Figura 38: Value Proposition

- Bicicleta utilitária,
- Solução multifuncional,
- Solução adequada ao perfil do utilizador,
- Add-ons e complementos.

4.2.3 Distribution Channels (DC)

O bloco que representa os canais de distribuição (“Distribution Channels”) descreve e identifica como uma organização comunica com o(s) seu(s) segmentos de mercado, i.é, como fazer chegar ao cliente a proposta de valor. Aqui não se trata apenas dos canais de distribuição físicos do produto mas sim da comunicação, distribuição e canais de venda que interessam desenvolver com os diferentes segmentos de mercado.

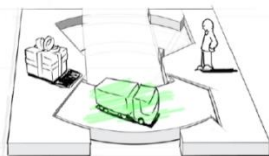


Figura 39: Distribution Channels

- Parceiros locais
- Cadeias multinacionais de distribuição
- e-commerce
- Transportadoras

4.2.4 Customer Relationship (CR)

O bloco relação com o cliente (“Customer Relationship”) clarifica o tipo de relação que uma organização irá manter com os diferentes segmentos de mercado. Medidas de aquisição e fidelização de clientes devem estar bem definidas neste bloco.

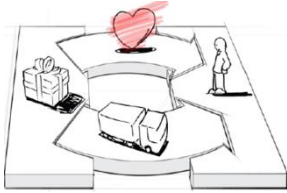


Figura 40: Customer Relationship

- Marca,
- Orientação do produto para segmentos de mercado,
- Orientação do produto para nichos,
- Afinidade com o estilo de vida do cliente.

4.2.5 Revenue Streams (RS)

O bloco que determina os proveitos (“Revenues”), ou seja quanto um cliente está disposto a pagar pela proposta de valor (produto). Deve definir-se neste bloco os subprodutos e complementos que os clientes estão dispostos a adquirir, bem como a margem de contribuição de cada produto.

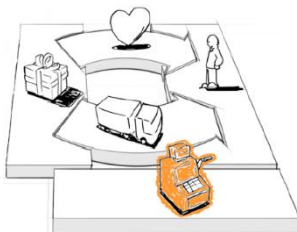


Figura 41: Revenue Streams

- Venda de bicicletas,
- Personalização de bicicletas,
- Venda de componentes de substituição e manutenção,
- Venda de componentes “premium”,
- Venda de add-ons e acessórios

4.2.6 Key Resources (KR)

O bloco que identifica os recursos chave (“Key Resources”), aqueles que são os principais recursos que a organização deve deter para desenvolver um modelo de negócio para o produto proposto. Os recursos chave não só contemplam os ativos físicos mas também os financeiros e os recursos Humanos que a organização deve manter para desenvolver a sua atividade.

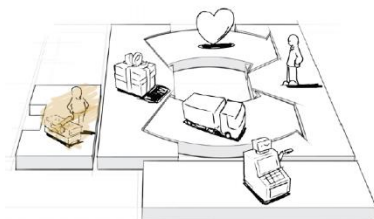


Figura 42: Key Resources

- I&D
- Gestão da Industrialização do produto
- “Marketing”

4.2.7 Key Activities (KA)

O bloco descreve as atividades chave (“Key Activities”), estas são as principais atividades que uma organização terá que desenvolver para sustentar o seu modelo de negócio. Aqui são apresentadas as atividades nucleares (“core”) que a organização deverá efetivamente manter, para desenvolver o modelo de negócio.

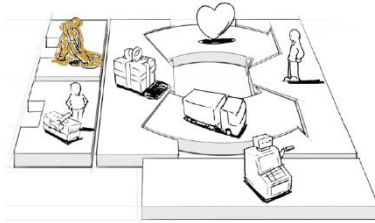


Figura 43: Key Activities

- Desenvolvimento de produto
- Gestão do ciclo de vida do produto
- “Branding”

4.2.8 Strategic Partners (SP)

O bloco dos parceiros estratégicos (“Strategic Partners”) evidencia os parceiros com os quais será necessário desenvolver relações com o intuito de por em prática o modelo de negócios. Alguns serviços deverão ser subcontratados a parceiros sem que com isso seja posto em causa o modelo de negócio. Identificam-se as atividades em que é mais vantajoso subcontratar, por não serem atividades nucleares para o negócio.

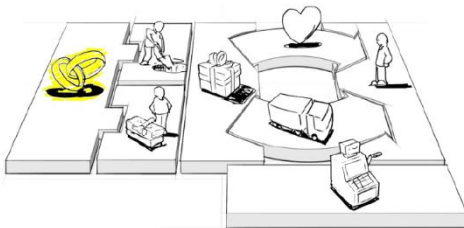


Figura 44: Strategic Partners

- Fabricantes de bicicletas
- Fabricantes de componentes para bicicletas
- Parceiros na indústria dos polímeros
- Parceiros na área da distribuição

4.2.9 Cost Structure (CS)

O bloco dos custos (“Cost Structure”) define a estrutura de custos que a organização deve manter para que se possa desenvolver um modelo de negócio. É importante definir a estrutura de custos do projeto, para que todos ou outros blocos sejam capazes de cobrir o sistema de custos apresentado no modelo de negócio.

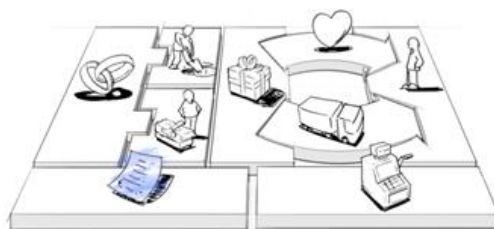


Figura 45: Cost Structure

- Custos de fabricação e estocagem,
- Custos de transporte,
- Divulgação e marketing,
- Custos fixos

4.2.10 O modelo BMC (Business Model Canvas):

O Business model canvas (BMC) poderá ser utilizado para estruturar diferentes problemas numa ótica de negócio, podendo ser desenvolvido e adaptado a vários graus de detalhe, dependendo da abordagem aplicada e do objetivo pretendido.

Considerando a flexibilidade da ferramenta e os objetivos do trabalho considera-se pertinente uma abordagem superficial da ferramenta com o intuito de simular um modelo de negócio para o produto desenvolvido, demonstrando assim um cenário ou cenários em que este se torna pertinente.

“A business model describes the rationale of how an organization creates, delivers, and captures value” (Osterwalder e Pigneur 2010)

Na Figura 46 expõem-se gráfica e sistematicamente cada um dos nove blocos estruturando o modelo de negócio e resumindo cada um dos nove blocos, poder-se-á assim compreender melhor o objetivo inerente à utilização desta ferramenta no projeto.

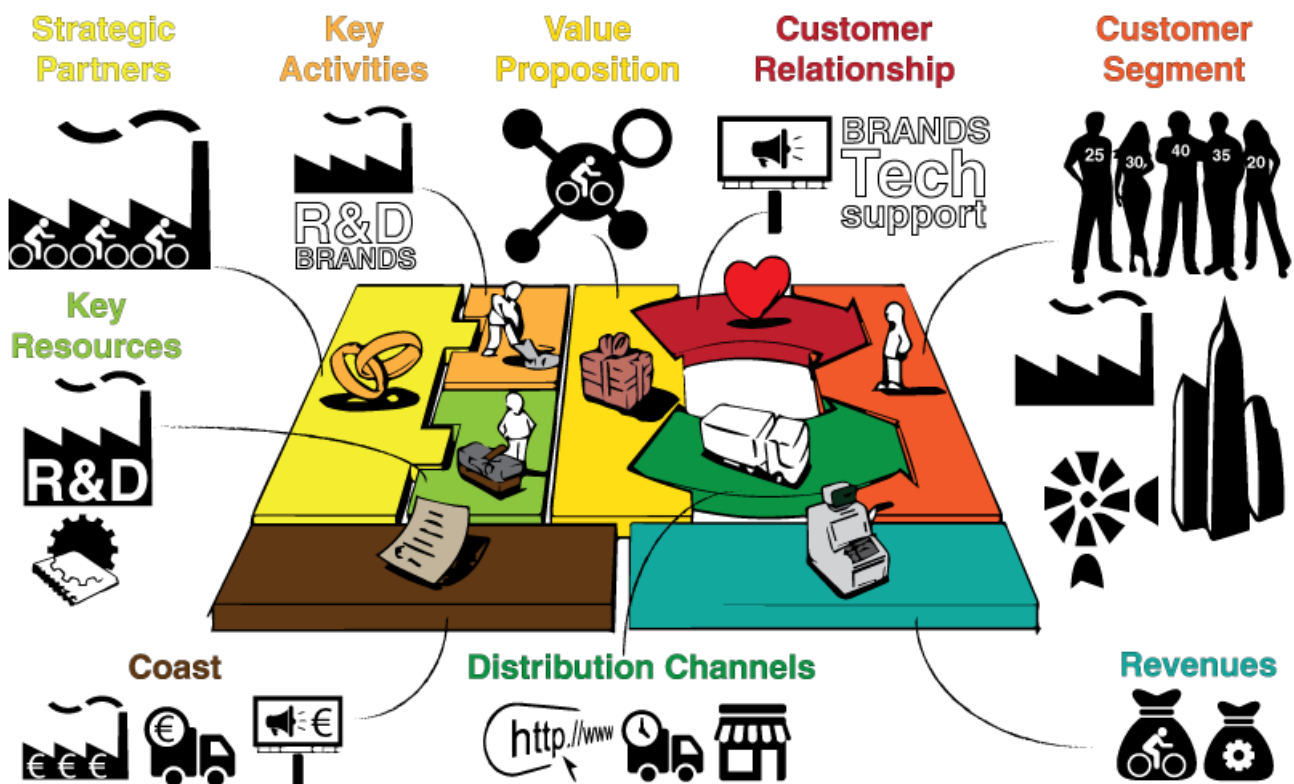


Figura 46: BMC de um dos possíveis negócios para uma bicicleta utilitária

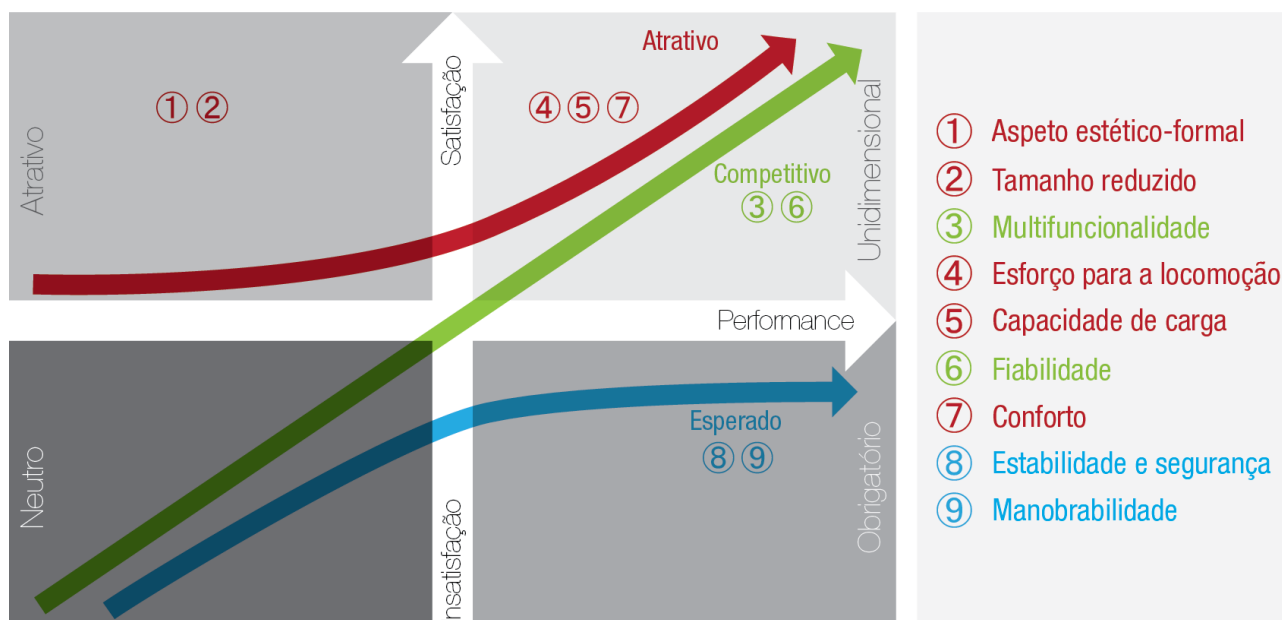
4.3 Classificação de atributos no modelo de Kano

O modelo de Kano trata-se de uma ferramenta que se encontra bastante ligada aos conceitos da metodologia DFSS ("Design For Six Sigma"). Este modelo, ao colocar-se na "pele" do cliente, pretende priorizar as características críticas para a qualidade de um produto.

O primeiro passo, na implementação deste modelo de Kano, consistiu em emular uma “voz do cliente” com o recurso a artifícios como os “*mood-boards*”. Estes quadros, contendo imagens artigos e dados, que retratam situações quotidianas do uso das bicicletas utilitárias, e dos seus respetivos utilizadores, permitiram mapear e esboçar, embora de uma forma rudimentar, alguns perfis de utilizador bem como isolar os potenciais grupos de utilizadores.

O segundo passo consistiu em definir e identificar as características de qualidade valorizadas por um grupo hipotético de clientes. Esta abordagem é bastante subjetiva, no entanto é necessária como um ponto de partida para uma análise mais objetiva. Neste sentido, o Gráfico 4 classifica no modelo de Kano nove características que foram primariamente identificadas como críticas no desenvolvimento da proposta.

Gráfico 4: Identificação de característica de uma bicicleta utilitária através do modelo de Kano



4.4 “*Benchmarking*”:

No contexto do desenvolvimento de um produto ou dos seus pressupostos conceptuais o “*benchmarking*” consiste em estudar os produtos já existentes e que detenham uma função, ou funções, comparáveis às da proposta em desenvolvimento. O “*benchmarking*” poderá ainda revelar conceitos já existentes que solucionem problemas específicos, bem como fornecer informação sobre as mais-valias e as fraquezas das propostas concorrentes. (Ulrich e Eppinger 2012)

Com o intuito de apurar o estado-da-arte da bicicleta utilitária foi necessário efetuar uma pesquisa de mercado. Numa primeira análise foi possível identificar um grande número de propostas, estes casos de estudo forneceram uma considerável quantidade de informação.

A informação recolhida, durante a fase de pesquisa, permitiu a construção de diversos quadros ou “*mood boards*”, que possibilitaram extrair informação de uma forma estruturada do conjunto dos casos de estudo encontrados. Este método de compilação da informação

poderá ser considerado subjetivo, no entanto, numa fase preliminar, facilitou a interpretação e identificação dos requisitos mais importantes do produto. Evidenciou as virtudes e as falhas críticas das propostas analisadas proporcionando uma informação valiosa para a construção das linhas orientadoras do projeto.

Ao confrontar a informação, exposta nos “*mood boards*”, com as características identificadas no modelo de Kano foi possível, dentro do universo das propostas identificadas, isolar as 23 propostas contidas no Anexo B: Identificação dos principais modelos de bicicletas utilitárias. O Quadro 1 resume, pontuando, os casos de estudo expostos no Anexo B: Identificação dos principais modelos de bicicletas utilitárias e dissecados no Anexo C: Classificação dos principais modelos de bicicletas utilitárias. Este quadro representa em última análise um “*benchmarking*” competitivo das 23 propostas.

A avaliação dos requisitos chave, de cada uma das propostas, foi efetuada através de dois tipos de análise; uma qualitativa e outra quantitativa. Para a pontuação individual, das características comuns de cada uma das propostas foi utilizada uma escala de 1 a 5, onde respetivamente, 1 corresponde a um desempenho fraco e 5 a um desempenho excepcional. Desta forma, consegue-se obter rapidamente uma perceção global, tanto qualitativa como quantitativa, do peso de cada um dos requisitos em cada uma das propostas.

Quadro 1: Quadro de resumo do Benchmarking competitivo ao mercado das bicicletas utilitárias

Marca/Modelo	Manobrabilidade	Estabilidade e Segurança	Conforto	Fiabilidade	Capacidade de carga	Esforço para locomoção	Multifuncionalidade	Tamanho Reduzido	Aspeto Estético-formal
Orbita - Post Distribution	5	2	5	4	5	5	3	4	3
Orbita - GNR	5	2	4	4	2	5	3	4	4
Orbita - Scorbita	4	4	5	4	4	5	4	4	3
Cristiania Bikes - h/box	3	5	5	4	5	5	4	4	5
Butchers & Bicycles - Mk1	5	5	3	4	5	5	4	4	4
Baboe Bikes - City	3	2	5	4	3	5	3	1	2
Feetz - Tribike	5	2	5	4	3	5	3	4	2
Zigo - Leader Carrier Bike	3	5	3	4	3	2	3	4	4
Madsen Cycles - kg271 / Blue	3	2	4	4	3	5	3	1	2
Frances Cycles - handcrafts bikes	4	2	5	4	3	5	3	3	4
Gazelle - Cabby	3	2	5	4	4	5	3	1	2
Kemper - Filibus	4	2	4	4	2	3	2	1	2
Kona - Ute	3	2	5	4	3	5	3	1	3
Metrofiets	3	2	5	4	3	4	3	1	2
Monark - Long John	3	2	5	4	4	4	4	1	4
Nihola - Flex	4	5	5	4	5	5	5	3	1
Surly - Big Dummy	4	2	4	4	3	5	2	1	3
Ritchey Design - Rwanda Coffee Bike	4	2	5	5	3	3	3	1	1
JERNHESTEN - Transport bike	5	5	5	4	4	5	4	4	3
Velorbis	4	5	5	4	4	5	4	4	4
WorkCycles	3	5	5	4	5	5	5	3	1
Xtracycle - Radish	5	2	4	4	3	5	2	2	4
Yuba - Mundo Cargo Bike	5	2	5	4	3	5	2	2	2

4.5 Matriz da Qualidade (Quality Function Deployment – QFD)

A utilização do QFD diminui dramaticamente os problemas característicos das fases iniciais de um projeto, no entanto a sua utilização incorreta, pode despoletar tarefas desnecessárias sem que estas se traduzam em mais-valias para o produto. Segundo Akao (1990) a melhor forma de evitar que isto aconteça é não proceder “*by the book*”, ou seja, para cada projeto será necessário encontrar o método mais adequado, sendo mesmo desejável fazer uso da criatividade na aplicação das regras e ajustar o método a cada situação.

“...According to Professor Koichi Aiba, quality design is the entire process of converting the quality demanded by the consumer - the true characteristics – into counterpart characteristics , by means of reasoning translating, and transferring.”
(Akao 1990, 7)

O QFD foi sugerido como abordagem ao design conceptual em 1966 pelo Professor Yoji Akao, contudo apesar da ferramenta ter sido proposta nesta data, apenas em 1972 surge a primeira publicação sobre o tema sistematizando o processo adotado pela Mitsubishi Kobe Shipyards. (Akao 1990)

A adoção de políticas de “*total quality control*” (TQC) faz com que a busca pela qualidade não se confina ao chão de fábrica, mas sim a uma ótica mais abrangente que contemple a totalidade do espetro formado pela cadeia de valor, ou seja, desde a conceção do produto até ao seu fim de ciclo.

Neste projeto foi desenhada uma versão simplificada das matrizes da qualidade (Quadro 2) e do produto (Quadro 3). A matriz de implementação da qualidade foi compilada com base na informação recolhida através das diversas ferramentas que transmitem a voz do cliente, nomeadamente, o “*benchmarking*” e o Modelo de Kano. A análise sistemática isolou e selecionou as características que o cliente mais valoriza, listando as características mesuráveis do design. Para a construção da matriz da qualidade foram selecionadas essas características de forma a poderem ser avaliadas qualitativamente.

As 5 propostas consideradas na matriz da qualidade (Quadro 2) foram selecionadas, com o recurso a uma folha de cálculo, a partir do grupo de casos de estudo identificados no “*benchmarking competitivo*”. O preenchimento da matriz qualidade (Quadro 2) permitiu a obtenção de diagramas de pareto que quantificam o valor da qualidade atribuído a cada requisito e ou especificação. A matriz da qualidade correlaciona os atributos e as características identificadas, reorganizando a priorização dos atributos em função das diferentes características, permitindo assim obter uma priorização corrigida dos requisitos de qualidade para o cliente.

Quadro 2: QFD, Matriz qualidade de uma bicicleta utilitária

Ipi= Índice de Priorização	Carat. de Desempenho								Carat. Dimensionais					Carat. Técnicas								IE= Índice Estratégico	ICI= Concorrência					IPI* = IPI Revisto
	Prioridade das Manutenções	Nº de Mudanças/Velocidades	Sistema de tração por eixo	Sistema de Viragem	Dinamo	Travões de Disco	Selector de Mudanças de Punho	Tamanho e Volume do veículo	Tamanho das Rodas	nº de Rodas	Volume da Caixa de Transporte	Peso	Geometria do Quadro	Sist. de fixação da caixa de transporte	Sist. Acondicionamento cargas	Ergonomia	Adaptabilidade a Diferentes Cenários	Posição Frontal das Rodas	Materials	Facilidade de manutenção	H/Box		Babboe City	Feetz Tribble	Zigo Leader Carrier Bike	MADSEN kg271		
Manobrabilidade	9		9		9		9	9	9	9	9	9				9	9				2	1,5	1	2	2	1	31,18	
Estabilidade e Segurança	8	9		1	9	9	9		9	9	9		9		9	3	9	9	9	9	1	2	0,5	2	2	1	16,00	
Conforto	7		3		9	3		9					3			9	9		3		1,5	2	2	1,5	1,5	1	25,72	
Fiabilidade	6	9		9	3	3	9	3									9		9	9	2	1,5	1,5	1,5	1	0,5	11,02	
Capacidade de carga	5		9		3			9		9	9		9		3		3	3	9		1,5	2	2	0,5	1	1	8,66	
Esforço para locomoção	4		9		1			9	3		3	9	3			9	9		9		2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	15,59	
Multifuncionalidade	3		9	3	9	3			9	9	9		9	9	9	1	9	9	9	3	1,5	1,5	1	1,5	0,5	1,5	4,77	
Tamanho Reduzido	2			1	3			9	9		9		9					9		1	1	0,5	2	1,5	0,5	1,73		
Aspecto Estetico-formal	1			9	1		3		9	9	9		9	1	1	9	9	9	9		1,5	1,5	0,5	2	1	0,5	1,06	

Especificações:	Grau de Dific. de Atuação:																									
IQj= Importância das Características	2,43	6,19	1,41	7,80	2,69	5,27	5,45	6,58	5,39	5,55	4,73	4,21	6,95	0,44	2,14	4,34	9,74	5,03	6,07	2,58	0,5	Baixo				
ACj= Análise Competitiva	2	1,5	2	1	1,5	1,5	2	1,5	1	1,5	1,5	2	1	2	2	2	2	1,5	1	0,5	1	Neutro				
DAj= Dificuldade de Atuação	1,5	1	1	1	0,5	0,5	0,5	1,5	0,5	1,5	1	1,5	1	1	0,5	2	1	2	1,5	1,5	1,5	Alto				
IQj*= IQj Corrigida	4,21	7,6	2	7,8	2,3	4,6	5,5	9,9	3,8	8,3	5,8	7,3	6,9	0,6	2,1	8,7	14	8,7	7,4	2,2	2	Elevado				

Ao analisar os resultados obtidos na matriz qualidade, após a aplicação dos fatores de correção, observa-se, através dos gráficos de pareto (Gráfico 5 e

Gráfico 6), que a priorização inicial dos requisitos de cliente sofre algumas alterações. O requisito “estabilidade e segurança” troca de posição com o requisito “conforto”, e o de “fiabilidade e a capacidade de carga” troca de posição com o de “esforço para a locomoção”. Seguidamente obtém-se então um diagrama de pareto que prioriza as especificações técnicas do projeto.

Gráfico 5: Gráfico de priorização da procura de qualidade.

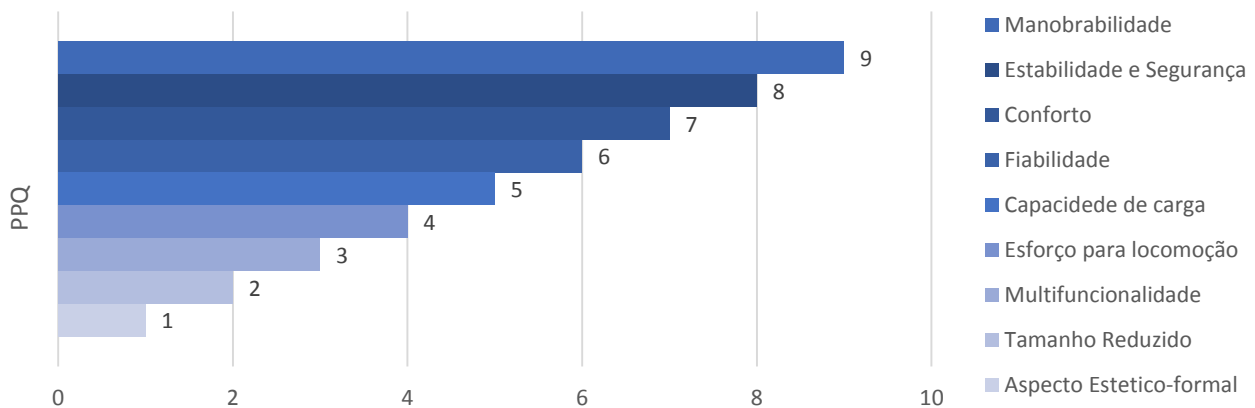
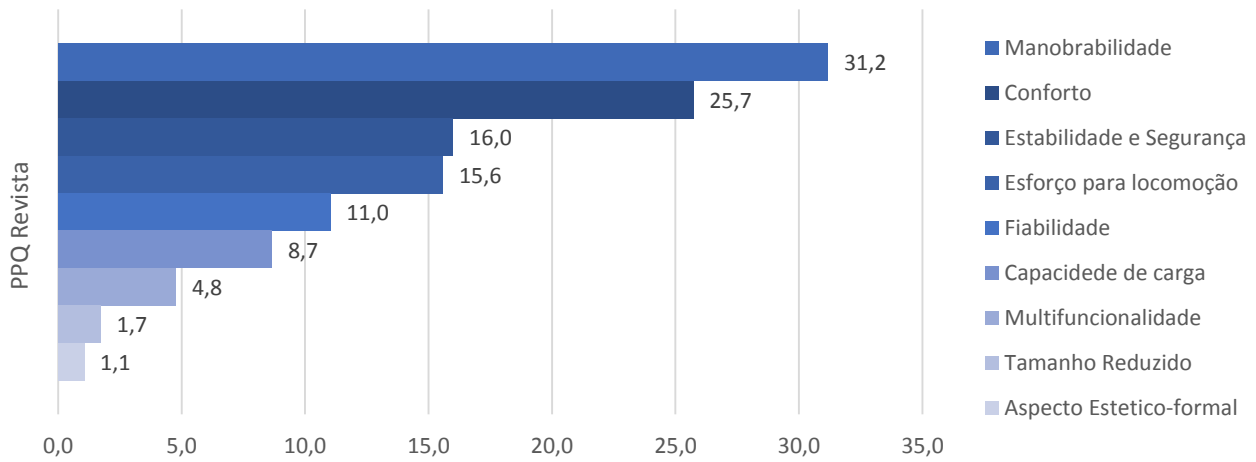
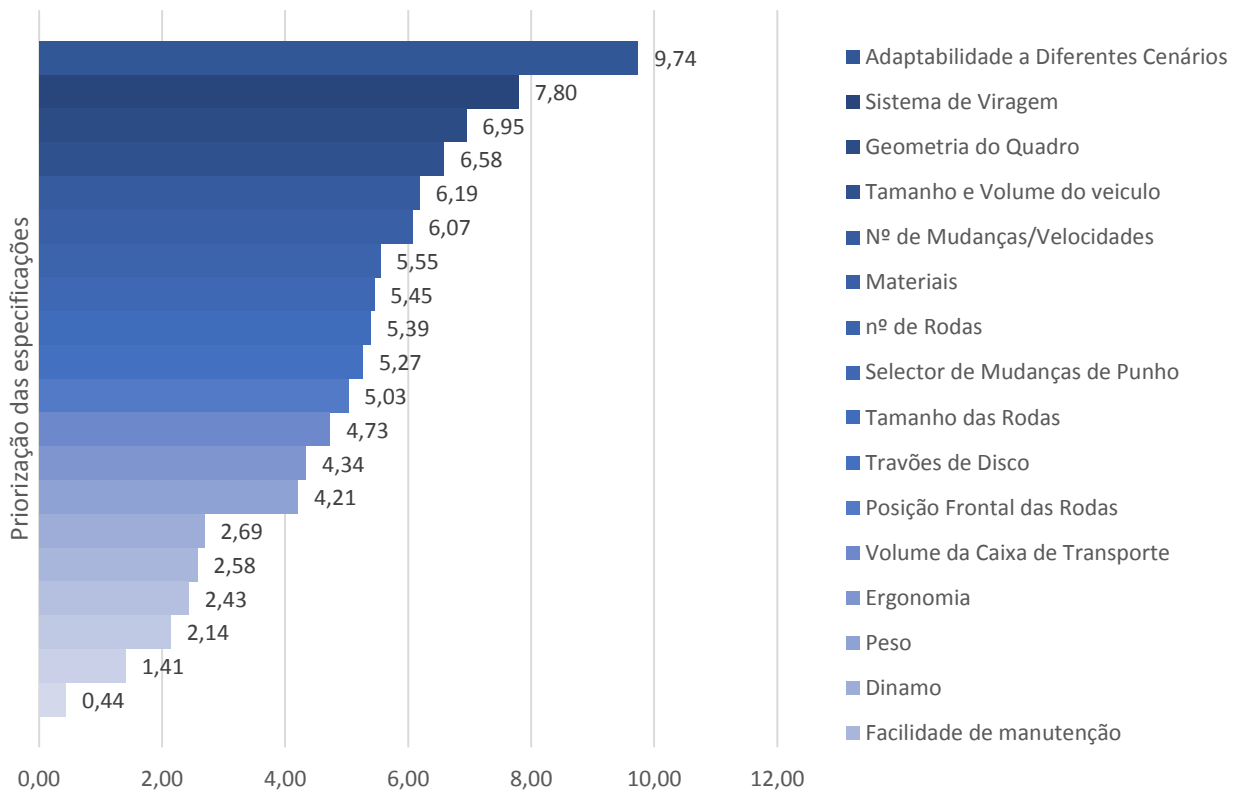


Gráfico 6: Gráfico de priorização revista da procura de qualidade.



De forma análoga ao processo de priorização dos requisitos também as características são alvo de uma correção através das correlações da matriz da qualidade. Assim, surge uma priorização das características em função da sua relação com os diferentes requisitos e especificações. De notar que surge de forma destacada a característica a “adaptabilidade a diferentes cenários” e como a menos importante a “ergonomia”.

Gráfico 7: Gráfico de priorização das especificações do produto.



Na matriz do produto (Quadro 1), avaliaram-se as relações entre componentes chave e as especificações técnicas do produto.

Quadro 3: QFD, Matriz do produto de uma bicicleta utilitária

	Carat. de Desempenho						Carat. Dimensionais						Carat. Técnicas						IPI= Importância das Partes	DI= Dificuldade de Desenvolvimento	TI= Tempo de Desenvolvimento	IPI* = IPI Corrigida		
	Prioridade das Manutenções	Nº de Mudanças/Velocidades	Sistema de tração por eixo	Sistema de Viragem	Dinamo	Travões de Disco	Selector de Mudanças de Punho	Tamanho e Volume do veículo	Tamanho das Rodas	nº de Rodas	Volume da Caixa de Transporte	Peso	Geometria do Quadro	Sist. de fixação da caixa de transporte	Sist. Acondicionamento cargas	Ergonomia	Adaptabilidade a Diferentes Cenários	Posição Frontal das Rodas					Materialis	Facilidade de manutenção
IQj* = IQj Corrigida	4,21	7,6	2	7,8	2,3	4,6	5,5	9,9	3,8	8,3	5,8	7,3	6,9	0,6	2,1	8,7	14	8,7	7,4	2,2	887	1,5	2	1536,77
Quadro	1		9	9	1	9		9	9	9	9	9	9		9	9	9	9	9	9	887	1,5	2	1536,77
Chumaceira de Viragem	9			9				1			3	1	9					9	3	9	326	1	1,5	399,22
Guiador	1			9			9	3				1	9	3		9		9	9	1	450	1,5	1	551,66
Selim	1											3	3			9		9	3	3	199	0,5	1	140,45
Cubo das Rodas	3	9	3	3	9	9			3			1					9		1	9	342	0,5	0,5	171,23
Aro das rodas	3						9	9				1					9		1	3	281	0,5	0,5	140,62
Pneus	9						9					1					9		1	9	286	0,5	0,5	142,78
Travões	9				9												9		3	9	245	0,5	0,5	122,66
Transmissão	1		9									1	9				9		9	9	303	1,5	1,5	454,28
Caixa de Carga	1						9			9	9	9	9	9		3	9	1	9	9	446	2	1,5	771,65
Luzes	1				9							1						1	3	3	46,6	0,5	0,5	23,28
Guarda Lamas	1			1			3	9			3	1	3				1		1	1	145	0,5	0,5	72,46

Da matriz do produto obtiveram-se dois gráficos de pareto (Gráfico 8 e Gráfico 9) que permitem comparar a importância dos componentes, antes e após a aplicação dos fatores de correção.

Gráfico 8: Gráfico de priorização da Importância das partes.

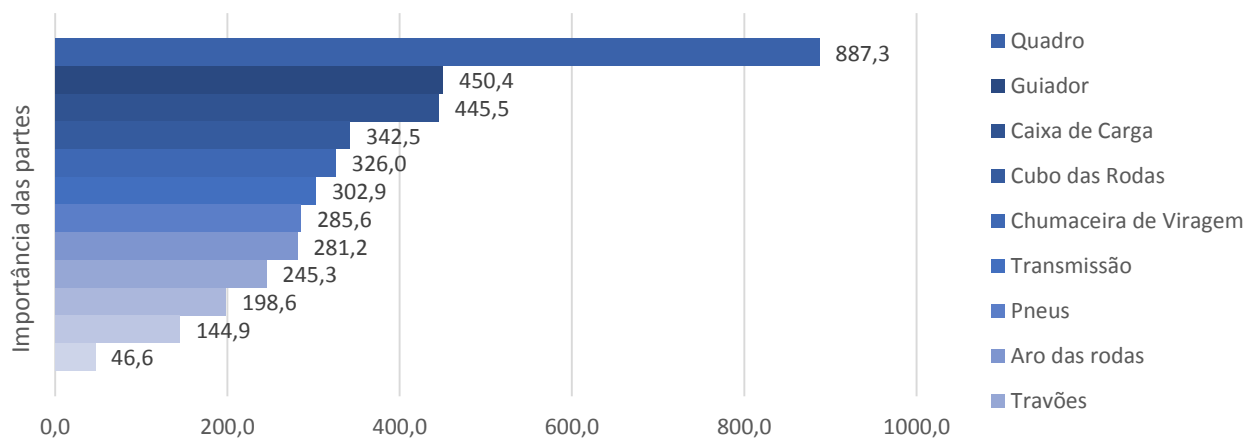
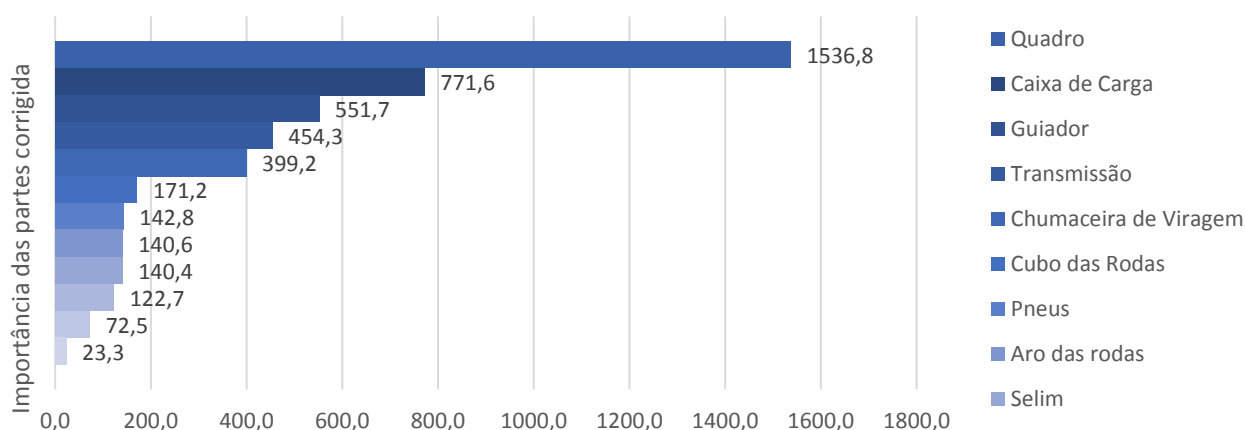


Gráfico 9: Gráfico de priorização revista da importância das partes.



Constata-se, a partir dos resultados obtidos, que é inequívoca a importância do desenvolvimento do requisito “quadro”. Os requisitos “caixa de transporte de carga” e “transmissão” também assumem bastante relevo, sendo mais valorizados que os requisitos “guiador” e “chumaceira de viragem”, ou seja, existe uma inversão de posições na priorização das partes.

4.6 Esboços conceituais

Após a identificação das necessidades do cliente e do estabelecimento de pressupostos e especificações do produto levantam-se algumas questões como:

- Quais as soluções que já existem, e se existem, quais podem ser adotadas?
- Que novos conceitos podem ser desenvolvidos para satisfazer as necessidades identificadas?
- Quais os métodos que deverão ser adotados para facilitar o processo de geração de conceitos?

Segundo Ulrich e Eppinger (2012), a atividade de gerar conceitos de produto deverá consistir em elaborar descrições aproximadas dos princípios tecnológicos, funcionais, e ainda de aspetos morfológicos de um determinado produto.

“...an effective development team will generate hundreds of concepts, of which 5 to 20 will merit serious consideration during the concept selection activity.” (Ulrich e Eppinger 2012)

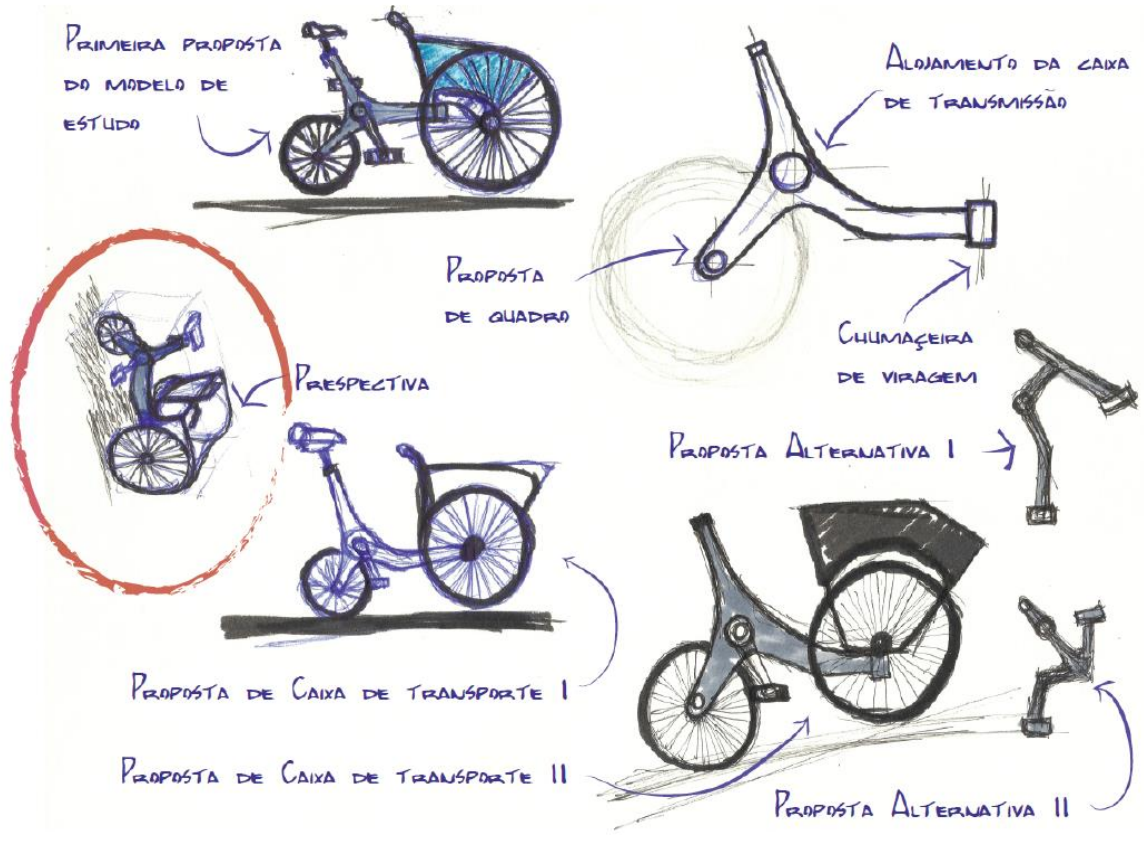
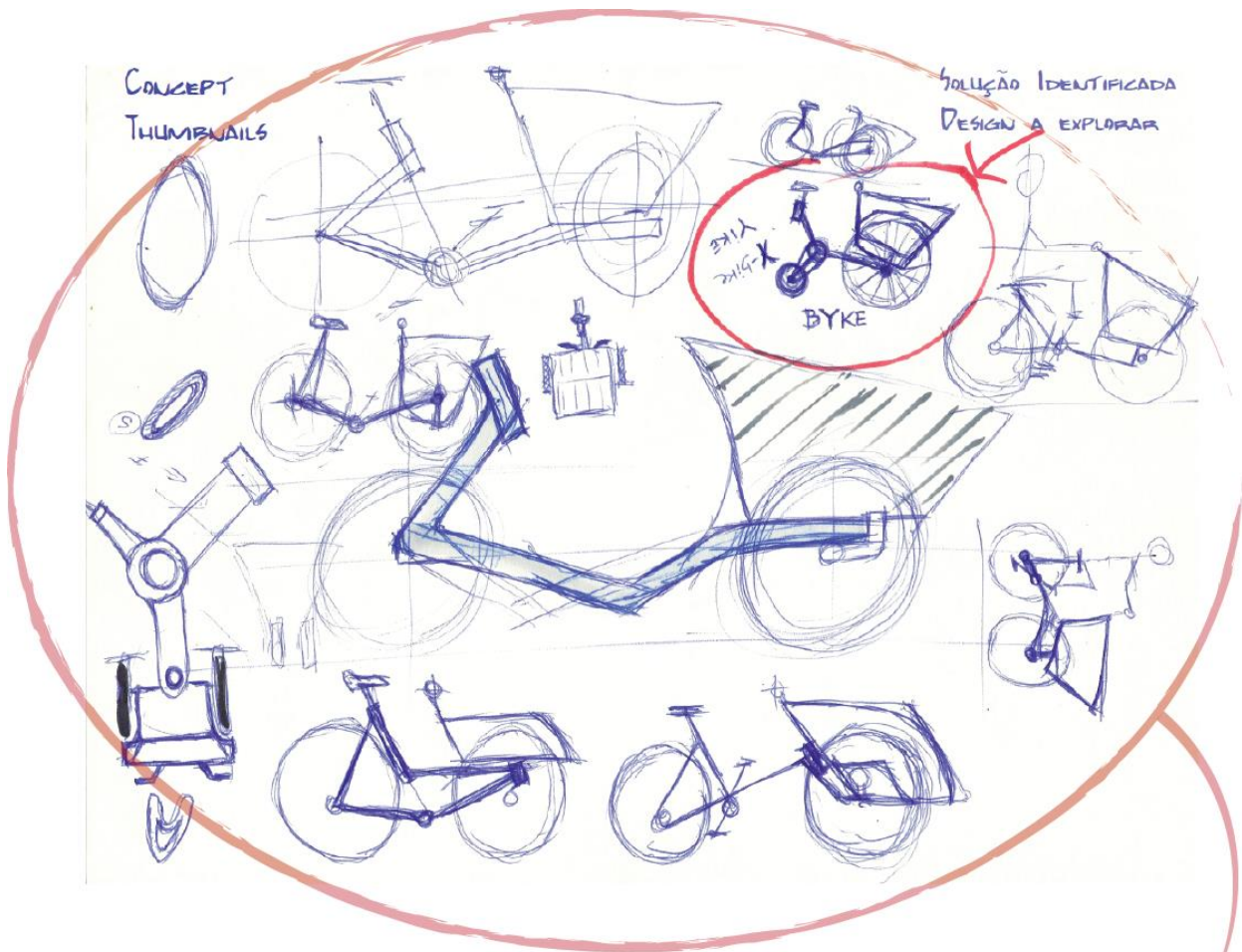


Figura 47: Esboços de conceito

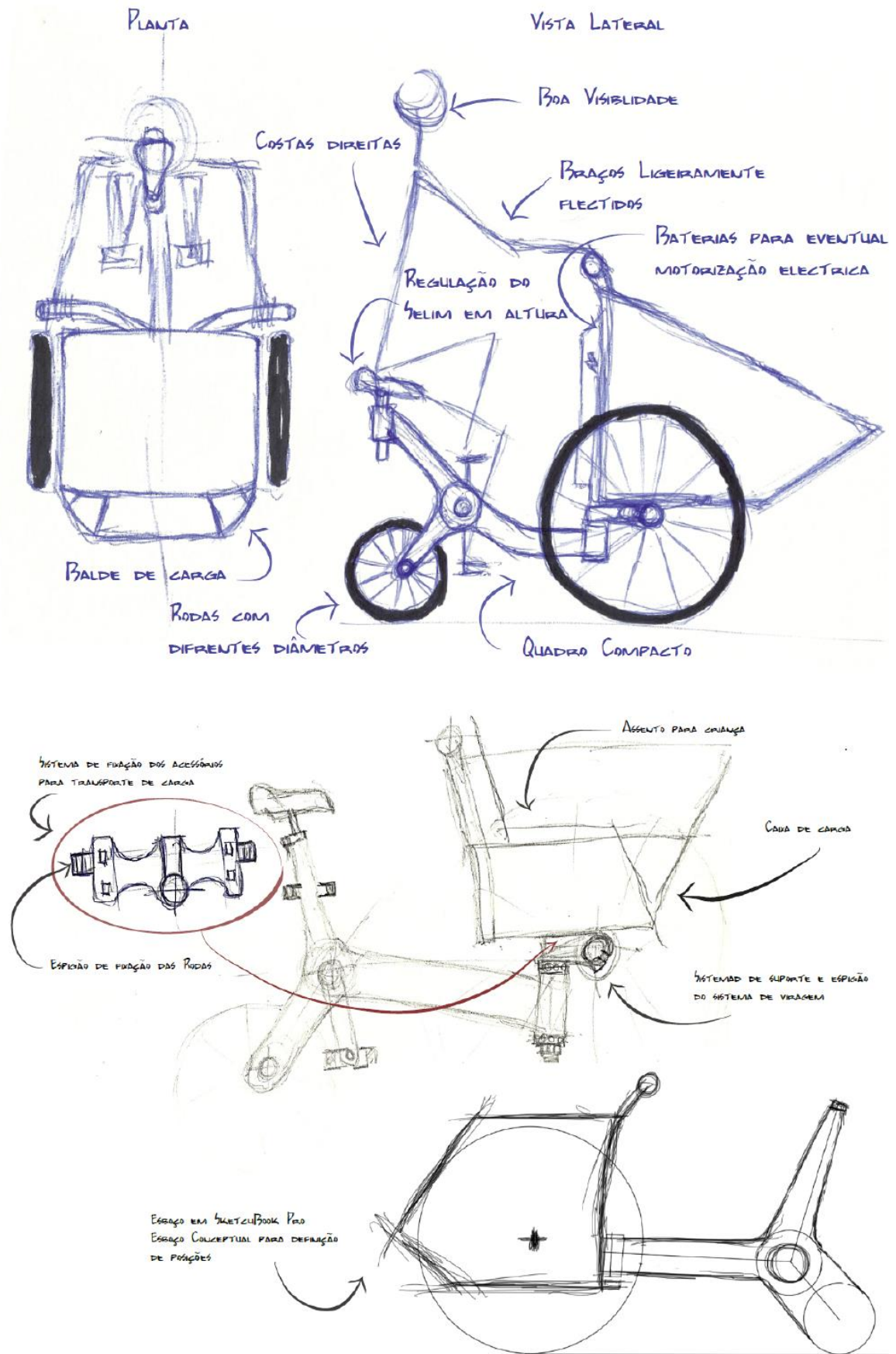


Figura 48: Esboços de conceito II

O método de comunicação de um conceito, ou conceitos, poderá variar entre um conjunto simples de esboços (figura 47 e 48) até a propostas em modelação tridimensional rudimentar. A probabilidade de sucesso de um determinado processo depende, em grande medida, da qualidade latente do conceito e da informação gerada nesta fase. O processo de gerar o conceito deve ainda ser despoletado pela vontade de satisfazer o conjunto de necessidades e especificações do cliente ao mesmo tempo que a informação em que o projeto se suporta deverá incutir confiança aos seus executores. (Ulrich e Eppinger 2012). Neste sentido, invocando-se as especificações de produto que haviam ficado hierarquizadas nos quatro primeiros lugares do QFD, sendo elas: adaptabilidade a diferentes cenários, sistema de viragem, geometria de quadro e ao tamanho e volume do veículo. Foram analisadas algumas soluções já existentes na execução das atividades às quais se espera que o produto responda. Dessa análise, as “*cargo bikes*”, muito vulgares no centro e norte da Europa, revelaram ser fontes de inspiração a considerar na estruturação do conceito que se defende. Sujeitas aos rigorosos ambientes em que trabalham, e onde as especificações identificadas são determinantes, apresentam soluções que as tornam adequadas neste contexto.

Os esboços apresentados na figura 47 e figura 48 evidenciam a preocupação em responder pormenorizadamente a cada uma das quatro especificações, representando o desenvolvimento/despoletar do conceito do produto na sua fase embrionária. O facto de, na sua arquitetura, se ter definido um eixo de rotação central vai ao encontro da adaptabilidade a diferentes cenários – ao encurtar o ângulo de viragem, a adaptação ao meio será maior e o contorno de obstáculos estará mais facilitado. Outro paralelismo, resultante da observação a estas bicicletas (“*cargo bikes*”), é a definição da zona de carga na frente do utilizador que permite um maior controlo visual sobre a carga a ser transportada. A exploração através do desenho expressa uma procura de soluções que tinham como pano de fundo a arquitetura dos modelos de bicicleta já existente, sendo que nestes esboços já se denota a procura de uma compactação do desenho estrutural do quadro, promovendo uma harmonização da forma, fugindo aos registos mais convencionais, fixando novos desafios e ampliando as fronteiras de atuação do produto.

4.7 Análise do modo de falha, fase de conceito (Failure mode and effects analysis – FMEA)

Numa estratégia para o “*lean design*”, o design para a fiabilidade (DFR) é preponderante na otimização do ciclo de vida de um produto, tal como no DFMA (Design for manufacturing and assembly) onde se pretende minimizar o desperdício ao eliminar operações desnecessárias, o DFR apoia-se em ferramentas como o FMEA (failure modes effects analysis) e o DFSS (Design for six sigma) com o intuito de eliminar as falhas do produto, não só prolongando o seu ciclo de vida como aumentando o valor do produto (Value stream), como consequência da redução do desperdício. (Huthwaite 2007)

Neste capítulo é apresentada a primeira das duas análises FMEA elaborada ao longo do projeto. Pretende-se, com esta análise FMEA de conceito, efetuar uma filtragem precoce das possíveis falhas da proposta conceptual, esta abordagem permite ajustar o rumo do desenvolvimento, ainda numa fase inicial, de modo a que as falhas previsíveis sejam evitadas ou contornadas logo a partir do conceito.

Dada a natureza do trabalho, e considerando a fase precoce em que a análise foi elaborada esta apenas fará sentido numa ótica qualitativa, pois caso contrário, ao quantificar fatores que nesta fase não são mesuráveis poder-se-iam obter resultados falaciosos.

O Quadro 5 apresenta um resumo do FMEA do quadro 2 do Anexo D neste quadro de resumo foi tomada a opção de apenas se apresentar as falhas críticas, classificadas com o valor de 9 e 10, por estas serem as mais graves, por esta razão, foram alvo de uma atenção redobrada. Esta classificação foi efetuada utilizando o critério definido no quadro 4.

4.7.1 Critérios de avaliação dos termos críticos das falhas:

Quadro 4: Critérios de avaliação dos Termos Críticos das Falhas.

Critério	Índice de Gravidade	Efeito no cliente
Falha Pouco Significativa	0	Efeito mínimo Falha dificilmente detetada pelo cliente
	1	
	2	
Falha Menor	3	Efeito menor Falha que o cliente notará deterioração no produto
	4	
	5	
Falha Maior	6	Efeito maior Deterioração significativa no rendimento do produto
	7	
	8	
Falha Critica	9	Efeito crítico O produto não desempenhará a sua função, não cumprirá requisitos legais
	10	

4.7.2 FMEA de conceito: Falhas críticas identificadas.

Quadro 5: Resumo das falhas críticas identificadas no FMEA de conceito.

Função / Atividade	Tipo de Falha Potencial	Causa da Falha	Possíveis efeitos das Falhas	Termos Críticos das Falhas	Possíveis ações corretivas ou medidas Preventivas
Comercializar	Fraca aceitação no mercado	Morfologia pouco apelativa	Prejuízo elevado	9	Conceber uma estrutura modular Com elementos intermutáveis, Conceber utensílios e acessórios diversificados, Complementar a oferta com add-ins e elementos personalizáveis
Usar e Manobrar	Ângulo de viragem insuficiente	Interferência do módulo de transporte com os pedais	Dificuldade em curvar de forma eficaz, Manobras complexas para curvar em espaços exíguos	10	Colocar a chumaceira de viragem a uma distância que permita virar sem interferências com os pedais
		Posição da chumaceira de viragem demasiado próxima dos pedais			
	Estrutura demasiado flexível	Material estrutural demasiado flexível	Manobrabilidade imprecisa Fraca rigidez estrutural Condução pouco segura	10	Reforço da estrutura através de formas internas alveolares ou “entreliçadas”, Incorporação de um elemento metálico no interior da estrutura (Funcionando como esqueleto)
		Estruturas e geometrias de reforço mal dimensionadas			
	Guiador muito flexível	Geometria inadequada	Sensação de insegurança Imprecisão na viragem	9	Utilizar o encosto traseiro do sistema de transporte como elemento de reforço do sistema de viragem, Reforçar e prolongar o interface dos tubos do guiador com a secção frontal do quadro
		Falta de reforço estrutural			
		Materiais			
	Rutura estrutural/ quebra do quadro	Quadro subdimensionado	Rutura estrutural Deformação estrutural	10	Validação teórica e experimental da geometria selecionada, Validação teórica e experimental dos processos selecionados, Validação teórica e experimental dos materiais selecionados
Má escolha de materiais					
Materiais não conformes					

Função / Atividade	Tipo de Falha Potencial	Causa da Falha	Possíveis efeitos das Falhas	Termos Críticos das Falhas	Possíveis ações corretivas ou medidas Preventivas
Parar/Travar	Dificuldade em reduzir a velocidade	Sistema de travagem subdimensionado	Dificuldade em travar Colisões Quedas	10	Evitar a passagem dos cabos por geometrias que forcem a formação de ângulos acentuados Promover a manutenção preventiva, Escolha de componentes comprovados e fiáveis
		Falta de lubrificação dos cabos			
	Dificuldade em imobilizar	Fadiga das pastilhas de travão			
		Oxidação nos cabos de travão			
		Desgaste acentuado nos discos de travão			
	Incapacidade de permanecer imobilizado	Desgaste total das pastilhas de travão	Colisões Quedas Movimento indesejado	9	
		Oxidação nos cabos de travão			
Falha/ rutura nos discos de travão					
Rutura nos cabos de travão					
Estacionar	Movimento indesejado	Falta de dispositivo de parque	Queda ao montar a bicicleta Colisão com outros objetos	9	Inclusão de um travão de parque ou adição de patilha de bloqueio na manete do travão frontal
	Dificuldade em “montar no selim”	Não imobilização da bicicleta			
Pedalar	Apenas um pedal transmite movimento	Rutura nos elementos do sistema desviador de eixo dos pedais	Imobilização Inoperância	10	Correto dimensionamento das engrenagens, Seleção dos materiais em função das cargas aplicadas, Facilitar a manutenção preventiva destes elementos,
Manter/ Cuidar	Aparência desagradável	Danos devido aos elementos climáticos	Rutura/ fissuração estrutural (Material torna-se quebradiço)	10	Aditivos para melhorar a prestação dos polímeros em relação à radiação UV

Analisando o quadro FMEA (Quadro 5), onde estão evidenciadas as principais falhas críticas, evidenciam-se os exemplos de falhas que irão merecer uma atenção redobrada.

Um ponto que se destaca pela sua importância é o da seleção de materiais para a materialização do quadro, pois como se pode observar uma escolha pouco criteriosa de material, resultará certamente na ocorrência de falhas estruturais críticas.

O sistema de tração bem como o sistema de travagem são também dois pontos que mereceram uma atenção redobrada, pois como é demonstrado, caso os potenciadores de falha associados a estes sistemas não sejam segregados precocemente poderão resultar em situações de falha crítica ao longo do projeto ou até durante o ciclo de vida do produto.

Estes exemplos de falha são apenas apresentados com o intuito de ilustrar a importância da ferramenta, no entanto, todas as outras situações classificadas com menor pontuação também não deixarão ser alvo de uma avaliação.

A análise FMEA do conceito, elaborada neste capítulo, permitiu numa fase precoce formar uma opinião crítica acerca do projeto na sua globalidade. Ao evidenciar as falhas, que sem esta análise passariam despercebidas, permitiu ainda justificar as opções tomadas ao longo do desenvolvimento conceptual do produto e que não se encontravam ainda devidamente justificadas.

O FMEA, como ferramenta de projeto, potencia uma melhor percepção das áreas críticas de atuação, no que se refere a falhas ou potenciais falhas. Permite que, ainda na fase conceptual, trabalhar mais cuidadosamente ou dar mais atenção a determinados aspetos, eliminando ou descartando soluções ineficazes na fase inicial do projeto.

Este tipo de ferramenta é de extrema importância, pois ao identificar e classificar as falhas permite, aos intervenientes num determinado projeto, focar a atenção para pontos que facilmente poderiam ser descurados numa fase preliminar de desenvolvimento.

5 Design de concretização e sistemas

5.1 Gestão de conceitos

A clarificação de um problema deverá consistir no processo de dissecação em pequenos e mais simples sub-problemas, tantos quantos os necessários, com o objetivo da sua compreensão na globalidade. Os objetivos do projeto e a lista de necessidades de um cliente, tal como as especificações iniciais do produto, deverão ser idealmente os “*inputs*” para o processo de clarificação de um conceito que responda a uma determinada necessidade, contudo, nesta fase é frequente a informação ainda se encontrar fraturada e em processo de compilação e refinamento.

O produto abordado neste trabalho é na sua globalidade demasiado complexo, assim tornou-se imperativo decompor o produto em subconjuntos mais simples eliminando parte da sua complexidade inicial. Para Ulrich e Eppinger (2012) este processo de “*problem decomposition*” (decomposição de um problema), é apenas uma entre várias abordagens possíveis para obter essa clarificação, no entanto, defendem esta abordagem através da decomposição do produto por grupos funcionais.

5.2 Diagrama funcional

O primeiro passo na abordagem de “*problem decomposition*” consiste em considerar uma “*Black Box*” (Figura 49), para onde irão convergir os “*inputs*” do produto e de onde se irão extrair os seus “*outputs*”. Esta “*Black Box*” representa um problema na globalidade e encerra dentro de si a totalidade das sub-funções e características necessárias para que o produto desempenhe a sua função.



Figura 49: Diagrama funcional, fase “Black Box”

Numa segunda fase submeteu-se a “*black box*” da Figura 49 a uma divisão por subfunções, identificando individualmente os elementos e descrevendo o seu papel e contributo para a função, ou para as funções, do produto na sua globalidade.

A figura 50 representa uma divisão em subfunções, que foi efetuada até um grau de detalhe e refinamento considerados adequados, ou seja, o produto foi dissecado a uma escala em que os participantes e os interlocutores envolvidos no projeto reconhecessem os problemas de forma suficientemente simples para que pudessem ser trabalhados.

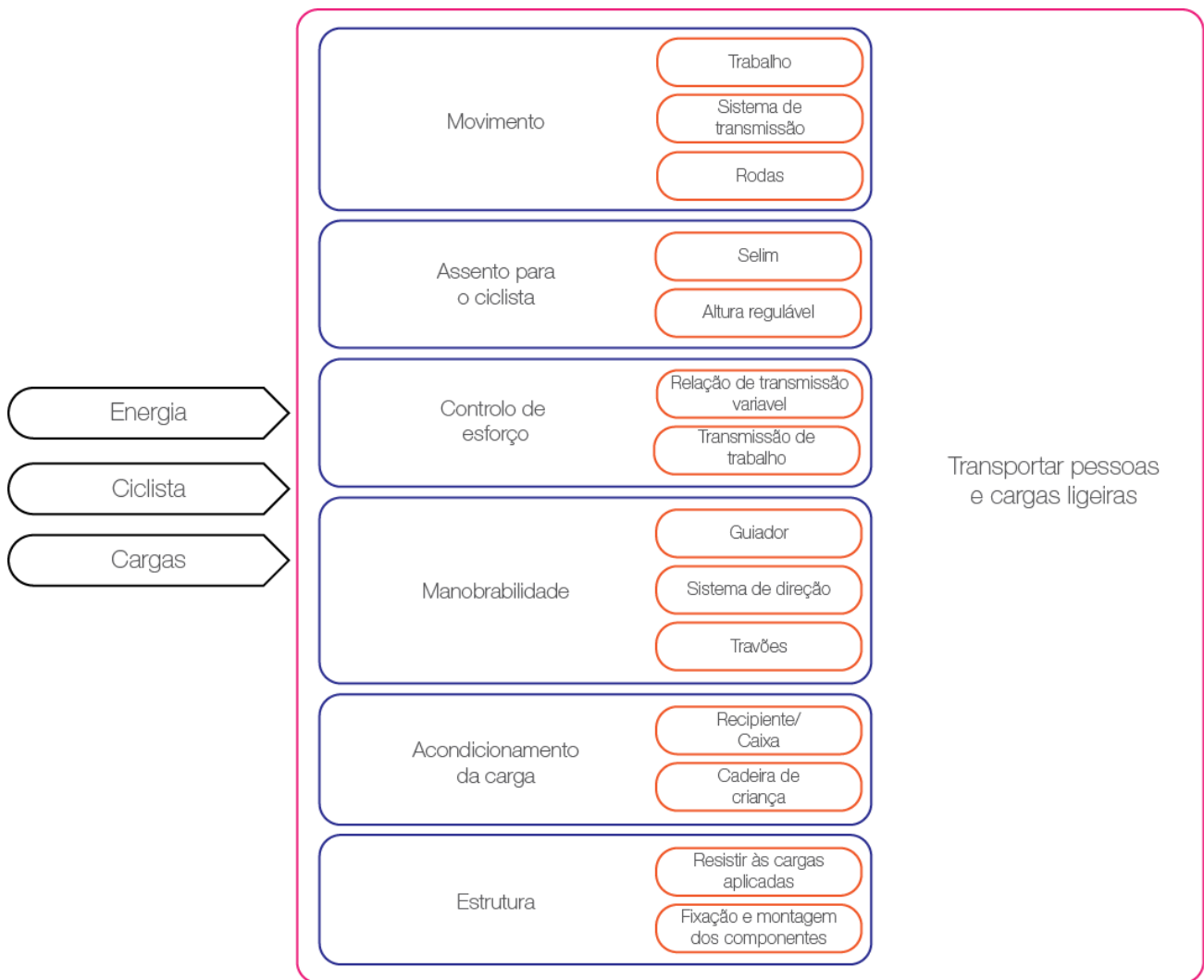


Figura 50: Diagrama funcional subdividido

Ulrich e Eppinger (2012) defendem ainda que, nesta fase inicial de um projeto, interessa descrever os diversos elementos funcionais e subconjuntos de tal forma que futuras decisões, quanto aos princípios funcionais e tecnológicos, não fiquem reféns de decisões prematuras tomadas numa fase demasiado precoce.

5.2.1 Quadro de decisões conceptuais

O quadro de decisões conceptuais surge como uma ferramenta de simplificação do pensamento, funcionando também como guião na orientação do processo criativo. Por esta razão deverá ser olhado como um sistema flexível, e que será implementado de acordo com a especificidade do produto e dos objetivos para ele definidos.

O Quadro 6 representa um quadro de decisões de onde foi possível isolar possíveis soluções para os diferentes subproblemas, identificados no diagrama funcional, ou seja, com este quadro pretendeu-se clarificar e propor soluções para os problemas resultantes da dissecação do produto efetuada no diagrama funcional.

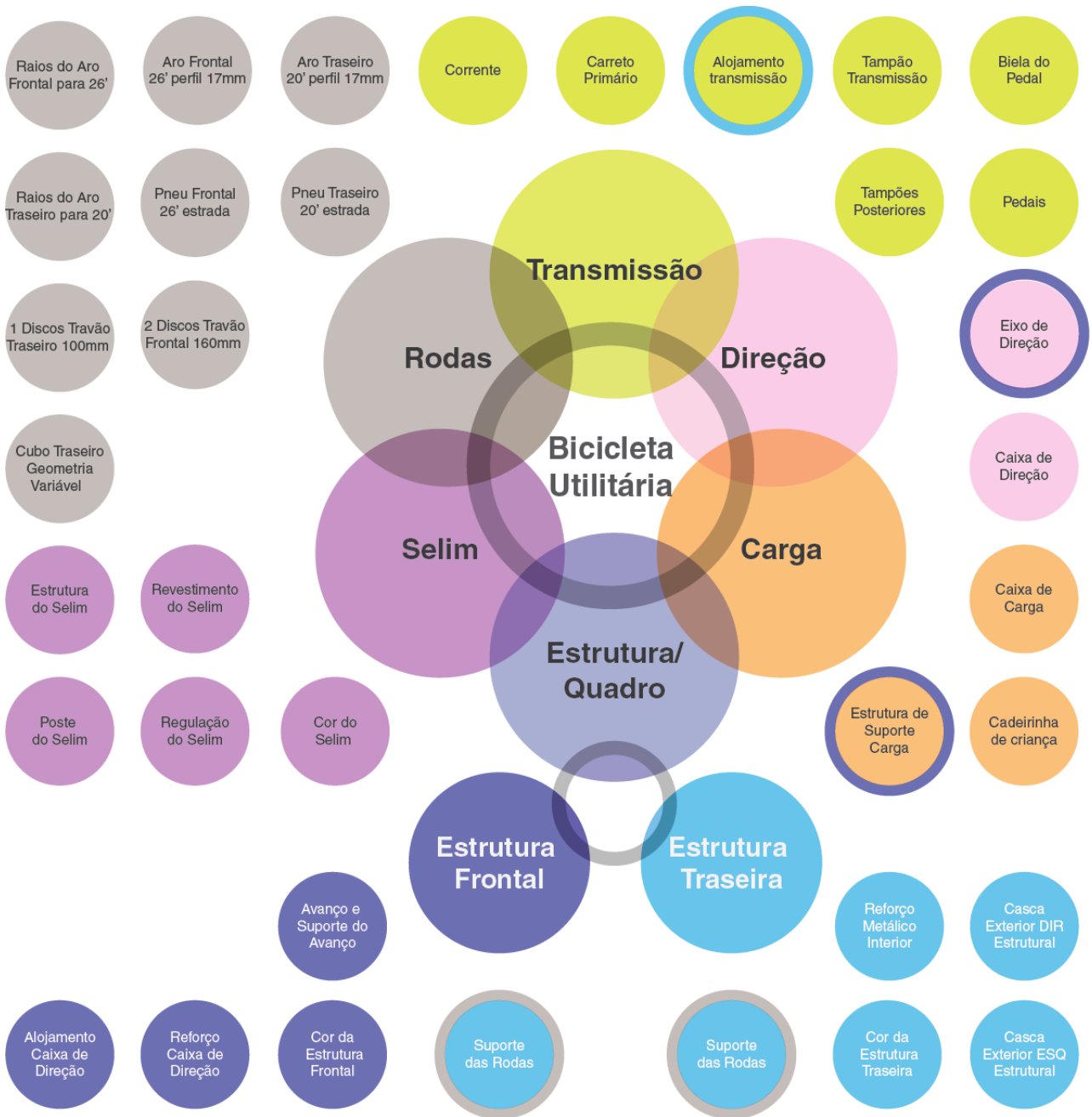
A resposta ao problema global surgiu de um conjunto de potenciais soluções, numa abordagem caso a caso de cada um dos subproblemas. Estas soluções individuais, ao serem combinadas e refinadas, tiveram não só de desempenhar a sua função como também manter as relações com outros elementos funcionais para além das fronteiras dos seus subconjuntos. Esta abordagem teve de ser cuidada e criteriosa, evitando-se soluções forçadas que negligenciassem as relações entre os diferentes subconjuntos funcionais. Ao não agir dessa forma, resultaria inevitavelmente numa solução global desequilibrada podendo mesmo, em situação extrema, falhar por completo o cumprimento dos requisitos definidos.

No caso concreto do produto alvo de análise - bicicleta utilitária - o quadro de decisões conceituais (Quadro 6) assume uma estrutura mista, situando-se essa abordagem entre um quadro e um diagrama. Esta estrutura poderá também ser interpretada como um diagrama que mapeia o conjunto das soluções, inicialmente consideradas para dar resposta a cada um dos subproblemas identificados.

Assim neste projeto, observamos que foram isolados do problema principal (bicicleta utilitária) 6 grandes subproblemas. Estes, por sua vez, foram também subdivididos num segundo e terceiro níveis de subproblemas. As relações entre os vários subproblemas são representadas por anéis de ligação, no primeiro e segundo nível, enquanto no terceiro nível esta relação é atribuída pela colocação de um anel de contexto, que circunscreve o subproblema de terceiro nível contextualizando-o em dois subproblemas de segundo nível.

Deste modo conclui-se que, sem que seja adotada uma estratégia para o pensamento criativo, a probabilidade de falha de uma solução na sua globalidade é bastante alta, resultando todo este processo de seleção de uma mera amálgama de soluções, sem que estas produzam uma solução globalmente aceitável. (Ulrich e Eppinger 2012)

Quadro 6: Quadro de decisões conceituais



5.3 Análise dos aspetos ergonómicos

No desenvolvimento de um novo conceito de bicicleta poderá, à primeira vista, parecer imperativo ter em consideração os conceitos de ergonomia e antropometria, contudo, estes conceitos acabam por surgir como dificuldades quando se tenta ajustar um produto a um universo indeterminado de indivíduos, em que cada um possui características únicas. Ou seja, aquilo que à partida poderá ser uma boa solução para um determinado indivíduo poderá ser completamente desajustado para um outro. O processo de ajuste de um determinado órgão ou componente da bicicleta poderá também comprometer de forma crítica a sua função e/ou o seu desempenho. Assim, todas as decisões neste campo terão que ser devidamente pesadas e dever-se-á determinar a mais-valia obtida através de cada decisão.

Burrows (2008) defende que o desempenho ergonómico de uma bicicleta não é uma verdade absoluta, afirma mesmo que a ergonomia nas bicicletas não pode ser tratada como uma ciência exata mas sim como um conjunto de critérios, mais ou menos empíricos, mais ligados aos gostos pessoais e às características anatómicas de cada indivíduo, defendendo assim que não existe uma forma correta para desenhar ou utilizar a bicicleta sem que seja feito um, extenso e demorado, estudo antropométrico do indivíduo, sendo que isto não seria possível para um produto massificado, este processo deverá passar mais por uma escolha baseada nas preferências individuais de um grupo alargado de utilizadores do que em regras definidas.

Excetuando os exemplos da alta competição em que cálculos e medidas antropométricas do ciclista são considerados, as distâncias entre os diferentes elementos de contacto com os utilizadores (selim, pedais e guiador) poderão ser ajustados de forma intuitiva para a maioria das aplicações quotidianas. Uma das distâncias mais críticas será a do selim ao pedal na sua posição inferior, esta distância deverá ser forçosamente regulável de forma a permitir que a perna do ciclista possa estar esticada, quando o pedal estiver na sua posição inferior. Este ajuste é necessariamente de utilizador para utilizador e influenciado pelo tipo de atividade que o ciclista irá desempenhar sobre a bicicleta. Observa-se contudo que é boa prática adotar uma posição em que a perna fique um pouco mais esticada do que fletida, já que isto irá diminuir a carga aplicada sobre o joelho. No entanto, é necessário um compromisso já que um selim demasiado alto poderá dificultar a utilização quotidiana, nomeadamente efetuar paragens mantendo o corpo sentado em cima do selim. Favorecer uma posição inclinada sobre a parte frontal da bicicleta, ou em vez disso uma posição ereta, pode também ser influenciada pelo tipo de utilização. Enquanto uma posição inclinada favorece as longas distâncias ao diminuir o arrasto provocado pelo ar permite ainda distribuir parte do peso do ciclista pelos braços, assim uma posição ereta que é à partida mais confortável quando é utilizado um selim mais largo em pequenas deslocações a longa permanência nesta posição, apesar do conforto inicial, tenderá a tornar-se bastante mais desconfortável ao longo do tempo, já que todo o peso do ciclista estará apoiado sobre o seu coxís.

