



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ARQUITETURA
DESIGN DE PRODUTO

CAROLINA DE OLIVEIRA WOLFF

PROJETO DE UM MICROCARRO PARA A COMPETIÇÃO
SHELL ECO MARATHON

Porto Alegre

2018

CAROLINA DE OLIVEIRA WOLFF

**PROJETO DE UM MICROCARRO PARA A COMPETIÇÃO
SHELL ECO MARATHON**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Curso de Design de Produto, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRGS, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Design de Produto.

Orientador: Prof. Fábio Gonçalves Teixeira

**Porto Alegre
CAROLINA DE OLIVEIRA WOLFF**

PROJETO DE UM MICROCARRO PARA A COMPETIÇÃO SHELL ECO MARATHON

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Curso de Design de Produto, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFRGS, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Design de Produto.

Orientador: Prof. Fábio Gonçalves Teixeira

Prof. Sergio Leandro dos Santos

Prof. Gabriel Barbieri

Prof. Stefan von der Heyde Fernandes

AGRADECIMENTOS

À minha família, pelo suporte e encorajamento durante toda a etapa do projeto.

Aos meus amigos, que estavam dispostos a me auxiliarem sempre que necessário e ao pessoal do PG Design pela ajuda no projeto. Em especial para os integrantes da equipe Bagual Racing, pela parceria, entusiasmo e vontade de tornar o projeto possível.

Ao professor Fábio Gonçalves Teixeira, pela orientação ao longo do projeto e pelo incentivo ao meu trabalho, além de estar sempre à disposição em caso de dúvidas.

RESUMO

Trabalho acadêmico que tem como objetivo desenvolver um microcarro elétrico para participar da Shell Eco Marathon, na categoria de Urban Concept, realizada pela petrolífera Royal Dutch Shell®. Para a elaboração do produto final, o projeto dispõe do auxílio da equipe Bagual Racing, que representa a Universidade Federal do Rio Grande do Sul na competição. Este projeto foi desenvolvido utilizando o modelo PRODIP e contempla o planejamento de projeto e o projeto informacional, que visam a coleta e a análise de dados, através da fundamentação teórica, definições de público alvo, seus requisitos e também as restrições de projeto. A segunda etapa deste projeto automotivo abrange o projeto conceitual, que visa a geração de alternativas e a seleção da alternativa que melhor atende os requisitos do projeto. Por fim, no projeto preliminar o produto final é representado através de simulações digitais tridimensionais, com detalhamento técnico e modelo físico em escala.

Palavras chave: Design de Produto. Urban Concept. Eficiência Energética. Veículo Elétrico.

ABSTRACT

Academic paper that aims to design an electric microcar to participate in Shell Eco Marathon, through the Urban Concept category, carried out by the oil company Royal Dutch Shell®. For the elaboration of the final product, the project has the support of Bagual Racing team, which represents the Federal University of Rio Grande do Sul in the competition. This project was developed using the PRODIP model and contemplates the project planning and informational project, which aims the gathering and analysis of data, through theoretical foundation, target audience definitions, their requirements and design constraints. The second stage of this automotive project covers the conceptual design, which contemplates generation and selection of the alternative that best meets the requirements of the project. Finally, in the preliminary project, the final product is represented by three-dimensional digital simulations, by technical detailing and a scale model.

Keywords: Product Design. Urban Concept. Energy Efficiency. Electric Vehicle.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - SMART Fortwo.....	15
Figura 2 - Esquema das metodologias utilizadas.....	18
Figura 3 - Etapas do TCC I e TCC II.....	19
Figura 4 - Crescimento do número de veículos elétricos mundialmente.....	21
Figura 5 - Design robusto do modelo Twizy da Renault.....	23
Figura 6 - Bateria 2170 da Tesla.....	24
Figura 7 - Células de bateria do Tesla Modelo S.....	25
Figura 8 - Funcionamento de um motor de indução.....	26
Figura 9 - Motor do tipo cubo de roda.....	27
Figura 10 - Seções da estrutura do veículo.....	28
Figura 11 - Estrutura do tipo Monobloco.....	29
Figura 12 - Estrutura do tipo Space Frame.....	29
Figura 13 - MUC_017 da TUFast Eco Team.....	40
Figura 14 - Modelo NG Sustain.....	41
Figura 15 - Modelo TIM 07.....	41
Figura 16 - Modelo XAM.....	42
Figura 17 - Modelo XAM 2.0.....	43
Figura 18 - Modelo Kate.....	44
Figura 19 - Painel semântico.....	45
Figura 20 - Diagrama de Mudge.....	54
Figura 21 - Brainstorming da etapa de representação.....	59
Figura 22 - Analogias diretas	60
Figura 23 - Painel Tecnológico.....	61
Figura 24 - Painel Robusto.....	62
Figura 25 - Painel Eco Friendly.....	63
Figura 26 - Mapa mental.....	64
Figura 27 - Painel de Referências.....	65
Figura 28 - Geração de alternativas de package	66
Figura 29 - Modelo para comparação.....	69
Figura 30 - Package escolhido	70
Figura 31 - Medidas do piloto	71
Figura 32 - Formas retiradas do painel de referências	72

Figura 33 - Estudos de formas para a carenagem	72
Figura 34 - Geração de alternativas de carenagem	73
Figura 35 - Configuração Frontal	74
Figura 36 - Seleção da carenagem	75
Figura 37 - Alternativa selecionada	75
Figura 38 - Mecanismo das portas	76
Figura 39 - Chassi sendo gerado no decorrer do projeto	77
Figura 40 - Chassi gerado para o <i>Urban Concept</i>	78
Figura 41 - Relação chassi e carroceria	78
Figura 42 - Modelagem 3D.....	84
Figura 43 - Simulação de ambientação A.....	85
Figura 44 - Simulação de ambientação B.....	85
Figura 45 - Simulação de ambientação C.....	86
Figura 46 - Simulação de ambientação D.....	86
Figura 47 - Análise estrutural - Perfil quadrado e carga na dianteira.....	87
Figura 48 - Análise estrutural - Perfil quadrado e carga na traseira.....	88
Figura 49 - Análise estrutural - Perfil retangular e carga na dianteira.....	88
Figura 50 - Análise estrutural - Perfil retangular e carga na traseira.....	89
Figura 51 - Impressão da carenagem em partes.....	90
Figura 52 - Modelo finalizado	90

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Smart ForTwo	35
Quadro 2 - Scion/Toyota iQ.....	35
Quadro 3 - Renault Twizy	36
Quadro 4 - Microcar Due Dynamic.....	37
Quadro 5 - Aston Martin Cygnet.....	37
Quadro 6 - Aixam City GTO.....	38
Quadro 7 - Ligier JS 50 Sport.....	39
Quadro 8 - Yamaha Motors Motiv.e	39
Quadro 9 - Critérios de seleção do package.....	69
Quadro 10 - Matriz de Pugh para a escolha de package.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de passageiros em carros/vans de 2002 a 2016 no Reino Unido.....	15
Tabela 2 - Necessidades dos usuários.	48
Tabela 3 - Necessidades dos usuários transformadas em requisitos de usuário por categoria.	49
Tabela 4 - Requisitos de usuário.....	50
Tabela 5 - Relação entre os Requisitos de Usuário e Requisitos de Projeto.....	53
Tabela 6 - Reorganização dos requisitos de projeto.	56
Tabela 7 - Especificações do veículo.....	81
Tabela 8 - Padrão cromático	82
Tabela 9 - Padrão de materiais.....	83

SUMÁRIO

1 PLANEJAMENTO DE PROJETO	13
1.1 INTRODUÇÃO.....	13
1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	13
1.2.1 Shell Eco Marathon	16
1.3 JUSTIFICATIVA.....	16
1.4 OBJETIVOS.....	17
1.5 BASE METODOLÓGICA.....	18
1.5.1 Escopo de Projeto	19
1.5.2 Escopo do Produto	19
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1 CENÁRIO DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS.....	21
2.2 CENÁRIO DOS MICROCARROS.....	22
2.3 COMPONENTES DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS.....	23
2.3.1 Motor de Indução de Fluxo Radial	26
2.3.2 Motor de Fluxo Axial	27
2.4 PACKAGE E CLASSIFICAÇÃO DA CATEGORIA DO VEÍCULO.....	27
2.4.1 Estrutura tipo Monobloco	28
2.4.2 Estrutura tipo Space Frame	29
2.5 MATERIAIS POSSÍVEIS PARA O PROJETO.....	30
2.5.1 Alumínio	30
2.5.2 Fibra de vidro	31
2.5.3 PETG	31
3 METODOLOGIA DE PROJETO	32
4 PROJETO INFORMACIONAL	34
4.1 LEVANTAMENTO DE SIMILARES.....	34
4.1.1 Participantes da Shell Eco Marathon	40
4.2 PAINEL SEMÂNTICO.....	44
4.3 PÚBLICO ALVO DO PROJETO.....	46
4.3.1 Bagual Racing	46
4.3.2 Requisitos De Usuário	47
4.3.3 Restrições	51
4.4 REQUISITOS DE PROJETO.....	52

4.4.1 Diagrama De Mudge	53
4.4.2 Priorização dos Requisitos de Projeto	54
4.5 CONCEITO.....	56
5 PROJETO CONCEITUAL	58
5.1 ESTRUTURA CRIATIVA.....	58
5.1.1 Identificar	59
5.1.2 Representar	59
5.1.3 Relacionar	63
5.1.4 Gerar e Selecionar	65
5.1.4.1 Package.....	66
5.1.4.2 Carroceria.....	71
5.1.4.3 Chassi.....	77
6 PROJETO PRELIMINAR	79
6.1 DESCRIÇÃO DO MODELO FINAL.....	79
6.2 ESPECIFICAÇÕES.....	80
6.3 PADRÃO DE PROJETO.....	81
6.4 MODELAGEM TRIDIMENSIONAL.....	83
6.5 SIMULAÇÃO.....	84
6.6 DIMENSIONAMENTO.....	86
6.7 ANÁLISE ESTRUTURAL.....	87
6.8 PROTOTIPAGEM.....	89
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	91
REFERÊNCIAS	93
APÊNDICE A - ENTREVISTA	97
APÊNDICE B - LEVANTAMENTO DE SIMILARES	98
APÊNDICE C - DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO QUALIDADE	99
APÊNDICE D - PAINEL DE REFERÊNCIAS	100
APÊNDICE E - DETALHAMENTO TÉCNICO	101
ANEXO A - SHELL ECO MARATHON RULES	103

1 PLANEJAMENTO DE PROJETO

Este capítulo refere-se ao contexto que o projeto está inserido, assim como seus objetivos, a base metodológica e escopos.

1.1 INTRODUÇÃO

Este trabalho propõe o desenvolvimento de um mini veículo elétrico para participar na categoria de Urban Concept da competição de eficiência energética *Shell Eco Marathon*, realizada pela petrolífera *Royal Dutch Shell®*. Para o desenvolvimento do produto final, o projeto conta com o auxílio da equipe Bagual Racing, que representa a Universidade Federal do Rio Grande do Sul na competição.

Para um melhor entendimento do assunto, a próxima seção do trabalho aponta o surgimento dos mini carros, o tipo de energia utilizada nos veículos, bem como uma abordagem histórica da competição da *Shell*.

1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO

O design possibilita a realização de muitas mudanças. Se por um lado temos meios de transporte cada vez mais tecnológicos, por outro temos uma utilização desenfreada de recursos naturais do planeta. E é nesta linha tênue entre demanda de tecnologia e recursos que o designer pode atuar para propor novas soluções para os problemas que já existem em nossa sociedade. No quesito veículos de passeio, devido ao alto consumo de combustíveis fósseis, uma solução que está ganhando força é o desenvolvimento de veículos elétricos, mais econômicos e com maior autonomia de suas baterias. Segundo o portal Bloomberg (2017), a China, o maior mercado de automóveis, pretende, até 2040, proibir todos os carros movidos à combustíveis fósseis. A segunda maior economia mundial e o mais recente país a juntar-se ao Reino Unido e a França, na medida de cessar o uso de gasolina e diesel. Tal banimento servirá de incentivo às montadoras para o foco na produção de veículos elétricos de zero emissão, ajudando a diminuir a poluição nas grandes cidades.

No cenário mundial, mais de 850 milhões veículos consomem anualmente trilhões de litros de combustíveis fósseis, emitindo três bilhões de toneladas de dióxido de carbono (CO₂) e congestionando o trânsito de grandes centros (MITCHELL, 2010).

Segundo dados do DETRAN-RS (2017), a cidade de Porto Alegre conta com uma frota de 830 mil veículos, dentre os quais aproximadamente 580 mil são automóveis, 93 mil motocicletas e mais de 100 mil utilitários e caminhonetes. O impacto que todos esses veículos causam na mobilidade urbana pode ser percebido desde os longos engarrafamentos até a qualidade do ar da cidade - que foi registrado como duas vezes mais poluído do que o aceitável, segundo pesquisa realizada na UFCSPA (2013). E a grande maioria dos veículos são movidos a combustíveis fósseis, que contribuem para a poluição do meio ambiente, tendo em vista de que carros elétricos no Brasil não são tão comuns quanto os de combustão interna. Em 2015, o sistema de transporte foi responsável por 32,2% do consumo energético, sendo 79% de fontes não renováveis e responsáveis por 42% da emissão total de dióxido de carbono (CO₂), totalizando 194 Mt. (EPE, 2015).

Competições como a *Shell Eco Marathon* visam justamente o incentivo para pesquisa de motores mais eficientes e modos eficazes de utilizar a energia nos veículos, sendo uma área propícia para esse tipo de estudo. Com as categorias de veículos elétricos, movidos a hidrogênio e etanol, a prova abre possibilidades para fontes mais limpas e renováveis. E o porte do veículo é justificável, tanto pelo viés econômico - custo de manufatura e eficiência energética - quanto ao viés ambiental - um veículo menor e mais eficiente agride menos o meio ambiente.

A idealização dos micro veículos pode ser considerada uma inovação se compararmos com os modelos tidos como tradicionais. O que claramente pode ser observado com o lançamento do modelo *Fortwo* da SMART (figura 1), um dos primeiros microcarros lançados no mercado atual, com o intuito de atrair o público jovem e diminuir o impacto dos automóveis na mobilidade urbana, além de tornar popular o uso deste tipo de veículo.

Figura 1 - SMART Fortwo

Fonte: Car and Drive¹ (2013).

Até então, os veículos de passeio precisavam ser robustos e capazes de comportar por volta de cinco passageiros, além de possuírem um grande espaço de armazenamento no porta malas. Segundo o departamento de transportes do Reino Unido, o número de passageiros por veículo é inferior a dois, como mostra a tabela 1 abaixo.

Tabela 1 - Número de passageiros em carros/vans de 2002 a 2016 no Reino Unido.

Ano	Média de ocupação de carros/vans	Taxa de ocupação individual (percentagem)
2002	1,59	61
2003	1,58	60
2004	1,57	61
2005	1,57	61
2006	1,58	60
2007	1,57	61
2008	1,59	60
2009	1,58	60
2010	1,56	61
2011	1,57	61
2012	1,57	61
2013	1,57	61
2014	1,57	61
2015	1,56	62
2016	1,55	62

Fonte: Department of Transport UK² - Adaptado

¹ Disponível em: <<https://www.caranddriver.com/photo-gallery>> Acesso em: outubro de 2017.

² Disponível em: <<https://goo.gl/ocf9mc>> Acesso em: outubro de 2017.

Este número reduzido de passageiros é positivo para a produção e popularização de veículos menores, para que não sejam subutilizados como os carros de passeio atuais. Além de ocuparem menos espaço nas vias urbanas, por terem uma estrutura reduzida, acabam tornando-se mais econômicos. Outra atividade muito comum em relação aos microcarros são os alugueis desses veículos como o que ocorre com bicicletas. O usuário chega até uma estação de aluguel e após realizar o cadastro, tem o veículo locado por algumas horas. Para grandes centros, onde a mobilidade urbana é reduzida por causa do volume de veículos e de pessoas, esta é uma alternativa interessante e que pode contribuir para a popularização de microcarros, elétricos ou com grande eficiência de combustível. E é neste quesito que a competição de eficiência energética da *Shell* se encaixa perfeitamente nos dias atuais, incentivando a pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias através de alunos universitários de todo país.

1.2.1 Shell Eco Marathon

Conforme citado anteriormente, a *Shell Eco Marathon*, realizada pela petrolífera *Royal Dutch Shell®*, é uma competição que dá fomento à pesquisa de eficiência energética. Em 1939, funcionários da *Shell* idealizaram como seria competição na qual veículos deveriam percorrer a maior distância possível com o menor volume de combustível. Posteriormente, a prova foi expandida para outros continentes e hoje possui etapas em diversos países do mundo. O público alvo das competições são estudantes universitários, que visam a melhoria de desempenho de veículos e da mobilidade urbana.

A prova é dividida em duas categorias, o *Urban Concept*, que visa um veículo mais prático e mais próximo aos microcarros, e o *Prototype*, que foca em máxima eficiência. Ambas categorias são subdivididas em tipo de energia utilizada, como motores de combustão interna (gasolina, etanol, diesel e gás natural) e elétricos (baterias de lítio ou células de hidrogênio).

1.3 JUSTIFICATIVA

Devido às altas expectativas do mercado em relação aos veículos elétricos, é inegável que é uma temática interessante e necessária de ser abordada. A previsão

de proibição dos carros à combustão também influencia para que novas versões de veículos elétricos possam ser desenvolvidas, além da preocupação global em relação a poluição proveniente da grande maioria dos veículos atuais.

Por um viés acadêmico, a interdisciplinaridade é um fator de grande impacto na escolha da temática, considerando-se que no mercado de trabalho é corrente um designer de produto trabalhar juntamente com outras áreas de conhecimento, como engenheiros, arquitetos, dentre outros. Assim, um projeto deste tipo enriquece a experiência e os conhecimentos adquiridos.

A possibilidade de implementação deste projeto também é um motivo importante na escolha de desenvolver o *Urban Concept* para a competição de eficiência energética. A *Eco Marathon* é um evento relativamente recente no cenário brasileiro e a categoria do *Urban Concept* ainda encontra-se exclusiva para as etapas continentais, diferente da categoria de protótipos, presente no Brasil desde 2016. A previsão é que a categoria esteja disponível em breve, segundo a ouvidoria da *Shell*, seguindo o caminho de outros países que aderiram a competição recentemente e para estimular os estudantes à pesquisa e desenvolvimento de veículos que sejam mais balanceados no quesito consumo x desempenho. Pode-se ressaltar também a crescente tendência do uso de microcarros, tanto elétricos quanto à combustão interna, para amenizar os problemas da mobilidade urbana e até mesmo da poluição nas grandes cidades.

Por fim, o fato de eu já ter trabalhado com a equipe anteriormente e ter tido um resultado muito satisfatório contribui com a escolha da temática para este projeto. Que contribui para os objetivos do trabalho, elencados no item a seguir.

1.4 OBJETIVOS

Definida a temática do trabalho, foi necessário elencar as principais finalidades do mesmo. Sendo assim é possível citar alguns objetivos, descritos a seguir.

- Entender o contexto da competição para que seja possível projetar um veículo que esteja de acordo com os parâmetros das regras da *Shell Eco Marathon*, que serão transformados em requisitos e restrições de projeto.
- Adquirir conhecimento sobre as necessidades de usuário com a Bagual Racing a fim de desenvolver um carro que atenda as expectativas da equipe.

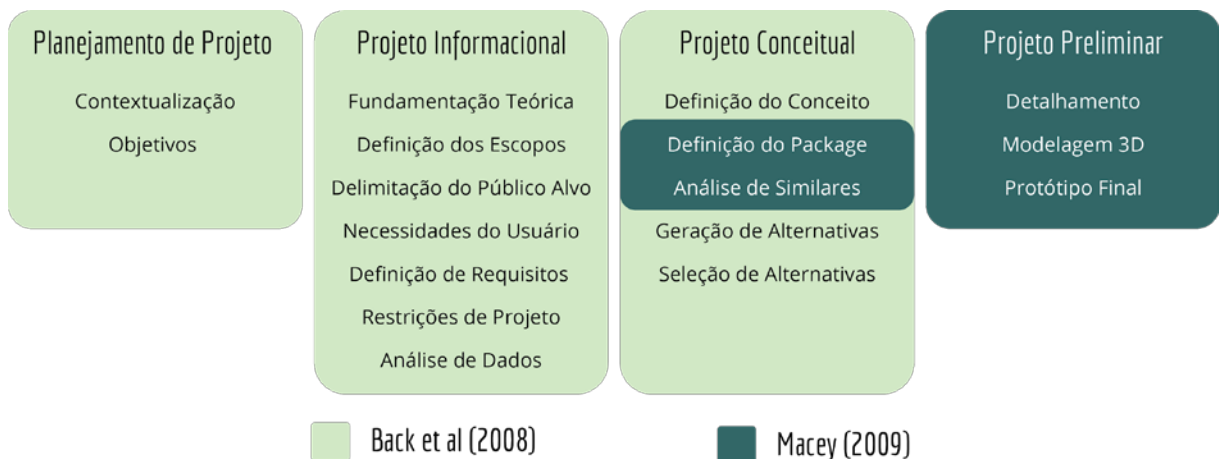
- Compreender as restrições da equipe em termos de equipamentos e processos, com o intuito de entregar um projeto que seja de fácil reprodução por parte da Bagual Racing.

1.5 BASE METODOLÓGICA

Segundo Larica (2003, p.97) “a essência do bom design é a adequação a proposta apresentada no briefing do projeto, a criatividade das formas e das soluções adotadas, a viabilidade construtiva do modelo escolhido [...]”. Para que isso seja possível, pode-se utilizar metodologias que servirão de guia para um projeto mais adequado e direto.

As metodologias de projeto utilizadas neste trabalho trazem a literatura proposta por Back et al. (2008) em Projeto Integrado de Produtos, bem como Macey (2009). O primeiro refere-se a um método de estruturação do projeto como um todo enquanto Macey é focado no projeto automotivo, como mostra a figura 2 abaixo.

Figura 2 - Esquema das metodologias utilizadas



Fonte: Autora

Sendo assim, o projeto iniciará com a definição do tema a ser abordado e a pesquisa inicial, que darão embasamento para o projeto informacional. O projeto informacional define-se como a etapa de planejamento e ideação do produto, a qual leva em conta as geração de alternativas e seleção das que apresentam-se mais adequadas para a resolução do problema.

Dentro do projeto informacional existem etapas que servirão de base para o desenvolvimento do Projeto Conceitual e Preliminar, como definição do público alvo, pesquisa de similares, requisitos e restrições. A figura 3 abaixo representa as etapas que serão abordadas pelo projeto.

Figura 3 - Etapas do projeto



Fonte: Autora

1.5.1 Escopo de Projeto

Para este projeto fica estabelecido o desenvolvimento da carenagem e chassi de um mini carro elétrico, bem como questões ergonômicas que envolvem o conforto do piloto dentro do veículo, com a definição do *package*. Os sistemas mecânicos ficarão sob a responsabilidade da equipe Bagual Racing, como motor, sistemas de frenagem e baterias, por exemplo.

1.5.2 Escopo do produto

O produto a ser projetado é um mini carro capaz de participar da competição de eficiência energética *Shell Eco Marathon*. Ele deve atender a necessidade dos usuários, a equipe Bagual Racing, que será descrita no item 4.3.1, bem como estar dentro dos parâmetros pré estabelecidos nas regras da competição. O veículo precisa ter duas portas e capaz de transportar o piloto com segurança e conforto, além de alocar uma carga de dimensões 500mm x 400mm x 200mm (C x A x L). Precisa parar por completo depois de uma volta no circuito e arrancar novamente, e em caso de chuva, poder trafegar em pista molhada, sendo necessários quatro pneus nesta categoria.

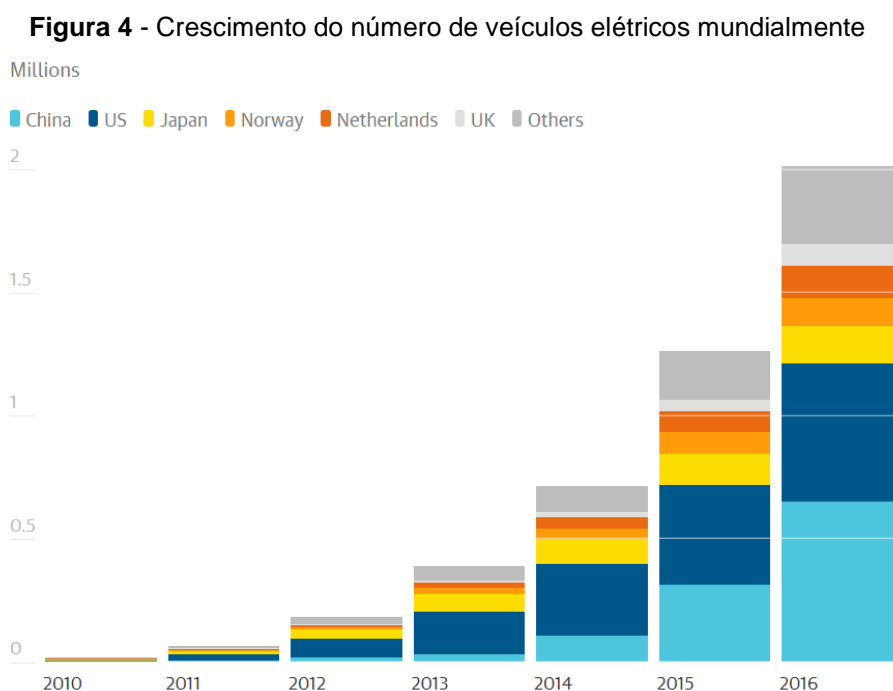
Segundo o regulamento, são esperados também limpadores de parabrisa, faróis e lanternas. A carenagem precisa cobrir todos os componentes mecânicos e o acesso ao interior do veículo pelo piloto deve ser feito de forma simples como em um veículo de passeio, por exemplo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo retrata a fundamentação teórica do projeto, com o cenário atual dos veículos elétricos, veículos de pequeno porte e também componentes principais da propulsão elétrica. Nesta etapa serão contemplados os quesitos estruturais dos veículos, como chassi e carenagem, e alguns materiais de possível aplicação no projeto, além de apresentar definições da categoria de veículos que mais se assemelha com a categoria do *Urban Concept*. Por fim, serão abordados algumas noções de package, que contempla a organização interna do veículo.

