



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS  
FACULDADE DE ARQUITETURA  
CURSO DE DESIGN

**GUSTAVO URRUTH KEMMERICH**

**BICICLETA DOBRÁVEL DE USO URBANO**

PORTO ALEGRE

2011

**GUSTAVO URRUTH KEMMERICH**

**BICICLETA DOBRÁVEL DE USO URBANO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Curso de Design de Produto, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRGS, como quesito parcial para a obtenção do título de Designer.

Prof. Orientador: Eduardo Cardoso

**PORTO ALEGRE  
2011  
BANCA EXAMINADORA**

**GUSTAVO URRUTH KEMMERICH**

**BICICLETA DOBRÁVEL DE USO URBANO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Curso de Design de Produto, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRGS, como quesito parcial para a obtenção do título de Designer.

Prof. Orientador: Eduardo Cardoso

Aprovado em: Porto Alegre, 14 de julho de 2011.

---

Prof. Eduardo Cardoso – Orientador

---

Prof. Fábio Gonçalves Teixeira

---

Prof. Régio Pierre da Silva

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus pais e ao meu irmão, pelo apoio incondicional, paciência, dedicação e auxílio em todas as horas.

Aos amigos, por mostrarem que a convivência diária e amizades conquistadas são tão valiosos quanto o conhecimento adquirido.

À Débora, pela paciência, apoio e companheirismo mesmo em finais de semana e madrugadas em claro de muito trabalho.

Ao Prof. Eduardo, pelo estímulo, paciência e dedicação.

## RESUMO

O trabalho consiste no estudo de equipamentos para mobilidade humana, veículos de tração humana e veículos compactáveis, procurando definir padrões, conceitos e estratégias para o desenvolvimento de uma bicicleta dobrável para uso urbano. Novos conceitos, materiais e métodos de produção surgem a cada dia, possibilitando o aumento do desempenho deste tipo de veículo, reduzindo o seu tempo de desenvolvimento, simulação, produção e lançamento no mercado. O mercado carece de opções de bicicletas dobráveis para uso urbano que atendam às necessidades dos usuários, sendo esse o foco do projeto realizado. Neste novo cenário, necessidades cada vez mais complexas precisam ser atendidas, integrando performance, segurança, economia, praticidade, tecnologia e desenvolvimento sustentável. Para maximizar o atendimento dessas necessidades, foram aplicadas ferramentas para seleção de materiais, simulação de esforços utilizando análise por elementos finitos, modelagem tridimensional e um processo de seleção de alternativas que contou com a participação de um grupo de especialistas em uma avaliação sistemática para então desenvolver o detalhamento do projeto.

**Palavras-chave:** design, mobilidade, bicicleta dobrável, transporte urbano.

## **ABSTRACT**

The present work consists of a study about human mobility equipment, human powered vehicles and compact vehicles, looking forward to define new standards, concepts and strategies for the development of a new urban collapsible bicycle. New concepts, materials and production methods arise every day, allowing the growth in performance of this kind of vehicle, reducing its development time, simulation, production and and market introduction. The market lacks options of folding bicycles for urban use capable of fulfilling user's needs, being that the development focus of this work. In this new scenario, increasingly more complex necessities must be fulfilled, joining performance, security, economy, ease of use, technology and sustainable development. In order to maximize the fulfillment of those needs, tools for material selection, stress simulation using finite element analysis, tridimensional modeling and a selection process with the participation of a group of experts in a systematic evaluation and then to project detailing.

**Keywords:** design, mobility, folding bicycle, urban transportation.

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>18</b>
<b>2</b>	<b>CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>20</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>23</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>CONCEITOS GERAIS EM DESIGN PARA MOBILIDADE .....</b>	<b>28</b>
	5.1. TRANSPORTE .....	28
	5.2. DESIGN PARA MOBILIDADE.....	28
	5.3. TRANSPORTE SUSTENTÁVEL.....	28
	5.4 BICICLETA .....	29
<b>6</b>	<b>COMPREENSÃO DO PROBLEMA.....</b>	<b>30</b>
	6.1. DESLOCAMENTO URBANO.....	30
	6.2. ASPECTOS LEGAIS.....	31
	6.3. QUESTIONÁRIO .....	32
	6.4 DESAFIO INTERMODAL .....	44
	6.5 ANATOMIA DE UMA BICICLETA.....	48
	6.6 ASPECTOS ERGONÔMICOS .....	50
<b>7</b>	<b>ANÁLISE DE SIMILARES .....</b>	<b>53</b>
	7.1 CITY BIKES E COMFORT BIKES.....	54
	7.2 HÍBRIDAS .....	57
	7.3 HÍBRIDAS NACIONAIS.....	60
	7.4 HÍBRIDAS DE PERFORMANCE .....	63
	7.5 ESTILO.....	68
	7.6 DOBRÁVEIS.....	72
<b>8</b>	<b>COMPONENTES MECÂNICOS .....</b>	<b>78</b>
	8.1 QUADRO E GARFO.....	80
	8.1.1 <i>Quadro</i> .....	80
	8.1.1.1 Materiais e processos.....	80
	8.1.1.2 Ergonomia e Geometria do Quadro .....	91
	8.1.2 <i>Garfo</i> .....	95
	8.2 RODAS E PNEUS.....	97
	8.2.1 <i>Rodas</i> .....	97
	8.2.2 <i>Pneus</i> .....	100

8.3	TRANSMISSÃO E MULTIPLICAÇÃO DE TORQUE.....	102
8.4	SISTEMAS DE FREIOS.....	107
8.5	GUIDÃO E AVANÇO DO GUIDÃO.....	109
8.6	SELIM.....	113
<b>9</b>	<b>DESENVOLVIMENTO .....</b>	<b>115</b>
9.1	PROJETO CONCEITUAL.....	115
9.1.1	<i>Elaboração do Conceito .....</i>	<i>115</i>
9.1.2	<i>Geração de Alternativas.....</i>	<i>120</i>
9.1.3	<i>Seleção de Alternativas.....</i>	<i>129</i>
9.2	DESENVOLVIMENTO DE PROJETO .....	131
9.2.1	<i>Especificação de Componentes .....</i>	<i>131</i>
9.2.2	<i>Modelagem.....</i>	<i>138</i>
9.2.3	<i>Documentação de Projeto.....</i>	<i>145</i>
<b>10</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>146</b>
<b>11</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>149</b>
<b>ANEXO 1</b>	<b>.....</b>	<b>160</b>
<b>APÊNDICE 1</b>	<b>.....</b>	<b>171</b>
<b>APÊNDICE 2</b>	<b>.....</b>	<b>179</b>
<b>APÊNDICE 3</b>	<b>.....</b>	<b>181</b>
<b>APÊNDICE 4</b>	<b>.....</b>	<b>183</b>
<b>APÊNDICE 5</b>	<b>.....</b>	<b>185</b>
<b>APÊNDICE 6</b>	<b>.....</b>	<b>187</b>
<b>APÊNDICE 7</b>	<b>.....</b>	<b>189</b>
<b>APÊNDICE 8</b>	<b>.....</b>	<b>191</b>
<b>APÊNDICE 9</b>	<b>.....</b>	<b>193</b>
<b>APÊNDICE 10</b>	<b>.....</b>	<b>195</b>
<b>APÊNDICE 11</b>	<b>.....</b>	<b>197</b>
<b>APÊNDICE 12</b>	<b>.....</b>	<b>199</b>
<b>APÊNDICE 13</b>	<b>.....</b>	<b>201</b>

<b>APÊNDICE 14.....</b>	<b>203</b>
<b>APÊNDICE 15.....</b>	<b>205</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Metodologia aplicada no trabalho.....	25
Figura 2 – Distâncias percorridas em 30 minutos por diferentes meios de transporte.....	31
Figura 3 – Distribuição da idade dos entrevistados .....	33
Figura 4 – Gênero dos entrevistados .....	34
Figura 5 – Escolaridade dos entrevistados.....	34
Figura 6 – Veículos de propulsão humana já utilizados pelos entrevistados .....	35
Figura 7 – Utilização de combinação modal nos trajetos diários .....	36
Figura 8 – Enfrentamento de dificuldades de locomoção .....	36
Figura 9 – Nuvem de palavras formada pelas dificuldades encontradas pelos entrevistados.....	37
Figura 10 – Uso de meios alternativos de transporte pelos entrevistados.....	37
Figura 12 – Razões para não ter interesse em utilizar transporte alternativo .....	39
Figura 13 - Aumento da motivação dos entrevistados sem interesse em transporte alternativo pela disponibilidade de um veículo mais prático de transportar e armazenar.....	39
Figura 15 - Diagrama de Mudge da importância relativa de cada requisito .....	43
Figura 16 - Resultados do Desafio Intermodal 2009 de São Paulo .....	46
Figura 17 - Resultados do Desafio Intermodal 2009 de São Paulo .....	47
Figura 18 – Anatomia básica de uma bicicleta .....	48
Figura 19 – Giant Suede DX .....	55
Figura 20 - Gazelle Xanta .....	55

Figura 21 - Trek Belleville.....	56
Figura 22 - Peugeot City Moov.....	56
Figura 23 – Bianchi Spillo Diamante Man.....	58
Figura 24 – Trek Portland.....	58
Figura 25 – Gazelle Ultimate Excellent.....	59
Figura 26 – Peugeot Escapade.....	59
Figura 27 – Caloi Mobilità by Renata Falzoni .....	61
Figura 28 – Caloi Easy Rider .....	61
Figura 29 - Sundown Wave.....	62
Figura 30 – Soul Cycles Copenhagen.....	62
Figura 31 – Specialized Sirrus Pro .....	64
Figura 32 – Scott Sportster 10 .....	64
Figura 33 – Cannondale Quick Carbon 1 .....	65
Figura 34 - Trek 7.9 FX.....	65
Figura 35 – BMC Alpen Challenge AC1 .....	66
Figura 36 – Colnago Freedom .....	66
Figura 37 – Gazelle SPN3.....	67
Figura 38 – Cube SL Cross Race.....	68
Figura 39 – Trek District Carbon .....	69
Figura 40 – Specialized BG Roulux 2.....	70
Figura 41 – Cannondale Bad Boy Solo Headshock.....	70
Figura 42 – Cannondale Hooligan 8.....	71
Figura 43 – Red Your Dad Masher.....	71
Figura 44 – Puma Nevis Men.....	72

Figura 45 – Birdy Rohloff Disc.....	74
Figura 46 – Airnimal Joey Explore Elite Drop .....	74
Figura 47 – Brompton P6R-X.....	75
Figura 48 – Dahon IOS XL.....	76
Figura 49 – Strida LT .....	76
Figura 50 – Ábio Penza.....	77
Figura 51 – QFD .....	79
Figura 52 – Sumário do resultado do QFD.....	80
Figura 53 – Gráfico Densidade x Limite de escoamento .....	82
Figura 54 – Densidade x Módulo de Young .....	83
Figura 55 – Densidade x Resistência à fadiga .....	84
Figura 56 – Densidade x Resistência à fratura.....	85
Figura 57 – Gráfico Densidade x Preço.....	86
Figura 58 – Bicicleta com tubos de Fibra de Carbono e <i>lugs</i> de Alumínio.....	87
Figura 59 – Quadro com tubos e <i>lugs</i> de Fibra de Carbono .....	87
Figura 60 – Quadro monocoque construído em Fibra de Carbono.....	88
Figura 61 – Quadro produzido em alumínio utilizando a técnica <i>Superplastic Forming</i> .....	89
Figura 62 – Vetores de força aplicados durante o ciclo de pedalada.....	89
Figura 63 – Brasagem de tubos e <i>lugs</i> metálicos.....	90
Figura 64 – Partes do quadro da bicicleta .....	91
Figura 65 – Método da Federação Italiana de Ciclismo para tamanho de bicicletas .....	92
Figura 66 – Dimensões e ângulos significativos em um quadro tradicional.....	93

Figura 67 – Diferença de posicionamento do ciclista em diferentes tipos de bicicletas .....	94
Figura 68 – Comparação da área frontal do conjunto ciclista+bicicleta em diferentes posições de uso.....	95
Figura 69 – Garfo rígido produzido em fibra de carbono .....	96
Figura 70 – Garfo de suspensão produzido em alumínio .....	97
Figura 71 – Roda com raios convencionais.....	98
Figura 72 – Roda de três raios produzida em fibra de carbono .....	98
Figura 73 – Esforços aplicados a rodas de raios em compressão e tensionados. 99	
Figura 74 – Roda aerodinâmica do tipo disco .....	99
Figura 74 – Roda raiada com aro aerodinâmico de fibra de carbono .....	100
Figura 75 – Pneu para <i>mountain bike</i> com garras .....	101
Figura 76 - Pneu urbano do tipo misto .....	101
Figura 77 – Pneu urbano do tipo slick .....	102
Figura 78 – Correia convencional utilizada em bicicletas .....	103
Figura 79 – Conjunto de transmissão por eixo cardan para bicicletas.....	104
Figura 80 – Correia de transmissão de fibra de carbono.....	104
Figura 81 – Câmbio traseiro do tipo descarrilhador.....	105
Figura 82 – Cubo de marchas internas. ....	106
Figura 83 – Transmissão híbrida com descarrilhador e cubo de marchas internas .....	106
Figura 84 - Caixa de marchas integrada ao movimento central.....	107
Figura 85 – Freio do tipo ferradura.....	108
Figura 86 – Freio do tipo v-brake .....	108
Figura 87 – Freio a disco com acionamento hidráulico.....	109

Figura 88 – Guidão tipo <i>flatbar</i> .....	109
Figura 89 – Guidão tipo <i>high rise</i> .....	110
Figura 90 – Guidão tipo multigrip .....	111
Figura 91 – Manopla de guidão ergonômica .....	111
Figura 92 – Avanço do guidão com inclinação regulável.....	112
Figura 93 – Avanço do guidão com suspensão.....	112
Figura 94 – Larguras de selim recomendadas para homens e mulheres .....	113
Figura 95 – Selim priorizando somente conforto em curtas distâncias .....	113
Figura 96 – Selim com foco em conforto e desempenho.....	114
Figura 97 – Canote do selim com suspensão .....	114
Figura 98 – Painel do Estilo de Vida .....	115
Figura 99 – Painel do Tema Visual .....	116
Figura 100 – Painel do Tema Visual de Cores e Acabamentos.....	117
Figura 101 – Esboços de alternativas geradas.....	120
Figura 102 – Esboços de alternativas geradas.....	121
Figura 103 – Vistas da Bicicleta 1 .....	122
Figura 104 – Gráfico da concentração de tensões no quadro da Bicicleta 1 .....	123
Figura 105 – Vistas da Bicicleta 2 .....	124
Figura 106 - Gráfico da concentração de tensões no quadro da Bicicleta 2 .....	125
Figura 107 - Gráfico da concentração de tensões no quadro da Bicicleta 3 .....	127
Figura 108 – Dimensões quando dobradas e pesos estimados das alternativas	128
Figura 109 – Quadro desenvolvido no projeto.....	132
Figura 110– Garfo desenvolvido no projeto.....	132
Figura 111 – Roda dianteira desenvolvida no projeto com pneu e disco de freio	133

Figura 112 – Roda traseira desenvolvida no projeto com pneu e disco de freio .	134
Figura 113– Guidão Ritchey Comp tipo <i>flat bar</i> .....	134
Figura 114 – Guidão tipo <i>bullhorn</i> desenvolvido no projeto.....	135
Figura 115 – Guidão tipo <i>riser</i> desenvolvido no projeto.....	135
Figura 116 – Selim Specialized Milano Sport Gel.....	136
Figura 117 – Canote Ritchey Pro Carbon.....	136
Figura 118 – Caliper de freio a disco Avid BB5 Road.....	137
Figura 119 – SRAM i-Motion 9 .....	137
Figura 120 – Bicicleta desenvolvida, perspectiva frontal .....	139
Figura 121 – Bicicleta desenvolvida, perspectiva posterior .....	139
Figura 122 – Bicicleta desenvolvida em posição dobrada, perspectiva frontal .....	140
Figura 123 – Bicicleta desenvolvida em posição dobrada, perspectiva posterior	140
Figura 124 – Bicicleta desenvolvida equipada com os acessórios, perspectiva frontal.....	141
Figura 125 – Bicicleta desenvolvida equipada com os acessórios, perspectiva posterior.....	141
Figura 126 – Bicicleta desenvolvida com figura humana.....	142
Figura 127 – Simulação do transporte da bicicleta dobrada.....	142
Figura 128 – Simulação do uso da bicicleta .....	143
Figura 129 – Alternativas de rodas desenvolvidas .....	144
Figura 130 – Exemplo de customização aplicada à bicicleta desenvolvida .....	144
Figura 131 – Comparação da bicicleta desenvolvida com os benchmarkings selecionados.....	145

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Especificações técnicas das bicicletas da categoria Conforto .....	54
Quadro 2 – Especificações técnicas das bicicletas da categoria Híbrida .....	57
Quadro 3 - Características técnicas das bicicletas Híbridas nacionais .....	60
Quadro 4 – Especificações técnicas das bicicletas da categoria Híbrida de Performance .....	63
Quadro 5 – Características técnicas das bicicletas da categoria Estilo .....	68
Quadro 6 – Características das bicicletas da categoria Dobráveis .....	72
Quadro 7 - Propriedades dos materiais utilizados atualmente na construção de bicicletas. ....	81
Quadro 8 - Matriz de avaliação de alternativas .....	130

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

QFD – *Quality Function Deployment*

IHPVA – *International Human Powered Vehicle Association*

HPV – *Human Powered Vehicle*

UCI - *Union Cycliste Internationale*

## 1 INTRODUÇÃO

O trânsito nas grandes cidades torna-se mais caótico a cada dia. Engarrafamentos, emissão de gases poluentes e acidentes são uma constante. Essa situação é agravada à medida que mais carros começam a circular diariamente, quase sempre com somente um ocupante. Essa situação acaba causando uma diminuição na qualidade de vida da população, pois se sabe que os congestionamentos atuam como agentes estressores, que impedem o deslocamento dos indivíduos entre dois pontos. Adiciona-se a isso a frustração causada por essa situação, que impede também que os indivíduos possam atingir objetivos cotidianos comuns, como de serem pontuais em seus compromissos (NOCAVO et al, 1978).

De acordo com Rank et al (2001), a situação ainda é bastante agravada pelo fato de que os motoristas, mesmo levando-se em consideração a necessidade de respiração mais forçada dos ciclistas, estão mais expostos aos poluentes presentes no ar. Esse dado mostra que o leque de fatores que indicam o quão crítica a situação se torna a cada dia pode ser aumentado com a inclusão do perigo potencial da ocorrência de problemas de ordem respiratória devido à exposição excessiva aos poluentes presentes nas áreas de tráfego intenso das grandes cidades.

A aparente facilidade para utilizar o automóvel em todo tipo de deslocamento – mesmo os realizados em distâncias extremamente curtas – acaba infligindo um custo muitas vezes negligenciado na saúde da população, com o aumento da obesidade com um exemplo cada vez mais comum. Estudos indicam que 83% dos deslocamentos realizados diariamente pelas pessoas são extremamente curtos, realizados por razões não profissionais, e ocorrem a distâncias relativamente pequenas de suas residências. Esses deslocamentos representam oportunidades, muitas vezes desperdiçadas, de realizar uma atividade física como a caminhada ou o ciclismo (Saelens et al, 2003). Acaba que, então, a grande maioria das pessoas não faz uso da oportunidade, contribuindo

para o prejuízo da saúde – sua e do resto da população – agravando o somatório dos fatores mencionados anteriormente. Muitas vezes essa opção pelo automóvel se dá pela falta de praticidade das bicicletas disponíveis que, em geral, não são adaptadas ao deslocamento urbano em curtas e médias distâncias. Soma-se a isso, ainda, a falta de infra-estrutura adequada e educação por parte dos motoristas para que se possa realizar esses trajetos com conforto e segurança.

O desenvolvimento de uma bicicleta dobrável com foco no usuário, atendendo às suas necessidades e aumentando sua atratividade como meio de transporte para locomoção diária eficiente em pequenos e médios deslocamentos é o que propõe o presente trabalho. Somando-se, ainda, ao aumento da facilidade de locomoção, a prática do exercício físico moderado diário, proporcionando um aumento na qualidade de vida da população, e a possibilidade de utilização da bicicleta em atividades recreativas. O crescimento do bem estar e da consciência com relação ao transporte sustentável e respeito com o meio ambiente podem ser considerados como benefícios indiretos.

## 2 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA

As motivações para o desenvolvimento do trabalho são muitas: aumento do sedentarismo, altos custos de transporte, dependência de uma fonte de combustíveis poluente e não renovável, prejuízos à saúde da população e ao meio ambiente devido à emissão de gases poluentes e a saturação dos meios de transporte mais utilizados.

A utilização massiva dos derivados de petróleo como combustível para os meios de transporte é o primeiro ponto crítico do sistema atual: trata-se de combustíveis que emitem gases poluentes e que são provenientes de uma fonte não-renovável. Sabe-se que atualmente o aumento na demanda por petróleo excede as descobertas de novos poços em uma proporção de 3:1, e que essa situação tende a agravar-se, pois a demanda em países em desenvolvimento está em crescimento (BLACK, 2010). O outro problema relacionado com os combustíveis à base de petróleo é a emissão de gases poluentes devido à sua combustão pelos motores. Esses gases comprovadamente causam inúmeros prejuízos ao sistema respiratório humano, além do aumento do efeito estufa. Já é possível perceber as conseqüências no aumento da temperatura global, derretimento das calotas polares e alterações climáticas.

Em 2001, as concentrações de dióxido de carbono cresceram 31% acima dos níveis no ano de 1750 e encontram-se agora em níveis nunca vistos nos últimos 420.000 anos (BLACK apud IPCC, 2010).

Os meios de transporte que utilizam combustíveis à base de petróleo são responsáveis por aproximadamente um terço dessas emissões de gases poluentes, representando um problema bastante grave para o meio ambiente e o bem estar da população. Gases poluentes que são provenientes, em grande parte, da queima de combustíveis fósseis utilizados pela maioria dos meios de transporte que utilizamos diariamente em nossa locomoção cotidiana. Sabe-se que além do prejuízo ao sistema respiratório humano, esses gases também acabam

aumentando o efeito estufa e causando alterações climáticas de conseqüências gravíssimas sentidas em todo o planeta.

A substituição dos combustíveis à base de petróleo por outros não poluentes e provenientes de fontes renováveis resolveria os problemas relacionados com a degradação do meio ambiente e enfermidades do sistema respiratório, mas não resolveria outro que se apresenta com a mesma gravidade: os congestionamentos. A cultura do automóvel, onde a posse de um veículo particular representa sucesso e prosperidade e onde, cada vez mais, circulam veículos com apenas um ocupante acaba saturando as vias e causando os congestionamentos que, ao diminuir a velocidade dos veículos, faz com que seus motores utilizem mais combustível e emitam mais gases poluentes por trabalhar de forma ineficiente.

Todas as formas de transporte podem ser consideradas sustentáveis dentro de uma determinada escala de utilização, que quando excedida faz com que o mesmo se torne não-sustentável. Sabe-se que os veículos de tração animal já foram meios de transporte não sustentáveis na Roma antiga e, no século XIX, na maioria das grandes cidades, devido à poluição causada pelas fezes dos animais e pela poeira (Black, 2010). A massificação de um só meio de transporte é o que faz com que ele acabe se tornando ineficiente, saturado e prejudicial ao meio-ambiente e à saúde da população. Levando-se em consideração os dados presentes na literatura, chega-se a conclusão de que não basta, apenas, desenvolver novas formas de transporte, pois com o aumento da escala de utilização estas também acabarão por tornarem-se não sustentáveis. Um dos caminhos que se apresenta, então, é um aumento da distribuição do uso das diferentes formas de transporte, evitando que a saturação ocorra pelo uso demasiado de algumas delas em especial.

A escassez de alternativas de bicicletas dobráveis que atendam às necessidades de desempenho, praticidade e estilo, restringindo a ampliação da utilização de tal veículo como meio de transporte urbano apresenta-se como o problema de projeto. A solução proposta para resolver tal problema é o

desenvolvimento de uma bicicleta que atenda às necessidades dos usuários no ambiente urbano, proporcionando praticidade e flexibilidade no armazenamento, através da redução de volume, no uso, através da correta seleção de materiais e projeto ergonômico, e da possibilidade de uso de forma sustentável, eficiente, saudável e econômica.

### 3 OBJETIVOS

Visando o aperfeiçoamento na área de design para mobilidade, uma vez considerando os projetos já realizados durante o curso da graduação, este trabalho pretende aplicar os conhecimentos adquiridos no estudo e desenvolvimento de uma bicicleta dobrável para curtos e médios deslocamentos urbanos com foco no usuário. Além de atender as necessidades não contempladas pelos modelos de bicicletas disponíveis atualmente, esta deve possibilitar ser convenientemente transportada e armazenada quando não estiver sendo utilizada.

Como objetivos específicos no desenvolvimento do projeto, apresentam-se:

- Caracterizar o público-alvo e realizar o levantamento de suas necessidades e desejos;

- Pesquisar e definir os parâmetros ergonômicos para o projeto;

- Pesquisar, selecionar e definir os materiais a serem utilizados na produção do veículo;

- Pesquisar e definir os sistemas mecânicos, de articulação, montagem e desmontagem a serem aplicados no projeto;

- Pesquisar e selecionar os processos produtivos adequados para os materiais, formas e solicitações mecânicas dos componentes da bicicleta;

- Desenvolver o projeto executivo, assim como o respectivo detalhamento.

Portanto, o presente trabalho propõe-se a desenvolver o projeto de uma bicicleta dobrável e assim contribuir para que os usuários possam ter uma alternativa de transporte para realizar seus deslocamentos de média e curta distância de forma prática, sustentável, saudável e econômica.

#### 4 METODOLOGIA

No presente trabalho, para as atividades de Trabalho de Conclusão de Curso em Design I e Trabalho de Conclusão de Curso em Design II, foi aplicada uma adaptação da metodologia apresentada por Baxter (1998), no livro “Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos”, e de Back et al (2008) em “Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem” (Figura 1).

Na fase de planejamento de projeto foram desenvolvidas as atividades de definição de escopo do projeto, definição do escopo do produto, definição do cronograma e atividades do projeto, além de ser iniciada a contextualização.

Na definição do escopo do produto, definiram-se as características e funções fundamentais do produto. Esse passo é importante para que se possa focar os esforços de desenvolvimento nas áreas necessárias, sem desperdiçar tempo e recursos. À partir dessa definição de escopo do produto, partiu-se para a definição do escopo do projeto, onde para cada característica e função definidas na etapa anterior, buscou-se definir as tarefas a serem realizadas para atingir tais objetivos. Com as tarefas definidas, foi elaborado um cronograma, programando as atividades no intervalo de tempo. Durante todo o tempo em que as atividades anteriormente mencionadas eram realizados, ocorria simultaneamente a pesquisa bibliográfica e elaboração da contextualização.

Iniciou-se, em seguida, o Projeto Informacional, que englobou a identificação dos usuários do produto e seu perfil, apresentação do problema, elaboração de um questionário (Apêndice 1), aplicação do questionário, análise dos dados obtidos, análise de similares, QFD, transformação das necessidades dos usuários em requisitos, e priorização dos requisitos.

Com o público alvo definido, elaborou-se o questionário aplicado a um grupo de pessoas pertencente ao mesmo. Com a aplicação desse questionário, e a posterior análise dos dados obtidos, foi possível entender melhor a visão dos usuários sobre o tema, identificar suas necessidades e desejos. Com base nas etapas desenvolvidas, foi apresentado o problema, e a proposta do presente

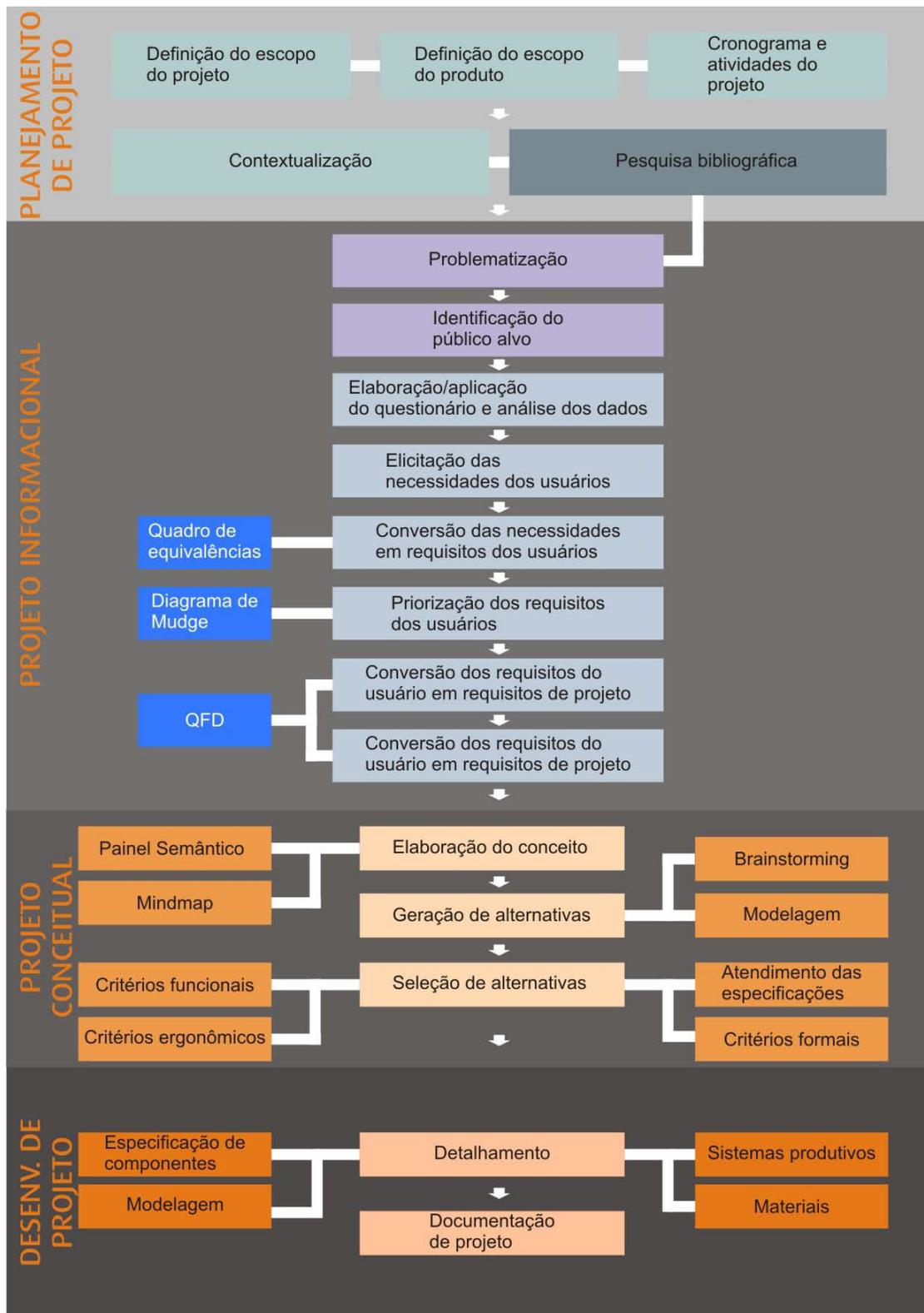


Figura 1 – Metodologia aplicada no trabalho

trabalho para solucioná-lo. Iniciou-se então a análise de similares, onde foi possível fazer um cruzamento entre quais necessidades são atendidas, avaliando também a possibilidade de melhorias, e quais não são atendidas. A aplicação do QFD, também conhecido como desdobramento da função da qualidade, foi realizada para que o atendimento dos desejos e necessidades dos usuários, identificadas nas etapas anteriores, seja realizado da forma mais completa possível. O QFD auxilia, principalmente, na visualização e documentação das necessidades e desejos, mas também na transformação dessas necessidades em requisitos de projeto, e na sua transformação final em especificações de projeto. (BACK, 2008)

Com base nos dados obtidos na aplicação dos QFDs da etapa anterior, foi possível realizar a conversão dos requisitos dos usuários em requisitos de projeto. As características de cada grupo de componentes foram cruzadas com os requisitos dos usuários em QFDs de segunda geração, gerando assim uma hierarquia das características prioritárias para o atendimento das necessidades dos usuários. A seleção das características mais relevantes de cada grupo de componentes foi realizada com base na bibliografia consultada.

As etapas seguintes foram a geração de painéis semânticos e *mindmaps*, com o objetivo de chegar a um conceito para o produto. Os *mindmaps* permitem a geração associativa de idéias em busca de soluções para o desenvolvimento do projeto.

A superação do pensamento linear se dá muitas vezes por meio de saltos associativos, conduzindo a idéias e produtos inovadores. (BÜRDEK, 2006).

Os painéis semânticos dividiram-se em Painel do Estilo de Vida, Painel do Tema Visual Formal, e Painel do Tema Visual de Acabamentos e Cores. Com o Painel do Estilo de Vida, procura-se traçar uma imagem do estilo de vida dos futuros consumidores do produto. A imagem revela, também, os valores pessoais e sociais, além do tipo de vida desses consumidores (BAXTER, 1998). A

ferramenta de Painel do Tema Visual fornece uma rica fonte de formas visuais que servem como referência e inspiração para o novo produto. De acordo com Baxter (1998), para sua formulação organiza-se um painel com produtos que estejam de acordo com o espírito pretendido para o novo produto. O Painel do Tema Visual de Acabamentos e Cores é elaborado de maneira semelhante ao anteriormente apresentado.

A etapa de geração de alternativas foi dividida nas etapas de *brainstorming*, e modelagem. No *brainstorming* foram realizados inúmeros esboços de alternativas, manualmente, em papel. As alternativas mais promissoras foram, então, modeladas em software 3D.

Como ferramenta para o auxílio à seleção de alternativas foi empregada uma matriz de seleção. Utiliza-se, neste método, uma matriz onde é realizado um cruzamento entre as alternativas desenvolvidas, e os critérios de decisão. No cruzamento são atribuídos valores para o atendimento de cada critério, definidos na conversão das necessidades dos usuários em requisitos dos usuários, de acordo com o peso relativo de cada um. Ao final, o somatório dos valores atribuídos para cada alternativa indica a mais promissora (BAXTER, 1998).

Por fim, são realizadas as etapas de Detalhamento, com especificação de componentes, modelagem 3D da alternativa final e especificação de materiais e sistemas produtivos, com o objetivo de gerar a Documentação de Projeto.

## 5 CONCEITOS GERAIS EM DESIGN PARA MOBILIDADE

### 5.1. TRANSPORTE

O transporte é definido por Larica (2003) como a combinação de uma atividade estritamente funcional, que é a habilidade de ir de um lugar para outro por meios mecânicos com a máxima conveniência e o mínimo desconforto, com uma atividade de proporcione satisfação e divertimento.

Podemos nos referir a cada um dos meios mecânicos que podem ser utilizados para realizar esses deslocamentos como modal. É possível que se utilize mais de um modal para realizar determinados deslocamentos, acontecendo o que podemos chamar de transporte intermodal.

### 5.2. DESIGN PARA MOBILIDADE

O design para mobilidade pode ser definido como a aplicação do design com o objetivo de possibilitar ou facilitar o deslocamento das pessoas de um local para outro. Larica (2003) afirma que o design de transportes se propõe a discutir efetivamente os princípios do design aplicados aos meios de transporte, sem deixar de abordar as características de suas instalações e sistemas de apoio. Diz ainda que é necessário que o designer se coloque no lugar do viajante, no lugar do esportista, no lugar do explorador à procura de novas sensações e caminhos a fim de entender as percepções destes acerca do ato de se deslocar de uma determinada forma.

O design de transportes une muitas diferentes formas de design com o objetivo de levar pessoas de A até B e manter a sociedade e a economia em movimento (Design Council – Transport Design, 2010).

### 5.3. TRANSPORTE SUSTENTÁVEL

A questão da sustentabilidade no transporte gera inúmeras discussões com relação às definições e suas abrangências. William R. Black (apud MIT; CRA, 2001) afirma, em uma possível definição, que transporte sustentável é a

habilidade de suprir a necessidade que a sociedade tem de se mover livremente, acessar, comunicar-se, negociar e estabelecer relações sem sacrificar outros valores essenciais humanos ou ecológicos nos dias de hoje ou no futuro. Outra definição que se apresenta é que “um sistema de transporte sustentável é aquele que proporciona mobilidade com combustíveis renováveis ao mesmo tempo em que minimiza prejuízos aos meio-ambientes locais e globais, e prevenindo fatalidades, ferimentos e congestionamentos desnecessários”. (BLACK, 2010)

#### 5.4 BICICLETA

Como definição para bicicleta, temos que é um “transportador individual não motorizado e movido a pedal; com estrutura metálica tubular em aço/alumínio ou em fibra de carbono, com ou sem suspensão flexível; podendo ser equipado com cestas de carga ou suporte para assento do garupa.” (LARICA, 2003) e “veículo constituído por um conjunto de tubos metálicos montados em duas rodas, alinhadas uma atrás da outra, e com selim, sendo manobrada por guidão e pedais.”(FARIAS apud FERREIRA, 2009). Essas definições mostram-se incompletas no momento em que existem bicicletas construídas utilizando-se a tecnologia de monocoque em substituição aos tubos. (BALLANTINE; GRANT, 1998) Pode-se se dizer, então, que bicicleta é um veículo de propulsão humana, movido por pedais, direcionado com o uso de um guidão, que possui um banco o selim, duras rodas alinhadas uma à frente da outra e construção de sua estrutura utilizando materiais e técnicas variadas.

Desde então inúmeros avanços foram introduzidos nos mecanismos e materiais, mas a bicicleta continua basicamente com o mesmo formato introduzido, em 1885, pela Rover Safety Bicycle. Apesar dessa aparente estagnação na forma, sabe-se que a bicicleta é um dos veículos mais eficientes de que se tem notícia, transmitindo a força produzida pelo condutor com perdas de apenas 1 a 2% e consumindo 0.15 cal/g.km (GRAVA, 2002).

## 6 COMPREENSÃO DO PROBLEMA

### 6.1. DESLOCAMENTO URBANO

Podemos definir como deslocamentos urbanos aqueles realizados dentro dos limites de uma cidade, seja para fins de trabalho ou pessoais. De acordo com Sigurd Grava (2002), a vida nas cidades só é possível caso as pessoas tenham a possibilidade de se locomover, de acordo com a sua vontade, para realizar as atividades que precisam ou querem.

Existem inúmeros fatores que podem afetar a mobilidade urbana, e podemos citar entre os mais críticos o custo, os congestionamentos, o relevo e a falta de infra-estrutura, e o clima.

Sabe-se que uma cidade de classe média em uma cidade grande como o Rio de Janeiro gasta por volta de 20% de seu orçamento mensal em transporte (LARICA, 2003). Isso pode tornar-se um impedimento para que pessoas de renda mais baixa possam se locomover da forma e com a frequência que gostariam.

Conforme já mencionado, os congestionamentos são um problema crescente, de difícil solução e que afetam a qualidade de vida nas grandes cidades de forma dramática.

Outro problema que afeta a mobilidade urbana é a falta de alternativas modais para realizar os deslocamentos. Enquanto em algumas cidades está disponível uma vasta gama de serviços de transporte público e infra-estrutura para o uso de meios de transporte alternativos como a bicicleta, em outras, muitas vezes, simplesmente não existe nenhuma alternativa.

Como se pode verificar na imagem abaixo (Figura 2) existe uma grande variação na relação entre tempo e distância dependendo do modal selecionado, fazendo com que a existência ou não de determinados tipos modifique muito o panorama da mobilidade em uma determinada cidade. Em uma cidade sem metrô, por exemplo, a bicicleta apresenta-se como uma das melhores alternativas para

vencer os congestionamentos, sendo mais rápida que ônibus e automóveis, em áreas de tráfego intenso.

<b>Distâncias que podem ser percorridas em 30 minutos</b>	
<b>Modal</b>	<b>Kilometros</b>
Pedestre caminhando calmamente	2.4
Pedestre caminhando com rapidez	3.2
Corredor amador	4.8
Bicicleta em ritmo normal	8.0
Ônibus urbano em trânsito intenso	4.8
Ônibus em ruas de menor movimento	13.0
VLT	13.0
Metrô	19.5
Automóvel em ruas congestionadas	1.6
Automóvel andando no limite de velocidade urbano	19.3

**Figura 2 – Distâncias percorridas em 30 minutos por diferentes meios de transporte**  
 Fonte: Adaptado de GRAVA, 2002, p. 29.

## 6.2. ASPECTOS LEGAIS

No desenvolvimento de qualquer projeto é fundamental a realização de uma pesquisa com relação à legislação pertinente à área de desenvolvimento do mesmo, bem como uma pesquisa com relação aos registros de patentes, para evitar quaisquer tipos de problemas legais posteriormente.

Com relação à legislação regulamentando os veículos de propulsão humana, o código de trânsito brasileiro faz menção somente às bicicletas. Os itens obrigatórios para que as bicicletas possam circular são:

- Campanha.
- Sinalização noturna dianteira, traseira, lateral e nos pedais.
- Espelho retrovisor no lado esquerdo.

Com relação às regras de circulação, o código informa que os veículos automotores devem dar preferência às bicicletas, e que estas devem dar preferência aos pedestres. Outro fato importante citado no código, é que um ciclista desmontado e empurrando sua bicicleta é considerado, para todos os efeitos, um pedestre, podendo circular nas calçadas.

A questão das patentes e registros é bastante delicada, pois pode-se, sem intenção, incorrer na violação de uma patente ou registro e, com isso ter, além de problemas legais, um grande desperdício de tempo e energia no desenvolvimento de algo que já existe. Fica claro, então, que é fundamental realizar uma busca nos registros para atuar de forma inovadora.

De acordo com uma pesquisa realizada junto ao INPI, sabe-se que existem registrados patentes de veículos terrestres de propulsão humana, ou de partes e mecanismos para este tipo de veículo. Existem, também, 14 registros de patente de bicicletas dobráveis conforme Anexo 1, ou de partes para este tipo de bicicleta.

### 6.3. QUESTIONÁRIO

Foi elaborado um questionário (Apêndice 1) aplicado através de um formulário na internet. O mesmo obteve 295 respostas no período de 29/09/2010 a 02/10/2010. O questionário foi dividido em três partes, sendo que a última varia de acordo com as respostas obtidas nas duas primeiras.

A primeira parte foi composta com perguntas que tinham como objetivo determinar o perfil dos entrevistados, bem como fazer relações entre seus hábitos e perfil.

A seguir, na segunda parte, os entrevistados responderam a perguntas sobre transporte urbano, seus meios, dificuldades encontradas, e sobre o uso de meios de transporte alternativos.

Na última seção, o questionário continha diferentes perguntas que eram aplicadas de acordo com a resposta dada pelos entrevistados sobre o uso de meios de transportes alternativos.

Somente os dados mais relevantes para o desenvolvimento do projeto estão sendo apresentados.

Como se pode observar na imagem abaixo (Figura 3), a maioria dos entrevistados encontra-se na faixa entre 18 e 25 anos, existindo também uma parcela significativa de entrevistados com idade entre 26 e 30 anos.

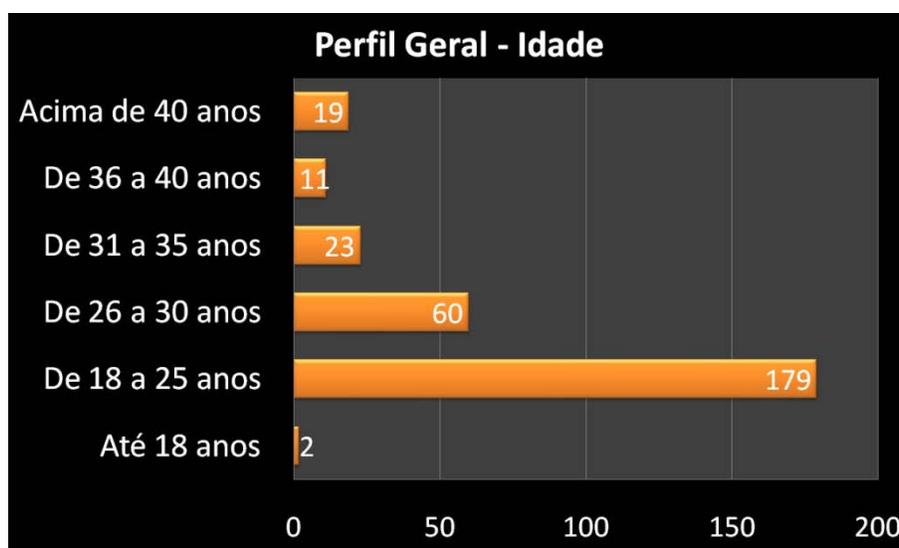


Figura 3 – Distribuição da idade dos entrevistados

A distribuição de gênero dos entrevistados foi de 61% de respondentes do sexo masculino, e 39% do sexo feminino (Figura 4).

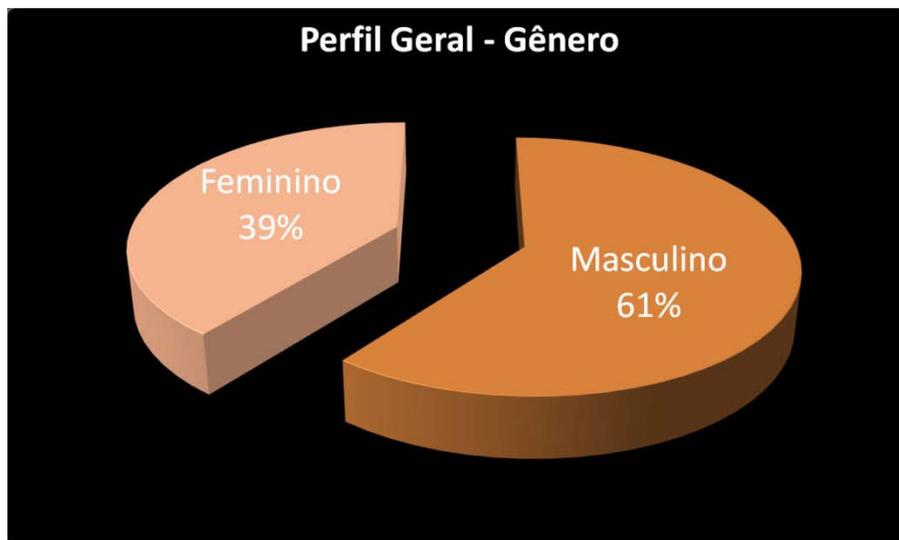


Figura 4 – Gênero dos entrevistados

A grande maioria dos entrevistados é formada por estudantes e pessoas que possuem ensino superior incompleto. Dos 295 entrevistados, 201 possuem este nível de escolaridade. Os entrevistados com formação superior formam um grupo de 90 pessoas, enquanto os que possuem ensino médio são 4 (Figura 5).

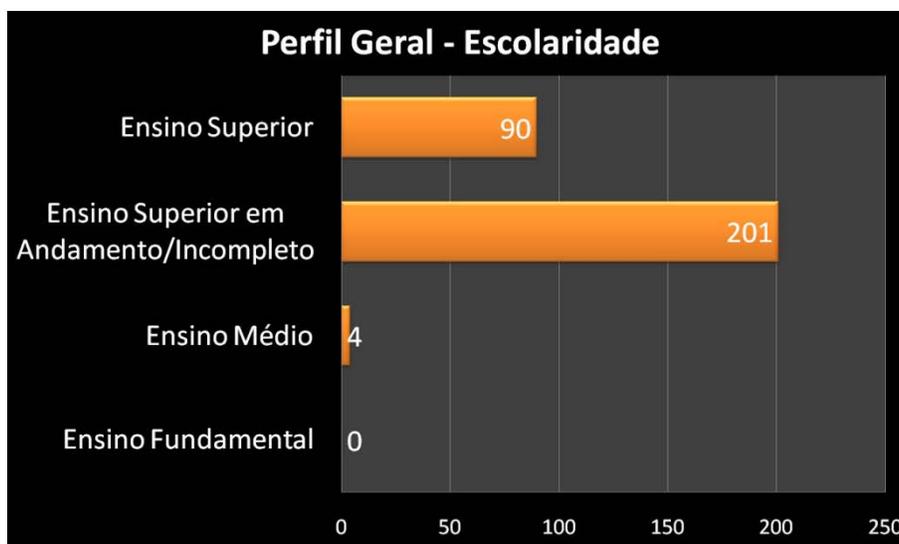
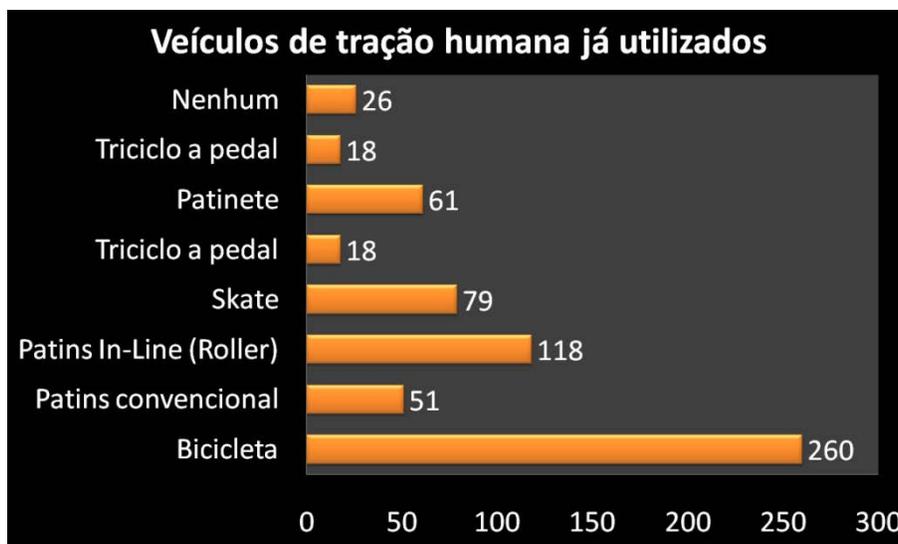


Figura 5 – Escolaridade dos entrevistados

Com o objetivo de determinar o domínio dos entrevistados sobre diversos tipos de veículos de propulsão humana, foi solicitado que marcassem os tipos que alguma vez haviam utilizado (Figura 6).



**Figura 6 – Veículos de propulsão humana já utilizados pelos entrevistados**

Fica claro pelos resultados que o veículo mais difundido, com mais que o dobro do segundo colocado, é a bicicleta. Dos 295 entrevistados, 260 já utilizaram este meio de locomoção.

As respostas às questões sobre transporte urbano indicam que, entre os entrevistados, a grande maioria utiliza o transporte coletivo, na forma de ônibus para realizar seus deslocamentos diários. Uma grande parcela, porém, é formada por pessoas que utilizam automóveis, seguidos pelos que realizam seus percursos a pé. A baixa utilização do metrô como meio de transporte pode ser atribuída ao fato de a maioria dos entrevistados serem residentes da cidade de Porto Alegre, onde este meio de transporte possui aplicação extremamente limitada.

Os entrevistados foram solicitados a responder se utilizavam combinação modal em seus trajetos cotidianos, a que a maioria respondeu que não. Uma parcela significativa, mesmo que menor, respondeu que utiliza mais de um modal para sua locomoção diária (Figura 7).

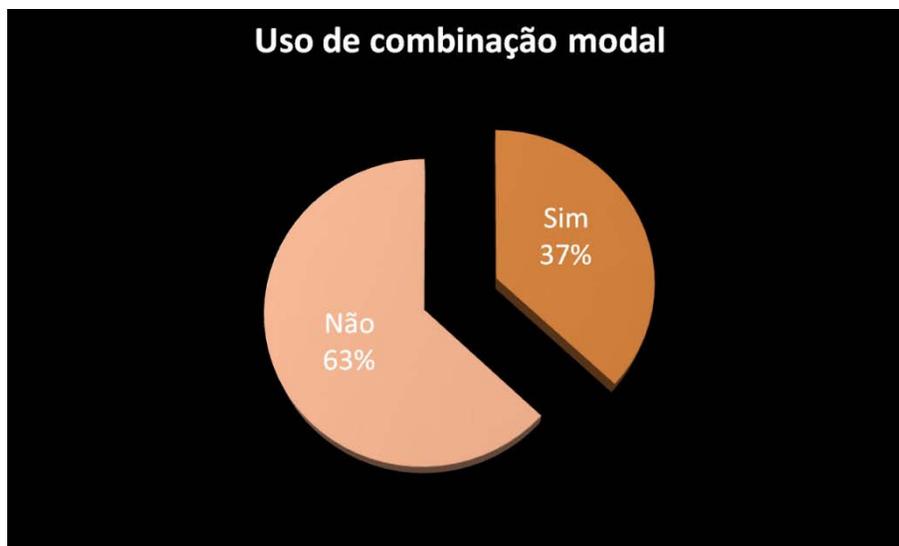


Figura 7 – Utilização de combinação modal nos trajetos diários

As dificuldades de mobilidade foram abordadas em uma questão que solicitava aos entrevistados se possuíam este tipo de problemas (Figura 8), e em seguida eram convidados a listá-los de forma voluntária.

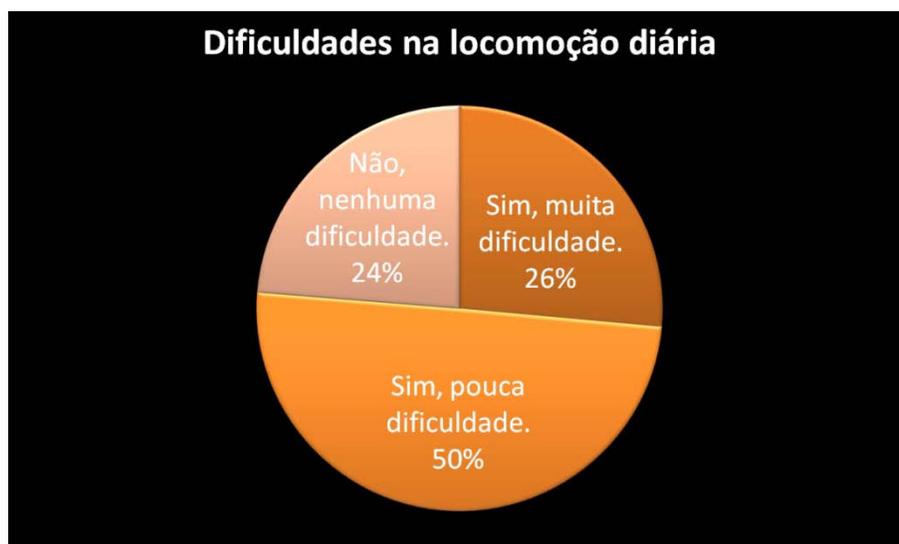
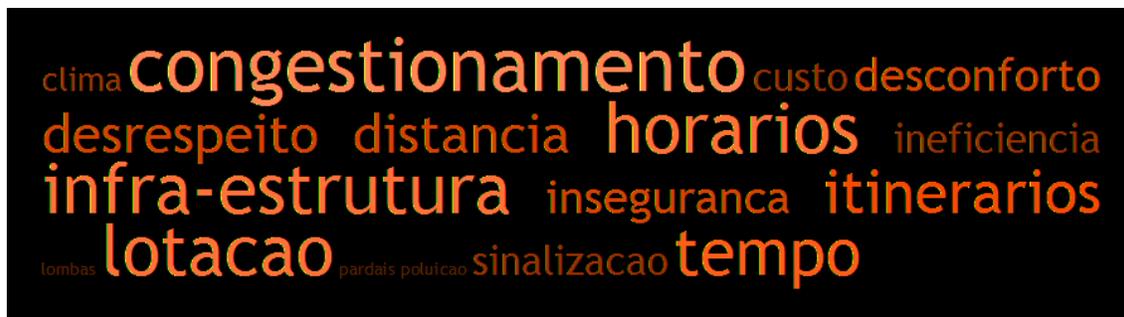


Figura 8 – Enfrentamento de dificuldades de locomoção

As respostas à questão voluntária foram normalizadas e enquadradas em categorias, e a seguir foi criada uma nuvem de palavras (Figura 9), onde o tamanho das palavras na imagem é diretamente proporcional à sua incidência nas respostas.



**Figura 9 – Nuvem de palavras formada pelas dificuldades encontradas pelos entrevistados**

É possível observar na imagem acima (Figura 9) que o problema citado com mais frequência foram os congestionamentos, seguidos dos horários precários do transporte público, da falta de infra-estrutura, lotação dos serviços públicos e o tempo despendido nos trajetos.

Os resultados confirmam os dados presentes na bibliografia, bem como as justificativas para o desenvolvimento do trabalho, mencionados anteriormente.

A penúltima pergunta geral era sobre o uso de meios alternativos de transporte, a qual 40% dos entrevistados responderam que atualmente não utilizam meios de transporte alternativos, mas que estariam dispostos a experimentá-los, 32% respondeu que utilizam os meios alternativos, enquanto 28% não utilizam (Figura 10).



**Figura 10 – Uso de meios alternativos de transporte pelos entrevistados**

Por último, na parte geral, foi solicitado aos entrevistados que identificassem voluntariamente qual a imagem transmitida pelos usuários de transporte alternativo. As respostas foram normalizadas e enquadradas em categorias, e apresentam-se na Figura 11.



**Figura 11 – Nuvem de palavras formada pela imagem transmitida pelos usuários de transporte alternativo**

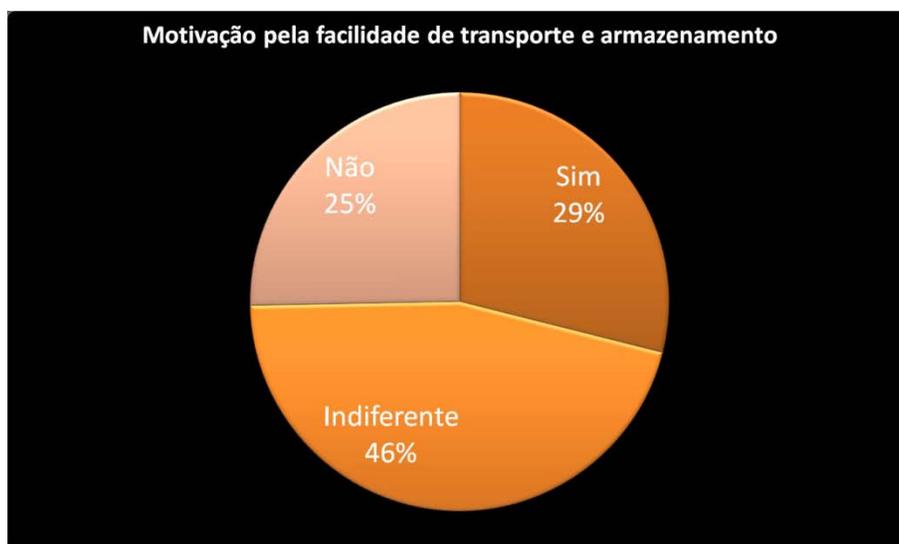
A principal percepção dos entrevistados com relação aos usuários de transporte coletivo é de que se trata de uma pessoa consciente e saudável. Um dado que deve ser levado em consideração é a incidência da imagem de uma pessoa pobre, e que utiliza transporte alternativo por falta de opção. É importante mudar essa imagem para evitar que uma parcela da população não faça uso desse tipo de meio de transporte devido a esse tipo de associação negativa.

