

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS TRINDADE CENTRO DE COMUNICAÇÃO E EXPRESSÃO
DEPARTAMENTO DE DESIGN EXPRESSÃO GRÁFICA
CURSO DESIGN DE PRODUTO

Maísa Rachman de Siqueira

Desenvolvimento de Quadro de Bicicleta Utilizando o Design Generativo

Florianópolis

2024

Maísa Rachman de Siqueira

Desenvolvimento de Quadro de Bicicleta Utilizando o Design Generativo

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Design de Produto do Centro de Comunicação e Expressão da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Design de Produto

Orientadora: Profa. Ana Veronica Pazmino, Dra.

Florianópolis

2024

Ficha catalográfica gerada por meio de sistema automatizado gerenciado pela BU/UFSC.

Dados inseridos pelo próprio autor.

Siqueira, Maísa Rachman de

Desenvolvimento de Quadro de Bicicleta Utilizando o Design Generativo / Maísa Rachman de Siqueira ; orientadora, Ana Veronica Pazmino, 2024.

126 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Comunicação e Expressão, Graduação em Design de Produto, Florianópolis, 2024.

Inclui referências.

1. Design de Produto. 2. Design Generativo. 3. Mobilidade Urbana. 4. Manufatura Aditiva. 5. Design de Produto . I. Pazmino, Ana Veronica . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Design de Produto. III. Título.

Maísa Rachman de Siqueira

Desenvolvimento de Quadro de Bicicleta Utilizando o Design Generativo

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharel em design de Produto e aprovado em sua forma final pelo Curso de Design de Produto

Florianópolis, 06 de dezembro de 2024.

Prof. Ivan Luiz de Medeiros, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Profa. Ana Veronica Pazmino, Dra.
Orientador
UFSC

Prof. Estevan Hideki Murai, Dr.
Avaliador
UFSC

Prof. Rodrigo Antônio Marques Braga, Dr.
Avaliador
UFSC

Este trabalho é dedicado aos meus queridos pais.

AGRADECIMENTOS

A jornada do trabalho de conclusão certamente não foi fácil, diversos obstáculos foram enfrentados, mas fico feliz em poder dizer que todos foram superados.

Agradeço imensamente à minha família, aos meus amigos, à minha orientadora, e a todos que cruzaram meu caminho ao longo destes anos, que de alguma maneira me acompanharam e apoiaram nesta jornada e que contribuíram para que chegasse neste momento.

Tenho sorte em ter pessoas tão queridas ao meu lado, que me proporcionaram todo o suporte necessário e que me impulsionaram para que pudesse concluir mais uma etapa.

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma bicicleta sustentável para mobilidade urbana utilizando o design generativo como ferramenta principal. A pesquisa teve como objetivo propor uma solução inovadora, funcional e leve para os desafios urbanos contemporâneos. A metodologia integrou etapas de pesquisa documental e de campo, incluindo análise de mobilidade urbana, coleta de dados com o público-alvo e desenvolvimento de personas. O projeto utilizou o *software Grasshopper* para modelagem paramétrica, permitindo a otimização estrutural e estética baseada em critérios ergonômicos e funcionais. Tecnologias como manufatura aditiva viabilizaram a produção de componentes complexos e sustentáveis, reduzindo desperdícios. A prototipagem utilizou impressão 3D para validar soluções projetuais e atender aos padrões de funcionalidade, conforto e durabilidade. Os resultados demonstram como o design generativo pode transformar o desenvolvimento de produtos, promovendo inovação tecnológica e sustentabilidade. A bicicleta desenvolvida combina ergonomia, eficiência e impacto ambiental reduzido, atendendo às necessidades dos usuários e contribuindo para soluções de mobilidade urbana mais sustentáveis. O trabalho sugere explorar futuras integrações de sistemas inteligentes e estratégias para otimizar ainda mais o ciclo de vida do produto.

