



André Matos da Silva

**Desenvolvimento de um biciclo infantil de
características modulares**



André Matos da Silva

**Desenvolvimento de um biciclo infantil de
características modulares**

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

O júri / The jury

Presidente / President

Prof. Doutora Mónica Sandra Abrantes de Oliveira Correia
Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro

Vogais / Committee

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

Prof. Doutor António Manuel de Amaral Monteiro Ramos
Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro (co-orientador)

Prof. Doutor Mário Augusto Pires Vaz
Professor Associado do Dep. Eng. Mecânica da Faculdade de Engenharia da
Universidade do Porto

Agradecimentos / Acknowledgements

Em primeiro lugar, agradeço ao meu Orientador, Professor Doutor Carlos Alberto Moura Relvas e ao meu Co-orientador, Professor Doutor António Manuel de Amaral Monteiro Ramos pelo auxílio, orientação, apoio e disponibilidade sempre prestados no decorrer da realização deste trabalho.

Em segundo lugar, gostaria de agradecer a todos aqueles que estiveram presentes no meu percurso académico, que de uma forma ou outra me ajudaram a caminhar até este passo final, ficando um agradecimento especial para aqueles que mais de perto sempre me acompanharam.

Por último e não menos importante, gostaria de agradecer à minha família, em especial aos meus pais, pelo apoio constante e por tudo aquilo que sempre fizeram, que permitiu concluir mais esta caminhada.

A todos o meu muito obrigado!

Palavras-chave

Desenvolvimento do produto; Brinquedo; Produto modular; Desenvolvimento infantil

Resumo

O desenvolvimento de um biclo infantil de características modulares teve por objetivo a criação de uma solução multi-funcional e abrangente que permitisse a utilizadores, de uma faixa etária entre os 3 e os 6 anos, uma segura, divertida e fácil utilização.

A metodologia desenvolvida passou pelo utilização de ferramentas de análise de oportunidade, Matriz de Qualidade e Matriz de Produto, ferramentas de apoio ao desenvolvimento conceptual, Análise Morfológica, definição de diferentes arquiteturas, ferramentas de análise estrutural, desenvolvimento do projeto de detalhe e fabrico de componentes e Análise do modo e efeito de falha (FMEA). Desta forma, e confrontando diferentes requisitos e soluções propostas, chegou-se a um conceito diferenciado e com potencial de desenvolvimento.

Deste modo, desenvolveu-se o conceito iterado para o produto, ao nível do projecto de detalhe e da sua implementação prática em contexto real.

Keywords

Product development; Toy; Modular product; Children development

Abstract

The development of a children bicycle with modular features aimed at creating a multi-functional and comprehensive solution that allowed users, aged between 3 and 6 years, a safe, fun and easy utilization.

The developed methodology made use of tools of analysis of opportunity such as Quality and Product Matrix, support tools for conceptual development, Morphological Analysis, definition of different architectures, structural analysis tools, detail and manufacturing design of components and failure mode and effect analysis (FMEA).

Thus, and confronting different requirements and solutions, came up a differentiated concept with development potential. From this, the iterated concept was developed in a detail level, and studying a viable way of implementing it in a real context.

Conteúdo

Lista de Tabelas	vi
Lista de Figuras	ix
Lista de Acrónimos	xi
I Enquadramento	1
1 Introdução	3
1.1 Enquadramento e motivação	3
1.2 Objetivos propostos	4
1.3 Organização do trabalho	4
2 Revisão do Estado da Arte	5
2.1 Motricidade infantil e sua importância	5
2.2 Estágios de crescimento e aprendizagem	6
2.3 Desenvolvimento da criança dos 3-6 anos	8
2.3.1 Antropometria estática	9
2.3.2 Antropometria dinâmica	13
2.4 História e origens do biciclo	14
2.5 Produtos existentes no mercado	17
2.5.1 Velobike 12 5"	18
2.5.2 Biciclo Natural	19
2.5.3 Chicco Red Bullet	19
2.5.4 Tidlo Scooter	20
2.5.5 Análise comparativa	21
2.6 Normas de segurança	22
II Desenvolvimento do produto	23
3 Desenvolvimento conceptual	25
3.1 <i>Quality Funtion Deployment</i>	25
3.1.1 Requisitos do consumidor	26
3.1.2 Características do produto	28

3.1.3	Relações entre requisitos do consumidor e características do produto	28
3.1.4	Importância de características e peso dos requisitos	28
3.1.5	Matriz do produto e importância das partes	30
3.2	Geração de soluções conceituais	32
3.2.1	Análise morfológica	32
3.3	Proposta conceptual	33
4	Design de concretização e sistemas	35
4.1	Diagrama de componentes	35
4.2	Diagrama de funções	36
4.3	Arquitetura do produto	38
4.3.1	Arquitetura base	38
4.3.2	Arquitetura “Biciclo elétrico”	38
4.3.3	Arquitetura “Triciclo”	40
4.3.4	Arquitetura “Triciclo elétrico”	41
4.4	Características tecnológicas e materiais	43
4.4.1	Quadro, guiador, forquilha e interior do banco	43
4.4.2	Carenagem e revestimento de componentes	44
4.4.3	Componentes diversos	44
5	Projeto estrutural e de detalhe	45
5.1	Projeto estrutural	45
5.1.1	Dimensionamento de componentes	45
5.1.2	Simulação numérica	50
5.2	Projeto de fabrico - <i>Design for Manufacturing</i>	57
5.2.1	Detalhe de peças e componentes	57
5.2.2	Detalhe de elementos de ligação	65
5.3	Análise do modo e efeito de falha (FMEA)	67
5.3.1	Identificação das funções do produto	68
5.3.2	Estabelecer a prioridade de intervenção	68
5.3.3	Aplicação de ações de melhoria	68
5.3.4	Tabela FMEA	69
5.4	Comparação de custos	69
5.4.1	Custo de componentes partilhados	71
5.4.2	Custo da solução tubular	72
5.4.3	Custo da solução monocoque	73
5.4.4	Solução tubular vs. Solução monocoque	75
5.5	Solução final	77
III	Implementação e fabrico	81
6	Fabrico e construção	83
6.1	Técnicas e tecnologias utilizadas no fabrico	83
6.1.1	Quadro tubular e peças em alumínio	83
6.1.2	Quadro monocoque em PVC	84
6.1.3	Componentes em fibra de vidro	85
6.1.4	Componentes em cortiça - Produtos de aglomerado composto	87

6.2	Protótipo realizado	87
6.2.1	Prototipagem - Breve introdução	87
6.2.2	Criação do modelo	88
IV	Conclusões	93
	Bibliografia	99
	Anexos	101
A	Matriz da qualidade	103
B	Matriz do produto	107
C	Análise morfológica	111
D	Simulação numérica	117
E	Árvore de funções	131
F	Cálculo de custos de produção de componentes partilhados	137
G	Tabela FMEA	145
H	Desenhos de conjunto e montagem	151
I	Desenhos de definição	169

Lista de Tabelas

2.1	Medidas antropométricas de crianças de 3 anos	10
2.2	Medidas antropométricas de crianças de 6 anos	10
2.3	Características da Velobike	18
2.4	Características do Biciclo Natural	19
2.5	Características da Chicco Red Bullet	20
2.6	Características da Tidlo Scooter	20
4.1	Arquitetura do biciclo “base”	38
4.2	Arquitetura “Biciclo elétrico”	40
4.3	Arquitetura “Triciclo”	41
4.4	Arquitetura “Triciclo elétrico”	42
5.1	Resumo das dimensões dos componentes	50
5.2	Resumo das simulações efetuadas e valores máximos obtidos	57
5.3	Funções do produto	68
5.4	Critérios de falha	69
5.5	Componentes partilhados por ambas as soluções	70
5.6	Componentes específicos da solução tubular	70
5.7	Componentes específicos da solução monocoque	70
5.8	Preços de componentes adquiridos	71
5.9	Custos de peças de produção	71
5.10	Custo de fabrico do quadro tubular	72
5.11	Custo de fabrico das carenagens	72
5.12	Custo de fabrico da solução tubular	72
5.13	Custo do quadro monocoque	74
5.14	Custo de fabrico do inserto metálico frontal	75
5.15	Custo de fabrico do inserto metálico traseiro	75
5.16	Custo de fabrico da solução monocoque	75
5.17	Custos totais e unitários para as duas soluções	76
6.1	Processos de prototipagem rápida	88
A.1	Matriz da qualidade	105
B.1	Matriz do produto	109
F.1	Forquilha frontal	139
F.2	Forquilha traseira	139
F.3	Camisa de espaçamento	139

F.4	Guiador	141
F.5	Punho (interior)	141
F.6	Interior do banco	141
F.7	Tampa do banco	143
F.8	Veio de abertura do banco	143
F.9	Aumento interno do banco	143
F.10	Revestimento do banco e do aumento do banco	143
G.1	FMEA (Parte 1)	147
G.2	FMEA (Parte 2)	149
I.1	Lista de peças	205

Lista de Figuras

2.1	Análise das funções do biciclo no desenvolvimento da criança	6
2.2	Criança a gatinhar	7
2.3	Criança num triciclo	8
2.4	Medidas antropométricas	9
2.5	Gráficos de percentis portugueses	12
2.6	Planos triortogonais	13
2.7	Rotações limite de articulações corporais	14
2.8	Esboço de bicicleta com transmissão por corrente de <i>da Vinci</i>	15
2.9	Celerífero de Sirvac	15
2.10	Primeira bicicleta com corrente de transmissão de Guilmet-Meyer	16
2.11	Pequena criança numa bicicleta de aprendizagem	17
2.12	Velobike Blue	21
2.13	Biciclo Natural	21
2.14	Chicco Red Bullet	21
2.15	Tidlo Lemon Scooter	21
3.1	Importância relativa revista dos requisitos do utilizador	29
3.2	Peso relativo revisto das características do produto	29
3.3	Importância relativa das partes do produto	31
3.4	Importância relativa revista das partes do produto	31
3.5	Exemplo de análise morfológica para a parte “Banco”	33
3.6	Base do <i>design</i> pretendido para o produto	33
4.1	Diagrama de componentes do biciclo	36
4.2	Diagrama de funções do biciclo	37
4.3	Arquitetura “biciclo elétrico”	39
4.4	Arquitetura “biciclo elétrico”	40
4.5	Arquitetura “Triciclo”	41
4.6	Arquitetura “Triciclo elétrico”	42
5.1	Distância ao solo do guiador	46
5.2	Largura do guiador indicada	47
5.3	Largura do conjunto guiador-punhos	48
5.4	Esquema para definição da altura do banco	49
5.5	Distância ao solo do banco	49
5.6	Exemplo de objeto CAD 3D	51
5.7	Representação esquemática da metodologia do MEF	52
5.8	Aplicação da força e restrições do sistema para carga no banco	53

5.9	Valores máximos de tensões equivalentes e deformações	53
5.10	Aplicação da força e restrições do sistema	54
5.11	Valores máximos de tensões equivalentes e deformações	55
5.12	Valores máximos de tensões equivalentes e deformações	56
5.13	Valores máximos de tensões equivalentes e deformações	56
5.14	Quadro	58
5.15	Forquilhas	59
5.16	Banco completo	60
5.17	Tampa do banco aberta	60
5.18	Fechos do banco	60
5.19	Pormenor da fixação do aumento e dobradiça da tampa	61
5.20	Guiador e forquilha frontal	62
5.21	Carenagem do guiador	63
5.22	Carenagem do centro	63
5.23	Carenagem da frente	64
5.24	Carenagem traseira	64
5.25	Ligação entre forquilha e quadro	66
5.26	Ligação do espigão à forquilha	66
5.27	Ligação punho-guiador	66
5.28	Ligação entre banco e quadro	67
5.29	Exemplo de árvore de função	69
5.30	Página de cálculo de custo da ferramenta	74
5.31	Gráfico representativo da Tabela 5.17	76
5.32	Fotorealismo do produto final	77
5.33	Fotorealismo do produto final	77
5.34	Fotorealismo do produto final	77
5.35	Fotorealismo do produto final	78
5.36	Fotorealismo do produto final	78
5.37	Fotorealismo do produto final	78
5.38	Fotorealismo do produto final	79
5.39	Fotorealismo do produto final	79
5.40	Fotorealismo do produto final	79
6.1	Esquema de soldadura MIG	84
6.2	Esquema de soldadura TIG	84
6.3	Esquema de fabrico manual de peças em fibra de vidro	86
6.4	Exemplo de preparação de um modelo de espuma	87
6.5	Impressora 3D ZPrinter Z310	89
6.6	Posicionamento das peças para impressão 3D	90
6.7	Limpeza e retirada das peças	90
6.8	Preparação e pintura	91
6.9	Preparação e pintura	91
6.10	Modelo obtido	92
6.11	Modelo obtido	92
C.1	Análise morfológica (Parte 1)	113
C.2	Análise morfológica (Parte 2)	115

D.1	Cargas e condições aplicadas para quadro tubular em alumínio	119
D.2	Tensões de <i>Von Mises</i> no quadro tubular para carga no banco	121
D.3	Deslocamentos no quadro tubular para carga no banco	121
D.4	Tensões de <i>Von Mises</i> no quadro tubular para força aplicada no guidador .	123
D.5	Deslocamentos no quadro tubular para força aplicada no guidador	123
D.6	Cargas e condições aplicadas para quadro monocoque em PVC	125
D.7	Tensões de <i>Von Mises</i> no quadro monocoque para carga no banco	127
D.8	Deslocamentos no quadro monocoque para carga no banco	127
D.9	Tensões de <i>Von Mises</i> no quadro monocoque para força aplicada no guidador	129
D.10	Deslocamentos no quadro monocoque para força aplicada no guidador . . .	129
E.1	Árvore de função "Suportar o utilizador"	133
E.2	Árvore de função "Permitir o transporte de objetos"	133
E.3	Árvore de função "Permitir a locomoção"	135
E.4	Árvore de função "Permitir a substituição de componentes"	135
E.5	Árvore de função "Assegurar a posição do utilizador"	135

Lista de Acrónimos

3D	Tridimensional
ABS	Acrilonitrila Butadieno Estireno
CAD	Computer Aided Design
EN	European Standards
EUR	Euro
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
GBP	Libra esterlina
IQj*	Importância da Característica do Produto
MEF	Método dos Elementos Finitos
MIG	Metal Inert Gas
NDP	Número Da Peça
PA	Pertence ao <i>Assembly</i>
PRFV	Plástico Reforçado com Fibra de Vidro
PS	Pertence ao <i>Sub-assembly</i>
PVC	Policloreto de Vinil
QFD	Quality Funtion Deployment
RP	Rapid Prototyping
STL	STereoLithography
TIG	Tungsten Inert Gas

Parte I

Enquadramento

Capítulo 1

Introdução

1.1 Enquadramento e motivação

Quando se fala em desenvolvimento infantil não podemos esquecer o desenvolvimento motor cuja importância é fundamental para o crescimento e desenvolvimento de uma criança. Isto significa que a criança tem que ser capaz de controlar o seu próprio corpo, pois disso depende a sua saúde física e mental, porque é através do corpo que a criança brinca e ganha recursos adequados para a sua socialização, garantindo a sua independência e desta forma contribuindo para o desenvolvimento da sua auto-estima.

Nos tempos que correm tem que ser dado um foco especial à mobilidade e ao movimento pois a sociedade está a tornar-se demasiadamente sedentária e isso reflete-se na população mais jovem, nomeadamente nas crianças, onde as taxas de obesidade não param de aumentar. Na Europa 20% das crianças tem sobrepeso e 400000 crianças por ano juntam-se aos 14 milhões de crianças com sobrepeso das quais 3 milhões são obesas [1]. A criança e o adolescente tendem a ficar obesos quando sedentários, e a própria obesidade poderá fazê-los ainda mais sedentários. A atividade física, mesmo que espontânea, é importante na composição corporal, por aumentar a massa óssea, prevenir a osteoporose e a obesidade [2].

Uma das melhores formas de combater este sedentarismo é adquirir desde tenra idade a capacidade, motivação e vontade de se movimentar. Para isso, no caso de crianças pequenas, é de importância vital a existência de ferramentas e brinquedos que estimulem essa motivação. Um brinquedo é um objeto ou uma atividade lúdica, geralmente associada a crianças. Os brinquedos são de vital importância para o desenvolvimento e educação da criança, por propiciar o desenvolvimento simbólico, estimular a imaginação, a capacidade de raciocínio e a auto-estima. Estes podem ser utilizados em tratamento psicoterapêutico na ludoterapia, por crianças com problemas emocionais causados por fatores variados, ou que apresentem distúrbios de comportamento ou baixo rendimento escolar.

As bicicletas e os triciclos infantis constituem um modo ecológico, rápido e também divertido para as crianças se deslocarem. Estas têm acompanhado o desenvolvimento das crianças desde tempos mais remotos até aos dias de hoje e nesse processo evolutivo representam um constante desafio projetual face ao próprio desenvolvimento contextual da criança atualmente.

1.2 Objetivos propostos

Este trabalho teve como objetivo desenvolver um bicicleta infantil de características modulares e diferentes configurações, isto é, que possa ser utilizada como plataforma de mobilidade vocacionada para a utilização por impulsão com os pés ou através do acoplamento de outros módulos, de forma a diversificar o seu acionamento motriz.

O bicicleta desenvolvido nesta proposta de trabalho tinha de ser suficientemente abrangente de forma a poder ser utilizado por crianças com idades compreendidas entre os 3 e os 6 anos, ser seguro, fácil de utilizar, transportar e montar nas diferentes configurações, para além de ser apelativa nas suas formas e na sua utilização.

1.3 Organização do trabalho

O trabalho apresentado está dividido em seis capítulos. Do primeiro capítulo faz parte a introdução que integra o enquadramento e motivação, os objetivos e a organização do trabalho.

No segundo capítulo foi efetuada uma revisão do estado da arte contendo informação referente à pesquisa realizada, integrando dados sobre a motricidade infantil, os estágios de crescimento, dados antropométricos, uma breve história sobre a origem do bicicleta e um resumo de vários produtos similares existentes no mercado.

No terceiro capítulo abordou a fase de desenvolvimento conceptual do projecto onde se incluiu a recolha de requisitos do cliente e definição de características do produto. A partir desta recolha de dados foram calculadas as importâncias das partes do produto, geradas soluções conceptuais e no fim do capítulo foi apresentada uma proposta conceptual.

O quarto capítulo abordou a fase de *design* de concretização e sistemas. Nesta fase definiu-se o produto como um todo, as suas funções, partes e diferentes arquiteturas e para onde o processo de desenvolvimento aponta para uma iteração que viria a ser desenvolvida.

O quinto capítulo foi a fase de projeto estrutural e de detalhe. Nesta fase a iteração saída do capítulo anterior ganha forma e foram definidas as geometrias finais, dimensionados os componentes, indicados os sistemas de montagem, simulações aos diversos componentes, cálculo de custos de produção e no final foi apresentada uma proposta do produto final.

Por fim, o sexto capítulo engloba a fase de construção, onde foram apresentadas técnicas de fabrico do produto e de prototipagem, assim como a criação do protótipo do produto final.

Capítulo 2

Revisão do Estado da Arte

2.1 Motricidade infantil e sua importância

O dicionário de Língua Portuguesa define motricidade como “Qualidade de força motriz; Conjunto das faculdades e características psicofísicas associadas à capacidade de movimento no ser humano” [3]. A partir do segundo significado dado no dicionário depreende-se que o termo motricidade tem aliado às características físicas características psicológicas. É daqui que advém o termo geralmente utilizado quando se fala do desenvolvimento motor infantil, a Psicomotricidade.

A Psicomotricidade é uma ciência que surgiu na França, no final do século XIX. Inicialmente, este termo aparece no discurso médico, concretamente no ramo neurológico, e devido à necessidade médica de procurar uma área que explicasse certos fenómenos clínicos nomeia-se a palavra psicomotricidade no ano de 1870 [4]. Ao longo da história esta área foi-se desenvolvendo e articulando com outros saberes e atualmente abrange vários temas tais como a educação, reeducação e a clínica.

Segundo a Sociedade Brasileira de Psicomotricidade “A Psicomotricidade é uma ciência que tem como objeto de estudo o homem por meio do seu corpo em movimento e em relação ao seu mundo interno e externo, bem como suas possibilidades de perceber, atuar, agir com o outro, com os objetos e consigo mesmo” [4].

Dentro da área da Psicomotricidade destacaram-se vários autores tais como Henri Wallon, Jean Piaget, Aleksei Leontiev e Julian de Ajuriaguerra. Piaget direcionou o seu trabalho nas relações entre a psicomotricidade e a percepção, através de ampla experimentação. Segundo Piaget, a inteligência precede o pensamento, desenvolvendo-se por etapas progressivas que exigem processos de adaptação ao meio. Wallon considera que as primeiras experiências vividas na infância são a base do desenvolvimento social, emocional, intelectual e físico das crianças. Segundo Wallon “o lúdico é fundamental para o desenvolvimento infantil, pois é por meio da brincadeira e do movimento que a criança adquire conhecimento e compreende a realidade” [5].

Também é relevante mencionar que é na fase de vida das crianças entre os 3 e os 6 anos que estas sentem uma enorme necessidade de movimento, desenvolvendo enormemente nesta fase as suas capacidades motoras, o que por si só conduz a uma maior autonomia de movimentos e, conseqüentemente a uma maior exploração do espaço ao seu redor e à experimentação de novas coisas [6]. Isto por si só, vai desencadear o conhecimento e compreensão do meio envolvente. Então, verifica-se que durante as etapas de crescimento das crianças o seu desenvolvimento motor está intrinsecamente interligado ao seu futuro

desenvolvimento intelectual e emocional, devendo este ser estimulado para que no futuro a criança se desenvolva plenamente e adquira o máximo de competências possível. Na Figura 2.1 está um diagrama resumo referente à funcionalidade do produto.

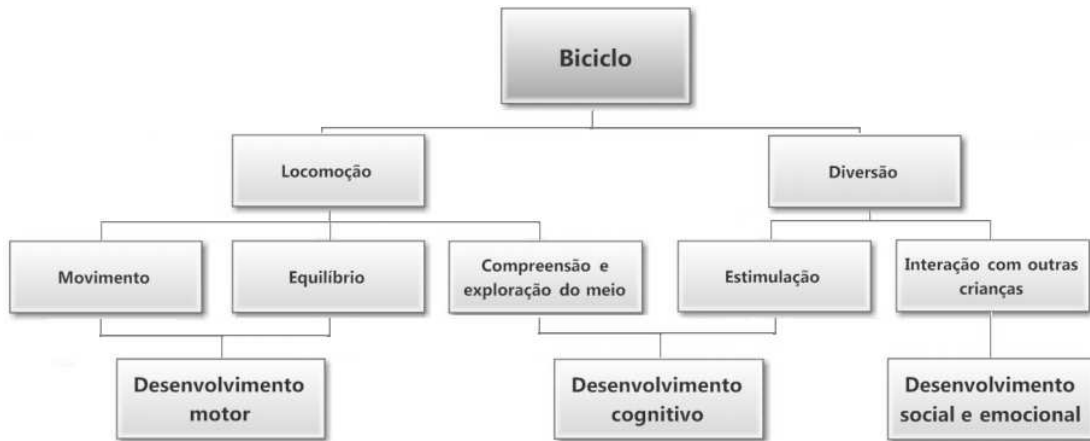


Figura 2.1: Análise das funções do bicicleta no desenvolvimento da criança

2.2 Estágios de crescimento e aprendizagem

Nos primeiros anos de vida o ser humano passa por etapas distintas de desenvolvimento, onde inicialmente a sua motricidade passa por movimentos espontâneos e descontrolados, resultantes de uma estimulação casual e resultantes da imitação e tentativa-erro [7]. Posteriormente passa para uma etapa onde começa a existir representação mental e toda a desorganização da ação se vai tornando gradualmente organizada, organização esta originada pela emoção e toda a ação originada por pensamento [8].

Numa primeira fase de vida, dos 0 aos 6 meses, a criança desenvolve os seus ritmos de necessidades vitais como de alimentação, sono e evacuação. É também nesta fase que a audição e visão aumentam progressivamente. Os seus movimentos passam inicialmente de reflexos descontrolados para um controlo mais fino, e por volta dos 4 meses a criança geralmente já é capaz de segurar um brinquedo com as mãos.

Numa segunda fase, dos 6 aos 12 meses a criança começa pela primeira vez a ter capacidade de se sentar direito, sem apoios. Geralmente a partir dos 8 meses a criança começa a gatinhar (Figura 2.2). Este passo reflete um grande progresso nas suas funções motoras, coordenação, equilíbrio e desenvolvimento mental. É também neste intervalo temporal que a criança começa a dar os primeiros passos, ainda que apoiado com os braços no que está ao seu redor. Nesta fase é também capaz de segurar os objetos de forma mais firme e estável e de manipulá-los.

Na faixa etária dos 1 aos 2 anos a criança começa a andar e já é capaz de subir e descer escadas, ainda que com equilíbrio bastante instável. Ainda assim, por volta dos 16 meses o movimento já é bastante controlado e a criança consegue manter-se de pé com segurança. Nesta fase a criança já possui a capacidade de segurar e manipular objetos com as mãos, assim como transportá-los enquanto caminha.

Dos 2 aos 3 anos e à medida que o seu equilíbrio e coordenação aumentam, a criança é capaz de saltar ou saltar de um pé para o outro quando está a correr ou a andar.



Figura 2.2: Criança a gatinhar [9]

Aumenta também a destreza manual e é capaz de utilizar um lápis ou uma colher, por exemplo.

Dos 3 aos 4 anos a criança apresenta grande atividade motora. Já é capaz de correr e saltar, começa a subir escadas e pode começar a andar de triciclo (Figura 2.3). Nesta fase é capaz de se alimentar e vestir sozinha relativamente bem e é praticamente independente ao nível da higiene.

Finalmente, na faixa etária dos 4 aos 6 anos dá-se um grande desenvolvimento físico. A criança adquire um rápido desenvolvimento muscular e apresenta grande atividade motora, com maior controlo dos movimentos. Já é capaz de escovar os dentes, vestir-se e despir-se sozinha e de assegurar a sua higiene com autonomia.

Se nas primeiras idades o desenvolvimento se processa a partir de uma estimulação casual, as crianças quando expostas a uma estimulação organizada tendem a desenvolver as suas capacidades e habilidades motoras para além do que é normalmente esperado. No âmbito da motricidade infantil, os anos críticos para a aprendizagem das habilidades motoras situam-se entre os 3 e os 9 anos de idade [7].

É nesta faixa de idades que se deve intervir, criando ferramentas e oferecendo soluções para um melhor desenvolvimento da prática de atividades motoras que têm um efeito evidente. Estes efeitos positivos começam no plano do desenvolvimento físico (ósseo, muscular, cardiovascular e controlo da obesidade), passando pelo desenvolvimento de habilidades não-locomotoras (posturais), locomotoras (transporte do corpo) e manipulativas (controlo e transporte de objetos), desenvolvimento perceptivo-motor (direccionalidade, afinamento perceptivo e estruturação espacial e temporal), pelo desenvolvimento do autoconceito (físico, académico, estima pessoal, etc.) e pelo desenvolvimento psico-social e da estabilidade emocional [7].



Figura 2.3: Criança num triciclo [10]

2.3 Desenvolvimento da criança dos 3-6 anos

Neste subcapítulo foram analisados dados relativos à estatura e ao peso de crianças com idades compreendidas entre os 3 e os 6 anos, assim como alguns dados antropométricos necessários à realização deste trabalho.

Para começar, o significado de antropometria, segundo o dicionário da Língua Portuguesa é “parte da antropologia que se ocupa da determinação de medidas nas diversas partes do corpo humano” [3]. Esta é uma área de grande importância na área do desenvolvimento do produto pois permite estudar e direccionar o *design* do produto para melhor corresponder as necessidades dos utilizadores do ponto de vista ergonómico, elemento essencial para qualquer projecto de interação homem-objeto.

A antropometria pode ser dividida em antropometria estática e antropometria dinâmica e a sua utilização prática está dependente da utilização de percentis.

A antropometria estática é usada predominantemente no projecto dimensional de objetos estáticos como mobiliário (cadeiras, mesas, armários, secretárias, entre outros) de forma a garantir uma postura adequada aquando da sua utilização, espaços disponíveis para o utilizador e proporcionalidade dos objetos com as dimensões do corpo do seu utilizador.

A antropometria dinâmica é usada predominantemente em projecto de objetos que requiram movimento do utilizador durante a sua utilização.

2.3.1 Antropometria estática

A antropometria estática refere-se à medição corporal através de posições normalizadas.

Nas Tabelas 2.1 e 2.2 podemos observar as medidas antropométricas estáticas relativas às referências apresentadas na Figura 2.4, correspondendo respectivamente a crianças de 3 e de 6 anos, medidas estas distribuídas por diversas faixas de percentis.

Um percentil representa o valor de uma variável abaixo da qual existe uma certa percentagem de observações. Por exemplo, o percentil 25 representa o resultado em que apenas 25% das observações são inferiores a este valor, ou seja, se o percentil 25 de uma amostra de 1 a x for 1.2, significa que existem 25% de números que são menores que 1.2 e 75% de números maiores que 1.2, em todos os resultados dessa amostra. No caso de um percentil elevado, como 95, significa que 95% das observações estão abaixo do resultado do percentil respectivo.

Estas tabelas foram criadas no âmbito de um estudo que tinha como objetivo descrever características morfológicas de crianças de 3 e 6 anos assim como avaliar o posicionamento de cintos de segurança de acordo com a morfologia da criança. De referir que para a conclusão deste estudo foram medidas 71 crianças, no total de 33 crianças com 3 anos de idade e 38 com 6 anos de idade, tendo sido cruzados dados relativos a um anterior estudo que consistiu na análise a 2000 crianças francesas e que permitiu verificar a influência da distinção dos sexos na análise [11].

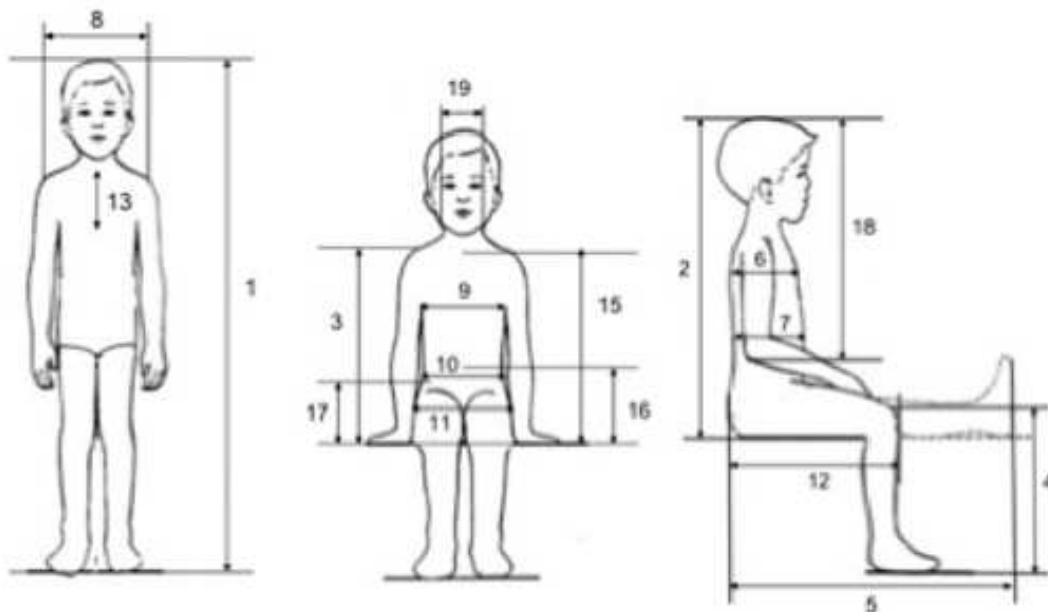


Figura 2.4: Medidas antropométricas (de pé e sentado) [11]

Tabela 2.1: Medidas antropométricas de crianças de 3 anos - adaptado de [11]

Referência	Dimensões [mm, kg]	Percentil						Máximo	Média	DP
		Mínimo	5	25	50	75	95			
1	Estatuta	865	944	964	993	1015	1070	1080	993	44
2	Altura (sentado)	514	530	549	558	576	596	602	561	20
3	Altura do acrômio (sentado)	295	314	332	339	352	373	437	342	24
4	Joelho - calcanhar	250	261	278	286	300	306	316	287	16
5	Glúteo - calcanhar	482	524	552	569	596	623	632	572	33
6	Profundidade do tórax	114	132	138	148	154	161	165	146	11
7	Profundidade abdominal	118	145	157	166	174	180	188	164	13
8	Largura ombros	214	216	223	234	241	252	262	233	12
9	Largura do tórax	161	163	171	178	185	190	196	177	9
10	Largura abdominal	142	148	155	161	170	187	188	163	12
11	Largura trocânter (cintura)	165	178	185	192	201	215	228	194	13
12	Comprimento da coxa	226	266	298	306	318	344	377	306	26
13	Comprimento do esterno	85	95	105	110	115	120	175	111	14
14	Peso	12.60	13.80	14.90	16.00	17.20	19.60	20.50	16.20	1.9
15	Altura do manúbrio	241	253	266	290	309	331	349	290	28
16	Altura do umbigo	77	67	72	79	89	105	197	134	26
17	Altura crista ilíaca	74	76	87	107	115	149	170	105	24
18	Altura dos cotovelos	72	87	114	133	154	184	190	133	31
19	Diâmetro do pescoço	59	61	63	72	76	86	102	72	10

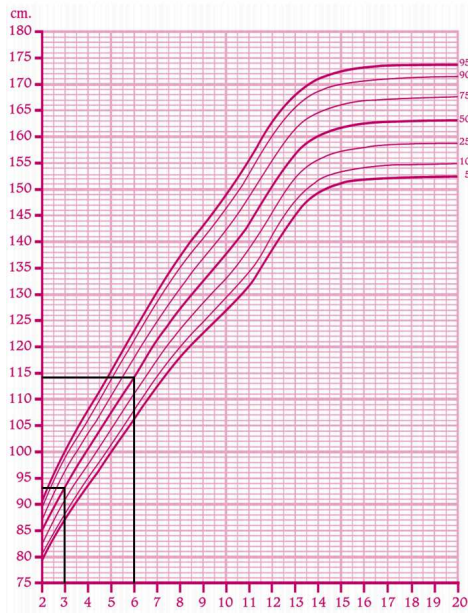
Tabela 2.2: Medidas antropométricas de crianças de 6 anos - adaptado de [11]

Referência	Dimensões [mm, kg]	Percentil						Máximo	Média	DP
		Mínimo	5	25	50	75	95			
1	Estatuta	1034	1087	1143	1189	1210	1274	1287	1180	56
2	Altura (sentado)	583	594	628	645	662	690	707	644	28
3	Altura do acrômio (sentado)	325	353	386	400	414	435	448	399	26
4	Joelho - calcanhar	300	314	342	356	373	394	411	355	25
5	Glúteo - calcanhar	350	628	672	705	727	789	966	701	83
6	Profundidade do tórax	138	142	153	159	169	186	215	161	15
7	Profundidade abdominal	154	157	168	181	189	211	247	182	19
8	Largura ombros	200	221	251	258	273	291	332	261	23
9	Largura do tórax	158	170	184	191	198	212	242	191	15
10	Largura abdominal	126	151	162	168	181	217	254	173	23
11	Largura trocânter (cintura)	177	189	205	214	234	276	300	222	26
12	Comprimento da coxa	293	312	353	377	392	424	456	372	35
13	Comprimento do esterno	100	109	120	125	130	146	150	125	12
14	Peso	16.60	17.20	20.05	22.15	25.18	29.46	33.20	22.85	3.82
15	Altura do manúbrio	250	268	317	325	338	365	392	324	29
16	Altura do umbigo	98	101	120	132	148	161	206	133	22
17	Altura crista ilíaca	56	70	91	107	118	133	145	105	21
18	Altura dos cotovelos	118	123	144	162	183	205	241	163	28

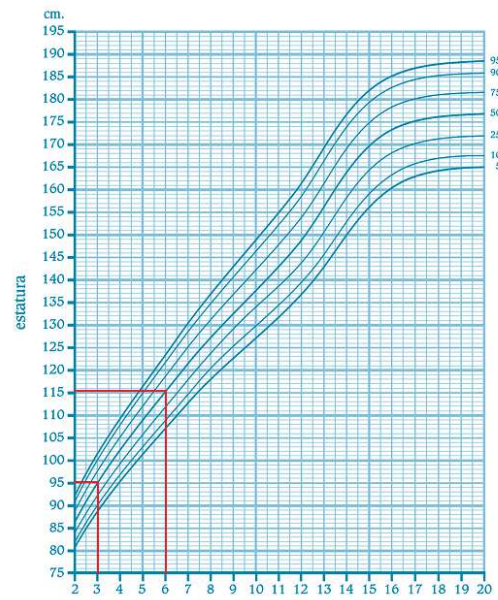
Na Figura 2.5 estão representados os gráficos de percentis de estatura e de peso presentes nos boletins de saúde individual em Portugal. Estas estão diferenciadas em termos de género e abrangem idades dos 2 aos 20 anos e permitem a visualização do peso ou da estatura por percentis (5, 10, 25, 50, 75, 90 e 95).

De modo a efetuar um termo de comparação entre os dados das tabelas anteriores e os dados das tabelas de percentis portuguesas, foram retiradas as alturas e pesos de crianças de 3 e de 6 anos para o percentil 50. Os valores de peso e estatura retirados, devidamente assinalados na tabela correspondem respetivamente a 93 cm e 14 kg para raparigas com 3 anos, 114 cm e 20 kg para raparigas com 6 anos, 95 cm e 14 kg para rapazes com 3 anos e 115 cm e 20 kg para rapazes com 6 anos. Em média estes valores para 3 e 6 anos cifram-se respetivamente nos 94 cm e 14 kg e 115 cm de altura e 20 kg de peso.

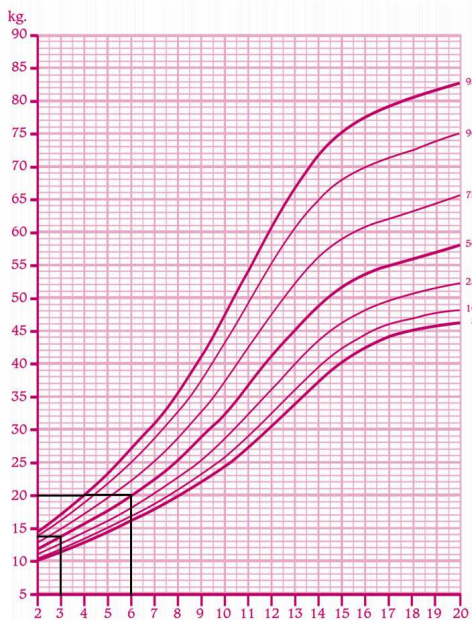
Nas tabelas obtidas pelo estudo verifica-se que os valores obtidos são ligeiramente superiores aos das tabelas de percentis portuguesas, sendo que no caso da estatura média das crianças portuguesas com 3 anos o valor de altura e peso é equivalente ao percentil 5 do estudo referido e para os 6 anos, os valores médios portugueses equivalem ao percentil 25 do mesmo estudo. Ainda assim, como se possui mais informação nas tabelas do estudo, estas serão utilizadas no decorrer do trabalho.



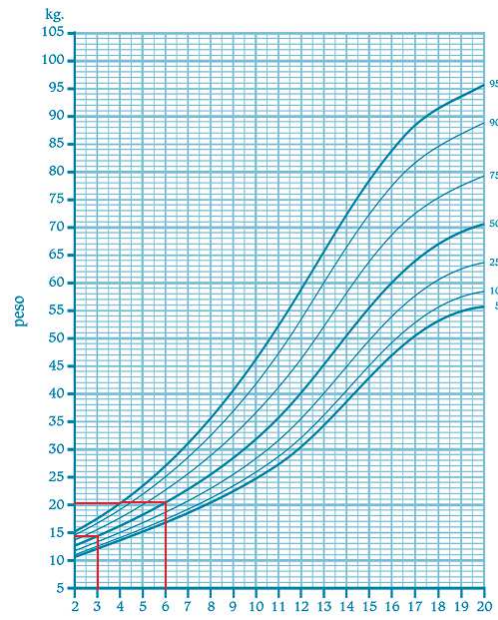
(a) Estatura de raparigas



(b) Estatura de rapazes



(c) Peso de raparigas



(d) Peso de rapazes

Figura 2.5: Tabela de percentis portuguesa [12]

2.3.2 Antropometria dinâmica

A antropometria dinâmica estuda a amplitude de movimentos realizáveis pelo corpo humano. Esta medição pode ser vista como uma adição dos dados relativos às rotações admissíveis nas articulações, com as dimensões das secções do corpo fornecidos pela antropometria estática. Na prática, é a medição dos movimentos no espaço consoante planos triortogonais representados na Figura 2.6.

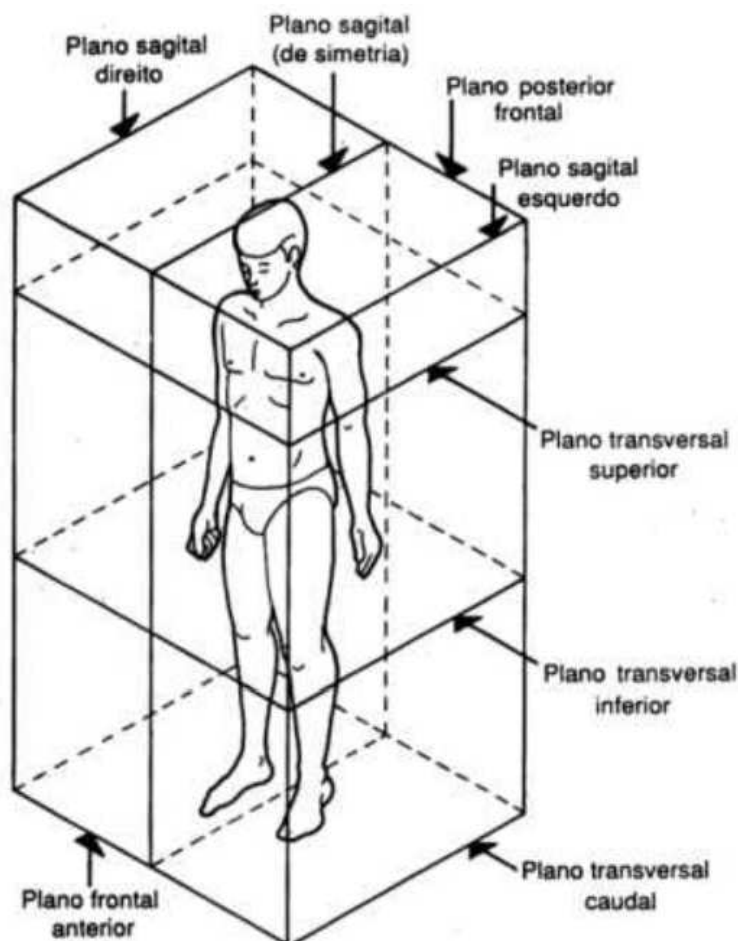


Figura 2.6: Planos triortogonais [13]

As rotações admissíveis das principais articulações do corpo humano, atrás referidas, estão representados na Figura 2.7. Os movimentos dos vários segmentos são denominados consoante a posição relativa do membro, no ângulo medido, em relação à posição em repouso.

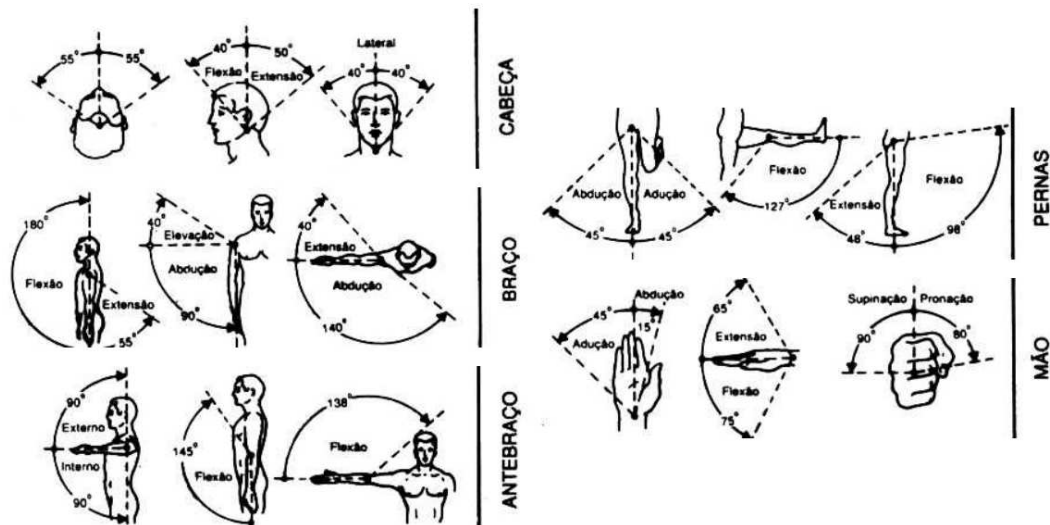


Figura 2.7: Rotações limite de articulações corporais [13]

2.4 História e origens do biciclo

Os primeiros esboços conhecidos de bicíclo, tais como conhecemos na atualidade foram encontrados no Códice Atlântico de Leonardo da Vinci. O esboço representado na Figura 2.8 representa um velocípede com transmissão através de corrente, tal como se verifica nas bicicletas que geralmente vemos no dia-a-dia. Ainda assim, a visão futurista de da Vinci só foi materializada cerca de 400 anos mais tarde. Esta primeira materialização teve autoria do Conde Sirvac que inventou o celerífero (Figura 2.9) como ele o chamava, e que possuía o significado de velocidade, marcha ou cavalo de duas rodas [14]. Como se pode verificar pela Figura 2.9 este veículo tem um aspeto bastante rude e simplista, sendo composto por duas rodas de madeira não direcionáveis unidas por uma trave também de madeira no cimo, que servia de assento para o utilizador. Pelo facto de não ter amortecimento e ser construído integralmente em madeira seria um veículo bastante desconfortável. Para mover o veículo o utilizador tinha de correr a grandes passadas e com isso alcançava-se velocidades médias de 8 ou 9 km/h [14].

Anos mais tarde, o barão Alemão Karl von Drais apresentou a Draisina. A principal novidade em relação ao celerífero é a presença de uma roda dianteira direcionável. Esta apresentava também molas no assento o que melhorava o conforto de utilização [14]. A partir da ideia base da Draisina vários inventores apresentaram várias alternativas para a propulsão do veículo. Pierre Michaux, construtor de carruagens, após ter recebido uma Draisina para reparação percebeu a dificuldade em impulsioná-la e colocou dois pedais nas rodas frontais [14]. Foi a primeira bicicleta a utilizar pedais ditos convencionais embora a tração fosse feita com a roda da frente e sem a utilização de corrente, mas com um pedal oscilante.

Em 1869 surgiram modelos de bicicleta com tração traseira, substituindo o pedal oscilante por pedais com manivelas através de varas. Nesse mesmo ano Guilmet-Meyer criou a tração não diretamente sobre a roda traseira, mas por meio de uma corrente de transmissão (tal como da Vinci tinha esboçado cerca de 400 anos antes), tornando-se o modelo antecessor das atuais bicicletas [14].

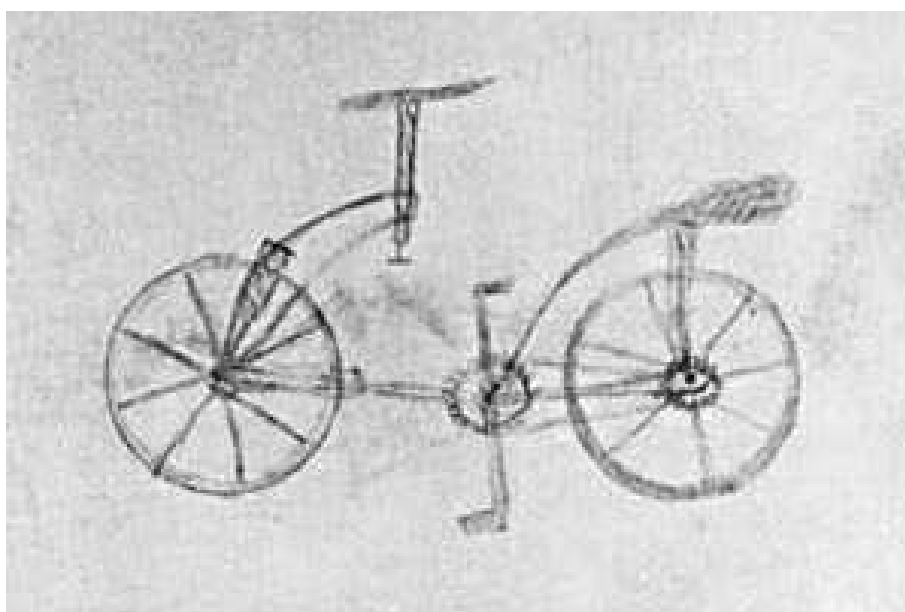


Figura 2.8: Esboço de bicicleta com transmissão por corrente de *da Vinci* [15]

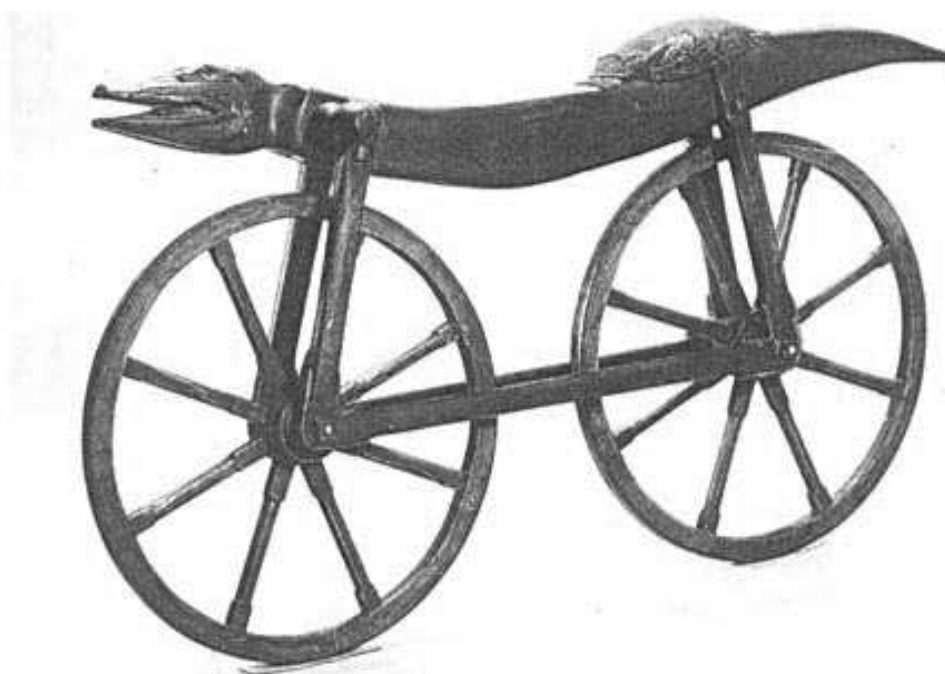


Figura 2.9: Celerífero de Sirvac [15]

A partir do modelo criado por Guilmet-Meyer (Figura 2.10) e através da introdução de novas características a bicicleta foi evoluindo gradualmente. Uma das maiores inovações foi a introdução de pneus a ar nas bicicletas, descoberta por John Boyd Dunlop em 1887, embora anos antes Robert Thompson tivesse já descoberto este recurso [14]. A esta invenção, os irmãos Michelin desenvolveram o pneu desmontável, que permitia mais fácil manutenção e substituição. A partir deste momento a bicicleta como meio de transporte ganhou bastante popularidade, sendo largamente utilizada e vindo evoluir até aos dias de hoje.



Figura 2.10: Primeira bicicleta com corrente de transmissão de Guilmet-Meyer [14]

Dado que a necessidade em oferecer recursos a todas as classes etárias e diferentes utilizações é cada vez maior, as bicicletas tomaram novas formas, existindo atualmente bicicletas de montanha, BMX, Downhill, Freestyle, de corrida, de passeio, bicicletas para crianças (Figura 2.11), entre outras. Como atividade saudável e lúdica e divertida que é, o ato de andar de bicicleta é uma das principais atividades que os pais incentivam os seus filhos a fazer. Para isso, em tempos mais recentes apareceu um nicho de mercado que é o das bicicletas de aprendizagem. Este tipo de bicicletas apresenta várias características como a ausência de pedais, o que as faz assemelhar em certo ponto às Draisinas, onde basicamente apresenta apenas um quadro, um assento e duas rodas, sendo a frontal direcionável. Este tipo de bicicletas incentivam as crianças a movimentarem-se ao mesmo tempo que ganham destreza corporal, sentido de equilíbrio e são uma maneira eficiente de transição entre o triciclo e as bicicletas convencionais. Por não possuírem transmissão e serem leves são relativamente seguras para a utilização por crianças de pequena idade.



Figura 2.11: Pequena criança numa bicicleta de aprendizagem [16]

2.5 Produtos existentes no mercado

Atualmente, no mercado existem diversos biclos de aprendizagem que tentam ir de encontro às características e necessidades dos seus utilizadores. Existe bastante variedade de *design* do produto, partindo de modelos com formas e quadros simplistas, até modelos mais complexos que por vezes utilizam carenagens de modo a melhorar o seu aspeto visual. Encontram-se também produtos criados a partir de diferentes materiais, como por exemplo biclos com estrutura integral em madeira, alumínio ou plástico. Embora exista esta variedade em termos de oferta de produto, as suas características e finalidades principais são semelhantes, ou seja, servem para criar uma adaptação à bicicleta numa fase de transição entre o triciclo e esta, assim como um incentivo á motricidade das crianças, contribuindo assim para o seu desenvolvimento psicomotor.

Uma das principais características associadas a este tipo de bicicletas de equilíbrio é o seu pequeno tamanho e baixo peso, características que são inevitáveis no produto, pois os seus utilizadores comuns são crianças de uma faixa etária bastante restrita que usualmente varia entre os 2 e os 6 anos. Este baixo peso beneficia a manobrabilidade do brinquedo e respetiva interação com a criança, beneficiando assim a sua facilidade de utilização.

As bicicletas de equilíbrio, em Portugal ainda não são um produto muito apelativo, pois segundo uma brincóloga do *Imaginarium* “não teve a aceitação esperada por parte do consumidor, essencialmente por duas razões: a primeira por se tratar de um produto inovador que a maioria dos consumidores desconhece a sua principal intenção diferenciadora e, por sua vez, de aprendizagem. A segunda, devido ao seu alto valor de custo, se considerarmos que nem todas as famílias têm disponibilidade financeira para a aquisição

deste tipo de produto que, objetiva exclusivamente um período de transição” [6].

Os diversos produtos existentes no mercado apresentados seguidamente, representam marcas líder e enquadram-se na faixa etária desejada para o produto a desenvolver. A escolha dos diferentes produtos apresentados tem a ver inicialmente com a faixa etária a quem são destinados como referido anteriormente, assim como a diversidade em termos de *design* e de aspeto que os distinguem, dos diferentes tipos de materiais utilizados na sua construção e das opções futuras que possam complementar o produto. A apresentação de cada produto está resumida no final, numa tabela com as suas principais características.

2.5.1 Velobike 12 5”

Um dos produtos existentes no mercado Português é o Velobike - Figura 2.12 - da conhecida cadeia de lojas de brinquedos *Imaginarium*. Esta bicicleta apresenta-se como um produto bandeira da cadeia de brinquedos [6]. Segundo o site do produto trata-se de uma bicicleta evolutiva para duas etapas, onde numa primeira é a criança que impulsiona a bicicleta e numa segunda pode-se colocar os pedais, adquiridos à parte. O produto favorece a coordenação do próprio corpo, a criação de um ambiente familiar de segurança, relaxamento e confiança [17], assim como a lateralidade, motivação e espírito desportivo [6]. Este produto é disponibilizado em dois segmentos, o Velobike Blue, de cor azul que será a preferência do público-alvo masculino e o Velobike Pink, cor-de-rosa para o público-alvo feminino. Na Tabela 2.3 resumem-se as características base da Velobike.

Tabela 2.3: Características da Velobike [17]

Velobike 12 5”	
Preço	79.95 EUR
Peso	< 4 kg
Travões	Sim - traseiro
Selim ajustável	Sim - Mínimo 37 cm ao solo
Guiador ajustável	Não - Fixo 58 cm ao solo
Diâmetro das rodas	12.5 polegadas
Composição	Polipropileno e metal
Altura	54 cm
Comprimento	84 cm
Largura	39 cm
Altura indicada	90 - 110 cm
Peso máximo	30 kg
Outras características	Pedais adaptáveis, pneus insufláveis

2.5.2 Biciclo Natural

Também do mesmo grupo de lojas é o Biciclo Natural - Figura 2.13. Este produto ao contrário do Velobike não apresenta características para duas etapas, isto é, trata-se apenas de um produto para as crianças impulsionarem através do movimento dos pés, não possuindo a característica de acoplar pedais numa fase futura. Outra grande diferença em relação à Velobike é o seu quadro, sendo este construído integralmente em madeira. Este produto proporciona uma grande liberdade de movimento e ajuda a aprender a andar de bicicleta, assim como ajuda a desenvolver a coordenação e o controlo do próprio corpo [18]. Na Tabela 2.4 resumem-se as suas características técnicas.

Tabela 2.4: Características do Biciclo Natural [18]

Biciclo Natural	
Preço	69.95 EUR
Peso	N.D.
Travões	Não
Selim ajustável	Sim - 37 a 43 cm ao solo
Guiador ajustável	Não
Diâmetro das rodas	N.D.
Composição	Madeira
Altura	54 cm
Comprimento	83 cm
Largura	41 cm
Idade indicada	3 a 6 anos
Peso máximo	30 kg
Outras características	Pneus Insufláveis

2.5.3 Chicco Red Bullet

Um dos produtos apresentados pela Chicco, uma das marcas referência no mercado mundial de brinquedos é a Chicco Red Bullet - Figura 2.14. Em relação aos dois produtos apresentados anteriormente, possui o *design* mais simplista, mas função idêntica ao Biciclo Natural. Tal como este, apresenta apenas características para uma etapa, tendo unicamente o objetivo de exercitar o equilíbrio preparando a criança para a utilização de uma bicicleta com pedais [19]. Segundo o fabricante este brinquedo ajuda a desenvolver várias condutas e competências tais como condutas cognitivas através da repetição tentativa erro e reconhecimento sensorio-motor, competências funcionais de agilidade, força e equilíbrio, competências linguísticas através da expressão verbal e condutas afetivas através do domínio do corpo [19]. Na Tabela 2.5 estão resumidas as suas características.

Tabela 2.5: Características da Chicco Red Bullet [19; 20]

Chicco Red Bullet	
Preço	39.99 EUR
Peso	N.D.
Travões	Não
Selim ajustável	Sim
Guiador ajustável	Sim
Diâmetro das rodas	N.D.
Composição	Alumínio / Plástico
Altura	56 cm
Comprimento	71 cm
Largura	46 cm
Idade indicada	3 a 5 anos
Peso máximo	25 kg
Outras características	Pneus maciços

2.5.4 Tidlo Scooter

A bicicleta de equilíbrio Tidlo Scooter (Figura 2.15) foi também selecionada para análise. Esta tal como o nome indica, apresenta a forma de uma scooter, mais propriamente da conhecida scooter Vespa. Esta bicicleta está disponível em duas cores, amarela (Lemon Scooter) e vermelho (Red Scooter). Este produto possui o quadro feito em madeira e possibilita o ajuste do banco. Possui características de bicicleta de uma etapa apenas, como os dois casos analisados anteriormente. Seguidamente na Tabela 2.6 resumem-se as suas características.

Tabela 2.6: Características da Tidlo Scooter [21]

Tidlo Scooter	
Preço	56 GBP
Peso	4.3 kg
Travões	Não
Selim ajustável	Sim
Guiador ajustável	Não
Diâmetro das rodas	N.D.
Composição	Madeira
Altura	54 cm
Comprimento	79 cm
Largura	N.D.
Idade indicada	3 + anos
Peso máximo	30 kg
Outras características	Estilo Retro, pneus insufláveis

2.5.5 Análise comparativa

Apresentadas quatro propostas existentes no mercado, poderá fazer-se uma análise comparativa entre elas, começando por efectuar uma comparação visual observando nas figuras abaixo as fotos ilustrativas das respectivas propostas.



Figura 2.12: Velobike Blue [17]



Figura 2.13: Biciclo Natural [18]



Figura 2.14: Chicco Red Bullet [19]



Figura 2.15: Tidlo Lemon Scooter [21]

Passando para uma comparação de preços, as duas propostas mais caras são a Velobike e a Tidlo Scooter. Este preço mais alto terá a ver com as suas questões estéticas, mais desenvolvidas nestas duas propostas que nos casos do Biciclo Natural e Chicco Red Bullet. Esta última é a mais barata das quatro propostas e apresenta o aspeto mais simplista, embora seja a única a apresentar pneus “definitivos”.

Em termos modulares só a Velobike apresenta essa opção (colocação de pedais), o que poderá explicar também o seu preço mais elevado, aliado a ser a única proposta com função de travagem.

Em termos de tamanho todas elas apresentam valores semelhantes. Os valores de comprimento e de altura estão compreendidos entre os 71 e 84 cm e os 56 e 54 cm,

respetivamente.

Todas apresentam idades de utilização a partir dos 3 anos e funções idênticas. Os pesos máximos variam entre os 25 e 30 kg, o que parece apropriado perante o público-alvo.

Finalmente, em termos de aspeto, os bicíclo destacam-se ora pela sua simplicidade, casos do Biciclo Natural e Chicco Red Bullet, pela elegância, caso da Tidlo Scooter e pela exuberância no caso da Velobike.