Quando solicitados que respondessem qual o motivo de não terem interesse de utilizar os meios de transporte alternativo, os entrevistados responderam com maior frequência que os mesmos não se adaptam as suas necessidades e que os consideram inseguros (Figura 12).



**Figura 12 – Razões para não ter interesse em utilizar transporte alternativo**

Por último, os entrevistados sem interesse em utilizar transporte alternativo responderam se um equipamento mais prático de guardar e transportar modificaria a opinião deles com relação a utilização. A essa pergunta, 29% responderam que sim, 46% responderam que não haveria alteração, e 25% responderam que não (Figura 13). Existe, portanto, uma parcela significativa dos entrevistados que mesmo se declarando sem interesse na utilização de transportes alternativos, se sentiria mais motivada a utilizá-los caso o equipamento proporcionasse mais flexibilidade e praticidade.



**Figura 13 - Aumento da motivação dos entrevistados sem interesse em transporte alternativo pela disponibilidade de um veículo mais prático de transportar e armazenar**

Ao final do questionário todos os entrevistados tinham a possibilidade de, espontaneamente, opinar sobre os prós e contras, bem como sobre suas necessidades que não são atendidas e o que pode ser melhorado nos veículos de propulsão humana. As respostas foram enquadradas em categorias, das quais fez-se uma classificação e listagem (Figura 14).

À partir das necessidades manifestas, ou seja, aquelas que foram verbalizadas pelos usuários, surgiram os seguintes requisitos:

- Facilidade de armazenamento e transporte
- Segurança
- Peso reduzido
- Eficiência e velocidade
- Sistemas para evitar que o usuário se suje durante o transporte
- Possibilidade de combinação modal
- Sistemas antifurto
- Capacidade de carga
- Facilidade de manutenção
- Conforto

Pode-se notar que os veículos atualmente disponíveis no mercado carecem dos equipamentos necessários para que sejam utilizados para o transporte urbano diário, não atendendo às necessidades dos usuários e diminuindo sua atratividade.

Na categoria das necessidades latentes, que são expressas de forma indireta, enquadraram-se os seguintes requisitos:

- Capacidade de vencer obstáculos
- Sistema multiplicador de torque

<b>Necessidade</b>	<b>Requisito</b>
Peso associado; Não ser pesada para levar na mão; Menor peso; Leve; bicicletas mais leves; Praticidade de uso; Ser mais leves e fáceis de carregar; Exigir menos esforço físico; Peso;	Peso Reduzido
Fácil manutenção; Peças melhores;	Facilidade de Manutenção
Meio de transporte mais rápido que a caminhada; Não chegar todo suado no trabalho; Banhar-se ao chegar no trabalho/escola; Mais rápido; Exigir menos esforço físico; Pontualidade; Tempo razoável de deslocamento; Deslocamento sem se cansar ou suar;	Eficiência e Velocidade
Onde guardar; Melhorias em relação à armazenagem; Melhorias para transportar a bicicleta; Onde guardar; Compatibilizar diferentes meios de transporte; Ter onde armazenar; Onde guardá-la; Menores dimensões; Bicicleta dobrável; Bicicletários; Dobrável; Pequena; Estacionamento seguro; Estacionamento para bicicletas; ocupam muito espaço; Facilidade de armazenamento do meio; Alguma forma de estacionar a bicicleta na rua; Ser mais portátil, como uma mochila; Armazenabilidade; Que possam ser compactadas; Lugar para guardar; Praticidade de uso; Ser mais leves e fáceis de carregar; Poderiam caber em uma bolsa; Facilidade para guardá-la; Fácil armazenamento; Ser facilmente armazenável; Facilidade pra carregar;	Facilidade de Transporte e Armazenamento
Ruas calçadas e pavimentadas; Ruas mais agradáveis; Infra-estrutura viária; Ciclovias adequadas; Implantação de ciclovias; ciclofaixas; ciclovias; faixa para ciclistas; Calçadas são muito mal cuidadas; Trechos de ruas melhor	Capacidade de Vencer Obstáculos
Possibilidade de usar com calça sem se sujar; Não respingar sujeira e água; Para-lamas; Cobre-corrente; Não molhar o ciclista; Que não suje as roupas ao utilizar; Nenhuma das formas alternativas comporta, por exemplo, se você está de trajes sociais (indo trabalhar), fazem suar e não tem lugar para armazenar bolsa, mochila, pasta; Adaptação para os dias de chuva;	Sistemas para Evitar que o Usuário se Suje
Aumentar a segurança; Segurança; a questão da segurança; Maior segurança; Mais segurança; Mais dispositivos de segurança;	Segurança
Não chegar todo suado no trabalho; topografia que varia muito; Subir lombas com menos esforço; Praticidade de uso; O problema da lomba; Torque; Exigir menos esforço físico; Planificação das lombas; Deslocamento sem se cansar ou suar; Nenhuma das formas alternativas comporta, por exemplo, se você está de trajes sociais (indo trabalhar), fazem suar e não tem lugar para armazenar bolsa, mochila, pasta; Ter que estar bem vestida;	Sistema Multiplicador de Torque
Segurança contra roubos; Segurança quanto a furto parado e em movimento; Cadeado seguro acoplado; Mecanismos de segurança; Discreta para evitar roubos;	Sistema Anti-furto
Bagageiros; Versatilidade para carregar objetos; Praticidade de uso; Carregar objetos pessoais; Espaço bom para armazenar coisas; local na bicicleta para guardar objetos (bolsa, mochila, etc);	Capacidade de Carga
Elegância para que se possa fazer o deslocamento vestindo as roupas de se trabalhar; Nenhuma das formas alternativas comporta, por exemplo, se você está de trajes sociais (indo trabalhar), fazem suar e não tem lugar para armazenar bolsa, mochila, pasta;	Elegância/Estilo
Bicicletas mais confortáveis; Praticidade de uso; Maior conforto; Ser mais confortáveis; Conforto;	Conforto

Figura 14 – Tabela de conversão das necessidades dos usuários em requisitos dos usuários

Essas necessidades foram expressas, na maioria das vezes, na forma de reclamações a respeito da conservação das vias e da existência de aclives acentuados no caminho percorrido pelos entrevistados.

Foi identificada, também, uma necessidade cultural de elegância, pois foi mencionado pelos entrevistados que os veículos atuais não possuem um visual que transmita a imagem desejada pelos usuários. Isso se soma à ocorrência da palavra chave “pobre” nas respostas à questão sobre qual a imagem transmitida pelos usuários de transportes alternativos (Figura 20). Fica claro, portanto, que é necessária uma mudança na imagem que esse tipo de veículo transmite a respeito de seu usuário, para que se possa aumentar a sua utilização.

As necessidades reais, pelas quais os usuários estariam dispostos a pagar mais pelo produto, deram origem aos requisitos facilidade de armazenamento e transporte, eficiência e velocidade, e sistemas para evitar que o usuário se suje durante a utilização, bem como durante o transporte e armazenamento.

Com o objetivo de determinar uma ordem de importância entre os requisitos dos usuários, foi realizada uma análise com o Diagrama de Mudge, onde a importância relativa de cada requisito foi determinada através do cruzamento entre pares de requisitos (Figura 15). Foi selecionada uma amostra de 8 entrevistados, entre os que responderam o questionário, sendo que 5 entrevistados são projetistas, e 3 são ciclistas experientes. Os projetistas foram selecionados por sua experiência no desenvolvimento de projetos e atendimentos das necessidades dos usuários. Os ciclistas, que pedalam uma média de 300km por semana, foram escolhidos por sua experiência e longa convivência com o veículo em questão.

Os entrevistados realizaram uma avaliação dos requisitos, atribuindo a seguintes qualificações de acordo com a importância de cada um para eles. As qualificações tiveram, então, pesos atribuídos de acordo com a seguinte convenção:

-Indiferente – 0

-Importante – 1

-Muito importante – 3

-Fundamental – 5

Os valores foram, então, transformados em percentuais, e os pesos foram aplicados à tabela na Figura 15.

	Facilidade de armazenamento e transporte	Segurança	Peso Reduzido	Eficiência e velocidade	Sistemas para evitar que o usuário se suje durante o transporte	Possibilidade de combinação intermodal	Sistema antifurto	Capacidade de carga	Facilidade de manutenção	Conforto	Capacidade de vencer obstáculos	Sistema multiplicador de torque	Elegância	Total	%
Facilidade de armazenamento e transporte	X	1	5	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	52	22,32
Segurança	0	X	5	5	5	5	5	5	3	0	5	3	3	44	18,88
Peso Reduzido	0	0	X	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,43
Eficiência e velocidade	0	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
Sistemas para evitar que o usuário se suje durante o transporte	0	0	1	3	X	0	0	1	0	0	0	0	0	5	2,15
Possibilidade de combinação intermodal	0	0	1	3	1	X	1	1	0	0	0	0	0	7	3,00
Sistema antifurto	0	0	1	3	0	0	X	1	0	0	0	0	0	5	2,15
Capacidade de carga	0	0	1	1	0	0	0	X	0	0	0	0	0	2	0,86
Facilidade de manutenção	0	0	5	5	3	3	3	5	X	0	1	1	1	27	11,59
Conforto	0	0	5	5	5	5	5	5	3	X	5	3	3	44	18,88
Capacidade de vencer obstáculos	0	0	3	5	1	1	1	3	0	0	X	0	0	14	6,01
Sistema multiplicador de torque	0	0	5	5	1	1	1	3	0	0	0	X	0	16	6,87
Elegância	0	0	5	5	1	1	1	3	0	0	0	0	X	16	6,87
														233	100,00

**Figura 15 - Diagrama de Mudge da importância relativa de cada requisito**

De acordo com os resultados, os requisitos dos usuários possuem a seguinte ordem de importância, do mais importante para o menos importante:

-Facilidade de armazenamento e transporte

-Conforto

- Segurança
- Facilidade de manutenção
- Elegância
- Sistema multiplicador de torque
- Capacidade de vencer obstáculos
- Possibilidade de combinação intermodal
- Sistemas para evitar que o usuário se suje durante o transporte
- Sistema antifurto
- Capacidade de carga
- Peso reduzido
- Eficiência e velocidade

Mesmo que uma ordem de importância relativa de cada requisito tenha sido estabelecida, é fundamental salientar que todos eles devem ser atendidos pelo projeto. Alguns dos requisitos provavelmente serão atendidos de forma conjunta, como, por exemplo, facilidade de armazenamento e transporte, peso reduzido e possibilidade de combinação intermodal. Nota-se que é fundamental que a bicicleta seja confortável, caso contrário os usuários não irão utilizá-la. Ficou claro que cabe ao designer relacionar de forma bastante analítica as respostas dos usuários com os diferentes requisitos de projeto, pois muitas vezes os usuários não identificam com clareza essas relações. Como exemplo pode-se citar a necessidade “Chegar mais rápido”, que está totalmente relacionada com o requisito “Eficiência e velocidade”, e mesmo assim foi o item com menor pontuação no diagrama de Mudge.

#### 6.4 DESAFIO INTERMODAL

O Desafio Intermodal é um evento organizado desde 2006, na cidade de São Paulo, por cicloativistas que tem como objetivo de comparar a eficiência de

diferentes opções de modais para levar de uma origem a um destino, e também mostrar que há alternativas ao transporte motorizado particular.

O Desafio faz parte dos eventos que promovem o dia mundial sem carro, cuja data é 22 de setembro, e é realizado sempre na última quinta-feira que antecede esta data.

A partida do desafio acontece Praça General Gentil Falcão, altura do número 1.000 da avenida Eng. Luis Carlos Berrini, às 18:00, e os participantes devem chegar até o prédio da Prefeitura do município de São Paulo com o seu modal levando o menor tempo possível.

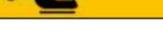
As regras do Desafio Modal são as seguintes:

O tempo computado será o deslocamento completo da pessoa e não do modal. Portanto, levaremos em conta o tempo que a pessoa leva até o modal e o tempo que ele perderá para estacionar o veículo. Como o ciclista desmontado se equipara a um pedestre, o único veículo que não será necessário estacionar é a bicicleta.

No deslocamento deverão ser respeitadas todas as regras de trânsito, os pedestres terão que atravessar na faixa, a não ser que ela esteja a mais de 50 metros. Nesse caso, segundo o art. 69 do CTB, ele poderá atravessar no local que considerar mais seguro.

O pedestre corredor terá que correr na calçada (Ciclo BR, 2010).

Os resultados do ano de 2009 encontram-se na figura abaixo (Figura 16), e como se pode ver os meios de transporte alternativos obtiveram resultados extremamente positivos, tanto no tempo necessário para realizar o trajeto, quanto no custo e emissão de gases poluentes. Um ciclista foi o mais rápido no ano de 2009, e venceu até mesmo um helicóptero.

	<b>Modais</b>	Tempo/min	Custo R\$	kg de CO2
Pedestre caminhando		92	0	0
Pedestre correndo		66.3	0	0
Ciclista de entregas rápidas		25.3	0	0
Ciclista iniciante por vias alternativas		66	0	0
Ciclista experiente por vias alternativas		38.2	0	0
Ciclista experiente por vias de trânsito rápido		37	0	0
Bicicleta dobrável + Ônibus		68	2.4	0.24
Ciclista com bicicleta fixed gear		22.33	0	0
Motoboy		42.28	1.5	1.44
Motociclista comum		25	1.5	1.81
Automóvel particular		82	15	2.63
Ônibus		71.2	2.3	0.24
Trem + Metrô		84	3.7	0
Trem + Ônibus		89	3.7	0.21
Ônibus + Metrô		109	3.7	0.24
Trem + Ônibus + Metrô		99	2.55	0
Patinete		58	0	0
Cadeirante utilizando Trem + Ônibus		108	3.7	0.21
Helicóptero		33.5	2600	3.75

**Figura 16 – Resultados do Desafio Intermodal 2009 de São Paulo**

**Fonte: Adaptado de Ciclo BR, 2009**

No ano de 2010 também foi realizado o desafio intermodal e novamente os transportes alternativos alcançaram bons resultados, demonstrando que podem ser uma alternativa real e eficiente para o caos urbano (Figura 17). Alguns dos resultados interessantes de se comentar são o da ciclista em roupas de festa, que

foi mais rápida que todos os meios de transporte público, e o do helicóptero, que não completou o trajeto, pois não encontrou um heliporto livre para pousar. O ciclista que realizou combinação modal utilizando uma bicicleta dobrável e ônibus também merece destaque, pois foi mais rápido que somente o ônibus e que a combinação entre ônibus e metrô.

Modais	Tempo/min	Custo R\$	kg de CO2
Pedestre caminhando	89	0	0
Pedestre correndo	62	0	0
Monociclo	80	0	0
Patins in-line	27.47	0	0
Skate	50	0	0
Ciclista iniciante	93	0	0
Ciclista em bicicleta de 2 andares	32.1	0	0
Ciclista em bicicleta Barra Forte	68	0	0
Ciclista em roupas de festa	57	0	0
Ciclista mulher por vias alternativas	47	0	0
Ciclista homem por vias alternativas	47	0	0
Ciclista mulher por vias de trânsito rápido	41	0	0
Ciclista homem por vias de trânsito rápido	21.32	0	0
Ciclista velocista	23.59	0	0
Ciclista com bicicleta fixed gear	20.56	0	0
Bicicleta dobrável + Ônibus	57	2.7	0.21
Motociclista pela motofaixa	31.12	1.5	1.92
Motociclista pela Av. 23 de Maio	20.2	1.5	1.74
Taxi	65	50	1.96
Carro particular	61	15	2.36
Cadeirante de Ônibus	89	2.7	0.21
Cadeirante de Trem + Metrô	NaN	0	0
Ônibus	86	2.7	0.39
Ônibus + Metrô	90	4.07	0.27
Trem + Ônibus	78	4.07	0.3
Trem + Metrô	70	2.7	0
Helicóptero	NaN	0	0

**Figura 17 – Resultados do Desafio Intermodal 2010 de São Paulo**

Fonte: Adaptado de Ciclo BR, 2009

Fica claro analisando os dados de eficiência apresentados na seção 4.4.1, o fato de a bicicleta ser o veículo que a maior parte dos entrevistados já utilizou

(Figura 6), e os resultados do Desafio Intermodal (Figura 16 e Figura 17), fica claro que a bicicleta se apresenta como uma ótima opção de veículo para uso urbano.

### 6.5 ANATOMIA DE UMA BICICLETA

A anatomia básica de uma bicicleta compreende diversos componentes (Figura 18), que podem ser divididos em grupos funcionais para uma melhor compreensão. Van der Plas e Baird (2010) agrupam os diferentes componentes, de acordo com sua função em Quadro, Rodas, Freios, Transmissão, Sistema de Marchas, Sistema de Direção, Selim e Canote, Suspensão e, por fim, Acessórios.



**Figura 18 – Anatomia básica de uma bicicleta**  
 Fonte: adaptado de Specialized1, 2010

**Quadro** – este grupo compreende o quadro e o garfo, que são a estrutura da bicicleta. É neles que são fixados todos os outros componentes da bicicleta.

**Rodas** – as rodas são formadas pelos cubos, raios, aros, câmaras de ar e pneus. Elas são fixadas diretamente no quadro e no garfo da bicicleta.

Transmissão – são os componentes que transferem a força aplicada pelo ciclista nos pedais para a roda traseira. Fazem parte deste grupo os pedais, o pedivela, a correia, a coroa, a roda livre e o movimento central.

Sistema de marchas – grande parte das bicicletas atualmente possui um sistema de marchas, com o objetivo de adequar o torque produzido pela força aplicada pelo ciclista nos pedais. Como componentes deste grupo estão as coroas, o cassete, os câmbios dianteiro e traseiro, os trocadores e os cabos de câmbio.

Freios – são os responsáveis pela possibilidade de reduzir a velocidade da bicicleta ou, se necessário, de parar com segurança. Manetes de freio, freios dianteiro e traseiro e cabos de freio compõem esse grupo de peças.

Sistema de direção – é composto pelo guidão, mesa, garfo, e caixa de direção. O sistema de direção permite que o condutor da bicicleta realize mudanças de direção acionando o guidão para direcionar a roda dianteira.

Selim e canote do selim - são fundamentais para o conforto e controle da bicicleta. Um selim desregulado pode causar muito desconforto para o condutor (PEQUINI, 2009). Além do selim e do canote do selim, enquadra-se nessa categoria a braçadeira do canote, que permite a regulagem da altura do selim.

Suspensão – alguns tipos de bicicletas são equipados com sistemas de amortecimento de irregularidades do piso. Esses sistemas existem em uma variedade de formas, e são aplicados principalmente ao garfo dianteiro. Existem, também, sistemas de suspensão no canote do selim e no avanço do guidão, que são menos eficazes, porém de menor custo. Algumas bicicletas possuem, ainda, uma suspensão traseira, onde o triângulo traseiro é móvel, e existe um amortecedor fixado a ele e ao quadro.

Acessórios – nesta categoria enquadram-se praticamente todos os equipamentos que não estão presentes nas outras categorias. Entre eles podemos citar luzes, espelhos, bagageiros, pára-lamas, e outros.

## 6.6 ASPECTOS ERGONÔMICOS

Os aspectos ergonômicos são fundamentais no desenvolvimento de produto, e com a bicicleta não é diferente.

Constatou-se que as bicicletas nacionais mais populares apresentam praticamente um tamanho de quadro. O quadro é a “coluna vertebral” da bicicleta onde se fixam as outras partes. Este fato torna a bicicleta inviável do ponto de vista antropométrico, sendo assim, ela não atende o grande número de usuários de diferentes dimensões, pois só algumas bicicletas mais caras apresentam três tamanhos de quadro para um mesmo modelo. (PEQUINI, 2009)

Os principais fatores que influenciam o projeto de uma bicicleta são:

- Tamanho
- Resistência
- Durabilidade
- Estabilidade
- Eficiência
- Aerodinâmica
- Conforto
- Peso
- Custo

Estes fatores tem diferentes níveis de importância dependendo do tipo de bicicleta a ser desenvolvida. Enquanto para uma bicicleta de passeio o conforto e o custo estão entre os fatores mais importantes, em uma bicicleta utilizada em competições leva-se em consideração praticamente só os fatores que influenciam o desempenho. (VAN DER PLAS; BAIRD, 2010)

O tamanho da bicicleta é fator determinante para a eficiência e o conforto no uso do equipamento. Sabe-se, por exemplo, que uma bicicleta de passeio tradicional com o selim regulado corretamente foi considerada confortável por 90% dos participantes de um estudo, enquanto a mesma bicicleta com a altura do selim

ajustada para 10% acima ou abaixo da altura recomendada causou consideravelmente mais desconforto nos participantes. (PEQUINI, 2009)

O quadro deve ter um tamanho adequado para permitir que o ciclista consiga posicionar-se com os pés no chão quando estiver parado, limitando a altura do tubo superior, no caso de um quadro tradicional, e o tamanho das rodas. O comprimento dos braços e do torso do ciclista influencia na distância do guidão ao selim e, por conseqüência, no comprimento do tubo superior nos quadros tradicionais.

Como já se pôde ver com relação às rodas, mencionadas anteriormente, outros componentes também devem ser dimensionados em função das medidas do ciclista. O pedivela, por exemplo, deve ter um tamanho adequado que permita que o ciclista pedale de forma eficiente e dentro de seus limites de flexibilidade e movimento.

Como o objetivo deste trabalho é uma bicicleta que tem como foco o transporte, o conforto é prioritário. Isso não significa, porém, que outros elementos como leveza, eficiência e resistência devam ser deixados de lado.

Sentir-se confortável na bicicleta permite que o peso do atleta seja distribuído entre os pedais, selim e guidão de forma que o sistema esquelético suporte o peso em vez dos músculos das costas e braços. Um bom ajuste à bicicleta, então, é imperativo não apenas para conforto, mas também para minimizar o potencial para lesões. (BURKE, 2003)

Para aumentar o conforto, uma bicicleta deve absorver bem as irregularidades do piso seja fazendo uso de sistemas de suspensão ou através da absorção desses impactos pelo conjunto formado pelas rodas, quadro e garfo, selim e guidão. Podemos aumentar o conforto do ciclista trabalhando em um quadro com tubos de menor diâmetro e espessura de parede, geometria menos agressiva do quadro e garfo, pneus que não sejam muito estreitos e não utilizem altas pressões, selins acolchoados, sistemas de suspensão dianteira e traseira, e manoplas ou fitas de guidão acolchoadas. As questões relativas a cada componente específico serão abordadas posteriormente nas análises individuais de cada um.

Sabe-se que alguns dos elementos mencionados acima podem diminuir o desempenho da bicicleta, porém testes realizados por publicações especializadas concluíram que “conforto é muito, muito importante se se deseja manter uma alta velocidade por longos períodos em estradas reais”. (VAN DER PLAS; BAIRD, 2010)

## 7 ANÁLISE DE SIMILARES

Para análise de similares, foram selecionados modelos variados de bicicletas produzidos por fabricantes. Esses modelos foram divididos em categorias, e possuem em comum o fato de pertencerem ao topo da linha do respectivo fabricante em cada categoria.

Sabe-se que as bicicletas podem ser classificadas de acordo com sua adequação para determinado tipo de utilização, e na presente análise o foco foram as que se enquadram nas categorias Híbridas, *City Bikes*, *Comfort Bikes* e Dobráveis. Os três primeiros tipos de bicicleta são caracterizadas por uma posição pedalada mais ereta, e geralmente possuem equipamentos de conveniência para permitir sua utilização no dia-a-dia. Bagageiros, protetor de correia, pára-lamas e sistemas de sinalização e iluminação estão entre esses equipamentos. Algumas dessas bicicletas possuem, ainda, quadros que permitem que o ciclista monte e desmonte da bicicleta com maior facilidade por terem o tubo superior rebaixado. As bicicletas Dobráveis são aquelas que possuem um quadro que permite sua dobragem para facilitar o armazenamento. Uma característica dessa categoria é que, geralmente, possuem rodas pequenas. (VAN DER PLAS; BAIRD, 2010)

Adicionalmente, a categoria das bicicletas híbridas foi desmembrada em Híbridas Tradicionais e Híbridas de Performance, devido à existência de inúmeras bicicletas que se enquadram na categoria das Híbridas, mas que tem mais foco na performance do que no conforto. Essas bicicletas, geralmente, acabam eliminando equipamentos como pára-lamas e protetor de corrente, por exemplo, e empregando materiais mais nobres em sua construção, com o objetivo de reduzir o peso.

Às categorias anteriormente mencionadas também foi adicionada a categoria de bicicletas de Estilo. Este tipo de bicicleta possui forte apelo visual, e geralmente encontra-se alocada em um nicho especial na linha de cada fabricante. As características técnicas, bem como os preços, são bem variáveis nesta categoria, mas acredita-se ser fundamental a inclusão da mesma por força

dos resultados obtidos no questionário aplicado acerca da imagem transmitida pelo ciclista.

Os preços das bicicletas são os sugeridos pelos fabricantes, e estão expressos em Dólares Norte-Americanos.

## 7.1 CITY BIKES E COMFORT BIKES

As bicicletas enquadradas nesta categoria, como o próprio nome diz, tem foco essencialmente no conforto, sem se preocupar com a performance. Em geral as bicicletas possuem guidão que permite uma posição de pedalada mais ereta, selim bastante estofado, pneus mais largos e a presença de pára-lamas, protetores de correia e sistemas de iluminação e sinalização. Algumas das bicicletas nesta categoria possuem sistema de marchas para multiplicação do torque.

**Quadro 1 - Especificações técnicas das bicicletas da categoria Conforto**

Marca	Giant	Gazelle	Trek	Peugeot
Modelo	Suede DX	Xanta	Belleville	City Moov Homme
País	Estados Unidos	Holanda	Estados Unidos	França
Quadro	Alumínio	Alumínio	Aço Cr-Mo	Alumínio
Garfo	Suspensão RST, curso 63mm	Aço	Aço carbono	Aço
Guidão	High Rise	High Rise	High Rise	High Rise
Freios	Ferradura	Tambor D/T	Ferradura	V-Brake
Câmbio dianteiro	Shimano Alivo 3 velocidades	n/a	n/a	n/a
Câmbio traseiro	SRAM X3 7 velocidades	Shimano Nexus 3 velocidades, interno ao cubo	Shimano Nexus 3 velocidades, interno ao cubo	Shimano Nexus 7 velocidades, interno ao cubo
Rodas/Pneus	26x1.95	700x35c	700x35c	700x35c
Peso	n/i	18,60Kg	n/i	15,70Kg
Preço	\$440	\$757	\$659	\$647
Observações		Farol halógeno alimentado por dínamo no cubo dianteiro, cambio interno ao cubo traseiro	Farol alimentado por dínamo no cubo dianteiro, cambio interno ao cubo traseiro	Bagageiro traseiro reforçado

O modelo Giant Suede DX (Figura 19) destaca-se por possuir transmissão com 21 velocidades, bem como pela suspensão dianteira. Como desvantagens desse modelo com relação as outras alternativas na categoria, pode-se indicar o uso de rodas menores e pneus mais largos, que diminuem a eficiência do veículo

em pisos com pavimentação lisa e a ausência de pára-lamas, protetor de correia e sistema de iluminação.



**Figura 19 – Giant Suede DX**  
Fonte: Giant, 2010

A bicicleta Gazelle Xanta (Figura 20) mostra-se bem preparada para o uso urbano, possuindo bagageiros, pára-lamas, protetor de correia e sistema de iluminação. Um aspecto negativo, quando comparada com o modelo acima (Figura 19), é o fato de sua transmissão possuir apenas 3 velocidades, fato compensado pela menor necessidade de manutenção proporcionada pelo câmbio utilizado, que é interno ao cubo traseiro. O alto peso que caracteriza o modelo acaba, também, prejudicando a performance. Os freios, à tambor na dianteira e traseira, também devem ser mencionados. Esse sistema de freios, apesar de menos eficiente, proporciona uma menor necessidade de manutenção.



**Figura 20 - Gazelle Xanta**  
Fonte: Gazelle1, 2010

A americana Trek Belleville (figura 21) possui características bastante similares às da Gazelle Xanta (Figura 20). As maiores diferenças encontram-se na utilização de Aço CR-MO para construção do quadro, e a presença de um bagageiro dianteiro.



**Figura 21 - Trek Belleville**  
**Fonte: Trek1, 2010**

A bicicleta Peugeot City Moov (Figura 22), produzida na França, tem como destaque a construção diferenciada do quadro, que permite a presença de um bagageiro traseiro mais reforçado, bem como a redução no peso, se comparada à Gazelle Xanta (Figura 20). Outro ponto positivo é a presença de uma transmissão de 7 velocidades, interna ao cubo traseiro.



**Figura 22 - Peugeot City Moov**  
**Fonte: Peugeot1, 2010**

## 7.2 HÍBRIDAS

As bicicletas híbridas possuem um misto de características de bicicletas de Estrada, *Mountain Bikes* e *Comfort Bikes*. A grande diferença com relação às *Comfort Bikes* é que as Híbridas privilegiam mais a performance sem, no entanto, prejudicar demais o conforto e a conveniência.

**Quadro 2 – Especificações técnicas das bicicletas da categoria Híbrida**

Marca	Bianchi	Trek	Gazelle	Peugeot
Modelo	Spillo Diamante Man	Portland	Ultimate Excelent	Escapade
País	Itália	Estados Unidos	Holanda	França
Quadro	Alumínio Hidroformado	Alumínio	Alumínio	Alumínio Hidroformado
Garfo	Suspensão Suntour 63mm de curso	Carbono	Carbono	Alumínio Hidroformado
Guidão	Flatbar	Dropbar	Multigrip	Multigrip
Freios	V-brake	Disco	V-brake	Disco
Câmbio dianteiro	Shimano Alivio 3 velocidades	Shimano tiagra 3 velocidades	Shimano Deore LX 3 velocidades	Deore LX
Câmbio traseiro	Shimano Deore 9 velocidades	Shimano tiagra 9 velocidades	Shimano Deore 9 velocidades	Deore LX
Rodas/Pneus	700x37c	700x28c	n/i	700x37c
Peso	n/i	n/i	13,9Kg	n/i
Preço	\$ 1,134	\$1,649	\$1,378	\$1,378
Observações	Bagageiro traseiro, farol dianteiro, protetor de corrente, paralamas	Bagageiro traseiro, paralamas	Bagageiro traseiro, farol dianteiro, protetor de corrente, paralamas	Bagageiro traseiro e dianteiro, farol dianteiro, protetor de corrente, paralamas

A bicicleta Bianchi Spillo Diamante Man (Figura 23) possui uma boa adequação ao uso urbano, possuindo pára-lamas, bagageiro, iluminação e protetor de correia. Por outro lado, nota-se uma preocupação com o desempenho no emprego de um sistema de transmissão Shimano Deore, de 27 velocidades, e na construção do quadro utilizando alumínio hidroformado. Pode-se notar, comparando com os modelos da categoria *Comfort Bikes* (Figuras 19 a 22), que este modelo possui uma aparência mais esportiva e menos utilitária. É importante destacar, também, que esse é um modelo Híbrido mais próximo de uma *Mountain Bike* e possui suspensão dianteira.



**Figura 23 – Bianchi Spillo Diamante Man**  
**Fonte: Bianchi, 2010**

A americana Trek Portland (Figura 24) é uma Híbrida mais próxima dos modelos de Estrada. Isso fica evidenciado pelo uso do guidão tipo *drop bar*, garfo de fibra de carbono e geometria do quadro, bem como pelos manetes de freio e trocadores de marcha. Apesar disso, este modelo emprega, também, tecnologia presente nas *Mountain Bikes* como os freios à disco e o câmbio traseiro. O modelo está, assim como a Bianchi (Figura 23), preparada para o uso urbano possuindo pára-lamas e bagageiro. Não está presente um sistema de iluminação.



**Figura 24 – Trek Portland**  
**Fonte: Trek2, 2010**

A holandesa Gazelle Ultimate Excellent (Figura 25), a exemplo da Bianchi (Figura 23), é uma Híbrida mais próxima de uma *Mountain Bike*. O emprego do interessante guidão *multigrip* auxilia o ciclista a vencer aclives por proporcionar uma pega otimizada para esse tipo de terreno. O garfo de fibra de carbono, da

mesma forma como no modelo Trek (Figura 24), realiza uma melhor absorção das irregularidades do piso. O modelo possui pára-lamas, bagageiro, farol, e tudo isso com um peso bastante reduzido: 13,9Kg.



**Figura 25 – Gazelle Ultimate Excellent**  
**Fonte: Gazelle2, 2010**

O modelo Peugeot Escapade (Figura 26) é o único a possuir um bagageiro dianteiro, em adição ao traseiro. A bicicleta possui pára-lamas, mas não possui protetor de correia. Uma desvantagem desse modelo, com relação aos outros nessa categoria (Figuras 23 a 26) é a de possuir garfo de alumínio, que não absorve tão bem as irregularidades quanto um de fibra de carbono ou com suspensão.



**Figura 26 – Peugeot Escapade**  
**Fonte: Peugeot2, 2010**

### 7.3 HÍBRIDAS NACIONAIS

O mercado nacional de bicicletas híbridas ainda é bastante incipiente. Mesmo assim, pode-se observar um crescimento na oferta de bicicletas desta categoria pelos fabricantes nacionais. Até pouco tempo atrás, simplesmente não existiam modelos nacionais de bicicletas Híbridas.

**Quadro 3 - Características técnicas das bicicletas Híbridas nacionais**

<b>Marca</b>	Caloi	Caloi	Sundown	Soul Cycles
<b>Modelo</b>	Mobilité by Renata Falzoni	Easy Rider	Wave	Copenhagen
<b>País</b>	Brasil	Brasil	Brasil	Brasil
<b>Quadro</b>	Alumínio 6061	Alumínio 6061	Alumínio	Alumínio
<b>Garfo</b>	Suspensão Caloi, curso 50mm	Suspensão Caloi, curso 50mm	Suspensão	Suspensão Soul, curso 80mm
<b>Guidão</b>	Flatbar com elevação	Flatbar com elevação	High Rise	High Rise
<b>Freios</b>	V-Brake	V-Brake	V-Brake	V-Brake
<b>Câmbio dianteiro</b>	Shimano Deore 3 velocidades	Shimano TX 3 velocidades	Shimano C050 3 velocidades	Shimano TX30 3 velocidades
<b>Câmbio traseiro</b>	Shimano Deore 9 velocidades	Shimano TX 7 velocidades	Shimano TX51 7 velocidades	Shimano TX31 7 velocidades
<b>Rodas/Pneus</b>	700c	700c	26x2"	700x35c
<b>Peso</b>	n/i	n/i	14,2Kg	n/i
<b>Preço</b>	\$930	\$581	n/i	\$610
<b>Observações</b>	Bagageiro traseiro	Bagageiro traseiro, quadro com tubo superior rebaixado	Canote do selim com suspensão, avanço do guidão regulável	Canote do selim com suspensão, avanço do guidão regulável

Entre as bicicletas Híbridas nacionais analisadas, a Caloi Mobilité by Renata Falzoni (Figura 27) é a que possui os melhores equipamentos (Quadro 3). Com uma transmissão de 27 velocidades e suspensão dianteira, somados ao bagageiro traseiro, apresenta-se como uma boa alternativa para o uso urbano. O quadro é produzido em alumínio, e os freios são V-Brake. Um equipamento que poderia ser incluído para melhorar a adaptação para o uso urbano diário são os pára-lamas.



**Figura 27 – Caloi Mobilité by Renata Falzoni**  
**Fonte: Caloi1, 2010**

A Caloi Easy Rider (Figura 28) é uma mistura de *Comfort Bike* com Híbrida, possuindo um quadro com barra superior rebaixada, para facilitar o acesso do ciclista. O modelo também possui um bagageiro traseiro fixado ao canote do selim, fato que limita a capacidade de carga do mesmo. A transmissão é de 21 velocidades, e o garfo dianteiro é de suspensão. Da mesma forma que ocorre com o modelo anterior (Figura 27), estão ausentes os pára-lamas e o protetor de corrente, o que possibilita que o condutor possa sujar-se durante o uso.



**Figura 28 – Caloi Easy Rider**  
**Fonte: Caloi2, 2010**

O fabricante Sundown tem como uma alternativa para uso urbano o modelo Wave (Figura 29), que da mesma forma que a Easy Rider, da Caloi (Figura 28), é um misto de *Comfort Bike* com Híbrida. Os diferenciais deste modelo são a suspensão no canote do selim, que aliada à suspensão no garfo dianteiro proporciona um melhor amortecimento das irregularidades, e o avanço do guidão ajustável em inclinação, que permite o uso por ciclistas de biótipos diferentes. A transmissão é de 21 velocidades, e as rodas tem aro de 26”.



**Figura 29 - Sundown Wave**  
Fonte: Sundown, 2010

A Soul Cycles, empresa nacional fundada em 2010, apresenta em sua linha de bicicletas o modelo Copenhagen (Figura 30) como alternativa para o deslocamento urbano. O modelo conta com componentes semelhantes (Quadro 3) aos da Sundown Wave (Figura 29), mas diferencia-se pelas rodas 700c, mais adequadas ao deslocamento urbano.



**Figura 30 – Soul Cycles Copenhagen**  
Fonte: Soul Cycles, 2010

## 7.4 HÍBRIDAS DE PERFORMANCE

As híbridas de performance, como mencionado anteriormente, fazem uso de uma mistura de características de *Mountain Bikes* e bicicletas de Estrada, com menos das *Comfort Bikes*. A performance é privilegiada na escolha dos componentes e materiais, ao mesmo tempo que se mantém um mínimo de “civilidade”. Pode-se notar que estas bicicletas são muito mais leves que as anteriormente analisadas. Enquanto até agora a mais leve pesava 13,9Kg (Quadro 2), nesta categoria existe um modelo que pesa 8,9Kg (Quadro 3).

**Quadro 4 – Especificações técnicas das bicicletas da categoria Híbrida de Performance**

Marca	Specialized	Scott	Cannondale	Trek	BMC	Colnago	Gazelle	Cube
Modelo	Sirrus Pro	Sportster 10	Quick Carbon 1	7.9 FX	Alpen Challenge AC01	Freedom	SPN3	SL Cross Race
País	Estados Unidos	Estados Unidos	Estados Unidos	Estados Unidos	Suíça	Itália	Holanda	Alemanha
Quadro	Fibra de carbono	Alumínio 6061	Fibra de carbono	Fibra de carbono	Alumínio 7005	Alumínio	Alumínio 7005	Alumínio 7005
Garfo	Fibra de carbono	Suspensão Suntour NCX-D RL-A, curso 63mm	Fibra de carbono	Fibra de carbono	Alumínio	Alumínio	Fibra de carbono	Fibra de carbono
Guidão	Flatbar 5°	Flatbar	Flatbar com 20mm de elevação	Flatbar	Flatbar	Flatbar	Flatbar	Flatbar com elevação
Freios	Ferradura	Disco D/T	Ferradura	Ferradura	Disco D/T	V-Brake	V-Brake	V-Brake
Câmbio dianteiro	SRAM Apex 2 velocidades	Shimano Deore FC-M590 3 velocidades	Shimano 105 2 velocidades, compact	Shimano Ultegra 3 velocidades	SRAM Apex 2 velocidades	Shimano Deore FD M531 3 velocidades	Shimano 105 3 velocidades	Shimano FD-R770 2 velocidades
Câmbio traseiro	SRAM Apex 10 velocidades	Shimano XT 9 velocidades	Shimano Ultegra 10 velocidades	Shimano 6700gs Ultegra 10 velocidades	SRAM Apex 10 velocidades	Shimano Deore RD M530 9 velocidades	Shimano 6700gs Ultegra 10 velocidades	Shimano Ultegra RD 6700SS 10 velocidades
Rodas/Pneus	700x23c	700x35c	700x28c	700x28c	700x37c	700x28c	700x28c	700x22c
Peso	n/i	11,70Kg	n/i	n/i	10.9Kg	n/i	8,9Kg	9,2Kg
Preço	\$1900	\$1336	\$1871	\$2679	\$1670	\$1425	\$1383	\$1246
Observações	Insertos poliméricos no quadro e garfo para atenuar vibrações	Pneus para terreno misto	Manoplas ergonômicas	Manoplas Ergonômicas		Avanço do guidão regulável		

A SIRRUS Pro (Figura 31), produzida pela norte-americana Specialized conta com quadro e garfo construídos em fibra de carbono com uma geometria que se aproxima de um quadro de Estrada, mas mescla componentes típicos de *Mountain Bikes*, como o guidão *flatbar*. Conta com insertos poliméricos no garfo e no triângulo traseiro do quadro para absorver irregularidades. Os freios são do tipo ferradura.



**Figura 31 – Specialized SIRRUS Pro**  
**Fonte: Specialized1, 2010**

A Scott Sportster 10 (Figura 32) é uma híbrida que mescla quadro em alumínio 6061 com geometria aproximada dos de *Mountain Bike*, com rodas que possuem medida de Estrada, porém com pneus de uso misto. O garfo é com suspensão e os freios são à disco, na dianteira e traseira. A transmissão é composta por um câmbio de 27 velocidades, com componentes derivados das *Mountain Bikes*.



**Figura 32 – Scott Sportster 10**  
**Fonte: Scott, 2010**

O modelo Quick Carbon 1(Figura 33), da Cannondale exibe um quadro produzido em fibra de carbono que exibe formas bastante interessantes. Seus tubos possuem formato diferenciado, aliviando o peso nas áreas menos solicitadas e reforçando os pontos de maior esforço. Possui freios e transmissão derivados de componentes de Estrada: ferradura nos freios, e transmissão de 20 velocidades. O guidão é do tipo *flatbar*, com manoplas ergonômicas. É interessante notar o elaborado padrão de colocação dos raios nas rodas, que permite que sejam utilizados menos raios.



**Figura 33 – Cannondale Quick Carbon 1**  
**Fonte: Cannondale1, 2010**

A Trek 7.9 FX (Figura 34) exibe características bastante similares às da Cannondale Quick Carbon 1(Figura 33), possuindo como diferenciais a transmissão de 30 velocidades, e as rodas com raios dispostos radialmente.



**Figura 34 - Trek 7.9 FX**  
**Fonte: Trek3, 2010**

Este modelo (Figura 35), produzido na Suíça pela BMC, exibe um quadro com geometria de *Mountain Bike*, e um garfo rígido, ambos produzidos em alumínio. É interessante observar o reforço no local de apoio do triângulo traseiro, local de grande solicitação. Os freios são a disco e a transmissão é de 20 velocidades. As rodas, com medida de Estrada, exibem os pneus mais largos entre todas as bicicletas analisadas nesta categoria.



**Figura 35 – BMC Alpen Challenge AC1**  
**Fonte: BMC, 2010**

Colnago Freedom (Figura 36) é uma opção produzida na Itália, para o segmento de híbridas de performance. Mescla componentes de transmissão de *Mountain Bike*, de 27 velocidades, com rodas de Estrada. O quadro e garfo são produzidos em alumínio e possui geometria mais próxima dos de Estrada.



**Figura 36 – Colnago Freedom**  
**Fonte: Colnago1, 2010**

A marca holandesa Gazelle, mais conhecida por suas *City Bikes*, também produz a SPN3 (Figura 37), a Híbrida de performance mais leve entre as analisadas. É bastante interessante notar que o peso de 8,9Kg é atingido utilizando um quadro de alumínio, e não de fibra de carbono. O garfo, porém, é produzido em fibra de carbono devido à capacidade que as peças desse material tem que absorver impactos e vibrações. A transmissão é de Estrada, contando com 30 velocidades. Os freios são do tipo ferradura, acionados por manetes fixados no guidão tipo *flatbar*.



**Figura 37 – Gazelle SPN3**  
**Fonte: Gazelle3, 2010**

O último modelo analisado nesta categoria é produzido pela empresa alemã chamada Cube. A SL Cross Race (Figura 38) é uma híbrida que mescla um quadro produzido em alumínio 7005, com um garfo de fibra de carbono e componentes de transmissão de Estrada, com 20 velocidades. Os freios são do tipo V-Brake, de *Mountain Bike*. Um ponto muito importante nas características deste modelo é o fato de possuir os pneus mais estreitos entre todos os analisados. Essa característica faz com que em superfícies perfeitamente pavimentadas, seja atingido o melhor desempenho possível, mas prejudica enormemente a capacidade de superar obstáculos e rodar em terrenos mais acidentados. Utilizando os pneus originais, somente o uso em pavimento asfáltico é viável.



**Figura 38 – Cube SL Cross Race**  
**Fonte: Cube, 2010**

## 7.5 ESTILO

As bicicletas desta categoria, com relação às suas características técnicas, possuem os mais diversos tipos. O que eles têm em comum é a forte imagem que transmitem, identificando a personalidade de seus usuários de forma marcante.

**Quadro 5 – Características técnicas das bicicletas da categoria Estilo**

<b>Marca</b>	Trek	Specialized	Cannondale	Cannondale	Red Your Dead	Puma
<b>Modelo</b>	District Carbon	BG Roulux 2	Bad Boy Solo Headshock	Hooligan	Masher	Nevis Man
<b>País</b>	Estados Unidos	Estados Unidos	Estados Unidos	Estados Unidos	Estados Unidos	Alemanha
<b>Quadro</b>	Fibra de carbono	Alumínio com suspensão traseira	Alumínio hidroformado	Alumínio 6061	Aço 4130 Cr-Mo	n/i
<b>Garfo</b>	Fibra de carbono	Suspensão headshock, curso 35mm	Suspensão headshock, curso 50mm	Alumínio	Aço 4130 Cr-Mo	n/i
<b>Guidão</b>	Dropbar	Moustache	Flatbar	Flatbar com elevação de 25mm	High Rise	High Rise
<b>Freios</b>	Ferradura	V-Brake	Disco D/T	Disco D/T	n/a	V-Brake
<b>Câmbio dianteiro</b>	n/a	Shimano 105 2 velocidades, compact	Shimano Deore M590 3 velocidades	n/a	n/a	n/a

<b>Câmbio traseiro</b>	n/a, 1 velocidade	Shimano 105 10 velocidades	Shimano SLX M662 9 velocidades	Shimano 2300 8 velocidades	n/a, fixa	Shimano Acera 8 velocidades
<b>Rodas/Pneus</b>	700x23c	700x28c	700x28c	20x1.5	dianteiro:650x23c, traseiro:700x23c	700x45C
<b>Peso</b>	n/i	n/i	n/i	n/i	8.61Kg	13.3Kg
<b>Preço</b>	\$3459	\$1800	\$1620	\$599	\$499	\$848
<b>Observações</b>	Correia de fibra de carbono, pintura preto fosco, aros aerodinâmicos	Selim Specialized Body Geometry, manoplas ergonômicas	Pintura preto fosco, garfo com uma perna	Rodas 20", quadro com geometria Delta V, protetor de correia	Aros aerodinâmicos	Bagageiro dianteiro, diversas combinações de cores

A Trek District Carbon (Figura 39) é, talvez, o máximo de minimalismo que se pode esperar dos grandes fabricantes de bicicletas. Não possui marchas, e a transmissão da força à roda traseira é realizada por uma correia de fibra de carbono, que dispensa o uso de graxa para lubrificação. Todos os componentes são oriundos de bicicletas de Estrada: quadro e garfo de fibra de carbono, rodas com aros aerodinâmicos, canote do selim aerodinâmico e guidão tipo *drop bar*.



**Figura 39 – Trek District Carbon**  
Fonte: Trek4, 2010

Apresentando uma combinação de antigo e moderno, a Specialized BG Roulux 2 (Figura 40), é bastante elegante. As modernas suspensões dianteira e traseira contrastam com um guidão curvo que remete às antigas bicicletas de

competição. O quadro é produzido em alumínio, os aros são aerodinâmicos e o conjunto de transmissão, de Estrada, possui 20 velocidades.

**Figura 40 – Specialized BG Roulux 2**



**Fonte: Specialized2, 2010**

Uma alternativa para enfrentar o trânsito das grandes cidades com estilo e conforto, a Cannondale Bad Boy Solo Headshock (Figura 41) exibe um visual discreto e minimalista com sua pintura em preto fosco. Freios à disco dianteiro e traseiro e transmissão de 27 velocidades são unidos aos pneus de Estrada. O quadro é produzido em alumínio hidroformado, enquanto o garfo dianteiro possui apenas um braço e suspensão para absorver as irregularidades.



**Figura 41 – Cannondale Bad Boy Solo Headshock**  
**Fonte: Cannondale2, 2010**

A Cannondale Hooligan 8 (Figura 42) é o oposto da Bad Boy (Figura 41): pequena e chamativa. Com quadro e garfo em alumínio decorados com gráficos geométricos, ela é voltada para um público descontraído e em busca de diversão. O transmissão é de 8 velocidades, as rodas são aro 20” e os freios são à disco – uma combinação bastante peculiar.



**Figura 42 – Cannondale Hooligan 8**  
**Fonte: Cannondale3, 2010**

A empresa Red Your Dad produz bicicletas customizadas, além de vender modelos pré-configurados como a Masher (Figura 43). A Masher pode parecer antiquada com seu quadro e garfo produzidos em Aço Cr-Mo, quando comparada com a *high tech* Trek District Carbon (Figura 39), mas pesa somente 8,61Kg. Essa é uma bicicleta extremamente minimalista: não possui freios, marchas e nem roda livre.



**Figura 43 – Red Your Dad Masher**  
**Fonte: Red Your Dad, 2010**

A renomada marca de equipamentos esportivos Puma possui, também, uma interessante linha de bicicletas. Entre os modelos destaca-se a Puma Nevis Men (Figura 44), que possui o tubo superior do quadro com formato diferenciado, e um robusto bagageiro dianteiro. O quadro pode vir pintado em diversas combinações de cores, lembrando as roupas da marca. Os freios do modelo são do tipo V-Brake, ela é equipada com protetor de correia e câmbio traseiro de 8 velocidades.



**Figura 44 – Puma Nevis Men**  
**Fonte: Puma, 2010**

## 7.6 DOBRÁVEIS

As bicicletas dobráveis são as que proporcionam a maior versatilidade em termos de armazenamento e possibilidade de combinação modal. Elas permitem que os usuários reduzam seu tamanho ao serem desmontadas e/ou dobradas.

**Quadro 6 – Características das bicicletas da categoria Dobráveis**

<b>Marca</b>	Birdy	Airnimal	Brompton	Dahon	Strida	Abio
<b>Modelo</b>	Rohloff Disc	Joey Explore Elite Drop	P6R-X	IOS XL	LT	Penza
<b>País</b>	Alemanha	Reino Unido	Reino Unido	Estados Unidos	Reino Unido	Estados Unidos
<b>Quadro</b>	Alumínio 7005, suspensão traseira	n/i	Aço, suspensão traseira com estrutura em titânio	Alumínio 7005 Hidroformado	Alumínio 7000	Alumínio 6061
<b>Garfo</b>	Suspensão	Aço Cr-Mo	Titânio	Alumínio	Alumínio	Aço

					7000	
<b>Guidão</b>	Flatbar	Drop Bar	Brompton P Type - Multigrip	Flat Bar	Flat Bar	Flat Bar com elevação
<b>Freios</b>	Disco D/T	Disco D/T	Ferradura	Disco hidráulico D/T	Disco D/T	V-Brake
<b>Câmbio dianteiro</b>	n/a	Shimano Ultegra 3 velocidades	n/a	n/a	n/a	n/a
<b>Câmbio traseiro</b>	Rohloff Speedhub 8015z 14 velocidades, interno ao cubo	Shimano Deore 9 velocidades	Brompton BWR 3 velocidades, interno ao cubo	n/a	n/a	Shimano Nexus 3 velocidades, interno ao cubo
<b>Rodas/Pneus</b>	18"x40mm	24"x40mm	16x1.75"	24x1.5"	16x1.25"	20x1.95"
<b>Peso</b>	11.8Kg	n/i	11.5Kg	15,2Kg	10Kg	12Kg
<b>Preço</b>	\$4678	\$2264	\$2111	\$2261	\$600	\$550
<b>Observações</b>	Bagageiro traseiro, farol halógeno alimentado por dínamo no cubo dianteiro		Farol alimentado por dínamo no cubo dianteiro, bagageiro traseiro, paralamas, guidão com duas posições de pega	Farol alimentado por dínamo no cubo dianteiro, carregador para equipamentos eletrônicos alimentado por dínamo no cubo dianteiro, paralamas	Rodas de nylon, bagageiro traseiro, limite de 100kg para peso do ciclista, correia de kevlar	Transmissão por eixo cardã, bagageiro traseiro, paralama, limite de 100Kg para peso do ciclista

A bicicleta Birdy Rohloff Disc (Figura 45) tem como principais diferenciais a construção monocoque do quadro, o uso da transmissão Rohloff de 14 velocidades, considerado o cubo de marchas internas mais eficiente atualmente (VAN DER PLAS; BAIRD, 2010), e o uso de freios à disco. O quadro possui, ainda, suspensão traseira, e o garfo dianteiro também tem suspensão. A bicicleta é equipada com pára-lamas nas rodas aro 18". Um bagageiro traseiro e sistema de iluminação alimentado por dínamo completam a lista de equipamentos. Quando

dobrada, a Birdy fica com volume reduzido mas não permite que o usuário utilize as rodas para empurrá-la.



**Figura 45 – Birdy Rohloff Disc**  
Fonte: Birdy, 2010

“O modelo Joey Explore Elite Drop (Figura 46), da britânica Airnimal tem como grande diferencial o uso de rodas com aro de 24” e freios a disco, e o desenho mais esportivo. Seu quadro possui suspensão traseira, e o garfo dianteiro é produzido em aço Cr-Mo. É interessante notar o uso de um guidão do tipo *drop bar*, de estrada. Para ser dobrada, essa bicicleta necessita que a roda dianteira seja removida, ficando solta. Isso acaba dificultando o transporte por parte de um pedestre, mas facilita a colocação em um porta-malas, por exemplo. O modelo não possui pára-lamas, protetor de correia e nem bagageiro, e o sistema de transmissão é de 27 velocidades.



**Figura 46 – Airnimal Joey Explore Elite Drop**  
Fonte: Airnimal, 2010

A empresa Brompton, também britânica, é uma das pioneiras nas bicicletas dobráveis. Seu modelo P6R-X (Figura 47) possui algumas soluções

bastante interessantes, como o guidão do tipo *multigrip* e o bagageiro traseiro, que quando a bicicleta encontra-se dobrada, se transforma em uma espécie de carrinho para transportar a bicicleta. As rodas do bagageiro são minúsculas, é verdade, mas ajudam a realizar o transporte da bicicleta quando dobrada, ao menos em pisos regulares. Pequenas, também, são as rodas da própria bicicleta: 16". A dimensão reduzida das rodas impede que a mesma vença obstáculos de maior porte. O quadro é produzido em aço, e possui suspensão traseira. Apesar do material do quadro, a Brompton é mais leve que modelos produzidos em alumínio, sendo que parte dessa redução se deve ao garfo, produzido em titânio. A transmissão é de 3 velocidades, interna ao cubo traseiro. A bicicleta possui um farol alimentado por um dínamo no cubo dianteiro.



**Figura 47 – Brompton P6R-X**  
**Fonte: Brompton, 2010**

A Dahon IOS XL (Figura 48) é uma bicicleta que, a exemplo da Airnimal (Figura 66), um porte mais esportivo. Suas rodas de 24" mostram-se imponentes quando comparadas às da Brompton (Figura 47). Seu quadro é produzido em alumínio 7005 hidroformado, exibindo tubos com formas bastante interessantes. Seu peso, porém, não é um dos destaques pois pesa mais de 15Kg e é a bicicleta mais pesada entre as analisadas nesta categoria. Os freios são a disco e a bicicleta não possui marchas. Quando dobrada, a Dahon permite que o usuário utilize suas rodas para movê-la, sem a necessidade de levantar o peso. Isso é de grande valia em trechos de combinação modal.



**Figura 48 – Dahon IOS XL**  
**Fonte: Dahon, 2010**

A Strida (Figura 49) é uma bicicleta bastante peculiar, pois pode-se dizer que seu quadro, produzido em alumínio da série 7000, é em forma de A. O sistema de dobragem se assemelha ao de um tripé fotográfico, e faz com que as rodas fiquem paralelas quando a bicicleta está dobrada, permitindo seu uso no transporte. A Strida pode ser considerada a mais portátil entre as bicicletas analisadas, e também a mais leve. Suas pequenas rodas de aro e a estranha posição de condução, no entanto, não são adequados para percorrer distâncias maiores. A Strida conta com freios à disco e a transmissão, de 1 velocidade, é realizada por uma correia de kevlar que não usa graxa. O limite de peso para o ciclista é de 100Kg. A pequena bicicleta possui, ainda, um pequeno bagageiro traseiro.



**Figura 49 – Strida LT**  
**Fonte: Strida, 2010**

Os dois principais diferenciais da Äbio Penza (Figura 50) são a transmissão, que utiliza um eixo cardã e o quadro que, quando dobrado, permite que as rodas em posição paralela sejam utilizadas para transportar a bicicleta. O uso do eixo cardã elimina a preocupação de sujar-se com graxa da correia, mas por outro lado causa uma perda na eficiência da transmissão da força à roda traseira, que a exemplo da dianteira, é de 20". Existe, no cubo traseiro, uma transmissão de 3 velocidades internas. O modelo é equipado, ainda, com pára-lamas, farol com dínamo e bagageiro traseiro. O quadro, produzido em alumínio 6061, possui um limite de peso de 100Kg.