Palavras-chave: Design Generativo. Mobilidade Urbana. Manufatura Aditiva. Design de Produto

ABSTRACT

This work developed a sustainable bicycle for urban mobility using generative design as the main methodology. The research aimed to propose an innovative, functional and lightweight solution for contemporary urban challenges. The methodology integrated conceptual and informational stages, including an analysis of urban mobility, data collection from the target audience, and the development of personas. The project utilized Grasshopper software for parametric modeling, enabling structural and aesthetic optimization based on ergonomic and functional criteria. Technologies such as additive manufacturing facilitated the production of complex and sustainable components while reducing waste. Prototyping involved 3D printing to validate design solutions and meet standards of functionality, comfort, and durability. The results demonstrate how generative design can transform product development, fostering technological innovation and sustainability. The developed bicycle combines ergonomics, efficiency, and reduced environmental impact, addressing user needs and contributing to more sustainable urban mobility solutions. Future research should explore the integration of intelligent systems and strategies to further optimize the product's lifecycle.

Keywords: Generative Design, Urban Mobility, Additive Manufacturing, Product Design.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Metodologia Design Thinking	20
Figura 2: Mapa Mental da Revisão Bibliográfica	22
Figura 3: Mapa mental da pesquisa bibliográfica	23
Figura 4: Mapa Mental Pesquisa Bibliográfica.....	24
Figura 5: Linha do tempo de bicicletas de 1817 até 1993.....	27
Figura 6: Bicicletas com novos conceitos e com design.	29
Figura 7 Bicicleta David Larsson.....	31
Figura 8: Coletânea de Bicicletas Contemporâneas	31
Figura 9: Quadro Arevo de Manufatura Aditiva	33
Figura 10: Aspectos estruturais de uma bicicleta.....	35
Figura 11: Abordagem de design tradicional e generativo.....	38
Figura 12: <i>Copenhagen Wheel</i>	43
Figura 13: Persona João	59
Figura 14: Cenário João	60
Figura 15: Persona Margareth	61
Figura 16: Cenário Margareth	62
Figura 17: Persona Gabriel.....	64
Figura 18: Cenário João	65
Figura 19: Análise Sincrônica VanMoof S3	67
Figura 20: Análise Sincrônica Cowboy 4.....	68
Figura 21: Análise Sincrônica Specialized Turbo Vado S1.....	69
Figura 22: Análise Sincrônica Radcity 5 Plus.....	69
Figura 23: Análise Sincrônica G4i	70
Figura 24: Análise Sincrônica Canyon Roadlite: ON CF 9	71
Figura 25: Lista de verificação	72
Figura 26: Gráfico de custo-benefício.....	73
Figura 27: Análise Estrutural do Guidão.....	74
Figura 28: Análise Estrutural da Montagem do Guidão.....	75
Figura 29: Análise Estrutural Sistema de Freios	75
Figura 30: Análise Estrutural Pedais.....	76
Figura 31: Análise Estrutural Ajuste do Selim.....	77

Figura 32: Análise Estrutural Cowboy 4.....	77
Figura 33: Análise Estrutural Bateria.....	78
Figura 34: Aplicativo Cowboy.....	79
Figura 35: Painel Conceitual Urbanismo	87
Figura 36: Painel conceitual Organicismo	88
Figura 37: Painel conceitual Retrofuturismo.....	89
Figura 38: Painel do produto Urbano.....	90
Figura 39: Painel do Produto Organicismo	91
Figura 40: Painel de expressão do produto Retrofuturismo	92
Figura 41: Geração de Alternativas.....	93
Figura 42: Refinamento de Alternativa 01	94
Figura 43: Refinamento de Alternativa 02.....	95
Figura 44: Refinamento de Alternativa 03	96
Figura 45: Matriz de Decisão da Alternativa	97
Figura 46: Modelamento 3D Vista de Topo.....	98
Figura 47: Modelamento 3D Perspectiva.....	98
Figura 48: Modelamento 3D Perspectiva 2.....	99
Figura 49: Geometria básica do quadro no Grasshopper	100
Figura 50: Bounding Box no Grasshopper.....	100
Figura 51: Ajuste de escalas no modelo generativo	101
Figura 52: Distribuição de pontos com o componente "Pop3D"	101
Figura 53: Uso de diagramas de Voronoi e o filtro "Cull	102
Figura 54: Análise estrutural com "PGroups" e "Average".	102
Figura 55: Criação de estruturas tubulares no modelo.....	103
Figura 56: Refinamento das superfícies utilizando "wbCatmullClark"	103
Figura 57: Quadro após processo de Design Generativo.	104
Figura 58: Propriedade de Massa	105
Figura 59: Renderização 01.....	106
Figura 60: Renderização 02.....	106
Figura 61: Renderização 03.....	107
Figura 62: Renderização 04.....	108
Figura 63: Renderização 05.....	108
Figura 64: Renderização 06.....	109
Figura 65: Ambientação 01	110