2.6 Normas de segurança

O produto a desenvolver, tal como qualquer outro produto está sujeito a normas de segurança. Na União Europeia, as normas de segurança para brinquedos infantis são várias e abordam os aspetos mecânicos e propriedades físicas (*European Standards (EN) 71-1:2011 Safety of toys - Part 1: Mechanical and physical properties*), aspetos químicos dos componentes utilizados (*EN 71-4:2013 Safety of toys - Part 4: Experimental sets for chemistry and related activities*), aspetos de flamabilidade dos componentes (*EN 71-2:2011 Safety of toys - Part 2: Flammability*) entre outros [22].

Para o caso do bicíclo a desenvolver a principal norma a ter em conta é a *EN 71-1 (2011): Safety of toys-Part 1: Mechanical and physical properties* [23], que regula os aspetos físicos e mecânicos do brinquedo. Nesta norma existe uma secção onde o bicíclo a desenvolver se pode incluir que é a secção *Toy scooters*. Aqui são abordados vários pontos, tais como a quem se destina o produto (crianças com massa igual ou inferior a 20 kg e massa igual ou inferior a 50 kg) e as características que o produto deve possuir dependendo do utilizador, requisitos de forças e resistência, tamanhos mínimos de rodas, assim como requisitos para o caso do produto ter componentes elétricos.

Os aspetos e requisitos abordados nesta norma serão analisados e utilizados no desenvolvimento deste trabalho.

Parte II

Desenvolvimento do produto

Capítulo 3

Desenvolvimento conceptual

O desenvolvimento conceptual é a parte do processo de desenvolvimento do produto onde, por identificação de necessidades e problemas, são definidas estruturas de funções e procuradas soluções adequadas, que depois de combinadas revelam uma solução que irá dar origem a um conceito final, isto é, a uma proposta conceptual [24].

Esta fase do projeto dividiu-se em duas tarefas principais, sendo a primeira o levantamento de necessidades do público-alvo, através da recolha de informação pertinente para o desenvolvimento do produto e sua colocação no mercado. A segunda tarefa consistiu no processo de desenvolvimento de um novo produto após o levantamento das necessidades dos utilizadores e na transformação dos requisitos exigidos pelos potenciais clientes em especificações do produto a desenvolver, permitindo assim sistematizar a análise e interpretação da informação obtida e direcionar toda esta informação na definição de uma proposta conceptual para o produto.

3.1 *Quality Funtion Deployment*

Num projeto de desenvolvimento do produto é essencial a utilização de ferramentas de forma a orientar o trabalho na direção correta, e uma das principais utilizadas é o Quality Funtion Deployment (QFD), em português Matriz de Qualidade e de Produto.

O QFD foi uma ferramenta criada em 1966 no Japão por um professor de engenharia de gestão de nome Yoji Akao. Contudo o seu primeiro uso prático de sucesso só ocorreu seis anos depois da sua criação, em 1972 na fábrica naval da Mitsubishi em Kobe, Japão. A partir daí a Toyota e os seus fornecedores assumiram o método e desenvolveram-no em diversas formas [25]. Esta ferramenta foi criada com o intuito de oferecer métodos para assegurar a qualidade em todos os estágios do desenvolvimento do produto e com isso assegurar a satisfação do cliente [26] [27].

Quem desenvolve um produto necessita de saber o que vai desenvolver e o que os utilizadores finais desse produto esperam do produto desenvolvido. O QFD é uma ferramenta que interliga a etapa de desenvolvimento com os desejos dos consumidores, traduzindo os desejos dos consumidores em características do produto, para cada fase do desenvolvimento. Esta abordagem ao QFD inclui ainda outros fatores, tais como análise competitiva (resultante da análise das ofertas da concorrência) ou dificuldade da atuação que reflete a dificuldade em atuar sobre uma determinada especificação ou parâmetro. O cumprimento das tarefas descritas cria condições para fazer uma reflexão sobre a opor-

tunidade de intervenção no mercado e de que modo é que uma proposta de um novo produto poderá vir a ser implementada com sucesso e em que contexto.

3.1.1 Requisitos do consumidor

Os requisitos do consumidor apresentados na matriz da qualidade não são propriamente todos requisitados pelo consumidor final, pois estamos a falar de um produto para crianças de pequena idade, são requisitos que os pais querem ver satisfeitos no brinquedo dos filhos. Estes têm algumas semelhanças aos que seriam de esperar se estivéssemos a falar de uma bicicleta, mas neste caso contam com uma especial atenção com a segurança, resistência ao desgaste e à própria imagem da bicicleta, assim como ao facto desta se poder adaptar ao utilizador durante a sua fase de crescimento dos 3 aos 6 anos.

Seguidamente apresentam-se os requisitos do consumidor com mais detalhe, seguindo uma ordem alfabética e não de prioridades.

3.1.1.1 Aspeto estético-formal

O público-alvo são crianças entre os 3 e os 6 anos, como tal é necessário ter especial atenção a alguns aspetos tais como cores apelativas e formas atrativas. Poderá ter-se atenção à diferenciação entre os dois sexos oferecendo duas ou mais gamas de cor do produto. O produto terá também que oferecer em termos estéticos uma garantia de segurança e durabilidade. Assim sendo, o aspeto estético-formal é um requisito indispensável para provocar a atratividade do produto.

3.1.1.2 Custo

Um dos requisitos mais importantes nos dias de hoje é o custo do produto. Este deverá apresentar o custo mais baixo possível, ou não sendo possível apresentar um baixo custo, ser o mais “cost-effective” possível, ou seja tenha a melhor relação qualidade-preço e que esse custo seja suportado pela apresentação de funcionalidades que acrescentem valor ao produto.

3.1.1.3 Durabilidade

Por se tratar de um produto com um período de utilização de pelo menos 3 anos, ou mais no caso do produto seguir para outra criança (vizinho, amigo, filhos posteriores), é requerido que o produto final seja durável. É também no requisito de durabilidade, mas numa perspetiva mais centrada nos materiais que é expectável que o produto mantenha as suas condições de utilização sem que haja quebras, oxidação ou outros tipos de desgastes indiretos dos materiais, durante algum tempo.

3.1.1.4 Ergonomia e conforto

Um dos principais desejos dos pais é oferecer o melhor que podem aos filhos. No enquadramento desse desejo, é essencial que o produto seja confortável e ergonómico para que a criança se sinta bem a utilizar o produto para que possa desfrutar dele e ao mesmo tempo desenvolver-se através da sua utilização. É então um requisito a ter em conta no que toca à seleção de materiais e estudo ergonómico para o produto final.

3.1.1.5 Facilidade de utilização

O produto final terá de ser fácil de utilizar devido ao consumidor-alvo a quem está destinado. Por isso deverá ter um modo de funcionamento simples e intuitivo para que possa ser utilizado com a maior das facilidades e comodidades. Para a satisfação deste requisito terá que ser tido em conta a ergonomia do público-alvo, o que liga este requisito ao requisito de ergonomia e conforto referenciado anteriormente. Dentro desta facilidade de utilização engloba-se também o facto do produto ter o guiador e o banco ajustáveis através de processos simples, sem grande dificuldade para o adulto os realizar.

3.1.1.6 Fiabilidade

Tratando-se de um produto para crianças é de esperar que a bicicleta esteja sujeita a bastantes quedas e outros “maus tratos”. Por isso terá que ser tido em conta a sua resistência estrutural e dos elementos estéticos assim como uma seleção de materiais adequada. Logo, a confiança de utilização sem falhas do produto, ou seja a fiabilidade é um requisito a ter bastante em conta durante o desenvolvimento do produto.

3.1.1.7 Modularidade

A modularidade foi um requisito que não foi tido muito em conta nos 4 casos analisados no Capítulo 2.5, pois apenas o primeiro produto analisado tinha a opção modular de acoplamento de pedais. Este requisito que vai de encontro à necessidade de adaptar o produto a diversas situações tais como adotar novas funcionalidades ao produto durante a faixa etária a qual está destinada, ou ainda, expandir a faixa de idades de utilização do produto dotando-o de novas características, tornando-o assim mais eficiente numa relação “custo - margem temporal de utilização”.

3.1.1.8 Portabilidade

A portabilidade é um requisito que tem a ver com o tamanho final do produto, ou seja, a sua volumetria, assim como com o facto de este ser desmontável. Este requisito é importante na medida em que torna o produto facilmente transportável, para que este possa acompanhar a criança para onde quer que os pais se desloquem.

3.1.1.9 Segurança

Este é um requisito fundamental e inerente a qualquer produto. A segurança é um dos principais requisitos colocado pelos pais quando se fala de produtos para crianças. Neste sentido, deverá ter-se cuidado no desenvolvimento de um produto com características de segurança “ativas”, como por exemplo ser resistente e não possuir arestas vivas que possam colocar em risco a segurança e a integridade física das crianças. Dentro deste requisito poderá ter-se em conta o desenvolvimento de soluções com características de segurança “passivas”, tais como travões e “para-choques”, por exemplo.

3.1.1.10 Versatilidade

Por fim, o requisito de versatilidade tem a ver com o facto do produto ser versátil na medida em que seja usável por crianças de várias faixas etárias e que se adapte na forma

de ser usado, possuindo banco e guidador reguláveis, assim como ser versátil na forma de dotar o produto com um conjunto de características para que este não se destine a ser apenas um biciclo, mas um brinquedo multi-funcional.

3.1.2 Características do produto

Após recolhidas as necessidades dos clientes passou-se para uma fase de definição das características, ou especificações do produto, que satisfaçam as necessidades e desejos dos clientes. Para isso foram divididas em quatro secções as características do produto:

- Adaptabilidade: características relacionadas com a adaptabilidade do produto para desempenhar as suas funções para qual ele é concebido. Este item engloba a facilidade de montagem, o guidador e o banco reguláveis;
- Módulos: características modulares que acrescentem valor ao produto. Engloba-se neste item o tipo de acionamento, sistema de travagem e a função modular do biciclo;
- Detalhes técnicos: características relacionadas com detalhes projetuais do biciclo, item que contém o tamanho da roda a utilizar, tipo de pneu, materiais e acabamentos;
- Características dimensionais: características relacionadas com as dimensões e a estrutura do biciclo, onde se inclui o peso e volumetria do mesmo.

3.1.3 Relações entre requisitos do consumidor e características do produto

Após o preenchimento da matriz de qualidade do produto com os requisitos do consumidor e características do produto, foram feitas as correlações entre estes. A co-relação entre estes pode ser forte, média ou fraca e, toma respetivamente os valores 9, 3 e 1 ou simplesmente a correlação pode não existir.

De modo a obter o peso relativo dos requisitos do produto é necessária, inicialmente, a definição do grau de importância geral de cada um dos requisitos, ou seja, definida uma priorização, tendo um índice maior quanto maior a sua importância. É igualmente necessária a definição de um índice estratégico, que mede o modo como se deseja que o produto se comporte em relação à procura, dando maior ênfase às características positivamente diferenciadoras no produto, assim como um índice de melhoria que mede o modo como se deseja que o produto se posicione em relação à concorrência e finalmente um índice dos concorrentes, onde se compara o desempenho do produto com os concorrentes selecionados. Os concorrentes presentes na matriz da qualidade - concorrente A,B,C e D - são respetivamente a Velobike, o Biciclo Natural, a Chicco Red Bullet e a Tidlo Scooter, analisados no Capítulo 2.5.

No Anexo A são apresentados para além da matriz da qualidade, as fórmulas e as escalas utilizadas para obtenção dos devidos valores.

3.1.4 Importância de características e peso dos requisitos

Após ter sido preenchida a matriz da qualidade de acordo com o descrito anteriormente, obtiveram-se os valores do peso que cada requisito do cliente tem e o grau de importância

que cada característica do produto apresenta. Os valores obtidos foram então recolhidos e processados e procedeu-se à criação dos gráficos de importância relativa dos requisitos de consumidor (Figura 3.1) e de peso relativo das características do produto (Figura 3.2), onde os requisitos e características são apresentados na forma de percentagem e ordenados por relevância.

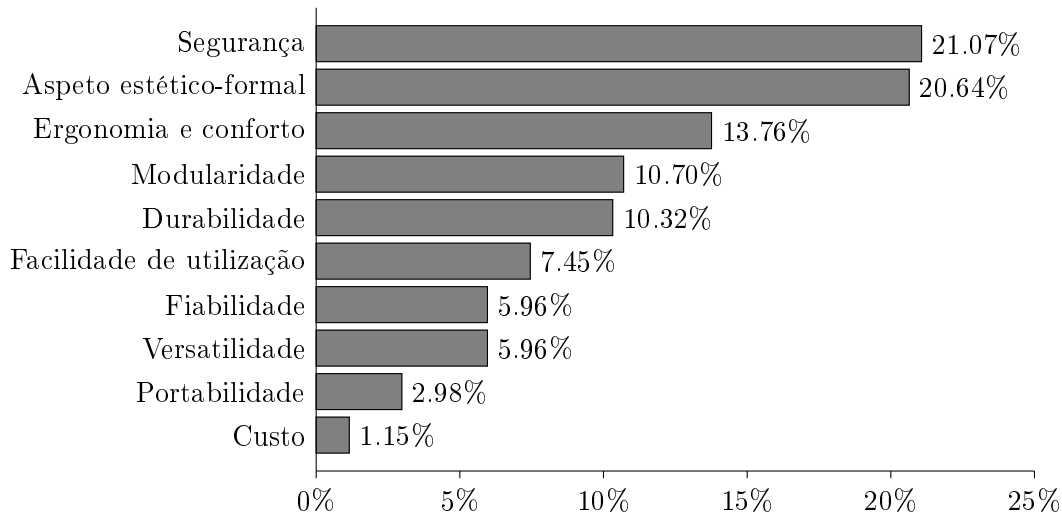


Figura 3.1: Importância relativa revista dos requisitos do utilizador

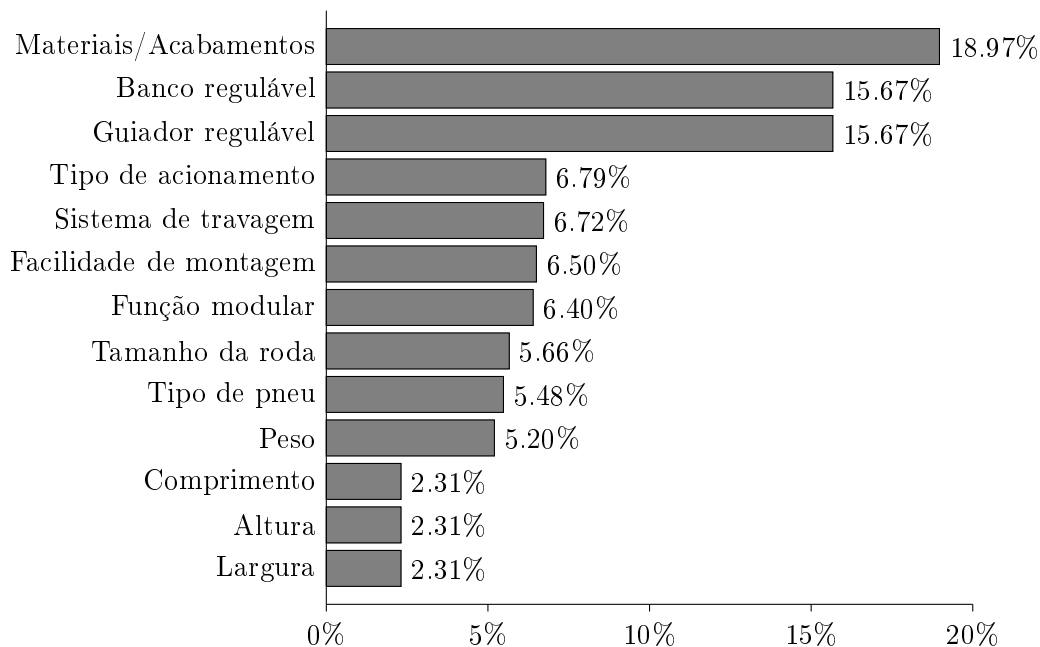


Figura 3.2: Peso relativo revista das características do produto

Como se pode verificar na Figura 3.1, os requisitos principais a ter em conta no desenvolvimento do produto na ótica do consumidor são a segurança, o aspeto estético-formal, a ergonomia e conforto, a modularidade e a durabilidade. Passando para a

análise da Figura 3.2, relativa ao peso das características do produto destacam-se três pontos que detêm cerca de 50% do peso de todos os componentes que são os materiais e acabamentos, e banco e guiador reguláveis. A característica “materiais e acabamentos” tem um peso relativo de cerca de 20% e é justificado pelo facto de esta estar interligada com a maioria dos requisitos do cliente. A seguir a estes três pontos destacam-se mais quatro pontos com um peso relativo de cerca de 6.5% que são o tipo de acionamento, sistema de travagem, facilidade de montagem e função modular. É então neste conjunto de características que terá de ser empregue um maior esforço de desenvolvimento do produto.

3.1.5 Matriz do produto e importância das partes

Após ter sido concluída a matriz da qualidade partiu-se para a criação da matriz do produto. Esta apresenta uma metodologia no seu preenchimento similar à matriz da qualidade, mas é focada nas partes do produto a desenvolver. As partes do produto presentes nesta matriz a analisar são as seguintes:

- Banco - desenvolvimento e seleção de materiais adequados à construção do banco do biciclo;
- Carenagem - desenvolvimento de uma casca exterior ao biciclo;
- Guiador e punhos - desenvolvimento do guiador e seleção de material e forma dos punhos;
- Pneu insuflável ou maciço - seleção do tipo de pneu a utilizar;
- Quadro - desenvolvimento do quadro como estrutura de suporte a todos os outros componentes;
- Regulações - regulação em altura do banco e do guiador;
- Tipo de acionamento - remetem para o modo como vai ser acionada o biciclo, o que pode requerer a adição de componentes, como pedais, corrente, cremalheiras ou motor e bateria;
- Travão - desenvolvimento e adição de um travão ao biciclo.

Pretende-se com esta matriz obter as partes e elementos a focar no desenvolvimento do biciclo. Para isso são correlacionadas as características do produto e as partes do produto a desenvolver (tal como na matriz da qualidade, com valores de co-relação de 9, 3 e 1) e é tido em conta a Importância da Característica do Produto (IQ_j*), calculada na matriz da qualidade, para obter o valor da importância de cada uma das partes do biciclo. Os valores relativos de importância podem ser visualizados na Figura 3.3. Finalmente, para obter o valor da importância da parte revista são utilizados os fatores “dificuldade de desenvolvimento” e “tempo de desenvolvimento”. Estes fatores podem tomar o valor de 0.5, 1, 1.5 e 2, dependendo do tempo e da dificuldade de desenvolvimento que apresentem.

A matriz do produto, fórmulas e escalas utilizadas podem ser consultadas no Anexo B, e a importância relativa revista das partes pode ser visualizada na Figura 3.4.

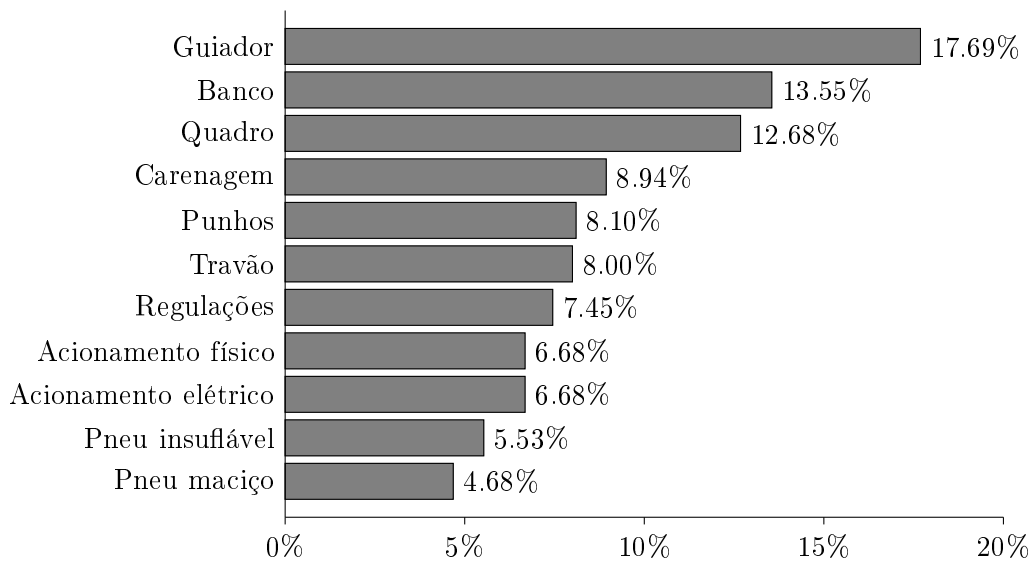


Figura 3.3: Importância relativa das partes do produto

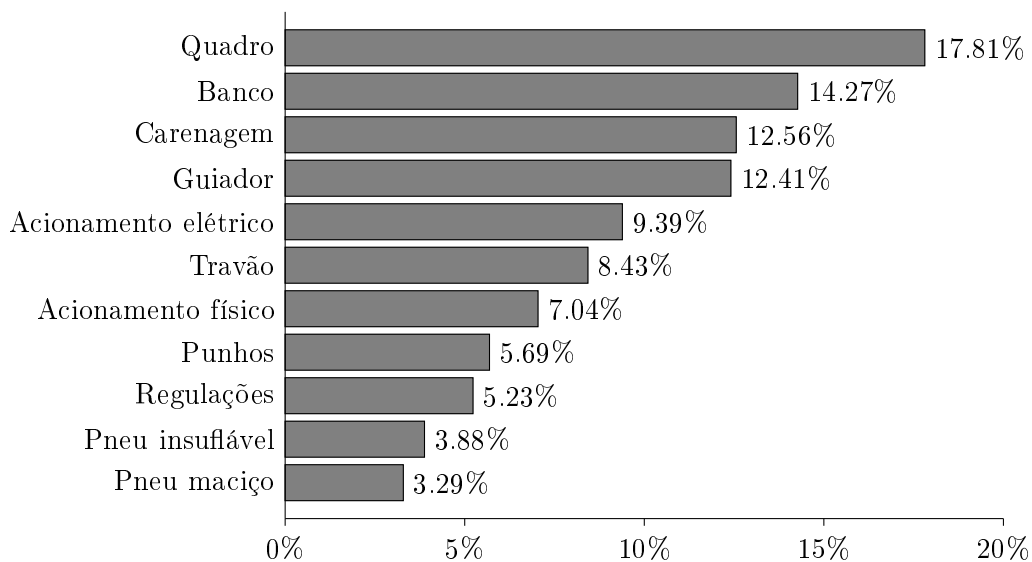


Figura 3.4: Importância relativa revista das partes do produto

Na análise das Figuras 3.3 e 3.4 verifica-se que houve trocas de posições de importância entre quatro das partes mais importantes do bicicleta. A passagem da terceira posição do quadro para o primeiro lugar, assim como do guiador para o quarto lugar justificam-se pelas suas diferentes dificuldades e complexidades de desenvolvimento. Verifica-se também que o acionamento elétrico do bicicleta adquire uma importância maior que o acionamento físico, pois requer mais complexidade e tempo despendido, embora o acionamento físico seja prioridade no desenvolvimento do bicicleta, pois é essa a sua principal função, ficando o acionamento elétrico remetido a uma função modular a integrar no produto.

Chegou-se assim a um meio de comparação entre as partes do produto muito útil no desenvolvimento conceptual, permitindo saber quais as partes onde é necessário dedicar maior importância para chegar ao resultado final desejado. Porém, existem partes do produto, assim como algumas características, que obtiveram importâncias menores mas que não podem ser totalmente descuradas no desenrolar do projeto, pois apesar de serem consideradas menos importantes segundo esta ferramenta, são parte fundamental no desenvolvimento do produto.

3.2 Geração de soluções conceptuais

Após a realização das matrizes da qualidade e do produto e sua análise nos capítulos anteriores, foi dado início ao processo de desenvolvimento do produto propriamente dito. O primeiro passo a tomar é no sentido da realização e elaboração de modelos conceptuais, obtidos através da análise e seleção de diversas ideias geradas e de soluções apropriadas passíveis de serem desenvolvidas detalhadamente numa fase posterior, e que vão de encontro ao preenchimento dos requisitos que o produto tem subjacentes. Esta geração de ideias permite analisar comparativamente algumas soluções, e descartar as ideias que são inviáveis. Deste modo, poderão ser obtidos diferentes tipos de configurações conceptuais, assim como variantes de um modelo, permitindo que estes sejam otimizados. Ainda assim, trata-se de uma análise iterativa, sendo que até à chegada ao produto final, estes modelos gerados possam sofrer algumas alterações, e, nesta fase estejam otimizados ao máximo para corresponder às necessidades dos clientes.

3.2.1 Análise morfológica

Para efetuar a geração de ideias optou-se pela metodologia da análise morfológica. Esta metodologia tem como princípio a decomposição do produto em componentes isolados (utilizados na matriz do produto), sendo que para cada um destes componentes se apresentam soluções e propostas conceptuais.

Após ter diferentes propostas conceptuais para cada componente isolado, passa-se para uma fase de seleção de uma solução para cada componente e obtém-se assim um modelo conceptual do produto. Esta seleção pode e deve ser repetida para obter diferentes soluções conceptuais do produto e posteriormente ser feita uma análise comparativa entre diversas soluções, até se chegar a uma solução “final” a desenvolver em concreto. Na Figura 3.5 está representado um exemplo de parte das propostas conceptuais para os diferentes componentes do biciclo.

De notar que existem componentes que foram agrupados numa só linha tais como o quadro e carenagem e o guiador e punhos, pois são componentes que estão interligados. No caso do quadro e carenagem, estão juntos porque existe a solução em que a própria carenagem forma um quadro monocoque e nos punhos e guiador, a própria forma do guiador cria diferentes soluções para disposição dos punhos. As tabelas de análise morfológica completas estão presentes no Anexo C .



Figura 3.5: Exemplo de análise morfológica para a parte “Banco”

3.3 Proposta conceptual

A geração de ideias resultante da seleção dos diferentes componentes presentes na análise morfológica, permitiu a definição de uma proposta conceptual do bicicleta.

Em termos de acionamento este será efetuado prioritariamente com os pés, deixando de parte a solução do motor elétrico para um modelo conceptual modular. Os ajustes de fixação escolhidos para um primeiro modelo serão do tipo de “pinos”, devido à sua simplicidade e ajustabilidade ao produto. O banco selecionado para a primeira fase será o banco tipo scooter aumentável, que terá uma característica modular associada, pelo facto de se utilizar o volume interior do banco (espaço morto) para efeitos de armazenamento de brinquedos. Em termos de quadro, o quadro tubular com capa terá prioridade devido à sua maior facilidade de construção. O tipo de pneu preferencial nesta primeira fase será o insuflável, assim como o guiador reto com punhos paralelos. Nesta fase o modelo conceptual não irá apresentar travão.

A preferência para o aspeto estético-formal do bicicleta é algo de semelhante ao representado na Figura 3.6, apresentando um *look* moderno e que permite reunir as características conceptuais selecionadas anteriormente.



Figura 3.6: Base do *design* pretendido para o produto [28]

Capítulo 4

Design de concretização e sistemas

O tema abordado neste capítulo, o *design* de concretização e sistemas, ou *embodiment design* em inglês, é uma tarefa que serve de ponte entre a etapa de *design* conceptual e de projeto de detalhe do produto.

Durante esta fase de projeto determina-se o *layout* geral (arranjo e compatibilidade espacial), de acordo com critérios técnicos e económicos. Nesta fase também são organizadas as partes físicas do produto e determinam-se as formas e materiais dos componentes [24] [27].

Ao lidar com todos esses aspetos, vai-se descobrir um grande número de inter-relações, tornando a iteração inevitável, dando essa iteração origem ao produto.

4.1 Diagrama de componentes

De forma a determinar o *layout* geral do produto, ou por outras palavras, definir a sua arquitetura, o primeiro passo a efectuar é a determinação de todos os componentes do produto. Na Figura 4.1 é feita uma representação através de um diagrama de todos os componentes do biciclo, que se inicia nas “partes” do produto, desmembrando-se até aos diversos componentes que compõem essas mesmas partes do produto.

As “partes” anteriormente citadas, referem-se a 5 grandes subconjuntos em que pode ser dividido o biciclo “base”. São elas o banco, um dos elementos mais importantes resultantes da análise do QFD, a carenagem, que vai atribuir ao produto o seu aspeto característico, o guiador, o quadro, elemento estruturante de todo o produto e as rodas como elemento de transferência de movimento do biciclo para o solo.

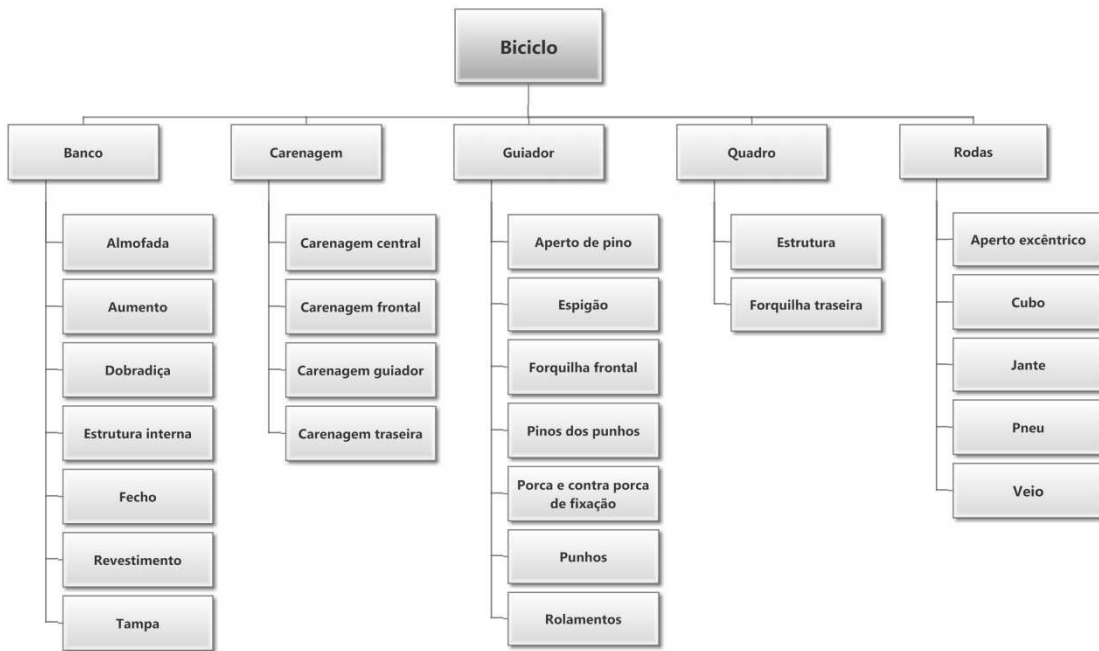


Figura 4.1: Diagrama de componentes do bicicleta

4.2 Diagrama de funções

Definir a arquitetura do produto passa primeiro por definir as diferentes funções do bicicleta “base” e identificar que parte ou que conjunto de partes cumprem essa função. Na Figura 4.2 está uma representação esquemática das diferentes funções e quais os componentes do produto que satisfazem essas mesmas funções.

O diagrama inicia-se com as funções de “sentar”, que não possui qualquer ambiguidade no seu sentido. A segunda função apresentada é “impulsionar”, e o que esta função representa é a forma como o utilizador pode usar o bicicleta, que neste caso representa uma impulsão dada com os pés, com o utilizador totalmente levantado (posição de andamento ou corrida) e apenas com as mãos nos punhos (guiador). A terceira função apresentada no diagrama é “rolar”. O que esta função representa é o facto do utilizador se sentar e apoiar os pés e mãos no bicicleta, após ter sido dada uma impulsão suficiente para que este mantenha o equilíbrio, ou seja, que o bicicleta vá embalado e que o utilizador vá apenas a controlar a direção, controlo de direção este que origina mais uma função do produto: “Dirigir/direccionar”. Esta função como o próprio nome indica, é o facto do utilizador controlar a direção do bicicleta através do guiador. Outra função do produto é “Guardar objetos”, que também não possui ambiguidade no seu sentido. A última função é “Configurar o produto”, o que remete para o facto de ser possível ajustar o produto ao utilizador, isto na perspectiva de ajuste da altura do banco e do guiador.

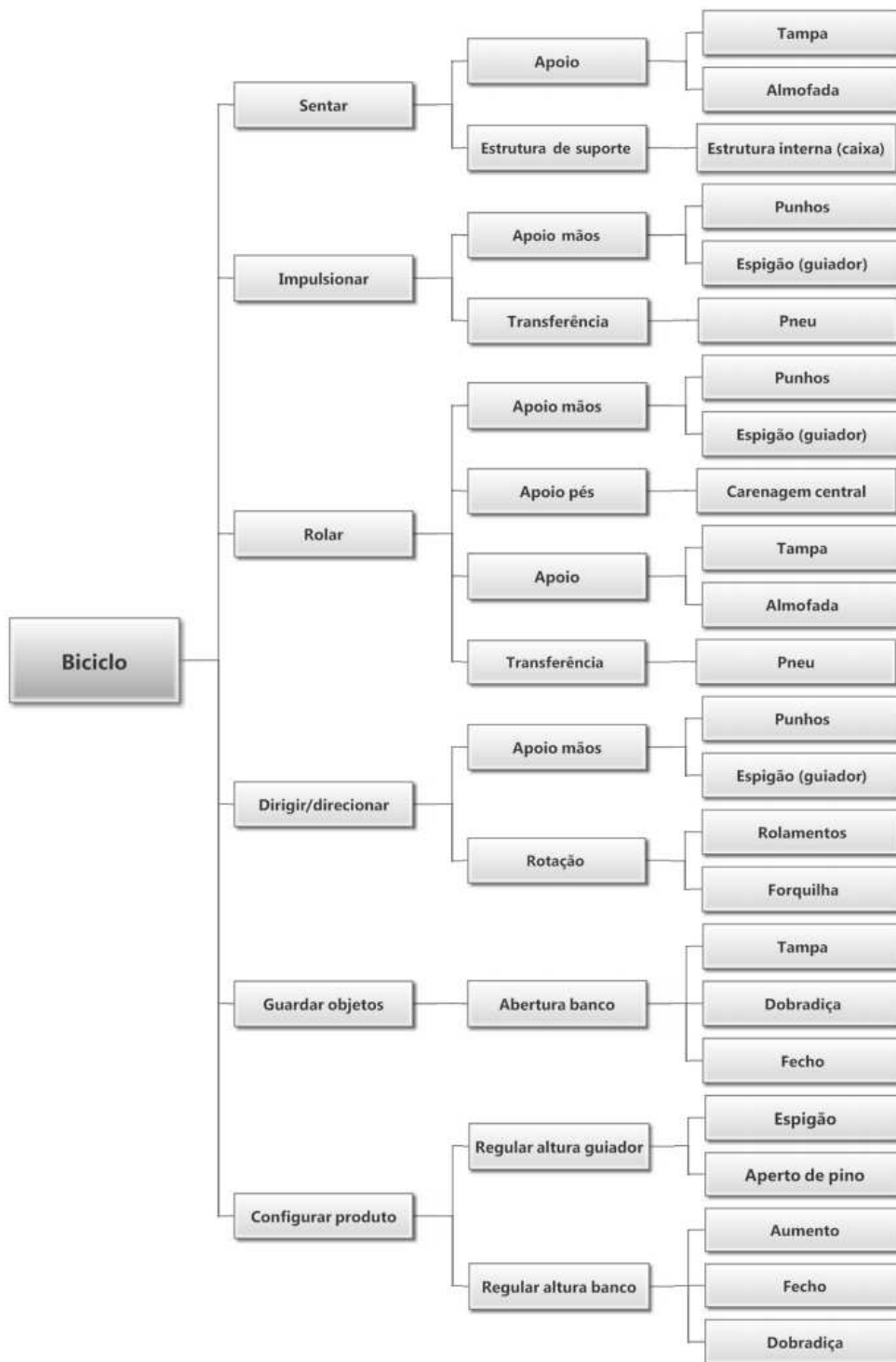


Figura 4.2: Diagrama de funções do bicicleta

4.3 Arquitetura do produto

Após terem sido identificados todos os componentes e funções do biciclo “base”, assim como quais os componentes que cumprem essas mesmas funções parte-se para a definição da arquitetura do produto.

4.3.1 Arquitetura base

No início do projeto, este apontava para um produto com arquitetura modular. Foi então considerada essa como a arquitetura “base” para o produto, que está referida na Tabela 4.1, onde cada parte cumpre a sua função. Nesta arquitetura temos um produto simples mas que cumpre o propósito para que foi criado, ou seja, um brinquedo acionado pela própria criança que estimule o seu movimento.

Tabela 4.1: Arquitetura do biciclo “base”

Elemento do produto	Função
Banco	Aumentar altura Suportar utilizador (Sentar) Guardar objetos
Guiador	Aumentar altura Direcionar Suportar as mãos
Quadro	Suporte e estrutura dos componentes
Carenagem	Proteção Estética
Rodas	Transferir o movimento

Após a definição da arquitetura base, definiram-se mais 3 *layouts* que têm como ponto comum a arquitetura “base” e que conferem ao produto diversas características diferenciadoras. De referir que a arquitetura “base” é a que irá ser pormenorizada no restante desenvolvimento do trabalho.

4.3.2 Arquitetura “Biciclo elétrico”

A primeira solução alternativa definida foi o de “Biciclo elétrico”. Esta solução adiciona uma função de locomoção motorizada, que por um lado desvirtua o propósito do produto definido no objetivo do trabalho (acionamento efetuado pela criança), mas que por outro aumenta o tempo de utilização do produto, isto é, o produto pode ser utilizado como biciclo com propulsão física numa fase inicial de utilização, e posteriormente ser adicionado o módulo elétrico, o que pode levar a que, por exemplo, uma criança mais velha (com idade mais próxima do limite de utilização recomendada do biciclo) volte a ganhar interesse pelo produto. Esta arquitetura em termos de componentes e funções a desempenhar está referida na Tabela 4.2.

A função de locomoção motorizada é proporcionada pelo acoplamento de um motor elétrico de atrito na roda traseira e uma bateria (montada dentro do banco).

Segundo a *EN 71-1 (2011)* e a *Toy Industries of Europe*, existem várias regras relativas a brinquedos *ride-on*, bicicletas e scooters elétricas que devem ser aplicadas à arquitetura de um biciclo elétrico (assim como à arquitetura de triciclo elétrico apresentado posteriormente) [23] [29]:

- Brinquedos com atuação elétrica não devem ser utilizados de pé, se forem destinadas a crianças com menos de 6 anos, isto é, devem possuir um banco;
- Brinquedos com atuação elétrica para crianças entre os 0 e os 6 anos devem ter uma velocidade máxima projetada de 6 km/h;
- Requisitos para todos os brinquedos de *ride-on*:
 - Um aviso deve indicar a faixa etária a que o brinquedo se destina, por exemplo: “Atenção. Este brinquedo não é aconselhado a crianças com menos de 3 anos devido à sua velocidade máxima”;
 - Um aviso referente à falta de travão deve estar presente, se o brinquedo não possuir travão. O travão não é necessário se:
 - * O brinquedo não possuir mecanismo de roda livre e não se destinar a duas ou mais crianças e não possuir uma massa sem carga de mais de 30 kg;
 - * O brinquedo apresentar um poder de travagem suficiente através do motor eléctrico.
 - Um aviso, chamando à atenção para os potenciais perigos da utilização do brinquedo em áreas que não terrenos privados.

Com base na arquitetura elétrica foi desenvolvida uma proposta. Esta inclui a bateria (montada dentro do banco), dois motores elétricos e devida caixa de velocidades (representadas a azul) e montados num suporte com eixo de rotação inserido no quadro - Figura 4.3. Ligado ao eixo dos dois motores está um veio de atrito que é encostado à roda do biciclo através da ação de duas molas pré tensionadas, ligadas entre o quadro do biciclo e o suporte da estrutura dos motores - Figura 4.4.

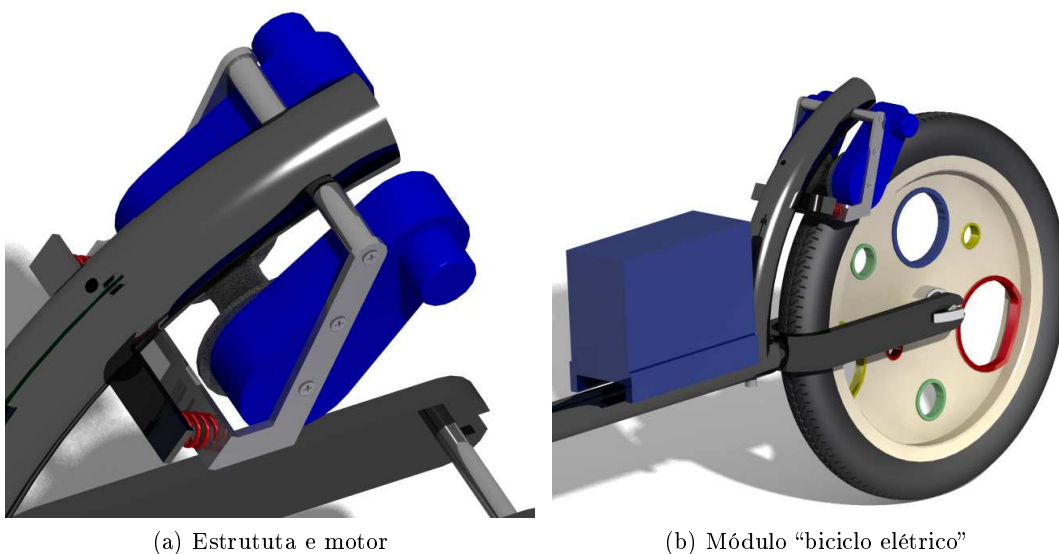


Figura 4.3: Arquitetura “biciclo elétrico”

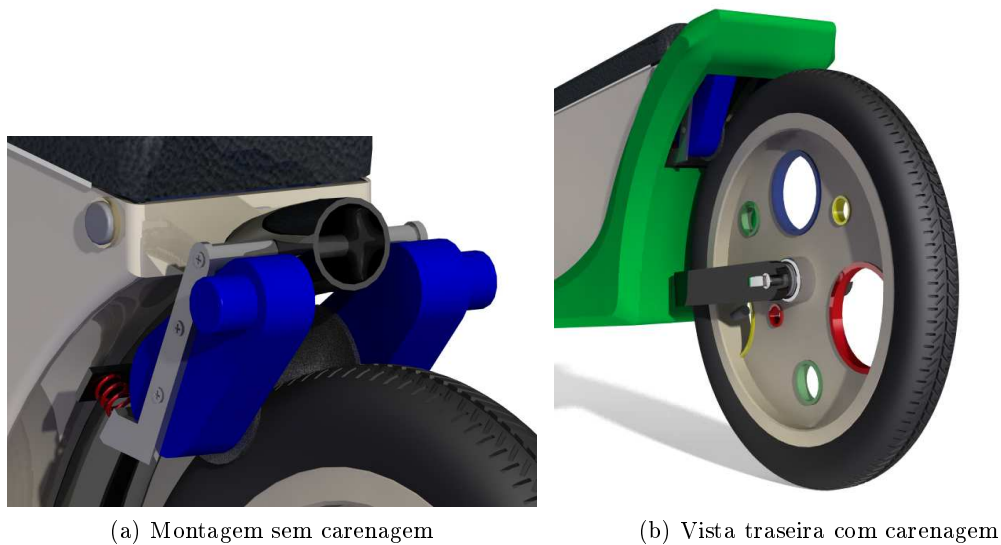


Figura 4.4: Arquitetura “biciclo elétrico”

Tabela 4.2: Arquitetura “Biciclo elétrico”

Elemento do produto	Função
Banco	Aumentar altura
	Suportar utilizador (Sentar)
	Guardar objetos
	Armazenamento de baterias
Guiador	Aumentar altura
	Direcionar
	Suportar as mãos
	Acionar acelerador
Quadro	Acionar travão
	Acoplamento de motor elétrico de atrito
	Suporte e estrutura dos componentes
Carenagem	Proteção
	Estética
Rodas	Transferir o movimento
	Acoplamento de travão de atrito

4.3.3 Arquitetura “Triciclo”

A segunda solução alternativa definida (Tabela 4.3) foi o da transformação “Biciclo” em “Triciclo”. Nesta arquitetura alternativa é adicionada mais uma roda traseira, tornando o produto “estável” do ponto de vista de equilíbrio, devido à existência de três pontos de apoio com o solo face aos dois existentes na arquitetura base. Esta arquitetura pode ser interessante, no ponto de vista de utilização do produto por crianças com maiores dificuldades de mobilidade, onde este terceiro ponto de apoio irá conferir ao produto

maior facilidade de utilização. Do ponto de vista de montagem, trata-se de um módulo que poderá integrar a arquitetura base de forma muito simples, visto que a única diferença recai sobre a existência de um eixo traseiro mais longo que possui duas rodas, e encaixa na mesma forquilha. O seu esboço está representado na Figura 4.5.

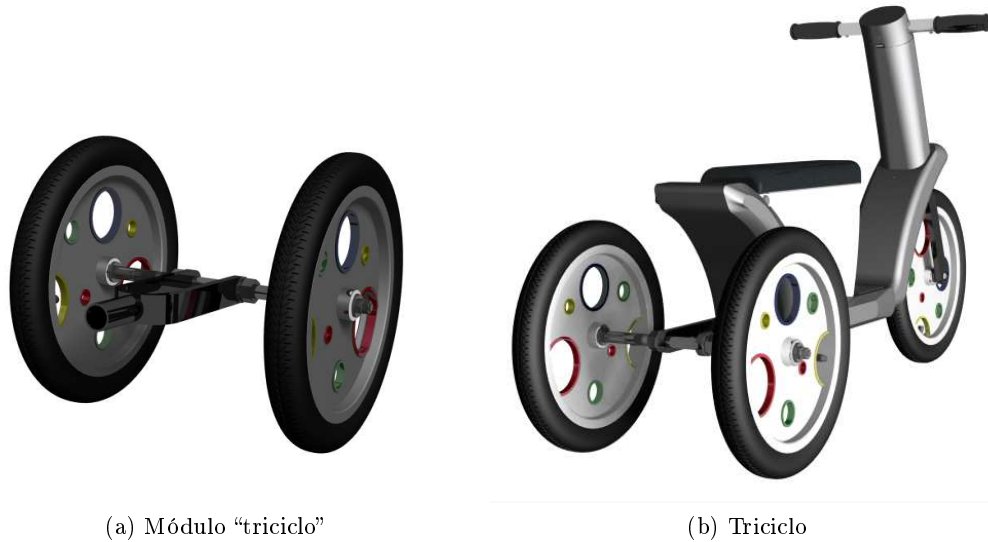


Figura 4.5: Arquitetura “Triciclo”

Tabela 4.3: Arquitetura “Triciclo”

Elemento do produto	Função
Banco	Aumentar altura Suportar utilizador (Sentar) Guardar objetos
Guiador	Aumentar altura Direcionar Suportar as mãos
Quadro	Suporte e estrutura dos componentes
Carenagem	Proteção Estética
Rodas	Transferir o movimento Acoplamento de eixo traseiro com 2 rodas Proporcionar equilíbrio estático

4.3.4 Arquitetura “Triciclo elétrico”

A terceira solução alternativa é uma combinação da arquitetura de bicicleta elétrica com a arquitetura de triciclo - Tabela 4.4 e Figura 4.6. Deste forma obtém-se a arquitetura de “Triciclo elétrico”. Do ponto de vista do acionamento elétrico o esquema de montagem difere da proposta do *layout* de bicicleta elétrica, devido ao posicionamento das rodas

traseiras, passando o acionamento a ser efetuado diretamente no veio traseiro através de uma correia ligada ao motor, presente na forquilha traseira.

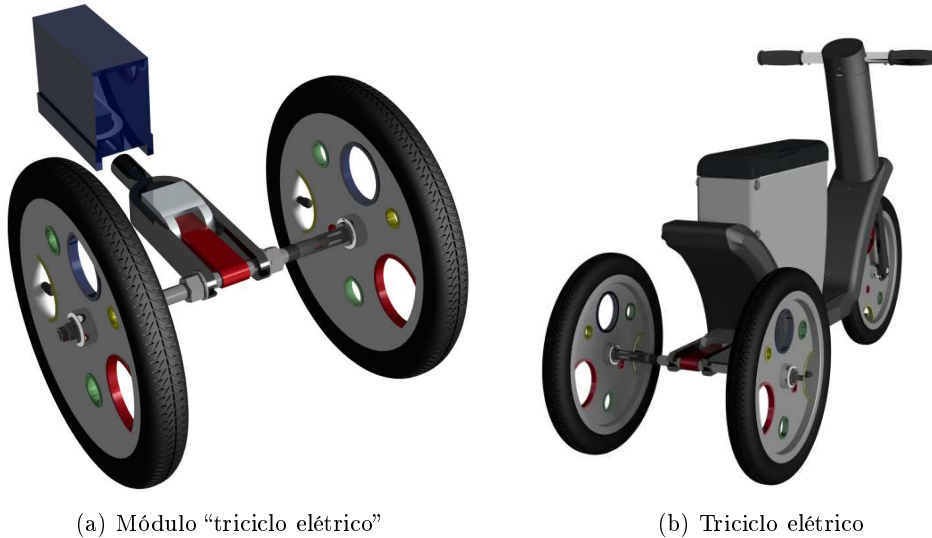


Figura 4.6: Arquitetura “Triciclo elétrico”

Tabela 4.4: Arquitetura “Triciclo elétrico”

Elemento do produto	Função
Banco	Aumentar altura Suportar utilizador (Sentar) Guardar objetos Armazenamento de baterias
Guiador	Aumentar altura Direcionar Suportar as mãos Acionar acelerador Acionar travão
Quadro	Acoplamento de motor elétrico de atrito no eixo traseiro Suporte e estrutura dos componentes
Carenagem	Proteção Estética
Rodas	Transferir o movimento Acoplamento de travão de atrito Acoplamento de eixo traseiro com 2 rodas Proporcionar equilíbrio estático

4.4 Características tecnológicas e materiais

Para a realização do biciclo podem ser utilizados diversos materiais e técnicas de construção. O biciclo pode ser feito integralmente de um tipo de material ou da junção de diversos materiais, que preencham os requisitos do cliente e as características do produto. Seguidamente foi feita uma análise a uma série de materiais passíveis de serem utilizados, onde se apresentam as vantagens e desvantagens que derivam do seu uso, estando estes agrupados pelo seu tipo de utilização no biciclo.

4.4.1 Quadro, guiador, forquilha e interior do banco

4.4.1.1 Alumínio

As ligas de alumínio são um material bastante utilizado como elemento estrutural em diversos tipos de veículos, entre os quais as bicicletas. Por ser um dos materiais mais abundantes e utilizados no mundo, o seu custo é relativamente baixo. Usualmente, na estrutura de uma bicicleta são utilizados tubos cilíndricos que soldados entre si formam o quadro. Estes tubos apresentam diferentes diâmetros comerciais, pelo que a sua obtenção e construção é simples. Para além do formato de tubo, este material é facilmente encontrado em folha ou chapa, o que pode ser adequado na utilização de vários componentes. Em termos mecânicos as ligas de alumínio possuem elevada relação de resistência/peso, boa durabilidade e excepcional resistência a agentes externos do meio. Em termos estéticos apresenta bom acabamento e é facilmente lavável e não se deteriora com o passar do tempo [30].

4.4.1.2 Plástico reforçado com fibra de vidro

O PRFV - plástico reforçado com fibra de vidro, ou simplesmente “fibra de vidro” como é usualmente chamada, é um material compósito obtido através da junção de diversos filamentos flexíveis de fibra de vidro com uma resina. Desta junção de material flexível com a resina líquida, e após seca e cura, é obtido um material sólido e rígido. A fibra de vidro é utilizada usualmente como casca ou capa exterior, devido ao facto do material permitir a criação de formas complexas e possibilitar o seu uso igualmente como elemento estrutural. A sua utilização em termos estruturais pode ser combinada com a utilização de outros materiais, como por exemplo painéis alveolados em alumínio, que interligados com a fibra oferecem ao produto final melhores características mecânicas.

Em termos estéticos a utilização de fibra de vidro pode ser bastante diversificada, pois pode obter-se praticamente qualquer forma. O seu acabamento pode também variar, mas utilizando as técnicas corretas podem obter-se excelentes acabamentos. O material é facilmente lavável e pode ser aplicada cor directamente no produto. Uma das grandes desvantagens é a complexidade e os custos associados ao seu fabrico devido a ser um trabalho maioritariamente manual.

4.4.1.3 Termoplásticos

Os materiais poliméricos podem apresentar-se em duas formas: flexível ou rígido. Nesta última forma, o material termoplástico rígido pode ser utilizado para o fim desejado, isto é, a carenagem monocoque, pois apresenta várias características interessantes. Este

material pode ser processado através de diversos processos de fabrico (injeção, rotomoldagem, termoformação) e podem ser dadas várias margens de flexibilidade e resistência, modificando a mistura para obtenção do material. O material selecionado deve ser não inflamável e possuir boa estabilidade dimensional. Para além destas características deve apresentar também boa resistência a agentes do meio, assim como um custo relativamente baixo.

4.4.2 Carenagem e revestimento de componentes

4.4.2.1 Fibra de vidro

Anteriormente foi referida a utilização da fibra de vidro como componente estrutural, embora esta possa também ser utilizada como componente de revestimento. De facto, a sua utilização apenas como capa ou carenagem oferece uma vantagem na medida em que a complexidade de fabrico diminui, sendo necessário apenas o fabrico de placas com a forma desejada. Em termos estéticos e de acabamento, o referido no capítulo anterior aplica-se, para além do facto de ser possível obter uma capa translúcida.

4.4.2.2 Cortiça

Cerca de 70% da cortiça produzida no mundo é destinada ao fabrico de rolhas, sendo que outras utilizações dadas para este produto incluem isolamentos térmicos, tapetes, calçado, entre outras [31]. A utilização de cortiça para a carenagem exterior de um brinquedo, neste caso do biclo, pode ser encarada como uma inovação, pois é um tipo de produto onde ainda não se aposta na utilização deste material.

Portugal possui cerca de 52.5% da produção mundial o que faz do nosso país o maior produtor mundial de cortiça [32]. A aposta num produto “nosso” pode ser interessante do ponto de vista estratégico do marketing do produto, além de possuir algumas características interessantes se inserido no biclo. Algumas das suas características incluem o facto de ser 100% natural e biodegradável, impermeável a líquidos, ser elástico e possuir elevado coeficiente de fricção, ou seja, é resistente ao desgaste, para além de não absorver poeiras e ser resistente à combustão [31]. Para além destas características é macio ao toque e em termos estéticos confere ao produto uma boa aparência, para além de ser leve e inodoro.

4.4.3 Componentes diversos

Dois materiais passíveis de serem utilizados em componentes diversos tais como os punhos e a “almofada” do banco são a cortiça e a borracha vulcanizada. A cortiça como descrito anteriormente tem características interessantes e a sua viabilidade de utilização é grande. No caso da borracha pode dizer-se que também é grande a viabilidade da sua utilização, pois trata-se de um material comumente utilizado atualmente nos punhos das bicicletas, motociclos e ciclomotores. No caso da utilização nos punhos, as características principais dos materiais devem ser a suavidade, apresentarem pouca dureza e boa aderência. No caso do banco as características a estarem presentes são similares, para oferecer o devido conforto ao utilizador. Outros pequenos componentes tais como os fechos do banco e a garra do pino de ajuste poderão ser fabricados em PVC, ou num material polimérico similar.

Capítulo 5

Projeto estrutural e de detalhe

A fase de projeto de detalhe de um produto é o culminar do processo de desenvolvimento do produto, onde se concretiza uma proposta final que se iniciou como um conjunto de ideias na fase de desenvolvimento conceptual e que foi tomando forma na fase de desenvolvimento de sistemas, pois é nesta fase que são determinadas as dimensões e geometrias finais dos diversos componentes e apresentada uma solução final para o produto.

5.1 Projeto estrutural

Este capítulo de projeto estrutural será segmentado em subcapítulos onde terá que ser aplicado um estudo às dimensões do produto, mais precisamente aos diferentes elementos principais, como o quadro, o guiador e o banco.

Numa primeira fase irá ser efectuado o cálculo e o dimensionamento dos diversos componentes, e numa segunda fase, a sua simulação numérica.

5.1.1 Dimensionamento de componentes

Em termos de dimensionamento do produto, tem que se levar em conta as dimensões e os aspetos antropométricos estáticos e dinâmicos do possível utilizador final do biciclo.

Num projeto, o limite máximo da faixa de utilizadores é de 100%, ou seja, toda a população dos utilizadores. Entretanto, para esta faixa, o projeto em geral é tecnicamente e/ou ergonomicamente inviável. Por isso, em projeto define-se, em princípio, a sua adaptação às características dimensionais de, no mínimo 90% dos utilizadores, ou seja, pessoas cujas dimensões variam entre os percentis 5% e 95% [33], o que neste caso engloba uma faixa de utilizadores que se inicia no percentil 5% de crianças com 3 anos e termina no percentil 95% de crianças com 6 anos.

Como se trata de um brinquedo de aprendizagem para crianças que estão numa fase importante do seu crescimento e desenvolvimento psicomotor, os aspectos antropométricos têm que ser tratados com ainda maior relevância e de modo correto, de forma a que a criança que o utilize mantenha a postura corporal mais adequada e desfrute do brinquedo com maior conforto e facilidade de utilização.

As informações antropométricas estáticas e dinâmicas a ser utilizadas estão resumidas no capítulo do “Estado da arte” na Tabela 2.1 e Tabela 2.2, com referências à Figura 2.4, assim como na Tabela 2.7.

5.1.1.1 Altura do guidador

Para que o bicicleta tenha um maior conforto e facilidade de utilização, a altura do guidador deverá ser ajustável em função de cada utilizador e esta altura nunca deverá ser superior à altura de ombros do utilizador, ou seja, com os braços esticados horizontalmente fazendo ângulo de 90° com o corpo [14].

Dado que a propulsão do bicicleta é efetuada através do deslocamento da criança (a andar ou a correr), a altura dos ombros a utilizar como referência máxima será retirada das tabelas para uma criança com a postura em pé. Observando a Figura 2.4, verifica-se que não é possível obter diretamente a altura de ombros a partir das medições efetuadas. Assim sendo, efetuou-se uma aproximação, somando as medidas das referências 5 (glúteo-calcanhar) e 15 (altura do manúbrio). A este valor subtraiu-se a referência 6 (profundidade do tórax) para compensar a adição das referências anteriores que se sobrepuseram.

Os valores de altura de ombros obtidos para o percentil 5% de crianças de 3 anos e do percentil 95% de crianças de 6 anos, que preenchem os 90% dos utilizadores, são respetivamente 645 mm e 968 mm.

Do ponto de vista ergonómico, o maior problema deve-se com o ângulo máximo dos braços em relação ao corpo, que não deve exceder os 90° , logo a menor dimensão deve permitir a que utilizadores pertencentes ao percentil mais baixo consigam fazer a utilização sem os braços totalmente esticados na horizontal em relação ao corpo. Para isso definiu-se que o guidador possua uma distância mínima desde o seu eixo horizontal até ao solo de cerca de 610 mm (Figura 5.1a). Quanto à altura máxima do guidador, definiu-se que esta seria de cerca de 700 mm (Figura 5.1b), embora a relação entre a altura máxima do guidador e a altura de ombros no percentil máximo seja superior à relação para os mesmos valores mínimos, esta distância ao solo é adequada.

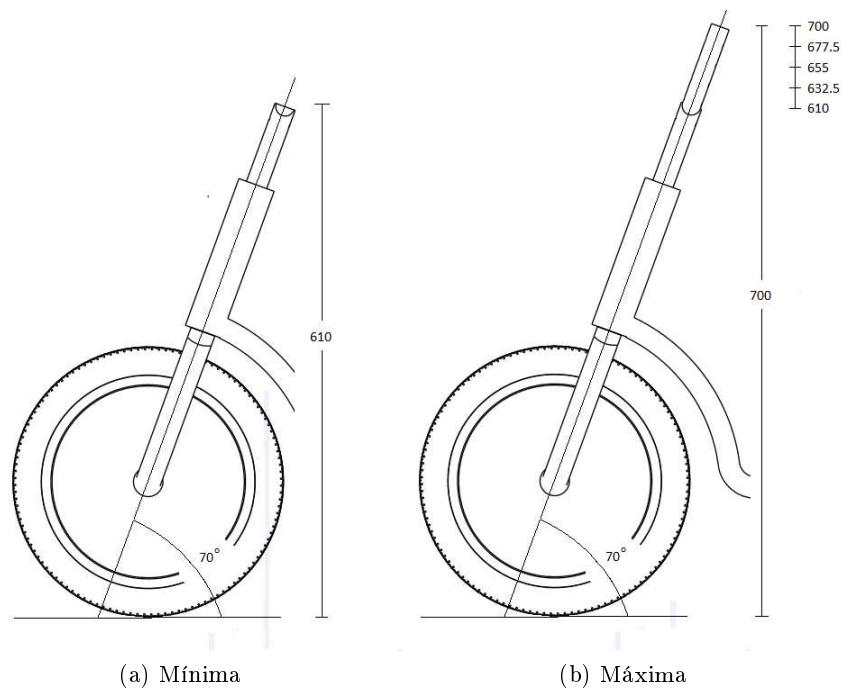


Figura 5.1: Distância ao solo do guidador [mm]

De referir que para além das distâncias máximas e mínimas ao solo, é possível fazer mais 3 ajustes intermédios de 25 mm cada (medidos segundo o eixo da forquilha, que possui uma inclinação com a horizontal de 70°), permitindo que o bicicleta “cresça” com a criança, como também pode ser visto na Figura 5.1b.

5.1.1.2 Largura do guiador

Da mesma forma que a altura do guiador se deve adaptar aos diferentes tipos de utilizadores, o guiador deve também possuir uma largura adequada para todos eles.

Segundo Pequini, “a largura do guiador deve corresponder à largura dos ombros, pois se este for demasiado estreito dificultará a respiração e se for demasiado largo poderá provocar fadiga muscular” [14], como representado na Figura 5.2. Embora a afirmação anterior diga respeito à largura de guiadores de bicicletas, o mesmo se pode aplicar ao caso de um bicicleta, devido à sua similaridade e aos efeitos adversos que pode provocar.