**Figura 50 – Äbio Penza**  
**Fonte: Äbio, 2010**

## 8 COMPONENTES MECÂNICOS

Dentre os componentes mecânicos da bicicleta (Figura 18), foram selecionados pela sua relevância no atendimento das necessidades dos usuários (VAN DER PLAS; BAIRD, 2010) e apresentados na seção 5.3.

Os selecionados foram:

- Quadro e garfo
- Rodas e pneus
- Sistemas de transmissão
- Sistema de Freios
- Guidão e avanço
- Selim

A partir do emprego da ferramenta QFD, foi realizada uma análise da relação entre as necessidades dos usuários e os componentes da bicicleta (Figura 51). Nota-se pelos resultados que quadro e garfo, rodas e pneus, e guidão e avanço do guidão são os componentes mais críticos para o atendimento das necessidades dos usuários (Figura 52), visto que estão relacionados diretamente com as questões de ergonomia, desempenho e conforto. Quadro e garfo, rodas e pneus, sistema de freios, e guidão e avanço do guidão são os componentes que necessitam uma maior atenção para atender as necessidades. Pode-se observar, também, que os componentes do sistema de transmissão, sistema de freios e selim são os que demandam um menor investimento em desenvolvimento para atender as necessidades anteriormente mencionadas (Figura 51). Por último, a Figura 51 mostra que quadro e garfo, e guidão e avanço do guidão são os componentes que são considerados como os mais desafiadores em termos de desenvolvimento para que atinjam os objetivos do projeto.

			<b>Relationship Between Requirements:</b> 9 - Strong 3 - Moderate 1 - Weak								
			<b>Column Number</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>		
			<b>Max Relationship Value in Column Requirement Weight</b>	9	9	9	9	9	9		
			<b>Relative Weight</b>	726,6	870	471,7	357,5	676,8	315,5		
			<b>Difficulty</b> (0= Easy to Accomplish, 10=Extremely Minimize (▼), Maximize (▲), or Target (x))	10	2	2	2	10	2		
			<b>Target or Limit Value</b>	▲	▲	*	▲	▲	*		
<b>Row Number</b>	<b>Max Relationship Value in Row</b>	<b>Relative Weight</b>	<b>Necessidades dos usuários</b>	<b>Quadro e garfo</b>	<b>Rodas e pneus</b>	<b>Sistema de transmissão</b>	<b>Sistema de freios</b>	<b>Guião e avanço</b>	<b>Sellim</b>		
1	9	22,32	Facilidade de armazenamento e transporte	9	9	1	1	9	3		
2	9	18,88	Segurança	9	9	1	9	9	1		
3	9	0,43	Peso Reduzido	9	9	3	1	3	1		
4	9		Eficiência e velocidade	9	9	9	1	3	3		
5	9	2,15	Sistemas para evitar que o usuário se suje durante o transporte	3	1	9	1	1	1		
6	9	3,00	Possibilidade de combinação intermodal	9	9	1	1	9	3		
7	3	2,15	Sistema antifurto	3	3	1	1	3	1		
8	9	0,86	Capacidade de carga	9	9	9	1	1	1		
9	9	11,59	Facilidade de manutenção	1	9	9	9	1	1		
10	9	18,88	Conforto	9	9	9	1	9	9		
11	9	6,01	Capacidade de vencer obstáculos	9	9	9	1	3	1		
12	9	6,87	Sistema multiplicador de torque	1	9	9	1	1	1		
13	9	6,87	Elegância	9	9	1	3	9	3		

Figura 51 – QFD

Row Number	Componentes	Minimize (▼), Maximize (▲), or Target (x)	Target or Limit Value	Max Relationship Value	Requirement Weight	Relative Weight (Relative Importance)
1	Quadro e garfo	▲		9	726,61	21,26%
2	Rodas e pneus	▲		9	869,96	25,45%
3	Sistema de transmissão	x		9	471,67	13,80%
4	Sistema de freios	▲		9	357,51	10,46%
5	Guidão e avanço	▲		9	676,82	19,80%
6	Selim	x		9	315,45	9,23%

**Figura 52 – Sumário do resultado do QFD**

Desta forma, será feita uma análise dentro de cada uma das categorias de componentes, bem como a verificação da adequação de cada tipo de solução às necessidades dos usuários.

## 8.1 QUADRO E GARFO

### 8.1.1 Quadro

O quadro pode ser considerado o componente que define a bicicleta, pois é o componente estrutural fundamental onde todas as outras partes são fixadas. Geralmente, o quadro é quem define as principais características de conforto e desempenho da bicicleta, de acordo com o material com que é fabricado e com a sua geometria.

Numa bicicleta típica, o quadro representa aproximadamente 40% do valor total. Essa proporção geralmente se mantém, desde as bicicletas mais simples até os modelos mais sofisticados, pois a tendência é de usar componentes que se enquadram em uma mesma categoria de valor. O quadro é o componente que geralmente se mantém no caso de investimentos em melhoria de uma bicicleta, portanto recomenda-se a escolha de uma peça de qualidade. (VAN DER PLAS; BAIRD, 2010)

#### 8.1.1.1 Materiais e processos

Com relação aos materiais, foi realizado um estudo preliminar com o objetivo de avaliar os materiais atualmente utilizados para construção de quadros de bicicleta, e também para identificar alguma nova alternativa de material que

puдesse se mostrar adequado à aplicação. Para realizar a avaliação, foram levados em consideração os materiais mais utilizados para construção de bicicletas que, segundo Van der Plas e Baird (2010), são ligas de Alumínio 6061 e 7075, Aço AISI 4130, Resina Epóxi reforçada com Fibra de Carbono, Titânio Ti-6Al-4V Grade 5, e Titânio Mg/6.5Zn/1.25Cu/.75Mn. Foi utilizado o *software* CES EduPack 2006 para compilar as propriedades dos materiais citados acima (Quadro 5). Com o objetivo de incluir os materiais atualmente utilizados na comparação, e propiciar

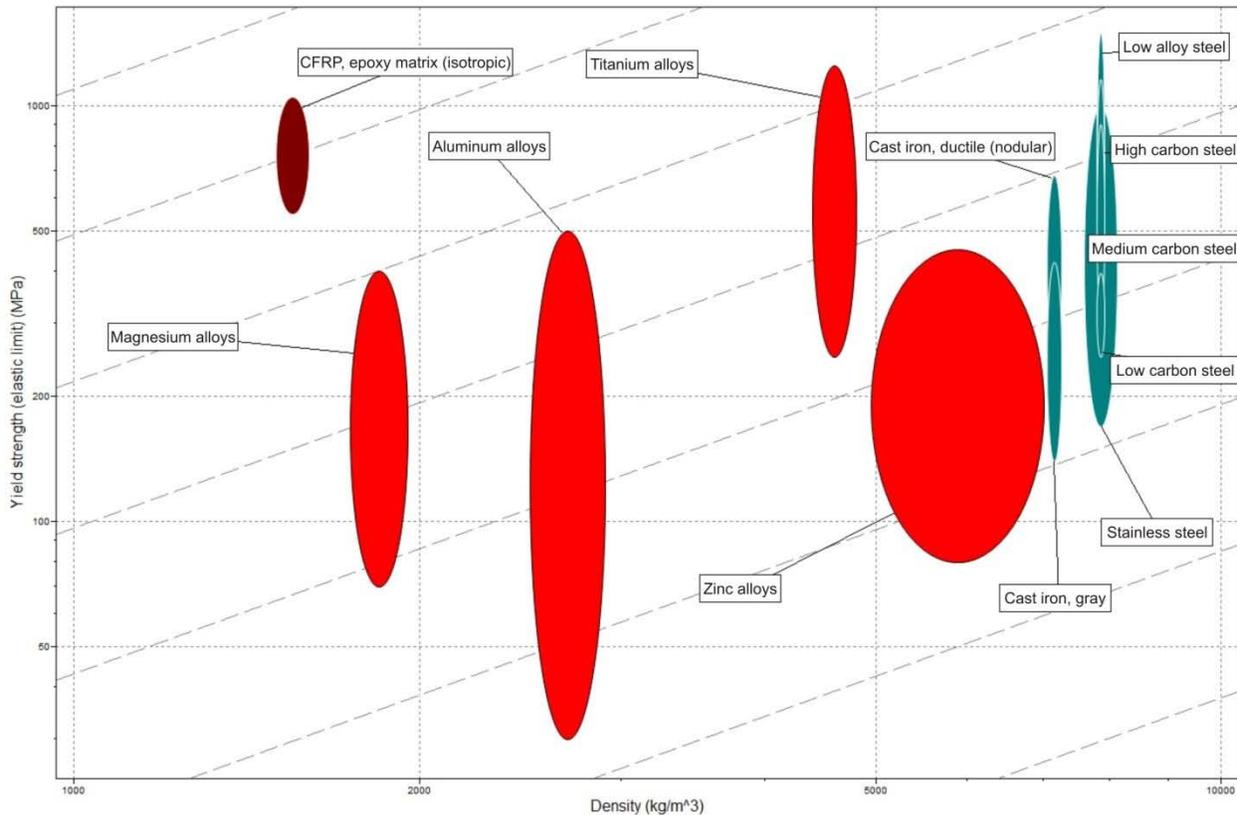
**Quadro 7 - Propriedades dos materiais utilizados atualmente na construção de bicicletas.**

Propriedade/Material	Alumínio 6061	Alumínio 7075	Aço AISI 4130	Resina epoxy reforçada com fibra de carbono	Titânio Ti-6Al-4V Grade 5	Magnésio Mg/6.5Zn/1.25Cu/.75Mn
Bulk Modulus	70,33	73,91	176	12,16	153	41
Fatigue Strength	107	168	34	1407	638	185
Fracture toughness	35	35	122	82,6	100	18
Tensile Strength	305,1	524	620	2165	1270	345
Yeld Strength	266,4	462	400	2165	1080	320
Young's modulus	71,49	75,69	201	154,4	119	46
Density	2726	2810	7900	1580	4430	1875

Com o objetivo de incluir os materiais atualmente utilizados na comparação, e possibilitar a identificação de possíveis novas alternativas, foram selecionadas as características com valores menos positivos de cada material, marcadas em vermelho no Quadro 5. A comparação e identificação de pontos positivos e negativos foram feitos posteriormente, com o uso de gráficos gerados pelo *software* anteriormente mencionado.

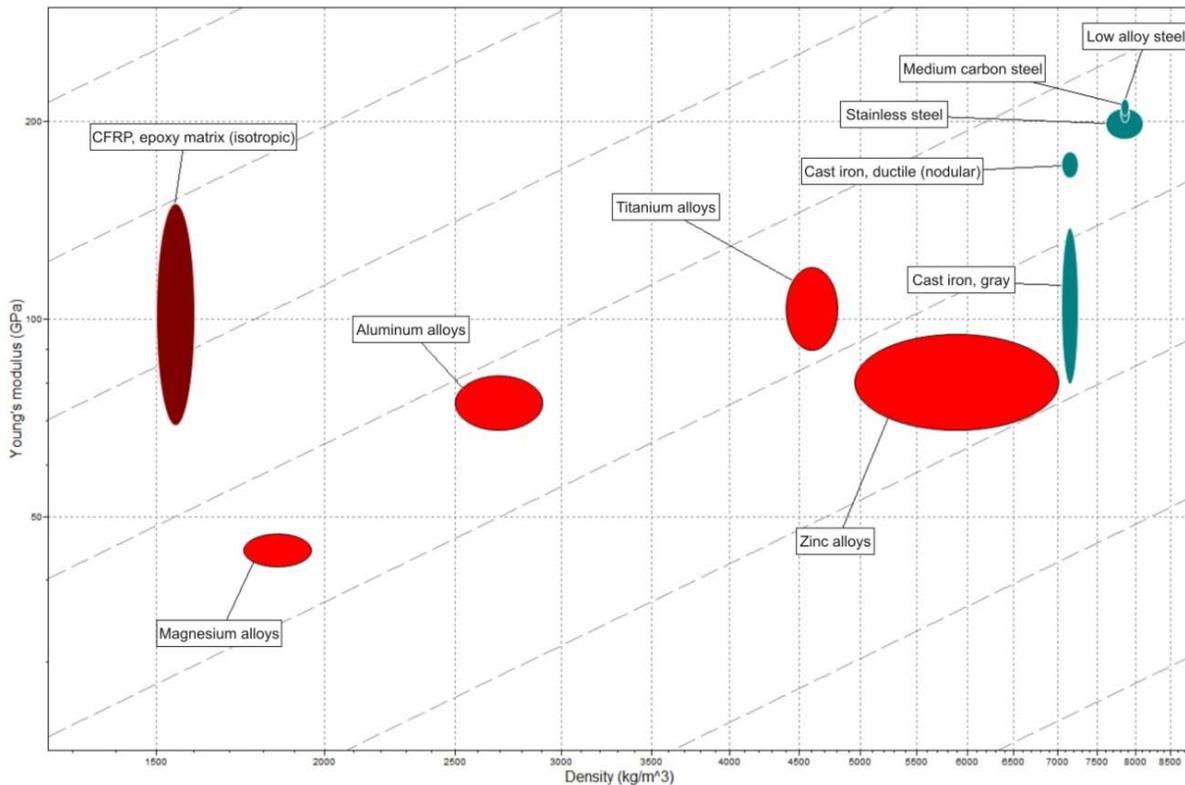
Pode-se notar pelo Quadro 5 que a resina epóxi reforçada com fibra de carbono possui propriedades mecânicas excepcionais, ao mesmo tempo que possui uma baixíssima densidade. O peso reduzido, devido à importância para os usuários da facilidade de transporte e armazenamento, é um elemento bastante importante na seleção dos materiais. Isto não significa, no entanto, que as outras

propriedades devem ser negligenciadas, mas sim que deve haver uma boa relação entre densidade e propriedades mecânicas.



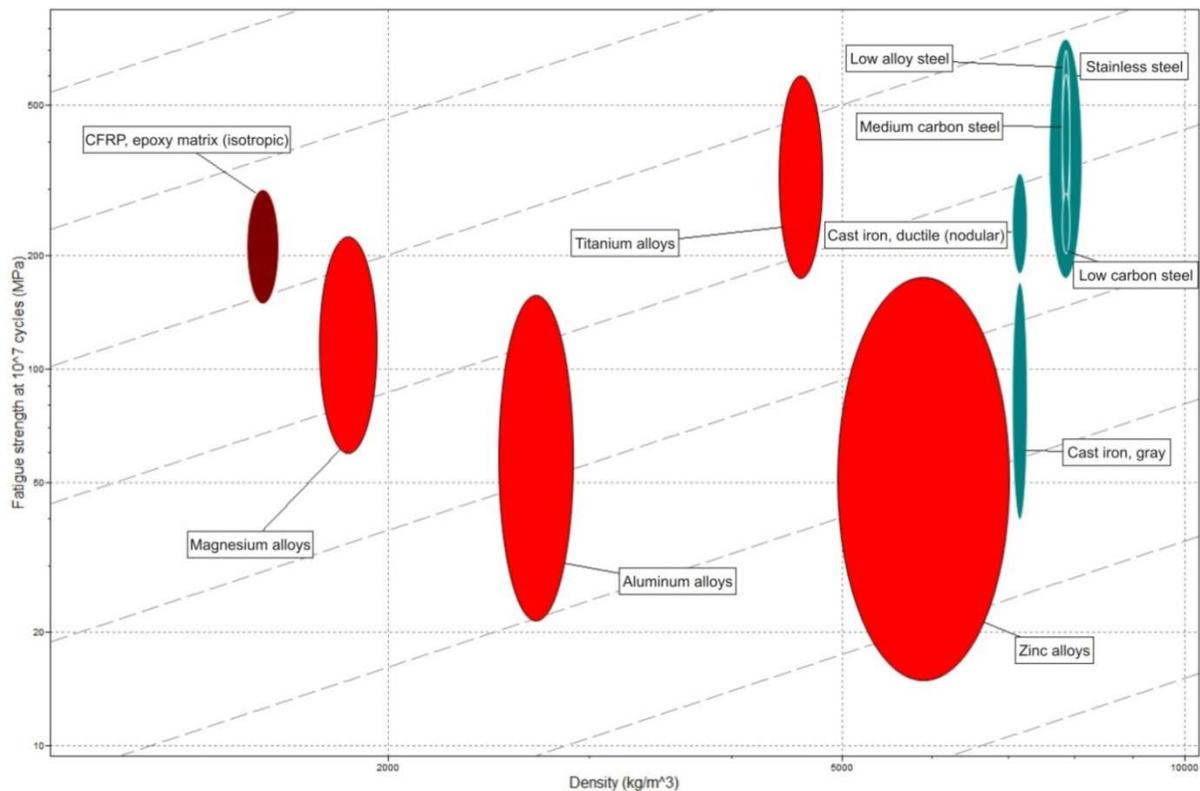
**Figura 53 – Gráfico Densidade x Limite de escoamento**  
**Fonte: CES EduPack 2006**

É possível notar que o material com a melhor relação entre Densidade e tensão de escoamento é a Fibra de Carbono, apresentando uma resistência similar à dos Aços de Baixa Liga, mas com aproximadamente 1/3 da densidade. As ligas de Titânio apresentam uma resistência similar à do Aço de Baixa Liga e da Fibra de Carbono, mas com uma densidade bem mais alta que a da Fibra de Carbono e um pouco mais baixa que a do Aço de Baixa Liga. As ligas de Magnésio possuem densidade próxima à da Fibra de Carbono, mas com uma resistência menor, próxima à das ligas de Alumínio. A tensão de escoamento é uma propriedade mecânica extremamente importante para os materiais utilizados em quadros de bicicletas, pois os tubos são submetidos constantemente a esforços de tração (VAN DER PLAS; BAIRD, 2010).



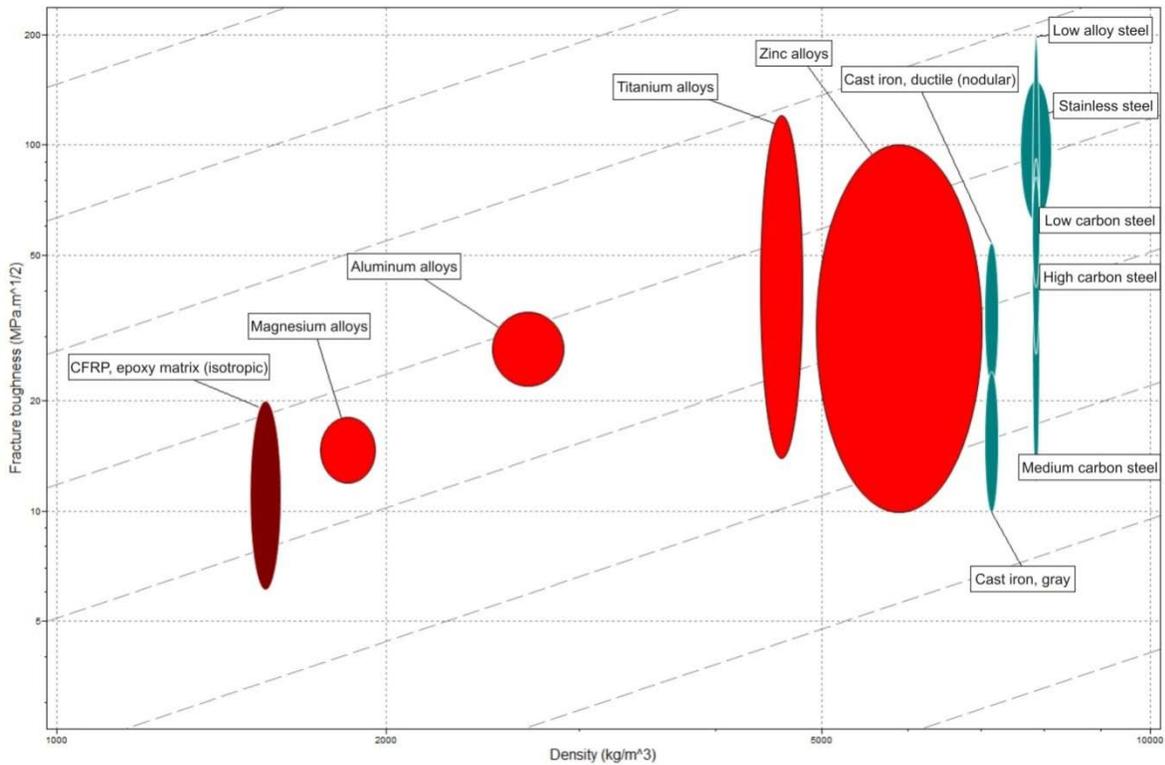
**Figura 54 – Densidade x Módulo de Young**  
**Fonte: CES EduPack 2006.**

Como o quadro de uma bicicleta atua absorvendo as irregularidades e impactos aos quais o veículo é submetido, o Módulo de Young também é uma propriedade bastante importante. No gráfico acima (Figura 54), é possível observar que o material com a melhor relação entre Módulo de Young e Densidade é a Fibra de Carbono. Este material apresenta níveis próximos aos dos Aços, mas com uma densidade muito mais baixa. Da mesma forma que na Figura 53, observa-se que as ligas de Titânio possuem resistência similar à da Fibra de Carbono e das ligas de Aço.



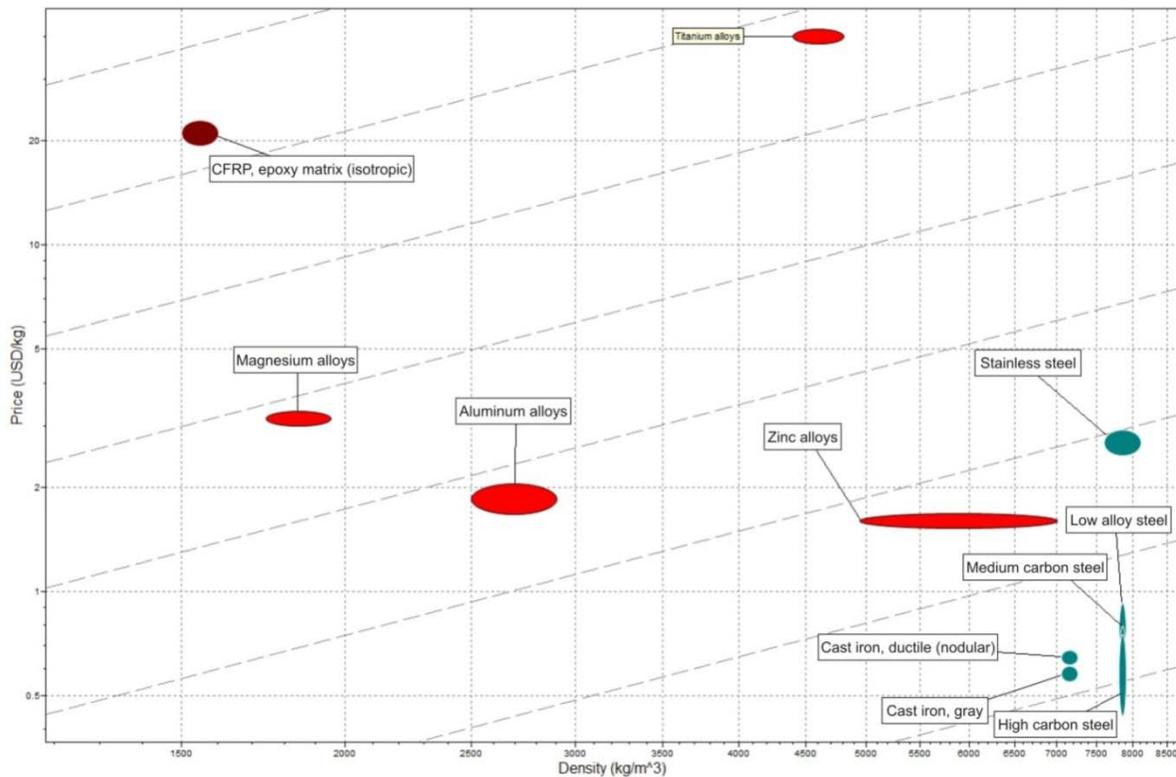
**Figura 55 – Densidade x Resistência à fadiga**  
**Fonte: CES EduPack 2006.**

O quadro de uma bicicleta é submetido a uma infinidade de esforços cíclicos de torção e tração durante as pedaladas (VAN DER PLAS; BAIRD, 2010), como se pode observar na Figura 62. Portanto a escolha de uma material com boa resistência à fadiga é fundamental para evitar que haja um rompimento devido ao enfraquecimento do material. Entre os materiais atualmente utilizados, o alumínio é o que apresenta a menor resistência à fadiga, sendo superado pela Fibra de Carbono, ligas de Magnésio, ligas de Titânio, e Aços de Baixa Liga. Quando se observa a relação entre Densidade e Resistência à fadiga, novamente a Fibra de Carbono fica à frente dos outros materiais, seguida de perto pelas ligas de Magnésio.



**Figura 56 – Densidade x Resistência à fratura**  
**Fonte: CES EduPack 2006**

No gráfico que compara Resistência à fratura com Densidade (Figura 56), é possível observar aquela que talvez seja a maior desvantagem da Fibra de Carbono: este material falha de forma catastrófica (VAN DER PLAS; BAIRD, 2010). Enquanto os materiais metálicos em geral se deformam de forma permanente quando solicitados em excesso, a Fibra de Carbono tem a tendência de romper-se. É possível identificar isso na Figura 56 pela diferença entre os valores de resistência à fratura da Fibra de Carbono e dos Aços de baixa liga, por exemplo. Entretanto, pelas características mecânicas mencionadas anteriormente, é possível perceber que uma solicitação bastante grande é necessária para que a Fibra de Carbono se rompa.



**Figura 57 – Gráfico Densidade x Preço**  
**Fonte: CES EduPack 2006**

A Figura 57 mostra uma comparação entre Densidade e Preço, revelando que o Titânio é o material que possui o maior preço, apesar de possuir somente a 4ª menor densidade entre os materiais analisados. Por outro lado, assim como a Fibra de Carbono, que também possui um custo bastante elevado, apresenta características mecânicas bastante positivas, o que, em parte, justifica esse alto custo. Os Aços de baixa liga e o alumínio, que também possuem boas características mecânicas, apesar de terem uma densidade maior que a da Fibra de Carbono, encontram-se numa faixa de valores bem mais baixa, mostrando-se como ótimas opções para aplicações onde um baixíssimo peso não seja prioridade, e o custo seja um fator limitante.

Com relação aos processos produtivos, os materiais analisados dividem-se em dois grupos:

-Compósitos – Fibra de Carbono

-Metálicos – demais materiais analisados

A Fibra de Carbono pode ser utilizada em quadros para bicicletas na forma de tubos ou na forma de um monocoque. No caso do uso de tubos, eles são unidos por peças chamadas de *lugs*, onde são colados (Figura 58).



**Figura 58 – Bicicleta com tubos de Fibra de Carbono e *lugs* de Alumínio**  
Fonte: Alchemy Bicycle Co, 2010

É possível que os *lugs* também sejam de fibra de carbono, e nesse caso os tubos são colados neles, e uma camada de fibra de carbono é aplicada em sobreposição, para dar acabamento e reforçar (Figura 59).



**Figura 59 – Quadro com tubos e *lugs* de Fibra de Carbono**  
Fonte: Colnago2, 2010

No caso de uma construção do tipo monocoque, a aparência final do quadro é de uma peça única (Figura 60).



**Figura 60 – Quadro monocoque construído em Fibra de Carbono**  
**Fonte: Felt Bicycles, 2010**

Numa comparação entre as duas formas de construção, é possível salientar que na construção utilizando tubos de Fibra de Carbono e *lugs*, os locais de colagem podem vir a ser pontos mais frágeis do quadro caso não haja a adesão correta. Outro ponto positivo da construção tipo monocoque é a liberdade para a utilização de formas diferenciadas com relação aos quadros construídos com tubos. Isso permite uma maior flexibilidade na hora de projetar o quadro com o objetivo de atender necessidades diversas. Uma vantagem da construção tubular é que pode-se adquirir tubos prontos de Fibra de Carbono de grandes fabricantes e realizar o processo de colagem, o que pode reduzir os custos por dispensar a realização do processo de laminação, no caso da utilização de *lugs* metálicos.

Para a produção das peças diversas de fibra de carbono, podem ser utilizadas as técnicas de laminação manual, infusão de resina auxiliada por vácuo (RTM), e moldagem com autoclave (LEFTERI, 2007).

Para os materiais metálicos, geralmente se utiliza uma construção tubular do quadro. Existem maneiras para se obter formas que variam um pouco dos tubos tradicionais, tais como o *Hydroforming* e o *Superplastic Forming* (Figura 61).



Figura 61 – Quadro produzido em alumínio utilizando a técnica *Superplastic Forming*. Fonte: Biomega, 2010

No caso do *Superplastic forming*, no entanto, a aplicação da técnica se restringe às ligas de alumínio (LEFTERI, 2007).

O *Hydroforming* pode ser utilizado em outros materiais metálicos, como o aço e o titânio mas, geralmente, as formas são criadas a partir de tubos e não são tão elaboradas quanto as produzidas por *Superplastic forming* (LEFTERI, 2007).



Figura 62 – Vetores de força aplicados durante o ciclo de pedalada  
Fonte: Litespeed, 2010

Como se pode observar na figura acima (Figura 62) pode ser desejável que o formato dos tubos não seja regular para que suportem os diferentes esforços em cada ponto do quadro.

Outro ponto que torna desejável que os tubos não sejam circulares é a questão da aerodinâmica, pois tubos circulares tendem a causar turbulência e causar arrasto aerodinâmico (BURKE, 2003).

Os tubos devem ser cortados e soldados para produzir o quadro. O tipo de solda utilizado deve ser adequado ao material pois alguns, como as ligas de titânio e alumínio, exigem técnicas especiais para evitar o enfraquecimento nas regiões adjacentes à área soldada. Podem ser utilizadas, no caso do alumínio e do titânio, soldas TIG e MIG, onde a atmosfera inerte gerada pelo gás evita a oxidação. (VAN DER PLAS; BAIRD, 2010).

Por fim, os quadros construídos a partir de tubos metálicos também podem utilizar *lugs* para unir os tubos. Nesse caso, geralmente se utiliza o processo de brasagem (Figura 63) para unir as peças, onde o metal de adição não é o mesmo utilizado para produzir os tubos e *lugs*. Os tubos são inseridos nos *lugs* e o metal de adição, geralmente uma liga constituída principalmente de cobre e níquel, é aquecido a uma temperatura mais baixa que a necessária para soldagem, realizando a união sem afetar termicamente as peças (VAN DER PLAS; BAIRD, 2010).

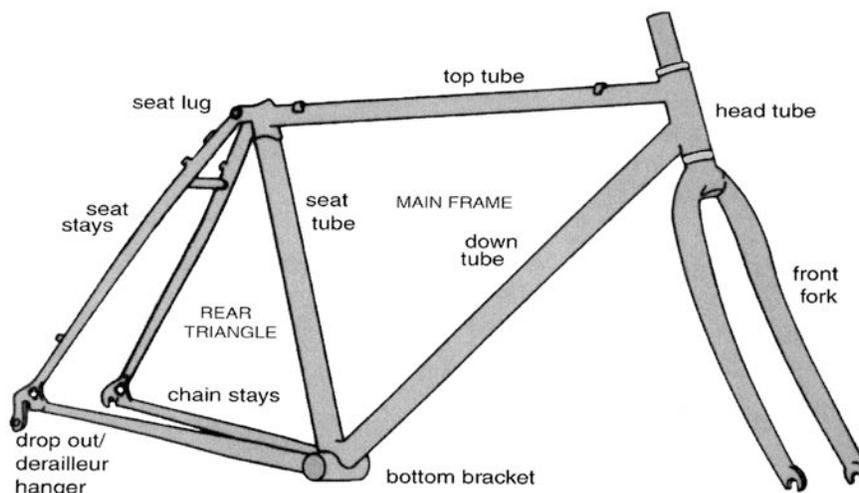


**Figura 63 – Brasagem de tubos e *lugs* metálicos**  
**Fonte: Solace custom hand-made bicycles, 2010**

Os processos produtivos utilizados nos demais componentes a serem analisados são os mesmos apresentados para produção do quadro, sendo apresentados, quando necessário, os processos adicionais utilizados.

### 8.1.1.2 Ergonomia e Geometria do Quadro

As orientações a respeito de geometria de quadro para atender aos diferentes biótipos de ciclistas são baseadas nas dimensões do tubo superior (*top tube*) e do tubo do selim (*seat tube*) (Figura 64).



**Figura 64 – Partes do quadro da bicicleta**  
**Fonte: VAN DER PLAS; BAIRD, 2010**

Nesse sistema, são medidos os membros inferiores, membros superiores e torso do ciclista, e então os valores obtidos são cruzados com uma tabela de valores adequados de comprimento para o tubo superior e tubo do selim (Figura 65). Este é um sistema bastante antigo, mas que ainda funciona bastante bem para pessoas do século masculino com medidas proporcionais (VAN DER PLAS; BAIRD, 2010). Deve-se levar em consideração, porém, que existem bicicletas onde não existe tubo superior ou tubo do selim (Figura 61), então nesses casos é necessário realizar uma adaptação deste método para determinar o tamanho do quadro. No caso das bicicletas dobráveis, conforme revelou a pesquisa realizada, não existem múltiplos tamanhos de quadro para um determinado modelo. Por essa razão optou-se por um tamanho médio de quadro, onde com os ajustes de selim e guidão é possível atender a uma gama maior de biótipos de usuários do que se fosse selecionado um tamanho pequeno ou grande.

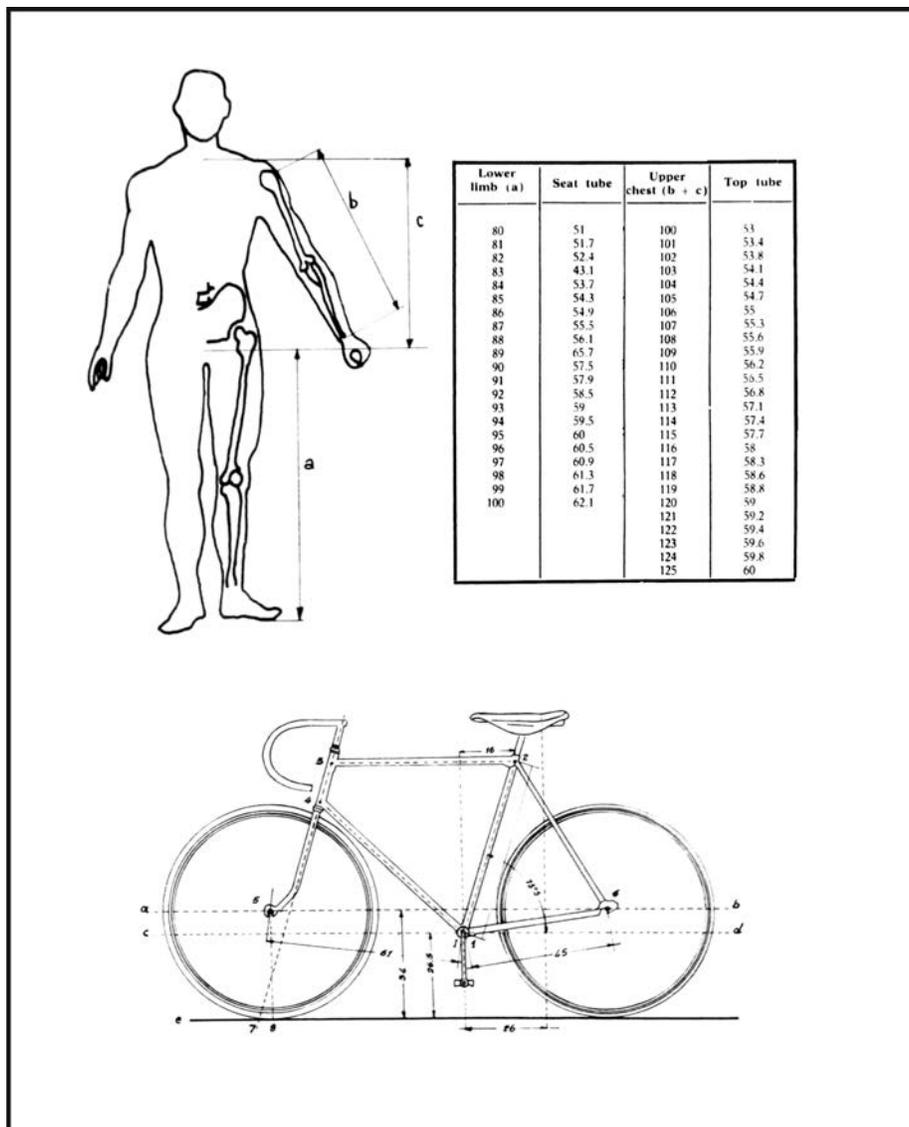
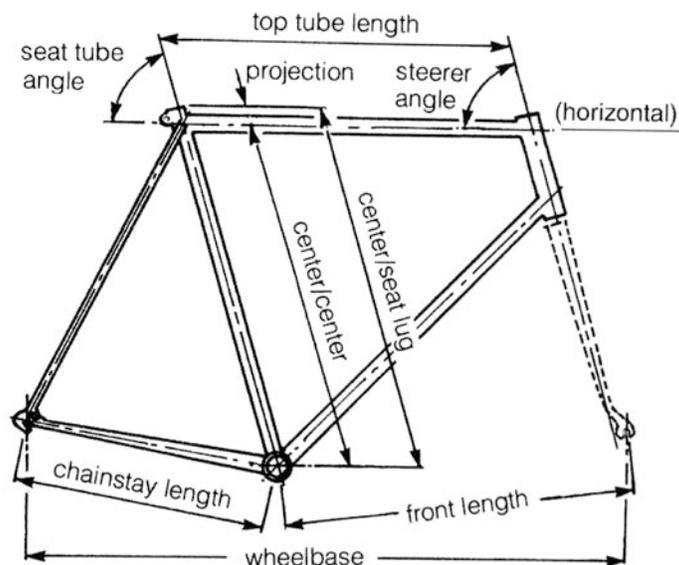


Figura 65 – Método da Federação Italiana de Ciclismo para tamanho de bicicletas  
 Fonte: VAN DER PLAS; BAIRD, 2010

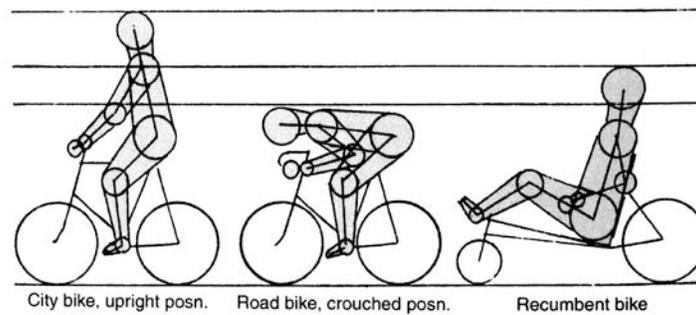
As bicicletas do tipo *mountain bike*, em geral, possuem três tamanhos indicados pela dimensão do tubo superior em polegadas. Os tamanhos mais comuns são 17", 19" e 21", que podem ser considerados como pequeno, médio e grande. Conforme já mencionado, foi selecionado o tamanho médio, com 19 polegadas. Como as bicicletas *mountain bike* utilizam rodas com aro de 26", caso sejam utilizadas rodas menores, o usuário deverá realizar um ajuste diferente no selim e guidão para encontrar a posição correta de utilização.

Com relação ao compromisso entre conforto e desempenho, existem dois pontos a serem abordados: inclinação do tubo do selim (*seat tube angle* – Figura 66), e altura e tipo do guidão. A altura e tipo do guidão será discutida posteriormente na seção específica.



**Figura 66 – Dimensões e ângulos significativos em um quadro tradicional**  
**Fonte: VAN DER PLAS; BAIRD, 2010**

Um tubo do selim com ângulo muito grande pode causar desconforto, e geralmente é utilizado em bicicletas onde o desempenho é o objetivo maior. Bicicletas de competição tem tubos do selim com ângulos entre  $71^\circ$  - *mountain bikes* – e  $90^\circ$  - bicicletas de *time trial* (BURKE, 2003), enquanto bicicletas de passeio possuem ângulos menores, por volta dos  $66^\circ$ . Um ângulo do tubo do selim entre  $75^\circ$  e  $90^\circ$  auxilia em um posicionamento mais aerodinâmico (Figura 67), enquanto um ângulo entre  $66^\circ$  e  $71^\circ$  permite que o ciclista assumira uma posição mais relaxada e confortável (VAN DER PLAS; BAIRD, 2010).



**Figura 67 – Diferença de posicionamento do ciclista em diferentes tipos de bicicletas**  
**Fonte: VAN DER PLAS; BAIRD, 2010**

Ainda com relação aerodinâmica, Van der Plas e Baird (2010) afirmam que a posição tradicional ereta das bicicletas de conforto, quando comparada com a posição abaixada das bicicletas de estrada, ocasiona um aumento de 0.10 m<sup>2</sup> na área frontal do conjunto ciclista+bicicleta (Figura 68). Se o objetivo principal da bicicleta desenvolvida no presente projeto fosse o desempenho máximo, certamente seria necessária a busca pela posição mais aerodinâmica possível, mas conforme o resultado da priorização dos requisitos dos usuários (Anexo 5), o conforto é mais prioritário. O desafio volta-se, então, para a obtenção de uma posição que seja ao mesmo tempo confortável e possa diminuir parte do arrasto aerodinâmico quando comparada com uma bicicleta convencional. Outro caminho pode ser a existência de algum sistema que permita ao usuário alternar entre uma espécie de “modo de desempenho” e um “modo de conforto”, aumentando a flexibilidade do veículo. Isso pode ser alcançado com alguns tipos de guidão que serão abordados posteriormente.

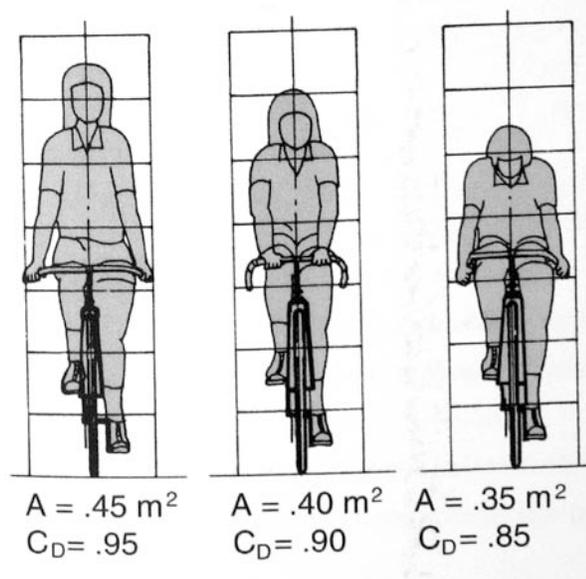


Figura 68 – Comparação da área frontal do conjunto ciclista+bicicleta em diferentes posições de uso. Fonte: VAN DER PLAS; BAIRD, 2010

### 8.1.2 Garfo

O garfo, da mesma forma que o quadro, é um dos elementos que mais define a personalidade de uma bicicleta. Um garfo ruim pode resultar em baixa manobrabilidade e absorção de impactos e irregularidades, tornando a bicicleta desconfortável e perigosa. O ângulo da caixa de direção (*steerer angle* – Figura 79) define se a bicicleta terá uma resposta mais suave ou mais imediata aos comandos do guidão. Nas bicicletas de estrada, ângulos em torno de 74° fazem com que a bicicleta tenha respostas mais imediatas, enquanto ângulos em torno de 72°, utilizados nas bicicletas de passeio, produzem respostas mais suaves e lineares (BALLANTINE, 2001).

Os tipos de garfo dividem-se basicamente em rígidos (Figura 69) e de suspensão (Figura 70). Os garfos rígidos, como o próprio nome diz, não possuem partes móveis e, portanto, auxiliam na absorção dos impactos e irregularidades somente através da sua flexão BURKE, 2003). Fica claro, portanto, que a forma dada ao garfo, bem como o material selecionado são cruciais na produção de um garfo rígido de qualidade (VAN DER PLAS; BAIRD, 2010). De acordo com a

análise de similares realizada, os modelos mais sofisticados de bicicletas equipadas com garfos rígidos, possuem garfos produzidos em fibra de carbono.



**Figura 69 – Garfo rígido produzido em fibra de carbono**  
**Fonte: Trigon, 2010**

Quando se faz uma comparação entre garfos com e sem suspensão para uso urbano, é necessário observar que nessas condições o ciclista não é submetido a tantas irregularidades e obstáculos quanto ao pedalar em uma trilha não pavimentada, por exemplo. Além disso, os garfos de suspensão agregam duas características indesejadas em uma bicicleta de uso urbano constante: peso adicional quando comparado ao um garfo rígido, e um componente adicional que necessita de manutenção periódica (BALLANTINE, 2001). Os garfos de suspensão para bicicletas urbanas geralmente são construídos utilizando técnicas e materiais menos sofisticados que os para *mountain bikes* devido a serem submetidos a menores solicitações e porque o baixo peso não é o objetivo final. As pernas dos garfos de suspensão urbanos são construídos utilizando alumínio, em vez do magnésio empregado nos garfos de *mountain bike*, e isso faz com que um garfo de suspensão para bicicleta urbana pese por volta de três vezes o peso de um garfo rígido de fibra de carbono.

Pode-se concluir que é possível evitar o uso de um garfo de suspensão no projeto, com o objetivo de manter o baixo peso para facilitar o transporte, e utilizar outras formas de amortecimento, como suspensões no avanço do guidão e no canote do selim.



**Figura 70 – Garfo de suspensão produzido em alumínio**  
**Fonte: RST, 2010**

## 8.2 RODAS E PNEUS

Sabe-se que as rodas e pneus são críticos em conforto e desempenho de uma bicicleta. São eles os primeiros a receber o impacto dos obstáculos e irregularidades, e também os primeiros a enfrentar a resistência do ar quando a bicicleta está em movimento (VAN DER PLAS; BAIRD, 2010).

### 8.2.1 Rodas

Para se ter uma idéia da importância das rodas em uma bicicleta, basta perceber que vem do rolamento delas a grande vantagem da bicicleta, quando comparada à caminhada, no aproveitamento de energia: por causa do rolamento, não é necessário empregar energia para elevar o corpo e pode-se aplicar toda a energia na translação por meio da pedalada. Sabe-se que uma boa aerodinâmica das rodas é bastante importante para um bom desempenho.

As rodas são muito críticas para o arrasto aerodinâmico geral de uma bicicleta. A roda mais crítica é a dianteira, que encontra-se totalmente exposta à velocidade do ar (a roda traseira encontra-se posicionada no vácuo criado pelo quadro e ciclista) (VAN DER PLAS; BAIRD, 2010).

Sabe-se que os raios em uma roda convencional (Figura 71) de bicicleta criam uma turbulência bastante grande devido a presença de inúmeros raios de seção redonda.



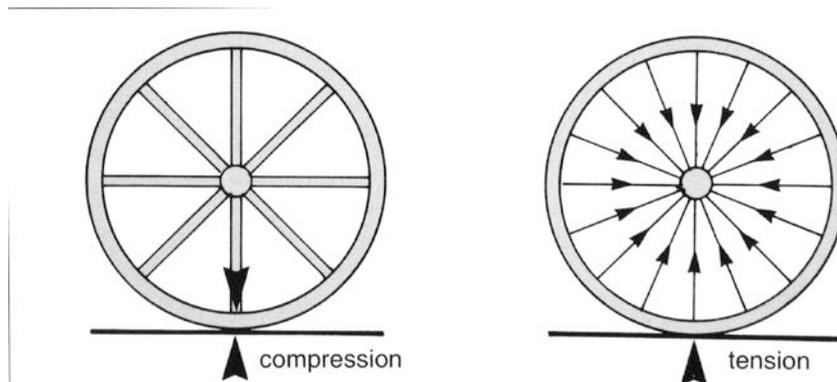
**Figura 71 – Roda com raios convencionais**  
**Fonte: VZAN, 2010**

Com o objetivo de melhorar a aerodinâmica das rodas, foram criadas rodas produzidas com materiais compósitos e um número menor de raios aerodinâmicos (Figura 72).



**Figura 72 – Roda de três raios produzida em fibra de carbono**  
**Fonte: HED, 2010**

Este tipo de roda conseguiu atingir o objetivo principal, que era de reduzir o arrasto aerodinâmico produzido pela roda girando, em comparação com as rodas convencionais (BURKE, 2003). Por outro lado, esse tipo de roda causou um efeito colateral bastante indesejado: o desconforto. As rodas com raios tensionados absorvem as irregularidades de forma muito melhor que as rodas com raios carregados em compressão. Nas rodas de raios tensionados, a carga é distribuída entre inúmeros raios, enquanto nas rodas com poucos raios em compressão, é praticamente absorvida somente pelo raio apoiando a posição em contato com o solo (Figura 73), transmitindo as irregularidades para o ciclista (VAN DER PLAS; BAIRD, 2010).



**Figura 73 – Esforços aplicados a rodas de raios em compressão e tensionados**  
Fonte: VAN DER PLAS; BAIRD, 2010

Além das rodas aerodinâmicas mencionadas anteriormente (Figura 72), foram criadas as rodas do tipo disco (Figura 74), que se mostram bastante interessantes em condições onde não há ventos laterais, pois esses tendem a desviar a bicicleta, restringindo o uso deste tipo de roda. As rodas do tipo disco sofrem do mesmo problema de desconforto (Figura 73) que as rodas de três raios (Figura 72).



**Figura 74 – Roda aerodinâmica do tipo disco**  
Fonte: Zipp Speed Weaponry1, 2010

O terceiro tipo de roda (Figura 74) segue as orientações de Van Der Plas e Baird (2010) para melhorar as características aerodinâmicas das rodas com raios tensionados:

-Usar aros com perfil em forma de aerofólio, na forma de um V levemente convexo;

-Minimizar o número de raios e evitar o cruzamento de raios, utilizando rodas raiadas radialmente, por exemplo;

-Utilizar raios achatados, que tenham seção em forma de aerofólio;

-Usar cubos com flanges baixas e contornos suaves.



**Figura 74 – Roda raiada com aro aerodinâmico de fibra de carbono**  
Fonte: Zipp Speed Weaponry2, 2010

Estas orientações visam minimizar o arrasto aerodinâmico ao mesmo tempo que se mantém o máximo da qualidade de rodagem das rodas raiadas tradicionais.

Por fim, vale mencionar que rodas de tamanhos menores geram menor arrasto aerodinâmico (BURKE, 2003), mas por outro lado, o caso o tamanho seja bastante reduzido, podem prejudicar a qualidade de rodagem por absorver irregularidades de forma menos eficiente que uma roda maior do mesmo tipo, além de prejudicar a superação de obstáculos (VAN DER PLAS; BAIRD, 2010).

### **8.2.2 Pneus**

Os pneus para uso urbano, idealmente, são do tipo misto (Figura 76), ou do tipo *slick* (Figura 77).

Não é interessante utilizar pneus com garras (Figura 75) em ambientes urbanos pois a banda de rodagem irregular faz com que a rodagem não tenha a mesma suavidade, e seja bastante ruidosa (BALLANTINE, 2001).



**Figura 75 – Pneu para *mountain bike* com garras**  
Fonte: Maxxis, 2010

Além disso, os largos pneus com garras acabam gerando maior peso e arrasto aerodinâmico desnecessários.



**Figura 76 - Pneu urbano do tipo misto**  
Fonte: Schwalbe1, 2010

Os pneus do tipo misto, como o mostrado na Figura 75, possuem uma banda de rodagem mais lisa no centro, e com algumas pequenas garras laterais, possibilitando um aumento de tração em pisos escorregadios, mas com pouca perda de desempenho de rolagem em pisos lisos (BALLANTINE, 2001).



**Figura 77 – Pneu urbano do tipo slick**  
**Fonte: Schwalbe2, 2010**

Com uma banda de rodagem mais lisa que os pneus de tipo misto, possuindo apenas canais laterais para escoamento da água, os pneus *slick* (Figura 77) apresentam um bom compromisso entre rolamento facilitado e capacidade de tração em pisos molhados. De acordo com Van Der Plas e Baird (2010), não há necessidade de possuir canais de escoamento no centro da banda de rodagem do pneu, pois a área de contato é tão reduzida, que em superfícies planas eles somente iriam atrapalhar no rolamento.

Com relação à pressão, pneus inflados com altíssimas pressões, em pisos pavimentados lisos, possuem uma menor resistência à rolagem, mas em superfícies irregulares, absorvem muito menos os impactos e tendem a afundar caso o piso seja macio. É importante, então, adequar o tipo de pneu para o tipo de pavimento a ser rodado: pneus largos e com menor pressão para pisos irregulares e menos rígidos, e pneus mais estreitos e com mais pressão em pisos duros e regulares (VAN DER PLAS; BAIRD, 2010).

### 8.3 TRANSMISSÃO E MULTIPLICAÇÃO DE TORQUE

A transmissão com eficiência, para a roda traseira, da força aplicada nos pedais pelo ciclista é fundamental para que a bicicleta tenha um bom desempenho. Felizmente, as bicicletas com transmissão por correia convencional

(Figura 78) têm alta eficiência, encontrando-se na faixa entre 98% e 99% de eficiência na transmissão da força (WILSON; PAPADOPOULOS, 2004).



**Figura 78 – Correia convencional utilizada em bicicletas**  
**Fonte: Shimano1, 2010**

As correias convencionais tem, porém, seus inconvenientes: necessidade constante de lubrificação, suscetibilidade à corrosão e possibilidade de sujar o ciclista com seu lubrificante. Por esses motivos, desde o final do século XIX vem sendo desenvolvidos tipos alternativos de mecanismos para a transmissão das bicicletas (WILSON, PAPADOPOULOS, 2004).

Um desses mecanismos é a transmissão por eixo cardan (Figura 79), largamente utilizado em aplicações automotivas. A grande vantagem da transmissão por eixo cardan é que o sistema evita que o usuário se suje ao pedalar, ao contrário da correia. Sendo, geralmente, um sistema mais fechado que a transmissão por correia convencional, exige uma menor frequência de lubrificação e expõe menos os componentes móveis. Os pontos negativos ficam por conta da perda de eficiência – os sistemas tem entre 90 e 95% de eficiência, de acordo com o fabricante – e do incremento em peso (VAN DER PLAS; BAIRD, 2010), sempre quando comparado com o sistema de transmissão por correia convencional. A utilização da transmissão por eixo cardan obriga o uso de um câmbio interno ao cubo traseiro, pois não é possível utilizar o tradicional sistema de descarrilhador.



**Figura 79 – Conjunto de transmissão por eixo cardan para bicicletas**  
**Fonte: Sussex, 2010**

Outra alternativa bastante interessante são as correias dentadas construídas com compósitos (Figura 80). Essas correias sem mostram extremamente viáveis, principalmente em aplicações urbanas, pois são leves, limpas e silenciosas. As desvantagens, quando comparadas com as vantagens mencionadas acima, são menores: uma pequena perda em eficiência, quando comparado com o sistema convencional por correia, a impossibilidade de utilizar câmbio do tipo descarrilhador, e a necessidade de um quadro com abertura no triângulo traseiro ou projetado para permitir a instalação da correia, que não pode ser aberta ou desmontada.



**Figura 80 – Correia de transmissão de fibra de carbono**  
**Fonte: Gates, 2010**

A capacidade de multiplicar o torque para vencer lombas e superar obstáculos é fundamental para possibilitar um uso versátil da bicicleta como veículo de transporte. As opções mais comuns para multiplicação de torque em bicicletas equipadas com correias convencionais são as transmissões do tipo descarrilhador (Figura 81), e os cubos de marchas internas (Figura 82).



**Figura 81 – Câmbio traseiro do tipo descarrilhador**  
Fonte: cyclingnews.com

As grandes vantagens da transmissão utilizando correia convencional e câmbios do tipo descarrilhador são a eficiência e a grande disponibilidade de peças, além do baixo peso. As transmissões utilizando essa combinação de componentes costumam, também, possuir mais marchas que os cubos de marchas internas. Geralmente são encontradas bicicletas entre 10 e 27 marchas com descarrilhador, e entre 3 e 14 marchas para cubos de marchas internas. Como desvantagens, pode-se citar a maior necessidade de manutenção, e a exposição das partes mecânicas, que podem sujar o ciclista e sofrer com as intempéries (VAN DER PLAS; BAIRD, 2010).

Os cubos de marchas internas (Figura 82) são bastante adequados para bicicletas urbanas, pois proporcionam uma maior limpeza e simplicidade para o ciclista. Com eles é possível utilizar transmissão por eixo cardan e correia dentada, resultado em uma bicicleta muito mais limpa e com menor necessidade de manutenção que as que utilizam câmbios do tipo descarrilhador. Com o uso da correia dentada se obtêm, também, uma bicicleta muito mais silenciosa.



**Figura 82 – Cubo de marchas internas.**  
**Fonte: Harris Cyclery, 2010**

As desvantagens do sistema se apresentam no peso do cubo, em uma pequena perda de eficiência e no custo dos modelos com mais marchas e mais eficientes.

Existem, ainda, tipos menos difundidos de transmissões com multiplicação de torque como os mostrados nas figuras 97 e 98.



**Figura 83 – Transmissão híbrida com descarrilhador e cubo de marchas internas**  
**Fonte: SRAM, 2010**

O sistema apresentado na Figura 83 combina câmbio descarrilhador com um cubo de marchas internas, restringindo a presença de elementos de transmissão à roda traseira da bicicleta. De acordo com o fabricante, esta transmissão evita a impossibilidade de trocar de marchas quando se está pedalando forte – um dos inconvenientes dos câmbios dianteiros do tipo

descarrilhador. De acordo com a bibliografia, este tipo de transmissão é mais utilizado em bicicletas de passeio.



**Figura 84 - Caixa de marchas integrada ao movimento central**  
**Fonte: Suntour, 2010**

A caixa de marchas apresentada na Figura 84 tem uma gama de aplicações bastante reduzida: fica restrita a bicicletas de *mountain bike* específicas para *down hill*, e ainda assim somente para modelos que tenham o quadro especialmente construído para recebê-la (VAN DER PLAS; BAIRD, 2010). O conjunto tem peso total de 4.52Kg, e traz a vantagem de ser completamente selado, o que é extremamente importante no uso fora de estrada.

A análise realizada aponta como uma alternativa bastante atrativa a combinação entre correia dentada e cubo de marchas internas, devido a simplicidade e limpeza do conjunto. Utilizando esses componentes é possível atender com facilidade a necessidade de não se sujar ao pedalar, manifestada pelos usuários no questionário, ao mesmo tempo em que se mantém um bom nível de desempenho.