2.1 CENÁRIO DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS

Segundo o jornal *The Guardian* (2017), a quantidade de veículos elétricos circulando aumentou 60% entre 2015 e 2016 mundialmente. Na figura 4, é possível perceber este crescimento ao longo de seis anos, entre 2010 e 2016, levando quase cinco anos para atingir a meta de 1 milhão de automóveis, e quase dobrando este número em um ano.



Fonte: The International Energy Agency³

³ Disponível em: <<https://goo.gl/BbJt5N>> Acesso em outubro de 2017.

Isso ocorre pelo fato de que a tecnologia envolvida nestes veículos estar aos poucos tornando-se mais acessível pelas montadoras, além da pressão de mercado estar aumentando em relação ao fim do uso de combustíveis fósseis, como citado no item 1.2 (Contextualização).

2.2 CENÁRIO DOS MICROCARROS

Aos poucos os microcarros criam seu espaço no mercado automobilístico. Com preço competitivo e grande autonomia devido ao seu tamanho compacto, estes pequenos veículos estão aos poucos tornando-se cada vez mais populares. A exemplo de Portugal, segundo o portal de notícias português Jornal de Notícias⁴, a venda de microcarros aumentou em 23% no país em 2016 em relação ao ano anterior. Apesar do marketing voltado ao público mais idoso, são os jovens que estão aderindo mais este tipo de veículo. Devido ao fato de que em Portugal é possível ter habilitação provisória a partir dos 16 anos, há um crescimento da procura deste público por essa categoria de automóveis. Dos fatores que são levados em consideração no momento da compra são a segurança que este veículo apresenta em relação a uma motocicleta ou triciclo, e o design arrojado dos novos modelos, que acabam atraindo o público jovem.

Nos modelos atuais de microcarros é perceptível a necessidade de passar uma imagem de segurança, afinal, o tamanho enxuto pode trazer a ideia de fragilidade. Uma das táticas que a SMART utilizou para converter essa visão foi deixar parte da estrutura do modelo *Fortwo* em evidência, trazendo a ideia de robustez. Outros modelos também utilizam de curvas mais agressivas, vincos e recortes nas formas para criar uma imagem imponente do carro, como é o caso do modelo Twizy da Renault (figura 5).

⁴ Disponível em: <<https://www.dinheirovivo.pt/economia/venda-de-microcarros-dispara-23-este-ano/>>
Acesso em: novembro de 2017.

Figura 5 - Design robusto do modelo Twizy da Renault



Fonte: Site da Renault UK⁵

Os novos microcarros apresentam mais uma característica em comum além do porte, que é o conforto oferecido ao passageiro e a sensação de aconchego. O veículo comporta-se quase como um casulo, por suas dimensões reduzidas, explorando a percepção de quem dirige, podendo ser aplicado aqui algumas noções do design visceral. Para Norman (2004), o design visceral refere-se ao impacto emocional imediato, além da aparência, a sensação que é transmitida na interação entre o usuário e produto. Neste quesito, o aspecto físico, como aparência, sons e sensações são as peças chave (Norman, 2004). E é perceptível principalmente na indústria automobilística que essas características são as mais exploradas pelos desenvolvedores, devido a ampla quantidade de veículos disponíveis no mercado, é necessário explorar maneiras de atrair o consumidor a escolher determinado modelo em relação a outro.

2.3 COMPONENTES DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS

O componente mais lembrado quando o assunto são carros elétricos são as baterias. Elas são comumente compostas de íons de lítio (Li) e possuem diversos

⁵ Disponível em: <<https://www.renault.co.uk/vehicles/new-vehicles/twizy.html>> Acesso em: novembro de 2017.

tamanhos, que variam de acordo com o fabricante e sua capacidade de carga. O modelo mais comum é do tipo 18650A de 3.1Ah de alta densidade. Segundo a Panasonic (2009), a bateria possui um eletrodo positivo de níquel e uma densidade de energia de 675 Wh/L, superior ao modelo 18650 de 2.9 Ah e de densidade 620 Wh/L. O tamanho da bateria é de 18mm de diametro x 65mm de altura, de aproximadamente 45g.

Figura 6 - Bateria 2170 da Tesla



Fonte: Instagram⁶

Em 2017 a Tesla lançou no mercado o modelo 2170, e segundo Elon Musk, “é a bateria com maior densidade de energia do mundo, e a mais barata” (figura 6). Com dimensões pouco maiores que o modelo 18650 (21mm de diâmetro x 71 mm de altura), a nova bateria entrega quase o dobro de corrente, entre 5,7 e 6Ah. Sua densidade energética é de 877,5 Wh/L (MORRIS, 2017).

O Modelo S da Tesla possui cerca de 7000 baterias do tipo 18650, agrupadas em células (figura 7), que são dispostas no assoalho, trazendo maior estabilidade ao veículo.

⁶ Disponível em: <<https://www.instagram.com/p/BQ3UpgZAGiH/?taken-by=bypantheon&hl=en>> Acesso em dezembro de 2017.

Figura 7 - Células de bateria do Tesla Modelo S



Fonte: Inside EVs⁷

Alguns aspectos negativos sobre as baterias referem-se aos seus componentes e ao seu descarte. Segundo o jornal *The Guardian* (2017), um veículo elétrico possui cerca de 38 kg de cobre, 11 kg de cobalto e 11 kg de níquel em sua bateria, que precisam ser minerados, e estima-se que estarão cada vez mais escassos em 15~20 anos. E as baterias precisam ser descartadas depois que estiverem exauridas. Calcula-se que cerca de 11m toneladas de baterias de Li-ion precisarão ser recicladas entre agora e 2030, e sua reciclagem não é um processo simples, pois quando danificadas as baterias podem expelir gases tóxicos.

E ainda, não é um processo vantajoso economicamente, por ser muito mais custoso do que a extração de nova matéria prima, o que dificulta ainda mais o procedimento. Na União Europeia, são as montadoras que ficam responsáveis pelo descarte correto das baterias, até porque, devido ao tamanho das células, manter em casa não é viável, e o descarte no meio ambiente não é uma opção.

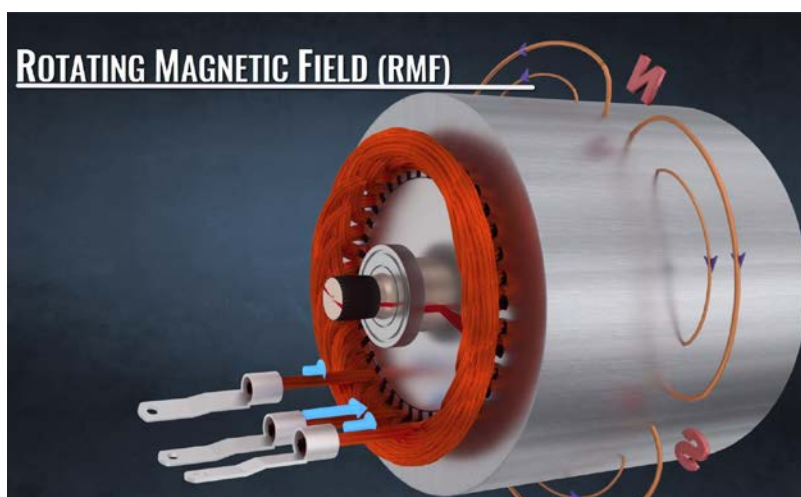
Mas uma maneira de diminuir esses impactos é o desenvolvimento de baterias que tenham uma vida útil maior e mais eficientes, o uso de novas tecnologias e métodos. Além de existir programas que estimulem o descarte correto e a reciclagem das baterias.

⁷Disponível em:< <https://insideevs.com/look-inside-a-tesla-model-s-battery-pack/>> Acesso em dezembro de 2017.

2.3.1 Motor de Indução de Fluxo Radial

Parte muito importante dos veículos elétricos é o motor para alimentar as baterias citadas anteriormente. Existem dois tipos principais, o motor de indução com fluxo radial e os motores com fluxo axial. Como exemplo para o motor de indução radial será utilizado o Modelo S da Tesla. De acordo com o canal do *Youtube, Learn Engineering* (2017), o motor de indução radial é composto por um estator e um rotor, montado em um eixo com diversos anéis. A corrente alternada trifásica na bobina produz um campo magnético rotativo, que neste motor formam um campo de quatro pólos (figura 8), de fluxo radial.

Figura 8 - Funcionamento de um motor de indução



Fonte: Youtube - Learn Engineering⁸

Seu motor é instalado no eixo traseiro, juntamente com um inversor, que é responsável por transformar a energia de saída das baterias (DC) em energia de entrada para o motor (AC). Este veículo ainda aplica o sistema de regeneração de energia, que recupera a energia da frenagem, transformando a energia cinética do veículo em energia elétrica, sem desperdício na forma de calor. O próprio motor de indução funciona como um gerador nessa situação e é o inversor que controla essa transição. A energia gerada então vai para as baterias do veículo⁹.

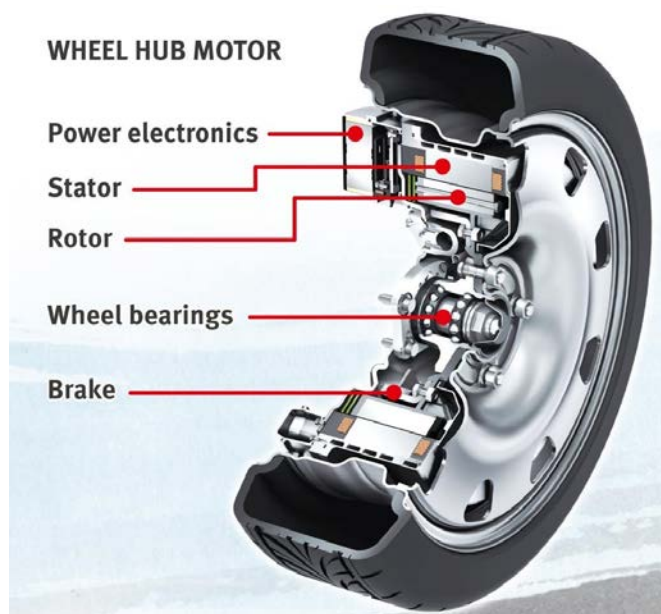
⁸ Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=3SAxXUIre28>> Acesso em dezembro de 2017.

⁹ Informações retiradas do vídeo "How does an Electric Car work ? | Tesla Model S", disponível em 30 de maio de 2017.

2.3.2 Motor de Fluxo Axial

Os motores de fluxo axial são instalados no cubo de roda dos veículos, em conjunto com os freios, controladores e o sistema de resfriamento. Por ser mais compacto, possibilita uma ampla variação na arquitetura dos veículos, em diversos portes (SCHAEFFER, 2013). Ainda, segundo o site Inovação Tecnológica (2016), os motores *In-Wheel* podem aumentar a segurança, dirigibilidade dos carros, disponibilizam espaço e consomem menos energia das baterias, simplificando a montagem dos veículos devido a substituição dos componentes. A figura 9 abaixo exemplifica o motor de cubo de roda.

Figura 9 - Motor do tipo cubo de roda.



Fonte: Website da Schaeffer¹⁰

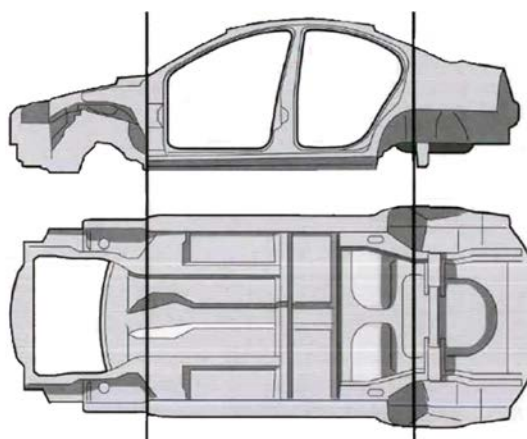
2.4 PACKAGE E CLASSIFICAÇÃO DA CATEGORIA DO VEÍCULO

A classificação do mini/micro dá-se por um veículo compacto, o menor tipo de carro de passeio autorizado em todas as estradas. Geralmente projetados para dois ocupantes e com mínimo de espaço de carga. São desenvolvidos para serem leves, de baixo custo e terem um alto volume de produção (Macey, 2009). O corpo do veículo é seccionado em três partes (figura 10), sendo as partes frontal e traseira projetadas

¹⁰ Disponível em: <<https://goo.gl/zPdTgU>> Acesso em dezembro de 2017.

para deformarem em caso de impacto, absorvendo a energia e dissipando-a pela deformação plástica e em parte por calor. Isso ocorre para trazer maior segurança ao usuário caso ocorra um acidente. A parte central chama-se de célula de sobrevivência, que apresenta uma estrutura reforçada nas colunas e portas, para que o veículo traga maior segurança aos ocupantes do veículo. Esta seção deve sofrer o mínimo de deformação, devido ao propósito de proteger o usuário.

Figura 10 - Seções da estrutura do veículo



Fonte: Macey, 2009

O arranjo dos componentes internos dos veículos chama-se *package* e ele define as partes principais do veículo e como estas são dispostas. Varia de acordo com modelo, tipo de veículo, marca, etc. O *package* geralmente contempla o espaço dos ocupantes, a disposição interna do veículo e o espaço de carga, sistema de transmissão, motor, caixa de câmbio, eixos, estrutura, rodas e pneus, suspensão e chassi (MACEY,2009).

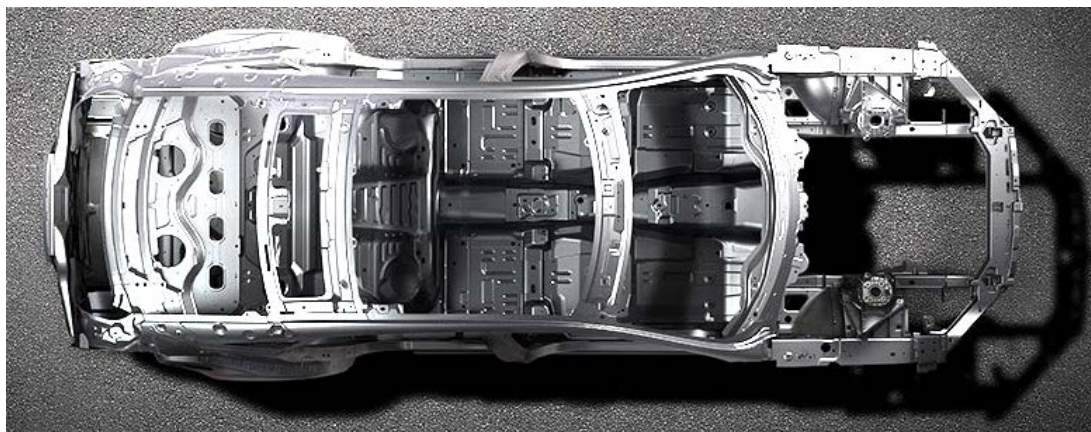
Referindo-se a estrutura dos veículos, é possível ter uma estrutura única, o monobloco, e estruturas conjuntas de chassi e carenagem, o *space frame*. Ambas estruturas são descritas nos itens a seguir.

2.4.1 Estrutura tipo Monobloco

O monobloco pode ser definido como perfilados metálicos, peças conformadas e painéis estampados (assoalho, teto e laterais) que são soldados entre si (LARICA,2003). Ainda, é o tipo de produção mais efetivo e de melhor custo-benefício

para o processo em larga escala para carros, minivans e SUVs (MACEY, 2009). Explícito na figura 11 abaixo.

Figura 11 - Estrutura do tipo Monobloco



Fonte: Jaguar¹¹ (2017)

2.4.2 Estrutura tipo Space Frame

O *space frame* (ou chassi e carroceria) consiste em duas partes, sendo a primeira responsável pela estrutura do veículo (figura 12) e a segunda responsável pela parte estética e aerodinâmica.

Figura 12 - Estrutura do tipo Space Frame



Fonte: Audi¹² (2015)

¹¹ Disponível em: <<https://www.jaguar.ca/en/all-models/xj/features/index.html>> Acesso em: novembro de 2017.

¹² Disponível em: <<https://www.audi-mediacycenter.com>> Acesso em: outubro de 2017.

Para Macey (2009), esse tipo de fabricação é comumente utilizado em veículos esportivos de baixa tiragem, onde a estrutura metálica do chassi é soldada para formar uma estrutura rígida e leve. Assim, esta estrutura é capaz de suportar as tensões e acomodar todos os outros componentes do veículo, tanto internos quanto externos, sem comprometer o desempenho.

2.5 MATERIAIS POSSÍVEIS PARA O PROJETO

Importante ser definido também os materiais que poderão ser utilizados para o desenvolvimento do veículo. Todos os materiais que serão citados são conhecidos e já foram trabalhados pela equipe Bagual Racing, que atualmente conta com três veículos finalizados e mais dois em produção, facilitando assim a reprodução do modelo proposto. Serão abordados os materiais do chassi e da carroceria, ambas definições foram apresentadas nos itens 2.4.1 (Estrutura tipo Monobloco) e 2.4.2 (Estrutura tipo Space Frame) respectivamente. Para o chassi, será utilizado o alumínio, em forma de tubos, e para a carroceria, a fibra de vidro e o PETG, este para superfícies onde é necessária a transparência.

2.5.1 Alumínio

Como possível material a ser utilizado para a estrutura, o alumínio é definido como uma liga leve e o terceiro metal mais abundante, ficando atrás apenas do ferro e do silício (ASHBY, 2011). Contudo, extrair alumínio requer muita energia, por isso a sua reciclagem é um fator muito explorado na indústria, já que a quantidade energética para este processo torna-se muito menor. As ligas de média resistência que podem ser extrudadas são utilizadas na fabricação de veículo e na engenharia em geral, como é o caso da série 6000.

Uma alternativa ao alumínio em estruturas veiculares podemos citar a fibra de carbono (CFRP), que possui densidade bem mais baixa do que alumínio (entre 1,55~1,6 mg/m³ contra os 2,50~2,95 mg/m³ do alumínio). Porém, toda essa leveza tem um custo: enquanto o alumínio tem um preço médio de \$3,50/kg, a fibra de carbono custa em torno de \$55/kg (ASHBY, 2011). Logo, a escolha do alumínio em tubos para a estrutura do veículo vai de acordo com as restrições do público alvo deste projeto.

2.5.2 Fibra de vidro

A fibra de vidro é o material principal para o desenvolvimento da carenagem do veículo. Ele foi desenvolvido após o período da Segunda Guerra Mundial, como um material de alta resistência e rigidez. As fibras podem ser contínuas ou segmentadas, embebidas em uma matriz polimérica, geralmente uma resina de poliéster ou epóxi.

Por ser mais barata do que as fibras de carbono e Kevlar, por exemplo, a fibra de vidro é muito utilizada na indústria, apesar de possuir propriedades inferiores às duas fibras citadas anteriormente (ASHBY, 2011). Novamente, o custo do material torna-se um fator de decisão na hora da escolha, e também a usabilidade, uma vez que a fibra de vidro só necessita da manta de vidro e da resina (e catalizador) para o processo de fabricação.

2.5.3 PETG

Devido às suas propriedades e custo, o material escolhido para produção de janelas e parabrisas do veículo é o PETG. O PETG é uma versão modificada do Politereftalato de Etileno (PET) com adição de Glycol. O Glycol garante ao PETG maior plasticidade, fazendo com que o material demonstre grande usabilidade para conformação e termoformagem a vácuo (DAY BRASIL, 2016). Pode ser utilizado na forma de chapas e filamentos, ganhando adesão na impressão 3D recentemente (CLIEVER, 2017). O material apresenta boas propriedades mecânicas se trabalhado em temperaturas de até 160°C (ASHBY, 2017).

3 METODOLOGIA DE PROJETO

Adotando a metodologia de Back (2009), o projeto é dividido em etapas, citadas no capítulo 1, item 1.5 (Base Metodológica). Contudo, torna-se necessário o detalhamento de cada uma destas partes, para um melhor entendimento dos procedimentos que serão abordados. De um modo geral, no planejamento de projeto são elencadas as principais etapas, como os escopos de projeto e produto, define-se o que será desenvolvido, os objetivos centrais, a justificativa e a metodologia de projeto (BACK, 2009).

Para este projeto em específico, o planejamento inicia-se com o impacto que os veículos movidos a combustíveis fósseis causam e as mudanças ocorridas a fim de reduzir ao máximo esses impactos, bem como o papel dos veículos elétricos na mobilidade urbana. É evidenciado também como os microcarros foram inseridos no meio urbano, tendo em vista de que cada vez mais diminui o número de ocupantes por veículo. Traz-se também dados referentes ao contexto da cidade de Porto Alegre, local sede do público alvo deste projeto. E por fim, é apresentada a competição de eficiência energética promovida pelo *Royal Dutch Shell®*, a *Shell Eco Marathon*, que torna-se um grande impulsionador de pesquisa e desenvolvimento de veículo mais eficazes e com maior autonomia.

Como parte do referencial teórico é apresentado em mais detalhes o cenário dos microcarros, as principais características dos veículos elétricos, bem como partes importantes do design automotivo, como estrutura, arranjo dos componentes internos e possíveis materiais utilizados no projeto. Este levantamento serve de base para o próximo capítulo, que contempla o projeto informacional.

Na fase seguinte, que é definida como Projeto Informacional, Back (2009) descreve como a etapa de definição das especificações de projeto, tal como elucidar os fatores que influenciam no projeto. De início, deve-se definir as necessidades dos usuários, que serão transformados em requisitos de usuários. Para isso, foi elaborada uma breve questão aos integrantes da equipe Bagual Racing, na qual o usuário tinha liberdade para escrever qualquer coisa a respeito da temática, do modo que achasse mais pertinente. As respostas podem ser conferidas no apêndice A. Ainda, algumas informações foram coletadas durante conversas informais e visitas ao laboratório LAMECC, localizado no prédio da mecânica da UFRGS.

Partindo dos requisitos de usuário obtém-se os requisitos de projeto, os quais determinarão as especificações do projeto, os objetivos que o novo produto deve atender. Foi utilizada a técnica do Desdobramento da Função Qualidade (QFD), devidamente explicado no item 4.4.2 (Priorização dos Requisitos de Projeto), bem como o Diagrama de Mudge, no qual foi necessário o auxílio do público alvo novamente para definir os pesos que cada requisito deveria ter de acordo com a realidade da equipe e suas preferências.

Para continuidade do projeto, são contempladas as etapas de Projeto Conceitual e Projeto Preliminar. No Projeto Conceitual foram definidos alguns parâmetros para o projeto, como o conceito principal, através da seleção de alternativas; o package mais adequado; a composição final do veículo, como forma da carroceria e do chassi, cores e grafismos; e ergonomia para o piloto, além dos requisitos de segurança exigidos pela competição. A metodologia de Macey (2009) foi utilizada com mais frequência nesta fase do projeto. *Sketches* de visualização foram muito importantes no Projeto Conceitual, como forma de explorar as várias possibilidades de estéticas e funcionais do *Urban Concept*, com a geração de alternativas e a etapa de seleção. A técnica de Estrutura criativa (SAPPER, 2015) foi de grande valia para a definição do conceito, para que estivesse de acordo com o que almeja a equipe Bagual Racing.

Por fim, o Projeto Preliminar é resumido na elaboração de um modelo físico em escala do projeto final, bem como a modelagem em um software 3D. O detalhamento do produto também foi realizado nesta parte do projeto, além da renderização da modelagem em software específico. Assim, foi possível adicionar materiais e uma ambientação para termos uma representação mais acurada do veículo final.

4 PROJETO INFORMACIONAL

Iniciando o projeto informacional foi feito um levantamento de similares a fim de adquirir alguns requisitos de usuário e de projeto que serão de grande valia para o desenvolvimento do novo veículo. Serão abordadas algumas técnicas para transformar esses dados obtidos em informação útil ao projeto, como o Diagrama de Mudge e a Priorização dos Requisitos de Projeto. Este capítulo reúne também painéis de visualização, requisitos e restrições de projeto, além de evidenciar o público alvo, a equipe Bagual Racing.

4.1 LEVANTAMENTO DE SIMILARES

“O levantamento de similares é a análise de soluções existentes para os problemas e necessidades de projeto” (PLATCHECK, 2012, p.35). Para um melhor entendimento dos diversos microcarros e para o levantamento de possíveis requisitos, foi realizada uma análise sincrônica dos modelos mais relevantes para este projeto. De acordo com Baxter (2000), a análise sincrônica leva em consideração aspectos tanto quantitativos como qualitativos, e serve para comparar produtos em estágio de desenvolvimento com produtos já estabelecidos no mercado e até mesmo concorrentes.

Para este projeto foram analisados os seguintes modelos de microcarros: Cygnet da Aston Martin, o Renault Twizy, Motiv da Yamaha, o Ligier JS 50 Sport, Fortwo da Smart, t, Scion/Toyota IQ, Microcar Due Dynamic e o City GTO da Aixam. Foram analisados também veículos criados para a Shell Eco Marathon, descritos no item 1.2.1 (Shell Eco Marathon).

No quadro 1 abaixo, destaca-se o novo modelo ForTwo da Smart, com mudanças nos faróis dianteiros. Nos modelos anteriores, não haviam variações significativas na frente do veículo, sendo assim, o modelo 2018 busca renovar o visual do ForTwo. O detalhe da coluna traseira, símbolo do modelo, continua presente, a fim de não perder a identidade e a essência do ForTwo.

Quadro 1 - Smart ForTwo¹³

	Modelo: ForTwo
	Marca: Smart
	Ano: 2018
	Dimensões (CxLxA): 2,7m x 1,5m x 1,5m
	Motor: Elétrico ou à gasolina
	Consumo: 12,9kWh/100km; 4,5L/100km
	Estrutura: Monobloco
Características: Célula de segurança à mostra; design de duas cores característicos do modelo; comando no volante; três variações de configuração; conforto interno.	

Fonte: Autora

O modelo iQ da Toyota (quadro 2), foi lançado sob a marca Scion nos Estados Unidos, representante da marca japonesa, destaca-se por trazer as linhas principais dos modelos Toyota para a categoria dos microcarros. O iQ possui cores metálicas e vibrantes, a fim de atrair um público mais jovem.

Quadro 2 - Scion/Toyota iQ¹⁴

	Modelo: iQ
	Marca: Scion/Toyota
	Ano: 2015
	Dimensões (CxLxA): 3m x 1,7m x 1,5m
	Motor: Gasolina
	Consumo: 6,5L/100km
	Estrutura: Monobloco
Características: Quatro passageiros; cores vibrantes; voltado para o público jovem; conta com 11 airbags;	

Fonte: Autora

¹³ Disponível em: <<https://www.smartusa.com/models/proxy-coupe>> Acesso em: novembro de 2017.