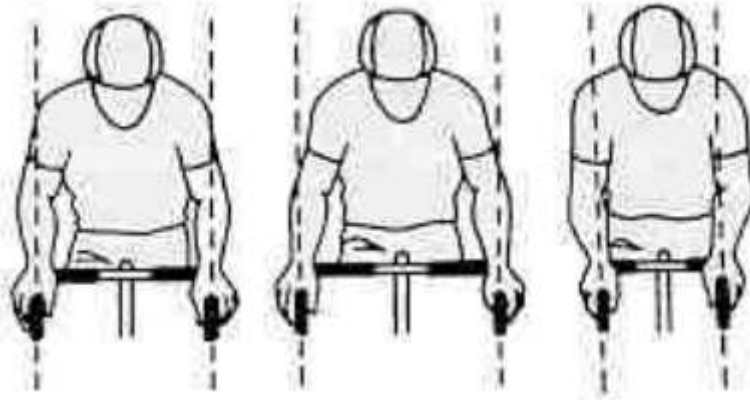


Figura 5.2: Largura do guiador indicada [14]

Observando a Figura 2.4, a largura de ombros é indicada diretamente pela referência 8. Como se pode verificar através da consulta das tabelas de percentis correspondentes, a largura de ombros para o percentil 5% de crianças de 3 anos é de 216 mm e para o percentil 95% de crianças de 6 anos é de 291 mm.

Dado que a diferença entre as larguras de ombros mínima e máxima é de apenas 75 mm, não existe a necessidade de criação de um sistema de ajuste da largura do guiador. Assim sendo, definiu-se que o guiador terá uma largura fixa, possuindo uma envergadura máxima de cerca de 350 mm. Os extremos do guiador possuirão punhos para que as crianças agarrem o guiador de forma conveniente, e estes terão um comprimento de cerca de 80 mm. De referir que embora os punhos contemplem as larguras “ideais” de conforto e de melhor postura, cabe às crianças agarrarem o guiador de forma correta. O esquema da definição das medidas está representado na Figura 5.3, onde se pode ver a largura máxima do guiador, o posicionamento dos punhos e as projeções frontais dos limites mínimos e máximos da largura de ombros retirada das tabelas.

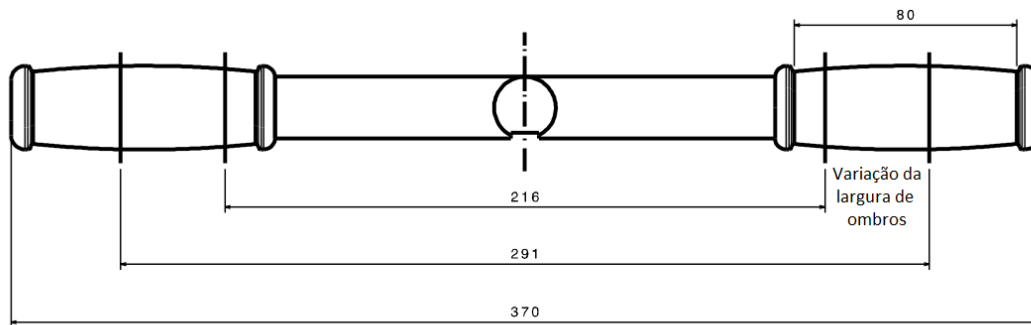


Figura 5.3: Largura do conjunto guiador-punhos definida [mm]

5.1.1.3 Altura do banco

Devido à sua forma e geometria, e de modo a simplificar o processo de montagem e aumentar a facilidade de utilização, o banco só terá disponível dois níveis de altura, um que define um mínimo de altura para uma correta utilização por crianças do percentil mais baixo e um nível superior, adaptado para crianças mais altas.

Para aferir qual a altura mínima admissível do banco verificou-se a distância desde o isquio até ao solo, ou seja, o comprimento da parte interior da perna (Figura 5.4). Como só o comprimento das pernas nos é dada diretamente pelas Tabelas 2.1 e 2.2, para obter o valor deste comprimento interior, subtraiu-se o valor da profundidade abdominal, ou seja, olhando para a Figura 2.4, ao valor da referência 5 subtraiu-se o valor da referência 7.

O valor obtido para o percentil 5% de crianças de 3 anos foi então de 379 mm.

Para definir o valor máximo da altura ao solo do banco efetuou-se uma média das diferenças das alturas sentadas (referência 2 na Figura 2.4) entre as crianças de 6 anos e de 3 anos para cada nível de percentil entre os 5% e os 95%. O resultado obtido foi que a média de diferença de altura sentado entre os 2 extremos de idades é de 82 mm.

Foram então definidos dois níveis, tendo o mais o nível mais baixo aproximadamente 380 mm de distância ao solo (Figura 5.5a) e o nível superior um acréscimo de 80 mm, através da adição de um aumento, elevando a altura ao solo para um máximo de aproximadamente 460 mm (Figura 5.5b). Estas alturas do banco ao solo são similares às apresentadas nos produtos concorrentes e permitem às crianças mexerem as pernas e deslocarem-se confortavelmente.

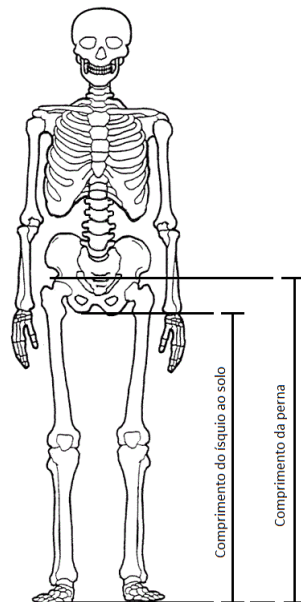
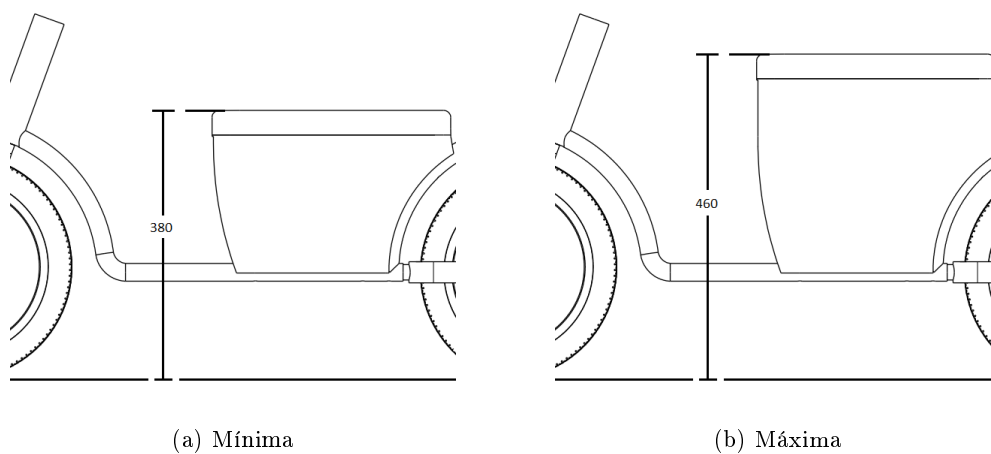


Figura 5.4: Esquema para definição da altura do banco



(a) Mínima

(b) Máxima

Figura 5.5: Distância ao solo do banco [mm]

5.1.1.4 Largura do banco

Na definição da largura do banco tiveram que ser tomados em consideração vários aspetos, como o banco que tem como função o armazenamento no seu espaço interior e possui um módulo de elevação de altura. Decidiu-se que este tivesse uma largura fixa, para uma simplificação de montagem, e que contemplasse um volume de armazenamento adequado, assim como permitisse o livre movimento de pernas por todos os utilizadores. Foi então definido que este valor seria de 100 mm, de forma a poder conjugar eficazmente estes fatores.

5.1.1.5 Tabela resumo

Tabela 5.1: Resumo das dimensões dos componentes

	Dimensões [mm]		
	Mínimo	Fixo	Máximo
Altura do guiador	610	-	700
Largura do guiador	-	370	-
Altura do banco	380	-	460
Largura do banco	-	100	-

5.1.2 Simulação numérica

5.1.2.1 Breve introdução

No âmbito do projeto estrutural, a utilização de ferramentas de simulação numérica é importante na medida em que permite aferir a resistência, integridade estrutural e outros parâmetros dos produtos quando sujeitos a diferentes condições externas, forças, vibrações, etc. Desta forma, obtêm-se aproximações ao comportamento do produto. Sendo uma simulação, os custos inerentes são significativamente menores que os testes físicos e têm a vantagem de permitir rápidas alterações na geometria dos objetos e possibilitar desde logo a realização de novas simulações nesses mesmos objetos.

Atualmente, na análise de comportamento de materiais é aplicado o Método dos Elementos Finitos (MEF). Outros fenómenos e problemas onde é aplicado o MEF incluem o estudo de sistemas vibratórios, resolução de problemas de condução de calor e de mecânica de fluídos, eletricidade e magnetismo, entre outras. O MEF é um poderoso método matemático de análise e resolução de problemas científicos e de engenharia e tem origem em trabalhos e desenvolvimentos realizados por matemáticos, físicos e engenheiros [34]. Atualmente, existem programas comerciais de simulação numérica baseado no MEF e será um destes programas a ser utilizado na análise do biciclo.

Em termos de funcionamento e resolução de problemas, o MEF possui uma metodologia estratificada. Do ponto de vista da utilização de um software comercial de simulação numérica, a primeira tarefa a ser realizada é a definição da geometria do objeto Computer Aided Design (CAD) e a sua discretização, ou seja, a divisão do elemento num número finito de segmentos, áreas ou volumes mais pequenos designados por elementos - Figura

5.6. Estes elementos finitos podem assumir diversas formas geométricas dependendo do tipo de análise a realizar.

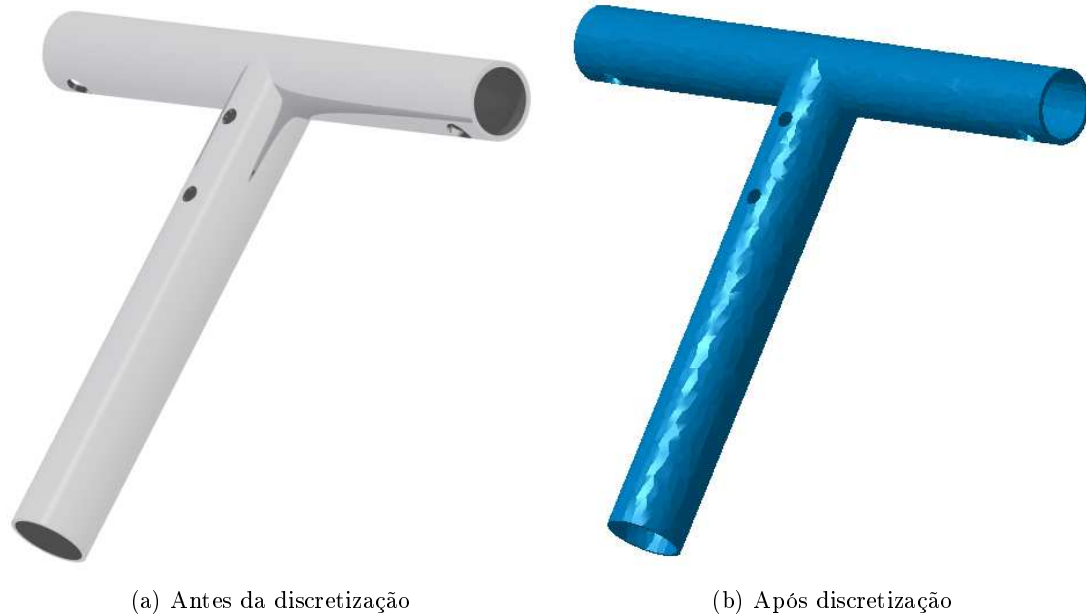


Figura 5.6: Exemplo de objeto CAD 3D

A tarefa seguinte consiste em definir as propriedades mecânicas e físicas do material do elemento a estudar e após esta fase são definidas as condições de fronteira, ou seja, as cargas e as restrições a que o modelo está sujeito. De forma a acelerar o processo, poderão ser definidos exatamente os resultados que interessam, limitando assim a análise. Após as definições destas tarefas o software realiza os cálculos e apresenta os resultados que serão analisados pelo utilizador, que analisa e retira a informação necessária [34]. A representação esquemática da metodologia de análise típica recorrendo ao MEF está representada na Figura 5.7.

Seguidamente irão ser apresentadas as simulações numéricas realizadas, onde foi utilizada a ferramenta de análise e simulação numérica do CATIA V5[®].

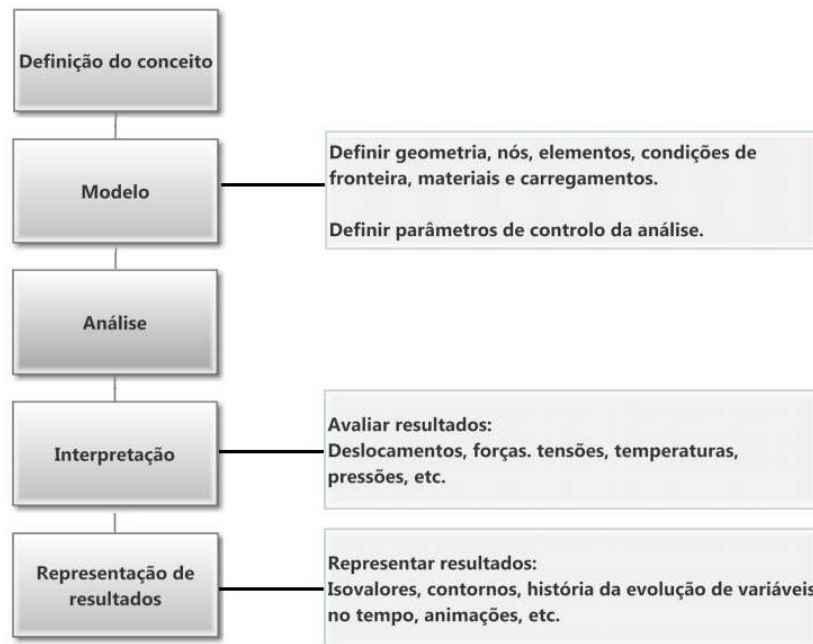


Figura 5.7: Representação esquemática da metodologia do MEF - adaptado de [34]

5.1.2.2 Simulação numérica do quadro tubular

Após ter sido explicada a metodologia inerente à simulação numérica, apresenta-se seguidamente a simulação efetuada à proposta de quadro tubular para o biciclo.

O material selecionado para o quadro, guiador e forquilha é o alumínio 6061-T6 que possui entre outras propriedades $E = 68.9 \text{ GPa}$, $\nu = 0.33$, $\rho = 2700 \text{ kg/m}^3$ e $\sigma_{ced} = 276 \text{ MPa}$.

O método para o refinamento da malha consiste na realização de simulações com vários valores para as dimensões dos nós que perfazem a malha, até se começarem a obter valores estáveis de tensão. Foi definido então um valor de 5 mm para o tamanho dos elementos lineares tetraédricos desta simulação.

5.1.2.2.1 Carga distribuída pelo banco

A análise estática do suporte do banco simula a distribuição do peso no quadro (transferida pelo banco) de uma criança de 6 anos situada no perfil 95%, ou seja, o utilizador no limite máximo definido pelo projeto. Uma criança deste percentil, segundo a Tabela 2.2 possui 29.46 kg de massa, ou seja, o seu peso equivale aproximadamente 289 N. A este valor será aplicado um fator de segurança, $C_s=3$ o que faz com que o peso aplicado seja de 867 N. O esquema geral de aplicação da força e das restrições do sistema está representado esquematicamente na Figura 5.8, onde se verifica que o peso da criança distribuído no banco se vai propagar até atingir o quadro. Em termos de restrições, a roda traseira permite deslocamento na direção do deslocamento (e num dos lados da forquilha permite deslocamento lateral - Figura D.1d) e a frontal é restrita nos 3 sentidos (num dos lados desta, o deslocamento lateral também é possível - Figura D.1c).



Figura 5.8: Aplicação da força e restrições do sistema para carga no banco

Os resultados obtidos mostram que a tensão máxima de *Von Mises* do conjunto se localiza na forquilha traseira, possuindo um valor de 145.6 MPa. Contudo, focando apenas no quadro tubular, esta tensão máxima localiza-se a meio do tubo inferior e possui um valor de 55.71 MPa, como se pode verificar na Figura 5.9a. O deslocamento máximo apresenta-se na zona do guiador, mais precisamente nos punhos, devido à elevada distância ao ponto de aplicação da força, como se verifica na Figura 5.9b, sendo que o seu valor é de 2.461 mm.

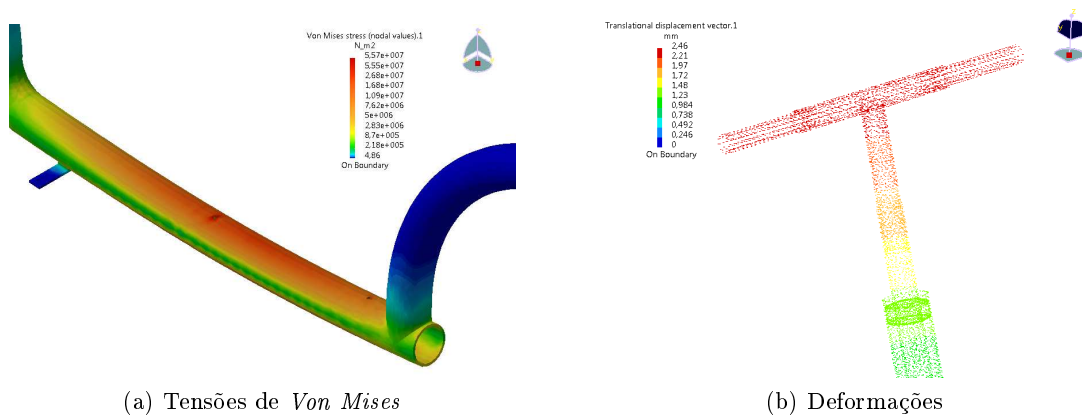


Figura 5.9: Detalhe de valores máximos de tensões de *Von Mises* e deformações no banco, no quadro tubular

5.1.2.2.2 Força distribuída pelo guiador

Nesta simulação foi analisado outro caso extremo de utilização do bicicleta, simulando a criança a apoiar todo o seu peso verticalmente sobre os punhos do guiador. Os dados utilizados são similares ao da simulação anterior, ou seja, aos 289 N de peso da criança foi aplicado um factor de segurança de 3, o que faz com que o peso aplicado seja novamente de 867 N distribuídos integralmente pelos punhos. O esquema de aplicação das forças

e restrições está representado na Figura 5.10. Verifica-se através desta, que o peso é aplicado integralmente sobre os punhos. À semelhança da Figura 5.8, uma das forquilhas possui liberdade segundo a direção do movimento (com liberdade lateral num dos lados da forquilha), sendo neste caso a forquilha frontal - Figura D.1f. Nesta análise a forquilha traseira possui restrição nos 3 eixos (excepto um dos lados da forquilha), como se pode verificar na Figura D.1e.

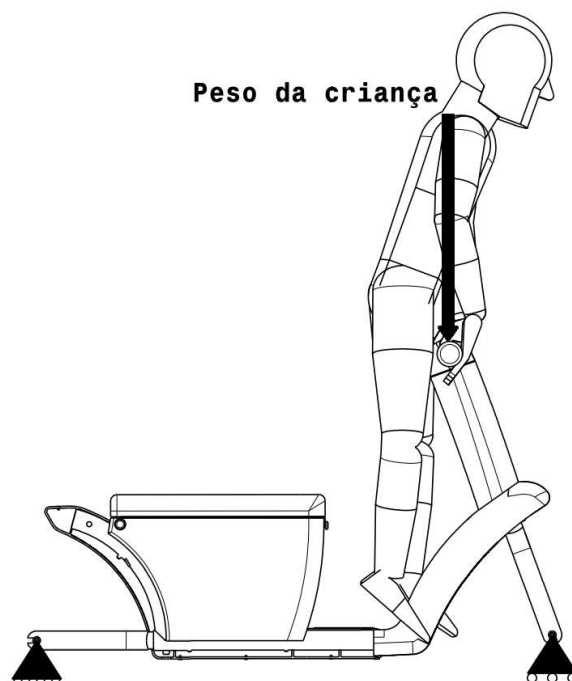


Figura 5.10: Aplicação da força e restrições do sistema para força no guiador

O material utilizado nos diversos componentes continua a ser o alumínio 6061-T6.

Os resultados obtidos mostram que a tensão máxima de *Von Mises* encontra-se na ligação superior entre a forquilha frontal e o guiador, como se pode verificar na Figura 5.11a sendo que o deslocamento máximo se apresenta nas pontas do guiador, ou seja, nos extremos dos punhos, como se verifica na Figura 5.11b. Os valores máximos de tensão de *Von Mises* e de deslocamento são de 154.7 MPa e 7.838 mm, respetivamente.

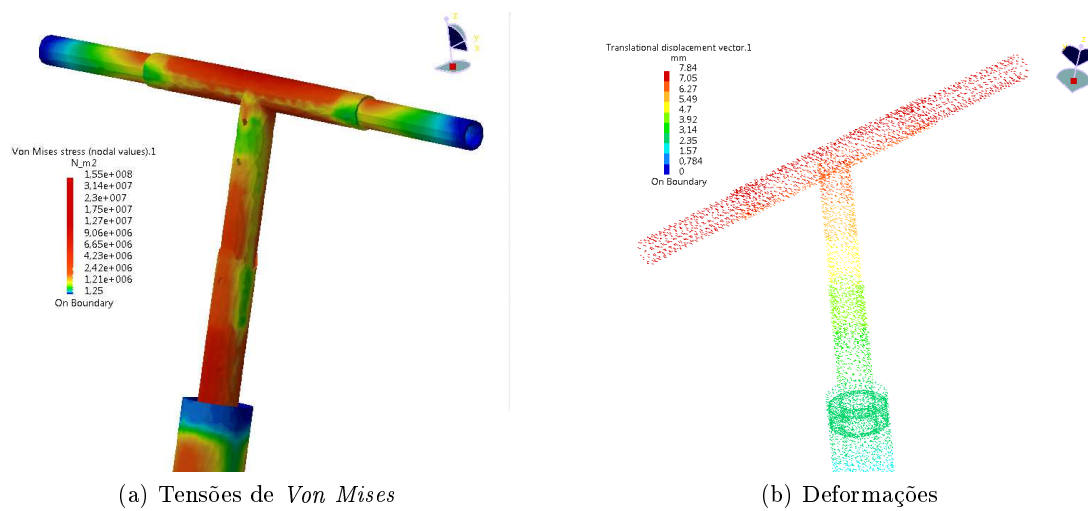


Figura 5.11: Detalhe de valores máximos de tensões de *Von Mises* e deformações no guiador, no quadro tubular

5.1.2.3 Simulação numérica do quadro monocoque

Para efeitos de criação de uma alternativa ao quadro tubular, foi criada uma estrutura de quadro monocoque para o bicicleta, onde a carenagem se torna também o elemento estruturante. A sua simulação numérica permite assim efetuar uma comparação entre ambos, de forma a aferir a sua potencial utilização.

Para isso, criou-se uma estrutura, onde as diversas carenagens são unidas numa peça, mantendo o aspeto exterior, sendo que no seu interior foram criados diversos elementos de forma a garantir a integridade estrutural e geométrica do bicicleta aquando da aplicação de cargas (peso do utilizador) na sua utilização. Para além da estrutura, foram também criados 2 entalhes metálicos em Alumínio 6061-T6 para a zona de encaixe das forquilhas traseira e frontal. O seu desenho de definição pode ser visto no Anexo I.

Esta estrutura foi sendo otimizada através de diversas análises e alterações da sua geometria de forma a reduzir o seu peso, mantendo a integridade estrutural e geométrica aquando da sua utilização

O material selecionado para a proposta de quadro monocoque é o Policloreto de Vinil (PVC) rígido. As propriedades deste material são, entre outras, $E = 1.2 \text{ GPa}$, $\nu = 0.4$, $\rho = 1400 \text{ kg/m}^3$ e $\sigma_{ced} = 45 \text{ MPa}$. O tamanho dos elementos para esta simulação é de 4 mm.

5.1.2.3.1 Carga distribuída pelo banco

As forças e condições aplicadas são similares aos utilizados na simulação da força distribuída pelo banco para o quadro tubular e estão resumidas na Tabela 5.2, assim como os resultados obtidos.

Em termos esquemáticos, a representação das forças e restrições envolvidas nesta simulação são um misto das Figuras 5.8 e 5.10, pois a força é aplicada como pode ser visto na Figura 5.8, e as restrições como verificado na Figura 5.10.

Depois de efetuada a simulação e tendo em conta apenas a estrutura monocoque (após verificar que as tensões máximas nas forquilhas e entalhes estão dentro dos limites

admissíveis), verificou-se que o deslocamento máximo é de 9.442 mm e está situado na zona central de encaixe do banco - Figura 5.12b - e as tensões máximas de *Von Mises* situam-se na zona de encaixe do entalhe metálico para a forquilha traseira, possuindo o valor de 35.96 MPa - Figura 5.12a.

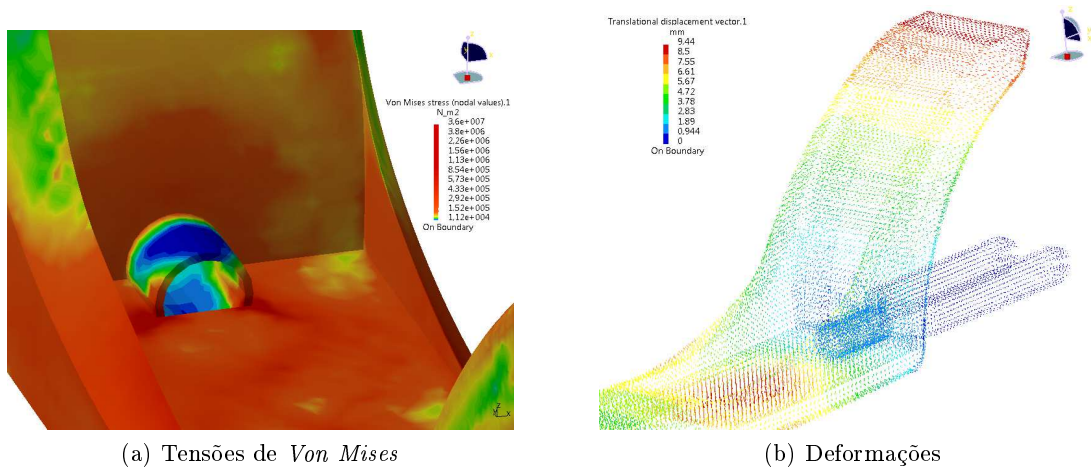


Figura 5.12: Detalhe de valores máximos de tensões de *Von Mises* e deformações no banco, no quadro monocoque

5.1.2.3.2 Força distribuída no guiador

Esta análise foi efetuada da mesma forma que no quadro tubular, apenas com a diferença da forquilha não estar inserida na zona de encaixe do quadro tubular, mas sim num entalhe metálico, como já referido atrás. Em termos esquemáticos, a Figura 5.10 é aplicável. Assim, desta simulação obtiveram-se deslocamentos máximos de 8.539 mm nos extremos dos punhos - Figura 5.13b e tendo em conta apenas o quadro monocoque, observaram-se tensões máximas de *Von Mises* de 7.65 MPa, situadas na parte inferior da zona de apoio dos pés - Figura 5.13a.

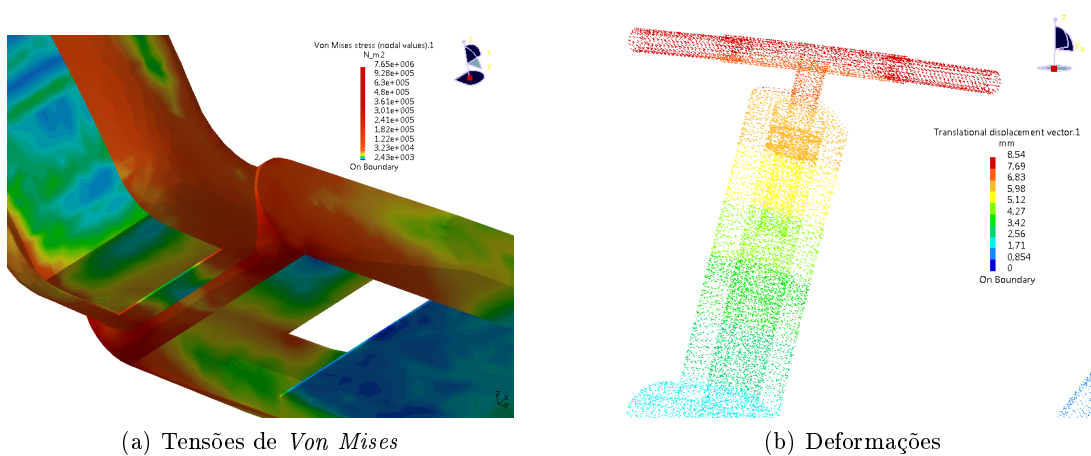


Figura 5.13: Detalhe de valores máximos de tensões de *Von Mises* e deformações no guiador, no quadro monocoque

5.1.2.4 Conclusões da simulação

Tabela 5.2: Resumo das simulações efetuadas e valores máximos obtidos

Quadro	Elemento	Restrições	Forças	Tensão de <i>Von Mises</i>	Deslocamento
Tubular	Banco	Liberdade no eixo YY na forquilha traseira e restrição XYZ na forquilha frontal	867 N distribuídos pelo quadro (peso transferido do banco)	145.6 [MPa]	2.461 [mm]
	Guiador	Liberdade no eixo YY na forquilha frontal e restrição XYZ na forquilha traseira	867 N distribuídos nos punhos	154.7 [MPa]	7.838 [mm]
Monocoque	Banco	Liberdade no eixo YY na forquilha frontal e restrição XYZ na forquilha traseira	867 N distribuídos pelo quadro (peso transferido do banco)	35.96 [MPa]	9.442 [mm]
	Guiador	Liberdade no eixo YY na forquilha frontal e restrição XYZ na forquilha traseira	867 N distribuídos nos punhos	7.65 [MPa]	8.539 [mm]

Verifica-se que os valores máximos de tensões de *Von Mises* obtidas estão dentro dos limites admissíveis para a tensão de cedência do alumínio 6061, assim como do PVC rígido e que os deslocamentos verificados não comprometem a estabilidade geométrica do bicicleta.

Os elementos estruturais podem assim ser validados numericamente, sem que seja necessário efetuar alterações geométricas aos mesmos.

No Anexo D seguem as restantes figuras que representam as simulações efetuadas, assim como as representações de aplicação de forças e restrições dos conjuntos.

5.2 Projeto de fabrico - *Design for Manufacturing*

5.2.1 Detalhe de peças e componentes

Neste subcapítulo apresenta-se de forma detalhada os diversos componentes do bicicleta, justificando o porquê de algumas opções escolhidas. Os respetivos desenhos de definição estão presentes no Anexo I e são numerados segundo o *assembly* e *sub-assembly* a que pertencem. Um exemplo de numeração é o 2013-0102001, onde o 2013 se refere ao ano, o “01” refere-se ao *assembly* tubular, o “02” é referente ao *sub-assembly* (conjunto 2) e o “001” é referente à peça 1, que é o dito quadro. Uma descrição mais detalhada da numeração está presente no início do Anexo I.

5.2.1.1 Quadro

O quadro tubular do bicicleta é fabricado a partir de dois tipos de tubo de Alumínio 6061-T6. O tubo mais largo, que possui 1-3/4 in de diâmetro externo e 0.058 in de parede interna é utilizado para servir de passagem da forquilha e no seu interior localizam-se os rolamentos anti-fricção que permitem o movimento da forquilha. O tubo mais fino, apresenta um diâmetro externo de 1-1/4 in e 0.083 in de parede interna, prolonga-se desde a parte traseira do quadro até se conectar ao tubo mais largo.

O quadro tubular possui furos para o acoplamento do banco e da forquilha traseira e uma nervura para um correto posicionamento da carenagem e para evitar que esta oscile lateralmente.

Optou-se por um quadro com esta geometria, possuindo apenas um tubo que passasse num nível inferior, para permitir criar um bicicleta com um aspeto similar ao conceito apresentado na Figura 3.6. Após a simulação realizada (5.1.2.2), verificou-se que os tubos utilizados e esta geometria seriam suficientes para suportar as cargas resultantes de uma utilização normal do bicicleta.

Passando para o quadro monocoque, este é fabricado em PVC. Possui espessura de 1 mm em praticamente toda a sua extensão. Em termos exteriores este apresenta o aspeto oferecido pelas carenagens utilizadas na abordagem de quadro tubular. À semelhança do quadro tubular, possui também furos para o encaixe do banco. O quadro monocoque é completado por dois insertos metálicos para fazer a ligação entre este e as forquilhas.

O quadro tubular está representado na Figura 5.14a e o quadro monocoque na Figura 5.14b.

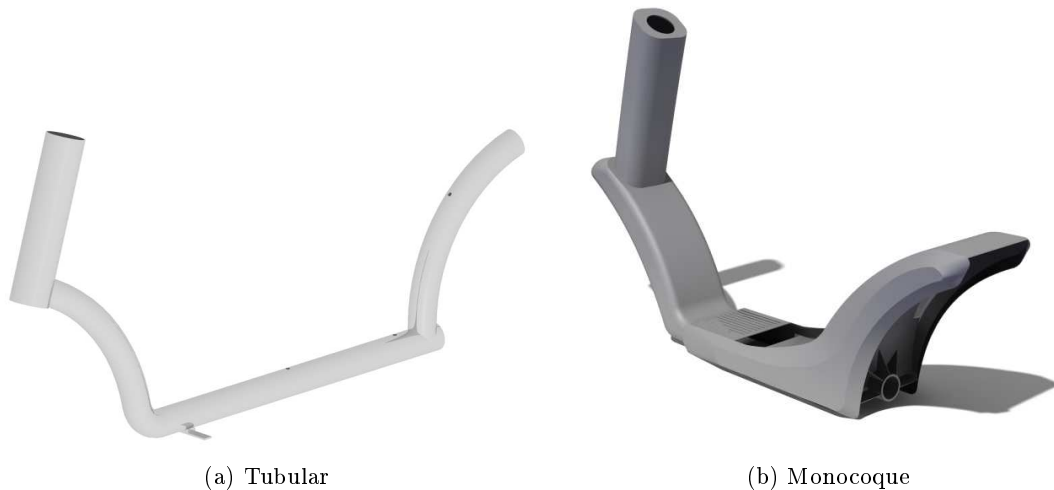


Figura 5.14: Quadro

5.2.1.2 Forquilha

A forquilha frontal (Figura 5.15a) e traseira (Figura 5.15b) são igualmente em alumínio 6061-T6. Estas apresentam geometrias idênticas, com a diferença apenas da forquilha frontal apresentar um tubo mais longo e um furo passante para permitir o ajuste da altura do guiador e a forquilha traseira presente um tubo mais curto e tenha um furo roscado para acoplamento com o quadro através de um parafuso. O tubo presente nas duas forquilhas tem 1 in de diâmetro externo, embora a largura de parede interna seja de 0.049 in na forquilha frontal e 0.083 in na forquilha traseira.

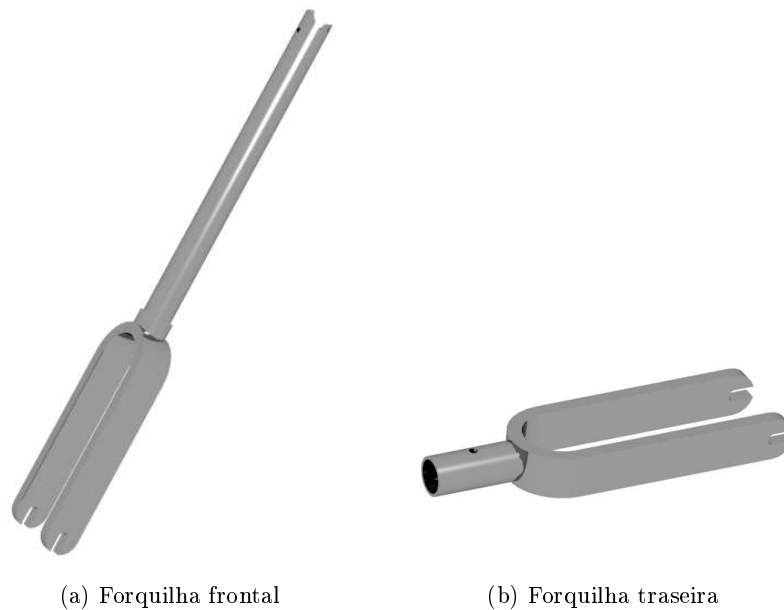


Figura 5.15: Forquilhas

5.2.1.3 Banco

O banco é um dos elementos mais importantes do biciclo e as suas dimensões já foram definidas no capítulo 5.1.1. Este possui para além da função de suportar o utilizador (sentar), a função de armazenamento, assim como permite uma configuração de aumento da sua altura para se ajustar aos diferentes utilizadores.

Em termos de componentes, este é formado por uma caixa de suporte interna, em chapa de alumínio, que lhe oferece uma componente estrutural de suporte ao utilizador. Essa chapa é revestida no seu exterior, com a opção deste revestimento ser em fibra de vidro, ou corticite. Na parte inferior da chapa interna e do revestimento, existem dois furos para a ligação ao quadro, existindo outro na parte posterior do banco.

Para que o banco ofereça a capacidade de armazenamento, foi necessário desenvolver uma “tampa” para acesso ao espaço interior do banco, como se pode ver na Figura 5.17. Esta tampa é aberta a partir de um sistema de dobradiça na traseira do banco (Figura 5.19) e de um fecho rotativo na frente (Figura 5.18).

De forma a ajustar a altura do banco a diversos utilizadores, existe a possibilidade de montagem de um aumento. Este aumento possui uma chapa de alumínio interior e revestimento exterior. De referir que o sistema de fixação do aumento é similar ao sistema de abertura da tampa.

Para oferecer conforto ao utilizador, o banco é finalizado no seu topo com um revestimento almofadado, com este também a possuir múltiplas possibilidades nos materiais a utilizar, podendo esta ser forrada em cortiça, ou em espuma. Na Figura 5.16 estão representados o banco “base” e o banco com aumento já montados.

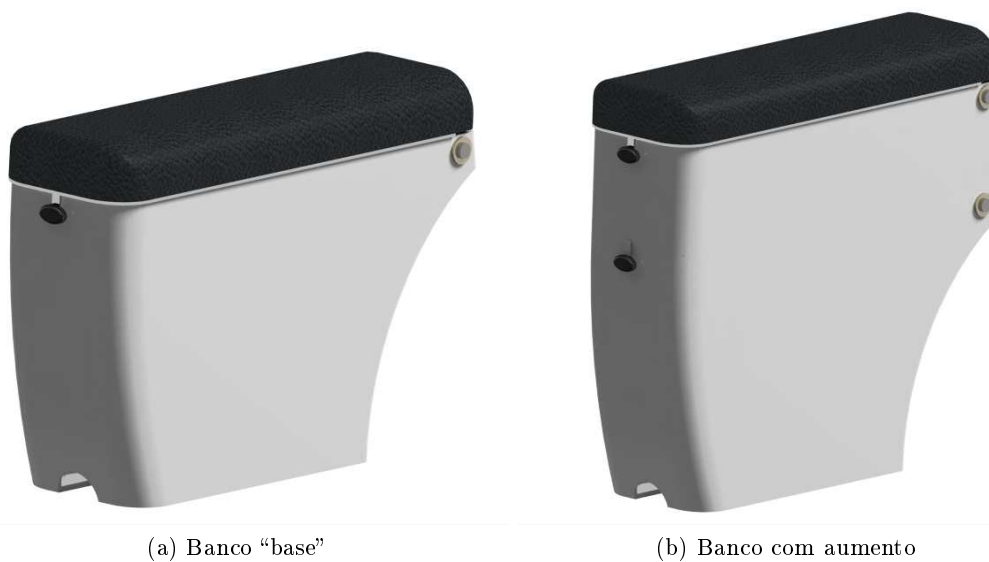


Figura 5.16: Banco completo



Figura 5.17: Tampa do banco aberta



Figura 5.18: Fechos do banco

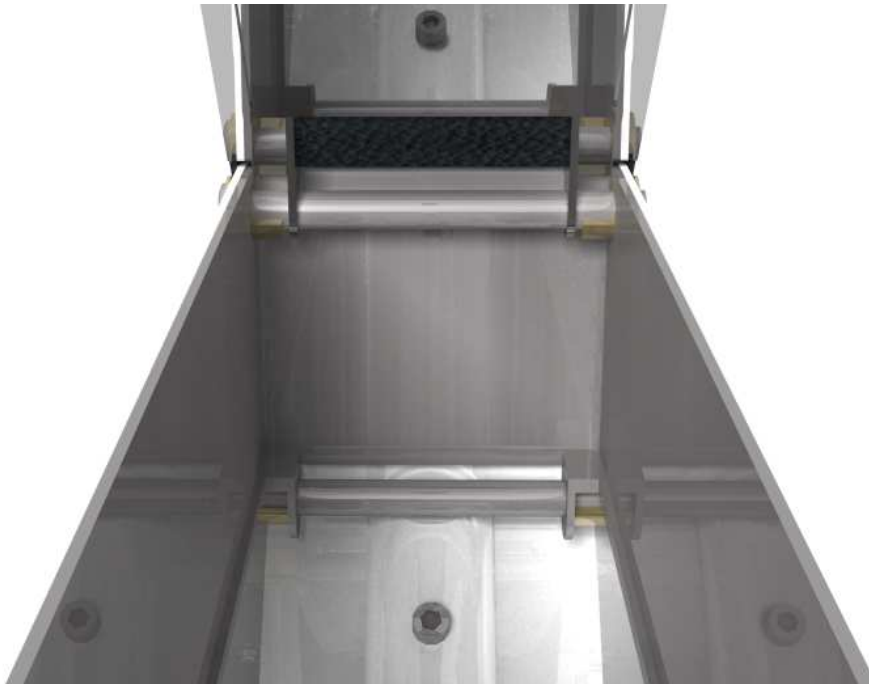


Figura 5.19: Pormenor da fixação do aumento e dobradiça da tampa

5.2.1.4 Guiador

Para o formato do guiador propriamente dito, optou-se por uma opção mais simplista que aquela que era apresentada na proposta conceptual da Figura 3.6, e desenvolveu-se um guiador reto com punhos paralelos selecionado entre as opções que se podem ver na Figura C.1 do Anexo C.

Tal como o banco, as suas dimensões em termos de largura e alturas mínima e máxima já foram calculadas anteriormente no capítulo 5.1.1.

Este guiador desenvolvido é constituído por diversos componentes, entre eles o espigão (parte que entra no tubo da forquilha e onde encaixam os punhos), sendo que este possui diversos furos para ajuste da altura do guiador. Este ajuste é providenciado a partir de uma cavilha, que possui uma braçadeira, do género ao que se encontra usualmente nas canadianas e que necessita do auxílio de uma ferramenta (alicate) para a sua remoção e colocação, como dita a norma *EN 71-1 (2011)*, que afirma que “(...) para prevenir uma súbita mudança de altura, tubos de direção com ajuste de altura devem ser ajustados com a ajuda de uma ferramenta” [23].

O guiador é também constituído pelos punhos, que são formados por um tubo de alumínio. Na sua superfície externa, o tubo do punho é revestido pelos punhos propriamente ditos, podendo estes ser feitos em borracha vulcanizada ou em cortiça, possuindo nas suas extremidades 40 mm de diâmetro, tal como indicado na *EN 71-1 (2011)* [23].

O guiador permite a rotação das rodas através de dois rolamentos anti-fricção instalados no interior do quadro e separados entre eles através de um espaçador cilíndrico.

O conjunto do guiador é finalizado pela existência de duas porcas de fixação. A montagem do guiador pode ser vista na Figura 5.20.

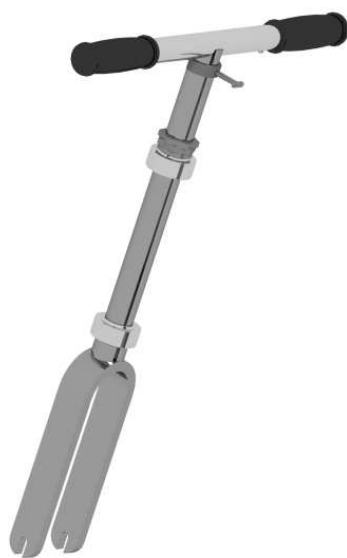


Figura 5.20: Guiador e forquilha frontal

5.2.1.5 Carenagem

A carenagem desenvolvida divide-se em 7 partes individuais, que juntas criam uma carenagem completa do bicicleta. Estas “partes” são a carenagem traseira, que vem desde a traseira do bicicleta até à zona de apoio de pés, a carenagem central, que “nasce” da carenagem traseira e se prolonga até à zona frontal do quadro, onde se inicia a carenagem frontal, que segue a direção do guiador. Por dentro desta, funciona a carenagem do guiador, a única que não está diretamente ligada às 3 carenagens anteriores, para permitir o movimento de rotação do guiador. Esta última cobre o guiador na sua zona central apenas.

As “subcarenagens” são divididas ao meio (excepto a carenagem da frente) e possuem ligações aparafusadas entre si, de forma a fixarem-se na posição, e possuem nervuras internas onde encaixam vários elementos como o quadro e o banco. Estas nervuras para além de garantirem um correto posicionamento da carenagem, ajudam a assegurar a sua fixação na correta posição.

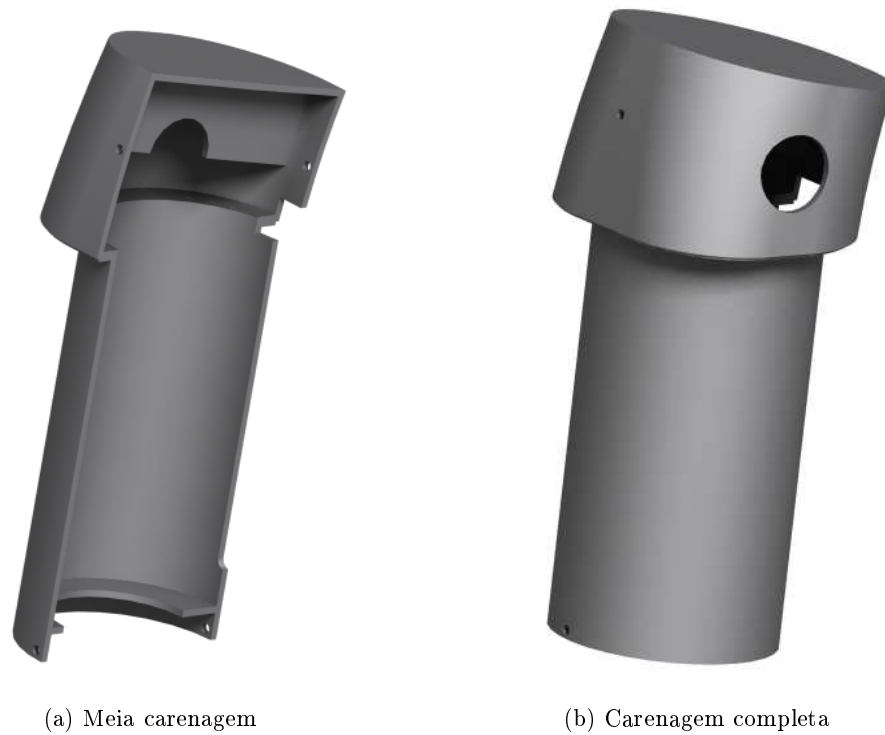


Figura 5.21: Carenagem do guiador



Figura 5.22: Carenagem do centro



Figura 5.23: Carenagem da frente



Figura 5.24: Carenagem traseira

5.2.1.6 Rodas

As rodas são constituídas por vários componentes, entre eles, a jante, que possui 10 polegadas de diâmetro, um tamanho usual em veículos deste género destinados a pequenas crianças e está em conformidade com a *EN 71-1 (2011)*, que diz que o diâmetro das rodas tem que ser superior a 120mm (4.72 in) [23]. O material de fabrico da jante proposto é

o Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS). Em termos de aspeto, a jante pode ser configurada dependendo da escolha do utilizador. No seu centro está localizado o cubo, onde funciona um conjunto de rolamentos e um veio central. Para completar o conjunto, a roda possui um pneu insuflável e uma câmara de ar no seu interior.

5.2.2 Detalhe de elementos de ligação

Neste sub-capítulo é apresentado o modo como os diversos componentes do biciclo são ligados entre si, de forma a obter o produto final. No Anexo H segue o desenho de conjunto do produto final, assim como de alguns subconjuntos referidos nesse mesmo desenho, e referidos nos subcapítulos seguintes. Nestes subconjuntos referidos, cada componente possui uma referência, que é apresentada e descrita na Tabela I.1 do mesmo Anexo.

5.2.2.1 Guiador-Quadro

A ligação entre o quadro e o guiador tem um “elemento intermédio” que é a forquilha frontal. Começando pela ligação entre o quadro e a forquilha, no interior do quadro estão presentes dois rolamentos anti-fricção, devidamente espaçados através de um cilindro espaçador, onde nos seus centros passa o tubo da forquilha frontal. Esta forquilha, na zona onde se situa a face de cima do rolamento superior, possui uma rosca, onde é enroscada uma porca, que faz o aperto entre o rolamento superior e o inferior, que é “entalado” pelo perfil no início do tubo da forquilha. O quadro possui também um batente na parte superior, que irá ficar em contacto com a parte fixa do rolamento superior. A montagem é finalizada com a adição de um freio interno na parte inferior do quadro, de modo a fixar toda a montagem.

O guiador por si só, possui uma simples montagem, onde o espigão, que possui diversos furos passantes para providenciar ajuste de altura, trabalha por dentro do tubo da forquilha que possui também um furo passante. A fixação dá-se através da cavilha que atravessa simultaneamente os tubos da forquilha e do espigão e é apertado exteriormente no tubo da forquilha por meio de uma argola elástica, mantendo a sua posição.

Para finalizar a montagem dos componentes do guiador, os punhos ligam-se ao espigão (que possui um furo em cada extremo) entrando lateralmente no interior deste. Um pino presente dentro do tubo do punho e apertado através de uma mola, quando alinhado corretamente, vai atravessar o furo do espigão, mantendo assim a posição entre os dois componentes.

5.2.2.2 Banco-Quadro

A ligação entre o banco e o quadro faz-se apenas através de três parafusos CHC M6, apertados por dentro do banco, que irão roscar nos três furos roscados presentes no quadro. O banco na sua base tem um perfil que encaixa no tubo do quadro facilitando o posicionamento. Como já foi referido atrás, tanto o banco como o quadro possuem furos devidamente alinhados para uma correta montagem de ambos.

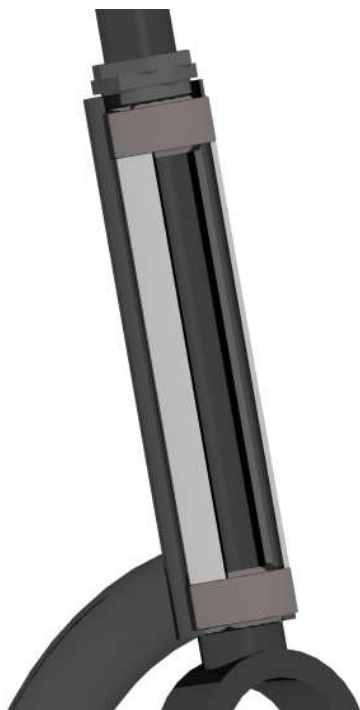


Figura 5.25: Ligação entre forquilha e quadro (corte)

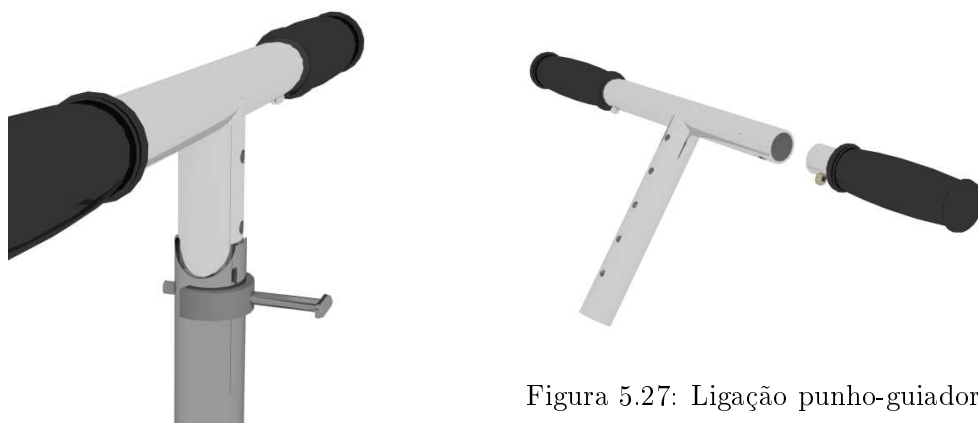


Figura 5.26: Ligação do espigão à forquilha

Figura 5.27: Ligação punho-guiador

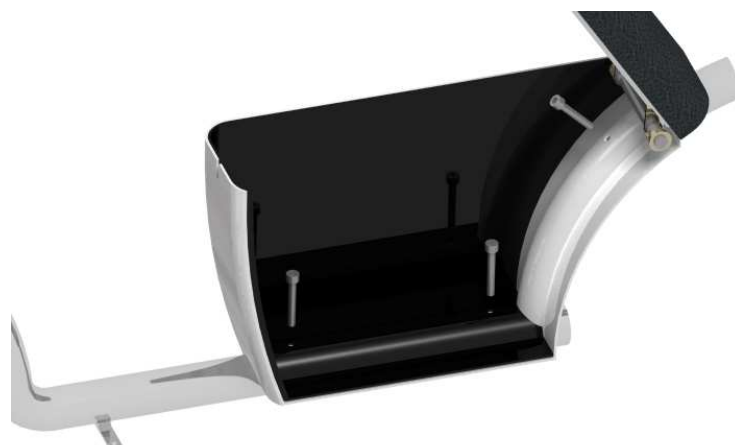


Figura 5.28: Ligação entre banco e quadro (corte)

5.2.2.3 Roda-Forquilha

A ligação entre estes dois componentes é efetuada a partir de um método bastante utilizado em bicicletas. Trata-se de uma simples ligação através de um veio que permite um aperto através de um excêntrico, o que torna bastante fácil a montagem e desmontagem das rodas do biciclo. É utilizado este método tanto na forquilha traseira como na forquilha frontal.

5.3 Análise do modo e efeito de falha (FMEA)

O Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) é uma metodologia específica que serve para avaliar a forma como falhas num sistema, processo ou produto podem ocorrer, ao nível de problemas, erros, riscos e preocupações que estas possam causar, assim como documentar o processo de melhoria. Para cada falha ou potencial falha identificada, o FMEA permite fazer uma estimativa das ocorrências destas, a sua gravidade e a sua deteção. A partir desta fase, é feita uma avaliação para decidir que ação tomar em relação às falhas ou potenciais falhas detetadas, podendo estas serem objeto de uma ação corretiva ou simplesmente ignoradas [35]. O FMEA tem então como objetivos:

- Melhorar a qualidade, fiabilidade e segurança dos produtos e processos avaliados;
- Reduzir a planificação de reorganização do produto, e o seu custo;
- Documentar e seguir a trajetória das ações efetuadas para redução do risco;
- Identificar modos de falha potencial e qual a sua gravidade;
- Ajudar os projetistas a dar prioridade e a centrar-se na eliminação de anomalias no processo e no produto, e a prevenir a ocorrência de problemas;
- Ajudar a definir oportunidades significativas de diferenciação do produto;
- Aumentar a satisfação do cliente.

O FMEA desenvolve-se segundo um modelo em três etapas, onde no final se reúnem todas elas e se inter-relacionam, obtendo no final medidas de correção e ações corretivas e preventivas a aplicar ao produto. Estas etapas são:

1. Identificação das funções do produto;
2. Estabelecimento da prioridade de intervenção;
3. Aplicação de ações de melhoria.

5.3.1 Identificação das funções do produto

Nesta primeira etapa pretendeu-se identificar quais as funções que o produto possui. As funções foram resumidas na Tabela 5.3.

Tabela 5.3: Funções do produto

Funções do biciclo
Assegurar a posição do utilizador
Permitir a locomoção
Permitir a substituição de componentes
Permitir transporte de objetos
Suportar o utilizador

As funções que o produto possui devem ser a mais representativa possível da função dos diversos componentes. Para isso existem ferramentas que ajudam a partir das diversas funções do produto e auxiliam na determinação das funções dos componentes. Neste caso utilizou-se a árvore de função.

A árvore de função proporciona uma abordagem organizada para identificar as características essenciais de um produto, ajuda a assegurar que todos os requisitos são cumpridos. Estas constroem-se partindo da função do produto, aumentando o nível de detalhe até se chegar a funções mensuráveis a utilizar no FMEA, seguindo uma lógica onde da esquerda para a direita se pergunta “como?” se chega à função mensurável e da direita para a esquerda o “porquê?” como se pode constatar na Figura 5.29 .

As restantes árvores de funções podem ser encontradas no Anexo E.

5.3.2 Estabelecer a prioridade de intervenção

De forma a estabelecer a prioridade de intervenção para cada função do produto é necessária a definição de critérios de falha. Na Tabela 5.4 estão resumidos estes critérios.

5.3.3 Aplicação de ações de melhoria

Neste último passo realiza-se a aplicação das ações que permitam a melhoria dos diversos sistemas. As funcionalidades do sistema são novamente avaliadas pelos mesmos critérios, e finalmente verifica-se se houveram ou não melhorias.

Para efetuar esta avaliação podem ser utilizadas diversas técnicas e métodos tais como a utilização de protótipos que mostram claramente a causa ou o modo de falha, ou a utilização de softwares variados que simulam a utilização dos diferentes sistemas.

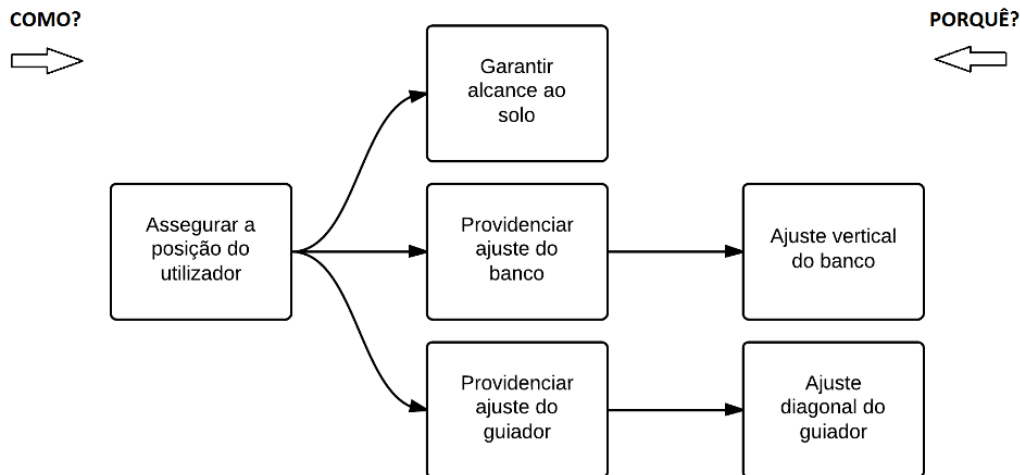


Figura 5.29: Exemplo de árvore de função

Tabela 5.4: Critérios de falha

Critérios de avaliação	Descrição dos critérios de avaliação
Falha menor	Quando existe este tipo de falha o risco é menor para o utilizador ou para o produto, e pode ou não ser realizada uma correção;
Falha maior	Quando existe este tipo de falha o risco é grande para o utilizador e é necessária a realização de uma correção;
Falha crítica	É necessária a correção do produto urgentemente, uma vez que existe grande perigo para o utilizador ou produto.

5.3.4 Tabela FMEA

NOTA: Devido à grande dimensão da tabela, esta está apresentada no Anexo G.

5.4 Comparação de custos

De forma a comparar o custo de produção de cada solução (monocoque e tubular) os preços dos materiais das partes a fabricar foram obtidos através do website de uma loja de material [36]. Para completar o cálculo do custo, os custos associados aos processos de fabrico foram retirados de tabelas utilizadas na prova de custos da competição *Formula Student* (maior competição de engenharia automóvel estudantil a nível mundial, organizada pela *Society of Automotive Engineers* (SAE)) [37]. Nesta prova são fornecidas tabelas aos estudantes de forma a calcular o custo de fabrico do seu carro. Nestas tabelas estão presentes custos de materiais e de processos de fabrico, de peças normalizadas, entre outros. Aliando o custo dos materiais ao custos relativos ao processo de fabrico obtém-se um custo aproximado para cada parte do bicicleta.

Para a solução do quadro monocoque (fabricado por injeção) foi utilizada uma calculadora *online* [38] específica para o cálculo do custo da ferramenta. Através do custo de fabrico da ferramenta será possível fazer uma análise comparativa entre os custos associados às duas soluções para determinada quantidade.

Na Tabela 5.5 resumem-se os componentes partilhados por ambas as soluções construtivas, sendo que nas Tabelas 5.6 e 5.7 resumem-se os componentes específicos das soluções tubular e monocoque, respetivamente.