#### 8.4 SISTEMAS DE FREIOS

As bicicletas comumente utilizam freios do tipo ferradura (Figura 85) ou v-brake (Figura 86), mas a partir do ano 2000 iniciou um crescimento da utilização de freios à disco (Figura 87). Inicialmente nas *mountain bikes*, atualmente é possível encontrar bicicletas de praticamente todos os tipos equipadas com freios à disco (VAN DER PLAS; BAIRD, 2010).



**Figura 85 – Freio do tipo ferradura**  
**Fonte: Shimano2, 2010**

Os freios do tipo ferradura são bastante tradicionais, e atualmente são utilizados em praticamente todas as bicicletas de estrada. Eles são bastante leves e eficientes, exceto em condições onde os aros acabem ficando sujos de lama. Outras deficiências dos freios do tipo ferradura são a inadequação para o uso fora de estrada, devido ao acúmulo de lama no conjunto, e o desgaste dos aros e pastilhas, que pode ser severo em condições onde a frenagem intensiva seja necessária (BRUKE, 2003).



**Figura 86 – Freio do tipo v-brake**  
**Fonte: Avid1, 2010**

Os freios do tipo v-brake são a alternativa atual de freios convencionais para *mountain bikes* e bicicletas utilizadas fora de estrada. Eles acumulam muito menos lama e sujeira que os freios do tipo ferradura, e possui características de frenagem similares às deles, sendo em alguns casos, mais eficientes (VAN DER PLAS; BAIRD, 2010).



**Figura 87 – Freio a disco com acionamento hidráulico**  
**Fonte: Avid2, 2010**

De acordo com Wilson e Papadopoulos (2004), a tendência é de que cada vez mais tipos de bicicletas passem a utilizar freios a disco. O distanciamento entre a superfície de frenagem e as rodas evita que os discos sejam submetidos ao *spray* de sujeira levantado pelas rodas, e o espaço entre as pastilhas e o disco é muito menor que o espaço entre as pastilhas e o aro, no caso de um freio convencional, evitando que sujeira penetre e se acumule. A desvantagem dos freios a disco é o peso, mais elevado que o dos freios convencionais (BURKE, 2003).

#### 8.5 GUIDÃO E AVANÇO DO GUIDÃO

De acordo com a análise de similares realizada, os tipos mais comuns de guidão utilizados em *city bikes*, *comfort bikes* e bicicletas dobráveis são *flatbar* (Figura 88), e *high rise* (Figura 89). Foi observada, em menor número, a presença de alguns modelos com guidões do tipo *multigrip* (Figura 90).



**Figura 88 – Guidão tipo *flatbar***  
**Fonte: Brompton Bicycles1, 2010**

O guidão tipo *flatbar* talvez seja o tipo mais simples entre todos. Trata-se de uma barra reta. Em alguns casos a barra possui uma seção central reta, e as extremidades são curvadas para trás, facilitando a pega. Este tipo de guidão, exceto caso seja utilizado com uma mesa de angulação regulável, favorece uma posição mais aerodinâmica. Sabe-se que as posições mais aerodinâmicas são consideradas mais desconfortáveis pelos ciclistas (PEQUINI, 2009).



**Figura 89 – Guidão tipo *high rise***  
**Fonte: Brompton Bicycles2, 2010**

Os guidões do tipo *high rise* são utilizados, geralmente, em bicicletas que priorizam o conforto em detrimento do desempenho. Conforme demonstrado na figura 81, a posição mais ereta das *comfort bikes* causa um prejuízo aerodinâmico, quando comparados com outros tipos de guidão. Da mesma forma que os *flatbars*, os guidões *high rise* não oferecem mais de uma alternativa de posição.

Uma alternativa aos dois tipos de guidão apresentados são os guidões do tipo *multigrip*. Como o próprio significado do nome em inglês diz, é um guidão que proporciona múltiplos pontos de pega, fazendo com que o ciclista possa utilizá-lo da maneira que desejar. Esse tipo de guidão também é muito utilizado por cicloturistas (VAN DER PLAS; BAIRD, 2010) por permitir uma variação de posição – essencial nos longos trechos percorridos por esses ciclistas.



**Figura 90 – Guidão tipo multigrip**  
**Fonte: Brompton Bicycles3, 2010**

Com relação às dimensões dos guidões, Van Der Plas e Baird (2010) recomendam que a largura fique entre a largura dos ombros, para bicicletas de estrada, e aproximadamente 15cm a mais que a largura dos ombros, *mountain bikes*.

Foram desenvolvidas, para uso com guidões *flatbar* e *high rise*, manoplas ergonômicas (Figura 91).



**Figura 91 – Manopla de guidão ergonômica**  
**Fonte: Specialized5, 2010**

A adaptação desse tipo de equipamento para uso em guidões tipo *multigrip* pode ser interessante para proporcionar maior conforto para o ciclista nas posições de pega mais utilizadas.



**Figura 92 – Avanço do guidão com inclinação regulável**  
**Fonte: Universal Cycles, 2010**

O avanço do guidão com ajuste de inclinação (Figura 92) pode ser utilizado por ciclistas para os quais é difícil adaptar-se aos modelos convencionais que geralmente equipam as bicicletas.

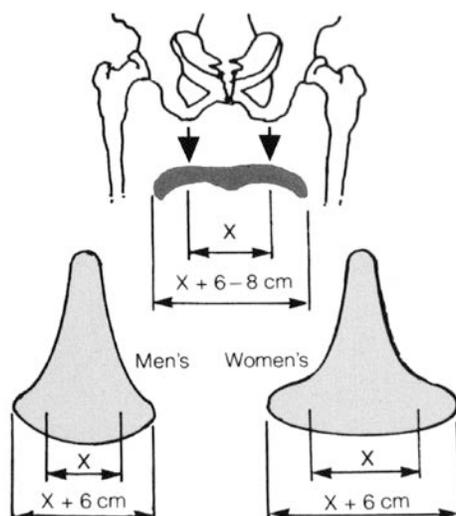
Van Der Plas e Baird (2010) afirmam que “A forma mais simples, e surpreendentemente eficiente forma de adicionar suspensão dianteira é uma mesa com suspensão”. Uma mesa com suspensão (Figura 93) é uma alternativa de baixo custo, menor manutenção e menor preço para a absorção de impactos em trajetos urbanos.



**Figura 93 – Avanço do guidão com suspensão**  
**Fonte: bikepro.com, 1996**

## 8.6 SELIM

A diferença antropométrica entre homens e mulheres faz com que a existência de um selim para cada um dos sexos seja necessário. Nota-se pela figura abaixo (Figura 94), que para as mulheres é necessário um selim mais largo na parte de trás. Segundo Van Der Plas e Baird (2010), para uma posição mais ereta, deve-se utilizar um assento mais acolchoado na parte traseira do que quando se assume uma posição mais aerodinâmica. Selins largos demais (Figura 95) e acolchoados demais causam, em trechos mais longos, acabam tornando-se cansativos por não proporcionarem bom apoio lateral.



**Figura 94 – Larguras de selim recomendadas para homens e mulheres**  
**Fonte: VAN DER PLAS; BAIRD, 2010**



**Figura 95 – Selim priorizando somente conforto em curtas distâncias**  
**Fonte: Specialized3, 2010**

Para o uso em médias e longas distâncias, um selim acolchoado mas com um formato mais estreito (Figura 96) é mais adequado pois não prejudica o desempenho na pedalada e não causa a sensação de desconforto pela falta de apoio lateral.



**Figura 96 – Selim com foco em conforto e desempenho**  
**Fonte: Specialized4, 2010**

Por fim, vale a pena mencionar os canotes de selim com suspensão (Figura 97), que proporcionam uma boa absorção de irregularidades ao pedalar em uma posição mais ereta. O ponto desfavorável deste tipo de canote é que a posição do ciclista em relação aos pedais e guidão muda constantemente, mesmo que em pequenas dimensões. De qualquer forma, os canotes com suspensão podem ser uma alternativa para aumentar o conforto em rodar muito irregulares.

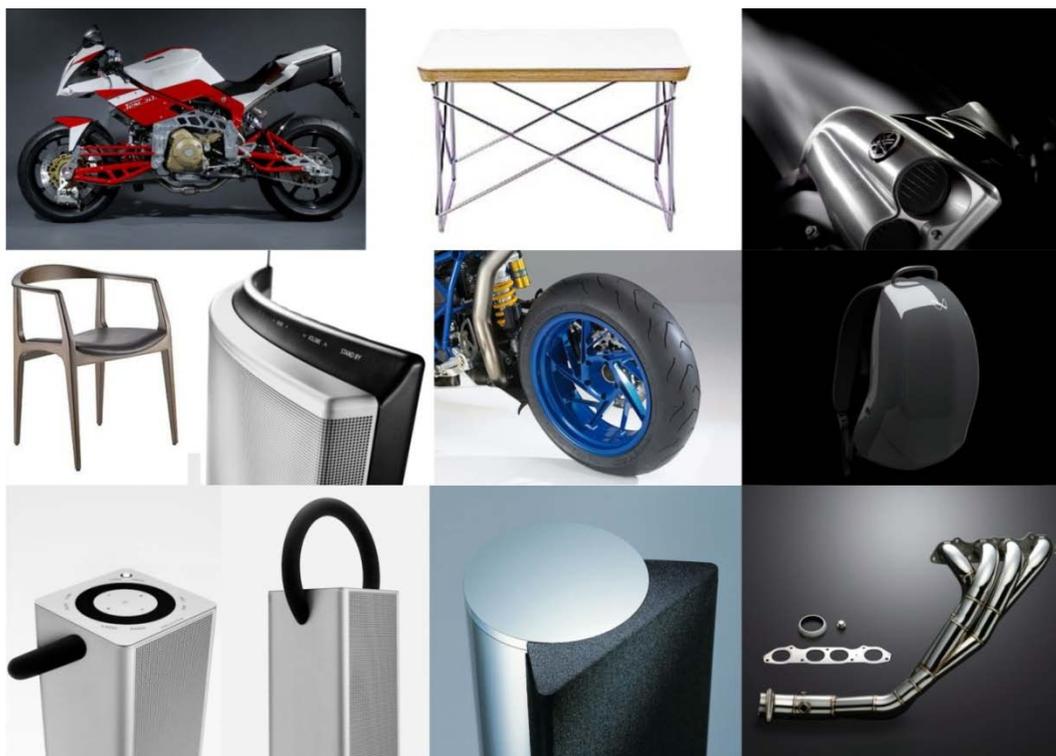


**Figura 97 – Canote do selim com suspensão**  
**Fonte: Cane Creek, 2010**



Podemos observar pela Figura 98 que o público alvo é composto por diversos tipos de pessoas, mas vale destacar que são pessoas que estão em busca por uma mudança em suas vidas, por uma alternativa mais saudável. São, também, pessoas que preocupam-se com sua saúde e com a preservação do meio ambiente. Formam parte do grupo, ainda, pessoas que vivem na cidade, ligadas em tecnologia.

A seguir, foi desenvolvido o Painel do Tema Visual, onde buscou-se reunir produtos com características formais e de qualidade semelhantes às pretendidas para o produto a ser desenvolvido (Figura 99).

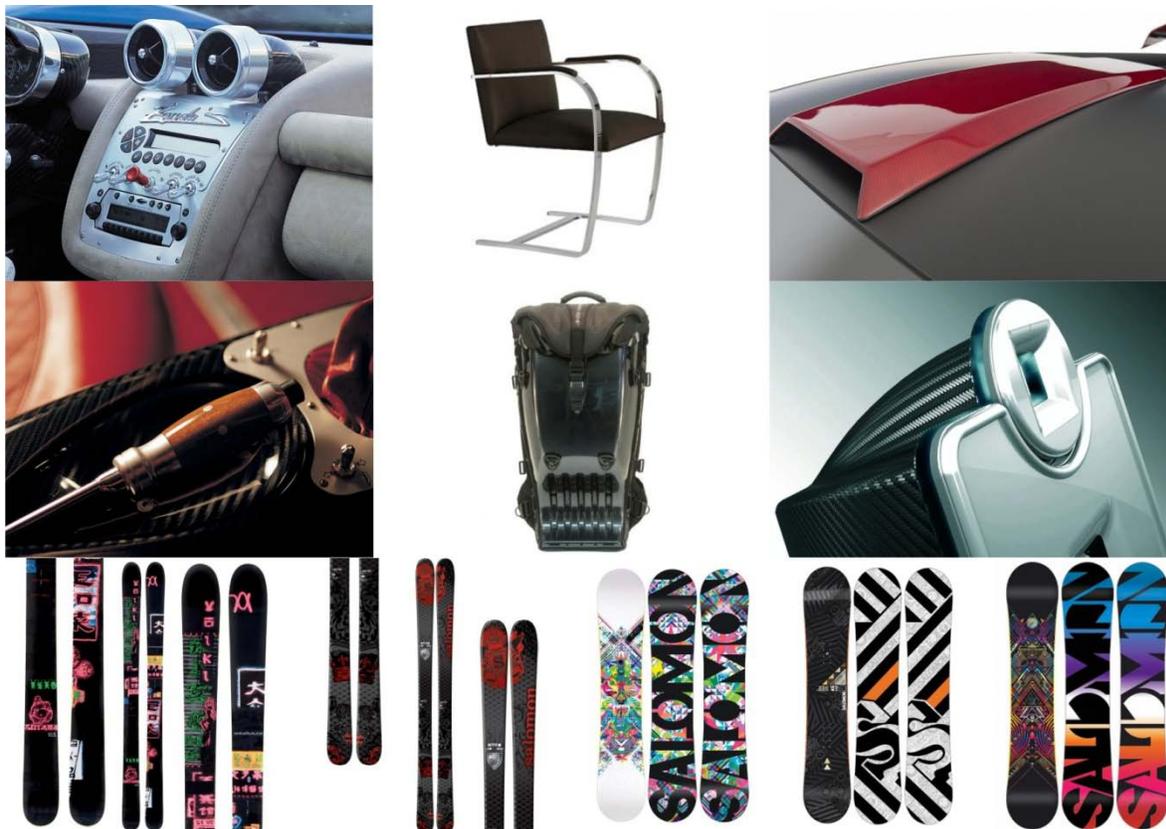


**Figura 99 – Painel do Tema Visual**

O Painel do Tema Visual mostra uma busca por formas limpas, elegantes e fluidas. Foram selecionadas, ainda, imagens que identificam formas com inovações tecnológicas de possível aplicação no produto, como é o caso das motos. Foi apresentado um sistema de escapamento, devido a sua forma tubular

esculpida, e uma mochila produzida em fibra de carbono devido à limpeza de suas formas.

Adicionalmente, foi elaborado um terceiro painel, onde foram compilados cores, materiais e acabamentos a serem utilizados no produto. Esse painel foi chamado de Painel do Tema Visual de Cores e Acabamentos (Figura 100).



**Figura 100 – Painel do Tema Visual de Cores e Acabamentos**

Nesse painel é possível identificar a busca por utilizar e acentuar as características visuais naturais dos materiais, tais como a textura do alumínio, os desenhos formados pelo tecido de fibra de carbono sem pintura, por exemplo. Apresentam-se, também, a mistura de diferentes materiais como alumínio e couro, alumínio e fibra de carbono, aço inox e couro e todas as combinações possíveis com os materiais aplicados no produto. A aplicação de grafismos customizados no quadro da bicicleta mostra-se como uma alternativa interessante de

personalização, aumentando a percepção de que o usuário possui um produto único e “com a sua cara”.

Estes painéis contribuem principalmente ao compilar referências visuais e conceituais para o desenvolvimento do projeto, assim como orientam tal processo para que não se perca o foco do conceito ao longo do desenvolvimento.

A bicicleta busca proporcionar mobilidade em uma bicicleta dobrável com o conforto de uma bicicleta convencional. Sem os inconvenientes do uso de rodas menores, e a falta de proporção presente na maioria das bicicletas dobráveis tradicionais. Busca-se que a bicicleta seja atrativa para o usuário como um todo, e não somente pelo fato de ser dobrável. Assim sendo, o uso de materiais e componentes de alto desempenho, aliados a uma estética interessante parece ser o caminho para atingir esse objetivo.

Chega-se então a definição do conceito visual para a bicicleta como um produto com o uso de combinações de materiais, quando possível, com o aproveitamento da aparência natural dos materiais, combinação de acabamentos foscos e brilhosos, e com possibilidade de customização através de componentes e acabamentos.

A próxima ferramenta aplicada foram os *mindmaps*, criados para cada uma das necessidades dos usuários definidos no Capítulo 6. Foi utilizada a livre associação de idéias para a criação desses *mindmaps* e, ao final de sua criação, conceitos chave e alternativas inviáveis foram sinalizadas. Para a geração dos *mindmaps* foi utilizado o *software* Concept Draw Mindmap 5 Professional, especializado nesse tipo de gráfico.

De acordo com o Apêndice 2, os conceitos chave para o requisito de Segurança foram: o uso da fibra de carbono como material para construção do quadro, para aumentar a resistência; a possibilidade de uso de uma trava, para evitar o roubo; o uso de freios a disco, devido a sua maior eficiência de frenagem em todas as condições; a aplicação de uma posição de uso confortável e segura, bem como um formato e pega do guidão apropriados, para aumentar a

estabilidade; a possibilidade de instalação de refletores dianteiro, traseiro e nas rodas, e de farol e sinaleira de acordo com a legislação de cada mercado.

Para o requisito de Eficiência e Velocidade (Apêndice 3), foram identificados como conceitos chave: o uso da correia dentada Gates Carbon Drive; o uso de rodas o mais leves possível; e o uso extensivo da fibra de carbono. Como conceitos inviáveis foram identificados: uso de eixo cardan, devido ao peso excessivo, uso da correia convencional, por conflitar com outras necessidades do usuário; uso de rodas menores; uso de aros metálicos aerodinâmicos, devido ao peso; bandas de pneu lisas, devido à baixa eficiência em pisos escorregadios; pneus largos demais, pela baixa eficiência em pavimento liso; uso de pneus estreitos demais, devido a baixa eficiência em pisos irregulares.

Com relação à Facilidade de Armazenamento e Transporte (Apêndice 4), indentificou-se que são inviáveis: dobra do quadro por flexão; compactação do quadro por mecanismo pantográfico; e necessidade do uso de um carrinho ou maleta independente para transportar a bicicleta dobrada.

O *mindmap* para Facilidade de Manutenção (Apêndice 5) identifica o uso de freios a disco, pela baixa necessidade de manutenção, proteção contra furos nos pneus, rolamentos selados, e da correia Gates Carbon por não necessitar de lubrificação.

O uso de uma geometria mais confortável para o quadro, menores espessuras de paredes e diâmetros de tubos, e o uso de fibra de carbono para absorção das irregularidades, além de um guidão que permita mais de uma posição de uso foram os itens chave identificados para o requisito de Conforto (Apêndice 6). Como conceitos inviáveis, destacaram-se O uso de um selim mais fino e menos acolchoado, uso de rodas menores, uso de pneus com cravos, com banda de rodagem muito estreita e com alta pressão.

O Sistema multiplicador de torque marcado como chave para o atendimento das necessidades foi o cubo de marchas internas, ao mesmo tempo em que a caixa de transmissão foi descartada por ser pesada demais (Apêndice 7).

Foram descartados, também, o uso de pneus lisos e rodas menores (Apêndice 8) por sua menor capacidade de vencer obstáculos.

### 9.1.2 Geração de Alternativas

O próximo passo foi, então, a geração de alternativas com o uso da ferramenta de *brainstorming*. Através de esboços em papel foram geradas diversas alternativas de formas para o quadro. Para acelerar o processo, foram feitos gabaritos com as rodas da bicicleta impressas nas folhas de papel. Dessa forma foi possível focar a máxima atenção ao quadro e demais componentes (Figuras 101 e 102).

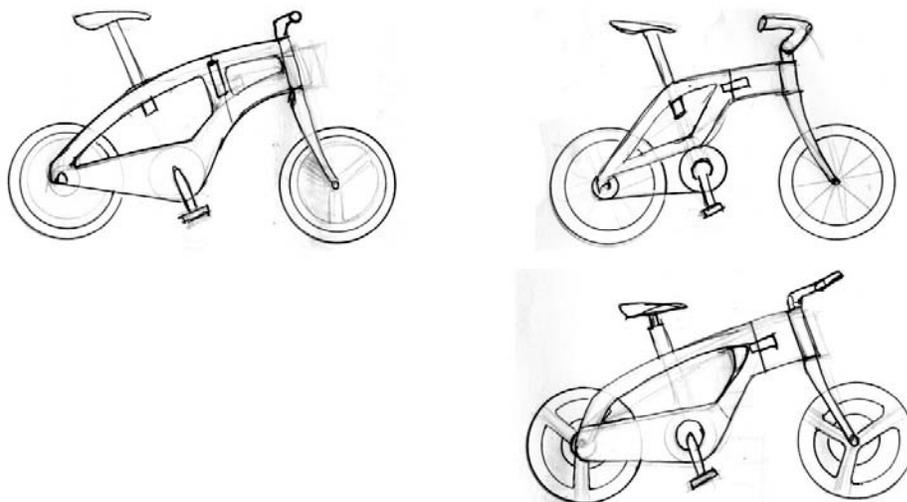


Figura 101 – Esboços de alternativas geradas

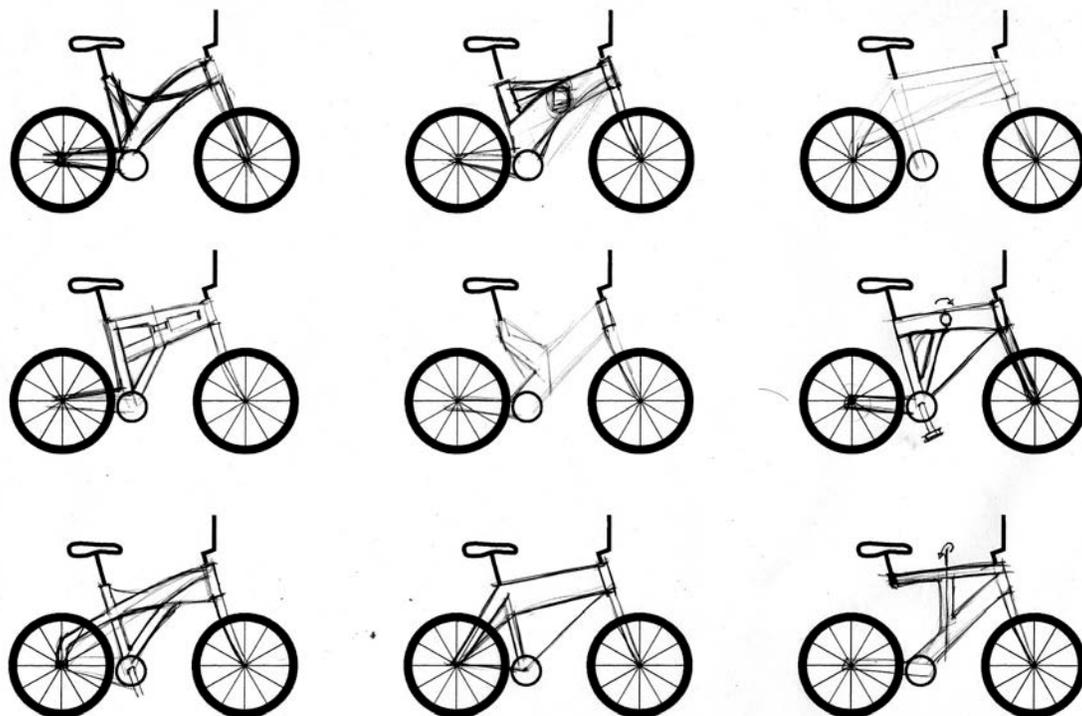


Figura 102 – Esboços de alternativas geradas

Finalizado o *brainstorming*, foi necessário realizar uma seleção de acordo com os atributos estéticos e funcionais, visto que seria inviável realizar a modelagem de todas as alternativas. Escolheu-se as que possuíam atributos estéticos e técnicos diferenciados, conforme explicado abaixo, na apresentação de cada alternativa selecionada. Iniciou-se, então, o processo de modelagem tridimensional das alternativas mais promissoras entre as esboçadas. Nessa etapa foi bastante importante fazer uma modelagem o mais próximo do resultado final quanto possível para evitar que, após a etapa de seleção de alternativas ocorressem mudanças significativas na aparência ou funcionalidade de cada um delas. Para a geração dos modelos 3D foi utilizado o *software* Solidworks 2010, que permite a criação de modelos complexos com diversas configurações, além de realizar a geração do detalhamento técnico dos mesmos. Para cada uma das

alternativas foi criado um modelo que continha a bicicleta na configuração aberta, e na configuração dobrada, permitindo a visualização para comparação entre elas.

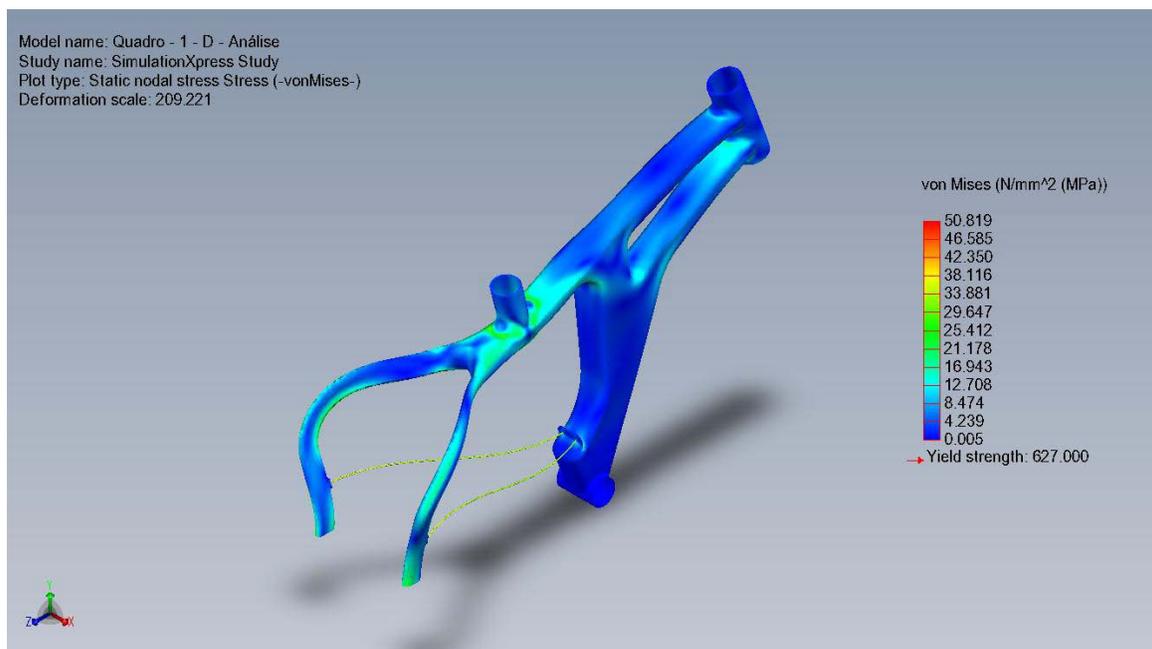
As alternativas modeladas são mostradas nas figuras abaixo (Figuras 103, 104, 105 e 106).



Figura 103 – Vistas da Bicicleta 1

A Bicicleta 1 (Figura 103) foi concebida para apresentar um visual arrojado, possuindo uma estrutura de fixação da roda traseira com tirantes metálicos. As formas do quadro dessa alternativa remetem às bicicletas utilizadas em descida de montanha, que possuem uma estrutura mais robusta, e que muitas vezes lembra a das motocicletas. O sistema de fixação da roda traseira com tirantes auxiliares aproveita a flexão do quadro para absorver irregularidades.

Realizou-se uma análise por elementos finitos do quadro da Bicicleta 1 (Figura 104)., com o objetivo de determinar a viabilidade técnica da forma desenvolvida. Essa análise permite, também, a identificação das áreas de concentrações de tensão, permitindo que se possa planejar alterações ou reforços, caso sejam necessários.



**Figura 104 – Gráfico da concentração de tensões no quadro da Bicicleta 1**  
Fonte: Solidworks 2010 Simulationxpress

Na simulação foi aplicada uma força de 1000 N ao topo do cano do selim, com o objetivo de representar o peso do ciclista sentado no selim. De acordo com o resultado da simulação o quadro suporta essa solicitação, pois as tensões encontradas não superam a tensão de escoamento do material, e é viável para utilização. É necessário destacar que a deformação é apresentada no gráfico em

escala, pois devido a pequena magnitude não seria possível identificar com clareza os pontos deformados na representação em escala real. No caso específico do gráfico da Figura 104, a escala apresentada é 209.221, e foi determinada pelo próprio software para a melhor exibição.

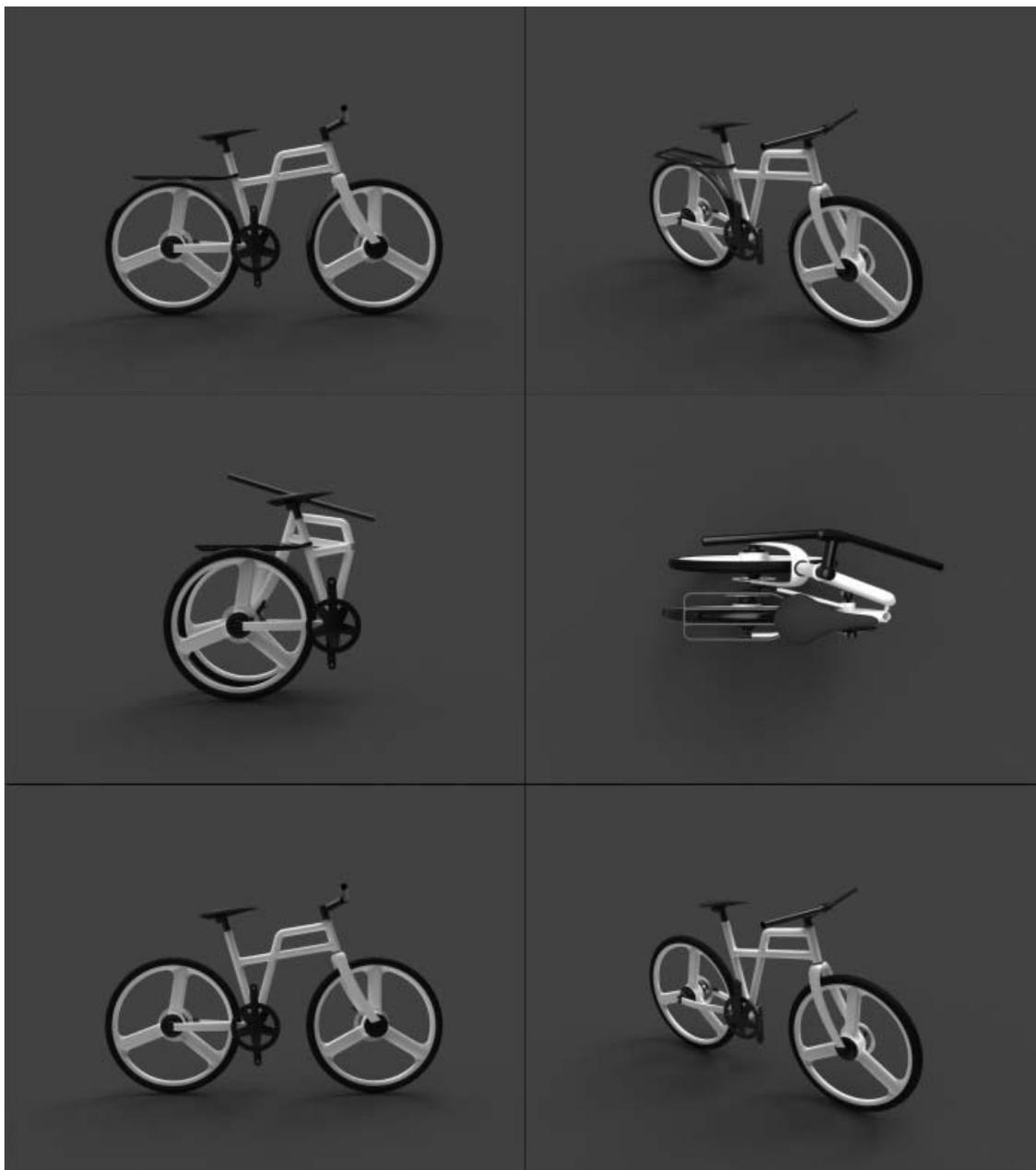
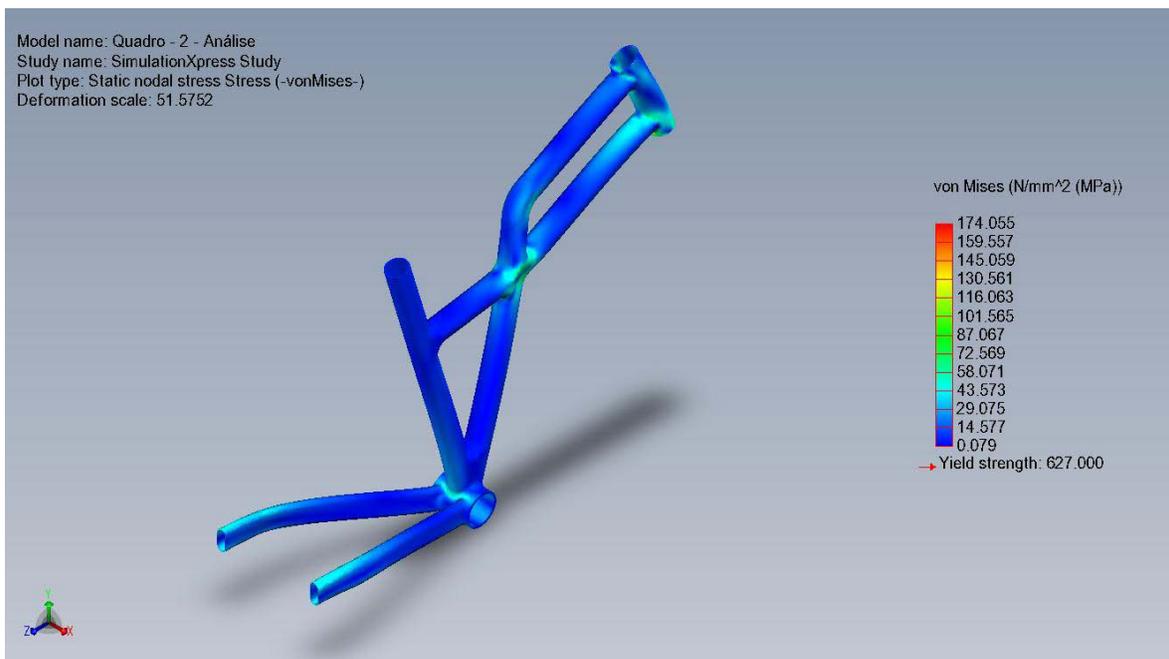


Figura 105 – Vistas da Bicicleta 2

O modelo de bicicleta 2 (Figura 104) tem um visual que, ao mesmo tempo em que lembra as bicicletas tradicionais, diferencia-se pelo cruzamento dos tubos no quadro, e pela forma de fixação da roda traseira. O formato do quadro proporciona, ao mesmo tempo, um visual leve e uma boa resistência mecânica. A fixação da roda traseira, onde não existem as ligações superiores com o tubo do selim, permite que o quadro atue na absorção de irregularidades através da flexão.

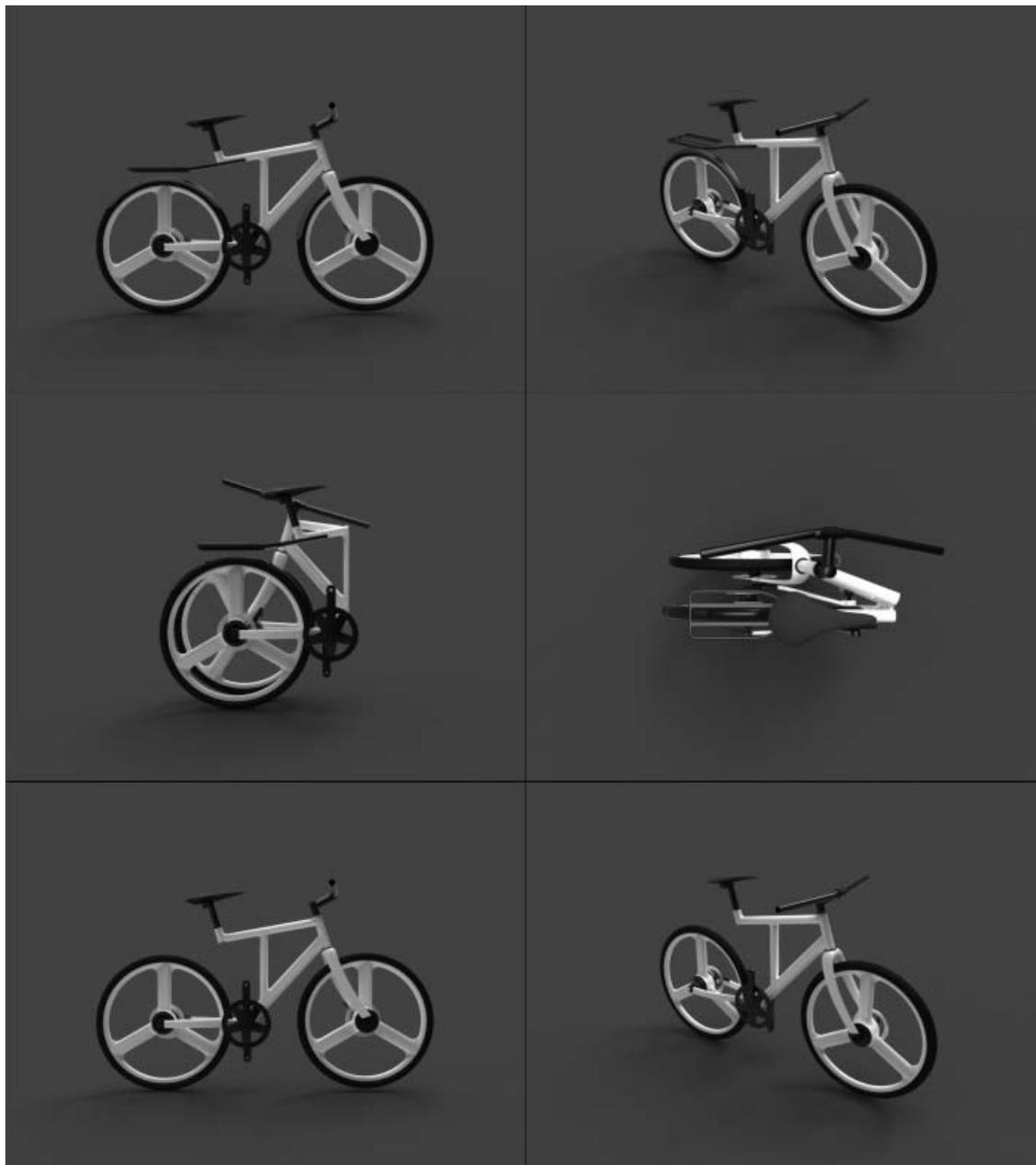
A análise do quadro da Bicicleta 2 (Figura 106) mostra que a peça suporta o esforço utilizado na simulação. Da mesma forma que acontece com o quadro da Bicicleta 1, as tensões geradas na peça não ultrapassam a tensão de escoamento do material, e portanto não se romperia.



**Figura 106 - Gráfico da concentração de tensões no quadro da Bicicleta 2**  
Fonte: Solidworks 2010 Simulationxpress

Através da observação do gráfico pode-se identificar que para a utilização desta alternativa de quadro, seria interessante que a área onde os tubos superior e inferior se cruzam seja reforçada, a fim de limitar a deformação e aumentar a

resistência no local. A escala da deformação apresentada na Figura 106 é de 51.572.

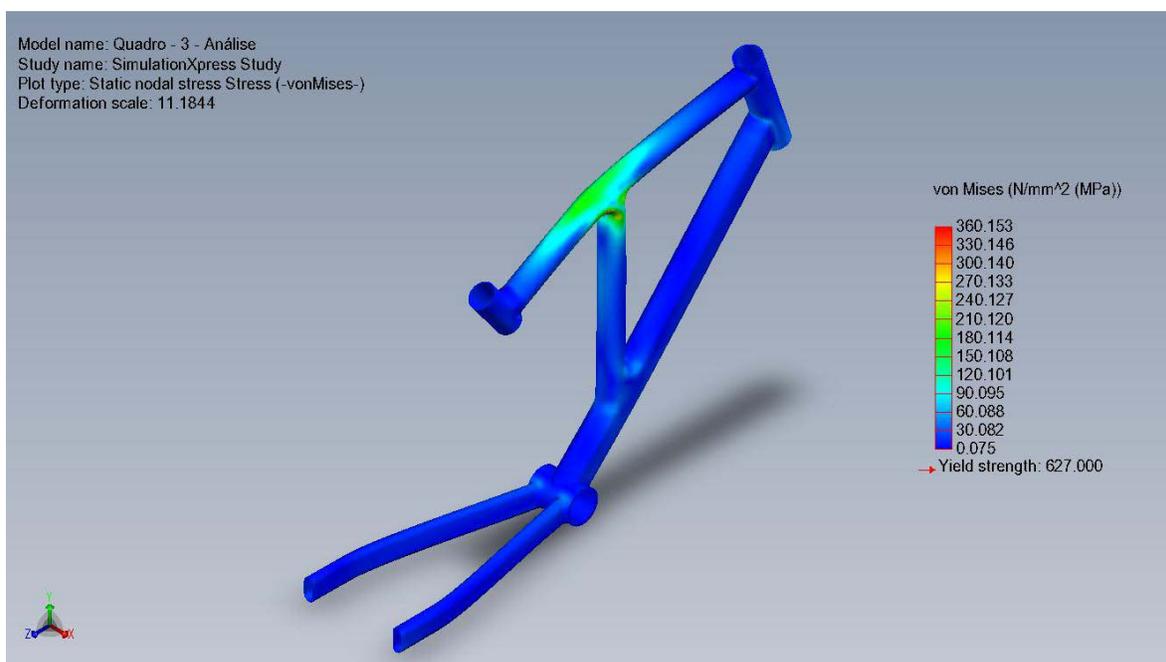


**Figura 107 – Vistas da Bicicleta 3**

A bicicleta 3 (Figura 105) faz uso das propriedades do material utilizado na construção do quadro da bicicleta para criar uma fixação para o banco em balanço. Mantém-se as proporções das bicicletas tradicionais, mas com visual

diferenciado. Essa forma busca uma melhor absorção de irregularidades ao rodar, tanto pelo tubo superior, quanto pela fixação da roda traseira.

Nota-se, pela observação do gráfico (Figura 107) da análise por elementos finitos do quadro da Bicicleta 3, que existe uma concentração de tensões na união do tubo superior em balanço com o tubo vertical. Essa tensão não supera a tensão de escoamento do material, e a peça resiste à solicitação. Ainda assim, é interessante que seja realizado um reforço nessa área, para aumentar a segurança no caso de um impacto de maior magnitude.



**Figura 107 - Gráfico da concentração de tensões no quadro da Bicicleta 3**  
**Fonte: Solidworks 2010 Simulationxpress**

A flexão realizada pelo tubo onde é fixado o selim, como já mencionado anteriormente, pode atuar como uma forma de suspensão para absorver irregularidades. A escala da deformação apresentada no gráfico é de 11.1844.

A fibra de carbono, material selecionado para a produção do quadro, possui uma boa resistência à fadiga (Figura 55), o que a torna um material bastante adequado para tal aplicação onde esforços cíclicos de flexão estão presentes.

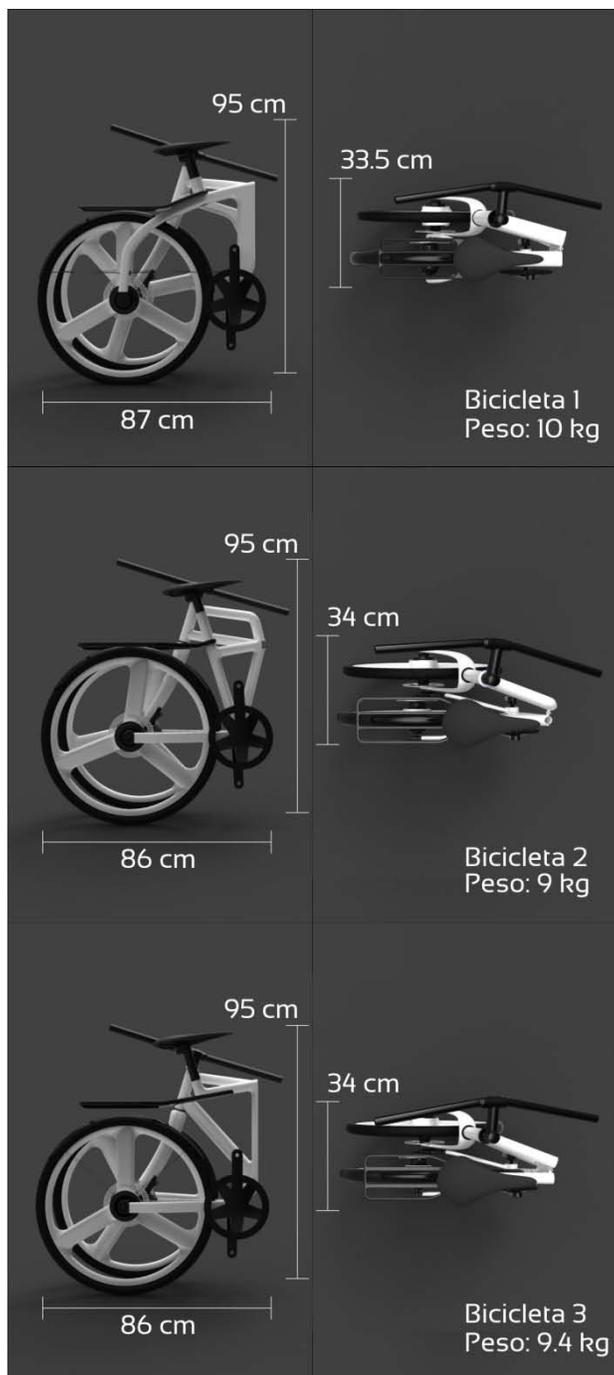


Figura 108 – Dimensões quando dobradas e pesos estimados das alternativas

### 9.1.3 Seleção de Alternativas

Com as alternativas modeladas, foi iniciado o processo de seleção, onde um grupo formado por 7 pessoas. Foram selecionadas por sua aptidão para contribuir no processo de desenvolvimento, e incluiu um engenheiro mecânico, um engenheiro civil, um arquiteto, uma designer, o autor, e dois ciclistas experientes.

Os integrantes do grupo foram solicitados a valorar as alternativas geradas através de um formulário de pesquisa na internet, onde estavam exibidas as imagens das alternativas, informações sobre as mesmas, e os quesitos de avaliação. Conforme explicado no Capítulo 4, a partir das respostas obtidas, foi preenchida uma matriz de avaliação onde foi avaliado o atendimento às necessidades dos usuários, com seus respectivos pesos (Quadro 8).

Em alguns quesitos que não poderiam ser avaliados pelo grupo, ou onde todos os modelos tinham uma especificação em comum – marcados em cinza na tabela – as 3 alternativas receberam a mesma nota para fins de preenchimento da tabela.

O resultado final indicou que, de acordo com a avaliação do grupo, a Bicicleta 3 era a que melhor atendia às necessidades dos usuários. A alternativa destacou-se nos requisitos de Facilidade de Armazenamento, Conforto e Estilo, onde obteve pontuação superior à das outras duas alternativas. Em segundo lugar ficou a Bicicleta 2, e por último a Bicicleta 1.

O uso dessa ferramenta foi de grande valia no desenvolvimento do produto, pois se apresenta como uma maneira sistemática de avaliação de alternativas. Desta forma foge-se de uma avaliação subjetiva e sem método que, muitas vezes, acaba se baseando no gosto pessoal e não em critérios objetivos. Dessa forma, o atendimento das necessidades dos usuários, previamente identificadas e priorizadas, pode ser avaliado de maneira individual e, principalmente, influenciar na avaliação final de cada alternativa de acordo com sua importância.

Quadro 8 - Matriz de avaliação de alternativas

Requisito	Peso	Bicicleta 1		Bicicleta 2		Bicicleta 3	
Facilidade de armazenamento	52,00	21,00	1092,00	25,00	1300,00	29,00	1508,00
Facilidade de transporte	52,00	15,00	780,00	27,00	1404,00	27,00	1404,00
Segurança	44,00	27,00	1188,00	27,00	1188,00	27,00	1188,00
Peso reduzido	1,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Eficiência e velocidade	0,00	35,00	0,00	35,00	0,00	35,00	0,00
Sistemas para evitar que o usuário se suje durante o transporte	5,00	21,00	105,00	25,00	125,00	25,00	125,00
Possibilidade de combinação intermodal	7,00	35,00	245,00	35,00	245,00	35,00	245,00
Sistema antifurto	5,00	35,00	175,00	35,00	175,00	35,00	175,00
Capacidade de carga de objetos	2,00	25,00	50,00	23,00	46,00	25,00	50,00
Facilidade de manutenção	27,00	35,00	945,00	35,00	945,00	35,00	945,00
Conforto	44,00	25,00	1100,00	25,00	1100,00	33,00	1452,00
Capacidade de vencer obstáculos	14,00	35,00	490,00	35,00	490,00	35,00	490,00
Sistema multiplicador de torque	16,00	35,00	560,00	35,00	560,00	35,00	560,00
Elegância/Estilo	16,00	19,00	304,00	21,00	336,00	33,00	528,00
		370,00	<b>7041,00</b>	390,00	<b>7921,00</b>	416,00	<b>8677,00</b>

## 9.2 DESENVOLVIMENTO DE PROJETO

Nesta etapa foram realizados o Detalhamento, dividido em Especificação de Componentes, Modelagem, Seleção de Materiais, Processos Produtivos, e Documentação de Projeto.

### 9.2.1 Especificação de Componentes

Para realizar a especificação dos componentes de mercado, foi necessário realizar a conversão dos requisitos dos usuários em requisitos de projeto. Para cada grupo de componentes, anteriormente definidos, foi realizado o cruzamento entre os Requisitos dos Usuários e as especificações de cada grupo. Utilizou-se a ferramenta de QFD para relacionar os componentes e os requisitos.

Para o grupo de Quadro e Garfo (Apêndice 9) foi possível identificar através do QFD que as características mais importantes são a redução do peso, a diminuição no tamanho da bicicleta quando dobrada, e a liberdade de formas para que se possa otimizar essas duas características. Como características que receberam um menor valor na avaliação, temos o uso das formas aerodinâmicas, e a diminuição das espessuras de parede dos tubos. O quadro (Figura 109) e garfo (Figura 110) da bicicleta foram inteiramente desenvolvidos neste projeto. Em sua construção foi utilizada fibra de carbono, alumínio 7075 hidroformado e em tubos, e alumínio 6061. O quadro possui um peso de 1,33 kg, e o garfo o peso de 339 g.

Durante a etapa de pesquisa, identificou-se que os sistemas de travas para o quadro presentes nos modelos do mercado possuem funcionamento satisfatório. Por essa razão optou-se por um sistema difundido no mercado, que funciona com o uso de uma blocagem rápida e de um eixo giratório. Devido à grande seção da área onde ocorre a dobra da bicicleta, foram aplicadas duas dessas travas, com o objetivo de aumentar a segurança e a rigidez do quadro quando em uso.



**Figura 109 – Quadro desenvolvido no projeto**



**Figura 110– Garfo desenvolvido no projeto**

As Rodas e Pneus (Apêndice 10), em sua avaliação, obtiveram que a característica mais importante é a diminuição do peso, seguida por praticamente um empate entre o aumento e a diminuição da largura dos pneus. Esse fato foi considerado uma indicação de que deva-se usar pneus com largura média. O uso

de uma banda de rodagem mista também obteve pontuação alta. Foram desenvolvidas as rodas dianteira (Figura 111) e traseira (Figura 112) produzidas em fibra de carbono, para os cubos de roda SRAM da linha i-Motion. Essa linha de componentes foi selecionada pois, à época do desenvolvimento do trabalho foi a que se mostrou mais atrativa por suas especificações. As rodas possuem raios aerodinâmicos e o projeto pode ser facilmente modificado para o uso de outros cubos de roda disponíveis no mercado, sem prejuízo no desempenho.



**Figura 111 – Roda dianteira desenvolvida no projeto com pneu e disco de freio**



Figura 112 – Roda traseira desenvolvida no projeto com pneu e disco de freio

Identificou-se que o Guidão (Apêndice 11) deve ter peso reduzido, permitir múltiplas posições de uso, e ter uma pega ergonômica. Os guidões com somente uma posição aerodinâmica foram os que tiveram a pontuação mais baixa. Foi especificado um guidão disponível no mercado (Figura 113), e foram projetados dois guidões do tipo *bullhorn* (Figura 114) e do tipo *riser* (Figura 115).



Figura 113– Guidão Ritchey Comp tipo *flat bar*  
Fonte: Ritchey1, 2011



**Figura 114 – Guidão tipo *bullhorn* desenvolvido no projeto**



**Figura 115 – Guidão tipo *riser* desenvolvido no projeto**

Selim e Canote (Apêndice 12) devem possuir menos largura que as encontradas nos selins da categoria conforto (Figura 95), além de ter um baixo peso e boa absorção de vibrações. Foram especificados um selim (Figura 116) e um canote (Figura 117) disponíveis no mercado (ver tabela de especificações comerciais disponível da Documentação de Projeto).



**Figura 116 – Selim Specialized Milano Sport Gel**  
Fonte: Specialized6, 2011



**Figura 117 – Canote Ritchey Pro Carbon**  
Fonte: Ritchey2, 2011

O grupo de Freios (Apêndice 13) deve, de acordo com os resultados obtidos no QFD, evitar o acúmulo de detritos no sistema, possuir baixo peso, e evitar a necessidade de ajustes constantes. Foi especificado um conjunto de freios a disco (Figura 118) disponíveis no mercado (ver tabela de especificações comerciais disponível da Documentação de Projeto).



**Figura 118 – Caliper de freio a disco Avid BB5 Road**  
Fonte: Avid3, 2011

O sistema de Transmissão (Apêndice 14) deve ter poucas partes móveis expostas, baixo peso, baixa necessidade de manutenção, e simplicidade aparente de funcionamento. Foi selecionado um cubo de marchas internas com 9 velocidades (Figura 119), conforme a tabela de especificações comerciais disponível da Documentação de Projeto.



**Figura 119 – SRAM i-Motion 9**  
Fonte: SRAM, 2011

A viabilidade do projeto, na esfera econômica, foi avaliada principalmente através de comparações com o valor dos concorrentes no mercado. Se compararmos os preços da bicicleta Specialized Sirrus Pro (Figura 31), que possui quadro em fibra de carbono e componentes de alto nível, com a bicicleta dobrável Dahon IOS XL com quadro de alumínio hidroformado, que dentre as analisadas foi a que mais se aproximou da proposta desenvolvida neste trabalho, veremos que grande parte do preço cobrado pelas bicicletas é de valor agregado. Enquanto a Specialized Sirrus Pro, com seus componentes de alto nível e quadro de fibra de carbono custa US 1900 dólares, a Dahon IOS XL, com componentes mais simples e quadro em alumínio é vendida por US 2261 dólares. Essa diferença de preço não se deve ao custo de incluir uma articulação no quadro da bicicleta, e sim ao fato que a maioria das pessoas que adquirem bicicletas dobráveis não têm outra escolha por falta de espaço para armazenar uma bicicleta convencional.

A bicicleta desenvolvida nesse projeto usa materiais equivalentes aos utilizados nas bicicletas mencionadas acima para construção do quadro, diferenciando-se pela construção mista de fibra de carbono e alumínio. Os custos dos processos de produção e materiais envolvidos não excedem os das bicicletas citadas acima, e uma eventual diferença de valores deve-se ao custo do único componente diferenciado, que é cubo de marchas internas.

O quadro desenvolvido nesse projeto oferece a possibilidade de ser produzido totalmente em alumínio, permitindo a criação de uma versão mais barata da bicicleta, sem perda excessiva de qualidade ou desempenho.

### **9.2.2 Modelagem**

O modelo final da bicicleta é apresentado nas imagens abaixo (Figuras 120 a 131). Conforme informado anteriormente, os modelos foram gerados no *software* Solidworks 2010, e renderizados utilizando o *software* Keyshot 2.2.

Foram desenvolvidos, ainda, paralamas dianteiros e traseiros, e um bagageiro para pequenos volumes, com o objetivo de atender às necessidades dos usuários (Figuras 124 e 125).



**Figura 120 – Bicicleta desenvolvida, perspectiva frontal**



**Figura 121 – Bicicleta desenvolvida, perspectiva posterior**



**Figura 122 – Bicicleta desenvolvida em posição dobrada, perspectiva frontal**



**Figura 123 – Bicicleta desenvolvida em posição dobrada, perspectiva posterior**



**Figura 124 – Bicicleta desenvolvida equipada com os acessórios, perspectiva frontal**



**Figura 125 – Bicicleta desenvolvida equipada com os acessórios, perspectiva posterior**



**Figura 126 – Bicicleta desenvolvida com figura humana**



**Figura 127 – Simulação do transporte da bicicleta dobrada**



**Figura 128 – Simulação do uso da bicicleta**

A possibilidade de customização foi um fator considerado no projeto, e por essa razão foram desenvolvidos os diferentes tipos de guidão, apresentados anteriormente. Além dos guidões, foram desenvolvidos quatro tipos diferentes de rodas (Figura 127), e também foi pensada uma customização através do uso de pinturas ou adesivos de acordo com o gosto do usuário.

A customização, na forma como é apresentada neste trabalho, permite que, ao mesmo tempo, o usuário tenha a percepção de que possui um produto único e que reflete a sua personalidade, ao mesmo tempo em que reduz os custos para proporcionar essa opção. O fato de os componentes serem intercambiáveis e utilizarem padrões de mercado reduz custos e aumenta o leque de possibilidades para além dos componentes apresentados neste trabalho, desde que seja verificada sua compatibilidade com os demais instalados na bicicleta.



**Figura 129 – Alternativas de rodas desenvolvidas**



**Figura 130 – Exemplo de customização aplicada à bicicleta desenvolvida**

Por fim, numa comparação com os modelos selecionados como *benchmarking* (Figura 129), pode-se observar que o objetivo de proporcionar um produto com peso reduzido mantendo uma estética diferenciada e, ao mesmo tempo, ligada a imagem das bicicletas convencionais, foi alcançado.