¹⁴ Disponível em: <<https://goo.gl/4heGP3>> Acesso em: novembro de 2017.

Totalmente elétrico, o Renault Twizy pode ser considerado o modelo mais inusitado deste levantamento. Com linhas bem marcadas, a cabine se destaca do restante do veículo, como se fossem módulos independentes, exaltando um design mais agressivo e ao mesmo tempo futurista. O Twizy (quadro 3) ainda possui diversas cores e texturas, que podem ser combinadas de várias formas, permitindo ao usuário a oportunidade de customizar o veículo tornando-o praticamente único.

Quadro 3 - Renault Twizy¹⁵

	<p>Modelo: Twizy Marca: Renault Ano: 2017 Dimensões (CxLxA): 2,3m x 1,39m x 1,45m Motor: Elétrico Consumo: 6,3kWh/100km; Estrutura: Monobloco</p>
<p>Características: Dois passageiros um atrás do outro; possibilidade de estacionamento perpendicular; estrutura tubular; alta personalização; carga total em 3h; abertura de portas do tipo tesoura.</p>	

Fonte: Autora

O modelo Due da Microcar é um veículo francês, vendido principalmente na Europa, e entra na categoria de microcarros de forma discreta, não sendo ousado nas cores e nas linhas. De certa forma, um veículo que encaixa-se no mercado automobilístico de uma maneira mais sóbria, em comparação com os modelos mais arrojados destacados anteriormente. No quadro 4 abaixo destaca-se o modelo com sua ficha técnica.

¹⁵ Disponível em: <<https://www.renault.co.uk/vehicles/new-vehicles/twizy.html>> Acesso em: novembro de 2017.

Quadro 4 - Microcar Due Dynamic¹⁶

Fonte: Autora

Entrando na categoria de microcarros, a Aston Martin lança o modelo Cygnet em 2011. Sob o modelo iQ da Toyota, o Cygnet (quadro 5) apresenta todo o requinte da Aston Martin, que tinha como objetivo mostrar um carro ideal para os centros urbanos, não dispensando de todo conforto e elegância que a marca representa. Além de aproximar-se do público jovem, com cores mais vibrantes e um design acolhedor.

Quadro 5 - Aston Martin Cygnet¹⁷

Fonte: Autora

¹⁶ Disponível em: <<http://www.ligier.fr/>> Acesso em: novembro de 2017.

¹⁷ Disponível em: <<https://goo.gl/iDEE5p>> Acesso em: novembro de 2017.

O City da Aixam destaca-se por não necessitar da carteira de motorista convencional para conduzir o veículo (quadro 6). Em alguns países europeus, a idade mínima para dirigir é de 16 anos, que possui uma licença específica para essa categoria. Assim, o City é uma opção mais segura em relação a motocicletas e quadriciclos para esses usuários mais jovens. O City ainda possui diversas configurações e uma versão a diesel.

Quadro 6 - Aixam City GTO¹⁸

	<p>Modelo: City GTO</p> <p>Marca: Aixam</p> <p>Ano: 2016</p> <p>Dimensões (CxLxA): 2,7m x 1,5m x 1,47m</p> <p>Motor: Elétrico e a diesel</p> <p>Consumo: 3L/100km;</p> <p>Estrutura: Monobloco</p>
<p>Características: Padrão de duas cores; não precisa de carteira para dirigir, licença para quadriciclo, atrai público mais jovem (16 anos) devido a isso; design esportivo;</p>	

Fonte: Autora

O JS 50 oferece um design esportivo aos microcarros, que remetem de maneira errônea a um veículo mais frágil. Sendo assim, o veículo da Ligier apresenta linhas mais agressivas, o padrão de duas cores, comumente utilizada em SUVs, onde o teto possui uma cor diferente do restante do veículo, e faroletes nas grades dianteiras, exaltando um veículo mais robusto. O quadro 7 a seguir reúne mais informações sobre o modelo, como dimensões e consumo.

¹⁸ Disponível em: <<http://www.aixam-mega.it/it/coupe/e-coupe-gti>> Acesso em: novembro de 2017.

Quadro 7 - Ligier JS 50 Sport¹⁹

Fonte: Autora

Previsto para ser lançado em 2018, o Motiv.e foi apresentado no salão de automóveis do Japão²⁰ em 2013, como o primeiro veículo da marca Yamaha Motors, e totalmente elétrico. Conta com o design de Gordon Murray, renomado designer no meio automobilístico, responsável por modelos famosos como a McLaren F1.

Quadro 8 - Yamaha Motors Motiv.e²¹

Fonte: Autora

¹⁹ Disponível em: <<http://www.ligier.fr/>> Acesso em: novembro de 2017.

²⁰ Disponível em: <<https://goo.gl/upLi4G>> Acesso em: novembro de 2017.

²¹ Disponível em: <<https://goo.gl/LbwFUm>> Acesso em: novembro de 2017.

O modelo acima (quadro 8) apresenta linhas marcadas e um design futurista, vindo para o mercado para concorrer principalmente com o ForTwo da Smart, tendo em vista deste ser o modelo de maior destaque na categoria. Apesar de possuir as mesmas dimensões do concorrente, o Motiv.e parece ser maior e mais robusto.

4.1.1 Participantes da Shell Eco Marathon

Para a lista de similares também é importante ressaltar alguns modelos que participaram da *Shell Eco Marathon*, a fim de elencar aspectos importantes ao projeto, sendo questões estéticas e formais. A figura 13 abaixo representa o modelo MUC_017 da equipe alemã *TUfast Eco Team*, da *Technical University Munich*, segundo lugar de 2017 na categoria de *Urban Concept*, com uma eficiência de 162,4 km/kWh.

Figura 13 - MUC_017 da TUFast Eco Team



Fonte: acervo equipe TUFast Eco Team²²

O veículo possui linhas alongadas, e o padrão de duas cores predominantes. Aproxima-se do visual de um veículo de passeio, como um sedan, por exemplo, do que de um microcarro, devido a transição do capô e o parabrisa. Sua estrutura monobloco é composta de fibra de carbono.

O modelo seguinte é o *NG Sustain*, da equipe *ØUC Shell Eco*, provenientes da *Østfold University College*, Noruega (figura 14). O veículo elétrico recebeu o prêmio de melhor design na categoria *Urban Concept*, estando próximo dos padrões de produção real de um carro urbano, segundo os parâmetros da competição.

²² Disponível em: <<http://tufast-eco.de/en/>> Acesso em: novembro de 2017.

Figura 14 - Modelo NG Sustain

Fonte: acervo equipe ØUC Shell Eco²³

O próximo participante é o modelo TIM 07, da equipe francesa *Toulouse Ingénierie Multidisciplinaire* (figura 15). O veículo movido a etanol tirou o primeiro lugar na categoria de combustão interna em 2017 e tem em seu histórico um recorde de 711 km/L de combustível. Extremamente leve, o TIM 07 pesa apenas 66kg, sendo um dos mais leves veículos na categoria de *Urban Concept*. O modelo levou três anos para ficar pronto, e compete desde 2015. Segundo os dados da equipe, é planejado para o próximo ano de 2018 um modelo com propulsão totalmente elétrica.

Figura 15 - Modelo TIM 07

Fonte: acervo equipe Toulouse Ingénierie Multidisciplinaire²⁴

²³ Disponível em: <<http://www.oucshelleco.no/en/the-project>> Acesso em: novembro de 2017.

²⁴ Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/timupsinsa>> Acesso em: novembro de 2017.

A equipe italiana de Torino, *Team H2politO*, possui dois modelos de *Urban Concept*. O XAM (figura 16), desenvolvido em 2011 e movido a etanol, e o modelo XAM 2.0, com propulsão elétrica. Com o XAM, a equipe recebeu o *Design Award* da *Shell Eco Marathon*, que leva em consideração o design inovador, originalidade, além de questões estéticas, funcionais e técnicas.

Figura 16 - Modelo XAM



Fonte: flickr Shell Eco Marathon²⁵

O XAM 2.0 (figura 17) foi projetado pela equipe e por pesquisadores para representar a Politécnica de Torino no *Future Car Challenge* em 2012, evento que reuniu diversas marcas e que deu ao modelo 2.0 o prêmio de melhor veículo de alcance estendido na modalidade protótipo (CARELLO, 2014). Devido ao seu propósito, o XAM 2.0 está apto a circular nas ruas, pois teve de ser devidamente emplacado, já que carros de competição não precisam ter placas e muitas vezes nem faróis funcionais. Diferente dos outros modelos citados anteriormente, os resultados obtidos pelo XAM 2.0 são inferiores em termos de performance, mas como o modelo pode circular em vias urbanas, alguns parâmetros de segurança tiveram de ser adicionados, contribuindo para que o veículo ficasse mais pesado.

A estrutura space frame do modelo também contribui para o aumento do peso do veículo, além de componentes internos de segurança que não são obrigatórios na

²⁵ Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/shell_eco-marathon/1796625414>. Acesso em: novembro de 2017.

Shell Eco Marathon, tendo em vista de que a competição não tem foco em velocidade, mas sim em eficiência. Este veículo atinge uma velocidade máxima de 80km/h, com uma autonomia de 60km de sua bateria de 6,9 kWh. Devido ao peso do veículo, sua velocidade torna-se reduzida, juntamente com a autonomia de sua bateria, que tende a utilizar mais energia para manter o veículo em movimento.

Figura 17 - Modelo XAM 2.0



Fonte: Acervo da Team H2politO²⁶

Por fim, o modelo desenvolvido na *Oxford University*, pelo *Mobile Robotics Group* (figura 18) em parceria com a *Shell*, durante o *UK Robotics Week*, em 2016. O modelo Kate é autônomo e foi construído para inspirar futuros participantes da *Shell Eco Marathon*, além de engenheiros e cientistas, demonstrando o progresso da tecnologia (WIRED, 2017).

²⁶ Disponível em: <<https://areeweb.polito.it/didattica/h2politO/>> Acesso em: novembro de 2017.

Figura 18 - Modelo Kate

Fonte: Flickr Shell Eco Marathon²⁷

Com base nos dados coletados, conclui-se que algumas características presentes em diversos modelos, como duas cores distintas, é um atributo de provável aplicação para o presente projeto. Também, linhas curvas e bem marcadas contribuem para um design mais robusto, desvencilhando a imagem de fragilidade que os microcarros equivocadamente carregam.

De modo a preparar os dados para o projeto conceitual, foram criados painéis de similares, tanto dos modelos que se encontram no mercado quanto dos participantes de edições passadas da *Shell Eco Marathon*. De mesmo modo, um painel semântico foi elaborado, a fim de retratar também alguns aspectos intangíveis do projeto.

4.2 PAINEL SEMÂNTICO

A partir dos dados extraídos dos usuários e do levantamento de similares, é elaborado um painel inicial, com imagens que representam as principais palavras para melhor visualização, que futuramente dará auxílio a definição do conceito do projeto. Segundo Baxter (2000), os painéis servem para expor sentimentos e emoções que o novo produto quer transmitir, de forma visual. Futuramente será abordada a Estrutura

²⁷ Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/shell_eco-marathon/> Acesso em: dezembro de 2017.

Criativa proposta por Sapper (2015), que faz o uso de painéis para determinar e desenvolver os requisitos estéticos e simbólicos do projeto. Com isso, a figura 19 abaixo segue o pensamento de Baxter (2000), trazendo imagens que demonstram as principais características elencadas no projeto.

Figura 19 - Painel semântico



Fonte: Autora

Os principais conceitos abordados no painel semântico são a tecnologia integrada à natureza (como a biônica), o artificial e o natural; a leveza e a robustez, além da segurança, organização, performance. Algumas imagens ainda podem trazer

a relação do futurista e do moderno juntamente com um dos sentidos citados anteriormente.

Após a abordagens dos painéis, é apresentado o usuário chave deste projeto, a equipe Bagual Racing.

4.3 PÚBLICO ALVO DO PROJETO

Uma vez definido o escopo do projeto e do produto, deve-se elencar para quem o projeto é pensado. Segundo Back (2009), o usuário pode ser definido por todos que serão afetados ou tem interesse pelo produto, de uma maneira bem ampla. Sendo assim, fica definido como o usuário a equipe Bagual Racing, que representa a UFRGS na competição de eficiência energética. Ainda, pode-se categorizar a equipe como usuário do processo de produção, já que estarão em contato não só com o veículo final, mas com a fabricação e o desenvolvimento do projeto. Dito isso, no item 4.3.1 será apresentada a equipe, bem como as motivações e as necessidades da mesma.

4.3.1 Bagual Racing

Equipe fundada em 2011 com a coordenação do professor Rafael Laranja, conta atualmente com 14 componentes, de diversos cursos da universidade, em sua maioria engenharias. A equipe compete desde 2013, nas categorias de protótipo elétrico e à gasolina. Em 2013 e 2014 participaram da MEE (Maratona de Eficiência Energética), antiga prova do gênero que acontecia no Brasil. Logo depois que esta competição foi descontinuada, a equipe preparou-se por 2 anos para a Shell Eco Marathon, que iniciou suas atividades em solo brasileiro em 2016, como explicitado no item 1.2.1 (Shell Eco Marathon).

Tendo em vista de que todos os custos dos projetos realizados são cobertos pelos próprios membros, torna-se um desafio unir a qualidade desejada com a verba disponível. Assim, é de interesse da equipe adquirir mais integrantes e desenvolver métodos que sejam acessíveis para o orçamento da Bagual. Cada veículo é subdividido em projetos menores para otimizar as tarefas e alocar melhor a mão de obra para cada parte. O chassi e a carenagem são trabalhados em conjunto, os demais subconjuntos são divididos em sistema de freio e rodas, sistema de direção e volante, transmissão (no caso dos veículos movidos a combustão interna), injeção

eletrônica (idem transmissão), controle e bateria (veículo elétricos), telemetria, ergonomia e itens de segurança.

A equipe conta com diversos patrocinadores, como a Metalmoro, que fornece peças de kart, Fueltech, responsável por componentes mecânicos, a SKA, fornecendo tecnologia para automação, Satti Soldas, auxiliando com as soldas em alumínio, juntamente com a metalúrgica Ralf Winter. Tem o apoio também da Brasil Robotics, com equipamentos de automação e do laboratório de mecatrônica e controle da UFRGS, LAMECC. A Bagual inclusive possui o apoio do Velopark, que concede os equipamentos para os pilotos, como vestimentas e capacete.

Através de entrevistas realizadas com a equipe por meio de um formulário (apêndice A), foram estabelecidas as necessidades dos usuários, que servirão de base para os requisitos de projeto, elencados no item a seguir. A entrevista também contribuiu para elencar alguns requisitos estéticos e simbólicos do veículo, descritos na etapa de Projeto Conceitual.

4.3.2 Requisitos De Usuário

Baseando-se nos resultados do levantamento de similares e das entrevistas com a equipe, foram obtidos as necessidades dos usuários. Na tabela 2 a seguir, destacam-se as informações transcritas dos usuários em relação ao projeto. Ressaltando que tais dados aparecem sem formalidade técnica, pois foram obtidos dos usuários sem essa imposição.

Tabela 2 - Necessidades dos usuários

Necessidades dos Usuários
“Fundamentalmente, estar de acordo com o regulamento da categoria.”
“Um visual marcante.”
“Uma mecânica acessível.”
“Viabilidade de transporte.”
“Design futurístico.”
“Deve ser robusto.”
“Precisa ter leveza.”
“Precisa ter segurança.”
“Design moderno.”
“Um desenho que integre natureza e tecnologia de maneira equilibrada. ”
“Os faróis poderiam mostrar mensagens, inspiradas no Honda Sports EV Concept.”
“Design aerodinâmico.”
“Precisa ter a essência gauchesca da equipe. Acredito que precisa ter as cores da bandeira rio-grandense por esse motivo.”
“Precisa ter uns traços (cor que contraste com a cor principal do carro) tipo como tem nos bmw i3 e i8.”
“A parte de trás tb poderia ser toda preta com os leds vermelhos como no bmw i3 e no fiat mobi.”
“Poderia botar uns leds embaixo das porta.”
“Deve minimizar os impactos no meio: impacto visual da tecnologia na natureza e impacto biológico do carro no meio.”

Fonte: Autora

Estes dados serão adaptados para transformarem-se em requisitos de usuário. Deste modo, facilita-se o entendimento do que o público alvo almeja para o novo produto, com uma linguagem técnica, tendo em vista de que muitas vezes o usuário utiliza-se de uma linguagem coloquial. Na tabela 3, as necessidades dos usuários foram transformados em requisitos do usuário, por categoria.

Tabela 3 - Necessidades dos usuários transformadas em requisitos de usuário por categoria

Necessidades dos Usuários	Requisitos
“Um visual marcante.” “Design futurístico.” “Design moderno.”	Estética atraente
“Viabilidade de transporte.” “Uma mecânica acessível.” “Os faróis poderiam mostrar mensagens, inspiradas no Honda Sports EV Concept.” “Poderia botar uns leds embaixo das porta.”	Usabilidade Facilitada
“Precisa ter leveza.”	Ser leve
“Precisa ter segurança.” “Deve ser robusto.”	Segurança para o piloto
“Um desenho que integre natureza e tecnologia de maneira equilibrada.” “Deve minimizar os impactos no meio: impacto visual da tecnologia na natureza e impacto biológico do carro no meio.” “Design aerodinâmico.” “Estar de acordo com o regulamento da categoria.”	Formato otimizado
“Precisa ter a essência gauchesca da equipe. Acredito que precisa ter as cores da bandeira rio-grandense por esse motivo.” “Precisa ter uns traços (cor que contraste com a cor principal do carro) tipo como tem nos bmw i3 e i8.” “A parte de trás tb poderia ser toda preta com os leds vermelhos como no bmw i3 e no fiat mobi.”	Cores agradáveis

Fonte: Autora

A fim de utilizar os requisitos obtidos, a tabela 4 abaixo apresenta tais dados na íntegra, que serão utilizados no Diagrama de Mudge, no item 4.4.1 deste relatório.

Tabela 4 - Requisitos de usuário

Requisitos de Usuários
Ser esteticamente atraente.
Fácil acesso aos componentes mecânicos.
Ter transporte viável.
Ser aerodinâmico.
Ser robusto.
Ser leve.
Ser seguro.
Possuir fácil manutenção.
Ter forma orgânica.
Prover informações ao usuário.
Ter um design discreto.
Ter cores agradáveis.
Ter sinalização adequada.

Fonte: Autora

Macey (2009) cita os objetivos funcionais dos veículos como características focadas ao meio automotivo, utilizado para definir as funções que o veículo precisa ter em relação ao consumidor, aos processos de produção e fabris, e ao mercado o qual está inserido. Desta maneira, tais objetivos complementam os requisitos para o projeto, como espaço interno, segurança, fácil acesso, etc. Outra fonte para os requisitos foram alguns similares, microcarros disponíveis no mercado (como visto no item 4.1, Levantamento de Similares) e também participantes das versões anteriores da competição. Esses dados são relevantes para que o projeto não fique apenas fechado na competição, trazendo um viés mercadológico também aos requisitos de projeto. Dito isso, no apêndice B explicita-se tais similares, em relação à forma, composição e estrutura.

Após os requisitos estabelecidos, serão listadas também as restrições do projeto, que reúnem quesitos da competição bem como restrições técnicas da equipe, no item 4.3.3.

4.3.3 Restrições

Como restrições do projeto temos as regras da competição *Shell Eco Marathon*. As regras da categoria estão disponíveis em anexo deste documento, em inglês. Em suma, o *Urban Concept* precisa atender algumas exigências de segurança como por exemplo: não possuir pontas ou vincos acentuados, não conter peças soltas e os acessos aos componentes mecânicos deve ser devidamente fixados no veículo, por meio de dobradiças ou trilhos; o uso de fita adesiva ou velcro torna-se proibido para este fim.

Além disso, são definidos os tamanhos mínimos e máximos permitidos da categoria. Na altura, os valores devem estar entre 1000 mm e 1300 mm; na largura, entre 1200 mm e 1300 mm; e no comprimento, 2200 mm e 3500 mm. O peso máximo permitido, excluindo o piloto, é de 225 kg. A distância do solo deve ser de, no mínimo, 100 mm e a distância entre eixos de pelo menos 1200 mm.

Um gancho de reboque ou anel é obrigatório e deve ser colocado na parte da frente do veículo, podendo ser rígido ou flexível. Caso seja rígido, deve ser posicionado totalmente abaixo do corpo do veículo por questões de segurança. Pode ainda ser retrátil ou removível, desde que tenha fácil acesso. A utilização de parabrisas com limpadores funcionais também são itens essenciais. Outras restrições da categoria dizem respeito a utilização de peças de veículos comerciais, que não são permitidas, e do sistema de freios, que não podem ser utilizados freios de bicicleta para a categoria de *Urban Concept*.

O veículo deve possuir uma porta em cada lado do piloto e uma figura de 500 mm x 800 mm deve ser capaz de passar pela abertura das portas. Deve haver espaço interno para uma bagagem rígida de 500 x 400 x 200 mm (C x A x L), de fácil acesso pelo lado de fora, além de ter paredes e um chão para manter a bagagem no lugar. Tal equipamento deve ser fornecido pela equipe e alocado no lugar para inspeção e durante a competição.

Existem também restrições por parte do público alvo, devido às limitações tecnológicas que a equipe possui. Sendo assim, o veículo precisa ser de materiais de

fácil acesso por parte da equipe, além dos processos que serão envolvidos na fabricação serem de fácil reprodução.

A partir de todos os dados estabelecidos até aqui, faz-se a verificação dos requisitos de projeto e o uso da priorização dos requisitos de projeto, os quais auxiliarão nas tomadas de decisão de quais atributos disponíveis são de maior relevância. Além disso, como técnica complementar à essa priorização, será aplicado o Diagrama de Mudge, explícita no item 4.4.1.

4.4 REQUISITOS DE PROJETO

Os dados adquiridos na etapa de requisitos de usuário serão então transformados em requisitos de projeto, para que seja possível projetar um veículo que esteja de acordo com os parâmetros pré estabelecidos anteriormente e que servirão de guias para o projeto. Dos 13 requisitos de usuários verificados, foram elencados 22 requisitos de projeto, apresentados na tabela 5 a seguir.

Tabela 5 - Relação entre os Requisitos de Usuário e Requisitos de Projeto

Requisitos de Usuário	Requisitos de Projeto
Estética atraente	Ser esteticamente atraente para 80% da equipe. Possuir formas atrativas. Sinalizar aberturas do veículo.
Usabilidade Facilitada	Respeitar restrições do regulamento. Acesso aos componentes mecânicos. Possibilitar um transporte acessível. Possuir encaixe para reboque. Sinalizar as portas do veículo. Ter sistema de iluminação. Prover informações ao usuário.
Ser leve	Deter de peso otimizado.
Segurança para o piloto	Não possuir cantos vivos. Ter dispositivos de segurança. Prover segurança ao piloto. Ter sistema de freios adequados. Ter encaixes seguros.
Formato otimizado	Possibilitar uma boa aerodinâmica. Proteger componentes mecânicos. Possuir package compacto. Prover conforto ao piloto.
Cores agradáveis	Possuir um grafismo atrativo. Possuir cores atrativas.

Fonte: Autora.

4.4.1 Diagrama De Mudge

O Diagrama de Mudge compara os requisitos de dois em dois a fim de ordená-los por relevância. Cada requisito recebe um valor em relação ao outro e ao final, esta pontuação será transformada num percentil (SCHUSTER, 2015). As notas são atribuídas de 1 a 3, com 3 a característica mais relevante entre o par, e 1 a menos relevante. Os pesos recebidos nesta etapa servirão para o desdobramento da função

qualidade, no item 4.4.2. A figura 20 na sequência apresenta os resultados obtidos no Diagrama de Mudge, que foi realizado em conjunto com a Bagual Racing.

Figura 20 - Diagrama de Mudge

Requisito	%	Soma	Fácil acesso aos componentes mecânicos.	Ser esteticamente atraente.	Ter transporte viável.	Ser aerodinâmico.	Ser robusto	Ser leve	Ser seguro	Possuir fácil manutenção.	Ter forma orgânica.	Prover informações ao usuário.	Ter um design discreto.	Ter cores agradáveis.	Ter sinalização adequada.
Fácil acesso aos componentes mecânicos.	7,74%	24		3	1	3	2	1	1	1	3	2	3	3	1
Ser esteticamente atraente.	6,77%	21	1		1	3	2	1	1	1	3	1	3	3	1
Ter transporte viável..	10,00%	31	3	3		3	3	2	1	3	3	3	3	3	1
Ser aerodinâmico.	5,81%	18	1	1	1		1	1	1	1	3	1	3	3	1
Ser robusto	8,06%	25	2	2	1	3		2	1	1	3	3	3	3	1
Ser leve	9,03%	28	3	3	2	3	2		1	1	3	3	3	3	1
Ser seguro	11,61%	36	3	3	3	3	3	3		3	3	3	3	3	3
Possuir fácil manutenção.	9,03%	28	3	3	1	3	3	1	1		3	3	3	3	1
Ter forma orgânica.	4,84%	15	1	1	1	1	1	1	1	1		1	3	2	1
Prover informações ao usuário.	7,10%	22	2	3	1	3	1	1	1	1	3		3	2	1
Ter um design discreto.	4,19%	13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		2	1
Ter cores agradáveis.	4,84%	15	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2		1
Ter sinalização adequada.	10,97%	34	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	
Soma	100,00%	310													

Legenda	
1	- importante
2	= importante
3	+ importante

Fonte: Autora.

4.4.2 Priorização dos Requisitos de Projeto

O Desdobramento da Função Qualidade (*Quality Function Deployment*) visa organizar todos os dados adquiridos através das ferramentas descritas nos itens 4.3.2, 4.4 e 4.4.1 e colocá-los em uma matriz. Back (2009) refere-se ao QFD como “[...] preocupação de que os produtos devem ser projetados para refletir os desejos, gostos e expectativas dos usuários que devem ser considerados de alguma maneira no processo de desenvolvimento do produto.” Sendo assim, todas as informações serão adaptadas para possibilitar o cruzamento dos requisitos de usuários com os requisitos

de projeto, visando adquirir informações de quais aspectos serão mais importantes, levando em consideração tanto quesitos técnicos quanto exigências dos usuários. Assim, é possível identificar o quanto a necessidade do usuário interfere nos parâmetros de projeto (BACK, 2008).