Um dos aspetos que parece reunir menos consenso é o comprimento da biela do pedal, embora a maioria dos autores defenda um comprimento de 170 mm para homens e 165 mm para mulheres, esta generalização não se fundamenta em nenhum dado científico, assim, surgem não só bielas com estes comprimentos como também outros mais baixos como por exemplo, em casos extremos, 125 mm. Conclui-se então que este assunto dependerá mais do gosto e do estilo da pedalada do indivíduo do que de qualquer outro

fator, deve-se no entanto ressaltar, que a potência gerada por uma pedalada é o produto da força exercida pela perna e da velocidade a que esta se movimenta. Assim, facilmente se depreende que uma biela demasiada comprida, apesar de gerar um binário maior, também irá exigir uma velocidade maior por parte da perna do ciclista para que exista um ganho efetivo, no entanto é conhecida a limitação do corpo humano a este fator. Assim, assumiu-se, que, tal como uma maioria de autores defende, que este comprimento não deverá exceder os 170 mm. Importa ainda observar que este parâmetro ultrapassa as fronteiras da ergonomia e irá também ser pertinente no Ponto 5.5 deste trabalho (Transmissão de energia).

A relação ângulo e distância entre o selim e o eixo do pedaleiro, tal como o parâmetro anterior, não é de todo pacífico, pois uma maioria significativa de autores defende que esta posição deverá ser obtida de um modo que permita que o joelho do ciclista coincida com o eixo vertical do pedaleiro, quando este coloca o pedal na posição horizontal mais à frente. No entanto Burrows (2008) contesta esta ideia ao afirmar que o ciclista assume várias posições ao longo de um trajeto, inclusivamente erguendo-se do selim para pedalar de pé quando enfrenta um esforço maior. Assim sendo, nada justifica que a posição descrita anteriormente possa ser mais eficiente.

A distância entre o selim e o guiador apresenta-se como um tema bastante mais unânime que os anteriores, em relação a esta distância parece existir um consenso quanto à forma de a obter, ou seja, ela será obtida através da medida do comprimento do braço, desde o cotovelo até à extremidade dos dedos esticados. A este valor dever-se-á somar uma folga situada entre os 38 e os 55 milímetros, podendo, em casos extremos, como nas bicicletas de velódromo, atingir valores entre os 100 e os 125 milímetros. A única regra aqui parece ser a de que quanto mais inclinado sobre a bicicleta, mais aerodinâmico o ciclista será. Se pelo contrário, este estiver menos inclinado, mais confortável irá estar.

5.3.1 Características antropométricas e de usabilidade

A proposta apresentada foi projetada, tal como se ilustra na Figura 51, com o intuito de servir uma faixa alargada de indivíduos, ou seja, indivíduos que se situem entre o percentil 5 e 95, tanto em peso como em altura. Os valores considerados são referentes a indivíduos portugueses na faixa etária dos 20 anos. (Direcção-Geral da Saúde 2006)

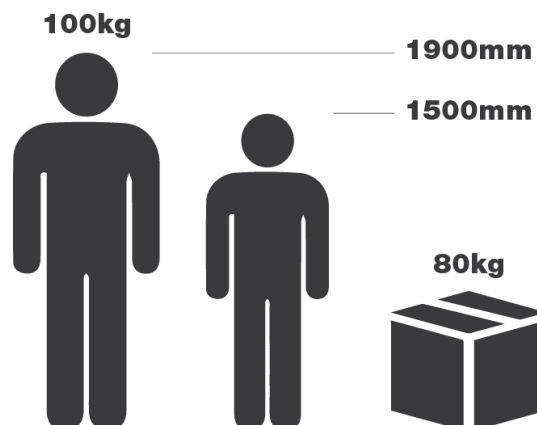


Figura 51: Faixa de utilizadores da proposta de bicicleta utilitária

Na Figura 51 é também representado o valor máximo da carga que a bicicleta proposta se propõem a transportar. Este valor serve apenas de referência, não significando que, ao ser ultrapassado, possa por em causa a integridade estrutural da proposta. Contudo, entendeu-se, com base nas características observadas nas propostas concorrentes, que este valor não só será o mais ajustado, como também, cargas com uma massa superior, produzirão grande esforço de locomoção.

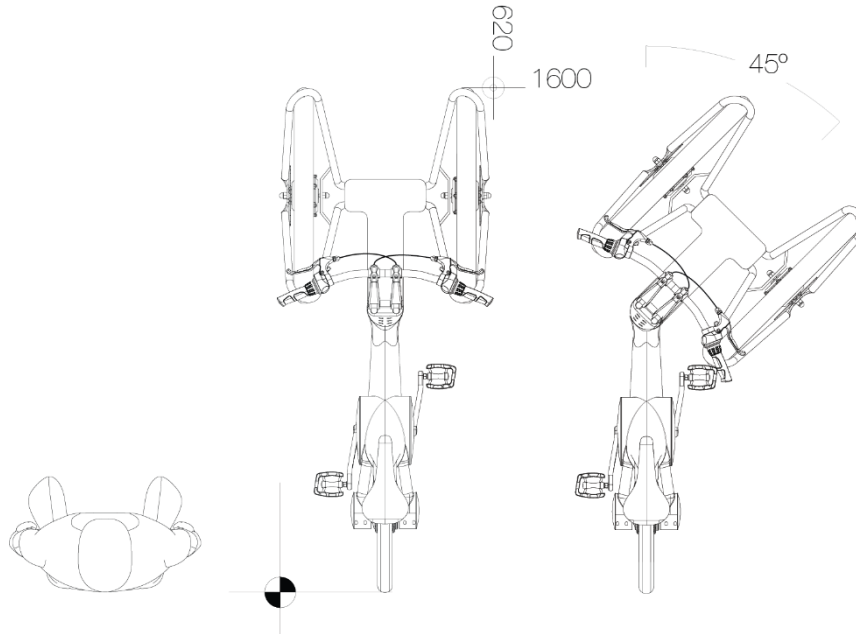


Figura 52: Planta - Proporções da proposta

As Figura 52 e Figura 53 apresentam as dimensões gerais da proposta. Nestas duas vistas foi inserida a figura genérica de um indivíduo com 1,8m de altura e aprox. 80kg. A inserção desta figura humanoide teve como objetivo servir de termo de comparação entre as proporções da proposta e o espaço ocupado pelo corpo humano.

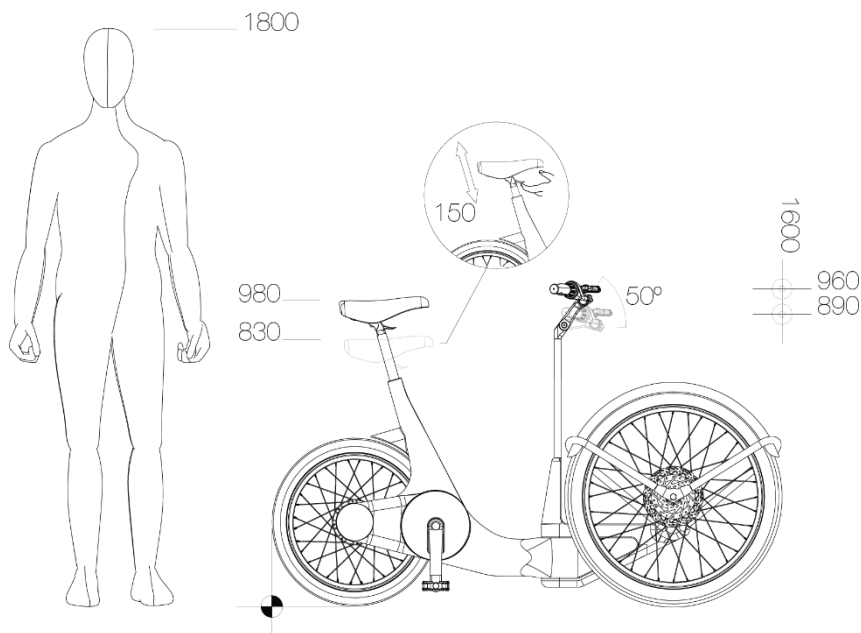


Figura 53: Vista Frontal – Proporções da proposta

Tal como já referenciado anteriormente, um dos fatores mais importantes no conforto de um ciclista é a postura que este assume sobre o selim, esta postura é maioritariamente influenciada pela posição assumida pelo guiador e pela altura a que se encontra o selim. A altura a que deve ser regulado o selim depende do comprimento da perna do ciclista ou, em ultima análise, da sua preferência pessoal, assim, a alteração do ângulo do avanço do guiador (Figura 54) que surge como a forma mais consensual de alteração da postura do ciclista, permitindo, desta forma, ajustar a posição do guiador à posição que lhe for mais favorável.

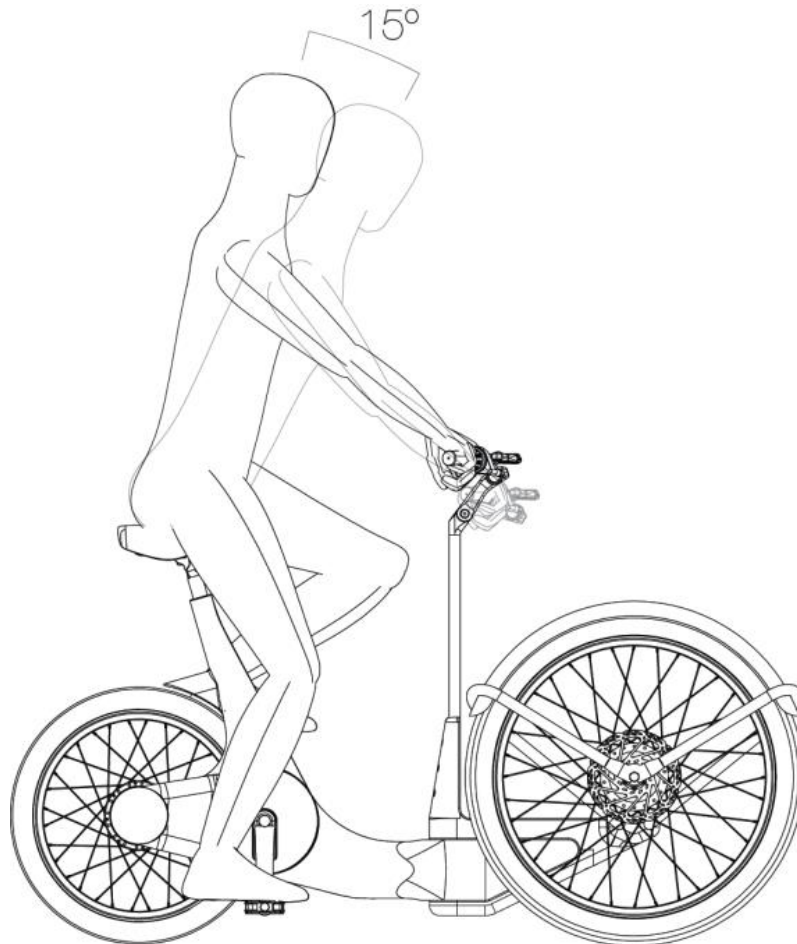


Figura 54: Efeito da inclinação do guiador sobre a postura de um ciclista com 1,8m de altura

5.4 Características da proposta vs concorrência

Das propostas existentes analisadas, tornou-se perceptível que estas poderiam ser facilmente enquadradas em três grandes grupos, estes grupos tornam-se distintos entre si principalmente através das soluções construtivas adotadas. De forma resumida poder-se-á agrupar as propostas tal como ilustra a Figura 55:

- Safety Bicycle – Esta é a solução construtiva mais comum, recorre maioritariamente a um quadro com um desenho estrutural em forma de trapézio e normalmente surge numa configuração de duas rodas de tamanho idêntico. São colocados dispositivos (“Add-ons”) de transporte sobre o eixo tanto da roda frontal como da roda traseira, também é frequente agrupar um atrelado a esta bicicleta.

- Box Cargo Bike – Esta solução é caracterizada por adotar três rodas com uma caixa de transporte de cargas montada sobre o eixo frontal. A caixa de transporte está frequentemente associada ao sistema de viragem, acumulando mesmo, na maioria das aplicações a função de guiador.
- Long John – Esta solução adota uma arquitetura de duas rodas com uma roda frontal menor que a roda traseira de tração, a colocação do recipiente de transporte é feita entre os dois eixos, esta construção implica um sistema de viragem complexo atuado por tirantes já que o guiador se encontra separado da roda frontal pela caixa de transporte.

A Figura 55 compara a proposta apresentada com as suas alternativas. Esta proposta é substancialmente mais leve que as bicicletas Long John e Box Cargo, no entanto quando comparada com uma “*safety bicycle*” é um pouco mais pesada, contudo, considerando a capacidade de carga e a versatilidade em acomodar diferentes cargas existe um ganho evidente face às “*safety bicycles*”. Pode-se também constatar que a bicicleta proposta é bastante mais compacta que as suas concorrentes, o que a torna mais ágil em percursos com manobras em espaços exíguos, satisfazendo desta forma um dos objetivos traçados para o projeto.

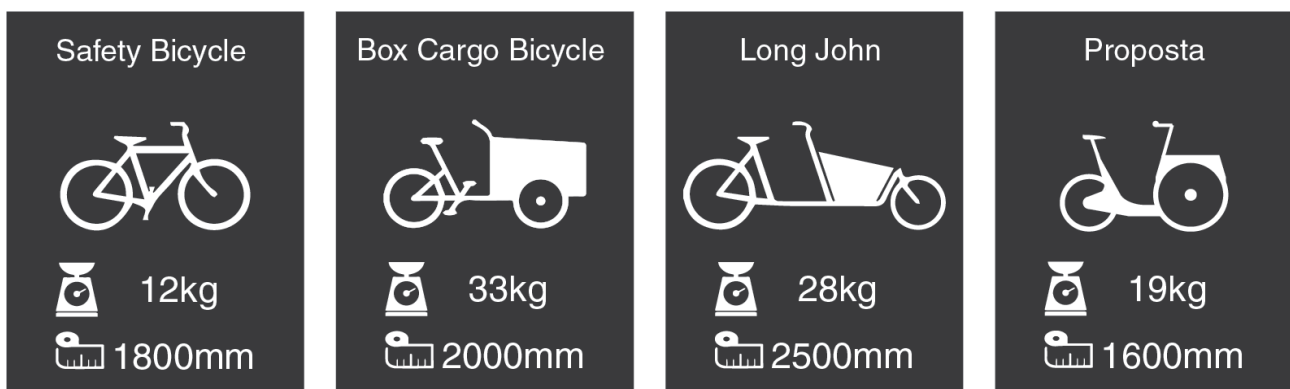


Figura 55: Comparação das características peso e comprimento das propostas concorrentes

5.5 Transmissão de energia

Um lugar-comum entre os ciclistas é de que quanto maior a velocidade com que se pretenda ciclar, maior é o esforço que o ciclista terá que realizar para aumentar ou mesmo manter uma velocidade constante. O mesmo se verifica em outras condições como é o caso das subidas e dos ventos frontais. Segundo Wilson (2004), o ato de pedalar poderá ser definido como um processo de extração de uma força propulsora, a partir da força muscular, com o intuito de produzir o movimento de um dispositivo em relação ao solo. Assim, considerando este pressuposto, para que se possa manter uma velocidade de deslocamento constante, a magnitude das forças fornecidas ao sistema terão, em média, que ser iguais à soma das forças contrárias ao sentido do movimento, poder-se-á deduzir a seguinte expressão:

$$F_p - (F_a + F_s + F_r + F_b) = F_{acc} = m \times a$$

Em que,

- F_p Força de propulsão
- F_a Força exercida pela resistência do ar
- F_s Força exercida pela inclinação da via (energia potencial)
- F_r Resistência proveniente da deformação do pneu em contacto com o piso
- F_b Resistência induzida pela rugosidade do piso
- F_{acc} Variável força de aceleração, esta indica quando diferente de zero se o sistema se encontra em aceleração ou em desaceleração.

Tendo em conta esta expressão poder-se á observar que existem bastantes fatores que contrariam o movimento de um ciclista, assim, dever-se-ão considerar e racionalizar os aspetos de transformação e transmissão de energia com bastante cuidado.

Uma questão frequentemente levantada por diversos autores é a importância da biela do pedal, tendo mesmo sido desenvolvido por Okajima (1983) um digrama que descreve um padrão de forças numa pedalada tipo (Figura 56).

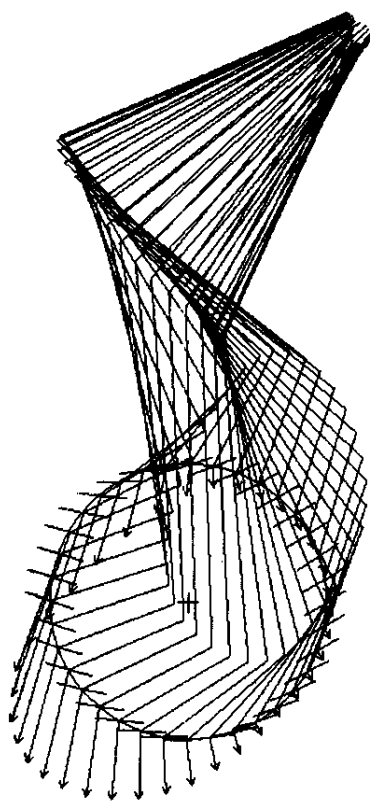


Figura 56: Padrão de forças típico de uma Pedalada (Okajima 1983)

Okajima (1983) obteve o padrão da Figura 56 a partir de um modelo dinâmico simplificado do sistema perna, joelho e tornozelo (Figura 57), tornando deste modo possível avaliar as forças que atuam sobre a perna de um ciclista. Do gráfico resultante (Figura 58) observa-se ainda que durante um determinado período da pedalada o joelho do ciclista está sujeito a um binário negativo.

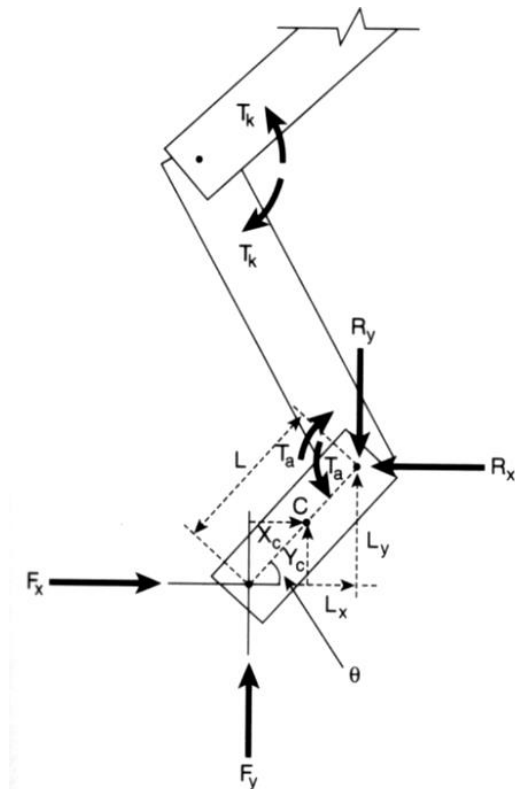


Figura 57: Forças envolvidas durante uma pedalada num sistema perna, joelho e tornozelo (Okajima 1983)

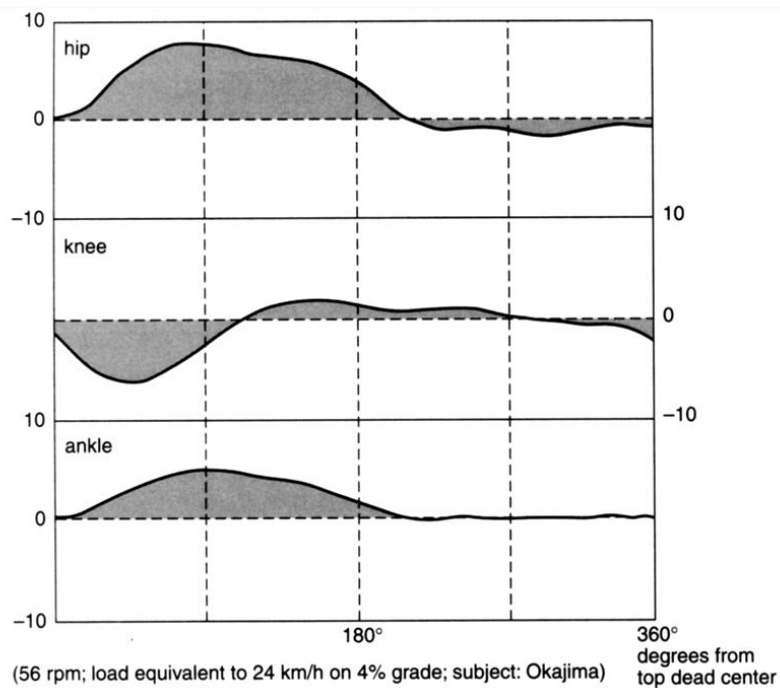


Figura 58: Momentos aplicados às articulações da perna durante uma pedalada (Okajima 1983)

Segundo Wilson (2004), uma forma de cálculo para o comprimento ideal de uma biela de pedal consiste em pressupor uma cadência ideal de pedaladas por minuto, este valor deverá situar-se entre as 50 e as 100 rpm como se pode verificar no abaco da Figura 59.

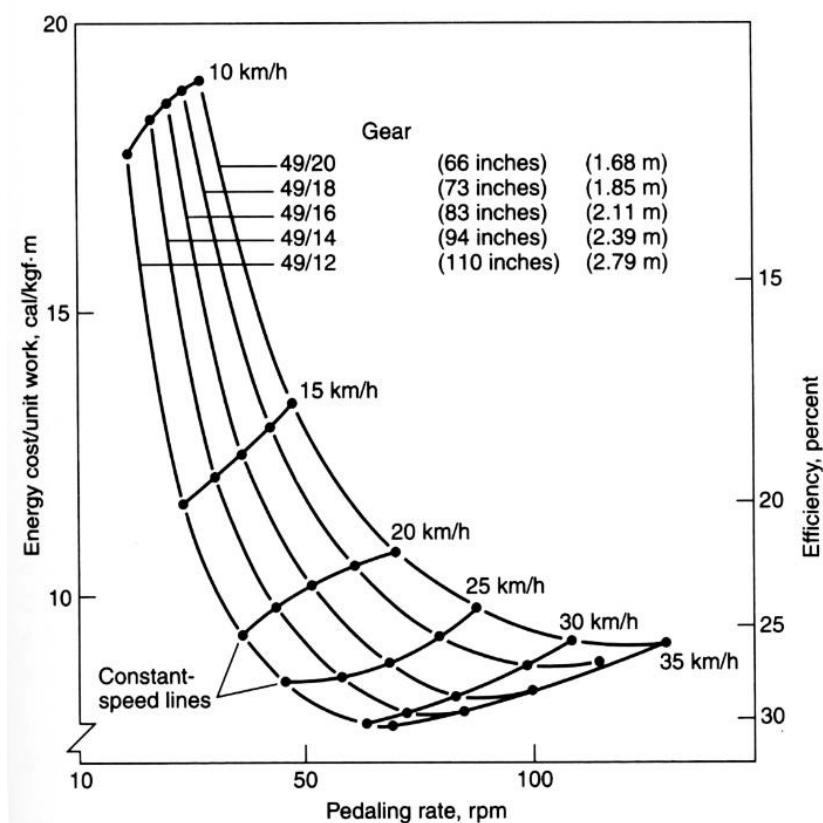


Figura 59: Efeito de um sistema de transmissão variável na eficiência energética (Wilson 2004)

Assim, considerando a força exercida sobre os pedais poder-se-á determinar a potência gerada durante cada pedalada do seguinte modo:

$$P (W) = F_p(N) \times V_p(m/s)$$

$$P = F_p \times V_p = W = N.m/s$$

Por outro lado, considerando que a força exercida durante uma pedalada resulta da razão entre a velocidade tangencial, do sistema pedal-biela, e a potência gerada durante o processo, poder-se-á deduzir a força da pedalada através da seguinte expressão:

$$\text{Força de propulsão } (N) = \frac{\text{Potência } (W)}{\text{Velocidade tangencial da pedalada } (m/s)}$$

Contudo, o impacto do dimensionamento da biela do pedal não será suficiente para proporcionar uma solução que cubra todo o espectro de utilização de uma bicicleta. Assim, um dos métodos habitualmente utilizados para colmatar esta falha é a introdução de um sistema de mudanças. Um sistema de mudanças altera a relação de transmissão entre o veio da biela do pedal e o eixo da roda de tração, obtendo-se desta forma uma vantagem do ponto de vista mecânico na relação entre a energia disponibilizada pelo ciclista e todos os diversos fatores que contrariam o seu movimento (Figura 59). Neste sentido, pretende-se permitir alterar a relação entre a velocidade com que o ciclista se desloca, relativamente ao solo, e a velocidade periférica da sua pedalada. Esta variação produz uma variação de

binário na roda motriz, considerando que a potência gerada se mantém inalterada, assim, poder-se-á considerar o seguinte conjunto de relações:

$$\frac{V_{rs} (m/s)}{V_{tp}(m/s)} = \frac{R_{rm}}{L_{bp}} \times \frac{Z_{mot}}{Z_{mov}}$$

Em que:

- V_{rs} Velocidade do ciclista relativamente ao solo
- V_{tp} Velocidade tangencial do pedal
- R_{rm} Raio da roda movida
- L_{bp} Comprimento da biela do pedal
- Z_{mot} Número de dentes do carreto motor
- Z_{mov} Número de dentes do carreto movido

Wilson (2004), apresenta ainda um abaco (Figura 60) onde correlaciona a velocidade em função do tempo e da distância percorrida, obtendo dessa forma a potência necessária para efetuar uma determinada deslocação a uma velocidade constante.

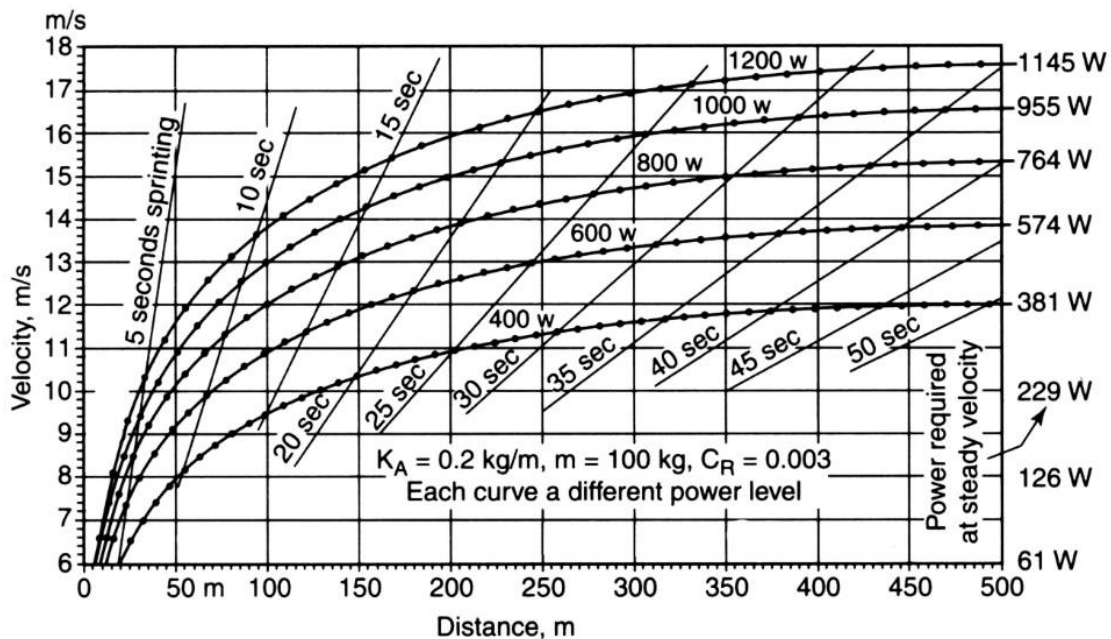


Figura 60: Potência em função da velocidade, tempo e distância a uma velocidade constante (Wilson 2004)

5.5.1 Sistemas de transmissão de energia

Considerando as premissas do ponto anterior, torna-se evidente a importância da seleção e dimensionamento dos componentes que compõem o sistema de transmissão de energia. Neste sentido, surge a proposta representada na Figura 61 que incorpora o conjunto de sistemas e componentes adotados para a proposta.

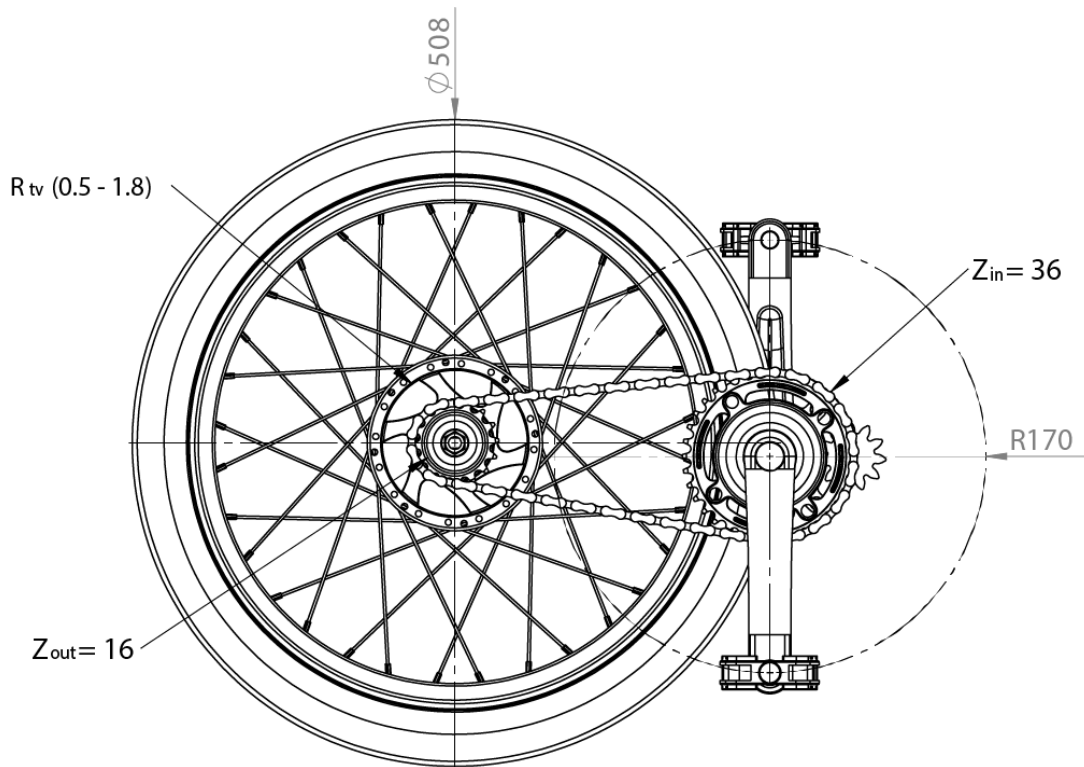


Figura 61: Proposta de sistema de transmissão

A combinação proposta para o sistema de transmissão conta com duas componentes, uma das quais fixa e a outra variável. Esta abordagem é muito comum na maioria das bicicletas correntes, contudo, no caso proposto, foi considerada como solução, para a componente de transmissão variável, um sistema de “mudanças” por cubo de transmissão por geometria variável (Figura 62), este sistema, face aos sistemas convencionais, apresenta algumas vantagens, como por exemplo, um número quase infinito de relações de transmissão, em que os seus limites se situam entre 0.5 e 1.8, representando estes valores uma amplitude de transmissões total de 360%. Para além desta característica, o sistema proposto apresenta também uma construção robusta sem elementos móveis exteriores, eliminando inclusivamente o constante desalinhamento da corrente de transmissão, provocado pelos sistemas convencionais de carreto e desviador. Este facto, apresenta-se como uma solução de fiabilidade aumentada. O elemento de transmissão seleccionado apresenta ainda mais uma característica de fiabilidade assente no facto de dispensar o uso de engrenagens internas recorrendo apenas ao ângulo de contacto entre geometrias para alterar a sua relação de transmissão.

O Quadro 7 sintetiza a globalidade das características de transmissão de energia da proposta apresentada. Este quadro considera 14 mudanças virtuais ou “Steps” proporcionados pelo sistema de transmissão variável da Figura 62. O cálculo efetuado é assumidamente grosseiro por ignorar a eficiência dos diversos componentes do sistema. Esta decisão prende-se com razões como a simplificação do cálculo e a ausência de informação técnica detalhada de alguns componentes. Contudo, considerando o facto de que as soluções implementadas encontram feedback positivo no mercado, e não sendo objetivo deste projeto efetuar um estudo exaustivo do sistema de transmissão de energia, considerou-se aceitável esta abordagem.

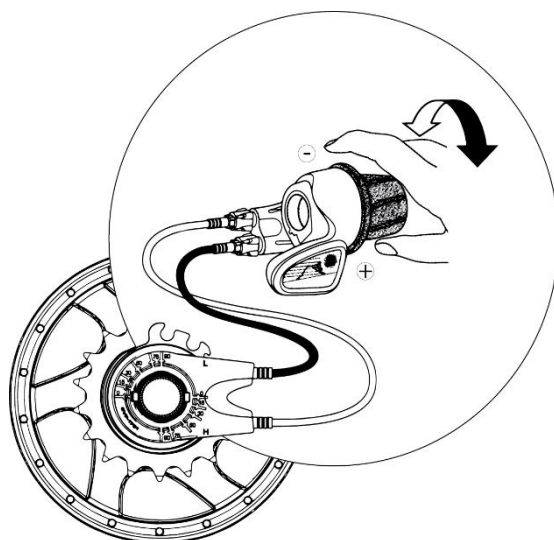


Figura 62: Cubo com geometria de transmissão variável NuVinci N360

As grandezas iniciais, consideradas no Quadro 7, são os elementos fixos do sistema de transmissão de energia. Assim, considera-se uma relação de transmissão fixa de 2.3, conseguida através de um sistema de correntes e carretos composto por um carreto motor de 38 dentes e um carreto movido de 16 dentes. A escolha da biela do pedal foi fortemente influenciada pelas conclusões determinadas no capítulo da ergonomia, contudo, o seu papel neste capítulo também assume bastante importância, por depender do raio descrito por esta biela o binário gerado no grupo pedaleiro.

Quadro 7: Dados do sistema de transmissão proposto

F_m (N)	R_p (m)	R_r (m)	Z_{in}	Z_{out}	V_{in} (rpm)			
700	0,17	0,254	36	16	60			
Step	R_{tv}	R_{cr}	R_{it}	T_p (N/m)	T_r (N/m)	V_{roda} (rpm)	V_{roda} (m/s)	V_{roda} (km/h)
1	0,5	2,3	1,1	119,0	105,8	67,5	1,8	6,5
2	0,6	2,3	1,4	119,0	88,1	81,0	2,2	7,8
3	0,7	2,3	1,6	119,0	75,6	94,5	2,5	9,0
4	0,8	2,3	1,8	119,0	66,1	108,0	2,9	10,3
5	0,9	2,3	2,0	119,0	58,8	121,5	3,2	11,6
6	1,0	2,3	2,3	119,0	52,9	135,0	3,6	12,9
7	1,1	2,3	2,5	119,0	48,1	148,5	3,9	14,2
8	1,2	2,3	2,7	119,0	44,1	162,0	4,3	15,5
9	1,3	2,3	2,9	119,0	40,7	175,5	4,7	16,8
10	1,4	2,3	3,2	119,0	37,8	189,0	5,0	18,1
11	1,5	2,3	3,4	119,0	35,3	202,5	5,4	19,4
12	1,6	2,3	3,6	119,0	33,1	216,0	5,7	20,7
13	1,7	2,3	3,8	119,0	31,1	229,5	6,1	22,0
14	1,8	2,3	4,1	119,0	29,4	243,0	6,5	23,3

Para determinar o binário motor, ou seja aquele que é gerado no grupo pedaleiro, foram arbitradas as seguintes condições:

1. A força exercida pela perna humana não é inferior ao peso do ciclista que a exerce (Wilson 2004);
2. O peso médio de um indivíduo é de 700N (Lacerda, et al. 2004);
3. Os valores calculados são meramente de referência.

Considerando as premissas anteriores, interessou determinar os valores teóricos tanto da velocidade como do binário disponível na roda de tração. Com o intuito de demonstrar os valores das grandezas consideradas ao longo dos 14 “steps” considerados foi elaborado o Gráfico 10, através dos valores determinados no Quadro 7.

Assim, as grandezas de entrada, consideradas no Quadro 7 e no Gráfico10 são:

F_m (N)	Força teórica que um ciclista exerce sobre um pedal
R_p (m)	Raio descrito pelo comprimento da biela do pedal
R_r (m)	Raio da circunferência descrita pela roda motriz
Z_{in}	Número de dentes do carreto motor
C	Número de dentes do carreto movido
V_{in} (rpm)	Cadência da pedalada, número de pedaladas completas por minuto
R_{tv}	Relação de transmissão variável (Mudanças ou “Steps”)

E as grandezas calculadas no Quadro 7 e posteriormente representadas no Gráfico 10 são:

R_{cr}	Relação de transmissão do sistema de corrente
-----------------------	---

$$R_{cr} = \frac{Z_{in}}{Z_{out}}$$

R_{tt}	Relação de transmissão total do sistema
-----------------------	---

$$R_{tt} = R_{cr} \times R_{tv}$$

T_p (N/m)	Binário teórico aplicado ao eixo pedaleiro
----------------------------	--

$$T_p = F_m \times R_r$$

T_r (N/m) Binário teórico disponível na roda de tração

$$T_r = \frac{T_p}{R_{tt}}$$

V_{roda} (rpm) Numero de rotações por minuto da roda de tração

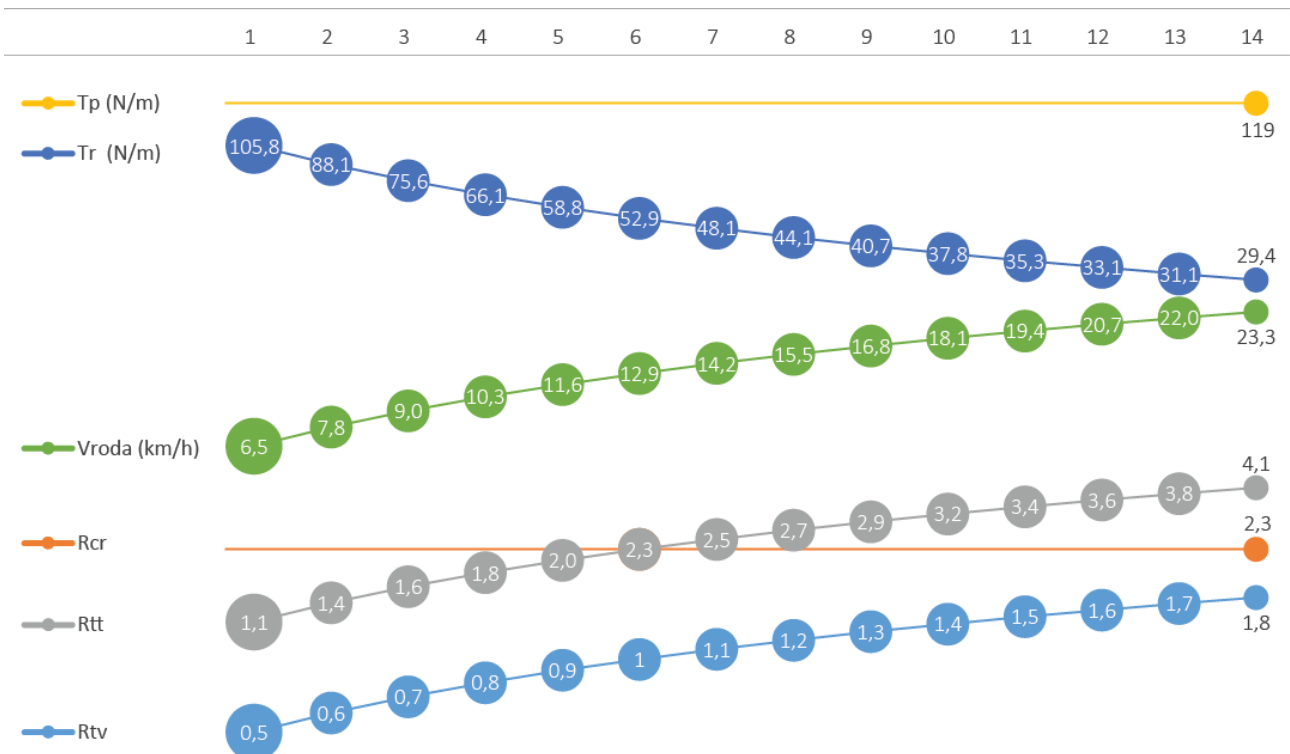
$$V_{roda} (rpm) = V_{in} \times R_{tt}$$

V_{roda} (m/s)/(km/h) Velocidade tangencial instantânea teórica atingida pelo exterior da roda de tração

$$V_{roda} (m/s) = V_{roda} (rpm) \times 2\pi \times R_r$$

Tal como esperado, o Gráfico 10 revela quatro curvas de tendência e duas linhas constantes. As linhas constantes representam tanto o binário aplicado sobre o grupo pedaleiro (T_p) como a relação de transmissão do sistema de corrente (R_{cr}), ambos se mantêm inalterados sem qualquer influência provocada pela variação da relação de transmissão do cubo da roda motriz (R_{tv}). Assim, observando o Gráfico 10 torna-se evidente que as curvas, R_{tt} e V_{roda} progridem geometricamente em relação a R_{tv} , enquanto que T_r progride de forma inversa a R_{tv} .

Gráfico 10: Impacto da relação de transmissão no binario e velocidade da roda relativamente ao solo, para cada um dos 14 “steps”



5.5.2 Sistema elétrico de auxílio ao movimento

Tal como se evidencia no Ponto 3.3 (O mercado europeu da bicicleta elétrica), a mobilidade através de bicicletas com assistência elétrica ao movimento é um tema com um número crescente de adeptos. Tal como se pode observar no Gráfico 3 este mercado já possui uma dimensão que não permite que seja ignorado por este trabalho, comprovado que está o crescente interesse dos consumidores por soluções de mobilidade auxiliadas por uma fonte de energia elétrica.

Considerando este paradigma, este projeto não poderia deixar de considerar esta realidade. Neste sentido, foram integrados na proposta os elementos necessários à instalação de um sistema auxiliar de tração. A Figura 63 representa o diagrama sinótico de uma solução de motorização auxiliar para a bicicleta em estudo.

O sistema proposto é composto por dois motores (1) que serão instalados em substituição dos cubos das rodas frontais. Estes motores estão disponíveis no mercado numa ampla gama de potências, sendo as mais comuns as propostas de 250W e 350W, no entanto existem outras desde os 160W até 500W.

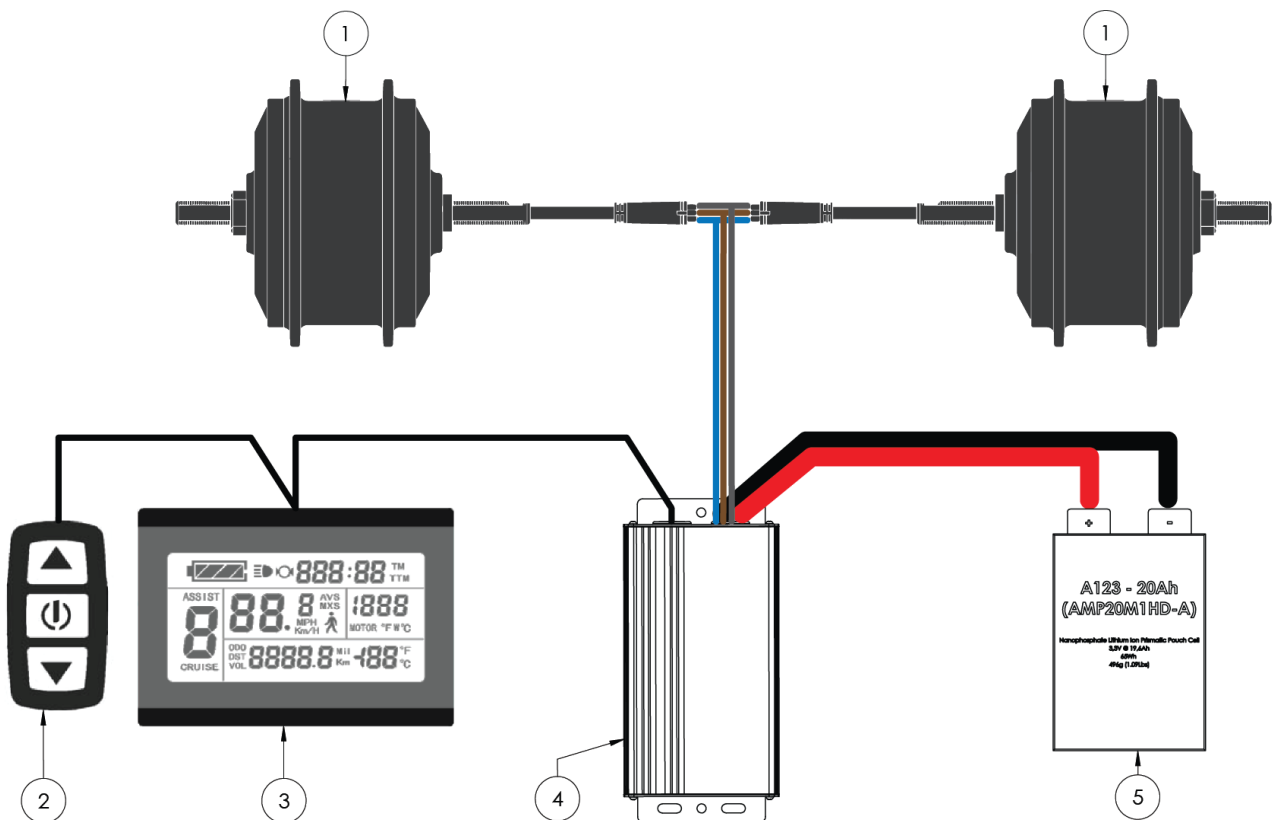


Figura 63: Proposta de sistema EPA (Electric Power Assist)

O sistema motriz, na esmagadora maioria das soluções analisadas (Figura 64), é composto por um invólucro exterior que funciona como cubo onde é feita a fixação dos raios da roda, contendo no seu interior um motor de corrente contínua “Brushless” (foram identificadas propostas com tensões de alimentação desde os 12V aos 70V), este motor é ainda

acoplado a um sistema planetário redutor de velocidade que transmite o movimento gerado ao involuço exterior. Este involuço, conseqüentemente traduz esse movimento na velocidade angular da própria roda. No entanto, para que o sistema funcione, o eixo central do cubo motorizado deverá permanecer estacionário, neste sentido foi necessário prever uma geometria de encaixe que facilite a ancoragem do eixo do cubo.

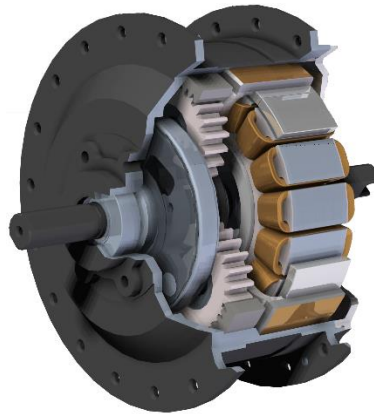


Figura 64: Vista em corte de um cubo motorizado para uma bicicleta com EPA

O sistema possui ainda dispositivos de gestão, comunicação e controlo do movimento do veículo, isto é, o ciclista naturalmente deverá ter controlo sobre o sistema de propulsão, para isso através dos dispositivos (2) e (3), da Figura 63, poderá comunicar e receber feedback de vários parâmetros fornecidos pelo controlador (4).

O controlador Figura 65 e (4) da Figura 63, permite não só gerir e fornecer parâmetros da marcha efetuada pela bicicleta e os *inputs* fornecidos pelo ciclista, mas também acumula a função de modular as características de corrente elétrica fornecida ao motor, com o intuito de que este desempenhe o comportamento esperado.

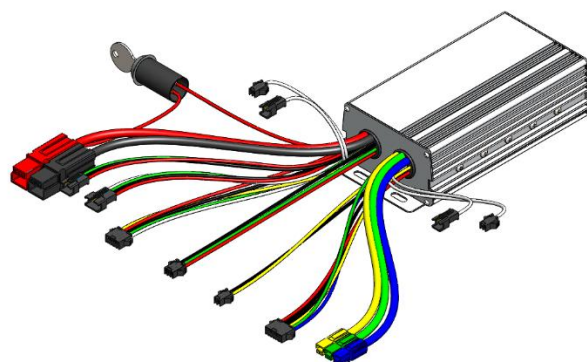


Figura 65: Micro controlador para bicicletas com EPA

Por último, foi necessário considerar um dispositivo de armazenamento de energia. Neste caso, em particular, e após a análise das características dos sistemas disponíveis no mercado, a escolha para equipar o sistema proposto recaiu sobre uma bateria (Figura 66) composta por células de LiFePo₄ (Ferrofosfato de Lítio). Estas baterias estão disponíveis numa grande variedade de formatos, tensões (12V a 70V) e capacidades de carga elétrica (9Ah até 20Ah), devendo esta em última análise, ser selecionada pelo utilizador de acordo com as suas necessidades e o seu orçamento.



Figura 66: Bateria composta por um pack de células LiFePo4

5.6 Características tecnológicas e materiais do quadro

5.6.1 Adoção de polímero como matéria-prima

Um dos objetivos definidos para o projeto visava obter uma estrutura leve, rápida de fabricar e com um custo industrial controlado. Assim, a solução que se propõe consiste num quadro fabricado em duas partes, obtidas através do processo de injeção de polímero.



Figura 67: Propostas de quadro em Polímero

Esta estrutura é composta por uma casca exterior, que se encontra reforçada no seu interior por uma estrutura “entrelaçada”. A união das duas partes poderá ser obtida tanto por soldadura por ultrassons como por colagem através de resina polimérica.

5.6.2 Vantagens do polímero:

As principais vantagens da utilização de um material polimérico afiguram-se como:

- Custo Industrial mais baixo, face aos processos convencionais (dever-se-á considerar os custos de amortização do molde);
- Tempo de obtenção de um quadro substancialmente reduzido. A possibilidade de utilização de um grande nível de automatização reflete-se na pouca incorporação de mão-de-obra, numa fase final de montagem do produto;
- Não utilização de processos de soldadura para ligas metálicas;
- A peça obtida por este processo encontra-se já pigmentada, portanto ficam dispensados os processos de pintura;
- Diminuição da pegada de CO₂ e da energia incorporada na matéria-prima;
- Adoção de um polímero reciclável.

Quadro 8: Comparação da Pegada de CO₂ e de energia incorporada na matéria-prima em materiais padrão (CES EduPack 2011)

Matéria-prima	Qtd.	CO ₂ (Kg/Kg)	CO ₂ Total (Kg)	Energia (MJ/Kg)	Energia Total (MJ)
Aço-carbono	13 Kg	2,2-2,8	28,6-36,4	29-35	377-455
Alumínio	4 Kg	11,2-13,1	44,8-52,4	200-238	800-952
Polímero (PP)	4 Kg	2,21-2,8	8,84-11,2	79,6-105	318,4-420

5.6.3 Seleção do polímero

Analisando as necessidades evidenciadas nos pontos anteriores permitir-nos-á selecionar um conjunto de materiais que possuam as características mecânicas necessárias à construção de um quadro para a bicicleta proposta.

Uma má opção na escolha do material produzirá certamente a ocorrência de futuras falhas trazendo sérios problemas, caso estas situações não sejam precavidas à partida, poderão acarretar prejuízos futuros comprometendo a viabilidade do projeto.

Os gráficos apresentados no Anexo E surgem com o intuito de auxiliar o processo de escolha e seleção dos materiais estruturais a adotar para a construção do quadro da bicicleta, estes gráficos foram gerados a partir da base de dados do “software” de seleção de materiais “CES EduPack 2011”.

Uma análise preliminar permitiu selecionar cinco materiais. Estes materiais apresentam propriedades que se enquadram nas necessidades identificadas. Essas necessidades prendem-se com propriedades dos materiais como o limite elástico, a densidade e o preço.

Após uma análise mais atenta, ao grupo de materiais pré-selecionados, o Polipropileno reforçado com 50% de fibra de vidro apresentou-se como uma das soluções mais

promissoras nesta fase de seleção. Este material cumpre com todos os requisitos pré-definidos, à exceção da reciclabilidade, contudo possui propriedades e características mecânicas que o tornam num material bastante apetecível.

O polipropileno (PP) pode ser processado por extrusão, termoformagem, por sopro e injeção. É utilizado em diversas aplicações, tais como, mobiliário de jardim, peças para a indústria automóvel, filmes, cordas e ráfias e em diversos tipos de tampas e cápsulas. O uso massificado deste termoplástico, em aplicações de engenharia, deve-se em larga medida à facilidade com que é processado, ao seu baixo custo, e ainda à possibilidade de manipulação das suas propriedades por processos de copolimerização e de aditivização que permitem obter características muito diferentes, que vão desde o “*soft-touch*” à elevada rigidez dos “*grades*” com fibra de vidro.

O PP copolímero heterofásico (Poliversal - Plásticos e Tecnologia S.A. 2014) é um material que resulta da copolimerização do PP com o etileno. Nas aplicações em que é necessário manter uma elevada resistência ao impacto a baixa temperatura, esta copolimerização, permite ampliar a gama de temperaturas de utilização, sem que as baixas temperaturas comprometam as características mecânicas como a rigidez e a resistência ao impacto.

Quadro 9: Seleção e análise de polímeros através das suas características (CES EduPack 2011)

	PLC (40% glass fiber/10% mineral)	PP (copolymer, impact, 30% glass fiber)	PET (15% glass fiber, easy processing)	ABS (40% long glass fiber, injection molding)	PP (50% long glass fiber)	
Density	1790 - 1820	1110 - 1130	1380 - 1400	1350 - 1370	1320 - 1340	kg/m ³
Price	12.5 - 13.8	2.21 - 2.43	1.95 - 2.15	2.79 - 3.07	2.5 - 2.75	€/kg
Young's modulus	12.6 - 14.9	3.27 - 5.12	3.52 - 3.7	6.73 - 7.07	10.4 - 11.7	GPa
Compressive modulus	12.6 - 14.9	3.27 - 5.12	3.52 - 3.7	6.73 - 7.07	10.4 - 11.7	GPa
Flexural modulus	12.3 - 14.2	1.47 - 1.51	3.52 - 3.7	7.38 - 7.75	10.1 - 11.2	GPa
Shear modulus	4.73 - 4.97	3.98 - 4.39	1.27 - 1.33	2.46 - 2.59	4.05 - 4.15	GPa
Bulk modulus	X	5.18 - 5.31	5.21 - 5.48	8.44 - 8.87	12 - 12.3	GPa
Poisson's ratio	0.4 - 0.43	0.366 - 0.374	0.38 - 0.395	0.36 - 0.374	0.345 - 0.352	
Shape factor	12	13.3	5.7	6.9	14.3	
Yield strength	70 - 78	53.3 - 67	60.4 - 66.6	84 - 92.8	110 - 129	MPa
Tensile strength	91.2 - 93	47.9 - 59.3	75.5 - 83.3	105 - 116	115 - 127	MPa
Compressive strength	66.9	52.5 - 55.1	88.7 - 97.7	112 - 123	80.7 - 126	MPa
Flexural strength	128 - 139	72.3 - 93	88.7 - 97.7	164 - 181	177 - 199	MPa
Shear strength	36.8 - 40.7	X	X	X	X	MPa
Elongation	1.7 - 2.37	4.81 - 7.73	5.58 - 6.45	1.4 - 1.61	1.53 - 1.85	%
Elongation at yield	X	4.23 - 5.29	X	X	1.27 - 2	%
Hardness - Vickers	21.1 - 23.3	17.5 - 18.4	18.1 - 20	25.2 - 27.8	34.9 - 36.7	HV
Fatigue strength @10⁷ cycles	35 - 38.6	20.8 - 21.8	27.9 - 36.2	38.8 - 50.4	47.1 - 49.5	MPa
Fracture toughness	2.51 - 2.62	2.75 - 2.89	3.1 - 3.96	4.23 - 5.08	5.11 - 5.37	MPa.m ^{0.5}
Mechanical loss coefficient	0.00627 - 0.00652	0.0146 - 0.0153	0.016 - 0.0166	0.0102 - 0.0105	0.00726 - 0.00762	
Embodied energy	155 - 171	93.1 - 103	87.4 - 96.6	95 - 105	97.2 - 107	MJ/kg
CO2 footprint	11.8 - 13	6.24 - 6.89	5.72 - 6.32	6.4 - 7.08	6.58 - 7.27	kg/kg
Polymer molding energy	20.5 - 22.6	20.2 - 22.3	19.7 - 21.8	16.8 - 18.6	18.7 - 20.7	MJ/kg
Polymer molding CO2	1.53 - 1.7	1.51 - 1.67	1.48 - 1.63	1.26 - 1.39	1.41 - 1.55	kg/kg
Recycle	Não	Não	Não	Não	Não	

6 Análise Estrutural

O design estrutural do quadro assume uma importância vital. Uma estrutura pouco resistente, incorretamente dimensionada ou com um desenho inadequado poderá facilmente colapsar. Surgem assim os desenhos mais comuns para esta estrutura, normalmente em forma de trapézio, também denominada de “*Diamond frames*”, que são uma estrutura composta por duas treliças e que demonstra ser uma forma eficaz de construir uma estrutura suficientemente simples, resistente e capaz de resistir às solicitações a que a bicicleta está sujeita. Estas estruturas, habitualmente, são construídas em tubos perfis tubulares, sendo que estes surgem como uma matéria-prima de excelência para estas estruturas, dada a sua ampla abundância, standardização, plasticidade e resistência mecânica. Wilson (2004), defende que uma estrutura ideal deverá ser fácil e barata de produzir, e esta combinação é realizada nos tradicionais quadros trapezoidais que recorrem a tubos normalizados que permitem obter uma estrutura entrelaçada, extremamente resistente do ponto de vista mecânico, no entanto, formas mais arrojadas não serão possíveis sem o recurso a elementos estruturais não normalizados.

Numa bicicleta convencional é também de realçar a importância que a forquilha frontal detém. A sua configuração, em forma de braço, permite absorver uma grande parte das vibrações que comprometeriam a integridade da restante estrutura. As cargas fortes, provenientes dos impactos verticais são bem toleradas pela estrutura, já que ela atinge a sua resistência máxima precisamente na direção vertical, no entanto a forquilha, não contendo uma treliça, terá um comportamento semelhante ao de uma barra encastrada, com este elemento a evidenciar uma flexibilidade desejada. Contrariar este efeito da forquilha aumentaria não só a complexidade deste componente como também seria contraproducente.

As cargas de torção exercidas sobre o quadro incidem principalmente sobre o elemento estrutural, que une o conjunto de tração com o conjunto do guiador, por isso torna-se usual, em grande parte das bicicletas, um ou dois elementos de união entre estes conjuntos. Quando utilizados dois elementos de união, inferior e superior, estes encontram-se unidos frontalmente pelo alojamento do espigão da direção e na extremidade oposta pelo elemento que funciona como suporte do selim, obtendo-se assim a primeira treliça, ou seja, metade do trapézio.

O efeito do sistema de transmissão, tendencialmente, será o de puxar a roda traseira contra a estrutura. Assim, naturalmente, surgem dois elementos estruturais que a irão fixar na sua posição, no entanto as cargas verticais, produzidas pelo peso do ciclista, irão tentar contrariar a função destes elementos. Assim, é também necessário escorar esta estrutura através de elementos que unirão a zona do selim à extremidade dos elementos de suporte da roda. Deste modo, surge a segunda treliça completando o trapézio que caracteriza esta estrutura.

A integridade estrutural de um quadro de bicicleta não é, ou não deverá ser, a única preocupação no *design* deste componente, pois este deverá acumular várias outras características para que possa desempenhar eficazmente a sua função, nomeadamente, deverá prever e impedir a colisão e interferência de todos os outros elementos funcionais que a ele serão associados, ou seja, deverá agregar todos esses elementos na forma em que cada um deles possa desempenhar a sua função de forma mais eficiente.

É também de extrema importância a rigidez do conjunto, pois uma estrutura demasiado flexível, apesar de resistente, é muito pouco interessante do ponto de vista da ciclística. Uma estrutura pouco rígida e que deforme pela ação de mudança de direção proporcionará uma sensação de pouca precisão ao ciclista ou poderá não suportar o binário produzido pelo ciclista ao pedalar. No entanto, existem elementos que em determinadas direções, maioritariamente na vertical, permitem alguma elasticidade no sentido de proporcionar algum conforto ao ciclista.

Ao desenvolver um novo design para uma estrutura (quadro), dever-se-á testar e validar cada uma das novas decisões introduzidas. Assim, cada novo ensaio poderá evidenciar a necessidade de outros novos testes adicionais.

A forma mais exaustiva de determinar a amplitude e a natureza das cargas, a que uma bicicleta realmente está sujeita, é efetuada recorrendo a instrumentação e a circuitos ou pistas que sujeitem a bicicleta aos mais elevados e variados esforços.

Existem também outras formas de avaliação, baseadas na estimativa das cargas por aproximação, onde as forças aplicadas e os esforços exercidos são arbitrados a partir de dados já conhecidos.

David Wilson, enumera de forma simplificada alguns dos esforços a que uma bicicleta normalmente estará sujeita. Atribui cargas de 850N a 1700N de força a cada braço do ciclista, considerando que este valor é a principal força exercida sobre o guiador que, por sua vez, se transmite à roda frontal. Assim, em situações de impactos, o valor da força exercida sobre a roda frontal poderá exceder os 3000N. Enumera duas situações distintas, uma delas crítica, que ocorre quando a roda frontal embate contra um objeto e, uma outra situação mais recorrente, quando o ciclista aciona o travão frontal de forma brusca alterando a posição do centro de massa, do binómio bicicleta / ciclista, colocando toda a força exercida sobre a roda frontal.

Normalmente, numa bicicleta convencional, o binário a que a estrutura está sujeita encontra-se localizado na zona do eixo dos pedais. Este esforço é gerado pelo movimento alternativo efetuado pelo ciclista ao pedalar, geralmente um dos pedais estará sujeito à força máxima enquanto o outro está sujeito a uma carga residual. O binário gerado em condições normais é limitado pela fraca força exercida pela perna do ciclista ao subir, assume-se que esta, em média, conseguirá puxar 450N. Então, o binário gerado será resultante da soma do peso do ciclista à força gerada pelo movimento ascendente da sua perna, que é de aproximadamente 450N. Este valor poderá ser substancialmente maior caso o ciclista consiga exercer uma força descendente superior ao seu próprio peso, pontualmente poderão surgir pedaladas com um binário de 350N.m. (Wilson 2004, 382-383)

Em situações extremas, como o após um salto, a totalidade da estrutura sofre a ação de cargas elevadas e, adicionalmente, é gerado um grande binário sobre o eixo dos pedais. Em testes laboratoriais raramente se consegue explorar a totalidade das situações ou cenários a que uma bicicleta está sujeita no seu uso diário, contudo, dever-se-á considerar e testar todas aquelas situações que apresentem maior probabilidade de induzir falhas à estrutura. Naturalmente, este procedimento não irá detetar as fragilidades mais invulgares, nomeadamente as que poderão decorrer de opções assumidas no design de alguns dos elementos.

Existem alguns métodos com abordagens próprias para avaliar o impacto das cargas aplicadas a uma bicicleta em condições de utilização quotidianas. Estes métodos desempenham um papel fundamental no desenvolvimento e validação de um novo design estrutural.

O método de avaliação mais utilizado pretende medir os esforços aplicados a uma estrutura através de sensores eletrónicos aplicados a diversos pontos da estrutura. Estes sensores geram sinais que, através da microeletrónica, produzem informação que permitem ao Homem a interpretação da magnitude das cargas aplicadas ao sistema.

Nas últimas décadas, os sistemas eletrónicos sofreram um processo sucessivo de melhoria e miniaturização. Este advento torna possível a aquisição de volumes sucessivamente maiores

de informação, ao mesmo tempo que estes sistemas de avaliação se tornam cada vez menos intrusivos. Estas ferramentas são, geralmente, bastante dispendiosas contudo, com o advento da computação móvel, assiste-se cada vez mais a uma democratização desta tecnologia.

A aquisição de informação em massa, proveniente de múltiplos pontos na estrutura, não será necessariamente a abordagem mais eficaz, pois, considerando que a estrutura se comporta como um todo, não existem garantias que os sensores aplicados se encontrem posicionados corretamente, como consequência obteremos um grande volume de informação que pouco contribui para a melhoria do design estrutural. Assim, deverá ser utilizada uma abordagem mais racional e sistemática. O recurso a um menor número de sensores, estrategicamente colocados, poder-nos-á fornecer informação objetiva da magnitude das cargas aplicadas aos pontos-chave como os pedais, rodas ou selim. Estas cargas, uma vez determinadas no terreno, poderão ser replicadas de forma laboratorial, onde novos conceitos poderão ser experimentados permitindo uma otimização sistemática. Através desta abordagem, poder-se-ão determinar novos pontos de análise, resultando na adição de novos sensores que permitirão determinar as zonas de fadiga com grande precisão.

Determinar, com exatidão, a localização dos pontos críticos de falha é essencial, por isso deveremos determinar os pontos de início das falhas. Contudo, dever-se-á salientar que, se estas falhas ocorrerem em serviço, e não numa simulação em laboratório, será pouco provável que consigamos determinar as cargas que atuavam sobre a estrutura quando estas falhas ocorreram. Em alternativa, poderemos recorrer a métodos computacionais, de simulação por elementos finitos, para determinar as zonas mais suscetíveis de falha, pois estes métodos permitem-nos observar de forma gráfica e virtual o comportamento da estrutura como um todo.

Necessariamente, dever-se-á realizar uma validação da estrutura, para isso deveremos adicionar às análises anteriores um método qualitativo de avaliação. Uma forma recorrente de realizar esta avaliação é recorrendo a uma técnica de aplicação de um polímero (verniz), translúcido e quebradiço, a toda a estrutura da bicicleta. Após o processo de cura deste polímero é possível aplicar as diferentes cargas à estrutura, permitindo-nos observar as zonas de maior deformação, através da identificação das regiões que apresentem uma maior densidade de fissuras.

Este método, apesar de eficaz dentro de um ambiente controlado, apresenta algumas limitações quando transposto para ensaios em ambientes reais, pois este polímero é extremamente sensível a variações de temperatura. Assim, torna-se necessário a utilização de várias amostras de controlo quando utilizado como método de ensaio em ambientes de temperatura não controlada. (Wilson 2004, 384-385)

As novas tecnologias agilizaram e facilitaram todo o processo de validação de uma nova estrutura, contudo, no passado, sem o auxílio destas tecnologias esta avaliação não era de todo impossível. Dispositivos mecânicos de medição utilizando sistemas mais ou menos complexos permitiam registar, através de uma agulha e um rolo de papel, a amplitude das cargas que eram sucessivamente aplicadas à estrutura. Estes métodos, apesar de nos dias de hoje nos parecerem rudimentares, permitiam obter e registar uma quantidade de informação preciosa para que se efetuasse as necessárias análises quantitativas.

Atualmente existe uma vasta oferta de poderosos “softwares”, contudo, Wilson (2004) conclui que a análise estrutural em bicicletas se encontra num estágio de infância. Para defender esta visão apoia-se na obra de Paterson e Londry, 1986 (*apud* Wilson 2004, 384). D. G. Wilson considera ainda arriscado o exercício de prever o futuro dos veículos de tração humana, no entanto existem considerações que poder-se-ão extrapolar com alguma facilidade, como por exemplo a massificação das estruturas leves em materiais compósitos.

Ao longo dos tempos os designers têm tentado, pontualmente, produzir estruturas a partir do plástico, sendo que esta tecnologia é muito apetecível do ponto de vista da liberdade formal. Existem ainda outros fatores, como o peso das estruturas obtidas, o preço unitário de cada estrutura e a massificação da produção, que tornam esta tecnologia tão atrativa. Contudo, devido à fraca rigidez estrutural, todas as tentativas conhecidas de implementação desta tecnologia acabaram por fracassar. (Wilson 2004, 436)

Os compósitos em fibra de carbono encontram-se no outro lado desta realidade, apresentam uma rigidez e um conjunto de propriedades mecânicas extremas. Como consequência, foram rapidamente adotadas pela alta competição e segmentos de consumo *“High-End”*, no entanto, o seu preço elevado afasta esta solução do utilizador comum. Beneficiando desta tecnologia, surgem continuamente novas propostas fabricadas a partir destes materiais, como rodas e outros componentes de alto desempenho.

A principal razão para o elevado preço dos componentes fabricados por esta tecnologia está ligada ao processo de fabrico, denominado de *“Wet Layup”*. O processo incorpora uma grande percentagem de fibras longas de carbono numa matriz epóxica, e envolve uma grande quantidade de mão-de-obra acompanhada de longos períodos de cura em condições rigorosamente controladas. Assim, não será expectável a sua implementação numa produção massificada.

Ao reduzir o comprimento das fibras teremos como consequência uma pequena degradação das propriedades mecânicas do compósito, mas existe um ponto em que o comprimento das fibras torna possível misturá-las com um polímero de forma a obter uma mistura suficientemente fluída, para que seja injetada num molde. O principal desafio reside em determinar a combinação dos fatores, como a percentagem de fibras, comprimento das fibras e ainda o tipo de polímero, de modo a obter um material que seja injetável e que ainda assim mantenha as propriedades mecânicas desejadas. (Wilson 2004, 438)

6.1 Ensaios CAE/FEA

Com o intuito de validar a hipótese inicialmente proposta, torna-se necessário recorrer a uma ferramenta de simulação por cálculo de elementos finitos (FEA). Por se tratar de uma ferramenta disponível de forma gratuita aos alunos da Universidade de Aveiro foi adotado o módulo de simulação numérica da *“Suite”* de CAD/CAE SolidWorks, esta ferramenta além de utilização livre para os alunos de engenharia, goza também de grande crédito junto das comunidades, tanto ligadas às indústrias como no mundo académico.

Para além do processo de validação é necessário refinar o conceito e explorar diferentes soluções, com o intuito de que a solução final seja a mais otimizada possível, tanto no que diz respeito à integridade estrutural da proposta como também de outros aspetos como o custo de produção, minimização do consumo de matérias-primas, seleção de matérias-primas adequadas, complexidade tecnológica, disponibilidade das tecnologias envolvidas e exequibilidade do produto bem como a qualidade do produto final.

O percurso de seleção e refinamento da proposta iniciou-se com um esboço formal e foi alvo de um processo de transformação evolutivo. Soluções e ideias foram equacionadas, de forma sistemática e seletiva, resultando num percurso que influenciou a morfologia e as soluções construtivas adotadas para a proposta final.

Ao realizar o conjunto de ensaios, que se descrevem resumidamente no Quadro 5, a proposta original sofre uma complexa transformação. Essa transformação, apesar de não ser perceptível

na morfologia exterior, é bastante radical na gênese da estrutura que suporta a casca exterior. Essas transformações são o resultado das medidas tomadas para contrariar os efeitos indesejados observados durante os diferentes ensaios.

O Quadro 5 resume um conjunto de ensaios CAE que resultaram na solução adotada. Estes ensaios encontram-se detalhados no formato de um relatório, este poderá ser consultado no Anexo F.

Quadro 10: Resumo de ensaios FAE efetuados em ambiente CAE

Ensaio	Matéria-Prima	Casca exterior: (mm)	Cargas: (N)	Fixação:	Fadiga máxima: (N/m ²)	Deslocamento máximo: (mm)	Deformação:		
1	PP copolímero (genérico)	3	100	Encastramento na chumaceira de direção	6,72x10 ⁶	29,9	4,98x10 ⁻³		
2					1,39x10 ⁶	3,04	1,25x10 ⁻³		
3					96,99x10 ³	0,162	7,68x10 ⁻⁵		
6		ABS+PC	6	4000+2x2000	Encastramento do alojamento da transmissão	3800	16,38x10 ⁶	2,76	1,51x10 ⁻²
9						331,77x10 ⁶	88,5	2,23x10 ⁻¹	
11						69,245x10 ⁶	48,6	5,88x10 ⁻²	
12						81,22x10 ⁶	21,24	2,54x10 ⁻²	
13	ABS+PC+AISI304	6+2	5000+2x3000		23,275x10 ⁶	1,72	6,65x10 ⁻³		
15	PP homopolímero +AISI304				399,106x10 ⁶	0,94	1,25x10 ⁻¹		
16					242,737x10 ⁶	1,88	2,39x10 ⁻¹		

O modelo resultante incorpora já as alterações necessárias ao seu fabrico. Nesse sentido, adotou-se como premissa a uniformização das espessuras do componente, resultando na introdução de diversas cavidades que pretiram essa uniformização. A espessura adotada no elemento exterior aproximou todas as paredes ao valor de 6 mm. As paredes verticais foram também alvo de uma intervenção com a adição de contra saídas de 1º (um grau). As zonas maciças, que poderiam causar problemas de “rechupes”, foram eliminadas da peça final. Por fim, foram adicionados os elementos suplementares para a fixação e alojamento, tanto dos componentes de transmissão como para o suporte dos braços da roda traseira.