**Figura 131 – Comparação da bicicleta desenvolvida com os benchmarkings selecionados**

### **9.2.3 Documentação de Projeto**

A documentação do projeto, que inclui desenhos técnicos e especificações de componentes, está localizada no Apêndice 15.

## 10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer do desenvolvimento deste trabalho, principalmente observando os resultados da pesquisa, apresentados nos Capítulos 6.1, 6.2 e 6.4, e também no questionário do Capítulo 6.3, é possível confirmar a importância e real justificativa para a escolha deste tema. A locomoção cada vez mais difícil, a saúde cada vez mais precária, os altos custos e a degradação do meio ambiente já são motivos mais do que suficientes para motivar essa escolha, afora os demais.

Foi possível perceber, através do conteúdo apresentado no Capítulo 6.1 que uma alternativa à situação atual de transporte pode ter sucesso de acordo com inúmeros atributos que apresenta: diminuição da poluição, menores níveis de stress, menor custo e maior eficiência.

O resultado do questionário, apresentado no Capítulo 6.3, demonstra claramente que uma bicicleta dobrável diferenciada e que atenda às necessidades dos usuários tem potencial para solução do problema apresentado, e esse potencial revela-se ainda maior na pesquisa realizada no Capítulo 6 através da análise de similares. As bicicletas atuais conseguem atender às necessidades de grande parte dos usuários, mas resta, ainda, uma fatia de mercado em busca de um modelo que possa satisfazer não só suas necessidades como também desejos, entre eles o de melhor desempenho, estilo, portabilidade, praticidade e conforto. Essa mesma análise revela quais as qualidades específicas que cada bicicleta tem, permitindo uma compilação dessas qualidades para aplicação na segunda parte do projeto. Ficou claro que não existem no mercado nacional modelos com as características da bicicleta desenvolvida no projeto e que mesmo no mercado internacional as opções disponíveis nessa categoria são bastante limitadas, e acabam por não atender completamente às necessidades dos usuários.

O entendimento do funcionamento e do papel de cada parte da bicicleta proporcionados pela análise realizada no Capítulo 8 complementa aquela realizada no Capítulo 7, e encerra as etapas do trabalho realizadas na atividade de Trabalho de Conclusão de Curso em Design I.

Com o Capítulo 9 iniciou-se a etapa de desenvolvimento, onde a aplicação de ferramentas como Painel Semântico, *Mindmap* e *Brainstorming* permitiu a criação de um conceito forte para guiar o processo de criação. A geração de alternativas com certeza foi beneficiada pela aplicação das ferramentas, pois com o conceito formado foi mais fácil não desviar-se dos objetivos traçados.

O uso de uma matriz de seleção, preenchida por especialistas, permitiu o embasamento na escolha da alternativa mais adequada ao atendimento dos requisitos dos usuários, evitando escolhas equivocadas. A ferramenta permitiu que as alternativas fossem avaliadas com relação aos critérios funcionais, ergonômicos, formais e de atendimento das especificações de forma sistemática.

Na etapa de desenvolvimento de projeto, descrita no Capítulo 9.1, a aplicação de QFDs de segunda geração permitiu identificar as especificações mais importantes dos componentes da bicicleta para que esta pudesse atender aos requisitos dos usuários. Sem o uso desta ferramenta não seria possível fazer esse tipo de avaliação de forma criteriosa.

O desenvolvimento do projeto de uma bicicleta fácil de transportar e armazenar, confortável, segura, eficiente, e que tenha um estilo que transmita uma imagem positiva a respeito de seu usuário foi, com certeza, auxiliado pelo uso das ferramentas acima citadas.

Procurou-se atender as questões de facilidade de armazenamento, transporte e estilo, identificadas como pontos chave para desenvolver um produto diferenciado frente aos modelos concorrentes de bicicletas dobráveis existentes através da criação de uma bicicleta com uma estética que é mais próxima das bicicletas convencionais e diferenciada ao mesmo tempo, e da redução das dimensões da mesma quando dobrada. Buscou-se, ainda, realizar o projeto, modelagem e detalhamento de forma que ficasse o mais completo possível e passível de produção.

Um trabalho futuro poderia incluir a elaboração de um modelo em escala real da bicicleta desenvolvida, com o objetivo de avaliar questões ergonômicas e funcionais, o desenvolvimento de uma versão de menor valor com quadro

produzido em alumínio, e a preparação para a etapa posterior que seria a fabricação de um protótipo funcional.

## 11 REFERÊNCIAS

LARICA, Neville Jordan. **Design de transportes: arte em função da mobilidade**. Rio de Janeiro: 2AB, PUC-Rio, 2003. 213 p.

COUNCIL, Design. **Transport Design**. [2010?]. Disponível em <<http://www.designcouncil.org.uk/about-design/Types-of-design/Transport-Design/>>. Acesso em 23/10/2010.

BLACK, William Richard. **Sustainable Transportation: problems and solutions**. Nova York: The Gilford Press, Indiana University, 2010. 299 p.

FARIAS, Mariane Gomes; PEREIRA, Leandro Lopes. **Pedaladas para a sustentabilidade: desenvolvimento de uma bicicleta urbana compactável**. In: 2º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESIGN SUSTENTÁVEL, 2009. Anais Eletrônicos. São Paulo: Rede Brasil de Design Sustentável, 2009. Disponível em <<http://portal.anhembri.br/sbds/anais/SBDS2009-072.pdf>>. Acesso em 23/10/2010.

BALLANTINE, Richard; GRANT, Richard. **Ultimate Bicycle Book**. Londres: Dorling Kindersley, 1998. 192 p.

PRESZLER, Eric. **Skateboarding**. Mankato: Capstone Press, 2005. 32 p.

POWELL, Ben. **Extreme Sports: Skateboarding**. Minneapolis: LernerSports, 2003. 32 p.

Raumond W. Nocavo, Daniel Stokols, Joan Campbell, Jeanette Stokols, **Transportation, Stress and Community Psychology**, American Journal of Community Psychology, April 1978.

Brian E. Saelens, James F. Sallis, Lawrence D. Frank, **Environmental Correlates of Walking and Cycling: Findings From the Transportation, Urban Design, and Planning Literatures**, Ann Behav Med, Volume 25, Number 2, 2003, Pages 80-91.

Jette Rank, Jens Folke, Per Homann Jespersen, **Differences in cyclists and car drivers exposure to air pollution from traffic in the city of Copenhagen**, The Science of The Total Environment, Volume 279, Issues 1-3, 12 November 2001, Pages 131-136, ISSN 0048-9697, DOI: 10.1016/S0048-9697(01)00758-6.

(<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V78-447D2T6-B/2/54cb6c38a3999e56a890a5cb9f25e3d0>).

Mike Baxter, **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos**, 2ª ed. rev., São Paulo, 1998.

Nelson Back, André Oligari, Acires Dias, Jonny Carlos da Silva, **Projeto integrado de produtos: planejamento concepção e modelagem**, 1ª ed., Barueri, 2008.

GRAVA, Sigurd. **Urban Transportation Systems**. Nova York: McGraw-Hill Professional Architecture, 2002. 840 p.

**HUSKY INDUSTRIAL TRICYCLE T124C**. Industrialbicycles.com. Disponível em < <http://www.industrialbicycles.com/Huskyindustrialtrike124c.htm>>. Acesso em: 12 outubro de 2010.

**Almost El Segundo TT**. Skateboarding.com. Disponível em <<http://www.skateboard.com/skate/almost-el-segundo-tt-complete>>. Acesso em: 12 outubro 2010.

**Varna Diablo**. IHPVA – International Human Powered Vehicle Association. Disponível em <<http://www.ihpva.org/land.htm>>. Acesso em 13 outubro 2010.

VAN DER PLAS, Rob; BAIRD, Stuart. **Bicycle Technology: Understanding the Modern Bicycle and its Components**. San Francisco: Cycle Publishing, 2010. 320 p.

BURKE, Edmund R. **High-Tech Cycling**. 2ª ed. Champaign: Human Kinetics, 2003. 319 p.

Wilson, David Gordon; Papadopoulos, Jim. **Bicycling Science**. 3ª ed. Cambridge: The MIT Press, 2004. 477 p.

Klanten, Robert; Ehmann, Sven. **Velo: Bicycle, culture and design**. Berlim: Die Gestalten Verlag, 2010. 235 p.

100 Years of Bicycle Component and Accessory Design: Authentic Reprint Edition of the Data Book. San Francisco: Van der Plas Publications, 2009. 209 p.

**FLC - Lugged Carbon Fixed Gear**. Alchemy Bicycle Co. Disponível em <[http://www.alchemybicycles.com/pages/fixie\\_lugged\\_carbon\\_bike\\_Frame](http://www.alchemybicycles.com/pages/fixie_lugged_carbon_bike_Frame)>. Acesso em 20 novembro 2010.

**B2 Pro Frame**. Felt Bicycles. Disponível em <<http://www.feltbicycles.com/International/2011/TT-TRI/TT-TRI-Series/B2-Pro-Frame.aspx>>. Acesso em 20 novembro 2010.

**Prestige**. Colnago. Disponível em <<http://www.colnago.com/bikes/2011/prestige>>. Acesso em 20 novembro 2010.

**Technology: Material Performance**. Litespeed. Disponível em <[http://www.litespeed.com/current/tech\\_mat.aspx](http://www.litespeed.com/current/tech_mat.aspx)>. Acesso em 20 novembro 2010.

**MN01**. Biomega. Disponível em <<http://www.biomega.dk/biomega.aspx>>. Acesso em 20 novembro 2010.

LEFTERI, Chris. **Making it: Manufacturing Techniques for Product Design**. Londres: Laurence King Publishing, 2007. 240 p.

**Bicycle Building Process**. Solace custom hand-made bicycles. Disponível em <<http://www.solacebicycles.com/steel-bicycle-building/index.html>>. Acesso em 20 novembro 2010.

BALLANTINE, Richard. **Richard's 21st-Century Bicycle Book**. Nova York: The Overlook Press, 2001. 376 p.

**Fork XC05.** Trigon. Disponível em

<<http://www.trigonbicycles.com/ForkXC05.html>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Single Shock M-Series.** RST. Disponível em

<<http://www.rst.com.tw/ct/product/product2.jsp?id=PI1249350450039>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Ride.** VZAN. Disponível em

<<http://www.vzan.com.br/2010/produtos/rodas/ride.html>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**H3 Tubular.** HED. Disponível em

<[http://www.hedcycling.com/wheels/H3\\_tubular.asp](http://www.hedcycling.com/wheels/H3_tubular.asp)>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Super-9.** Zipp Speed Weaponry1. Disponível em

<<http://www.zipp.com/wheels/super-9-disc-tubular>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**1080 Tubular.** Zipp Speed Weaponry2. Disponível em

<<http://www.zipp.com/wheels/1080-tubular>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Minion DHF.** Maxxis. Disponível em

<<http://www.maxxis.com/Bicycle/Mountain/Minion-DHF.aspx>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Marathon Dureme.** Schwalbe1. Disponível em

<[http://www.schwalbe.de/gbl/en/produkte/tour\\_city/produkt/?ID\\_Produktgruppe=36&ID\\_Produkt=234](http://www.schwalbe.de/gbl/en/produkte/tour_city/produkt/?ID_Produktgruppe=36&ID_Produkt=234)>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Citizen.** Schwalbe2. Disponível em

<[http://www.schwalbe.de/gbl/en/produkte/tour\\_city/produkt/?ID\\_Produktgruppe=38&ID\\_Produkt=235](http://www.schwalbe.de/gbl/en/produkte/tour_city/produkt/?ID_Produktgruppe=38&ID_Produkt=235)>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Super narrow chain for 9-speed.** Shimano1. Disponível em

<[http://bike.shimano.com/publish/content/global\\_cycle/en/us/index/products/mount](http://bike.shimano.com/publish/content/global_cycle/en/us/index/products/mount)

ain/deore\_xt/product.-code-CN-HG93.-type-cn\_mountain.html>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Shaft Drive Transmission System.** Sussex. Disponível em <<http://www.sussex.com.tw/se2.htm>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**SRAM Red.** Cyclingnews.com. Disponível em <<http://autobus.cyclingnews.com/tech/2007/shows/eurobike07/?id=results/eurobike071>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Custom Titanium Phil Wood 14 speed cruiser with Rohloff Speedhub.** Harris Cyclery. Disponível em <<http://www.sheldonbrown.com/harris/rohloff-phil/pages/rohloff-phil3.html>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Dual Drive 27.** SRAM. Disponível em <<http://www.sram.com/sram/trekking-comfort/products/dual-drive-27>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**SR Suntour Vboxx.** Suntour. Disponível em <<http://www.srsuntour-cycling.com/dstore/products/V-BOXX/2954/GB10-VB-FR9-BAZ/GB10-VB-FR9-BAZ.html>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Shimano 105 BR-5700.** Shimano2. Disponível em <[http://bike.shimano.com/publish/content/global\\_cycle/en/us/index/products/road/new\\_105\\_black/product.-code-BR-5700-L.-type-br\\_road.html](http://bike.shimano.com/publish/content/global_cycle/en/us/index/products/road/new_105_black/product.-code-BR-5700-L.-type-br_road.html)>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Single Digit 5.** Avid1. Disponível em <<http://www.sram.com/avid/products/single-digit-5-rim-brake>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**XX World Cup Hydraulic Disc Brake.** Avid2. Disponível em <<http://www.sram.com/avid/products/xx-world-cup-hydraulic-disc-brake>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Avid mechanical disc adjustment.** Park Tool Co. Disponível em <<http://www.parktool.com/blog/repair-help/avid-reg-mechanical-disc-adjustment>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Thudbuster/LT.** Cane Creek. Disponível em <<http://www.canecreek.com/component-seatposts?product=long-travel>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**SoftRide Stems.** BikePro.com. Disponível em <<http://www.bikepro.com/products/stems/soft.html>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Dimension Adjustable Quill Stems.** Universal Cycles. Disponível em <[http://www.universalcycles.com/shopping/product\\_details.php?id=16576&category=173](http://www.universalcycles.com/shopping/product_details.php?id=16576&category=173)>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Expedition Plus Saddle.** Specialized3. Disponível em <<http://www.specialized.com/us/en/bc/SBCEqProduct.jsp?spid=57486>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Sonoma Gel Saddle.** Specialized4. Disponível em <<http://www.specialized.com/us/en/bc/SBCEqProduct.jsp?spid=57094>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**BG Contour Short Grip.** Specialized5. Disponível em <<http://www.specialized.com/us/en/bc/SBCEqProduct.jsp?spid=57788>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**S Type.** Brompton Bicycle1. Disponível em <<http://www.brompton.co.uk/explorer/bikes/index.asp?s=1#>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**M Type.** Brompton Bicycle2. Disponível em <<http://www.brompton.co.uk/explorer/bikes/index.asp?s=1#>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**P Type.** Brompton Bicycle3. Disponível em <<http://www.brompton.co.uk/explorer/bikes/index.asp?s=1#>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Suede DX.** Giant. Disponível em <<http://www.giant-bicycles.com/en-US/bikes/model/suede/7332/44067/>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Xanta.** Gazelle1. Disponível em <<http://www.gazelle.nl/nl/collectie/stadsfietsen-comfort/xanta.html>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Belleville.** Trek1. Disponível em <[http://www.trebikes.com/us/en/bikes/urban/eco\\_design/belleville/](http://www.trebikes.com/us/en/bikes/urban/eco_design/belleville/)>. Acesso em 21 novembro 2010.

**City Moov Homme.** Peugeot1. Disponível em <<http://www.peugeot.fr/cycles/choisir-son-velo/gamme/ville/city-moov/homme/?ActivPrint=on>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Spillo Diamante Man.** Bianchi. Disponível em <[http://www.bianchi.com/global/bikes/bikes\\_detail.aspx?ProductIDMaster=48474](http://www.bianchi.com/global/bikes/bikes_detail.aspx?ProductIDMaster=48474)>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Portland.** Trek2. Disponível em <<http://www.trebikes.com/us/en/bikes/urban/portland/portland/>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Ultimate Excelent.** Gazelle2. Disponível em <<http://www.gazelle.nl/nl/collectie/hybride/ultimate-excellent.html?heren>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Escapade.** Peugeot2. Disponível em <<http://www.peugeot.fr/cycles/choisir-son-velo/gamme/vtc/escapade/>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Mobilitéé by Renata Falzoni.** Caloi1. Disponível em <<http://www.caloi.com.br/bikes/mobilite>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Easy Rider.** Caloi2. Disponível em <<http://www.caloi.com.br/bikes/easyrider>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Wave.** Sundown. Disponível em <[http://www.sundownnet.com.br/site/bikes/www/default2.asp?a=bikes&sa=top\\_especificacoes\\_wave](http://www.sundownnet.com.br/site/bikes/www/default2.asp?a=bikes&sa=top_especificacoes_wave)>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Copenhague.** Soul Cycles. Disponível em <[http://www.soulcycles.com.br/site/2010/bike\\_copenhague.html](http://www.soulcycles.com.br/site/2010/bike_copenhague.html)>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Sirrus Pro.** Specialized1. Disponível em <<http://www.specialized.com/us/en/bc/SBCProduct.jsp?spid=52892&scid=1002&scname=Transport%2FFitness>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Sportster 10.** Scott. Disponível em <[http://www.scott-sports.com/ca\\_en/product/10058/55849/218078](http://www.scott-sports.com/ca_en/product/10058/55849/218078)>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Quick Carbon 1.** Cannondale1. Disponível em <<http://www.cannondale.com/usa/usaeng/Products/Bikes/Recreation-Urban/Recreation/Quick-Carbon/Details/2569-0QRC1CJCRB-Quick-Carbon-1>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**7.9 FX.** Trek3. Disponível em <[http://www.trekbikes.com/us/en/bikes/bike\\_path/fx/79fx/](http://www.trekbikes.com/us/en/bikes/bike_path/fx/79fx/)>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Alpen Challenge AC01.** BMC. Disponível em <<http://www.bmc-racing.com/int-en/bikes/2011/lifestyle/model/alpenchallenge/ac01/standard.html>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Freedom.** Colnago1. Disponível em <<http://www.colnago.com/bikes/2011/freedom>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**SPN3.** Gazelle3. Disponível em <<http://www.gazelle.nl/nl/collectie/spn/spn-3.html>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**SL Cross Race.** Cube. Disponível em <<http://www.cube.eu/en/tour/cross-road-line/sl-cross-race/>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**District Carbon.** Trek4. Disponível em <<http://www.trekbikes.com/us/en/bikes/urban/district/districtcarbon/>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**BG Roulux 2.** Specialized2. Disponível em <<http://www.specialized.com/us/en/bc/SBCProduct.jsp?spid=52730&scid=1002&scname=Transport%2FFitness>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Bad Boy Solo HeadShock.** Cannondale2. Disponível em <<http://www.cannondale.com/usa/usaeng/Products/Bikes/Recreation-Urban/Urban/Bad-Boy/Details/2476-1BS1LBBQ-Bad-Boy-Solo-Headshok>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Hooligan 8.** Cannondale3. Disponível em <<http://www.cannondale.com/usa/usaeng/Products/Bikes/Recreation-Urban/Urban/Hooligan/Details/2535-0HL8WHT-Hooligan-8>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Masher.** Red Your Dad. Disponível em <[http://www.rydbikes.com/index.php?page=shop.product\\_details&flypage=flypage.tpl&product\\_id=6&category\\_id=2&option=com\\_virtuemart&Itemid=262](http://www.rydbikes.com/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=6&category_id=2&option=com_virtuemart&Itemid=262)>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Nevis Man.** Puma. Disponível em <<http://www.puma-bikes.com/bikes/nevis-man.html/>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Rohloff Disc.** Birdy. Disponível em <<http://www.en.r-m.de/products/productfinder/faltgenie/birdy/>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Joey Explore Elite Drop.** Airnimal. Disponível em <<http://www.airnimal.eu/Joey/ExploreEliteDrop.php>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**P6R-X.** Brompton. Disponível em <<http://www.brompton.co.uk/page.asp?p=3060>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**IOS XL.** Dahon. Disponível em <<http://www.dahon.com/bikes/2010/ios-xl>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**LT.** Strida. Disponível em <<http://www.strida.us/model-LT.asp>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Penza.** Abio. Disponível em <<http://abiobikes.com/models.html>>. Acesso em 21 novembro 2010.

**Guidão Ritchey Comp tipo *flat bar*.** Ritchey1. Disponível em <<http://www.chainreactioncycles.com/Models.aspx?ModelID=22195>>. Acesso em 06 julho 2011.

**Selim Specialized Milano Sport Gel.** Specialized6. Disponível em <<http://www.specialized.com/us/en/bc/SBCEqProduct.jsp?spid=56899>>. Acesso em 06 julho 2011.

**Canote Ritchey Pro Carbon.** Ritchey2. Disponível em <<http://www.chainreactioncycles.com/Models.aspx?ModelID=39284>>. Acesso em 06 julho 2011.

**Caliper de freio a disco Avid BB5 Road.** Avid3. Disponível em <<http://www.sram.com/avid/products/bb5-road-mechanical-disc-brake>>. Acesso em 06 julho 2011.

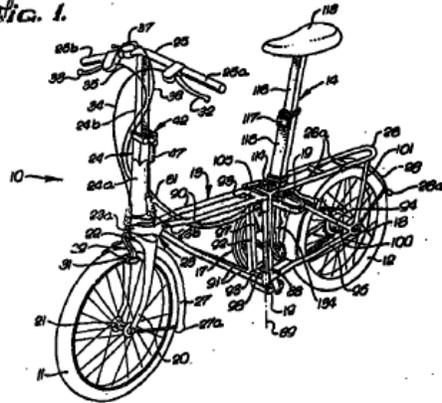
**SRAM i-Motion 9.** SRAM1. Disponível em <<http://www.sram.com/sram/trekking-comfort/products/i-motion-9-freewheel-brake>> Acesso em 06 julho 2011.

**ANEXOS**

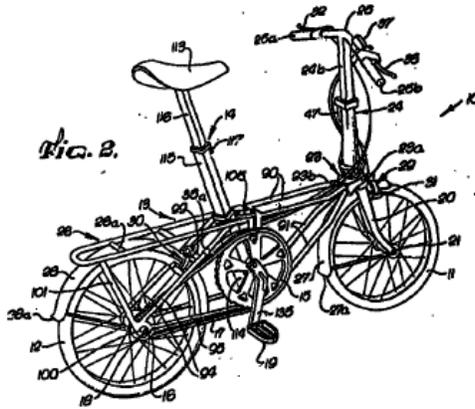
## **ANEXO 1**

Pesquisa de patentes

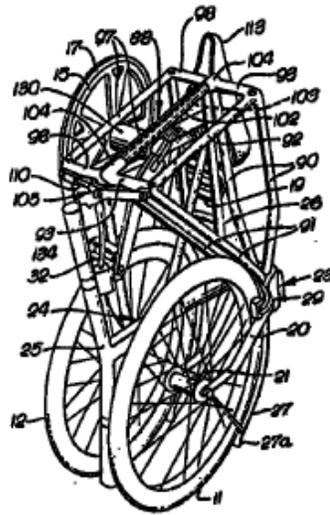
*Fig. 1.*



*Fig. 2.*



*Fig. 3.*



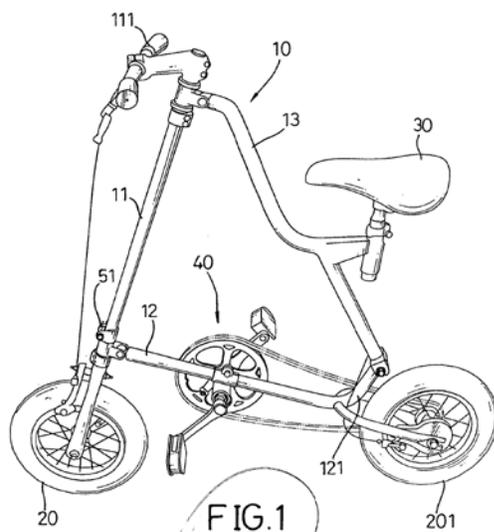


FIG. 1

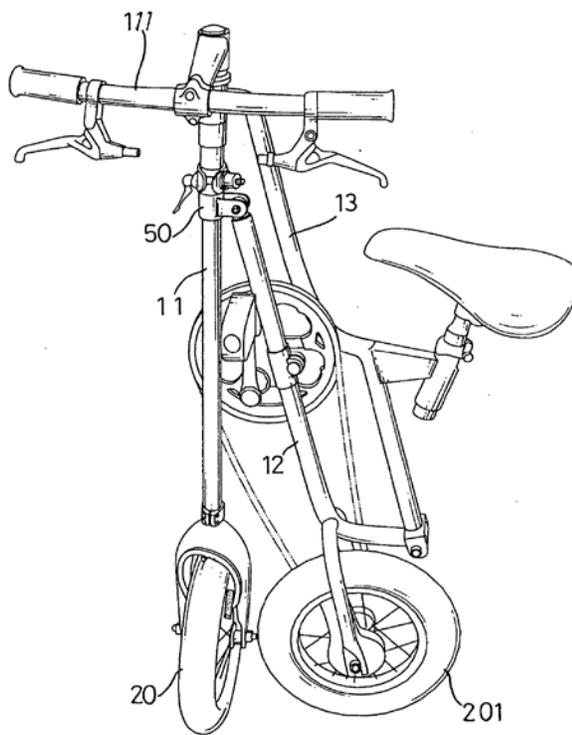
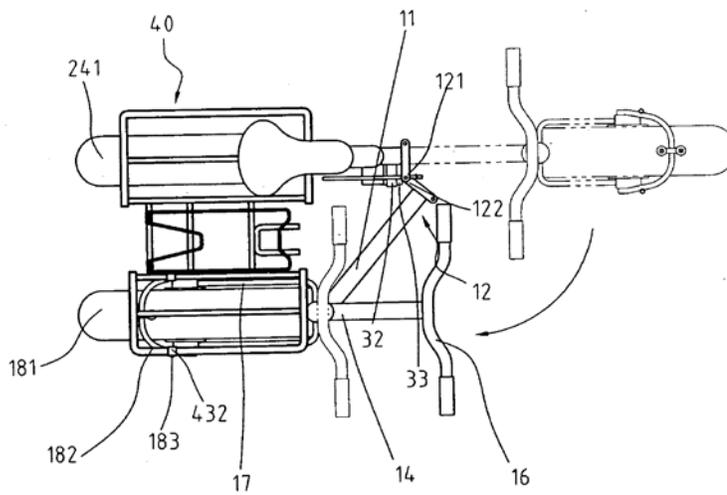
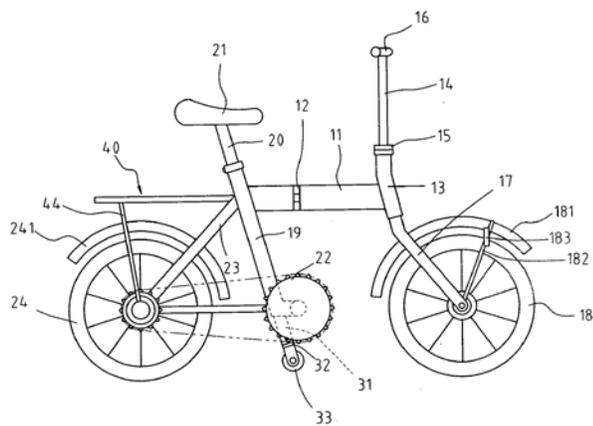
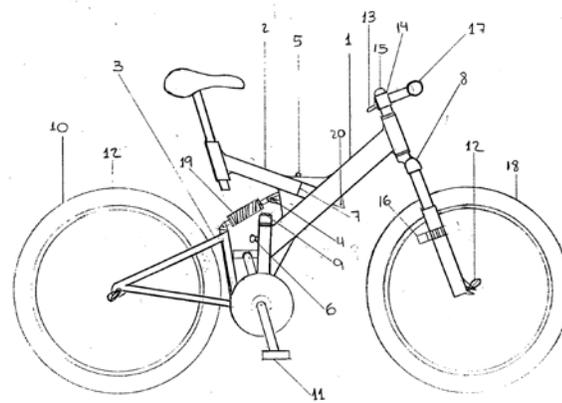
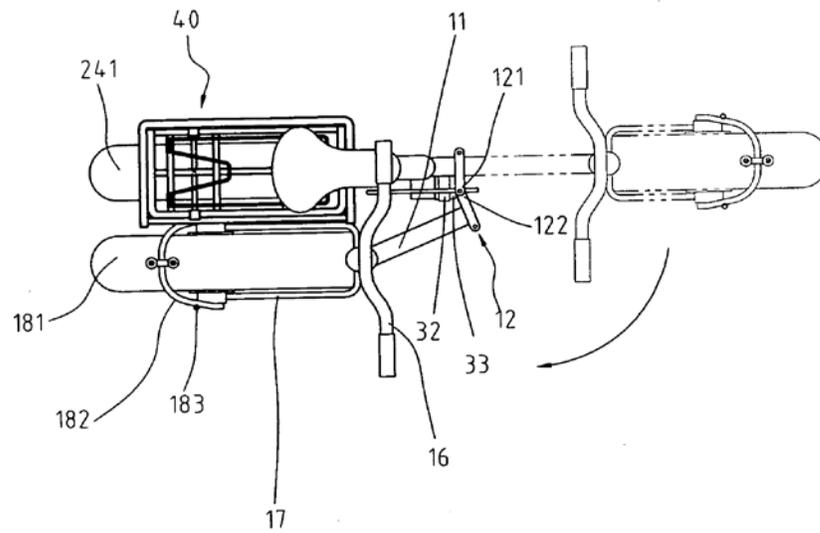


FIG. 4





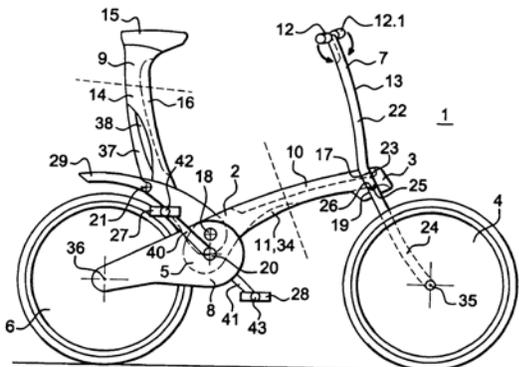
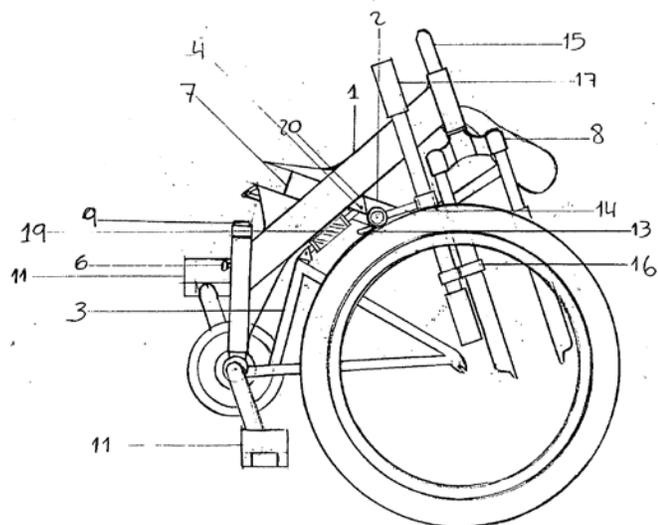
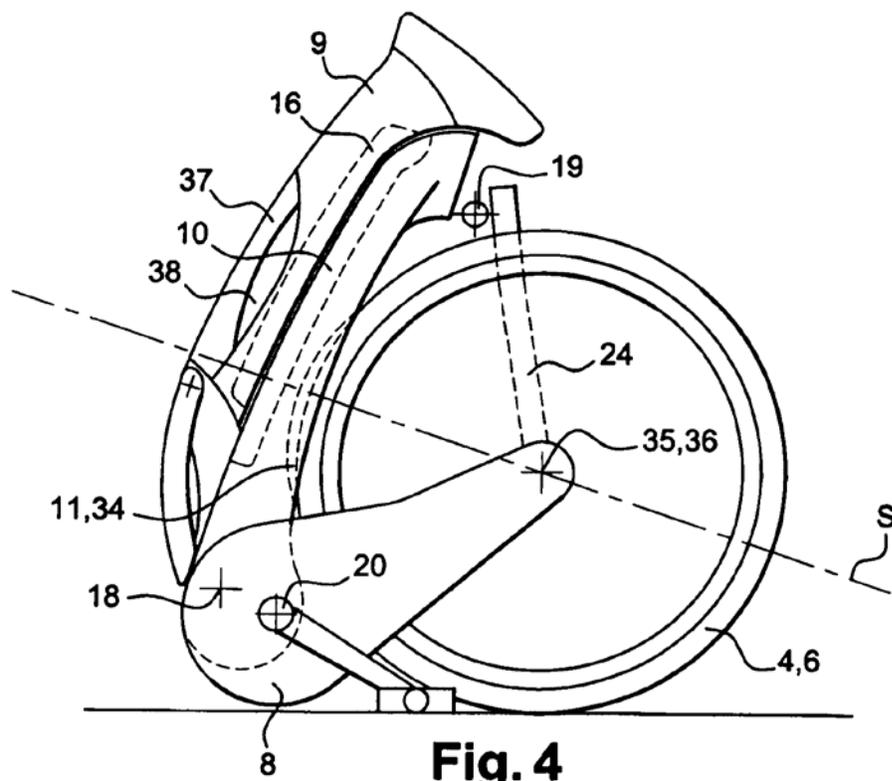
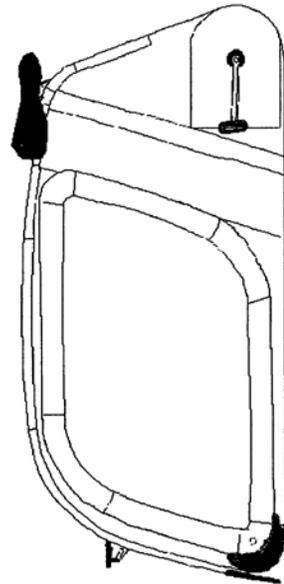
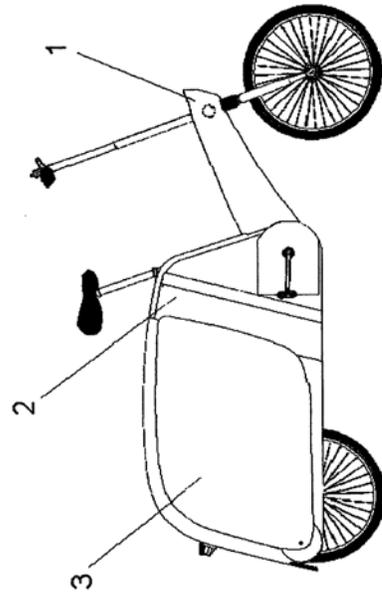


Fig. 1





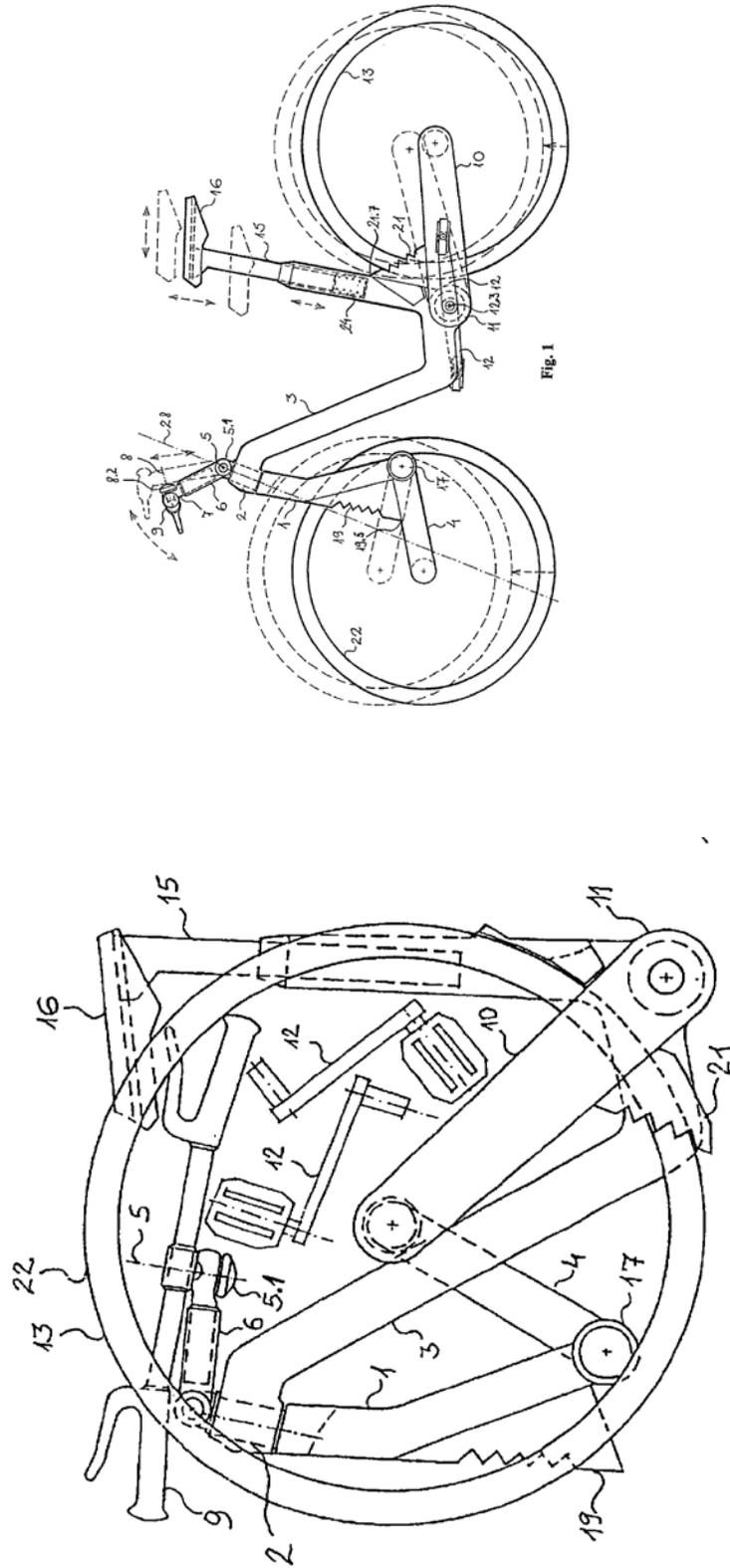


Fig. 1

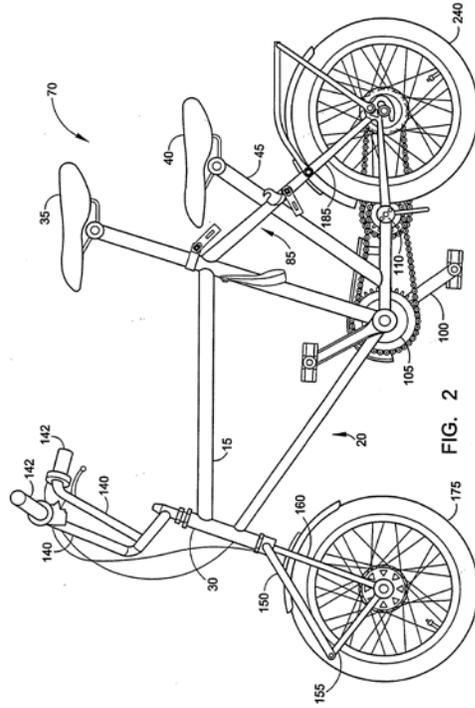


FIG. 2

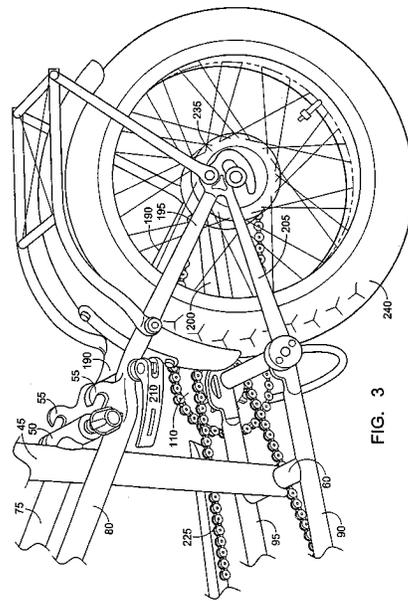


FIG. 3

## APÊNDICES

## **APÊNDICE 1**

Questionário aplicado

## Seção geral do questionário:

**Perfil do Entrevistado****Sexo \***

- Masculino  
 Feminino

**Idade \***

- Até 18 anos  
 De 18 a 25 anos  
 De 26 a 30 anos  
 De 31 a 35 anos  
 De 36 a 40 anos  
 Acima de 40 anos

**Escolaridade \***

- Ensino Fundamental  
 Ensino Médio  
 Ensino Superior em Andamento/Incompleto  
 Ensino Superior

**Profissão \*****Cidade \*****Estado \***

## Lazer

Qual desses equipamentos de propulsão humana você utiliza ou já utilizou em momentos de lazer? \*

Você pode marcar mais de uma alternativa.

- Bicicleta
- Patins convencional
- Patins In-Line (Roller)
- Patinete
- Skate
- Triciclo a pedal
- Nenhum
- Other:

Caso tenha utilizado mais de um dos equipamentos anteriores, cite qual o seu preferido.

## Mobilidade e Transporte

Como você costuma realizar a maioria dos seus deslocamentos diários? \*

- Ônibus
- Metrô
- Ônibus Lotação
- Carro
- Taxi
- A pé
- Other:

Você utiliza a combinação de dois ou mais meios de transporte em seus deslocamentos diários? \*

- Sim
- Não

Caso tenha marcado sim na questão anterior, cite quais os meios de transporte você utiliza.

Qual a distância estimada que você percorre diariamente? \*

**Qual a distância estimada que você percorre diariamente? \***

**Você encontra dificuldades na locomoção? \***

As dificuldades podem se apresentar na forma de duração excessiva dos deslocamentos, congestionamentos e falta de opções de transporte (público ou pessoal), por exemplo.

- Não, nenhuma dificuldade.
- Sim, pouca dificuldade.
- Sim, muita dificuldade.

**Caso tenha marcado, na questão anterior, que enfrenta dificuldades de locomoção, cite quais.**

**Você utiliza algum meio de transporte alternativo? \***

Pode-se considerar como meios de transporte alternativos os veículos de tração humana (bicicleta, skate, patins, patinete, entre outros) e a caminhada.

- Sim
- Não, mas estaria disposto a experimentar.
- Não

## Seção respondida pelos usuários de transportes alternativos:

**Quais as formas de transporte alternativo você utiliza? \***

Você pode selecionar mais de uma opção, se necessário.

- Caminhada
- Bicicleta
- Skate
- Patins
- Other:

**Caso tenha marcado mais de uma opção, qual sua opção preferida?**

- Caminhada
- Bicicleta
- Skate
- Patins
- Other:

**Caso o equipamento de transporte alternativo que você utiliza se tornasse mais fácil de carregar e armazenar, você ficaria mais estimulado a utilizá-lo? \***

- Sim
- Indiferente
- Não

**O que você considera que poderia ser melhorado nos equipamentos utilizados nessas formas de transporte?**

Você pode opinar tanto a respeito dos equipamentos quanto de outros aspectos relacionados.

**Qual a principal razão de você utilizar um meio de transporte alternativo? \***

- Custo
- Benefícios à saúde
- Eficiência
- Consciência ecológica
- Imagem transmitida
- Other:

**Para você, que imagem uma pessoa que utiliza meios de transporte alternativos transmite para os outros?**

**Caso queira opinar a respeito do assunto, por favor sinta-se a vontade.**

## Seção respondida pelos usuários potenciais de transportes alternativos:

**Por que você não utiliza uma forma alternativa de transporte? \***

- Falta de tempo
- Considero desconfortável
- Considero inseguro
- Não se adapta às minhas necessidades
- Não possuo local para armazenar o equipamento no trabalho/escola
- Other:

**Quais as formas de transporte alternativo você consideraria utilizar para pequenos deslocamentos urbanos? \***

Você pode selecionar mais de uma opção, se necessário.

- Caminhada
- Bicicleta
- Skate
- Patins
- Other:

**O que considera que poderia ser melhorado nessa(s) forma(s) de transporte para que você a(s) utilizasse?**

Você pode opinar tanto a respeito dos equipamentos quanto de outros aspectos relacionados.

Caso o equipamento de transporte alternativo que você utiliza se tornasse mais fácil de carregar e armazenar, você ficaria mais estimulado a utilizá-lo? \*

- Sim  
 Indiferente  
 Não

Qual seria a principal razão para você experimentar a utilização de um meio de transporte alternativo? \*

- Custo  
 Benefícios à saúde  
 Eficiência  
 Consciência ecológica  
 Imagem transmitida  
 Other:

Para você, que imagem uma pessoa que utiliza meios de transporte alternativos transmite para os outros?

Caso queira opinar a respeito do assunto, por favor sinta-se a vontade.

Seção respondida pelos usuários não interessados em transportes alternativos:

Por que você não utilizaria uma forma alternativa de transporte? \*

- Falta de tempo
- Considero desconfortável
- Considero inseguro
- Não se adapta às minhas necessidades
- Não possuo local para armazenar o equipamento no trabalho/escola
- Other:

Um equipamento de transporte alternativo mais fácil de carregar e armazenar estimularia você a utilizá-lo? \*

- Sim
- Indiferente
- Não

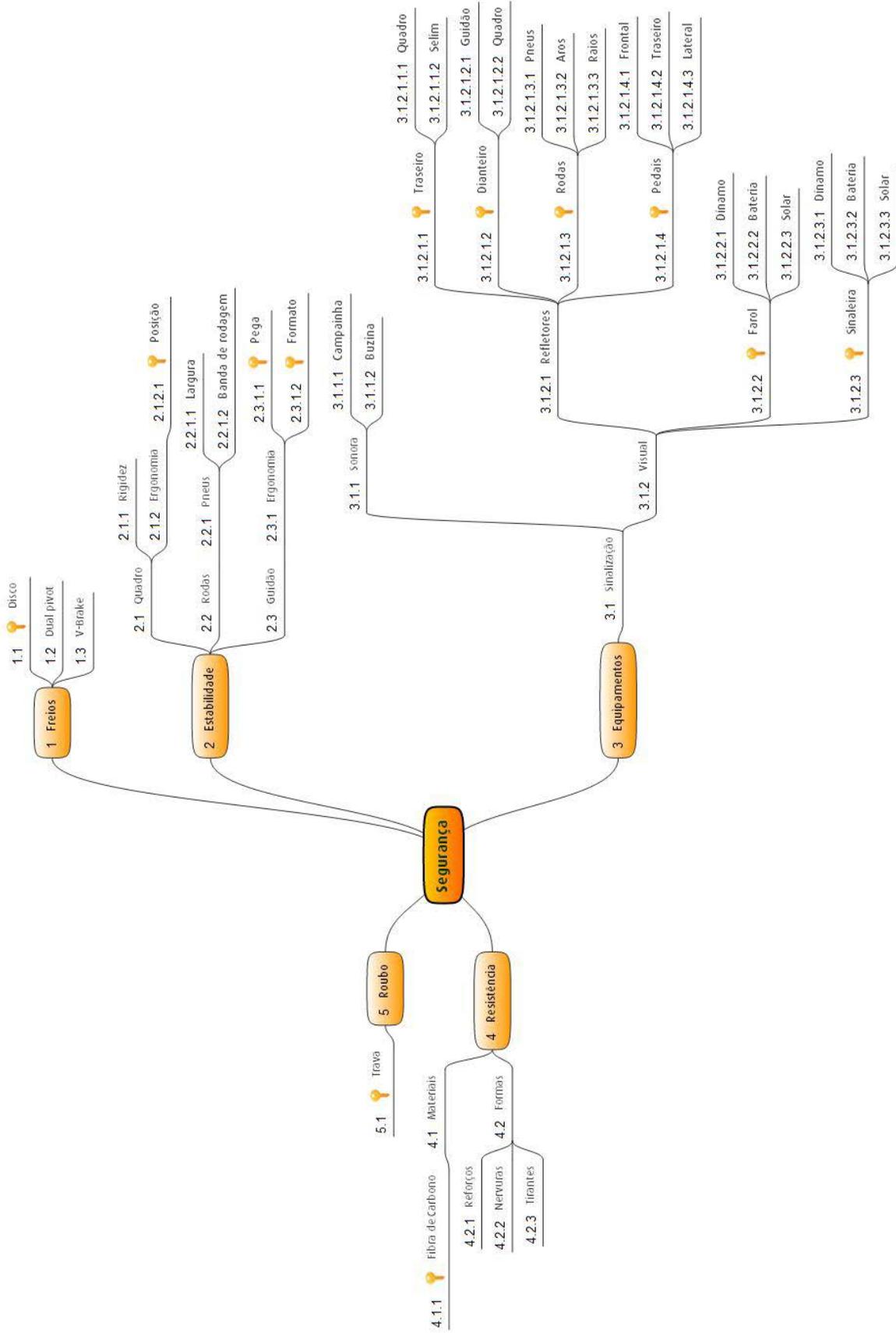
Para você, que imagem uma pessoa que utiliza meios de transporte alternativos transmite para os outros?

Caso queira opinar a respeito do assunto, por favor sinta-se a vontade.

## APÊNDICE 2

### *Mindmap* Segurança

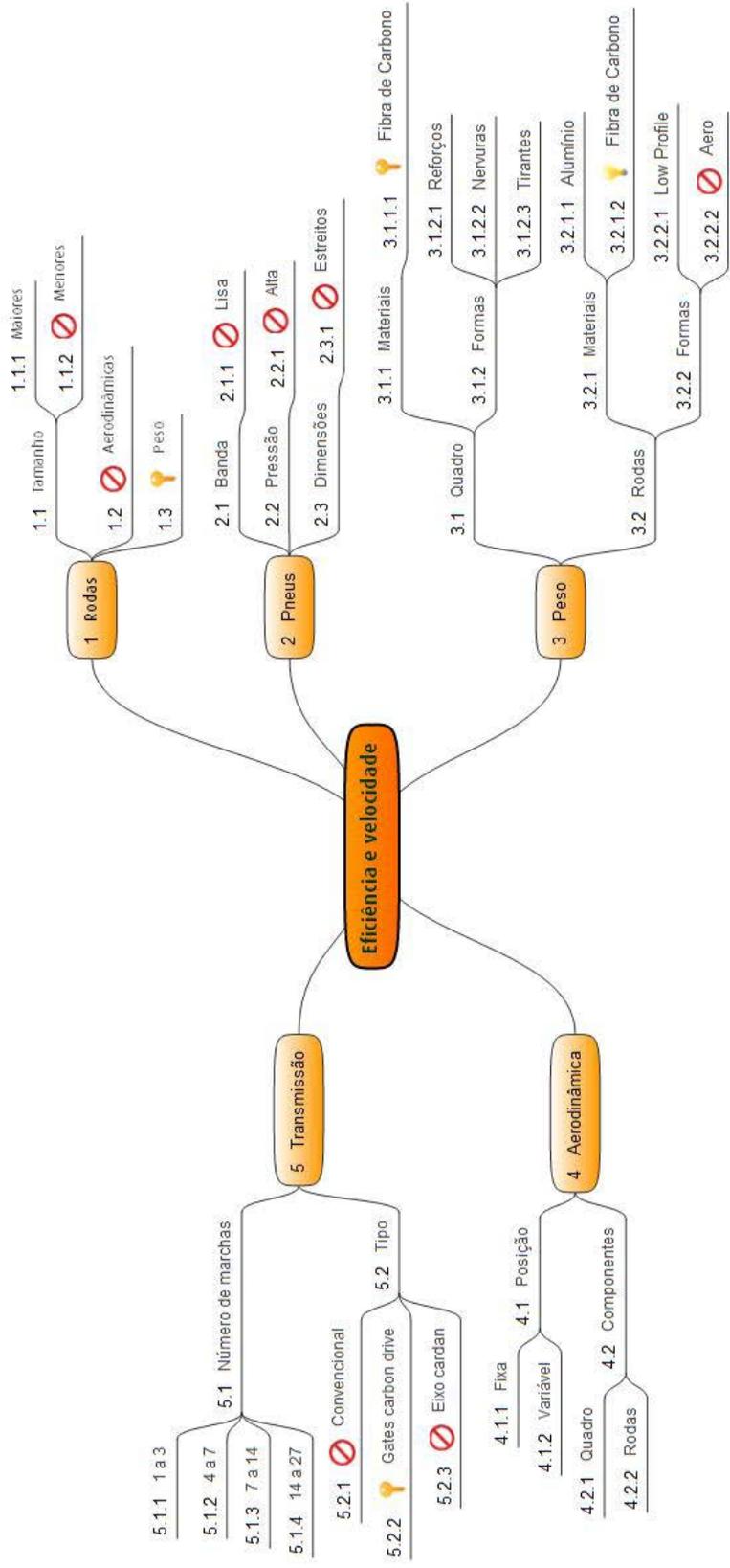
A imagem ampliada pode ser encontrada no CD-ROM.



## APÊNDICE 3

### *Mindmap* Eficiência e Velocidade

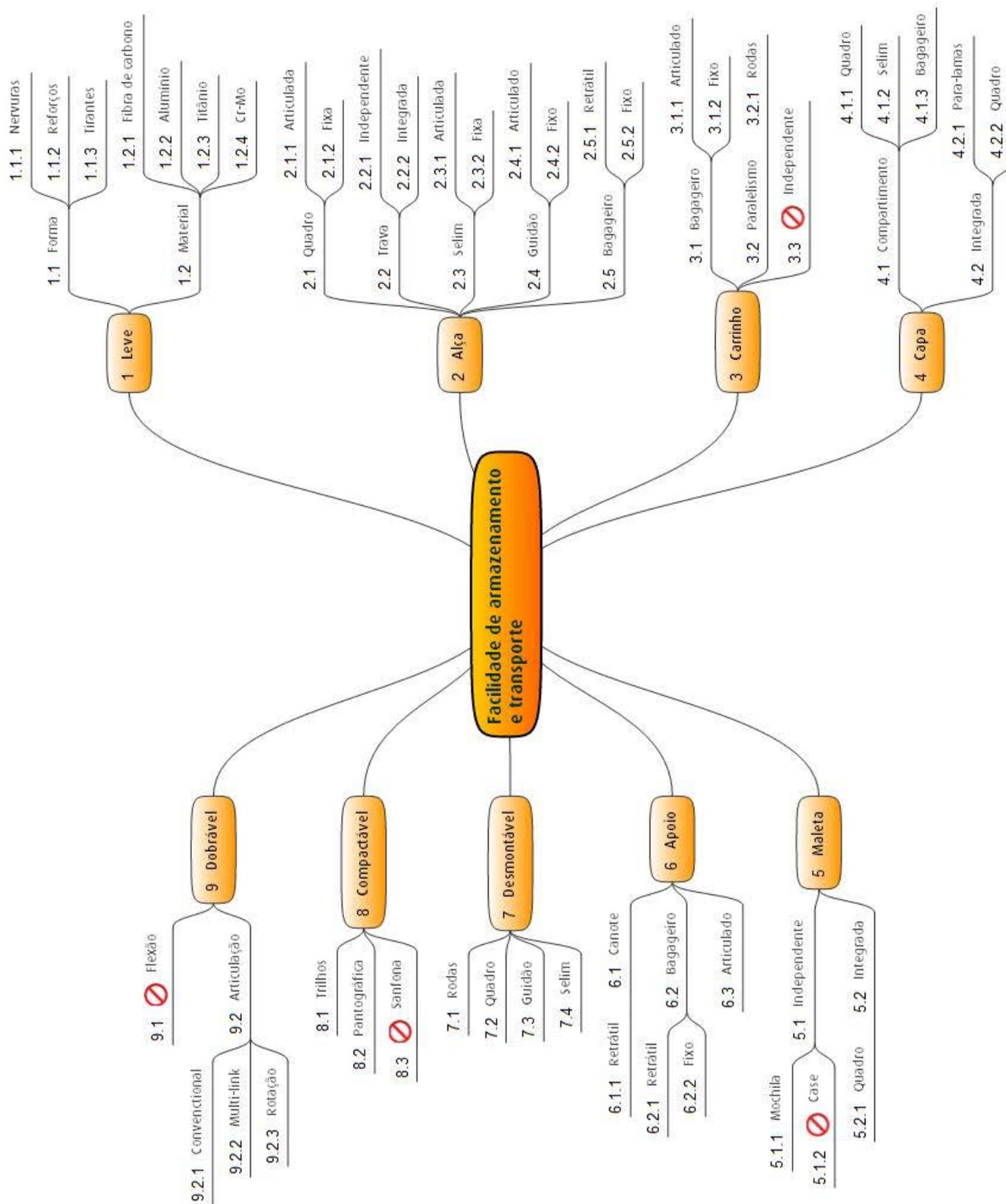
A imagem ampliada pode ser encontrada no CD-ROM.



## APÊNDICE 4

*Mindmap* Facilidade de Armazenamento e Transporte

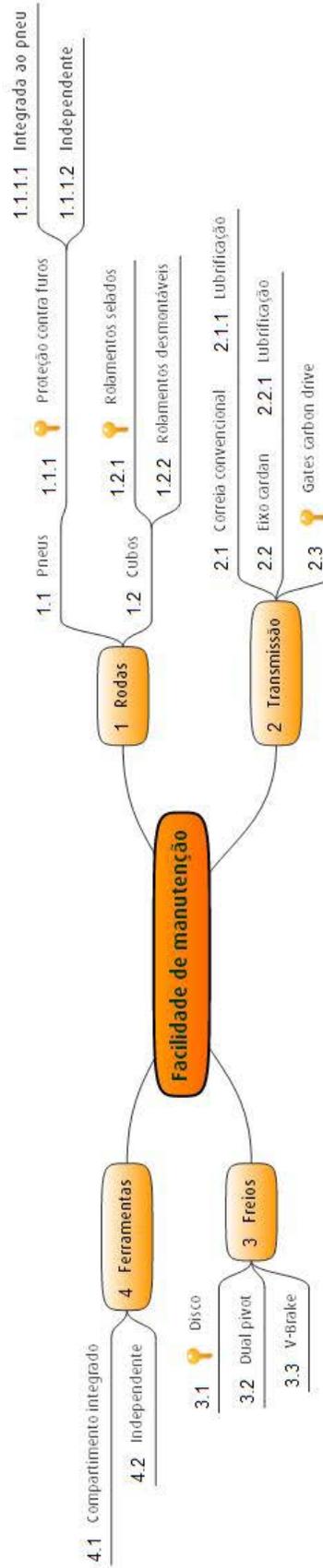
A imagem ampliada pode ser encontrada no CD-ROM.