Para a execução da matriz, utilizou-se dos requisitos de usuário e dos requisitos de projeto, que foram relacionados entre si. Atribuiu-se nota 9 quando a relação entre os dois requisitos mostravam-se muito relevante; 3 para uma relevância média; 1 para pouco relevante; e 0 para nenhuma relação. Cada valor da coluna era multiplicado pelo seu peso, dado vindo do Diagrama de Mudge, descrito no item anterior. Depois, o valor da coluna era somado e transformado em um percentil do valor total, a fim de hierarquizar os requisitos e salientar os quais serão mais importantes. Os requisitos de projeto também receberam sinalizações de + ou - quando o requisito representava algum aumento ou redução, e um = quando não havia tal relação. O apêndice C representa o Desdobramento da Função Qualidade para o projeto do *Urban Concept*.

Como resultado do QFD, é possível rearranjar os requisitos de projeto de acordo com o grau de importância, como pode ser compreendido com a tabela 6 a seguir. Assim, é evidente quais requisitos precisam de maior atenção durante o desenvolvimento do projeto.

Tabela 6 - Reorganização dos requisitos de projeto.

Requisitos de Projeto por Hierarquia	%
Respeitar restrições do regulamento.	8,23%
Acesso aos componentes mecânicos.	5,99%
Sinalizar aberturas do veículo.	5,72%
Deter de peso otimizado.	5,64%
Possibilitar um transporte acessível.	5,60%
Possuir package compacto.	5,37%
Ter encaixes seguros.	5,29%
Não possuir cantos vivos.	5,10%
Proteger componentes mecânicos.	4,97%
Possuir formas atrativas.	4,91%
Prover segurança ao piloto.	4,78%
Sinalizar as portas do veículo.	4,59%
Prover informações ao usuário.	4,45%
Ser esteticamente atraente para 80% da equipe.	4,04%
Possuir encaixe para reboque.	3,86%
Prover conforto ao piloto.	3,64%
Possibilitar uma boa aerodinâmica.	3,48%
Ter dispositivos de segurança.	3,21%
Ter sistema de iluminação.	3,15%
Ter sistema de freios adequados.	2,82%
Possuir cores atrativas.	2,68%
Possuir um grafismo atrativo.	2,48%

Fonte: Autora

4.5 CONCEITO

Por meio dos requisitos que mais receberam destaque no Desdobramento da Função Qualidade, encaminha-se para desenvolvimento do conceito inicial que o *Urban Concept* pode se valer. Considerando os requisitos mais importantes, destacam-se os aspectos restritivos da competição, o fácil acesso aos componentes mecânicos, a sinalização de aberturas do veículo, o peso otimizado e o transportes acessível. Assim, o *Urban Concept* deve apresentar um design compacto, para cumprir com os quesitos de transporte, peso e restrições da competição, e que

possibilite que a equipe tenha acesso rápido e prático aos componentes internos, apresentando uma sinalização adequada e um *package* otimizado para o ambiente de corridas, além de uma estética esportiva.

Ainda, o conceito deve abranger aspectos que identifiquem a equipe Bagual Racing e também a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, tendo em vista de que este veículo poderá ser o representante da universidade em competições dentro e fora do país. Desta modo, o *Urban Concept* pode traduzir os valores da universidade e da equipe com formas, grafismos e cores que representem de maneira mais adequada tais princípios.

5 PROJETO CONCEITUAL

Para o projeto conceitual reúnem-se as principais alternativas que atendem os requisitos obtidos durante o projeto informacional e seleciona-se a mais adequada para o projeto. É nesta etapa que ocorre o detalhamento técnico da proposta, bem como o refinamento da alternativa escolhida e a modelagem tridimensional. A ambientação do modelo 3D pode ser feita para melhor visualização do projeto, do mesmo modo que o modelo físico em escala 1:10. A metodologia sugerida por Macey (2009) está presente principalmente na idealização do package e nas questões referentes ao design automotivo, enquanto a metodologia de Back (2008) serve de complemento.

Back (2008) cita que parte do projeto conceitual consiste na criação de soluções alternativas para o mesmo problema e na seleção da opção mais adequada e inovadora. E para isso encoraja-se o uso de técnicas criativas, que resultem em soluções inovadoras. Para este projeto utilizam-se as ferramentas propostas por Sapper (2015).

5.1 ESTRUTURA CRIATIVA

A estrutura criativa proposta por Sapper (2015) auxilia na transformação dos aspectos estéticos e simbólicos em atributos para o produto. Esta ferramenta serve de estímulo para o pensamento criativo, gerando formas que condizem com os requisitos de projeto pré estabelecidos. De modo a organizar todas as técnicas desenvolvidas, são denominadas fases para cada método.

As cinco principais etapas são:

1. Identificar: determinar os requisitos estéticos e simbólicos do projeto.
2. Representar: requisitos representados por imagens, termos e conceitos.
3. Relacionar: organizar os resultados da etapa anterior e atribuir significado.
4. Gerar: geração de alternativas formais para o produto.
5. Selecionar: escolha das formas mais adequadas.

5.1.1 Identificar

Definem-se os requisitos estéticos e simbólicos do projeto de acordo com as informações coletadas dos usuários durante a etapa de Projeto Informacional. Assim, foram estipulados como requisitos as palavras: Tecnológico, Robusto e *Eco Friendly*. Esses atributos representam a imagem que o microcarro deve transmitir tanto para a equipe envolvida quanto para a competição em si.

5.1.2 Representar

A partir da utilização da ferramenta de Brainstorming, cada requisito elencado foi desdobrado em vários outros termos e conceitos que os representassem, como pode ser visto na figura 21. Para o termo “Tecnológico” foram criados 10 novos termos, para “Robusto” foram geradas 8 termos e para “*Eco Friendly*” foram gerados 9 palavras.

Figura 21 - Brainstorming da etapa de representação



Fonte: Autora.

Em complemento a esta etapa, foram criadas analogias diretas para que seja possível elencar mais conceitos. Como estímulo a essa técnica, foram utilizadas as palavras Formas e Objeto, representados na figura 22 a seguir.

Figura 22 - Analogias diretas



Fonte: Autora.

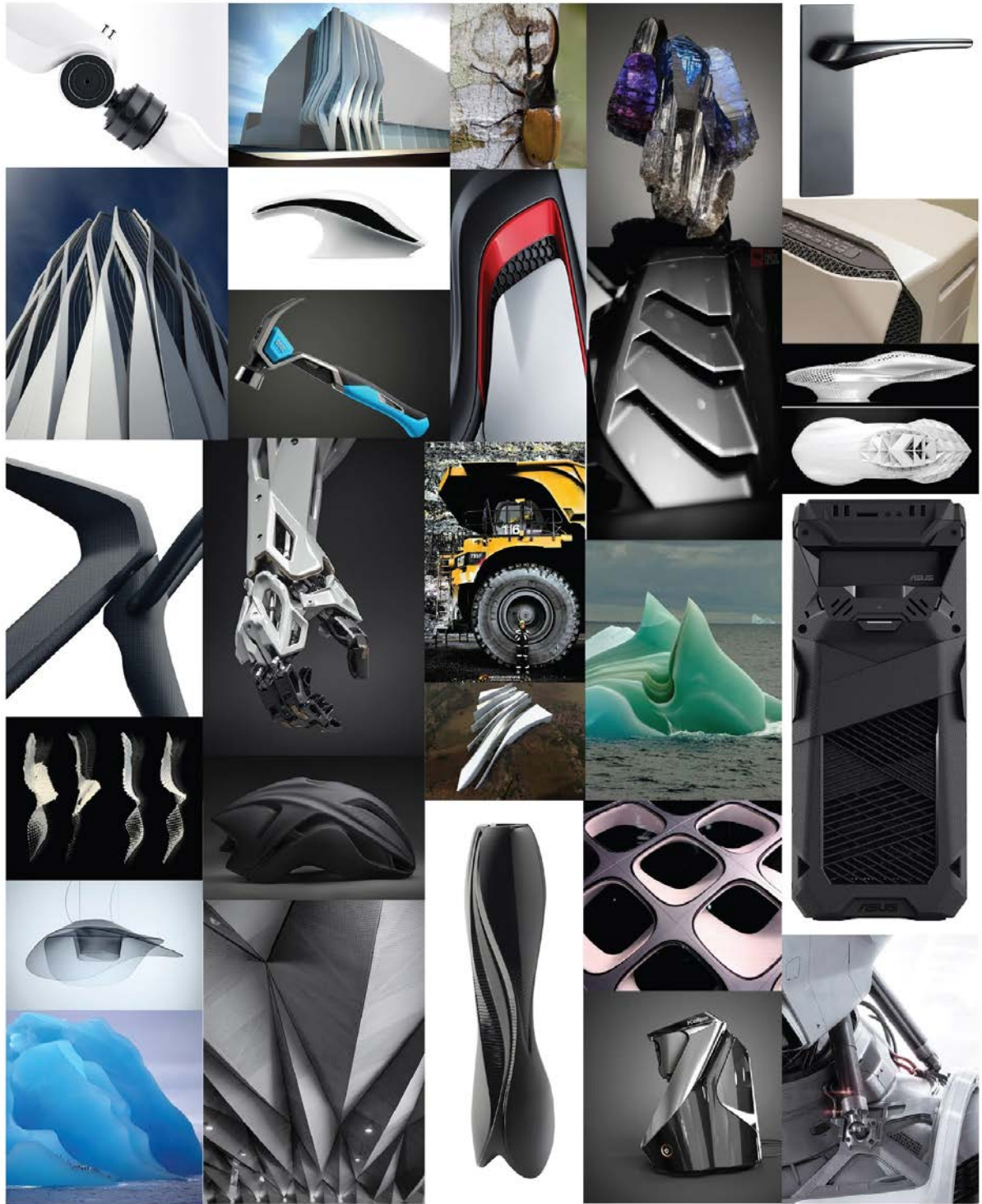
Ainda na seção de representação foram elaborados painéis para as analogias criadas anteriormente. As figuras 23, 24 e 25 abaixo traduzem os termos e conceitos em forma de imagens.

Figura 23 - Painel Tecnológico



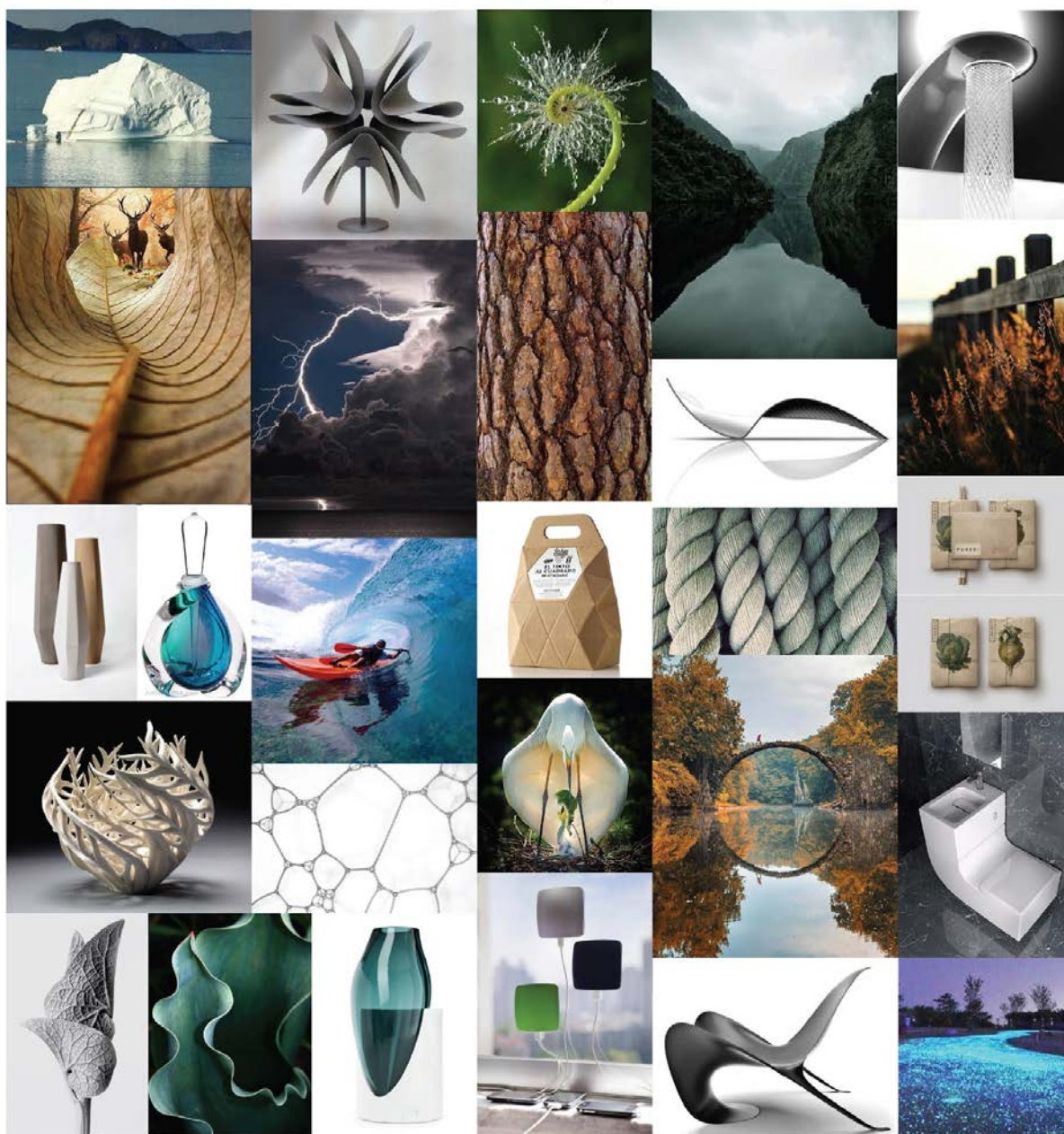
Fonte: Autora.

Figura 24 - Painel Robusto



Fonte: Autora.

Figura 25 - Painel *Eco Friendly*

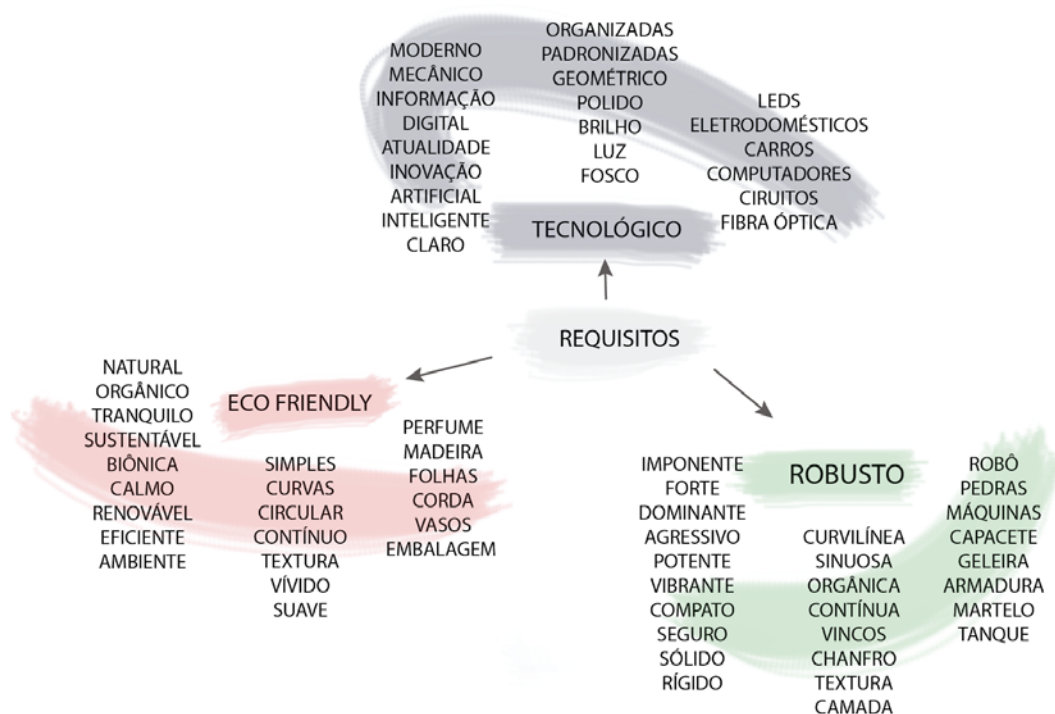


Fonte: Autora.

5.1.3 Relacionar

Para esta etapa do projeto foi elaborado um mapa mental a partir dos conceitos organizados nos tópicos anteriores. Este mapa serve de apoio visual e como base para o processo de Painel de Referências. A figura 26 abaixo sintetiza o mapa mental.

Figura 26 - Mapa mental



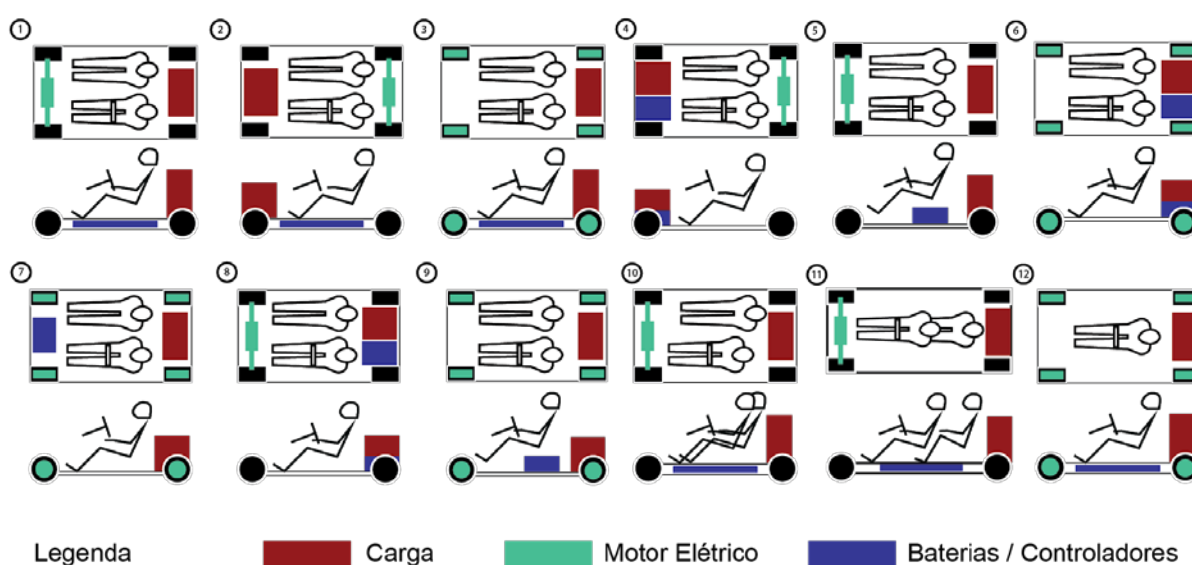
Fonte: Autora.

O Painel de Referências é o compilado da etapa de mapa mental com as imagens dos painéis anteriores, para que seja possível assimilar os termos, conceitos e as figuras que cada uma representa. Deste modo, o painel abrange as etapas de identificação, representação e relação. Nota-se que alguns termos podem ser ligados com mais de um requisito. O painel pode ser observado na íntegra no apêndice D deste relatório, tendo a figura 27 como resumo.

5.1.4.1 Package

Segundo Macey (2009), a ideação do *package* tem como objetivo estudar o maior número possível de configurações do sistema em um curto período. Geralmente, são esboços simples, com foco nas proporções básicas. Para este projeto foram gerados 12 alternativas distintas de *package* (figura 28), cada uma com características factíveis pela equipe, variando o grau de dificuldade entre elas.

Figura 28 - Geração de alternativas de *package*



Fonte: Autora.

Cada alternativa foi enumerada e detalhada nos tópicos a seguir:

Modelo 1: Espaço para dois ocupantes; motor elétrico instalado na parte dianteira do veículo; espaço de carga na parte traseira; baterias e controladores distribuídos no assoalho. Dificuldade de produção devido ao diferencial que deve ser colocado entre o motor e as rodas traseiras.

Modelo 2: Espaço para dois ocupantes; motor elétrico instalado na traseira do veículo; espaço de carga na parte dianteira; baterias e controladores distribuídos no assoalho. Dificuldade de produção devido ao diferencial que deve ser colocado entre o motor e as rodas dianteiras. Compartimento de carga menor para não comprometer a visão do motorista e não comprometer a estética do veículo.

Modelo 3: Espaço para dois ocupantes; motor elétrico instalado nas quatro rodas; espaço de carga na parte traseira; baterias e controladores distribuídos no assoalho. Configuração mais factível por parte da equipe.

Modelo 4: Espaço para dois ocupantes; motor elétrico instalado na traseira do veículo; espaço de carga na parte dianteira, juntamente com as baterias e controladores. Dificuldade de produção devido ao diferencial que deve ser colocado entre o motor e as rodas dianteiras e distribuição do peso de forma desigual, além do compartimento de carga ser menor para não prejudicar a visão do piloto e ser compartilhado com as baterias.

Modelo 5: Espaço para dois ocupantes; motor elétrico instalado na parte dianteira do veículo; espaço de carga na parte traseira; baterias e controladores abaixo dos bancos. Dificuldade de produção devido ao diferencial que deve ser colocado entre o motor e as rodas traseiras e distribuição de peso de forma desigual.

Modelo 6: Espaço para dois ocupantes; motor elétrico instalado nas quatro rodas; espaço de carga na parte traseira compartilhado com as baterias e controladores. Distribuição de peso de forma desigual e menor compartimento de carga devido ao espaço ocupado pelos componentes eletrônicos.

Modelo 7: Espaço para dois ocupantes; motor elétrico instalado nas quatro rodas; espaço de carga na parte traseira; baterias e controladores na parte dianteira. Distribuição de peso de forma desigual.

Modelo 8: Espaço para dois ocupantes; motor elétrico instalado na parte dianteira do veículo; espaço de carga na parte traseira compartilhado com as baterias e controladores. Dificuldade de produção devido ao diferencial que deve ser colocado entre o motor e as rodas traseiras, distribuição de peso de forma desigual e menor compartimento de carga devido ao espaço ocupado pelos componentes eletrônicos.

Modelo 9: Espaço para dois ocupantes; motor elétrico instalado nas quatro rodas; espaço de carga na parte traseira; baterias e controladores abaixo dos bancos. Distribuição de peso de forma desigual.

Modelo 10: Espaço para dois ocupantes; motor elétrico instalado na parte dianteira do veículo; espaço de carga na parte traseira; baterias e controladores distribuídos no assoalho. Banco deslocado para prover maior espaço aos ocupantes. Dificuldade de produção devido ao diferencial que deve ser colocado entre o motor e as rodas traseiras.

Modelo 11: Espaço para dois ocupantes; motor elétrico instalado na parte dianteira do veículo; espaço de carga na parte traseira; baterias e controladores distribuídos no assoalho. Bancos instalados em tandem. Dificuldade de produção devido ao diferencial que deve ser colocado entre o motor e as rodas traseiras. Veículo mais alongado e estreito, compromete a estética.

Modelo 12: Espaço para um ocupante; motor elétrico instalado nas quatro rodas; espaço de carga na parte traseira; baterias e controladores distribuídos no assoalho. Maior espaço disponível para o piloto. Configuração mais factível por parte da equipe.

Após a geração de alternativas de package, todos os modelos foram assimilados em um quadro, o qual estabelece uma série de critérios, como requisitos de projeto. De acordo com cada característica, cada alternativa foi classificada como adequada (atende) ou inadequada (não atende), como pode ser observado no quadro 9 a seguir.

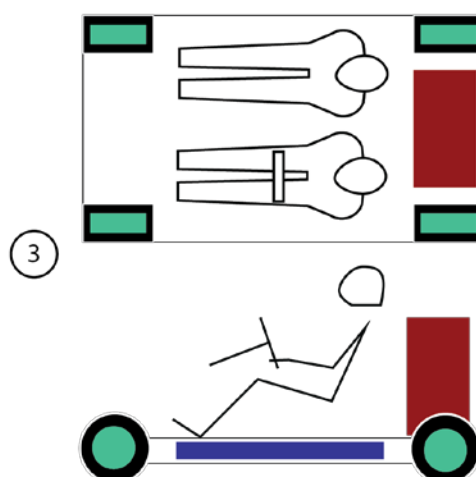
É válido ressaltar que durante a etapa de geração de package, houve mudança no regulamento da competição, que passou a permitir apenas um ocupante dentro do veículo independente da quantidade de bancos disponíveis. Tal mudança impactou diretamente na alternativa escolhida.

Quadro 9: Critérios de seleção do package.

Critérios	Atende	Não atende
Facilidade de reprodução	3,6,7,9,12	1,2,4,5,8,10,11
Peso bem distribuído	1,2,3,12	4,5,6,7,8,9,10,11
Esteticamente atraente	1,3,6,7,8,9,12	2,4,5,10,11
Conforto aparente	1,3,5,6,7,8,12	2,4,9,10,11
Aproveitamento do espaço interno	1,2,3,10,12	4,5,6,7,8,9,11
Selecionados	1,3,7,12	

Fonte: Autora.

Dentre os 12 modelos gerados, foram pré selecionados quatro modelos, que se destacaram como mais adequados aos critérios. Deste modo, foi escolhido um dos modelos como base para comparação com os outros três modelos pré selecionados (figura 29).

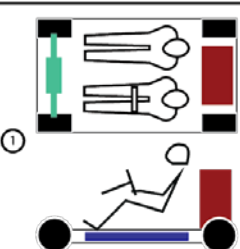
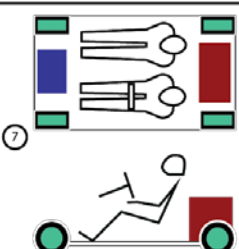
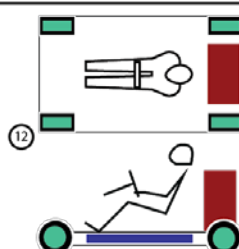
Figura 29: Modelo para comparação

Fonte: Autora.

Como base de comparação, o modelo 3 acima atende a maioria dos requisitos para este projeto. Sendo assim, este modelo foi comparado com os outros três

modelos pré-selecionados a fim de eleger qual das alternativas melhor se encaixa nos requisitos e objetivos funcionais do projeto, que pode ser observado na matriz de Pugh abaixo (Quadro 10).