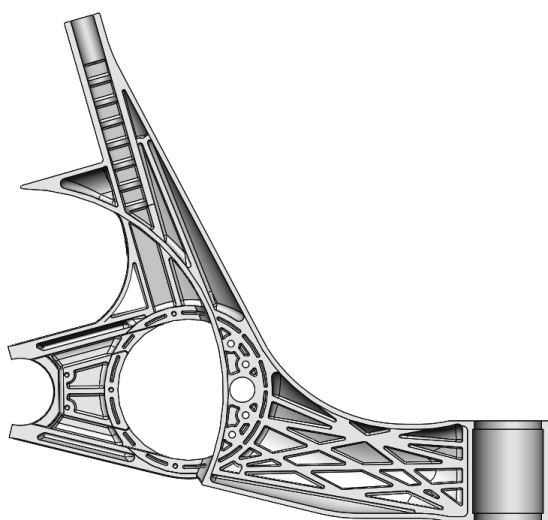


Figura 68: Proposta estrutural ajustada para produção

A cavidade de 1mm de profundidade, e com o formato do reforço, é introduzida nas duas metades da estrutura. Deste modo, esta lâmina poderá ficar alojada no interior do quadro durante o processo de colagem das duas peças. Esta união permanente será ainda reforçada por quatro cavilhas, que serão cravadas e “encabeçadas” no final. O alojamento do mecanismo de transmissão assume por completo as funções de separar ambos os braços de suporte da roda traseira, bem como alojar o furo guia do veio desviador. Esta opção permite reforçar ainda um pouco mais esta zona de transição entre o poste do selim e o tramo frontal.

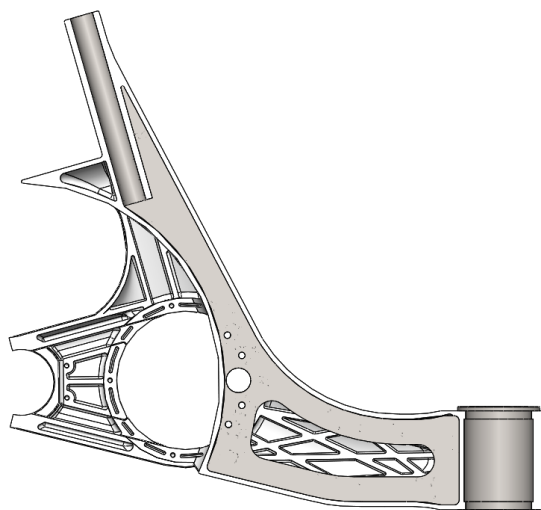


Figura 69: Casca estrutural com elementos de reforço

A proposta final (Figura 68) considerou o polipropileno como matéria-prima, e adotou um reforço metálico interior (lamina metálica) (Figura 69) que se estende desde o poste do selim, reforçando este tramo até à chumaceira de viragem. Tendo em conta os resultados obtidos nos anteriores ensaios decidiu-se aumentar os valores das cargas aplicadas. Assim, os valores considerados no ensaio final foram: duas cargas frontais, simultâneas e simétricas ao plano central com o valor de 3000N cada, simulando a reação das rodas, e ainda uma carga sobre o poste do selim, simulando a carga aplicada pelo peso do ciclista com um valor de 5000N.

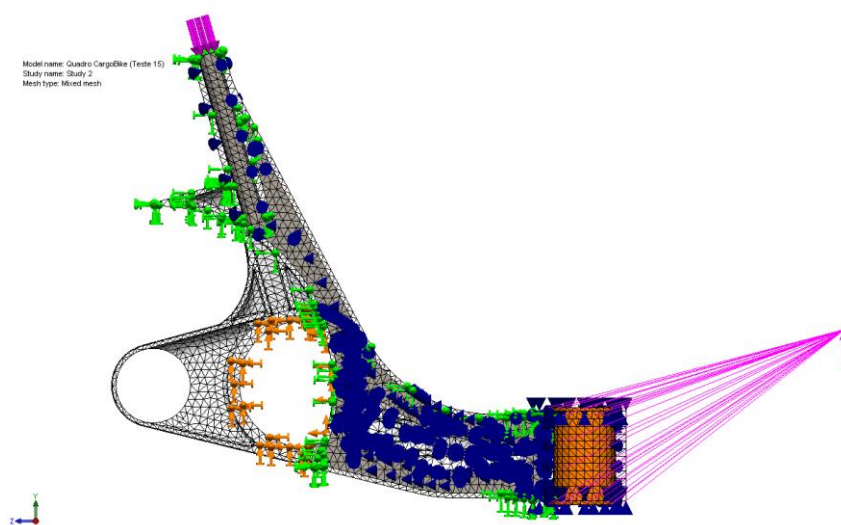


Figura 70: Aplicação de malha aos elementos da estrutura

6.2 Simulação do processo de injeção – “Mold Flow”

Esta ferramenta foi utilizada com o intuito de avaliar a viabilidade do processo de injeção de plástico para a obtenção dos elementos estruturais exteriores da bicicleta. Este ensaio, não pretende ser demasiado exaustivo nem projetar a ferramenta (molde) para a industrialização dos componentes, mas sim comprovar o potencial desta tecnologia para a obtenção dos elementos poliméricos do quadro e até mesmo prever alguma afinação ao modelo em estudo.

Tal como documentado no Anexo F, efetuaram-se duas simulações de escoamento e enchimento de molde. A razão para este procedimento reside na incerteza inicial acerca do número ideal de gates de injeção

Assim, numa primeira fase, a colocação da “gate” de injeção é arbitrada numa localização próxima da zona mais densa da peça, e que se encontre o mais equidistante possível das extremidades, tendo o cuidado de a inserir numa localização que fique oculta, após a montagem do componente, permitindo dessa forma ocultar as imperfeições causadas pelo processo de injeção.

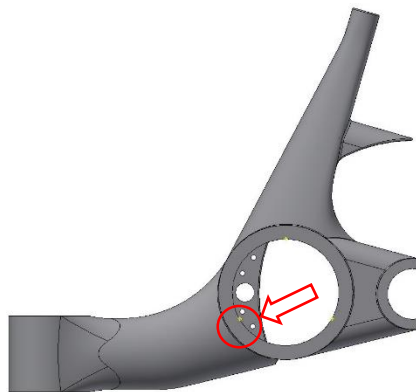


Figura 71: Gate de injeção colocada no centro da peça

A segunda abordagem surge após a análise dos resultados obtidos no primeiro ensaio, a nova abordagem experimentada consistiu em dividir o material de injeção por três “runners”, que alimentam três “gates” de injeção desfasados 120° entre si.

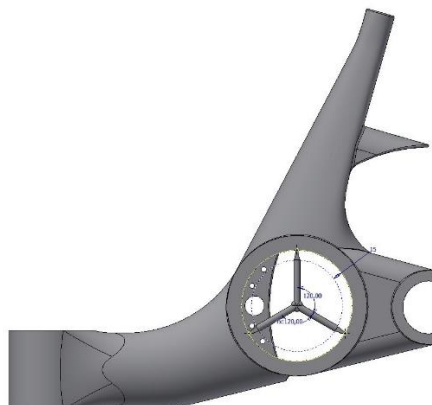


Figura 72: Gate de injeção colocada no centro da peça com 3 “runners”

As “gates” deverão efetuar o enchimento do molde na zona central do alojamento da transmissão, e encontram-se alinhadas com as três zonas mais densas da peça. Pretendeu-se com esta abordagem distribuir uniformemente o material injetado pelas três zonas principais, com o intuito de melhorar a qualidade de acabamento da superfície exterior da peça, e ainda, reduzir o número de linhas de união entre os escoamentos.

6.3 Conclusões dos ensaios CAE

Pretendeu-se projetar um quadro utilizando o menor número possível de componentes metálicos, assumindo mesmo, que um dos objetivos seria a obtenção de um quadro completamente polimérico. Apesar de ser um dos principais objetivos não foi considerado como fundamental, pois outras soluções mistas também foram admitidas, sendo o mais importante respeitar ao máximo a morfologia da proposta conceptual.

O percurso assumido para o desenvolvimento da proposta iniciou-se com a elaboração de uma estratégia de abordagem ao problema, nessa estratégia ficou clara a necessidade do recurso aos FEA para validar as diferentes hipóteses equacionadas. Ao elaborar essa estratégia foram previstas as várias abordagens possíveis e as hipóteses que fundamentam cada uma dessas abordagens, obtendo-se um panorama geral dos vários caminhos que poderiam ser percorridos. Assim, o processo iniciou-se com a análise da casca exterior do quadro. Esta casca é muito importante, pois define toda a morfologia exterior da proposta. Interessou nessa fase apurar a resistência e comportamento mecânico da forma no seu estado puro, ou seja, sem a adição de qualquer elemento de reforço. Essa abordagem permitiu perceber muitos dos movimentos naturais da estrutura/forma, e assim formular soluções geométricas que potenciem a performance estrutural do quadro.

Este caminho conduziu a um conjunto de ensaios, onde foram sucessivamente adicionados novos elementos de reforço, e também, novos elementos que acrescentaram características funcionais à estrutura. A introdução desses elementos foi feita de forma gradual, sendo apenas ensaiados um número bastante restrito de novos elementos entre testes. Dessa forma foi possível perceber melhor qual o verdadeiro impacto da introdução de cada um desses novos elementos.

A complexidade dos ensaios foi sucessivamente aumentada, não só pela sucessiva introdução de novos elementos, quer funcionais quer de reforço, mas também, pelo aumento sucessivo dos elementos introduzidos no conjunto. A análise de conjunto justifica-se em pleno porque numa bicicleta os componentes dependem bastante uns dos outros para garantir a integridade do conjunto (bicicleta). Assim, e com o intuito de sujeitar o quadro durante as análises a condições o mais próximas possível da realidade, foram acrescentados sucessivamente mais elementos ao conjunto de teste. Como consequência obteve-se um modelo progressivamente mais complexo e demorado de calcular, tornando-se mesmo, a determinada altura impossível de calcular com os recursos computacionais disponíveis.

Atendendo a este cenário houve uma mudança de rumo na abordagem. Foi necessário explorar outras ferramentas que ainda não haviam sido consideradas, com o intuito de simplificar o modelo de cálculo. Dessas ferramentas, importa referir duas muito importantes, que viabilizaram e agilizaram o cálculo da estrutura. A primeira, e talvez a mais importante, a “Simetria”, permitiu reduzir drasticamente a quantidade de informação a ser calculada e a segunda, não menos importante, que são as “Cargas remotas” permitiu simular cargas e reações em elementos estruturais que deste modo não necessitaram estar representados no conjunto analisado.

Ao esgotar a maioria das soluções, de reforço interno da estrutura, concluiu-se que seria improvável que a estrutura resistisse mecanicamente às cargas pretendidas. Tornou-se necessário adicionar elementos metálicos de reforço ou então alterar a sua geometria/morfologia. Como a segunda hipótese havia sido excluída à partida, o caminho escolhido foi no sentido de adicionar um elemento estrutural metálico, que apenas conferisse a resistência necessária para suportar as cargas pretendidas.

Para resolver esse problema foi adicionada uma lâmina estrutural em aço de 2mm, abandonando-se definitivamente o objetivo de obter uma estrutura completamente polimérica. Essa decisão, tal como seria previsível, produziu um efeito muito positivo sobre o comportamento estrutural do quadro, aumentando drasticamente a sua resistência mecânica. Ao utilizar dois materiais de naturezas distintas produziu-se um quadro em que os seus elementos, que singularmente não suportariam as solicitações impostas, combinados garantem um conjunto de propriedades mecânicas, que lhes permitiu responder de forma eficaz a essas solicitações.

A solução apresentada, apesar de se desviar do objetivo inicial, continua a apresentar bastantes vantagens competitivas face aos métodos tradicionais de fabrico de quadros. Em parte porque as vantagens já identificadas na proposta conceptual mantêm-se. O novo design apenas introduz uma pequena lâmina metálica, cortada a LASER, que não será soldada, ficando apenas embutida no interior do quadro após o processo de união das duas partes.

Definida e validada a proposta final, foi necessário proceder aos ajustes no modelo, com o intuito de o adaptar às limitações tecnológicas do processo de fabrico eleito. Finalizado o processo de ajuste e refinamento foram também efectuados alguns ensaios de simulação de escoamento, recorrendo para esse efeito a um *software* de “*mold flow*”. Esses ensaios justificam-se pela necessidade de perceber até que ponto o modelo apresentado era compatível com a tecnologia proposta.

7 Proposta Final:

7.1 Solução Construtiva do Quadro

A proposta resultante do trabalho de refinamento produzido no Capítulo 6, estruturalmente, é substancialmente diferente da solução avançada na fase conceptual. Apesar de alguns dos paradigmas se terem mantido inalterados outros foram completamente reequacionados, nomeadamente o sistema de alojamento e fixação do mecanismo de transmissão, que foi alvo de um redesign profundo.

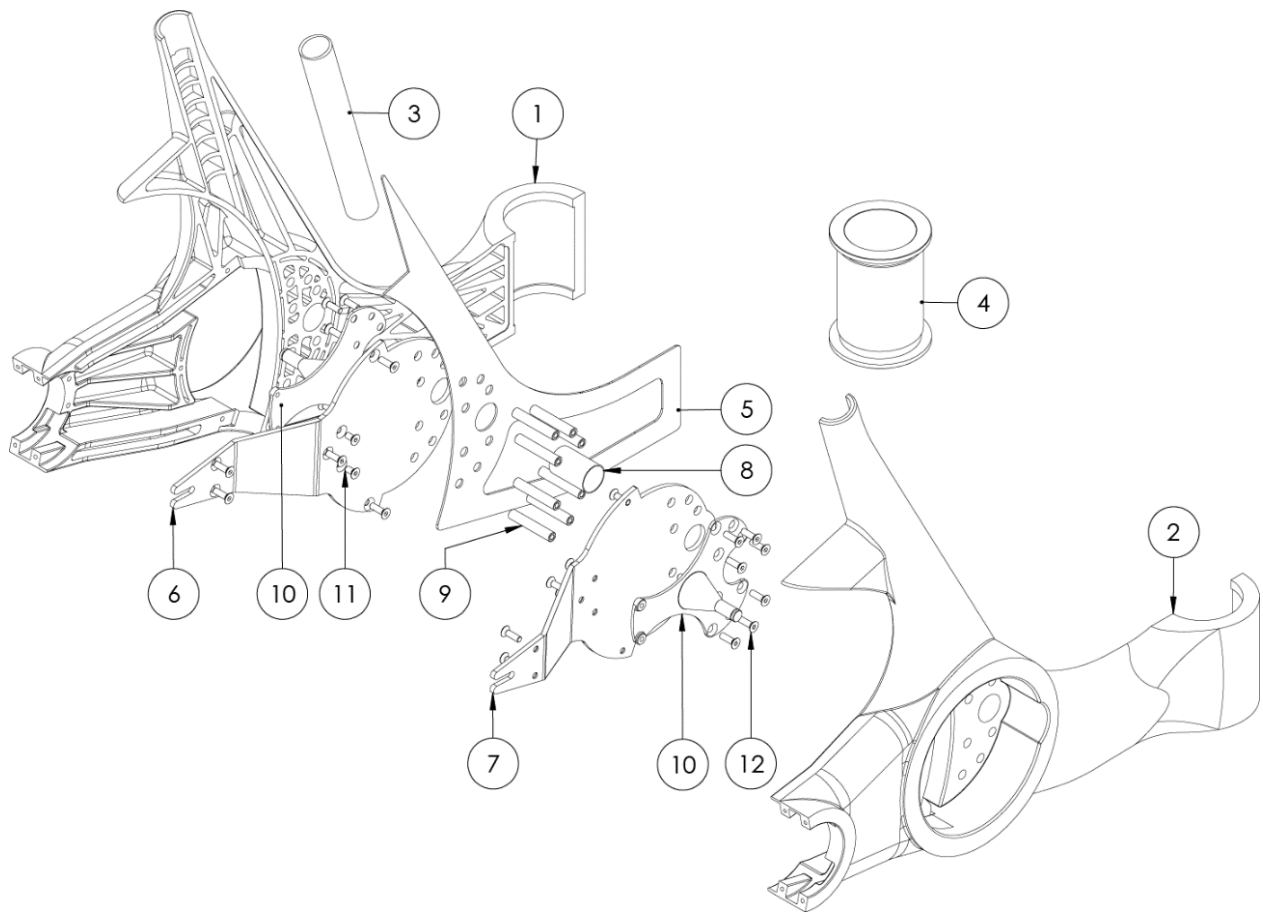


Figura 73: Decomposição dos elementos da proposta final de quadro.

Quadro 11: *Resumo de componentes, materiais e processos da proposta final de quadro*

Item	Componente	Material	Processo
①	Elemento estrutural exterior esquerdo	PP	Injeção
②	Elemento estrutural exterior direito		
③	Alojamento do sistema do selim	EN AW-5083	Fundição injetada
④	Alojamento do sistema e viragem	EN AW-5083	Maquinagem
⑤	Lamina interior de reforço	AISI304	Corte LASER
⑥	Suporte esquerdo da roda de tração		Corte LASER + Quinagem
⑦	Suporte direito da roda de tração		
⑧	Casquilho do veio desviador	EN 36NiCrMo16	Corte + Maquinagem
⑨	Pinos separadores	DIN CK45k	
⑩	Suporte do pedaleiro	EN 36NiCrMo16	Forjamento + Maquinagem
⑪	Parafuso de embutir sextavado interior DIN7991 M6x16	AISI304 A2-70	Compra - Componente Normalizado
⑫	Parafuso de embutir sextavado interior DIN7991 M6x30		

Assim, a proposta final do quadro, tal como ilustra a Figura 73, é composta por duas partes, (1) e (2), simétricas e injetadas em polipropileno. Ao unir estas partes, com o recurso a um adesivo de resina epóxica, estas encerrarão dentro de si os elementos de reforço (3), (4) e (5), que são respetivamente o reforço do pilar do selim, a lâmina de reforço central e o casquilho de reforço da chumaceira de direção.

A estrutura proposta não só rompe com os paradigmas construtivos existentes como também morfologicamente é distinta das propostas já existentes no mercado. Esta montagem, em sandwich, produz uma estrutura que para além de ser mecanicamente e ambientalmente robusta é ainda bastante leve (aprox. 3.5kg). A utilização de materiais de naturezas distintas produziu um quadro em que os seus elementos, tal como estão desenhados, não suportariam as solicitações sozinhos, mas no entanto combinados garantem um conjunto de propriedades mecânicas que lhes permite responder, de forma eficaz, às solicitações típicas duma estrutura com esta natureza. O módulo frontal da estrutura (Figura 74) adota um paradigma mais convencional, apesar de esta solução também adotar uma construção mista, composta por elementos fabricados em alumínio, aço e polipropileno. Assim, a função estrutural é claramente atribuída aos elementos metálicos, enquanto que os componentes em polímero assumem a função de blindagens com uma função meramente decorativa.

A Figura 74 representa uma decomposição por elementos do subconjunto “módulo frontal”, estes elementos, como se referiu anteriormente, podem ser categorizados como estruturais ou como decorativos. Assim, enumerando temos os elementos (1), (2) e (3) que são primordialmente estruturais desempenhando no caso do elemento (3) a função de suportar o conjunto das rodas frontais, e conseqüentemente fixar-se ao elemento (1), que além de assumir o papel de elemento de suporte deste conjunto funciona também como eixo de direção da bicicleta no seu conjunto. O elemento (2) assume um papel também estrutural ao funcionar como tramo de reforço do elemento (1) além de partilhar com esta parte do eixo de direção.

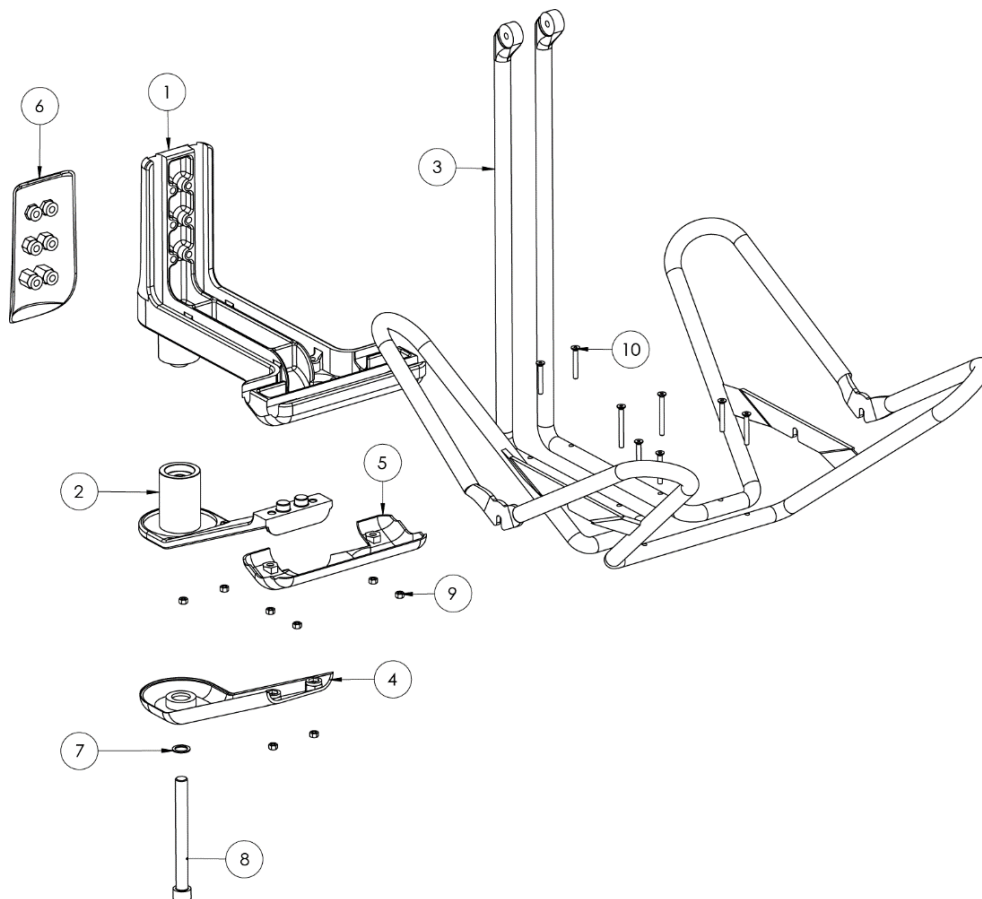


Figura 74: Decomposição dos elementos da proposta final de estrutura para o módulo frontal

Os elementos (4), (5) e (6) surgem como blindagens, ou tampas, que uniformizam a morfologia dos elementos (1) e (2) quando assembled, camuflando a natureza puramente estrutural destes elementos. Finalmente, os elementos (7), (8), (9) e (10) formam o conjunto de elementos de fixação que proporcionam a união do conjunto dos elementos da assemblagem.

Quadro 12: Resumo de componentes, materiais e processos da proposta estrutural do módulo frontal

Item	Componente	Material	Processo
①	Elemento estrutural superior	EN AW-5083	Fundição Injetada
②	Elemento estrutural inferior		
③	Estrutura de suporte das rodas frontais	DIN StW22	Calandragem
④	Blindagem inferior - I	PP	Injeção
⑤	Blindagem anterior		
⑥	Blindagem inferior - II		
⑦	Anilha plana M10 DIN123	AISI304 A2-70	Compra - Componente Normalizado
⑧	Parafuso de cabeça cilíndrica sextavado interior DIN912 M10x70		
⑨	Porca DIN934 M8		
⑩	Parafuso sextavado interior de embutir DIN7991 M8x70		

7.2 A proposta em detalhe

Este capítulo surge na sequência do processo de desenvolvimento de um conjunto de ideias e conceitos, que se interligam num conceito global e que culmina na proposta virtual de um produto. Neste ponto são detalhadas as soluções técnicas, tecnológicas e morfológicas que concretizam os objetivos conceptuais traçados.

A Figura 75 apresenta uma ilustração, fotorrealista, da proposta base com a incorporação de um add-on “caixa de transporte customizada”, ilustrando uma das possíveis combinações da proposta.

O produto base, na sua essência, poderá ser reduzido aos seus elementos estruturais, mas também estes, numa última análise, poderão assumir diferentes características. Esta interpretação resulta de um esforço de modularização, pois ao assumir uma arquitetura de produto modular torna-se possível obter um leque de variantes proporcional à quantidade de módulos que o compõem.

Numa ótica de simplificação do processo de gestão do produto, será apresentada uma proposta base, ou estandardizada, que corresponde às expectativas da grande maioria dos potenciais clientes, contudo, também serão exploradas algumas propostas de variantes ao produto base.



Figura 75: Ilustração Fotorrealista da proposta virtual

7.2.1 Proposta base

A proposta base integra a grande maioria dos elementos e subgrupos funcionais desenvolvidos. As ilustrações, inseridas neste ponto, foram extraídas do conjunto de desenhos técnicos elaborados para a definição da proposta. Este conjunto de desenhos encontra-se compilado no Anexo H (Desenhos técnicos e de definição do produto). As figuras utilizadas foram alvo de uma adaptação que permitiu a sua contextualização no âmbito do tema.

A arquitetura modular da proposta permitiu que esta fosse dissecada em dois grandes grupos, estes dois grupos assumem um papel estrutural e também funcional. Com o intuito de expor as soluções adotadas, nos dois “*chunks*” principais, estes foram submetidos a sucessivas subdivisões seguindo um critério de agrupamento dos seus elementos pelo seu contexto. Pretendeu-se com esta subdivisão tornar perceptíveis as soluções adotadas na proposta permitindo, deste modo, compreender os diversos subsistemas e a própria proposta na sua globalidade.

A Figura 76 ilustra a subdivisão do produto nos seus dois principais módulos, ou “*chunks*”, aqui torna-se perceptível que os módulos A e B assumem claramente papéis funcionais e estruturais simultaneamente. Ao módulo A, ou módulo traseiro, são atribuídas os sistemas necessários para acomodar o ciclista, o sistema principal de propulsão e ainda, parcialmente, o sistema de viragem. Ao módulo B são atribuídas as funções de comando do veículo, transporte dos volumes, a motorização elétrica, quando aplicável, e ainda, de forma partilhada com A, parte do sistema de viragem.

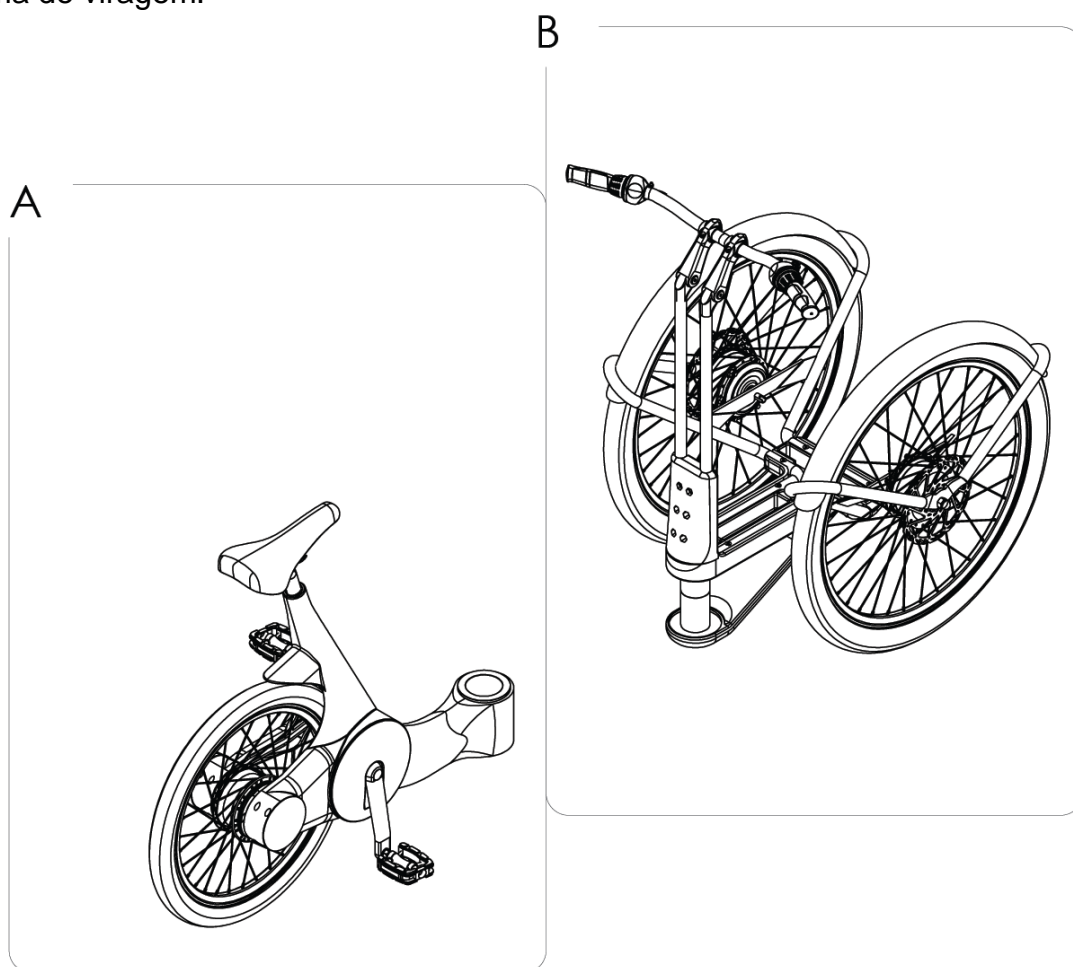


Figura 76: Divisão da proposta em dois “*Chunks*”

A Figura 77 subdivide, e identifica, os subgrupos de segundo nível que compõem o módulo A, esta subdivisão é efetuada num contexto funcional, ou seja, representam-se grupos de elementos individuais que desempenham uma função específica. Deste modo, ao observar a Figura 77, pode-se identificar o subgrupo de elementos AC, que detêm uma função não só estrutural e decorativa, mas também, assumem o papel de suportar e aglutinar os restantes sistemas. O subgrupo AA que incorpora os elementos funcionais do sistema que contem o selim. O subgrupo AB que reúne a totalidade dos elementos que constituem o sistema motor principal. Por fim, o subgrupo AD, onde são contabilizados os elementos decorativos ou com funções de blindagem de zona, estes poderão ser tampas, tampões ao até mesmo dísticos e motivos autocolantes.

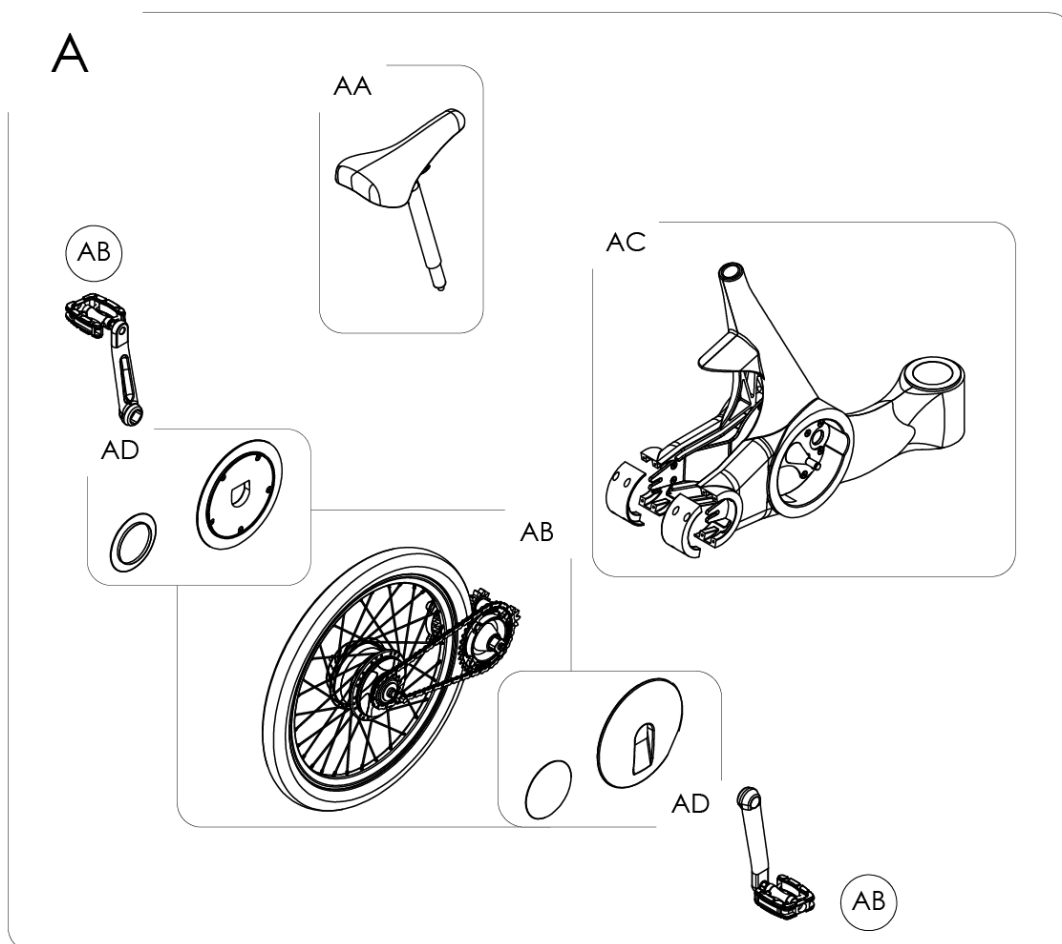


Figura 77: Subdivisão do "Chunk A" nos seus diversos subgrupos funcionais

Na Figura 78, ao invés das restantes ilustrações que utilizam uma representação em perspetiva explodida, adotou-se uma representação em corte. A representação em corte, do subsistema AA, permite não só identificar os elementos que o constituem mas também, e de uma forma detalhada, o princípio funcional deste sistema.

O elemento AA1 representa o selim que servirá de assento ao utilizador, naturalmente, este poderá ser adquirido de acordo com o gosto e a necessidade específica de cada cliente. O elemento AA2 é um elemento chave no princípio funcional do sistema proposto. Este elemento AA2 funciona em conjunto com o elemento AA5, estes dois elementos possuem uma geometria oval, como característica essencial ao funcionamento do sistema. Esta geometria foi adotada para garantir o perfeito alinhamento do selim com o plano central do quadro, e consequentemente, restringindo o movimento de AA2 apenas a um eixo. O elemento AA4

representa uma mola gás com bloqueio ao deslocamento, semelhante ao sistema utilizado em cadeiras de escritório, e permite, não só ajustar a altura do selim ao solo, mas também proporcionar algum conforto acrescido ao utilizador, pela sua capacidade de absorver alguns dos choques transmitidos pela estrutura ao selim. O elemento AA3 representa um gatilho, alojado na parte inferior do selim, e que ao atuar o bloqueio da mola gás AA4 permite o deslocamento do fluido, entre as câmaras do cilindro da mola, produzindo assim o ajuste da sua posição de forma automática no sentido ascendente, e quando submetido ao peso do utilizador poderá ser ajustado de forma descendente.

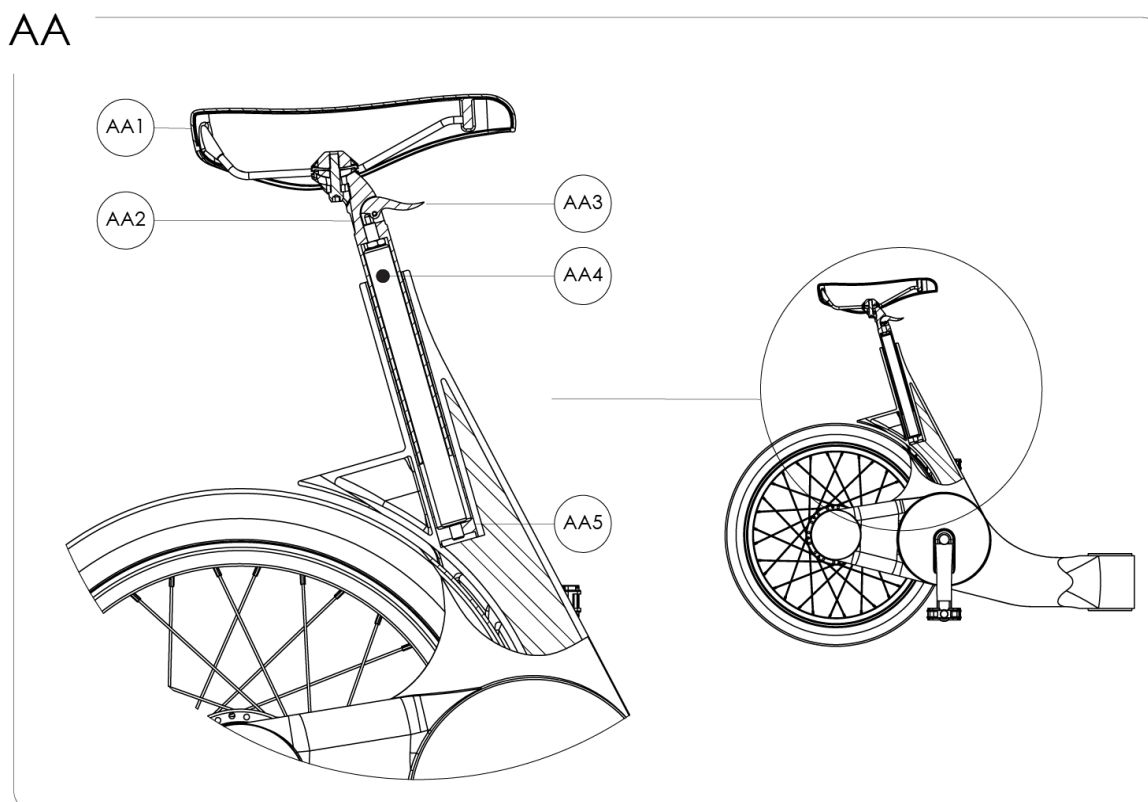


Figura 78: Corte/detalhe do subgrupo funcional "Selim"

A Figura 79 representa o subsistema principal de geração e transmissão do movimento (AB). O princípio funcional deste sistema proposto diverge em vários pontos dos sistemas mais convencionais, esta escolha de soluções foi fortemente influenciada pelo objetivo de compactar o comprimento total da proposta. Esse objetivo foi conseguido com a implementação de duas ideias, e são elas: a utilização de uma roda de tração posterior de diâmetro inferior ao utilizado pelas rodas frontais, e também, utilizando um conceito de grupo pedaleiro em que é permitido à roda posterior cruzar o eixo central da biela dos pedais, permitindo que os apoios desta roda estejam ainda menos recuados do que se atuasse somente no seu diâmetro da roda. Este cruzamento de eixos só foi possível utilizando um sistema de desvio e sincronismo entre os pedais, composto pelos elementos AB6, AB8 a AB12 que materializam um conjunto de engrenagens e veio de transferência com uma relação de transmissão total de 1:1. Estes elementos são responsáveis por obter dos dois pedais a totalidade da energia gerada, e transmiti-la à caixa de velocidades AB15 da roda posterior (AB17 e AB18), através do sistema de corrente AB3 e carretos AB7, AB16. É também considerado neste subconjunto um disco de travão auxiliar AB13, que acumula a função de apoio à travagem com a de travão de estacionamento. Os componentes AB1, AB2, AB17 e AB18 são componentes normalizados e que possuem uma ampla gama de oferta no mercado, assim, naturalmente serão alvo de ajuste e seleção por parte do cliente em função do seu gosto e/ou necessidade.

AB

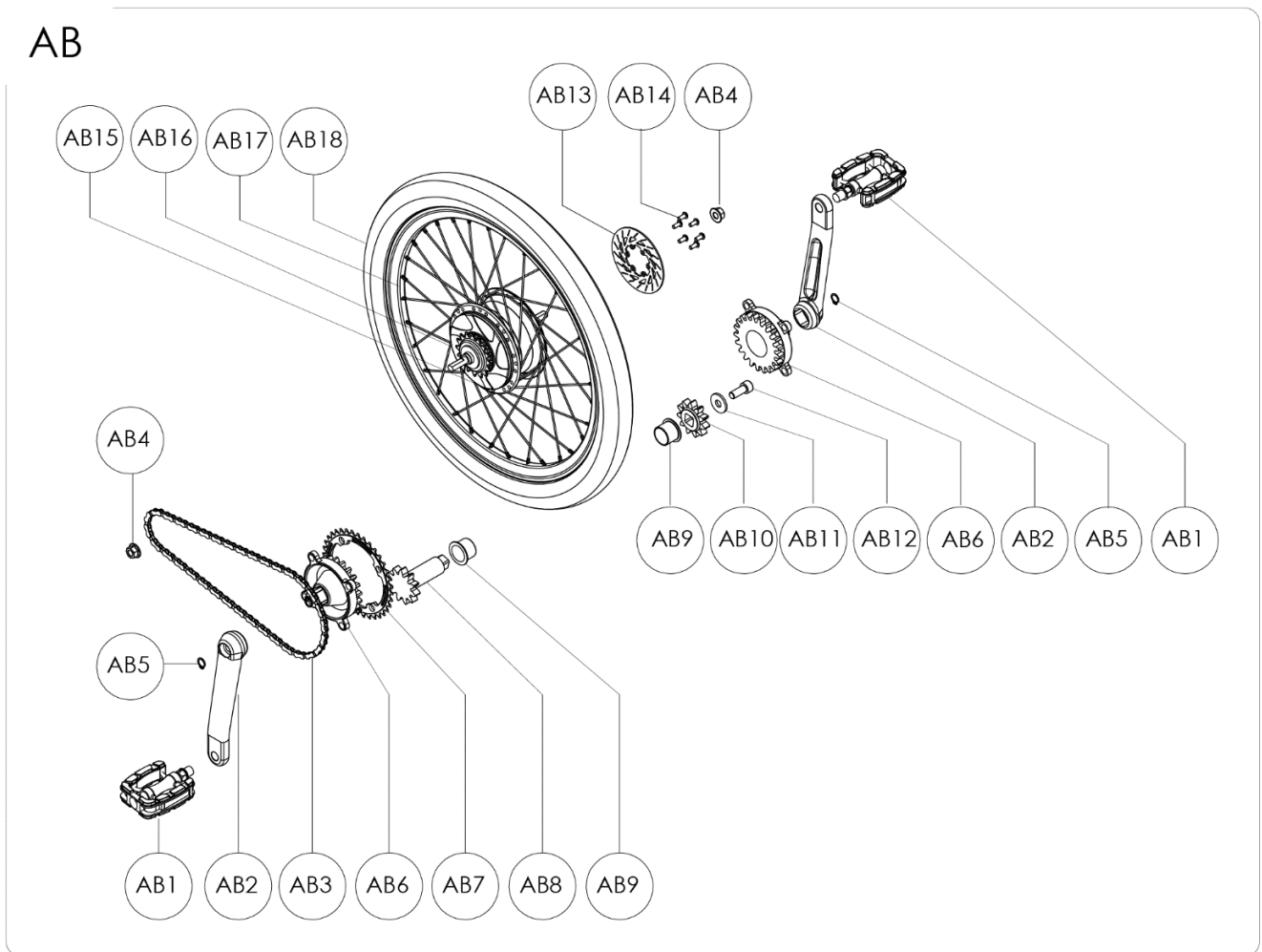


Figura 79: Decomposição dos elementos do subconjunto de tração

A Figura 80, ou subconjunto AC, já se encontra amplamente explorado no Capítulo 7.3 (Solução construtiva do quadro), no entanto, importa aqui abordar este subgrupo numa ótica de montagem da bicicleta. O elemento AC10 foi considerado como um só componente, porque só chega a esta fase após passar por um processo de montagem e colagem irreversível.

Os elementos AC2 são elementos de acabamento que uniformizam a estrutura e que utilizam os parafusos AC1 para efetuar a fixação em AC10. Os elementos AC9 e AC3 são escoras laterais metálicas, responsáveis por fixar a roda traseira no seu devido lugar e são fixas à restante estrutura através dos parafusos AC4 e AC5. O elemento AC8 funciona como um espigão onde são fixadas as engrenagens laterais cónicas (AB6), do sistema de tração principal AB, as flanges dos espigões AC8 fixam em AC10 através de ligações aparafusadas compostas pelos parafusos AC7 e os separadores AC12. Os separadores AC12 evitam o esmagamento e a conseqüente deformação de AC10. O elemento AC11 trata-se de um casquilho metálico que atravessa AC10, este casquilho forma um furo retificado onde são alojados os casquilhos auto lubrificadas AB9 que suportam o veio de desvio AB8.

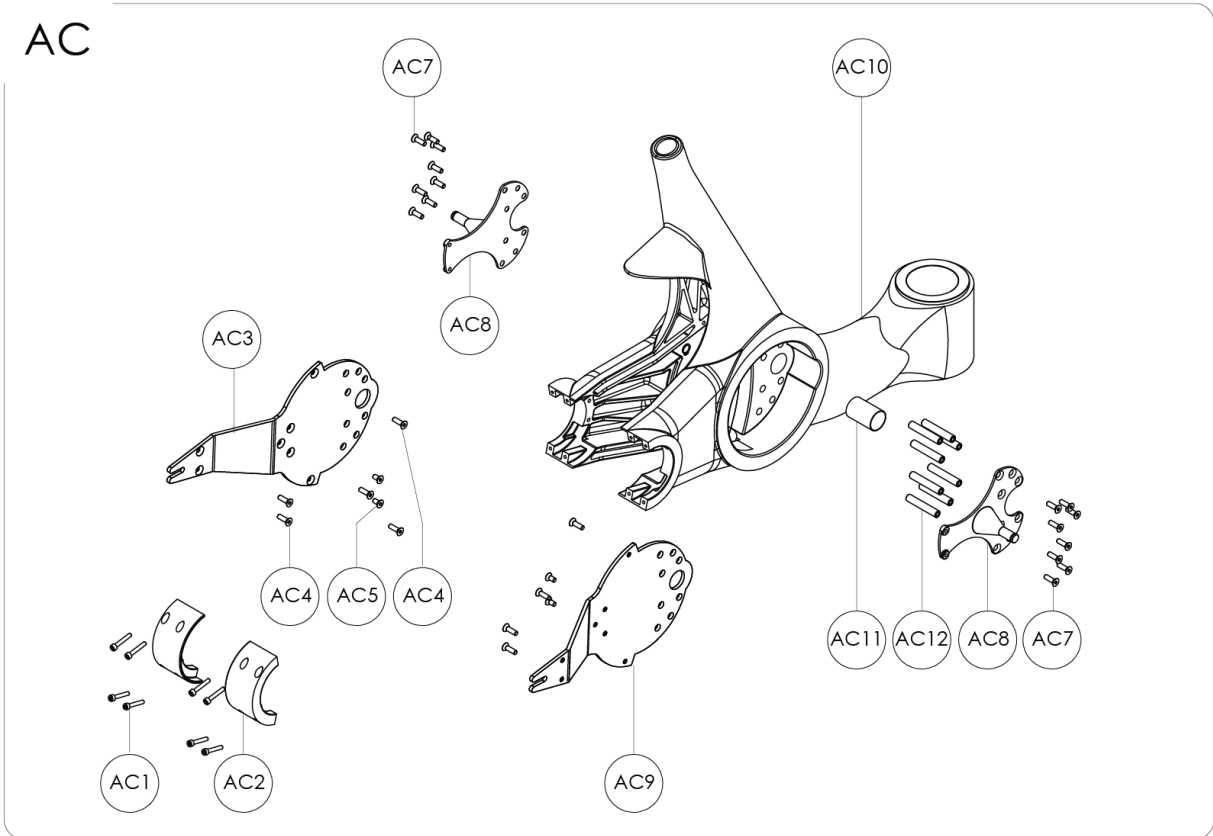


Figura 80: Decomposição dos elementos do subconjunto estrutural traseiro

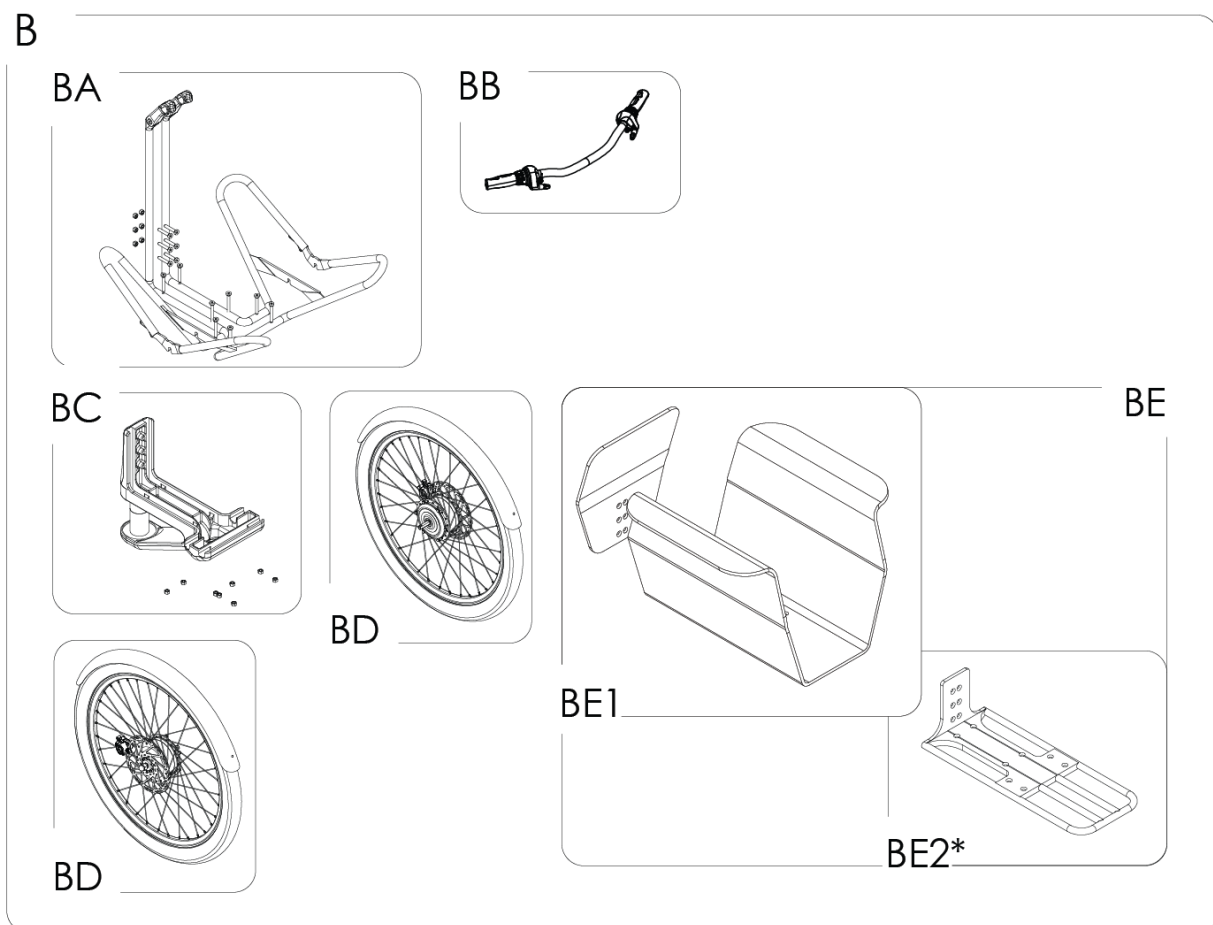


Figura 81: Subdivisão do "Chunk B" nos seus diversos subgrupos funcionais

A Figura 81 representa o conjunto frontal, ou “*chunk*” B. Este conjunto engloba os subsistemas frontais tanto estruturais como funcionais. O subsistema BB reúne, em si, a função estrutural de suportar as rodas frontais (BD), e os dispositivos de suporte e acondicionamento de cargas BE. O subsistema BA é também responsável pela função de direcionar a marcha ao ser atuado pelo subconjunto BB e fixo em a BC. O subconjunto BC é responsável por alojar BA e ao partilhar o eixo de rotação com AC, mais especificamente com AC10, permite ao utilizador alterar a direção da sua marcha.

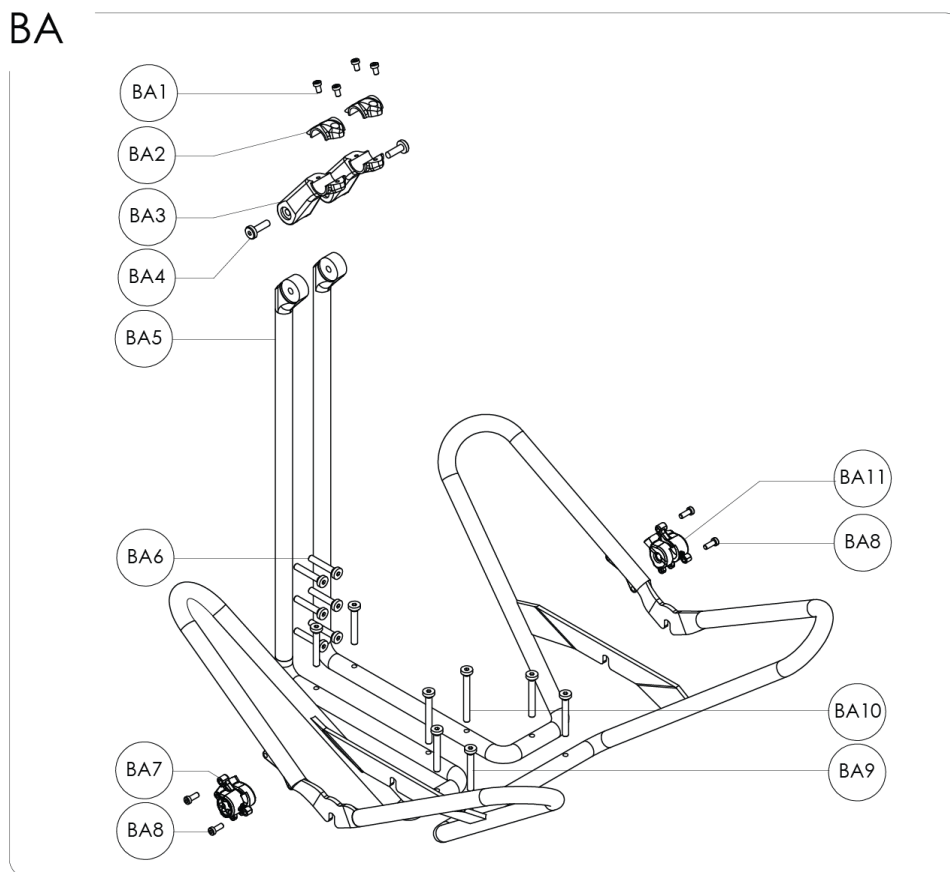


Figura 82: *Decomposição dos elementos do subconjunto estrutural frontal*

O subconjunto BA reúne, na Figura 82, para além dos seus aspetos estruturais, relacionados com o suporte de outros subconjuntos, também, algumas soluções com funções menos estruturais, tal como os elementos BA1 a BA4, que compõem o sistema de avanço do guidador BB. Estes elementos (BA1 a BA4) permitem não só fixar o guidador mas também alterar a sua posição em relação ao selim da bicicleta (Sistema AA), desta forma, permite-se ajustar a posição do ciclista à sua anatomia e ao seu gosto pessoal. São também considerados neste subconjunto, os elementos BA7, BA8 e BA11 que compõem o sistema de maxilas de travão de disco, que atuam sobre os discos montados no sistema BD (especificamente BD6). Por fim, são ilustrados os elementos de fixação do conjunto, isto é, os parafusos BA6, BA9 e BA10.

O subconjunto da Figura 83 (BB) reúne o conjunto de características que permitem ao ciclista definir o sentido da sua marcha. Apesar da função de determinar a direção de marcha ser a função mais importante do subconjunto BB as suas funções não se resumem à função direcional, pois, é também neste subconjunto que estão representados elementos de comando do veículo que influenciam outros aspetos da marcha.

BB

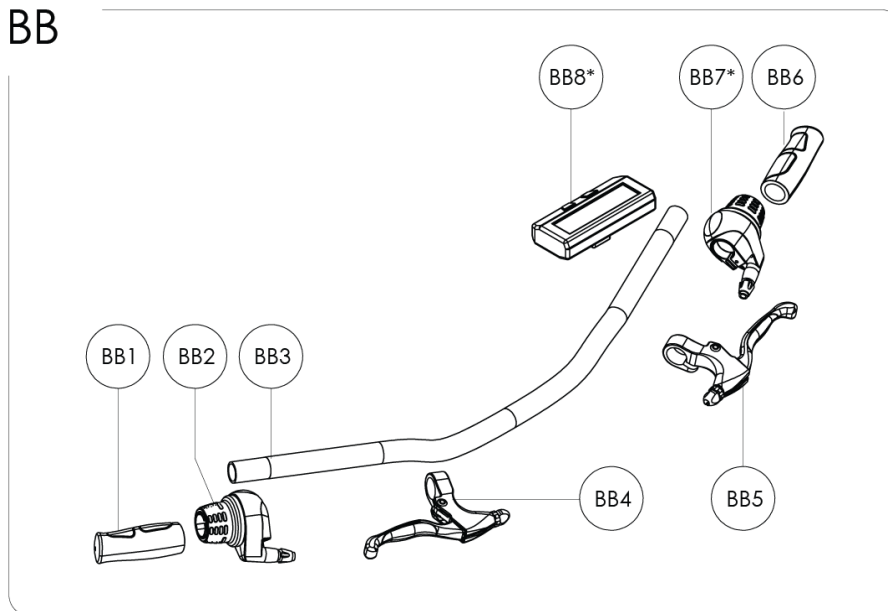


Figura 83: Decomposição dos elementos do subconjunto de controlo direção e marcha

Os elementos BB4 e BB5 representam as manetes que atuam os travões frontais BA7, BA11 e BD6 e o travão traseiro AB15. Também é identificado neste subconjunto o elemento BB2 que é responsável pela alteração da relação de transmissão, proporcionada pela caixa de velocidades AB17. Por fim, os elementos BB8 e BB7 serão aplicados nas soluções onde seja implementado o sistema elétrico de auxílio ao movimento, sendo que, BB7 representa um acelerador (sistema que só poderá ser integrado quando legalmente permitido, dependendo da legislação específica de cada país) e o elemento BB8 ilustra, uma consola de comando e comunicação com o sistema de auxílio elétrico.

BC

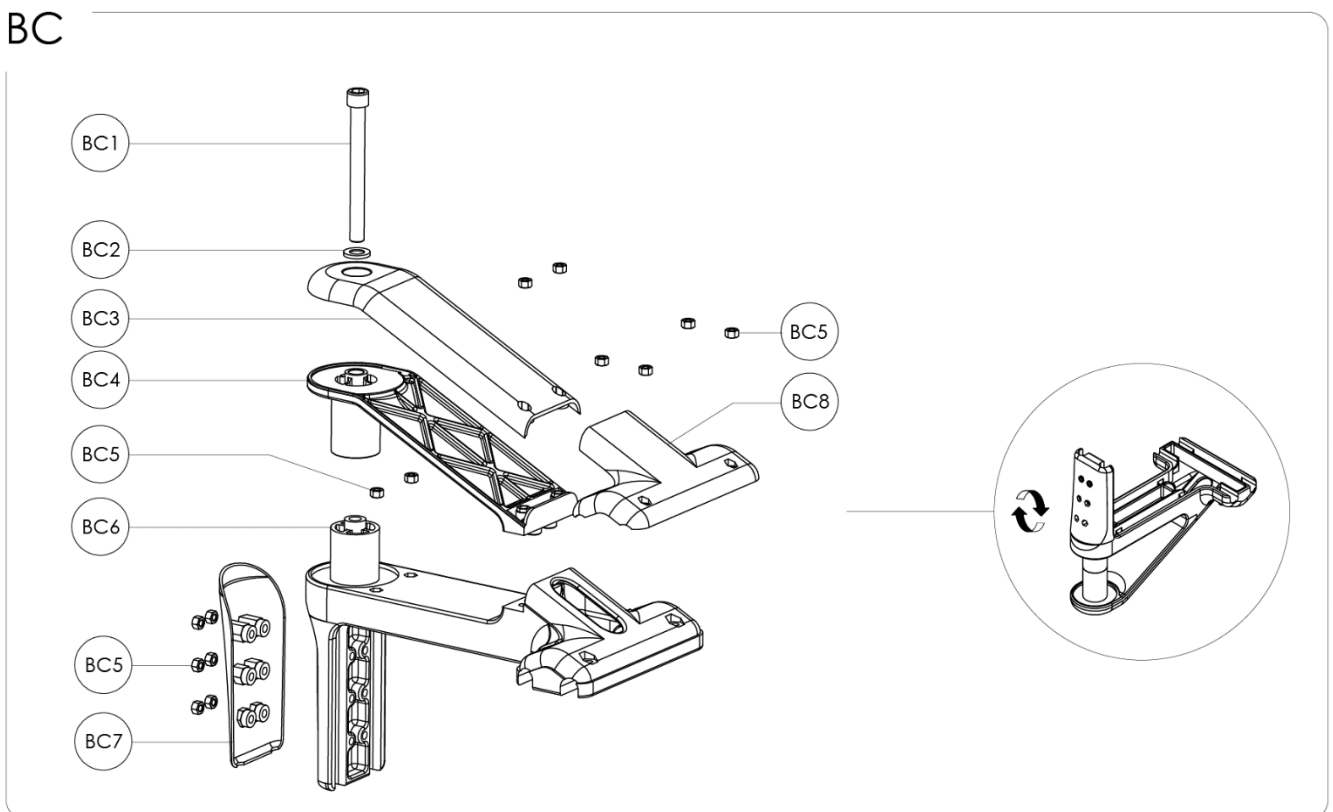


Figura 84: Decomposição dos elementos do subconjunto estrutural de viragem

O subconjunto BC (Figura 84) reúne, em si, as funções de suportar os restantes elementos do “chunk” B como também, em conjunto com AC10, funciona como um eixo de rotação que permite a viragem da bicicleta. Os elementos BC4 e BC6 assumem neste subconjunto um papel estrutural de relevo, enquanto que os elementos BC3, BC7 e BC8 assumem uma função de tampa, ou blindagem, que pretendem homogeneizar morfologicamente o subconjunto. O fecho e a fixação, dos elementos deste subconjunto, não são efetuados apenas pelo parafuso BC1, mas também pelos parafusos BA10 e pelas porcas BC5, de notar que, todas as porcas BC5 contêm um alojamento anti-rotação nos diversos elementos onde são montadas, esta opção permite facilitar a montagem do subconjunto, e também diminuir o número de ferramentas necessárias para efetuar esta operação.

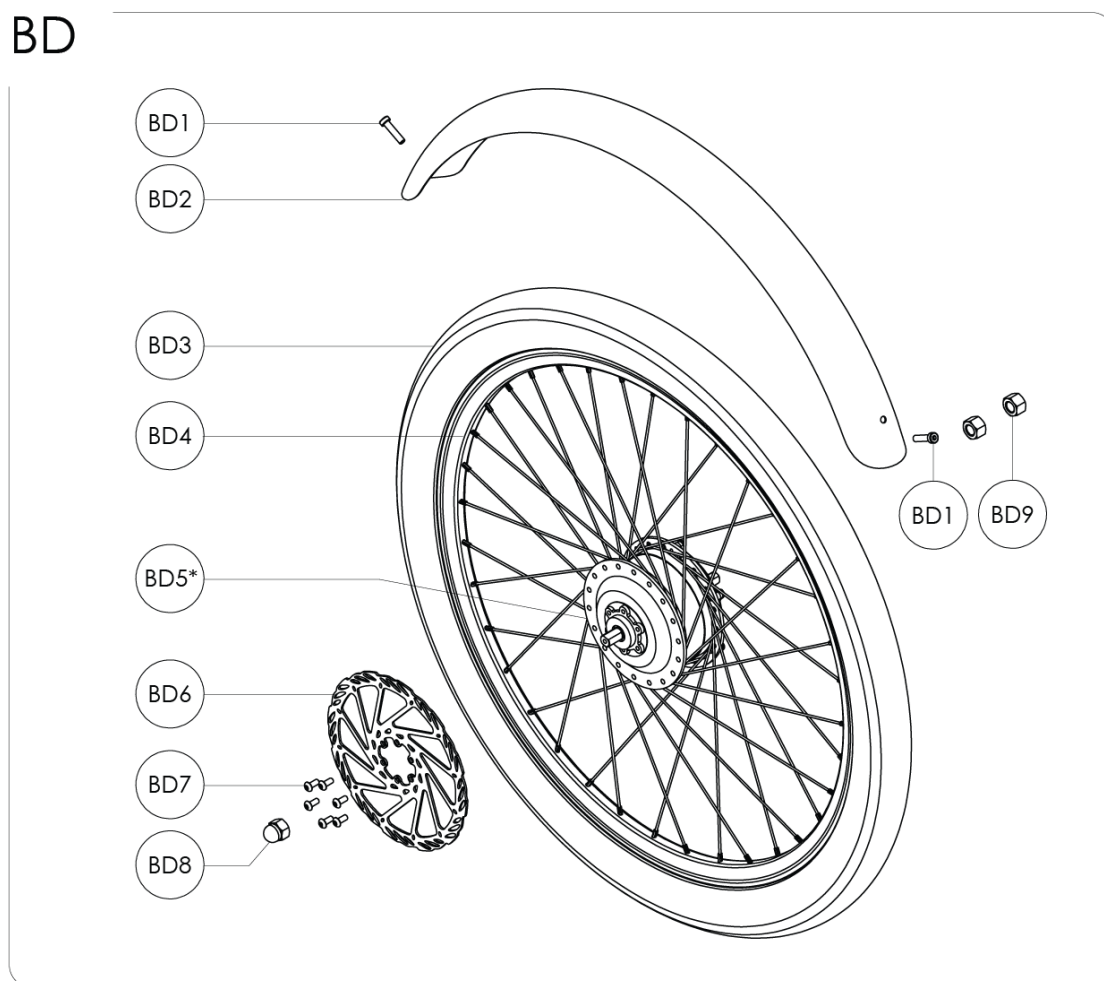


Figura 85: Decomposição dos elementos do subconjunto dos rodados frontais

A Figura 85 representa o subconjunto BD, que é utilizada em pares, não se justificando a representação, redundante, de um segundo conjunto, assim naturalmente, optou-se por representar apenas um subconjunto genérico BD. Tal como no subconjunto AB, também em BD, os elementos BD3 e BD4 poderão ser selecionados de acordo com os requisitos de um cliente, podendo, neste caso, também o guarda-lamas BD2 tornar-se um elemento opcional, apesar de nesta fase ser considerado como um elemento da proposta base. O elemento BD5, o cubo das rodas frontais, em soluções que envolvam a utilização de um sistema auxiliar de motorização elétrica será substituído por um cubo moto-redutor.

A Figura 86 representa uma série de propostas para um sistema acondicionador de cargas de custo controlado, esta solução deverá ser adotada num produto da gama base. Apesar de BE1 se apresentar como uma proposta de baixo custo não significa que não possa existir uma oferta

variada, tanto ao nível dos materiais, como dos motivos que decoram as diferentes caixas, aumentando e diversificando, desta forma, a gama de produtos oferecidos mesmo na proposta básica.

BE1



Figura 86: Variações da solução básica de transporte de cargas

Um dos principais objetivos definidos para este projeto fixa a multifuncionalidade como uma das características obrigatórias no produto desenvolvido. Neste sentido, são propostos dois elementos complementares para a fixação de add-ons alternativos à proposta base. Figura 87 ilustra uma grelha de substituição (BE2) à caixa base e que permite a fixação rápida de soluções de acondicionamento alternativas. O elemento BE2a funcionará como um complemento estrutural destinado à fixação de “baby-seats” a uma cota mais próxima do guiador, a sua fixação será efetuada aos pilares verticais da estrutura BA5 por quatro ligações aparafusadas, e a cota final de fixação dependerá das características do equipamento utilizado e da preferência individual do utilizador.

BE2*



BE2a*



Figura 87: Soluções opcionais e Add-ons

7.2.2 Add-ons

A Figura 88 ilustra quatro propostas de soluções de transporte de volumes alternativas à solução de base. Esta ilustração não pretende limitar o universo de soluções alternativas, mas sim, demonstrar o potencial de desenvolvimento de soluções ajustadas a diferentes

necessidades. As quatro soluções apresentadas, pela figura 87, são no entanto exploradas com mais detalhe no ponto 7.3.



Figura 88: Propostas de soluções customizadas de transporte de cargas

Tal como já se afirmou, no ponto 7.21, as soluções alternativas à proposta base dependem da instalação de uma grelha de suporte (BE2), em alternativa à caixa estandardizada BE1. O processo de instalação e remoção das soluções alternativas é ilustrado pela Figura 89.

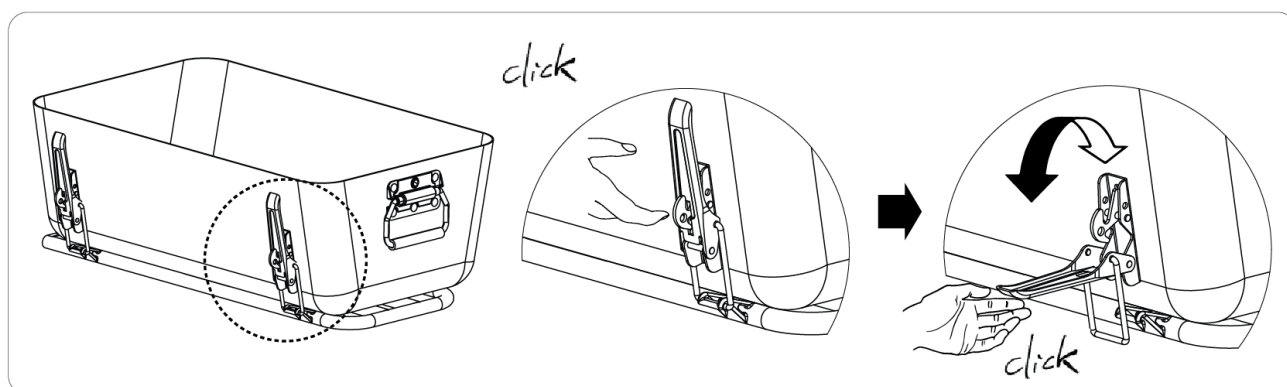


Figura 89: Funcionamento do sistema de fixação de caixas

A Figura 88 sugere também propostas de caixa de transporte fechadas e estanques, estas soluções permitem proteger os bens transportados dos elementos exteriores ou mesmo de furtos. A Figura 90 ilustra o sistema, de tampa e fechos, adotado para dotar a caixa de transporte de estanquicidade. A solução adotada de fecho em quarto de volta permite fechar com um movimento de 90° e também funciona como uma pega auxiliar na lateral da caixa. Este sistema poderá também incorporar uma fechadura com chave, se tal for necessário.

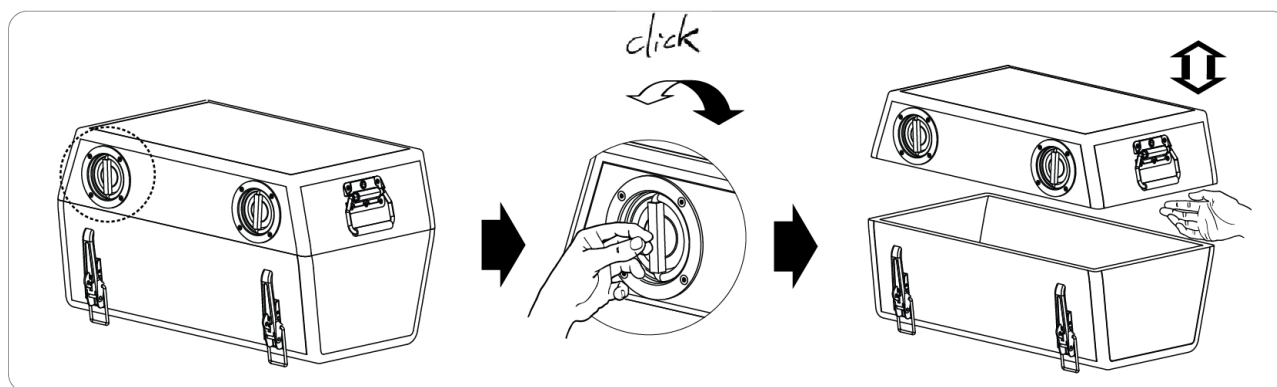


Figura 90: Sistema de abertura e fecho da solução caixa fechada

A proposta apresentada não pretendeu desenvolver um sistema específico para transporte de crianças, mas sim, tornar possível a integração das múltiplas propostas já existentes no mercado. Neste sentido, ao fixar o elemento BE2a com uma ligação aparafusada à estrutura BA5, como indica a Figura 91, será possível fixar os sistemas proprietários de outros fabricantes no elemento BE2a e, deste modo, tirar partido das suas características.