## APÊNDICE 5

### *Mindmap* Facilidade de Manutenção

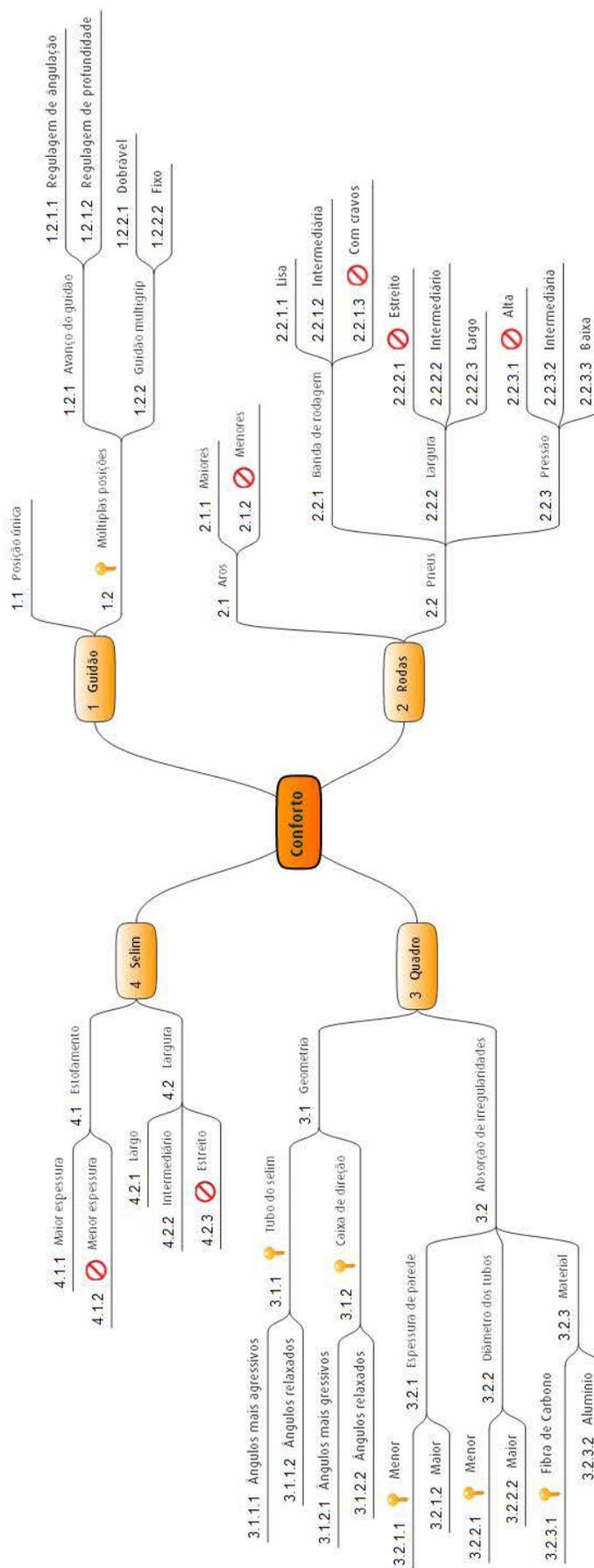
A imagem ampliada pode ser encontrada no CD-ROM.



## APÊNDICE 6

### *Mindmap Conforto*

A imagem ampliada pode ser encontrada no CD-ROM.



## APÊNDICE 7

*Mindmap* Sistema Multiplicador de Torque

A imagem ampliada pode ser encontrada no CD-ROM.



## APÊNDICE 8

*Mindmap* Capacidade de Vencer Obstáculos

A imagem ampliada pode ser encontrada no CD-ROM.



## **APÊNDICE 9**

QFD de segunda geração – Quadro e Garfo

			Column Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
			Max Relationship Value in Column	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
			Requirement Weight	712,9	480,3	731,8	275,1	654,5	367,8	507,7	261,4	410,7	410,7	674,2	
			Relative Weight	12,99	8,75	13,34	5,01	11,93	6,70	9,25	4,76	7,49	7,49	12,29	
			Difficulty (0=Easy to Accomplish, 10=Extremely Minimize (▼), Maximize (▲), or Target (z))	0	0	8	8	0	6	6	4	2	2	10	
			Target or Limit Value	▼	▲	▲	▲	*	▲	▼	▼	▼	▼	▼	
			Target or Limit Value												
Row Number	Max Relationship Value in Row	Relative Weight	Quality Characteristics (a.k.a. "Functional Requirements" or "Hows")	Demanded Quality (a.k.a. "Customer Requirements" or "Whats")											
					(-) Peso	(*) Resistência dos materiais	(*) Liberdade de formas	(*) Formas aerodinâmicas	(*) Alinhamento entre rodas, garfo e quadro	(*) Rigidez do quadro	(-) Diâmetro dos tubos	(-) Espessura de parede	(-) Ângulo do tubo do selim	(-) Ângulo da caixa de direção	(-) Tamanho quando dobrada
1	9	22,32	Facilidade de armazenamento e transporte		9	1	9	3	3	1	9	1	3	3	9
2	9	18,88	Segurança		9	9	3	1	9	9	1	1	1	1	1
3	9	0,43	Peso reduzido		9	9	9	3	1	3	9	9	1	1	3
4	9		Eficiência e velocidade		9	9	9	9	9	9	3	3	9	9	1
5	9	2,15	Sistemas para evitar que o usuário se suje durante o transporte		1	1	9	1	1	1	1	1	1	1	1
6	9	3,00	Possibilidade de combinação intermodal		9	3	9	1	3	1	3	1	3	3	9
7	9	2,15	Sistema anti-furto		1	9	9	1	3	1	1	1	3	3	9
8	9	0,86	Capacidade de carga		3	9	9	3	3	9	3	9	3	3	9
9	9	11,59	Facilidade de manutenção		1	9	9	3	9	3	1	1	1	1	9
10	9	18,88	Conforto		9	1	9	3	9	3	9	9	9	9	9
11	9	6,01	Capacidade de vencer obstáculos		9	9	9	3	9	9	3	1	9	9	9
12	1	6,87	Sistema multiplicador de torque		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	9	6,87	Elegância		9	9	9	9	9	1	9	1	9	9	9

## **APÊNDICE 10**

QFD de segunda geração – Rodas e Pneus

				Column Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
				Max Relationship Value in Column	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
				Requirement Weight	760,1	488	283,7	204,7	245,1	243,3	360,9	554,1	549,8	546,4	306	560,1
				Relative Weight	14,90	9,56	5,56	4,01	4,80	4,77	7,07	10,86	10,78	10,71	6,00	10,98
				Difficulty (0=Easy to Accomplish, 10=Extremely Difficult)	8	2	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0
				Minimize (▼), Maximize (▲), or Target (z)	▼	▲	▲	▼	▲	▲	▼	▲	▲	▲	▼	▲
				Target or Limit Value												
Row Number	Max Relationship Value in Row	Relative Weight	Demanded Quality (a.k.a. "Customer Requirements" or "Whats")	Quality Characteristics (a.k.a. "Functional Requirements" or "Hows")												
					(-) Peso	(+) Resistência dos materiais	(+) Aro com forma aerodinâmica	(-) Número de raios	(+) Raios metálicos aerodinâmicos	(+) Cubo de roda aerodinâmicos	(-) Largura dos pneus	(-) Largura dos pneus	(+) Banda de rodagem mista	(+) Diâmetro do conjunto roda+pneu	(-) Diâmetro do conjunto roda+pneu	(+) Sistemas de proteção contra furos nos pneus
1	9	22,32	Facilidade de armazenamento e transporte		9	3	1	1	1	1	9	1	1	1	9	1
2	9	18,88	Segurança		9	9	3	1	3	3	1	9	9	9	1	9
3	9	0,43	Peso reduzido		9	9	3	9	3	3	9	1	1	1	9	1
4	9		Eficiência e velocidade		9	9	9	9	9	9	9	1	3	9	1	9
5	9	2,15	Sistemas para evitar que o usuário se suje durante o transporte		1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1	9
6	9	3,00	Possibilidade de combinação intermodal		9	9	1	1	1	1	9	1	1	1	9	1
7	9	2,15	Sistema anti-furto		3	9	3	3	1	1	1	3	1	9	1	1
8	9	0,86	Capacidade de carga		9	9	1	9	3	1	1	9	9	9	1	1
9	9	11,59	Facilidade de manutenção		9	9	1	3	1	1	1	9	9	1	1	9
10	9	18,88	Conforto		9	1	3	1	3	3	1	9	9	9	1	9
11	9	6,01	Capacidade de vencer obstáculos		9	9	9	3	3	3	1	9	9	9	1	9
12	1	6,87	Sistema multiplicador de torque		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	9	6,87	Elegância		1	1	9	9	9	9	9	1	1	9	1	1

## **APÊNDICE 11**

QFD de segunda geração – Guidão e Avanco

		Column Number					
		1	2	3	4	5	6
		Max Relationship Value in Column	9	9	9	9	9
		Requirement Weight	676,8	189,3	365,2	403	452,8
		Relative Weight	26,88	7,52	14,51	16,01	17,98
		Difficulty (0=Easy to Accomplish, 10=Extremely Minimize (▼), Maximize (▲), or Target (x))	7	5	0	8	7
		Target or Limit Value					
Row Number	Max Relationship Value in Row	Relative Weight	Demanded Quality (a.k.a. "Customer Requirements" or "Whats")	Quality Characteristics (a.k.a. "Functional Requirements" or "Hows")			
				(-) Peso			
				(+) Posição aerodinâmica			
				(+) Posição relaxada			
				(+) Possibilidade de multiplas posições			
				(+) Absorção de vibrações			
				(-) Pega ergonômica			
1	9	22,32	Facilidade de armazenamento e transporte	9	3	3	3
2	9	18,88	Segurança	9	3	1	3
3	9	0,43	Peso reduzido	9	3	1	3
4	9		Eficiência e velocidade	9	9	1	3
5	1	2,15	Sistemas para evitar que o usuário se suje durante o transporte	1	1	1	1
6	9	3,00	Possibilidade de combinação intermodal	9	3	3	3
7	1	2,15	Sistema anti-furto	1	1	1	1
8	9	0,86	Capacidade de carga	9	1	3	3
9	1	11,59	Facilidade de manutenção	1	1	1	1
10	9	18,88	Conforto	9	1	9	9
11	9	6,01	Capacidade de vencer obstáculos	9	1	9	9
12	1	6,87	Sistema multiplicador de torque	1	1	1	1
13	3	6,87	Elegância	3	1	3	3

## **APÊNDICE 12**

QFD de segunda geração – Selim e Canote

				Column Number	1	2	3	4	5
				Max Relationship Value in Column	9	9	3	9	9
				Requirement Weight	663,1	597,9	180,7	300,9	508,6
				Relative Weight	29,46	26,56	8,03	13,37	22,59
				Difficulty (0=Easy to Accomplish, 10=Extremely Minimize (▼), Maximize (▲), or Target (■))	5	0	0	0	5
				Target or Limit Value					
Row Number	Max Relationship Value in Row	Relative Weight	Demanded Quality (a.k.a. "Customer Requirements" or "Whats")	Quality Characteristics (a.k.a. "Functional Requirements" or "Hows")					
					(-) Peso	(-) Largura	(+) Largura	(+) Amolchoamento	(-) Amortecimento de vibrações
1	9	22,32	Facilidade de armazenamento e transporte		9	9	1	1	3
2	9	18,88	Segurança		9	3	3	3	9
3	9	0,43	Peso reduzido		9	9	3	1	1
4	9		Eficiência e velocidade		9	9	1	1	1
5	3	2,15	Sistemas para evitar que o usuário se suje durante o transporte		1	1	3	1	1
6	9	3,00	Possibilidade de combinação intermodal		9	9	1	1	1
7	1	2,15	Sistema anti-furto		1	1	1	1	1
8	9	0,86	Capacidade de carga		9	1	1	1	1
9	1	11,59	Facilidade de manutenção		1	1	1	1	1
10	9	18,88	Conforto		9	9	3	9	9
11	9	6,01	Capacidade de vencer obstáculos		9	9	1	3	9
12	1	6,87	Sistema multiplicador de torque		1	1	1	1	1
13	9	6,87	Elegância		1	9	1	1	3

## **APÊNDICE 13**

QFD de segunda geração – Freios

				Column Number	1	2	3	4
				Max Relationship Value in Column	9	9	9	9
				Requirement Weight	663,1	461,4	567	817,6
				Relative Weight	26,43	18,39	22,60	32,59
				Difficulty (0=Easy to Accomplish, 10=Extremely Minimize (▼), Maximize (▲), or Target (x))	7	0	0	0
				Target or Limit Value				
Row Number	Max Relationship Value in Row	Relative Weight	Demanded Quality (a.k.a. "Customer Requirements" or "Whats")	Quality Characteristics (a.k.a. "Functional Requirements" or "Hows")				
					(-) Peso	(+) Eficiência	(-) Necessidade de ajustes	(-) Acumulação de déritos no sistema
1	9	22,32	Facilidade de armazenamento e transporte		9	1	3	9
2	9	18,88	Segurança		9	9	9	9
3	9	0,43	Peso reduzido		9	1	1	1
4	9		Eficiência e velocidade		9	9	9	9
5	9	2,15	Sistemas para evitar que o usuário se suje durante o transporte		1	3	9	9
6	9	3,00	Possibilidade de combinação intermodal		9	1	3	9
7	3	2,15	Sistema anti-furto		1	1	3	1
8	9	0,86	Capacidade de carga		9	9	1	1
9	9	11,59	Facilidade de manutenção		1	1	9	9
10	9	18,88	Conforto		9	9	9	9
11	9	6,01	Capacidade de vencer obstáculos		9	9	1	9
12	1	6,87	Sistema multiplicador de torque		1	1	1	1
13	9	6,87	Elegância		1	1	1	9

## **APÊNDICE 14**

QFD de segunda geração – Transmissão

		Column Number							
		1	2	3	4	5	6		
		Max Relationship Value in Column	9	9	9	9	9		
		Requirement Weight	741,2	842,5	673,4	553,2	366,1		
		Relative Weight	19,29	21,93	17,53	14,56	9,53		
		Difficulty (0= Easy to Accomplish, 10= Extremely)	7	0	0	0	8		
		Minimize (▼), Maximize (▲), or Target (x)	▼	▼	▼	▼	▲		
		Target or Limit Value							
Row Number	Max Relationship Value in Row	Relative Weight	Quality Characteristics (a.k.a. "Functional Requirements" or "Hows")						
			Demanded Quality (a.k.a. "Customer Requirements" or "Whats")						
				(-) Peso	(-) Partes móveis expostas	(-) Necessidade de lubrificação	(-) Necessidade de ajustes	(+) Quantidade de marchas	(+) Simplicidade de aparente de funcionamento
1	9	22,32	Facilidade de armazenamento e transporte	9	9	9	3	1	1
2	9	18,88	Segurança	9	9	1	3	1	9
3	9	0,43	Peso reduzido	9	1	1	1	3	3
4	9		Eficiência e velocidade	9	3	3	9	9	3
5	9	2,15	Sistemas para evitar que o usuário se suje durante o transporte	1	9	9	9	3	1
6	9	3,00	Possibilidade de combinação intermodal	9	9	9	3	1	3
7	3	2,15	Sistema anti-furto	1	3	1	1	1	1
8	9	0,86	Capacidade de carga	9	3	1	1	9	1
9	9	11,59	Facilidade de manutenção	3	9	9	9	1	9
10	9	18,88	Conforto	9	9	9	9	9	9
11	9	6,01	Capacidade de vencer obstáculos	9	3	1	1	9	9
12	9	6,87	Sistema multiplicador de torque	9	9	9	9	9	9
13	9	6,87	Elegância	1	9	9	9	1	9

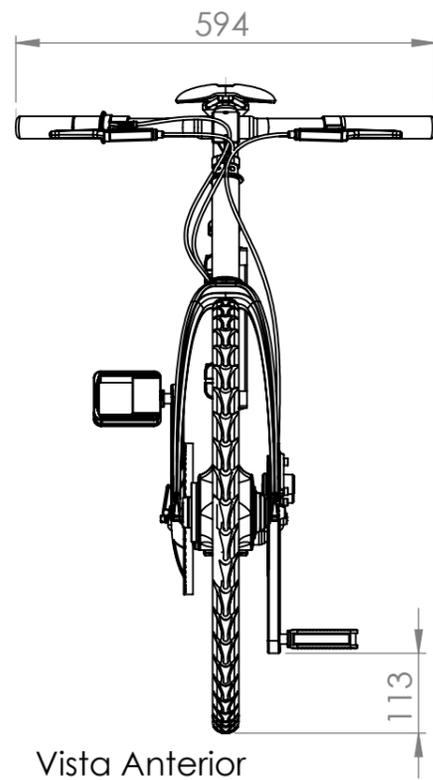
## **APÊNDICE 15**

Detalhamento técnico

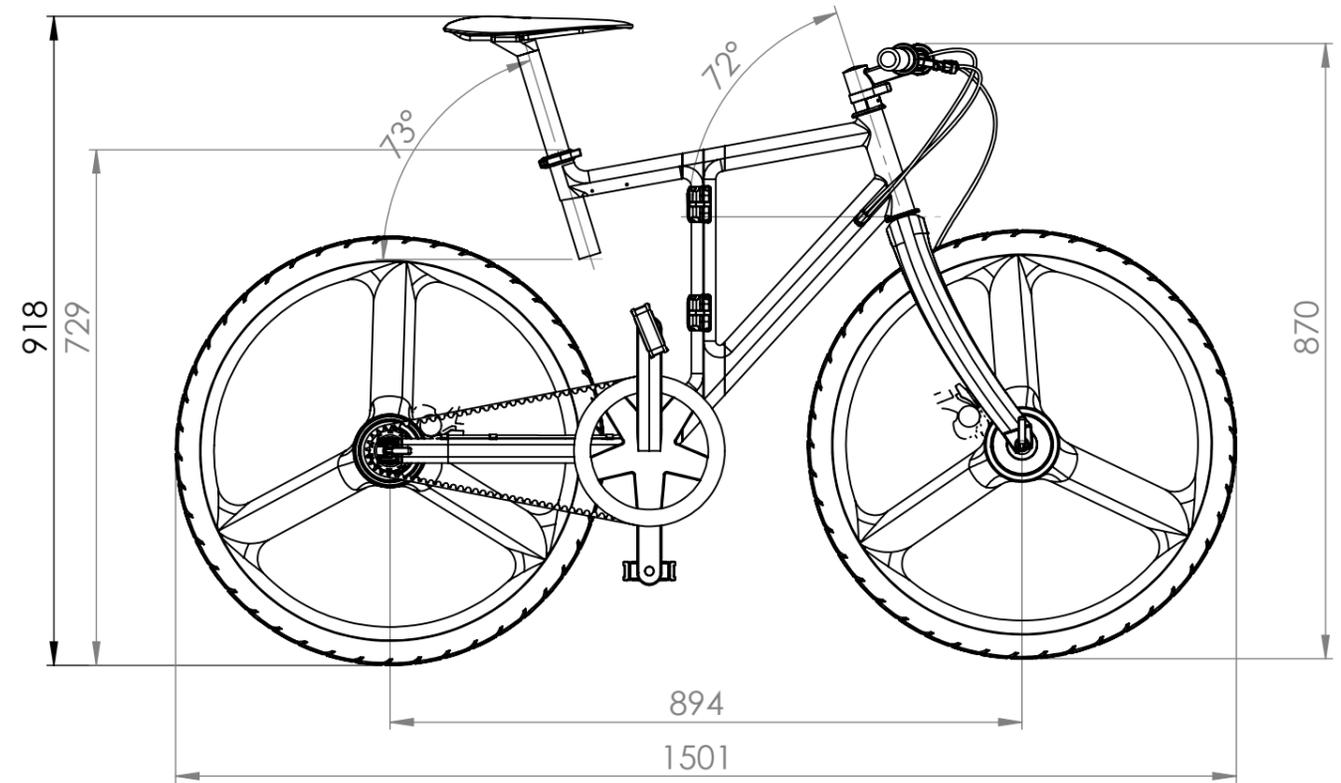


## Bicicleta Dobrável de Uso Urbano

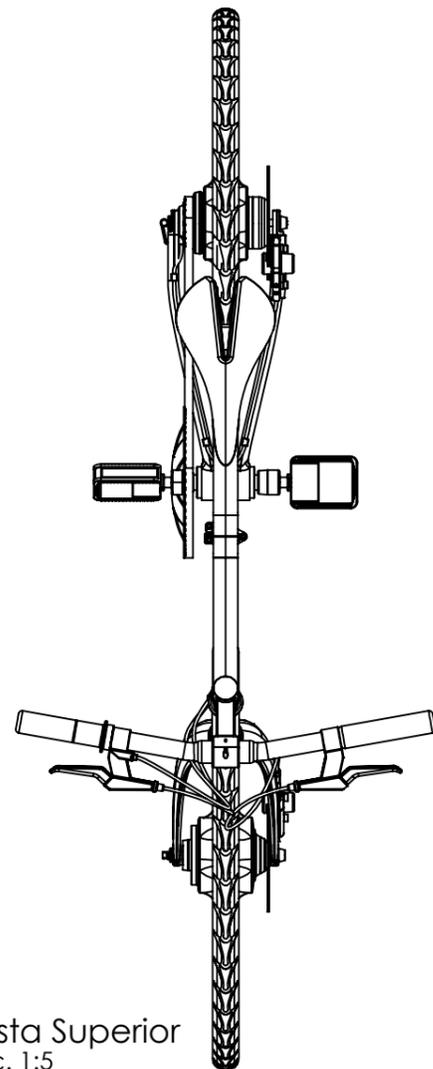
Acadêmico Gustavo Kemmerich  
Prof. Orientador Eduardo Cardoso



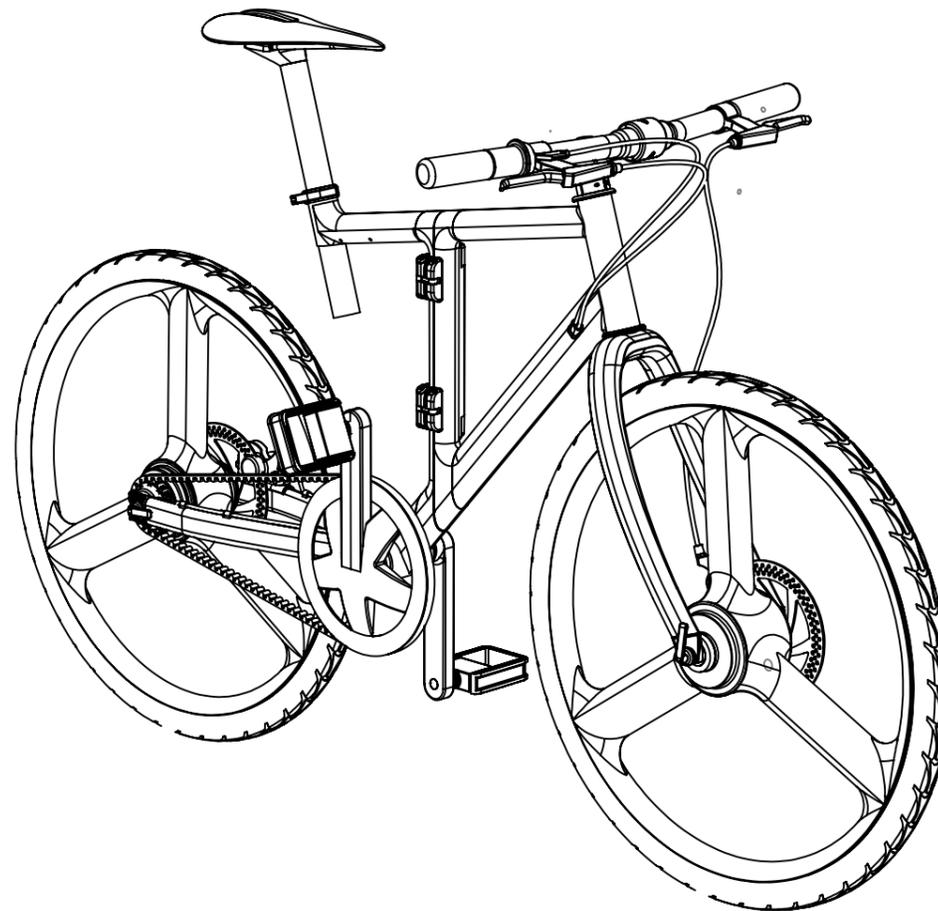
Vista Anterior  
Esc. 1:5



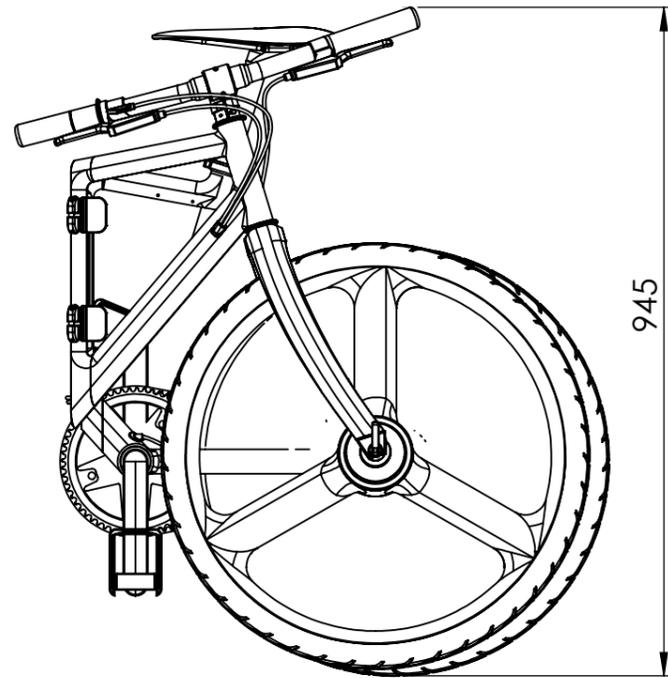
Vista Lateral Direita  
Esc. 1:5



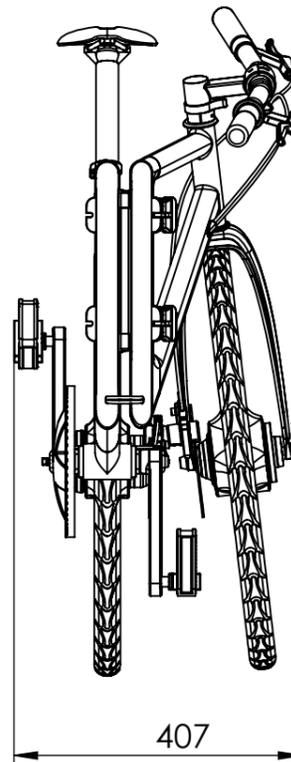
Vista Superior  
Esc. 1:5



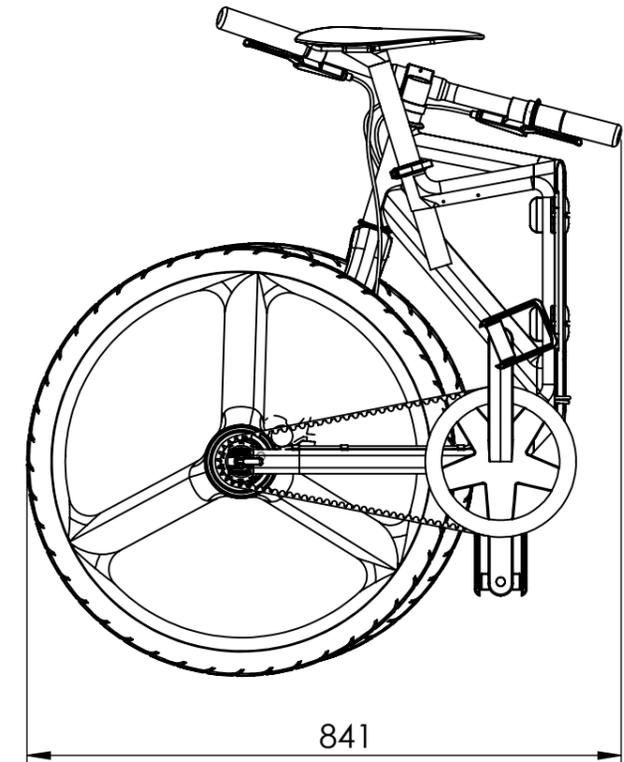
NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO
TÍTULO: <b>Bicicleta - Aberta</b>		
DES. Nº	<b>Bicicleta - Final</b>	A3
ESCALA: 1:10	FOLHA 1 DE 23	



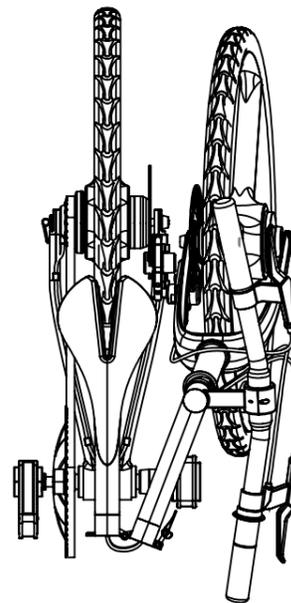
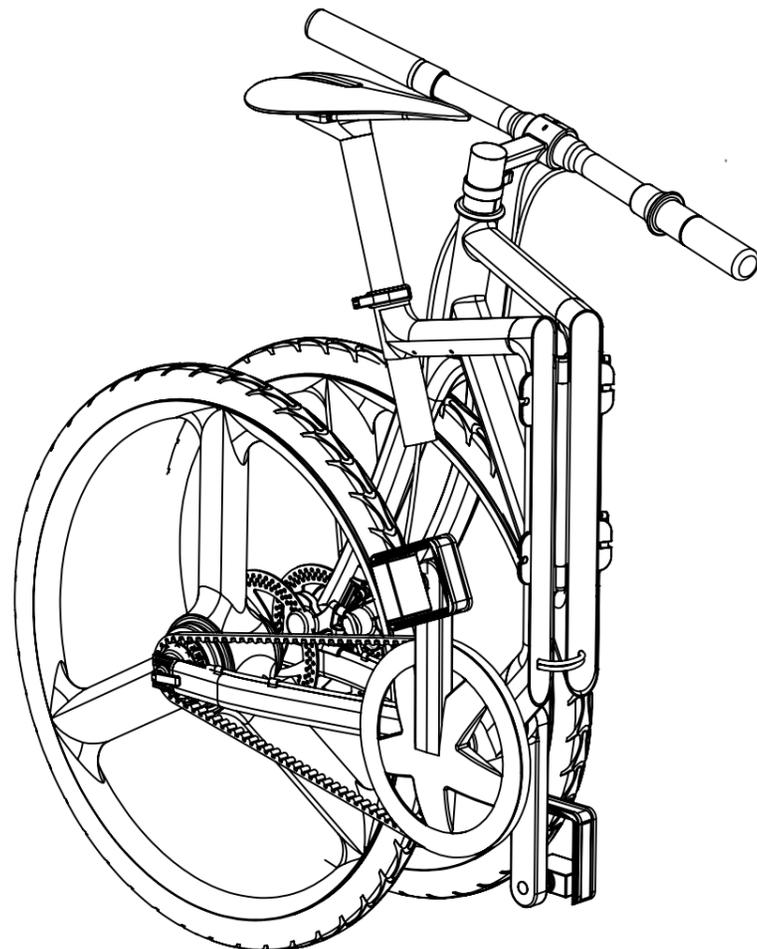
Vista Lateral Esquerda  
Esc. 1:5



Vista Anterior  
Esc. 1:5



Vista Lateral Direita  
Esc. 1:5



Vista Superior  
Esc. 1:5

NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO
TÍTULO:		
Bicicleta - Dobrada		
DES. Nº	Bicicleta - Final	A3
ESCALA: 1:10	FOLHA 2 DE 23	

Selim Specialized Milano Sport Gel

Canote Ritchey Pro Carbon  
Medida 31.6mm x 300mm

Pneu Schwalbe Delta Cruiser  
Medida 24 x 1 3/8

Correia Gates Carbon Belt

Roda Traseira  
Ver lista de detalhes na prancha 5

Pedivela Token Alloy Track Crankset

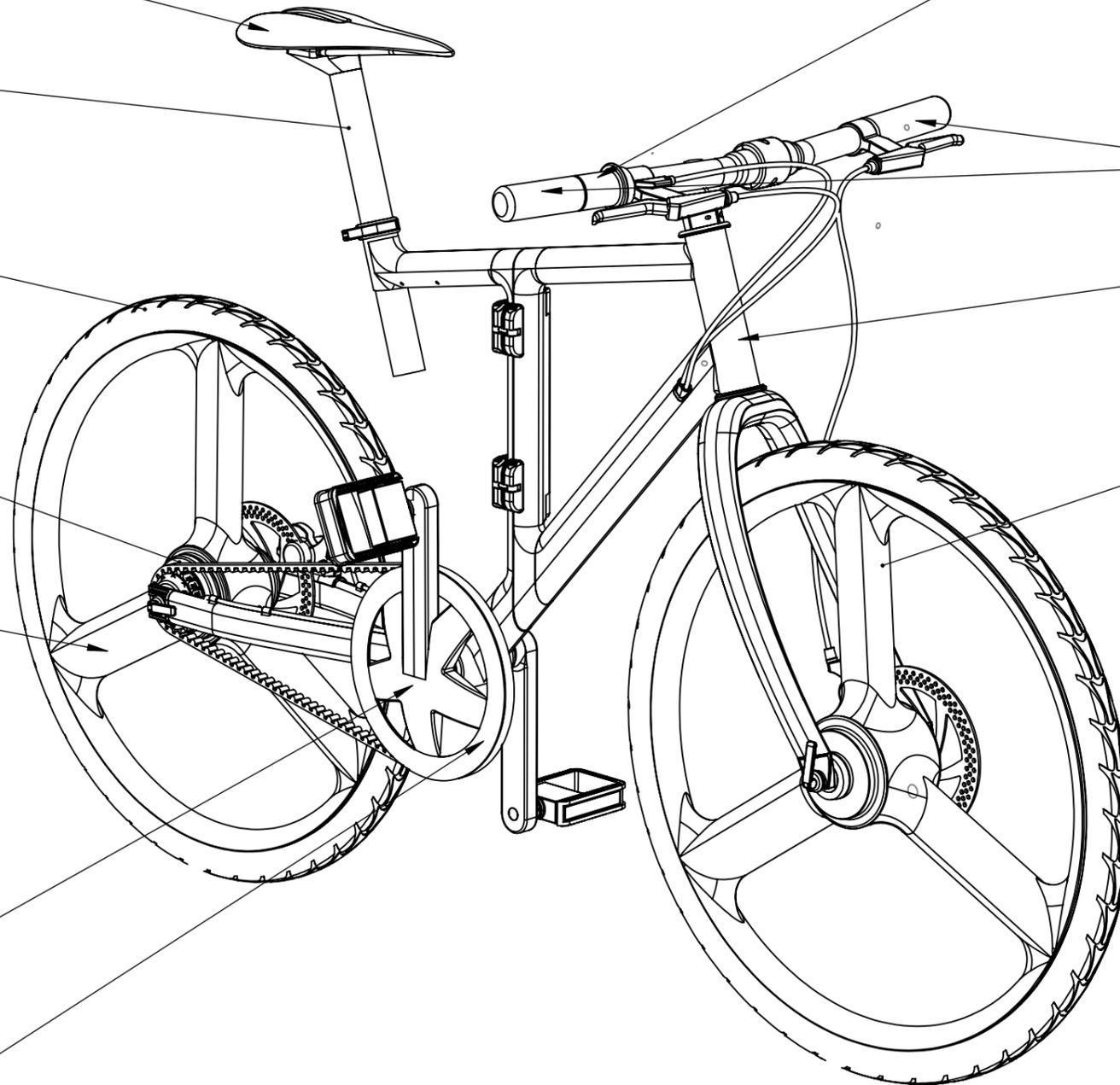
Coroa Gates CDX11605AF10

Trocador de marchas SRAM i-Motion 9

Manoplas Ritchey Truegrip

Quadro  
Ver lista de detalhes na prancha 5

Roda Dianteira  
Ver lista de detalhes na prancha 5



NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO

REVISÃO

TÍTULO:

Bicicleta - Especificações

DES. Nº

Bicicleta - Final

A3

ESCALA:1:10

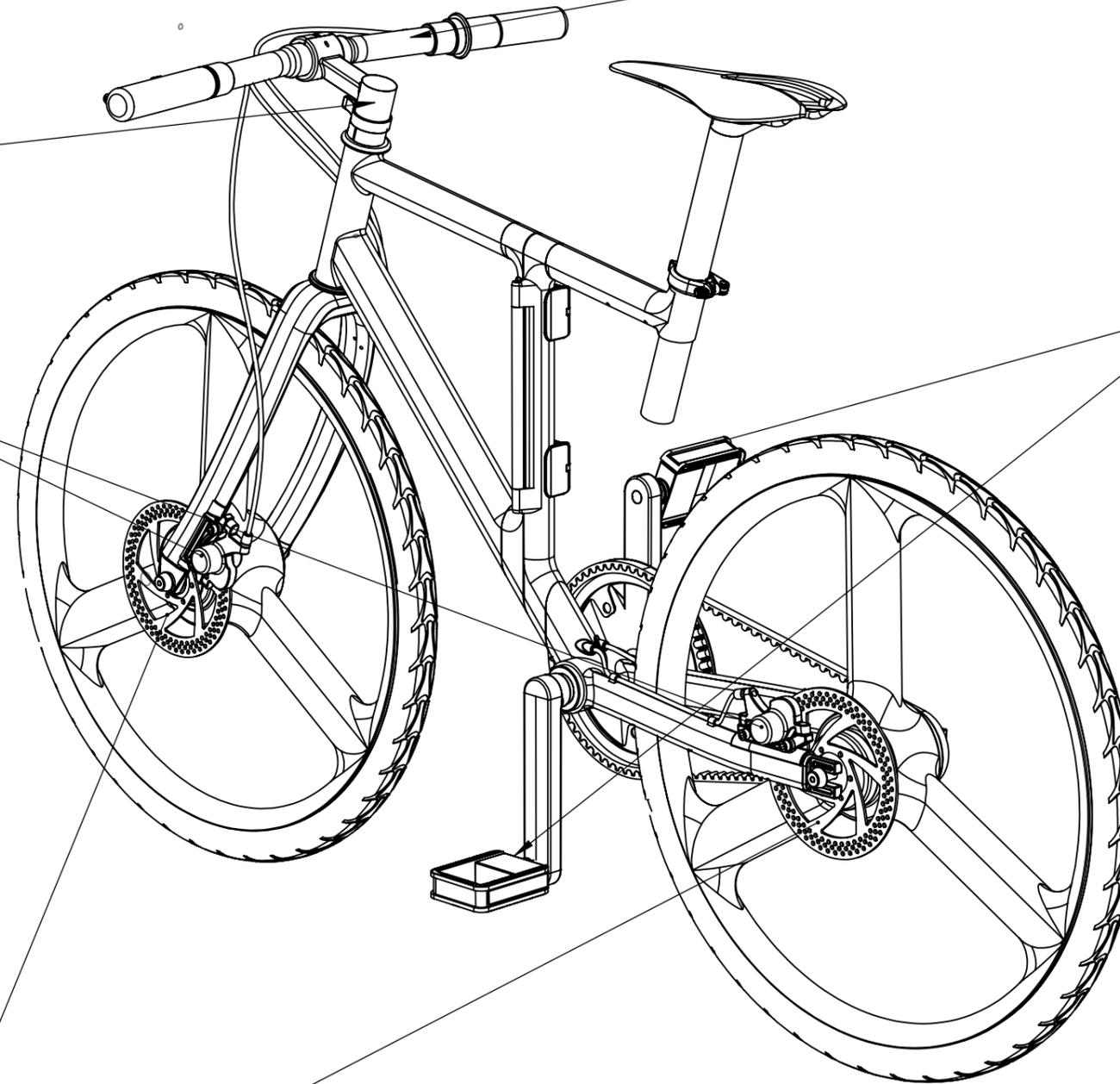
FOLHA 3 DE 23

Guidão Ritchey Comp Mountain Flatbar

Avanço do Guidão Oredon XC100

Pedais Suntour PL-NX70

Caliper de Freio Avid BB5 Road



Disco de Freio Avid C2 Cleansweep

NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO

REVISÃO

TÍTULO:

Bicicleta - Especificações

DES. Nº

Bicicleta - Final

A3

ESCALA: 1:10

FOLHA 4 DE 23

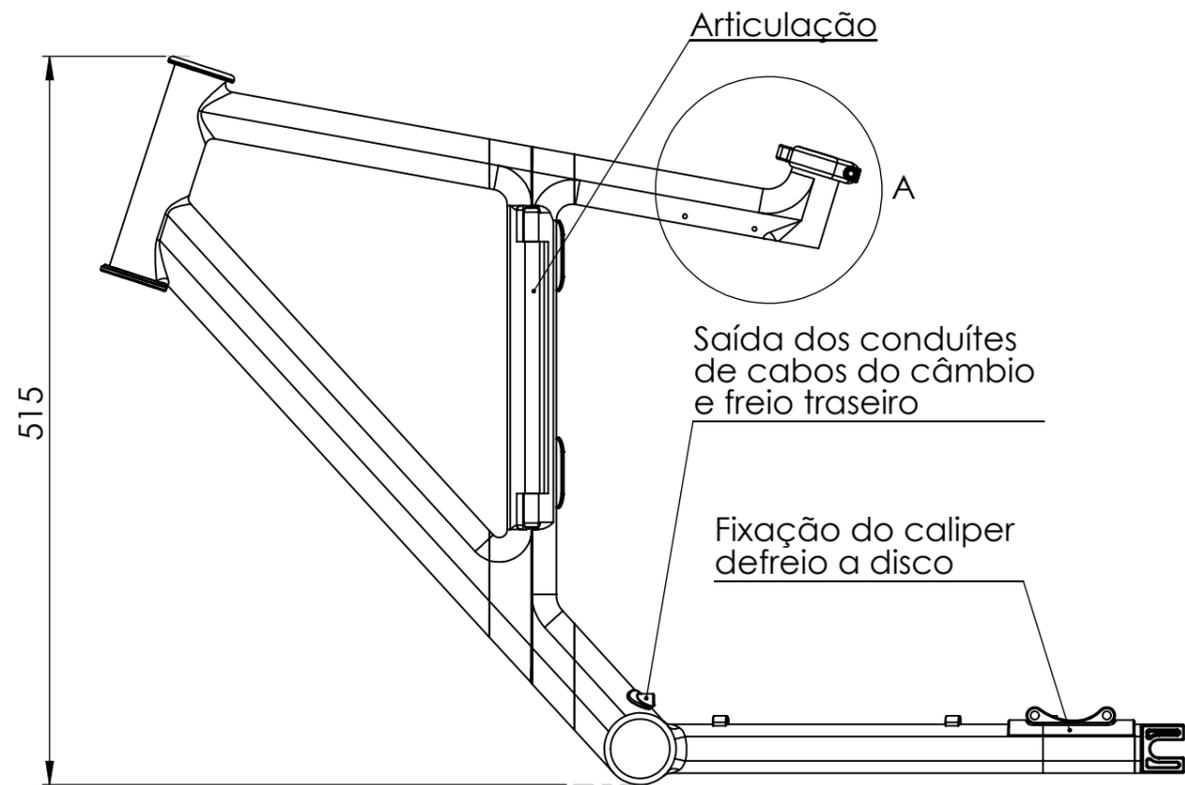
## Tabela de Detalhes dos Componentes Desenvolvidos

Componente	Material	Prancha	Descrição
Quadro	Fibra de carbono; Alumínio 7075 hidroformado.	6	Medidas gerais; Detalhe A: fixação do bagageiro.
		7	Detalhe B: ampliação da trava da articulação; Detalhe C: ampliação da trava da articulação; Detalhe D: ampliação da trava da articulação.
		8	Detalhe E: ampliação da articulação; Detalhe F: ampliação da articulação; Detalhe G: ampliação da trava da articulação; Detalhe H: ampliação da trava da articulação.
		9	Corte A-A: corte mostrando trava e articulação do quadro; Corte B-B: corte mostrando a trava da articulação; Detalhe I: ampliação do corte A-A; Detalhe J: ampliação do sistema de trava; Detalhe K: ampliação do sistema de trava.
		10	Detalhe L: ampliação da entrada dos cabos de freio e câmbio no quadro; Detalhe M: ampliação do sistema de trava aberto; Detalhe N: ampliação do sistema de trava aberto; Detalhe O: ampliação da passagem dos cabos no interior do quadro.
		11	Passo a passo para dobra da bicicleta.
		12	Corte C-C: corte longitudinal do quadro; Detalhe P: ampliação do Corte C-C - luva de interface entre a articulação e o quadro; Detalhe Q: ampliação do Corte C-C - reforços para fixação do bagageiro; Detalhe R: ampliação do Corte C-C - duto para saída de cabos; Detalhe S: ampliação do Corte C-C - passagem dos cabos na articulação do quadro.
		13	Corte D-D: seção do tubo superior do quadro; Corte E-E: seção do tubo inferior do quadro.
		14	Corte F-F: seção do tubo do suporte da roda traseira; Corte G-G: corte longitudinal do suporte da roda traseira.
Roda Dianteira	Fibra de carbono; Alumínio 6061.	15	Corte H-H: corte longitudinal da roda dianteira; Corte I-I: corte transversal da roda dianteira; Detalhe T: ampliação do Corte H-H - reforço nos raios de roda; Detalhe U: ampliação do Corte I-I - seção do aro de roda.
Roda Traseira	Fibra de carbono; Alumínio 6061.	16	Corte J-J: corte longitudinal da roda traseira; Corte K-K: corte transversal da roda traseira; Detalhe V: ampliação do Corte J-J - reforço nos raios de roda; Detalhe W: ampliação do Corte K-K - seção do aro de roda.
Garfo	Fibra de carbono; Alumínio 6061.	17	Corte L-L: corte longitudinal da perna esquerda do garfo; Corte M-M: corte longitudinal da perna direita do garfo; Corte N-N: corte longitudinal da perna direita do garfo; Detalhe X: ampliação do corte - LL - furação para fixação do paralamas dianteiro.
Guidão tipo Bullhorn	Alumínio 6061.	18	Dimensões gerais; Corte O-O: seção do tubo.
Guidão tipo Riser	Alumínio 6061.	19	Dimensões gerais; Corte P-P: seção do tubo.
Bicicleta		20	Vista da bicicleta com os acessórios instalados.
Bagageiro	Alumínio 6061.	21	Dimensões gerais; Corte Q-Q: corte longitudinal do bagageiro.
Paralamas Dianteiro	Alumínio 6061; ABS.	22	Dimensões gerais.
Paralamas Traseiro	Alumínio 6061.	23	Dimensões gerais; Detalhe Y: ampliação da vista anterior da fixação do bagageiro; Detalhe Z: ampliação da vista lateral direita da fixação do bagageiro.

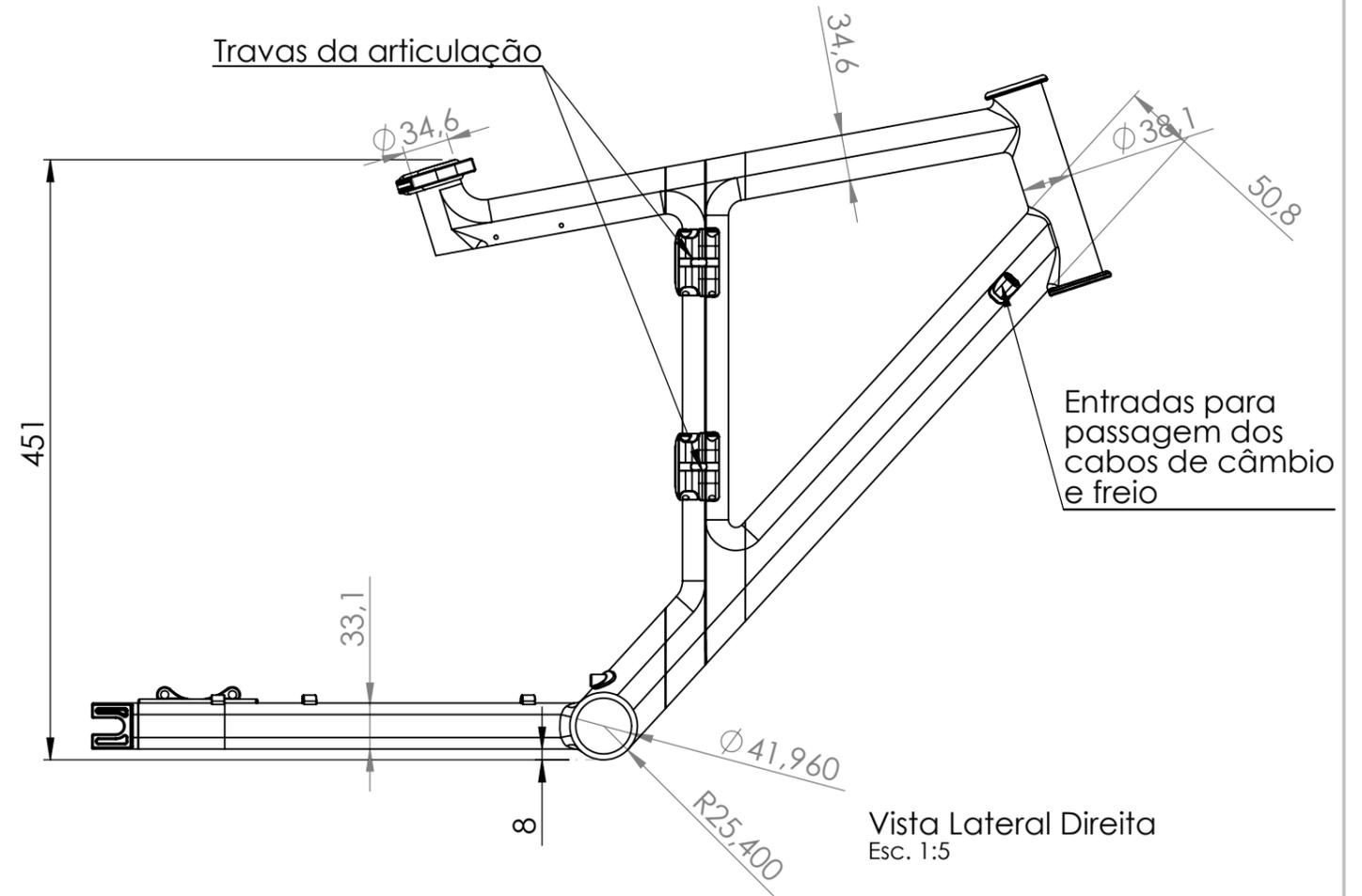
## Tabela de Especificação dos Componentes Comerciais

Componente	Marca	Modelo
Selim	Specialized	Milano Sport Gel
Canote do Selim	Ritchey	Pro Carbon 31.6 x 300 mm
Pneu	Schwalbe	Delta Cruiser 24 x 1 3/8
Manetes de Freio	SRAM	FR-5
Trocador de marchas	SRAM	i-Motion 9 Shifter
Manopla	Ritchey	Truegrip
Pedal	Suntour	PL-NX70
Pedivela	Token	Alloy Track Crankset
Coroa	Gates	CDX11605AF10
Caliper de Freio	Avid	BB5 Road
Disco de Freio	Avid	G2 Cleansweep
Avanço do Guidão	Oredon	XC100
Guidão	Ritchey	Comp Mountain Flat Bar

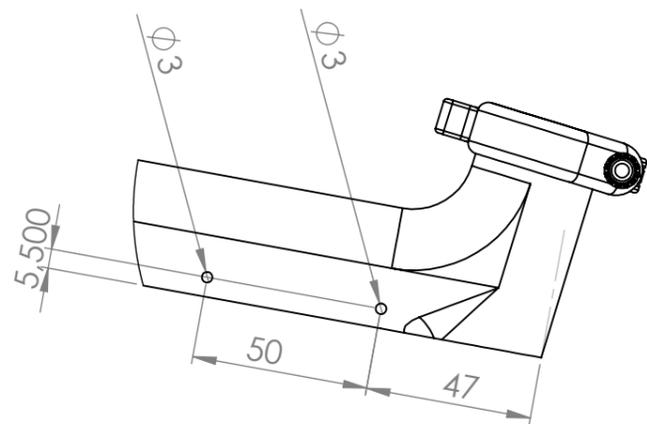
NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO
TÍTULO:		
Tabelas de Especificações		
DES. Nº	Bicicleta - Final	A3
ESCALA: 1:10	FOLHA 5 DE 23	



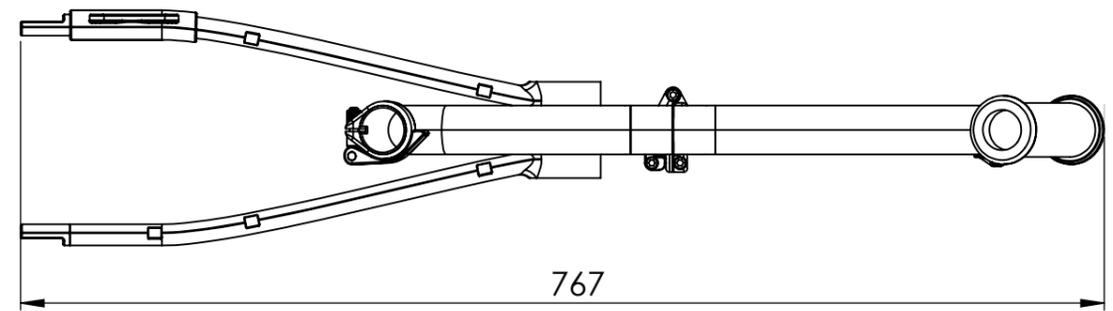
Vista Lateral Esquerda  
Esc. 1:5



Vista Lateral Direita  
Esc. 1:5

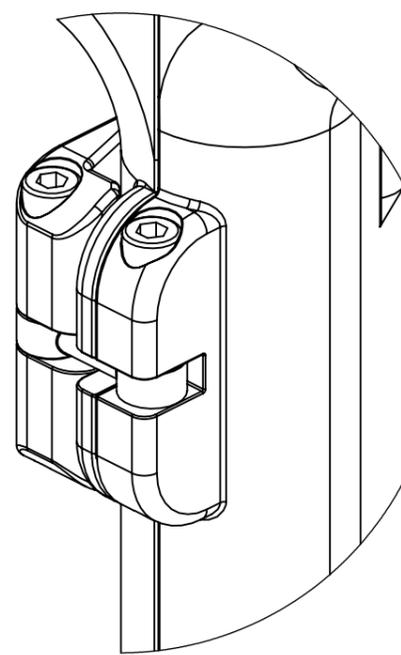
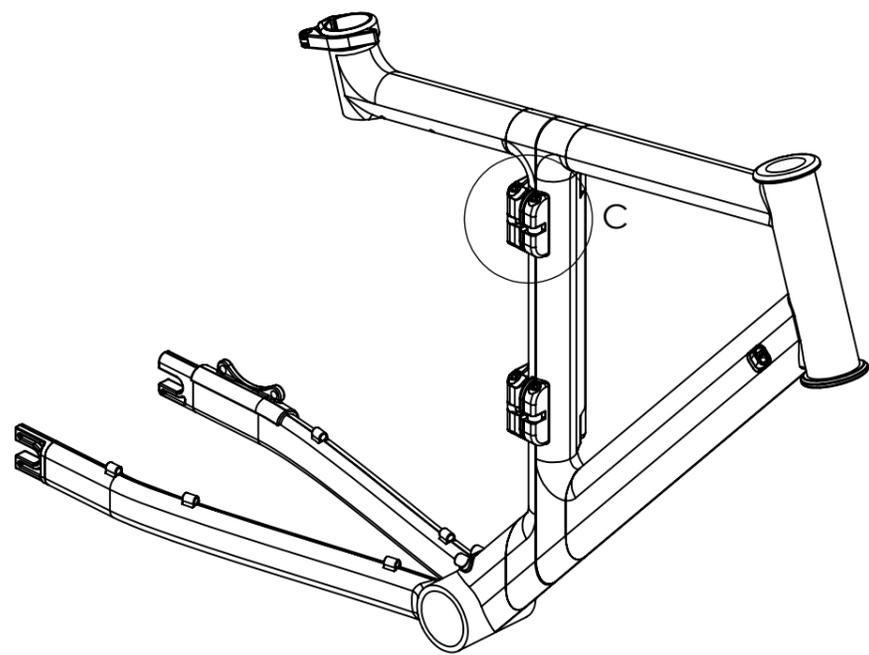