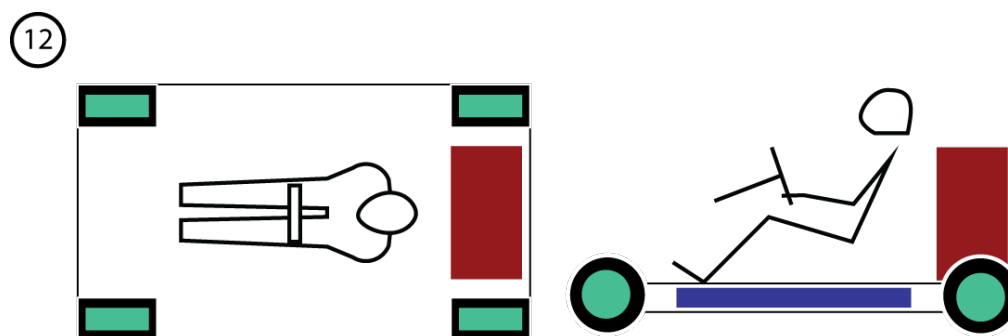
Quadro 10 - Matriz de Pugh para a escolha de *package*.

Atributos	Modelos		
			
Peso	(0)	(-)	(+)
Espaço interno	(0)	(-)	(+)
Mecânica	(-)	(0)	(0)
Conforto	(-)	(-)	(+)
Tamanho	(0)	(0)	(0)
Segurança	(0)	(-)	(0)
TOTAL	2(-)	4(-)	3(+)

Fonte: autora.

Do resultado obtido da matriz foi selecionado como *package* mais adequado o modelo 12, que comporta um passageiro, possui mais espaço para os componentes internos e maior conforto para o piloto. O modelo possui motores nas quatro rodas, distribuindo as baterias no assoalho do veículo (figura 30).

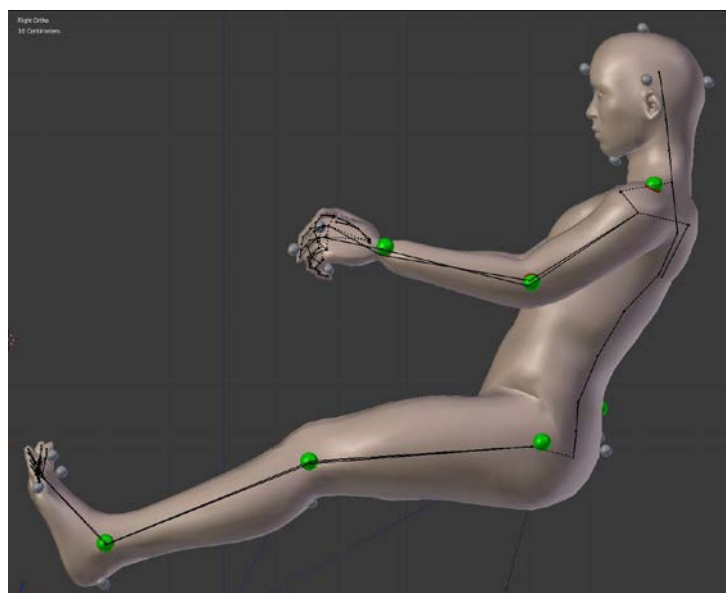
Figura 30 - *Package* escolhido



Fonte: Autora.

O package foi submetido a um ajuste ergonômico com a utilização do software *Blender*® para que a posição do piloto esteja de acordo com os padrões estabelecidos de ergonomia para veículos leves. Para isso, foi utilizado a ferramenta desenvolvida por Brendler (2016) como Tese de Doutorado na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. O método consistiu em inserir as medidas antropométricas no modelo pré estabelecido e observar o comportamento das articulações e ângulos e posicionamento possível do piloto. Assim, foram coletadas as principais medidas do piloto da equipe e inseridas no modelo. As articulações assinaladas em verde indicam um posicionamento confortável, enquanto que as demarcadas em vermelho representam desconforto e/ou um ângulo maior do que a articulação permite. Desse modo, tanto o ângulo do banco quanto o posicionamento do piloto foram ajustados, figura 31 abaixo.

Figura 31 - Medidas do piloto

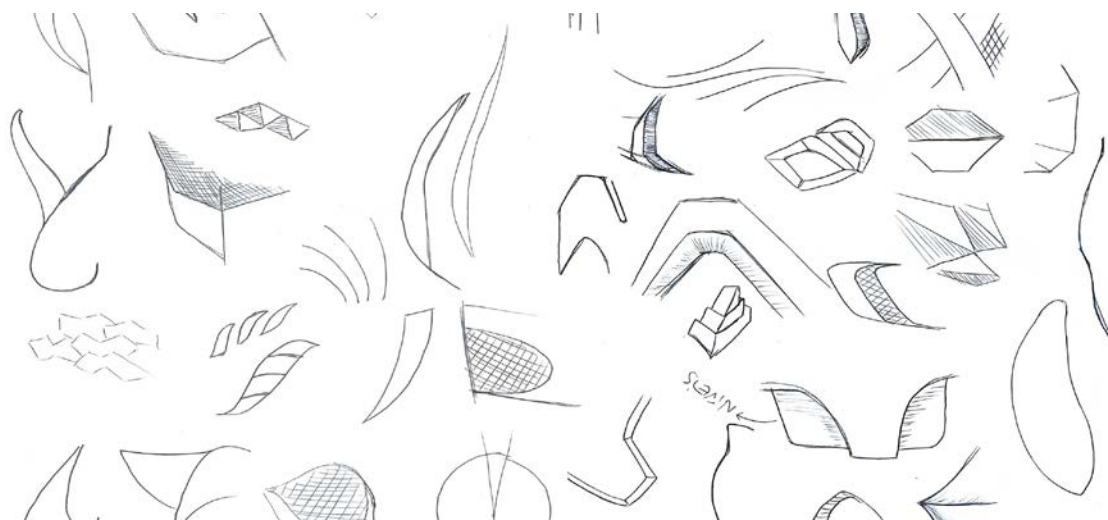


Fonte: Autora.

5.1.4.2 Carroceria

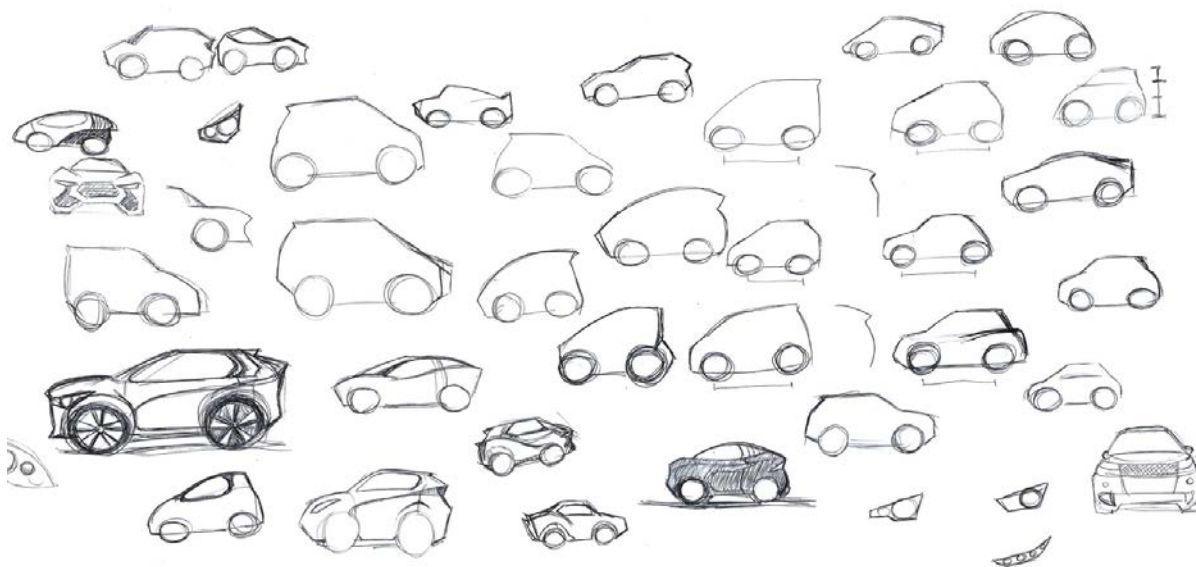
Para a etapa de geração de alternativas da carroceria foram selecionadas formas a partir do painel de referências (item 5.1.3). Assim, foram gerados formatos e curvas interessantes para projeto, de modo livre, para captar melhor cada forma, como pode ser visto na figura 32. A partir desta etapa, foram criados estudos de possíveis formas para a carenagem (figura 33).

Figura 32 - Formas retiradas do painel de referências



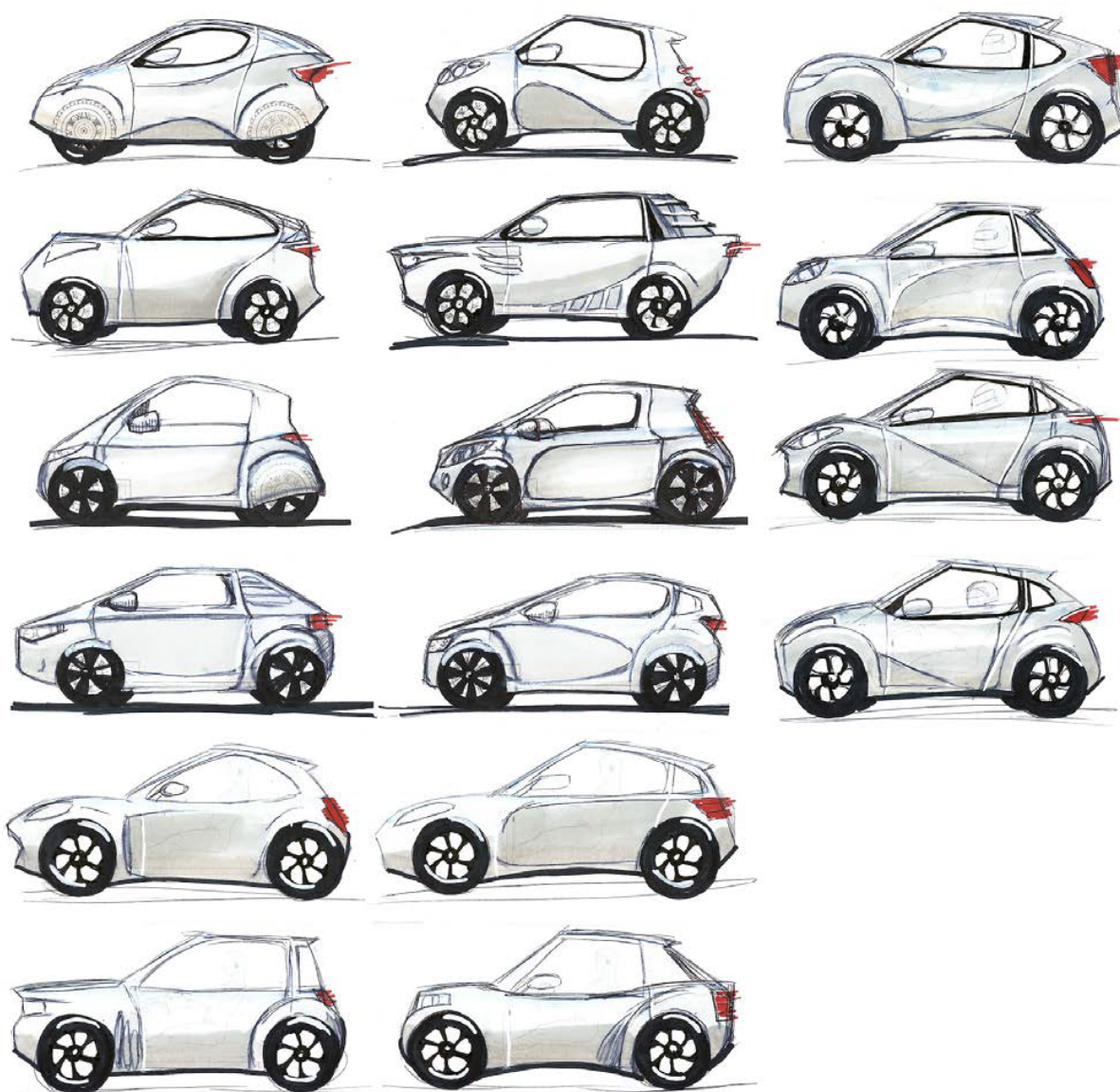
Fonte: Autora.

Figura 33 - Estudos de formas para a carenagem



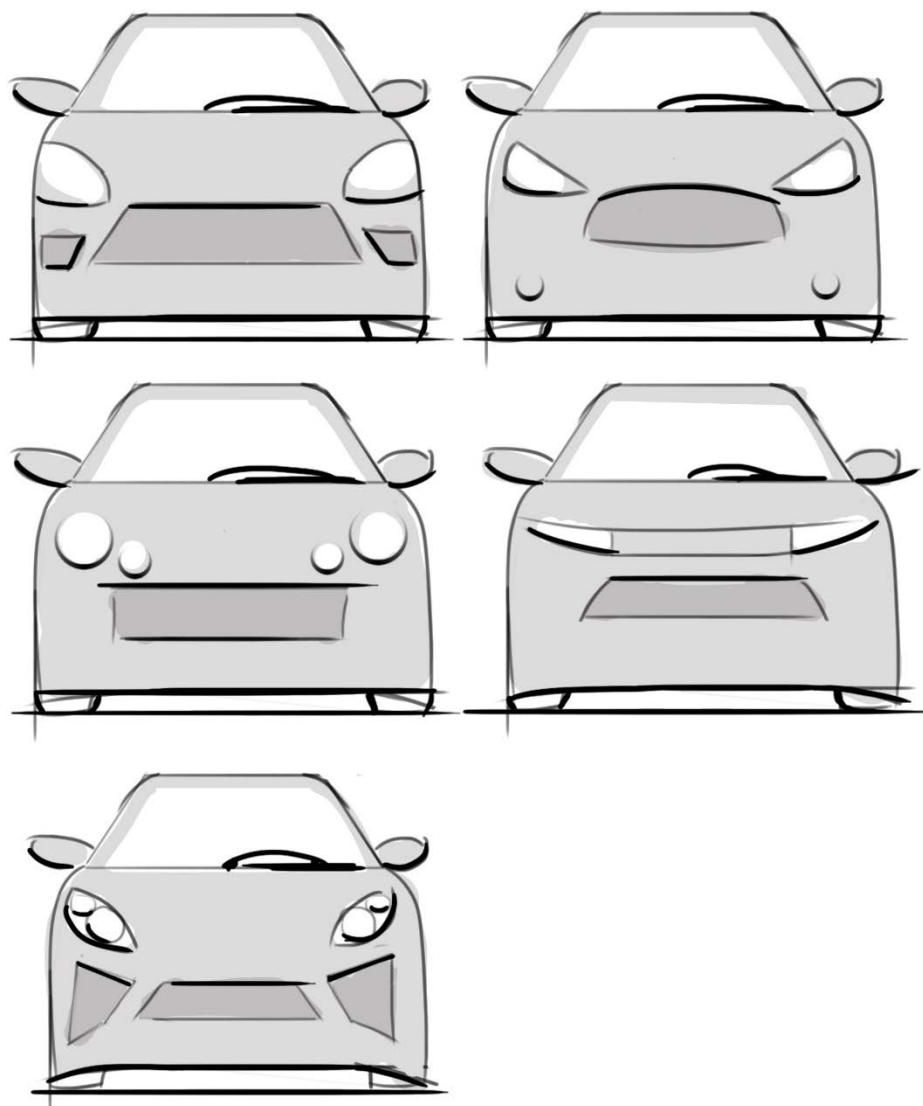
Fonte: Autora.

Com base nos painéis anteriores, foram selecionadas as formas de maior interesse para o projeto, com base nos requisitos estéticos e simbólicos pré estabelecidos na etapa de Relacionar, 5.1.2. A figura 34 representa as alternativas geradas.

Figura 34 - Geração de alternativas de carenagem

Fonte: Autora.

Os esboços gerados nesta etapa passaram por um processo de seleção juntamente com o público alvo, a fim de destacar qual configuração formal o veículo poderá ter. A figura 35 a seguir representa a geração de alternativas da frente do microcarro.

Figura 35 – Configuração Frontal

Fonte: Autora

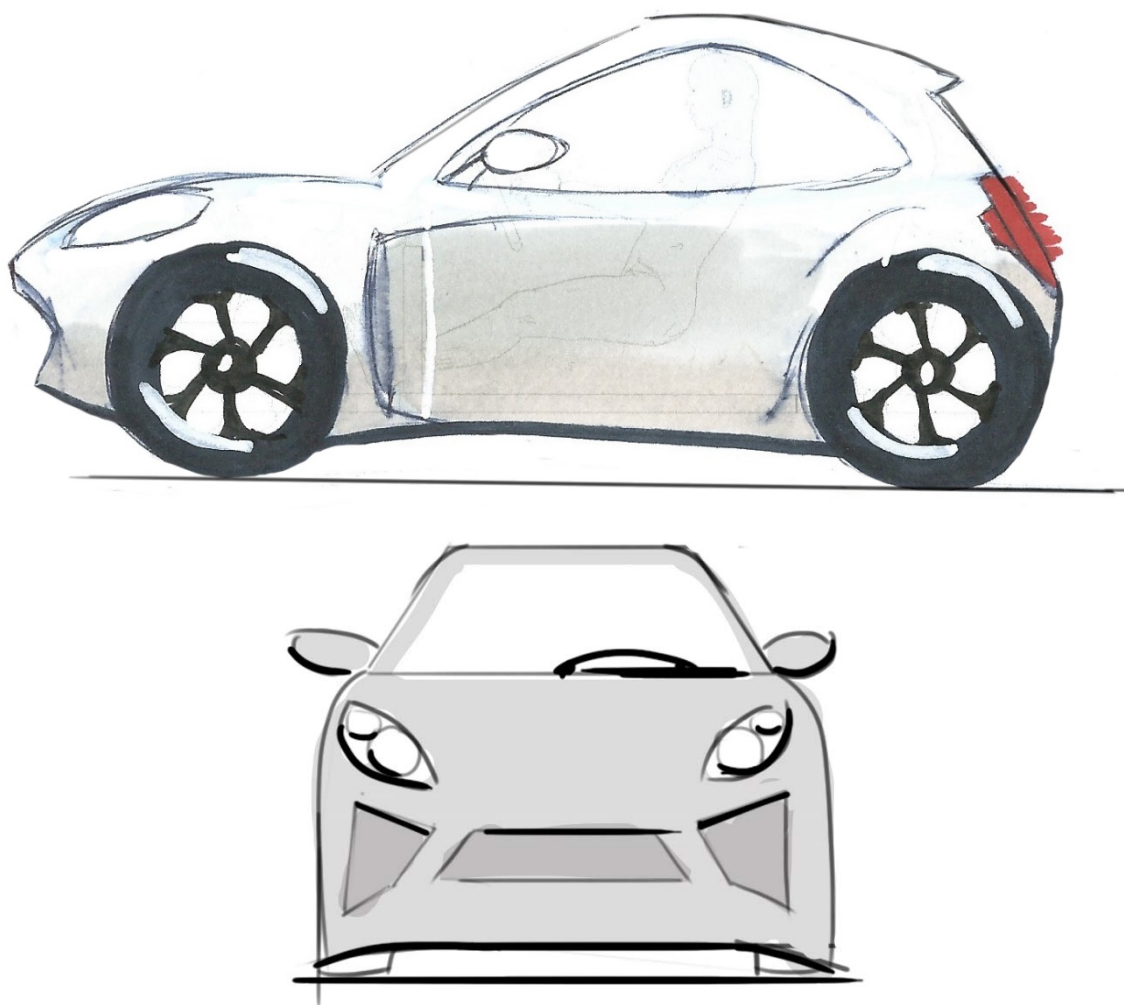
A etapa de seleção da carenagem contou com o auxílio da equipe, que fez um levantamento de todas as opções disponíveis (figura 36). Durante a reunião sobre a carenagem do veículo foi escolhido o modelo da figura 37, elencado como o mais adequado de acordo com os requisitos estéticos e simbólicos pré estabelecidos pela equipe.

Figura 36 - Seleção da carenagem



Fonte: Autora

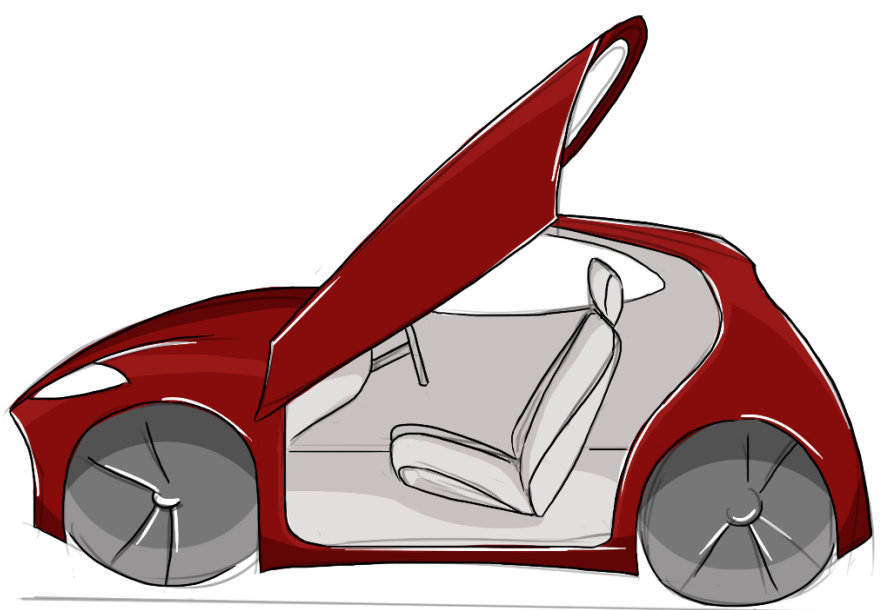
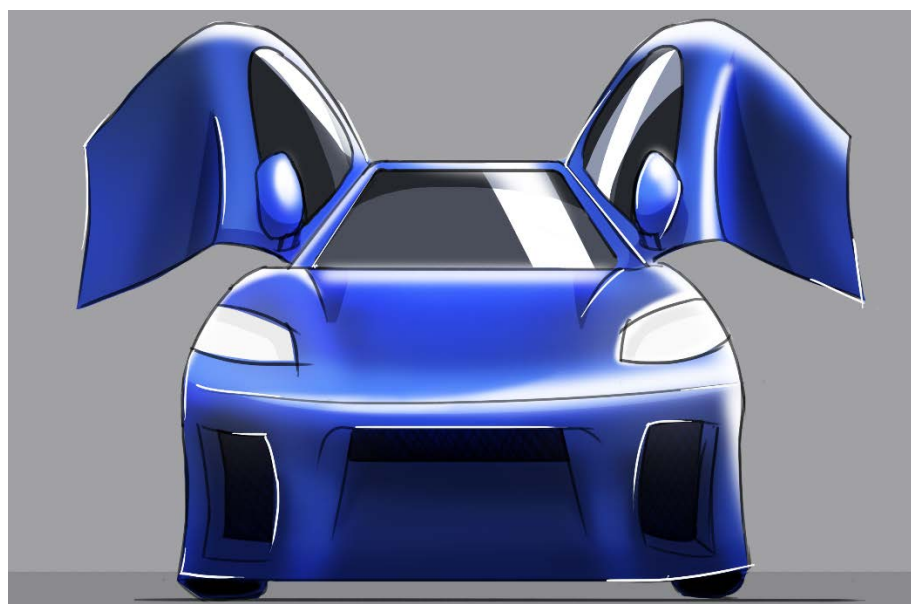
Figura 37 - Alternativa selecionada



Fonte: Autora

O modelo escolhido destaca-se por sua forma compacta, que remete aos carros superesportivos e uma silhueta alongada, favorecendo a aerodinâmica do veículo. A facilidade de produção do modelo também foi um fator de decisão elencado pela equipe. As entradas de ar frontais são responsáveis pelo resfriamento do veículo, principalmente das baterias e dos motores elétricos, e também fornece conforto térmico ao piloto. A proposta escolhida possui portas amplas, para facilitar acesso ao interior do veículo e que utilizam o mecanismo do tipo borboleta para a abertura (figura 38).

Figura 38 – Mecanismo das portas

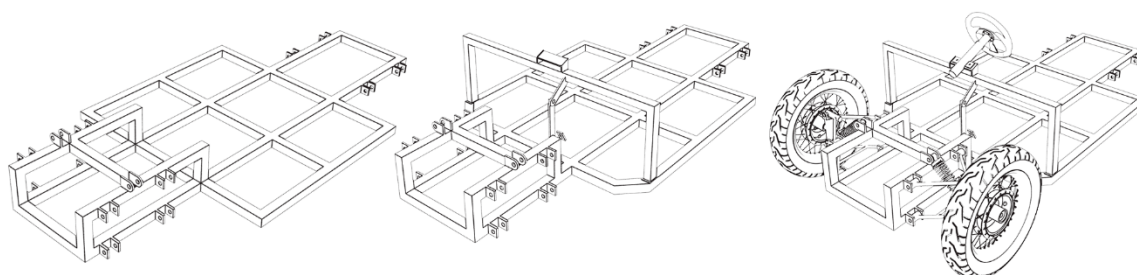


Fonte: Autora

5.1.4.3 Chassi

A partir do package escolhido e da carroceria estabelecida, foi criado um chassi que esteja adequado à forma proposta, sendo a estrutura principal do veículo. O chassi será constituído de perfis retangulares de alumínio, material que provê boa resistência e baixo peso. O perfil reto permite melhor trabalhabilidade em relação aos perfis redondos utilizados pela equipe anteriormente, já que possui maior área de contato para furos, parafusos e rebites. O assoalho será constituído de uma chapa metálica, que será montada no chassi. No decorrer do projeto, o chassi foi sendo modificado para que estivesse de acordo com a forma estabelecida pela carenagem e também pelos parâmetros de segurança da competição. Assim, a figura 39 abaixo demonstra a evolução do desenvolvimento da estrutura.