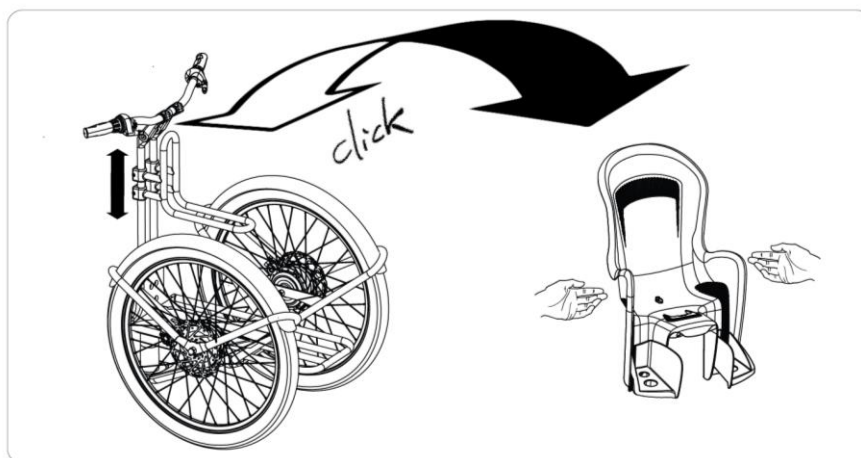


Figura 91: Solução de fixação para “baby-seat”

Nos exemplos, de add-ons, apresentados ao longo deste ponto foram também apresentadas alguns sistemas que compõem e complementam as propostas apresentadas. As soluções e sistemas nem sempre são compatíveis entre si, neste sentido, e para facilitar a compreensão das relações entre os diferentes tipos de caixa e as soluções que as complementam é apresentado, na Figura 92, uma grelha com uma matriz de correspondências entre os quatro formatos de caixa padrão, e os respetivos complementos.

	✓	✓	✓	✓		✓
	✓	✓	✓	✓		✓
	✓	✓	✓	✓	✓	
	✓	✓	✓	✓	✓	

Figura 92: Grelha de compatibilidade de soluções para Addons

As quatro caixas apresentadas na Figura 88 são: a caixa em contraplacado, a caixa em metal perfurado, a caixa estanque com tampa e dobradiça e a caixa estanque com tampa removível. Estas propostas não são propostas fechadas, podem, em teoria, ser assembledas e complementadas segundo qualquer combinação permitida pela grelha da Figura 92.

7.3 Variações do Produto

O trabalho realizado resulta num conjunto de propostas que podem ser consideradas quer de forma individual, ou em contextos variados. Assim, as propostas avançadas nesta fase não deverão ser vistas como fechadas, mas antes como sugestões das inúmeras aplicações passíveis para a bicicleta proposta. As propostas apresentadas pelas ilustrações presentes neste ponto (Figuras 93, 94, 95 e 96) pretendem, portanto, evidenciar apenas o potencial da adaptabilidade e capacidade de ramificação a que a ideia base pode ambicionar como resposta a contextos bastante diferenciados.

De entre as quatro ilustrações propostas apenas a primeira (Figura 93) evidencia uma solução vocacionada para a utilização lúdica, sendo que as restantes ilustrações propõem a utilização da bicicleta utilitária num contexto profissional. A opção de privilegiar as propostas profissionais não é inocente, mas sim fruto de reflexões efetuadas ao longo do projeto. A informação recolhida, durante esse período, permitiu tipificar o perfil dos diversos clientes alvo, resultando esse processo nas diferentes variantes da proposta. Para estes clientes alvo, a bicicleta assume um papel de grande relevo no seu dia-a-dia, estes não consideram a sua bicicleta como uma ferramenta de trabalho, mas sim e mais que isso, um acessório capaz de representar o seu estilo de vida. Assim, as propostas elaboradas tiveram que, forçosamente, permitir dar resposta às características valorizadas pelos potenciais clientes.



Figura 93: Conjunto de propostas vocacionadas para a utilização citadina

Na Figura 93 são apresentadas três sugestões para utilização em contexto urbano. Embora estas três propostas tenham em comum a sua utilização num ambiente cosmopolita, cada uma apresenta características que as fazem diferir entre si. Assim, no primeiro exemplo, existe uma imagem clássica, assumidamente datada, construída pelo recurso a uma escolha de materiais naturais, como a madeira e o cabedal, e componentes que remetem claramente para um período inicial do século XX.

Por sua vez, a segunda proposta da mesma figura, interpreta uma postura que se aproxima mais de uma cultura POP, utilizando para a construção desse universo, tons eletrizantes e padrões decorativos nos seus elementos funcionais que apontam demarcadamente para este tipo de expressão cultural, sem que para isso, no entanto, se afaste da sua natureza artificial assumida e evidenciada pela escolha de materiais.

A última proposta, Figura 93, apresenta um modelo de forte inspiração desportiva. Apesar da escolha de tons mais neutros, a imagem desportiva é transmitida pela evidência das características técnicas, pelo recurso a materiais menos naturais e mais técnicos e pela própria seleção dos componentes acessórios.



Figura 94: A bicicleta utilitária na distribuição de correio

Por sua vez, a Figura 94, sugere a utilização da proposta num ambiente de distribuição de correio. Neste caso, a proposta adquire algumas características que a adequam melhor à função, nomeadamente, um sistema de iluminação e a incorporação de uma caixa de transporte completamente fechada que protege os bens transportados dos elementos exteriores e que além disso, seria responsável pela identificação da empresa operadora do serviço através da inserção do seu logótipo.



Figura 95: A bicicleta utilitária no transporte de mercadorias

A Figura 95 apresenta uma proposta de utilização da bicicleta no contexto de um novo mercado, identificado como detentor de grande potencial de aceitabilidade - o mercado industrial.

A solução proposta para este mercado evidencia características que pretendem responder à tarefa de transporte de objetos em múltiplas situações, tais como:

- Logística em armazéns;
- Abastecimento de linhas de produção;
- Transporte de materiais e ferramentas das equipas de manutenção;
- Logística em armazéns de distribuição;
- Logística em parques de feiras e exposições;
- Logística de retalho.

A proposta da Figura 96 surge, tal como a anterior, da tentativa de prospeção de novos mercados potenciais para a bicicleta utilitária e sugere as atividades ligadas à terra, nomeadamente o meio agrícola e a jardinagem, como um mercado a ser explorado. Numa abordagem ampla e holística em torno do universo da agricultura pode ser observado um grande potencial de aplicação deste tipo de transporte. Não parecendo viável para uma necessidade de grande força de trabalho, esta solução evidencia-se contudo, como uma solução vantajosa em tarefas complementares como:

- Auxílio à jardinagem;
- Manutenção de jardins públicos e privados;
- Hortas urbanas;
- Pequenas quintas;
- Estufas.

No contexto rural português as grandes produções ou latifúndios estão confinados a determinadas áreas do país, sendo que o tipo de agricultura dominante, na maioria do território, é assente no minifúndio e em pequenas explorações agrícolas dispersas. Assim, a necessidade de transportar pequenas cargas, neste contexto, é uma área de atuação particularmente interessante para a proposta apresentada.



Figura 96: A bicicleta utilitária em ambiente rural

Embora só se apresentem três sugestões da proposta com uma utilização em contexto de trabalho, a bicicleta utilitária apresenta-se como uma alternativa credível, que assume fortes argumentos a seu favor num contexto de uma série de atividades, onde os sistemas motrizes dos meios de transporte mais vulgares são normalmente alimentados por fontes de energia fóssil.

8 Prototipagem (modelos físicos)

Inevitavelmente, numa fase avançada do processo de desenvolvimento surge a necessidade de materializar a proposta desenvolvida, este processo de prototipagem foi inclusivamente inscrito como um dos objetivos específicos do projeto. Neste sentido, e numa fase em que o modelo digital se encontrava definido na sua essência, tornou-se evidente que o processo de prototipagem deveria ocorrer em duas fases. Na primeira fase foi elaborado um modelo “*mock-up*” em escala reduzida que pretendeu avaliar a proposta na sua globalidade, do ponto de vista formal e ainda validar alguns aspetos funcionais. Na segunda fase, e após se ter identificado o quadro da bicicleta como o elemento mais crítico do projeto, tornou-se pertinente a prototipagem parcial deste elemento estrutural na sua escala real.

8.1 Modelo completo à escala 1:8




Ao prototipar o objeto de estudo, numa escala reduzida, tornou-se possível avaliar a coerência global da proposta, tal como a relação entre os espaços ocupados pelos componentes e respetivos subconjuntos. No entanto, o modelo demonstrou ser pouco conclusivo, e até de pouca utilidade, para avaliar aspetos mais ligados à ciclística da proposta, contudo, permitiu perceber em certa medida o grau de eficácia do sistema de viragem, e a sua relação com o sistema pedaleiro durante a manobra de viragem.

A escala adotada para a execução do modelo reduzido foi fortemente condicionada pelas limitações dos recursos disponíveis. Fruto deste condicionalismo surge como a opção mais adequada a execução de um “*mock-up*” (figura 97) a uma escala de 1:8.



Figura 97: Proposta, após a eliminação de detalhes

Ao adotar uma escala reduzida, como é o caso do 1:8, torna-se necessário efetuar ajustes morfológicos à proposta, assim, surge o modelo da figura 97 que foi ajustado de modo a evitar que algumas das suas características morfológicas não produzissem resultados indesejáveis, ou tornassem a execução do modelo demasiado complexa e/ou demorada, neste sentido foi necessário eliminar pormenores formais, que numa escala reduzida não produziriam ou evidenciaríamos qualquer detalhe de valor.

-  Componentes adquiridos
-  Prototipagem rápida - "3D Printing"
-  Fabrico manual

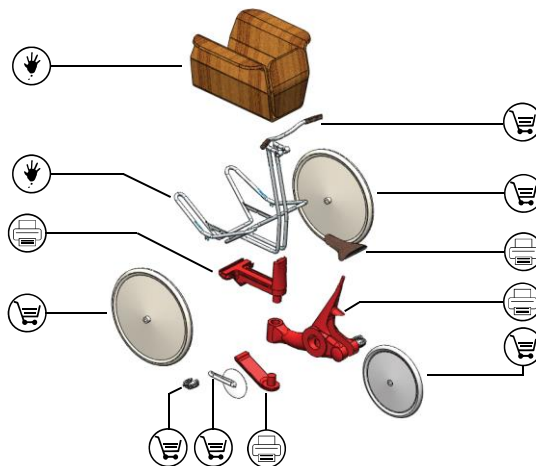






Figura 98: Decomposição do modelo à escala em componentes e processos I

-  Separação dos componentes fabricados
-  Pintura
-  Colagem
-  Montagem

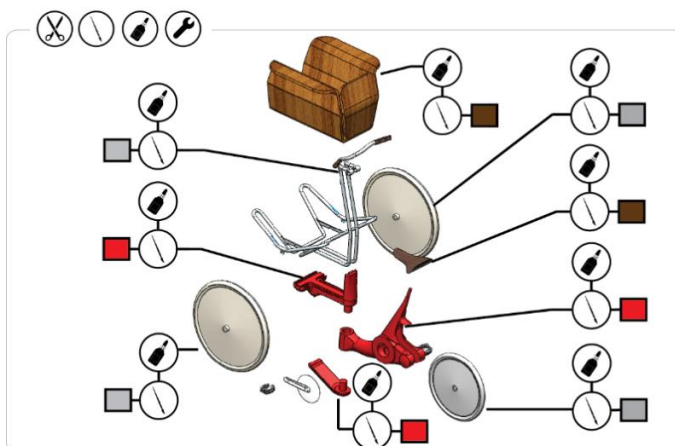


Figura 99: Decomposição do modelo à escala em componentes e processos II

A adoção de uma escala de 1:8, para o modelo de estudo, demonstrou-se assertiva e vantajosa por ser uma escala bastante comum em brinquedos para crianças e modelismo, esta situação permitiu diminuir drasticamente o número de componentes a fabricar, pelo facto de poder incorporar uma grande variedade de componentes já existentes no mercado.

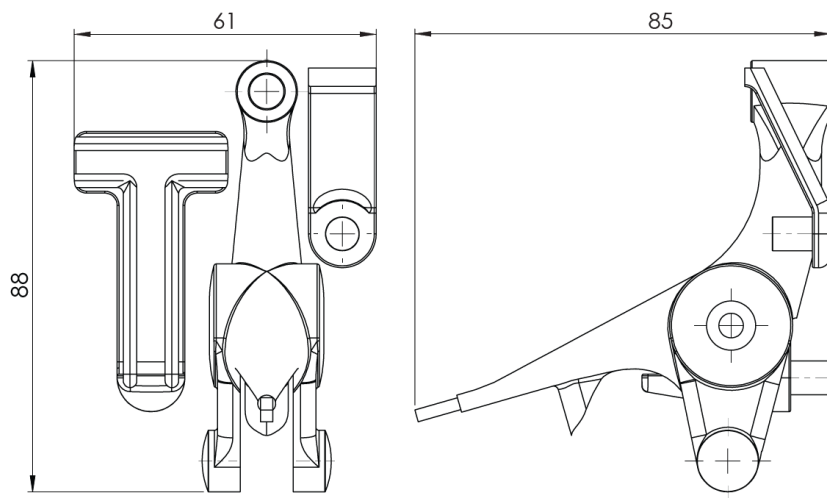


Figura 100: Envelope de impressão do modelo à escala

A Figura 100 representa o envelope necessário na impressora para realizar os componentes, enquanto que a Figura 101 representa a malha de triângulos resultante da exportação para o formato STL.

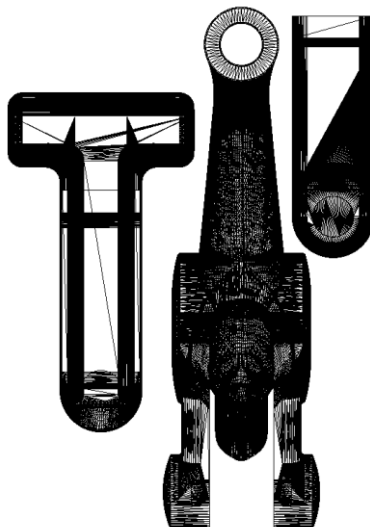


Figura 101: Ficheiro STL do “Nesting” impresso (Resolução costumizada com um desvio cordal de 0.007mm)

A escolha de um processo de prototipagem rápida por adição de material para a materialização do objeto de estudo recaiu sobre a tecnologia Zprint (Figura 102), em parte por este estar disponível na Universidade de Aveiro, mas também porque é uma tecnologia que permite a obtenção de um modelo num curto espaço de tempo e com um custo de fabrico moderado.



Figura 102: ZPrinter® 310 Plus

O processo de materialização dos componentes base do modelo, através do processo Zprint, ocorreu em três fases. A primeira fase, a fase de impressão propriamente dita, foi relativamente rápida, demorando a execução dos componentes aproximadamente 40 minutos, no entanto foi necessário aguardar uma hora para que se completasse a cura do adesivo de impressão. Finalizado o processo de impressão e cura dos componentes foi ainda necessário, após a extração do equipamento, aguardar um período de 24 horas para que os componentes estabilizassem por completo.



Figura 103: Maquete, Modelo à escala (1:8)

Os componentes do modelo obtido, apesar de apresentarem uma boa definição formal, eram muito frágeis. Esta situação foi corrigida através de uma impregnação com cola cianoacrilática para que a superfície dos componentes pudesse adquirir alguma consistência, o que permitiu um trabalho de acabamento através do polimento com lixas finas. Assim, obteve-se uma superfície uniforme que pôde ser finalmente pintada.

Tendo sido obtidos os componentes estruturais restou pintar e montar os componentes já existentes, e produzir manualmente os restantes componentes, que devido à sua facilidade de obtenção não justificavam o seu fabrico por outro meio.

O modelo obtido (Figura 103) permite-nos não só obter uma perceção morfológica bastante tangível, como também, avaliar e validar alguns aspetos relacionados com os movimentos como o de viragem. Ao tratar-se de um modelo semi-funcional o objetivo do modelo era essencialmente, validar o comportamento do eixo de viragem, e a interação do conjunto frontal com a zona de ação dos pedais. Neste sentido o modelo apresentado permitiu validar com sucesso os requisitos pretendidos.

8.2 Modelo parcial do quadro na escala 1:1

A prototipagem parcial do quadro da proposta é não só justificada como necessária, assim e em síntese podem-se apontar os seguintes objetivos para execução de um segundo protótipo:

- Avaliar da morfologia da proposta à sua escala natural;
- Avaliar as porções dos diferentes elementos da estrutura na sua escala natural;
- Avaliar a relação da proposta com o corpo humano;
- Avaliar a relação da estrutura com os restantes componentes que compõem a solução;
- Comunicar o valor da proposta.

Como já era esperado, as características dimensionais do elemento prototipado impediram que este fosse materializado de uma só vez, pelo menos, de uma forma precisa e de custo controlado. Estas dificuldades são evidentes se forem tomadas em consideração as limitações dimensionais da maioria dos sistemas de prototipagem rápida.

Para ultrapassar esta barreira adotou-se uma estratégia de prototipagem em pequenos blocos de dimensão 90x90x90mm.

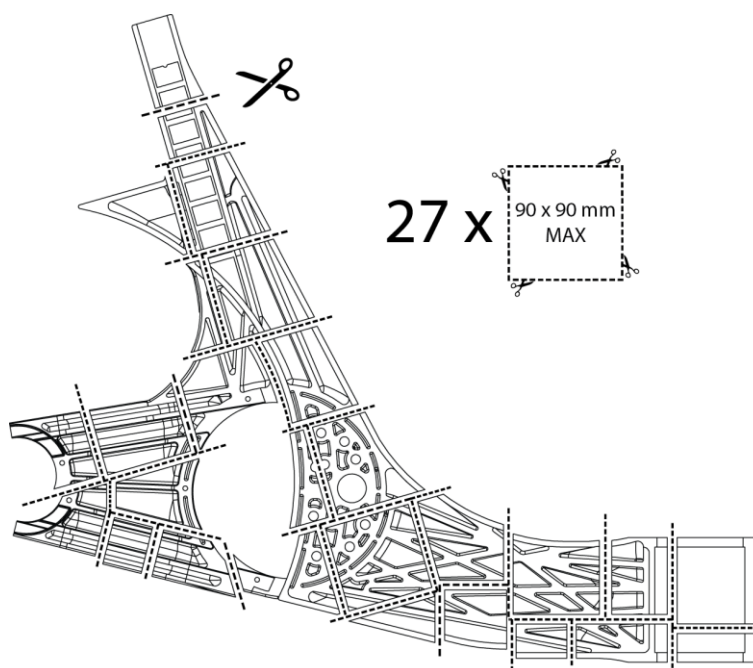


Figura 104: Divisão do elemento a prototipar em secções

Para a materialização dos elementos que constituem o segundo protótipo, foi utilizada uma impressora FDM de “baixo custo” com marca “PrintrBot - Simple” (Figura 105). As suas principais características são: um envelope de impressão de 1dm³; e a utilização de um princípio de impressão em “cama fria” que limita este dispositivo à utilização do PLA como consumível de impressão. As decisões quanto às dimensões do envelope de impressão, material de impressão e tecnologia utilizadas foram ditadas pelas características e limitações do equipamento disponível.

O Processo de prototipagem por FDM caracteriza-se por possuir uma curva de aprendizagem bastante rápida, no entanto, isto não significa que seja isenta de precauções e que cada novo processo de impressão tenha que ser alvo de análise para que se garantam os resultados esperados.

No caso concreto do projeto em análise registaram-se alguns resultados que merecem ser mencionados. A primeira dificuldade registada prendeu-se com a escolha do material ideal para o revestimento da mesa de impressão, se esta não estiver revestida com uma película que promova uma adesão forte com a primeira camada impressa ter-se-á uma peça com muito empeno e bastante deformada, em extremo pode-se nem conseguir obter qualquer peça por não existir qualquer adesão à superfície de trabalho. Também não menos importante foi a correta orientação das peças, ou seja, a escolha da face à qual se atribui a primeira camada de impressão, esta decisão influencia dramaticamente não só a qualidade das superfícies obtidas como também o tempo total do processo de impressão. Também se revelaram bastante problemáticas as superfícies planas suspensas, esta dificuldade surge principalmente devido à impossibilidade do equipamento imprimir estruturas de suporte.

O processo de impressão dos 27 elementos necessários à construção do segundo protótipo demorou 94 horas no total, regista-se ainda que, que para a materialização destes 27 elementos

foram consumidos 1,6kg de PLA, este facto, vem confirmar as previsões efetuadas nos capítulos anteriores de que o peso total do quadro deverá situar-se abaixo dos 4kg.

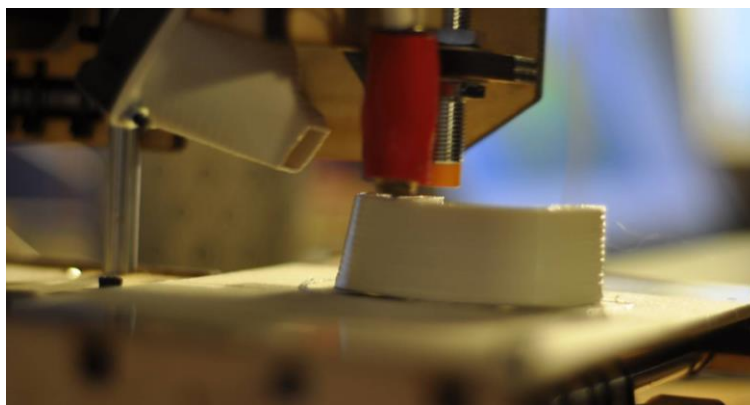


Figura 105: Processo de prototipagem por FDM (PrintrBot Simple)

A colagem dos diversos elementos foi realizada em três fases, uma de pré-fixação e alinhamento através de uma cola à base de cianoacrilato. Esta fase foi sem dúvida a mais crítica pois pretendeu-se evitar novos empenos e contrariar os que já existiam resultantes da contração das peças após a sua impressão.

Numa segunda fase pretendeu-se melhorar as propriedades mecânicas das ligações coladas, esta melhoria foi conseguida através do enchimento das fissuras que ainda permaneciam com uma resina bi-componente de natureza epóxica. Na fase final foi realizado o preenchimento e reconstrução de algumas morfologias que não se encontravam nas melhores condições, para este enchimento foi utilizada uma massa epóxica bi-componente.

O processo de retificação e lixagem (Figura 106) da peça foi realizado através do recurso a meios mecânicos, nomeadamente com uma rebarbadora com um disco de lixa, e um retificador com diversas fresas e abrasivos. Este processo pretendeu remover não só as imperfeições geométricas mais grosseiras, mas também imperfeições provocadas por excessos de adesivos, resultantes tanto do processo de colagem como também da reconstrução de algumas características morfológicas das superfícies.



Figura 106: Processo de lixagem e retificação

Após o processo de lixagem, através de meios mecânicos, foi possível verificar que a grande maioria das imperfeições em “alto-relevo” tinham sido eliminadas, no entanto, tornou-se evidente que este método não só não é eficaz na eliminação de cavidades como também foi responsável pela introdução de algumas das novas imperfeições detetadas nas superfícies. Com o intuito de resolver este problema procedeu-se a uma betumagem (Figura 107) com massa bi-componente de poliéster reforçado com fibra de vidro (MOTIP GFU PUTTY). A

aplicação deste betume foi realizada recorrendo a espátulas, após a aplicação da massa foi necessário aguardar um período de 1 hora para permitir a sua cura.

Após a remoção das imperfeições mais evidentes, através da aplicação de betume, tornou-se necessário proceder novamente a um processo de lixagem, numa primeira fase com recurso a meios mecânicos, e no final, para a obtenção de um acabamento mais fino, este processo teve que se realizar manualmente.



Figura 107: aplicação de betume de poliéster

Para que fossem totalmente eliminadas as imperfeições da superfície, que se tornariam muito evidentes após a aplicação da pintura, foi necessário proceder à aplicação de um primário aparelho (BASF Lasurit 176-72) (Figura 108), a escolha do primário recaiu sobre um aparelho de 1 componente solúvel em água, a aplicação deste primário permitiu adicionar uma base que homogeneizou a superfície após a lixagem. No objeto de estudo foi no entanto necessária a aplicação de 3 camadas de primário, seguidas de períodos de secagem de 1 hora em estufa, após cada uma destas aplicações foi também necessário proceder à lixagem manual, com uma esponja abrasiva, da totalidade da superfície exterior da peça até que esta apresentasse as características pretendidas.



Figura 108: Prototipo após a aplicação de um primário aparelho

Após se obter no modelo, uma superfície exterior uniforme tornou-se possível a aplicação de uma camada de pintura, esta assume não só uma função decorativa mas também de proteção, visto que as camadas de betume e de aparelho primário não realizam esta função, sendo estas até um pouco frágeis antes da aplicação de tinta.

Para este modelo foi adotada uma tinta acrílica, solúvel em água, com uma cor neutra branco RAL9003 (Pantone 705). O processo de pintura foi realizado com recurso á pulverização convencional por ar comprimido, e foram ainda aplicadas duas camadas de tinta com um intervalo de 2 horas, após a camada final o protótipo permaneceu em estufa 48 horas para completar a cura.

8.3 Contabilização de tempos e custos da prototipagem:

Quadro 13: Descrição de tempos e custos associados à produção dos protótipos

Matéria-prima/Operação	Qty.	Unid.	€/unid.	Parciais
------------------------	------	-------	---------	----------

Protótipo do modelo integral à escala 1:8

Ajuste do modelo CAD	3	h/Homem	12,5	37,5
Ajuste do modelo STL	0,5	h/Homem	12,5	6,25
“Set-up” Impressão	1	h/Homem	12,5	12,5
Impressão	0,9	h/Máq.		0
Cura	1	h/Máq.		0
Estabilização do modelo	24	h		0
Componentes de modelismo	6		10	60
Materiais adesivos	2		6	12
Madeira de balsa	1		4	4
Materiais diversos	2		4	8
Tintas e vernizes	3		3	9
Preparação e colagem	4	h/Homem	12,5	50
Acabamento de superfícies	3	h/Homem	12,5	37,5
Pintura	2	h/Homem	12,5	25
Fabrico manual de componentes	2	h/Homem	12,5	25
Assemblagem	1	h/Homem	12,5	12,5

Subtotal 1 (horas/Homem) 16,5

Subtotal 1 (horas/Máquina) 1,9

Lead time do modelo 1 (horas) 56,4

Total Parcial 1 (€) 299,25

Protótipo do modelo parcial à escala 1:1

Ajuste do modelo STL	3	h/Homem	12,5	37,5
“Set-up” Impressão	5	h/Homem	12,5	62,5
Impressão	96	h/Máq.	0,23	22,08
Energia elétrica	15	kW/h	0,16	2,4
Consumível (PLA)	1,6	Kg	32	51,2
Colagem	12	h/Homem	12,5	150
Cola epóxica (Resina)	4	tubo	8	32

Matéria-prima/Operação	Qnt.	Unid.	€/unid.	Parciais
Cola cianoacrilática	5	tubo	3	15
Reparação de fissuras	3	h/Homem	12,5	37,5
Cola epóxica (Barra)	0,2	kg	40	8
Lixagem grosseira	0,5	h/Homem	12,5	6,25
Lixa de rebarbagem	1	Disco	4	4
Lixagem de preparação	3	h/Homem	12,5	37,5
Lixa média	1	folha	1	1
Aplicação de betume de Poliéster	2	h/Homem	12,5	25
Betume de poliéster	0,3	l	25	7,5
Cura de betume em estufa	3	h		0
Lixagem de uniformização	1,5	h/Homem	12,5	18,75
Lixa fina	1	folha	1,5	1,5
Aplicação de primário aparelho	1	h/Homem	8	8
Primário aparelho	0,5	l	8	4
Lixagem final de acabamento	1	h/Homem	12,5	12,5
Esponja abrasiva	1	esponja	3	3
Cura de primário em estufa	6	h		0
Aplicação de pintura	0,5	h/Homem	12,5	6,25
Tinta acrílica branca (RAL 9003)	0,5	l	12	6
Cura da pintura em estufa	24	h		0

Subtotal 2 (horas/Homem)	32,5
Subtotal 2 (horas/Máquina)	96
Lead time do modelo 2 (horas)	161,5
Total Parcial 2 (€)	559,43
Total (horas/Homem)	49
Total (horas/Máquina)	97,9
Total (€)	858,68

O cálculo do preço hora/homem teve como referencia um custo efetivo mensal, com um técnico qualificado, de 2000 €, assim considerando um período de trabalho de 8 horas diárias e um período de trabalho mensal de 20 dias (5 dias úteis x 4 semanas) obtemos:

$$\text{Preço Hora/Homem} = \frac{\text{Custo mensal do trabalho}}{\text{Nº total de horas de trabalho}} = \frac{2000(\text{€})}{8(\text{h}) \times 20(\text{dias})} = 12,5\text{€/hora}$$

Para o cálculo do preço hora, do equipamento de impressão, foi considerada uma impressora "PrintrBot simple". Esta máquina de "gama de entrada" possui um valor de aquisição, no mercado Português, de 437,73€. Considerando uma taxa de Amortização de 20% /Ano (PWC 2012) , ou seja, um período de amortização de 5 Anos (t=1/Tx) (Taxa de amortização constante) pôde-se determinar uma amortização anual de 87,5€ para o equipamento utilizado. Assim, estimando o seguinte período anual de trabalho:

$(2 \text{ dias/Semana}) \times (48 \text{ Semanas/Ano}) = (96 \text{ dias}) \times (4 \text{ Horas/Dia}) = 384 \text{ Horas/Ano}$
Obtém-se a seguinte amortização por hora de trabalho:

$$(87,5\text{€}) / (384 \text{ Horas}) = 0.23\text{€/Hora}$$

Observa-se que o valor estimado para o custo de amortização do equipamento é muito modesto. Deve-se assim, salientar que para além de uma estimativa demasiado otimista da taxa de utilização do equipamento, um custo de aquisição do equipamento baixo, e um longo período de amortização, foram também ignorados todos os demais fatores que influenciam o custo de produção, resultando num custo de operação do equipamento substancialmente baixo. Contudo, conclui-se que o custo industrial de fabrico, de um objeto desta tipologia, não deverá divergir de forma significativa do valor apurado, bastando que a organização prestadora deste serviço consiga manter uma taxa de utilização dos seus equipamentos próxima de 100%.

9 Análise de resultados da proposta final

9.1 Análise de resultados do projeto em design

No âmbito do trabalho desenvolvido sob o tema do projeto em design pretendeu-se dar resposta a quatro grandes questões, e foram elas: “*O quê?*”, “*Porquê?*”, “*Para quem?*” e “*Como?*”.

A resposta a estas questões é frequentemente subjetiva, no entanto, assume uma importância vital no contexto da justificação da pertinência do projeto na sua essência. A resposta à primeira questão surge com a identificação de uma oportunidade, enquanto as restantes são respondidas no decorrer do projeto, com a resposta à questão “*Como?*” a ocupar o lugar de destaque e a assumir o papel principal em todo o projeto, tendo havido uma apresentação de reflexões decorrentes do conhecimento apreendido ao longo do processo evolutivo do próprio trabalho.

O desafio, do ponto de vista do design, passou essencialmente por criar uma solução que respondesse às questões levantadas pelos conceitos iniciais. No sentido de estruturar o pensamento criativo, e de centrar o foco das ações sobre os objetivos delineados para o projeto, foi seguida uma metodologia que apoiada num conjunto de ferramentas permitiu, numa primeira fase, esboçar um conjunto de ideias nucleares. A análise das fontes de evidência também se revelou vital na busca da forma pelo processo de desenho.

Assumindo uma utilização no “*dia-a-dia*” necessariamente eficaz na realização das tarefas propostas, o conjunto de esboços, resultante da fase preliminar de geração de conceitos, foi alvo de uma análise crítica onde foram identificadas as principais falhas conceptuais e avançadas as possíveis soluções.

Após a definição de um conjunto de conceitos tornou-se possível o estudo assistido pela tecnologia CAD. Esta tecnologia de modelação digital possibilitou uma prototipagem virtual, que foi sucessivamente incorporando as várias ideias conjeturadas na fase de conceito. A implementação dos vários sistemas necessários ao funcionamento do produto ocorreu de uma forma gradual e faseada, obtendo-se, através deste método, um desenvolvimento coerente da forma. A integração, igualmente faseada das sucessivas soluções tecnológicas, ao nível estrutural e dos processos de fabrico impediu que deste modo se desvirtuasse o conceito inicial.

O processo, na sua globalidade, resultou no desenvolvimento de uma proposta de bicicleta utilitária, que pretende dar resposta aos objetivos definidos. Ao propor um modelo modular básico, objetivamente de custo controlado, e desenvolvendo uma gama de add-ons e complementos que permitam dar resposta às necessidades individuais dos utilizadores, pretendeu-se oferecer uma proposta final aberta com um grande potencial de customização.

9.2 Análise de resultados do projeto de engenharia

O trabalho desenvolvido, no domínio da engenharia, pretendeu dar resposta à série de questões, levantadas pelo conceito, e validar algumas das incertezas suscitadas pela proposta preliminar. Para dar uma resposta aos problemas suscitados foram utilizadas ferramentas de simulação numérica computacional e também bases de dados que auxiliaram na seleção de materiais.

O processo de escolha e seleção de materiais surgiu numa fase inicial do projeto, e paralelamente ao desenvolvimento do modelo virtual em CAD. É nesta fase inicial de modelação que a adoção de um polímero como matéria-prima para a materialização de parte

dos elementos estruturais surge como uma alternativa interessante para o cumprimento dos objetivos do projeto, nomeadamente na concretização de uma geometria do quadro mais orgânica. A escolha do PP (em copolímero heterofásico) decorreu de uma seleção a partir de um universo de materiais. Este processo de seleção foi realizado com o recurso a uma base de dados dedicada, onde o copolímero de PP se destaca, não só, por ser um polímero que apresenta as propriedades mecânicas pretendidas, mas também, por possuir uma gama muito ampla de temperaturas de utilização.

Após um processo de modelação e busca de forma, e estando definidos os materiais preferenciais para a materialização do produto, torna-se, não só, necessário validar teoricamente a capacidade de desempenho estrutural do modelo proposto, como também analisar as questões relacionadas com a exequibilidade desse mesmo modelo, ou seja, a viabilidade técnica do seu fabrico. Neste processo, as ferramentas de análise CAE, através do cálculo por elementos finitos, possibilitaram o refinamento através da experimentação de várias abordagens estruturais. Neste trabalho, em particular, o elemento estrutural principal, que era aquele que gerava um maior grau de incerteza, sofreu um processo de otimização que envolveu uma análise sistemática e evolutiva que compreendeu 17 ensaios. A abordagem ao problema consistiu em perceber, numa primeira fase, quais os comportamentos da “forma” à aplicação de cargas, ou seja, atribuindo cargas pequenas (100N) a uma morfologia em casca, com 3mm de espessura e sem qualquer elemento de reforço. Assim, foi possível perceber os movimentos naturais do componente, definindo uma base de trabalho, e recolher informação importante que apontava as principais fragilidades de uma estrutura com a morfologia proposta. Foram ensaiadas, sucessivamente, medidas que visaram contrariar os efeitos indesejados da aplicação das cargas. Por seu turno, também a aplicação de cargas se foi tornando cada vez mais ambiciosa, ao ponto de se considerar, que no último ensaio, as cargas aplicadas estavam claramente sobredimensionadas. A validação do elemento estrutural ocorreu no último ensaio com a aplicação de 2 cargas frontais remotas, com 3000N cada, e uma carga pontual na zona do selim com 5000N, tendo estas produzido uma deformação estrutural máxima de 1.8mm.

Considerando a necessidade de validação do fabrico do quadro, em polímero, através do processo de injeção, foram também simulados os enchimentos do molde, através da metodologia adotada no processo de validação estrutural. No entanto, neste caso, atendendo aos resultados obtidos nos dois ensaios efetuados, que demonstraram bons resultados, mesmo alterando a estratégia de injeção, concluiu-se que foram suficientes os dados gerados nos dois ensaios para justificar a exequibilidade do componente pelo processo de injeção.

Do ponto de vista dos sistemas adotados, vigorou uma seleção de sistemas que apresentassem garantias de fiabilidade, no entanto este critério não se cingiu às soluções propostas pela indústria da bicicleta. Existem dois sistemas inéditos neste produto que adotaram princípios e sistemas comprovados por outras indústrias. O primeiro caso é o da chumaceira de viragem, que adota os casquilhos poliméricos auto-lubrificados, que proliferam tanto na indústria automóvel como em maquinaria industrial. O segundo caso, refere-se à adoção de um sistema alternativo, que foi proposto para resolver o problema da passagem da roda traseira pelo eixo do pedaleiro. Esta solução diminuiu drasticamente o comprimento total do veículo, contudo, foi necessário reequacionar por completo o sistema do grupo pedaleiro. Tradicionalmente este problema é resolvido de uma forma simples e fiável ao alojar um veio que funciona como eixo comum às duas bielhas do pedal, no entanto esta solução torna-se impraticável visto que a ser aplicada neste “*layout*”, o eixo do pedaleiro colidiria com a roda traseira. A solução encontrada desvia este eixo comum para uma posição mais favorável através de uma transmissão 1:1 por engrenagens de dentes retos.

Por último, também se devem tecer algumas considerações acerca das atividades de prototipagem. A importância da materialização de protótipos no decurso de um projeto é

transversal aos domínios, quer do design, quer da engenharia, surgindo como o meio de eleição para comprovar a eficácia de um conceito, seja do ponto de vista funcional, seja do ponto de vista das características estéticas da forma.

Como se comprova a atividade de prototipagem não é isenta de custos, podendo estes, serem em certa medida difíceis de justificar as suas mais-valias perante outros grupos, nomeadamente decisores. Naturalmente a necessidade de prototipagem, e aquilo que deve ser prototipado, deverá ser alvo de uma cuidadosa análise custo/benefício, no entanto, dever-se-á ter em conta os custos associados ao risco provável de falha por falta de comprovação de um determinado conceito é significativamente mais baixo durante as fases mais precoces do processo de desenvolvimento.

9.3 Análise do modo de falha e efeitos (FMEA do produto)

O FMEA do produto resulta de um processo de análise de resultados efetuado após a conclusão do desenvolvimento teórico da proposta e da elaboração dos protótipos semi-funcionais e de aspeto.

O processo de desenvolvimento do produto contou, numa fase conceptual, com uma primeira análise FMEA, esta análise, pretendeu identificar, à partida, as falhas no conceito. O FMEA de conceito permitiu, que as falhas identificadas, fossem encaradas e resolvidas durante o processo de desenvolvimento da proposta. As medidas necessárias à eliminação, quando possível, ou minimização dos efeitos das falhas foram incorporadas no produto desde uma fase embrionária.

O FMEA do Quadro 2 do Anexo G (FMEA do Produto) reflete de forma evidente o processo de refinamento da proposta inicial. Este refinamento é evidenciado pela redução para 42 possíveis causas de falha, contrapondo o FMEA de conceito, onde este número ascendia a 71 causas identificadas. Paralelamente, a esta redução do número de causas de falha, também se verificou uma redução significativa das falhas críticas (índice de gravidade 9 e 10), em que na fase conceptual foram identificadas 12 falhas, das quais 6 foram classificadas com um índice de gravidade 10 (valor máximo), e numa fase pós prototipagem, apenas foram identificadas 6 falhas críticas, das quais apenas uma atinge o nível de gravidade 10. Esta falha foi identificada na função parar/travar, e foi-lhe atribuída o índice de gravidade máximo como consequência da gravidade dos possíveis efeitos, desta possível falha, no entanto, identifica-se que ela apenas deverá ocorrer fruto de uma utilização negligente do produto.

De notar que, a grande maioria das falhas identificadas neste FMEA são atribuídas a fases futuras do projeto, ou seja, a sua industrialização, comercialização e uso em ambiente real. Naturalmente não seria realista um cenário em que não fossem identificadas falhas prováveis, este cenário agrava-se sem que os diferentes períodos do ciclo de vida do produto realmente tenham ocorrido.

Embora uma análise FMEA, nesta fase, forneça informação que permite atuar até um determinado ponto, nas diversas fases do ciclo de vida de um produto, como é o caso da industrialização, onde podem ser tomadas medidas preventivas, em relação a alguns dos problemas conhecidos, existe, no entanto, um elevado grau de incerteza quanto às fases subsequentes. Numa fase do ciclo de vida de um produto, anterior à colocação no mercado, o processo de previsão da reação do mercado, a esse novo produto, resultará numa análise bastante subjetiva, do mesmo modo, será bastante difícil prever o uso real que os utilizadores farão do produto e dos cuidados que irão ter com este, em que estes parâmetros dependem, em grande medida, dos comportamentos individuais de cada utilizador.

10 Conclusões

O tema da bicicleta utilitária, multifuncional, surge neste trabalho após a identificação de um nicho de mercado pouco explorado, no contexto global. Apesar de se identificarem pequenos focos de utilização mais intensa, desta solução, em alguns países do norte da Europa, a bicicleta proposta, surge neste trabalho, como uma solução de largo espectro, e apresenta um conjunto de vantagens, que se podem agrupar em duas áreas distintas: uma económica e outra fisiológica.

As vantagens económicas, relativamente aos meios de transporte convencionais, prendem-se com a redução de custos, quer de aquisição, quer de operação e também de manutenção. É ainda expectável que este meio de transporte represente uma forma mais eficiente de deslocação de proximidade (porta-a-porta) e um risco menor de acidente, e em consequência uma diminuição não só dos danos, mas também, a sua severidade face aos meios de transportes motorizados.

De um ponto de vista fisiológico, a proposta afigura-se interessante, pela forma como combate o sedentarismo. O recurso à bicicleta utilitária para deslocações em ambiente de trabalho promove a prática de atividade física, concomitantemente à elaboração das tarefas inerentes a uma determinada função. Esta realidade traz aos utilizadores e, em consequência, às organizações que fomentem estas soluções, todas as vantagens associadas à prática de atividade física.

Neste projeto, foi dedicado bastante tempo ao levantamento do estado da arte, este levantamento foi desenvolvido recorrendo aos diversos meios disponíveis, tal como publicações académicas, publicações em livro, páginas e buscas “web”, relatórios de instituições e associações do setor, artigos publicados em imprensa especializada e, pontualmente, até em artigos da imprensa generalista. Este trabalho de investigação consolidou em grande medida os alicerces do projeto, cimentando os argumentos que validaram a pertinência da proposta no seu todo. Embora este trabalho de investigação tenha ocorrido, maioritariamente, durante os primeiros meses do desenvolvimento da proposta, concretamente na fase pré-conceitual e conceitual, não raras vezes ao longo, e até em fases avançadas do projeto, foram integrados novos conceitos resultantes da busca contínua pelo estado da arte.

A metodologia de desenvolvimento do produto adotada remete para um processo fortemente influenciado pela obra de Ulrich e Eppinger (2012), não estando, contudo, condicionada pelo método descrito por estes autores, foram utilizadas outras ferramentas numa ótica de adaptação da própria metodologia às necessidades projetuais.

Importa vincar a natureza da proposta, que pretende ser de rotura com alguns dos paradigmas existentes na indústria da bicicleta, ao evocar uma clara preocupação na busca de um compromisso entre o formal e a sua industrialização, com a evidente preocupação na racionalização do custo final do produto, através da exploração de tecnologias novas nesta indústria, sem que isto represente uma cedência em relação aos aspetos funcionais, de fiabilidade e durabilidade, ambicionando-se mesmo uma melhoria destes parâmetros.

O potencial de customização do modelo base determina a sua diferenciação em relação às propostas concorrentes. Esta diferenciação foi conseguida através de uma arquitetura modular, desenhada no sentido de facilitar a integração de add-ons e módulos acessórios, potenciando soluções que satisfaçam também as necessidades de um conjunto de nichos de mercado. É através desta diversidade de soluções que se pretende chegar a um público-alvo alargado.

Ao propor um produto, que assume princípios construtivos e de sistemas, diferenciado das propostas conhecidas, torna-se imperativa a necessidade de validação das soluções avançadas. Neste sentido as ferramentas de auxílio à engenharia como os CAE através das suas ferramentas de análise FEA, surgem com naturalidade como a resposta racional a esta necessidade de validação. Este processo de validação teórico assume um papel de grande relevo neste projeto, pois não faria sentido propor um novo conceito sem que se comprovasse, embora de forma teórica, a sua capacidade para desempenhar a função pretendida. A par com a funcionalidade também se tornou imperativo intervir sobre a proposta numa ótica da sua exequibilidade e consequente industrialização. Nesta medida, mais uma vez as ferramentas de CAE foram preponderantes ao permitir uma análise teórica do processo de fabrico de componentes chave.

Na ótica dos sistemas foi utilizada uma abordagem pragmática, privilegiando a adoção de sistemas fiáveis e de provas dadas. Este princípio é utilizado mesmo em soluções novas e inovadoras que procuraram integrar sistemas que, apesar de não possuírem histórico no mundo das bicicletas, se encontrem comprovados e resolvidos noutras aplicações em que os fatores envolvidos sejam semelhantes.

Não será credível afirmar que serão apenas os desenvolvimentos tecnológicos, ao nível dos materiais e dos processos de fabrico, que irão influenciar o desenvolvimento das bicicletas, mas, dever-se-ão considerar também os aspetos de ordem sociológica e política.

A extrapolação do futuro das bicicletas encontra paralelos importantes noutros meios de transporte, como os transportes públicos e a forte concorrência que estes sofrem face ao automóvel. A busca de formas alternativas de mobilidade deverá surgir, não só, por preocupações sociais mas, deverá ser encarada como uma forma racional e justa de solucionar os problemas de congestionamento automóvel nas cidades. Verifica-se que pequenas alterações nos hábitos das pessoas poderão alterar de forma drástica os cenários de congestionamento que se verificam nas cidades atuais. O futuro da utilização das bicicletas, e outros veículos de tração humana, poderá ser influenciado pela proibição da circulação de automóveis nos centros das cidades. Este género de medidas estimularia não só uma utilização mais intensa da bicicleta como também de outras formas de mobilidade alternativas. No entanto, prever a vontade dos legisladores e as decisões que estes irão tomar para enfrentar determinados problemas, torna-se uma tarefa extremamente difícil, podendo até, em alguns casos, serem implementadas medidas que em nada se relacionem com as bicicletas mas que, ao longo do tempo, tenham um impacto significativo e inesperado sobre esta indústria das bicicletas.

10.1 Trabalhos Futuros

A conclusão do presente documento não implica um termo no projeto nele apresentado, mas sim, a conclusão de uma etapa no seu decurso. Está prevista a divulgação da proposta junto de potenciais investidores no sentido de captar a sua atenção e interesse. Esta prospeção surge com a necessidade de obter recursos para uma fase de prototipagem integral e de industrialização do produto. O modelo de negócio final poderá ser fortemente influenciado pela visão dos futuros parceiros, consequentemente, terão que ser admitidos ajustes e desenvolvimentos na proposta para que esta incorpore a estratégia de mercado definida por todos os intervenientes.

11 Referências

- International Police Mountain Bike Association. *Denver Health Paramedic All-Terrain Medical Bike Unit*. 12 de Março de 2014. <http://ipmba.org/blog/comments/denver-health-paramedic-all-terrain-medical-bike-unit>.
- Transportation Alternatives. *Working Models in NYC*. 2013. <http://www.transalt.org/files/resources/blueprint/chapter15/chapter15b.html>.
- AB&W. *Alliance for Biking & Walking - Building the People Powerd Movement*. 2014. <http://www.bikewalkalliance.org/> (acedido em 22 de Janeiro de 2014).
- ABIMOTA LEA. *Congresso Internacional de Promoção da Mobilidade Suave*. 21 de Novembro de 2013. <http://www.abimota.org/a-associacao/eventos/130-congresso-internacional-de-promocao-da-mobilidade-suave> (acedido em 21 de Outubro de 2013).
- ABRACICLO. “Dados do Setor.” *Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares*. s.d. http://www.abraciclo.com.br/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=21&Itemid=37 (acedido em 22 de Maio de 2014).
- ACA. *Adventure Cycling Association - America's Bicycle Travel Experts*. 2014. <http://www.adventurecycling.org/> (acedido em 8 de Fevereiro de 2014).
- Adams, G. Donald. *Collecting and Restoring Antique Bicycles*. Pensilvania: TAB Books, 1981.
- AICMA. “Indian Bicycle Industry.” *All India Cycle Manufactures Association*. s.d. <http://www.aicma.org/> (acedido em 18 de Maio de 2014).
- Akao, Yoji. *Quality Function Deployment, Integrating Customer Requirements into Product Design*. Cambridge, Massachusetts: Productivity Press, 1990.
- Associated Press. “Bike Messengers Aim to Organize.” *San Jose Mercury News*, 10 de Dezembro de 1998.
- . “Pedaling Law and order on a Fla.Beat.” *The Record*, 3 de Fevereiro de 1985: A33.
- Bakfiets Treffen. *International Cargo Bike Festival*. 2014. <http://www.cargobikefestival.com/> (acedido em 8 de Março de 2014).
- Bentriider. *Bicycles In The News*. 9 de Dezembro de 2008. <http://www.bentriideronline.com/?p=680>.
- Bicycle Network News. “Cycling Paramedics Pass Grand Prix Test.” *Bicycle Network News*, Outono de 1991: 11.
- Bicycling Empowerment Network Namibia. *Bicycling Empowerment Network Namibia*. 15 de Abril de 2014. <http://bennamibia.org/>.
- Bike Anjo. *De Bike ao Trabalho*. 2014. <http://debikeaotrabalho.org/> (acedido em 2 de Abril de 2014).
- BIKEurope. “China's Bike Production and Export Leveling Off.” *BIKEurope Connecting Professionals*. 8 de Maio de 2012. <http://www.bike-eu.com/Sales-Trends/Market-trends/2012/5/Chinas-Bike-Production-and-Export-Leveling-Off-BIK005849W/> (acedido em 2 de Maio de 2014).
- Bourgard, Joana, e Maria João Guimarães. “A cidade onde há mais bicicletas do que habitantes.” *Publico*, Abril 2014.
- Burrows, Mike. *Bicycle Design*. Editado por Tony Hadland. London: Snowbooks, Ltd., 2008.
- Carter, Steven. “Fire Service Bicycles: Did They Ever Exist?” *The Wheelmen* 54, Maio de 1999: 2-7.
- Caunter, C F. “The History and Development of Cycles.” 1955.
- CML. *Lisboa Ciclável*. Câmara Municipal de Lisboa. 2014. <http://lisboaciclavel.cm-lisboa.pt/> (acedido em 2 de Abril de 2014).
- COLIPED. “Facts & Figures (European figures).” *Association of the European Two-Wheeler Parts & Accessories Industry*. 2013. <http://www.coliped.com/> (acedido em 11 de Maio de 2014).
- Coulture, Diane, Marc Jolicouer, e Jean Francois Pronovost. *Bicycling in Quebec in 1995-1996*. Quebec: Velo-Quebec, 1998.
- Cuerdon, Don. “Pedaling Paramedics.” *Bicycling*, Jan/Fev de 1999: 24.
- . “Sweating Seattle’s Finest.” *Bicycling*, Julho de 1997: 128.

- Cycling Savvy. *Cycling Savvy - Empowerment For Unlimited Travel*. 2014. <http://cyclingsavvy.org/> (acedido em 15 de Janeiro de 2014).
- Davidson, Alan, e Jim McGurn. *Encyclopedia 1996*. York: Open Road Ltd., 1996.
- . *Encyclopedia 4*. York: Open Road Ltd., 1997.
- Dinkelspiel, Frances. “Delivery Bikes can Pack Cargo.” *San Jose Mercury New*, 10 de Fevereiro de 1995: T00.
- Direcção-Geral da Saúde. *Consultas de Vigilância de Saúde Infantil e Juvenil - ACTUALIZAÇÃO DAS CURVAS DE CRESCIMENTO*. Circular Normativa, Portugal: Ministerio da Saúde, 2006.
- Dunham, Norman L. “The Bicycle Era in American History.” 1956.
- Embacher, Michael, Paul Smith, e Bernhard Angerer. *Cyclopedia*. Editado por Michael Embacher. London: Thames & Hudson, 2011.
- Fisher, Marshall Jon. “Trailing Your Treasures.” *Bike Culture*, August de 1997: 32-35.
- Fitzpatrick, Jim. “The Bicycle and the Bush, Melbourne.” *Bicycle in Wartime: An illustrated History*, 1998: T716.
- FPCUB. *Federação Portuguesa de Ciclismo e Utilizadores de Bicicleta*. 2014. <http://www.fpcub.pt/> (acedido em 25 de Maio de 2014).
- Granta Design Limited. *CES EduPack 2011*. Versions 7.0.0 . 2010.
- Grisley, William. “I have seen the future and the future is Bicycles.” *Ceres*, 27 de Abril de 1995: 44-46.
- Hartung, Gary. “History of UPS. Wheels of Time.” Jan. /Fev. de 1996: 18-20.
- Holubitsky, Jeff. “Medics on Mountain Bikes hit the Trails with their Bandages Skills and Good Advice.” *The Edmonton Journal* , 12 de Junho de 1998.
- Huthwaite, Bart. *The Lean Design Solution*. Michigan: Institute for Lean Inovation, 2007.
- IBF. *International Bicycle Fund - Bicycle Statistics*. 2014. <http://www.ibike.org/library/statistics-data.htm> (acedido em 20 de Maio de 2014).
- IFBMA. *International Federation of Bike Messengers Associations*. 2014. <http://messengers.org/> (acedido em 08 de Abril de 2014).
- IMBA. *International Mountain Bicycling Association*. 2014. <https://www.imba.com/> (acedido em 15 de Janeiro de 2014).
- Kelly, Carolyn. “Bike Medics Ready to Ride on Halloween.” *Austin American Statesman*, 27 de Outubro de 1995.
- Kump, J. B. “Space Bikes.” *Bicycle USA*, 1 de Janeiro de 1992: 21.
- Lacerda, E., Z. Jorge, A. Macedo, e J. Castro. “Tendencias do peso em Portugal no final do século XX - Estudo de coorte de jovens do sexo masculino.” *Acta Medica Portuguesa*, 2004: 3.
- League of American Wheehnen. “Police on Bikes: L.A.W. Survey.” *Bicycle USA*, Setembro/Outubro de 1991: 14-16,26.
- Litman, Todd, e Suzanne Kort. “Haulers Fuel Up at the Grocery.” *Times Colonist*, 17 de Abril de 1999.
- Lowe, Marcia D. “The Bicycle: Vehicle or a Small Planet.” Washington D.C.: World Watch Institute, 1989.
- Massa Crítica Portugal*. 2014. <http://www.massacriticapt.net/> (acedido em 05 de Maio de 2014).
- McGurn, Jim. *On Your Bicycle: The Illustrated Story of Cycling*. Vol. New edition. York: Open Road Publishers, 1999.
- MUBI. *Associação pela Moblidade Urbana em Bicicleta*. 2014. <http://mubi.pt/> (acedido em 14 de Março de 2014).
- Musitelli, Robin. “Business is Rolling: Bicycles Transport Products.” *Santa Cruz County Sentinel*, 3 de Dezembro de 1995.
- NBDA. “INDUSTRY OVERVIEW 2013: A Look at the Bicycle Industry’s Vital Statistics.” *National Bicycle Dealers Association*. 2014. <http://nbda.com/articles/industry-overview-2013-pg34.htm> (acedido em 12 de Maio de 2014).
- NBG. *National Bicycle Greenway - Connecting Cyclists to Cities*. 2014. <http://nbg.bikeroute.com/> (acedido em 19 de Janeiro de 2014).
- Oddy, Nicholas. “Non-Technological Factors in Early Cycle Design.” *In Cycle History: Proceedings of the 4th International Cycle History Conference*. 1994. 63-67.
- Okajima, Shinpei. “Designing chainwheels to optimize the human engine.” *Bike Tech 2*, 1983: 1-7.

- Olson, Blake. “How Many Trikes?” *Bike Culture*, Abril de 1999: 34.
- Osterwalder, Alexander, e Yves Pigneur. *Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers*. 1st edition. John Wiley and Sons, 2010.
- Pedal Express. *Pedal Express Courier Services*. 12 de Fevereiro de 2014. <http://www.pedalexpress.com/>. peopleforbikes.org. *People for Bikes*. 2014. <http://www.peopleforbikes.org/> (acedido em 15 de Janeiro de 2014).
- Petty, R. D. “The Product Life Cycle and the Use of Bicycles to Deliver Goods and Services.” *Milestones in Marketing History: Proceedings of the 10th Conference in Historical Analysis and Research in Marketing*. Durham: Duke University, 2001.
- Pinkerton, John. “At Your Service: A Look at Carrier Cycles.” Privately published, 1983.
- Poliversal - Plásticos e Tecnologia S.A. *PP - Polipropileno*. s.d. <http://www.poliversal.pt/pt/landing-pages/tipos-de-plasticos/pp---polipropileno-36.html> (acedido em 8 de 05 de 2014).
- PWC. *IRC: Taxas de depreciação e de amortização fiscal*. 2012. <http://www.pwc.pt/pt/guia-fiscal-2012/irc/taxas-depreciacao-amortizacao-fiscais.jhtml> (acedido em 23 de 7 de 2014).
- Queensland Police. *FROM THE VAULT – Foot, Hoof and Wheel*. 23 de Abril de 2013. <http://mypolice.qld.gov.au/museum/2013/04/23/from-the-vault-foot-hoof-and-wheel/>.
- Raab, Selwyn. “Teamsters Seeking to Form Bicycle Messengers’ Union.” *The New York Times*, Outubro 1994.
- Rails To Trails. *Rails To Trails - Inspiring Movement Creating a nationwide network of trails*. 2014. <http://www.railstotrails.org/index.html> (acedido em 16 de Janeiro de 2014).
- Reilly, Rebecca. *Nerves of Steel: Bike Messengers in the United States*. Buffalo: Spoke & Word Press, 2000.
- Replogle, Michael. *Bicycles and Cycle-Rickshaws in Asian Cities: Issues and Strategies*. Transportation Reserch Record, 1992, 76-84.
- Rhodes, Shane. “Workbikes - Tools for a Sustainable Community.” *Velo Mondial Conference 2000*. Amsterdam, 2000.
- Ritchie, Andrew. “Developing a Methodological Approach to the History and Meaning of Velocipedes, Bicycles, and Tricycles .” *In Cycle History: Proceedings of the 5th International Cycle History Conference*. 1995. 29-36.
- Sanders, Nick. *Bicycle: the Image and the Dream*. Great Britain: Red Bus, 1991.
- SAPOL: South Australia Police. *MOMENTS IN TIME #18*. 2012. http://www.police.sa.gov.au/sapol/community_services/events/175_years_commemoration/moments_in_time.jsp.
- Seymour, Robert Lew. “The Bicycle - Its Pleasures and Perils.” 703-706. Chautauquan 20, 1895.
- Shipley, Sarah. “Taking It to the Streets.” *Bicycle USA*, Novembro/Dezembro de 1998: 14-15.
- Sluijsmans, Jos. *International Cargo Bike Festival*. 2014. <http://www.cargobikefestival.com/>.
- Smith, Robert A. *A Social History of the Bicycle: Its Early Life and Times in America*. New York: American Heritage Press, 1972.
- SRAM. *SRAM - Cycling Fund*. 2014. <http://www.sramcyclingfund.com/> (acedido em 18 de Dezembro de 2013).
- Street, Roger. *The Pedestrian Hobby-Horse: At the Dawn of Cycling*. Dorset: Artesius Publications, 1998.
- The Economist . “Peddling Across the Border.” *The Economist* , 9 de Julho de 1994.
- The Economist. “On Your Bike.” *The Economist*, 2 de Outubro de 1993: 28-29.
- TLAB. *The league of American Bicyclists*. 2014. <http://bikeleague.org/> (acedido em 18 de Janeiro de 2014).
- Ulrich, K., e S. Eppinger. *Product Design and Development*, ., 5th edition. Singapore: McGraw-Hill, 2012.
- Urkai Community. *Pedaling towards a sustainable world: Cargo-bikes*. 26 de Setembro de 2013. <http://urkaicomunity.wordpress.com/tag/cargo-bikes/>.
- VanderTuin, Jan. “Human-Powered Utility Vehicles.” *Bike Tech*, 3 de Maio de 1986: 1-4.
- Wasserman, Dan. “Hell on Wheels.” *The Boston Globe Magazine*, 2 de Outubro de 1996: 18, 36-42.
- Wilson, D. G. *Bicycling Science*. 3rd ed. Cambridge, MA: The MIT Press, 2004.

Woodforde, John. *The Story of the Bicycle*. London: Routledge & Kegan Paul Ltd, 1970.

Worldwatch Institute. "Bicycle Production Reaches 130 Million Units." *Worldwatch Institute - Vision for a Sustainable World*. 2013. <http://www.worldwatch.org/node/5462> (acedido em 12 de Abril de 2014).

Zickermann, Christian. *Long John .org*. 2008. <http://www.longjohn.org/>.

Zuckerman, Laurence. "Surviving the Cycle-Business Downturn." *The New York Times*, 24 de Abril de 2000: A23, A29.




ANEXOS

Anexo A: Mapa mental do Projeto (Modelo detalhado)


Anexo B: Identificação dos principais modelos de bicicletas utilitárias


<p>h/box Cristiania Bikes Klemensker, Dinamarca</p>  <p>Figura 1: h/box da Cristiania Bikes</p>	<p>Manobrabilidade: Eixo de viragem no centro da caixa, centro de massa da carga sobre o eixo frontal Peso: 40kg Comprimento x Largura: 2080 x 900mm Estabilidade e Segurança: 3 Rodas 26", travões de disco Conforto: Selim estofado e com molas Fiabilidade: transmissão por corrente, chumaceira de viragem por baixo da caixa de carga Capacidade de carga: 100kg, caixa 880x620x500mm Esforço para locomoção: Opção 8 Velocidades, Transmissão e mudanças por cassete e desviador Multifuncionalidade: Grande oferta de caixas de carga Tamanho Reduzido: Sim, Aspeto Estético-formal: Apelativa, Clássica Preço: Não Determinado</p>
<p>Mk1 Butchers & Bicycles Copenhaga, Dinamarca</p>  <p>Figura 2: Mk1 da Butchers & Bicycles</p>	<p>Manobrabilidade: Viragem independente com rodas frontais independentes, Função Tilt, centro de massa da carga sobre o eixo frontal Peso: 40kg Comprimento x Largura: 2230x900mm Estabilidade e Segurança: 2 Rodas frontais 20", uma roda 26" atrás, travões de disco Conforto: Selim estofado Fiabilidade: transmissão por corrente, chumaceira de viragem por baixo da caixa de carga Capacidade de carga: 100kg, caixa 900x600x600mm Esforço para locomoção: Cubo variável NuVinci® N360 Multifuncionalidade: caixa de carga multifuncional Tamanho Reduzido: não, Aspeto Estético-formal: Apelativa, Tecnológica Preço: 3.395 a 4.995€</p>
<p>City Baboe Bikes Holanda</p>  <p>Figura 3: City da Baboe Bikes</p>	<p>Manobrabilidade: Centro de massa distribuído pelos dois eixos, apenas uma roda direcional Estabilidade e Segurança: 2 Rodas, Shimano roller brakes Conforto: Selim estofado e com molas Fiabilidade: transmissão por corrente, Mudanças no cubo traseiro, chumaceira de viragem á frente da caixa de transporte Capacidade de carga: 25kg, caixa 2 Crianças, objetos pouco volumosos Esforço para locomoção: 7 Velocidades, mudanças de cubo Multifuncionalidade: Limitada Tamanho Reduzido: não, Comprimento Aspeto Estético-formal: Limitado, Clássico, muito comprida Preço: 1570€</p>


<p>Tribike Feetz Holanda</p>  <p>Figura 4: Tribike da Feetz</p>	<p>Manobrabilidade: rodas direcionais frontais com inclinação em curva Estabilidade e Segurança: 3 Rodas Conforto: Selim almofadado Fiabilidade: transmissão por corrente, duas rodas direcionais frontais Capacidade de carga: Limitado Esforço para locomoção: 5 Velocidades, Mudanças no cubo traseiro, Multifuncionalidade: Limitado Tamanho Reduzido: Sim, Compacta, Possibilidade de transformar em trolley Aspeto Estético-formal: Apelativa Preço: 2400€</p>
<p>Zigo Leader Carrier Bike Zigo, Inc South Orange, New Jersey, EUA</p>  <p>Figura 5: Zigo Leader Carrier Bike da Zigo, Inc</p>	<p>Manobrabilidade: rodas direcionais frontais, centro de massa da carga sobre o eixo frontal Peso: Comprimento x Largura: 2080x900mm Estabilidade e Segurança: 3 Rodas 20", travões de tambor Conforto: Limitado, Selim sem amortecimento Fiabilidade: Complexidade no sistema de engate frontal e do sistema direcional Capacidade de carga: Limitado a duas Crianças Esforço para locomoção: Não possui mudanças Multifuncionalidade: Permite separar em dois veículos, bicicleta e carrinho de bebé. Tamanho Reduzido: Sim, Compacta Aspeto Estético-formal: Apelativa, Aspeto Tecnológico Preço: 1180€</p>
<p>MADSEN kg271 / 2013 / Blue Madsen Cycles South Salt Lake, EUA</p>  <p>Figura 6: MADSEN kg271 / 2013 / Blue da Madsen Cycles</p>	<p>Manobrabilidade: duas rodas, Comprida, Carga sobre o eixo traseiro, Roda traseira 20", Roda frontal 26" Peso: Comprimento x Largura: 2464x685mm Estabilidade e Segurança: Falta de visibilidade quando transporta crianças, duas rodas Conforto: Limitado, Selim sem amortecimento Fiabilidade: Capacidade de carga: 150L Esforço para locomoção: 8 Velocidades, Transmissão e mudanças por cassete e desviador Multifuncionalidade: Vestalidade na tipologia de carga Tamanho Reduzido: Não, Comprida Aspeto Estético-formal: Pouco apelativo, Veiculo Comprido Preço: 1080€</p>
<p>The Smallhual Frances Cycles, Joshua Muir, handcrafts bikes Santa Cruz, California, EUA</p>  <p>Figura 7: The Smallhual da Frances Cycles, Joshua Muir, handcrafts bikes</p>	<p>Manobrabilidade: duas rodas, Comprida, roda frontal 20" Estabilidade e Segurança: duas rodas Conforto: Limitado, Selim sem amortecimento Fiabilidade: Capacidade de carga: 36 kg Esforço para locomoção: 21 Velocidades, Transmissão e mudanças por cassete e desviador Multifuncionalidade: Limitada Tamanho Reduzido: Não, Comprida Aspeto Estético-formal: Veiculo Comprido Preço: 3800€</p>


<p>Cabby Gazelle Holanda</p>  <p>Figura 8: Cabby da Gazelle</p>	<p>Manobrabilidade: Cento de massa distribuído pelos dois eixos, apenas uma roda direcional Peso: 38,4kg Comprimento: Largura: Estabilidade e Segurança: 2 Rodas, frente 20" traseira 26" Travões rollerbrake Conforto: Selim estofado e com molas Fiabilidade: transmissão por corrente, chumaceira de viragem por baixo da caixa de carga Capacidade de carga: Esforço para locomoção: 7 Velocidades, Mudanças no cubo traseiro, Multifuncionalidade: Tamanho Reduzido: Não, Aspeto Estético-formal: Veiculo Comprido Preço: 1599€</p>
<p>Mundo Cargo Bike Yuba California, EUA</p>  <p>Figura 9: Mundo Cargo Bike da Yuba</p>	<p>Manobrabilidade: Quadro trapezoidal Peso: Comprimento: Largura: 650mm Estabilidade e Segurança: 3 Rodas 26", travões V-brake Conforto: Selim estofado e com molas Fiabilidade: transmissão por corrente, chumaceira de viragem frontal Capacidade de carga: Esforço para locomoção: Transmissão sistema NuVinci 360 Multifuncionalidade: Grelha traseira, alguns add-ons Tamanho Reduzido: Não Aspeto Estético-formal: Pouco apelativa, Comprida Preço: 1450€</p>
<p>Filibus Kemper Germany</p>  <p>Figura 10: Filibus da Kemper</p>	<p>Manobrabilidade: Cento de massa sobre o eixo frontal, apenas uma roda direcional Peso: 21kg Comprimento: 2000mm Largura: Estabilidade e Segurança: 2 Rodas, frente 20" traseira 26" Travões rollerbrake Conforto: Selim estofado e com molas pneumáticas Fiabilidade: transmissão por corrente, chumaceira de viragem por baixo da caixa de carga Capacidade de carga: 75kg (Frente), 25kg (Atrás) Esforço para locomoção: 8 Velocidades, Mudanças no cubo traseiro, Multifuncionalidade: Limitada Tamanho Reduzido: Não, Aspeto Estético-formal: Preço: 1320€</p>


Anexo C: Classificação dos principais modelos de bicicletas utilitárias


Post Distribution Orbita Agueda, Portugal 	Manobrabilidade	5
	Estabilidade e Segurança	2
	Conforto	5
	Fiabilidade	4
	Capacidade de carga	5
	Esforço para locomoção	5
	Multifuncionalidade	3
	Tamanho Reduzido	4
	Aspeto Estético-formal	3


GNR Orbita Agueda, Portugal 	Manobrabilidade	5
	Estabilidade e Segurança	2
	Conforto	4
	Fiabilidade	4
	Capacidade de carga	2
	Esforço para locomoção	5
	Multifuncionalidade	3
	Tamanho Reduzido	4
	Aspeto Estético-formal	4

Scorbita Triciclo Elétrico Large Orbita Agueda, Portugal 	Manobrabilidade	4
	Estabilidade e Segurança	4
	Conforto	5
	Fiabilidade	4
	Capacidade de carga	4
	Esforço para locomoção	5
	Multifuncionalidade	4
	Tamanho Reduzido	4
	Aspeto Estético-formal	3


h/box Cristiania Bikes Klemensker, Dinamarca 	Manobrabilidade	3
	Estabilidade e Segurança	5
	Conforto	5
	Fiabilidade	4
	Capacidade de carga	5
	Esforço para locomoção	5
	Multifuncionalidade	4
	Tamanho Reduzido	4
	Aspeto Estético-formal	5


Mk1 Butchers & Bicycles Copenhaga, Dinamarca 	Manobrabilidade	5
	Estabilidade e Segurança	5
	Conforto	3
	Fiabilidade	4
	Capacidade de carga	5
	Esforço para locomoção	5
	Multifuncionalidade	4
	Tamanho Reduzido	4
	Aspeto Estético-formal	4

City Babboe Bikes Holanda 	Manobrabilidade	3
	Estabilidade e Segurança	2
	Conforto	5
	Fiabilidade	4
	Capacidade de carga	3
	Esforço para locomoção	5
	Multifuncionalidade	3
	Tamanho Reduzido	1
	Aspeto Estético-formal	2


Tribike Feetz Holanda 	Manobrabilidade	5
	Estabilidade e Segurança	2
	Conforto	5
	Fiabilidade	4
	Capacidade de carga	3
	Esforço para locomoção	5
	Multifuncionalidade	3
	Tamanho Reduzido	4
	Aspeto Estético-formal	2


Zigo Leader Carrier Bike Zigo, Inc South Orange, New Jersey, EUA 	Manobrabilidade	3
	Estabilidade e Segurança	5
	Conforto	3
	Fiabilidade	4
	Capacidade de carga	3
	Esforço para locomoção	2
	Multifuncionalidade	3
	Tamanho Reduzido	4
	Aspeto Estético-formal	4


Madsen Cycles MADSEN kg271 / 2013 / Blue South Salt Lake, EUA 	Manobrabilidade	3
	Estabilidade e Segurança	2
	Conforto	4
	Fiabilidade	4
	Capacidade de carga	3
	Esforço para locomoção	5
	Multifuncionalidade	3
	Tamanho Reduzido	1
	Aspeto Estético-formal	2


The Smallhual Frances Cycles, Joshua Muir, handcrafts bikes Santa Cruz, California, EUA 	Manobrabilidade	4
	Estabilidade e Segurança	2
	Conforto	5
	Fiabilidade	4
	Capacidade de carga	3
	Esforço para locomoção	5
	Multifuncionalidade	3
	Tamanho Reduzido	3
	Aspeto Estético-formal	4


Cabby Gazelle Holanda		Manobrabilidade	3
		Estabilidade e Segurança	2
		Conforto	5
		Fiabilidade	4
		Capacidade de carga	4
		Esforço para locomoção	5
		Multifuncionalidade	3
		Tamanho Reduzido	1
		Aspetto Estético-formal	2


Filibus Kemper Germany		Manobrabilidade	4
		Estabilidade e Segurança	2
		Conforto	4
		Fiabilidade	4
		Capacidade de carga	2
		Esforço para locomoção	3
		Multifuncionalidade	2
		Tamanho Reduzido	1
		Aspetto Estético-formal	2


UTE Kona Ferndale, Washington e Vancouver, British Columbia		Manobrabilidade	3
		Estabilidade e Segurança	2
		Conforto	5
		Fiabilidade	4
		Capacidade de carga	3
		Esforço para locomoção	5
		Multifuncionalidade	3
		Tamanho Reduzido	1
		Aspetto Estético-formal	3


Metrofiets Portland, Oregon		Manobrabilidade	3
		Estabilidade e Segurança	2
		Conforto	5
		Fiabilidade	4
		Capacidade de carga	3
		Esforço para locomoção	4
		Multifuncionalidade	3
		Tamanho Reduzido	1
		Aspetto Estético-formal	2


Long John Monark Suécia		Manobrabilidade	3
		Estabilidade e Segurança	2
		Conforto	5
		Fiabilidade	4
		Capacidade de carga	4
		Esforço para locomoção	4
		Multifuncionalidade	4
		Tamanho Reduzido	1
		Aspetto Estético-formal	4

Flex Nihola Dinamarca 	Manobrabilidade	4
	Estabilidade e Segurança	5
	Conforto	5
	Fiabilidade	4
	Capacidade de carga	5
	Esforço para locomoção	5
	Multifuncionalidade	5
	Tamanho Reduzido	3
	Aspetto Estético-formal	1


Big Dummy Surly EUA 	Manobrabilidade	4
	Estabilidade e Segurança	2
	Conforto	4
	Fiabilidade	4
	Capacidade de carga	3
	Esforço para locomoção	5
	Multifuncionalidade	2
	Tamanho Reduzido	1
	Aspetto Estético-formal	3


Rwanda Coffee Bike Ritchey Design EUA 	Manobrabilidade	4
	Estabilidade e Segurança	2
	Conforto	5
	Fiabilidade	5
	Capacidade de carga	3
	Esforço para locomoção	3
	Multifuncionalidade	3
	Tamanho Reduzido	1
	Aspetto Estético-formal	3

JERNHESTEN Transport bike Copenhaga, Dinamarca 	Manobrabilidade	5
	Estabilidade e Segurança	5
	Conforto	5
	Fiabilidade	4
	Capacidade de carga	4
	Esforço para locomoção	5
	Multifuncionalidade	4
	Tamanho Reduzido	4
	Aspetto Estético-formal	3

Velorbis Dinamarca/Alemanha 	Manobrabilidade	4
	Estabilidade e Segurança	5
	Conforto	5
	Fiabilidade	4
	Capacidade de carga	4
	Esforço para locomoção	5
	Multifuncionalidade	4
	Tamanho Reduzido	4
	Aspetto Estético-formal	4

WorkCycles Amesterdão, Holanda 	Manobrabilidade	3
	Estabilidade e Segurança	5
	Conforto	5
	Fiabilidade	4
	Capacidade de carga	5
	Esforço para locomoção	5
	Multifuncionalidade	5
	Tamanho Reduzido	3
	Aspeto Estético-formal	1

Radish Xtracycle EUA 	Manobrabilidade	5
	Estabilidade e Segurança	2
	Conforto	4
	Fiabilidade	4
	Capacidade de carga	3
	Esforço para locomoção	5
	Multifuncionalidade	2
	Tamanho Reduzido	2
	Aspeto Estético-formal	4

Mundo Cargo Bike Yuba California, EUA 	Manobrabilidade	5
	Estabilidade e Segurança	2
	Conforto	5
	Fiabilidade	4
	Capacidade de carga	3
	Esforço para locomoção	5
	Multifuncionalidade	2
	Tamanho Reduzido	2
	Aspeto Estético-formal	2

Anexo D: FMEA de Conceito

Critérios de avaliação dos Termos Críticos das Falhas:

Quadro 1 - Critérios de avaliação dos Termos Críticos das Falhas.