DETALHE A  
ESCALA 1 : 2

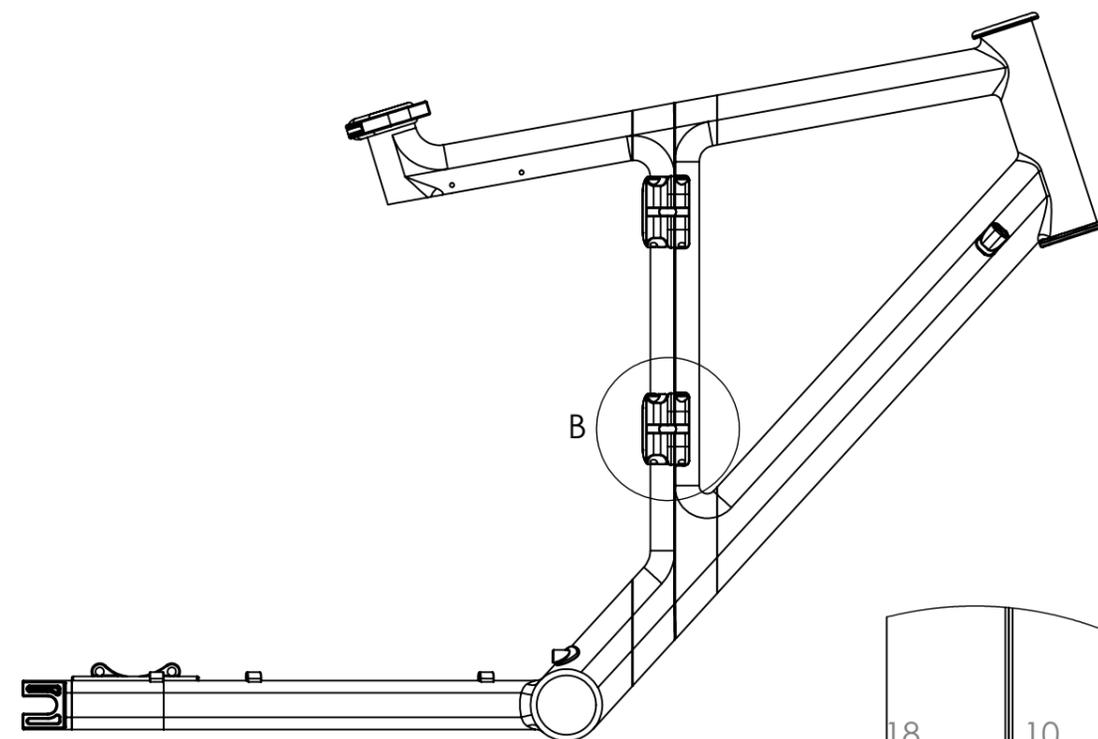


Vista Superior  
Esc. 1:5

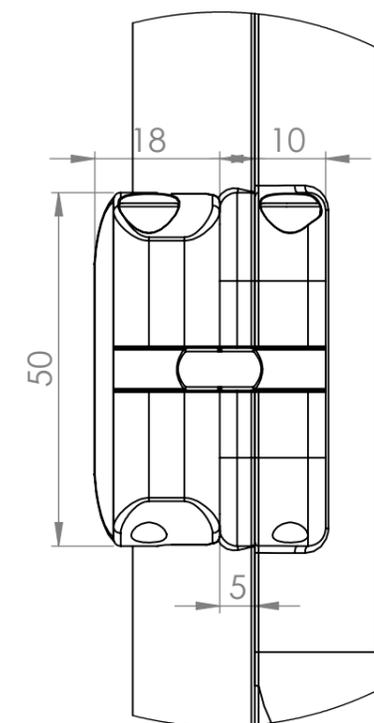
NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO
TÍTULO:		
<b>Quadro</b>		
DES. Nº	<b>Bicicleta - Final</b>	A3
ESCALA: 1:10	FOLHA 6 DE 23	



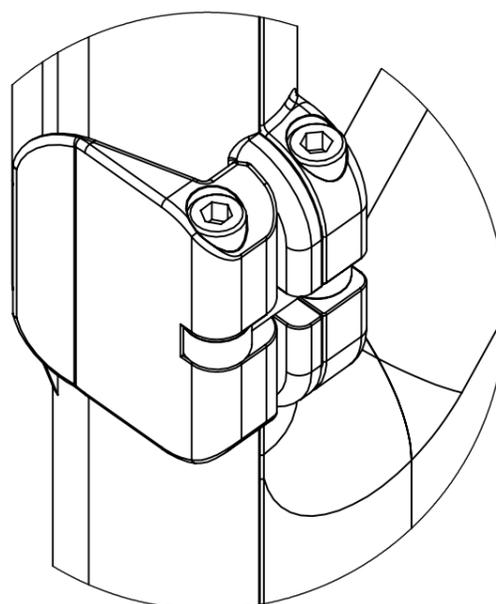
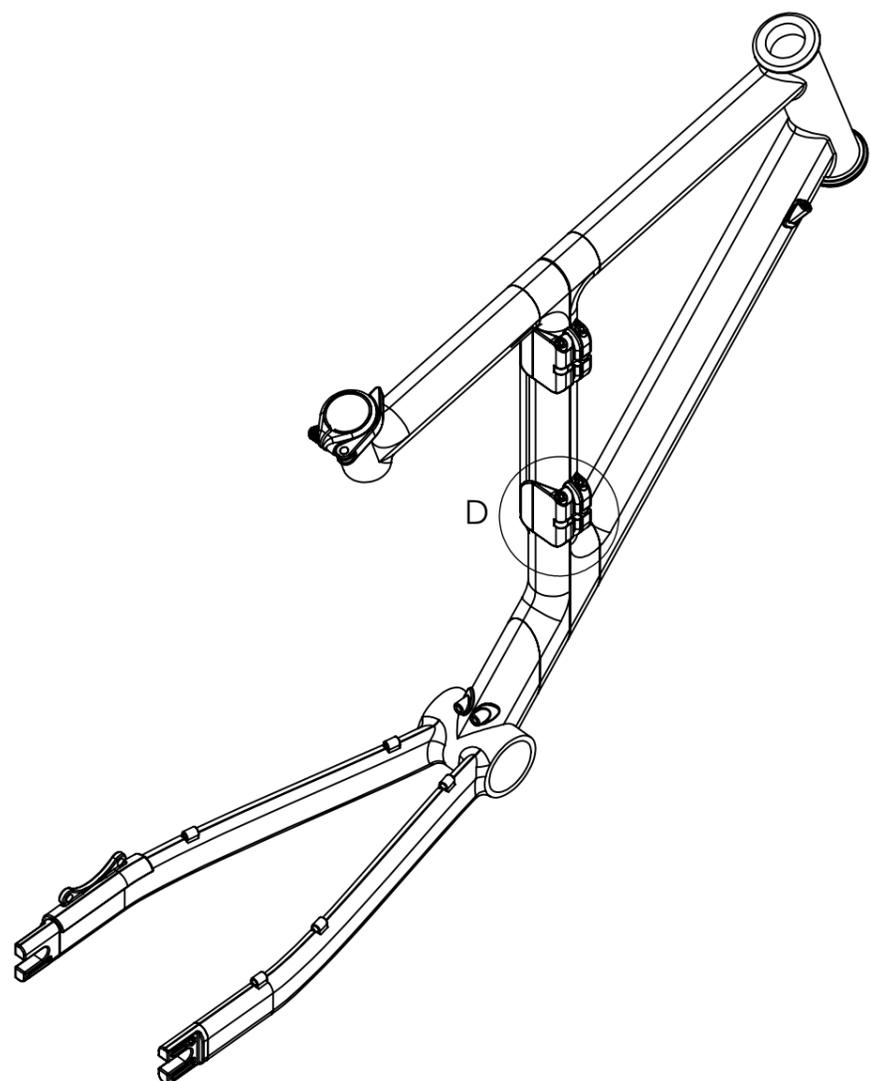
DETALHE C  
ESCALA 1 : 1



Vista Lateral Direita  
Esc. 1:5



DETALHE B  
ESCALA 1 : 1

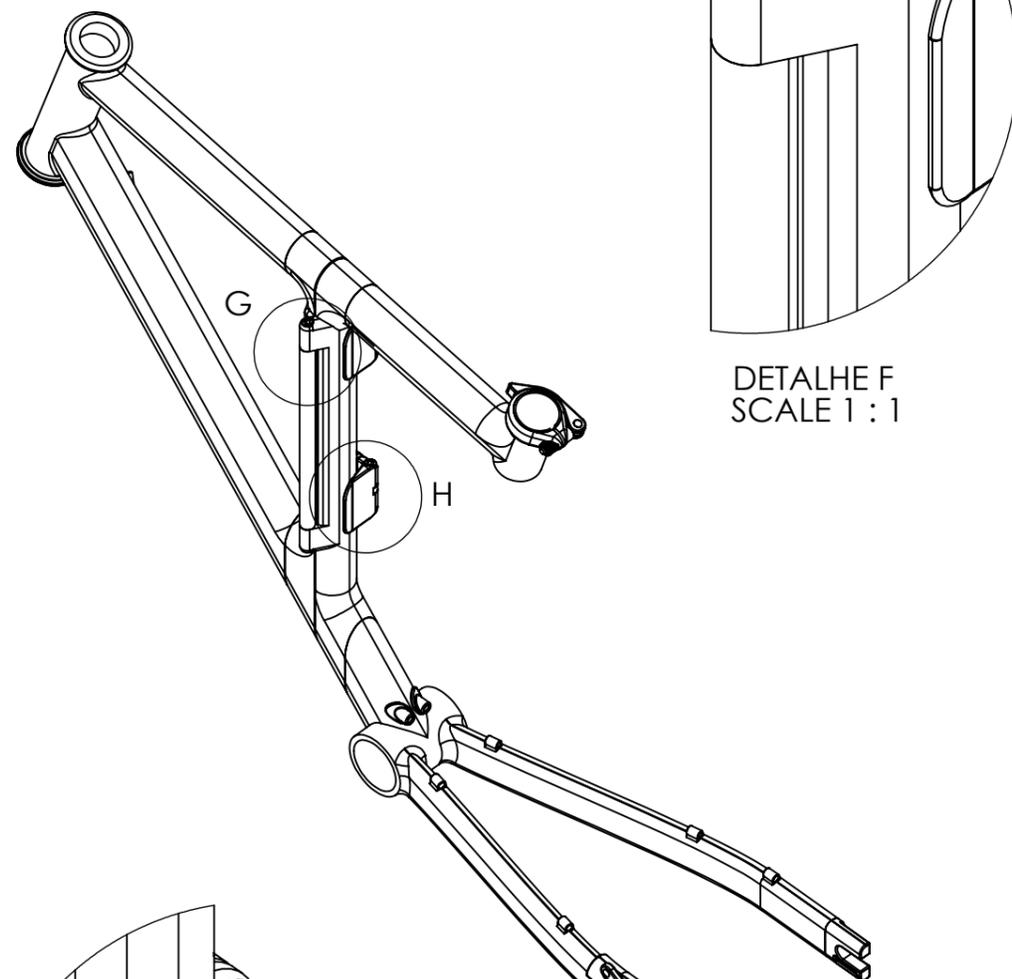


DETALHE D  
ESCALA 1 : 1

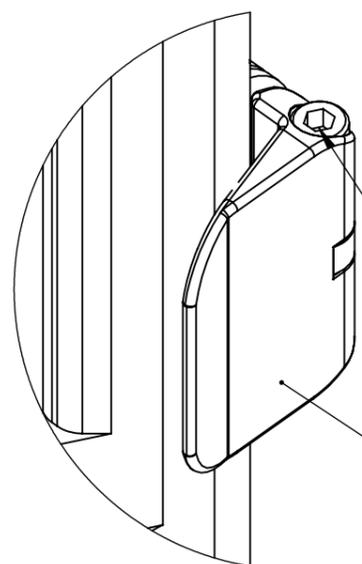
NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO
TÍTULO: <b>Quadro</b>		
DES. Nº	<b>Bicicleta - Final</b>	A3
ESCALA:1:10	FOLHA 7 DE 23	

Parafuso allen  
cabeça cilíndrica  
M5 x 45 mm

Articulação do quadro



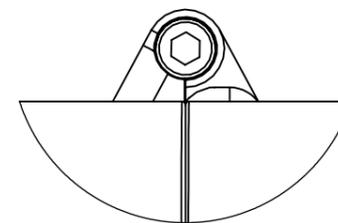
DETALHE F  
SCALE 1 : 1



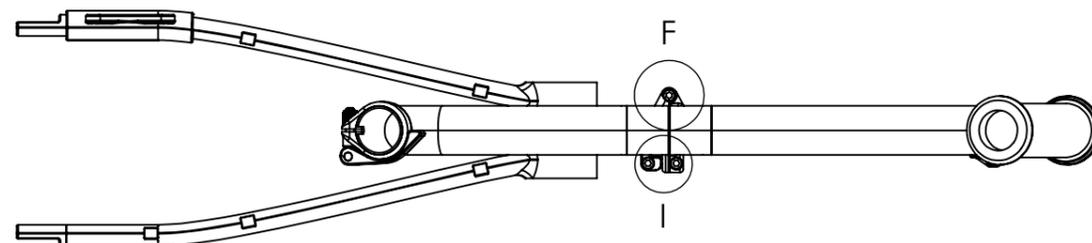
Parafuso allen  
cabeça cilíndrica  
M5 x 45 mm

Trava da articulação do quadro

DETALHE G  
ESCALA 1 : 1



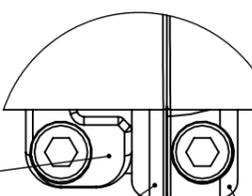
DETALHE E  
ESCALA 1 : 1



Vista Superior  
Esc. 1:5

Trava da articulação

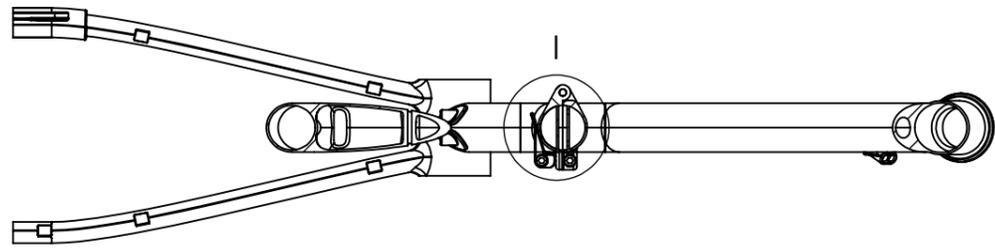
Segmento da articulação  
fixada à parte dianteira  
do quadro



DETALHE H  
ESCALA 1 : 1

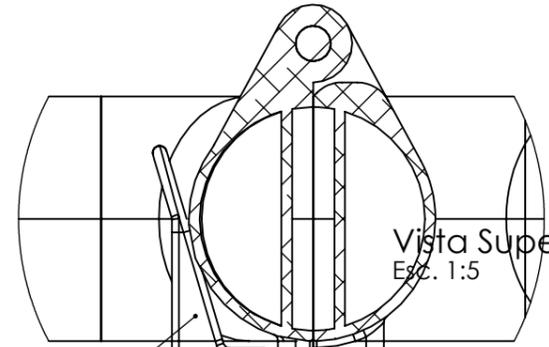
Segmento da articulação  
fixada à parte dianteira  
do quadro

NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO
TÍTULO: <b>Quadro</b>		
DES. Nº	<b>Bicicleta - Final</b>	A3
ESCALA: 1:10	FOLHA 8 DE 23	



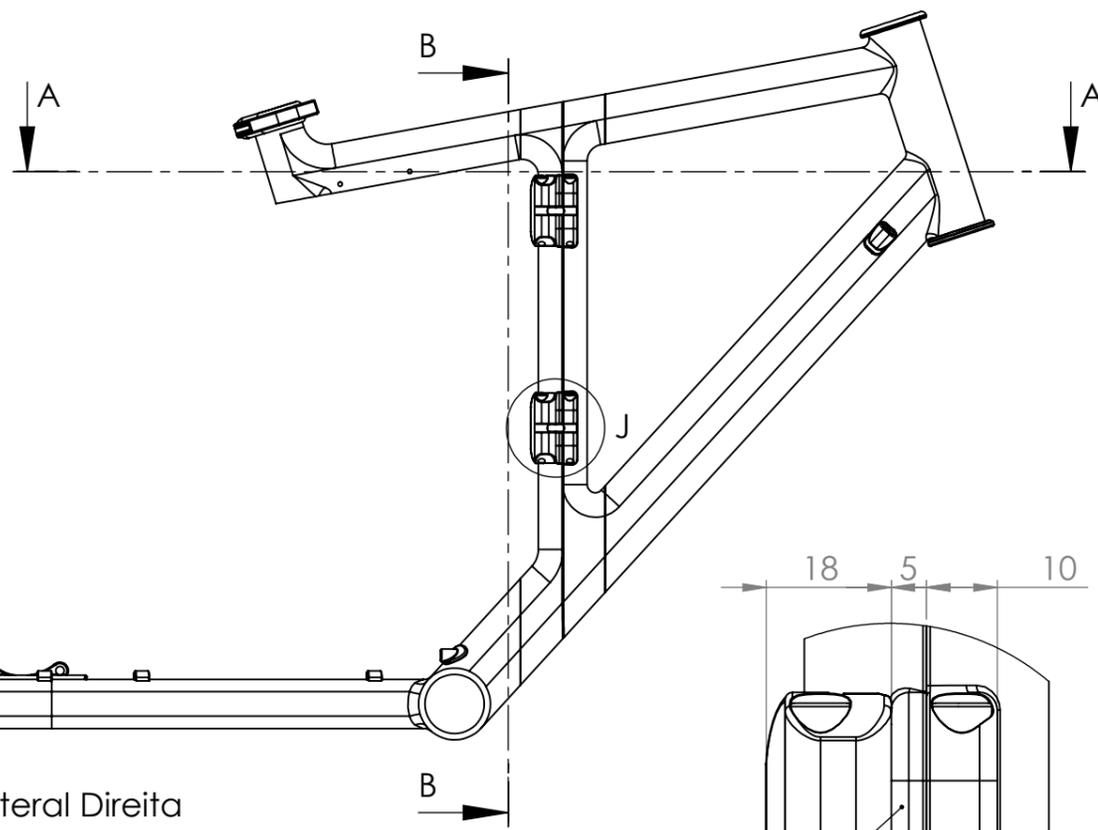
Vista Superior  
Esc. 1:5

CORTE A-A  
ESCALA 1 : 5

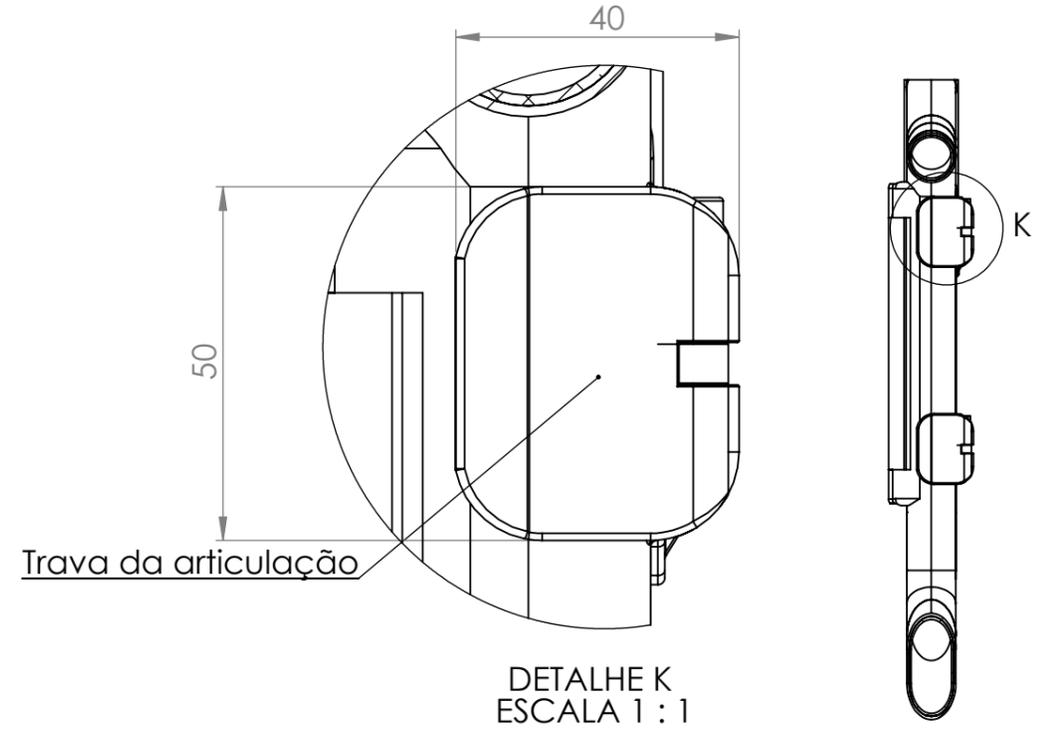


Vista Superior  
Esc. 1:5

Trava da articulação  
Superfície de travamento na articulação  
Fixação da trava  
DETALHE I  
ESCALA 1 : 1



Vista Lateral Direita  
Esc. 1:5



DETALHE K  
ESCALA 1 : 1

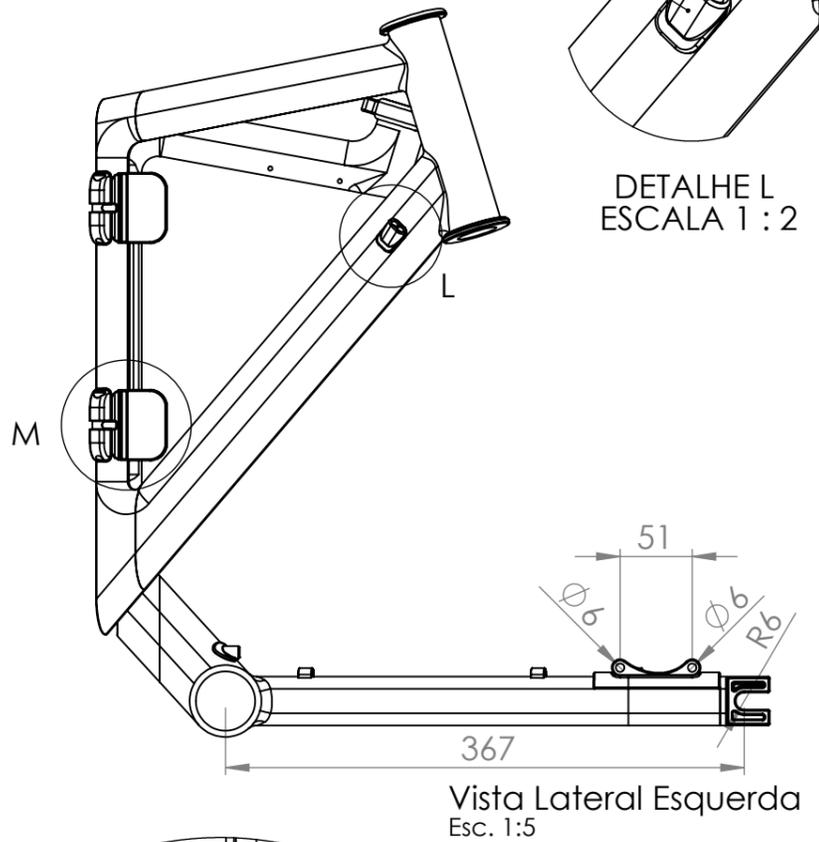
CORTE B-B  
ESCALA 1 : 5

Superfície de travamento  
Trava da articulação  
Eixo da trava  
Fixação da trava

DETALHE J  
ESCALA 1 : 1

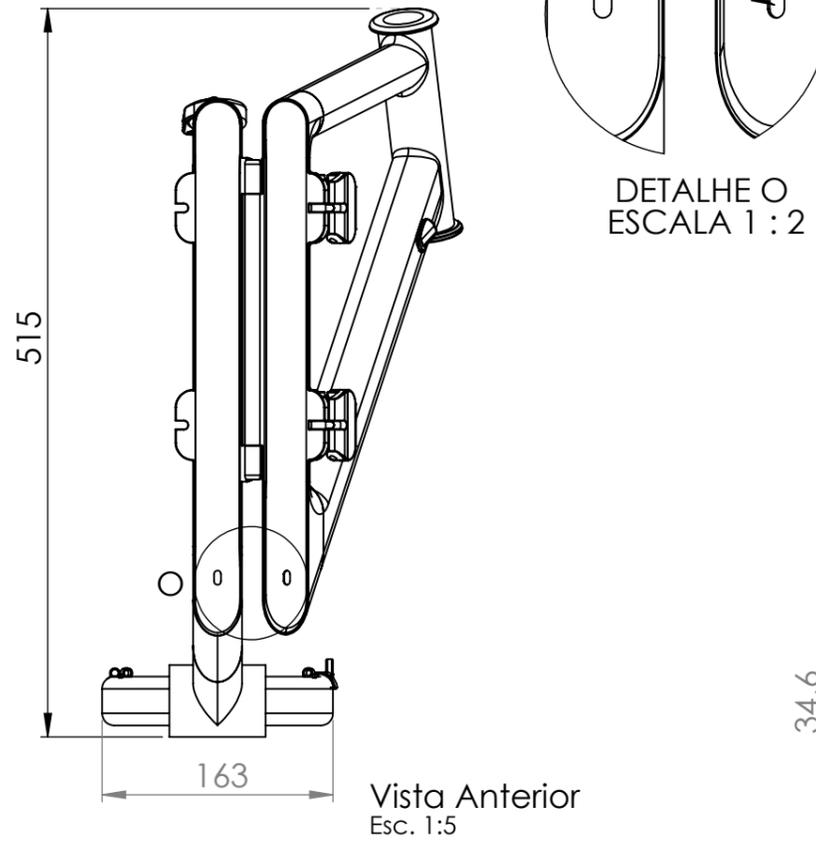
NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO
TÍTULO: <b>Quadro</b>		
DES. Nº	<b>Bicicleta - Final</b>	A3
ESCALA: 1:10	FOLHA 9 DE 23	

Entrada dos cabos de freio e câmbio

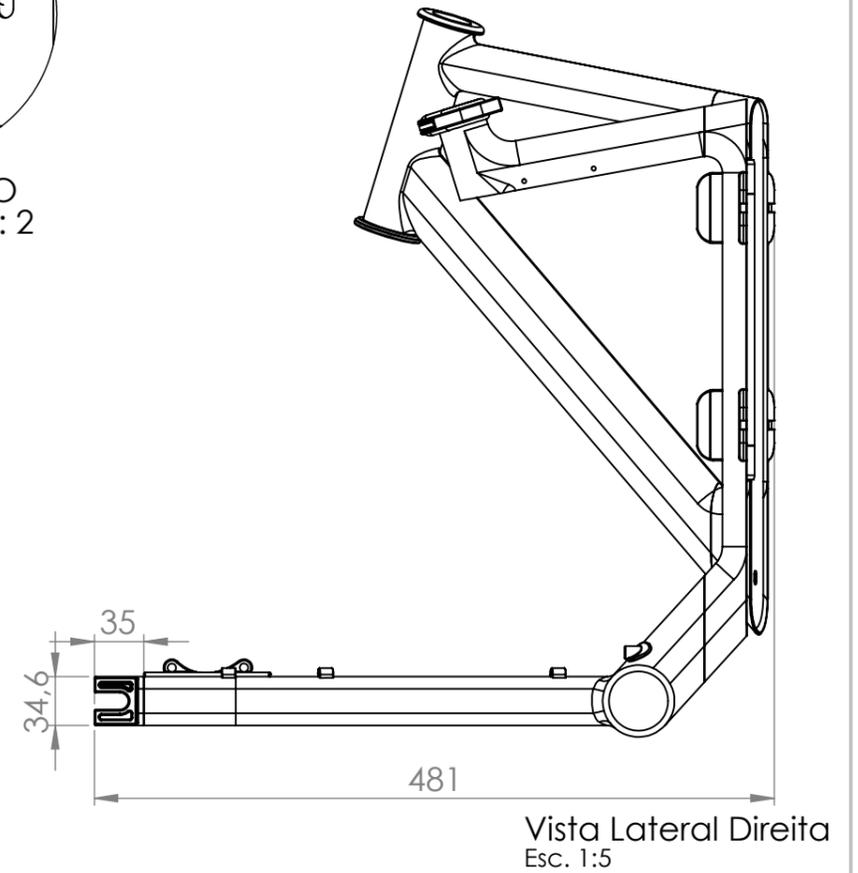


Vista Lateral Esquerda  
Esc. 1:5

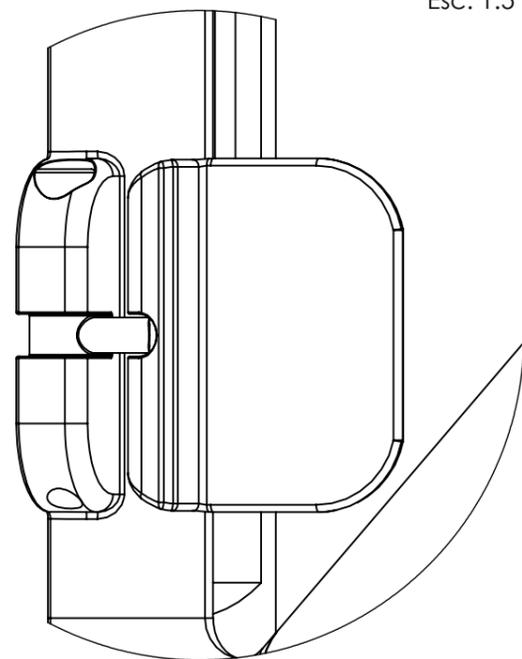
Passagem dos cabos de freio e câmbio



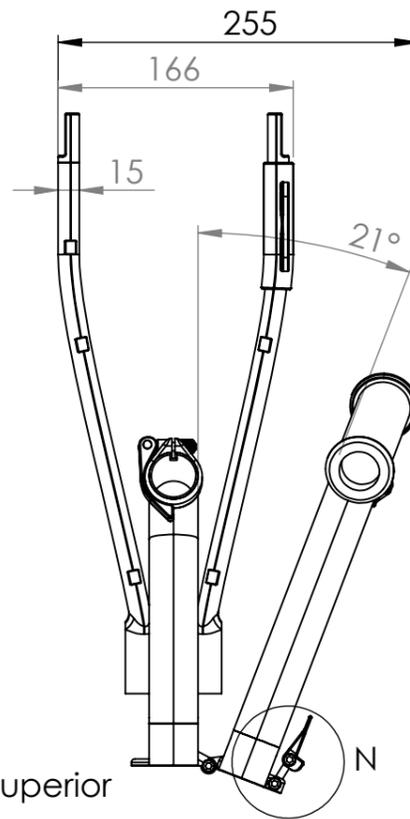
Vista Anterior  
Esc. 1:5



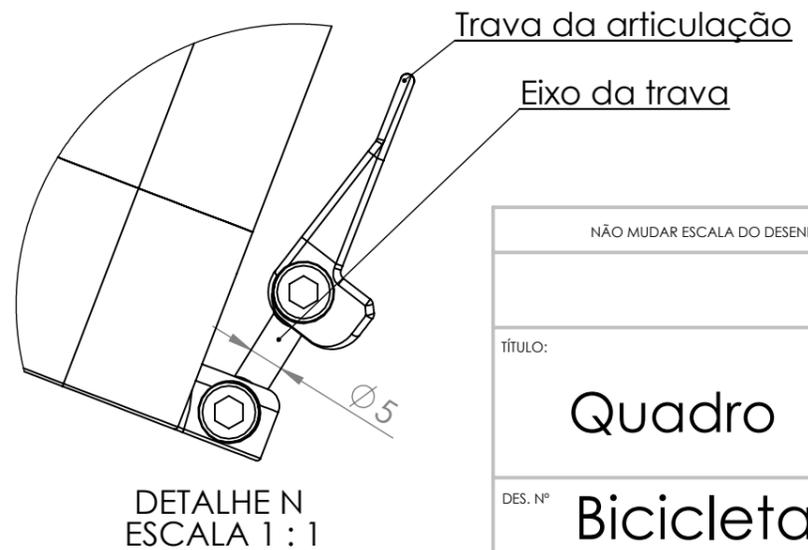
Vista Lateral Direita  
Esc. 1:5



DETALHE M  
ESCALA 1:1



Vista Superior  
Esc. 1:5



DETALHE N  
ESCALA 1:1

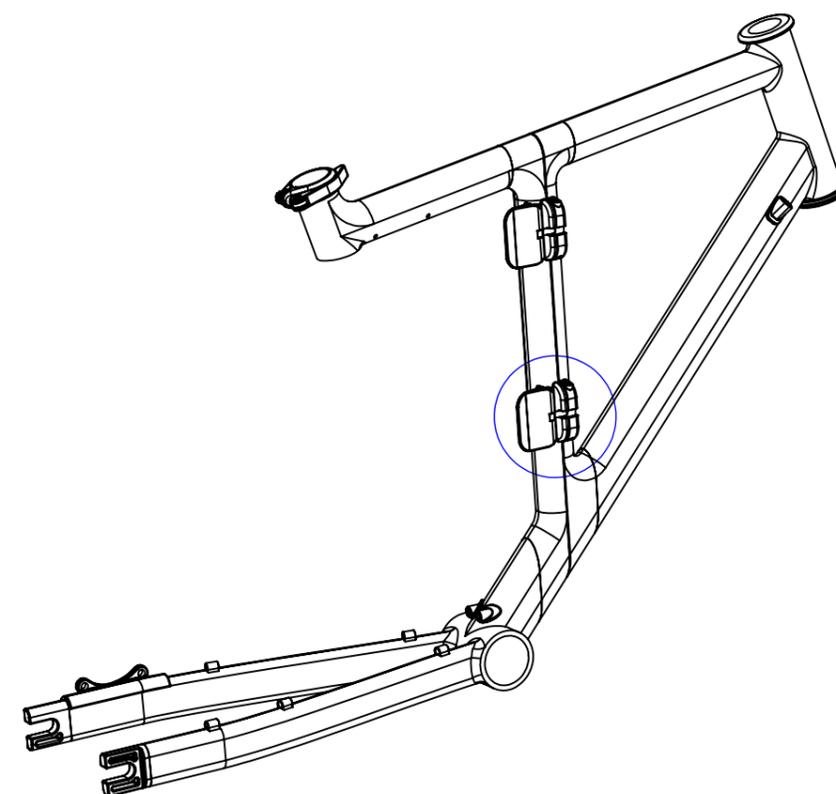
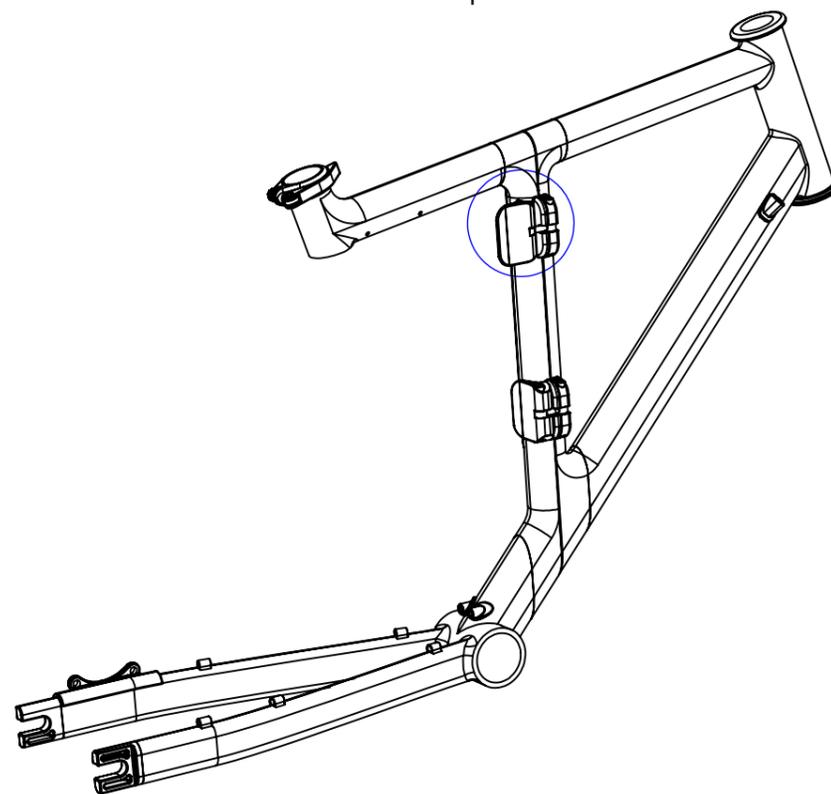
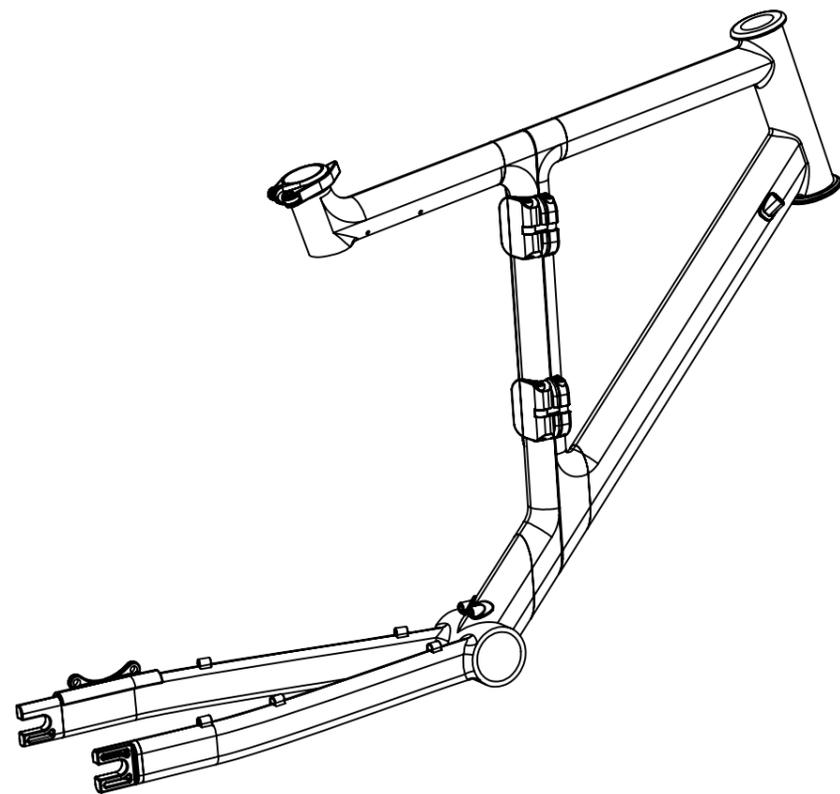
NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO	REVISÃO
TÍTULO:	
<b>Quadro</b>	
DES. Nº	<b>Bicicleta - Final</b>
ESCALA: 1:10	FOLHA 10 DE 23

A3

## Passo a passo do procedimento de dobra

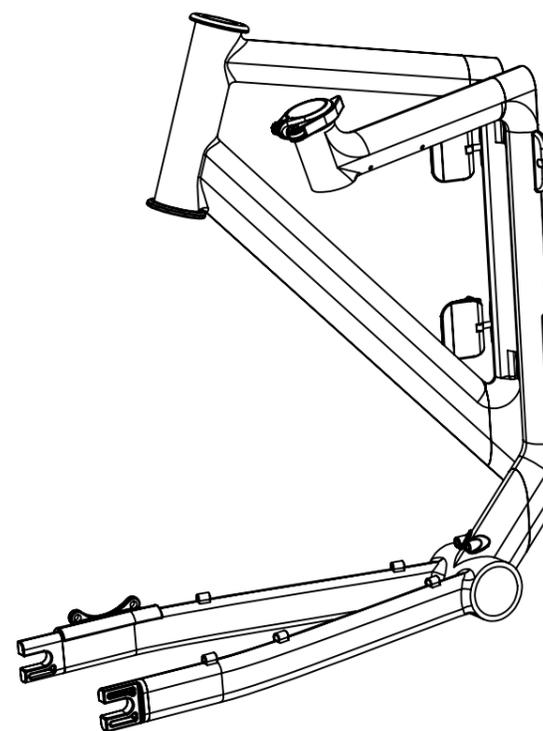
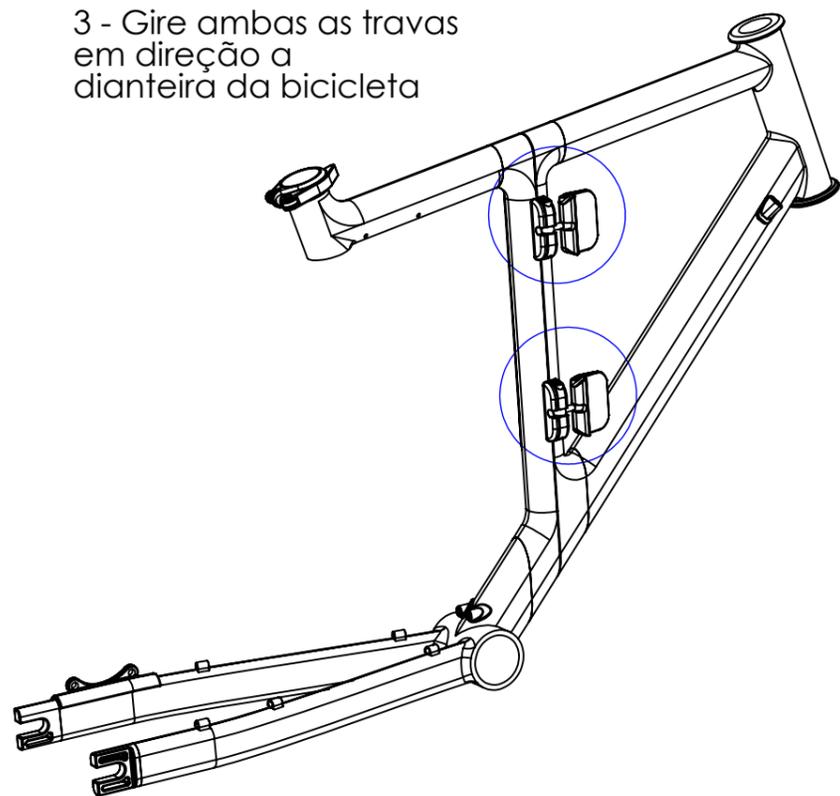
1 - Solte a trava superior

2 - Solte a trava inferior



3 - Gire ambas as travas em direção a dianteira da bicicleta

4 - Rotacione a dianteira do quadro



NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO

REVISÃO

TÍTULO:

Quadro

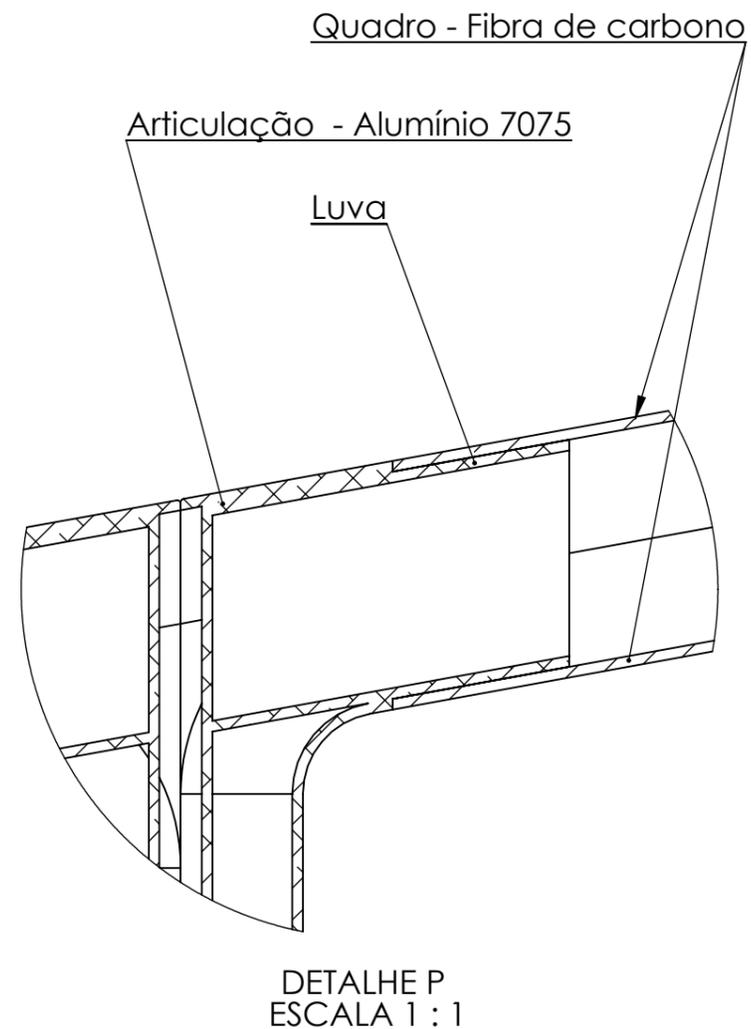
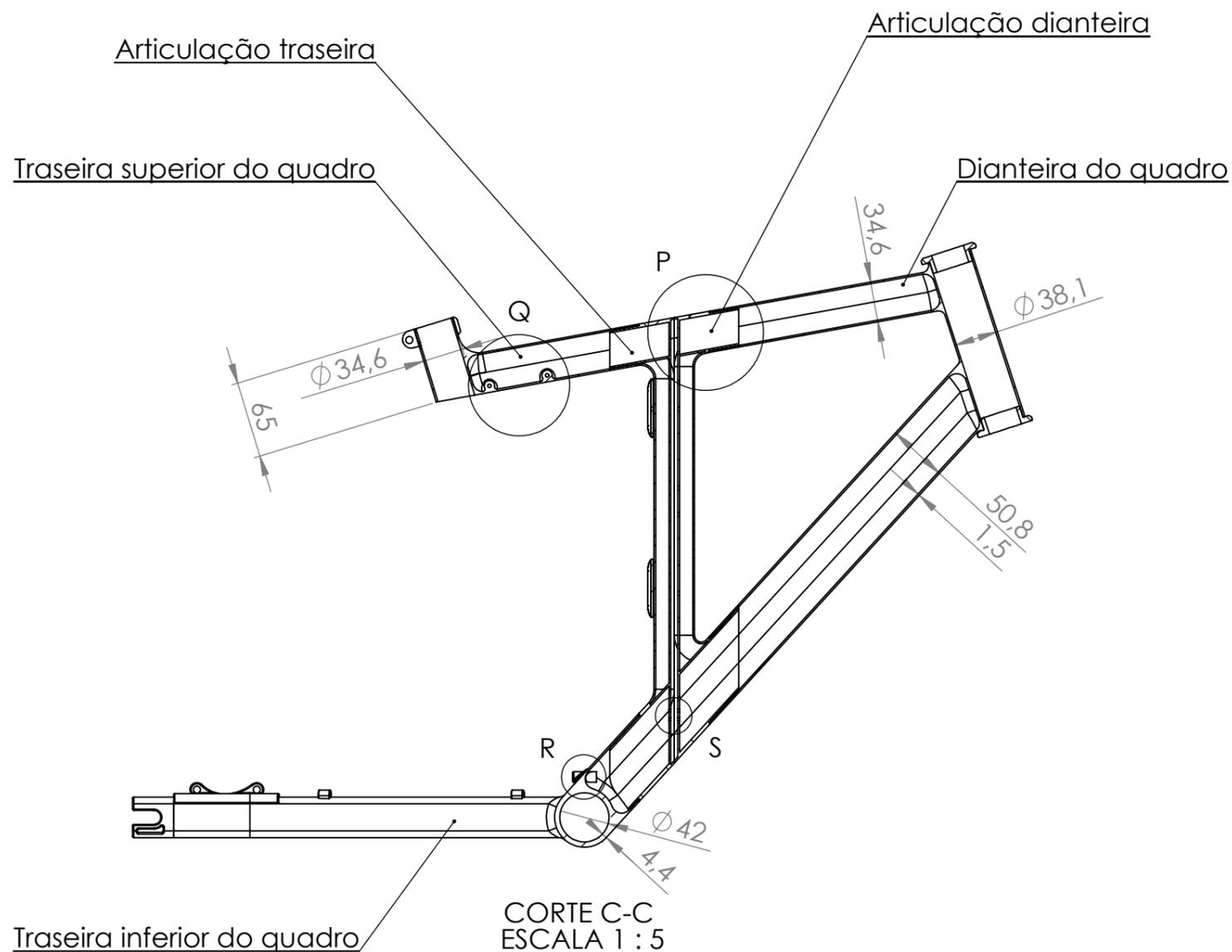
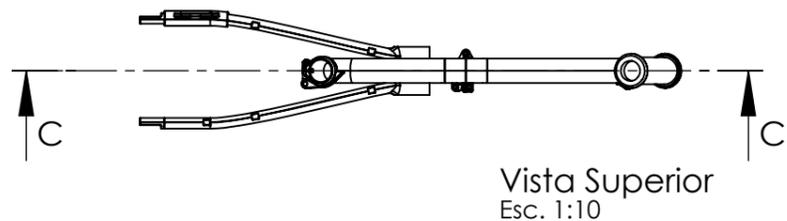
DES. Nº

Bicicleta - Final

A3

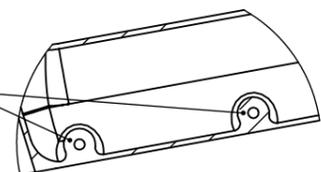
ESCALA:1:10

FOLHA 11 DE 23



A articulação do quadro é produzida em alumínio 7075 hidroformado, e a interface entre a articulação e a estrutura do quadro produzida em fibra de carbono é realizada com o uso de luvas que são fixadas dentro dos tubos do quadro.

Reforços para fixação do bagageiro



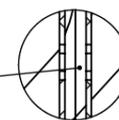
DETALHE Q  
ESCALA 1 : 2

Duto para saída dos cabos de freio e câmbio



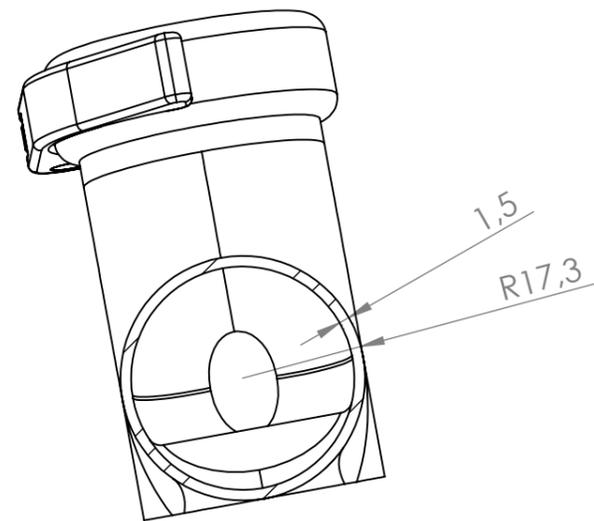
DETALHE R  
ESCALA 1 : 2

Passagem dos cabos de freio e câmbio na articulação

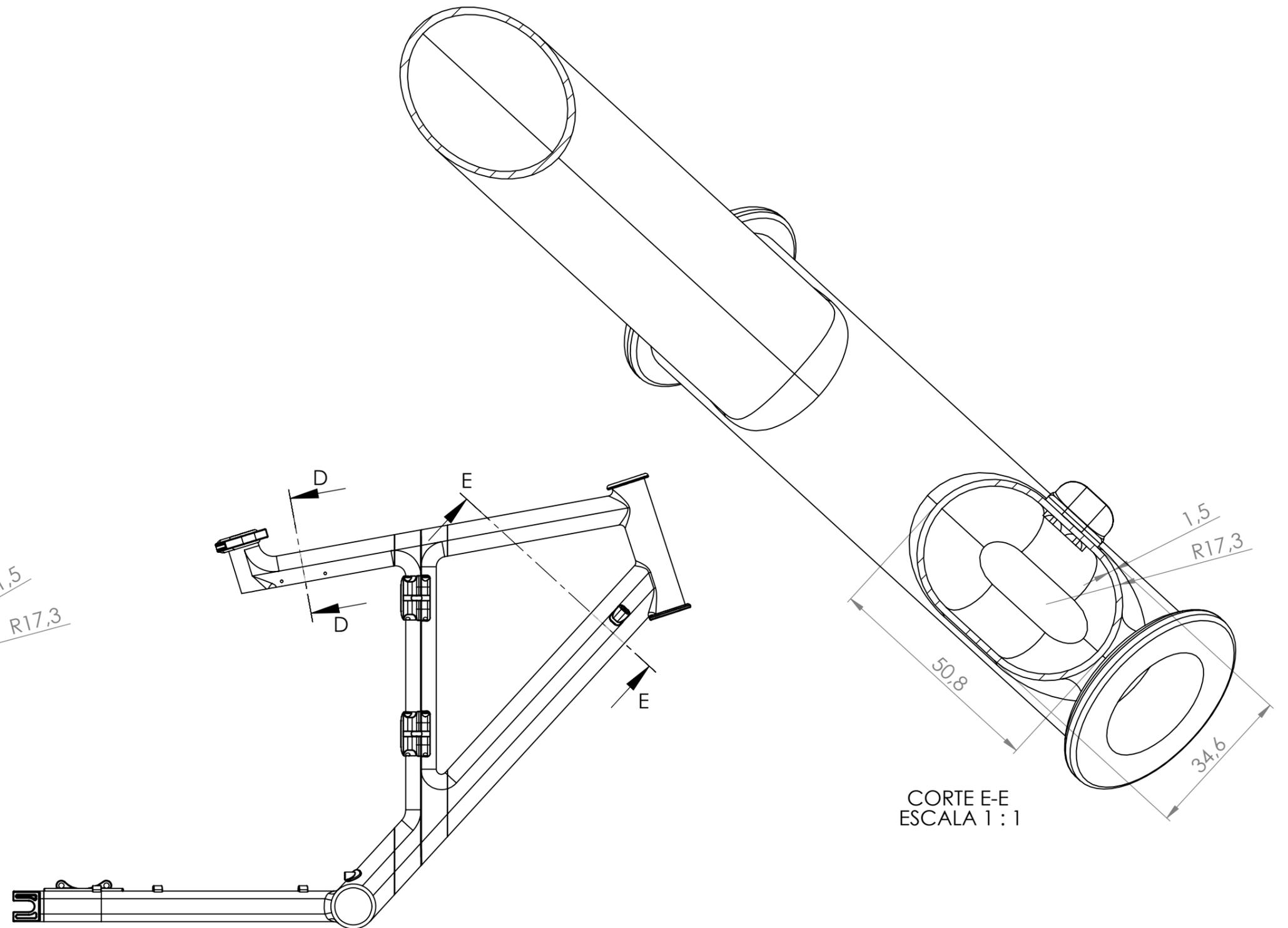


DETALHE S  
ESCALA 1 : 2

NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO
TÍTULO:		
<b>Quadro</b>		
DES. Nº	<b>Bicicleta - Final</b>	A3
ESCALA: 1:10	FOLHA 12 DE 23	



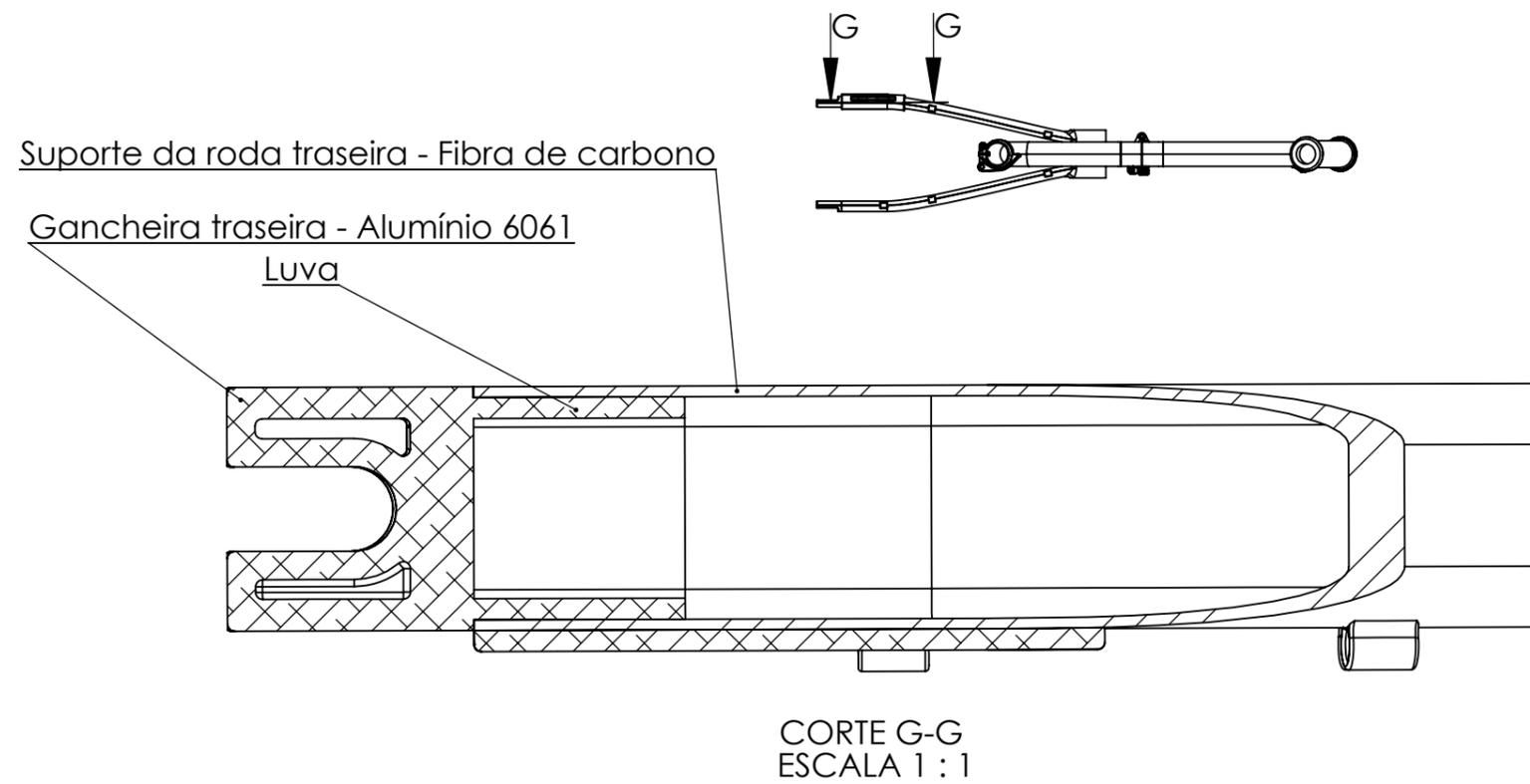
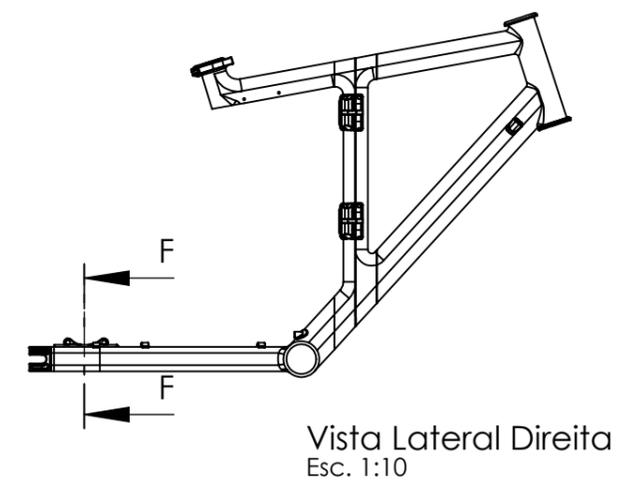
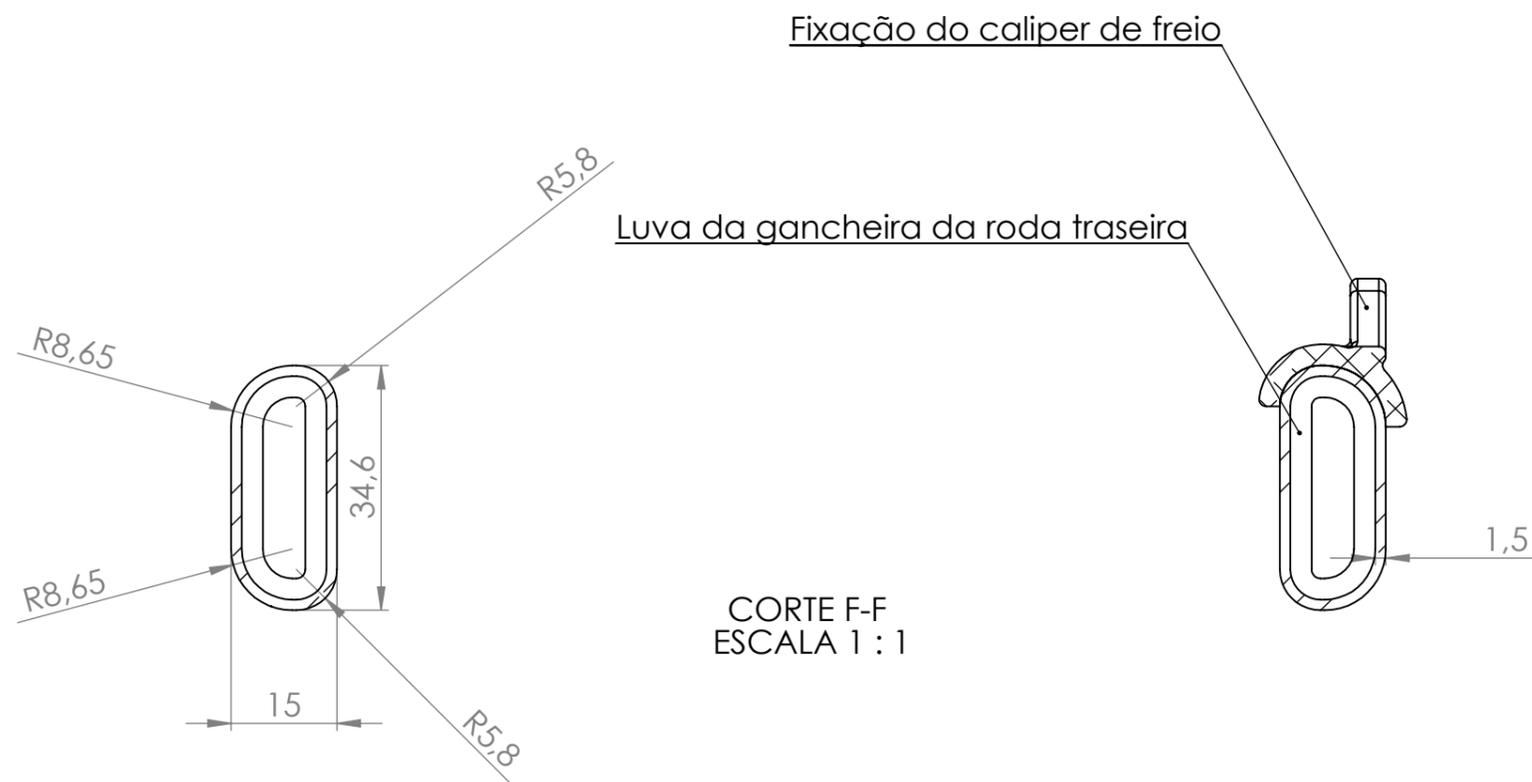
CORTE D-D  
ESCALA 1 : 1