Figura 66: Ambientação 02	111
Figura 67: Telas do Aplicativo	112
Figura 68: Modelo de Bicicleta com Quadro de Design Generativo	114
Figura 69: Modelo de Bicicleta com Quadro de Design Generativo	115

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Lista de componentes da Cowboy 4.....	80
Tabela 2: Requisitos de Projeto Estruturais	81
Tabela 3: Requisitos de Projeto Funcionais	82
Tabela 4: Requisitos Estéticos de Projeto	83
Tabela 5: Requisitos de Usabilidade	84

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Relação de Faixa Etária e Quantidade	45
Gráfico 2: Relação da quantidade e o gênero dos pesquisados	46
Gráfico 3: Profissões com maior frequência.	46
Gráfico 4: Relação de renda.	47
Gráfico 5: Frequência de uso.....	48
Gráfico 6: Distância percorrida	48
Gráfico 7: Principais desafios.....	49
Gráfico 8: Aspectos relevantes.....	50
Gráfico 9: Importância da Sustentabilidade Ambiental	50
Gráfico 10: Finalidades de uso.....	51
Gráfico 11: Locais de uso.....	51
Gráfico 12: Impacto das condições climáticas	52
Gráfico 13: Preocupações dos ciclistas	53
Gráfico 14: Tecnologias inteligentes em bicicletas.....	53
Gráfico 15: Recursos relevantes em bicicletas elétricas	54
Gráfico 16: Importância da personalização.....	54
Gráfico 17: Acessórios para bicicletas	55
Gráfico 18: Uso de aplicativos para ciclismo.....	56
Gráfico 19: Funções nos aplicativos de ciclismo	56
Gráfico 20: Melhorias para bicicletas	57
Gráfico 21: Tecnologias inteligentes para bicicletas.....	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- (CAT) Comitê de Ajudas Técnicas
- (ONU) Organização das Nações Unidas
- (ODS) Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
- (CAD) Computer Aided Design
- (CAM) Computer Aided Manufacture

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	Objetivos.....	17
1.1.1	Objetivo Geral.....	17
1.1.2	Objetivos Específicos.....	17
1.2	JUSTIFICATIVA	17
1.3	METODOLOGIA DE PROJETO	19
2	EMPATIA	21
2.1	Design e Sustentabilidade.....	25
2.1.1	Mobilidade Urbana.....	25
2.1.2	Impactos Socioambientais.....	26
2.1.3	Bicicletas como Meio de Transporte.....	26
<i>2.1.3.1</i>	<i>Contextualização Histórica da bicicleta</i>	<i>27</i>
<i>2.1.3.2</i>	<i>A Bicicleta na Contemporaneidade.....</i>	<i>29</i>
<i>2.1.3.3</i>	<i>Materiais e Processos de Fabricação</i>	<i>32</i>
<i>2.1.3.4</i>	<i>Requisitos Ergonômicos</i>	<i>34</i>
2.1.4	Design Digital e Tecnologia.....	37
<i>2.1.4.1</i>	<i>Definição e Contextualização do Design Generativo</i>	<i>37</i>
<i>2.1.4.2</i>	<i>Softwares e Linguagens.....</i>	<i>40</i>
<i>2.1.4.3</i>	<i>Definição e Contextualização do Open Design.....</i>	<i>40</i>
<i>2.1.4.4</i>	<i>Definição e Contextualização do Smart Design.....</i>	<i>42</i>
3	DEFINIR	44
3.1	Público-alvo.....	44
3.1.1	Questionário	44
3.1.2	Personas e Cenários.....	58
3.1.3	Análise Sincrônica	66