Critério	Índice de Gravidade	Efeito no cliente
Falha Pouco Significativa	0 1 2	Efeito mínimo Falha dificilmente detetada pelo cliente
Falha Menor	3 4 5	Efeito menor Falha que o cliente notará deterioração no produto
Falha Maior	6 7 8	Efeito maior Deterioração significativa no rendimento do produto
Falha Crítica	9 10	Efeito crítico O produto não desempenhará a sua função, não cumprirá requisitos legais

FMEA Qualitativo do conceito:

Quadro 2 - FMEA Qualitativo do conceito de uma proposta de bicicleta utilitária.

Função / Atividade	Tipo de Falha Potencial	Causa da Falha	Possíveis efeitos das Falhas	Termos Críticos das Falhas	Possíveis ações corretivas ou medidas Preventivas
Comercializar	Fracá aceitação no mercado	Estética pouco apelativa	Prejuízo elevado	Falha Critica (9)	Conceber uma estrutura modular com elementos intermutáveis, Conceber utensílios e acessórios diversificados, Complementar a oferta com add-ins e elementos personalizáveis
		Produto não diferenciado	Prejuízo moderado	Falha Maior (8)	
	Segmentação do mercado	Produto demasiado focado num segmento de mercado	Vendas circunscritas a um grupo limitado de utilizadores	Falha Maior (6)	
Montar /Assemblar	Assemblagem demorada	Conjunto complexo de montar	Baixa produtividade Custos avultados difíceis de justificar no preço final	Falha Critica (9)	Planear módulos simples de montagem fácil e faseada, Criação de moldes e jigs de montagem
	Rejeições e dano frequente durante a assemblagem	Elementos frágeis e quebradiços	Alto índice de rejeições	Falha Maior (7)	Programar zonas de encaixe, zonas de passagem de componentes, ligações aparafusadas
		Ferramentas inadequadas ao produto	Baixa produtividade Alto índice de rejeições	Falha Critica (9)	Seleção de elementos de fixação que utilizem ferramentas domésticas.
Usar e Manobrar	Angulo de viragem insuficiente	Interferência do módulo de transporte com os pedais	Dificuldade em curvar de forma eficaz, Manobras complexas para curvar em espaços exíguos	Falha Critica (10)	Colocar a chumaceira de viragem a uma distância que permita virar sem interferências com os pedais
		Posição da chumaceira de viragem demasiado próxima dos pedais			
	Guiador pesado /perro	Falta de lubrificação	Dificuldade em manobrar	Falha Maior (7)	Utilizar materiais não ferrosos sempre que possível Materiais poliméricos auto-lubrificados
		Rutura num dos casquilhos deslizantes			
Rutura no elemento eixo de viragem					
Fracá visibilidade	Baixa estatura do ciclista	Dificuldade ou incapacidade de condução, Condução pouco segura,	Falha Maior (8)	Conceber sistema de regulação do selim em altura Regulação da inclinação do selim	

	Colocação de cadeira de transporte de crianças numa posição demasiado elevada	Quedas, Colisões	Falha Maior (6)	Colocação do suporte de cargas mais próxima do solo para aumentar a capacidade volumétrica, Colocação do apoio para cadeira de transporte de crianças a uma altura em que esta depois de montada não diminua a visibilidade do ciclista
	Transporte de cargas volumosas			
Estrutura demasiado flexível	Material estrutural demasiado flexível	Manobrabilidade imprecisa Fracca rigidez estrutural Condução pouco segura	Falha Critica (10)	Reforço da estrutura através de formas internas alveolares ou “entrelaçadas”, Incorporação de um elemento metálico no interior da estrutura (Funcionando como esqueleto)
	Estruturas e geometrias de reforço mal dimensionadas			
Guiador muito flexível	Geometria inadequada	Sensação de insegurança Imprecisão na viragem	Falha Critica (9)	Utilizar o encosto traseiro do sistema de transporte como elemento de reforço do sistema de viragem, Reforçar e prolongar o interface dos tubos do guiador com a secção frontal do quadro
	Falta de reforço estrutural			
	Resistência mecânica insuficiente dos materiais			
Dificuldade em vencer pequenos obstáculos	Rodas demasiado pequenas	Colisões constantes com pequenos objetos no solo Danos estéticos e estruturais no quadro e na chumaceira de viragem	Falha Maior (7)	Utilização de rodas frontais de 24” Colocação das rodas a pouca distância do limite frontal da bicicleta
	Baixa altura ao solo			
Rutura estrutural/ quebra do quadro	Carga excessiva	Rutura estrutural Deformação estrutural	Falha Menor (5)	Criar advertências evidentes das limitações do equipamento Criar advertências evidentes de más práticas com o equipamento
	Uso indevido			
	Quadro subdimensionado		Falha Critica (10)	Validação teórica e experimental da geometria selecionada, Validação teórica e experimental dos processos selecionados, Validação teórica e experimental dos materiais selecionados
	Má escolha de materiais			
	Materiais não conformes			
Rutura frequente dos pneus	Pneu de perfil demasiado baixo	Desconforto Furos frequentes Rebentamento	Falha Menor (4)	Dimensionamento da altura e largura dos pneus para as cargas previstas Adequar a tipologia do pneu em função da necessidade do cliente (Criação de variantes ao produto)
	Pneu com fraca resistência a penetração de corpos	Furos frequentes		

		Câmaras-de-ar inadequadas ao peso aplicado	Insegurança Rebentamento		
Andar / Circular/ Conduzir/Usar	Muito Esforço no arranque	Relação de transmissão insuficiente na mudança mais baixa	Fadiga prematura do ciclista Incapacidade de utilização por períodos maiores	Falha Menor (4)	Oferecer um leque alargado de opções de relações de transmissão, Facilitar e promover a personalização/adequação da relação de transmissão pelo utilizador.
		Excesso de carga	Fadiga prematura do ciclista	Falha Menor (2)	Evidenciar os limites do equipamento, Evidenciar os limites do ser humano (Mais sobrejetivo)
	Pedalar com uma cadência elevada para manter a velocidade	Relação de transmissão insuficiente na mudança mais alta	Fadiga prematura do ciclista	Falha Menor (3)	Oferecer um leque alargado de opções de relações de transmissão, Facilitar e promover a personalização/adequação da relação de transmissão pelo utilizador. Tornar a leitura/ percepção desta característica evidente ao utilizador
		Ciclista não faz uso do sistema de mudanças			
Desconforto	Má posição de condução	Excesso de vibrações	Dificuldade em chegar aos pedais, Dores lombares, Dores nos pulsos, Dor no coxix	Falha Maior (8)	Adequação da geometria do guiador, Ajuste da posição do guiador Escolha de um material adequado para o contacto entre o guiador e as mãos do ciclista Ajuste do selim em altura e inclinação Adequar a tipologia de selim ao utilizador
		Selim desconfortável			
		Ajuste em altura do selim Insuficiente ou inadequado			
Parar/Travar	Dificuldade em reduzir a velocidade	Sistema de travagem subdimensionado	Dificuldade em travar Colisões Quedas	Falha Critica (10)	Evitar a passagem dos cabos por geometrias que forcem a formação de ângulos acentuados Promover a manutenção preventiva, Escolha de componentes comprovados e fiáveis
		Falta de lubrificação dos cabos			
	Dificuldade em imobilizar	Fadiga das pastilhas de travão			
		Oxidação nos cabos de travão			
		Desgaste acentuado nos discos de travão		Falha Critica (9)	
		Rutura nos cabos de travão	Colisões Quedas		

	Incapacidade de permanecer imobilizado	Desgaste total das pastilhas de travão Oxidação nos cabos de travão Falha/ rutura nos discos de travão	Movimento indesejado			
Estacionar	Movimento indesejado	Falta de dispositivo de parque (Ex. travão de mão)	Queda ao montar a bicicleta Colisão com outros objetos	Falha Critica (9)	Inclusão de um travão de parque ou adição de patilha de bloqueio na manete de travão frontal	
	Dificuldade em “montar no selim”	Não imobilização da bicicleta	Queda ao montar a bicicleta			
		Altura do selim ao solo elevada e sem afinação	Incapacidade de montar corretamente	Falha Menor (5)	Dotar o selim de regulação em altura e inclinação	
		Geometria do quadro dificulta a operação	Dificuldade de passar uma das pernas para o lado oposto do quadro	Falha Maior (7)	Adoção de quadro em arco com trave deligação ao módulo frontal junto ao solo	
Acondicionar a carga	Cargas escorregam e/ou caem	Acondicionamento deficiente das cargas Superfície deslizante	Quedas e danos da carga Ferimentos em pessoas Despistes Colisões	Falha Maior (8)	Incorporação de uma superfície antiderrapante na caixa de transporte, Inclusão sistema de acondicionamento de cargas por pontos de encaixe e rede elástica, Aumento da capacidade volumétrica Aproximação da caixa ao solo	
	Cargas diminuem a visibilidade	Cargas mal acondicionadas Cargas não previstas no uso normal da bicicleta				
Pedalar	Não transmite movimento à roda	Rutura da corrente de transmissão	Imobilização	Falha Menor (5)	Selecionar a corrente adequada, Facilitar a substituição da corrente Programar pontos para a lubrificação das partes Elaboração de um plano de manutenção programada	
		Falha no cubo (Cubo com mudanças) da roda de tração	Imobilização Apenas uma velocidade de marcha	Falha Maior (7)		
	Apenas um pedal transmite movimento	Anomalia no sistema desviador de eixo dos pedais	Imobilização Inoperância	Falha Maior (8)	Falha Critica (10)	Correto dimensionamento das engrenagens, Seleção dos materiais em função das cargas aplicadas, Facilitar a manutenção preventiva destes elementos,
		Rutura nos elementos do sistema desviador de eixo dos pedais				
Exige muito esforço	Oxidação na corrente	Dificuldade em pedalar Perca de eficiência,	Falha Menor (3)		Incorporação de pontos de lubrificação,	
	Lubrificação insuficiente					

		Anomalia no cubo (Cubo com mudanças) da roda de tração	Rutura da corrente Dano no carreto	Falha Maior (8)	Informação inequívoca do plano de manutenção.
	É muito ruidoso	Oxidação na corrente Lubrificação insuficiente	Incomodo, Desgaste prematuro da corrente	Falha Menor (3)	
Arrumar a bicicleta	Difícil de arrumar	Muito volumoso	Impossibilidade de guardar dentro de casa, Ocupa muito espaço	Falha Menor (2)	Conceber sistemas que permitam compactar a bicicleta (Dobrar partes/Subconjuntos), Dotar da possibilidade de desmontar/retirar subconjuntos
		Instável	Bicicleta tomba, Dano sobre outros objetos ou pessoas	Falha Maior (7)	Sistema de bloqueio das rodas Rever Centro de gravidade
Manter/ Cuidar	Difícil trocar componentes devido a desgaste	Operações que exigem ferramentas especiais e de acesso restrito	Manutenção dispendiosa, Manutenção especializada, Inutilização da bicicleta, Inviabilidade económica da reparação,	Falha Maior (8)	Projetar alojamentos de fácil acesso, Peças que se desmontem com ferramentas domesticas, Desmontagem fácil e intuitiva.
		Operações que exigem perícia na execução			
	Aparência desagradável	Danos devido aos elementos climáticos	Descoloração Rutura/ fissuração estrutural (Material torna-se quebradiço) Oxidação	Falha Menor (5) Falha Critica (10)	Aditivos para melhorar a prestação dos polímeros em relação à radiação UV
Instalar/Trocar Acessórios de cargas	Acessórios difíceis de desmontar	Folga excessiva nas calhas de montagem	Acessórios ficam soltos, Desgaste ou rutura prematura dos sistemas de fixação, Acessórios danificam o acabamento da estrutura ao montar, Lesões nas mãos,	Falha Maior (8)	Prever zonas para o manuseamento e/ou montagem dos acessórios (pegas, pinos, etc...)
		Desalinhamentos/ Empenos no conjunto de fixação			Eliminar desalinhamentos nas calhas de montagem
		Acessórios demasiado pesados			Melhorar sistema de fixação

Anexo E: Gráficos comparativos de polímeros

Gráfico 1: Preço dos Polímeros do Grupo Pré-selecionado (CES EduPack 2011)



Gráfico 2: Densidade dos Polímeros do Grupo Pré-selecionado (CES EduPack 2011)

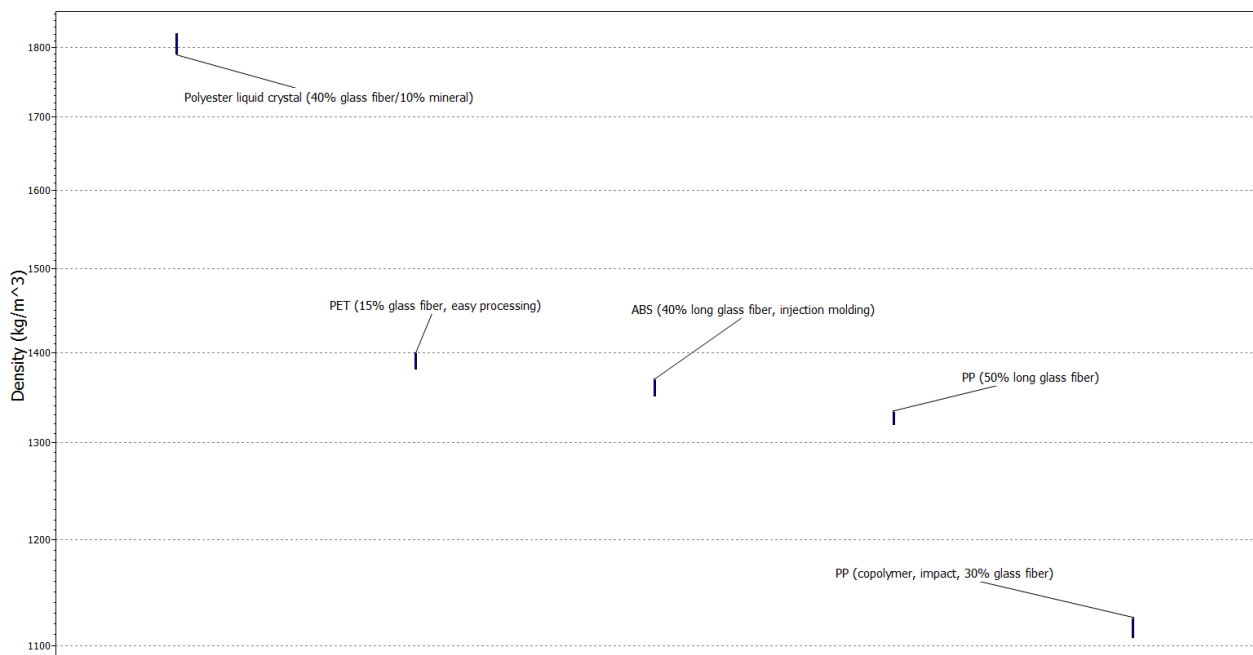


Gráfico 3: Limite elástico Vs. Preço (Grupo Pré-selecionado) (CES EduPack 2011)

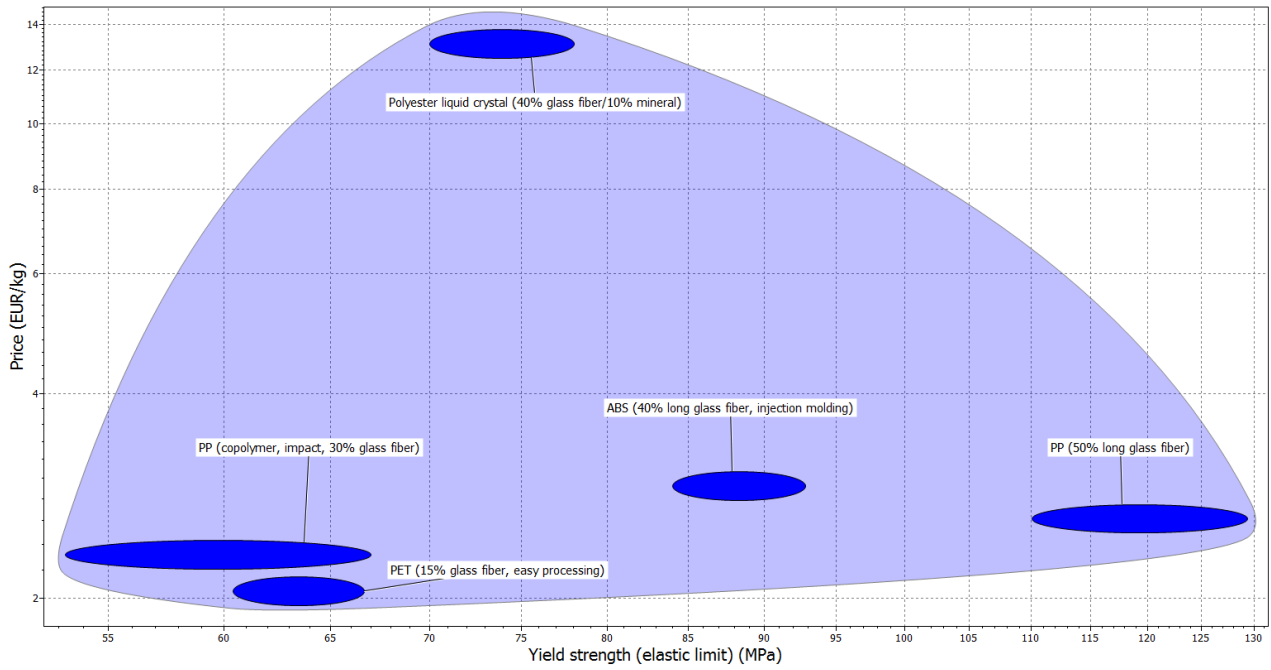


Gráfico 4: Resistência à Tração Vs. Preço (Grupo Pré-selecionado) (CES EduPack 2011)

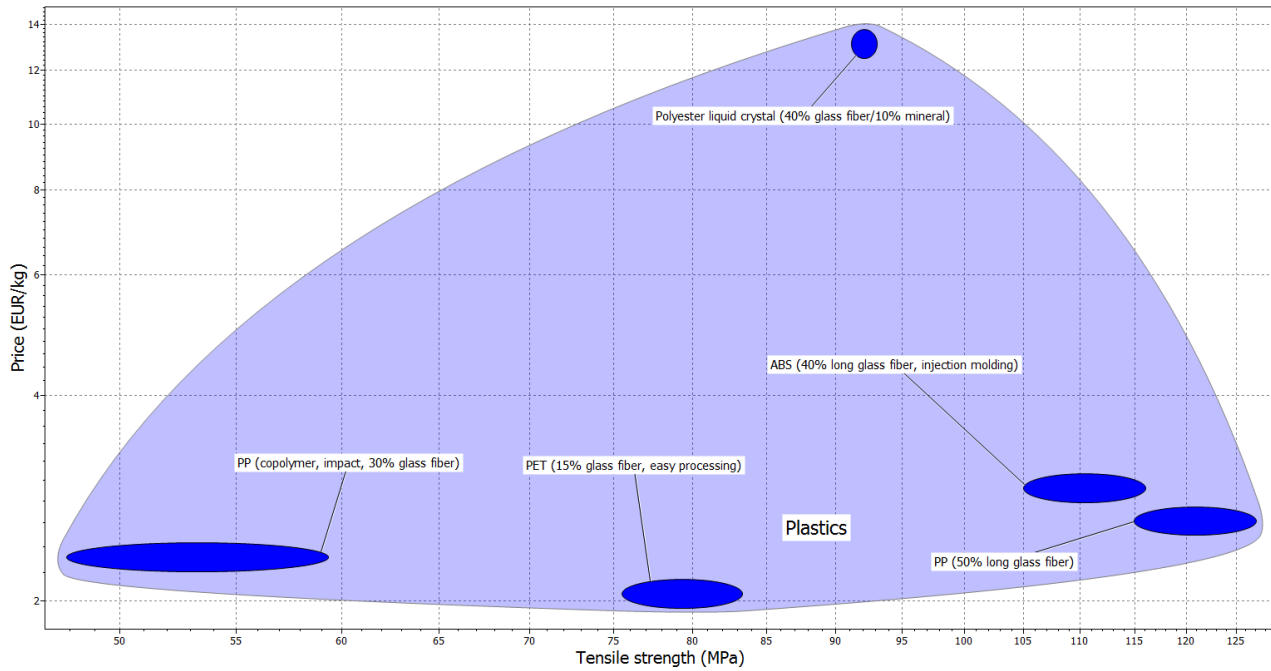


Gráfico 5: Módulo de Cisalhamento Vs. Preço (Grupo Pré-selecionado) (CES EduPack 2011)

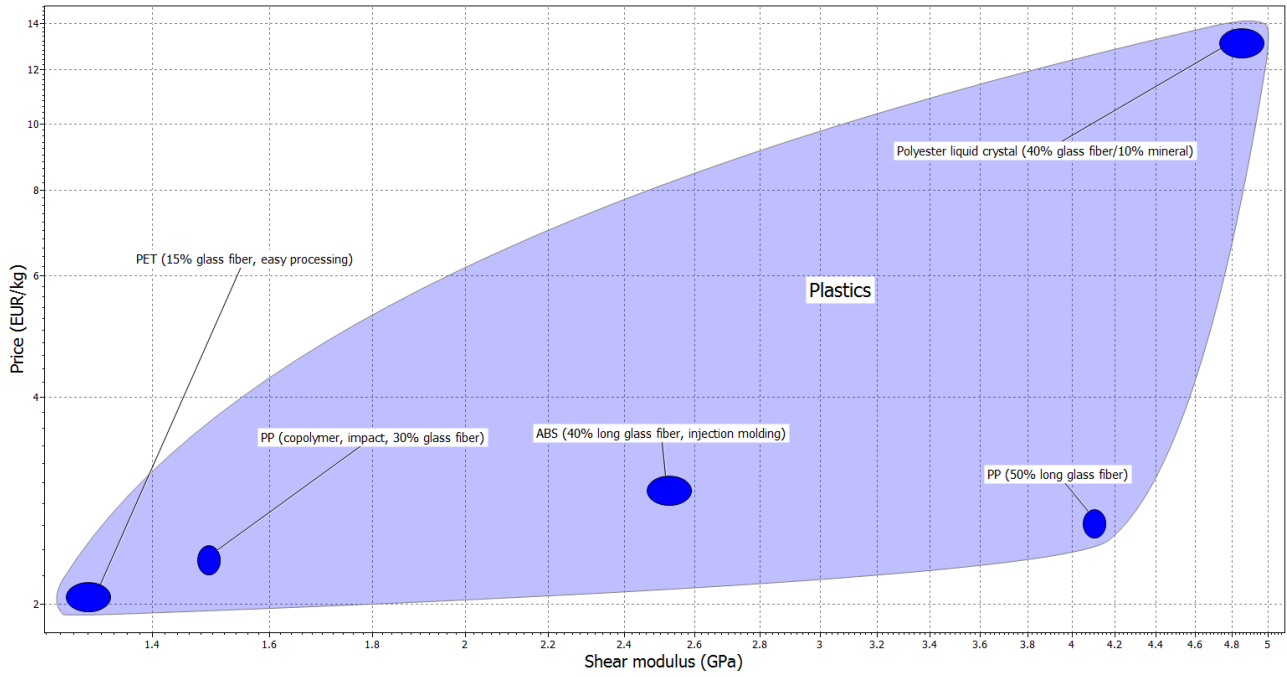


Gráfico 6: Fator de Forma Vs. Preço (Grupo Pré-selecionado) (CES EduPack 2011)

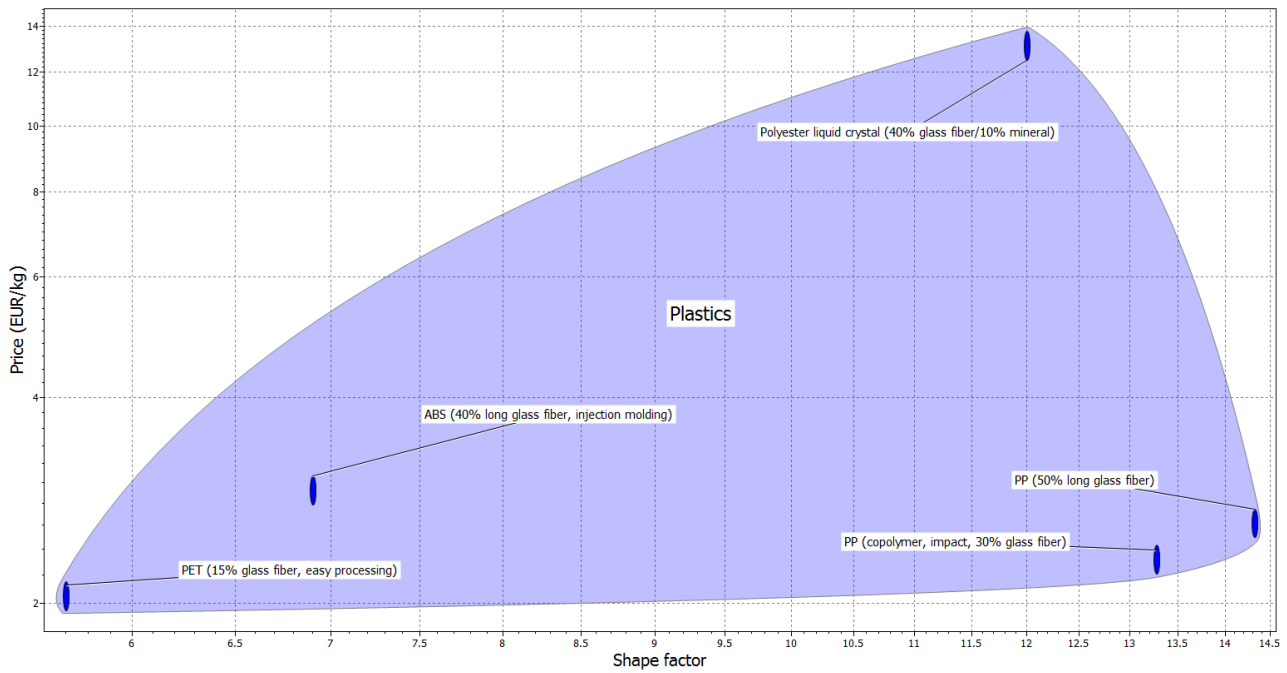


Gráfico 7: Resistência à Fadiga Vs. Preço (Grupo Pré-selecionado) (CES EduPack 2011)

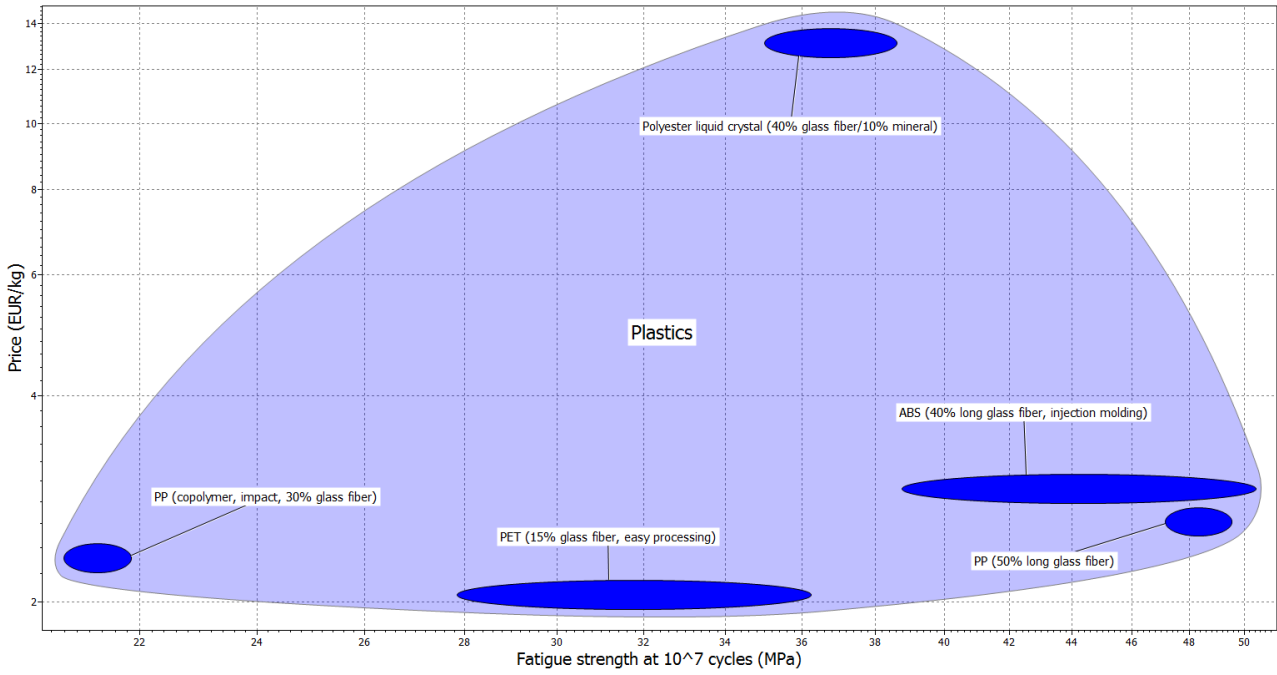
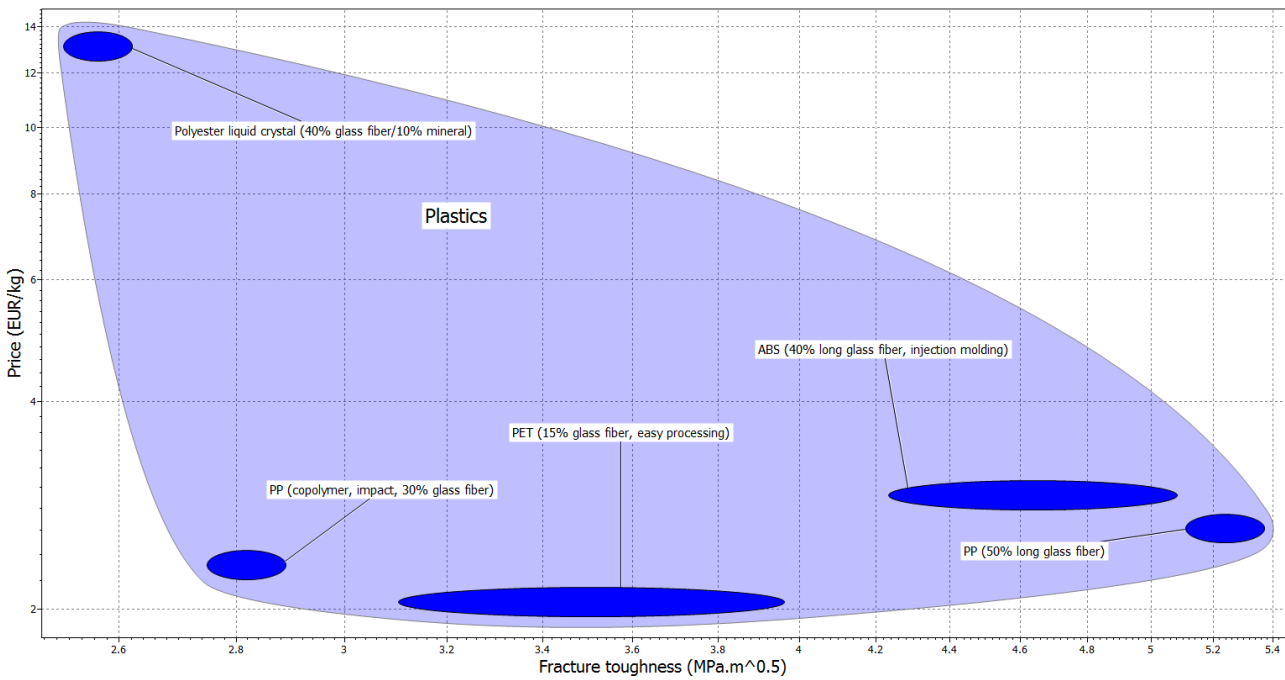


Gráfico 8: Resistência à Fratura Vs. Preço (Grupo Pré-selecionado) (CES EduPack 2011)



Anexo F: Resumo de ensaios CAE FAE

Ensaio 1:

Pressupostos do ensaio 1:

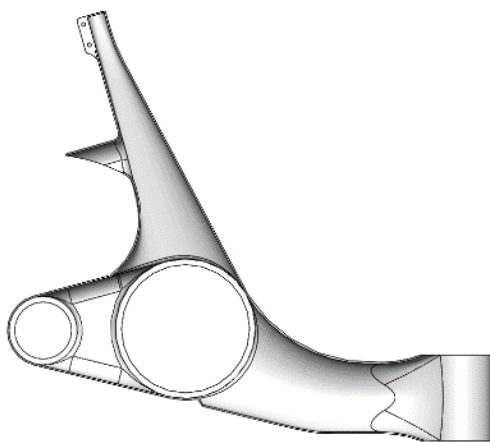
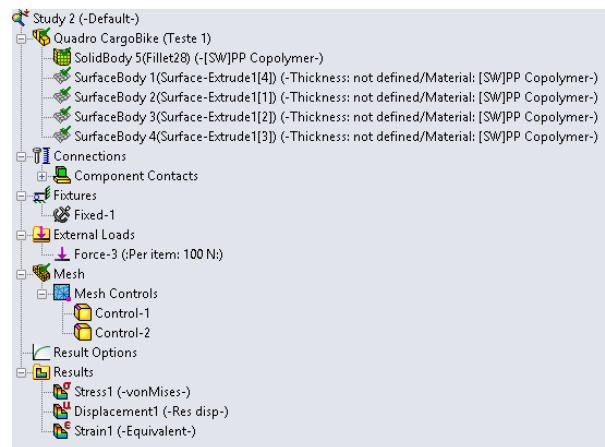


Figura 1 – Casca estrutural com 3mm de espessura



O primeiro ensaio tem como objetivo principal uma avaliação primária das propriedades mecânicas da casca exterior, sem a adição de qualquer geometria de reforço.

Assim, considerando apenas uma casca com uma espessura constante de 3mm, foi aplicada uma carga pontual de 100N sobre o poste de suporte do selim, e ao mesmo tempo, considerou-se o alojamento da chumaceira de direção como uma zona encastrada.

Com esta simulação não se pretende uma aproximação à realidade dos esforços aplicados sobre a estrutura, mas sim avaliar o comportamento da mesma como se esta se tratasse de uma viga encastrada.

Mesh Details	
Study name	Study 2 (-Default-)
Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used	Standard mesh
Automatic Transition	Off
Include Mesh Auto Loops	Off
Jacobian points	4 points
Mesh Control	Defined
Element size	30.6454 mm
Tolerance	0.766134 mm
Mesh quality	High
Total nodes	70237
Total elements	34804
Maximum Aspect Ratio	122.79
Percentage of elements with Aspect Ratio < 3	8.85
Percentage of elements with Aspect Ratio > 10	0.477
% of distorted elements (Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss)	00:00:37
Computer name	...

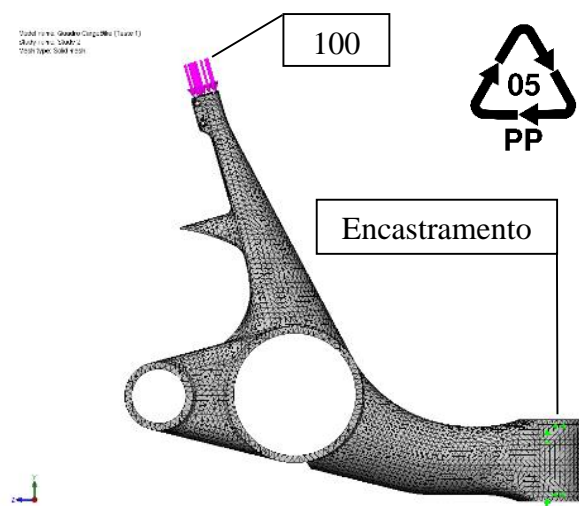
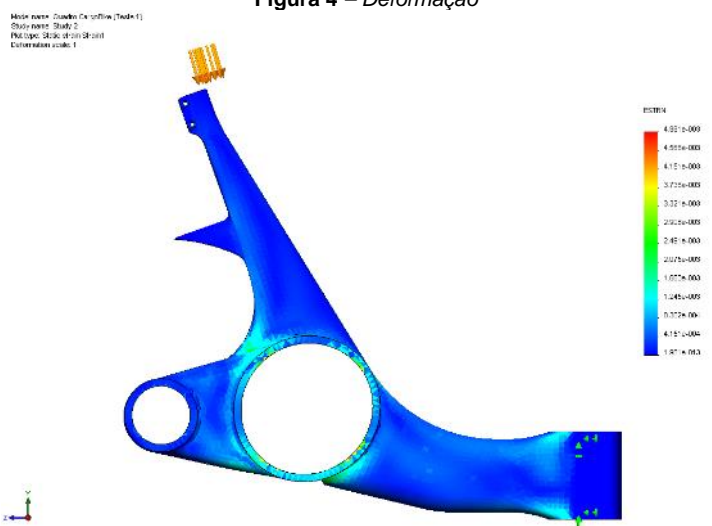
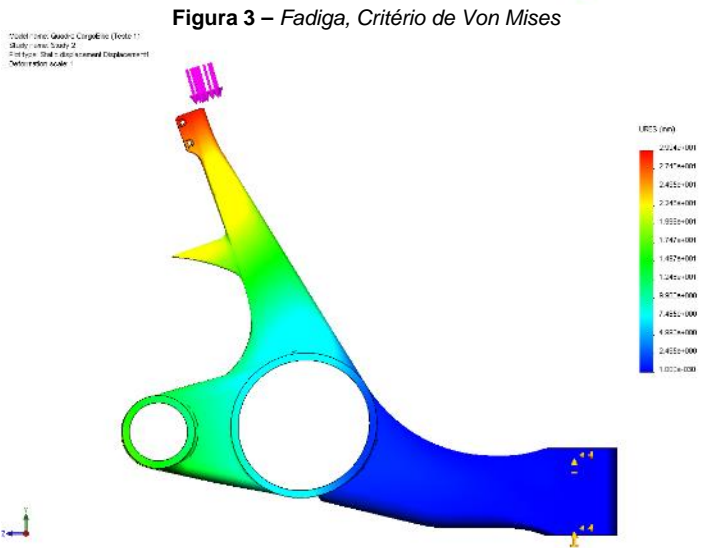
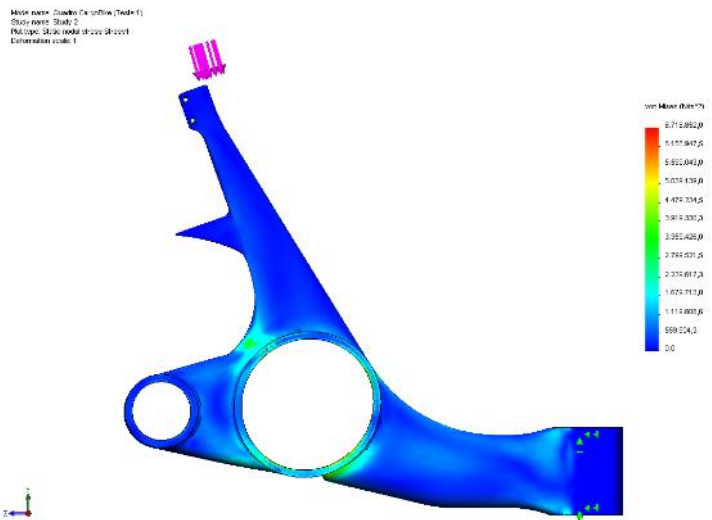


Figura 2 – Aplicação de malha ao elemento estrutural

Sumário dos resultados do ensaio 1:



Matéria-Prima: PP copolímero genérico

Cargas: Uma pontual de 100N sobre o poste do selim

Fixação: Encastramento na chumaceira de direção

Fadiga máxima: $6,72 \times 10^6 \text{ N/m}^2$

Deslocamento máximo: 29,9mm

Tensão equivalente: $4,98 \times 10^3$

Ensaio 2:

Pressupostos do ensaio 2:

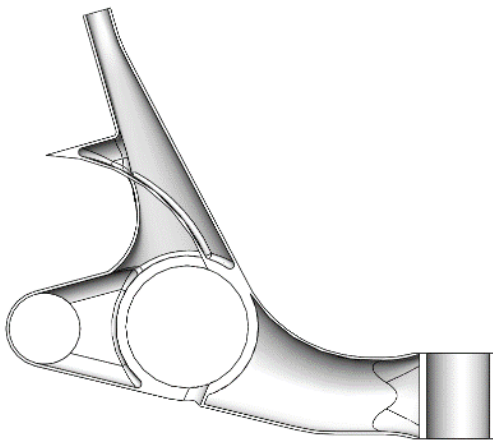
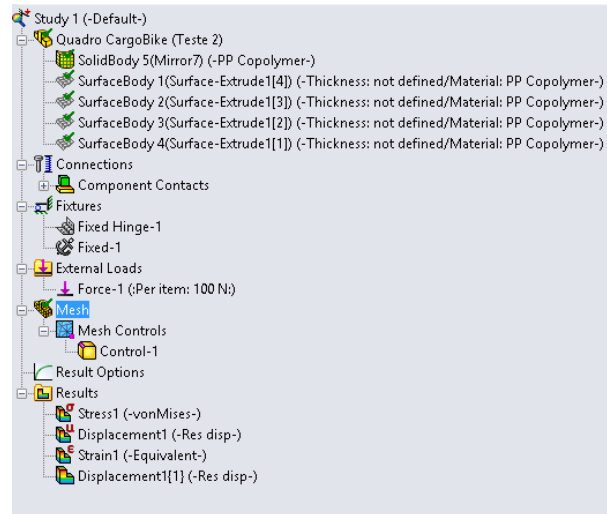


Figura 6 – Casca estrutural com os primeiros elementos de reforço



O segundo ensaio realiza-se em condições bastante semelhantes ao primeiro, no entanto, são adicionados os primeiros elementos de reforço.

Este ensaio permite quantificar e perceber o impacto que pequenas alterações geométricas poderão produzir no desempenho global da estrutura.

Neste ensaio foram introduzidas três alterações, a introdução de uma nervura da espessura da casca, que desempenhará não só uma função estrutural mas também a de guarda-lamas, e a criação de tubos, tanto na zona de alojamento do mecanismo de transmissão como na zona da chumaceira de direção.

Mesh Details	
Study name	Study 1 (-Default-)
Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used	Standard mesh
Automatic Transition	Off
Include Mesh Auto Loops	Off
Jacobian points	4 points
Mesh Control	Defined
Element size	40.4342 mm
Tolerance	2.02171 mm
Mesh quality	High
Total nodes	103066
Total elements	55867
Maximum Aspect Ratio	38.844
Percentage of elements with Aspect Ratio < 3	72.3
Percentage of elements with Aspect Ratio > 10	1.02
% of distorted elements (Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss)	00:00:21
Computer name	24

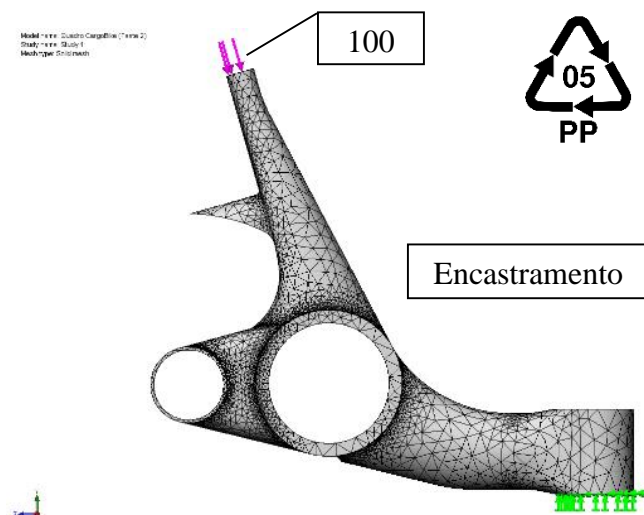


Figura 7 – Aplicação de malha ao elemento estrutural

Sumário dos resultados do ensaio 2:

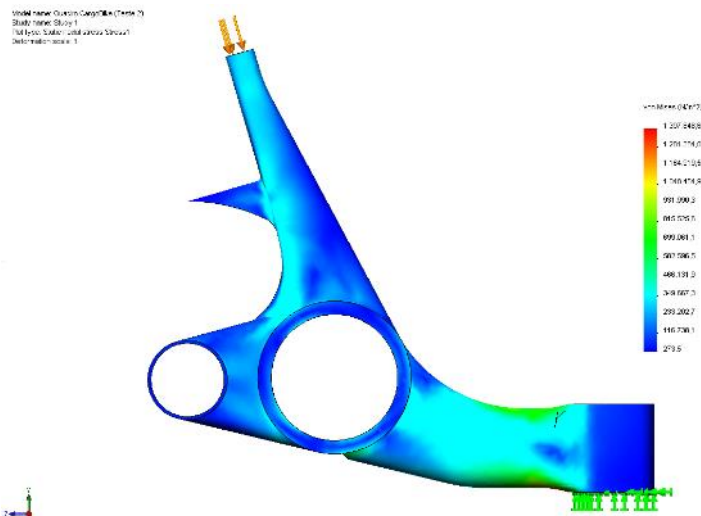


Figura 8 – Fadiga, Critério de Von Mises

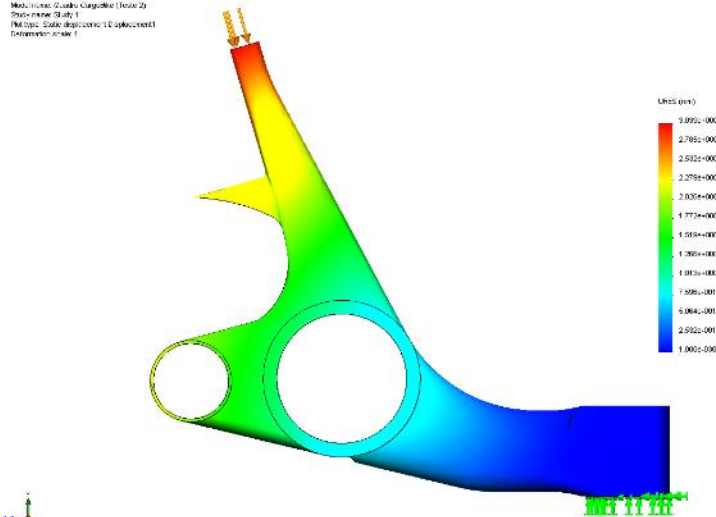


Figura 9 – Deformação

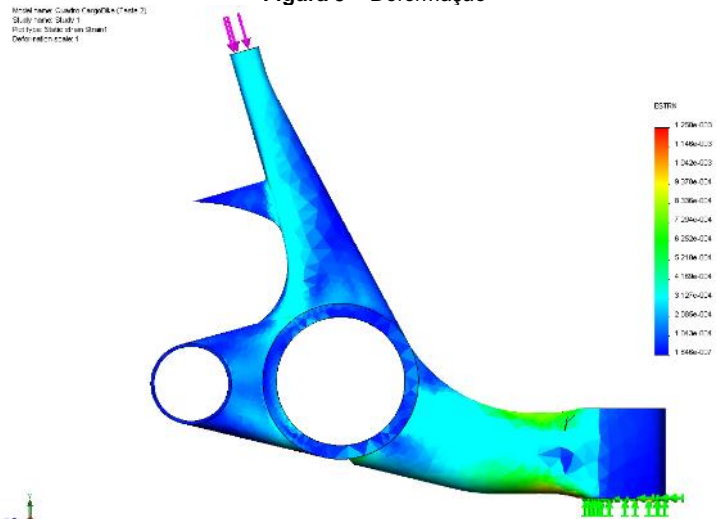


Figura 10 – Tensão equivalente

Matéria-Prima: PP copolímero genérico

Cargas: Uma pontual de 100N sobre o poste do selim

Fixação: Encastramento na chumaceira de direção

Fadiga máxima: $1,39 \times 10^6$ N/m²

Deslocamento máximo: 3,04 mm

Tensão equivalente: $1,25 \times 10^{-3}$

Ensaio 3:

Pressupostos do ensaio 3:

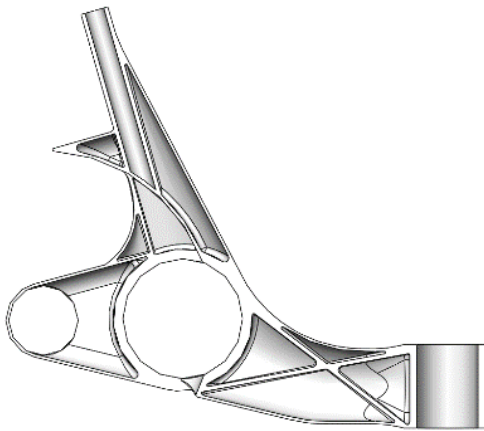
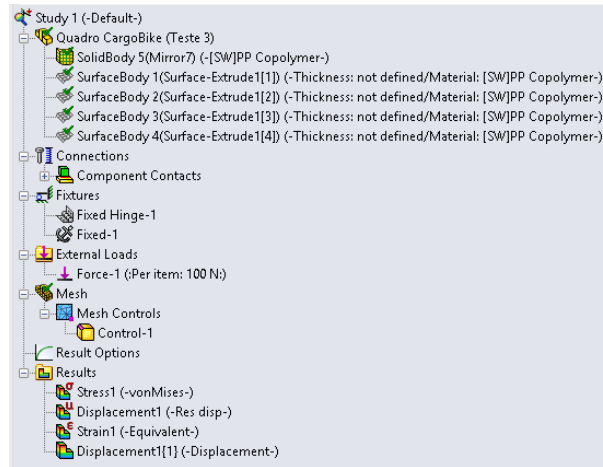


Figura 11 – Casca estrutural com elementos de reforço



Este ensaio introduz elementos puramente de reforço. São colocados “ribs”, com a disposição de uma treliça no tramo de união do alojamento do mecanismo de transmissão com o alojamento da chumaceira de direção, e é ainda, reforçado com um “rib” o poste do selim.

Neste ensaio ainda com uma carga muito reduzida, igual à utilizada nos ensaios anteriores, pretende-se obter uma comparação efetiva com os resultados já obtidos. Esta abordagem permite extrapolar hipóteses que possam introduzir na estrutura alterações que lhe permitam suportar as cargas pretendidas.

Mesh Details	
Study name	Study 1 (-Default-)
Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used	Standard mesh
Automatic Transition	Off
Include Mesh Auto Loops	Off
Jacobian points	4 points
Mesh Control	Defined
Element size	42.2712 mm
Tolerance	2.11356 mm
Mesh quality	High
Total nodes	278802
Total elements	165422
Maximum Aspect Ratio	53.842
Percentage of elements with Aspect Ratio < 3	81.8
Percentage of elements with Aspect Ratio > 10	1.07
% of distorted elements (Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss)	00:00:48
Computer name	284

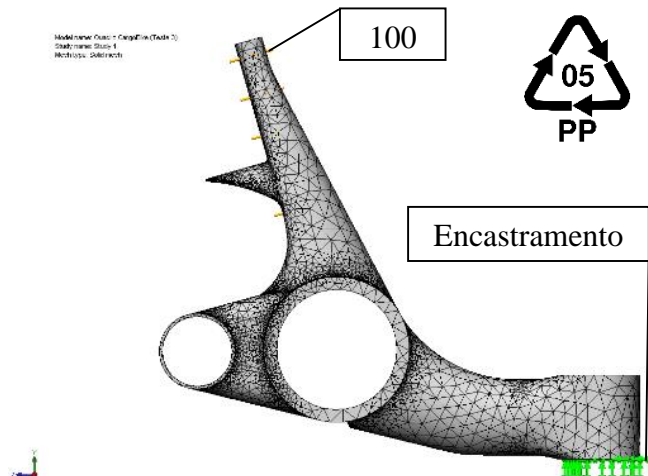


Figura 12 – Aplicação de malha ao elemento estrutural

Sumário dos resultados do ensaio 3:

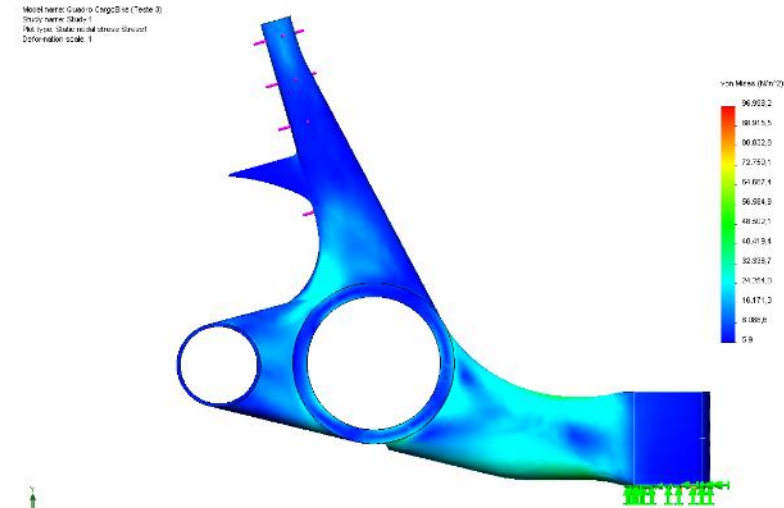


Figura 13 – Fadiga, Critério de Von Mises

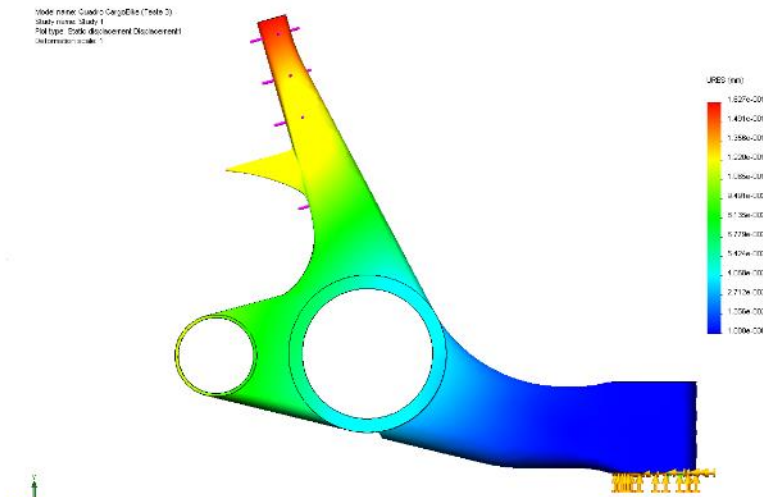


Figura 14 – Deformação

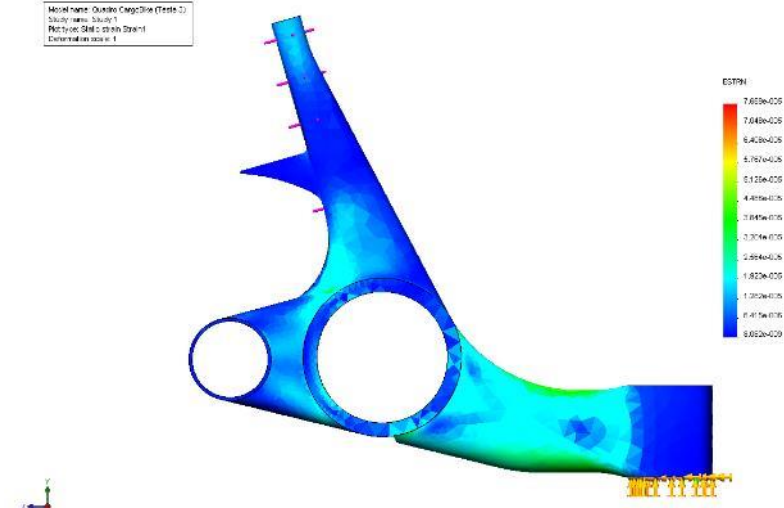


Figura 15 – Tensão equivalente

Matéria-Prima: PP copolímero genérico

Espessura da casca exterior: 3mm

Espessura dos "Ribs": 6mm

Cargas: Uma distribuída de 100N sobre o alojamento do poste do selim

Fixação: Encastramento na chumaceira de direção

Fadiga máxima: $96,99 \times 10^3 \text{ N/m}^2$

Deslocamento max.: 0,162 mm

Tensão equivalente: $7,68 \times 10^{-5}$

Ensaio 6:

Pressupostos do ensaio 6:

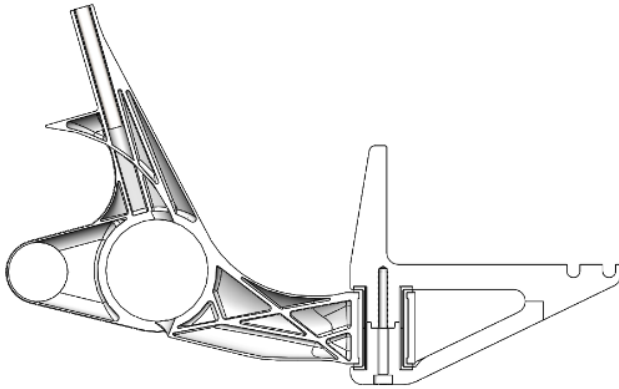
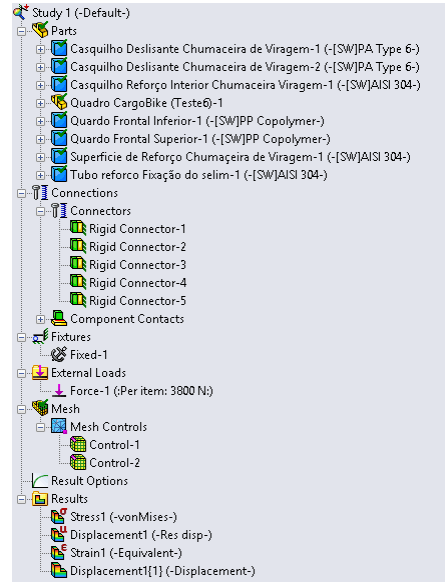


Figura 16 – Casca estrutural com elementos de reforço



Este ensaio aborda a estrutura de uma forma mais completa. Foram considerados os elementos complementares do quadro, nomeadamente os componentes frontais da estrutura, o tubo de reforço do poste do selim, o casquilho de reforço da chumaceira de direção, e ainda, os casquilhos deslizantes que pretendem substituir a utilização de rolamentos.

Este ensaio introduz o conceito de conjunto, pois considera os restantes componentes funcionais do quadro. Esta mudança de abordagem tem o intuito de colocar as cargas e prever as reações nas localizações mais próximas das encontradas num modelo real.

Nesta fase apenas será analisado o comportamento mecânico do quadro, pois todos os restantes elementos serão considerados indeformáveis, apenas servindo de suporte às cargas aplicadas transferindo-as diretamente para a estrutura em análise.

Mesh Details	
Study name	Study 1 (-Default-)
Mesh type	Mixed Mesh
Mesher Used	Standard mesh
Automatic Transition	Off
Include Mesh Auto Loops	Off
Jacobian points	4 points
Jacobian check for shell	On
Mesh Control	Defined
Element size	13.2704 mm
Tolerance	0.663518 mm
Mesh quality	High
Total nodes	258985
Total elements	149796
Remesh failed parts with incompatible mesh	On
Time to complete mesh(hh:mm:ss)	00:08:09
Computer name	

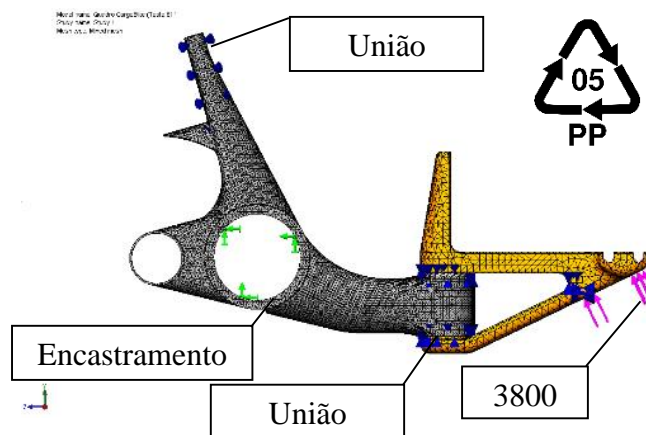


Figura 17 – Aplicação de malha aos elementos da estrutura

Sumário dos resultados do ensaio 6:

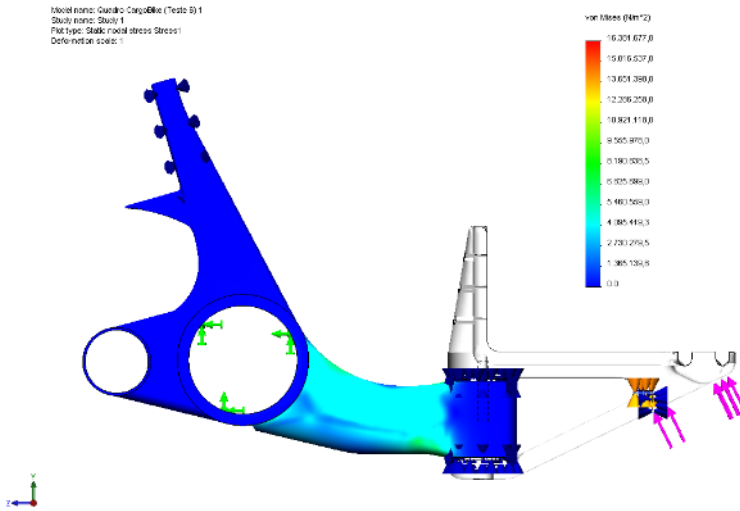


Figura 18 – Fadiga, Critério de Von Mises

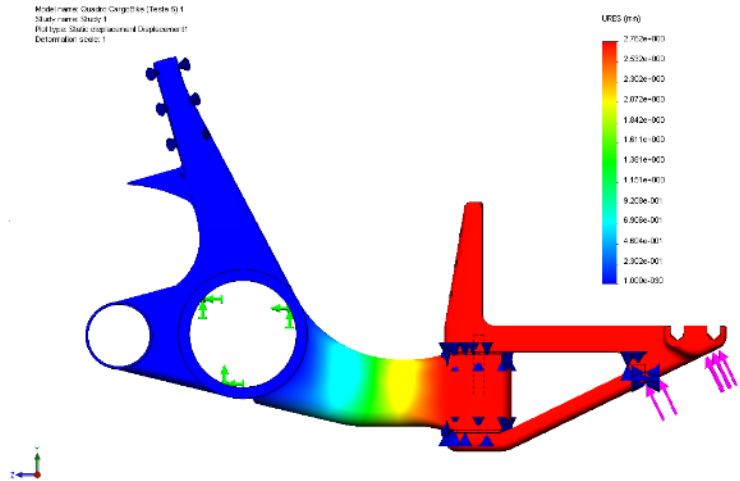


Figura 19 – Deformação

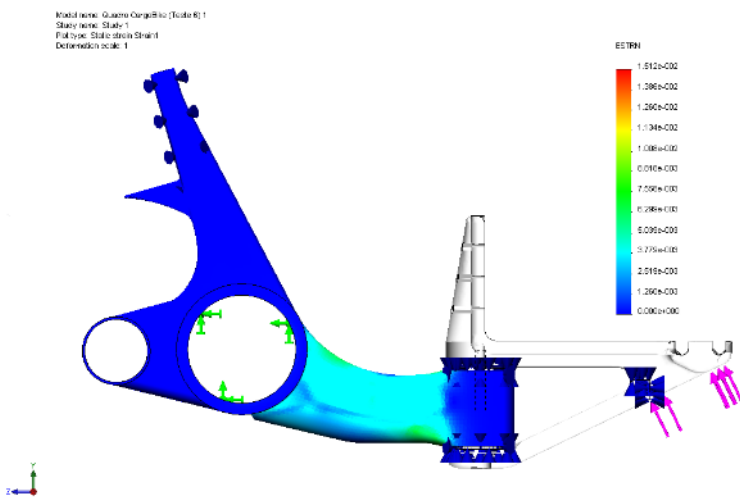


Figura 20 – Tensão equivalente

Matéria-Prima: PP copolímero genérico

Espessura da casca exterior: 6mm

Espessura dos “Ribs”: 6mm

Cargas: Uma pontual de 3800N sobre o módulo frontal

Fixação: Encastramento do alojamento da transmissão

Ligações rígidas:

Tubo de reforço do poste do selim
Casquilho de reforço da chumaceira de direção

Elementos indeformáveis:

Módulo Frontal,
Tubo de suporte do selim,
Casquilho de reforço da chumaceira da direção

Fadiga máxima: $16,38 \times 10^6$ N/m²

Deslocamento máximo: 2,76 mm

Tensão equivalente: $1,51 \times 10^2$

Ensaio 8:

Este ensaio marca mais um momento de viragem e reequacionamento de abordagens. A figura 26 ilustra uma tentativa de simulação, utilizando um grande número dos componentes da bicicleta, no entanto, mesmo apenas considerando o quadro como o elemento deformável, este conjunto demonstrou-se bastante exigente ao nível de recursos computacionais, obrigando ao abandono desta abordagem, após várias tentativas de simulação que não foram bem-sucedidas devido às limitações do hardware utilizado.

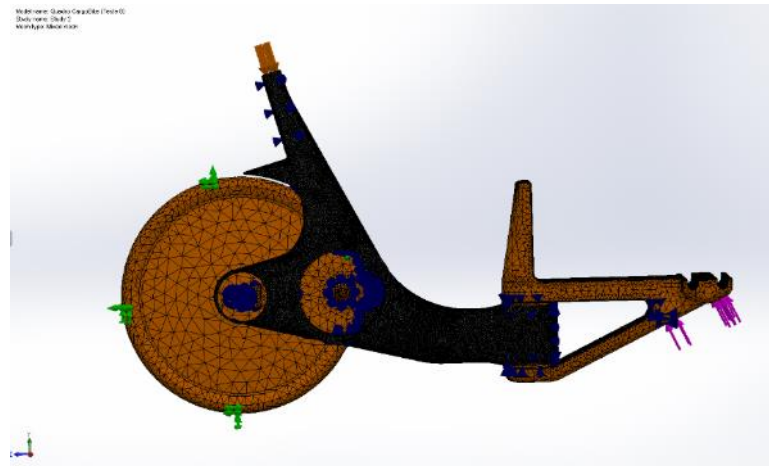


Figura 21 – Aplicação de malha aos elementos da estrutura

Ensaio 9:

Após a experiência adquirida no ensaio anterior, tornou-se evidente que seria necessário reequacionar a abordagem utilizada, e ao mesmo tempo, aproximar os ensaios das condições reais a que o objeto de estudo deverá estar sujeito.

Nesse sentido, torna-se imperativo simplificar o modelo sem sacrificar a qualidade dos resultados obtidos. Assim, as opções tomadas foram no sentido da simplificação. Com o recurso a duas novas ferramentas ainda não exploradas, a primeira designada por “simetria”, foi possível ignorar a parte simétrica do modelo, efetuando apenas o cálculo a metade do modelo e considerando o restante como igual à parte calculada, e uma segunda ferramenta, “cargas remotas” (figura 28), que permite introduzir o valor, localização, sentido das reções e cargas previstas nas rodas frontais.

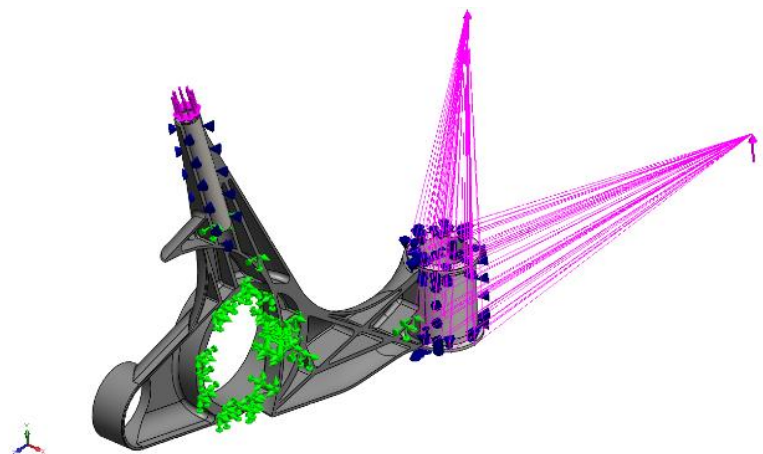
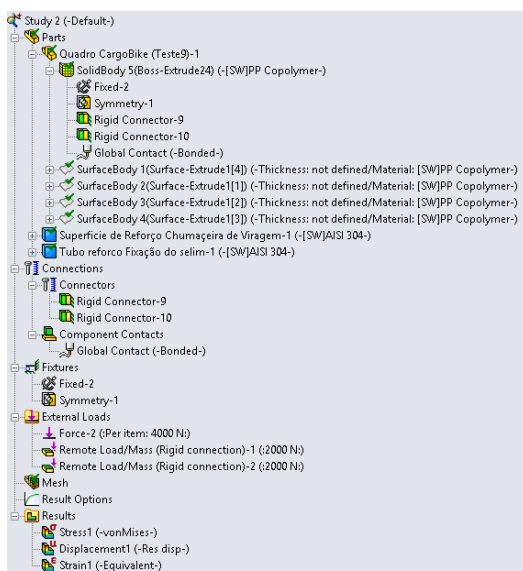


Figura 22 – Abordagem simplificada

Pressupostos do ensaio 9:

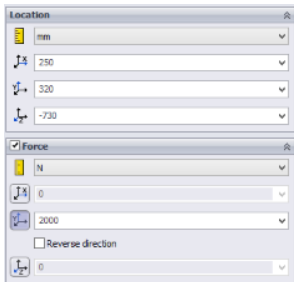


Figura 23 – Atribuição de cargas remotas

Para além das ferramentas introduzidas, com esta nova abordagem, foram também introduzidas alterações morfológicas no quadro. Esta alteração surge como um redesenho do alojamento do mecanismo de transmissão, que passa a incorporar funções que estavam atribuídas a outros componentes. Esta opção apresenta bastantes vantagens, tanto ao nível estrutural como no fabrico e montagem da bicicleta.

O redesign do alojamento acrescenta uma secção de material, que poderá efetivamente reforçar uma das zonas mais frágeis da estrutura.

Nesta análise o foco do estudo permanece no quadro. Assim, todos os elementos metálicos de reforço, são novamente considerados indeformáveis com o intuito de racionalizar os recursos de “hardware” e o tempo despendido em cálculo.

O Sistema será encastrado nas superfícies interiores do alojamento do mecanismo de transmissão, esta decisão é justificada pelo facto de estas superfícies ficarem permanentemente unidas aos braços que suportam a roda traseira.