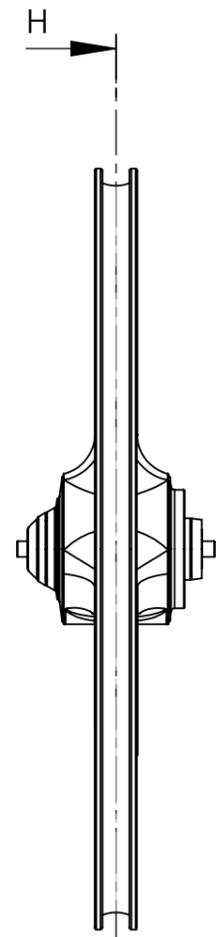
Vista Lateral Direita  
Esc. 1:5

CORTE E-E  
ESCALA 1 : 1

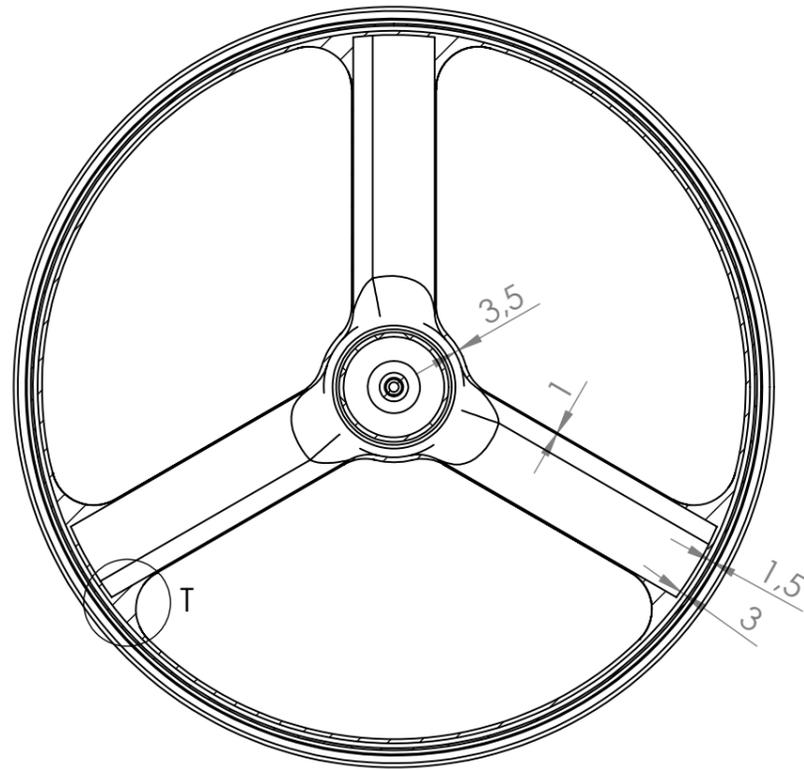
NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO
TÍTULO:		
Quadro		
DES. Nº	Bicicleta - Final	A3
ESCALA: 1:10	FOLHA 13 DE 23	



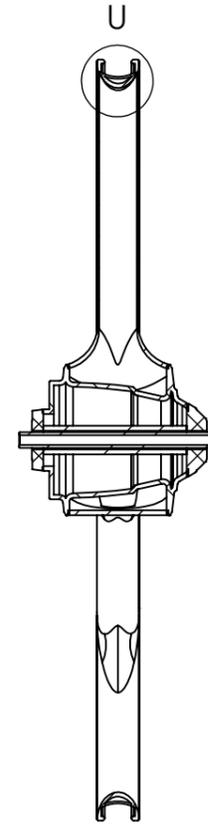
NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO
TÍTULO: <b>Quadro</b>		
DES. Nº	<b>Bicicleta - Final</b>	A3
ESCALA:1:10	FOLHA 14 DE 23	



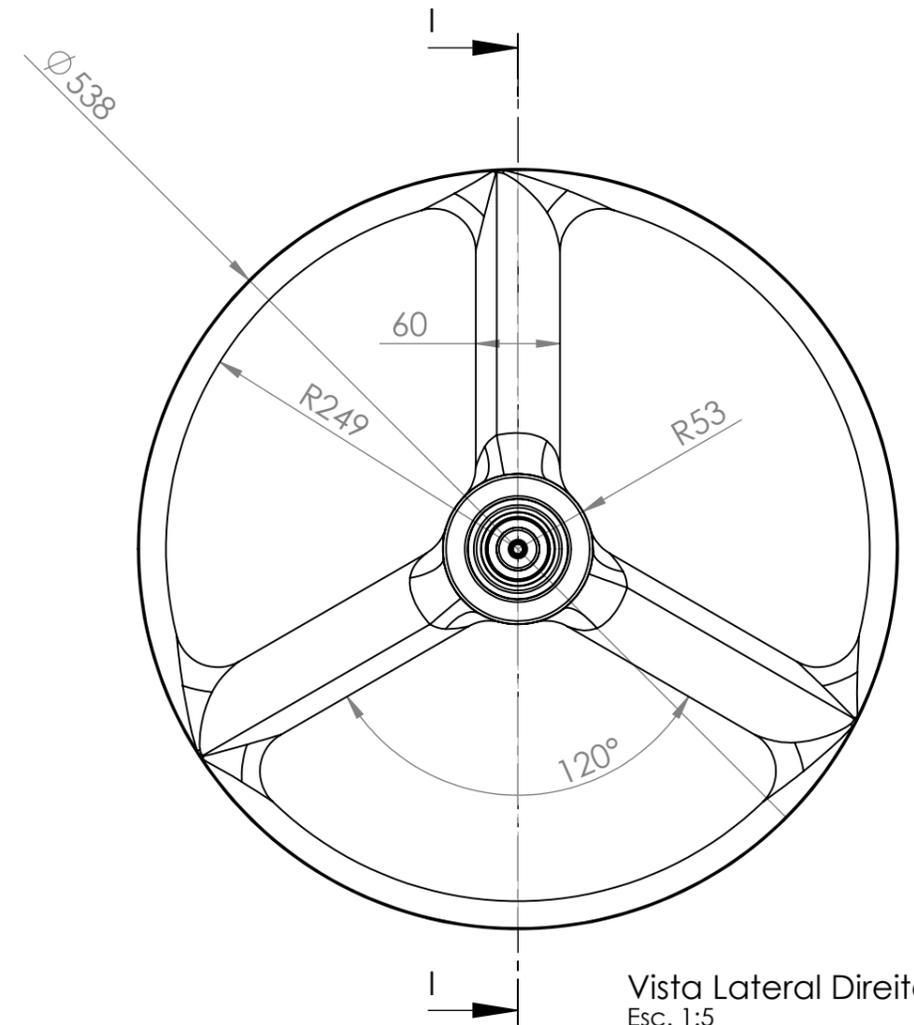
Vista Anterior  
Esc. 1:5



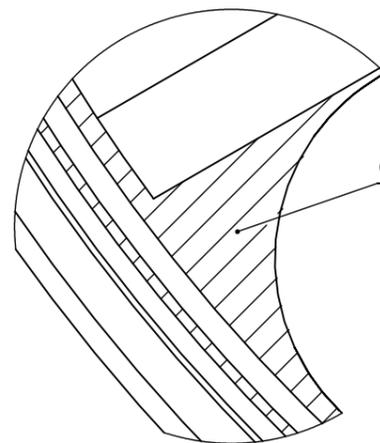
CORTE H-H  
ESCALA 1 : 5



CORTE I-I  
ESCALA 1 : 5

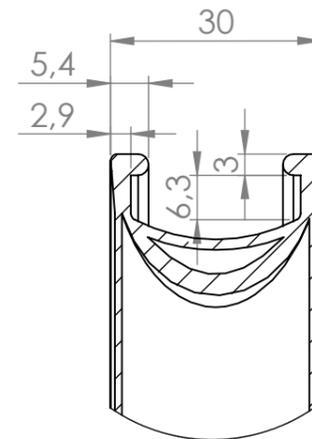


Vista Lateral Direita  
Esc. 1:5



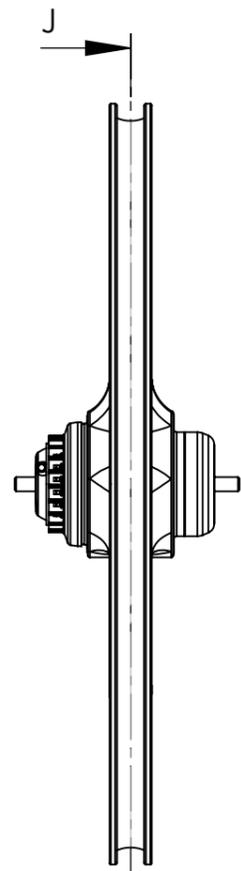
DETALHE T  
ESCALA 1 : 1

Reforço na união dos raios  
com o aro de roda

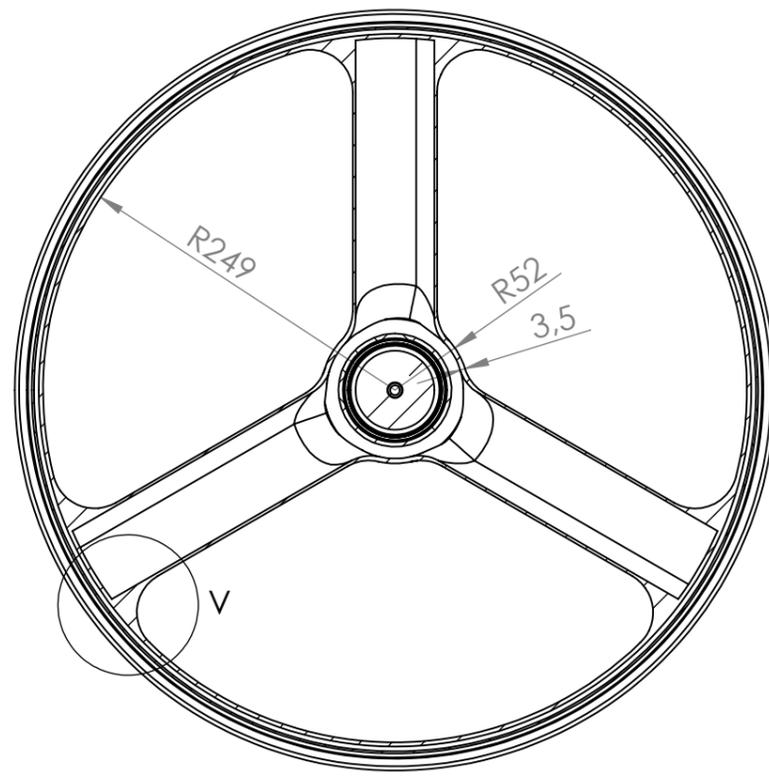


DETALHE U  
ESCALA 1 : 1

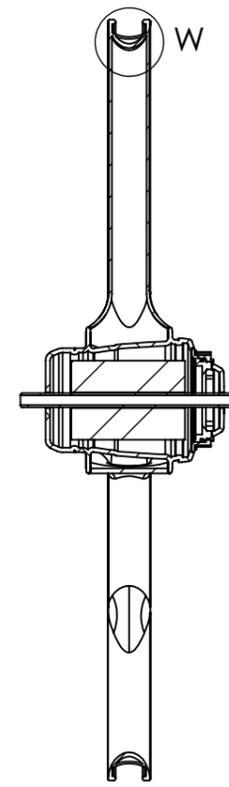
NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO
TÍTULO:		
Roda Dianteira		
DES. Nº	Bicicleta - Final	A3
ESCALA: 1:10	FOLHA 15 DE 23	



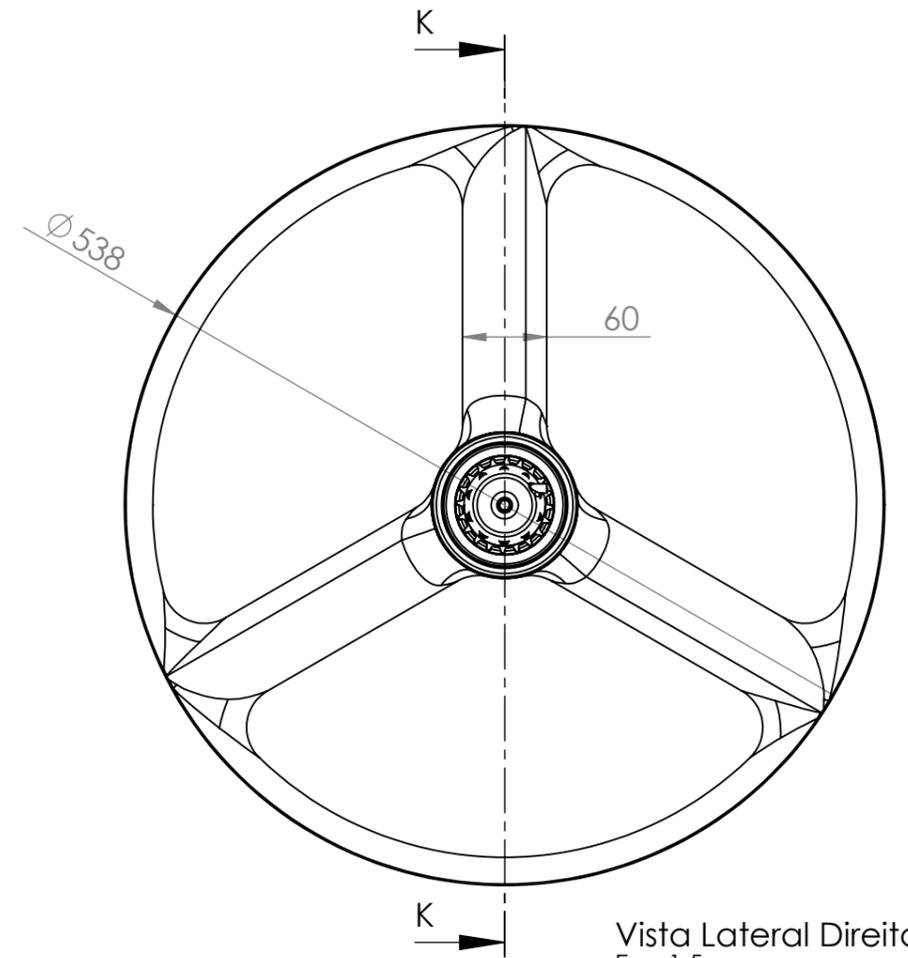
Vista Anterior  
Esc. 1:5



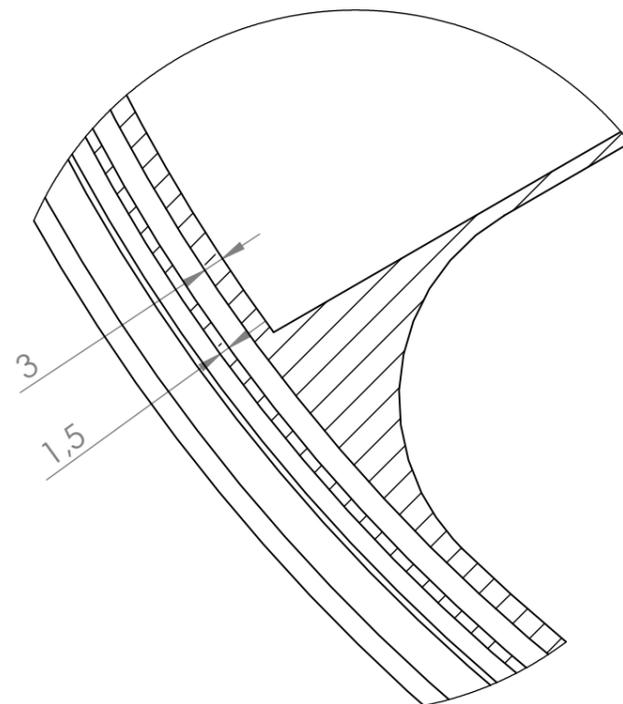
CORTE J-J  
ESCALA 1 : 5



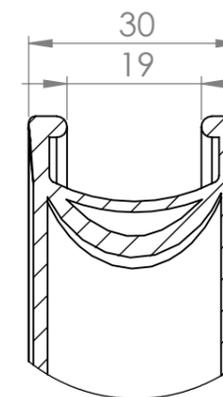
CORTE K-K  
ESCALA 1 : 5



Vista Lateral Direita  
Esc. 1:5

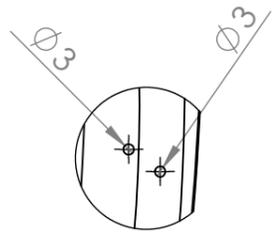


DETALHE V  
ESCALA 1 : 1

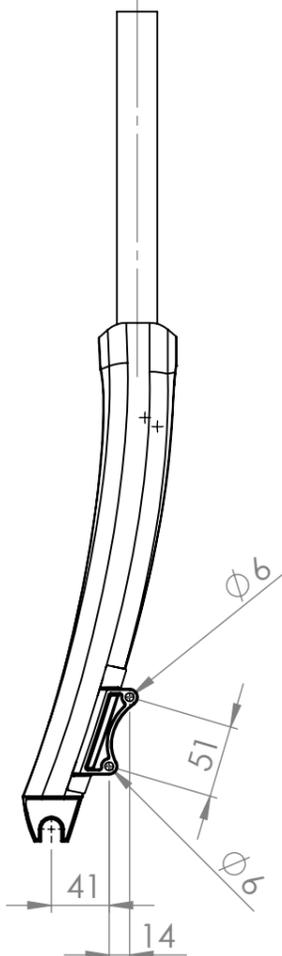


DETALHE W  
ESCALA 1 : 1

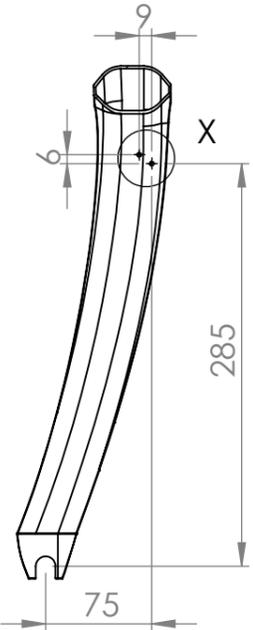
NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO
TÍTULO:		
Roda Traseira		
DES. Nº	Bicicleta - Final	A3
ESCALA: 1:10	FOLHA 16 DE 23	



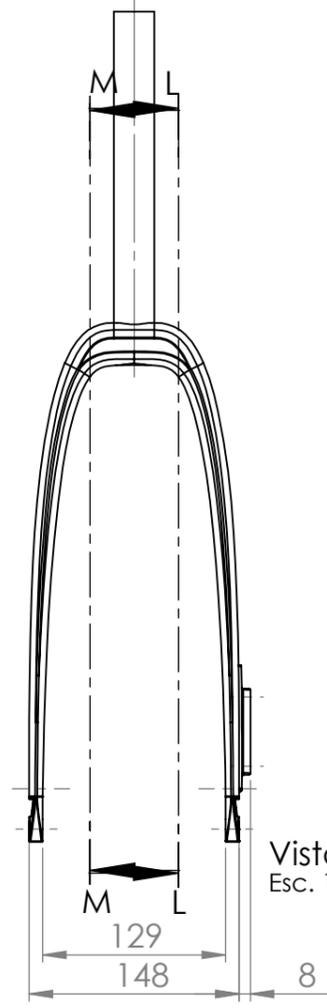
DETAIL X  
SCALE 1 : 2



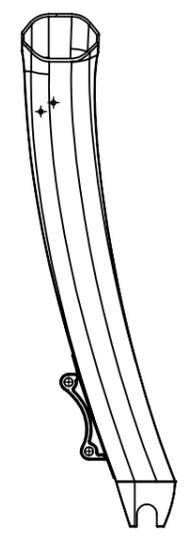
Vista Lateral Esquerda  
Esc. 1:5



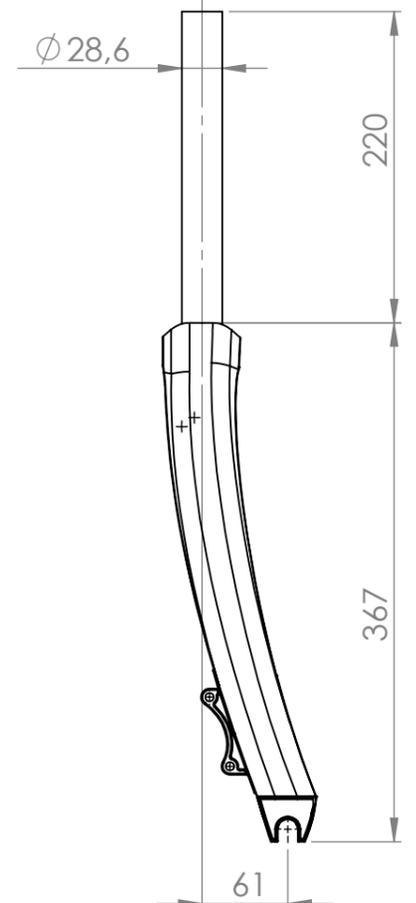
CORTE L-L  
ESCALA 1 : 5



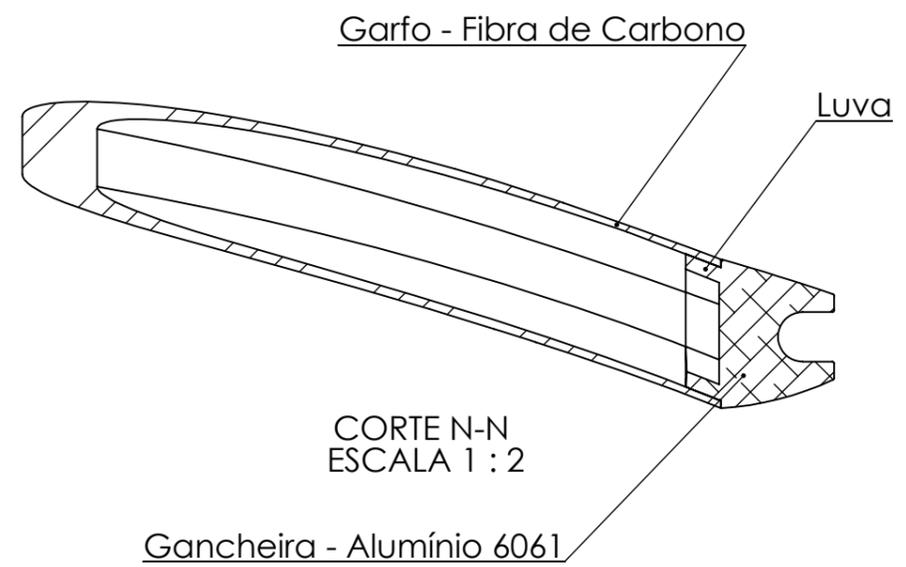
Vista Anterior  
Esc. 1:5



CORTE M-M  
ESCALA 1 : 5



Vista Lateral Direita  
Esc. 1:5

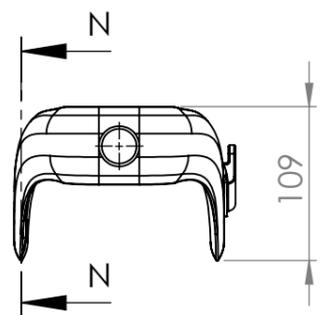


Garfo - Fibra de Carbono

LUVA

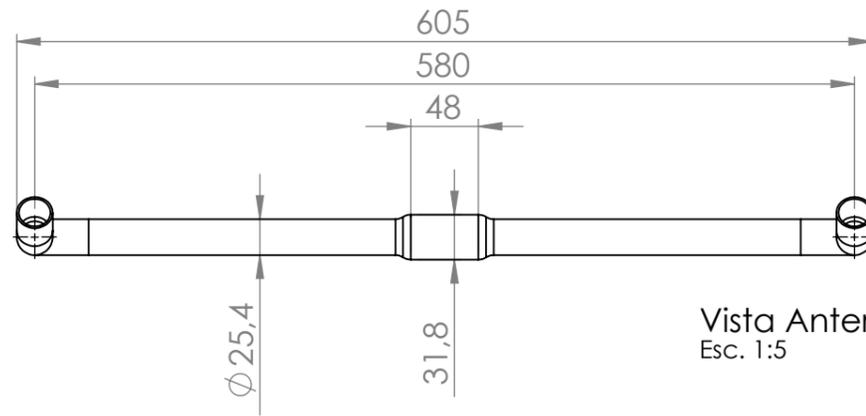
CORTE N-N  
ESCALA 1 : 2

Gancheira - Alumínio 6061

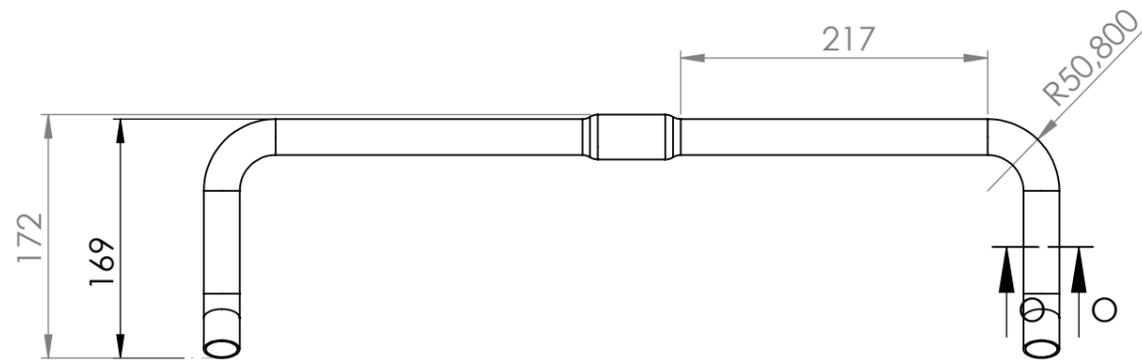


Vista Superior  
Esc. 1:5

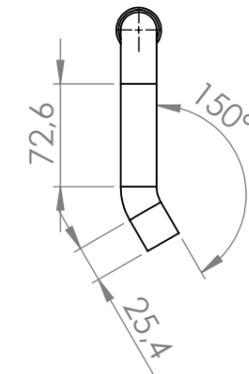
NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO
TÍTULO: <b>Garfo</b>		
DES. Nº	<b>Bicicleta - Final</b>	A3
ESCALA: 1:10	FOLHA 17 DE 23	



Vista Anterior  
Esc. 1:5



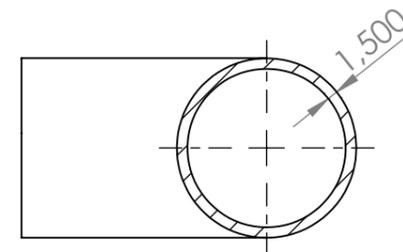
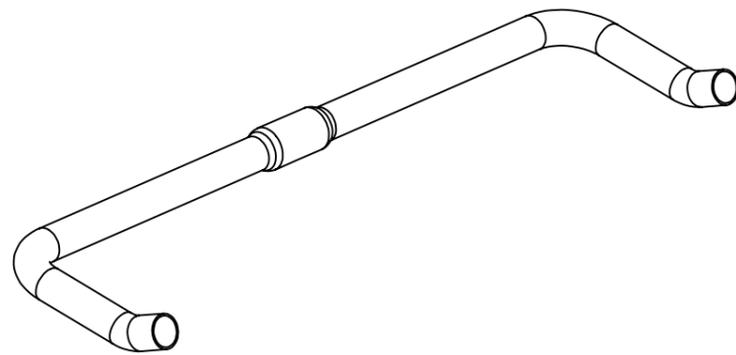
Vista Superior  
Esc. 1:5



Vista Lateral Direita  
Esc. 1:5

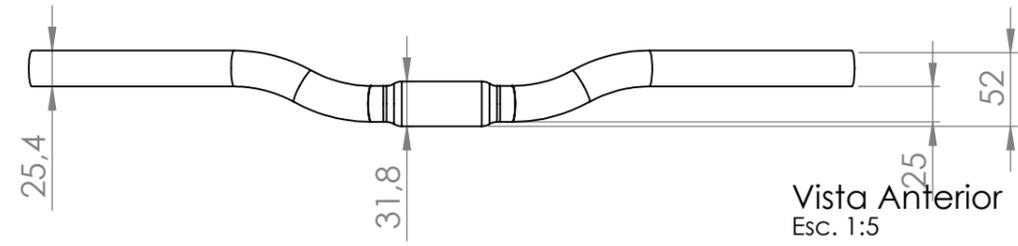


Vista Lateral Esquerda  
Esc. 1:5

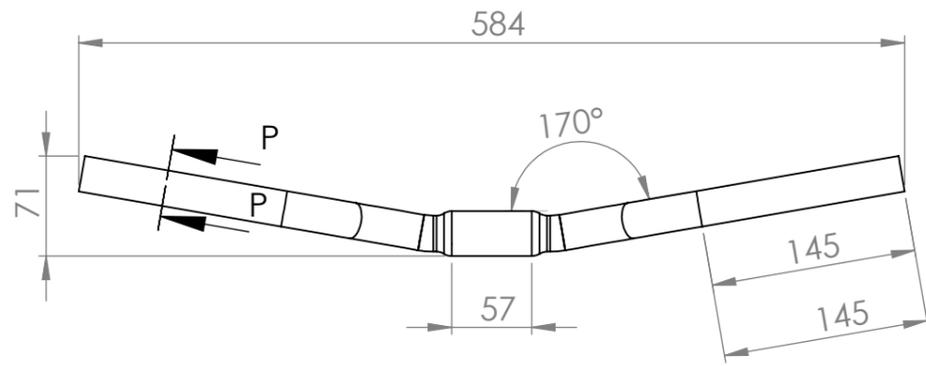


CORTE O-O  
ESCALA 1 : 1

NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO
TÍTULO: <b>Guidão Bullhorn</b>		
DES. Nº	<b>Bicicleta - Final</b>	A3
ESCALA: 1:10	FOLHA 18 DE 23	



Vista Anterior  
Esc. 1:5



Vista Superior  
Esc. 1:5

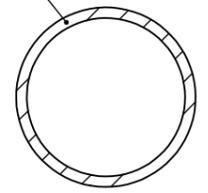


Vista Lateral Esquerda  
Esc. 1:5

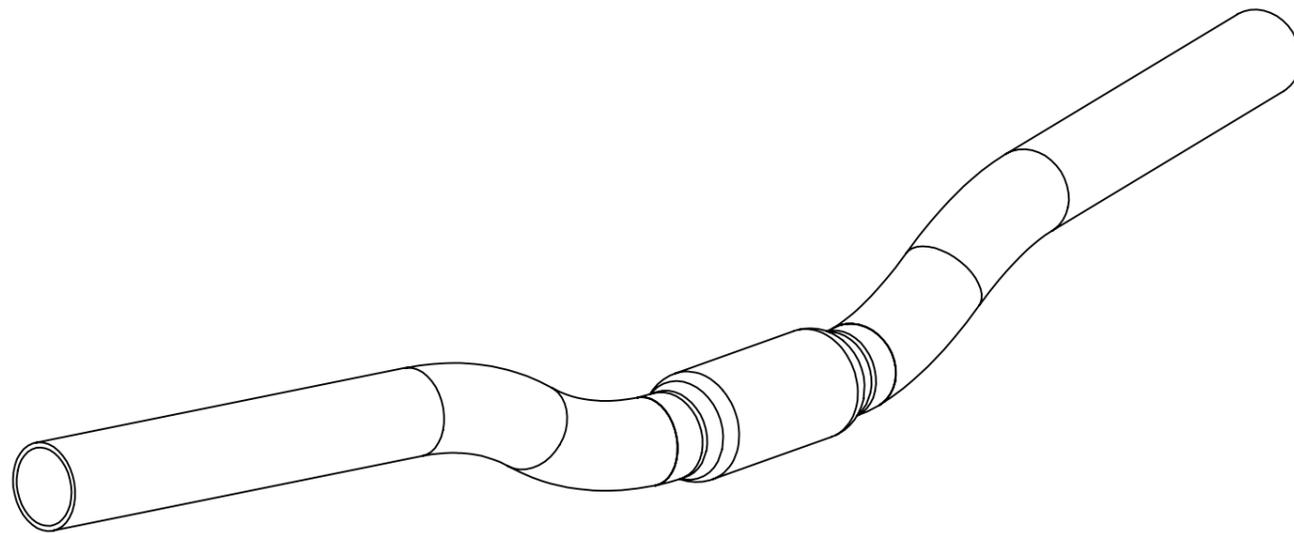


Vista Lateral Direita  
Esc. 1:5

Espessura: 1.5 mm

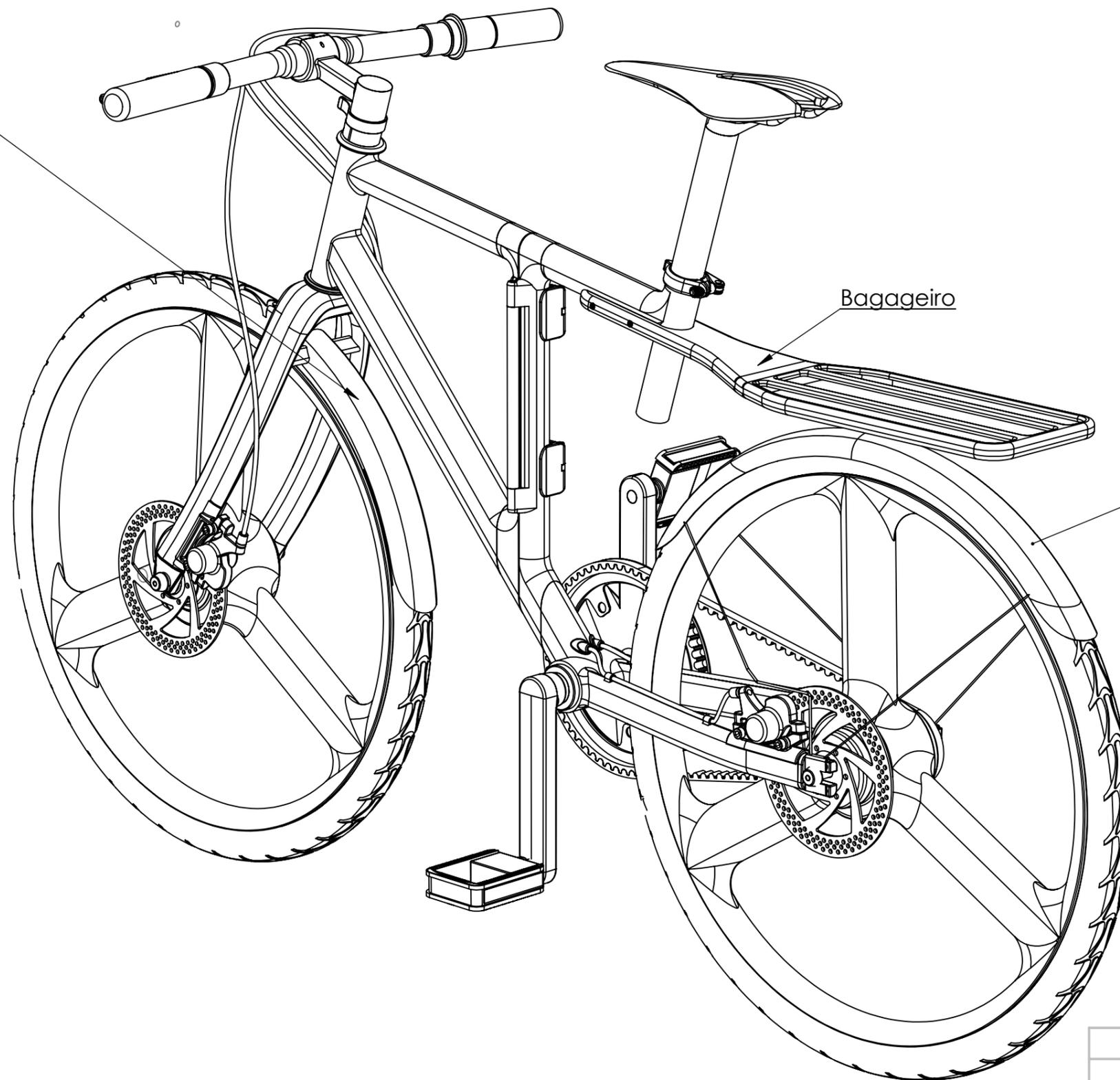


CORTE P-P  
ESCALA 1 : 1



NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO
TÍTULO: <b>Guidão Riser</b>		
DES. Nº	<b>Bicicleta - Final</b>	A3
ESCALA: 1:10	FOLHA 19 DE 23	

Paralama dianteiro



Bagageiro

Paralama traseiro

NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO

REVISÃO

TÍTULO:

Bicicleta com acessórios

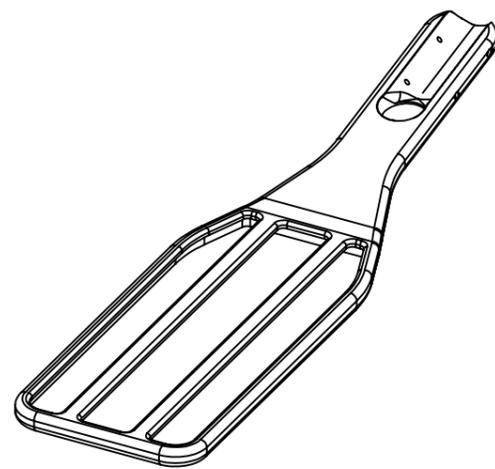
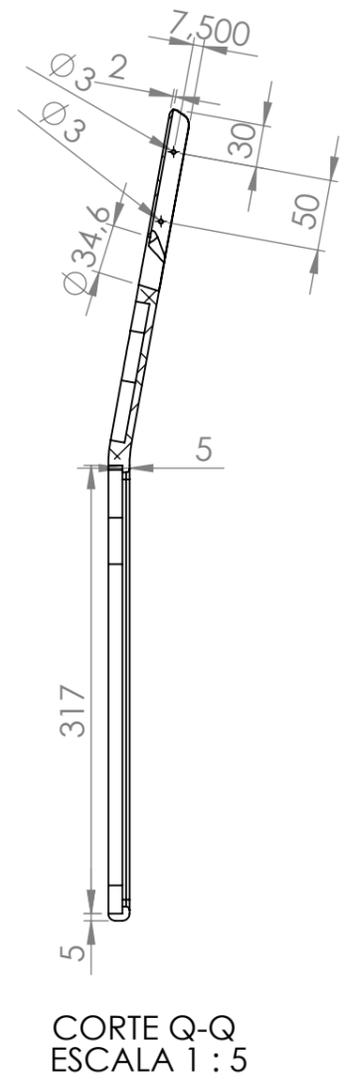
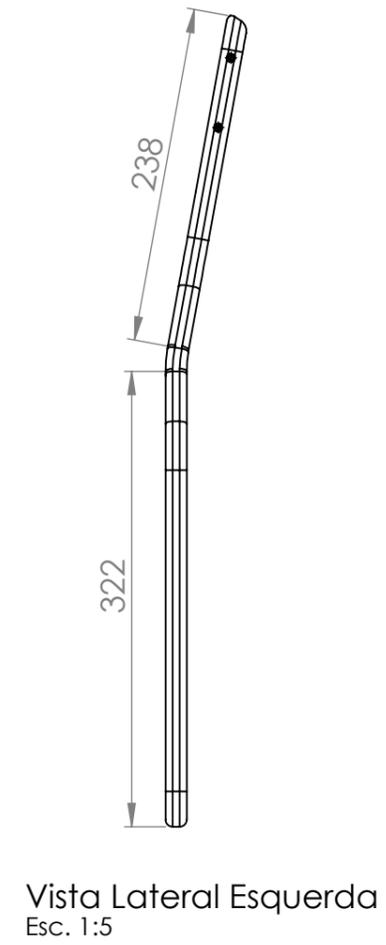
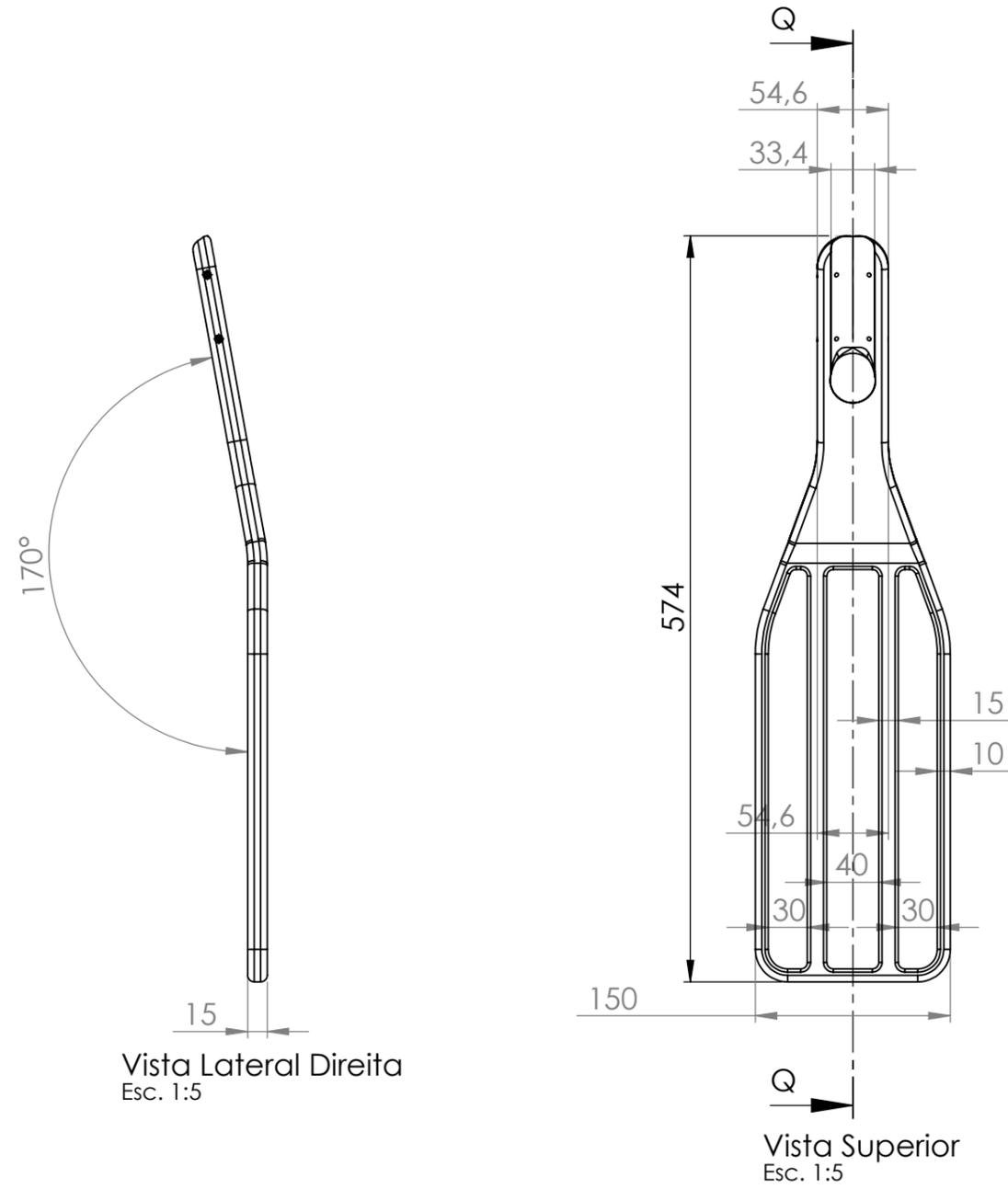
DES. Nº

Bicicleta - Final

A3

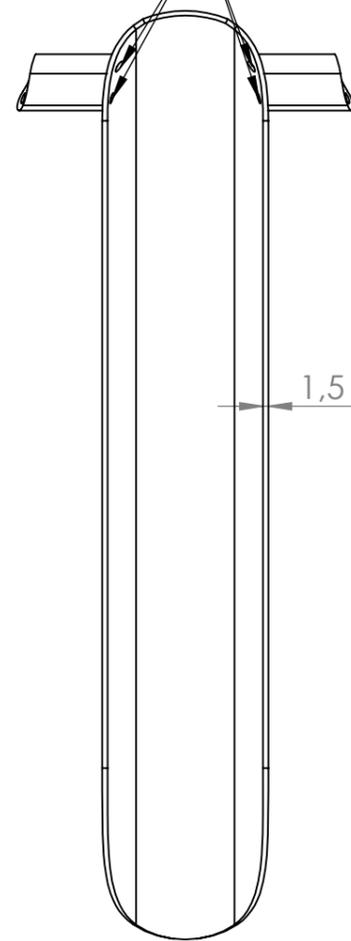
ESCALA: 1:10

FOLHA 20 DE 23

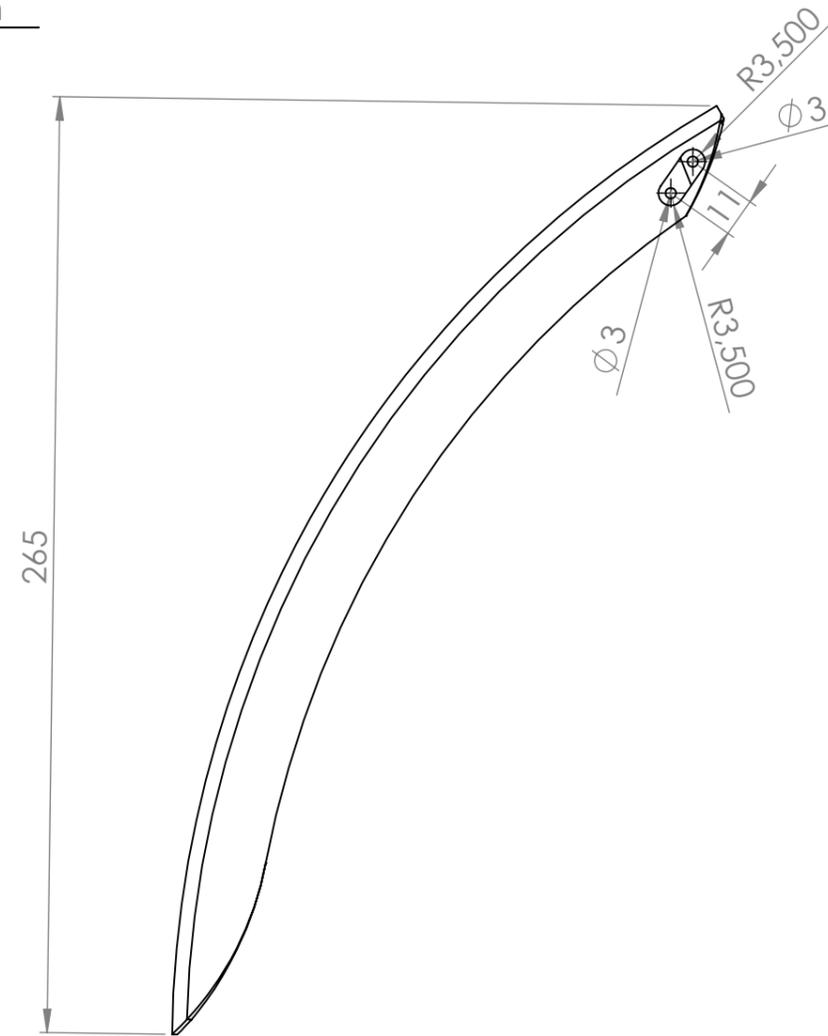


NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO
TÍTULO: <b>Bagageiro</b>		
DES. Nº	<b>Bicicleta - Final</b>	A3
ESCALA:1:10	FOLHA 21 DE 23	

Fixação por parafusos Allen sem cabeça M3 x 20 mm

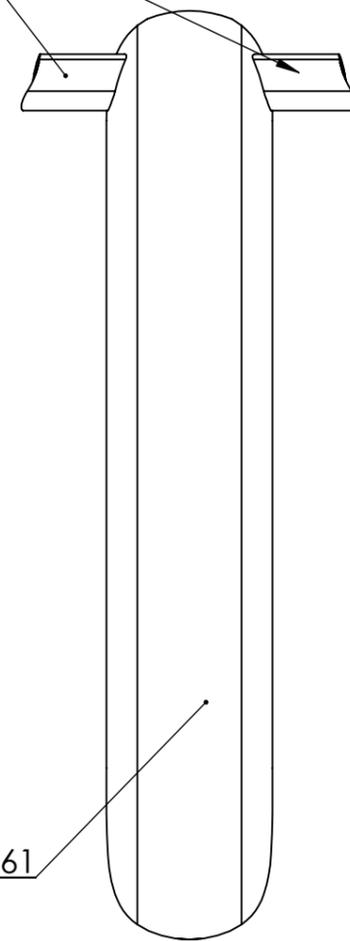


Vista Anterior  
Esc. 1:5



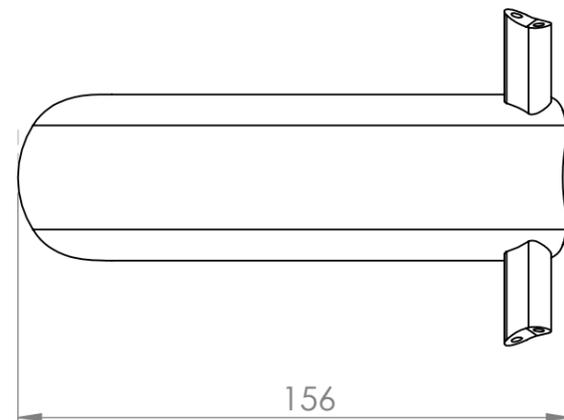
Vista Lateral Direita  
Esc. 1:5

Espaçadores - ABS



Vista Posterior  
Esc. 1:5

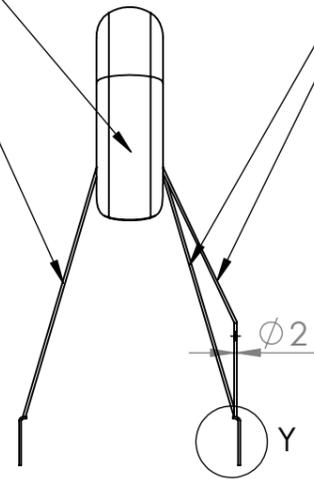
Paralama - Alumínio 6061



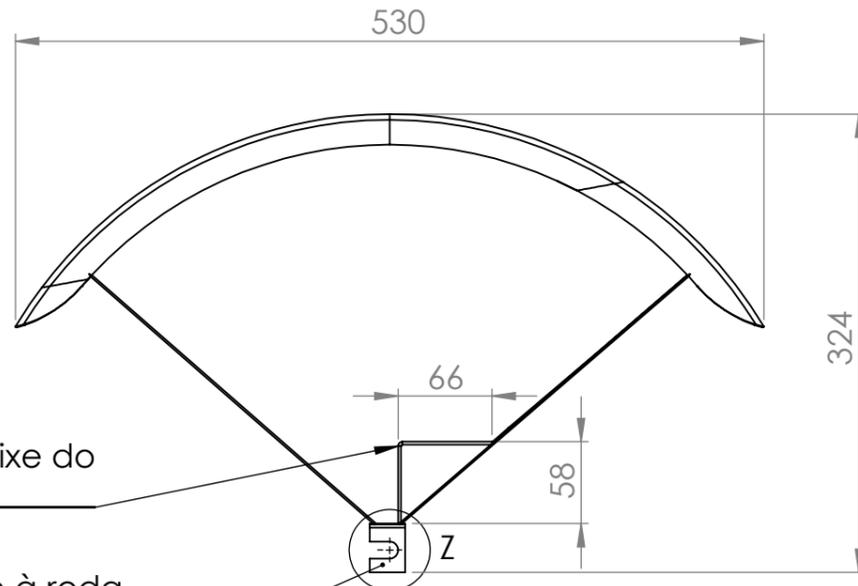
Vista Superior  
Esc. 1:5

NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO
TÍTULO:		
<b>Paralama dianteiro</b>		
DES. Nº	<b>Bicicleta - Final</b>	A3
ESCALA: 1:10	FOLHA 22 DE 23	

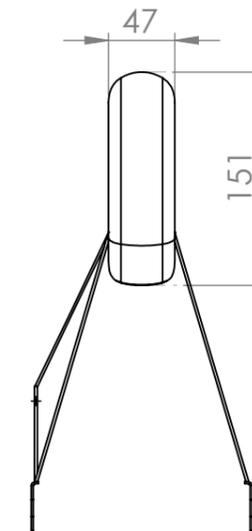
Paralama e estrutura - Alumínio 6061



Vista Anterior  
Esc. 1:5



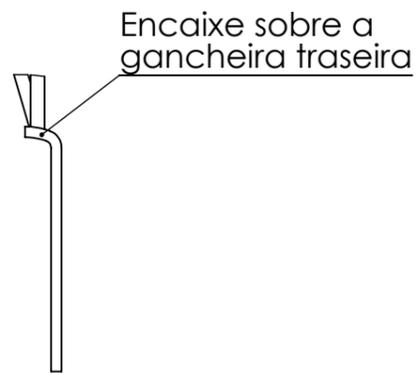
Vista Lateral Direita  
Esc. 1:5



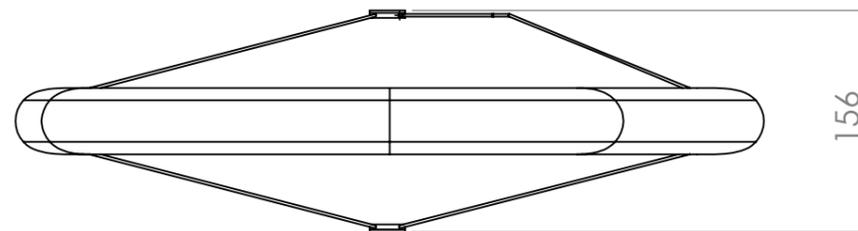
Vista Posterior  
Esc. 1:5

Alivio para encaixe do caliper de freio

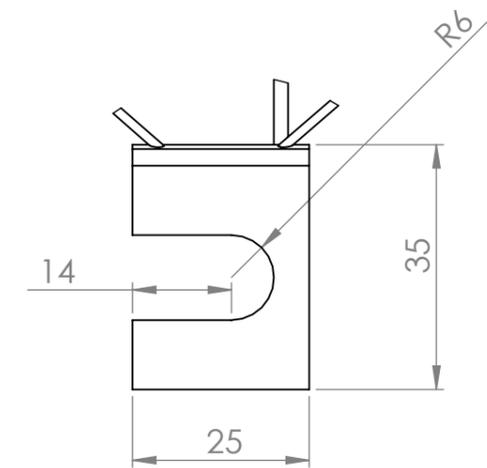
Parafusado junto à roda para possibilitar fácil remoção



DETALHE Y  
ESCALA 1 : 1



Vista Superior  
Esc. 1:5



DETALHE Z  
ESCALA 1 : 1

NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO		REVISÃO
TÍTULO:		
Paralama Traseiro		
DES. Nº	Bicicleta - Final	A3
ESCALA: 1:10	FOLHA 23 DE 23	