Tabela 5.5: Componentes partilhados por ambas as soluções

Adquirido produto final		Produção de produto final	
Qtd.	Designação	Qtd.	Designação
2	Rodas completas	1	Forquilha traseira
2	Apertos rodas	1	Forquilha frontal
2	Rolamentos guiador	1	Camisa de espaçamento
2	Punhos	1	Guiador
2	Molas + Pino	1	Punho (interior)
3	Parafusos CHC M6x40	1	Interior do banco
1	Parafuso CHC M6x35	2	Fechos do banco
1	Almofada do banco	1	Tampa do banco
1	Freio interior 43.5 x 1.75 mm	1	Revestimento do banco
1	Pino de ajuste de altura	2	Veio abertura do banco
4	Casquilhos de abertura do banco	2	Apertos do veio do banco
		1	Aumento interno do banco
		1	Revestimento do aumento do banco

Tabela 5.6: Componentes específicos da solução tubular

Adquirido produto final		Produção de produto final	
Qtd.	Designação	Qtd.	Designação
13	Parafusos FHPS M3x6	1	Quadro tubular
		1	Carenagem traseira
		1	Carenagem central
		1	Carenagem frontal
		1	Carenagem guiador

Tabela 5.7: Componentes específicos da solução monocoque

Produção de produto final	
Qtd.	Designação
1	Quadro monocoque
1	Inserto metálico traseiro
1	Inserto metálico frontal

5.4.1 Custo de componentes partilhados

5.4.1.1 Componentes adquiridos

Tabela 5.8: Preços de componentes adquiridos

Qtd.	Designação	Preço total [€]
2	Rodas completas	10.00
2	Apertos rodas	5.00
2	Rolamentos guiador	5.00
2	Punhos	2.90
2	Molas + Pino	0.91
3	Parafusos CHC M6x40	0.23
1	Parafuso CHC M6x35	0.07
1	Almofada do banco	3.00
13	Parafusos FHPS M3x6	0.22
1	Pino de ajuste de altura	0.20
1	Freio interior 43.5 x 1.75 mm	0.14
4	Casquilhos 10 x 20 mm	5.00
TOTAL		32.67

5.4.1.2 Componentes fabricados

A Tabela 5.9 apresenta um resumo dos custos calculados, que estão apresentados no Anexo F.

Tabela 5.9: Custos de peças de produção

Qtd.	Designação	Preço total [€]
1	Forquilha frontal	6.84
1	Forquilha traseira	4.98
1	Camisa de espaçamento	2.20
1	Guiador	6.51
1	Punho (interior)	1.20
1	Interior do banco	12.56
1	Tampa do banco	3.10
2	Veio abertura do banco	1.19
1	Aumento interno do banco	8.89
1	Revestimento do aumento do banco	7.69
1	Revestimento do banco	7.69
2	Fechos do banco	0.50
2	Apertos do veio do banco	0.20
TOTAL		56.01

5.4.2 Custo da solução tubular

5.4.2.1 Quadro tubular

Tabela 5.10: Custo de fabrico do quadro tubular

Material/Processo	Unidade	Quantidade	Custo por unidade	CUSTO
Tubo 1-3/4" x .5202"	ft	0.62	9.80 USD	6.08 USD
Tubo 1-1/4" x .083"	ft	3	5.35 USD	16.05 USD
Corte	UN	3	0.15 USD	0.45 USD
Preparação soldadura	UN	2	0.75 USD	1.50 USD
Soldadura	m	0.22	1.91 EUR	0.42 EUR
Dobra	UN	2	0.75 USD	1.50 USD
Furação	UN	4	0.35 USD	1.40 USD
			TOTAL USD	26.98 USD
1 USD = 0.76 EUR			TOTAL	20.92 EUR

5.4.2.2 Carenagens

Tabela 5.11: Custo de fabrico das carenagens

Material/Processo	Unidade	Quantidade	Custo por unidade	CUSTO
Laminação	m ²	0.722	35.00 USD	25.27 USD
Material	m ³	1.69x10 ⁻³	Densidade = 1600 kg/m ³	
	kg	1.35	1.85 USD	2.50 USD
Furos	UN	13	0.35 USD	4.55 USD
			TOTAL USD:	32.32 USD
1 USD = 0.76 EUR			TOTAL	24.56 EUR

5.4.2.3 Total de custo

Tabela 5.12: Custo de fabrico da solução tubular

Designação	Custo [€]
Quadro tubular	20.92
Carenagens	24.56
Peças partilhadas adquiridas	32.67
Peças partilhadas produzidas	56.01
13 Parafusos FHPS M3x6	0.22
TOTAL	134.38

5.4.3 Custo da solução monocoque

5.4.3.1 Quadro monocoque

Para calcular o custo do quadro monocoque recorreu-se à página *CustomPart.Net* [38]. Esta página web possui uma “calculadora” ou “simulador” de custos de fabrico de ferramentas e de peças, através da inserção de dados relativos às dimensões da peça a obter. Os vários *inputs* requeridos são o tamanho da *bounding-box*, ou seja, o tamanho mínimo da caixa onde se possa inserir o produto (800 x 522 x 140 [mm]), a espessura máxima do produto, de forma ao simulador aferir os tempos de arrefecimento do material, a área projetada (77000 mm²) e o volume da peça a obter (432.5 cm³). Os valores anteriormente indicados foram obtidos através do CATIA V5[®]. Para além da inserção destes valores, esta calculadora permite escolher a tolerância e rugosidade desejada para o produto. Na Figura 5.30 pode ver-se a página de *inputs* e os custos associados ao fabrico da ferramenta e à produção de 5000 peças.

Através da análise da Figura 5.30 verifica-se que os custos associados à criação da ferramenta para obtenção do quadro monocoque (68155 USD), associado aos custos de produção (4758 USD) se cifram nos 72913 USD. Nesta imagem o material selecionado é o ABS pois o PVC não estava disponível para seleção, tendo que se calcular manualmente o custo associado ao material para o produto. O PVC rígido possui uma densidade de 1600 kg/m³, e um custo de cerca de 1.60 USD/kg [39]. De acordo com o que foi calculado e inserido na página, o volume da peça é de 432.5 cm³, o que corresponde a uma massa de cerca de 0.692 kg. O custo unitário de material para a peça final corresponde então a cerca de 1.11 USD.

Injection Molding Reports Additional Processes ▾

Part Information

Rapid tooling?: Yes No

Quantity:

Material: Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS), Molded

Envelope X-Y-Z (mm): x x

Max. wall thickness (mm):

Projected area (mm²): or % of envelope

Projected holes?: Yes No

Volume (cm³): or % of envelope

Tolerance (mm): ▾

Surface roughness (µm): ▾

Complexity: ▾ [Show advanced complexity options](#)

Process Parameters

Cost

Material: \$8,918 (\$1.784 per part)

Production: \$4,758 (\$0.952 per part)

Tooling: \$68,155 (\$13.631 per part)

Total: **\$81,831 (\$16.366 per part)**

[Feedback/Report a bug](#)

Figura 5.30: Página de cálculo de custo da ferramenta

Tabela 5.13: Custo do quadro monocoque (5000 peças)

Material/Processo	Unidade	Quantidade	Custo por unidade	CUSTO
Material para 5000 peças	UN	5000	1.11 USD	5550.00 USD
Ferramenta + produção	UN	1	68155.00 USD	68155.00 USD
			TOTAL USD	73705.00 USD
1 USD = 0.76 EUR			TOTAL	56015.80 EUR
			TOTAL UNITÁRIO	11.20 EUR

5.4.3.2 Insertos metálicos

Tabela 5.14: Custo de fabrico do inserto metálico frontal

Material/Processo	Unidade	Quantidade	Custo por unidade	CUSTO
Tubo 1-3/4" x .5202"	ft	1	9.80 USD	9.80 USD
Corte	UN	2	0.15 USD	0.30 USD
			TOTAL USD:	10.10 USD
1 USD = 0.76 EUR			TOTAL	7.68 EUR

Tabela 5.15: Custo de fabrico do inserto metálico traseiro

Material/Processo	Unidade	Quantidade	Custo por unidade	CUSTO
Tubo 1-1/4" x .083"	ft	0.21	5.35 USD	1.12 USD
Corte	UN	2	0.15 USD	0.30 USD
Furação	UN	1	0.35 USD	0.35 USD
			TOTAL USD:	1.77 USD
1 USD = 0.76 EUR			TOTAL	1.35 EUR

5.4.3.3 Total de custo

Tabela 5.16: Custo de fabrico da solução monocoque (para 5000 peças)

Designação	Custo [€]
Quadro monocoque	11.20
Inserto metálico frontal	7.68
Inserto metálico traseiro	1.35
Peças partilhadas adquiridas	32.67
Peças partilhadas produzidas	56.01
TOTAL	108.90

5.4.4 Solução tubular vs. Solução monocoque

Após calcular os custos para cada componente específico de cada solução, calculou-se o custo de fabrico de uma série de produtos. Os custos tidos em conta foram lineares (por exemplo, foi considerado que o custo de um tubo seria o mesmo caso se efetuasse a compra de 1 ou de 5000 unidades). Na Tabela 5.17 estão representados os custos associados a uma certa quantidade de produtos fabricados, divididos pelas duas soluções, apresentando-se também o seu custo unitário, sendo que a Figura 5.31 representa a mesma.

Tabela 5.17: Custos totais e unitários para as duas soluções

Qtd.	Custo total tubular [€]	Custo total monoque [€]	[€]/Un.tubular	[€]/Un.monoque
1	134.38	56113.50	134.38	56113.50
5	671.90	56504.30	134.38	11300.86
10	1343.80	56992.80	134.38	5699.28
50	6719.00	60900.80	134.38	1218.02
100	13438.00	65785.80	134.38	657.86
500	67190.00	104865.80	134.38	209.73
1000	134380.00	153715.80	134.38	153.72
1527	205198.26	205203.70	134.38	134.38
5000	671900.00	544515.80	134.38	108.90

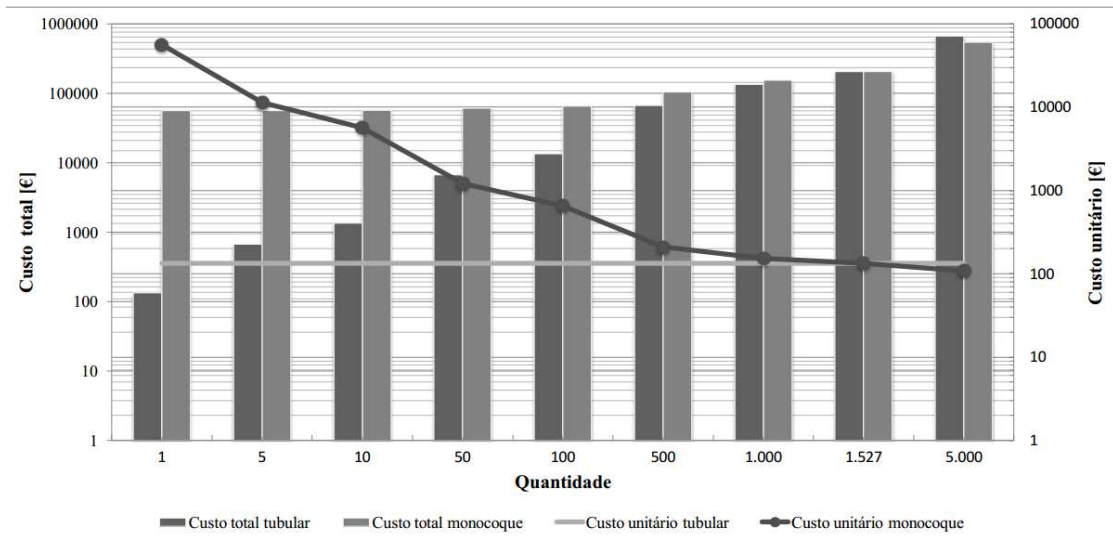


Figura 5.31: Gráfico representativo da Tabela 5.17

Os custos calculados são um pouco grosseiros, pois na realidade o custos associados à produção de centenas ou milhares de unidades através da solução monoque iriam ser menores, devido aos menores custos do material e de simplificação de processos. Verifica-se o caso contrário na solução monoque devido à criação de produtos defeituosos não contabilizados, custos de produção não inseridos neste cálculo, entre outros, o que levaria à necessidade de criação de mais produtos até se atingir um equilíbrio de custos de fabrico entre as duas soluções. Ainda assim, pode-se aferir que seria necessária a produção de várias de centenas de unidades para que a solução monoque fosse rentável, sendo necessária uma prospeção de mercado mais a fundo para aferir a aceitação do produto e decidir qual das soluções a produzir.

5.5 Solução final



Figura 5.32: Fotorealismo do produto final



Figura 5.33: Fotorealismo do produto final

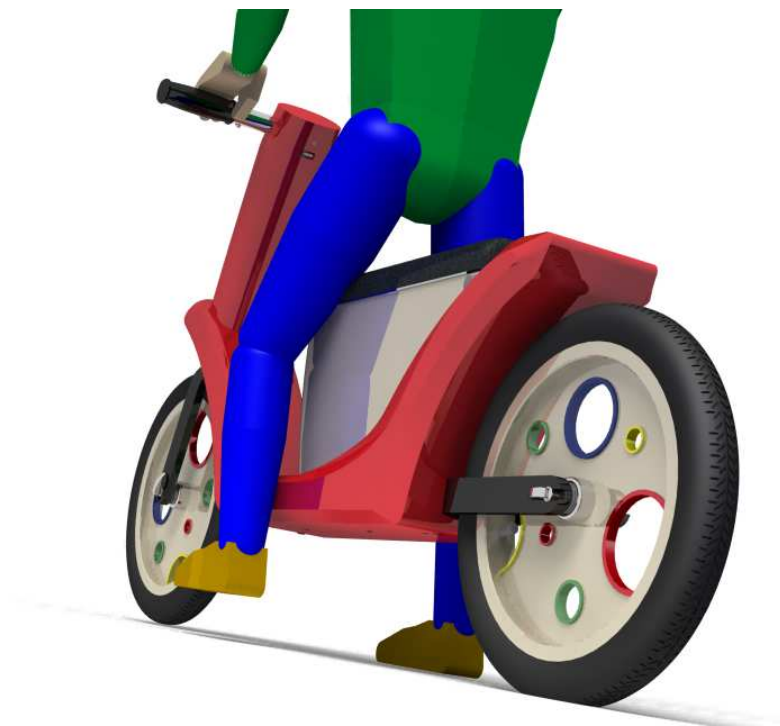


Figura 5.34: Fotorealismo do produto final



Figura 5.35: Fotorealismo do produto final



Figura 5.36: Fotorealismo do produto final

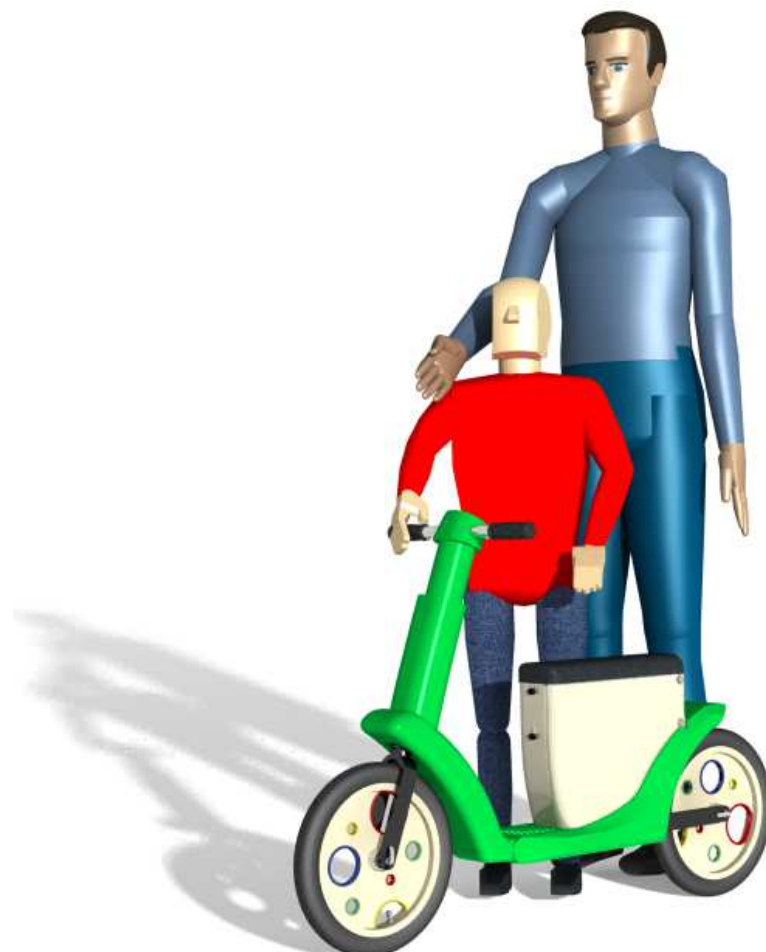


Figura 5.37: Fotorealismo do produto final

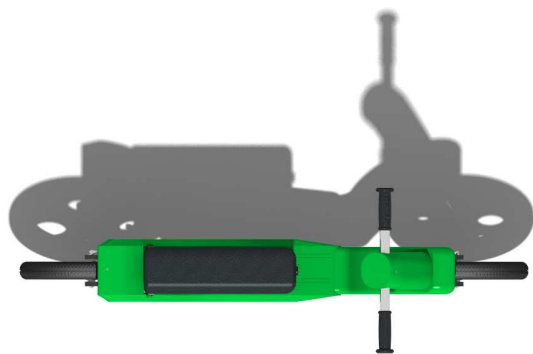


Figura 5.38: Fotorealismo do produto final

Figura 5.39: Fotorealismo do produto final

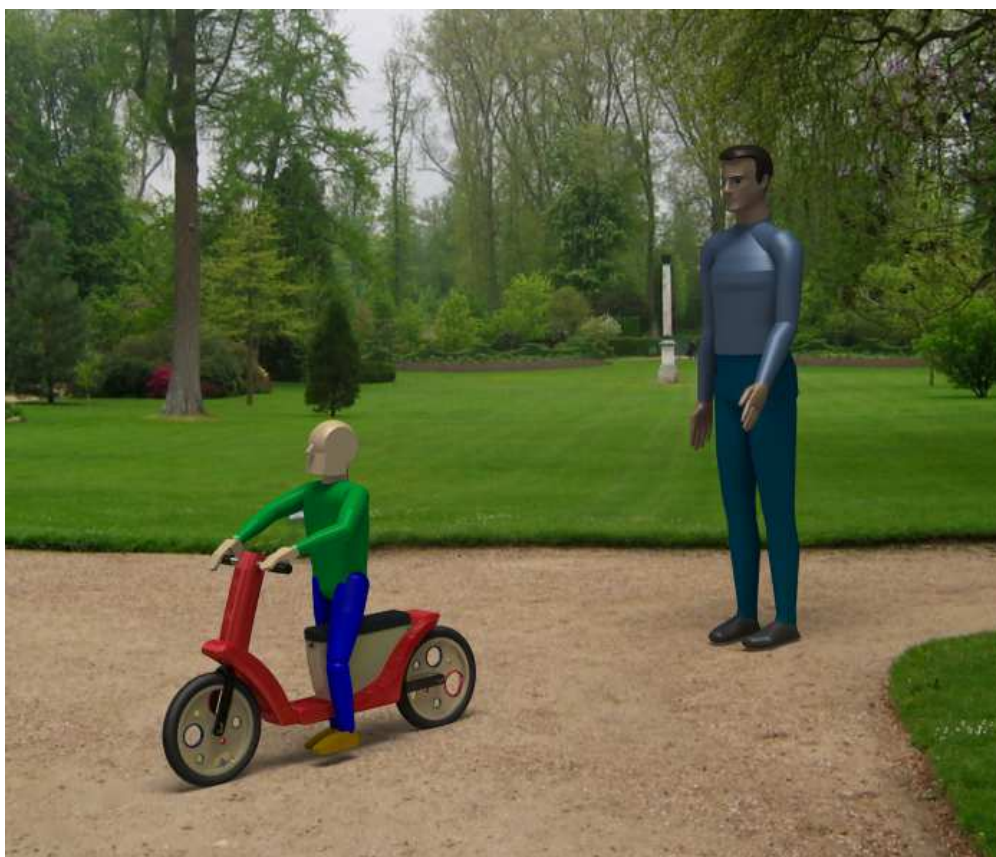


Figura 5.40: Fotorealismo do produto final

Parte III

Implementação e fabrico

Capítulo 6

Fabrico e construção

6.1 Técnicas e tecnologias utilizadas no fabrico

Neste subcapítulo são apresentadas diversas técnicas e tecnologias de fabrico dos vários componentes do biciclo, tais como estrutura metálica para o quadro e diversas peças em alumínio como as forquilhas e interior do banco, componentes de fibra de vidros e aglomerados de cortiça, onde se podem incluir a carenagem e revestimentos de outros componentes, passíveis de serem utilizadas no produto final.

6.1.1 Quadro tubular e peças em alumínio

A técnica mais usual de união dos diversos tubos do quadro é através de soldadura. Os tubos após serem cortados com os respetivos tamanhos pré-definidos passam por uma etapa de dobragem (se o quadro possuir tubos curvados) e seguidamente uma etapa de biselagem. A biselagem consiste em maquinar as extremidades dos diversos tubos do quadro para que estes encaixem entre si, tendo em consideração os ângulos de inserção dos tubos aos quais irão ser ligados, aumentando assim a área de contacto entre eles, de forma a facilitar a soldadura e a construção do quadro. Após esta etapa os tubos são posicionados num gabarito de solda, de forma a ficarem corretamente posicionados para a soldadura. No caso do quadro tubular do biciclo a desenvolver, uma vez que este será de alumínio, as técnicas de soldadura neste tipo de material requerem mais atenção que soldadura em aços, pois existem vários fatores que dificultam o processo, sendo que os processos de Metal Inert Gas (MIG) - Figura 6.1 - e Tungsten Inert Gas (TIG) - Figura 6.2 - são os mais utilizados.

O processo MIG utiliza um elétrodo consumível e o arco é estabelecido entre este elétrodo e a peça no interior de uma corrente gasosa. O calor desenvolvido no arco é suficiente para fundir o fio do elétrodo sendo as partículas transferidas através do arco para a peça fundida. A transferência de metal através da coluna do arco protegida pelo gás, conduz a uma maior eficiência se comparado ao processo de soldadura TIG. Esta técnica de soldadura consiste num processo no qual se produz um arco elétrico entre um elétrodo não consumível e a peça, numa atmosfera de gás inerte. O calor desenvolvido por este arco é suficiente para fundir a peça formando um banho de fusão ao qual se pode juntar um metal de adição para completar a soldadura. A proteção do metal fundido é efetuado pela atmosfera de gás inerte, sendo usualmente utilizados elétrodos de tungsténio.

Para a criação de componentes em alumínio com diferentes perfis (blocos, chapas laminadas), os processos de soldadura utilizados são os mesmos, embora sejam aplicados diferentes tipos de processos até se obter a forma desejada, como por exemplo a quinagem de chapa.

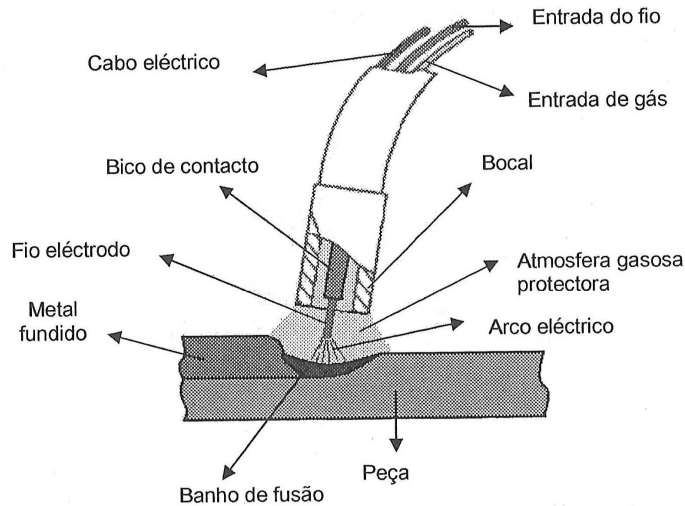


Figura 6.1: Esquema de soldadura MIG

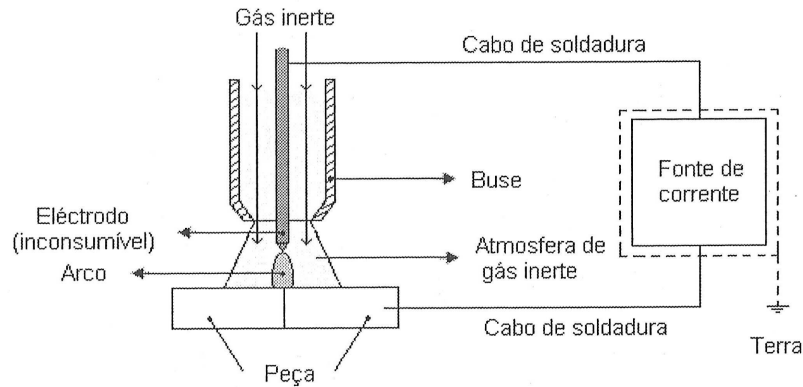


Figura 6.2: Esquema de soldadura TIG

6.1.2 Quadro monocoque em PVC

Atualmente, o processo de moldagem por injeção é o processo de fabrico de termoplásticos mais popular, e peças obtidas por este processo são usadas em larga escala pela indústria e estão presentes em grande número de produtos no mercado [40].

Este processo é uma técnica que consiste basicamente em forçar, através de uma rosca, a entrada de material fundido para o interior da cavidade de um molde. Este processo é bastante complexo devido ao número de variáveis que afetam a qualidade da peça injetada. De modo a obter-se peças com a qualidade desejada é necessário existir

um equilíbrio entre os parâmetros de injeção como tempo de injeção, temperatura do molde e do material injetado, pressão de injeção, tempo de arrefecimento, volume de material injetado, entre outros [40].

O equipamento convencional deste tipo de processo consiste numa unidade de injeção, constituída pelo reservatório de material, funil de alimentação, cilindro de plastificação (aquecido por resistências), rosca sem fim e molde, e pela unidade de fixação, utilizada para manter fechado o molde durante o processo de injeção [40].

O termoplástico, geralmente em forma de grãos, é alimentado através do funil e forçado a entrar no cilindro de plastificação. O cilindro é equipado com resistências elétricas que promovem a condução de calor, e combinadas com o atrito gerado pela rotação da rosca sem fim no interior do cilindro fundem o plástico, permitindo que ele seja injetado na cavidade do molde, conferindo forma final à peça. Resumindo, o processo de injeção de termoplásticos processa-se da seguinte forma [41]:

- Fecho do molde: o ciclo de moldagem é iniciado pelo fecho e fixação do molde, necessário para suportar as pressões no interior da cavidade no momento da injeção;
- Dosagem: consiste na plastificação e homogeneização do composto no cilindro de injeção, obtidas por meio do movimento de rotação da rosca e do aquecimento do cilindro por resistência elétricas;
- Preenchimento: injeção do polímero fundido para o interior da cavidade do molde por meio do movimento linear de avanço da rosca;
- Recalque: finalizando o preenchimento das cavidades com volume de fundido maior que o volume real da cavidade, a pressão nas paredes da mesma é mantida constante até a solidificação da peça. Esta manutenção da pressão nas cavidades é conhecida como recalque, e destina-se a compensar a contração da peça moldada durante seu arrefecimento, evitando a ocorrência de defeitos de moldagem como os chamados “rechupes” assim como perda de parâmetros dimensionais.
- Arrefecimento: finalizada a etapa de recalque a peça é mantida no molde fechado, para arrefecimento e, conseqüentemente, para complementação da sua solidificação.
- Extração: acabada a etapa de arrefecimento o molde é aberto e a peça é extraída por ação de extratores mecânicos, hidráulicos, elétricos, pneumáticos, que são definidos de acordo com a concepção do molde e a geometria da peça.

6.1.3 Componentes em fibra de vidro

O fabrico de peças em Plástico Reforçado com Fibra de Vidro (PRFV) é feito através da combinação de dois materiais, uma resina polimérica reforçada por fibras de vidro. Uma vez que o fabrico de peças em PRFV é composto por estes dois materiais, sendo um deles líquido e o outro semelhante a um tecido, permite criar formas bastante complexas.

O método passível de ser utilizado para o fabrico de peças para o biciclo é o processo de moldação manual por contacto, ou em inglês *hand lay-up*. Este método, utilizado para a produção de uma pequena série de peças inicia-se com a produção de um molde negativo da peça a obter. Este molde pode também ser fabricado em PRFV e para facilitar o seu fabrico pode ser obtido através de um modelo em espuma (frequentemente designado por

contra-molde), previamente maquinado, semelhante à peça final a obter. Este modelo deve ser preparado através de lixagem para que se eliminem pontos problemáticos como arestas indesejáveis e excessos de material, ou corrigir defeitos e efetuar uniões de “meios moldes” como se verifica na Figura 6.4a.

Após a primeira fase, o modelo é revestido com várias camadas de gel *coat*, misturado com catalisador para acelerar o processo. Esta “pintura” vai endurecer o modelo e conceder a este um acabamento suave, como se pode verificar na Figura 6.4b.

Depois do modelo estar concluído passa-se à fase de criação dos moldes principais. São definidas linhas de apartação e é aplicada uma camada de desmoldante na superfície do modelo para facilitar a posterior remoção dos moldes.

Posteriormente são depositadas sucessivas camadas de fibra-de-vidro que é impregnada com resina polimérica (usualmente resina epóxi) com a ajuda de um pincel ou rolo até as paredes dos moldes apresentarem espessura suficiente para poderem ser utilizados. Após o tempo de cura da resina moldes são abertos, ficando exposto um negativo das peças a obter.

Depois do molde fabricado, o processo de fabrico das peças é semelhante à produção do próprio molde, apenas com a particularidade que após a aplicação do desmoldante faz-se uma aplicação de gel *coat* para dar melhor acabamento à camada exterior da peça final. A aplicação desta camada de gel *coat* irá fazer com que o acabamento da peça seja superior o que leva a um menor dispêndio de tempo na fase de acabamento do produto final. Na Figura 6.3 está representada uma figura esquemática do fabrico manual de peças em fibra de vidro.

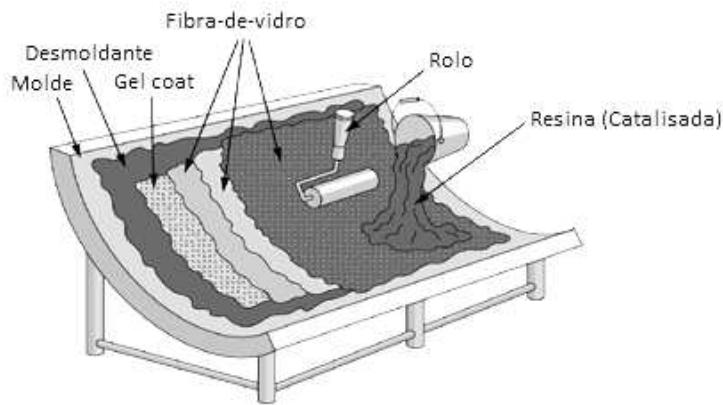


Figura 6.3: Esquema de fabrico manual de peças em fibra de vidro - adaptado de [42]



Figura 6.4: Exemplo de preparação de um modelo de espuma

6.1.4 Componentes em cortiça - Produtos de aglomerado composto

Durante o processo de transformação da cortiça virgem surgem desperdícios durante o seu processamento. Os granulados de cortiça resultam de um aproveitamento industrial das aparas resultantes da actividade de produção de rolhas de cortiça natural ou outros refugos de cortiça. Do mesmo modo, existem também os triturados, que são fabricados através da simples trituração de aparas de cortiça cozida. Os desperdícios são misturados com a cortiça, preferencialmente virgem ou de má qualidade. A produção deste produto tem como objectivo criar um produto com propriedades semelhantes à cortiça original mas com geometrias mais complexas. No mercado existem dois tipos de aglomerados: brancos (compostos) e negros (puros) [43].

Essencialmente, o processo de produção das peças de aglomerado branco de cortiça composta é efetuado a partir da deposição de grânulos de cortiça e de substâncias ligantes dentro de um molde, sendo depois submetido a altas pressões. Após um período de tempo, esta mistura de grânulos e de substâncias ligantes solidifica e obtém-se o produto final. Os aglomerados negros são provenientes dos desperdícios da cortiça, quando triturados e submetidos a altas temperaturas. O seu nome advém da sua cor que tal como o nome indica é negra. Neste produto, a sua aglutinação deve-se aos produtos que por degradação térmica da cortiça se unem dando origem ao aglomerado [43].

6.2 Protótipo realizado

6.2.1 Prototipagem - Breve introdução

A prototipagem é uma parte essencial do desenvolvimento e ciclo de produção de um produto pois permite verificar a forma e funcionalidade antes do investimento de produção ser efetuado. Até à algum tempo o processo de prototipagem era um processo moroso, levando semanas ou meses a ser efetuado e era maioritariamente manual, conduzindo a que o produto entrasse em fase de produção após a verificação de poucas iterações e sem se fazer uma boa otimização das diversas soluções. Os processos de prototipagem foram evoluindo e atualmente existem diversas soluções de prototipagem rápida (*Rapid Prototyping (RP)*) [44]. Estes processos permitem a criação de modelos físicos num reduzido prazo de tempo, diretamente de modelos CAD previamente concebidos, o que

permite a sua rápida modificação e identificação de correções necessárias. Estas vantagens que os processos de prototipagem rápida oferecem, permitem a minimização de erros, e levam a uma redução de custos de produção até 70% e reduções de tempo que podem chegar aos 90%. Os processos de prototipagem rápida existentes são vários, podem ser efetuados através de remoção ou deposição de material e podem ser concebidos por vários processos, indicados na Tabela 6.1.

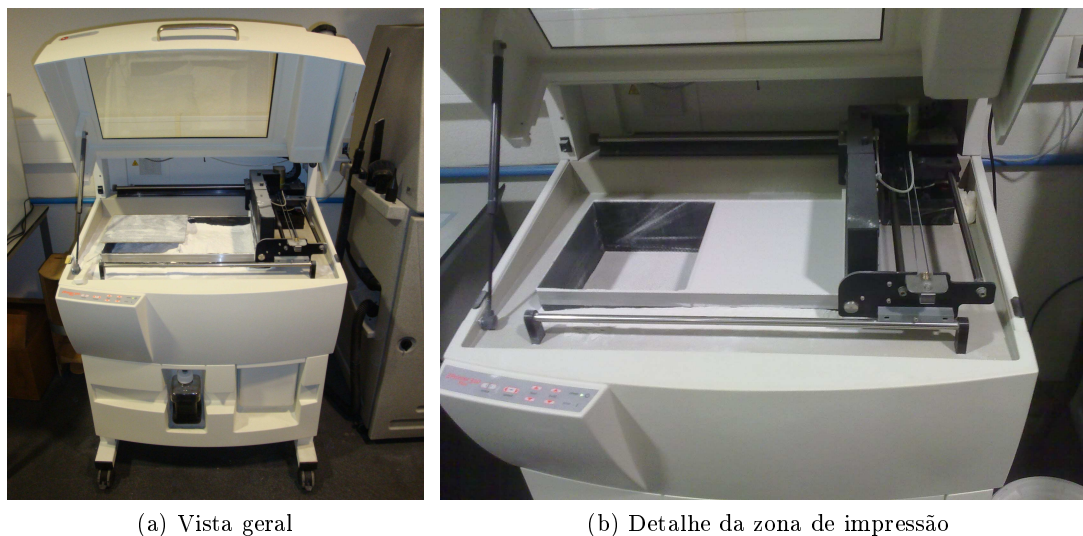
Tabela 6.1: Processos de prototipagem rápida [45]

Processo	Processo de remoção	Processo aditivo
Químico	Maquingem química	Estereolitografia
	Maquinagem eletroquímica	Deposição química a vapor
Termo-físico	Maquinagem a feixe laser	Sinterização seletiva a laser
	Maquinagem a feixe de plasma	Spray de plasma
	Maquinagem a feixe de elétrons	Sinterização por feixe de elétrons
	Maquinagem por descarga elétrica	Deposição por descarga elétrica
Jato de líquido	Maquinagem por jato de água	Impressão 3D por tinteiro
Jato de sólido	Maquinagem por jato abrasivo	Deposição de spray metálico
Ultrasónico	Maquinagem ultrasónica	-

Os processos de deposição de material têm uma génese em comum, pois todos eles requerem a criação de um modelo em CAD sólido 3D, que é posteriormente convertido num modelo por camadas. Após a fase de modelação 3D, o ficheiro STL (formato padrão utilizado usualmente) é importado para o software da máquina de prototipagem rápida. Usualmente estes softwares permitem a adição de suportes para o modelo, caso seja necessário. Este software processa então o ficheiro STL e envia para a máquina as “fatias” para a criação do protótipo físico. Por norma, estas camadas são definidas segundo o eixo X-Y, sendo a peça construída na direção Z [44].

6.2.2 Criação do modelo

A técnica de prototipagem rápida selecionada para a criação do protótipo foi a ZPrinter, cujo processo utiliza um jato de líquido para consolidar uma camada de pó. A peça a obter é criada a partir da deposição de sucessivas camadas de pó similar a um pó cerâmico. A consolidação das camadas é efetuada pela deposição de um ligante, que é depositado através de uma cabeça de impressão similar a uma impressora de jato. Após a criação de cada camada, a plataforma desce, é depositada nova camada de pó e o processo repete-se. A impressora utilizada foi a ZPrinter Z310 (Figura 6.5) presente no departamento. Esta impressora permite criar modelos até 8 x 10 x 8 in (203 x 254 x 203 [mm]).



(a) Vista geral

(b) Detalhe da zona de impressão

Figura 6.5: Impressora 3D ZPrinter Z310

6.2.2.1 Modelo à escala

O modelo do bicicleta foi realizado à escala 1:4, pelo que foi necessário previamente proceder à modificação do modelo CAD 3D, de modo a criar um modelo completamente sólido, fechado e que não possuísse paredes de espessura inferior a 2.5 mm. Através do software de modelação procedeu-se à criação de um modelo sólido para cada parte do produto. Após esta fase procedeu-se ao redimensionamento com um fator de 0.25, de modo a obter o produto à escala desejada, para que este pudesse ser obtido na impressora 3D. Ainda assim, o modelo à escala apresentou dimensões totais superiores à área de impressão da ZPrinter. Então optou-se por imprimir as rodas à parte, assim como o guiador, tendo sido estes colados ao modelo à posteriori.

Após a criação dos modelos sólidos dos três componentes (bicicleta, rodas e guiador), procedeu-se à geração dos respetivos ficheiros STL, tendo sido utilizada uma resolução de 0.05 mm de desvio cordal.

6.2.2.2 Impressão e limpeza

Seguidamente à criação dos ficheiros STL, passou-se à fase de impressão dos modelos. Através do software ZPrint foram definidos os posicionamentos das peças para impressão - Figura 6.6. Preparou-se e iniciou-se a impressão do modelo. O tempo total de impressão foi de aproximadamente 1 hora e 35 minutos.

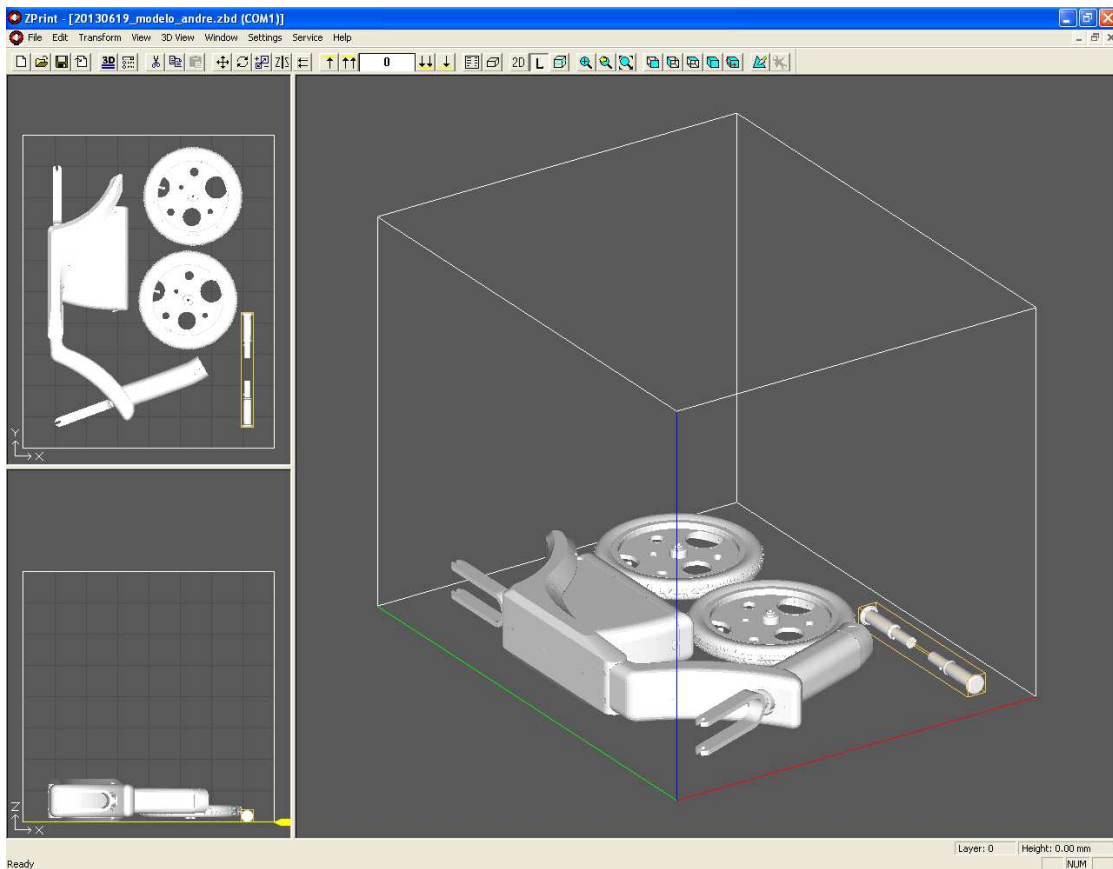
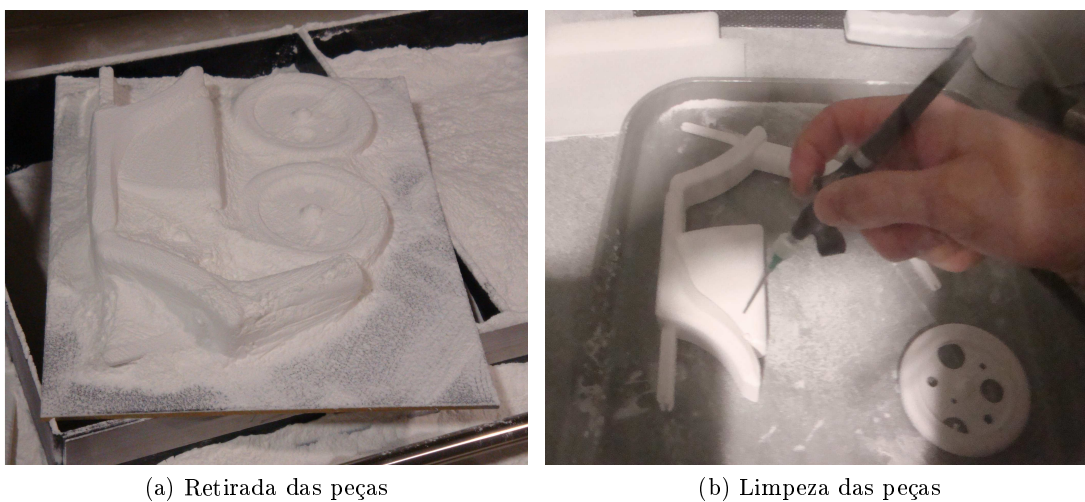


Figura 6.6: Posicionamento das peças para impressão 3D

Após a conclusão da impressão do modelo foi necessário proceder a uma espera de 60 minutos para solidificação completa do modelo. De seguida procedeu-se à remoção das peças, retirando o pó envolvente, seguindo-se a respetiva limpeza - Figura 6.7.



(a) Retirada das peças

(b) Limpeza das peças

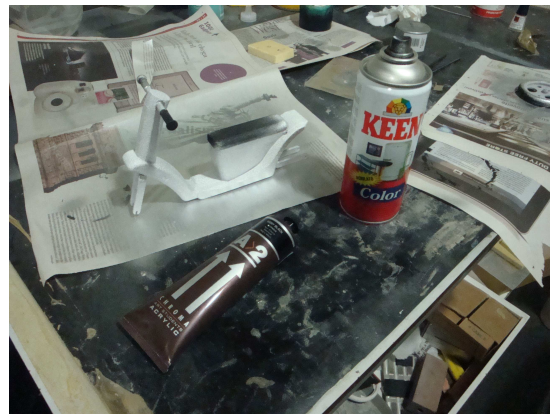
Figura 6.7: Limpeza e retirada das peças

6.2.2.3 Preparação e pintura

Na fase de preparação, procedeu-se à lixagem da superfície da peça de forma a disfarçar o “efeito de escada” decorrente da impressão e proceseu-se à colagem do guiador no devido local (Figura 6.8a). Após a montagem do modelo (à exceção das rodas), efetuou-se a pintura com várias camadas de tinta de esmalte em spray cinza metálico, sendo o mesmo processo efetuado nas rodas. Posteriormente pintaram-se os detalhes em preto com tinta acrílica no modelo e nas rodas, tendo sido aplicadas também várias camadas de tinta (Figura 6.8b).



(a) Peças prontas a pintar



(b) Tintas utilizadas

Figura 6.8: Preparação e pintura

Finalmente montaram-se as rodas no modelo, encaixando estas nas respetivas forquilha (Figura 6.9).



(a) Roda e pino de encaixe



(b) Montagem da roda frontal

Figura 6.9: Preparação e pintura

6.2.2.4 Modelo obtido

O modelo físico obtido está representado nas figuras seguintes. Foi criado também uma base em placas de acrílico de forma ao modelo ficar suspenso e o peso do modelo não ficar todo suportado pelas forquilhas, devido à sua fragilidade.

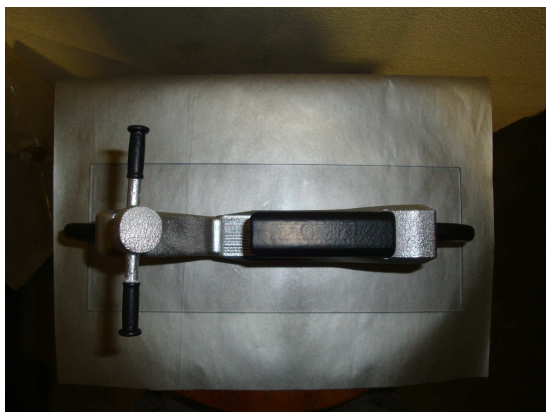


(a) Vista 1

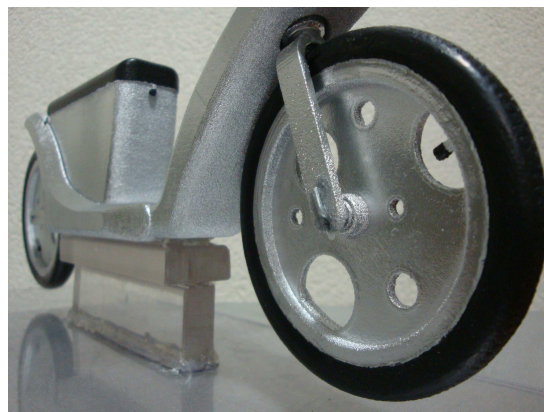


(b) Vista 2

Figura 6.10: Modelo obtido



(a) Vista 3



(b) Pormenor

Figura 6.11: Modelo obtido

Parte IV

Conclusões

Conclusões

O desenvolvimento e criação de produtos e brinquedos para crianças é importante, pois para estas, brincar e divertir é fundamental para o seu desenvolvimento físico e psicológico. O projeto de brinquedos infantis possui várias características marcantes no seu desenvolvimento, devido à especificidade dos seus utilizadores. Para isso foi necessário ter em conta um dimensionamento correto do produto, as suas geometrias e seleção de materiais para criar um produto que permitisse às crianças brincarem de forma segura.

A metodologia de desenvolvimento do produto é uma ferramenta fundamental, pois permite definir um caminho crítico e ajuda a tomar decisões durante o desenvolvimento do produto. A análise do público-alvo e a recolha de requisitos do utilizador permitiram efetuar uma reflexão cuidada do que se pretendia para o produto final. Estes requisitos permitiram definir as especificações do produto, através de ferramentas de geração de ideias e seleção de soluções, foram desenvolvidos individualmente os conceitos que melhor cumpriam esses mesmos requisitos. Desta forma obteve-se um conceito final que passou para fase de definição de sistemas. Nesta fase definiram-se diferentes arquiteturas e foram analisados os diversos componentes e as funções específicas de cada um, individualmente. Após esta fase, passou-se para o projeto estrutural e de detalhe, onde se definiram as características finais de cada parte, sendo que algumas destas partes foram sujeitas a simulações para aferir a sua potencial usabilidade no produto do ponto de vista estrutural. Foram igualmente definidos os esquemas de ligação, montagem e preparação para o fabrico. Foi ainda efetuado o FMEA do produto e a análise comparativa de custos entre duas soluções estruturais, a partir da qual se obteve uma solução final adequada, tendo gerado uma solução final e um caminho documentado, desde a ideia até ao produto.

Foi estudada a possibilidade do produto ser composto por diversos componentes, entre os quais, o elemento estruturante do biciclo - o quadro. Nesta fase do trabalho aprofundou-se o seu estudo do ponto de vista estrutural e foram analisadas duas soluções. Um quadro tubular, revestido com carenagens de fibra de vidro e um quadro monocoque em PVC.

Da análise FEA efetuada nas simulações, concluiu-se que qualquer uma das opções definidas seria passível de ser utilizada, pois ambas as soluções apresentam valores de deformações e de tensões de *Von Mises* dentro dos limites aceitáveis, sendo que a solução tubular apresenta deformações máximas de 2.46 e 7.84 mm para carregamentos no banco e no guiador, respetivamente, sendo que as mesmas deformações máximas para a solução monocoque são de 9.44 e 8.54 mm para as mesmas condições de carga.

Dentro desta mesma análise (Quadro tubular vs. Quadro monocoque), foi igualmente efetuada uma comparação de massas, pois tratando-se de um brinquedo para crianças, o seu peso pode ser um fator a ser levado em conta pelos compradores. De acordo com os valores retirados através do *software* de modelação e olhando apenas para os componentes

específicos de cada solução, a solução tubular (quadro e carenagens) apresenta uma massa de cerca de 1.93 kg enquanto a solução monocoque (quadro e insertos metálicos) apresenta uma massa de 0.85 kg, cerca de 56% menor que a solução tubular.

Finalmente, efetuou-se uma comparação de custos, para o fabrico de 5000 unidades, através das duas propostas. Verificou-se através desta comparação que a solução tubular apresenta custos unitários mais baixos até um certo número de unidades, cerca de 1527. A partir deste número, o custo de cada unidade do produto feito através da solução monocoque apresenta-se mais baixo, decrescendo continuamente. Os valores de custos calculados para o fabrico de 5000 unidades é de 134.38€ para a solução tubular e de 108.90€ para a solução monocoque, mais elevados do que seria expectável, mas para isto também contribui o facto de este ser um cálculo aproximado, sendo que o objetivo principal deste cálculo de custos era a comparação de custos relativos entre as duas soluções.

Desta análise, pode considerar-se que a solução de quadro monocoque em PVC é melhor, se fabricada em larga escala, mas a solução tubular possui também algumas vantagens.

Algumas das vantagens passam pela possível substituição de peças da carenagem, se estas partirem, algo que na solução monocoque não é possível, pois se ocorrer a quebra de alguma parte exterior do biciclo, a sua integridade estrutural pode ficar condicionada. Outra vantagem verifica-se em termos de custos de fabrico, pois a criação da ferramenta para injeção do quadro monocoque é bastante dispendiosa, como já verificado na comparação de custos, sendo necessária a criação de uma série de peças em número razoável para que esta solução seja viável.

Outra das vantagens da utilização do quadro tubular é a possibilidade de alteração de geometria exterior do biciclo, através da substituição das carenagens exteriores por outras com geometrias diferentes. Em termos de resistência aos fatores naturais a solução tubular também parece ser a melhor, pois o alumínio tem melhor resistência ao desgaste, resiste melhor à temperatura e deforma-se menos que o PVC.

Relativamente aos requisitos do utilizador para as funções e características do produto indicados (Figura 3.1), o produto final desenvolvido corresponde a esses mesmos requisitos. Obteve-se um produto seguro (sem presença de arestas vivas e que suporta o utilizador de forma conveniente), possui uma estética simples e boa ergonomia e conforto de utilização (devido à análise antropométrica efetuada e à definição de dimensões adequadas à especificidade dos utilizadores). Para além disto, em termos de modularidade foi estudada a possibilidade de adoção de diferentes geometrias (biciclo ou triciclo) e de diferentes formas de propulsão (biciclo accionado pela criança ou eletricamente). O produto apresenta também boa facilidade de utilização (montagem / personalização), sendo que a durabilidade não pode ainda ser aferida, embora tenham sido selecionados materiais que ofereçam esse requisito. Tal como a importância dos requisitos do utilizador apontam, a portabilidade e custo foram colocados em segundo plano, sendo que o produto desenvolvido será mais caro que alguns concorrentes (embora tenham sido criadas duas soluções, onde uma delas poderá possuir um custo menor), e também não apresenta boa portabilidade, pois não é desmontável em pequenos componentes, o quadro tubular, por exemplo, é um elemento grande e não é desmontável, acontecendo o mesmo com o quadro monocoque.

O projeto desenvolvido é um pouco limitado devido à simplicidade que este produto deve oferecer, pois destina-se a um público-alvo com pouca destreza corporal. Assim

sendo, o produto é de simples utilização, funcionamento e complexidade.

Como potencial desenvolvimento futuro deste trabalho, pode incluir-se a construção de um protótipo funcional, que possa ser utilizado por diversas crianças de forma a aferir a aceitação do produto. Outro desenvolvimento futuro será o desenvolvimento do módulo elétrico de forma a transformar o biciclo numa scooter elétrica que permita uma mobilidade divertida para as crianças, já fora da fase de aprendizagem.

Bibliografia

- [1] A. Rito and J. Breda. Um olhar sobre a estratégia de nutrição, actividade física e obesidade na União europeia e em Portugal. *Nutricias*, 2006.
- [2] E.D.de Mello, V.C. Luft, and F. Meyer. Obesidade infantil: Como podemos ser eficazes? *Jornal de Pediatria*, 2004.
- [3] Porto Editora. Dicionário da língua portuguesa. [on-line]: <http://www.infopedia.pt/lingua-portuguesa/motricidade>, 2013. Acedido em 22 de Outubro de 2012.
- [4] Sociedade Brasileira de Psicomotricidade. Psicomotricidade. [on-line]: <http://www.psicomotricidade.com.br>. Acedido em 22 de Outubro de 2012.
- [5] H. Wallon. *A evolução psicológica da criança*. Martins Fontes, 2007. Tradução de Cláudia Berliner.
- [6] M.I.G. Cordas. Estratégia de design de produtos lúdico/didáticos para crianças. estudo de um caso _Imaginarium. Master's thesis, Departamento de Comunicação e Arte, Universidade de Aveiro, 2008.
- [7] C. Neto. Desenvolvimento da motricidade e as “culturas de infância”, 2004.
- [8] B.P. Hernández. La motricidad fina en la etapa infantil, 2007.
- [9] C.F. Rocha. Desenvolvimento saudável. [on-line]: <http://www.desenvolvimentosaudavel.pt/2011/02/desenvolvimento-infantil-no-oitavo-mes.html>, 2011. Acedido em 22 de Outubro de 2012.
- [10] Anónimo. Triciclo com empurador. [on-line]: http://www.carrefour.com/brinquedos/miniveiculos/triciclo-spider-man-friends-com-empurador-xalingo_35595, 2011. Acedido em 23 de Outubro de 2012.
- [11] T. Serre, L. Lalys, S.L. Cos, A. Eisenach, S. Lockner, and W. Hell. “CASPER - Child Advanced Safety Project for European Roads”. 2010.
- [12] Infantil e dos Adolescentes. Divisão de Saúde Materna. *Saúde Infantil e Juvenil - Programa-Tipo de Actuação*. 2002.
- [13] R.d.C. Serrano. Relatório de riscos ergonómicos. [on-line]: <http://pt.scribd.com/doc/98472624/Panela-de-Barro>.

-
- [14] S.M. Pequini. A evolução tecnológica da bicicleta e suas implicações ergonômicas para a máquina humana. Master's thesis, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2000.
- [15] Bike Magazine. História da bicicleta. [on-line]: <http://www.bikemagazine.com.br/2011/03/historia-da-bicicleta/>. Acedido em 23 de Outubro de 2012.
- [16] Anónimo. Balance bike info. [on-line]: <http://www.kidsbalancebikes.com/why-buy-balance-bike.html>. Acedido em 22 de Outubro de 2012.
- [17] Imaginarium. Velobike. [on-line]: http://www.imaginarium.pt/56862/ecommerce_12/56862/332. Acedido em 24 de Outubro de 2012.
- [18] Imaginarium. Biciclo Natural. [on-line]: http://www.imaginarium.pt/54468/ecommerce_12/54468/332. Acedido em 24 de Outubro de 2012.
- [19] Chicco. Primeira Bicicleta Chicco. [on-line]: <http://www.chicco.pt/ProdutosChicco/SchedaProdotto/tabid/278/art/00001716000000/Default.aspx>, note = Acedido em 29 de Outubro de 2012.
- [20] Anónimo. Chicco Red Bullet Balance Bike. [on-line]: <http://www.walmart.com/ip/Chicco-Red-Bullet-Balance-Bike/16528917>. Acedido em 29 de Outubro de 2012.
- [21] John Crane Limited. Lemon Scooter. [on-line]: <http://www.john-crane.co.uk/tidlo-lemon-scooter/>. Acedido em 6 de Novembro de 2012.
- [22] Comissão Europeia. European standards - Toys safety. [on-line]: <http://ec.europa.eu/enterprise/policies/european-standards/harmonised-standards/toys/>.
- [23] Comissão Europeia. NBN EN 71-1 (2011): Safety of toys-part 1: Mechanical and physical properties. [on-line]: <https://law.resource.org/pub/fr/ibr/nf.en.71.1.e.2011.pdf>, 2011.
- [24] G. Pahl, K. Wallace, and L.T.M. Blessing. *Engineering Design: A Systematic Approach*. Solid mechanics and its applications. Springer, 2007.
- [25] Hauser J.R. and D. Clausing. The house of quality. *Harvard Business Review*, 1988.
- [26] Y. Akao. *Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements Into Product Design*. Productivity Press, 1990.
- [27] K.T. Ulrich and S.D. Eppinger. *Product design and development*. Irwin/McGraw-Hill, 2000.
- [28] J. Clément and H. Guedes. Projeto Cushion. Disciplina de Projeto 2, Mestrado em Design do Produto, Escola Superior de Artes e Design de Matosinhos, 2012.
- [29] Toy Industries of Europe. EN 71-1:2011: What is new? [on-line]: <http://www.tietoy.org/toy-safety/the-new-toy-safety-directive>, 2011.

- [30] Associação Brasileira do Alumínio. O alumínio. [on-line]: <http://www.abal.org.br/aluminio/introducao.asp>. Acedido em 27 de Novembro de 2012.
- [31] Grupo Amorim. A cortiça. [on-line]: http://www.amorim.com/cor_glob_cortica.php. Acedido em 28 de Novembro de 2012.
- [32] J.S. Pereira, M.N. Bugalho, and M.d.C. Caldeira. Do sobreiro à cortiça - um sistema sustentável. Instituto Superior de Agronomia, 2008.
- [33] F. Amaral. Ergonomia. [on-line]: <http://www.luzimarteixeira.com.br/wp-content/uploads/2010/07/o-que-e-ergonomia.pdf>, 2005.
- [34] F. Teixeira-Dias, J.A.M.P.d. Cruz, R.A.F. Valente, and R.A.d. Sousa. *Método dos Elementos Finitos - Técnicas de Simulação Numérica em Engenharia*. 2009.
- [35] D.H. Stamatis. *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution*. American Society for Quality, 2003.
- [36] Aircraft Spruce. [on-line]: http://www.aircraftspruce.com/catalog/mepages/alumtube_6061t6.php?clickkey=4307, 2013.
- [37] Formula SAE. [on-line]: <http://www.fsaeonline.com/page.aspx?pageid=5ade9b01-8903-4ae1-89e1-489a8a4f08d9>, 2013.
- [38] Custom Part Net. [on-line]: <http://www.custompartnet.com/estimate/injection-molding/>, 2013.
- [39] Mechanics of Materials MIT. Material properties). [on-line]: <http://web.mit.edu/course/3/3.11/www/modules/props.pdf>, 1996.
- [40] D.M. Bryce. *Plastic Injection Molding: Manufacturing Process Fundamentals*. Fundamentals of injection molding series. Society of Manufacturing Engineers, 1996.
- [41] D. Kazmer. *Injection Mold Design Engineering*. Hanser Gardner Publications, 2007.
- [42] Wacker. Hand lay-up. [on-line]: http://www.wacker.com/cms/en/products-markets/pl_composites/pl_comp_appl/handlayup.jsp?country=PT&language=pt. Acedido em 17 de Janeiro de 2013.
- [43] D.T.G. Esteves. Desenvolvimento, caracterização e avaliação do comportamento termo-mecânico de um novo material constituído principalmente por cortiça. Master's thesis, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 2010.
- [44] D.T Pham and R.S Gault. A comparison of rapid prototyping technologies. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 38(10-11):1257 – 1287, 1998.
- [45] J.-P. Kruth, M.C. Leu, and T. Nakagawa. Progress in additive manufacturing and rapid prototyping. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 47(2):525 – 540, 1998.