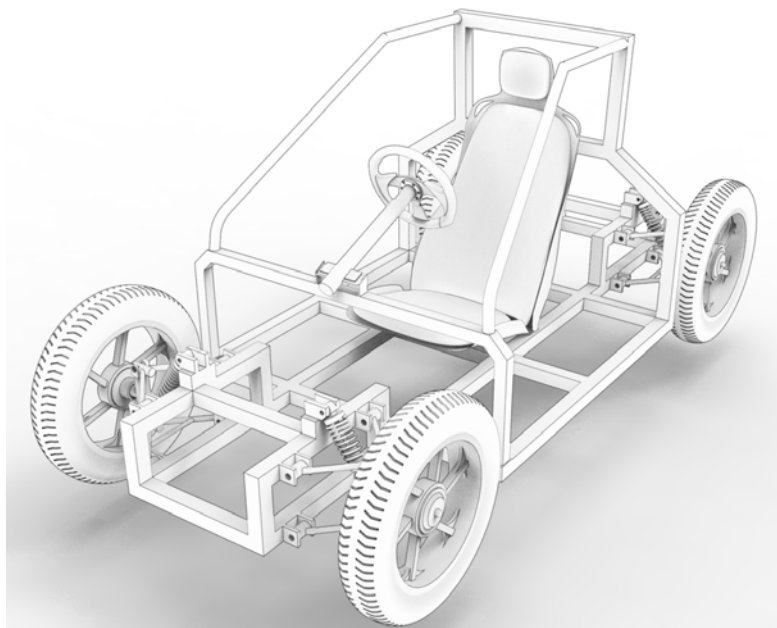
Figura 39 – Chassi sendo gerado no decorrer do projeto



Fonte: Autora.

A partir do chassi inicial, foram adicionadas estruturas que ligam a região do capô até a parte traseira do veículo para formar uma célula de sobrevivência. Estas barras servirão de proteção ao piloto caso o veículo sofra um capotamento, evitando que a carenagem colapse sobre o motorista. Tal disposição das barras aumentam a rigidez de toda a estrutura, como pode ser visto no item 6.7 (Análise Estrutural). A figura 40 demonstra a configuração final do chassi.

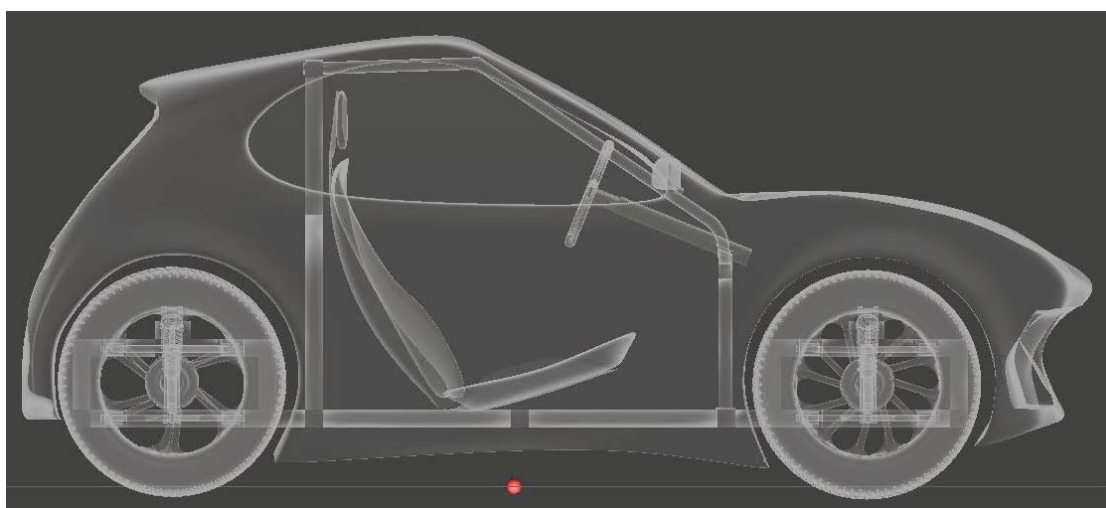
Figura 40 - Chassi gerado para o *Urban Concept*



Fonte: Autora.

Para melhor visualização do chassi dentro do veículo foi criado uma seção paralela ao plano de corte. Deste modo, os componentes internos ficam em evidência e é possível perceber a relação entre chassi e carenagem, como mostra a figura 41.

Figura 41 – Relação chassi e carroceria



Fonte: Autora.

Como resultado da seleção, o modelo escolhido passará por um processo de refinamento, dando início ao Projeto Preliminar.

6 PROJETO PRELIMINAR

Esta etapa consiste no detalhamento final do projeto, no qual são apresentadas as especificações técnicas, a modelagem tridimensional do veículo e simulações. Neste capítulo são elencados também os padrões de projeto, como cores principais e materiais.

6.1 DESCRIÇÃO DO MODELO FINAL

O resultado deste projeto consiste em um microcarro elétrico que está de acordo com os requisitos estéticos e simbólicos pré estabelecidos durante o projeto e também de acordo com as restrições da competição *Shell Eco Marathon*. Possui lugar para um ocupante de forma confortável, todos os sistemas de navegação necessários encontram-se ao alcance do piloto, bem como o extintor de incêndio e água. Possui um apelo de ecologicamente correto por não utilizar combustíveis fósseis, sendo totalmente elétrico. As linhas utilizadas no produto exploram o aspecto de robustez, em conjunto com o viés tecnológico que o padrão de cores e componentes utilizados trazem ao veículo.

O *package* final foi submetido a ajustes ergonômicos com as medidas do piloto da equipe, a fim de trazer maior conforto durante o período no qual o piloto se encontra dentro do veículo, tanto durante a competição em pista quanto durante os testes e verificações. A configuração do *package* segue a metodologia de Macey (2009) para veículos leves e esportivos. O banco foi projetado visando o conforto do piloto, com fácil método de fabricação e design que segue a temática do projeto.

Para a carroceria os focos foram a facilidade de fabricação e um design robusto e esportivo. Assim, o modelo conta com portas de abertura tipo borboleta, frente alongada e com entradas de ar que contribuem com o apelo estético esportivo. A traseira do estilo *hatch* contribui com para um modelo compacto, que possui espaço adequado para carga, além de ser possível o acesso aos componentes mecânicos pelo porta malas. Para as luzes do veículo estão previstas lâmpadas e faixas de LED. O veículo possui itens obrigatórios como buzina, espelhos retrovisores, limpadores, cinta para reboque, controladores e Joulímetro. Está previsto também o botão de emergência bem visível, item de segurança indispensável para a competição.

O projeto está a disposição da equipe Bagual Racing para fabricação, sendo desenvolvido já pensando em processos e materiais factíveis pela equipe e seus patrocinadores. Demais componentes utilizados no veículo que não forem produzidos pela própria equipe são equipamentos de mercado e de fácil acesso, como o volante e pedais, por exemplo.

De modo a detalhar melhor o veículo, foi gerada a modelagem tridimensional (item 6.4) e a ambientação, que explora todas as vistas, componentes e materiais (item 6.5). Para o dimensionamento foram criadas as principais vistas com as medidas e o detalhamento técnico do microcarro (item 6.6).

6.2 ESPECIFICAÇÕES

A tabela 7 a seguir contém as especificações do veículo desenvolvido neste projeto. Estão listados o tipo de propulsão, especificações das baterias, tamanhos gerais, modelo de suspensão e pneus.

Tabela 7 - Especificações do veículo

Ficha Técnica	
Motor	
Tipo	Cubo de roda (4x)
Potência	360W cada
Bateria	
Tipo	Íon de Lítio
Tensão	36V
Capacidade	55Ah
Tamanho	
Altura	1,3m
Largura	1,3m
Comprimento	2,5m
Distância entre eixos	2m
Distância entre rodas	1m
Peso	
Total	90kg
Suspensão	
Tipo	Duplo A
Rodas e Pneu	
Tipo	130/90 R16

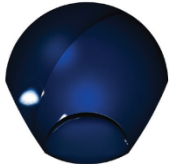



Fonte: Autora

6.3 PADRÃO DE PROJETO

Nesta etapa são elencadas as principais cores para o microcarro bem como os materiais idealizados para o projeto. As cores (tabela 8) seguem a padronagem da BASF®, empresa líder no setor químico de produção de corantes sintéticos. As cores

selecionadas fazem parte do catálogo *Automotive Color Trends 2017-18 – Translucid*, que destacam as cores tendência para os anos de 2017 e 2018 no setor automotivo.













Tabela 8 - Padrão cromático

Padrão Cromático		
Amostra	Tonalidade	Tinta automotiva
	Azul	Undercurrent Blue
	Vermelho	Rebellious Red
	Preto	Abyss
	Branco	White Space

Fonte: Autora.

Os materiais e acessórios previstos para o projeto encontram-se na tabela 8 abaixo. Eles foram detalhados com os parâmetros relevantes ao projeto, de forma sucinta. Itens disponíveis no mercado ficam a critério da equipe em caso de mudança.

Tabela 9 - Padrão de materiais

Padrão de Materiais		
	Tipo	Especificação
	Fibra de vidro	Espessura a definir com a equipe
	Perfil redondo de alumínio	Alumínio Naval 5052F 50x50mm - 2mm de espessura
	Perfil quadrado de alumínio	Alumínio Naval 5052F 35Ømm - 2mm de espessura
	PETG transparente	Chapa de 1mm e aplicação de película
	Chapa de alumínio	Verificar disponibilidade do mercado
	Espelhos	Fundo incolor e acabamento nas bordas
	Espuma de alta densidade	D28
	Dobradiça	Verificar disponibilidade do mercado
	Cinta engate de reboque	Verificar disponibilidade do mercado
	Cinto de cinco pontas	Verificar disponibilidade do mercado
	Tela galvanizada	Abertura de 5 ou 10 mm com pintura automotiva
	Amortecedor das portas	Verificar disponibilidade do mercado

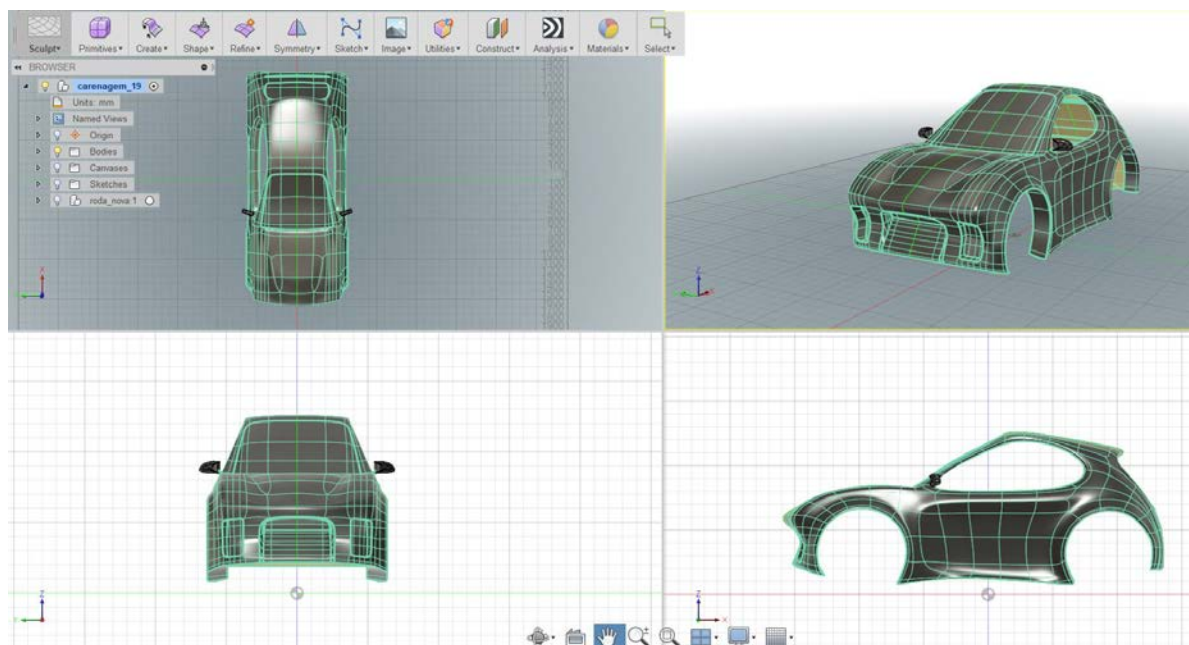
Fonte: Autora.

6.4 MODELAGEM TRIDIMENSIONAL

A modelagem do veículo foi feita em diversos *softwares*, dependendo de qual seção do veículo estava sendo desenvolvida. Para a estrutura, rodas e componentes internos foi utilizado o *software SolidWorks® 2016* enquanto a carenagem do carro foi elaborada no *Autodesk® Alias® Speedform 2019*. A renderização foi feita nos

programas *Luxion® Keyshot® 7* e *Autodesk® VREDDesign® 2019*. A figura 42 representa a modelagem tridimensional do projeto.

Figura 42 - Modelagem 3d



Fonte: Autora.

6.5 SIMULAÇÃO

Após a modelagem 3D, o veículo foi submetido a renderização no programa *Autodesk® VREDDesign® 2019*. Ela representa a solução final do projeto, com a utilização dos materiais sugeridos e ambientação. Foram geradas ambientações externas, apresentadas nas figuras 43, 44, 45 e 46 a seguir.

Figura 43 - Simulação de ambientação A



Fonte: Autora

Figura 44 - Simulação de ambientação B



Fonte: Autora.

Figura 45 - Simulação de ambientação C



Fonte: Autora.

Figura 46 - Simulação de ambientação D



Fonte: Autora.

6.6 DIMENSIONAMENTO

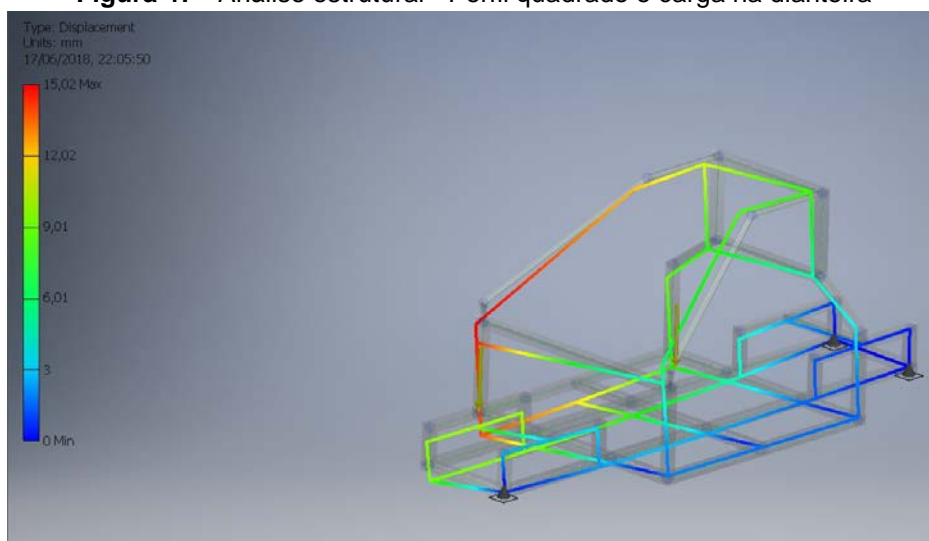
Com base na modelagem tridimensional elaborada no item anterior, foram geradas vistas para o detalhamento técnico. Todas as pranchas encontram-se no apêndice E deste relatório.

6.7 ANÁLISE ESTRUTURAL

A partir de um modelo simplificado, foi realizada um ensaio de análise estrutural do chassi do veículo por meio de elementos finitos. Para este ensaio foi utilizado o software *Autodesk® Inventor® Professional*. O ensaio consiste em submeter o chassi a determinados esforço em lugares pré-estabelecidos, como por exemplo nas rodas do veículo. Deste modo é possível prever o comportamento do veículo em diversas situações e adequar o projeto de acordo com a integridade da estrutura.

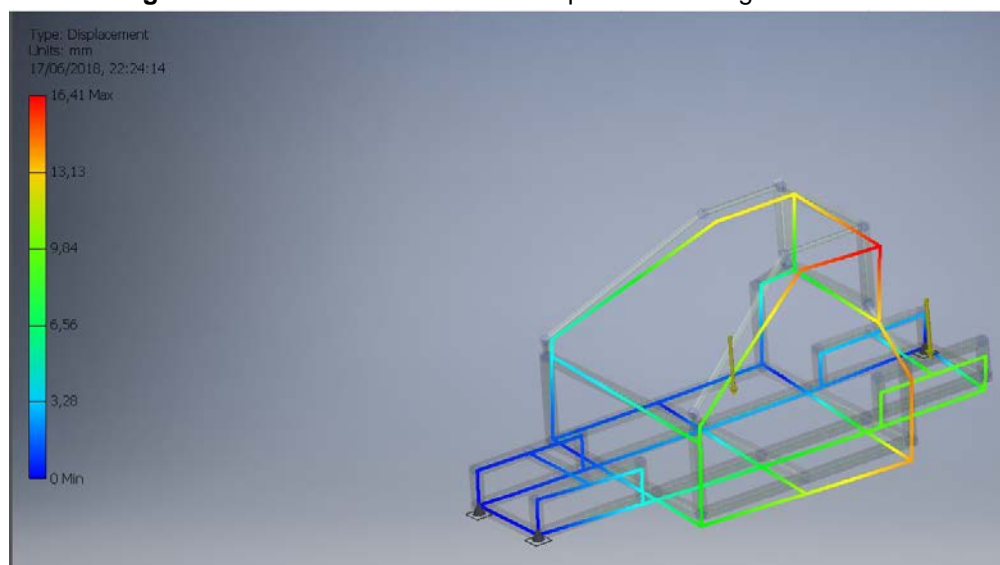
Segundo Pawłowski (1969) em uma roda é aplicada uma força igual a três vezes o peso do veículo, enquanto as outras rodas são fixas. Assim, é possível determinar o quanto o chassi se deforma e se a espessura prevista para as barras de alumínio são resistentes o suficiente ou se é preciso modificar o tamanho da seção transversal das barras. O material utilizado para o ensaio foi o alumínio 6061, comum na indústria automotiva. A figura 47 abaixo representa uma força de 985N aplicada na parte dianteira do chassi com perfis de 50mm x 50mm e 25mm de espessura.

Figura 47 - Análise estrutural - Perfil quadrado e carga na dianteira



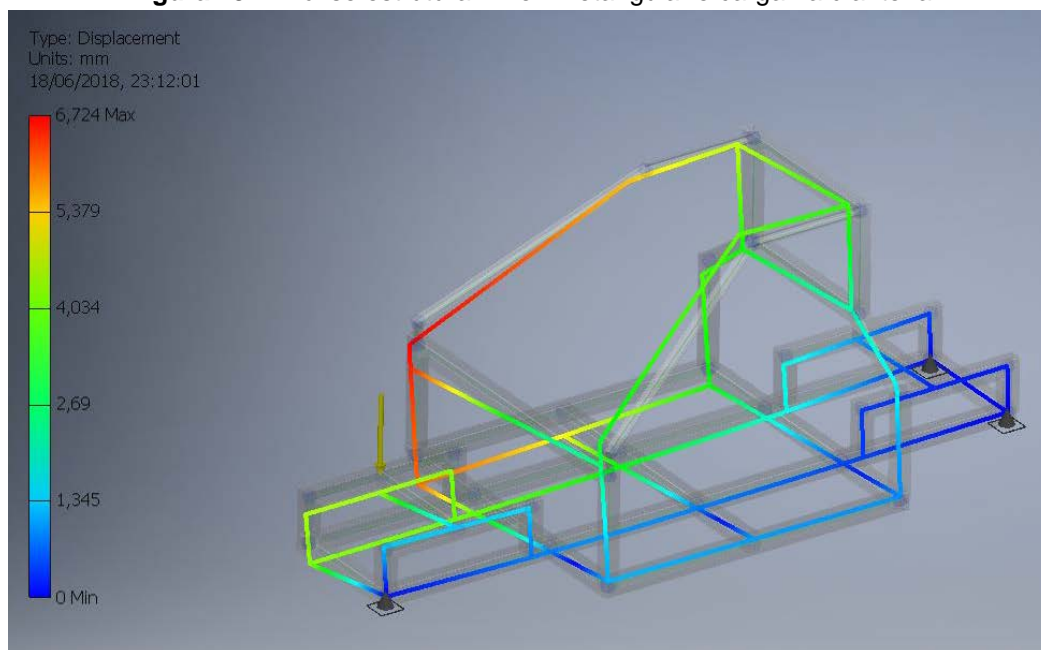
Fonte: autora.

O maior deslocamento neste primeiro momento foi de 15mm, representado na cor vermelha. Demais alterações ocorrem no chassi com intensidades menores, até chegar a zero, na região demarcada em azul. Na figura 48, a mesma força foi aplicada na parte traseira do chassi.

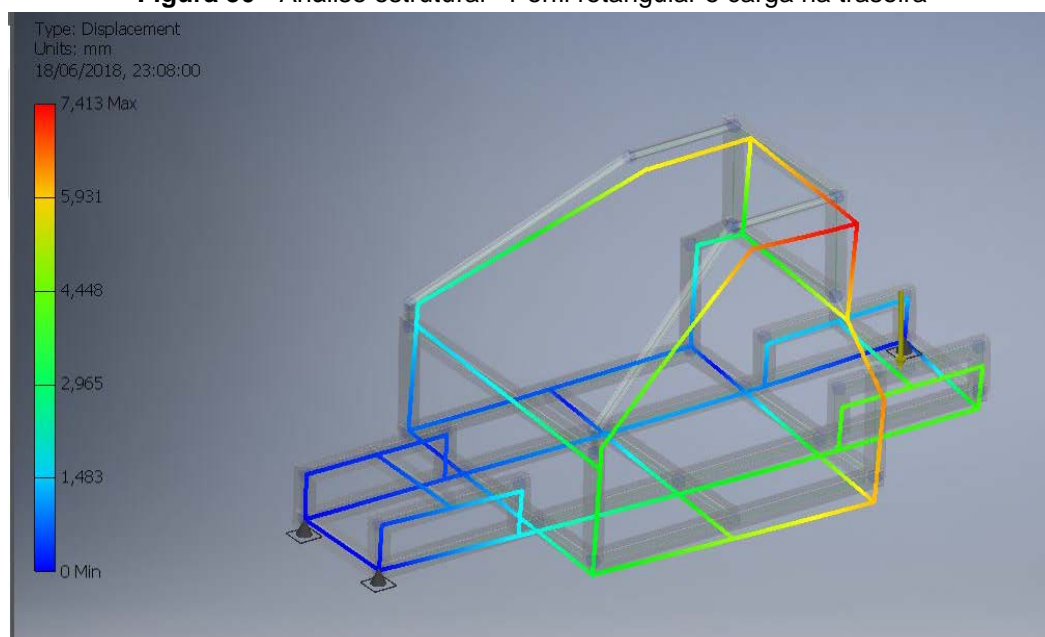
Figura 48 - Análise estrutural - Perfil quadrado e carga na traseira

Fonte: autora.

Com ambos os resultados, nota-se a necessidade de diminuir a deformação ocorrida pela estrutura. Para isso, o tamanho da seção transversal das barras do chassi foi modificado de 50mm x 50mm x 25mm para 70mm x, 50mm x 25mm. A figura 49 abaixo representa o novo ensaio, com resultado de aproximadamente 7mm de deformação, quando a força de 985N é aplicada na parte dianteira. O mesmo ocorre na traseira do chassi (figura 50).

Figura 49 - Análise estrutural - Perfil retangular e carga na dianteira

Fonte: autora.

Figura 50 - Análise estrutural - Perfil retangular e carga na traseira

Fonte: autora.

O resultado obtido da mudança de perfil do chassi é tido como satisfatório tendo em vista de que a deformação aproximada de 7mm é mínima se comparado com o tamanho total da estrutura. Salienta-se que o material utilizado é o recomendado para este tipo de aplicação, contudo, por ter melhores propriedades do que o alumínio trabalhado pela equipe anteriormente, possui um custo mais elevado. Cabe à equipe analisar qual material é o mais propício de acordo com suas restrições.

6.8 PROTOTIPAGEM

Para este projeto foi gerado um modelo em escala 1:10 através do processo de impressão tridimensional por deposição, em uma impressora 3D *Creality*® Cr-10. O processo de impressão foi realizado em várias etapas, sendo impressas partes do chassi, rodas, volante, banco e demais componentes internos primeiro, de acordo com o desenvolvimento de cada parte, e por fim, a carenagem do veículo. O filamento utilizado para as impressões foi o PLA. A figura 51 abaixo apresenta a impressão 3D das partes.

Figura 51 - Impressão da carenagem em partes

Fonte: Autora

O modelo depois de impresso foi submetido a acabamento, passando primeiramente por um processo de lixamento, após colagem da outra metade, preenchimento da superfície com primer e por fim pintura spray. O mesmo processo foi feito nas outras peças, e adicionadas ao corpo principal antes da pintura final (figura 52).

Figura 52 - Modelo finalizado

Fonte: Autora

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer do desenvolvimento do projeto, a pesquisa realizada serviu de base para um melhor entendimento do assunto, além de compreender as dificuldades e objetivos por parte da equipe Bagual Racing em relação ao projeto. Todo o conhecimento adquirido na etapa de Planejamento de Projeto teve grande importância para que as próximas etapas, fossem executadas de maneira devida e de acordo com as expectativas.

O que foi visto neste relatório foram etapas de como projetar um produto, desde a ideia inicial até um estágio avançado do desenvolvimento de projeto e a importância que cada etapa possui para que o resultado final esteja de acordo com as expectativas e necessidades dos envolvidos no projeto. As metodologias utilizadas apresentaram um papel importante também, visto que serviram como base fundamental para a evolução do trabalho.

Os painéis e *sketches* desenvolvidos para o projeto resultaram em um apoio visual muito importante, para que fosse possível projetar um produto que possuísse os requisitos estéticos e simbólicos que o público alvo almejava transmitir com o design do *Urban Concept*. A análise de similares permitiu ressaltar aspectos relevantes para o desenvolvimento do projeto, apresentando não só veículos comerciais, mas também participantes da competição de diversos países, possibilitando o entendimento do processo e motivações de cada equipe. Como refino das necessidades dos usuários, o desdobramento da função qualidade expôs de forma mais técnica e ordenada quais características eram de maior relevância para o usuário e serviram de direcionamento do projeto nas etapas seguintes.

A segunda fase do projeto consistiu no Projeto Conceitual e Projeto Preliminar, que demonstraram ser um desafio e confirmaram a importância de uma base bem estabelecida e consistente. Como consequência, as etapas de geração de alternativas e seleção, apesar de demandarem muito trabalho, ocorreram de acordo com o esperado e de forma contínua, de modo que as etapas de apresentadas na estrutura criativa estavam todas interligadas, contribuindo para o desenvolvimento dinâmico da proposta final. As etapas que envolveram o Projeto Conceitual exigiram grande criatividade ao longo do projeto, necessitando de *sketches* e painéis como auxiliares. O Projeto Preliminar também possui grande importância para demonstrar a

configuração definitiva do produto, com os métodos de representação virtuais, de análise e a produção do modelo físico em escala.