3.1.3.1	<i>Lista de verificação</i>	71
3.1.3.2	<i>Gráfico de custo-benefício</i>	72
3.1.3.3	<i>Análise Estrutural</i>	74
3.1.4	Requisitos de Projeto	81
4	Ideação	84
4.1	Conceitos de Projeto	84
4.1.1	Painéis Semânticos	85
4.1.1.1	<i>Painel do Significado do Produto</i>	86
4.1.1.2	<i>Painel de Expressão Visual do Produto</i>	89
4.2	Geração de Alternativas.....	92
4.2.1	Refinamento da Alternativa	93
4.2.2	Matriz de Decisão	96
4.3	MODELAGEM DAS ALTERNATIVAS	97
4.3.1	Modelamento 3D	97
4.3.1.1	<i>Modelamento 3D com Design Generativo</i>	99
4.3.2	Renderização	105
4.3.2.1	<i>Ambientação</i>	109
4.4	Desenvolvimento do aplicativo	111
5	Prototipação	113
5.1	Fatiamento dos Arquivos.....	113
5.2	Construção do Modelo.....	114
6	memorial descritivo	116
6.1	Conceito.....	116
6.2	Fator de Uso.....	116
6.3	Fator Técnico Construtivo	117
6.4	Fator Estético-Simbólico	117
7	Considerações Finais	117
8	Referências	119

The Bike Sauce Bikes Are 3D PRINTED Now??

https://www.youtube.com/watch?v=O_glNjQlic0. Acesso em 10/10/ 2024 122

1 INTRODUÇÃO

A sustentabilidade, a preocupação com o meio ambiente e todas as suas facetas, bem como a busca constante por aplicações de tecnologias que auxiliem no propósito ecológico, podem ser consideradas características fundamentais para todo profissional do Design. Sabe-se que o design de produtos possui como eixos temáticos o Design Sustentável e o Design Tecnológico. Dessa forma, parece fundamental, para o processo de criação e produção envolvendo essa área de conhecimento, a busca por um desenvolvimento pensado em todos os possíveis impactos de um produto e, ainda, visando sempre a aplicação de tecnologias inovadoras que o otimizem.

Cada vez mais, os equilíbrios naturais dependerão das intervenções humanas. Um tempo virá em que será necessário empreender imensos programas para regular as relações entre o oxigênio, o ozônio e o gás carbônico na atmosfera terrestre. (Guattari, 1990)

A esfera da dinâmica social é essencial para o bom design. Conforme Papanek delineou, o Design Social é aquele que aborda as necessidades do mundo real (Papanek, 1971). Destacar-se na concepção de produtos que fomentem a inclusão e a equidade social é de suma importância. Nessa mesma linha, Manzini salienta que o design é um agente catalisador para a inovação social, referindo-se à capacidade dos designers de influenciar mudanças nos processos pelos quais indivíduos e suas comunidades abordam suas dificuldades cotidianas. (Manzini, 2008)

Manzini e Vezzoli destacam a interconexão entre sustentabilidade ambiental e práticas sociais que respeitam as limitações dos recursos naturais, enfatizando o papel crítico dos designers de produtos em incorporar a ecologia ao processo de design. Isso inclui não apenas considerar os aspectos materiais e operacionais dos objetos, mas também incentivar novas interações humanas com artefatos que respeitem os ciclos de produção e consumo, mantendo-se conscientes do meio ambiente. (Manzini e Vezzoli, 2016)

No entanto, o mercado frequentemente explora superficialmente a discussão sobre sustentabilidade, sem um compromisso real com os valores ecológicos, trivializando-a para os clientes. Como resultado, o desenvolvimento teórico e a avaliação contínua dos elementos técnicos e produtivos se apresentam sempre como necessários, mesmo em produtos considerados ecologicamente corretos.