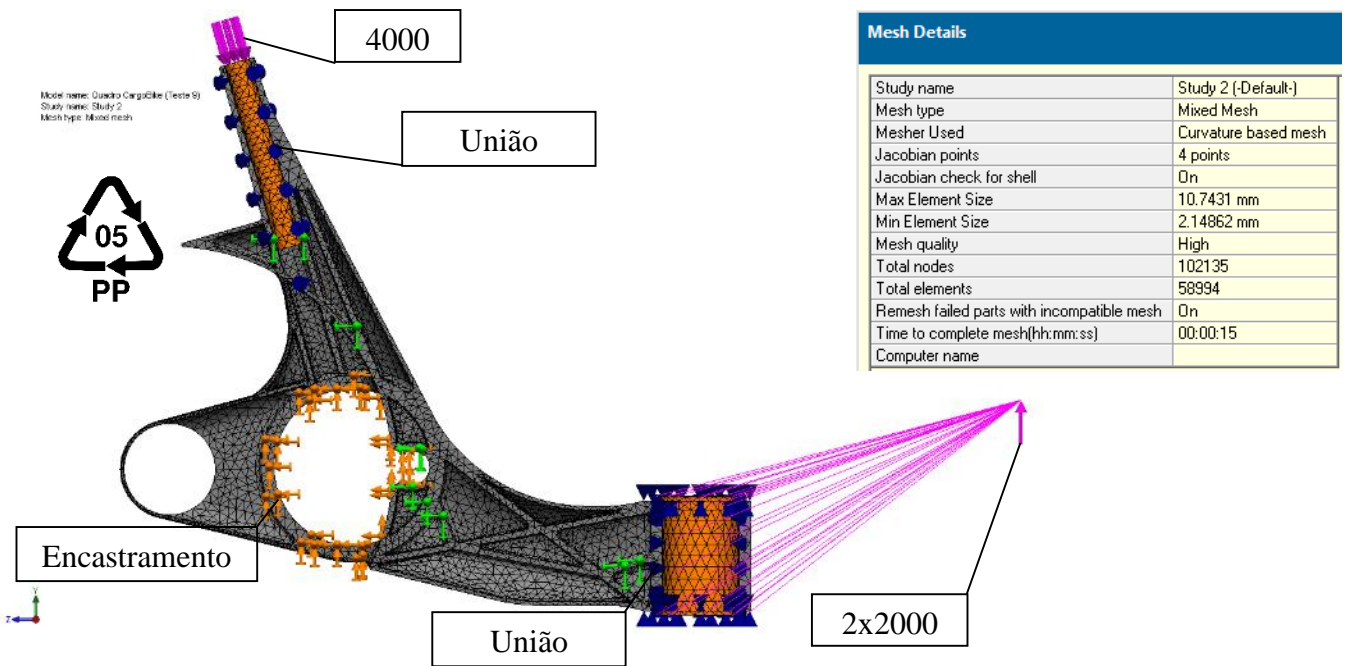


Figura 24 – Aplicação de malha aos elementos da estrutura

Sumário dos resultados do ensaio 9:

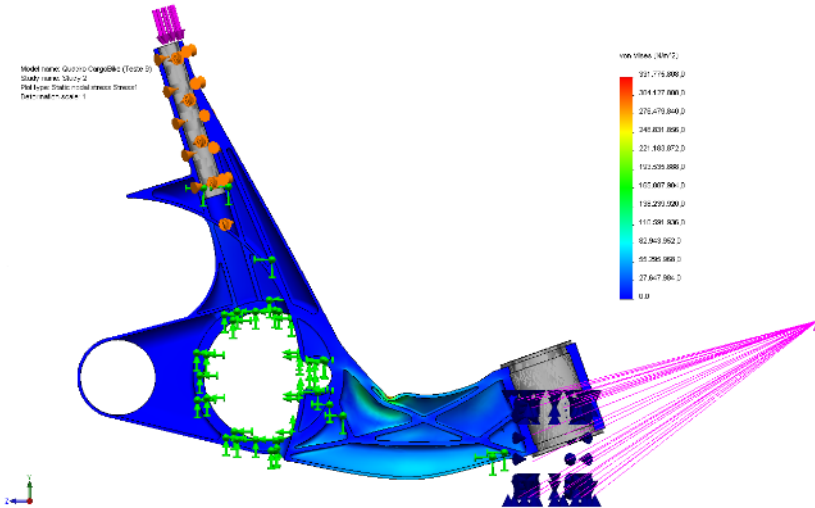


Figura 25 – Critério de Von Mises

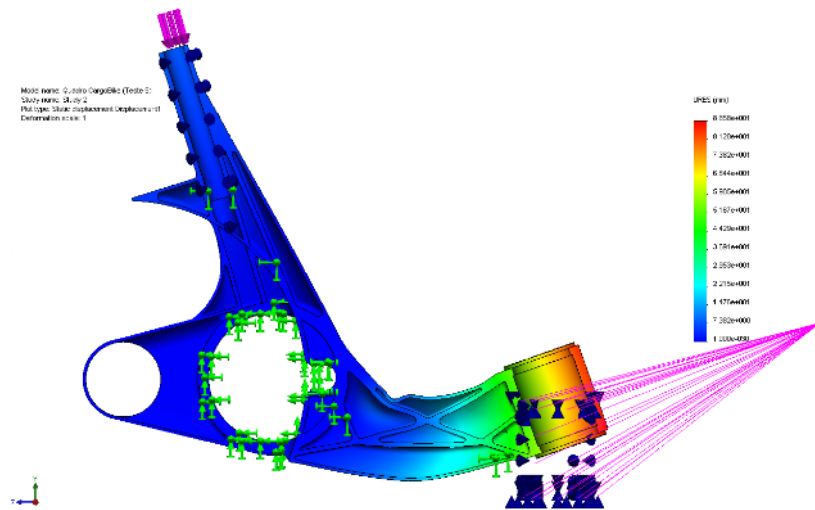


Figura 26 – Deformação

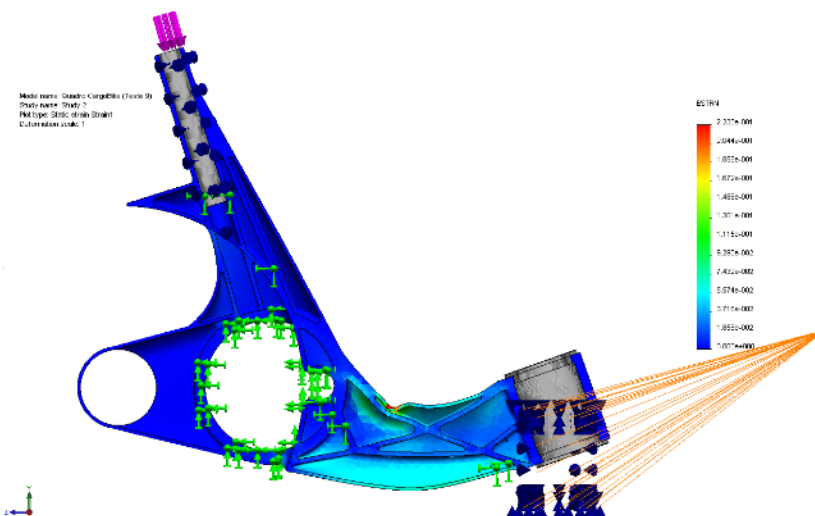


Figura 27 – Tensão equivalente

Matéria-Prima: PP copolímero genérico

Espessura da casca exterior: 6mm

Espessura dos “Ribs”: 6mm

Cargas:

Uma carga pontual de 4000N sobre o poste do selim
 Duas Cargas remotas de 2000N cada simulando o efeito das reações das rodas sobre a chumaceira de direção

Fixação: Encastramento do alojamento da transmissão

Ligações rígidas:

Tubo de reforço do poste do selim
 Casquilho de reforço da chumaceira de direção

Elementos indeformáveis:

Tubo de suporte do selim,
 Casquilho de reforço da chumaceira da direção

Fadiga max.: $331,775 \times 10^6 \text{ N/m}^2$

Deslocamento max.: 88,5 mm

Tensão equivalente: $2,23 \times 10^{-1}$

Ensaio 11:

Pressupostos do ensaio 11:

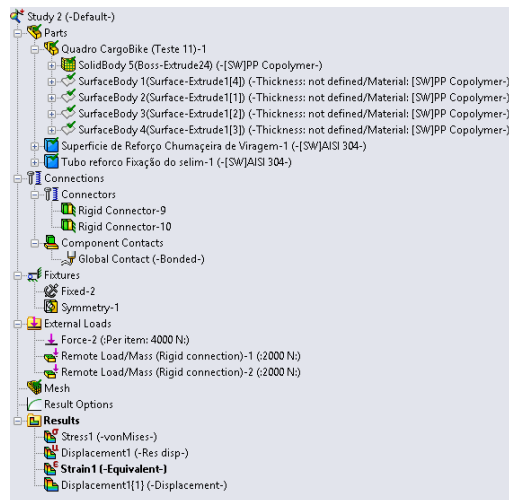
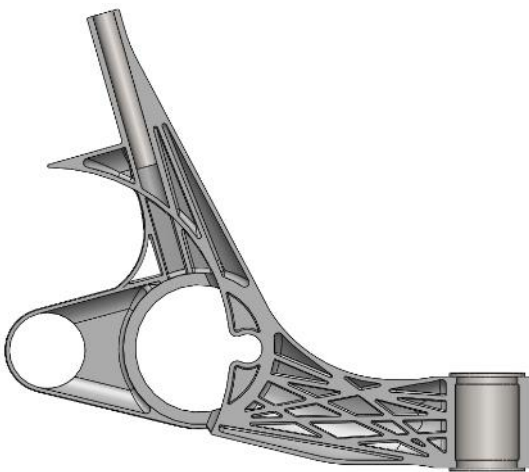


Figura 28 – Casca estrutural com elementos de reforço

Este ensaio procura contrariar os resultados pouco animadores do ensaio anterior. Assim, é efetuado um reajuste e um reforço do número de “ribs” do tramo principal da estrutura. Opta-se agora por adicionar “ribs” de 6mm que atravessam este tramo, formando uma malha entrelaçada com múltiplos pontos, formados pela Intersecção dos reforços, que atuam nas diferentes direções.

Serão mantidas todas as demais condições consideradas no ensaio anterior, bem como o valor das cargas consideradas.

Mesh Details	
Study name	Study 2 (-Default-)
Mesh type	Mixed Mesh
Mesher Used	Standard mesh
Automatic Transition	Off
Include Mesh Auto Loops	Off
Jacobian points	4 points
Jacobian check for shell	On
Element size	8.81716 mm
Tolerance	0.440858 mm
Mesh quality	High
Total nodes	87998
Total elements	50719
Remesh failed parts with incompatible mesh	On
Time to complete mesh(hh:mm:ss)	00:00:37
Computer name	

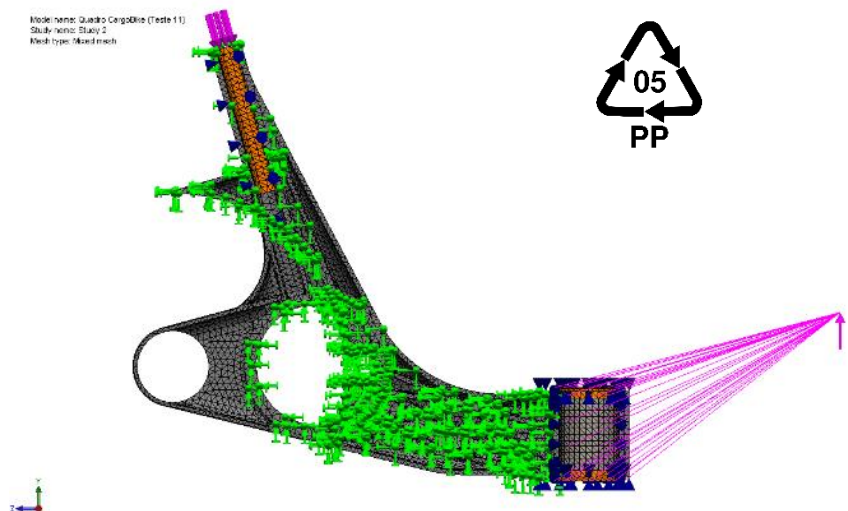


Figura 29 – Aplicação de malha aos elementos da estrutura

Sumário dos resultados do ensaio 11:

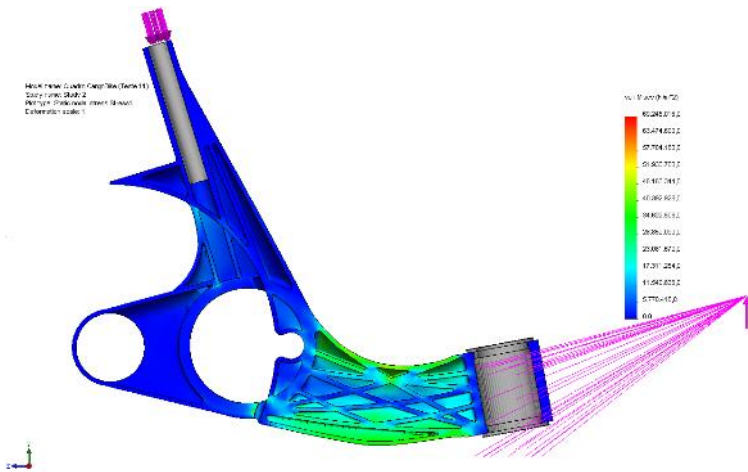


Figura 30 – Critério de Von Mises

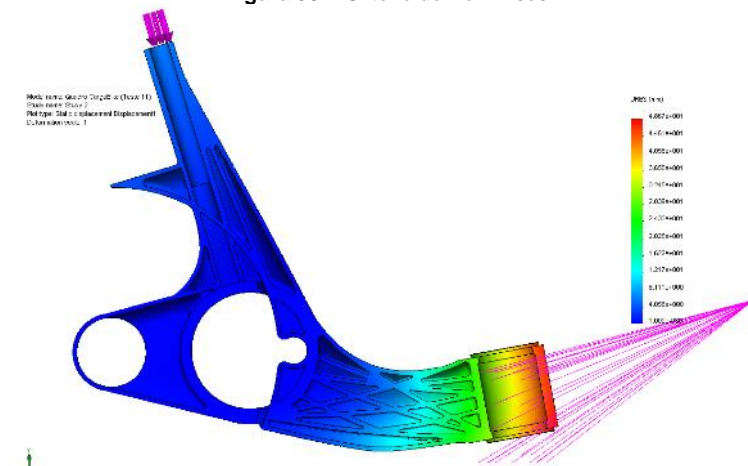


Figura 31 – Deformação

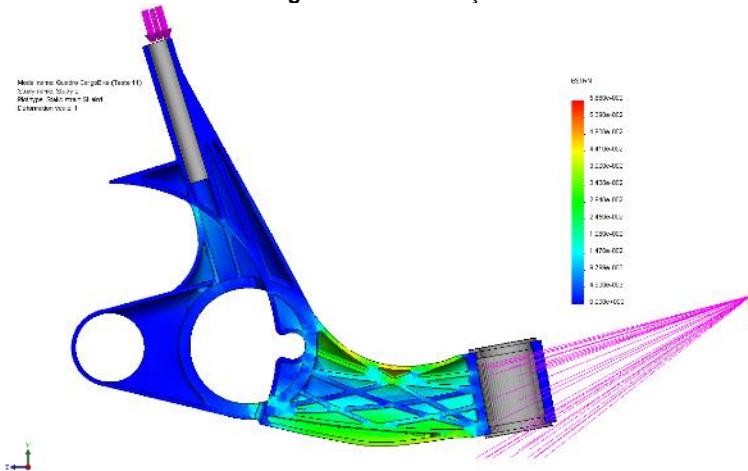


Figura 32 – Tensão equivalente

Matéria-Prima: PP copolímero genérico

Espessura da casca exterior: 6mm

Espessura dos “Ribs”: 6mm

Cargas:

Uma carga pontual de 4000N sobre o poste do selim

Duas Cargas remotas de 2000N cada simulando o efeito das reações das rodas sobre a chumaceira de direção

Fixação: Encastamento do alojamento da transmissão

Ligações rígidas:

Tubo de reforço do poste do selim
Casquilho de reforço da chumaceira de direção

Elementos indeformáveis:

Tubo de suporte do selim,
Casquilho de reforço da chumaceira da direção

Fadiga máxima: $69,245 \times 10^6 \text{ N/m}^2$

Deslocamento máximo: 48,6 mm

Tensão equivalente: $5,88 \times 10^{-2}$

Ensaio 12:

Pressupostos do ensaio 12:

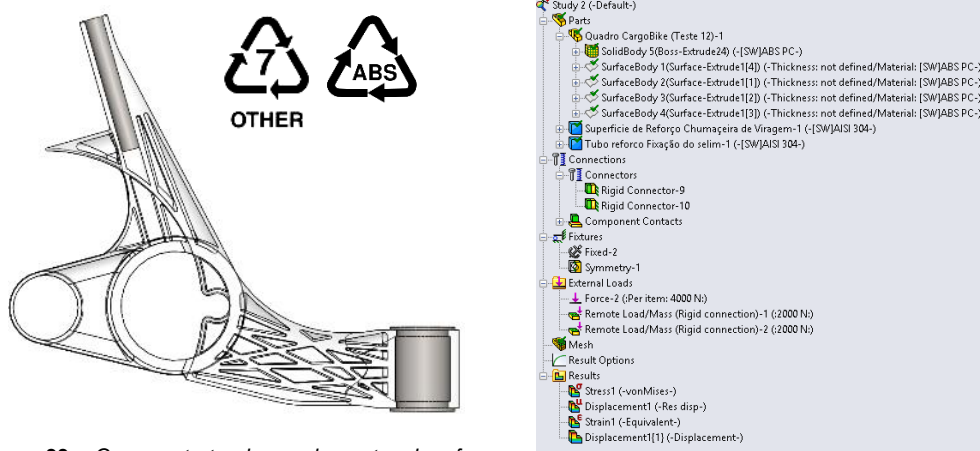


Figura 33 – Casca estrutural com elementos de reforço

Este ensaio mantém todas as variáveis assumidas no ensaio anterior, com a exceção da matéria-prima do objeto de estudo, que neste ensaio substitui o Polipropileno (PP) por uma combinação de Acrilonitrila butadieno estireno (ABS) com Policarbonato (PC).

Sumário dos resultados do ensaio 12:

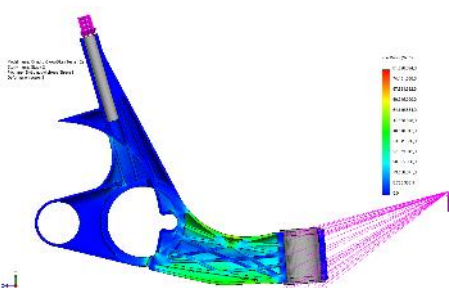


Figura 34 – Critério de Von Mises

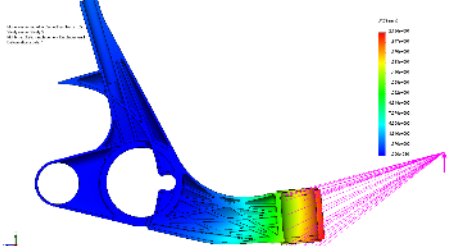


Figura 35 – Deformação

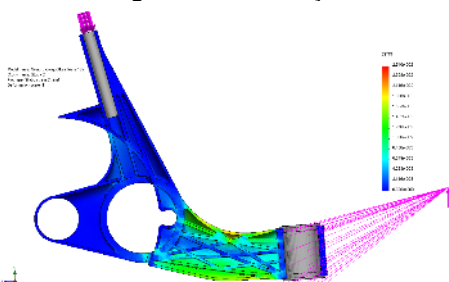


Figura 36 – Tensão equivalente

Matéria-Prima: ABS+PC

Espessura da casca exterior: 6mm

Espessura dos "Ribs": 6mm

Cargas:

Uma carga pontual de 4000N sobre o poste do selim
Duas Cargas remotas de 2000N cada simulando o efeito das reações das rodas sobre a chumaceira de direção

Fixação: Encastramento do alojamento da transmissão

Ligações rígidas:

Tubo de reforço do poste do selim
Casquilho de reforço da chumaceira de direção

Elementos indeformáveis:

Tubo de suporte do selim,
Casquilho de reforço da chumaceira da direção

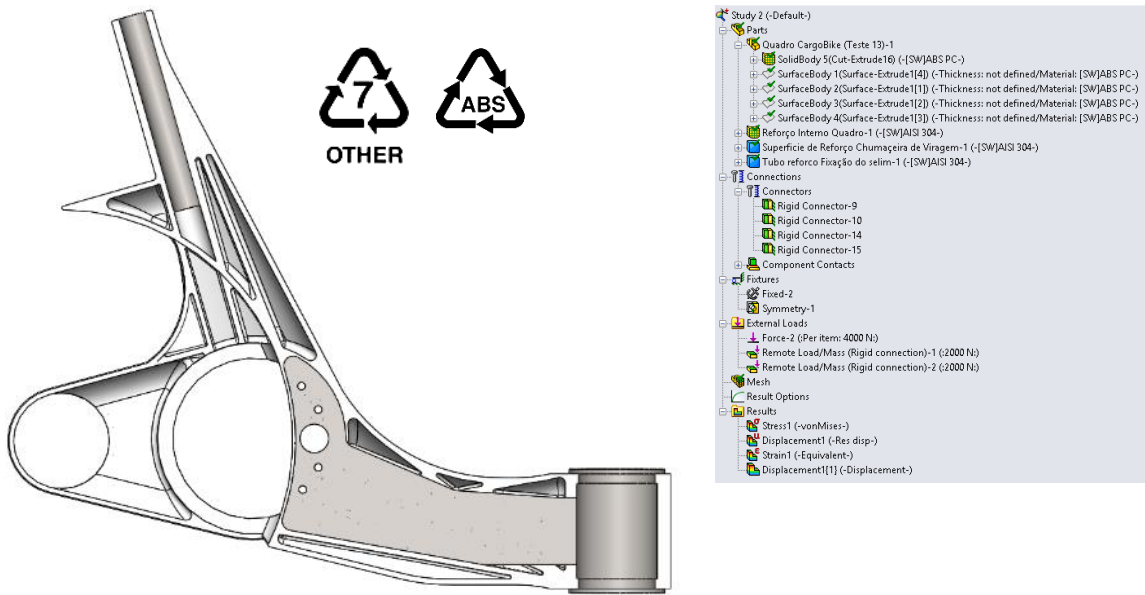
Fadiga máxima: $81,22 \times 10^6 \text{ N/m}^2$

Deslocamento máximo: 21,24 mm

Tensão equivalente: $2,54 \times 10^{-2}$

Ensaio 13:

Pressupostos do ensaio 13:



Considerando os resultados pouco satisfatórios, obtidos nos ensaios anteriores, é tomada a decisão de introduzir uma lâmina metálica (chapa 2mm), no interior do quadro, que confira uma resistência maior aos esforços de corte.

É introduzida uma pequena cavidade, de 1mm de profundidade, com o formato do reforço nas duas metades da estrutura. Deste modo, esta lâmina poderá ficar alojada no interior do quadro durante o processo de colagem das duas peças. Esta união permanente será ainda reforçada por quatro cavilhas, que serão cravadas e “encabeçadas” no final.

O alojamento do mecanismo de transmissão sofre ainda mais uma revisão, assumindo por completo as funções de separar ambos os braços de suporte da roda traseira, bem como alojar o furo guia do veio desviador. Esta alteração permite reforçar ainda um pouco mais esta zona de transição entre o poste do selim e o tramo frontal.

Mesh Details	
Study name	Study 2 (-Default-)
Mesh type	Mixed Mesh
Mesher Used	Standard mesh
Automatic Transition	Off
Include Mesh Auto Loops	Off
Jacobian points	4 points
Jacobian check for shell	On
Element size	10.5806 mm
Tolerance	0.52903 mm
Mesh quality	High
Total nodes	74890
Total elements	42377
Remesh failed parts with incompatible mesh	On
Time to complete mesh(hh:mm:ss)	00:00:39
Computer name	...

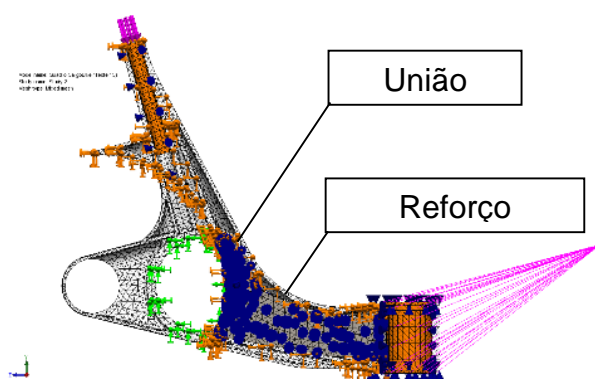


Figura 38 – Aplicação de malha aos elementos da estrutura

Sumário dos resultados do ensaio 13:

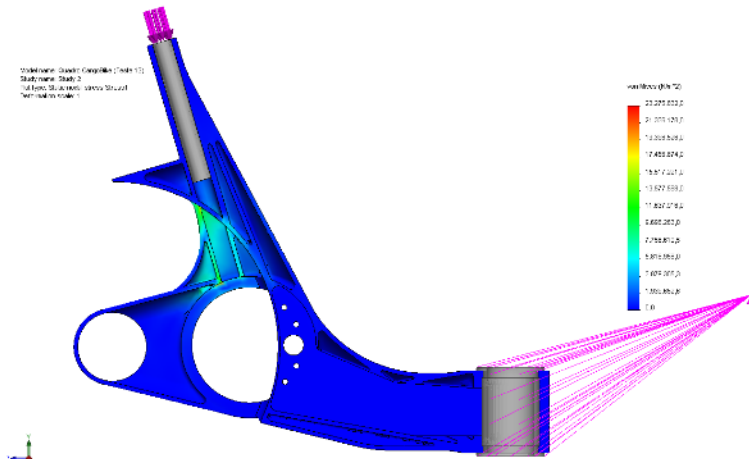


Figura 39 – Critério de Von Mises

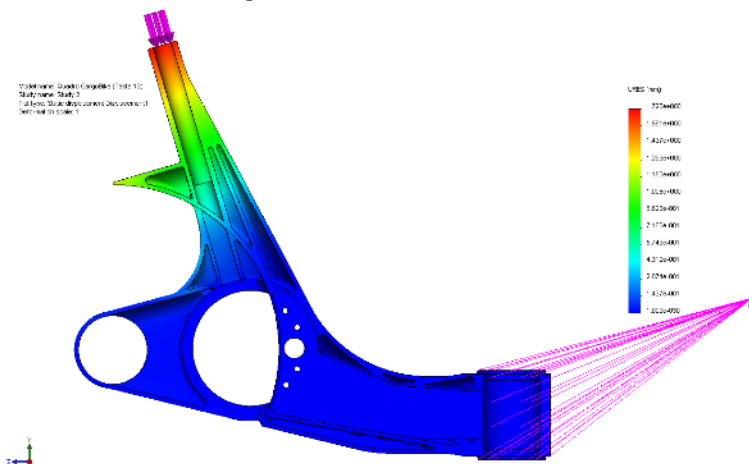


Figura 40 – Deformação

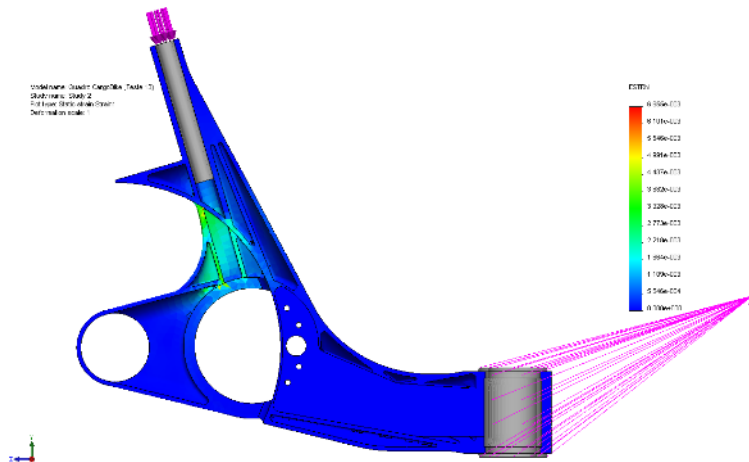


Figura 41 – Tensão equivalente

Matéria-Prima:
ABS+PC estrutura
AISI304 Reforço

Espessura da casca exterior: 6mm

Espessura dos "Ribs": 6mm

Cargas:

Uma carga pontual de 4000N sobre o poste do selim

Duas Cargas remotas de 2000N cada simulando o efeito das reações das rodas sobre a chumaceira de direção

Fixação: Encastramento do alojamento da transmissão

Ligações rígidas:

Tubo de reforço do poste do selim
Casquilho de reforço da chumaceira de direção

Elementos indeformáveis:

Tubo de suporte do selim,
Casquilho de reforço da chumaceira da direção

Fadiga máxima: $23,275 \times 10^6 \text{ N/m}^2$

Deslocamento máximo: 1,72 mm

Tensão equivalente: $6,65 \times 10^{-3}$

Ensaio 15:

Pressupostos do ensaio 15:

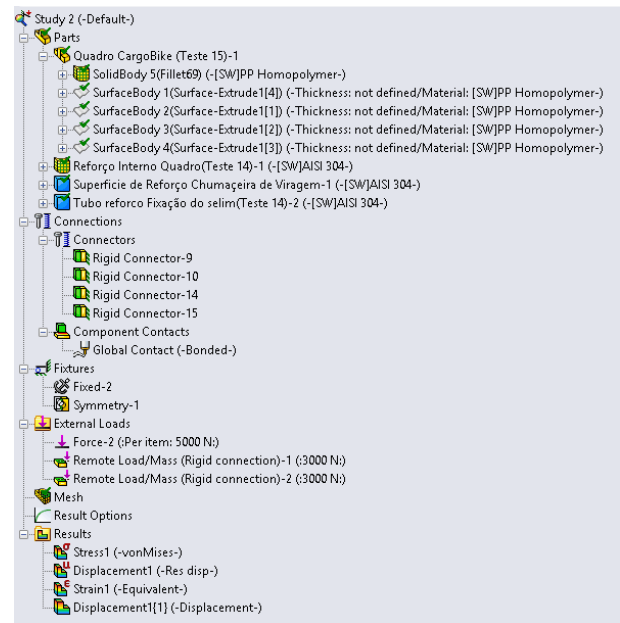
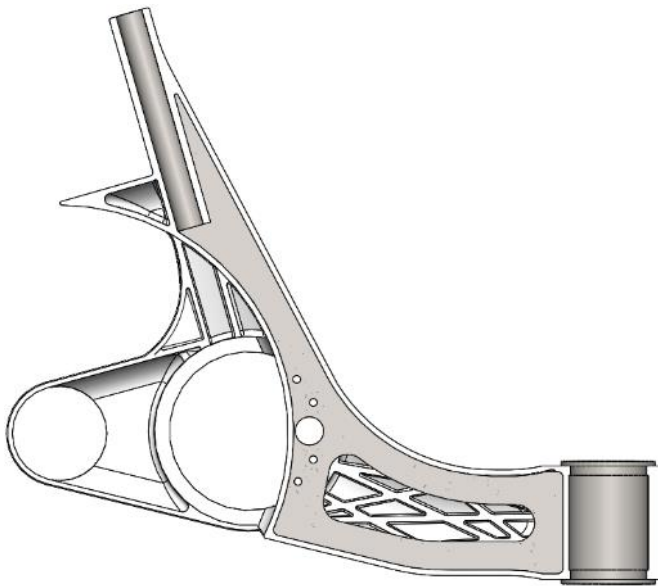


Figura 42 – Casca estrutural com elementos de reforço

Este ensaio dá continuidade as opções tomadas no ensaio anterior. Nesta nova proposta, para além de voltar a considerar o polipropileno como matéria-prima, efetuou-se uma revisão ao reforço metálico interior (lamina metálica) prolongando-a pelo poste do selim propagando a sua ação a este tramo.

Tendo em conta os resultados obtidos no ensaio anterior, decidiu-se aumentar os valores das cargas a aplicar no ensaio. Assim, neste ensaio serão consideradas duas cargas frontais, simultâneas e simétricas ao plano central com o valor de 3000N cada, simulando a reação das rodas, e ainda uma carga sobre o poste do selim simulando o peso do ciclista com um valor de 5000N.

Mesh Details	
Study name	Study 2 (-Default-)
Mesh type	Mixed Mesh
Mesher Used	Standard mesh
Automatic Transition	Off
Include Mesh Auto Loops	Off
Jacobian points	4 points
Jacobian check for shell	On
Element size	10.5806 mm
Tolerance	0.52903 mm
Mesh quality	High
Total nodes	76754
Total elements	43139
Remesh failed parts with incompatible mesh	On
Time to complete mesh(hh:mm:ss)	00:00:39
Computer name	24

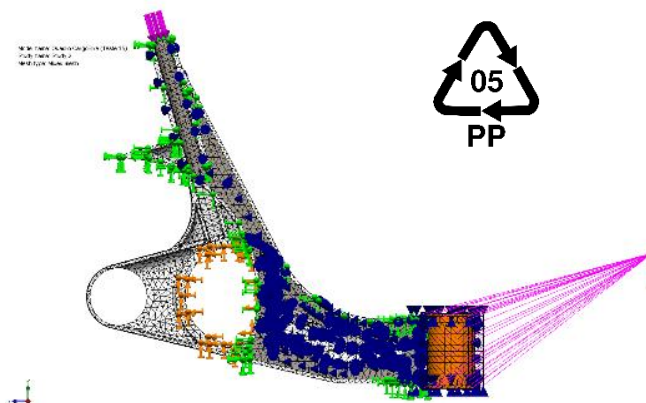


Figura 43 – Aplicação de malha aos elementos da estrutura

Sumário dos resultados do ensaio 15:

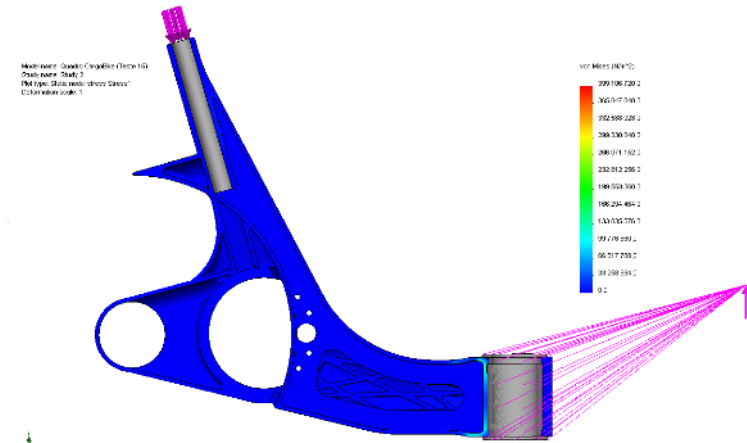


Figura 44 – Critério de Von Mises

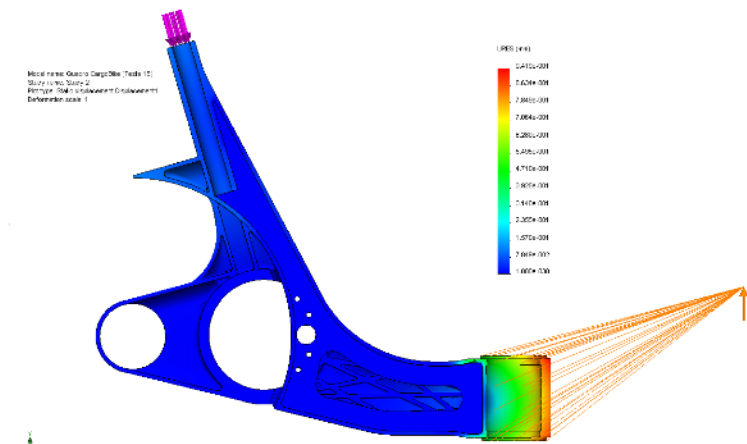


Figura 45 – Deformação

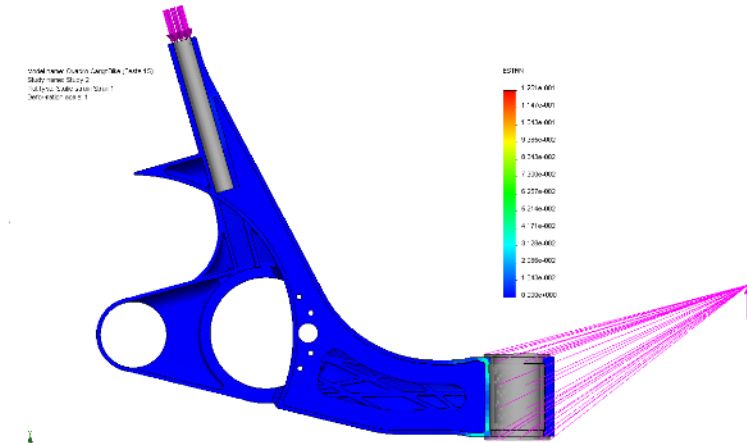


Figura 46 – Tensão equivalente

Matéria-Prima: PP homopolímero genérico

Espessura da casca exterior: 6mm

Espessura dos “Ribs”: 6mm

Cargas:

Uma carga pontual de 5000N sobre o poste do selim

Duas Cargas remotas de 3000N cada simulando o efeito das reações das rodas sobre a chumaceira de direção

Fixação: Encastramento do alojamento da transmissão

Ligações rígidas:

Tubo de reforço do poste do selim

Casquilho de reforço da chumaceira de direção

Elementos indeformáveis:

Tubo de suporte do selim,

Casquilho de reforço da chumaceira da direção

Fadiga máxima: $399,106 \times 10^6 \text{ N/m}^2$

Deslocamento máximo: 0,94 mm

Tensão equivalente: $1,25 \times 10^{-1}$

Ensaio 16:

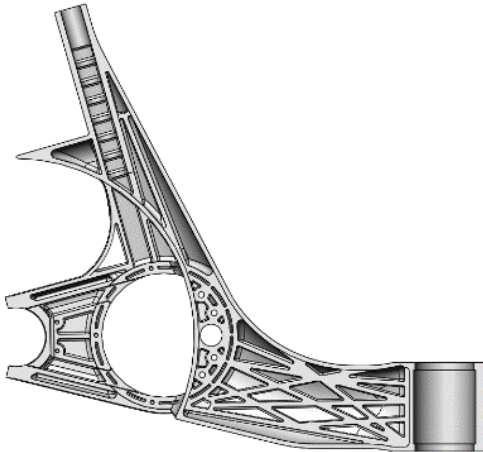


Figura 47 – Proposta estrutural modificada para produção

Este ensaio pretende validar a proposta final. Esta proposta incorpora já as alterações necessárias ao fabrico do componente.

Este modelo foi inteiramente revisto, e adotaram-se como principais pressupostos a uniformização do componente. Foram introduzidas diversas cavidades, que pretendem uniformizar as espessuras de todos os elementos da peça, neste caso todas as paredes foram aproximadas ao valor de 6mm, e a todas as paredes verticais foram adicionadas contra saídas de 1º. Foram ainda eliminadas as zonas maciças, que poderiam causar problemas de “rechupes” na peça final.

Por último, foram adicionados elementos suplementares para a fixação e alojamento, tanto dos elementos de transmissão como dos braços de suporte da roda traseira.

Pressupostos do ensaio 16:

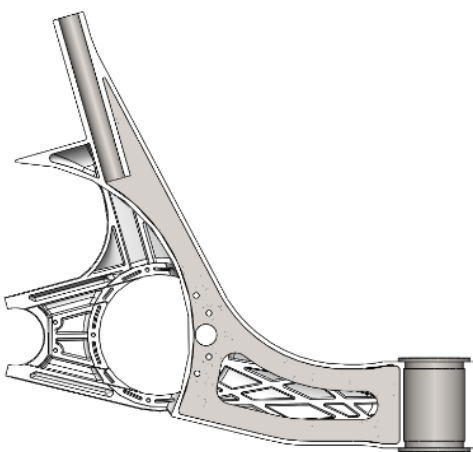


Figura 48 – Casca estrutural com elementos de reforço

Este ensaio mantém todas as variáveis assumidas no ensaio anterior, com a exceção das alterações morfológicas efetuadas sobre a peça. Estas pretendem melhorar o seu processo de fabrico e aumentar a qualidade do produto final.



Mesh Details	
Study name	Study 2 (-Default-)
Mesh type	Mixed Mesh
Meshes Used	Standard mesh
Automatic Transition	Off
Include Mesh Auto Loops	Off
Jacobian points	4 points
Jacobian check for shell	On
Element size	10.5806 mm
Tolerance	0.52903 mm
Mesh quality	High
Total nodes	96998
Total elements	54466
Remesh failed parts with incompatible mesh	On
Time to complete mesh(hh:mm:ss)	00:00:58
Computer name	

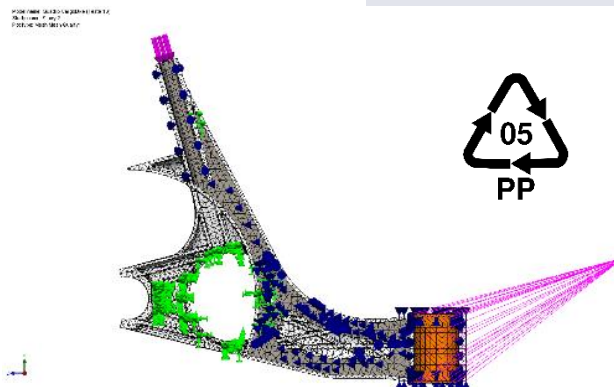


Figura 49 – Aplicação de malha aos elementos da estrutura

Sumário dos resultados do ensaio 16:

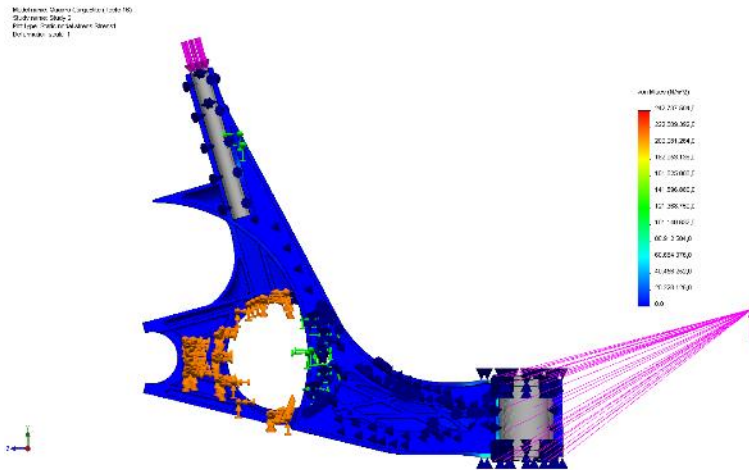


Figura 50 – Critério de Von Mises

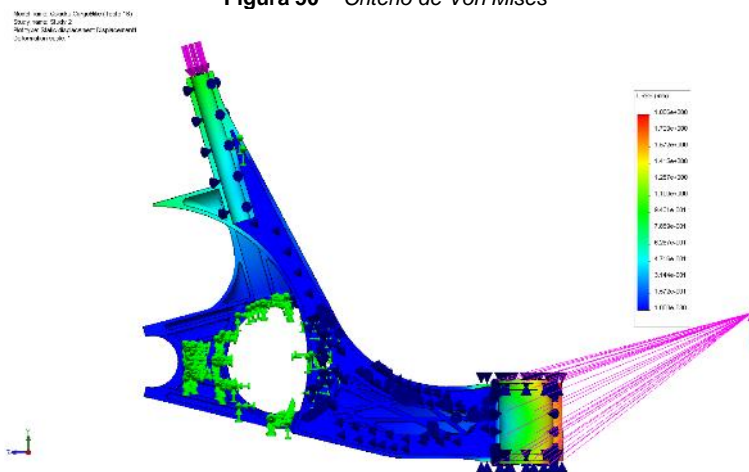


Figura 51 – Deformação

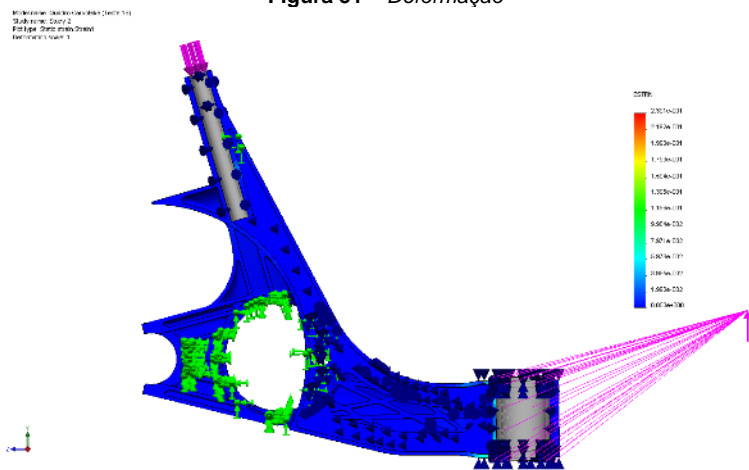


Figura 52 – Tensão equivalente

Matéria-Prima: PP copolímero genérico

Espessura da casca exterior: 6mm

Espessura dos "Ribs": 6mm

Cargas:

Uma carga pontual de 5000N sobre o poste do selim

Duas Cargas remotas de 3000N cada simulando o efeito das reações das rodas sobre a chumaceira de direção

Fixação: Encastramento do alojamento da transmissão

Ligações rígidas:

Tubo de reforço do poste do selim
Casquilho de reforço da chumaceira de direção

Elementos indeformáveis:

Tubo de suporte do selim,
Casquilho de reforço da chumaceira da direção

Fadiga máxima: $242,737 \times 10^6 \text{ N/m}^2$

Deslocamento máximo: 1,88 mm

Tensão equivalente: $2,39 \times 10^{-1}$

Anexo F: Resumo dos ensaios de *Mold Flow*
“

Mold Flow - Ensaio 1:

Mold Flow – Parâmetros do ensaio 1:

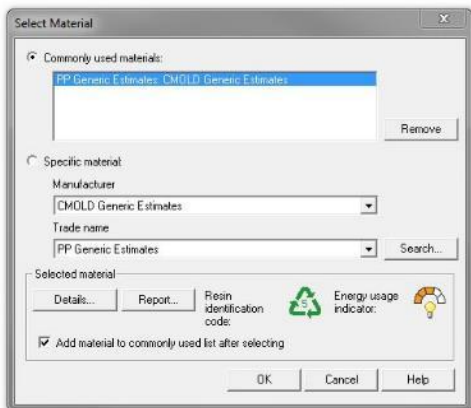


Figura 58 – Matéria-prima a injetar

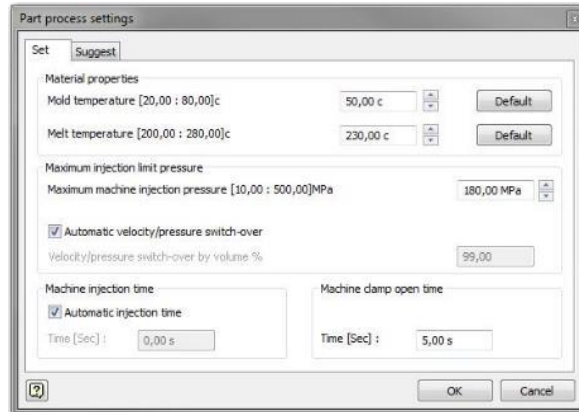


Figura 59 – Parâmetros do processo de injeção

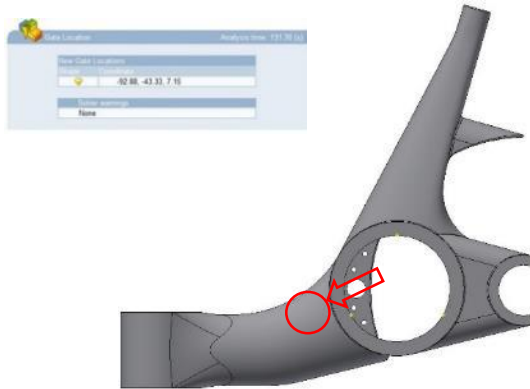


Figura 60 – localização da gate de injeção

Este ensaio preliminar considera o polipropileno genérico como matéria-prima. Não se conhecendo as características do molde final serão considerados parâmetros genéricos de injeção, tanto de temperatura como de pressão.

Nesta fase a colocação da “gate” de injeção é arbitrada numa localização próxima da zona mais densa da peça e que se encontre o mais equidistante possível das extremidades. Teve-se o cuidado de inserir a gate numa localização que fique oculta, após a montagem do componente, de forma que imperfeições causadas pela injeção não sejam visíveis.

Mold Flow – resultados do ensaio 1:

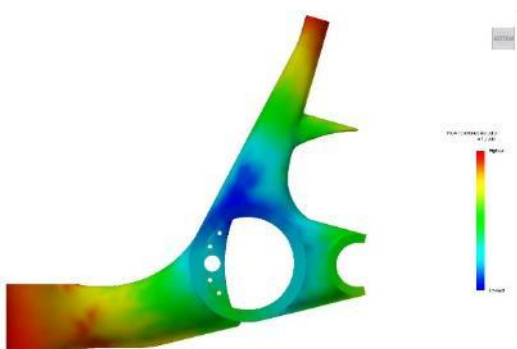


Figura 61 –Flow resistance

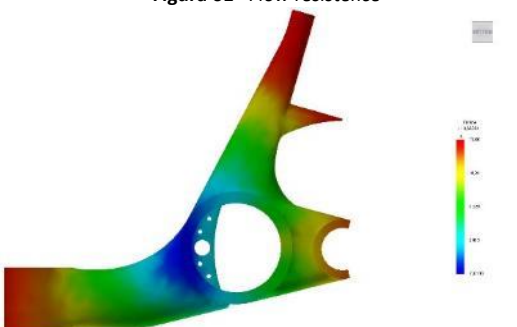


Figura 62 –Fill time

Resistência ao escoamento:

Identificadas zonas onde o escoamento é mais difícil. As zonas críticas encontram-se nas áreas mais afastadas da gate de injeção, nomeadamente nas extremidades do poste de suporte do selim e na zona mais maciça destinada a alojar a chumaceira de injeção.

Tempo de enchimento: 13,66s



Figura 63 – Confidence fill

Fiabilidade do enchimento: 100%



Figura 64 – Quality prediction

Qualidade do acabamento:

81.6% Qualidade elevada,
18.4% Qualidade média,

Identificam-se duas zonas onde a qualidade mais elevada não está garantida. Estas são a superfície exterior da chumaceira de direção e algumas zonas exteriores do alojamento do mecanismo de transmissão.

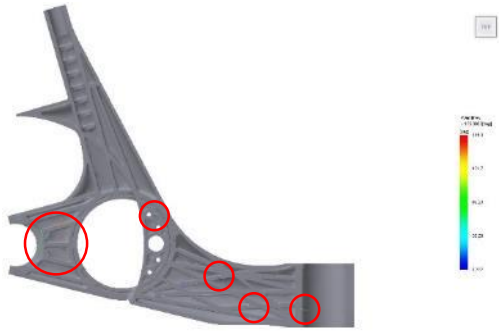


Figura 65 – Welds Rear

Soldaduras/uniões:

Estão identificadas algumas zonas problemáticas (Figura 65 e figura 66).

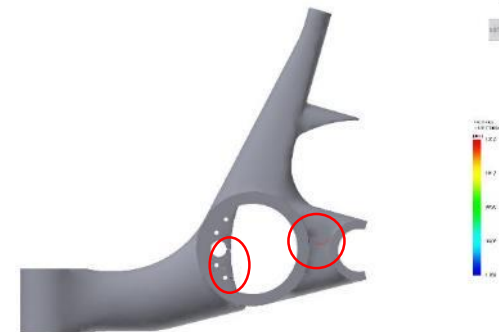


Figura 66 – Welds Front

Mold Flow – sumário do ensaio 1:



General

Study name	mold_20design1_5fquadro_20cargobike_20(teste_2016)_5fmp_2eipt_fill.sdy
Study location	C:\Users\desenvolvimento\Desktop\AIT\Mold\Moldflow\Mold_20Design1_2Eiam\mold_20design1_5fquadro_20cargobike_20(teste_2016)_5fmp_2eipt_fill.sdy
Part name	Mold_20Design1_5FQuadro_20CargoBike_20(Teste_2016)_5FMP_2Eipt_fill
Model suitability	The imported model is thick and chunky, and is appropriate for 3D analysis.
Analysis resolution	Default

Material	
Material manufacturer	CMOLD Generic Estimates
Material trade name	PP Generic Estimates
Environmental impact	

Melt temperature	230.0 (C)
Mold temperature	50.0 (C)
Injection locations	1
Max. machine injection pressure	180.000 (MPa)
Injection time selected	Automatic
Velocity/pressure switch-over	Automatic

Model warnings	
None	



Fill

Analysis time: 2082.74 (s)



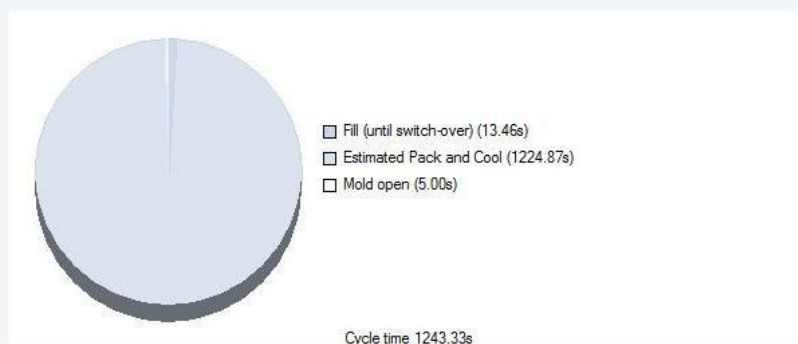
Your part can be filled easily but part quality may be unacceptable.

View the Quality Prediction plot and use the Results Adviser to get help on how to improve quality of the part.

Actual filling time	13.66 (s)
Actual injection pressure	5.695 (MPa)
Clamp force area	1091.7255 (cm ²)
Max. clamp force during filling	49.286 (tonne)
Velocity/pressure switch-over at % volume	99.35 (%)
Velocity/pressure switch-over at time	13.46 (s)
Estimated cycle time	1243.33 (s)
Total part weight	1885.021 (g)
Shot volume	2310.8895 (cm ³)

Clamp force estimate during packing using:	
20% of the injection pressure	9.857 (tonne)
80% of the injection pressure	39.428 (tonne)
120% of the injection pressure	59.143 (tonne)

Cycle time breakdown



Solver warnings	
None	

Mold Flow - Ensaio 2:

Mold Flow – Parâmetros do ensaio 2:

Após a análise dos resultados obtidos no ensaio anterior, uma nova abordagem é experimentada. Esta consistiu em dividir o material de injeção por três “runners” que alimentam três “gates” de injeção desfasadas 120° entre si. As “gates” deverão efetuar o enchimento do molde na zona central do alojamento da transmissão e encontram-se alinhadas com as três zonas mais densas da peça.

Esta abordagem pretende distribuir uniformemente o material pelas três zonas principais. Com isto pretende-se melhorar a qualidade de acabamento da superfície exterior da peça, e ainda, reduzir o número de linhas de união entre os escoamentos.

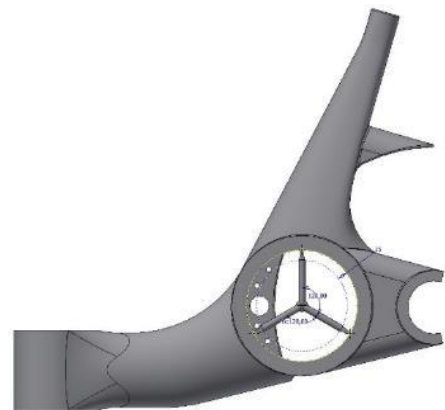


Figura 67 – Gate Location

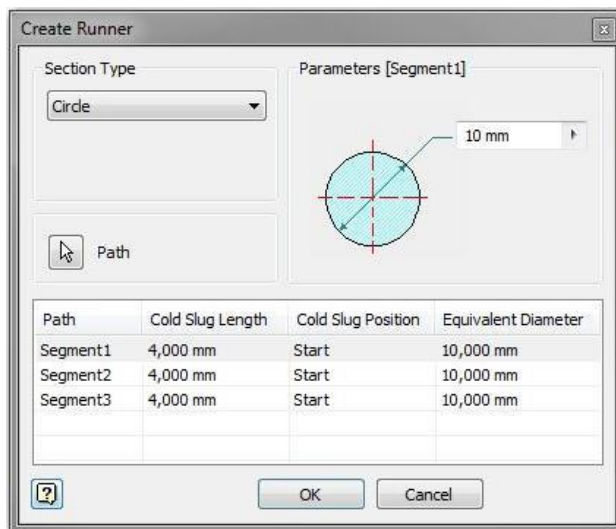


Figura 68 – Configuração dos “Runners”

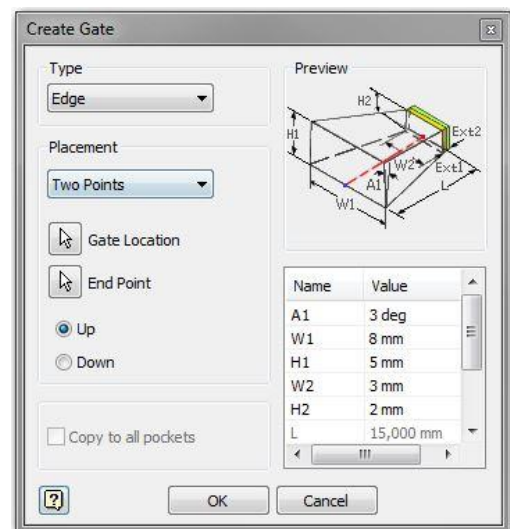


Figura 69 – Configuração das “Gates”

Mold Flow – resultados do ensaio 2:

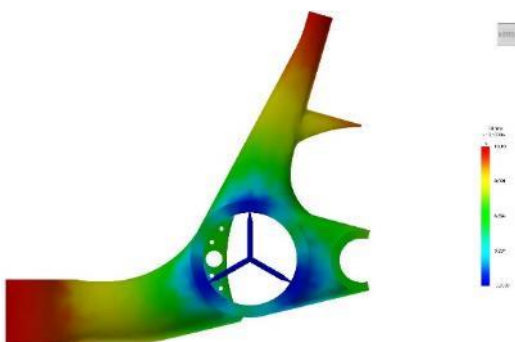


Figura 70 –Fill time

Tempo de enchimento: 13,66s



Figura 71 – Confidence fill

Fiabilidade do enchimento: 100%



Figura 72 – Quality prediction

Qualidade do acabamento:

82.0% Qualidade elevada,
18.0% Qualidade média,

Identificam-se duas zonas onde a qualidade mais elevada não está garantida. Estas são a superfície exterior da chumaceira de direção, e algumas zonas exteriores do alojamento do mecanismo de transmissão.

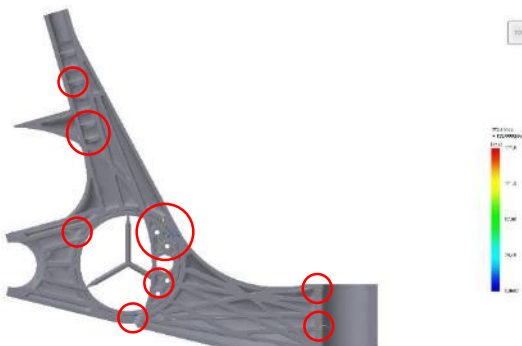


Figura 73 – Welds Rear

Soldaduras/uniões:

Estão identificadas algumas zonas problemáticas (Figura 73 e figura 74).

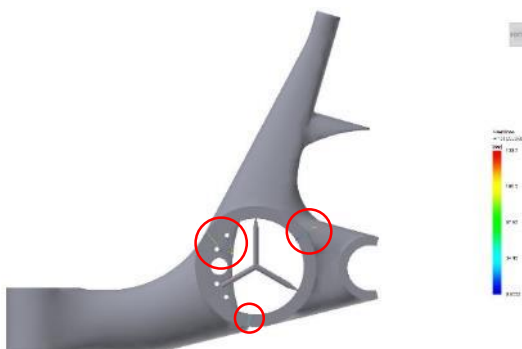



Figura 74 – Welds Front

Mold Flow – sumário do ensaio 2:

General


Study name	mold_20design1_2eiam_fill.sdy	
Study location	C:\Users\desenvolvimento\Desktop\AIT\Mold\Moldflow\Mold_20Design1_2Eiam\mold_20design1_2eiam_fill.sdy	
Part name	Mold_20Design1_2Eiam_fill	
Model suitability	The imported model is thick and chunky, and is appropriate for 3D analysis.	
Analysis resolution	Default	

Material	
Material manufacturer	CMOLD Generic Estimates
Material trade name	PP Generic Estimates
Environmental impact	

Melt temperature	230.0 (C)
Mold temperature	60.0 (C)
Injection locations	3
Max. machine injection pressure	180.000 (MPa)
Injection time selected	Automatic
Velocity/pressure switch-over	Automatic

Model warnings	
None	


Fill Analysis time: 1860.65 (s)

 Your part can be filled easily but part quality may be unacceptable.
View the Quality Prediction plot and use the Results Adviser to get help on how to improve quality of the part.

Actual filling time	13.19 (s)
Actual injection pressure	17.943 (MPa)
Clamp force area	1115.4988 (cm ²)
Max. clamp force during filling	28.848 (tonne)
Velocity/pressure switch-over at % volume	99.55 (%)
Velocity/pressure switch-over at time	13.05 (s)
Estimated cycle time	1397.45 (s)
Total part weight	1879.012 (g)
Shot volume	2329.3321 (cm ³)
Cavity volume	2310.8185 (cm ³)
Runner system volume	18.5134 (cm ³)

Clamp force estimate during packing using:	
20% of the injection pressure	5.770 (tonne)
80% of the injection pressure	23.079 (tonne)
120% of the injection pressure	34.618 (tonne)

Cycle time breakdown



Solver warnings	
None	

Anexo G: FMEA do Produto

FMEA Qualitativo de uma proposta de bicicleta utilitária

Critérios de avaliação dos termos críticos das falhas:

Quadro 1 - Critérios de avaliação dos Termos Críticos das Falhas.

Critério	Índice de Gravidade	Efeito no cliente
Falha Pouco Significativa	0 1 2	Efeito mínimo Falha dificilmente detetada pelo cliente
Falha Menor	3 4 5	Efeito menor Falha que o cliente notará deterioração no produto
Falha Maior	6 7 8	Efeito maior Deterioração significativa no rendimento do produto
Falha Critica	9 10	Efeito crítico O produto não desempenhará a sua função, não cumprirá requisitos legais

FMEA Qualitativo do produto:

Quadro 2 - FMEA Qualitativo para o conceito de uma bicicleta utilitária.

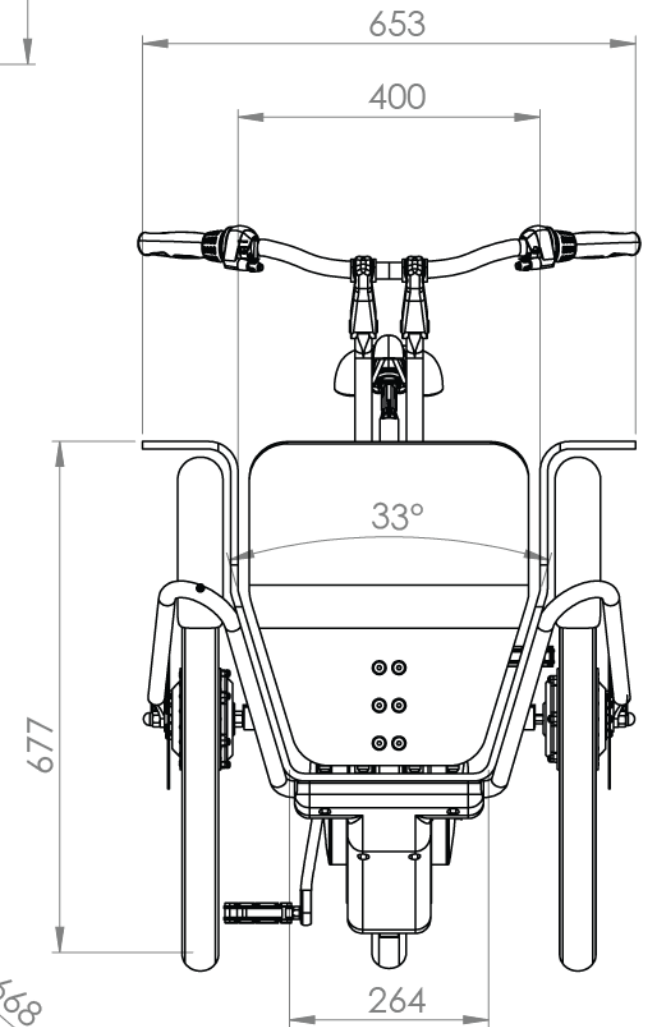
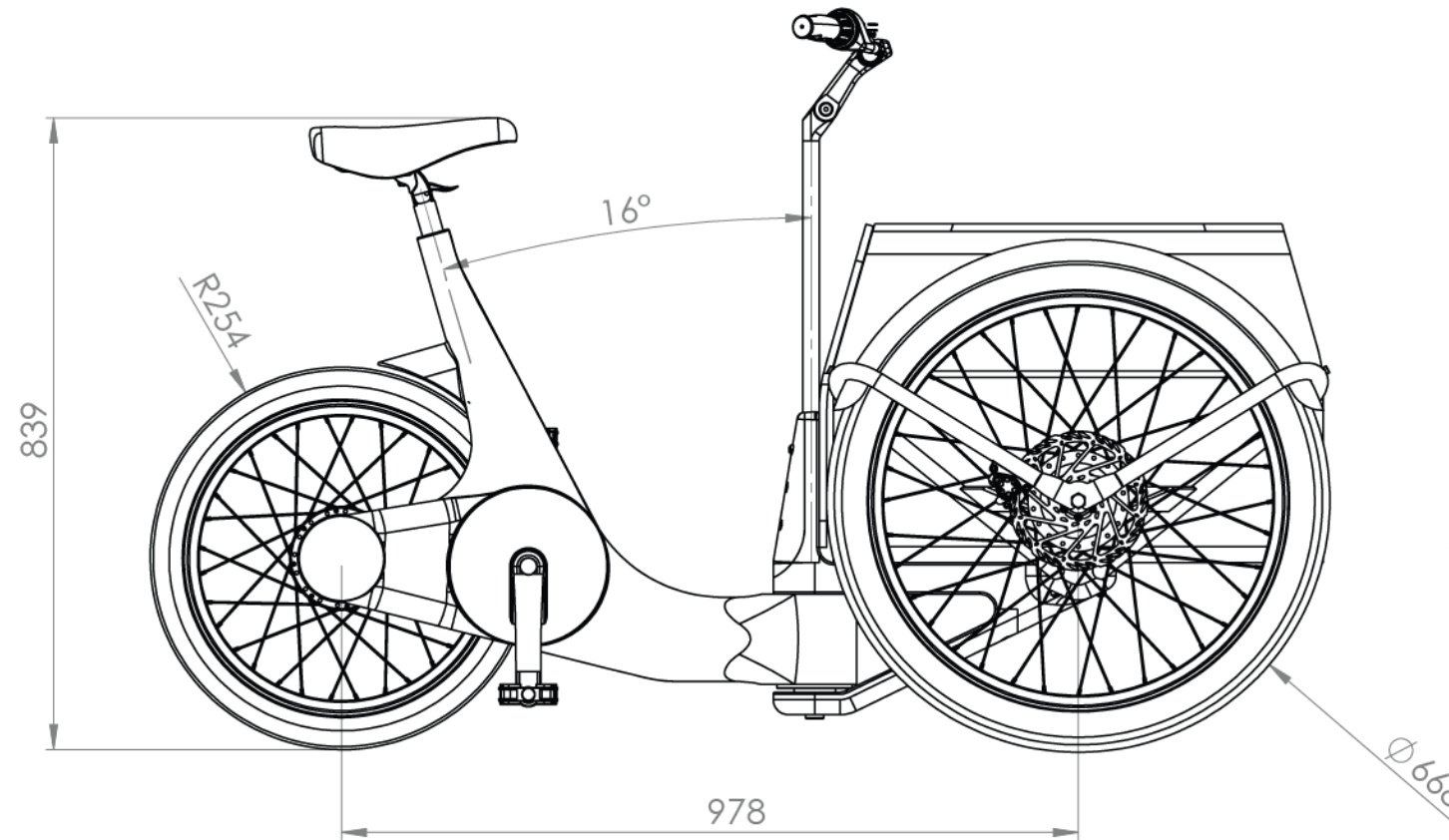
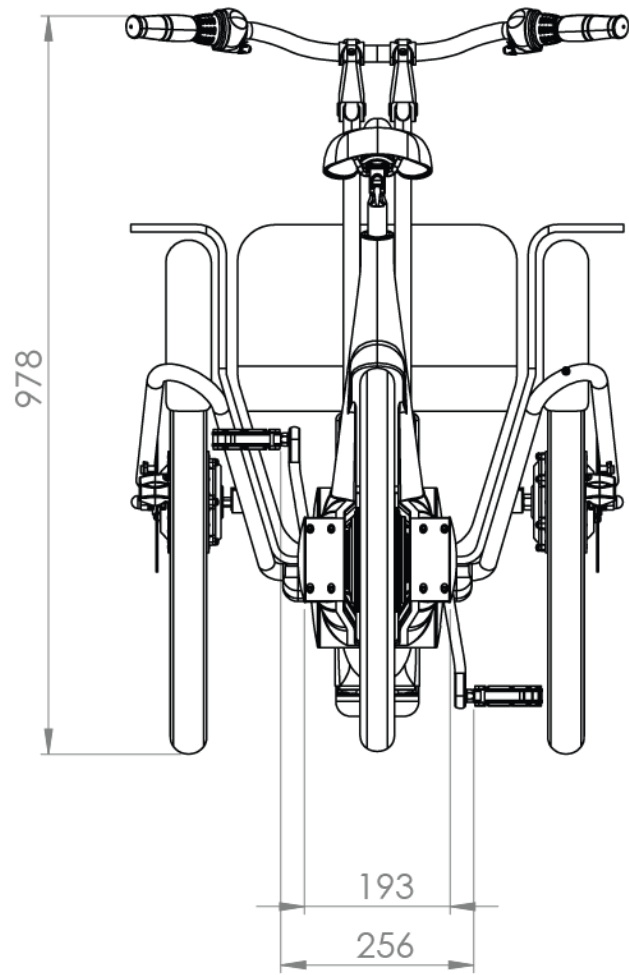
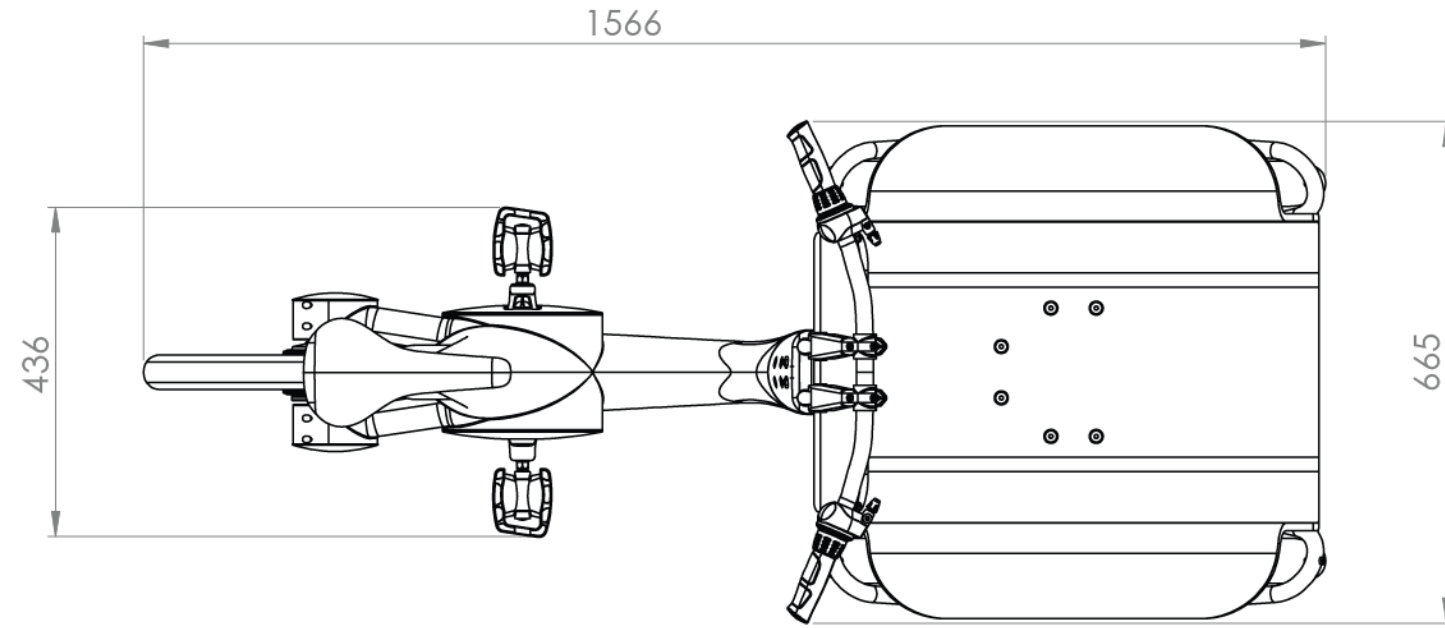
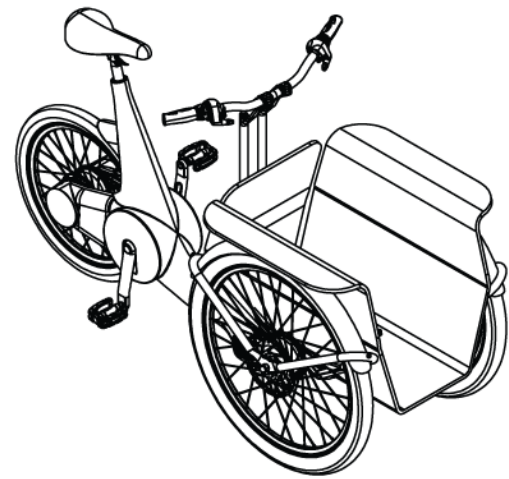
Função / Atividades	Tipo de Falha Potencial	Causa da Falha	Possíveis efeitos das Falhas	Termos Críticos das Falhas	Possíveis ações corretivas ou medidas Preventivas
Comercializar	Fraca aceitação no mercado	Estética pouco apelativa	Prejuízo elevado	Falha Critica (9)	Aumentar a oferta elementos personalizáveis
	Segmentação do mercado	Produto demasiado focado num segmento de mercado	Vendas circunscritas a um grupo limitado de utilizadores	Falha Maior (6)	Aumentar a oferta elementos decorativos Complementar a oferta de add-ons
Montar /Assemblar	Assemblagem demorada	Conjunto complexo de montar	Baixa produtividade Alto índice de rejeições	Falha Critica (9)	Planear módulos simples de montagem fácil e faseada, Criação de moldes e jigs de montagem
	Rejeições e dano frequente durante a assemblagem	Ferramentas o técnicas de fabrico inadequadas ao produto	Custos avultados difíceis de justificar no preço final	Falha Critica (9)	
Usar e Manobrar	Guiador pesado /perro	Falta de lubrificação	Dificuldade em manobrar	Falha Maior (7)	Promover a manutenção preventiva Criar advertências evidentes das limitações do equipamento Criar advertências evidentes de más práticas com o equipamento
		Rutura num dos casquilhos deslizantes			
		Rutura no elemento eixo de viragem			
		Transporte de cargas pesadas e volumosas			
	Rutura estrutural/ quebra do quadro	Carga excessiva	Rutura estrutural Deformação estrutural	Falha Menor (5)	
		Uso indevido			
Rutura frequente dos pneus	Pneu de perfil demasiado baixo	Desconforto Furos frequentes Rebentamento	Falha Menor (4)		
	Pneu com fraca resistência a penetração de corpos	Furos frequentes			
	Câmaras-de-ar inadequadas ao peso aplicado	Insegurança Rebentamento			
Andar / Circular/ Conduzir/Usar	Muito Esforço no arranque	Relação de transmissão insuficiente na mudança mais baixa	Fadiga prematura do ciclista Incapacidade de utilização por períodos maiores	Falha Menor (4)	Oferecer um leque alargado de opções de relações de transmissão, Facilitar e promover a personalização/adequação da relação de transmissão pelo utilizador.
		Excesso de carga	Fadiga prematura do ciclista	Falha Menor (2)	