Anexo A

Matriz da qualidade

Tabela A.1: Matriz da qualidade

	Facilidade de montagem	Guiador regulável	Banco regulável	Tipo de acionamento	Função modular	Sistema de travagem	Tamanho da roda	Tipo de pneu	Materialis/acabamentos	Largura	Altura	Comprimento	Peso	IPI - Índice de priorização	IEi - Índice estratégico	IMI - Índice melhoria	ICAI - Índice do concorrente A	ICBi - Índice do concorrente B	ICCI - Índice do concorrente C	ICDi - Índice do concorrente D	IPI* - IPI revisto	IPI* revisto %	
Aspetto estético-formal	3			3	3		3		9	3	3	3		9	2	1,5	2	1	1,5	2	38,18	20,64	
Custo	3			9	1	3		3	9	3	3	3		1	1	1	1	1,5	2	1,5	2,12	1,15	
Durabilidade	1							3	9					6	1,5	1	1,5	1,5	2	1,5	19,09	10,32	
Ergonomia e conforto		9	9				3	9	9					8	2	1	1,5	1,5	1,5	1,5	25,46	13,76	
Facilidade de utilização	1	9	9				3						9	5	1,5	1	1,5	1,5	1,5	1,5	13,78	7,45	
Modularidade	1	1	1	9	9	3								7	2	2	2	1	1	1	19,80	10,70	
Portabilidade	9	9	9						9	9	9	9	9	2	1,5	1	1,5	1,5	1,5	1,5	5,51	2,98	
Fiabilidade								9					3	3	1,5	1	1,5	2	2	1,5	11,02	5,96	
Segurança		1	1	3	3	9	3		9					10	2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	38,97	21,07	
Versatilidade	3	9	9	3	3									4	1,5	1	1,5	1,5	1,5	1,5	11,02	5,96	
IQj - Importância características	0,8	1,9	1,9	1,4	1,3	1,1	1	0,9	3,3	0,5	0,5	0,5	0,7										
ACj - Análise competitiva	2	2	2	0,5	0,5	1	1,5	1,5	1	1	1	1	1,5										
DAj - Dificuldade de actuação	1,5	1,5	1,5	2	2	1,5	1	1	1,4	1	1	1	1,5										
IQj* - IQj revisto	1,4	3,3	3,3	1,4	1,3	1,4	1,2	1,1	3,9	0,5	0,5	0,5	1,1										
IQj* revisto %	6,5	16	16	6,8	6,4	6,7	5,7	5,5	19	2,3	2,3	2,3	5,2										

$$IPI^* = IPI \times \sqrt{IEi} \times \sqrt{IMI} \times \sqrt{ICAI} \times \sqrt{ICBi} \times \sqrt{ICCI} \times \sqrt{ICDi}$$

$$IQj = \frac{\Sigma(IPI^* \times relações)}{100}$$

$$IQj^* = IQj \times \sqrt{DAj} \times \sqrt{ACj}$$

Correlação entre requisitos de cliente e de produto		
9	●	Forte
3	○	Moderado
1	△	Fraco

Escala de dificuldade de actuação	
0,5	Baixa
1	Neutra
1,5	Alta
2	Elevada

Escala de índices	
0,5	Fraco
1	Neutro
1,5	Bom
2	Excelente

Anexo B

Matriz do produto

Tabela B.1: Matriz do produto

	Facilidade de montagem	Guiador regulável	Banco regulável	Tipo de acionamento	Função modular	Sistema de travagem	Tamanho da roda	Tipo de pneu	Materiais/acabamentos	Largura	Altura	Comprimento	Peso	IPI - Importância das partes	DDi - Dificuldade de desenvolvimento	TDi - Tempo de desenvolvimento	IPI* - IPI revisto	IPI* revisto %
IQj* - Importância características revista	1,35	3,26	3,26	1,41	1,33	1,4	1,18	1,14	3,94	0,48	0,48	0,48	1,08					
Acionamento elétrico	3			9	9								3	0,320	2	2	0,64	9,38
Acionamento físico	3			9	9								3	0,320	1,5	1,5	0,48	7,04
Ajuste de regulação	9	3	3					1						0,356	1	1	0,36	5,23
Banco			9					9						0,648	1,5	1,5	0,97	14,27
Carenagem	3							9					3	0,428	2	2	0,86	12,56
Guiador	3	9			3	3		9	9				3	0,846	1	1	0,85	12,42
Pneu insuflável	3						3	9	1		3		3	0,265	1	1	0,26	3,88
Pneu maciço							3	9	1		3		3	0,224	1	1	0,22	3,29
Punhos		1						9						0,387	1	1	0,39	5,69
Quadro		1		1	1	1		9	9	9	9	9	9	0,606	2	2	1,21	17,81
Travão traseiro	1	1		3	3	9		3					1	0,383	1,5	1,5	0,57	8,43

$$IPI = \frac{\Sigma(IQj \times relações)}{100}$$

$$IPI^* = IPI \times \sqrt{DDi} \times \sqrt{TDi}$$

Correlação entre requisitos de cliente e de produto		
9	●	Forte
3	○	Moderado
1	△	Fraco

Escala de dificuldade de actuação	
0,5	Baixa
1	Neutra
1,5	Alta
2	Elevada

Escala de índices	
0,5	Fraco
1	Neutro
1,5	Bom
2	Excelente

Anexo C

Análise morfológica


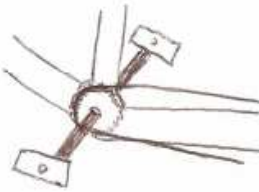
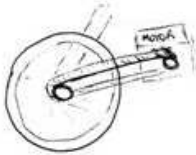
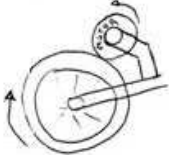



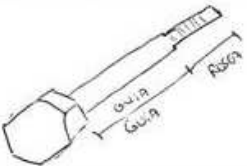





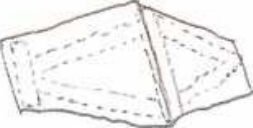


Acionamento	Com pés 	Pedais 	Motor elétrico Transmissão por correia 	Motor elétrico Fricção na roda traseira 
Fixações	Argolas de ajuste 	Parafuso - porca 	Pinos 	Parafusos com guia 
Banco	Selim convencional 	Banco tipo Scooter 	Banco "Oldschool" 	Banco tipo Scooter aumentável 
Quadro e carenagem	Quadro tubular metálico "nú" 	Quadro tubular metálico com "capa" 	Quadro monocoque 	Quadro em madeira 

Figura C.1: Análise morfológica (Parte 1)


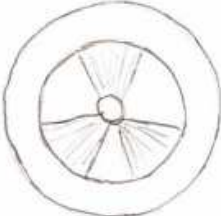







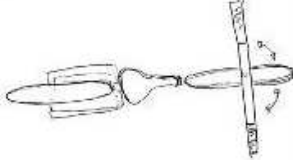
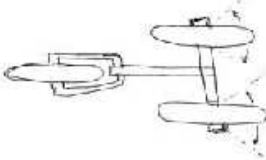
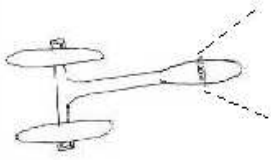
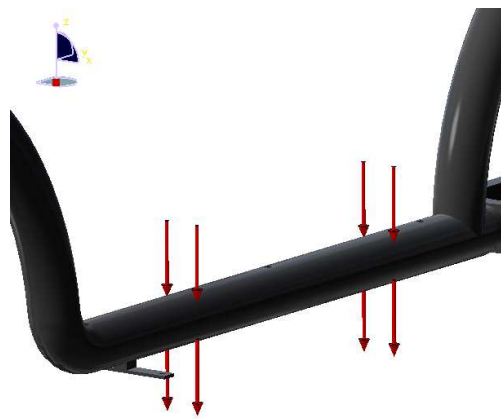
Tipo de pneus	Insuflável 	Maciço 		
Guiador e punhos	Guiador reto com punhos paralelos 	Guiador tipo BMX 	Guiador reto com punhos perpendiculares 	
Travão	Acionado por manete (calço, cubo) 	Acionado por pedal (cremalheira) 	Acionado por pé (fricção na roda) 	Sem travão 
Configuração das rodas	2 rodas em linha 	2 frontais + 1 traseira 	1 frontal + 2 traseiras 	

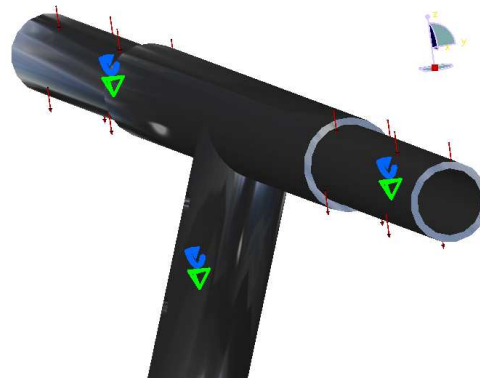
Figura C.2: Análise morfológica (Parte 2)

Anexo D

Simulação numérica



(a) Carga no banco



(b) Carga no guidador



(c) Restrição XYZ na forquilha frontal



(d) Liberdade YY na forquilha traseira



(e) Restrição XYZ na forquilha traseira



(f) Liberdade YY na forquilha frontal

Figura D.1: Cargas e condições aplicadas para quadro tubular em alumínio

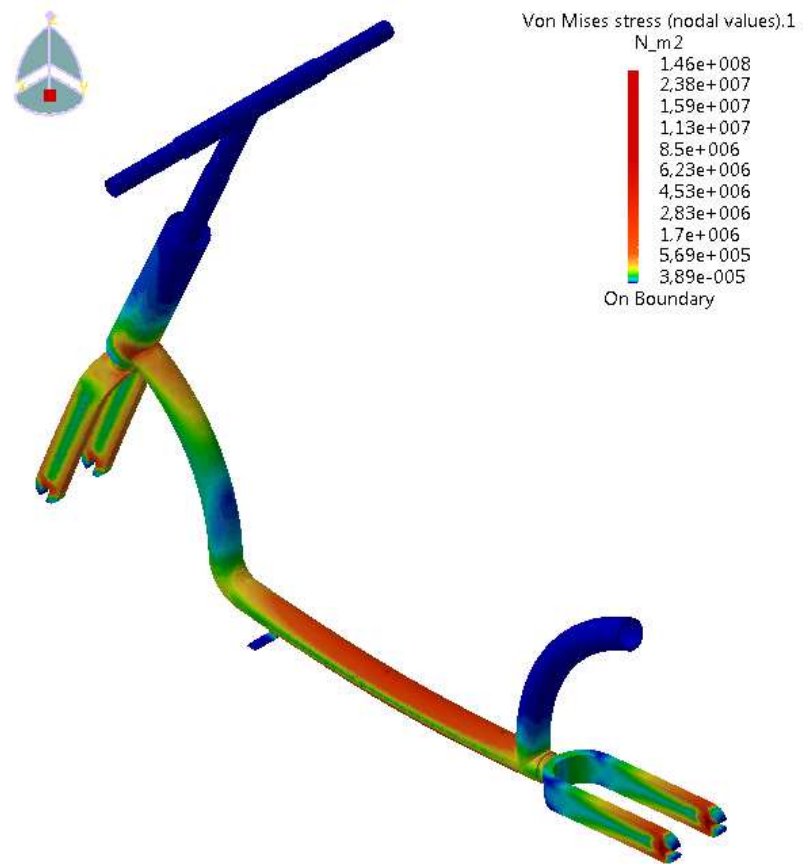


Figura D.2: Tensões de *Von Mises* no quadro tubular para carga no banco

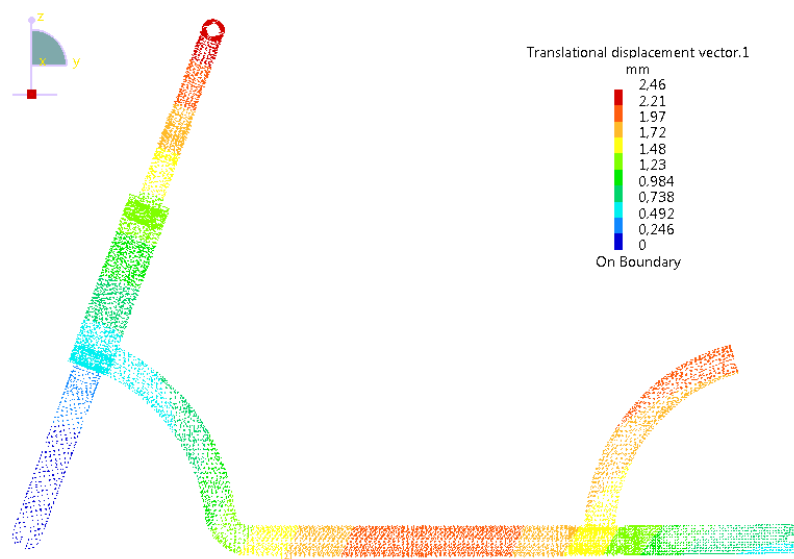


Figura D.3: Deslocamentos no quadro tubular para carga no banco

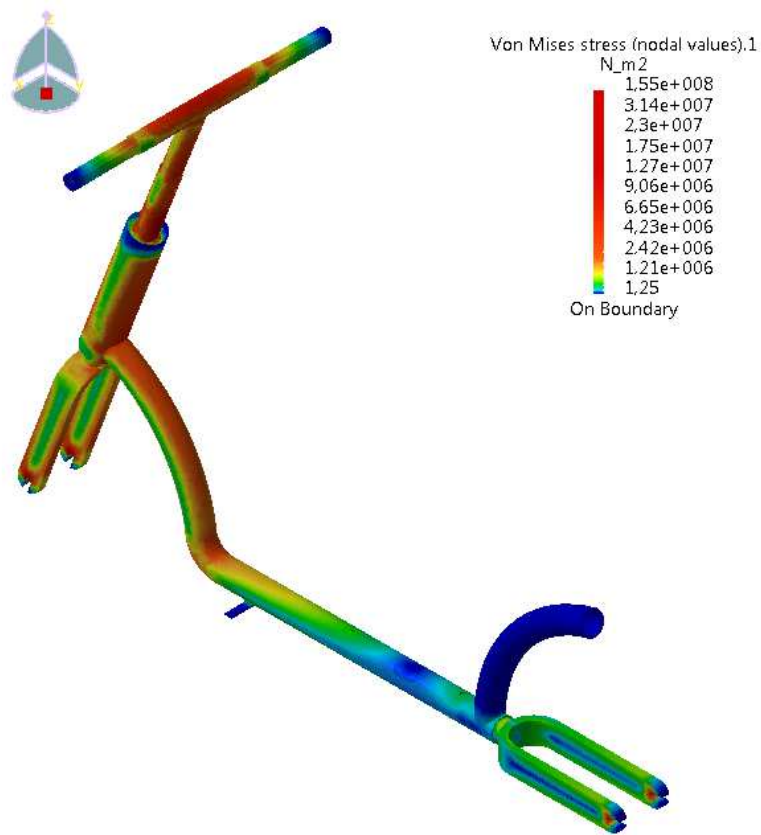


Figura D.4: Tensões de *Von Mises* no quadro tubular para força aplicada no guiador

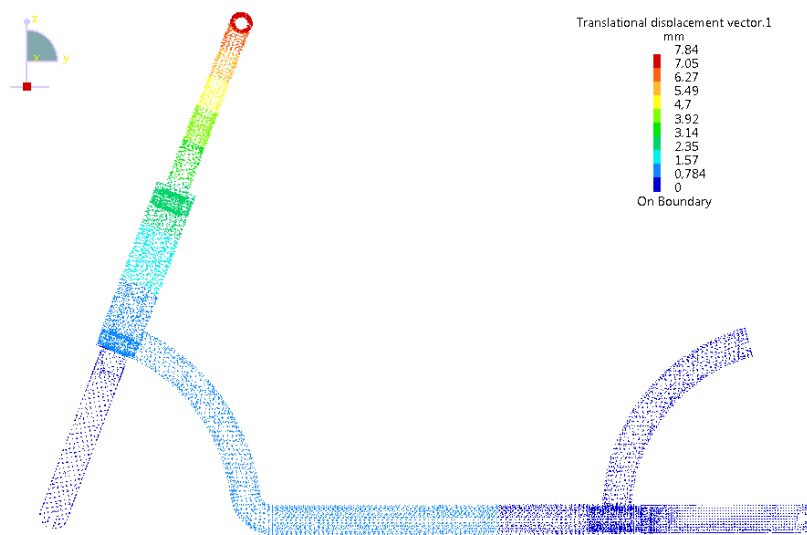
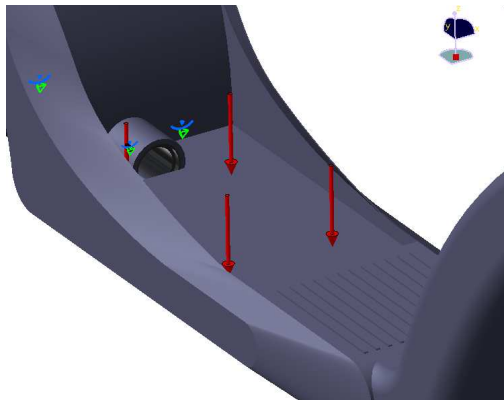
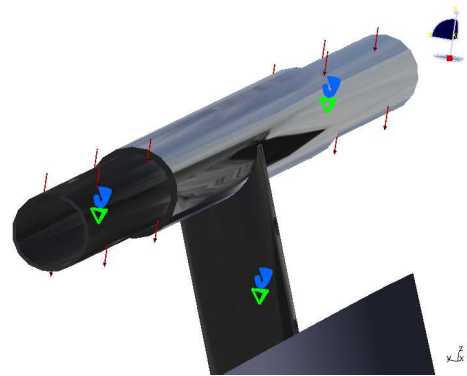


Figura D.5: Deslocamentos no quadro tubular para força aplicada no guiador



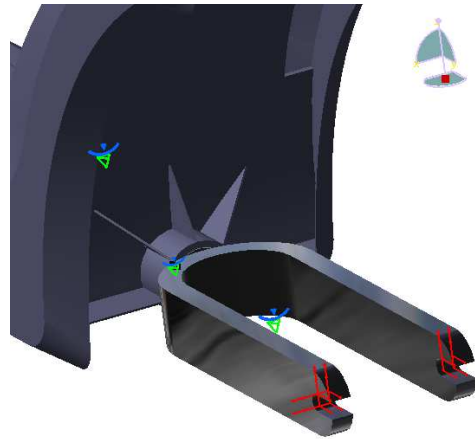
(a) Carga no banco



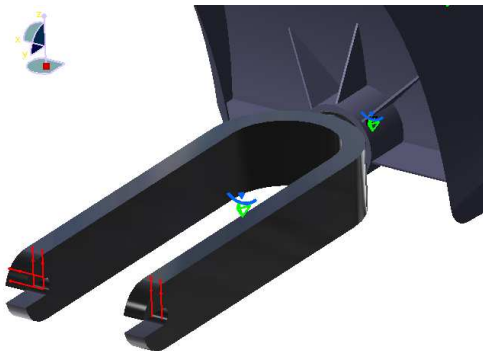
(b) Carga no guidador



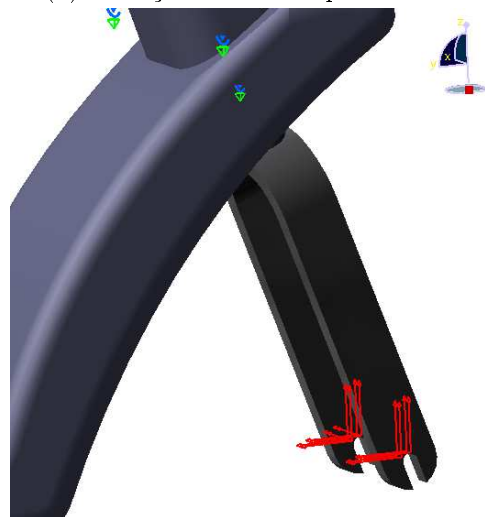
(c) Liberdade YY na forquilha frontal



(d) Restrição XYZ na forquilha traseira



(e) Liberdade YY na forquilha traseira



(f) Restrição XYZ na forquilha frontal

Figura D.6: Cargas e condições aplicadas para quadro monocoque em PVC

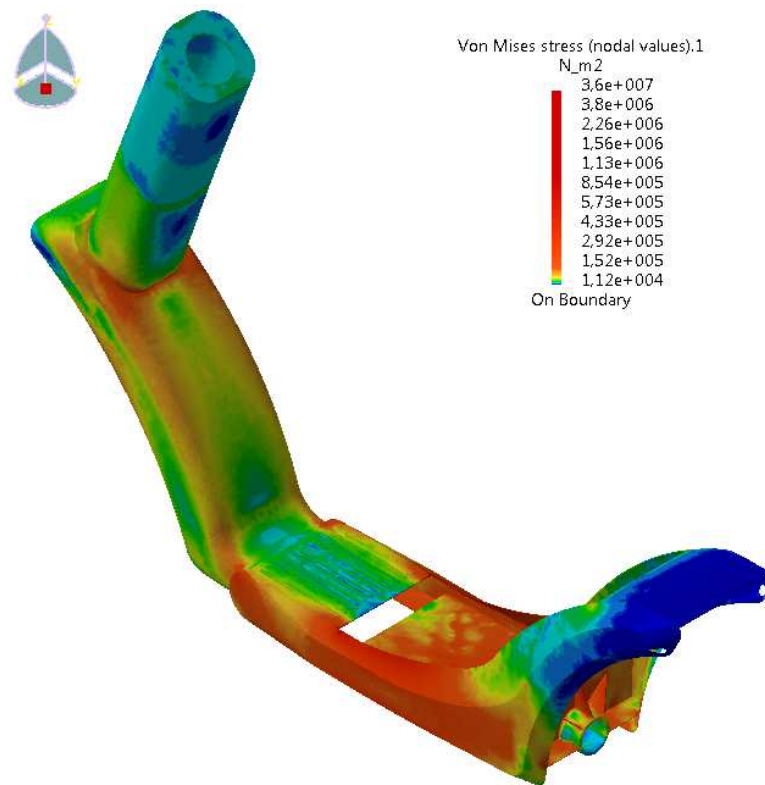


Figura D.7: Tensões de *Von Mises* no quadro monocoque para carga no banco

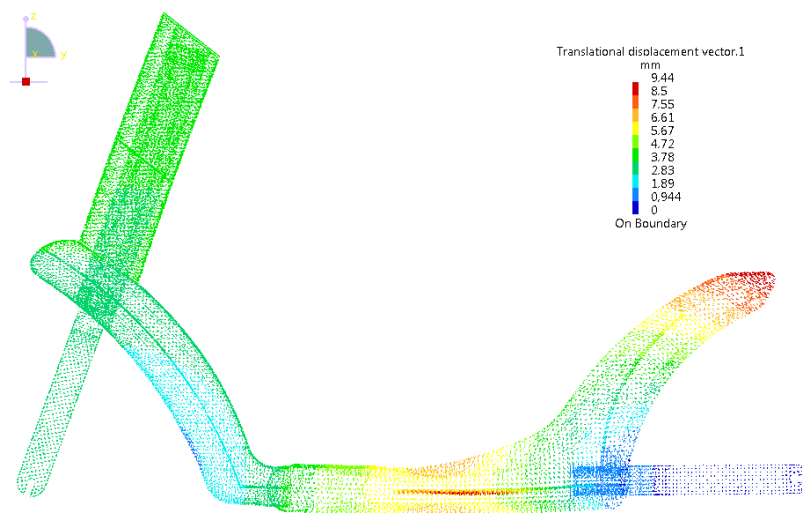


Figura D.8: Deslocamentos no quadro monocoque para carga no banco

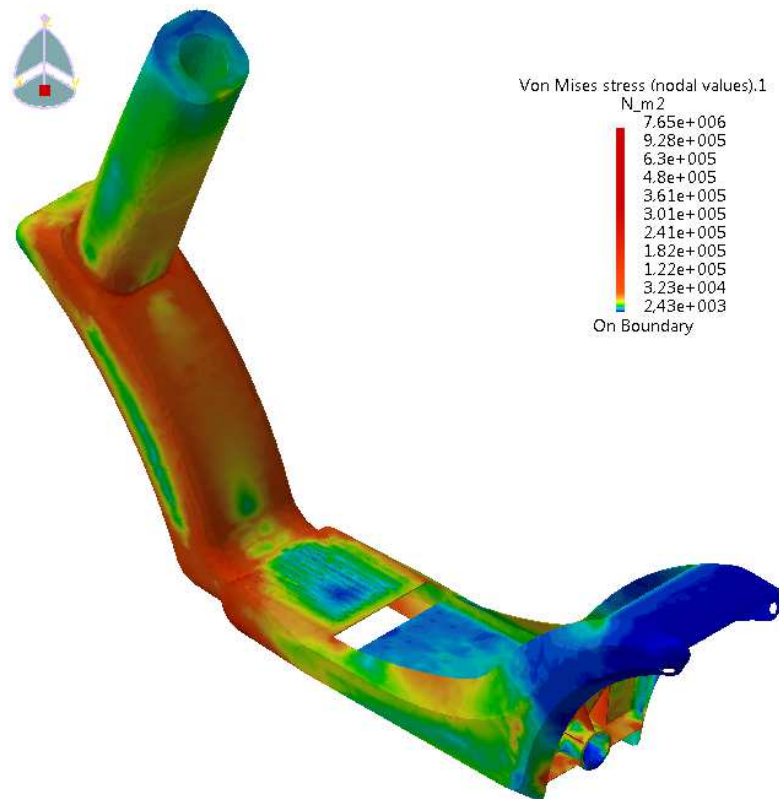


Figura D.9: Tensões de *Von Mises* no quadro monocoque para força aplicada no guiador

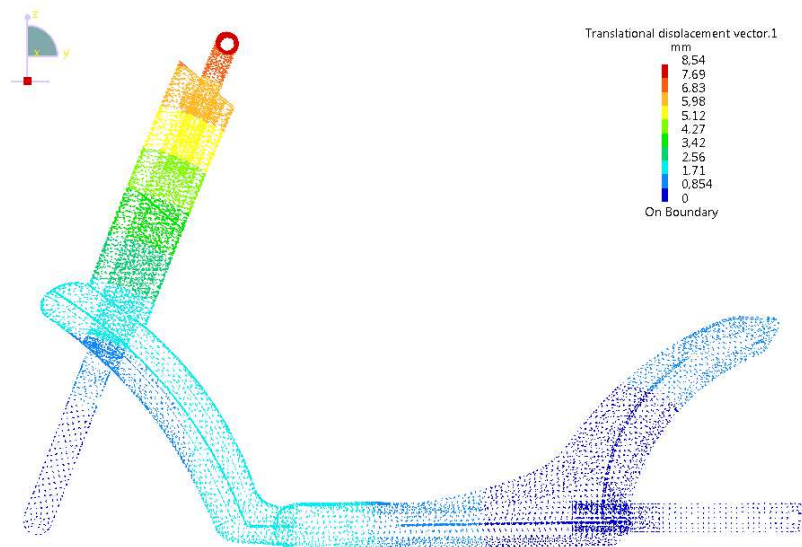


Figura D.10: Deslocamentos no quadro monocoque para força aplicada no guiador

Anexo E

Árvore de funções

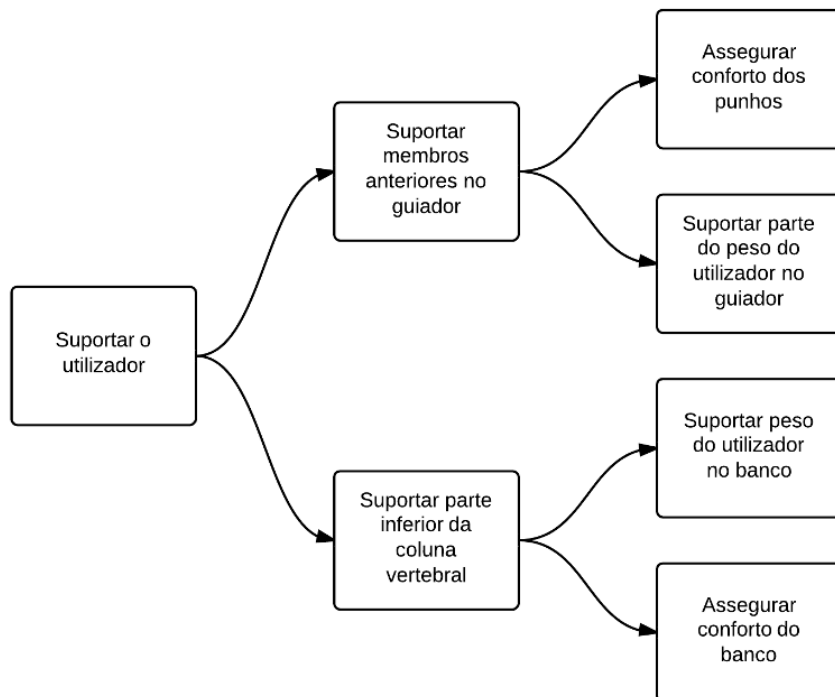


Figura E.1: Árvore de função "Suportar o utilizador"

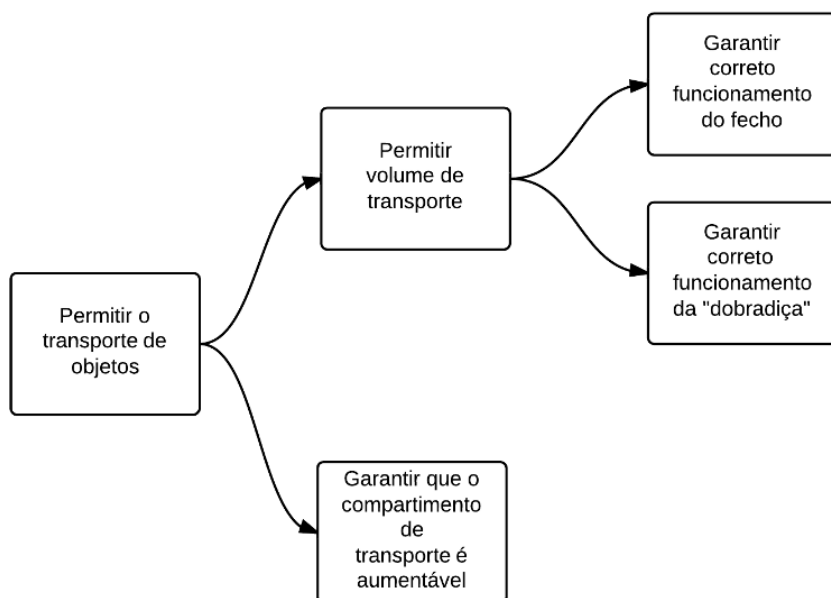


Figura E.2: Árvore de função "Permitir o transporte de objetos"

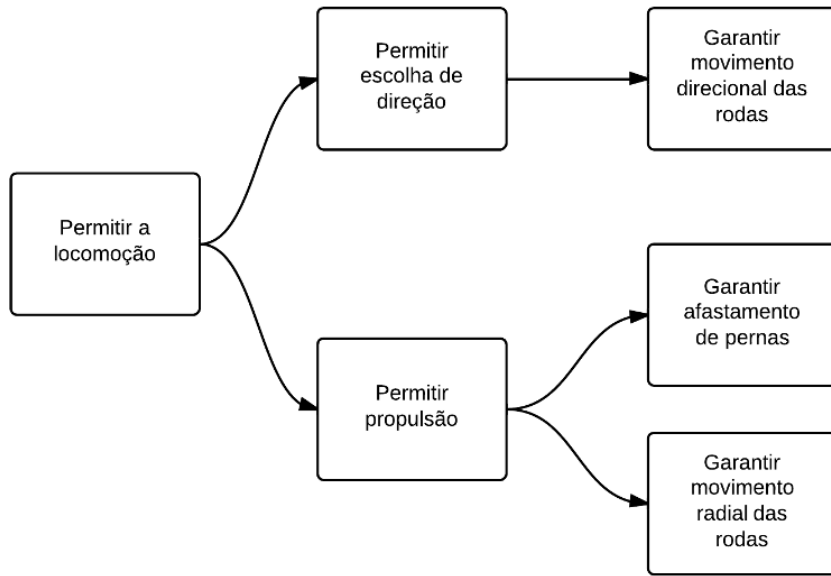


Figura E.3: Árvore de função "Permitir a locomoção"

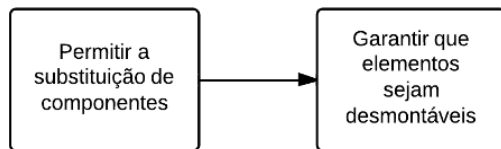


Figura E.4: Árvore de função "Permitir a substituição de componentes"

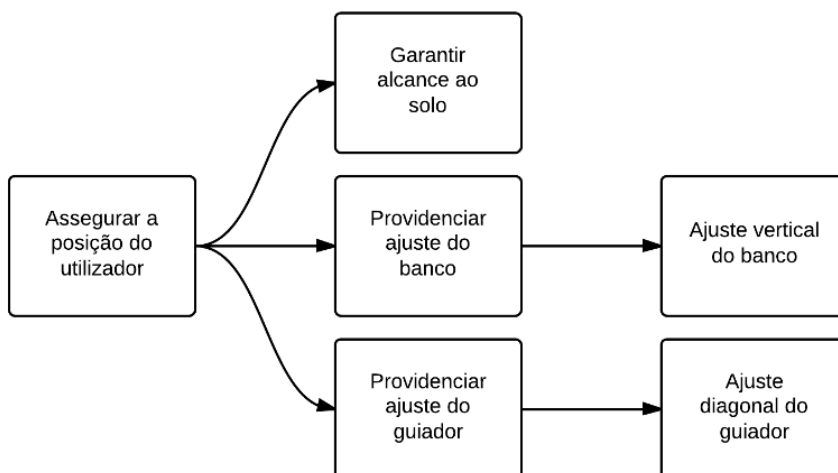


Figura E.5: Árvore de função "Assegurar a posição do utilizador"

Anexo F

Cálculo de custos de produção de componentes partilhados

Tabela F.1: Forquilha frontal

Material/Processo	Unidade	Quantidade	Custo por unidade	CUSTO
Barra	ft	1,41	2,30 USD	3,24 USD
Tubo 1x0.049"	ft	0,95	2,95 USD	2,80 USD
Tubo 1-1/4x0.049"	ft	0,04	4,40 USD	0,18 USD
Dobragem	UN	1	0,25 USD	0,25 USD
Corte	UN	1	0,15 USD	0,15 USD
Furação	UN	4	0,35 USD	1,40 USD
Preparação soldadura	UN	2	0,75 USD	1,50 USD
Soldadura	m	0,18	1,91 EUR	0,34 EUR
			TOTAL USD	9,52 USD
1 USD = 0,76 EUR			TOTAL	7,58 EUR

Tabela F.2: Forquilha traseira

Material/Processo	Unidade	Quantidade	Custo por unidade	CUSTO
Barra	ft	1,41	2,30 USD	3,24 USD
Tubo 1x.083"	ft	0,2	4,45 USD	0,89 USD
Dobragem	UN	1	0,25 USD	0,25 USD
Corte	UN	1	0,15 USD	0,15 USD
Furação	UN	3	0,35 USD	1,05 USD
Preparação soldadura	UN	1	0,75 USD	0,75 USD
Soldadura	m	0,09	1,91 EUR	0,17 EUR
			TOTAL USD	6,33 USD
1 USD = 0,76 EUR			TOTAL	4,98 EUR

Tabela F.3: Camisa de espaçamento

Material/Processo	Unidade	Quantidade	Custo por unidade	CUSTO
Tubo 1-5/8 " x .083"	ft	0,5	5,50 USD	2,75 USD
Corte	UN	1	0,15 USD	0,15 USD
			TOTAL USD	2,90 USD
1 USD = 0,76 EUR			TOTAL	2,20 EUR

Tabela F.4: Guiador

Material/Processo	Unidade	Quantidade	Custo por unidade	CUSTO
Tubo 7/8 " x .065"	ft	1,1	4,40 USD	4,84 USD
Corte	UN	2	0,15 USD	0,30 USD
Furação	UN	7	0,35 USD	2,45 USD
Preparação soldadura	UN	1	0,75 USD	0,75 USD
Soldadura	m	0,09	1,91 EUR	0,17 EUR
			TOTAL USD	8,34 USD
1 USD = 0,76 EUR			TOTAL	6,51 EUR

Tabela F.5: Punho (interior)

Material/Processo	Unidade	Quantidade	Custo por unidade	CUSTO
Tubo 7/8 " x .065"	ft	0,36	2,99 USD	1,08 USD
Corte	UN	1	0,15 USD	0,15 USD
Furação	UN	1	0,35 USD	0,35 USD
			TOTAL USD	1,58 USD
1 USD = 0,76 EUR			TOTAL	1,20 EUR

Tabela F.6: Interior do banco

Material/Processo	Unidade	Quantidade	Custo por unidade	CUSTO
Chapa	ft ²	1,58	5,44 USD	8,59 USD
Dobra chapa	UN	4	0,25 USD	1,00 USD
Corte	cm ²	1	0,25 USD	0,25 USD
Furação	UN	6	0,35 USD	2,10 USD
Preparação soldadura	UN	2	0,75 USD	1,50 USD
Soldadura	m	0,08	29,30 EUR	2,34 EUR
			TOTAL USD	13,44 USD
1 USD = 0,76 EUR			TOTAL	12,56 EUR

Tabela F.7: Tampa do banco

Material/Processo	Unidade	Quantidade	Custo por unidade	CUSTO
Chapa	ft ²	0,4	5,44 USD	2,18 USD
Dobra chapa	UN	3	0,25 USD	0,75 USD
Corte	UN	3	0,15 USD	0,45 USD
Furação	UN	2	0,35 USD	0,70 USD
			TOTAL USD	4,08 USD
1 USD = 0,76 EUR			TOTAL	3,10 EUR

Tabela F.8: Veio de abertura do banco

Material/Processo	Unidade	Quantidade	Custo por unidade	CUSTO
Tubo aço 3/8	ft	0,21	1,34 USD	0,28 USD
Corte	UN	1	0,15 USD	0,15 USD
Furação	UN	1	0,35 USD	0,35 USD
			TOTAL USD	0,78 USD
1 USD = 0,76 EUR			TOTAL	0,59 EUR

Tabela F.9: Aumento interno do banco

Material/Processo	Unidade	Quantidade	Custo por unidade	CUSTO
Chapa	ft ²	0,72	5,44 USD	3,92 USD
Furação	UN	5	0,35 USD	1,75 USD
Corte	UN	3	0,15 USD	0,45 USD
Dobra chapa	UN	4	0,25 USD	1,00 USD
Preparação soldadura	UN	2	0,75 USD	1,50 USD
Soldadura	m	0,08	29,30 EUR	2,34 EUR
			TOTAL USD	8,62 USD
1 USD = 0,76 EUR			TOTAL	8,89 EUR

Tabela F.10: Revestimento do banco e do aumento do banco

Material/Processo	Unidade	Quantidade	Custo por unidade	CUSTO
Laminação	m ²	0,208	35,00 USD	7,28
Material	m ³	5,19E-04	Densidade = 1,6 g/cm ³	
	kg	7,78E-01	1,85 USD	1,44 USD
Furos	UN	4	0,35 USD	1,40 USD
			TOTAL USD	10,12 USD
1 USD = 0,76 EUR			TOTAL	7,69 EUR

Anexo G

Tabela FMEA

Tabela G.1: FMEA (Parte 1)

Função	Tipo de falha potencial	Causa da falha	Possíveis efeitos da falha	Termos críticos da falha	Medidas de correção	Possíveis ações corretivas ou medidas preventivas
Garantir movimento direcional das rodas	Guiador solto / bloqueado	Ajuste de altura desapertado	Queda do utilizador e impedimento de locomoção	Falha crítica	Utilização de sistema de aperto <i>standard</i>	Procurar soluções <i>standard</i> no mercado
		Falha mecânica dos rolamentos			Utilização de diferente sistema de deslizamento	Utilização de bronzinas anti-fricção
Garantir afastamento de pernas	Desconforto	Banco demasiado largo	Impedimento da locomoção e postura incorreta	Falha maior	Utilização de dados antropométricos	Dimensionar banco tendo em conta dimensões do utilizador mais pequeno
Garantir movimento radial das rodas	Bloqueio das rodas	Demasiado aperto do veio na forquilha	Impedimento da locomoção	Falha menor	Alteração do sistema de aperto	Redução do curso da rosca de aperto do eixo
Garantir correcto funcionamento do fecho do banco	Compartimento bloqueado	Não utilização de fechos rápidos	Utilizador não consegue aceder correctamente ao espaço de transporte de objectos	Falha maior	Utilizar fechos disponíveis no mercado	Procurar soluções <i>standard</i> no mercado
		Mau dimensionamento do fecho			Redimensionamento do fecho	Alteração da geometria do fecho
		Fecho bloqueado			Utilizar fechos disponíveis no mercado	Procurar soluções <i>standard</i> no mercado
Garantir correcto funcionamento da dobradiça	Compartimento bloqueado	Dobradiça mal montada	Utilizador não consegue aceder correctamente ao espaço de transporte de objectos / banco solto	Falha maior	Simplificação de encaixes	Simplificação do sistema de montagem do banco
		Dobradiça empenada			Redimensionamento da dobradiça	Procurar soluções <i>standard</i> no mercado
Garantir que o compartimento de transporte é aumentável	Impedimento de aumento da altura do banco	Aumento empenado	Utilizador não consegue aceder correctamente ao espaço de transporte de objectos / banco solto	Falha maior	Redimensionamento / seleção de material diferente	Alteração do material ou geometria do banco
Garantir que elementos sejam desmontáveis	Impedimento de montagem e desmontagem correcta	Mau alinhamento de parafusos	Má montagem e dificuldade na troca de componentes	Falha maior	Simplificação do sistema de aperto	Utilização de parafusos com guia
		Carenagens partidas/danificadas			Seleccionar material diferente	Alteração de geometrias frágeis e utilização de diferente material
		Não utilização de encaixes rápidos			Utilizar encaixes disponíveis no mercado	Procurar soluções <i>standard</i> no mercado

Tabela G.2: FMEA (Parte 2)

Função	Tipo de falha potencial	Causa da falha	Possíveis efeitos da falha	Termos críticos da falha	Medidas de correção	Possíveis ações corretivas ou medidas preventivas
Garantir alcance ao solo	Não garantir alcance necessário ao solo	Altura do banco elevada	Impedimento da locomoção e postura incorreta	Falha menor	Utilização de dados antropométricos	Dimensionar altura do banco tendo em conta dimensões do utilizador mais pequeno, ou estando a usar o aumento, retirá-lo
Ajuste vertical do banco	Banco ficar solto	Mau aperto do fecho	Queda do utilizador e impedimento de locomoção	Falha crítica	Simplificação de encaixes	Procurar soluções <i>standard</i> no mercado
		Má montagem da dobradiça			Simplificação de encaixes	Procurar soluções <i>standard</i> no mercado
Ajuste diagonal do guiador	Guiador ficar solto	Mau aperto	Queda do utilizador e impedimento de locomoção	Falha crítica	Simplificação de encaixes	Procurar soluções <i>standard</i> no mercado
		Desencaixe do aperto			Utilização de sistema de aperto <i>standard</i>	Procurar soluções <i>standard</i> no mercado
Assegurar conforto dos punhos	Desconforto	Largura do guiador/punhos incorreta	Utilizador não consegue utilizar o bicicleta durante períodos prolongados de tempo / má postura corporal e fadiga muscular	Falha menor	Utilização de dados antropométricos	Dimensionar banco tendo em conta dimensões dos utilizadores / criar sistema de alargamento do guiador
		Distância do banco ao guiador incorreta			Utilização de dados antropométricos	Dimensionar guiador tendo em conta dimensões dos utilizadores / ajustar altura do guiador
		Má ergonomia dos punhos			Utilização de dados antropométricos / nova geometria	Dimensionar punhos tendo em conta dimensões da mão dos utilizadores e alteração de geometria e materiais utilizados
Suportar parte do peso do utilizador no guiador	Falha do guiador	Fadiga do material	Queda do utilizador e impedimento de locomoção	Falha crítica	Utilização de novo material / perfil	Alteração do material ou geometria do guiador
Suportar peso do utilizador no banco	Falha do banco	Má montagem	Queda do utilizador e impedimento de locomoção	Falha crítica	Simplificação de encaixes	Simplificação do sistema de montagem do banco
		Fadiga do material			Utilização de material diferente	Alteração do material ou geometria do banco
Assegurar conforto do banco	Desconforto	Dimensões inapropriadas	Utilizador não consegue utilizar o bicicleta durante períodos prolongados de tempo / má postura corporal	Falha menor	Utilização de dados antropométricos	Dimensionar banco tendo em conta dimensões do utilizador mais pequeno
		Ausência de "almofada" no banco			Colocação de almofada de amortecimento	Seleção de material que permita amortecimento
		Material inapropriado			Escolha de material apropriado	Seleção de material que permita amortecimento

Anexo H

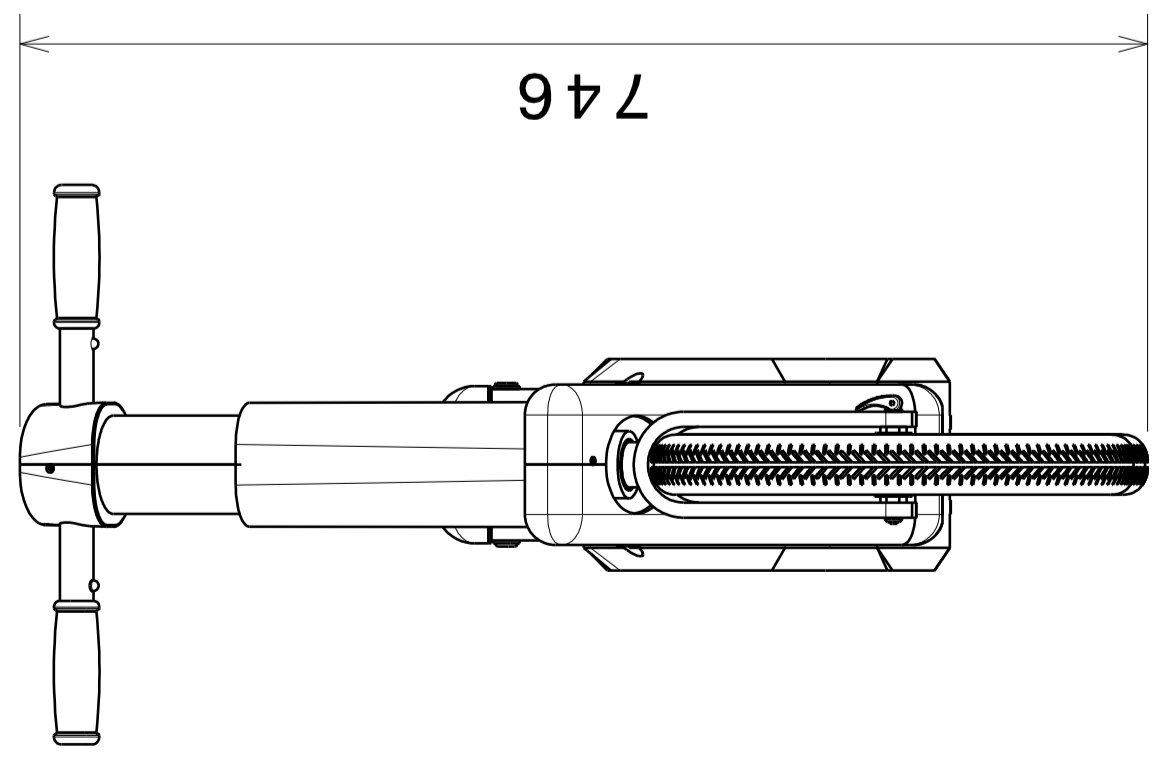
Desenhos de conjunto e montagem

4

3

2

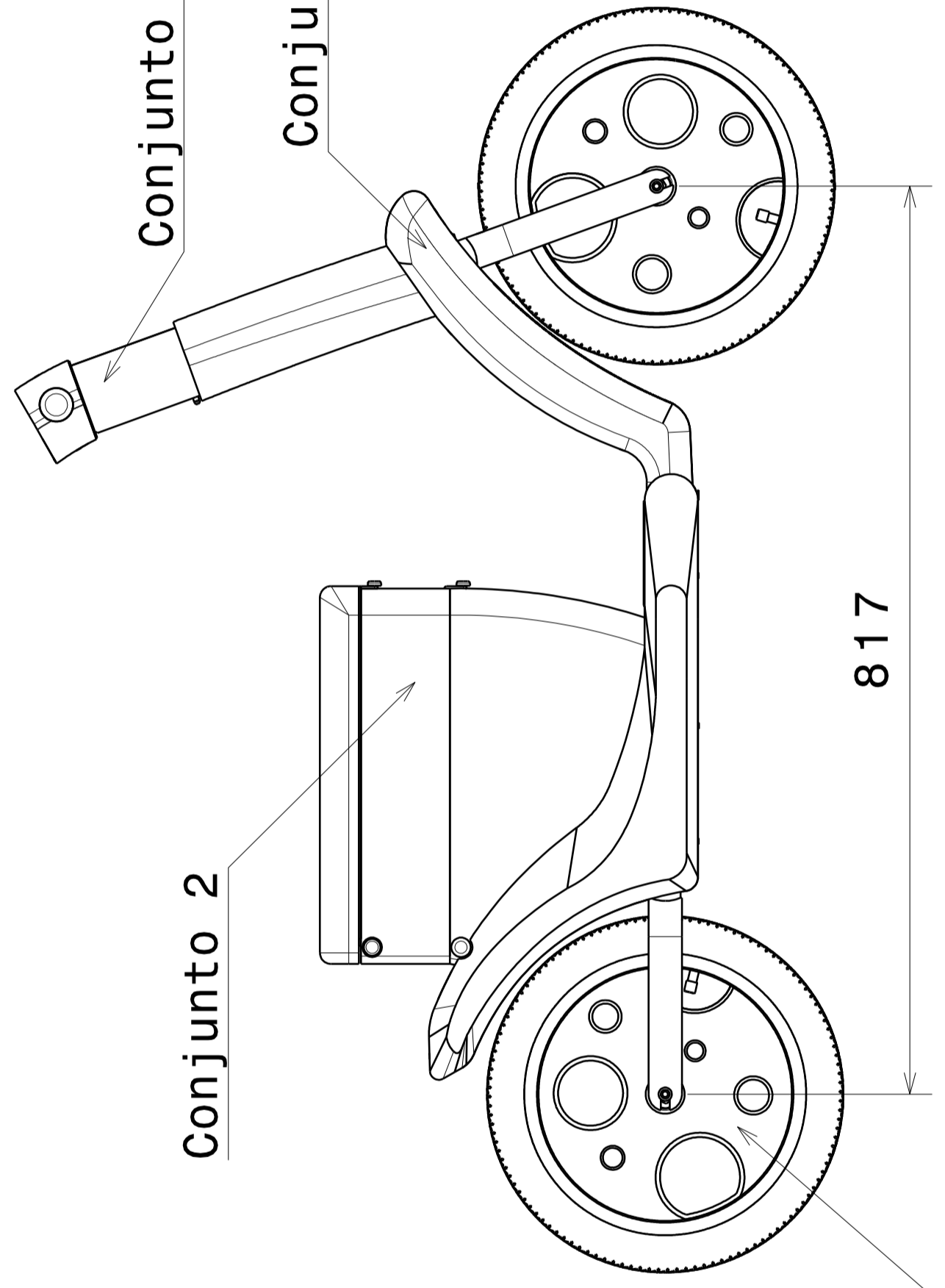
1



Conjunto 2

Conjunto 1

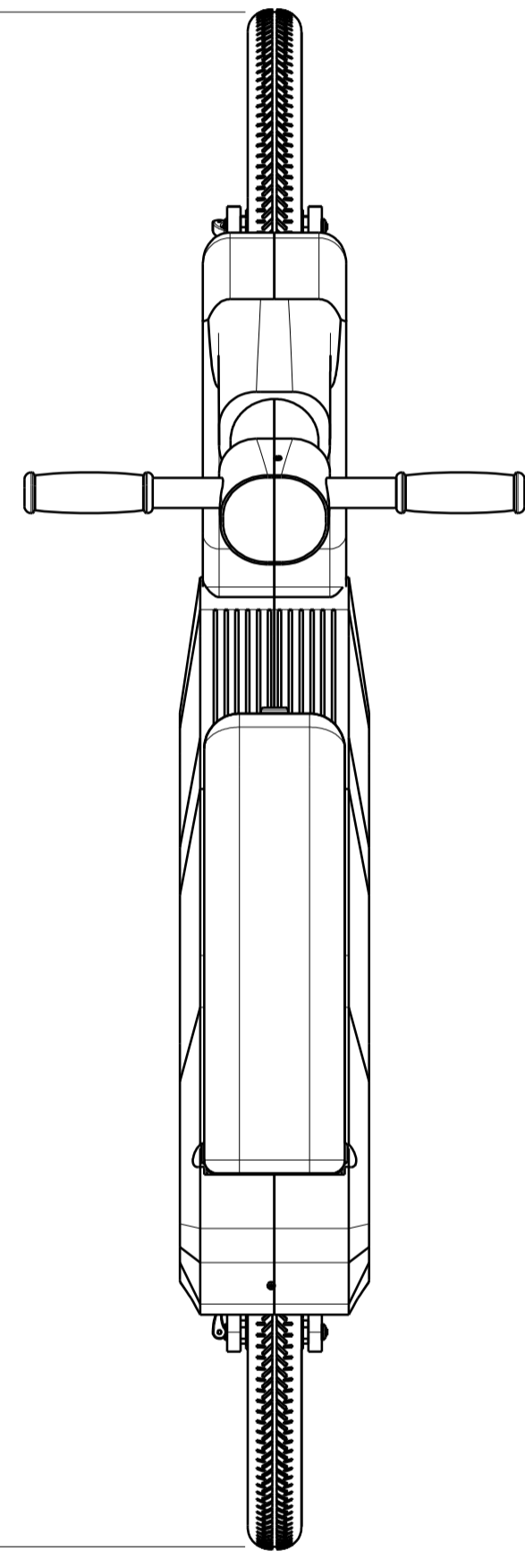
Conjunto 5 e 6



Conjunto 3

817

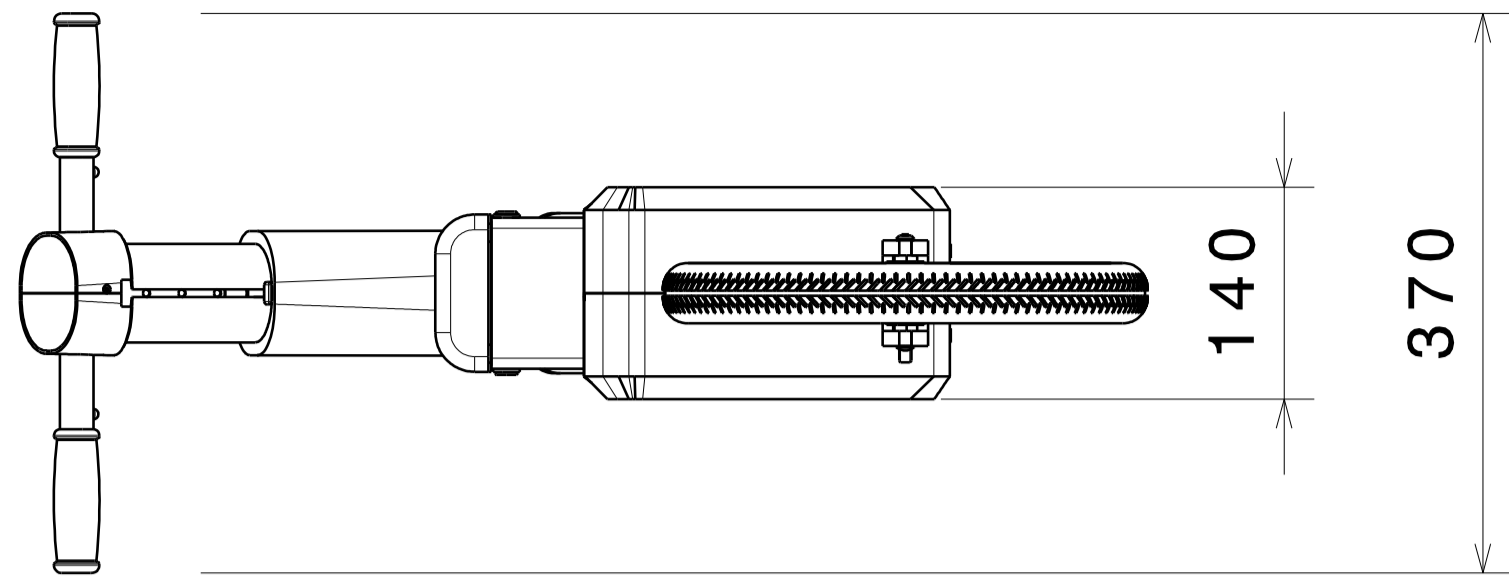
1134



4

3

2



140

370

As referências dos conjuntos 1, 2, 3, 5 e 6 referem-se às montagens do guidador, banco, rodas, carenagens e montagem monocoque, respetivamente, apresentadas nos anexos seguintes.