A esse respeito, vale mencionar a mobilidade urbana, que é um dos tópicos estratégicos mais proeminentes no contexto da sustentabilidade, devido às suas consequências econômicas e de saúde pública em grandes cidades. A busca por formas de minimizar a poluição urbana resultou na expansão do transporte não motorizado, como bicicletas, por meio de iniciativas tanto públicas quanto comerciais.

No entanto, preocupações têm sido levantadas sobre as implicações ambientais da fabricação e dos ciclos de vida das bicicletas, apesar de serem consideradas ecologicamente favoráveis devido ao seu impacto poluente mínimo quando em uso. O design ecológico surge como uma possível técnica para reduzir as consequências ambientais por meio do uso de materiais alternativos e processos de fabricação menos prejudiciais.

Além disso, à medida que os consumidores se tornam mais conscientes do impacto ambiental dos produtos, há uma demanda crescente por materiais alternativos no design, refletindo a necessidade de soluções que não apenas atendam às propriedades físicas, mas também proporcionem novas experiências e tenham um impacto positivo na sociedade. (Ashby & Johnson, 2011)

Portanto, reconhece-se a relevância de profissionais e estudantes de design de produtos direcionarem seus esforços para problemáticas que se relacionam às necessidades humanas e ambientais, visando propor soluções sustentáveis e acessíveis para a sociedade, provendo respostas para problemas reais. A partir desse movimento, espera-se obter, como resultado, artefatos que propiciam maior sustentabilidade e qualidade de vida.

Compreendendo o papel ambiental do designer e a demanda crescente por produtos que promovam sustentabilidade, o presente projeto propõe o desenvolvimento de um veículo para aprimorar a forma atual de mobilidade com um enfoque em sustentabilidade e acessibilidade, proporcionando qualidade de vida e saúde para as pessoas e o meio ambiente. A questão do projeto proposta é: "Como o design generativo pode auxiliar a mobilidade urbana?".

Por meio da aplicação da tecnologia do Design Generativo, em conjunto com uma abordagem eco-social, busca-se criar soluções que não apenas atendam às demandas da sociedade, mas também respeitem a singularidade e subjetividade humanas e do ambiente que elas permeiam. Este projeto visa propor um método de otimização para o design e a fabricação de componentes de um artefato urbano, com o objetivo de demonstrar a viabilidade da incorporação de tecnologias nesse contexto desafiador.

1.1 OBJETIVOS

Nas seções abaixo estão descritos o objetivo geral e os objetivos específicos deste Projeto de Conclusão de curso.

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo deste projeto é projetar uma bicicleta que melhore a experiência de acessibilidade por meio da redução de massa, ao mesmo tempo em que seja sustentável. Para alcançar esse propósito, o Design Generativo será utilizado como uma ferramenta de projeto para otimizar os processos criativos e de prototipagem. Tecnologias inteligentes e princípios como o *Open Design* também serão empregados, com o objetivo de tornar a tecnologia mais acessível às pessoas em seu cotidiano.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Contextualizar o tema do Design Generativo, elucidando seus princípios e aplicações no campo do design de produtos;
- Relatar o problema de mobilidade urbana;
- Pesquisar bicicletas com tecnologias contemporâneas;
- Identificar o público-alvo e compreender as necessidades e expectativas;
- Empregar análises ergonômicas e antropométricas;
- Analisar produtos concorrentes e similares no mercado;
- Organizar uma lista de requisitos;
- Gerar alternativas de solução
- Materializar o modelo de apretnação

1.2 JUSTIFICATIVA

Nos anos 2000, a Organização das Nações Unidas (ONU) propôs os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que se tornaram importantes para muitos países ao redor do mundo. Dezesete objetivos variados foram propostos, todos com o objetivo de abordar as principais preocupações enfrentadas pelas nações como um todo.

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável são um apelo global à ação para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima, e garantir que as pessoas em todos os lugares possam desfrutar de paz e prosperidade. (ONU, 2024)

O décimo segundo objetivo de desenvolvimento sustentável, consumo e produção responsáveis, são especialmente importantes para profissionais e estudantes de design de produtos, pois enfatiza a necessidade de repensar como os designers criam, desenvolvem e produzem, a fim de garantir padrões de consumo e produção sustentáveis.