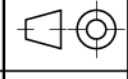
Função / Atividades	Tipo de Falha Potencial	Causa da Falha	Possíveis efeitos das Falhas	Termos Críticos das Falhas	Possíveis ações corretivas ou medidas Preventivas	
					Evidenciar os limites do ser humano (Mais sobrejetivo)	
	Pedalar com uma cadência elevada para manter a velocidade	Relação de transmissão insuficiente na mudança mais alta	Fadiga prematura do ciclista	Falha Menor (3)	Oferecer um leque alargado de opções de relações de transmissão, Facilitar e promover a personalização/adequação da relação de transmissão pelo utilizador.	
	Desconforto	Má posição de condução	Dificuldade em chegar aos pedais, Dores lombares, Dores nos pulsos, Dor no coxís	Falha Maior (8)	Adequação da geometria do guiador, Ajuste da posição do guiador Escolha de um material adequado para o contacto entre o guiador e as mãos do ciclista Ajuste do selim em altura e inclinação Adequar a tipologia de selim ao utilizador	
Excesso de vibrações						
Selim desconfortável						
Ajuste em altura do selim Insuficiente ou inadequado						
Parar/Travar	Dificuldade em reduzir a velocidade	Falta de lubrificação dos cabos	Dificuldade em travar Colisões Quedas	Falha Crítica (10)	Promover a manutenção preventiva, Escolha de componentes comprovados e fiáveis	
	Dificuldade de imobilizar	Fadiga das pastilhas de travão				
		Oxidação nos cabos de travão				
		Desgaste acentuado nos discos de travão				
	Incapacidade de permanecer imobilizado	Rutura nos cabos de travão	Colisões Quedas Movimento indesejado	Falha Crítica (9)		
		Desgaste total das pastilhas de travão				
		Oxidação nos cabos de travão				
Falha/ rotura nos discos de travão						
Acondicionar a carga	Cargas escorregam e/ou caem	Acondicionamento deficiente das cargas	Quedas e danos da carga Ferimentos em pessoas Despistes Colisões	Falha Maior (8)	Incorporação de uma superfície antiderrapante na caixa de transporte, Inclusão sistema de acondicionamento de cargas por pontos de encaixe e rede elástica, Aumento da capacidade volumétrica Aproximação da caixa ao solo	
		Superfície deslizante				
	Cargas diminuem a visibilidade	Cargas mal acondicionadas				
Cargas não previstas no uso normal da bicicleta						
Pedalar	Não transmite movimento à roda	Rutura da corrente de transmissão	Imobilização	Falha Menor (5)		Facilitar a substituição da corrente

Função / Atividades	Tipo de Falha Potencial	Causa da Falha	Possíveis efeitos das Falhas	Termos Críticos das Falhas	Possíveis ações corretivas ou medidas Preventivas
		Falha no cubo (Cubo com mudanças) da roda de tração	Imobilização Apenas uma velocidade de marcha	Falha Maior (7)	Programar pontos para a lubrificação das partes Elaboração de um plano de manutenção programada
	Apenas um pedal transmite movimento	Anomalia no sistema desviador de eixo dos pedais	Imobilização Inoperância	Falha Maior (8)	Correto dimensionamento das engrenagens, Seleção dos materiais em função das cargas aplicadas, Facilitar a manutenção preventiva destes elementos,
	Exige muito esforço	Oxidação na corrente	Dificuldade em pedalar Perca de eficiência, Rutura da corrente Dano no carreto	Falha Menor (3)	Incorporação de pontos de lubrificação, Informação inequívoca do plano de manutenção.
		Lubrificação insuficiente		Falha Maior (8)	
	É muito ruidoso	Oxidação na corrente	Incomodo, Desgaste prematuro da corrente	Falha Menor (3)	
Lubrificação insuficiente					
Manter/ Cuidar	Difícil trocar componentes devido a desgaste	Operações que exigem ferramentas especiais e de acesso restrito	Manutenção especializada, Inutilização da bicicleta, Inviabilidade económica da reparação,	Falha Maior (8)	Projetar alojamentos de fácil acesso, Peças que se desmontem com ferramentas domesticas, Desmontagem fácil e intuitiva.
		Operações que exigem perícia na execução			
	Aparência desagradável	Danos devido aos elementos climáticos	Descoloração	Falha Menor (5)	Aditivos para melhorar a prestação dos polímeros em relação à radiação UV
			Oxidação	Falha Maior (8)	Evitar sempre que possível a utilização de materiais ferrosos não inoxidáveis

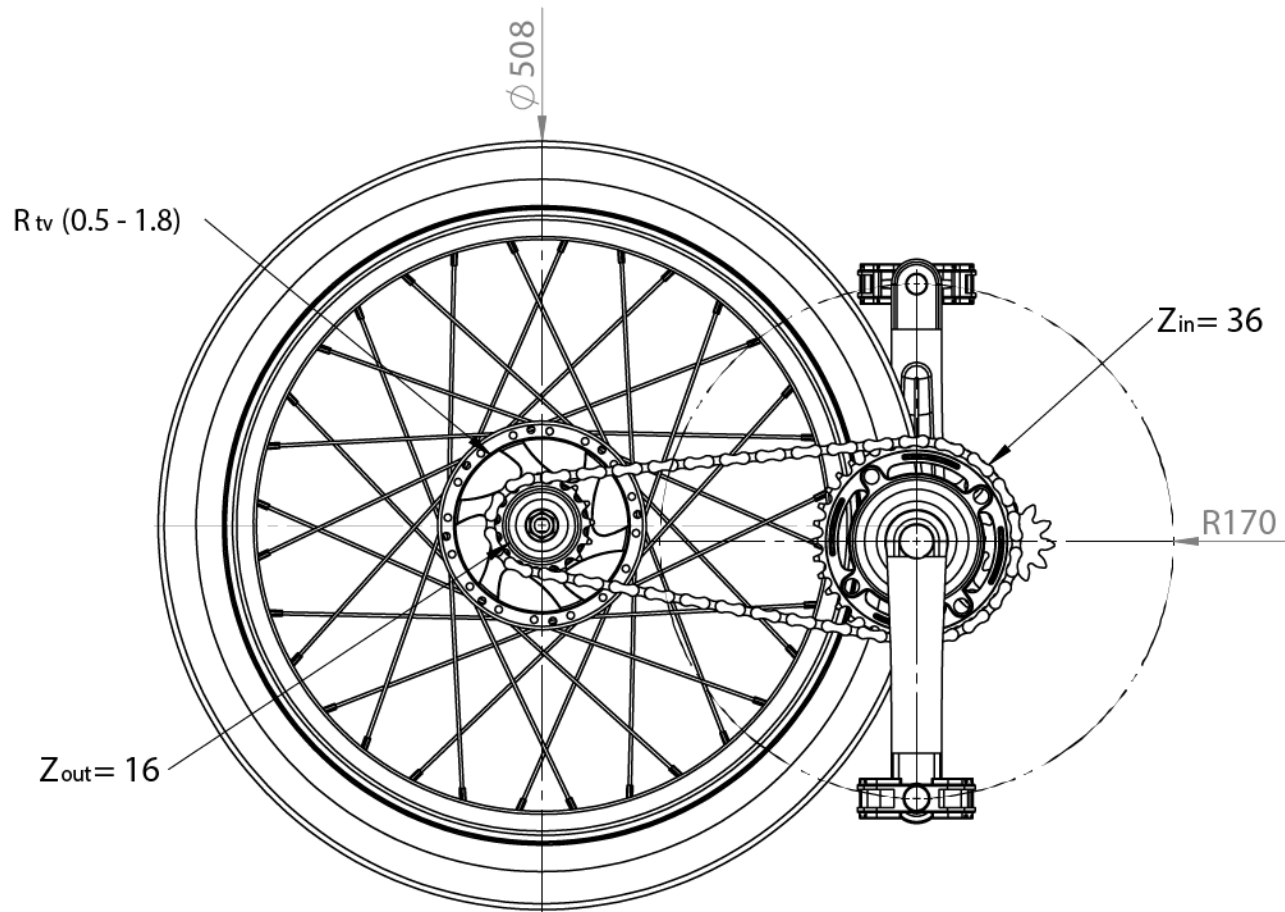
Anexo H: Desenhos técnicos e de definição do produto



Rev.	Descrição / Description	Aut. / Auth. :	Data / Date
1			



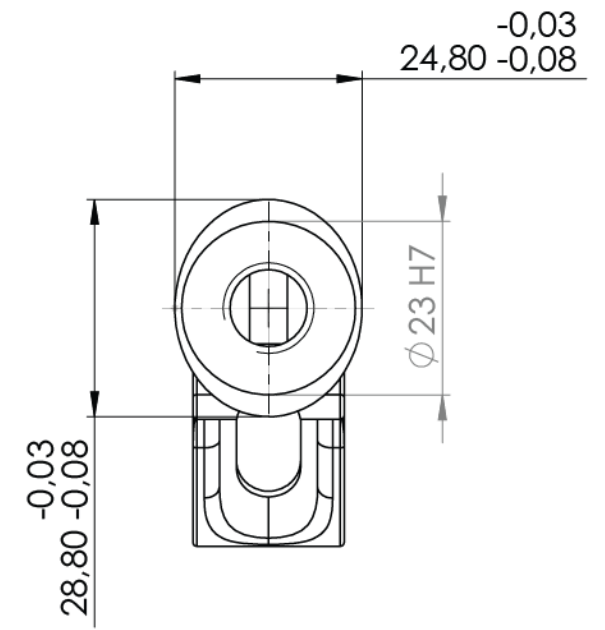
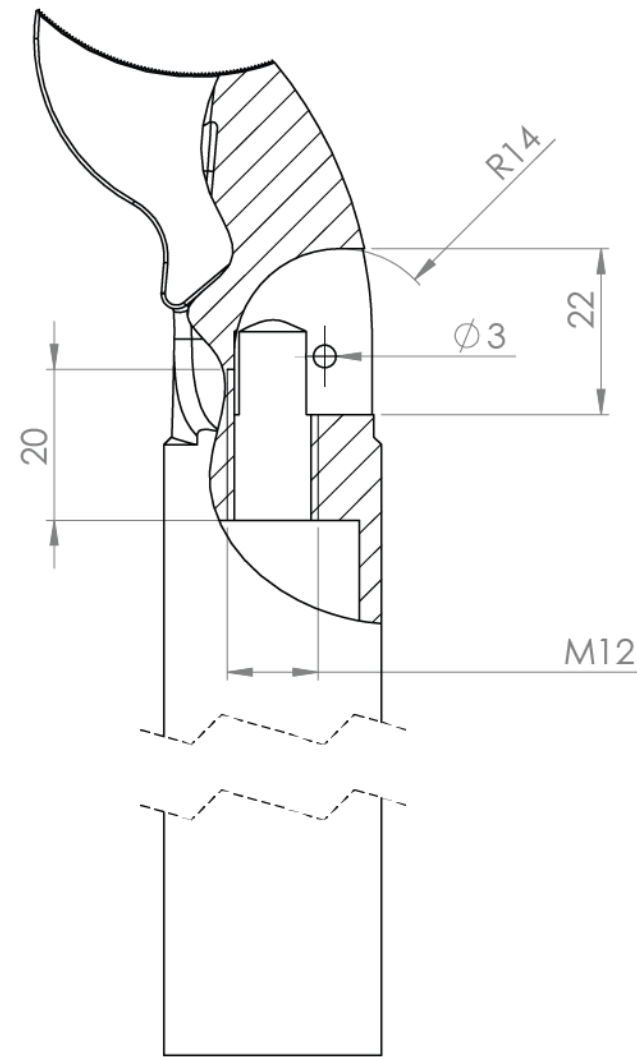
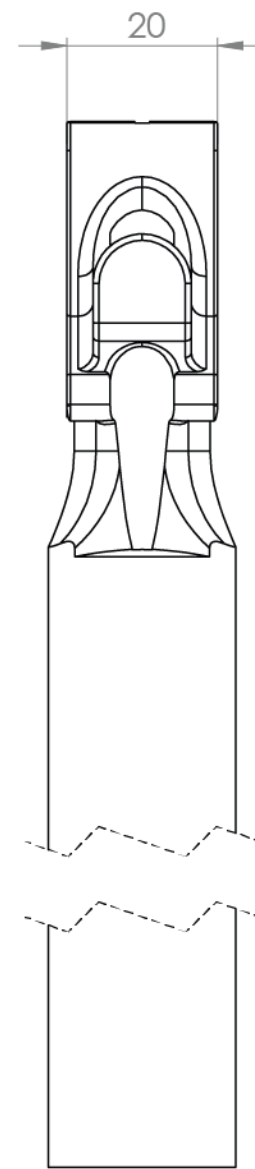
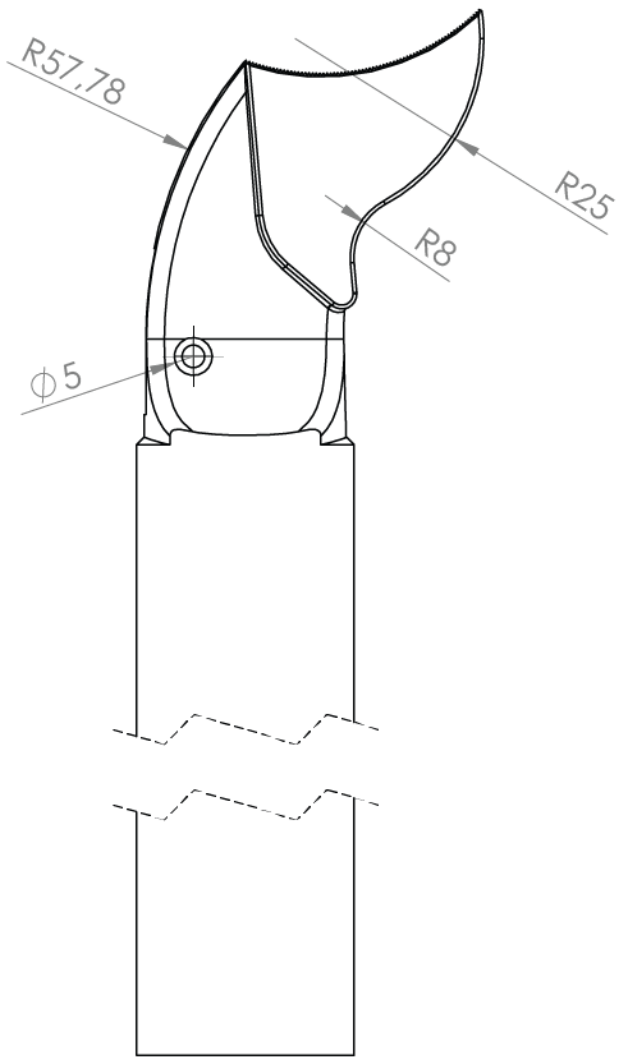
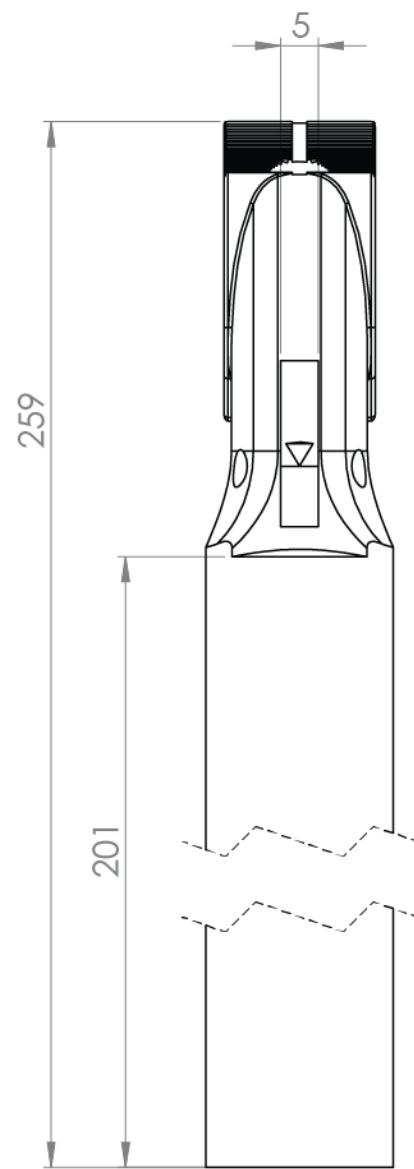
Desenhado/Designed by: Oliver Fonseca	Data/Date: 29-09-2014	Aprovou/Approved by: Oliver Fonseca	Data/Date: 29-09-2014	Página/Sheet: 1 / 1	Folha/Size: A3	Escala/Scale: 1:5
 universidade de aveiro um campus que pensa 1979-2019	Código Code: Proj.UTilBike	Referência Comercial / Stock Number: CGC	Moide/Mold: NA	Massa/Mass (Kg): NA	 ISO 2768 m	
	Nome da Peça / Ficheiro Part Name / File Cotas Gerais do Conjunto			Area/Arba: NA		

Rev.	Descrição / Description	Aut. / Auth. :	Data / Date
1			



Desenhado/Designed by: Oliver Fonseca	Data/Date: 29-09-2014	Aprovou/Approved by: Oliver Fonseca	Data/Date: 29-09-2014	Página/Sheet: 1 / 1	Folha/Size: A4	Escala/Scale: 1:5
 <small>universidade de aveiro</small> <small>UM CAMPUS QUE PENSA 1973.2013</small>	Código/ Code Proj.UTiBike	Referência Comercial / Stock Number TEC.RTp_1	Molde/Mold: NA	Massa/Mass (Kg): NA		
	Nome da Peça / Ficheiro Part Name / File Dimensionamento Rt Principal			Área/Area: NA		ISO 2768 NA

Rev.	Descrição / Description	Aut. / Auth. :	Data / Date
1			



Item	Matéria-prima/Processo	Norma	Quantidade
1	Alumínio/Fundição Injetada	EN AW-5083	1
Desenhado/Designed by: Oliver Fonseca		Data/Date: 29-09-2014	Aprovou/Approved by: Oliver Fonseca
		Data/Date: 29-09-2014	
Página/Sheet: 1 / 1		Folha/Size: A3	Escala/Scale: 1:1
Código/ Code: Proj.UTilBike		Referência Comercial / Stock Number: AA2	Moide/Mold: NA
Nome da Peça / Ficheiro: Part Name / File		Massa/Mass (Kg): NA	Area/Área: NA
Componente - AA2			ISO 2768 f

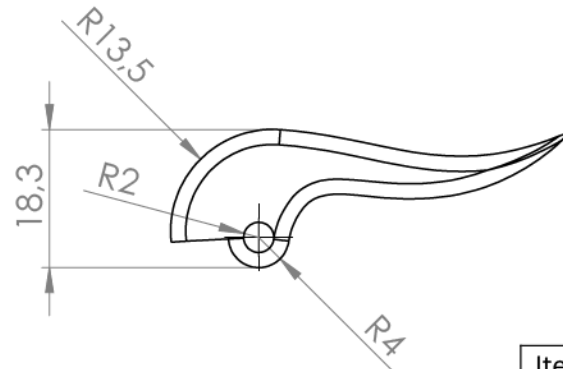
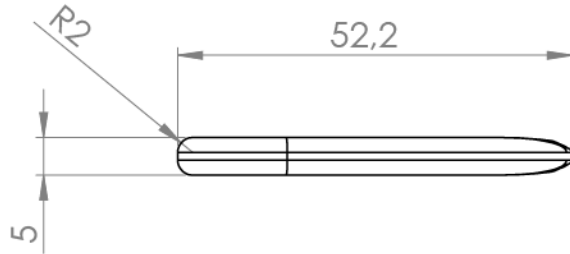
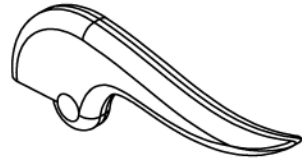
Rev.	Descrição / Description	Aut. / Auth. :	Data / Date
1			

- Quebrar arestas \ Break the sharp edges 0.1 to 0.5

- Ra 1.6

- 0.05 Concentricidade Geral \ General Concentricity

Intervalos/ Interval	Classe de Tolerâncias/ Overall Tolerances (mm)							
	>0.5 a 3(1)	>3 a 6	>6 a 30	>30 a 120	>120 a 400	>400 a 1000	>1000 a 2000	>2000 a 4000
f	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	-
m	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2
c	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3	±4

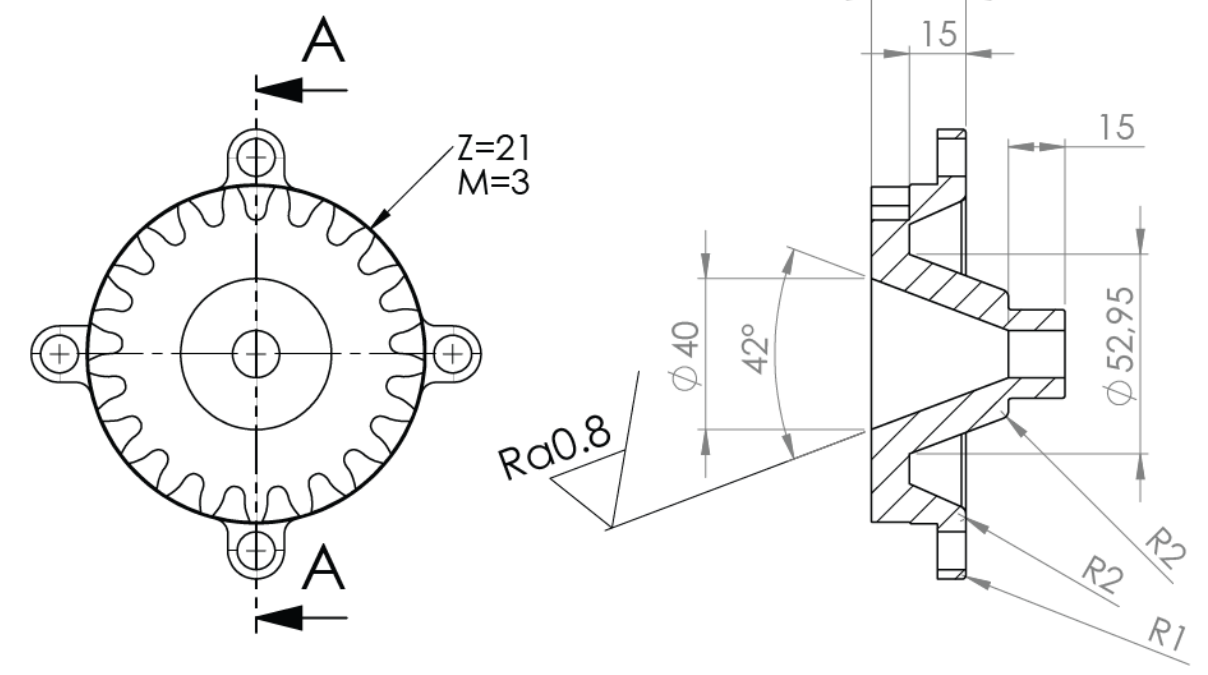
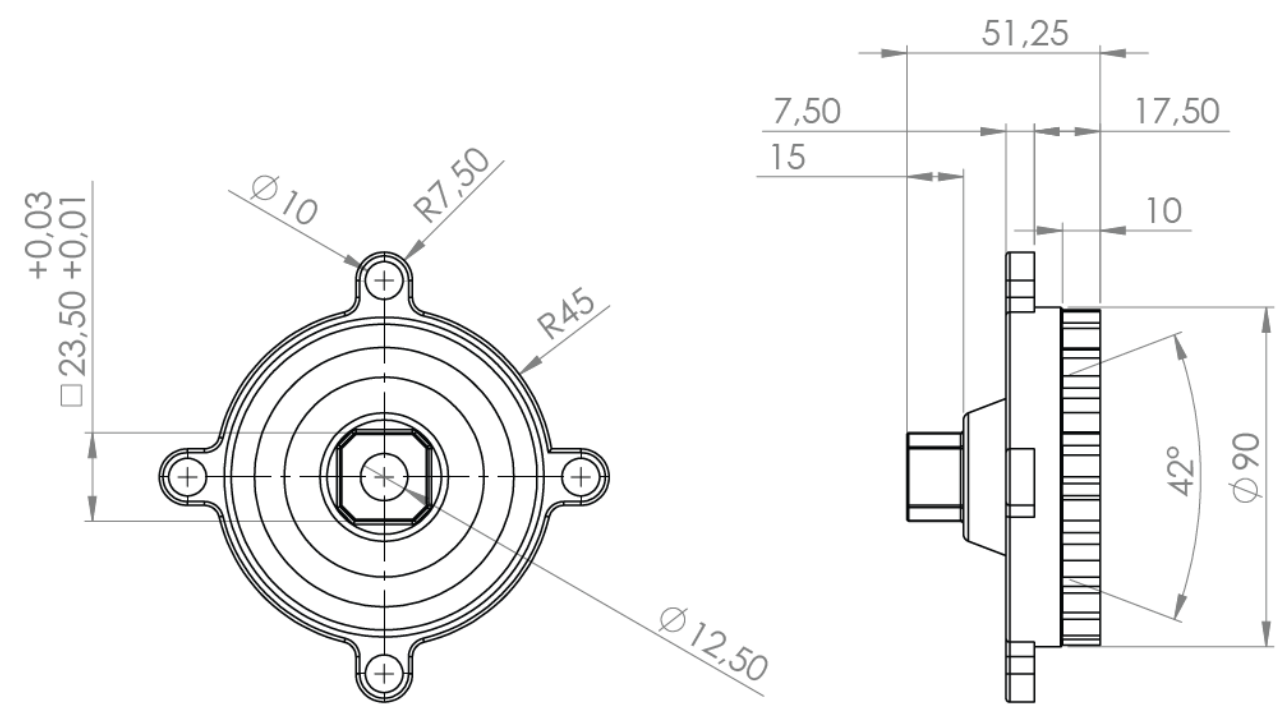


Item	Matéria-prima/Processo	Norma	Quantidade
1	Alumínio/Fundição Injetada	EN AW-5083	1
Desenhou/Designed by:	Data/Date:	Aprovou/Approved by:	Data/Date:
Oliver Fonseca	29-09-2014	Oliver Fonseca	29-09-2014
Página/Sheet:	Folha/Size:	Escala/Scale:	
1 / 1	A4	1:1	
	Código/ Code	Referência Comercial / Stock Number	Moide/Mold:
universidade de aveiro em ciência que pensa 1973.2013	Proj.UTiBike	AA3	NA
Nome da Peça / Ficheiro Part Name / File	Componente - AA3		Massa/Mass (Kg):
			NA
			Area/Area: NA
			ISO 2768 f

Rev.	Descrição / Description	Aut. / Auth. :	Data / Date
1			

Intervalos/ Interval	Classe de Tolerâncias/ Overall Tolerances (mm)							
	>0.5 a 3(1)	>3 a 6	>6 a 30	>30 a 120	>120 a 400	>400 a 1000	>1000 a 2000	>2000 a 4000
f	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	-
m	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2
c	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3	±4

- Quebrar arestas \ Break the sharp edges 0.1 to 0.5
- Ra 1.6
- 0.05 Concentricidade Geral \ General Concentricity



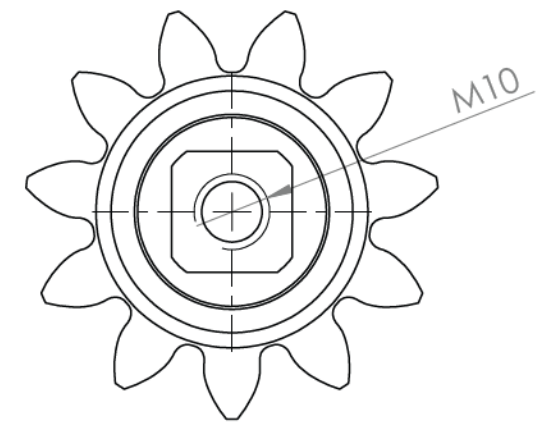
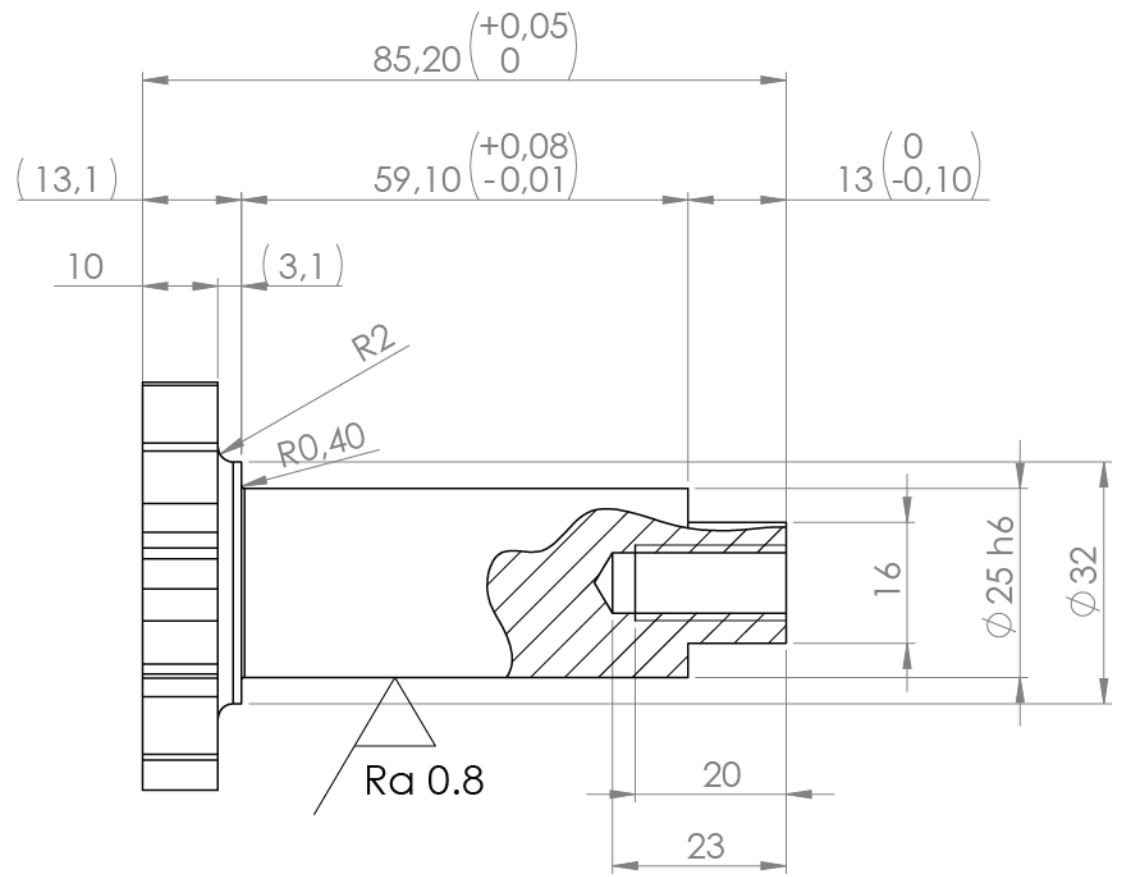
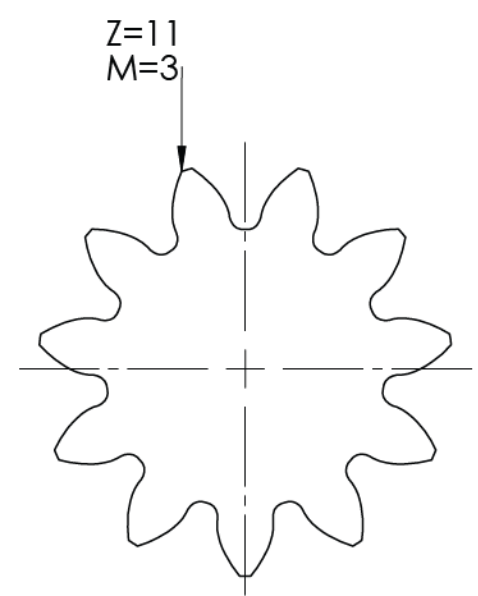
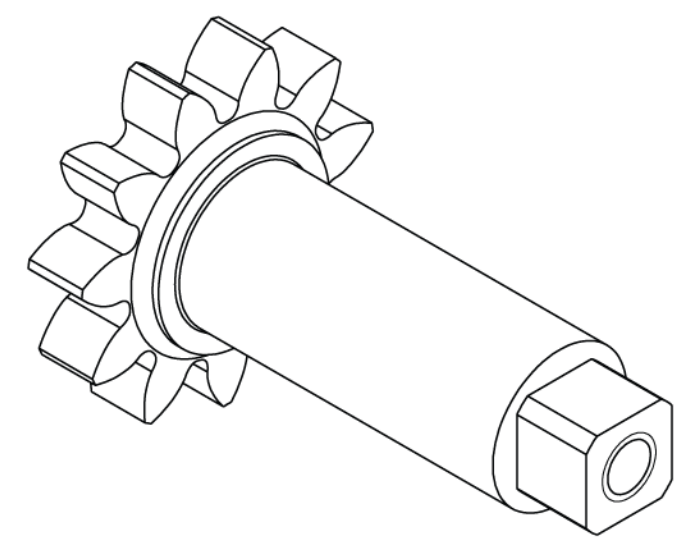
SECTION A-A
SCALE 1 : 2

Item	Matéria-prima/Processo	Norma	Quantidade
1	Alumínio/Fundição Injetada	EN AW-5083	1
Desenhou/Designed by: Oliver Fonseca		Data/Date: 29-09-2014	Aprovou/Approved by: Oliver Fonseca
		Data/Date: 29-09-2014	Página/Sheet: 1 / 1
		Folha/Size: A3	Escala/Scale: 1:2
		Código/ Code: Proj.UTilBike	Referência Comercial / Stock Number: AB6
		Nome da Peça / Ficheiro Part Name / File	Moide/Mold: NA
		Massa/Mass (kg): NA	
		Area/Área: NA	ISO 2768 f
Componente - AB6			

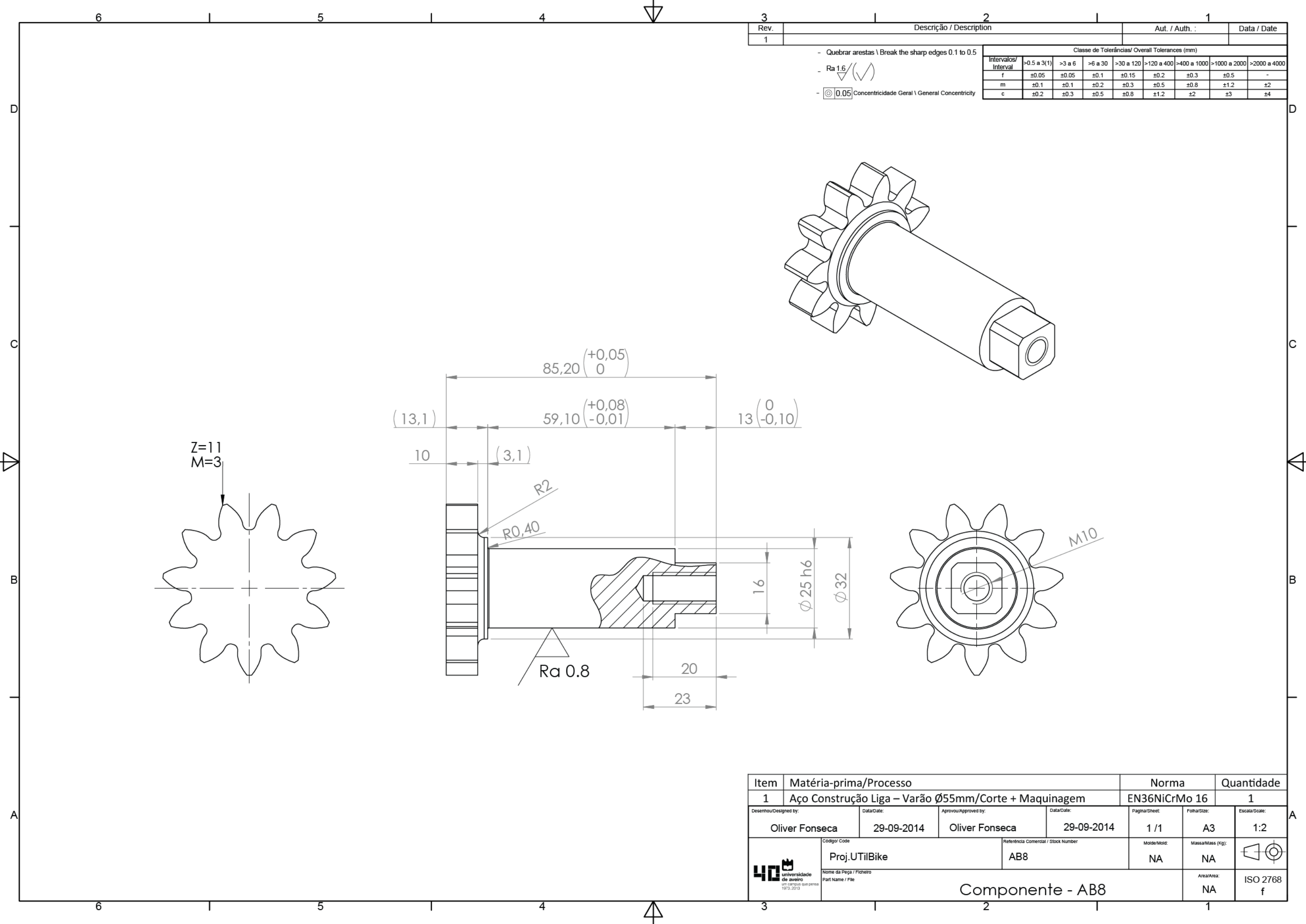
Rev.	Descrição / Description	Aut. / Auth. :	Data / Date
1			

Intervalos/ Interval	Classe de Tolerâncias/ Overall Tolerances (mm)							
	>0.5 a 3(1)	>3 a 6	>6 a 30	>30 a 120	>120 a 400	>400 a 1000	>1000 a 2000	>2000 a 4000
f	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	-
m	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2
c	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3	±4

- Quebrar arestas \ Break the sharp edges 0.1 to 0.5
- Ra 1.6 (✓)
- $\text{◎} 0.05$ Concentricidade Geral \ General Concentricity



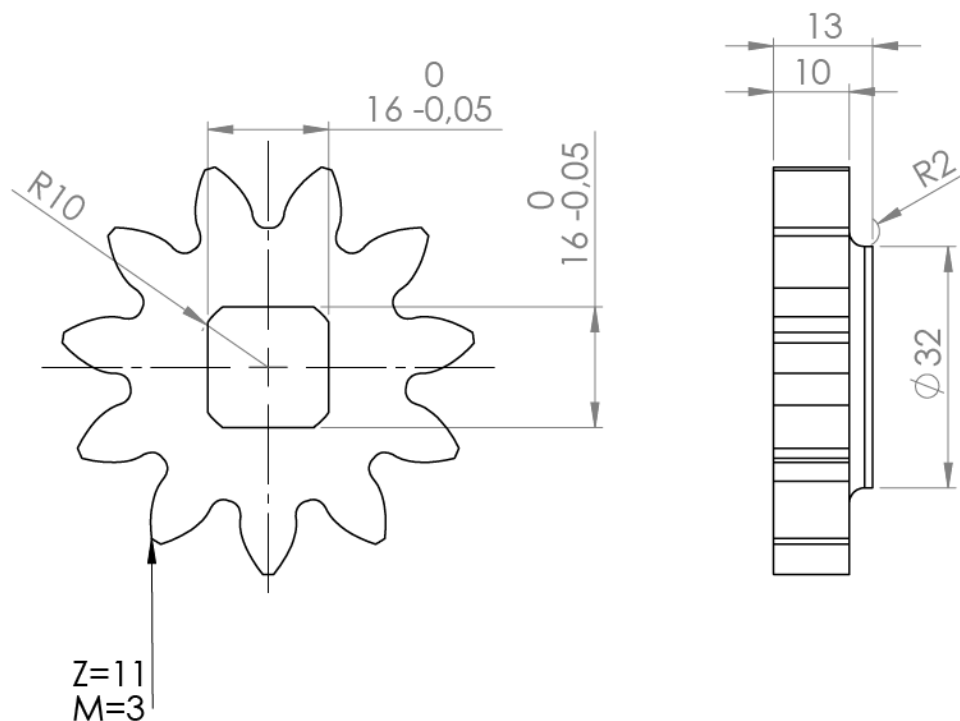
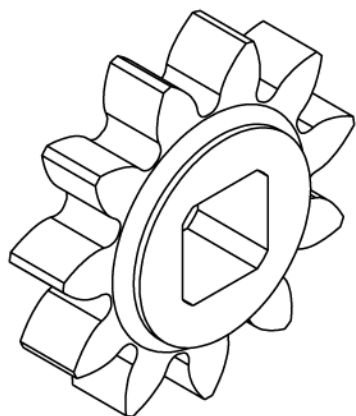
Item	Matéria-prima/Processo	Norma	Quantidade
1	Aço Construção Liga – Varão Ø55mm/Corte + Maquinagem	EN36NiCrMo 16	1
Desenhado/Designed by: Oliver Fonseca		Data/Date: 29-09-2014	
Aprovou/Approved by: Oliver Fonseca		Data/Date: 29-09-2014	
Página/Sheet: 1 / 1		Folha/Size: A3	
Escala/Scale: 1:2			
Código/ Code: Proj.UTilBike		Referência Comercial / Stock Number: AB8	
Nome da Peça / Ficheiro: Componente - AB8		Massa/Mass (Kg): NA	
Part Name / File:		Área/Area: NA	
		ISO 2768 f	




Rev.	Descrição / Description	Aut. / Auth. :	Data / Date
1			

Intervalos/ Interval	Classe de Tolerâncias/ Overall Tolerances (mm)							
	>0.5 a 3(1)	>3 a 6	>6 a 30	>30 a 120	>120 a 400	>400 a 1000	>1000 a 2000	>2000 a 4000
f	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	-
m	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2
c	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3	±4

- Quebrar arestas \ Break the sharp edges 0.1 to 0.5
- Ra 1.6/ (✓) (✓)
- $\text{Ⓞ} 0.05$ Concentricidade Geral \ General Concentricity

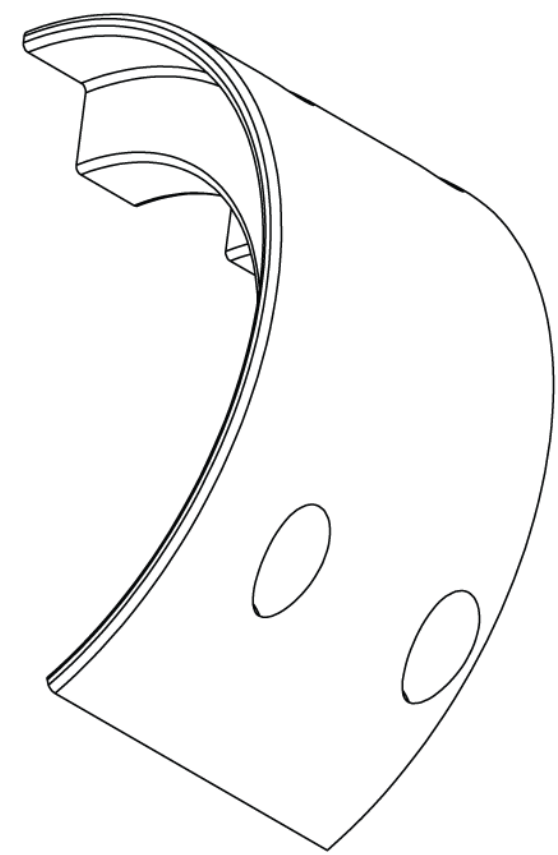
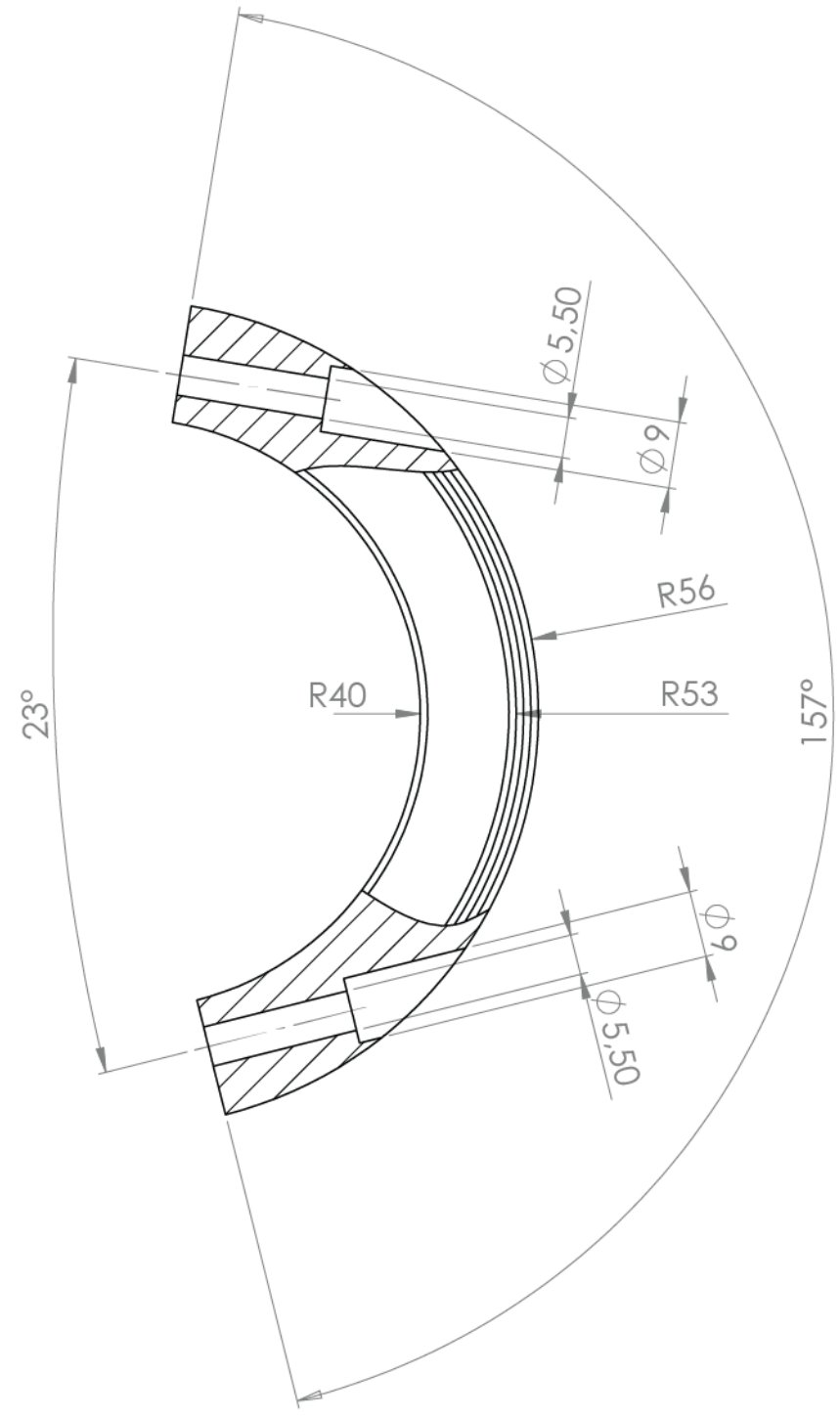
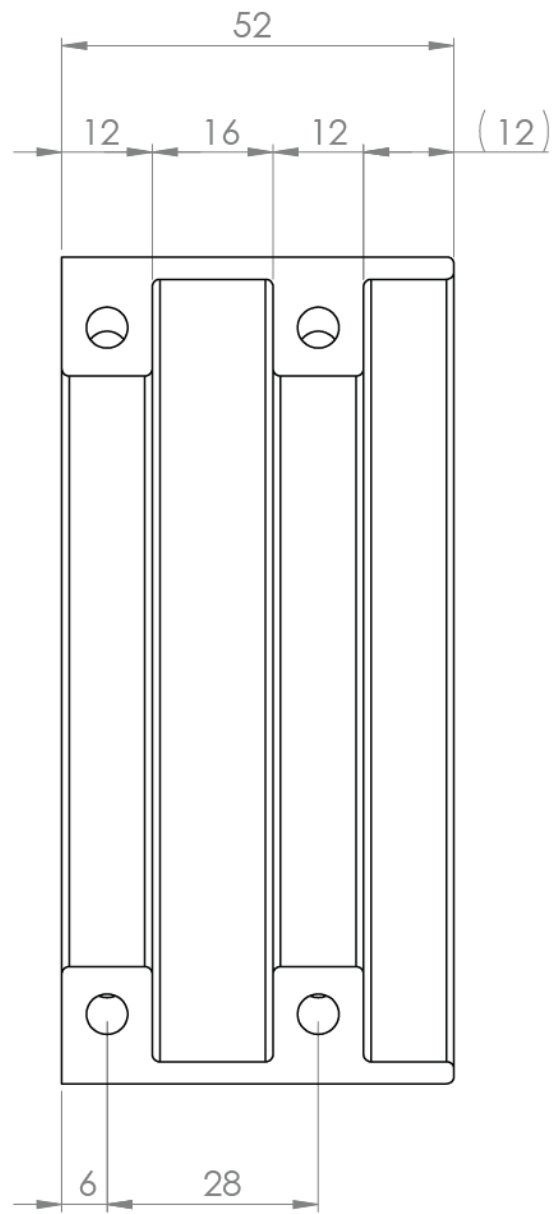


Item	Matéria-prima/Processo	Norma	Quantidade
1	Aço Construção Liga – Varão Ø55mm/Corte + Maquinagem	EN36NiCrMo 16	1
Desenhou/Designed by: Oliver Fonseca		Data/Date: 29-09-2014	Aprovou/Approved by: Oliver Fonseca
		Data/Date: 29-09-2014	Página/Sheet: 1 / 1
		Folha/Size: A4	Escala/Scale: 1:2
	Código/ Code Proj.UTilBike	Referência Comercial / Stock Number AB10	Molde/Mold: NA
	Nome da Peça / Ficheiro Part Name / File Componente - AB10		Massa/Mass (Kg): NA
		Area/Area: NA	ISO 2768 f

Rev.	Descrição / Description	Aut. / Auth. :	Data / Date
1			

- Quebrar arestas \ Break the sharp edges 0.1 to 0.5
- Ra 1.6
- 0.05 Concentricidade Geral \ General Concentricity

Intervalos/ Interval	Classe de Tolerâncias/ Overall Tolerances (mm)							
	>0.5 a 3(1)	>3 a 6	>6 a 30	>30 a 120	>120 a 400	>400 a 1000	>1000 a 2000	>2000 a 4000
f	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	-
m	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2
c	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3	±4

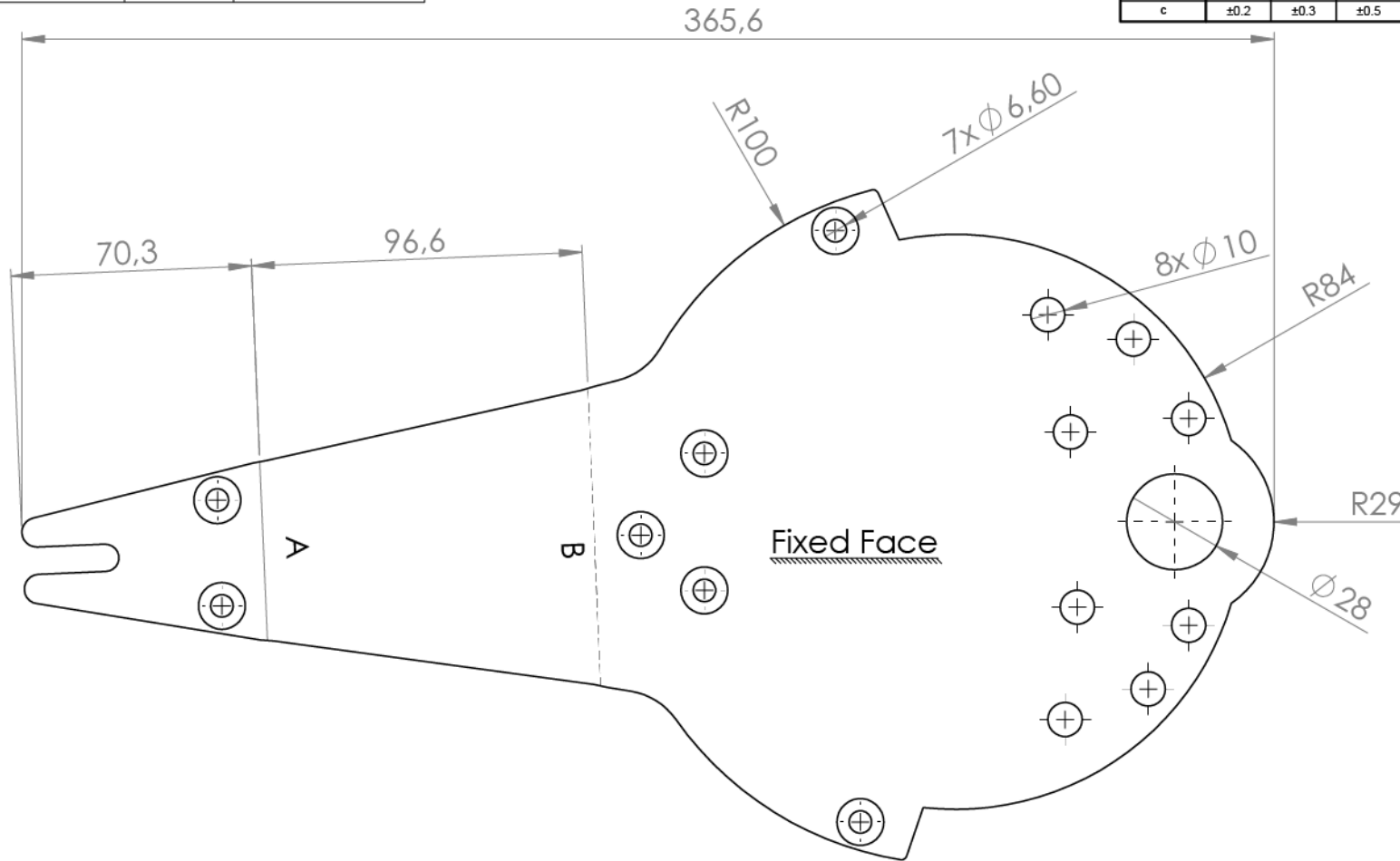


Item	Matéria-prima/Processo	Norma	Quantidade
1	PP Copolímero/Moldação por injeção	PP	2
Desenhado/Designed by: Oliver Fonseca		Data/Date: 29-09-2014	Aprovou/Approved by: Oliver Fonseca
		Data/Date: 29-09-2014	Página/Sheet: 1 / 1
		Folha/Size: A3	Escala/Scale: 1:2
		Código/ Code: Proj.UTilBike	Referência Comercial / Stock Number: AC2
		Nome da Peça / Ficheiro: Part Name / File	Área/ Area: NA
Componente - AC2			Massa/Mass (kg): NA
			ISO 2768 f

Tag	Direction	Angle	Inner Radius
A	UP	29,42°	5,00
B	DOWN	29,42°	5,00

Rev.	Descrição / Description	Aut. / Auth. :	Data / Date
1	- Quebrar arestas \ Break the sharp edges 0.1 to 0.5		

Intervalos/ Interval	Classe de Tolerâncias/ Overall Tolerances (mm)							
	>0.5 a 3(1)	>3 a 6	>6 a 30	>30 a 120	>120 a 400	>400 a 1000	>1000 a 2000	>2000 a 4000
f	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	-
m	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2
c	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3	±4



Item	Matéria-prima/Processo	Norma	Quantidade
1	Aço Inoxidável – Capa 5mm/Corte LASER + Quinagem	AISI304	1
Desenhou/Designed by: Oliver Fonseca		Data/Date: 29-09-2014	Aprovou/Approved by: Oliver Fonseca
		Data/Date: 29-09-2014	Página/Sheet: 1 / 1
		Folha/Size: A4	Escola/Scale: 1:2
Código/ Code: Proj.UTiBike		Referência Comercial / Stock Number: AC3	Molde/Mold: NA
Nome da Peça / Ficheiro Part Name / File: Componente - AC3		Massa/Mass (Kg): NA	Área/Area: NA
			ISO 2768 m

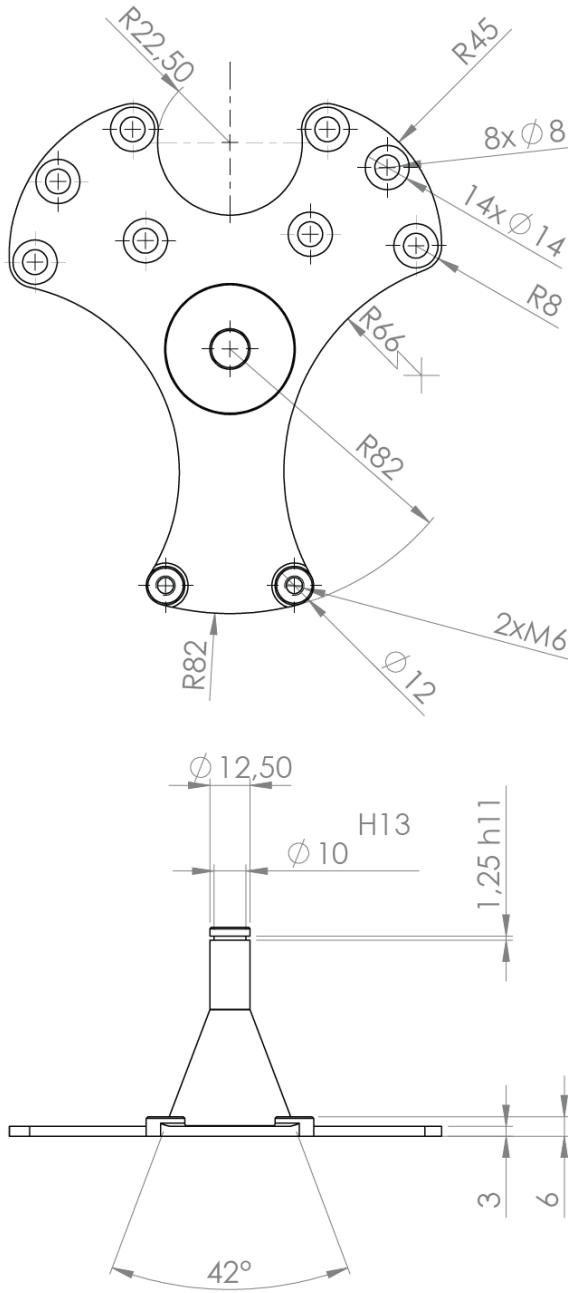


Rev.	Descrição / Description	Aut. / Auth. :	Data / Date
------	-------------------------	----------------	-------------

1

- Quebrar arestas \ Break the sharp edges 0.1 to 0.5
- Ra 0.8
- 0.05 Concentricidade Geral \ General Concentricity

Classe de Tolerâncias / Overall Tolerances (mm)								
Intervalos / Interval	>0.5 a 3(1)	>3 a 6	>6 a 30	>30 a 120	>120 a 400	>400 a 1000	>1000 a 2000	>2000 a 4000
f	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	-
m	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2
c	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3	±4



Item	Matéria-prima/Processo	Norma	Quantidade
1	Aço Construção Liga /Forjamento + Maquinagem	EN 36NiCrMo16	2

Desenhou/Designed by:	Data/Date:	Aprovou/Approved by:	Data/Date:	Página/Sheet:	Folha/Size:	Escala/Scale:
Oliver Fonseca	29-09-2014	Oliver Fonseca	29-09-2014	1 / 1	A4	1:2

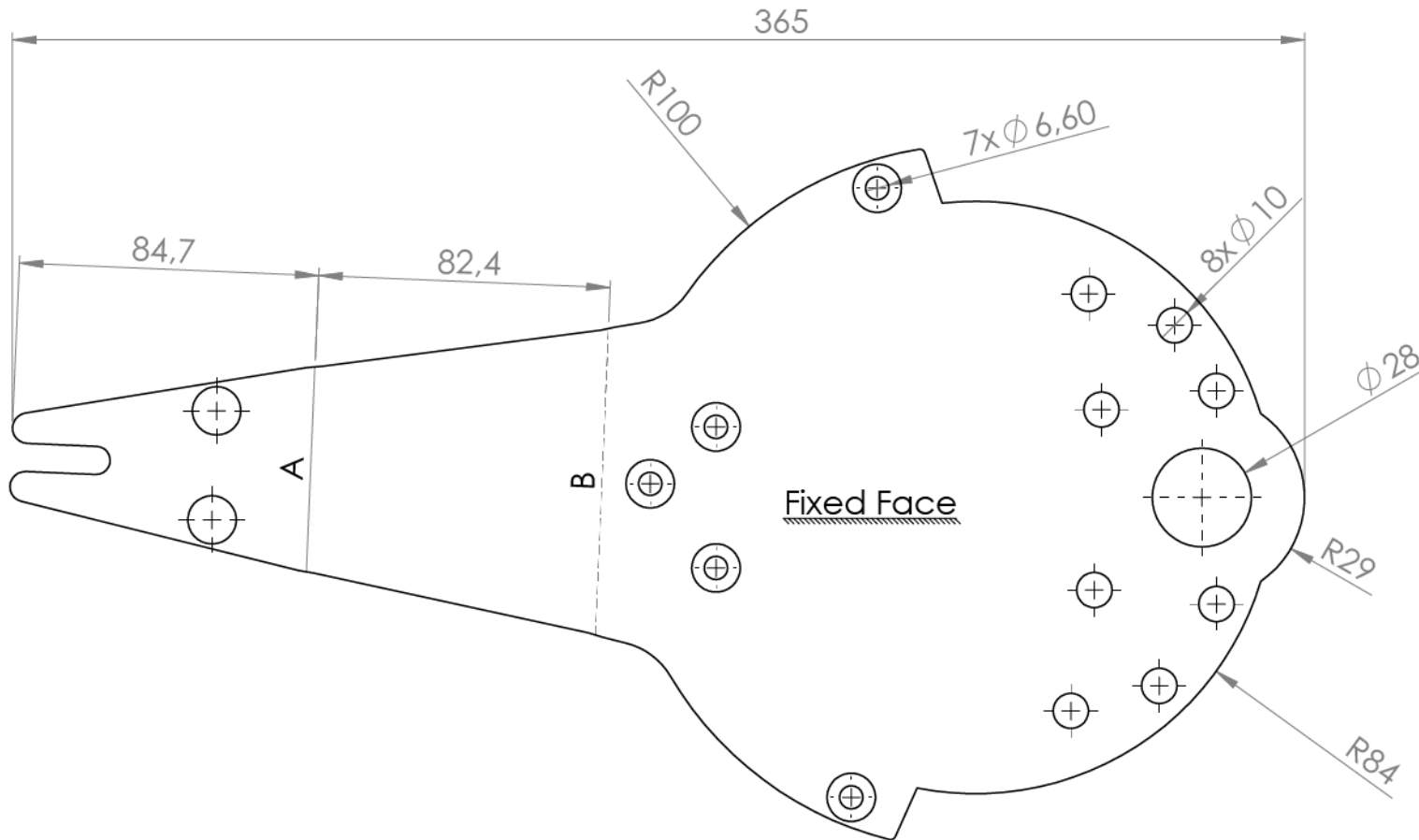
	Código/ Code	Referência Comercial / Stock Number	Molde/Mold:	Massa/Mass (Kg):	
	Proj.UTilBike	AC8	NA	NA	
Nome da Peça / Ficheiro Part Name / File				Area/Area:	ISO 2768 f
Componente - AC8				NA	



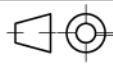
Tag	Direction	Angle	Inner Radius
A	UP	32,23°	5,00
B	DOWN	32,23°	5,00

Rev.	Descrição / Description	Aut. / Auth. :	Data / Date
1	- Quebrar arestas \ Break the sharp edges 0.1 to 0.5		

Intervalos/ Interval	Classe de Tolerâncias/ Overall Tolerances (mm)							
	>0.5 a 3(1)	>3 a 6	>6 a 30	>30 a 120	>120 a 400	>400 a 1000	>1000 a 2000	>2000 a 4000
f	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-
m	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4



Item	Matéria-prima/Processo	Norma	Quantidade
1	Aço Inoxidável – Capa 5mm/Corte LASER + Quinagem	AISI304	1
Desenhou/Designed by: Oliver Fonseca		Data/Date: 29-09-2014	Aprovou/Approved by: Oliver Fonseca
Data/Date: 29-09-2014		Página/Sheet: 1 / 1	Folha/Size: A4
Escala/Scale: 1:2		Moide/Mold: NA	Massa/Mass (Kg): NA
Código/ Code: Proj.UTilBike		Referência Comercial / Stock Number: AC9	ISO 2768 m
Nome da Peça / Ficheiro Part Name / File Componente - AC9			Area/Area: NA

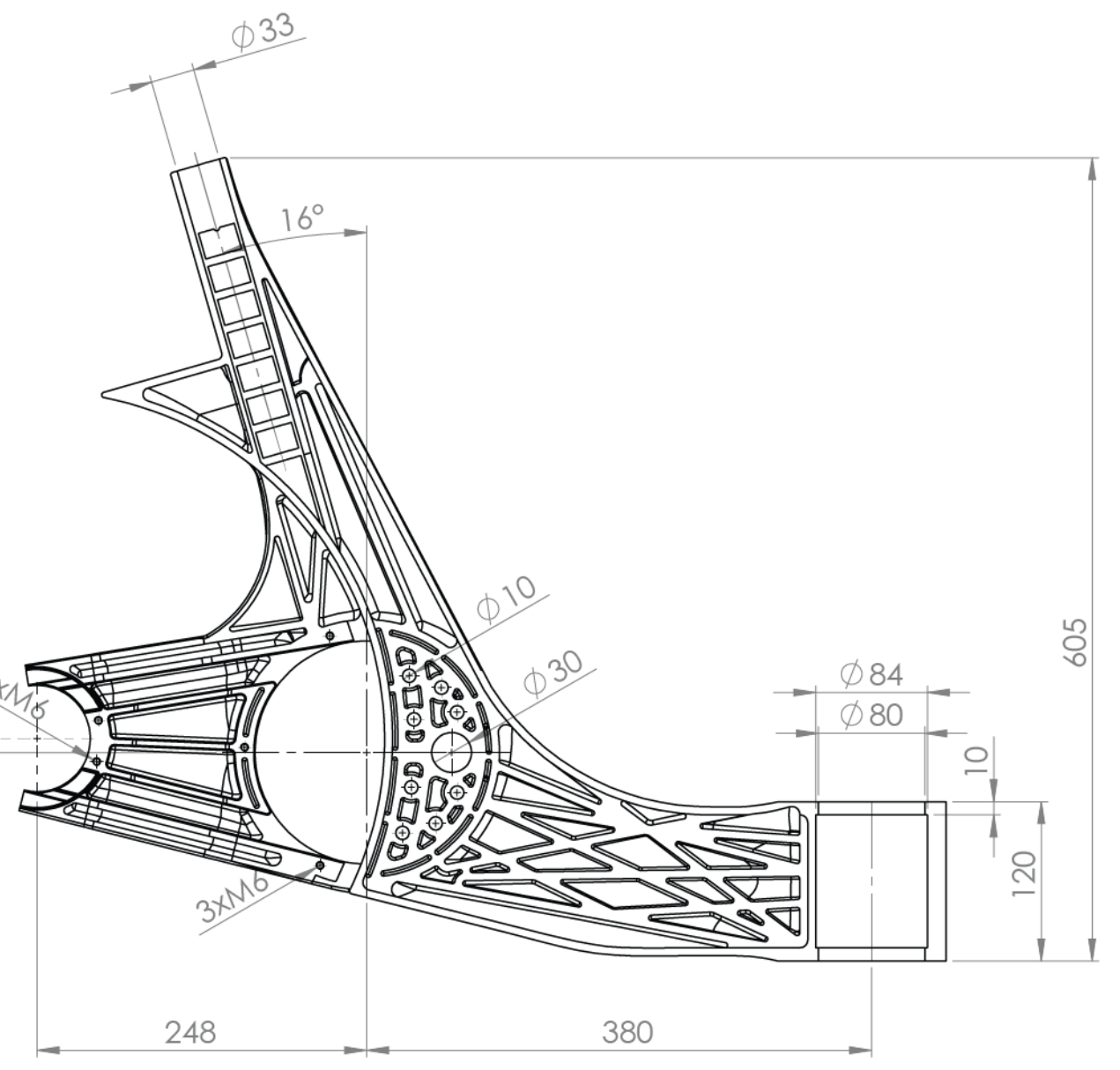
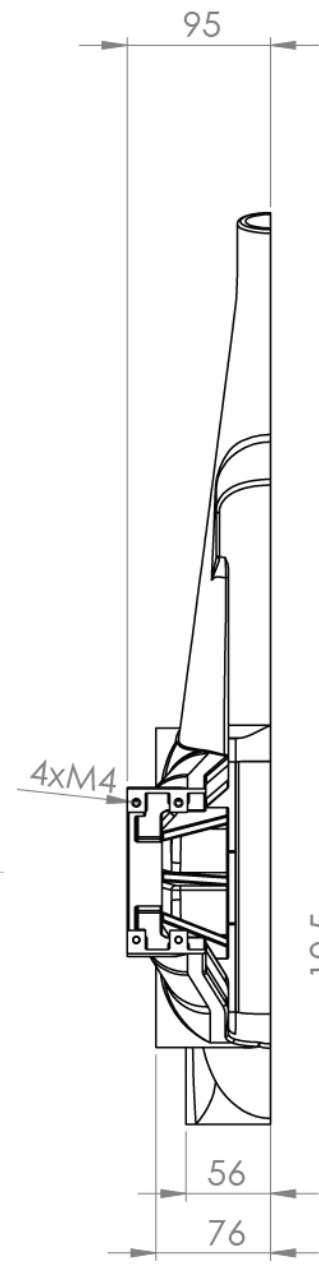
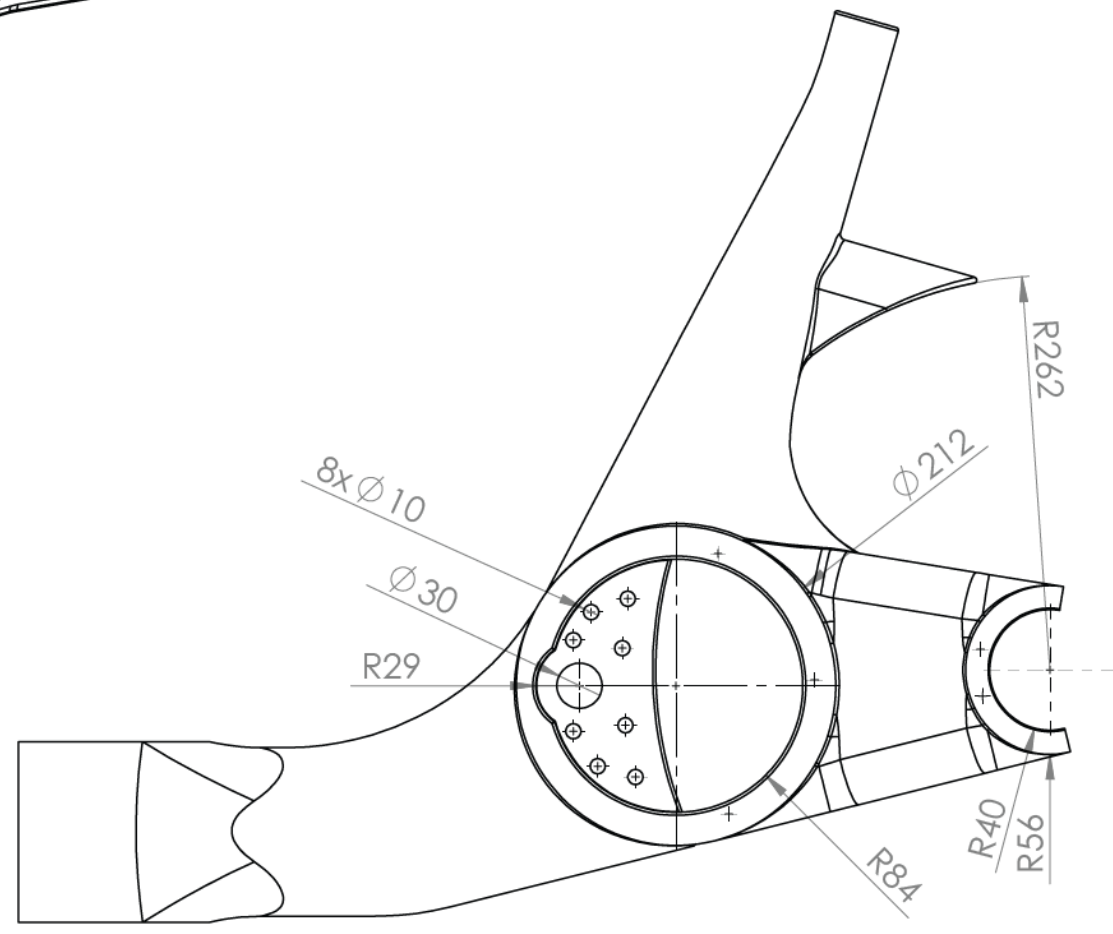
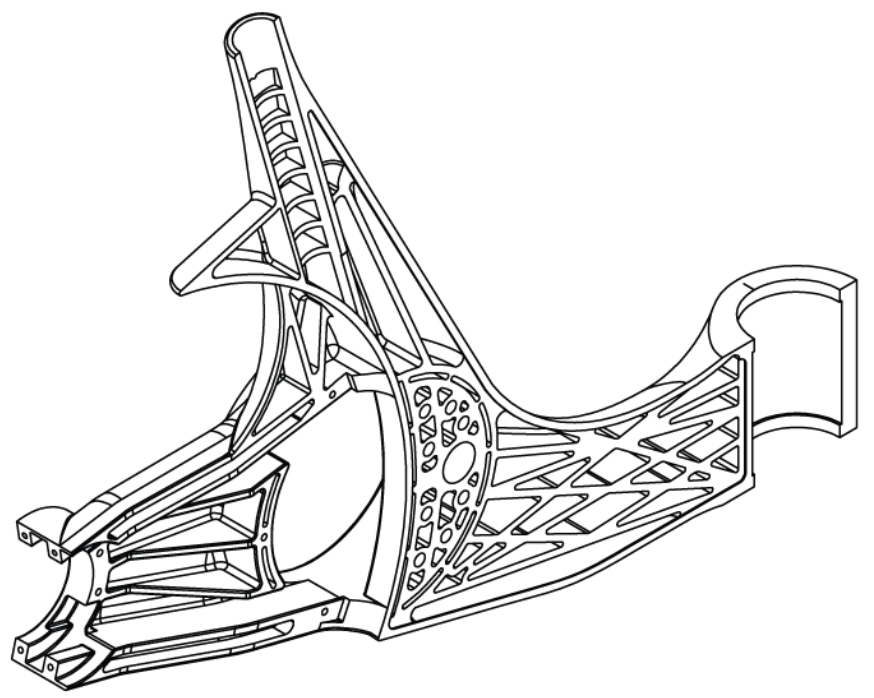