Título

Biciclo (Dimensões máximas)

Tam. Referência

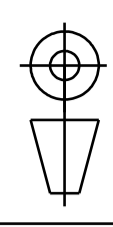
A4 2013-01/02/03

Desenhado por:

André Matos da Silva

Data

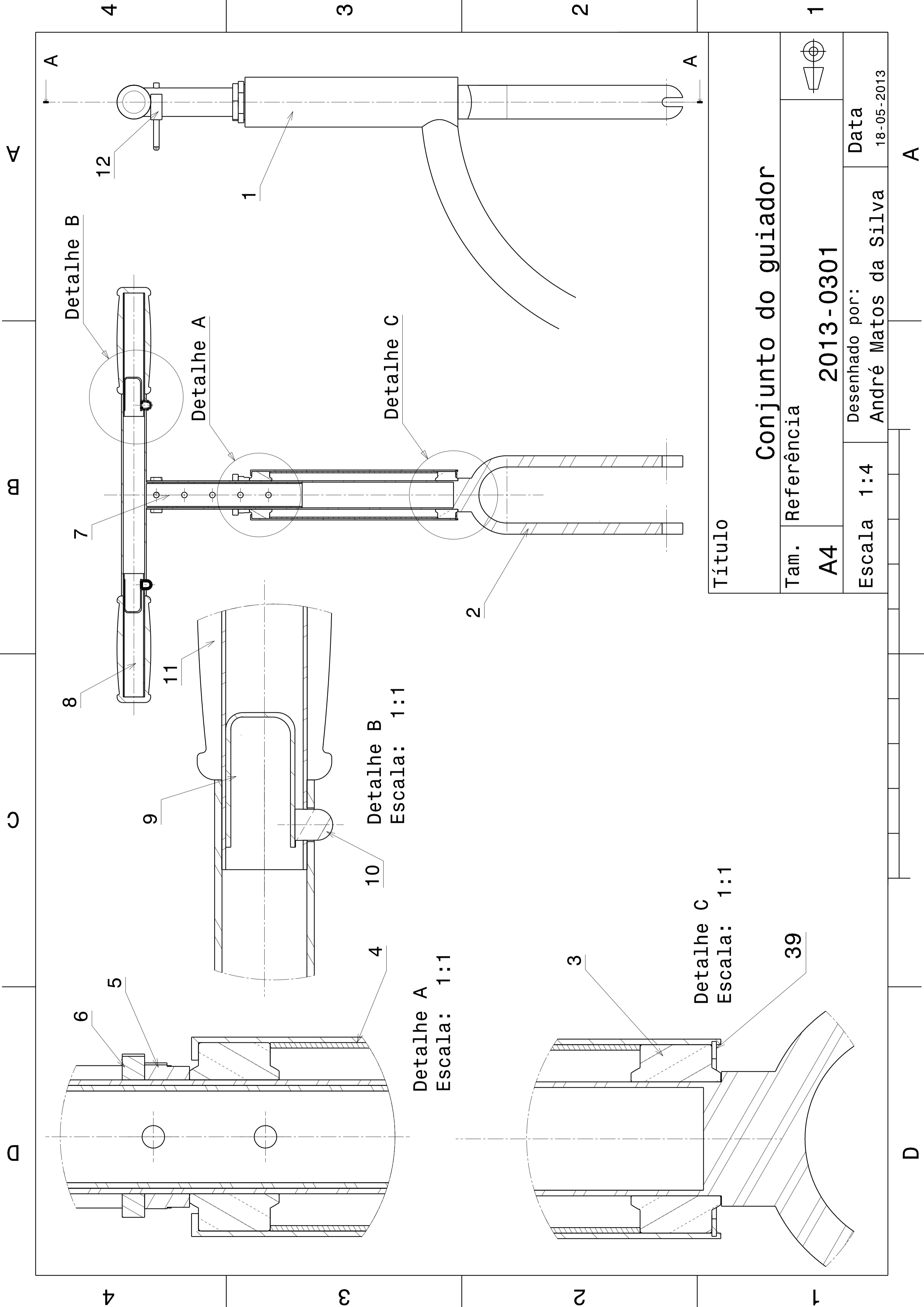
18-05-2013



1

D

A



Título

Conjunto do guiador

Tam. Referência

A4 2013-0301

Escaia 1:4

Desenhado por:
André Matos da Silva

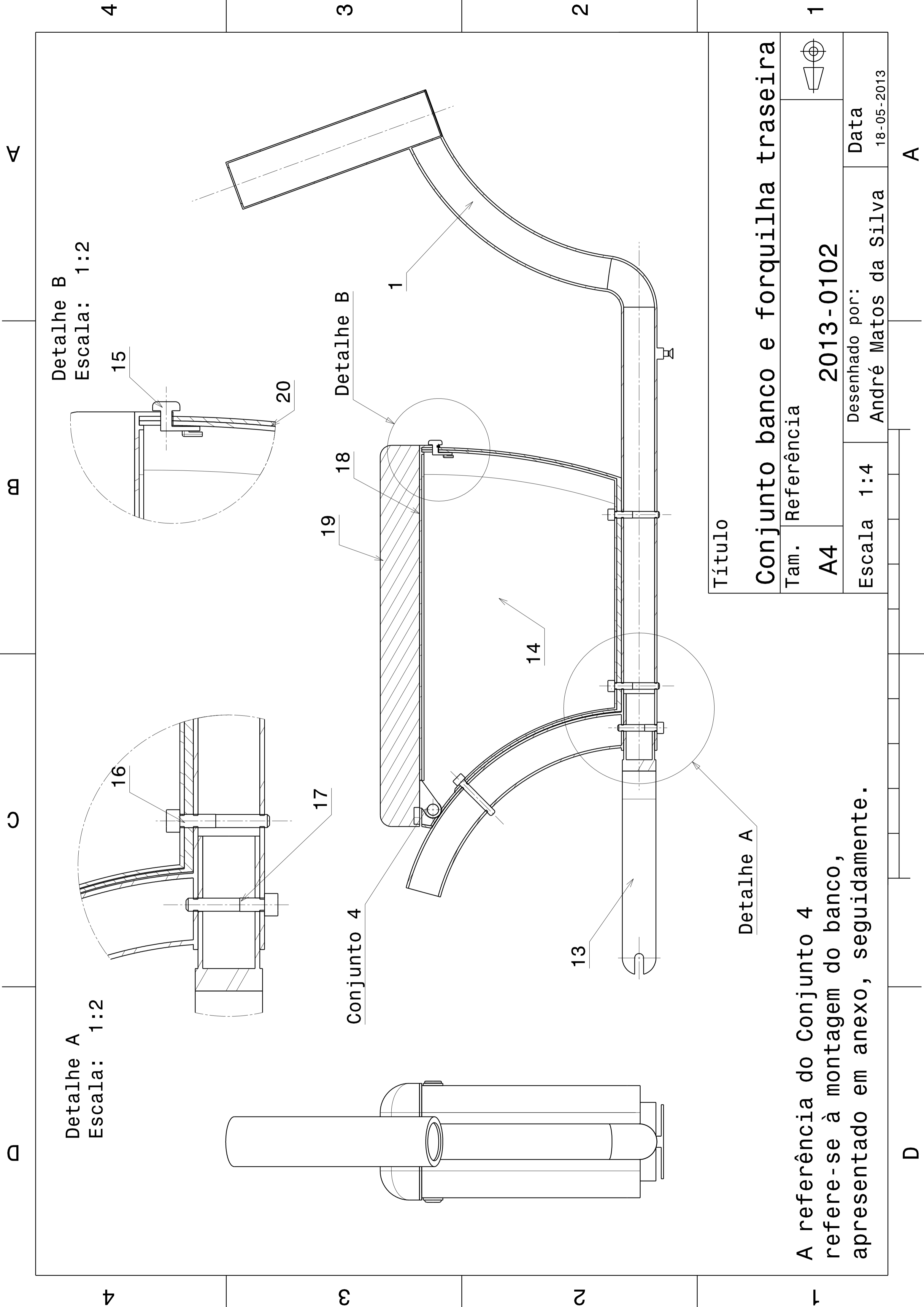
Data

18-05-2013



D

A



Detalhe A
Escala: 1:2

Detalhe B
Escala: 1:2

Título

Conjunto banco e forquilha traseira

Tam. Referência

A4 2013-0102

Escala 1:4

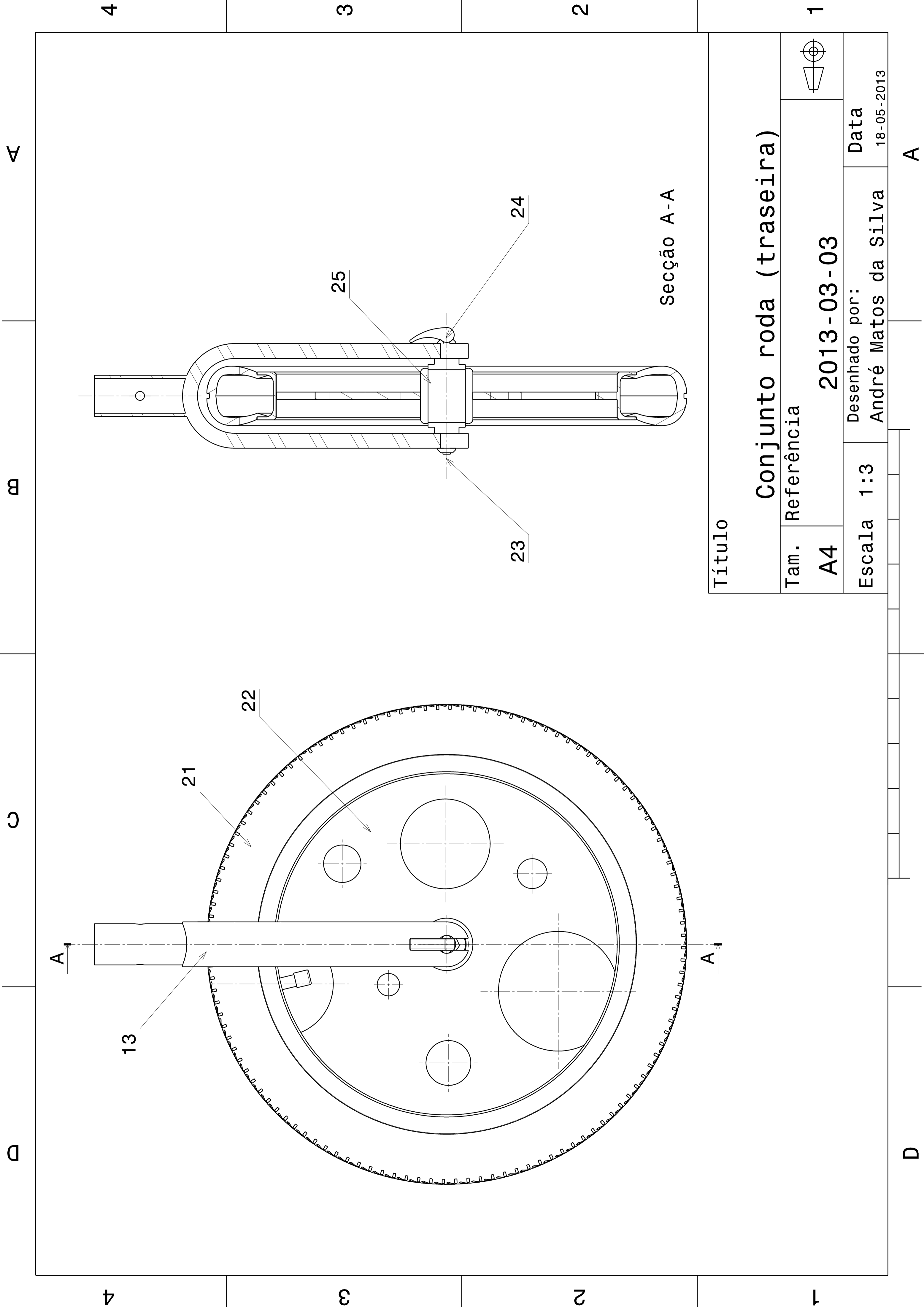
Desenhado por:
André Matos da Silva

Data
18-05-2013

A referência do Conjunto 4 refere-se à montagem do banco, apresentado em anexo, seguidamente.

D

A



Secção A-A

Título

Conjunto roda (traseira)

Tam. Referência

A4 2013-03-03

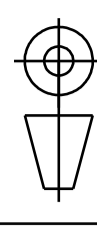
Desenhado por:

André Matos da Silva

Data

18-05-2013

Escala 1:3



1

D

A

A

B

C

D

4

4

3

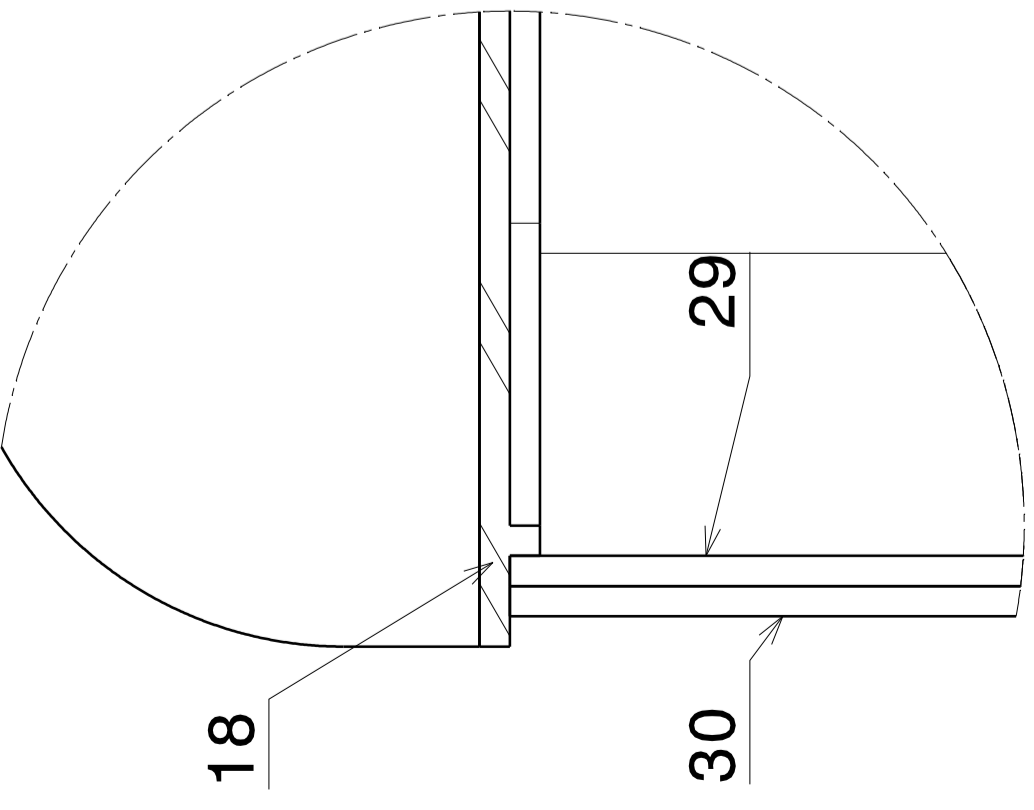
3

2

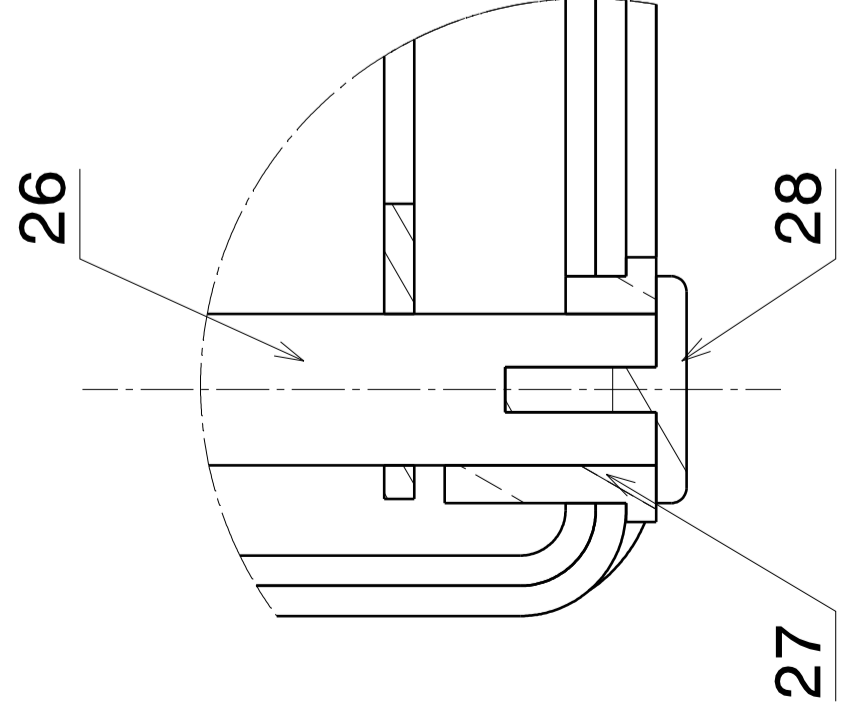
2

1

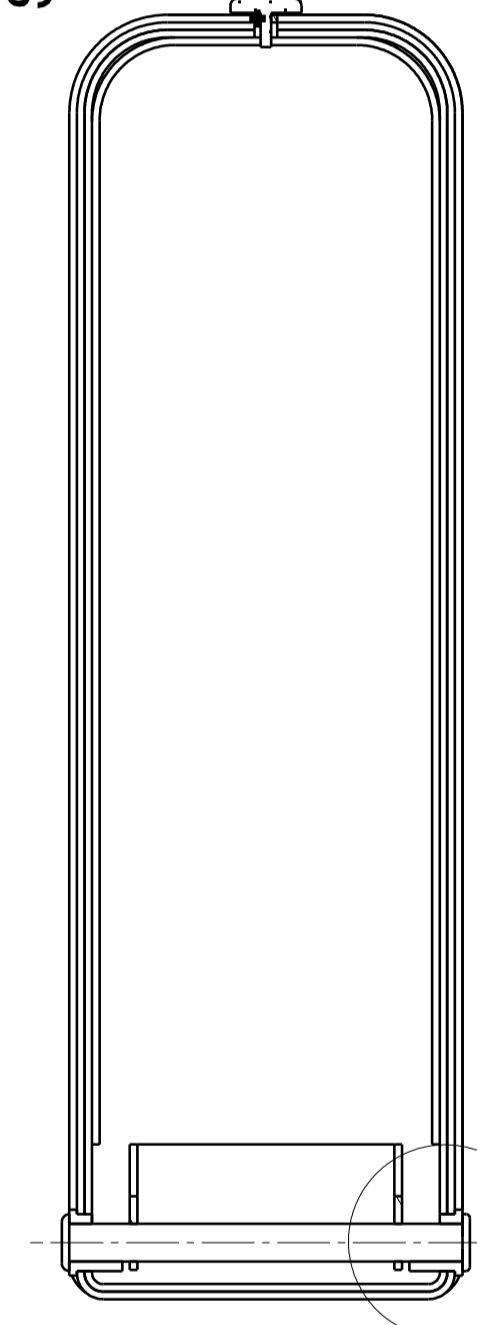
1



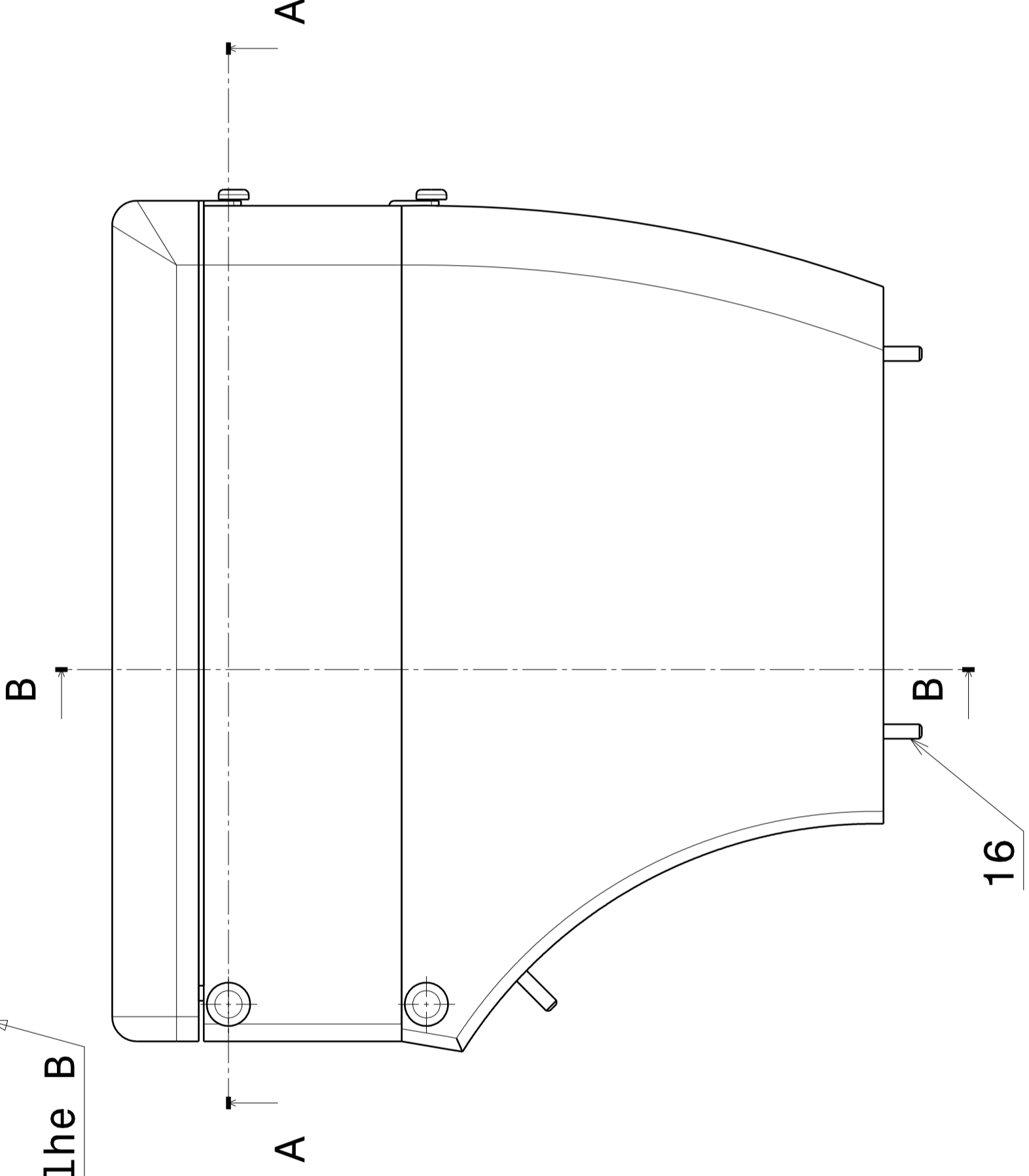
Detalhe A
Escala: 1:1



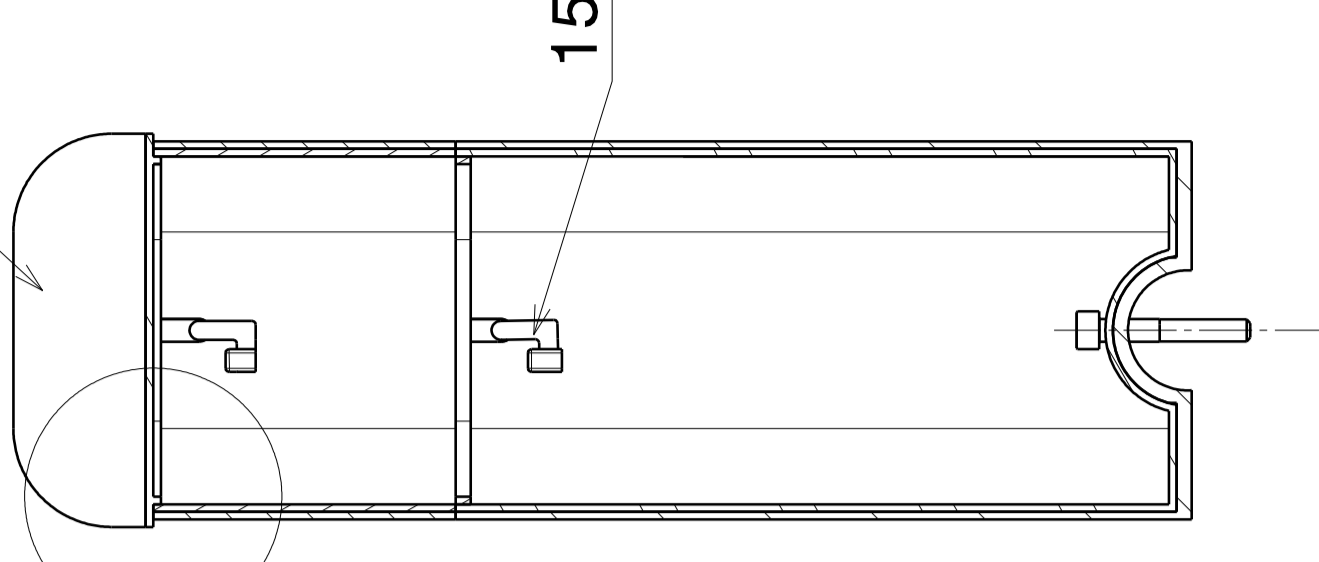
Detalhe B
Escala: 1:1



Detalhe B



Detalhe A



Secção A-A

Título			
Conjunto do banco (com aumento)			
Tam.	Referência	Data	
A4	2013-0304	18-05-2013	
Desenhado por:		Data	
André Matos da Silva		18-05-2013	

D

A

4

B

C

D

4

3

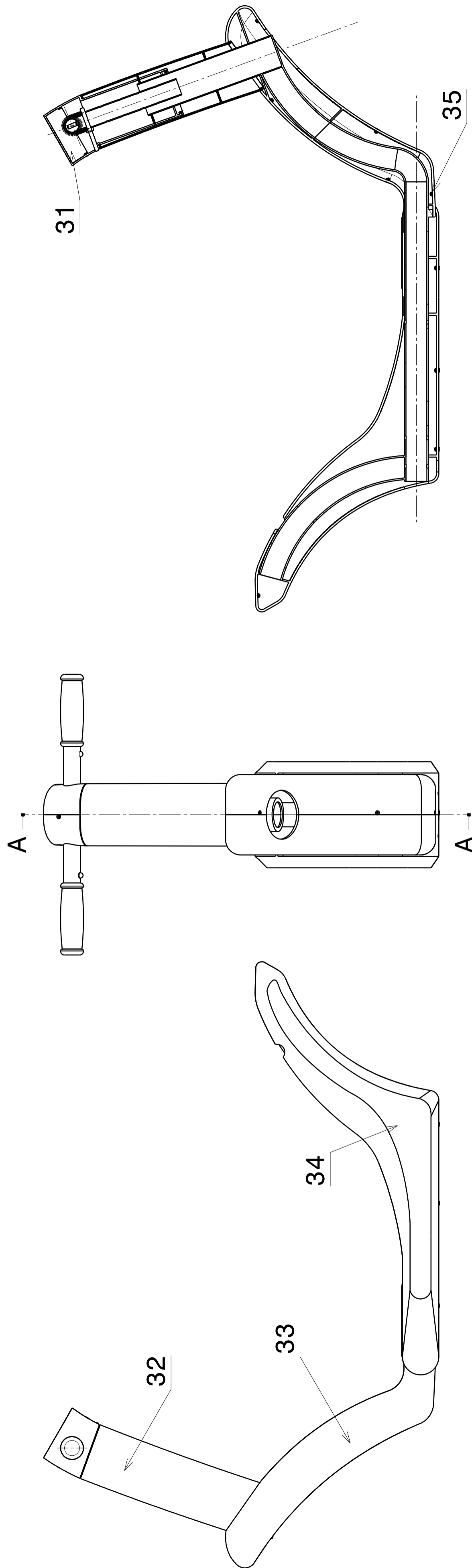
3

2

2

1

1



Secção A-A

Título

Conjunto das carenagens

Tam.

A4

Referência

2013-0105

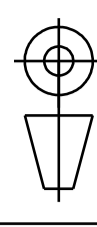
Desenhado por:

André Matos da Silva

Escala 1:8

Data

18-05-2013



D

A

4

B

C

D

4

3

3

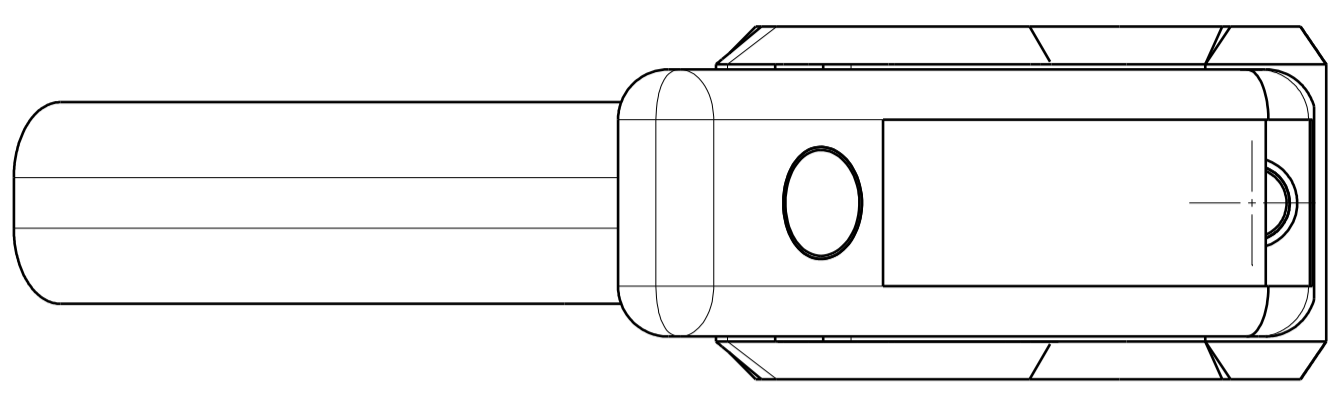
2

2

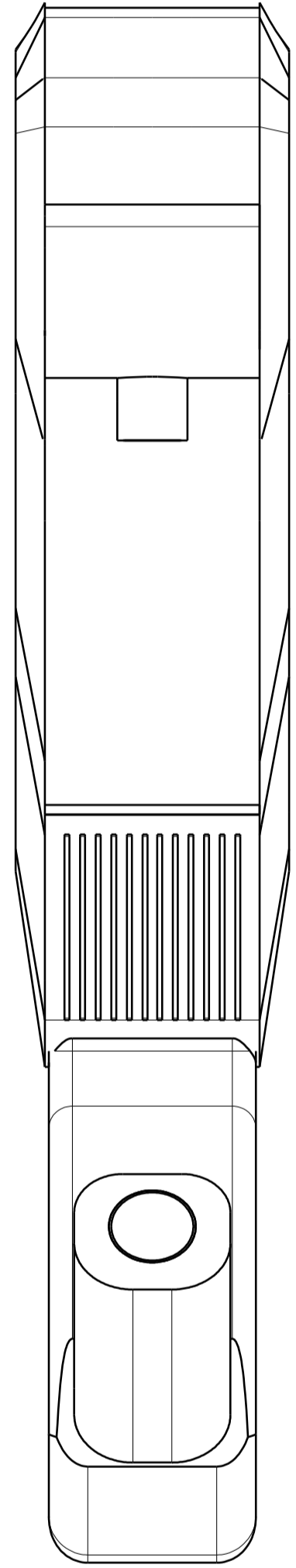
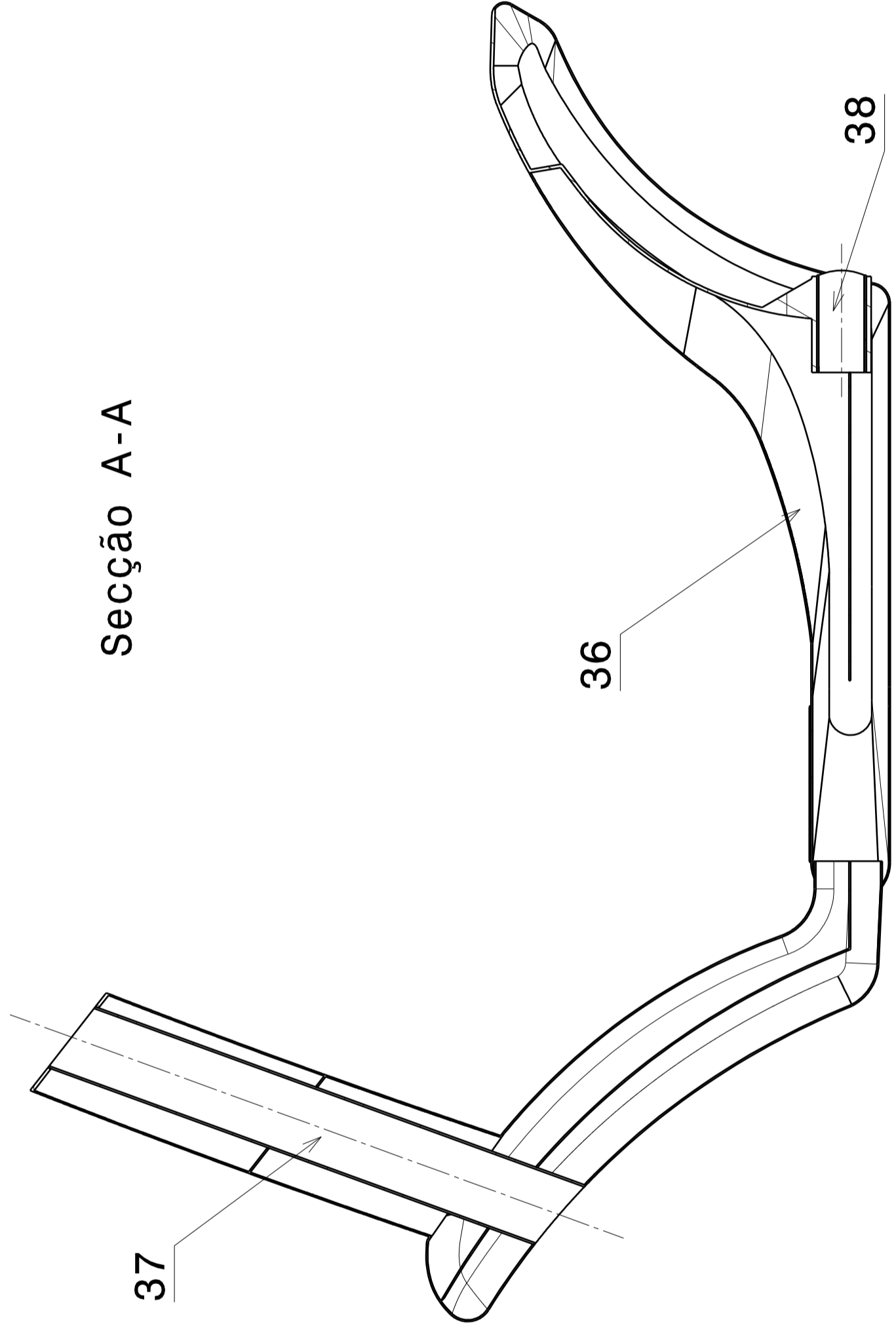
1

1

A A



Secção A-A



Título

Conjunto quadro monocoque

Tam. Referência

A4 2013-0206

Desenhado por:

André Matos da Silva

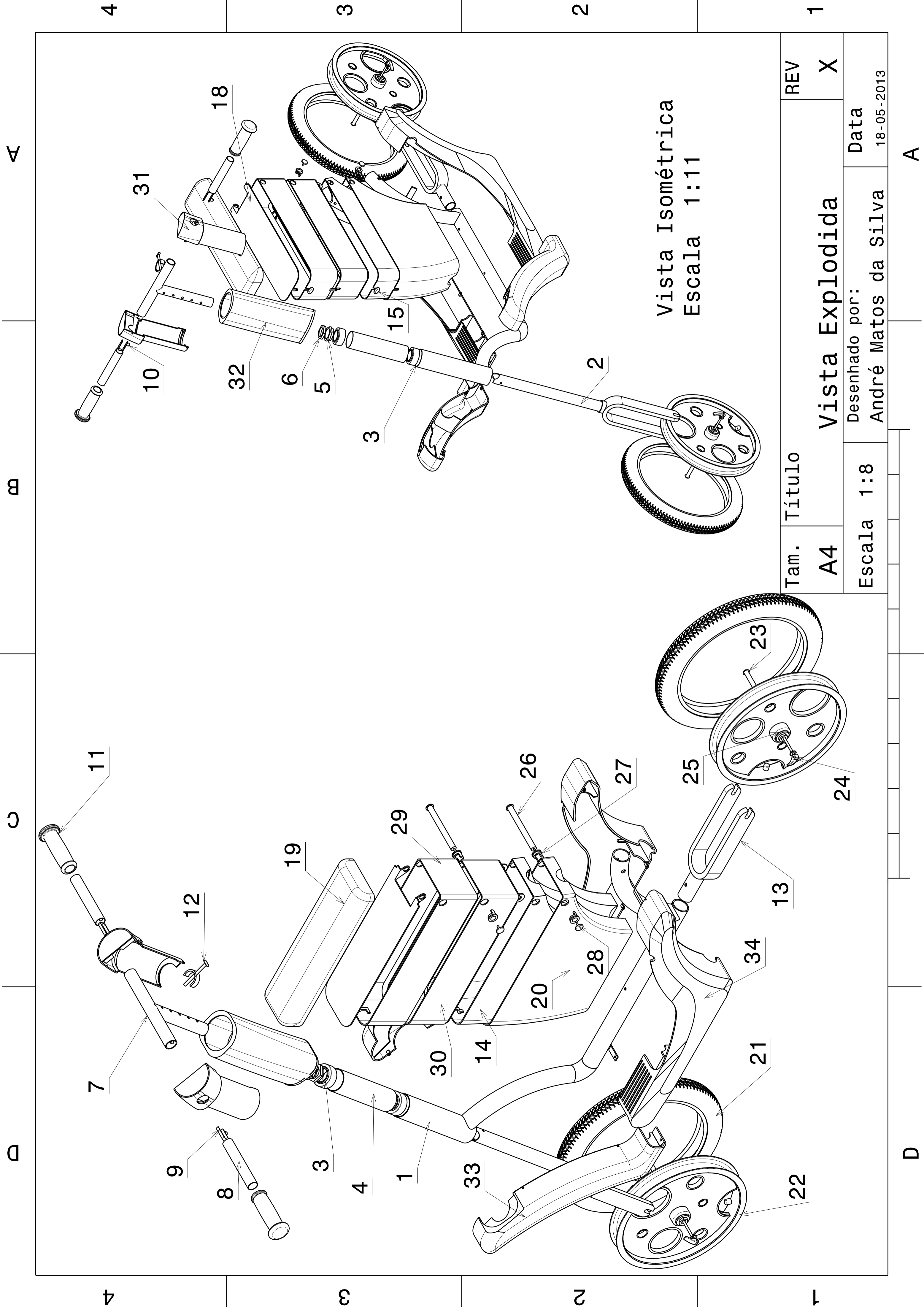
Data

18-05-2013



D

A



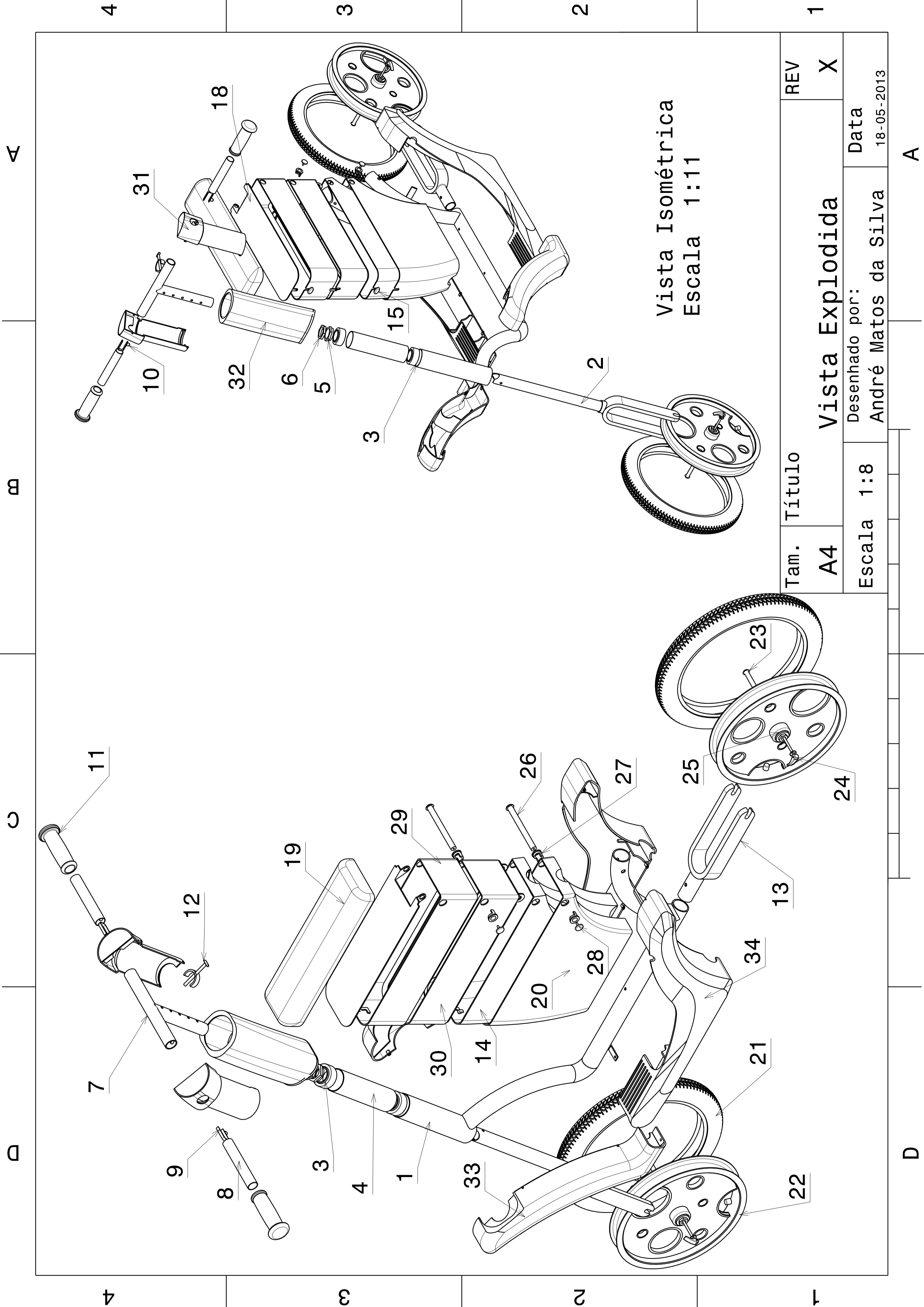
Vista Isométrica
Escala 1:11

Tam.	Título
A4	Vista Explodida

REV	X
-----	---

Escola	1:8
--------	-----

Desenhado por:	Data
André Matos da Silva	18-05-2013



A

D

Anexo I

Desenhos de definição

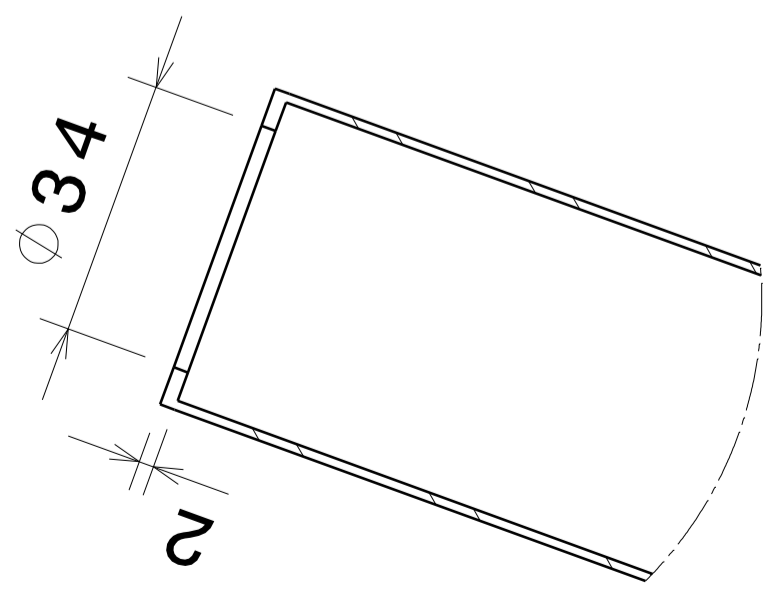
9.1 Definições de nomenclatura

Os seguintes desenhos de definição presentes neste anexo, possuem referências cruzadas com os desenhos de conjunto do Anexo H.

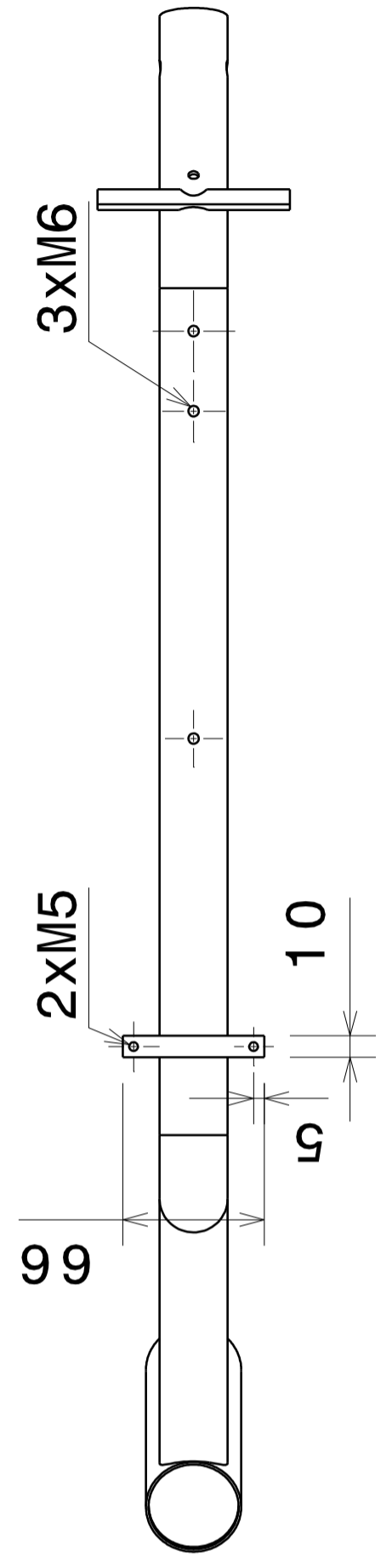
O código genérico 2013-PAPSNDP interpreta-se da seguinte forma: 2013 é referente ao ano de criação, o “PA” (Pertence ao *Assembly*) refere-se ao *assembly* principal, podendo este ser 01 no caso de se referir à montagem tubular, 02 para montagem monocoque ou 03 se o *assembly* for partilhado. O “PS” (Pertence ao *Sub-assembly*) refere-se ao *sub-assembly*, podendo este ir de 01 a 06, segundo o conjunto a que se referir. O “NDP” (Número Da Peça), tal como o nome indica, refere o número da peça presente no *sub-assembly*, e indicado no respetivo desenho de definição.

A lista de peças encontra-se resumida no final deste anexo.

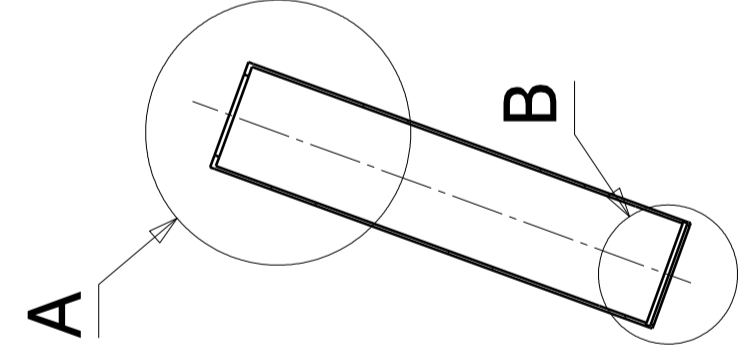
4 3 2 1



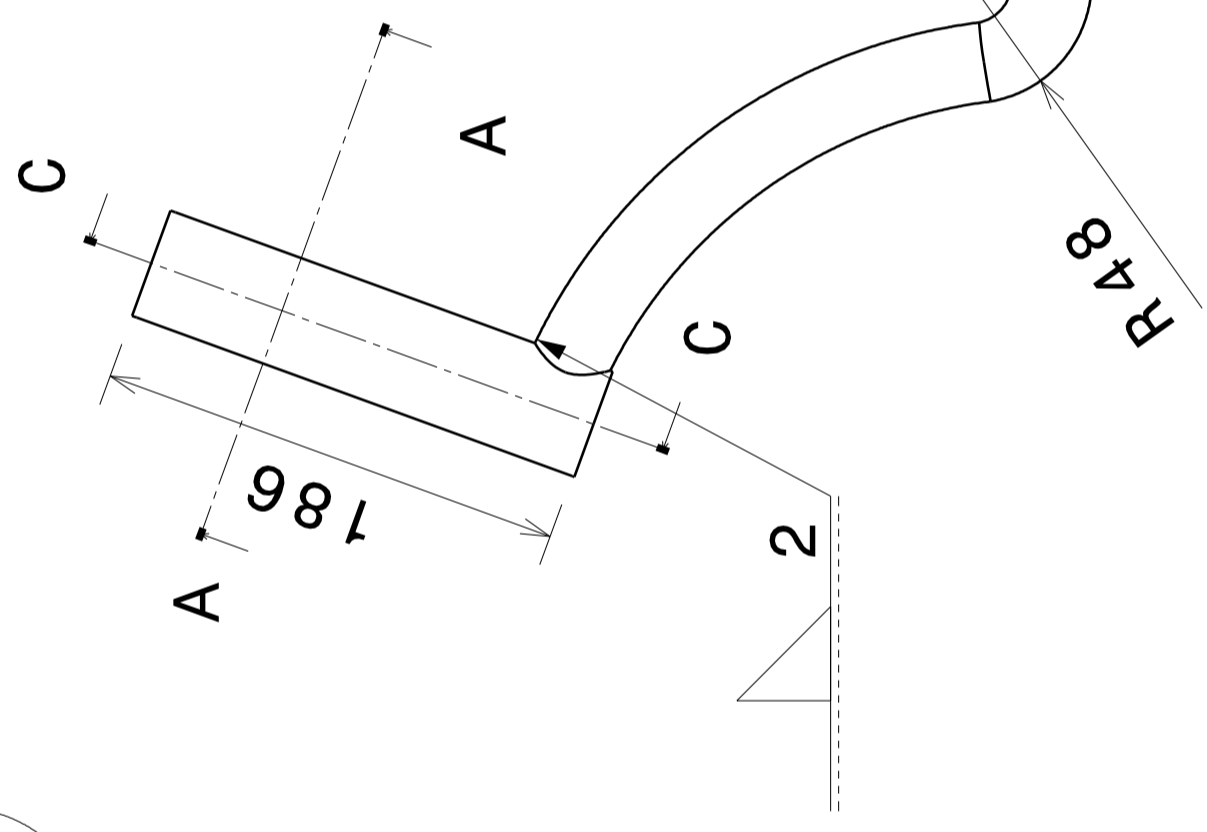
Detalhe A
Escala 1:2



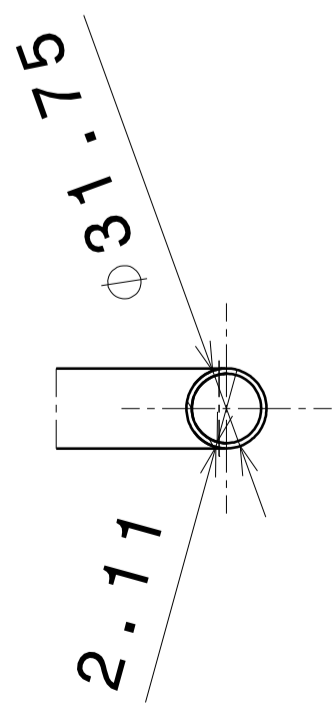
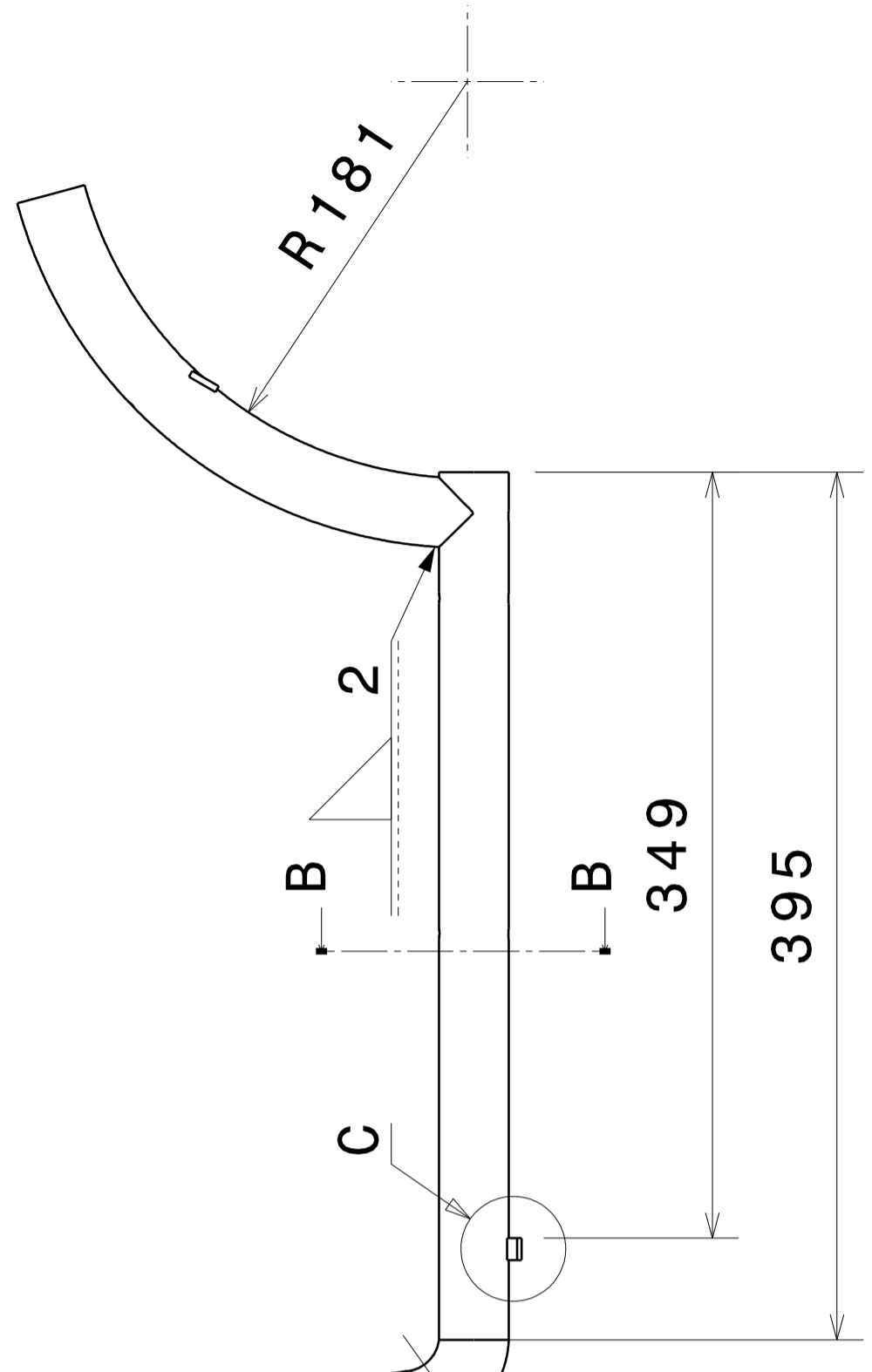
Detalhe B
Escala 1:2



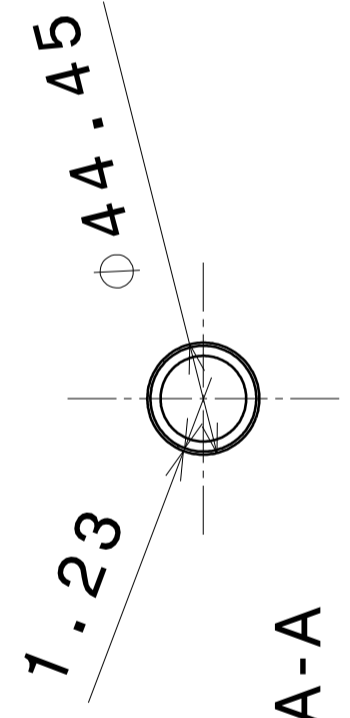
Detalhe C
Escala 1:2



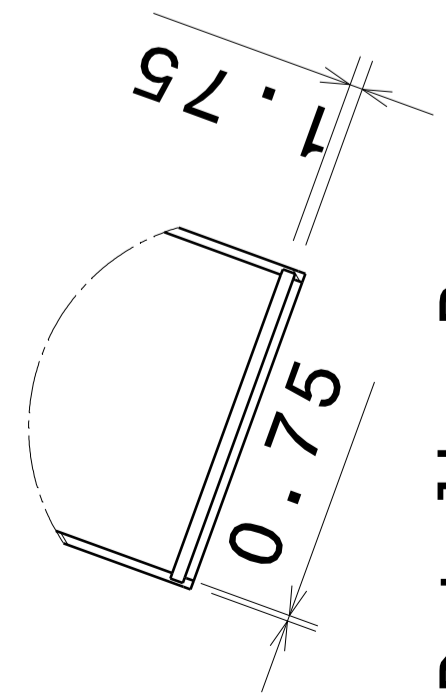
Secção C-C



Secção B-B



Secção A-A



Detalhe B
Escala 1:2

Título		Quadro	
Tam.	Referência	Desenhado por:	
A4	2013-0102001	André Matos da Silva	Data
Escola	1:6	18-05-2013	

Toleranciamento ISO 8015
ISO 2768 m-K

D A

A

B

C

D

4

4

3

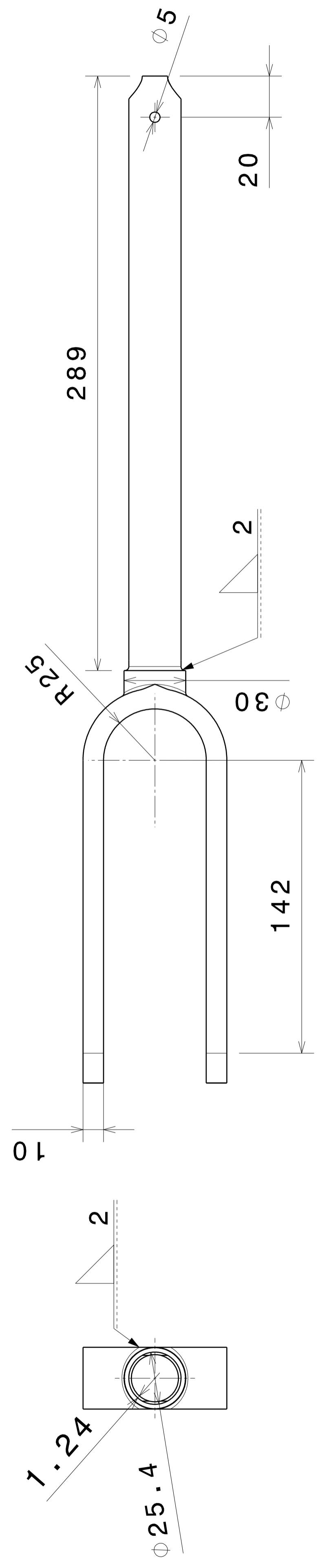
3

2

2

1

1



R11.12

Toleranciamento ISO 8015
ISO 2768 m-K

Título

Forquilha frontal

Tam. Referência

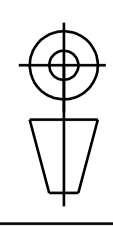
A4 2013-0301002

Escaala 1:3

Desenhado por:
André Matos da Silva

Data

18-05-2013

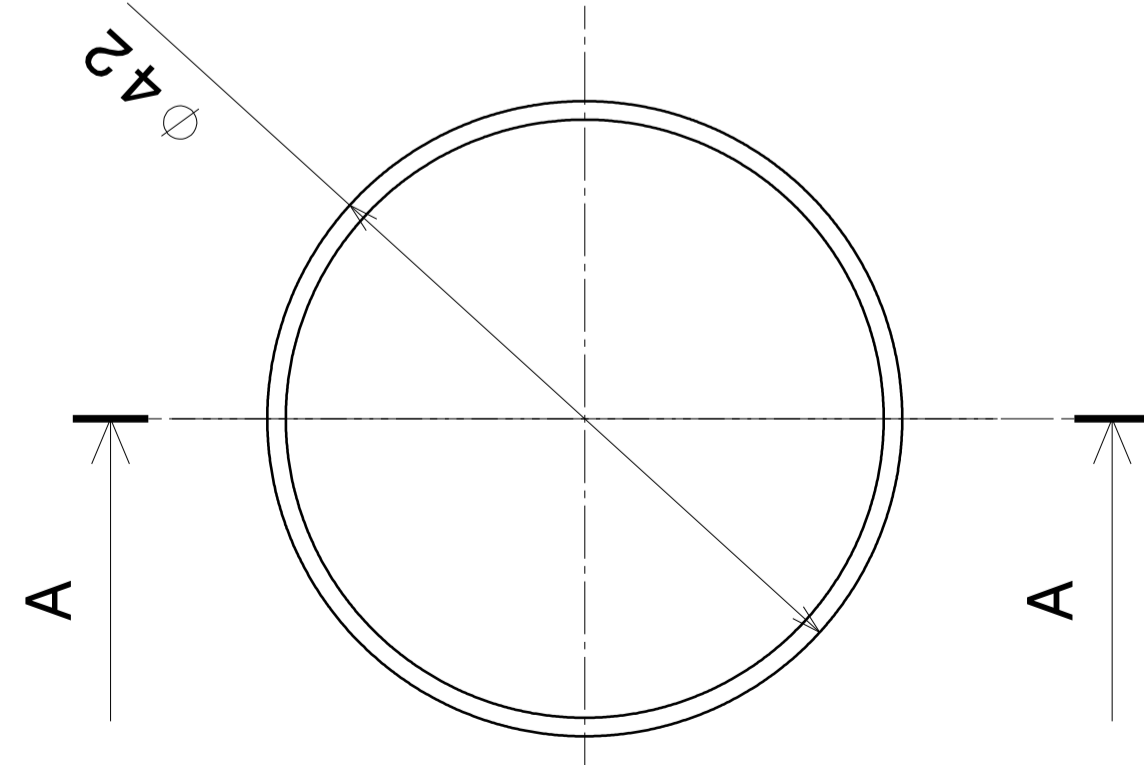


D

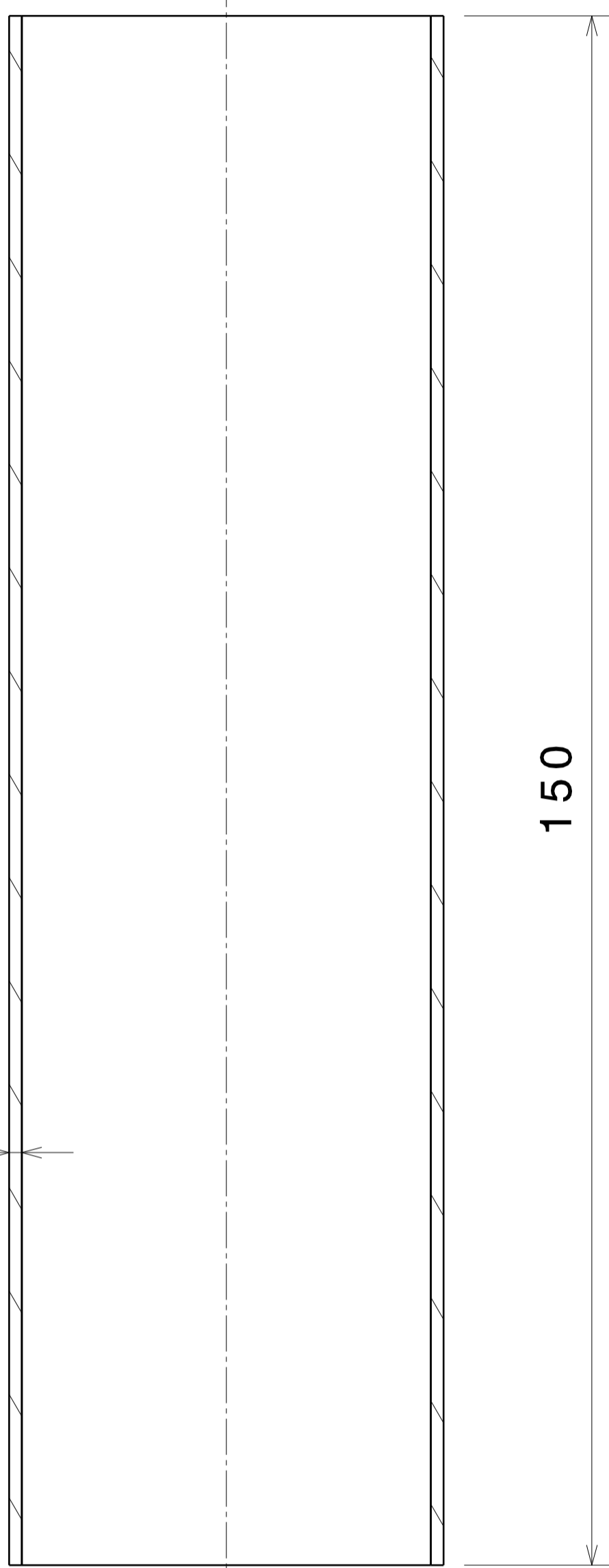
A

4 3 2 1

A B C D



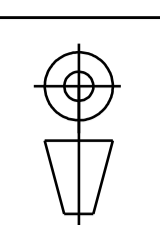
1.23



Secção A-A

Toleranciamento ISO 8015
ISO 2768 m-K

Título		Camisa de espaçamento	
Tam.	Referência	2013-0301004	
A4	Desenhado por:		Data
Escaia 1:1	André Matos da Silva	18-05-2013	