Por ser um projeto de grande complexidade, sua real implementação dependerá da participação do equipe para a qual o carro foi desenvolvido e as diversas áreas de conhecimento dos integrantes. Por fim, o resultado obtido deste trabalho de conclusão de curso foi muito satisfatório, de modo que todas as etapas contribuíram para que a resolução ocorresse dentro do esperado.

REFERÊNCIAS

AIXAM. **City Gto**: Racy allure sublimated by the “carbon look”. Disponível em: <<http://www.aixam.pt/pt/city/gto>> Acesso em: 25 de novembro de 2017.

ASHBY, M. F.; JOHNSON, Kara. **Materiais e design**: arte e ciência da seleção de materiais no design de produto. Rio de Janeiro: Elsevier, Campus, 2011.

ASTON MARTIN. **Cygnet**. Disponível em: <<https://www.astonmartin.com/heritage/past-models/cygnet>> Acesso em: 26 de novembro de 2017.

BACK, Nelson et al. **Projeto Integrado de Produtos**: planejamento, concepção e modelagem. Barueri: Manole, 2008.

BARAN, R. 2012. **A Introdução de Veículos Elétricos no Brasil**: Avaliação do Impacto no Consumo de Gasolina e Eletricidade. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Pós Graduação e Pesquisa em Engenharia – COPPE, Rio de Janeiro.

BAXTER, Mike. **Projeto de Produto**: Guia Prático para o Design de novos produtos. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2000.

BLOOMBERG NEWS. **China Fossil Fuel Deadline Shifts Focus to Electric Car Race**. Disponível em <<https://goo.gl/voonCd>> Acesso em: 26 de setembro de 2017.

BRENDLER, C.F. **Modelo Humano Digital customizável para análise ergonômica virtual no projeto de produto**. 2016. 162 f. Tese (Doutorado em Design) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

BÜRDEK, Bernhard E. **Design**: história, teoria e prática do design de produtos. 2. ed. São Paulo : Blucher, 2006.

CARELLO, Massimiliana. **XAM 2.0**: from Student Competition to Professional Challenge. Disponível em: <<https://goo.gl/fzvYc>>. Acesso em: 26 de novembro de 2017.

CLIEVER. **Desvendando o PETG**. Disponível em: <<https://www.cliever.com/pt-br/blog/post/21/desvendando-o-petg>> Acesso em: 6 de dezembro de 2017.

DAY BRASIL. **PETG**. Disponível em: <<http://www.daybrasil.com.br/produtos/detalhe/petg/189>> Acesso em: 6 de dezembro de 2017.

ELECTRIC VEHICLE NEWS. **Axial Flux Induction Motor for Automotive Applications**. 2016. Disponível em: <<http://www.electric-vehiclenews.com/2016/11/axial-flux-induction-motor-for.html>> Acesso em: 3 de dezembro de 2017.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. 2016. **Balanco Energético Nacional 2016**

Disponível em: <<http://www.cbdb.org.br/informe/img/63socios7.pdf>> Acesso em: 25 de setembro de 2017.

EVANNEX. **Tesla's New 2170 Battery Cell Packs More Power.** 2017. Disponível em:

<<https://evannex.com/blogs/news/tesla-s-new-2170-cell-packs-more-power>> Acesso em: 3 de dezembro de 2017.

FLICKR. **Shell Eco Marathon.** Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/shell_eco-marathon/> Acesso em: 27 de outubro de 2017.

G1.Rio Grande do Sul. **Ar de Porto Alegre é duas vezes mais poluído do que aceitável, diz pesquisa.** 2013. Disponível em:

<<http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2013/07/ar-de-porto-alegre-e-duas-vezes-mais-poluido-do-que-aceitavel-diz-pesquisa.html>> Acesso em: 27 de setembro de 2017.

GORDON MURRAY DESIGN. **Yamaha MOTIV.e.** Disponível em: <<http://www.gordonmurraydesign.com/en/products/current/yamaha-motiv.e.html>> Acesso em: 25 de novembro de 2017.

GOV.UK. **Vehicle mileage and occupancy. 2013.** Disponível em: <<https://goo.gl/ocf9mc>> Acesso em: 26 de outubro de 2017.

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. **Carro elétrico com motor nas rodas é melhor do que se pensava.** 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/Z53G4Y>> Acesso em: 3 de dezembro de 2017.

JONES, Peter. **The evolution of urban mobility:** The interplay of academic and policy perspectives. IATSS Research, Volume 38, Issue 1, July 2014, p. 7-13. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S038611121400017X>> Acesso em: 26 de setembro de 2017.

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

LEARN ENGINEERING. **How does an Electric Car work ? | Tesla Model S. 2017.** Disponível em:<<https://www.youtube.com/watch?v=3SAXXUlr28>> Acesso em: 3 de dezembro de 2017.

LIGIER. **Easy and cool way to drive.** Disponível em: <<http://www.ligier.fr/>> Acesso em: de novembro de 2017.

MACEY, Stuart. **H-POINT:** The Fundamentals of Gar Design & Packaging. Pasadena, California: Art Center College of Design, 2009.

MITCHELL, W. J. 2010. **A Reinvenção do Automóvel:** Mobilidade Urbana Pessoal para o Século XXI / Wilian J. Mitchell, Christopher E. Borroni-Bird e Lawrence D. Burns. Tradução de Eric R. R. Heneault. Alaúde, São Paulo.

MORRIS, Charles. Evannex. **Tesla's New 2170 Battery Cell Packs More Power.** 2017. Disponível em: <<https://evannex.com/blogs/news/tesla-s-new-2170-cell-packs-more-power>> Acesso em: 3 de dezembro de 2017.

NORMAN, Donald A. **Emotional design: why we love or hate everyday things.** New York : Basic Books, c2005.

ORI AUTONOMOUS SYSTEMS. **Make The Future London.** Disponível em: <<http://ori.ox.ac.uk/projects/sem/>> Acesso em: 7 de dezembro de 2017.

PANASONIC. **Panasonic Starts Mass-Production of High-Capacity 3.1 Ah Lithium-ion Battery.** 2009. Disponível em: <<http://news.panasonic.com/global/press/data/en091218-2/en091218-2.html>> Acesso em: 3 de dezembro de 2017.

PAWŁOWSKI, Janusz.; TIDBURY, G. **Vehicle body engineering.** London : Business Books, 1969.

RENAULT. **Twizy:** Plug into the positive energy. Disponível em: <<https://www.renault.co.uk/vehicles/new-vehicles/twizy.html>> Acesso em: de novembro de 2017.

SAPPER, Stella Lisboa. **A transposição dos requisitos estéticos e simbólicos de projeto em atributos formais do produto.** 2015. 186 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Design, Ufrgs, Porto Alegre, 2015.

SCHAEFFLER. **E-Wheel Drive Electric Wheel Hub Drive.** 2013. Disponível em: <http://m.schaeffler.com/content.mobile.products/en/products/automotive/e_mobility/e_wheel_drive/e_wheel_drive_info.html> Acesso em: 3 de dezembro de 2017.

SCHUSTER, C. H.; SCHUSTER, J. J.; OLIVEIRA, A. S. **Aplicação do diagrama de Mudge e QFD utilizando como exemplo a hierarquização dos requisitos para um carro voador.** GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, Ano 10, nº 1, jan-mar/2015, p. 197-213.

SCION. **Scion IQ 2015.** Disponível em: <<https://cdn.dealereprocess.net/cdn/brochures/scion/ca/2015-iq.pdf>> Acesso em: 25 de novembro de 2017.

SHELL GLOBAL. **About Shell Eco-marathon.** 2017. Disponível em: <<http://www.shell.com/energy-and-innovation/shell-ecomarathon/about.html>>. Acesso em: 10 de setembro de 2017.

SMART. **Electrify.** Disponível em: <<https://www.smartusa.com>> Acesso em: 22 novembro de 2017.

TESLA. **Panasonic Presents First Electric Vehicle Battery to Tesla.** 2010. Disponível em: <https://www.tesla.com/fr_FR/blog/panasonic-presents-first-electric-vehicle-battery-tesla> Acesso em: 3 de dezembro de 2017.

TEAM H2POLITO. General Features. 2011. Disponível em: <<https://areeweb.polito.it/didattica/h2polito/en/prototypes/xam.html>> Acesso em: 25 de novembro de 2017.

THE GUARDIAN. **Electric cars accelerate past 2m mark globally.** 2017. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/environment/2017/jun/07/electric-cars-sales-2-million-worldwide-global-sales>> Acesso em: 28 de outubro de 2017.

_____. **Time to face up to the electric car revolution.** 2017. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/environment/2017/aug/07/time-to-face-up-to-the-electric-car-revolution>> Acesso em: 3 de dezembro de 2017.

_____. **The rise of electric cars could leave us with a big battery waste problem.** 2017. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/sustainable-business/2017/aug/10/electric-cars-big-battery-waste-problem-lithium-recycling>> Acesso em: 3 de dezembro de 2017.

TIM UPS INSA. **Et c'est le record!** 2017. Disponível em: <<http://www.timupsinsa.com/2017/06/et-c-est-le-record.html>> Acesso em: 25 de novembro de 2017.

TUFAST ECO. **Shell Eco-marathon 2017. 2017. Disponível em:** <<http://tufast-eco.de/en/>> Acesso em: 25 de novembro de 2017.

YAMAHA. **Motiv.e** / The 43rd Tokyo Motor Show YAMAHA 2013. Disponível em: <<https://global.yamaha-motor.com/showroom/event/tokyo-motorshow-2013/models/motiv/#.Whl9u0qnFPY>> Acesso em: 24 de novembro 2017.

WHITE, Jeremy. WIRED. **Shell's Eco-marathon comes to the UK aiming to beat the record of 3,771km on a single litre of fuel.** Disponível em: <<http://www.wired.co.uk/article/shell-eco-marathon-2017>> Acesso em: 3 de dezembro de 2017.

APÊNDICE A - ENTREVISTA

Urban Concept

7 respostas

[Publicar estatísticas](#)

O que o Urban Concept da Bagual Racing precisa ter? Quais características você acredita que são essenciais para ele?

7 respostas

Fundamentalmente, estar de acordo com o regulamento da categoria sem margem para dúvidas; mas um visual marcante e uma mecânica acessível (para facilitar os trabalhos e a viabilidade de transporte) são muito bem vindos também.

Baixo consumo, design futurístico baseado em carros de luxo atuais e deve ser robusto

Precisa ter leveza, segurança e um design moderno.

O urban concept precisa, principalmente, um desenho que integre natureza e tecnologia de maneira equilibrada. Ao meu ver, o urban concept deve minimizar os impactos no meio: impacto visual da tecnologia na natureza e impacto biológico do carro no meio. Enfim, a ideia de leveza é, para mim, essencial nesse carro.

Levesa e design aerodinâmico

Precisa ter a essência gauchesca da equipe. Acredito que precisa ter as cores da bandeira rio-grandense por esse motivo.

Precisa ter uns traços azuis (ou outra cor que contraste com a cor principal do carro) tipo como tem nos bmw i3 e i8, a parte de trás tb poderia ser toda preta com os leds vermelhos como no bmw i3 e no fiat mobi.

Poderia botar uns leds embaixo das porta e, na frente, os faróis poderiam mostrar mensagens as dus últimas inspiradas no Honda Sports EV Concept.

APÊNDICE B - LEVANTAMENTO DE SIMILARES

IMAGEM	MODELO	MARCA	ANO	MOTOR	DIMENSÕES (C x L x A)	ESTRUTURA
	FORTWO	SMART	2018	ELÉTRICO GASOLINA	2,7m x 1,5m x 1,5m	MONOBLOCO
	MOTIV.e	YAMAHA MOTORS	2016	ELÉTRICO	2,7m x 1,5m x 1,5m	SPACE FRAME
	IQ	SCION / TOYOTA	2015	GASOLINA	3m x 1,7m x 1,5m	MONOBLOCO
	DUE DYNAMIC	MICROCAR	2018	DIESEL	2,8m x 1,5m x 1,5m	MONOBLOCO
	TWIZY	RENAULT	2017	ELÉTRICO	2,3m x 1,39m x 1,45m	MONOBLOCO
	CYGNET	ASTON MARTIN	2013	GASOLINA	3m x 1,7m x 1,5m	MONOBLOCO
	CITY GTO	AIXAM	2016	ELÉTRICO DIESEL	2,7m x 1,5m x 1,47m	MONOBLOCO
	JS 50 SPORT	LIGIER	2017	DIESEL	2,8m x 1,5m x 1,46m	MONOBLOCO
	NG SUSTAIN	ØUC Shell Eco	2015	ELÉTRICO	—————	MONOBLOCO
	MUC_017	TUFAST ECO TEAM	2017	ELÉTRICO	aprox. 3m comp.	MONOBLOCO
	TIM 07	TOULOUSE INGÉNIERIE MULTIDISCIPLINAIRE	2015	ETANOL	—————	MONOBLOCO
	XAM	TEAM H2POLITO	2011	ETANOL	2,8m x 1,3m x 1,28m	SPACE FRAME
	XAM 2.0	TEAM H2POLITO	2012	ELÉTRICO	2,8m x 1,3m x 1,28m	SPACE FRAME

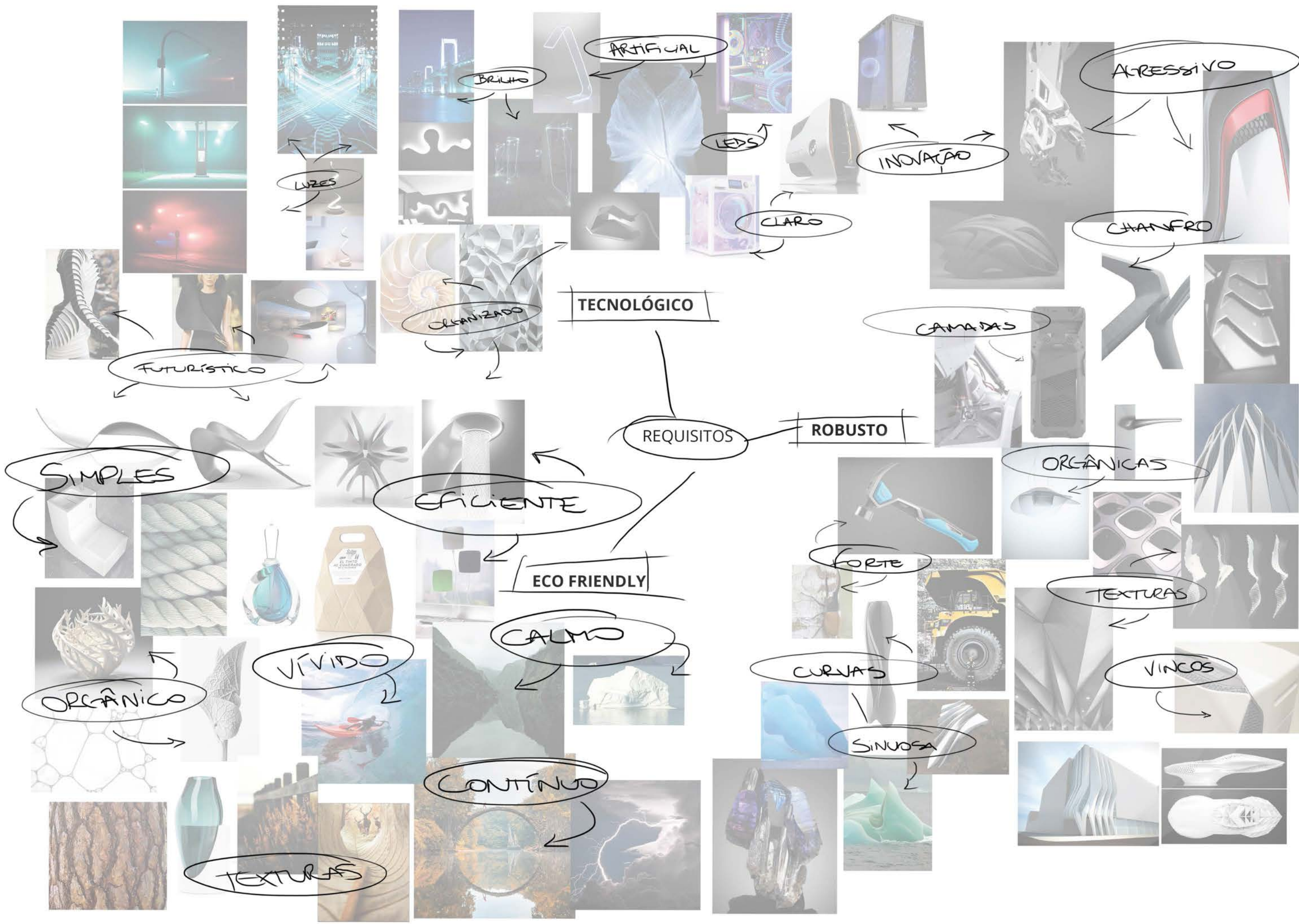
APÊNDICE C - DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO QUALIDADE

Categoria	Peso	Necessidade do Usuário	Requisito do Usuário / Requisito do Projeto	Direção do Melhoramento Minimizar (-) Maximizar (+) Manter (=)																					
				+	=	+	-	+	+	-	=	=	+	=	=	=	-	-	+	=	+	+	=	=	+
Estética Atraente	0,0677	Um visual marcante Design futurístico Design moderno	Ser esteticamente atraente.	1	9	1	0	9	3	0	0	9	3	3	9	3	1	3	1	1	0	0	1	0	1
Usabilidade Facilitada	0,1000	Viabilidade de transporte	Ter transporte viável	3	0	3	9	0	1	9	1	1	0	3	0	0	9	3	9	0	0	1	1	9	3
	0,0774	Uma mecânica acessível	Fácil acesso aos componentes mecânicos.	9	0	9	3	0	1	3	9	3	0	1	0	1	3	3	9	3	3	1	1	1	9
	0,0710	Os faróis poderiam mostrar mensagens, inspiradas no Honda Sports EV Concept.	Prover informações ao usuário.	9	3	9	1	0	3	0	0	0	9	0	0	9	0	0	9	0	3	3	0	3	
	0,0903	Estar de acordo com o regulamento da categoria.	Possuir fácil manutenção	3	0	9	3	0	0	1	3	0	3	0	0	3	1	1	1	1	1	3	0	3	9
	0,1097	Poderia botar uns leds embaixo das porta.	Ter sinalização adequada.	9	1	3	3	1	1	0	0	0	9	0	3	9	0	0	3	3	0	0	0	0	9
Ser Leve	0,0903	Precisa ter leveza.	Ser leve	0	0	3	9	0	0	9	0	1	0	1	0	0	9	0	0	0	0	1	0	0	3
Segurança para o piloto	0,1161	Precisa ter segurança.	Ser seguro	1	0	1	3	0	9	3	9	0	3	1	0	3	1	9	1	3	9	9	9	9	9
	0,0806	Deve ser robusto.	Ser robusto	0	3	1	1	0	1	9	9	9	0	3	0	0	3	1	0	0	3	9	3	9	3
Formato Otimizado	0,0484	Um desenho que integre natureza e tecnologia de maneira equilibrada.	Ter forma orgânica.	0	3	0	1	0	0	1	0	3	0	9	0	0	1	9	0	0	0	3	3	0	0
	0,0419	Deve minimizar os impactos no meio: impacto visual da tecnologia na natureza e impacto biológico do carro no meio.	Ter um design discreto.	1	9	0	1	9	0	0	0	9	1	0	1	1	9	0	0	1	0	0	1	0	0
	0,0581	Design aerodinâmico.	Ser aerodinâmico.	0	3	1	1	0	0	1	0	9	0	9	0	0	3	9	0	0	0	1	0	0	1
Cores Agradáveis	0,0484	Precisa ter a essência gauchesca da equipe. Acredito que precisa ter as cores da bandeira rio-grandense por esse motivo.	Ter cores agradáveis.	3	9	1	0	9	0	0	0	0	1	0	9	1	0	0	1	0	0	3	0	0	
		Precisa ter uns traços (cor que contraste com a cor principal do carro) tipo como tem nos bmw i3 e i8.																							
		A parte de trás tb poderia ser toda preta com os leds vermelhos como no bmw i3 e no fiat mobi.																							
Valor máximo na coluna				9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
Peso / Importância				3,265	2,306	3,419	3,193	1,532	1,829	3,215	2,838	2,802	2,539	1,987	1,416	2,616	3,061	2,910	2,200	1,797	1,609	2,725	2,077	3,019	4,693
Peso relativo				5,72%	4,04%	5,99%	5,60%	2,68%	3,21%	5,64%	4,97%	4,91%	4,45%	3,48%	2,48%	4,59%	5,37%	5,10%	3,86%	3,15%	2,82%	4,78%	3,64%	5,29%	8,23%

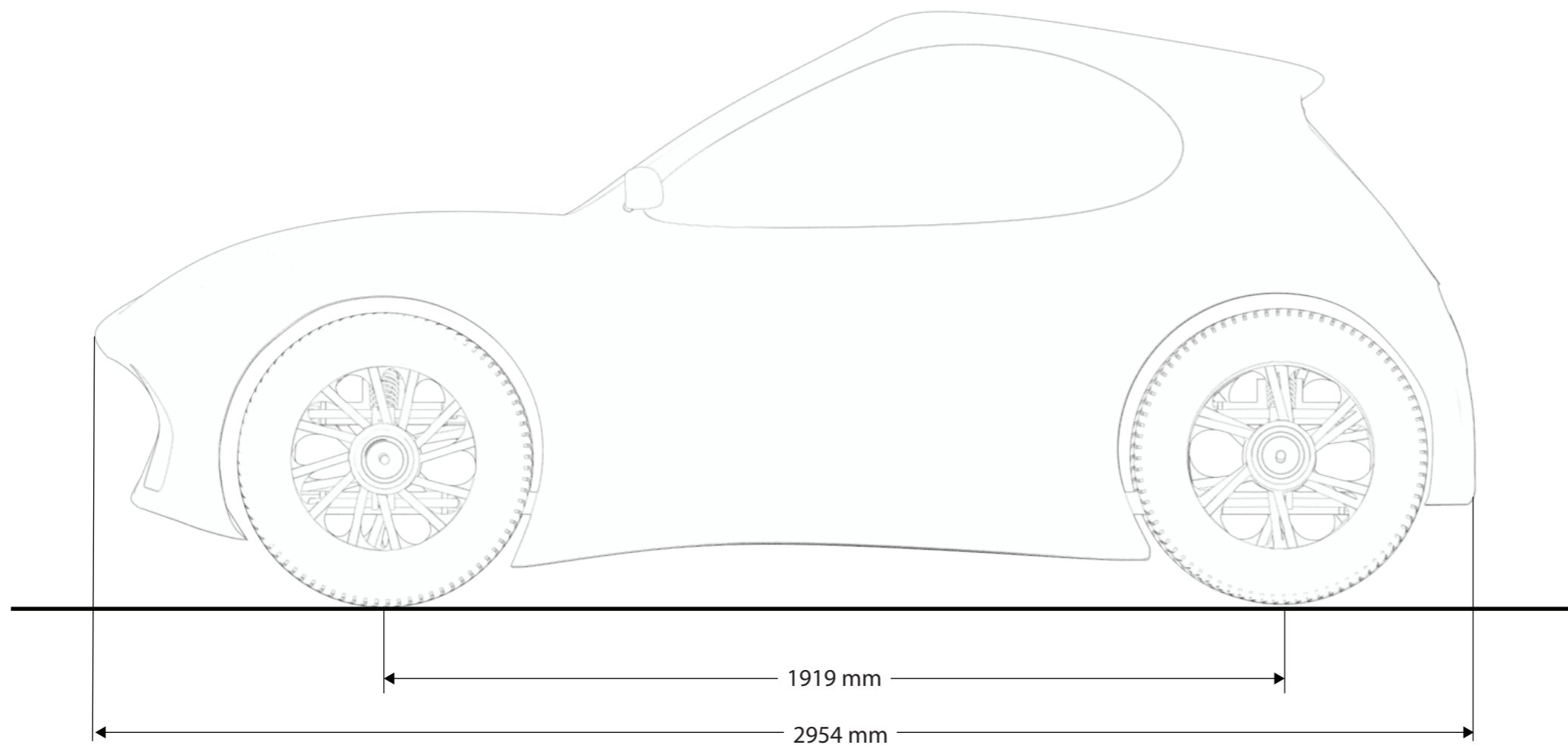
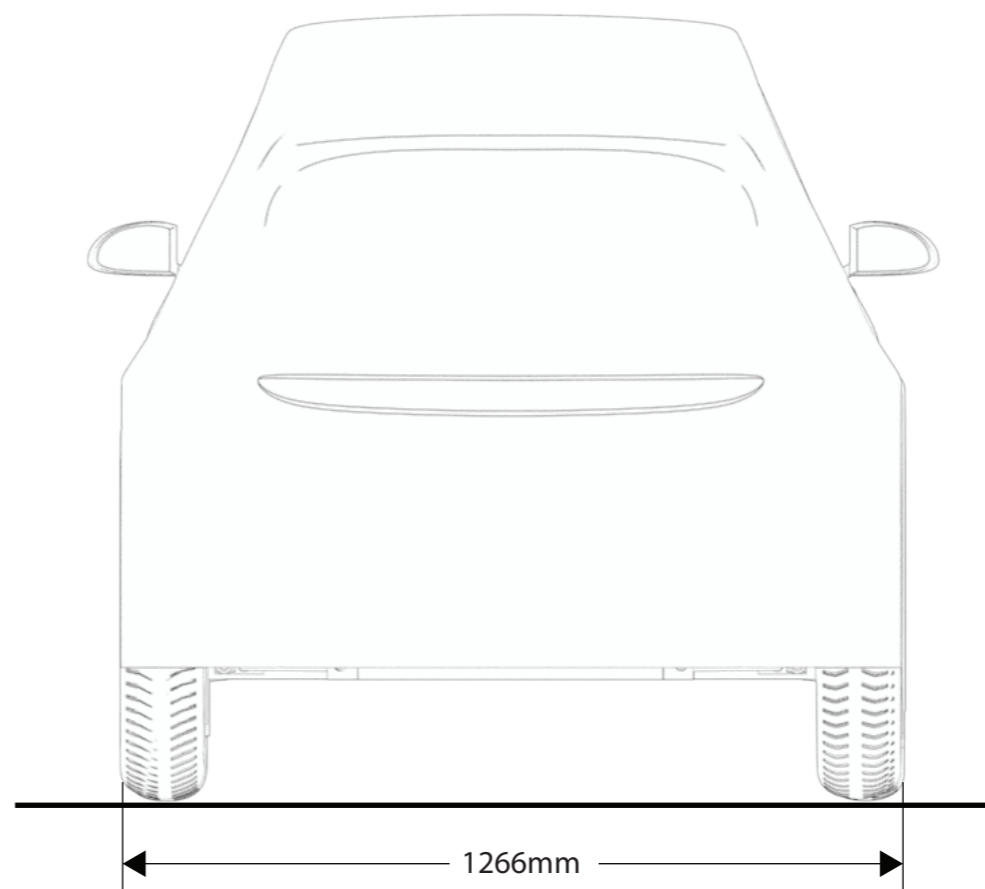
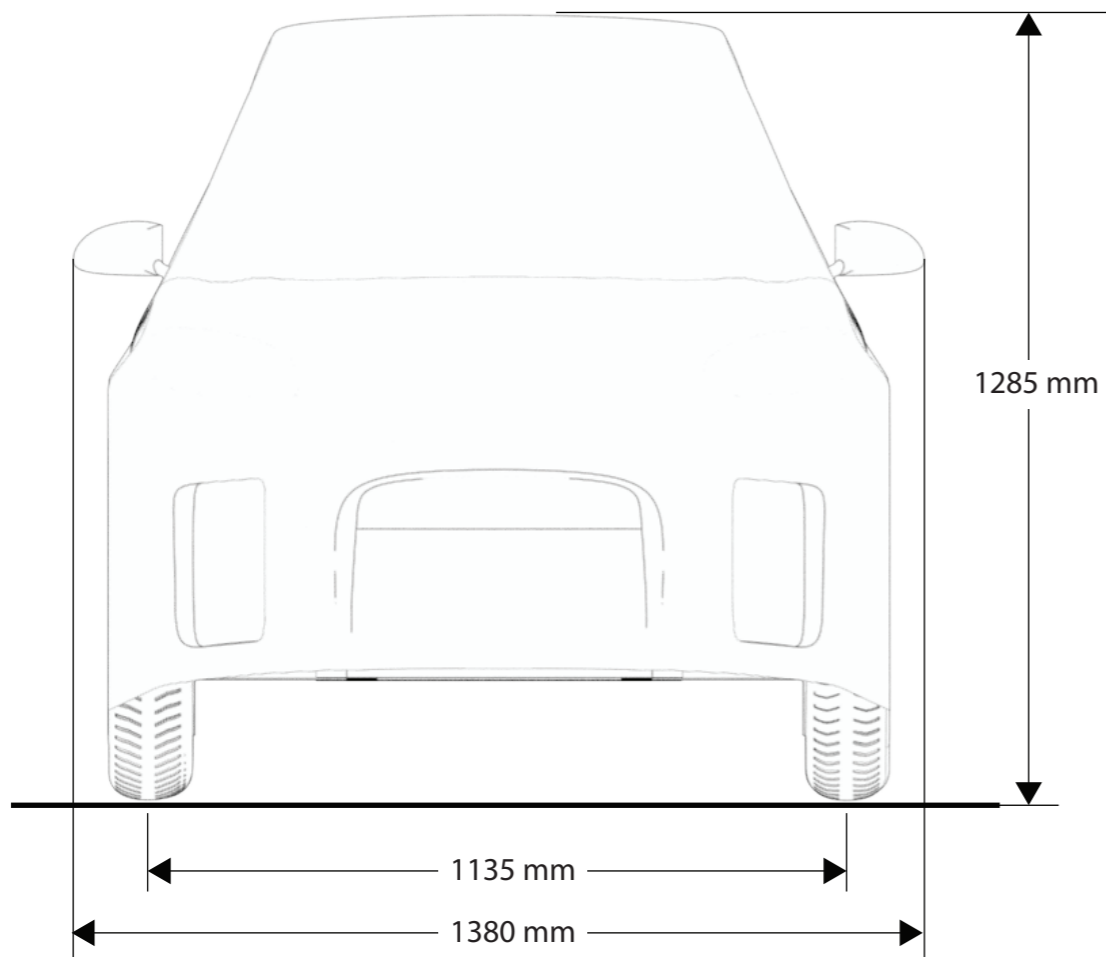
Legenda	
0	Sem relação
1	Relação Leve
3	Rel. Moderada
9	Relação Forte