6 5 4 3 2 1

Rev.	Descrição / Description	Aut. / Auth. :	Data / Date
1			

Intervalos/ Interval	Classe de Tolerâncias/ Overall Tolerances (mm)							
	>0.5 a 3(1)	>3 a 6	>6 a 30	>30 a 120	>120 a 400	>400 a 1000	>1000 a 2000	>2000 a 4000
f	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	-
m	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2
c	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3	±4

- Quebrar arestas \ Break the sharp edges 0.1 to 0.5
- Ra 0.8 (✓)
- $\text{◎} 0.05$ Concentricidade Geral \ General Concentricity



Item	Matéria-prima/Processo	Norma	Quantidade
1	PP Copolímero/Moldação por injeção	PP	2

Desenhou/Designed by:	Data/Date:	Aprovou/Approved by:	Data/Date:	Página/Sheet:	Folha/Size:	Escala/Scale:
Oliver Fonseca	29-09-2014	Oliver Fonseca	29-09-2014	1 / 1	A3	1:5

Código/ Code:	Proj.UTilBike	Referência Comercial / Stock Number:	AC10.1	Molde/Mold:	NA	Massa/Mass (Kg):	NA
Nome da Peça / Ficheiro Part Name / File:	Componente - AC10.1			Área/Área:	NA	ISO 2768	f

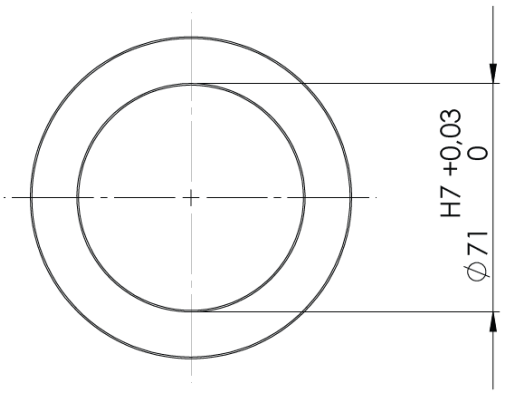
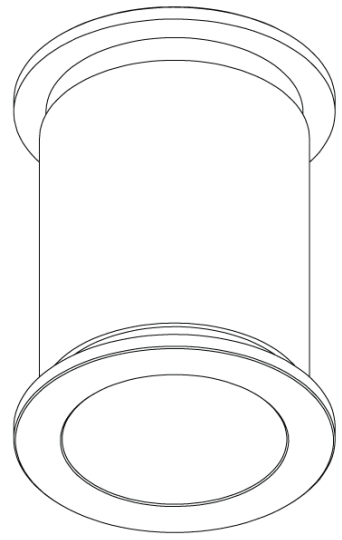
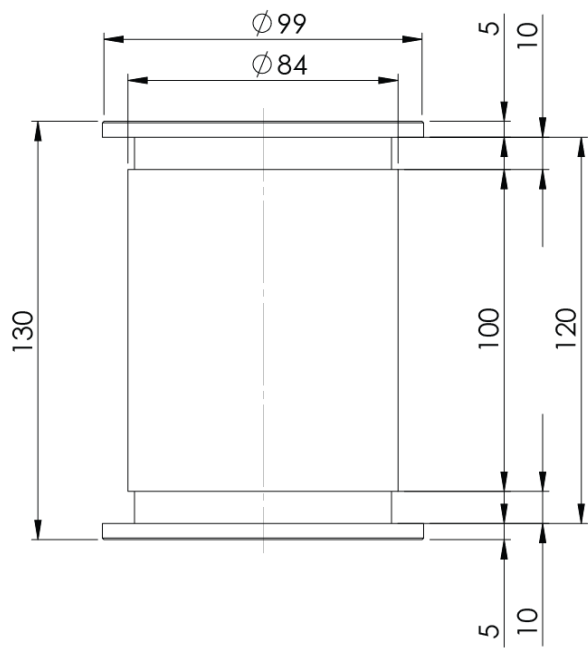
6 5 4 3 2 1



Rev.	Descrição / Description	Aut. / Auth. :	Data / Date
1			

- Quebrar arestas \ Break the sharp edges 0.1 to 0.5
- Ra 0.8
- 0,05 Concentricidade Geral \ General Concentricity

Intervalos/ Interval	Classe de Tolerâncias/ Overall Tolerances (mm)							
	>0.5 a 3(1)	>3 a 6	>6 a 30	>30 a 120	>120 a 400	>400 a 1000	>1000 a 2000	>2000 a 4000
f	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	-
m	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2
c	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3	±4



Item	Matéria-prima/Processo	Norma	Quantidade
1	Alumínio/Fundição Injetada	EN AW-5083	1

Desenhou/Designed by:	Data/Date:	Aprovou/Approved by:	Data/Date:	Pagina/Sheet:	Folha/Size:	Escala/Scale:
Oliver Fonseca	29-09-2014	Oliver Fonseca	29-09-2014	1 / 1	A4	1:2

	Código/ Code	Referência Comercial / Stock Number	Molde/Mold:	Massa/Mass (Kg):	
	Proj.UTilBike	AC10.4	NA	NA	

Nome da Peça / Ficheiro Part Name / File	Componente - AC10.4	Area/Area:	ISO 2768 f
		NA	

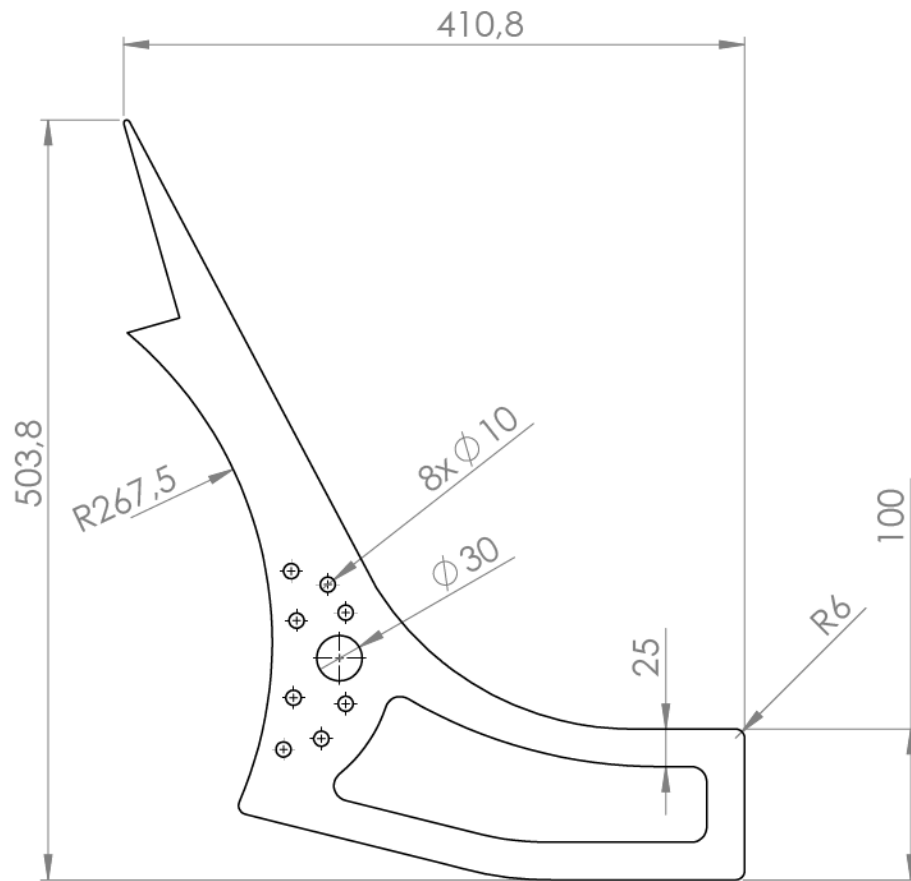



Rev.	Descrição / Description	Aut. / Auth. :	Data / Date
1			

- Quebrar arestas \ Break the sharp edges 0.1 to 0.5

Classe de Tolerâncias/ Overall Tolerances (mm)

Intervalos/ Interval	>0.5 a 3(1)	>3 a 6	>6 a 30	>30 a 120	>120 a 400	>400 a 1000	>1000 a 2000	>2000 a 4000
f	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	-
m	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2
c	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3	±4

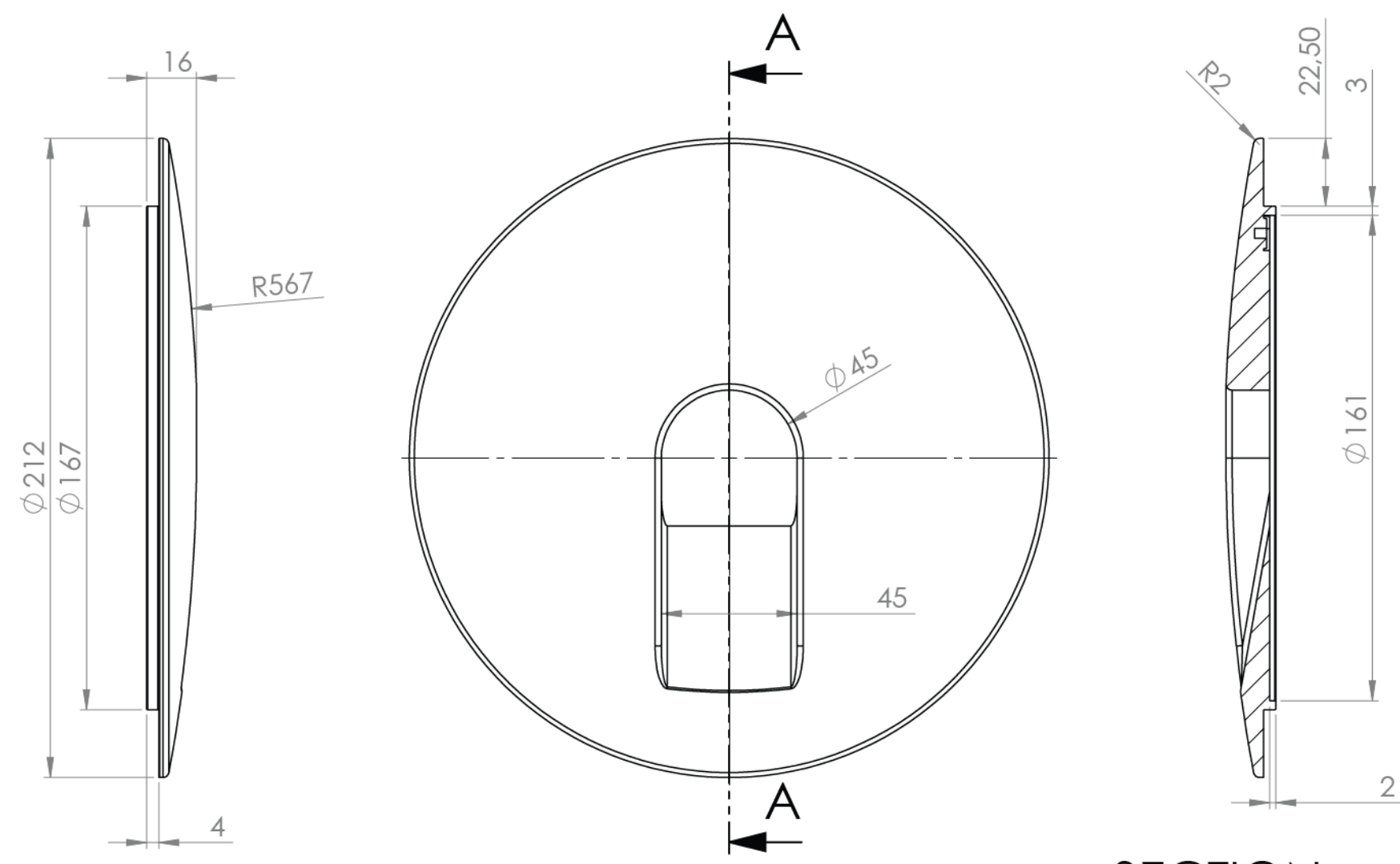


Item	Matéria-prima/Processo	Norma	Quantidade
1	Aço Inoxidável – Capa 2mm/Corte LASER	AISI304	1
Desenhado/Designed by: Oliver Fonseca		Data/Date: 29-09-2014	Aprovou/Approved by: Oliver Fonseca
Data/Date: 29-09-2014		Página/Sheet: 1 / 1	Folha/Size: A4
Escala/Scale: 1:5		Referência Comercial / Stock Number: AC10.5	Massa/Mass (Kg): NA
		Código/ Code: Proj.UTiBike	Moide/Mold: NA
Nome da Peça / Ficheiro Part Name / File		Componente - AC10.5	
Area/Area: NA		ISO 2768 m	


Rev.	Descrição / Description	Aut. / Auth. :	Data / Date
1			

Intervalos/ Interval	Classe de Tolerâncias/ Overall Tolerances (mm)							
	>0.5 a 3(1)	>3 a 6	>6 a 30	>30 a 120	>120 a 400	>400 a 1000	>1000 a 2000	>2000 a 4000
f	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	-
m	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2
c	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3	±4

- Quebrar arestas \ Break the sharp edges 0.1 to 0.5
- Ra 1.6 (✓)
- $\text{Ⓢ} 0.05$ Concentricidade Geral \ General Concentricity



SECTION A-A
SCALE 1 : 2

Item	Matéria-prima/Processo	Norma	Quantidade
1	Polímero ABS/Moldação por Injeção	ABS	2
Desenhou/Designed by: Oliver Fonseca		Data/Date: 29-09-2014	Aprovou/Approved by: Oliver Fonseca
		Data/Date: 29-09-2014	Página/Sheet: 1 / 1
		Folha/Size: A3	Escala/Scale: 1:2
		Código/ Code: Proj.UTiBike	Referência Comercial / Stock Number: AD1
		Moide/Mold: NA	Massa/Mass (Kg): NA
		Nome da Peça / Ficheiro Part Name / File	Area/Area: NA
Componente - AD1			ISO 2768 f



Rev.	Descrição / Description	Aut. / Auth. :	Data / Date
------	-------------------------	----------------	-------------

- Quebrar arestas \ Break the sharp edges 0.1 to 0.5

Classe de Tolerâncias/ Overall Tolerances (mm)								
Intervalos/ Interval	>0.5 a 3(1)	>3 a 6	>6 a 30	>30 a 120	>120 a 400	>400 a 1000	>1000 a 2000	>2000 a 4000
f	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	-
m	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2
c	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3	±4

Item	Matéria-prima/Processo	Norma	Quantidade
1	Tubo Aço Carbono – 22x2mm/Dobragem	DIN St37	1

Desenhou/Designed by:	Data/Date:	Aprovou/Approved by:	Data/Date:	Página/Sheet:	Folha/Size:	Escala/Scale:
Oliver Fonseca	29-09-2014	Oliver Fonseca	29-09-2014	1 / 1	A4	1:5

	Código/ Code	Referência Comercial / Stock Number	Molde/Mold:	Massa/Mass (Kg):	
	Proj.UTilBike	BA5	NA	NA	
Nome da Peça / Ficheiro Part Name / File Componente - BA5				Area/Area:	ISO 2768 m
				NA	

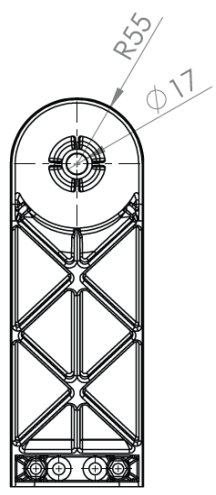
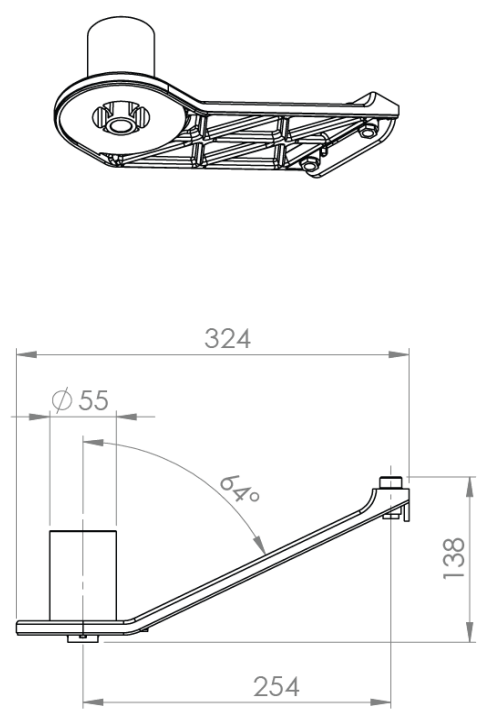
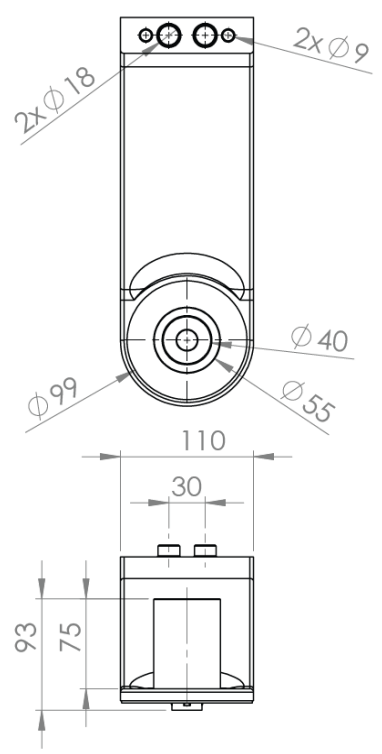




Rev. 1	Descrição / Description	Aut. / Auth. :	Data / Date
-----------	-------------------------	----------------	-------------

- Quebrar arestas \ Break the sharp edges 0.1 to 0.5
- Ra 1.6
- 0.05 Concentricidade Geral \ General Concentricity

Classe de Tolerâncias/ Overall Tolerances (mm)								
Intervalos/ Interval	>0.5 a 3(1)	>3 a 6	>6 a 30	>30 a 120	>120 a 400	>400 a 1000	>1000 a 2000	>2000 a 4000
f	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	-
m	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2
c	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3	±4

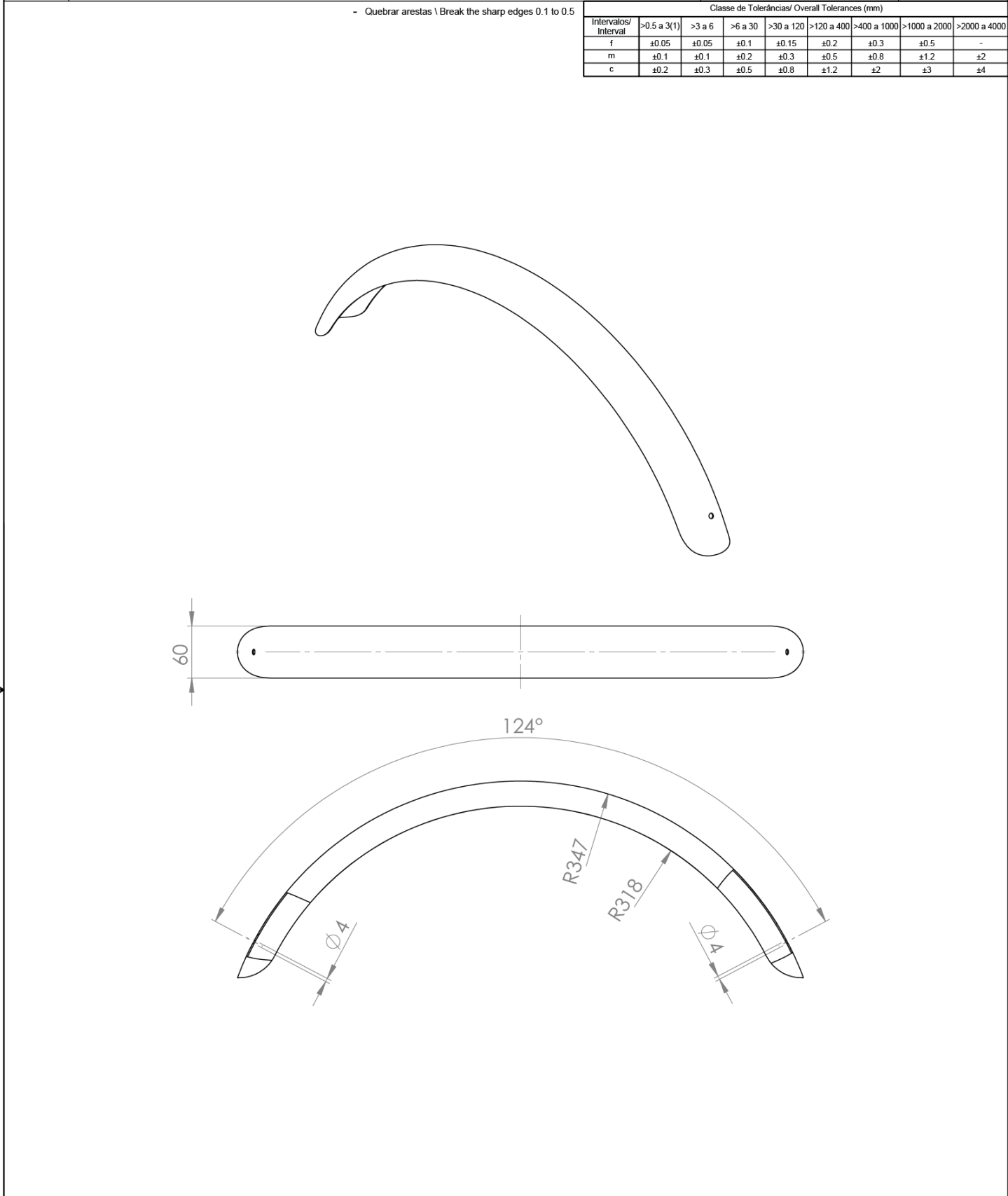


Item 1	Matéria-prima/Processo Alumínio/Fundição Injetada	Norma EN AW-5083	Quantidade 1
Desenhado/Designed by: Oliver Fonseca	Data/Date: 29-09-2014	Aprovou/Approved by: Oliver Fonseca	Data/Date: 29-09-2014
Página/Sheet: 1 / 1		Folha/Size: A4	Escala/Scale: 1:5
	Código/ Code Proj.UTilBike	Referência Comercial / Stock Number BC4	Molde/Mold: NA
	Nome da Peça / Ficheiro Part Name / File Componente - BC4	Massa/Mass (Kg): NA	
		Area/Area: NA	ISO 2768 f





Rev.	Descrição / Description	Aut. / Auth. :	Data / Date
------	-------------------------	----------------	-------------



Item	Matéria-prima/Processo	Norma	Quantidade
1	PP Copolímero/Moldação por injeção	PP	2

Desenhou/Designed by:	Data/Date:	Aprovou/Approved by:	Data/Date:	Página/Sheet:	Folha/Size:	Escala/Scale:
Oliver Fonseca	29-09-2014	Oliver Fonseca	29-09-2014	1 / 1	A4	1:5

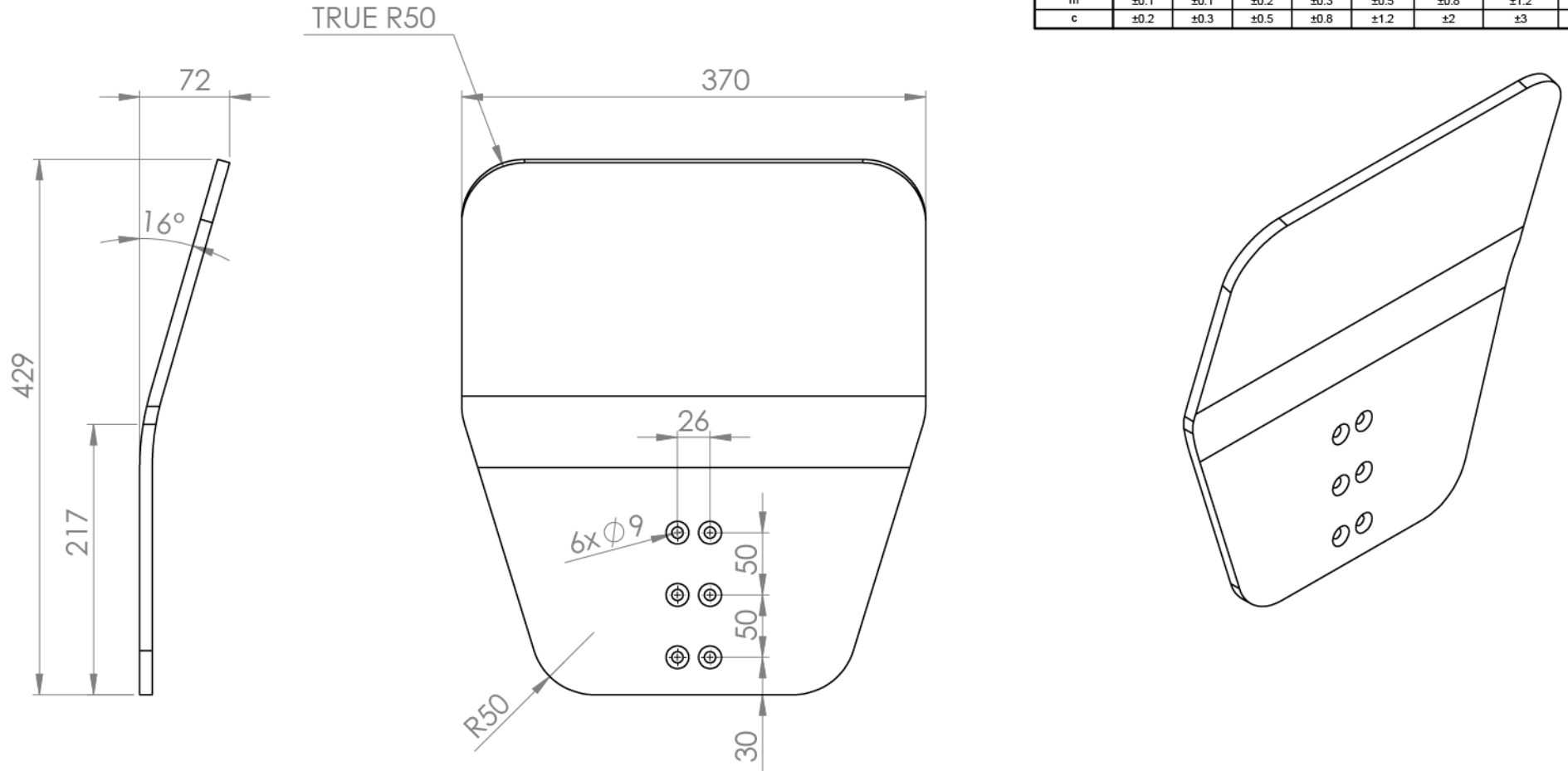
	Código/ Code	Referência Comercial / Stock Number	Molde/Mold:	Massa/Mass (Kg):	
	Proj.UTilBike	BD2	NA	NA	
Nome da Peça / Ficheiro Part Name / File Componente - BD2				Area/Area:	ISO 2768 m
				NA	




Rev.	Descrição / Description	Aut. / Auth. :	Data / Date
1			

- Quebrar arestas \ Break the sharp edges 0.1 to 0.5

Intervalos/ Interval	Classe de Tolerâncias/ Overall Tolerances (mm)							
	>0.5 a 3(1)	>3 a 6	>6 a 30	>30 a 120	>120 a 400	>400 a 1000	>1000 a 2000	>2000 a 4000
f	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	-
m	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2
c	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3	±4

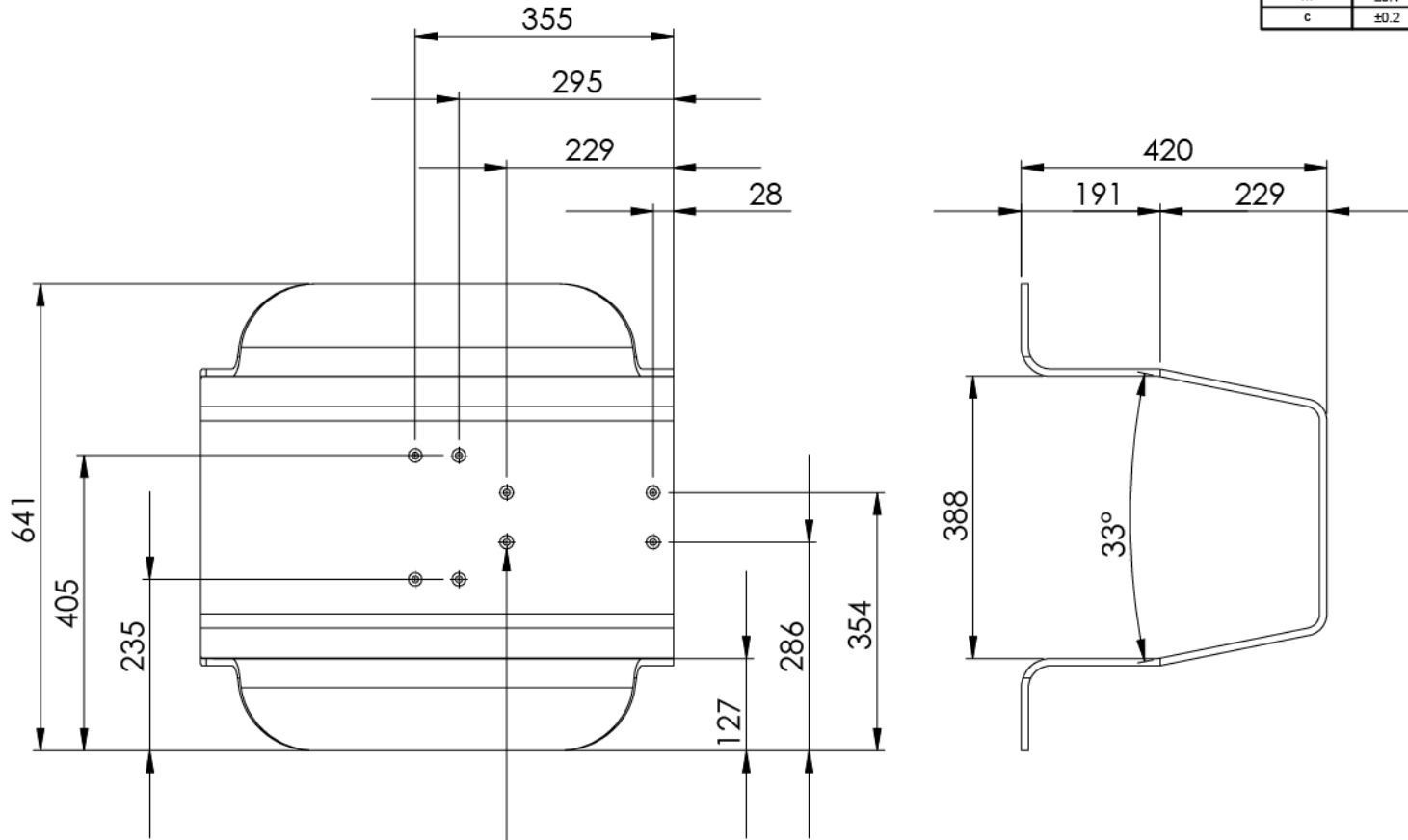


Item	Matéria-prima/Processo	Norma	Quantidade
1	Contraplacado Marítimo Chapa – 12mm/Moldação a Quente	NA	1
Desenhou/Designed by: Oliver Fonseca		Data/Date: 29-09-2014	
Aprovou/Approved by: Oliver Fonseca		Data/Date: 29-09-2014	
Página/Sheet: 1 / 1		Folha/Size: A4	Escala/Scale: 1:5
		Código/ Code: Proj.UTILBike	Referência Comercial / Stock Number: BE1.1
Nome da Peça / Ficheiro: Part Name / File		Componente BE1.1	
Molde/Mold: NA		Massa/Mass (Kg): NA	
Area/Area: NA		ISO 2768 m	

Rev.	Descrição / Description	Aut. / Auth. :	Data / Date
1			

- Quebrar arestas \ Break the sharp edges 0.1 to 0.5

Intervalos/ Interval	Classe de Tolerâncias/ Overall Tolerances (mm)							
	>0.5 a 3(1)	>3 a 6	>6 a 30	>30 a 120	>120 a 400	>400 a 1000	>1000 a 2000	>2000 a 4000
f	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	-
m	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2
c	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3	±4

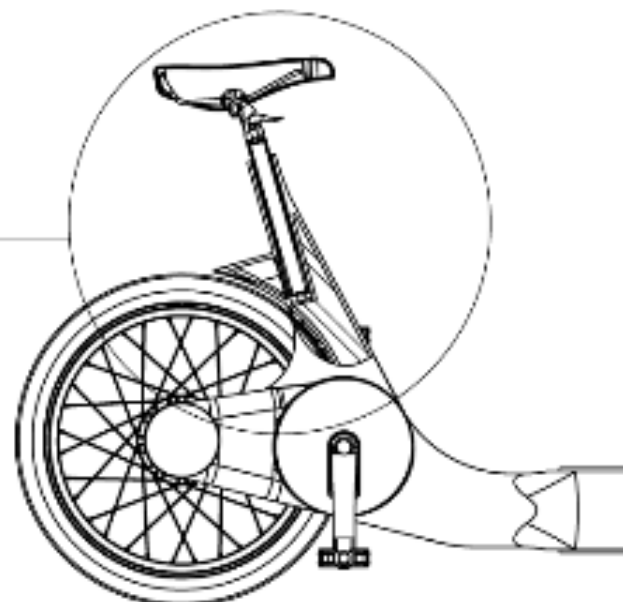
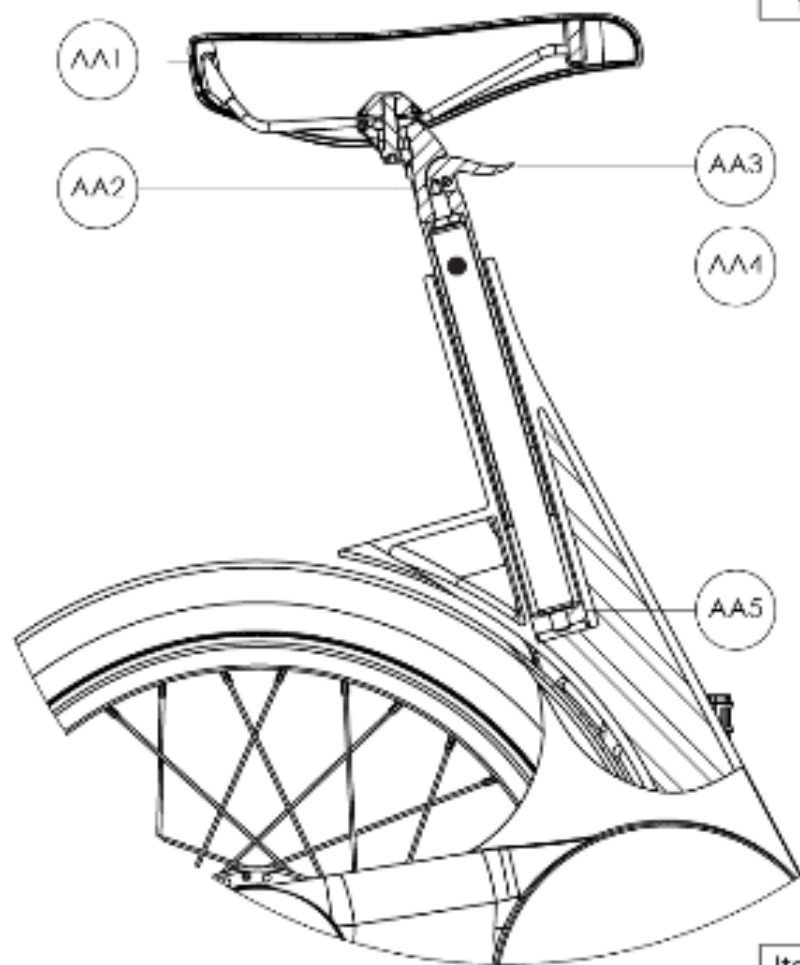


(8 x Ø 9 THRU ALL)
 (18.25 X 90°)


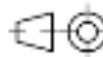
Item	Matéria-prima/Processo	Norma	Quantidade
1	Contraplacado Marítimo Chapa – 12mm/Moldação a Quente	NA	1
Desenhou/Designed by: Oliver Fonseca		Data/Date: 29-09-2014	Aprovou/Approved by: Oliver Fonseca
Data/Date: 29-09-2014		Página/Sheet: 1 / 1	Folha/Size: A4
Escala/Scale: 1:5			
Codigo/ Code Proj.UTiIBike		Referência Comercial / Stock Number BE1.2	
Nome da Peça / Ficheiro Part Name / File		Molde/Mold: NA	Massa/Mass (Kg): NA
Componente - BE1.2		Area/Area: NA	ISO 2768 m



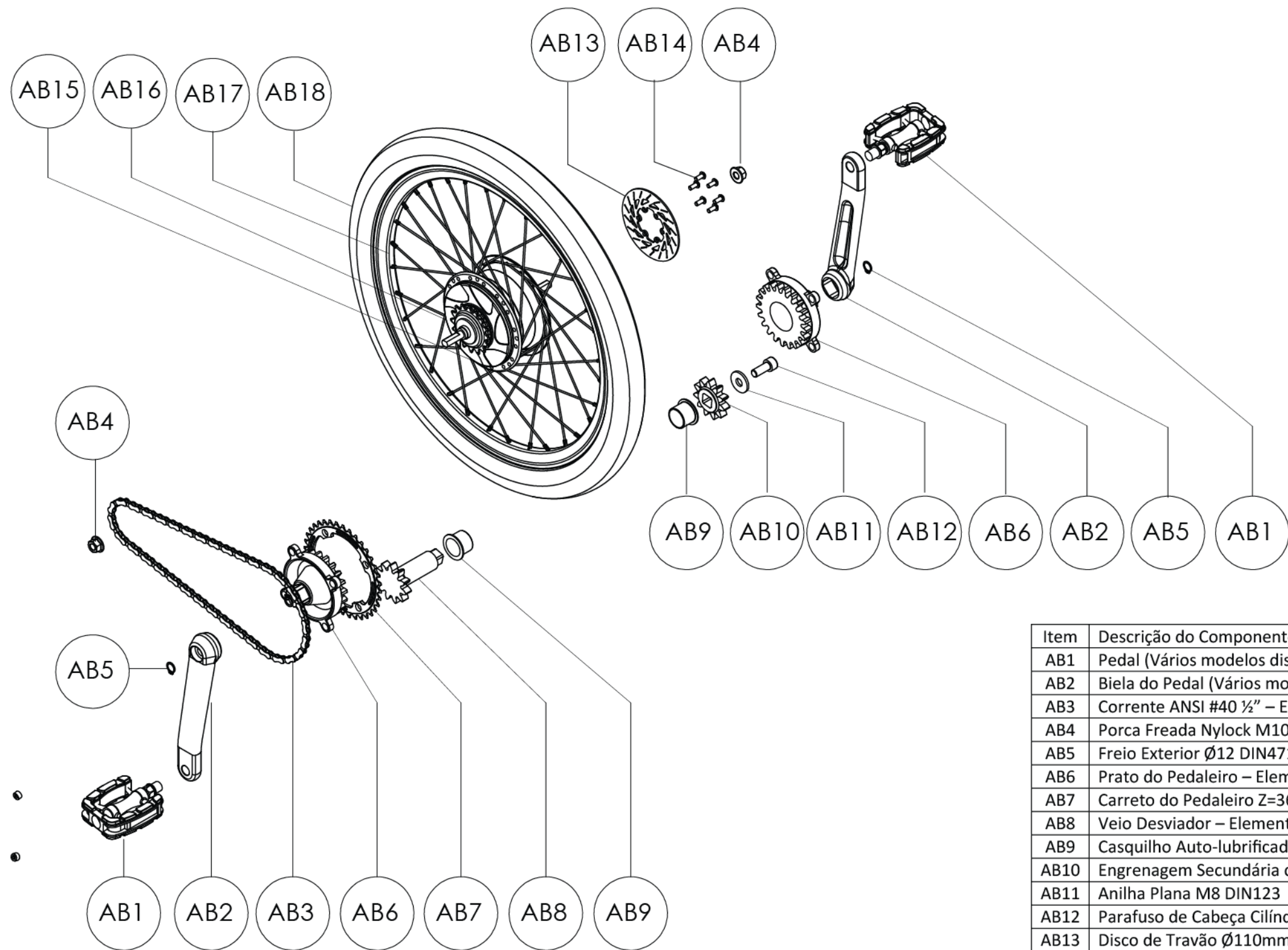
Rev.	Descrição / Description	Aut. / Auth. :	Data / Date
1			



Item	Descrição do Componente	Quantidade
AA1	Selim (Vários modelos disponíveis) – Elemento AA1	1
AA2	Poste do Selim – Elemento AA2	1
AA3	Gatilho da Mola Gás – Elemento AA3	1
AA4	Mola Gás com Bloqueio (Força de retenção 1500N) – Elemento AA4	1
AA5	Alojamento do suporte de Selim – Elemento AA5 (ou AC10.3)	1

Desenvolvido por:	Data:	Aprovado/Approved by:	Emissão:	Capítulo/Part:	Função:	Classificação:
Oliver Fonseca	29-09-2014	Oliver Fonseca	29-09-2014	1 / 1	A4	1:5
	Proj.UTILbike	REVENHA COM TUBO 2800 NUTRO	AA	NA	NA	
	Subconjunto - AA				NA	

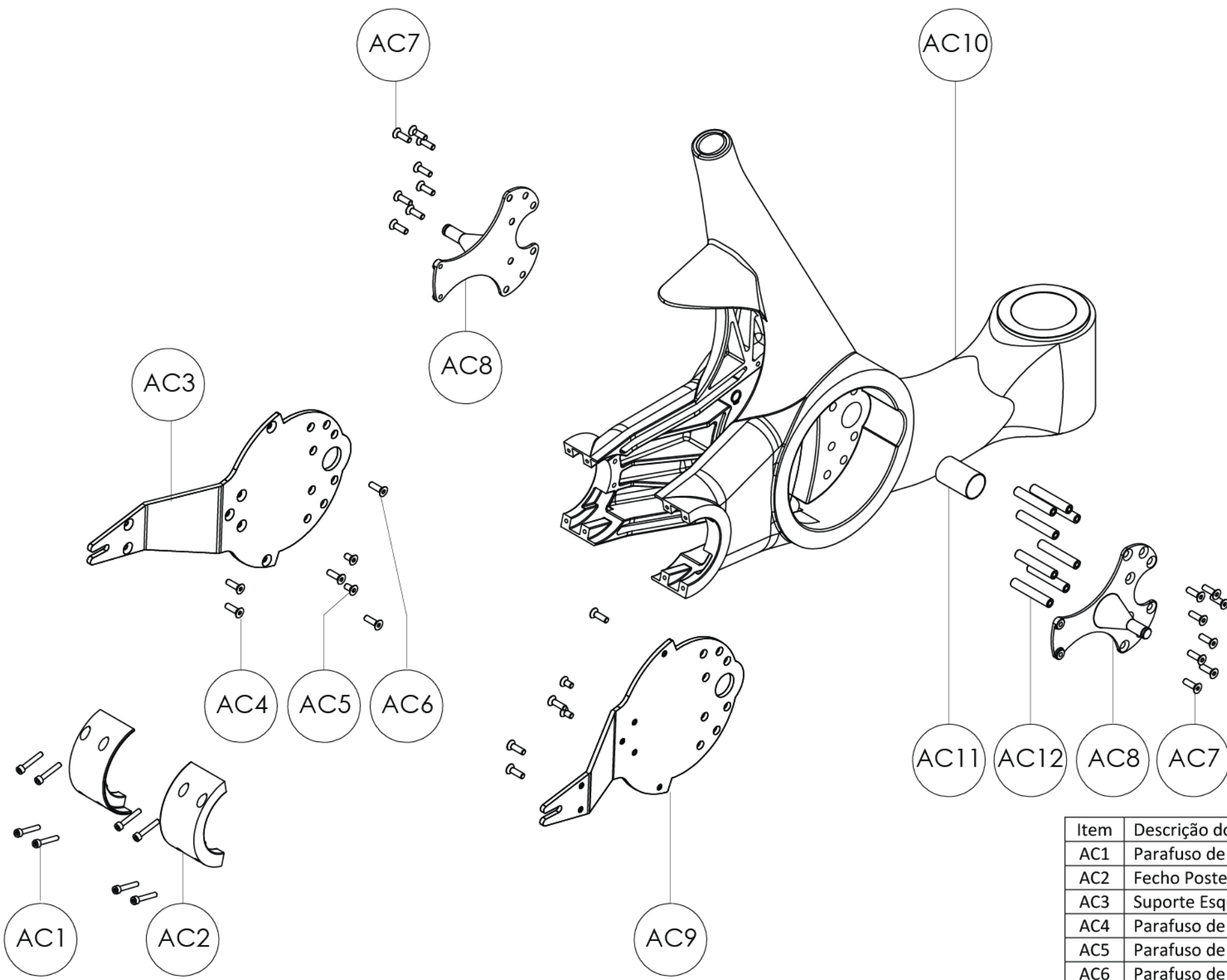
Rev.	Descrição / Description	Aut. / Auth. :	Data / Date
1			



Item	Descrição do Componente	Quantidade
AB1	Pedal (Vários modelos disponíveis) – Elemento AB1	2
AB2	Biela do Pedal (Vários modelos disponíveis) – Elemento AB2	2
AB3	Corrente ANSI #40 1/2" – Elemento AB3	1
AB4	Porca Freada Nylock M10 DIN982	2
AB5	Freio Exterior Ø12 DIN471	2
AB6	Prato do Pedaleiro – Elemento AB4	2
AB7	Carreto do Pedaleiro Z=36 Dentes (Vários modelos disponíveis) – Elemento AB7	1
AB8	Veio Desviador – Elemento AB8	1
AB9	Casquilho Auto-lubrificado IGUS PFM 2528 21 3 – Elemento AB9	2
AB10	Engrenagem Secundária do Desviador – Elemento AB10	1
AB11	Anilha Plana M8 DIN123	1
AB12	Parafuso de Cabeça Cilíndrica Sextavado Interior DIN912 M8x20	1
AB13	Disco de Travão Ø110mm	1
AB14	Parafuso de Cabeça Oval Sextavado Interior DIN7380 M6x12	6
AB15	Caixa de Velocidades "NuVinci N360" – Elemento AB15	1
AB16	Carreto da Roda Z=16 Dentes (Vários modelos disponíveis) – Elemento AB16	1
AB17	Aro de 20" (Vários modelos disponíveis) – Elemento AB17	1
AB18	Pneu de 20" (Vários modelos disponíveis) – Elemento AB18	1

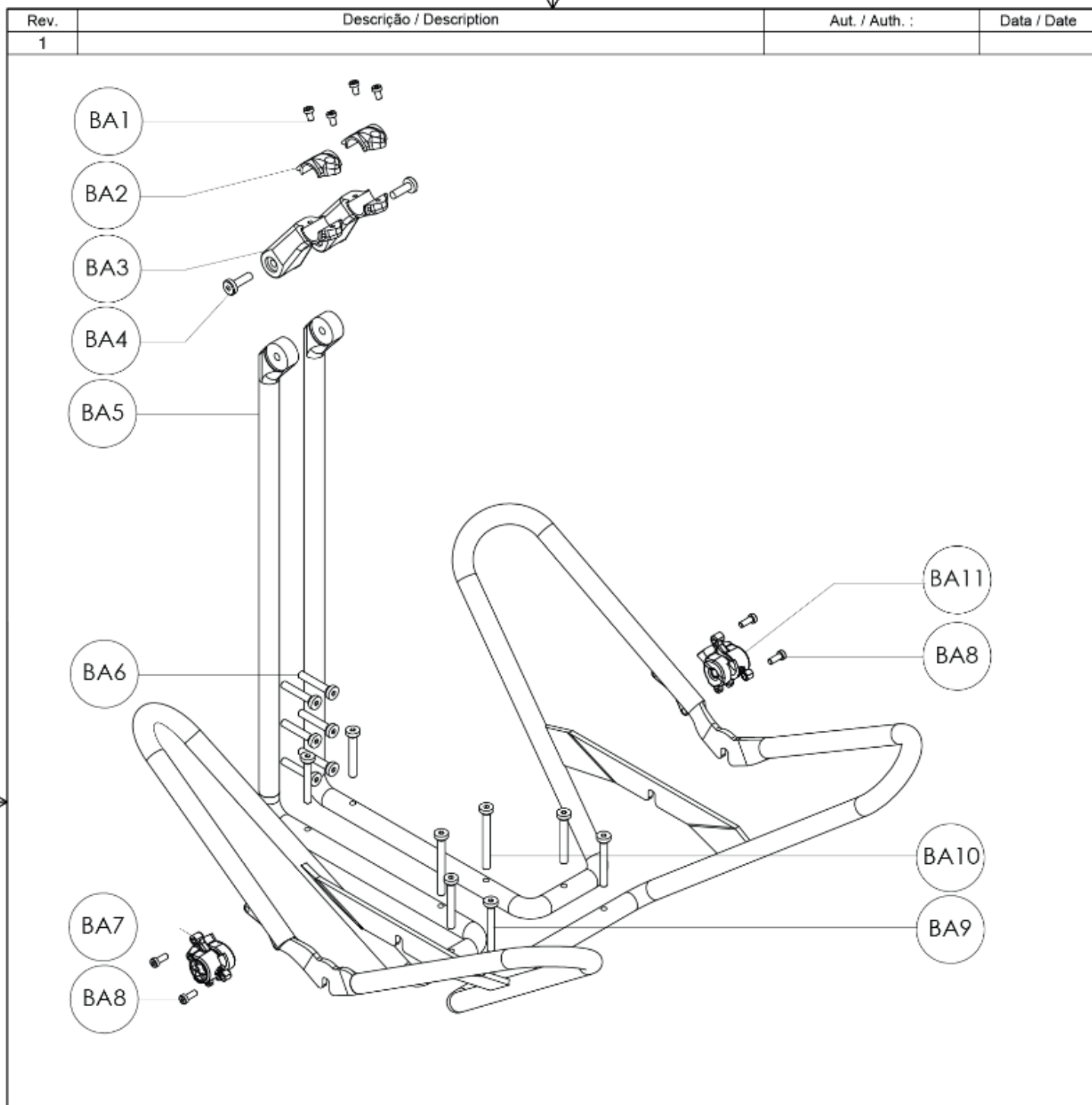
Desenhou/Designed by:	Data/Date:	Aprovou/Approved by:	Data/Date:	Página/Sheet:	Folha/Size:	Escala/Scale:
Oliver Fonseca	29-09-2014	Oliver Fonseca	29-09-2014	1 / 1	A3	1:5
	Código Code:	Referência Comercial / Stock Number	Moide/Mold:	Massa/Mass (Kg):		
	Proj.UTilBike	AB	NA	NA	ISO 2768 NA	
Nome da Peça / Ficheiro Part Name / File				Area/Área:		
Subconjunto - AB				NA		

Rev.	Descrição / Description	Aut. / Auth. :	Data / Date
1			





Item	Descrição do Componente	Quantidade
AC1	Parafuso de Cabeça Cilíndrica Sextavado Interior DIN912 M4x20	4
AC2	Fecho Posterior do Quadro	2
AC3	Suporte Esquerdo da Roda de Tração – Elemento AC3	1
AC4	Parafuso de Embutir Sextavado Interior DIN7991 M6x12	4
AC5	Parafuso de Embutir Sextavado Interior DIN7991 M6x16	6
AC6	Parafuso de Embutir Sextavado Interior DIN7991 M6x20	4
AC7	Parafuso de Embutir Sextavado Interior DIN7991 M6x30	16
AC8	Suporte do Pedaleiro – Elemento AC8	2
AC9	Suporte Direito da Roda de Tração – Elemento AC9	1
AC10	Estrutura do Quadro – Subconjunto Indivisível AC10	1
AC11	Casquilho do Veio Desviador – Elemento AC11	1
AC12	Pinos Separadores – Elemento AC12	8

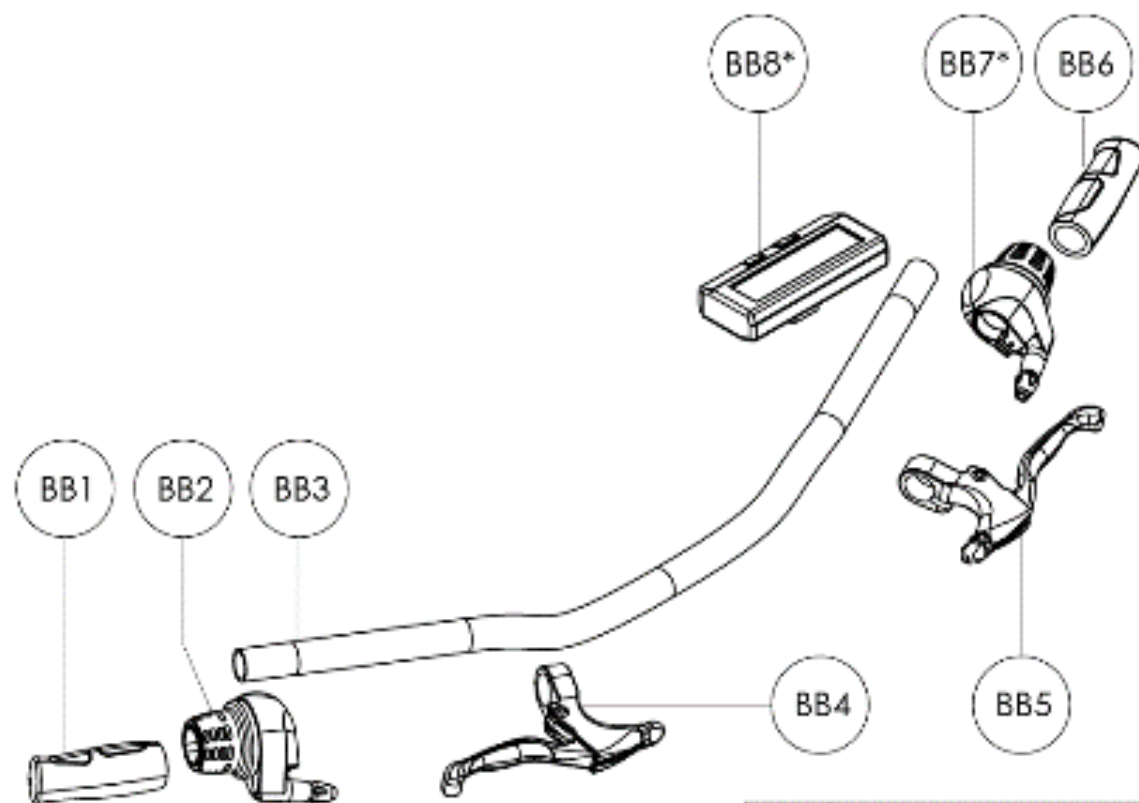
Desenhou/Designed by: Oliver Fonseca	Data/Date: 29-09-2014	Aprovou/Approved by: Oliver Fonseca	Data/Date: 29-09-2014	Página/Sheet: 1 / 1	Folha/Size: A3	Escala/Scale: 1:5
	Código/ Code: Proj.UTiBike	Referência Comercial / Stock Number: AC	Molde/Mold: NA	Massa/Mass (Kg): NA		
Nome da Peça / Ficheiro: Part Name / File				Subconjunto - AC		Área/Area: NA ISO 2768 NA



Item	Descrição do Componente	Quantidade
BA1	Parafuso de Cabeça Cilíndrica Sextavado Interior DIN912 M5x16	4
BA2	Fecho de Fixação do Guiador – Elemento BA2	2
BA3	Avanço com Regulação Angular (Vários modelos disponíveis) – Elemento BA3	1
BA4	Parafuso de Cabeça Cilíndrica Sextavado Interior DIN912 M10x30	2
BA5	Estrutura de Suporte das Rodas Frontais – Elemento BA5	1
BA6	Parafuso sextavado interior de embutir DIN7991 M8 x50	6
BA7	Maxila de Travão Direita (Vários modelos disponíveis) – Elemento BA7	1
BA8	Parafuso de Cabeça Cilíndrica Sextavado Interior DIN912 M6x20	4
BA9	Parafuso sextavado interior de embutir DIN7991 M8x70	6
BA10	Parafuso sextavado interior de embutir DIN7991 M8x120	2
BA11	Maxila de Travão Esquerda (Vários modelos disponíveis) – Elemento BA11	1

Desenhado/Designed by:	Data/Date:	Aprovado/Approved by:	Data/Date:	Página/Sheet:	Folha/Size:	Escala/Scale:
Oliver Fonseca	29-09-2014	Oliver Fonseca	29-09-2014	1 / 1	A4	1:5
	Código Code:	Referência Comercial / Stock Number:	Moldo/Mold:	Massa/Mass (Kg):		
	Proj.UTilBike	BA	NA	NA		
Nome da Peça / Ficheiro Part Name / File			Ano/Ann NA		ISO 2768 NA	
Subconjunto - BA						

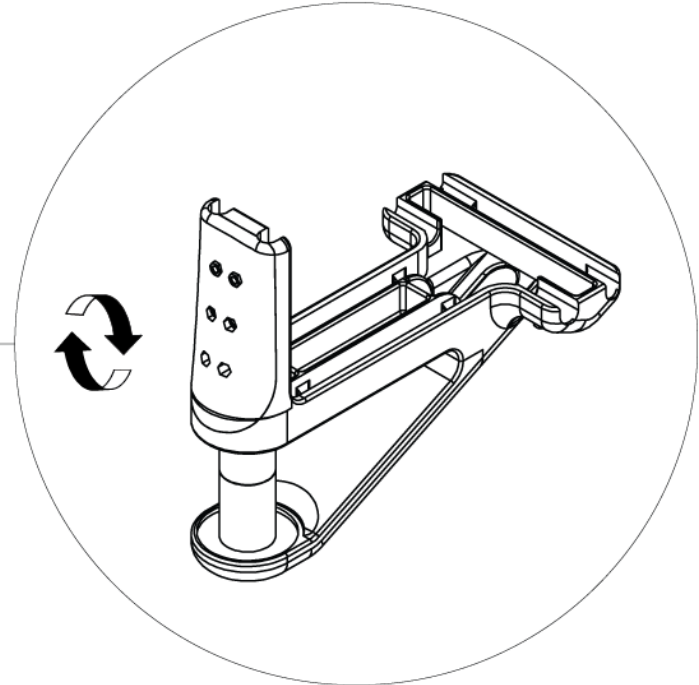
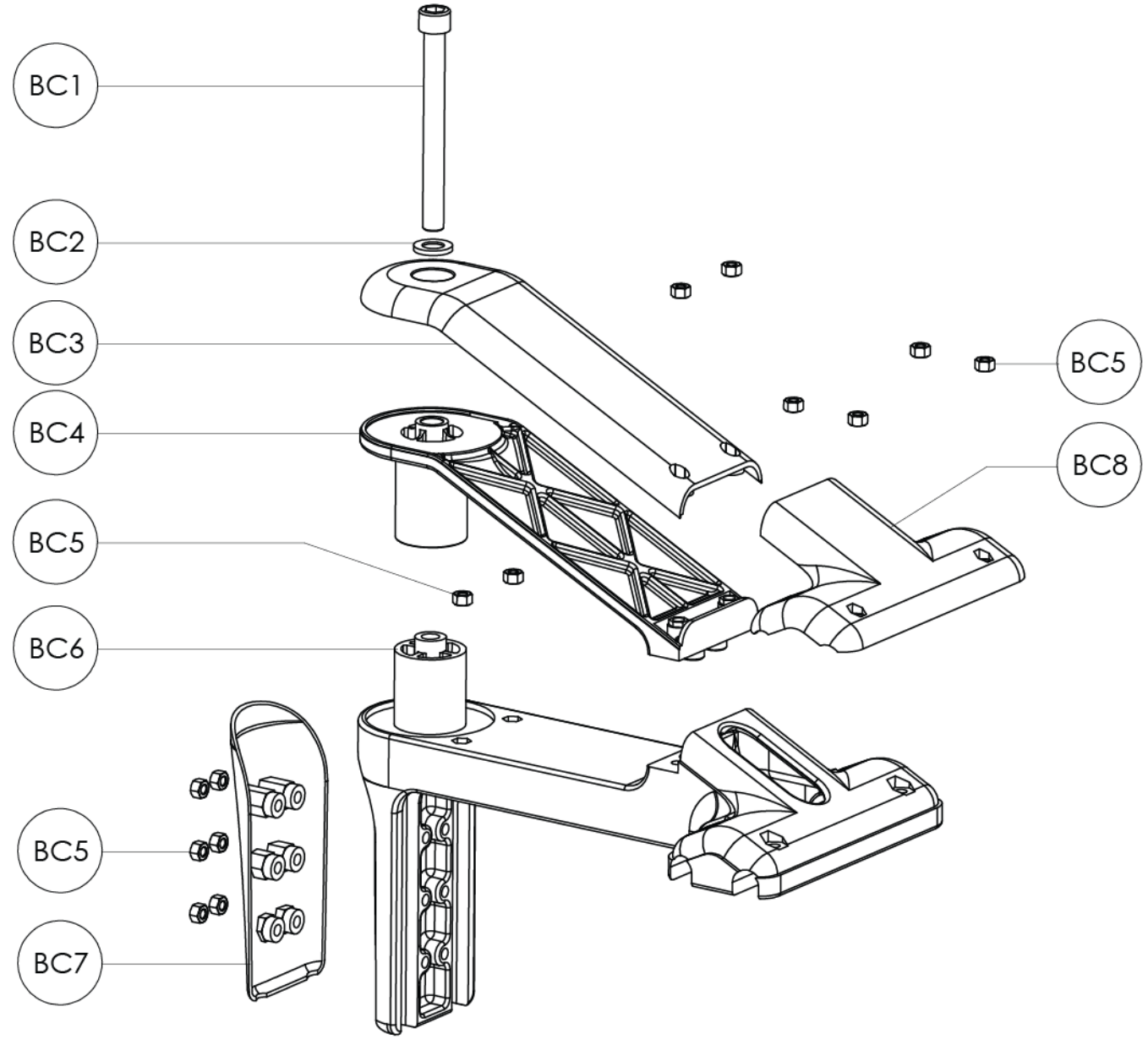
Rev:	Descrição / Description	Aut. / Auth. :	Data / Date:
1			



Item	Descrição do Componente	Quantidade
BB1	Punho Direito (Vários modelos disponíveis) – Elemento BB1	1
BB2	Acionador da Caixa de Velocidades "NuVinci N360" – Elemento BB2	1
BB3	Guiador (Vários modelos disponíveis) – Elemento BB3	1
BB4	Manete de Travão Direita (Vários modelos disponíveis) – Elemento BB4	1
BB5	Manete de Travão Esquerda (Vários modelos disponíveis) – Elemento BB5	1
BB6	Punho Esquerdo (Vários modelos disponíveis) – Elemento BB6	1
BB7	Acelerador do sistema EPA (Opcional)	1
BB8	Consola de Comunicação EPA (Opcional)	1

Desenvolvido por:	Desenho:	Aprovado/Approved by:	Emissão:	Capacidade:	Folha:	Classificação:
Oliver Fonseca	29-09-2014	Oliver Fonseca	29-09-2014	1 / 1	A4	1:5
	Projeto/Proj:	SECTOR/SECTOR:	Material:	REVISÃO/REV:		
	Proj.UTiBike	BB	NA	NA		
Subconjunto - BB					ANEXO:	ISO 2768
					NA	NA

Rev.	Descrição / Description	Aut. / Auth. :	Data / Date
1			

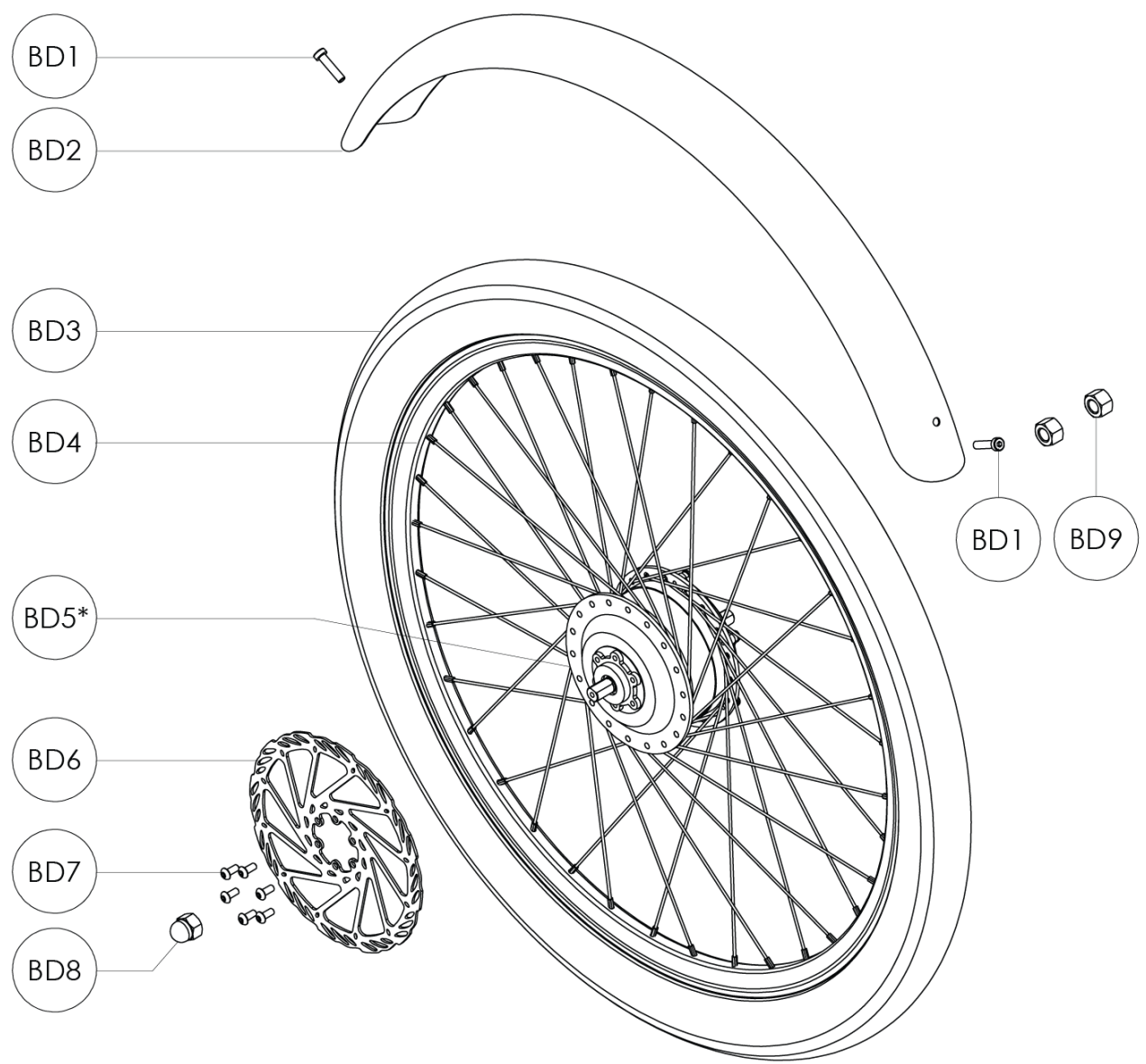


Item	Descrição do Componente	Quantidade
BC1	Parafuso de Cabeça Cilíndrica Sextavado Interior DIN912 M10x70	1
BC2	Anilha Plana M10 DIN123	1
BC3	Blindagem inferior I – Elemento BC3	1
BC4	Elemento estrutural inferior – Elemento BC4	1
BC5	Porca DIN934 M8	8
BC6	Elemento Estrutural Superior – Elemento BC6	1
BC7	Blindagem Anterior – Elemento BC7	1
BC8	Blindagem inferior II – Elemento BC8	1


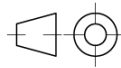
Desenhado/Designed by: Oliver Fonseca	Data/Date: 29-09-2014	Aprovou/Approved by: Oliver Fonseca	Data/Date: 29-09-2014	Página/Sheet: 1 / 1	Folha/Size: A3	Escala/Scale: 1:5
	Código/ Code: Proj.UTilBike	Referência Comercial / Stock Number: BC		Molde/Mold: NA	Massa/Mass (Kg): NA	
	Nome da Peça / Ficheiro: Part Name / File: Subconjunto - BC				Área/Area: NA	



Rev.	Descrição / Description	Aut. / Auth. :	Data / Date
1			



Item	Descrição do Componente	Quantidade
BD1	Parafuso de Cabeça Oval Sextavado Interior DIN7380 M4x8	2
BD2	Guarda Lamas (Vários cores disponíveis) – Elemento BD2	1
BD3	Pneu de 26" (Vários modelos disponíveis) – Elemento BD3	1
BD4	Aro de 26" (Vários modelos disponíveis) – Elemento BD4	1
BD5	Cubo da Roda (Vários modelos, incluindo Soluções EPA) – Elemento BD4	1
BD6	Disco de Travão Ø160mm	1
BD7	Parafuso de Cabeça Oval Sextavado Interior DIN7380 M6x12	6
BD8	Porca Cega DIN1587 M10	1
BD9	Porca DIN934 M10	2

Desenhou/Designed by:	Data/Date:	Aprovou/Approved by:	Data/Date:	Página/Sheet:	Folha/Size:	Escala/Scale:
Oliver Fonseca	29-09-2014	Oliver Fonseca	29-09-2014	1 / 1	A4	1:5
	Código/ Code:	Referência Comercial / Stock Number	Molde/Mold:	Massa/Mass (Kg):		
	Proj.UTilBike		BD	NA		
Nome da Peça / Ficheiro Part Name / File					Area/Área:	ISO 2768 NA
Subconjunto - BD						