4 3 2 1

A B C D

4

B

C

D

4

B

C

D

3

B

C

D

2

B

C

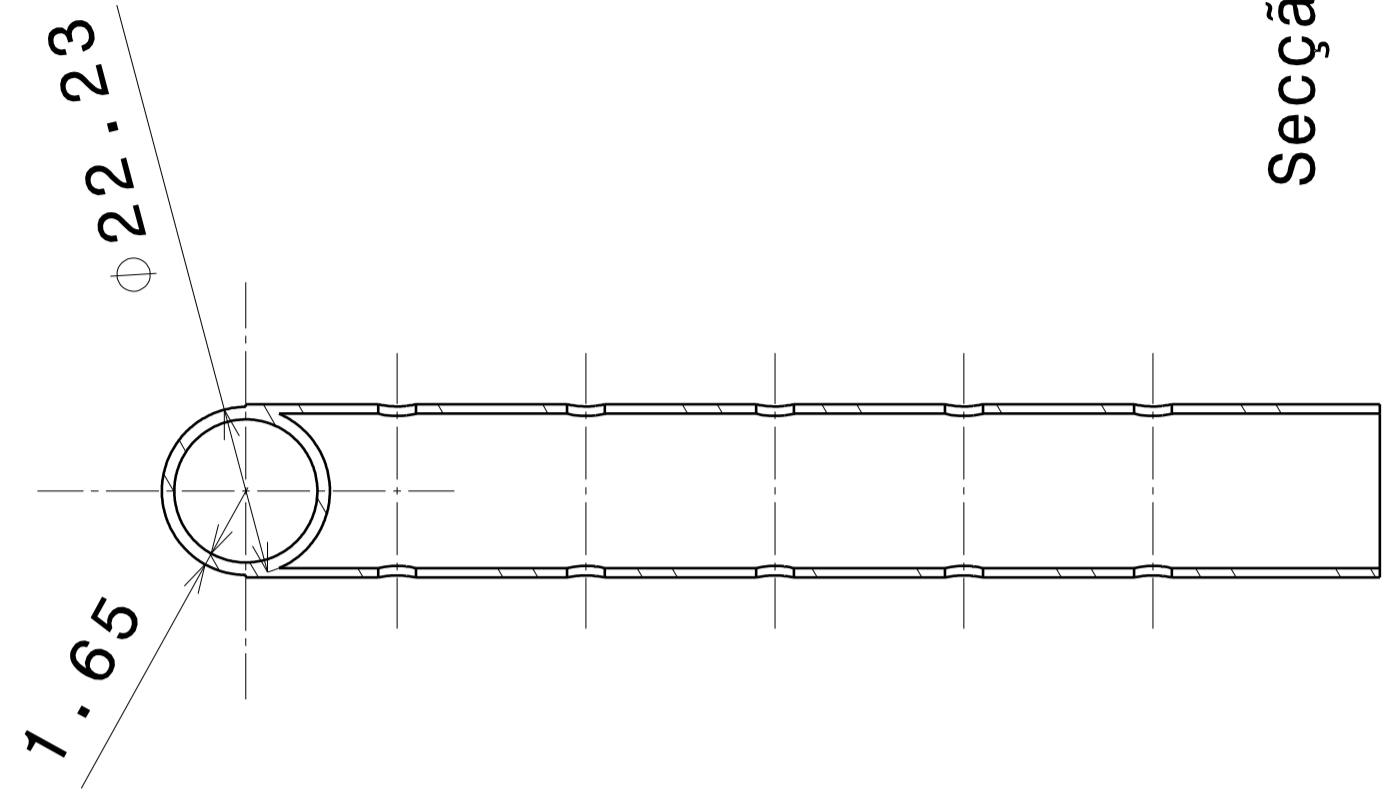
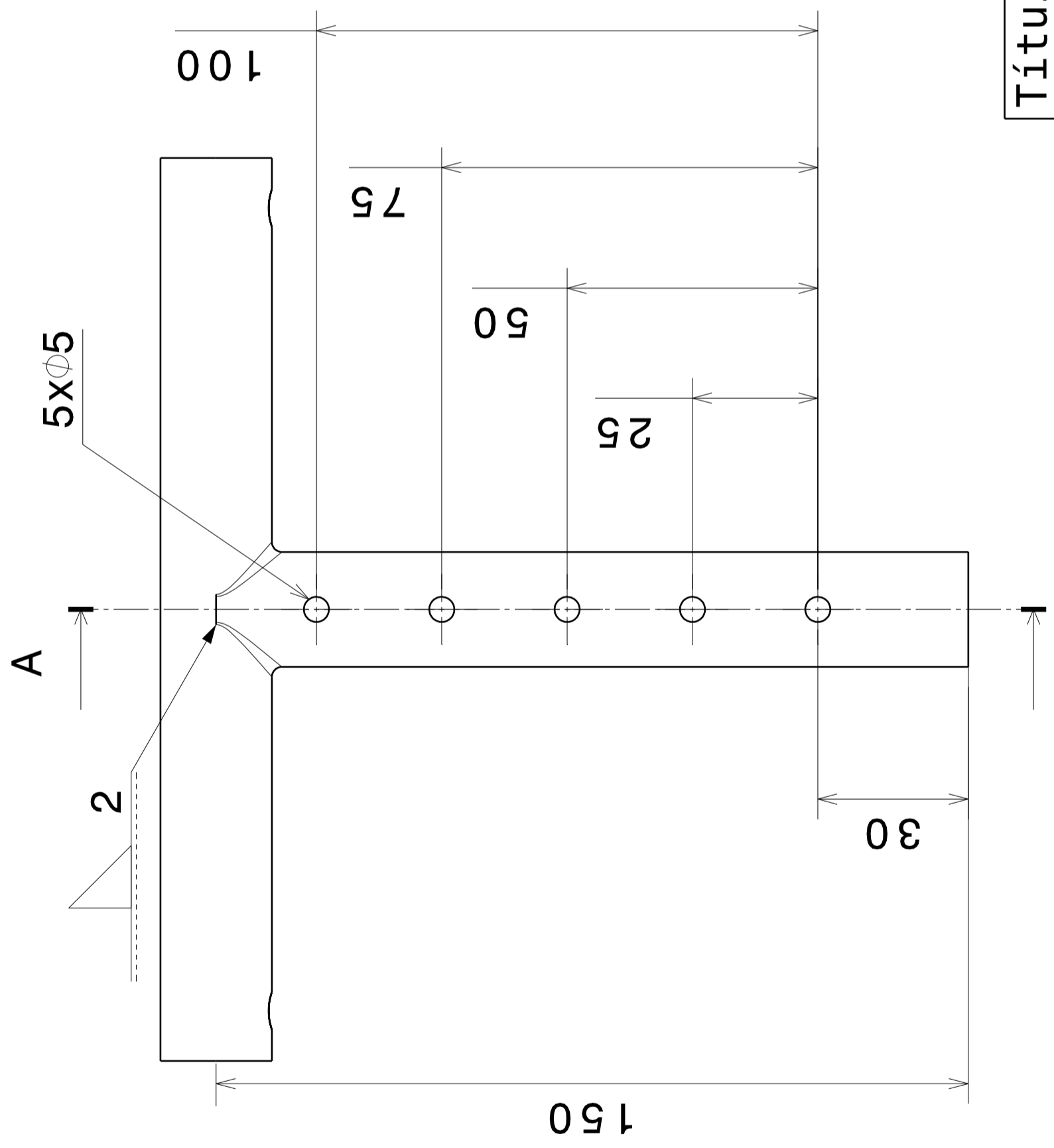
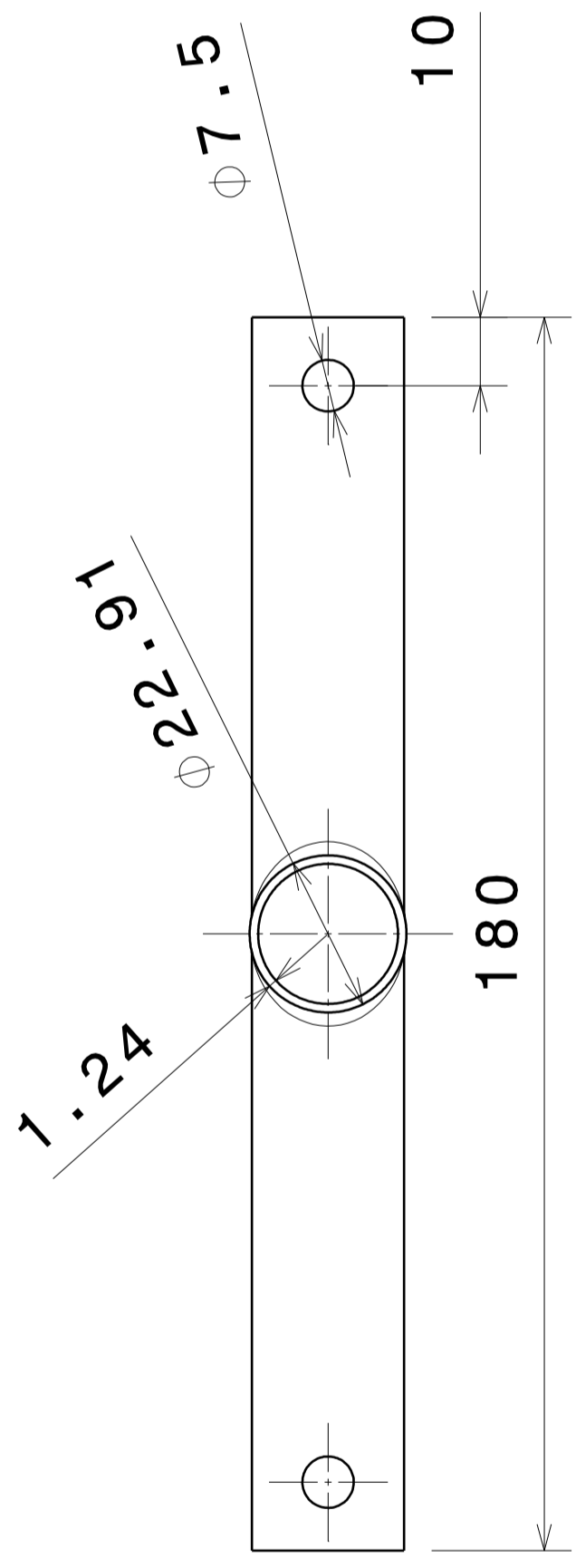
D

1

B

C

D



Secção A-A

Título

Espigão do guiador

Tam. Referência

A4 2013-0301007

Escaala 1:2

Desenhado por: André Matos da Silva

Data

18-05-2013

Toleranciamento ISO 8015
ISO 2768 m-K

A

A

D

4

3

2

1

4

4

3

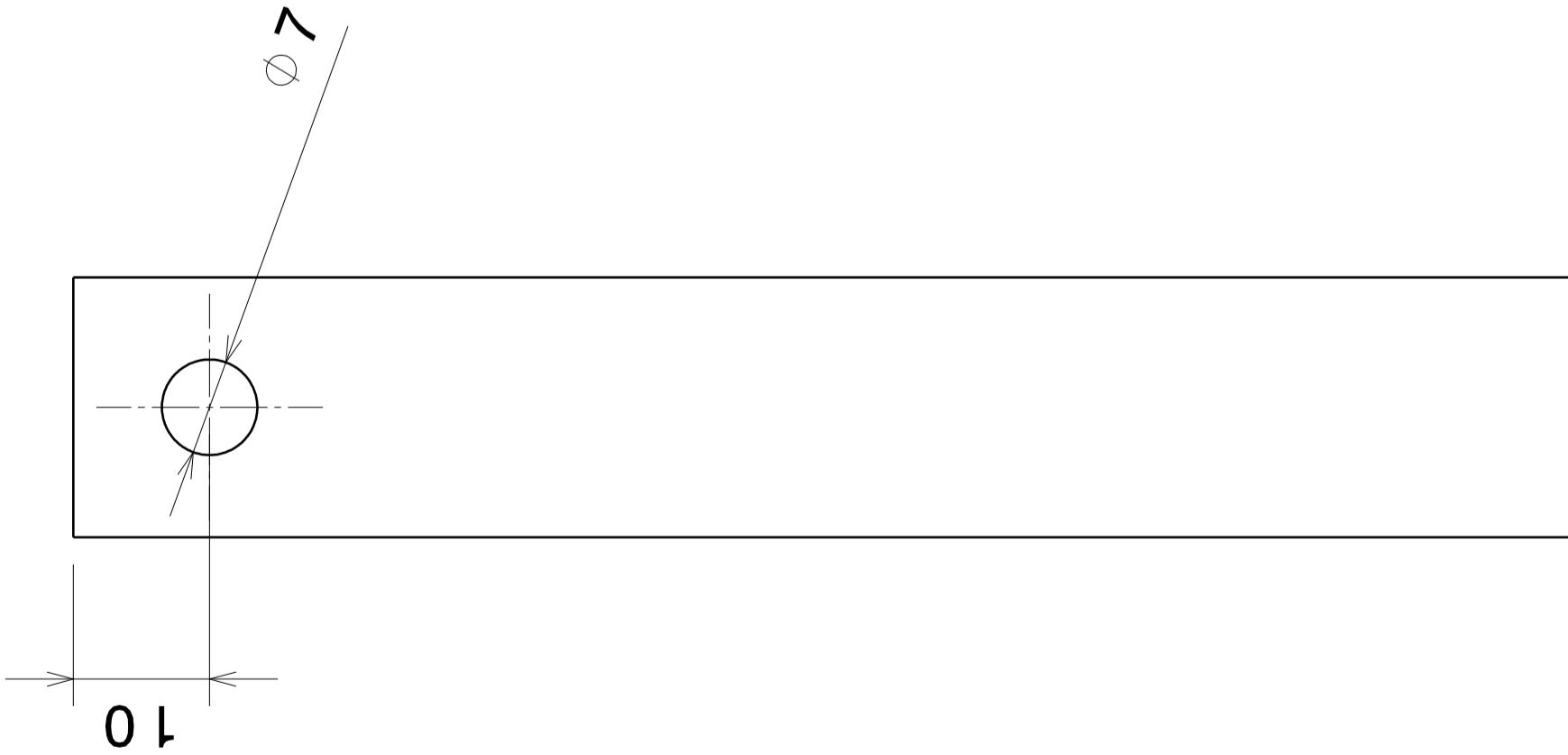
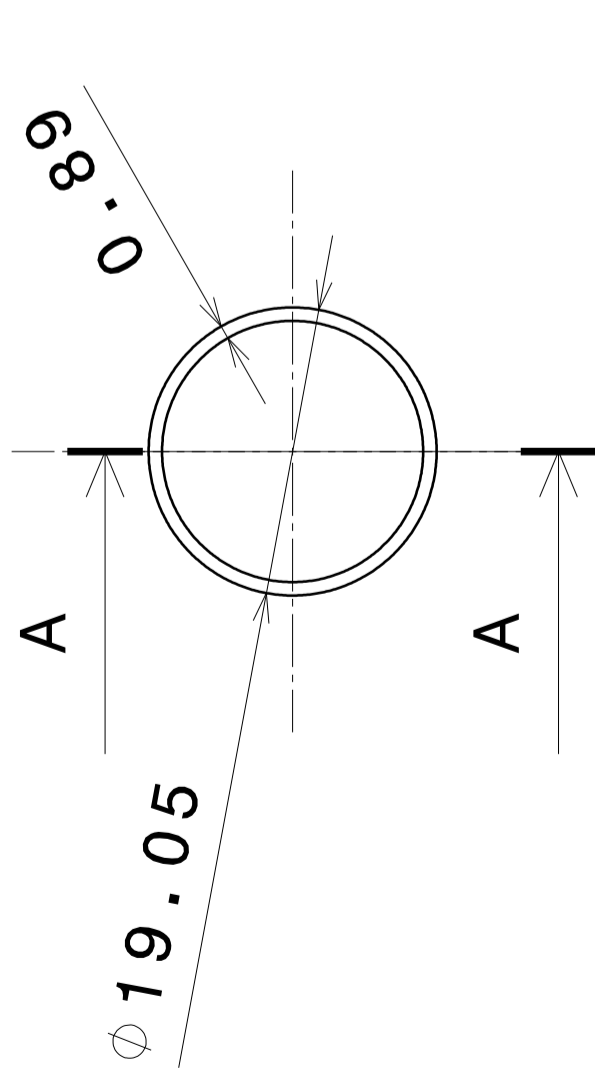
3

2

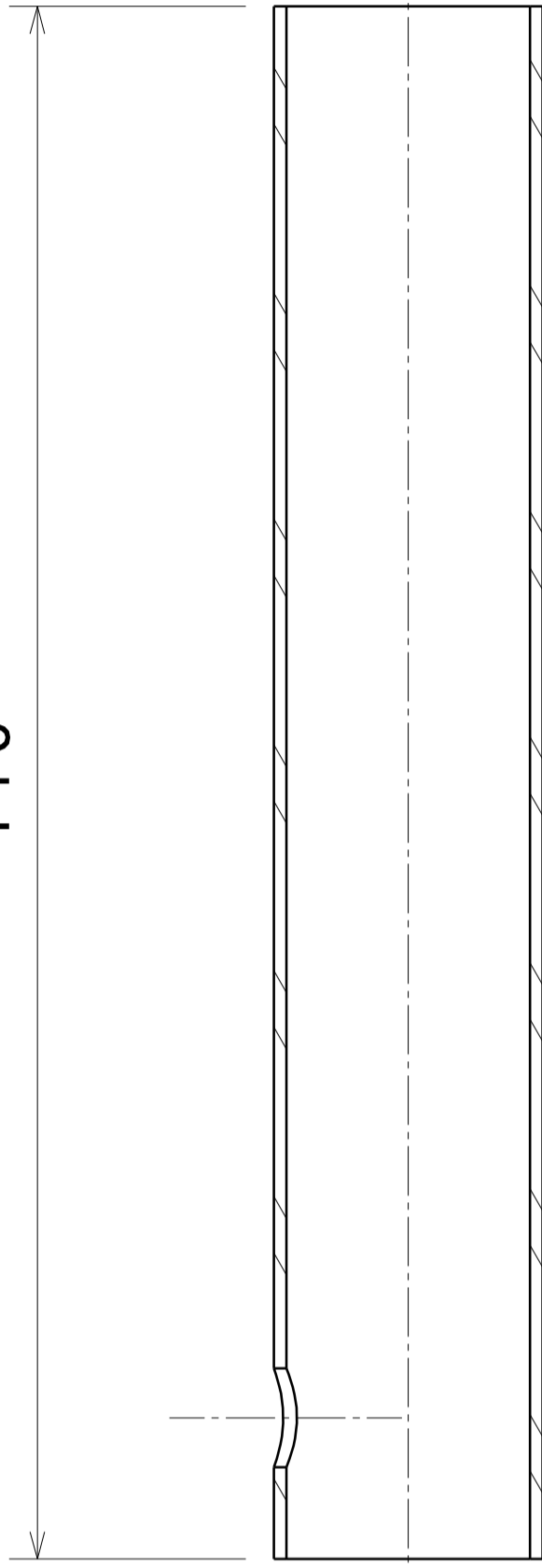
2

1

1



110



Secção A-A

Toleranciamento ISO 8015
ISO 2768 m-K

Título

Punho (interior alumínio)

Tam.

Referência

A4

2013-0301008

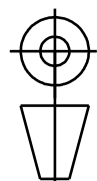
Escala 1:1

Desenhado por:

André Matos da Silva

Data

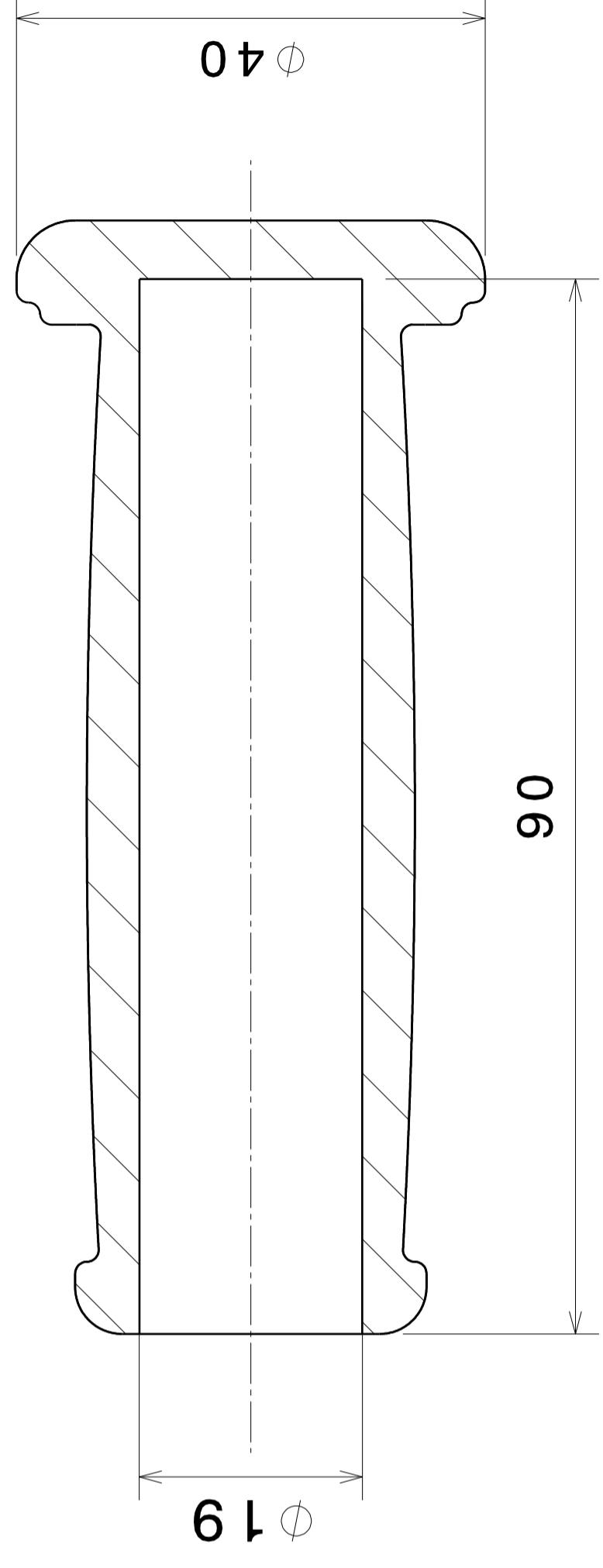
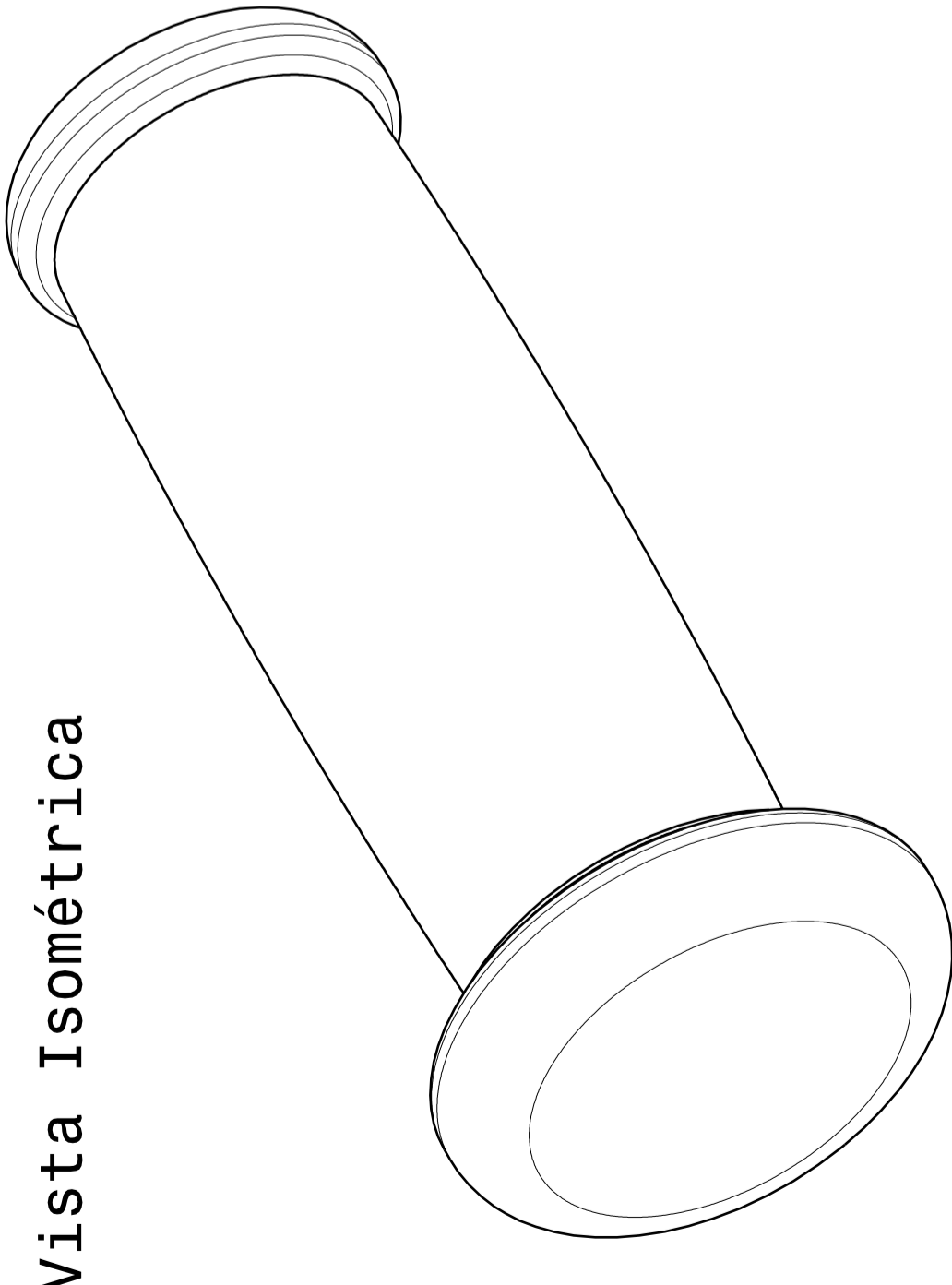
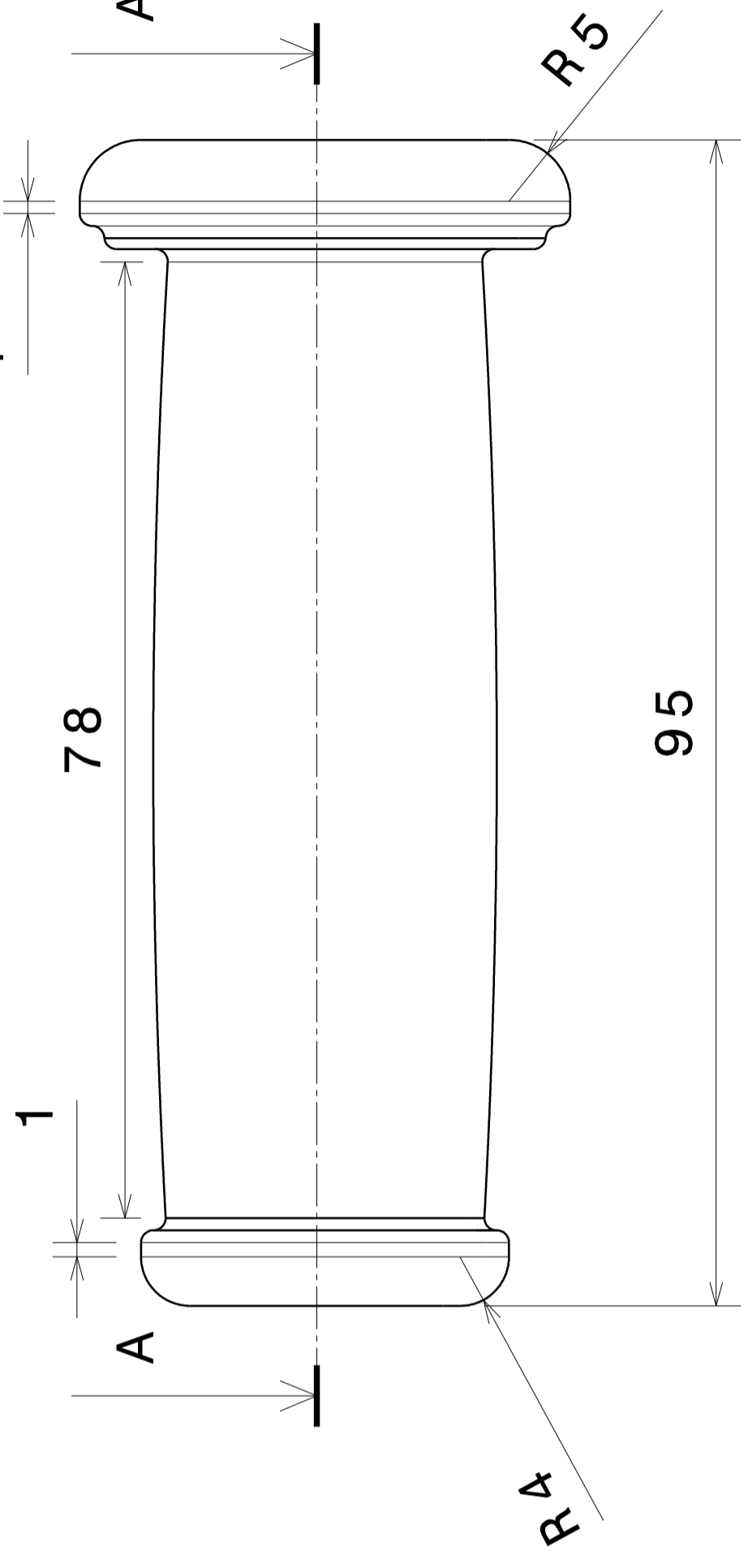
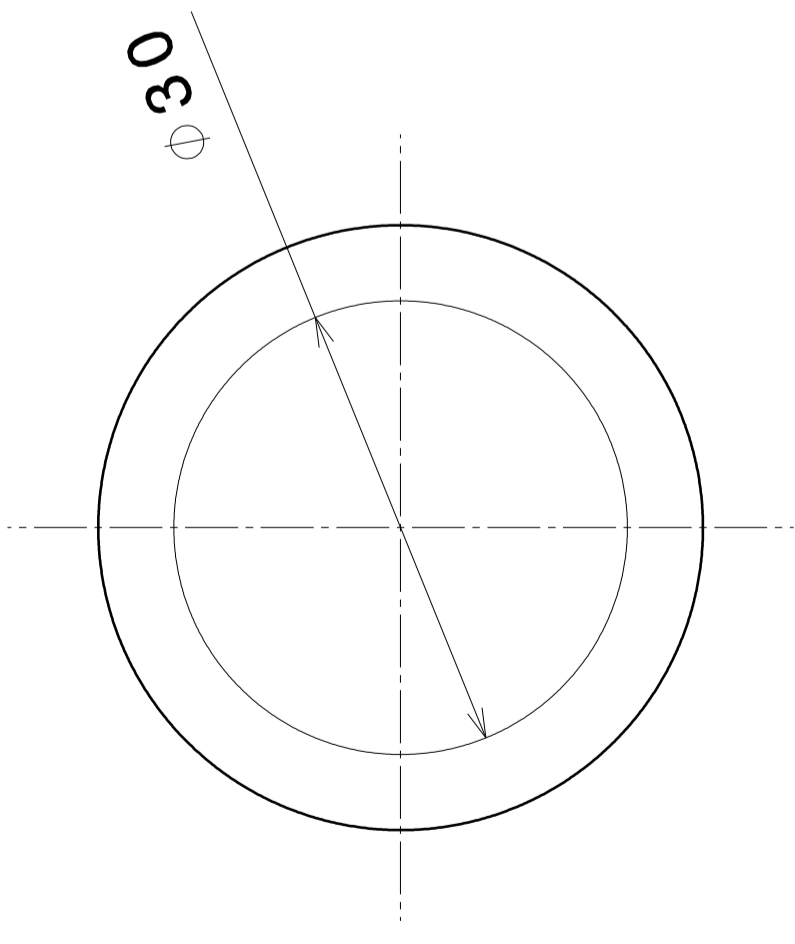
18-05-2013



D

A

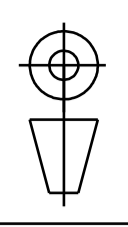
A B C D



Toleranciamento ISO 8015
ISO 2768 m-K

Raios de concordância = 1 mm

Título		Punho (exterior)	
Tam.	Referência	Data	
A4	2013-0301011	18-05-2013	
Escaia 1:1		Desenhado por: André Matos da Silva	



D A

A

B

C

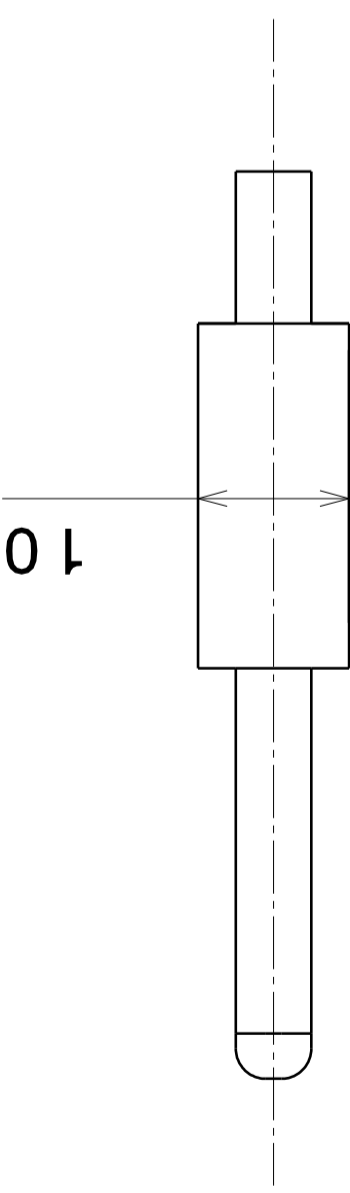
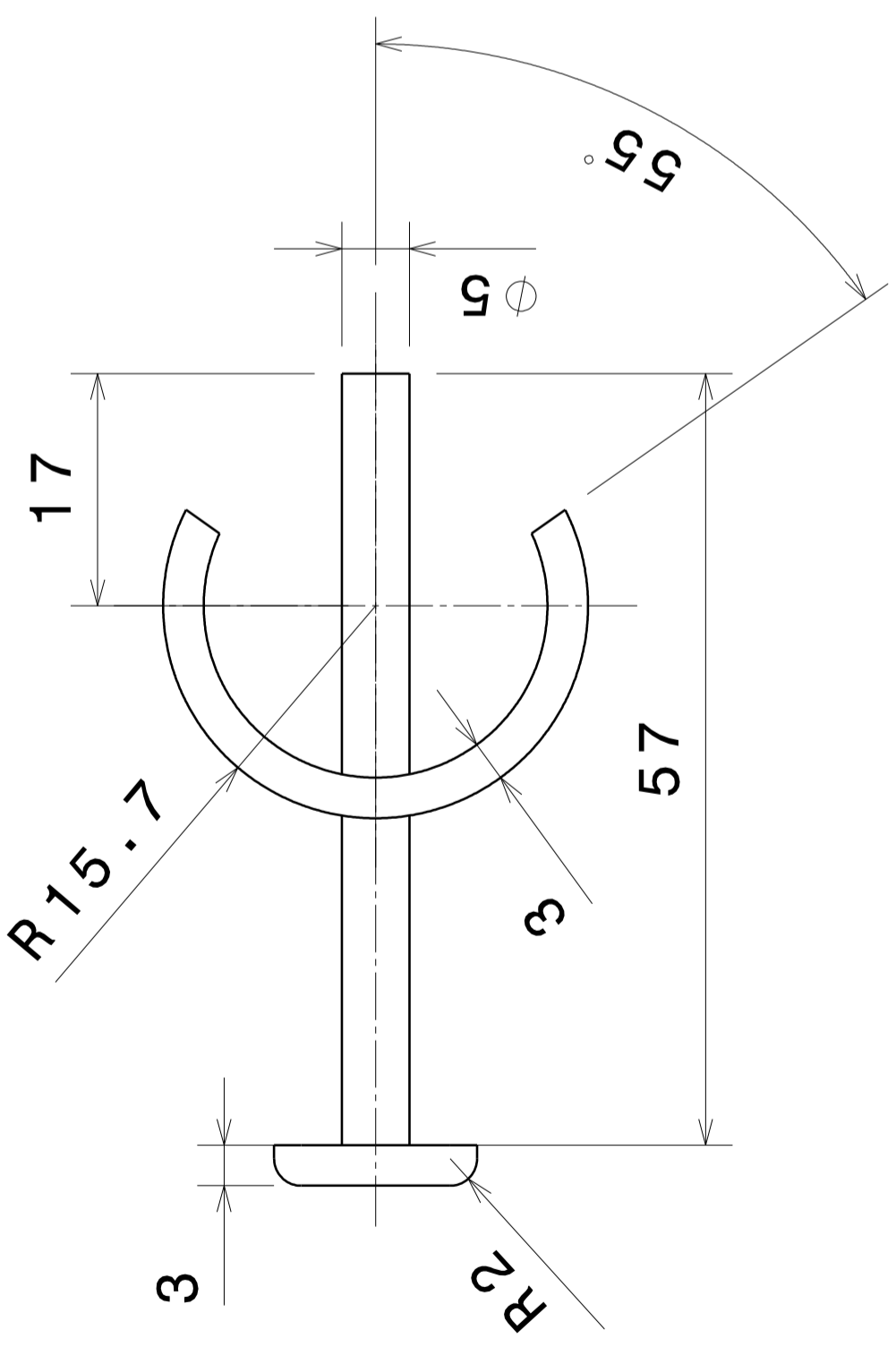
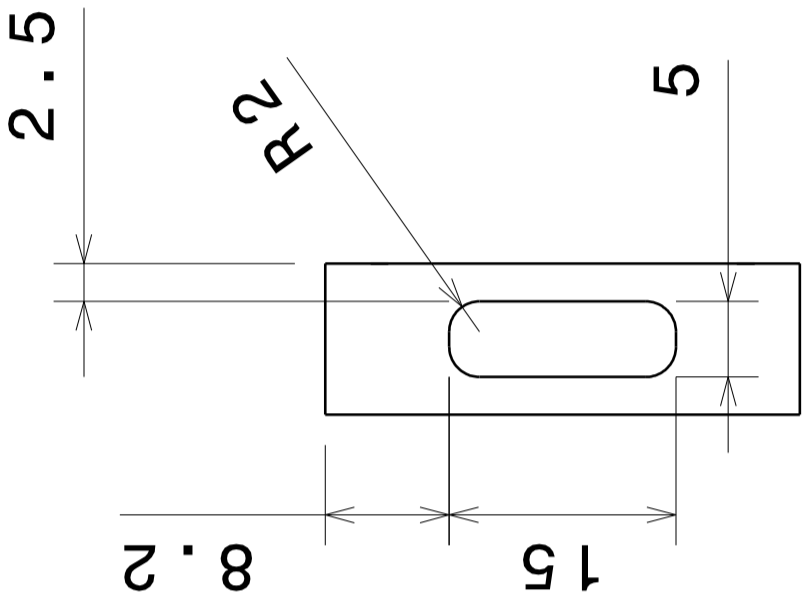
D

4

3

2

1



Título

Pino de ajuste da altura do guiador

Tam. Referência

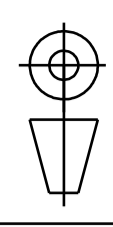
A4 2013-0101012

Escaala 1:1

Desenhado por: André Matos da Silva

Data

18-05-2013



Toleranciamento ISO 8015
ISO 2768 m-K

A

D

4

3

2

1

4

B

C

D

4

3

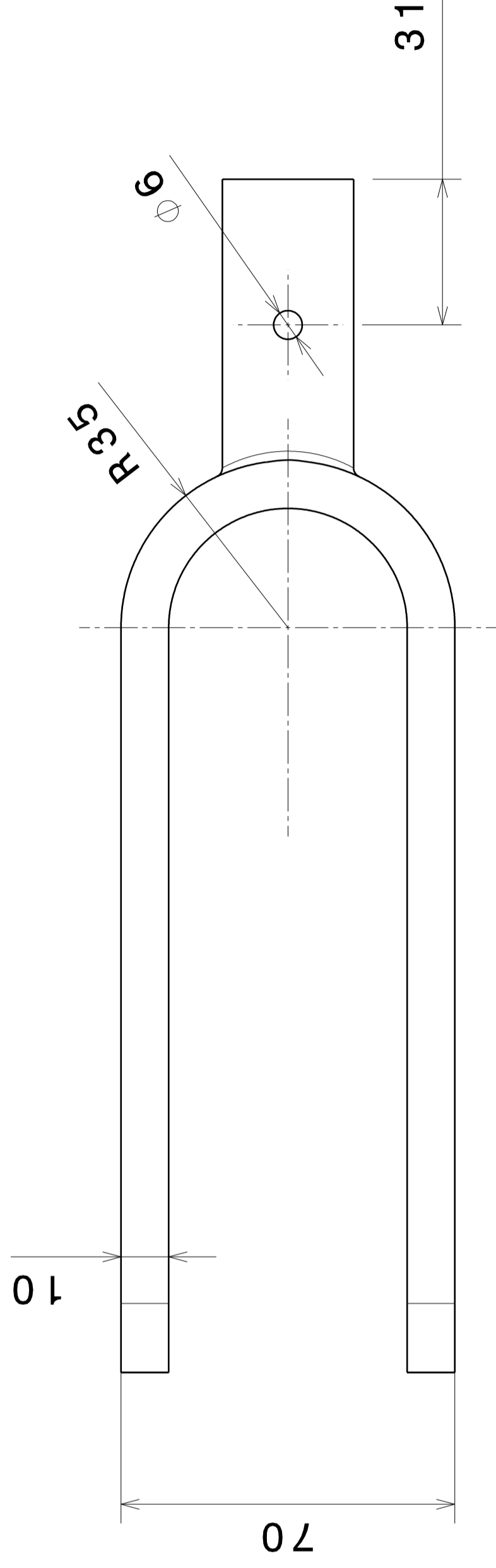
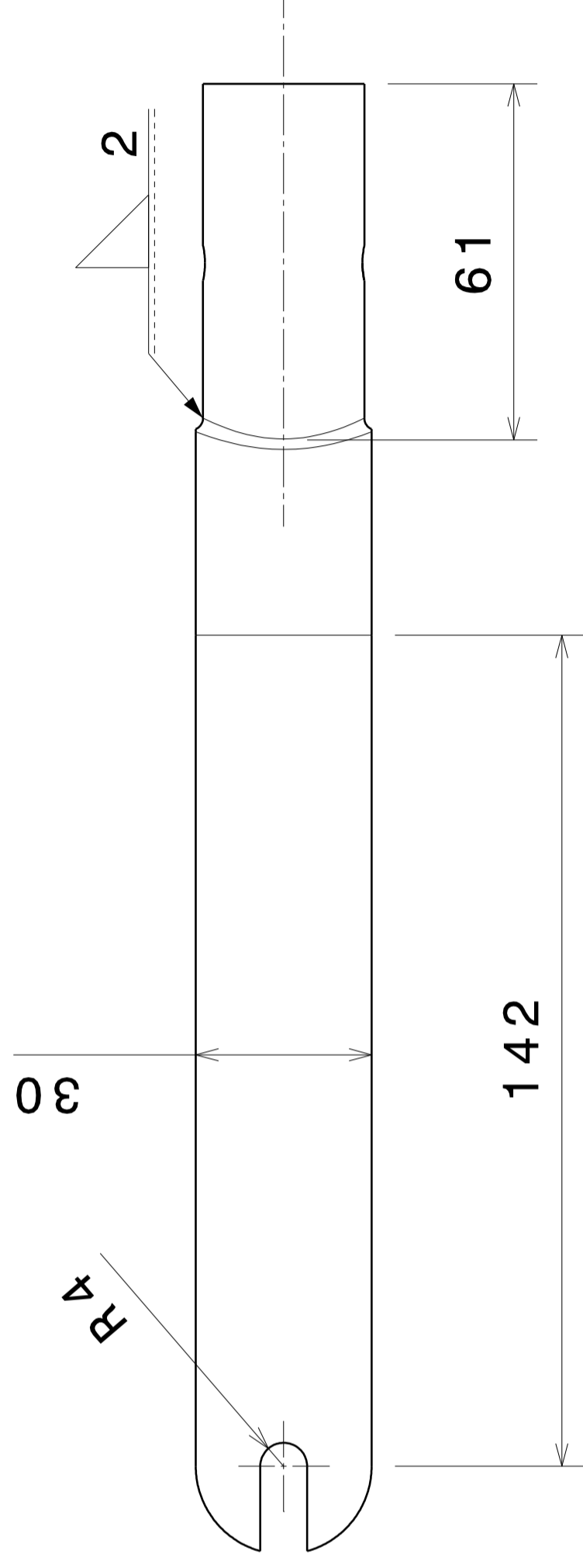
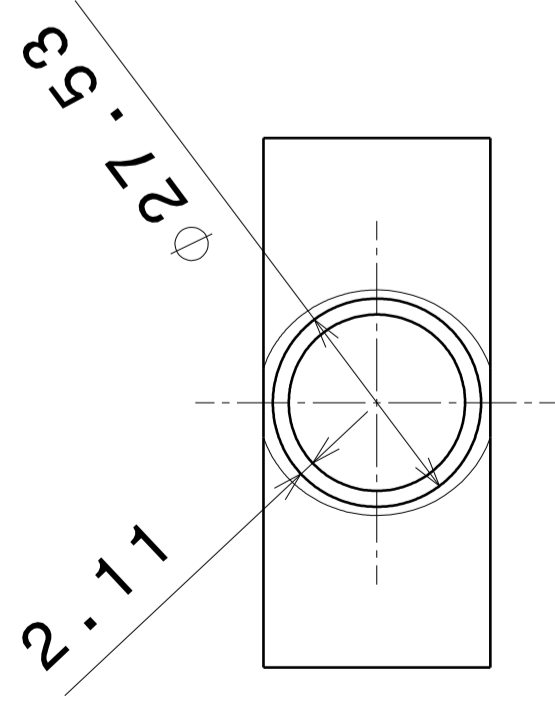
3

2

2

1

1



Título

Forquilha traseira

Tam. Referência

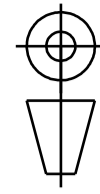
A4 2013-0302013

Escala 1:2

Desenhado por:
André Matos da Silva

Data

18-05-2013



Toleranciamento ISO 8015
ISO 2768 m-K

D

A

A

B

C

D

4

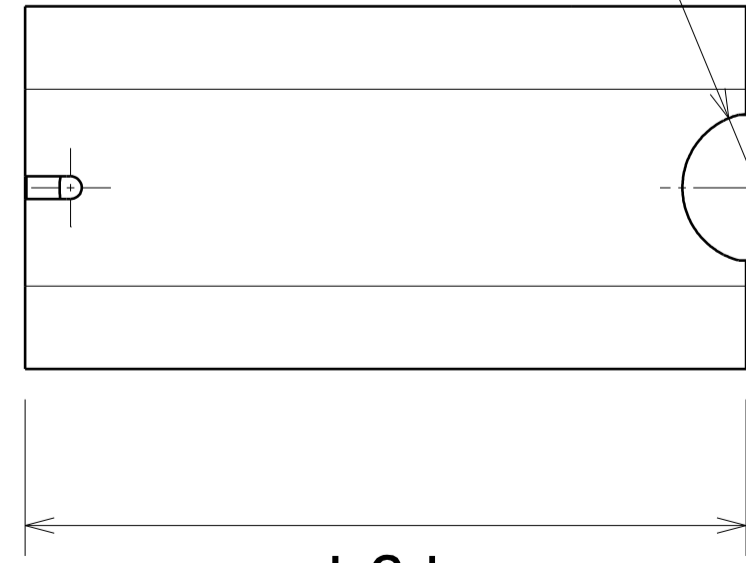
96

12

35

43

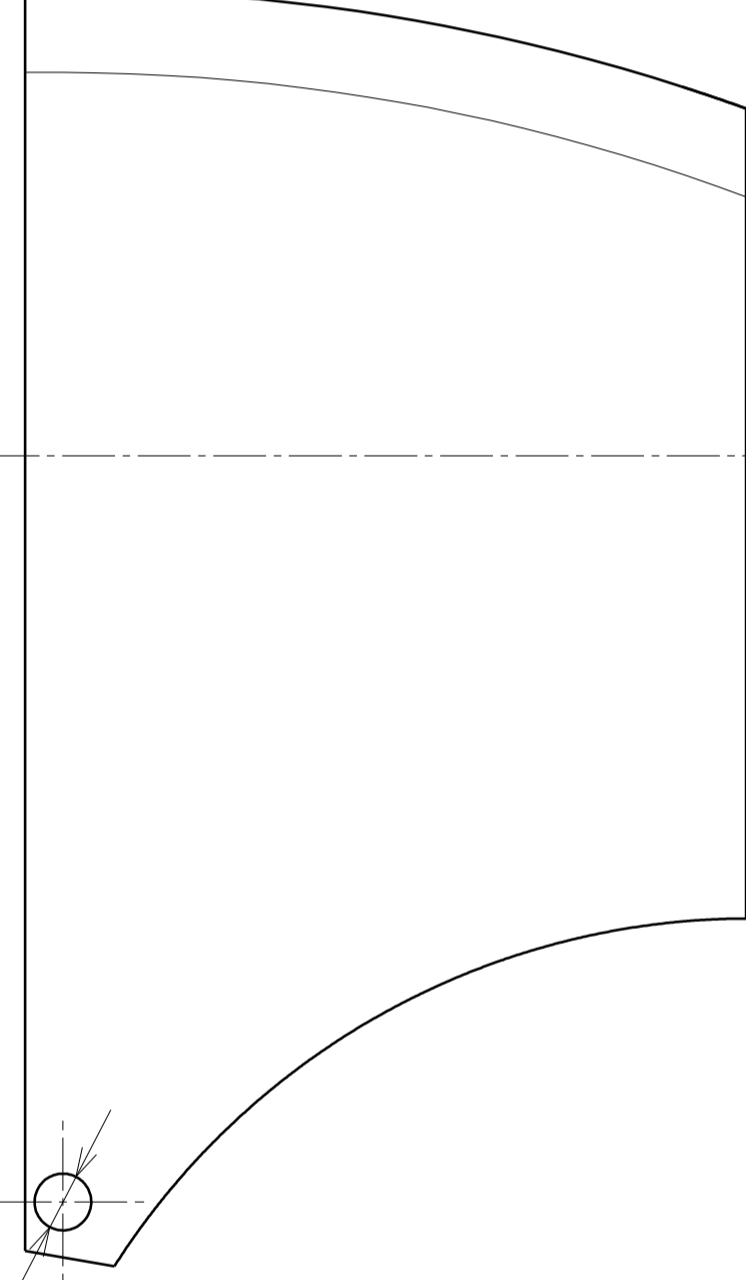
4



191

R19.87

A

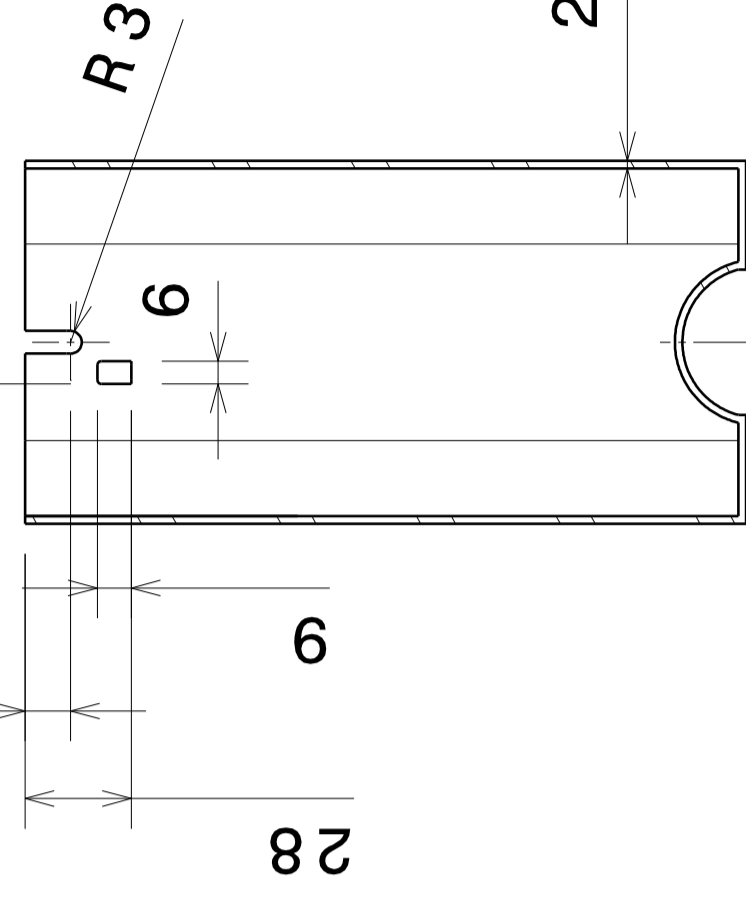


A

3

2

Secção A-A



28

6

6

R3

2

2

312

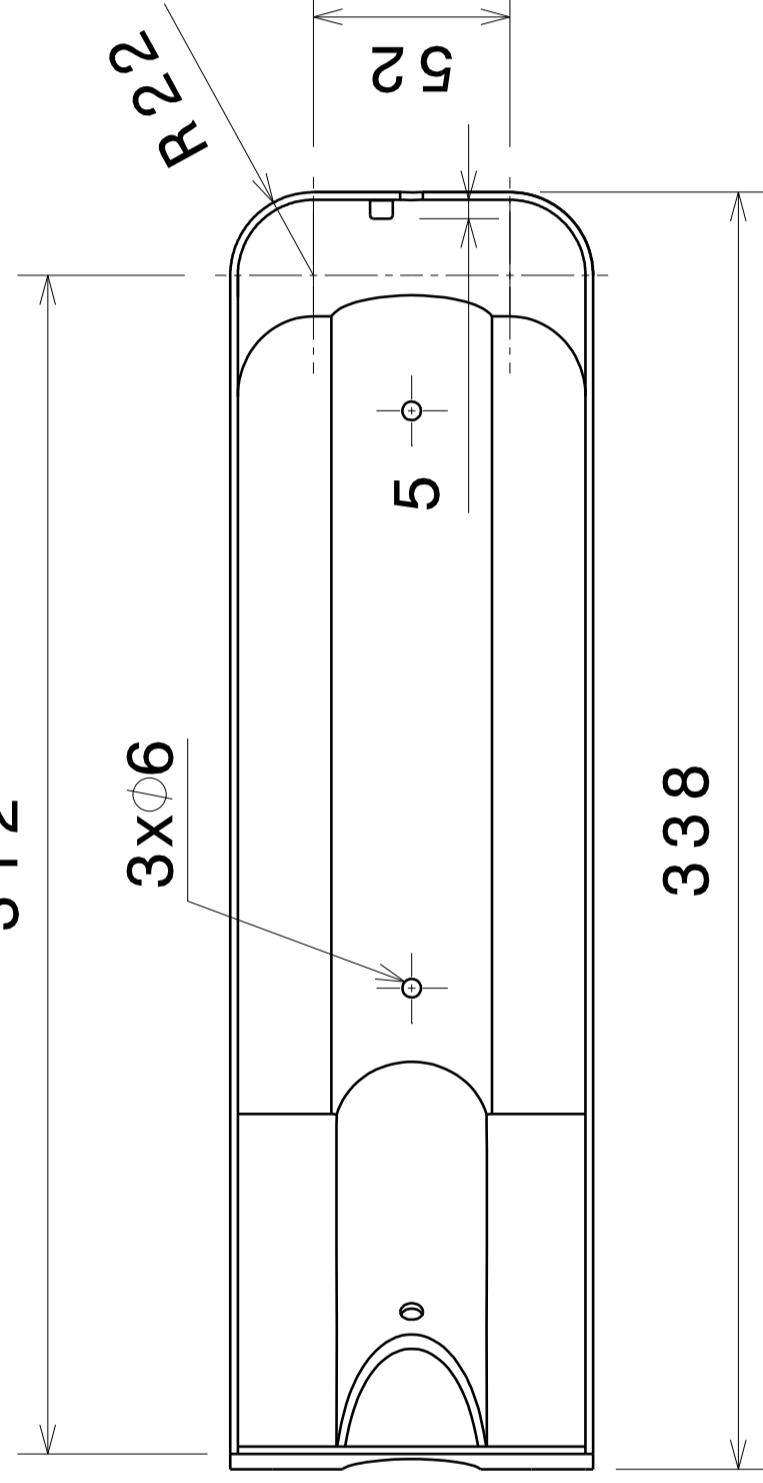
3xØ6

R22

5

52

338



1

Toleranciamento ISO 8015
ISO 2768 m-K

Título

Interior banco

Tam. Referência

A4

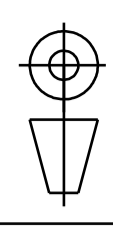
2013-0302014

Desenhado por:

André Matos da Silva

Data

18-05-2013

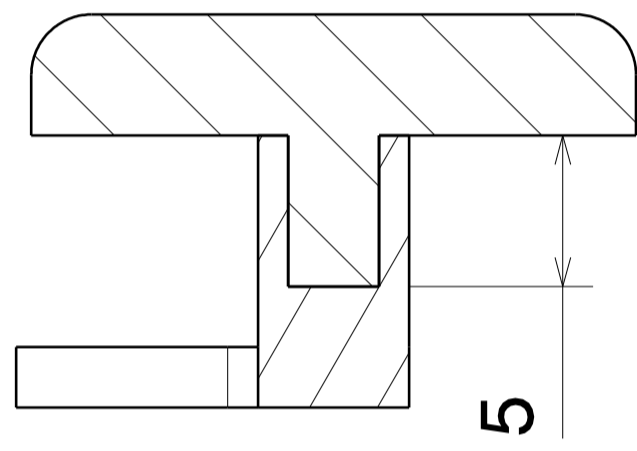
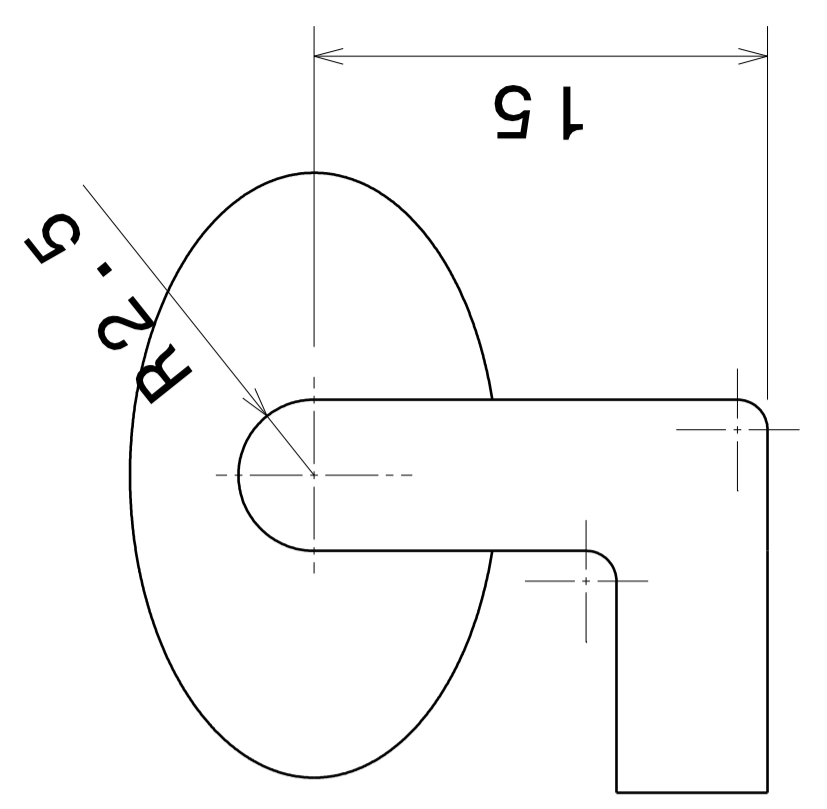
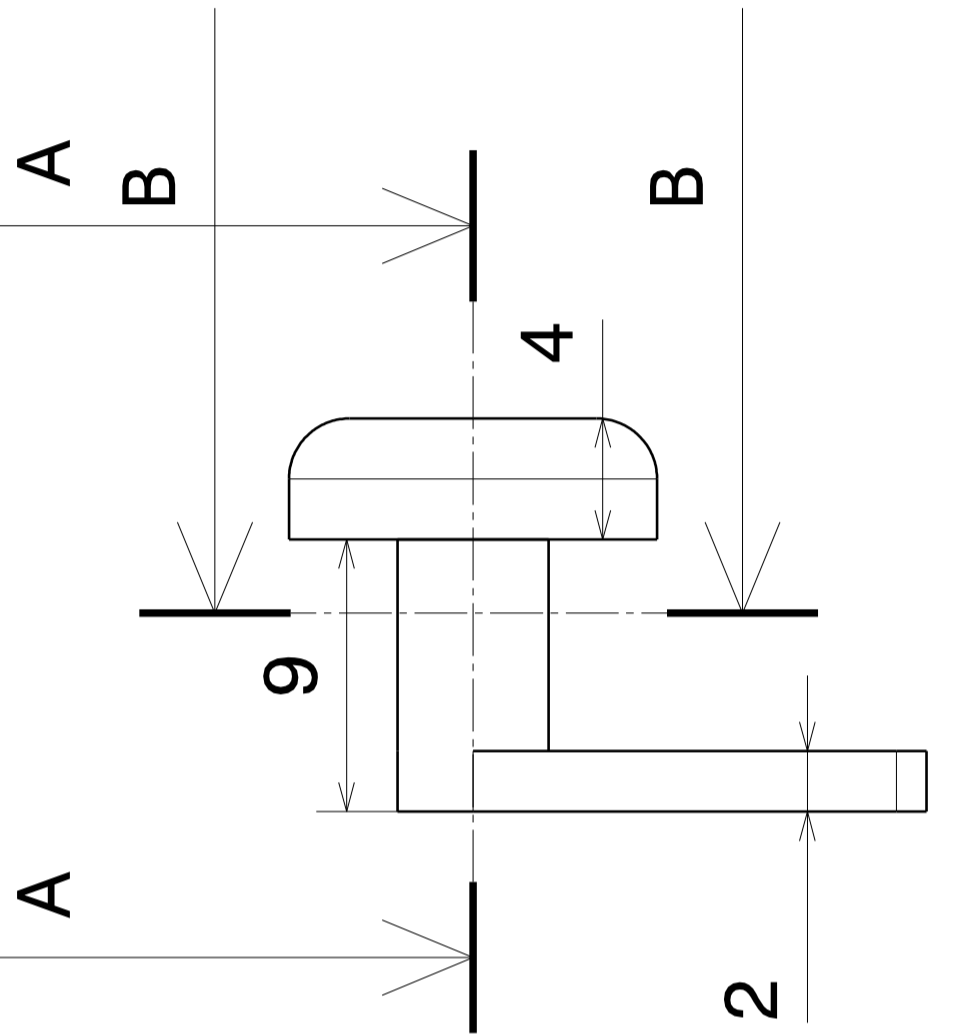
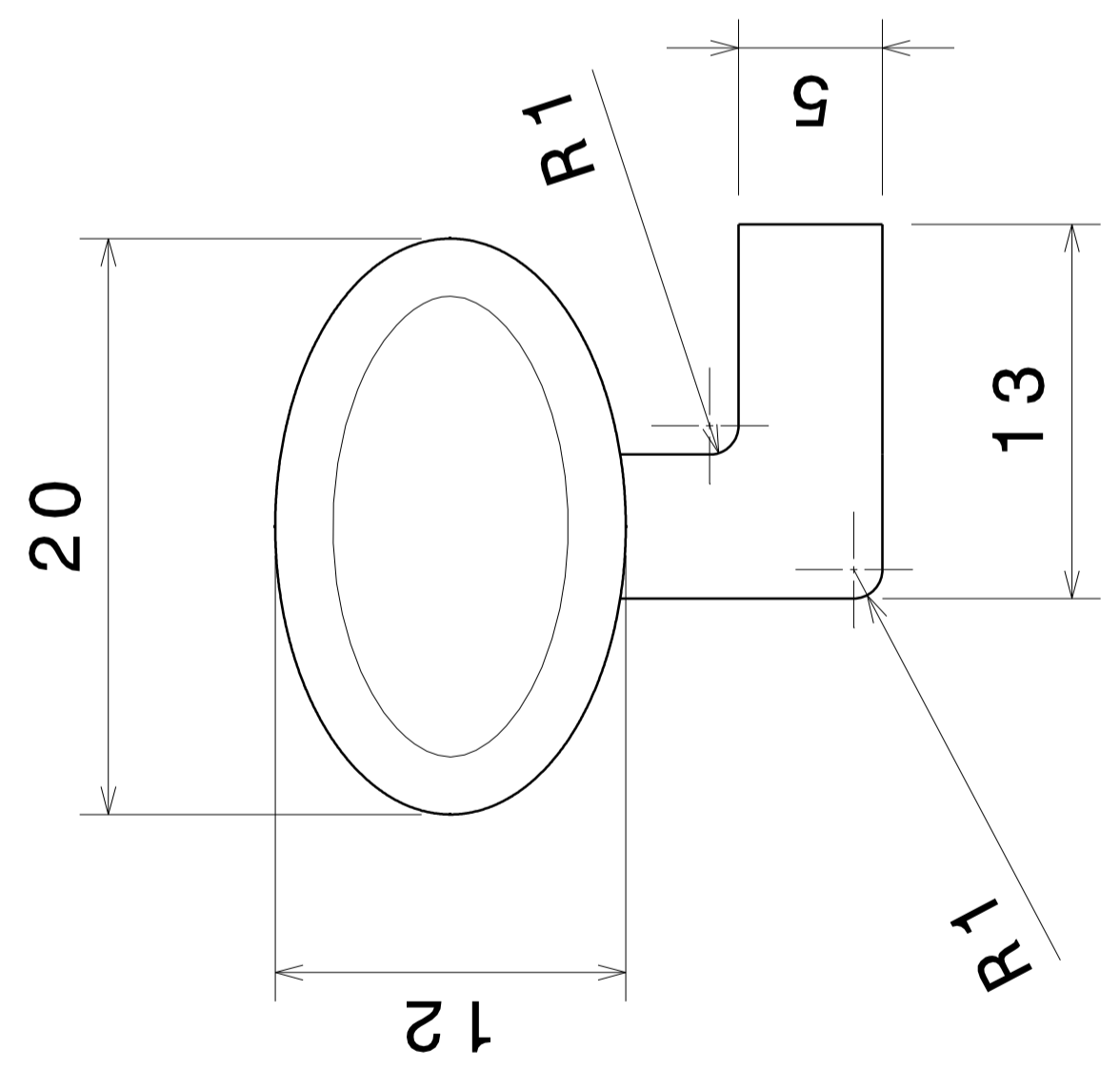
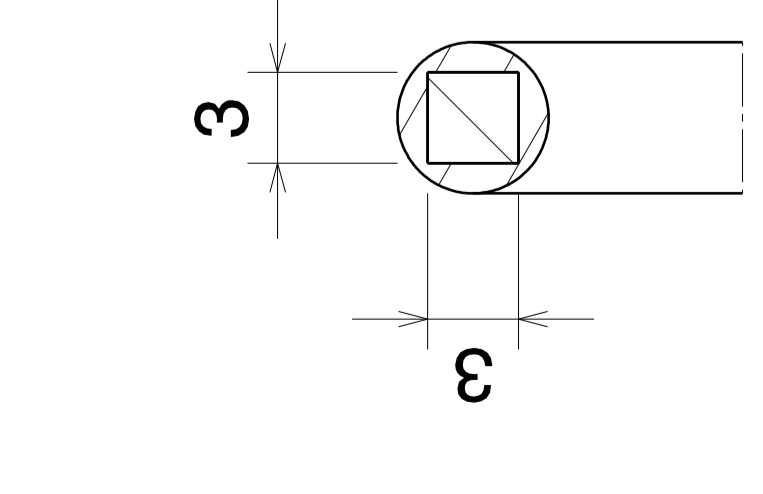