57,047

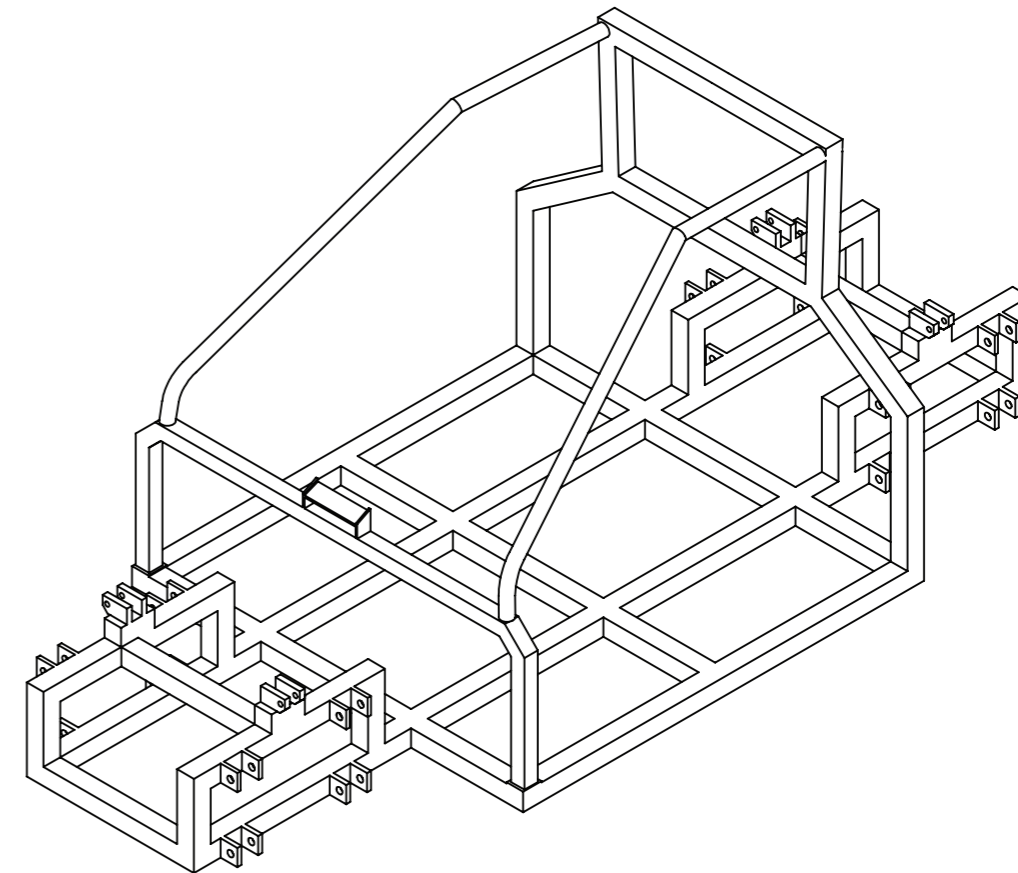
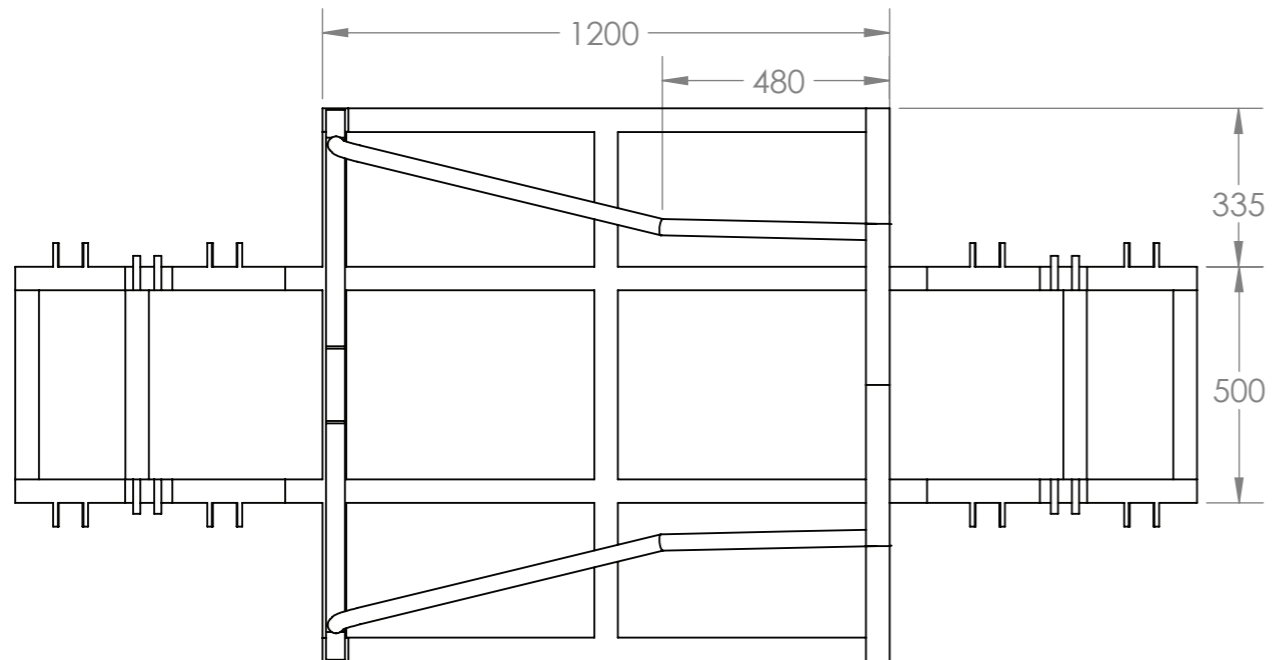
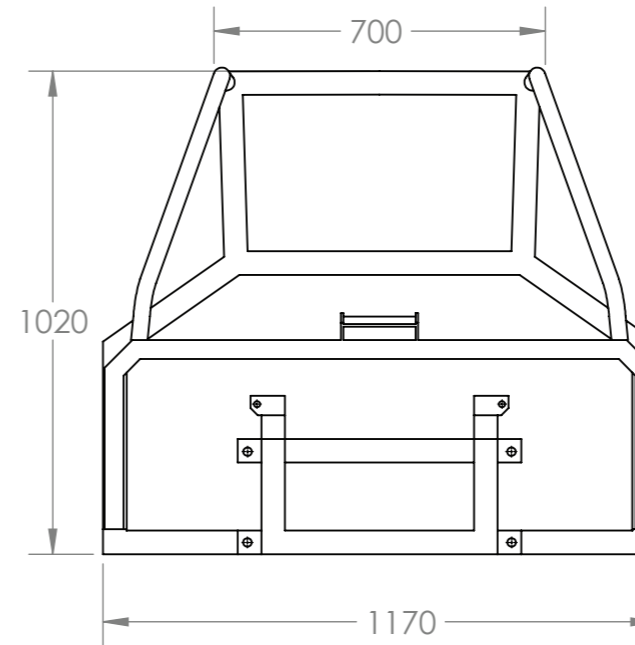
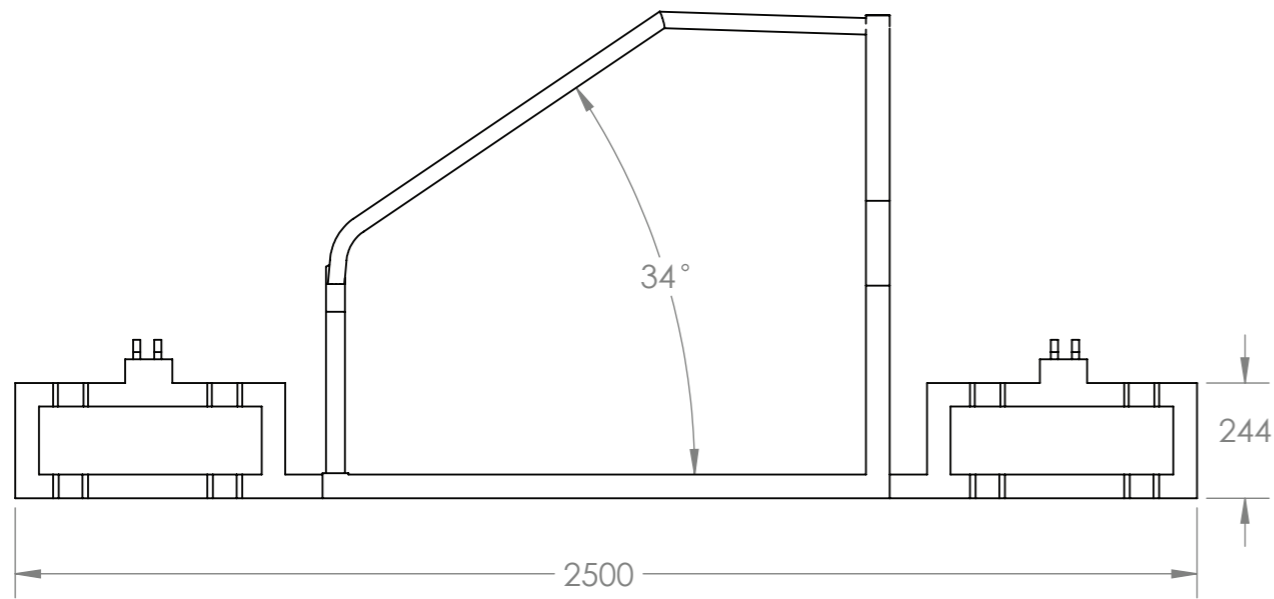
APÊNDICE D - PAINEL DE REFERÊNCIAS



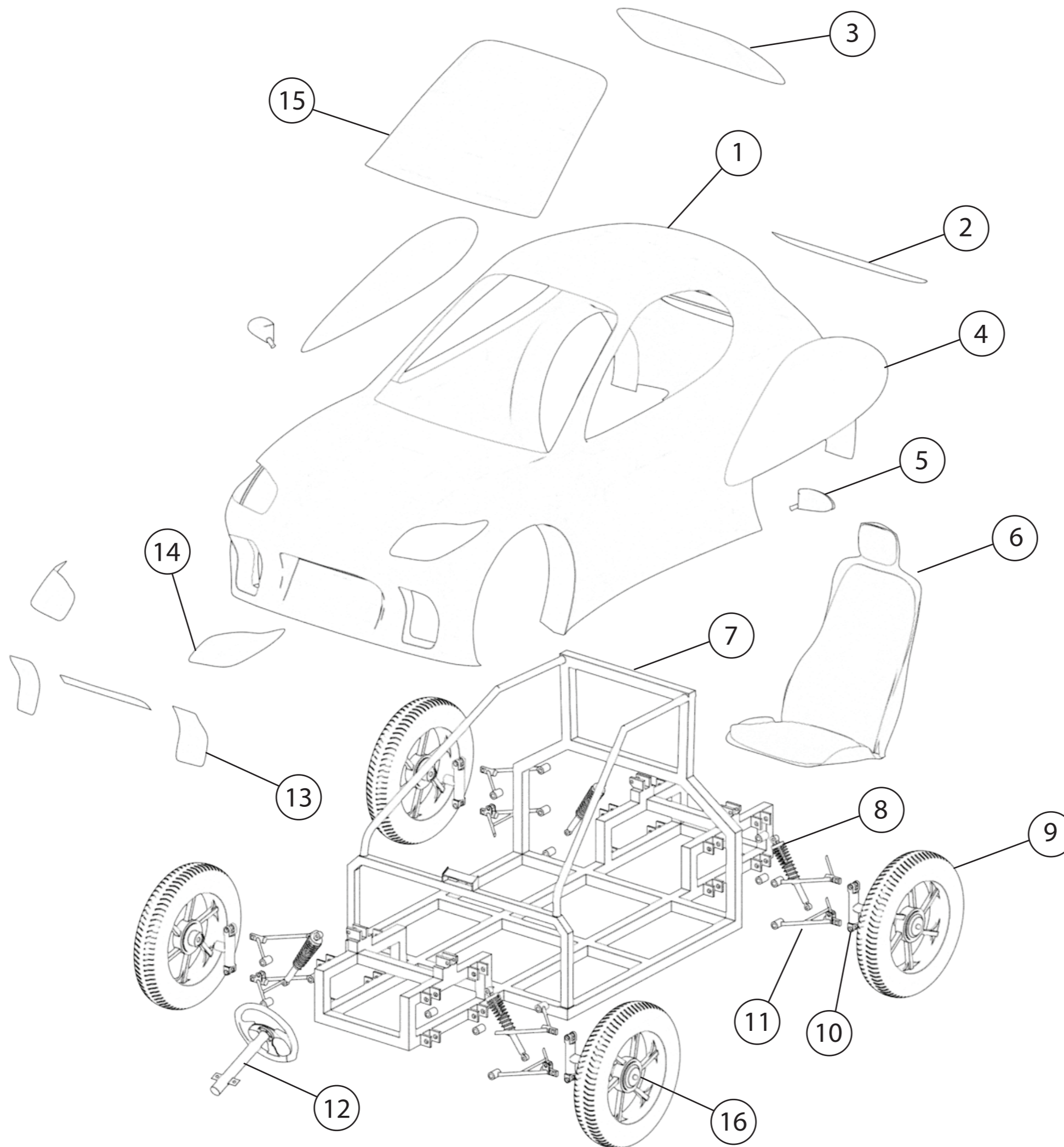
APÊNDICE E - DETALHAMENTO TÉCNICO



Instituição	Universidade Federal do Rio Grande do Sul		
Nome da prancha	Apêndice E - Detalhamento técnico		
Autoria	Carolina de Oliveira Wolff		
Prancha	1/3	Data	20/06/2018
Escala	1:12	Unidade	milímetro (mm)



Instituição	Universidade Federal do Rio Grande do Sul		
Nome da prancha	Apêndice E - Detalhamento técnico		
Autoria	Carolina de Oliveira Wolff		
Prancha	2/3	Data	20/06/2018
Escala	1:12	Unidade	milímetro (mm)



Nº	Componentes	Quantidade
1	Carenagem	1
2	Lanterna traseira	1
3	Janela traseira	1
4	Janela lateral	2
5	Espelho	2
6	Banco	1
7	Chassi	1
8	Amortecedor	4
9	Pneu 130/90 R16	4
10	Eixo	4
11	Braço de suspensão	8
12	Volante	1
13	Grade frontal	3
14	Farol	2
15	Parabrisas	1
16	Motor Elétrico	4

Instituição	Universidade Federal do Rio Grande do Sul		
Nome da prancha	Apêndice E - Detalhamento técnico		
Autoria	Carolina de Oliveira Wolff		
Prancha	3/3	Data	20/06/2018
Escala	1:12	Unidade	milímetro (mm)

ANEXO A - SHELL ECO MARATHON RULES

ARTICLE 44: DEFINITION

Under the name “UrbanConcept”, Shell offers an opportunity to design and build energy efficient vehicles that are closer in appearance to today’s production type passenger cars. UrbanConcept vehicles must comply with the specific rule of the Shell Eco-marathon for this group. One particular feature of this group is that vehicles competing in this group will require “stop and go” driving.

During all practice and competition driving at Shell Eco-marathon events only one person (the Driver) is allowed inside UrbanConcept vehicles, regardless of the number of seats installed.

ARTICLE 45: DIMENSIONS

- a) The total vehicle height must be between 1000 mm and 1300 mm .
- b) The total vehicle width, excluding rear view mirrors, must be between 1200 mm and 1300 mm.
- c) The total vehicle length must be between 2200 mm and 3500 mm.
- d) The track width must be at least 1000 mm for the front axle and 800 mm for the rear axle, measured between the midpoints where the tyres touch the ground.
- e) The wheelbase must be at least 1200 mm.
- f) The Driver’s compartment must have a minimum height of 880 mm and a minimum width of 700 mm at the Driver’s shoulders.
- g) The ground clearance must be at least 100 mm with the driver (and necessary ballast) in the vehicle.
- h) The maximum vehicle weight (excluding the Driver) is 22.5 kg.
- i) All vehicle dimensions must not be achieved by body extensions such as ‘stuck on’ appendages or cutouts

ARTICLE 46: VEHICLE BODY

- a) Teams are requested to submit technical drawings, photographs or animations of the entire vehicle design to the Organisers for approval at their earliest opportunity.

This is strongly recommended to avoid upsets by failing the technical inspection at the event on grounds of design non-compliance.

- b) The body must cover all mechanical parts whether the vehicle is viewed from the front, the rear, the sides or from above. In addition, the wheels and suspension must be fully covered by the body when seen from above and up to the axle centre line when seen from front or rear. The covering for the wheels and suspension must be a rigid integral part of the vehicle body.
- c) It is prohibited to use any commercially available vehicle body parts.
- d) Access to the vehicle by the Driver must be as easy and practical as typically found in common production type passenger cars. All UrbanConcept vehicles must have a side-door design. The door opening must have a minimum dimension of 500 x 800 mm. This means a rectangular template of this dimension must be able to pass through the door opening.

From 2019 onwards all UrbanConcept cars will be required to have a door on each side of the driver compartment meeting the requirements above.

- e) Any access opening mechanisms must be firmly attached to the vehicle body by means of hinges or sliding rails. Adhesive tape, Velcro, or similar materials are not permitted for this purpose.
- f) The vehicle must have a fixed roof covering the Driver's compartment.
- g) A windscreen with effective wiper(s) is mandatory. Please refer to Article 52:b).
- h) Space must be available for a rectangular rigid luggage with dimensions of 500 x 400 x 200 mm (L x H x W). This space must be easily accessible from the outside and must include a floor and sidewalls to hold the luggage in place when the vehicle is moving. The luggage must be supplied by the Participant and must be placed in this space during inspection and competition.
- i) Vehicle bodies must not include any external appendages that might be dangerous to other Team members; e.g. sharp points must have a radius of 50 mm or greater, alternatively they should be made of foam or similar deformable material.
- j) A towing hook or ring is mandatory at the front of the vehicle. It can be rigid or flexible (cable or strap). If it is rigid, it must be placed fully under the body for safety reasons. Alternatively, it may be retractable or removable as in a regular car but should be easily accessible. It must be used to tow the vehicle in case of breakdown on the track. It must have a traction resistance equivalent to the weight of the vehicle and have an opening width of at least 30 mm.

ARTICLE 47: TURNING RADIUS AND STEERING

- a) Vehicle steering must be achieved by one system operated with both hands using a turning motion. It must be precise, with no play or delay. Steering must be operated predominately through the front wheels.
- b) Steering must be achieved using a steering wheel or sections of a wheel with a minimum diameter of 250 mm.
- c) Steering bars, tillers, joysticks, indirect or electric systems are not permitted.
- d) The turning radius must be 6 m or less. The turning radius is the distance between the centre of the circle and the external wheel of the vehicle. The external wheel of the vehicle must be able to follow a 90° arc of 6 m radius in both directions. The steering system must be designed to prevent any contact between tyre and body or chassis.
- e) The Organisers reserve the right to set up a vehicle handling course to verify the following when the vehicle is in motion: driver skills, turning radius and steering precision.

ARTICLE 48: WHEELS

- a) The rims must be between 15 to 17 inches in diameter.
- b) The wheels located inside the vehicle body must be made inaccessible to the Driver by a bulkhead. Any handling or manipulation of the wheels is forbidden from the moment the vehicle arrives at the starting line until it crosses the finish line.

ARTICLE 49: TYRES

Tyres must fit the type and size of rims recommended by their manufacturers and have a minimum tread

of 1.6 mm. The tyre/rim assembly must have a width of 80 to 110 mm, measured from tyre sidewall to tyre sidewall. The width is measured with the tyre fitted on its rim at its rated pressure.

Caution:

- The manufacturer's size indications should not be taken as measure, as the width of the rim directly impacts the width of the rim/tyre assembly.
- It is strongly recommended to use flat profile tyres designed for four wheel vehicles or light trailers, not round/triangular profile tyres used for mopeds or motorbikes.
- It may be necessary to use a 90 mm tyre to achieve the above-mentioned measure.

ARTICLE 50: LIGHTING

The vehicle must have a functional external lighting system, including:

- a) Two front headlights
- b) Two front turn indicators
- c) Two rear turn indicators
- d) Two red brake lights in the rear
- e) Two red rear running lights
- f) The centre of each headlight unit must be located at an equal distance and at least **300 mm** from the centre-line of the vehicle.
- g) The mandatory red indicator light for the self-starter operation must be separate from any of the above (see Article 64:c).
- h) **A Hazard light function must be included in the vehicle system.**

ARTICLE 51: BRAKING

- a) The vehicle must be equipped with a four-disc hydraulic brake system, with a single brake pedal, which has a minimum surface area of 2500 mm². The brake pedal must operate the master cylinders either directly or through a rigid mechanical link. Wires/cables are not allowed. **Commercially available brake systems (discs and calipers) with a minimum disc thickness of 3 mm are mandatory. Manufacturer's documentation is required to demonstrate authenticity. Bicycle brakes are not allowed.**
- b) The brakes must operate independently on the front and rear axles or in an X pattern (i.e. right front wheel with left rear wheel, and left front wheel with right rear wheel).
- c) **A single master cylinder may be used provided it has a dual circuit. A maximum of two master cylinders is allowed.**
- d) The effectiveness of the brake system will be tested during vehicle inspection. The vehicle must remain immobile with the Driver inside when it is placed on a 20 percent incline with the main brake in place. Moreover, a dynamic inspection may be performed on the vehicle-handling course.
- e) A parking brake function is required to keep the car stationary during technical inspections and fuel measurements. It must provide a brake force of at least 50 N.
- f) Wet weather capability is mandatory (see Article 52:a)).

ARTICLE 52: WET WEATHER RUNNING

- a) During weather conditions of light rain/drizzle, the UrbanConcept vehicles (only) may be required to drive on the track during competition with approval from the Race Director. Therefore, all UrbanConcept vehicles must be adequate for running under such conditions.
- b) The vehicle must be equipped with an effective electric windscreen wiper arm assembly typically found in a production car.
- c) The operation of the wiper assembly must be activated by an independent switch easily accessible to the driver.
- d) The wiper operation must provide the driver a clear view.
- e) The vehicle must be adequately ventilated to prevent driver's compartment from fogging.
- f) It is required that the vehicle's electrical system be suitable for wet weather conditions to prevent malfunction.
- g) The effectiveness of the vehicle to run in wet conditions will be evaluated during the initial inspection phase.
- h) Tyres must have a minimum tread of 1.6 mm (see Article 49:).
- i) The vehicle's brake effectiveness may be re-inspected before and/or after any run.