1

D

A

4 3 2 1



Secção A-A

Toleranciamento ISO 8015
ISO 2768 m-K

Título

Fecho do banco

Tam. Referência

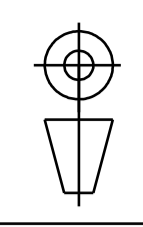
A4 2013-0302015

Desenhado por:

André Matos da Silva

Data

18-05-2013



D

A

A

B

C

D

4

4

3

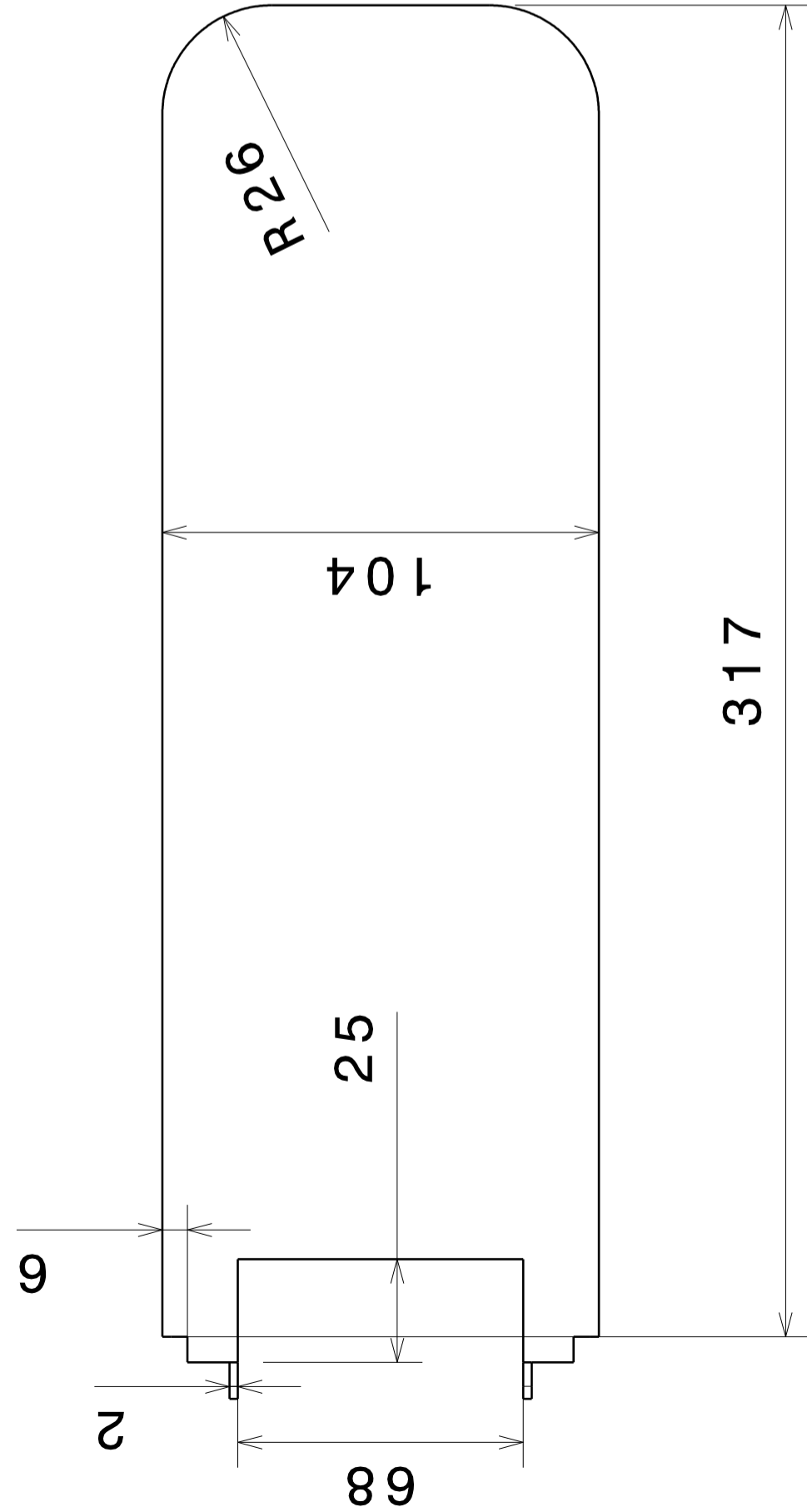
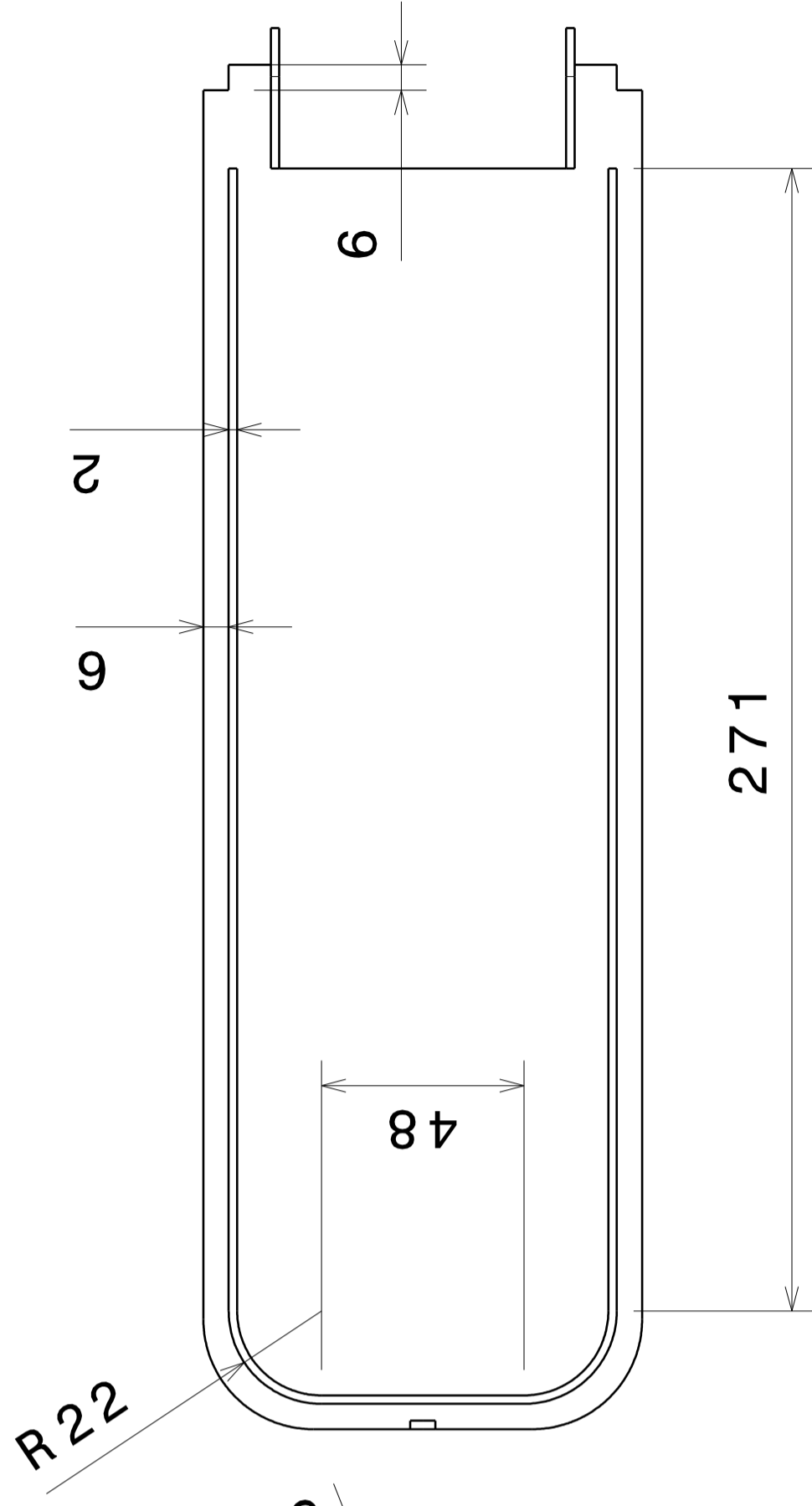
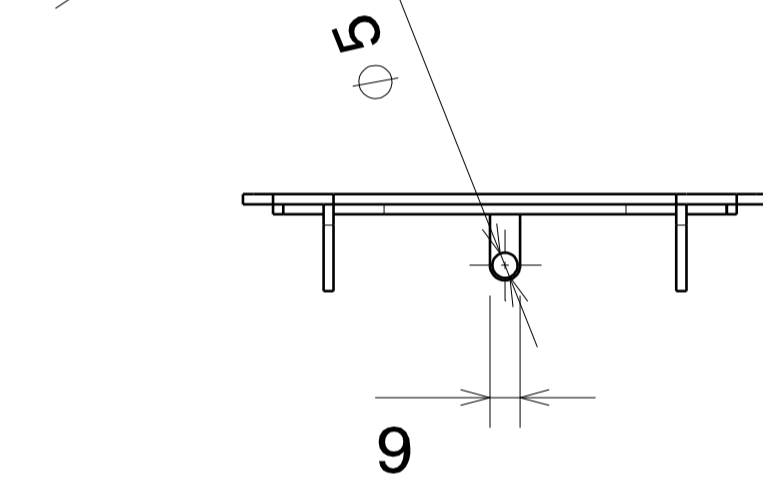
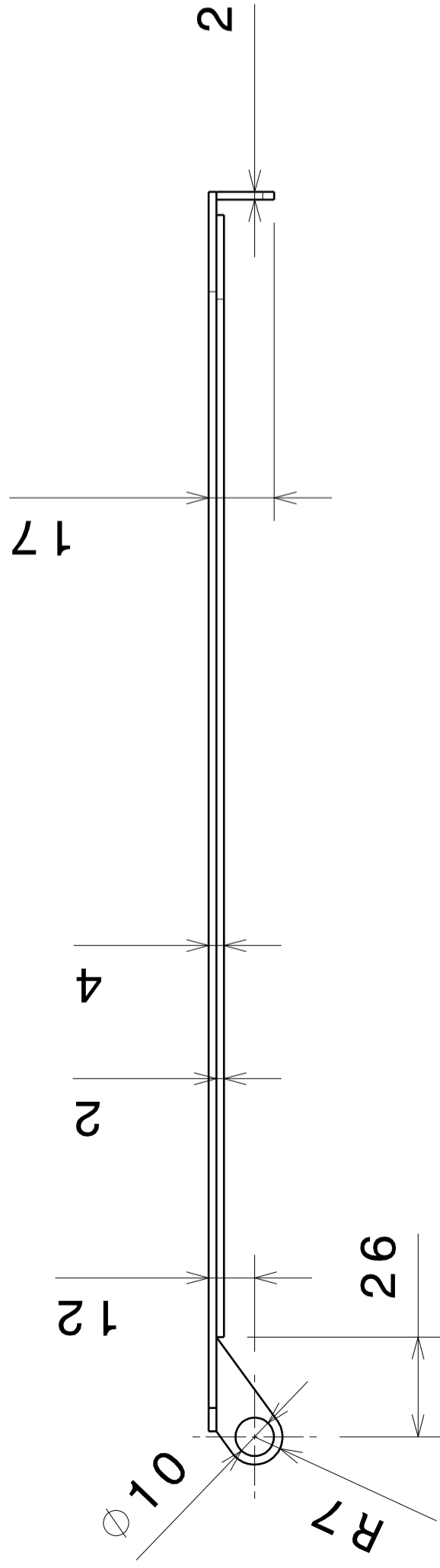
3

2

2

1

1



Título

Tampa do banco

Tam. Referência

A4 2013-0302018

Escaala 1:3

Desenhado por:
André Matos da Silva

Data

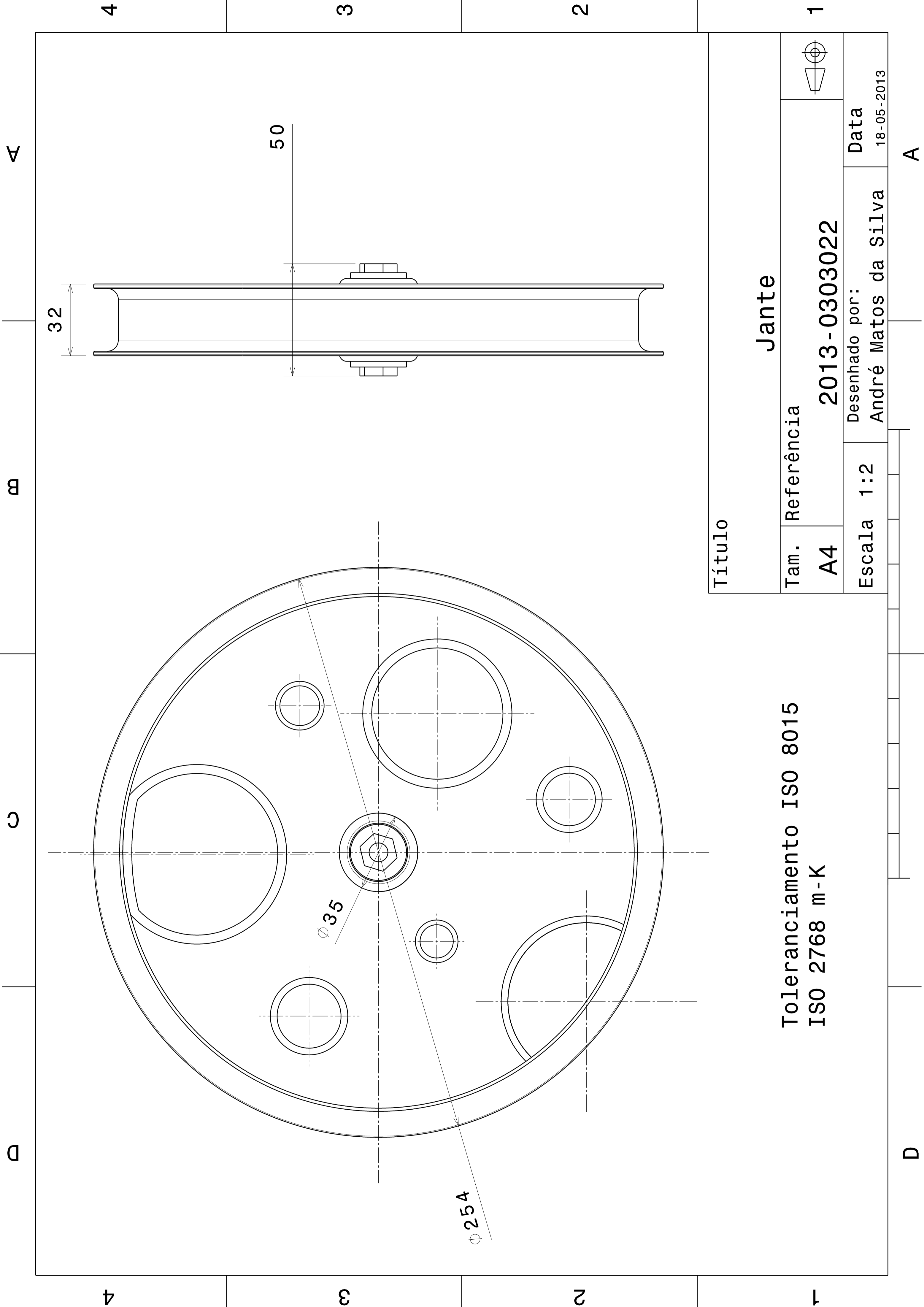
18-05-2013

Toleranciamento ISO 8015
ISO 2768 m-K



A

D



Título

Jante

Tam. Referência

A4

2013 - 0303022

Escala 1:2

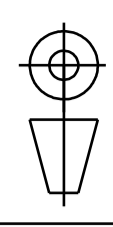
Desenhado por:

André Matos da Silva

Data

18-05-2013

Toleranciamento ISO 8015
ISO 2768 m-K



D

A

A

B

C

D

4

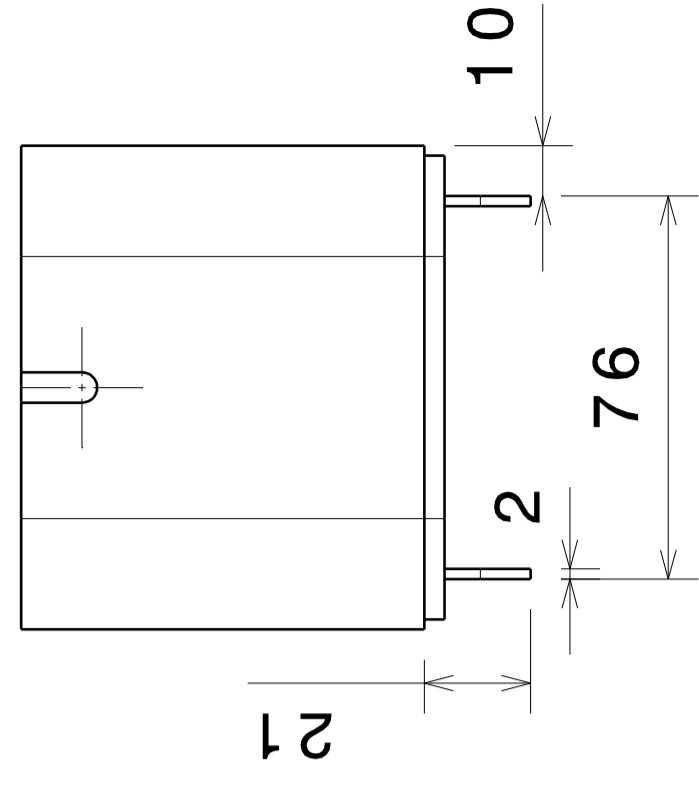
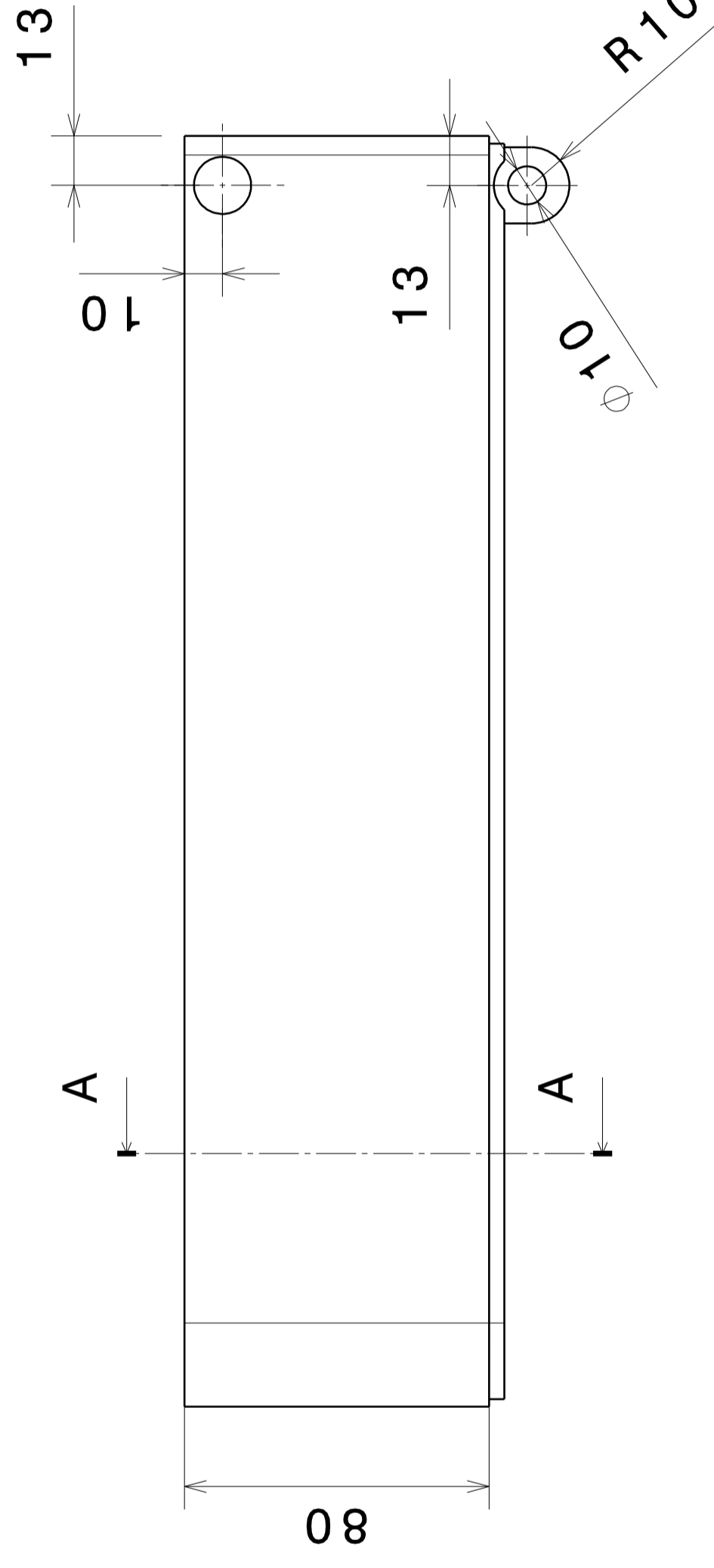
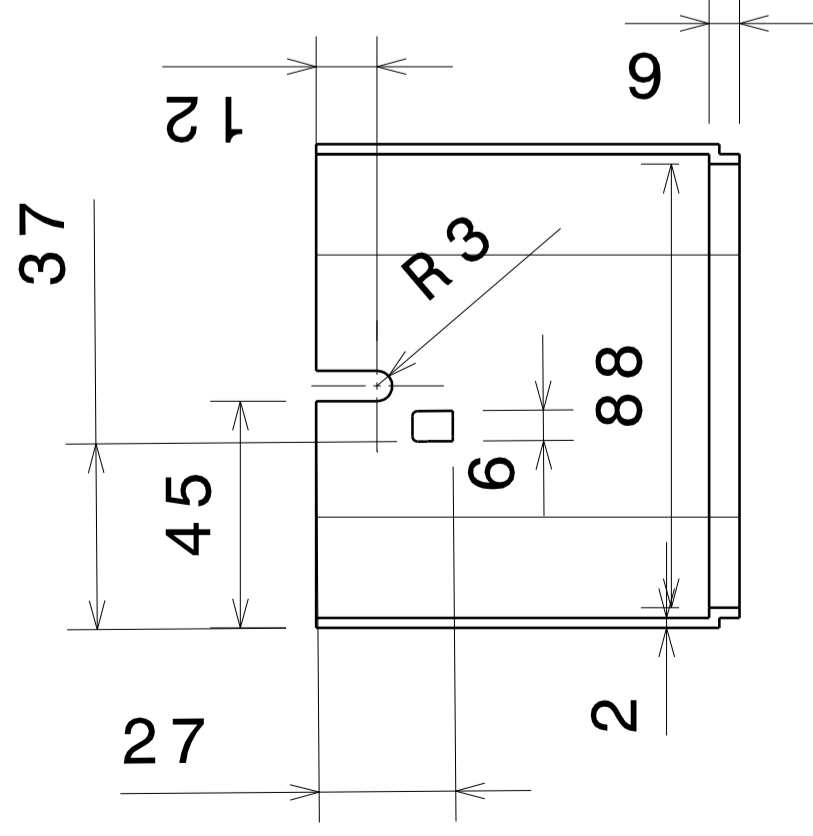
4

37

27

45

12



3

Secção A-A

R10

R10

2

10

76

21

13

13

10

A

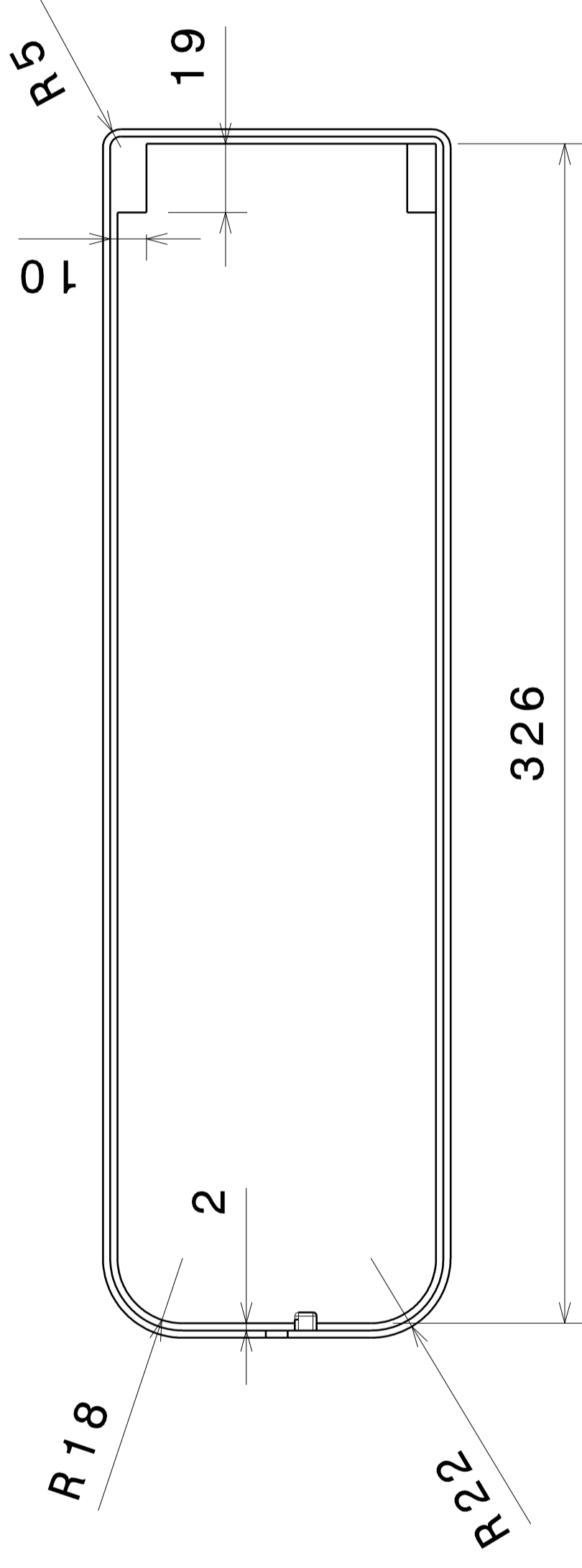
A

2

R5

2

19



R18

R22

326

10

2

1

Toleranciamento ISO 8015
ISO 2768 m-K

Título

Aumento interno do banco

Tam. Referência

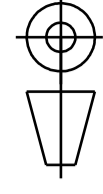
A4 2013-030429

Desenhado por:

André Matos da Silva

Data

18-05-2013



1

D

A

4

B

C

D

4

3

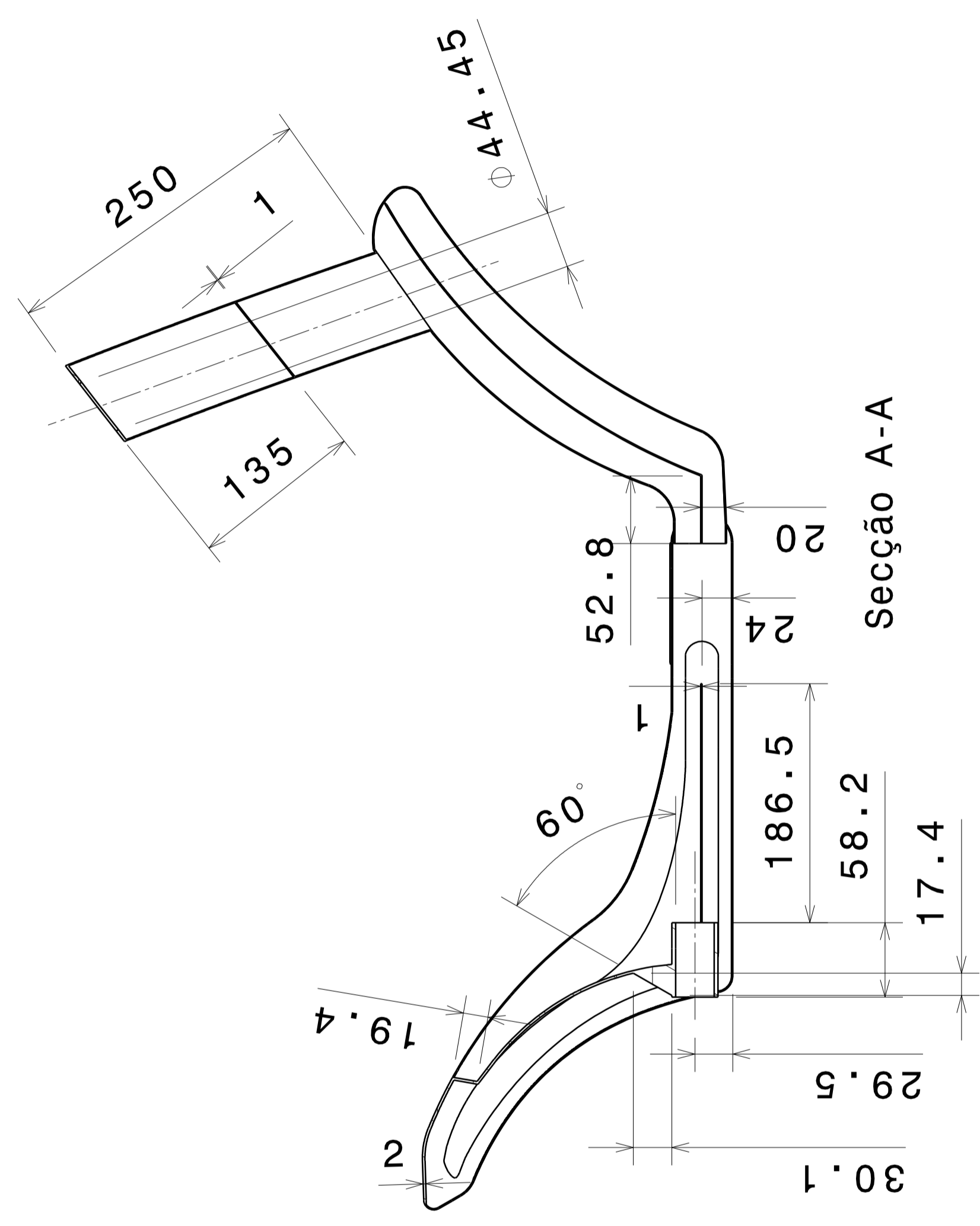
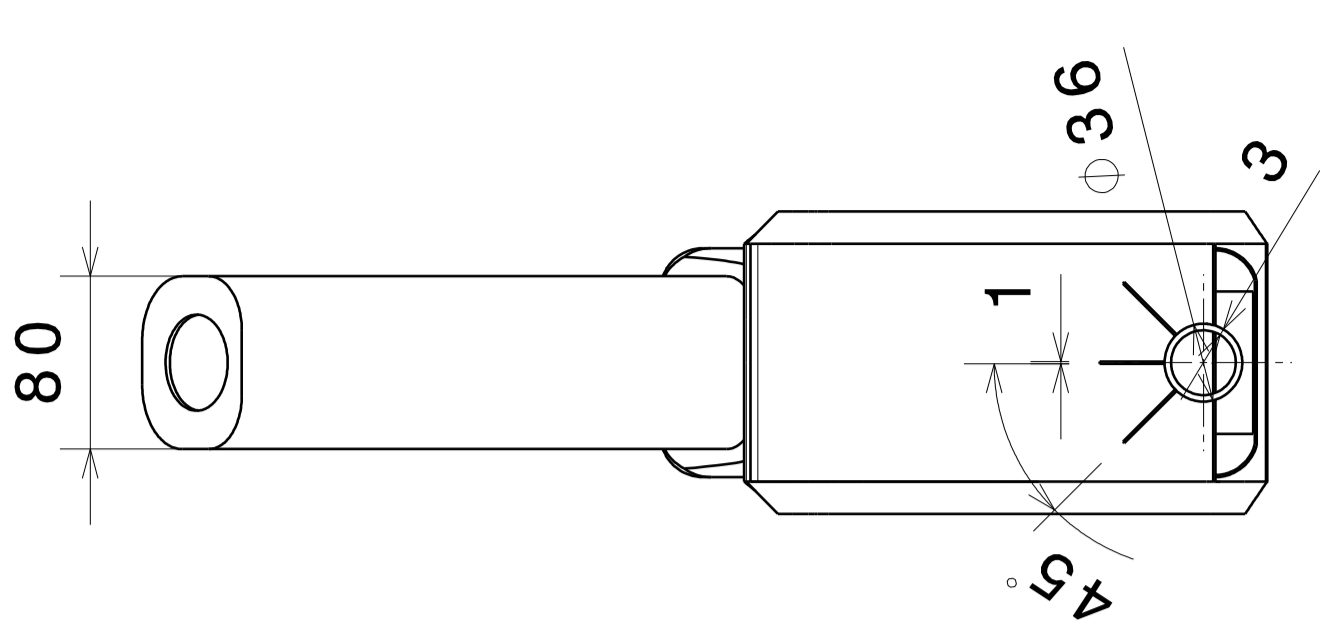
3

2

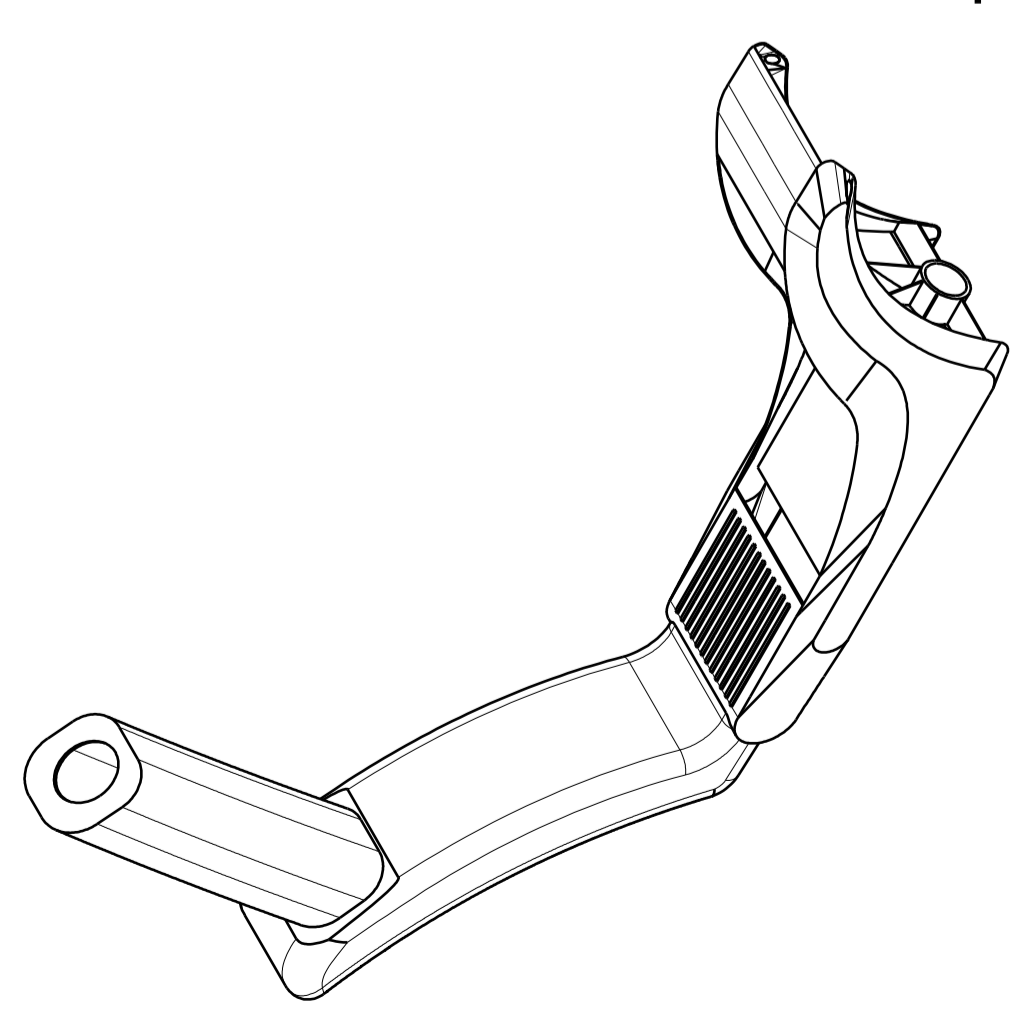
2

1

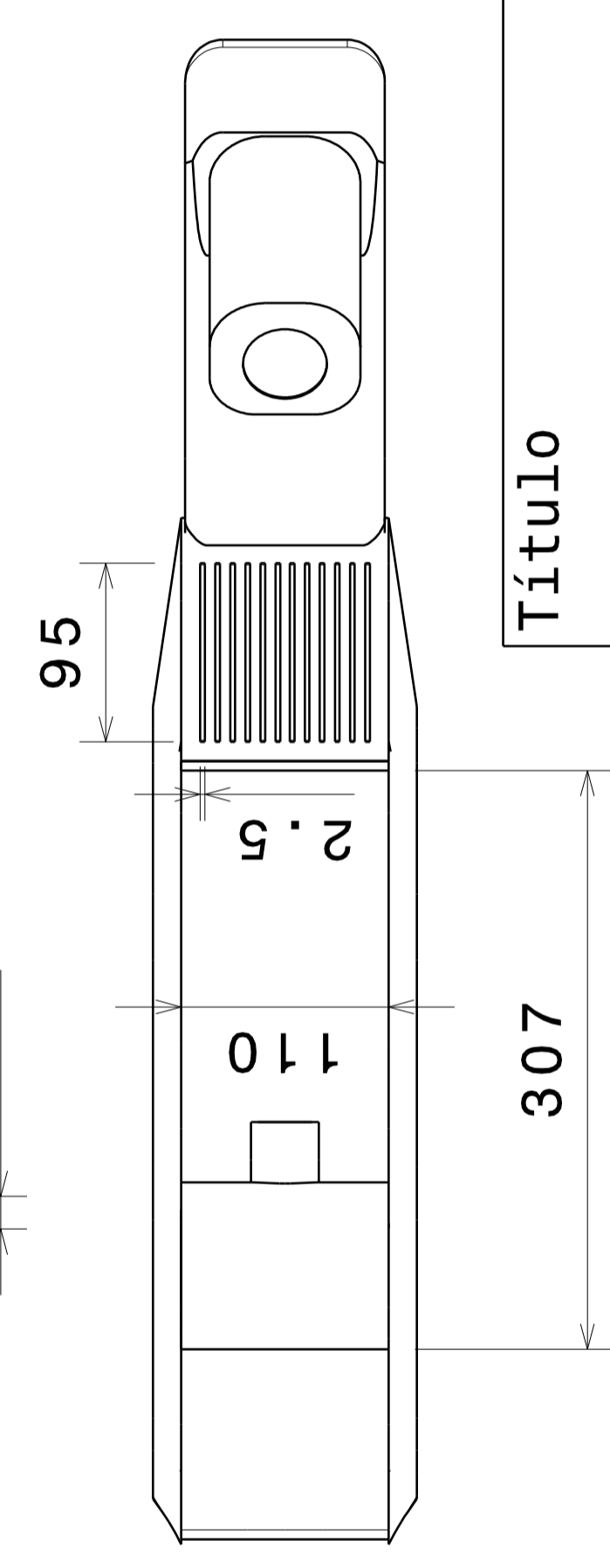
1



Secção A-A



Vista Isométrica
Escala 1:10



Título		Quadro Monocoque	
Tam.	Referência	2013-0206036	
A4	Desenhado por:	André Matos da Silva	Data
1:7	18-05-2013		

Toleranciamento ISO 8015
ISO 2768 m-K

A

D

A

B

C

D

4

4

3

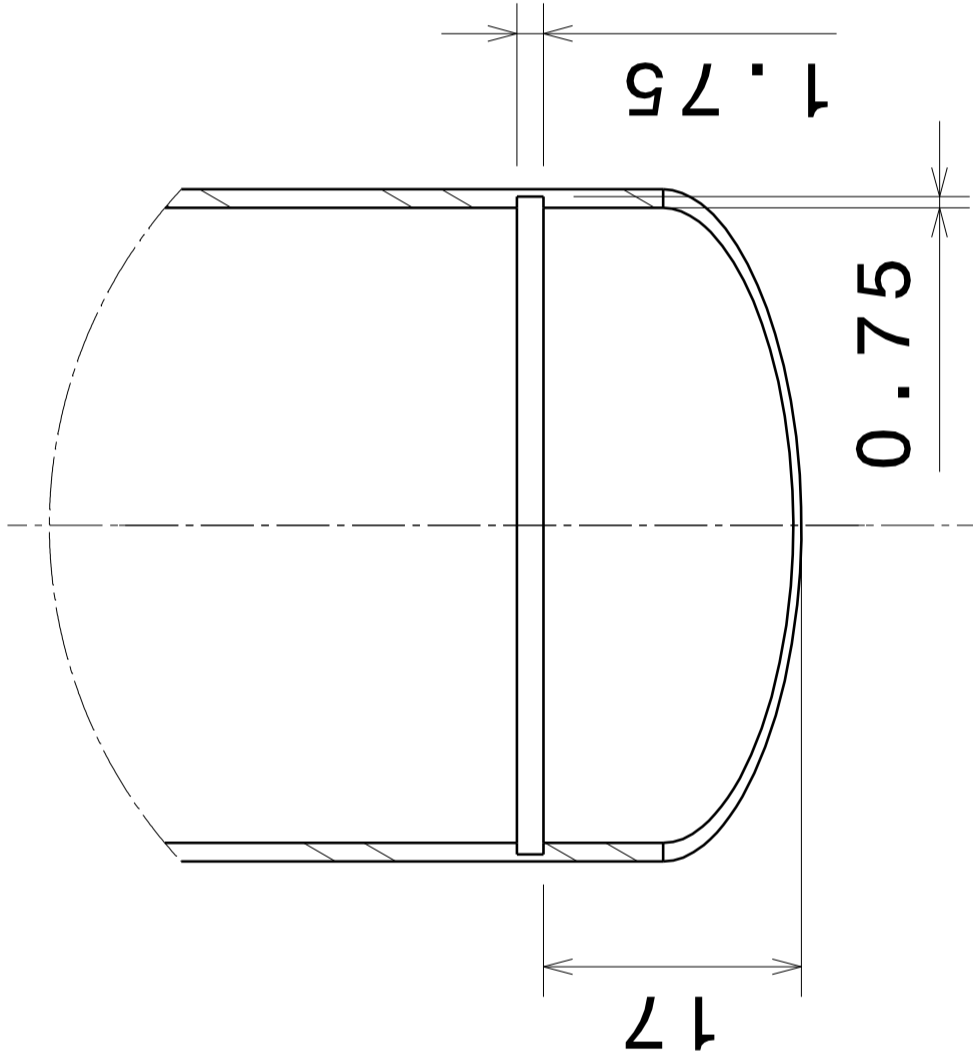
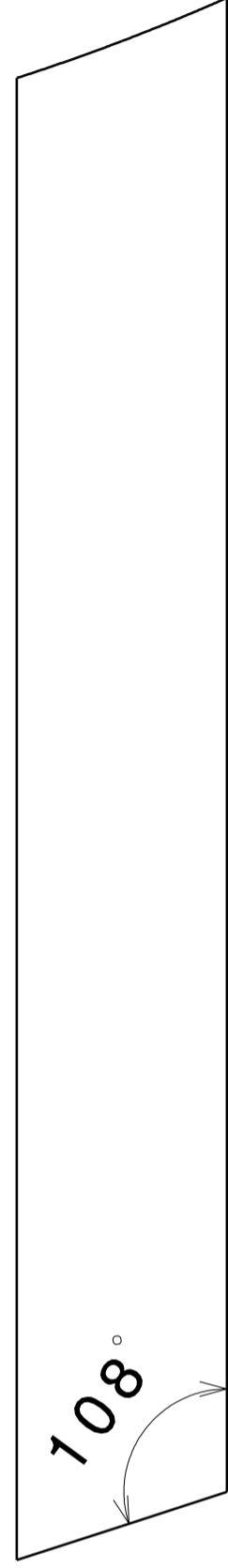
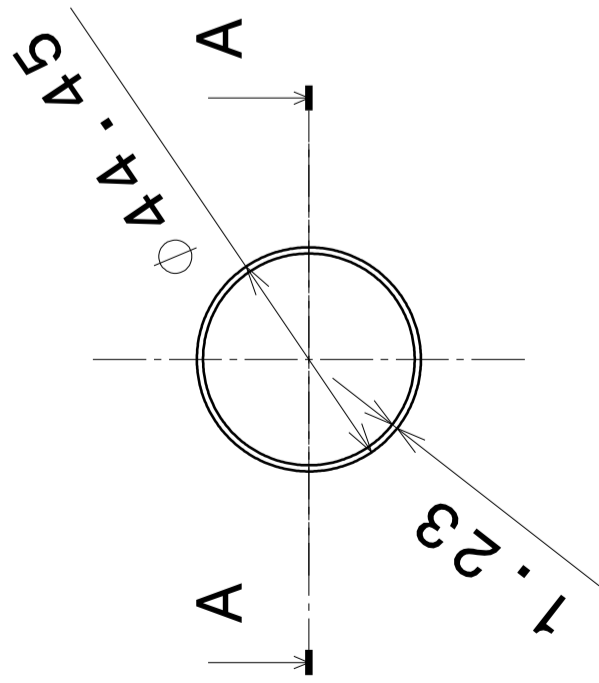
3

2

2

1

1



Detalhe A
Escala: 1:1

Toleranciamento ISO 8015
ISO 2768 m-K

Título

Inserto metálico frontal

Tam. Referência

A4 2013-0206037

Desenhado por:

André Matos da Silva

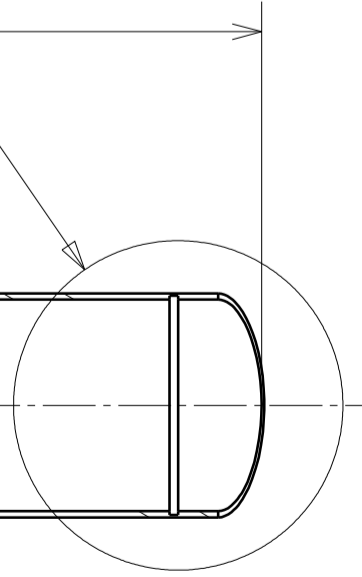
Escala 1:3

Data

18-05-2013



Secção A-A



323

A

D

A

A

B

C

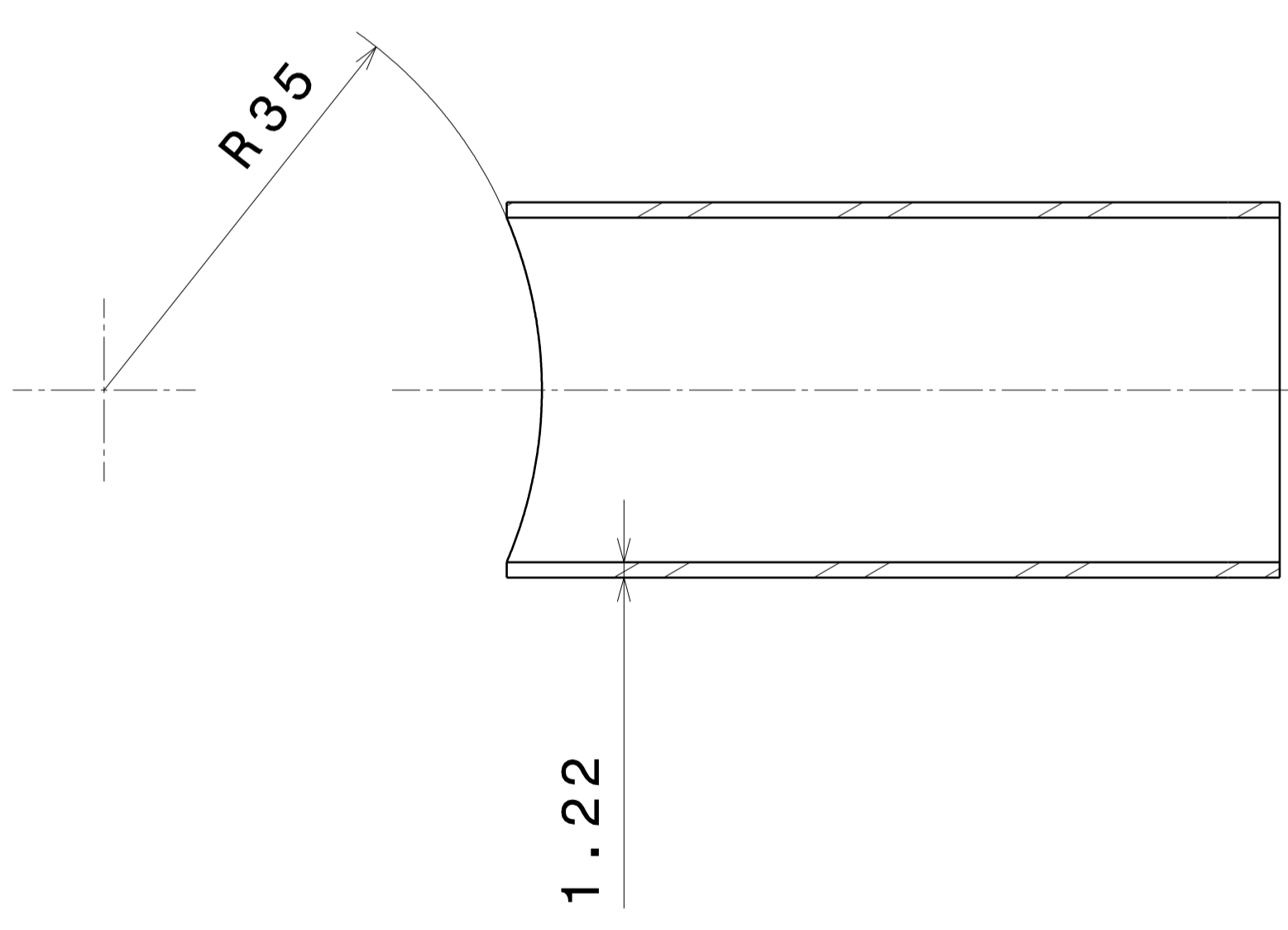
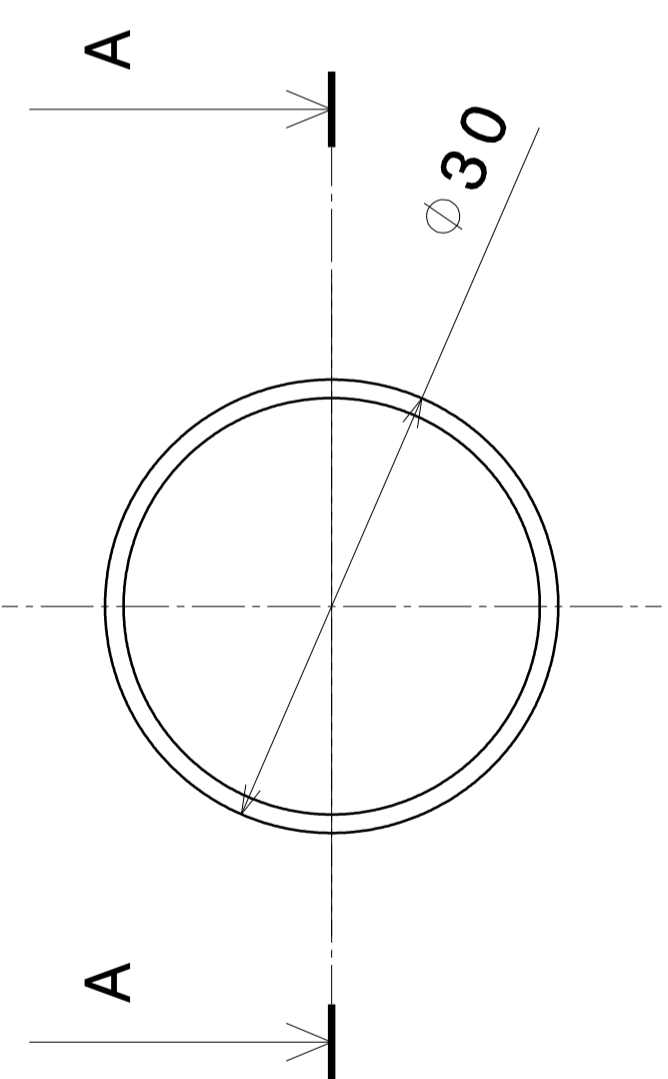
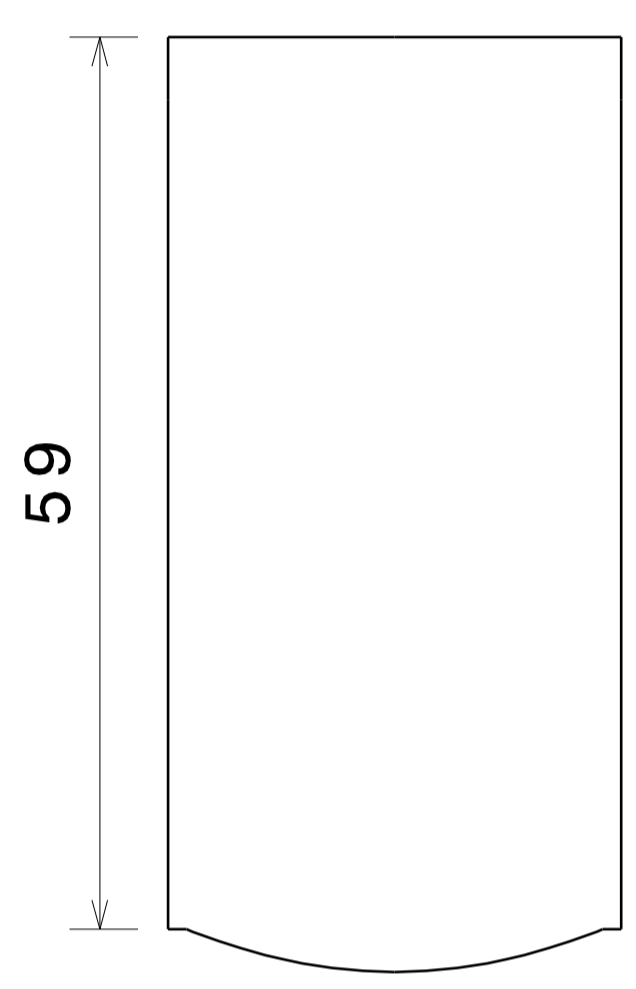
D

4

3

2

1



Secção A-A

Toleranciamento ISO 8015
ISO 2768 m-K

Título		Entalhe metálico traseiro	
Tam.	Referência	Data	
A4	2013-0206038	18-05-2013	
Escaia 1:1		Desenhado por: André Matos da Silva	

A

D

4

3

2

1

Tabela I.1: Lista de peças

Referência	Quantidade	Descrição	Material
2013-0101001	1	Quadro	Alumínio
2013-0301002	1	Forquilha frontal	Alumínio 6061
2013-0301003	2	Rolamento	Aço e bronze
2013-0301004	1	Camisa espaçamento	Alumínio 6061
2013-0301005	1	Porca	Aço
2013-0301006	1	Contra-porca	Aço
2013-0301007	1	Espigão guiador	Alumínio 6061
2013-0301008	2	Punho (interior)	Alumínio 6061
2013-0301009	2	Mola	Alumínio
2013-0301010	2	Pino	Latão
2013-0301011	2	Punho (exterior)	Borracha vulcanizada / cortiça
2013-0101012	1	Pino de ajuste de altura	Aço e ABS
2013-0302013	1	Forquilha traseira	Alumínio 6061
2013-0302014	1	Banco (interior)	Alumínio
2013-0302015	2	Fecho do banco	ABS
2013-0302016	3	Parafuso CHC M6X40	Aço
2013-0102017	1	Parafuso CHC M6X35	Aço
2013-0302018	1	Tampa do banco	Alumínio
2013-0302019	1	Almofada do banco	Cortiça /pele
2013-0302020	1	Revestimento do banco	Cortiça/fibra de vidro
2013-0303021	2	Pneu	Borracha
2013-0303022	2	Jante	ABS
2013-0303023	2	Veio	Aço
2013-0303024	2	Aperto	Alumínio
2013-0303025	2	Cubo	Alumínio
2013-0304026	2	Veio tampa do banco	Alumínio
2013-0304027	4	Casquilho do veio do banco	Bronze
2013-0304028	2	Aperto do veio do banco	ABS
2013-0304029	1	Aumento do banco (interno)	Alumínio
2013-0304030	1	Revestimento do aumento do banco	Cortiça/fibra de vidro
2013-0105031	1	Carenagem do guiador	Fibra de vidro
2013-0105032	1	Carenagem da frente	Fibra de vidro
2013-0105033	1	Carenagem central	Fibra de vidro
2013-0105034	1	Carenagem traseira	Fibra de vidro
2013-0105035	13	Parafuso FHPS M3X6	Aço
2013-0206036	1	Quadro Monocoque	PVC
2013-0206037	1	Inserto metálico frontal	Alumínio
2013-0206038	1	Inserto metálico traseiro	Alumínio
2013-0301039	1	Freio interior 43.5 x 1.75 mm	Aço