Alguns autores como Kazazian (2008); Manzini (2008), incluindo Papanek (1971), há muito tempo apontavam para essas problemáticas que hoje são propostas pelos ODS. De fato, questões ambientais e sociais são centrais em sua visão de mundo. Em uma de suas declarações mais polêmicas, Papanek criticou a produção industrial excessiva, perigosa e ineficaz: "Existem profissões mais nocivas que o design, mas são poucas."

Além disso, ele aborda as responsabilidades do designer no mundo ecologicamente destrutivo de hoje. Papanek acredita que, para o design manter sua significância, a inovação e a criatividade devem atender a necessidades humanas genuínas. De acordo com Papanek, o mundo carece de potencial para autorreparo, portanto, os designers devem criar produtos levando isso em consideração. (Papanek, 1971)

Nos tempos atuais, também há uma mudança de paradigma perceptível no consumo. Os consumidores estão cada vez mais preocupados com o modo e o local de fabricação, assim como os materiais utilizados e a longevidade dos produtos. Não basta comprar apenas com base na forma e estética de um produto; em vez disso, é necessário compreender todo o seu ciclo de vida. Segundo Reis, o consumidor moderno tem acesso irrestrito aos canais de informação, o que eleva o nível de demanda e direciona o mercado para a integração definitiva do design e da sustentabilidade em todos os domínios. (Reis, 2010)

É inevitável mencionar algumas mudanças e inovações, verificadas nas últimas décadas, que possibilitaram uma verdadeira revolução tecnológica, em especial nas áreas de projetos e produção de produtos. Ferramentas computacionais tornaram-se essenciais no dia a dia de desenvolvimento de projetos para designers, arquitetos e engenheiros, permitindo um nível de liberdade e exploração das formas jamais vistas antes na história humana. Podem se citar como exemplos as ferramentas de *Computer Aided Design* (CAD) e *Computer Aided Manufacture* (CAM). (Bonsiepe, 1992)

A integração de ferramentas computacionais está redefinindo o processo do design, possibilitando transformações consistentes, contínuas e dinâmicas. A definição de normas

estáticas como delimitadores na geração de alternativas possibilita a criação de geometrias curvilíneas complexas. Já a customização em massa emerge como uma alternativa para a produção em massa, sendo dessa forma o design generativo uma ponte entre tradição e inovação no Design de Produto. (Agkathidis, 2016)

Uma abordagem que possibilite verdadeira inovação eco-social deve integrar tecnologia para que seja possível a conceptualização de soluções diferentes que possam enfrentar problemas complexos em um curto período. Nesse contexto, o Design Generativo possibilita uma mudança de paradigmas no campo do desenvolvimento de veículos para mobilidade urbana, favorecendo o processo de design individualizado através da definição de parâmetros que atendam a cada necessidade percebida dos usuários.

Assim, este trabalho visa contribuir para o avanço no desenvolvimento de bicicletas, leves, personalizadas e esteticamente atraentes, abordando as necessidades e desafios enfrentados pelos usuários e o meio ambiente. Ao fazê-lo, em conjunto com o Design Generativo, busca-se não apenas propor uma solução para mobilidade urbana, mas também integrar tecnologias inteligentes e de livre acesso no desenvolvimento de produtos que apliquem a sustentabilidade desde a concepção, prototipagem, fabricação até o fim de seu ciclo de vida, melhorando assim a qualidade de vida das pessoas, promovendo uma maior inclusão e reduzindo a desigualdade de mobilidade nos grandes centros urbanos.

1.3 METODOLOGIA DE PROJETO

Tim Brown, CEO da IDEO, define o "*Design Thinking*" como uma metodologia ampla e abrangente que engloba todo o espectro de atividades relacionadas à inovação, através de uma abordagem de design centrada no usuário. Para Brown, a inovação é fundamentada no entendimento minucioso dos desejos, necessidades, gostos e desgostos das pessoas em relação à concepção e fabricação dos produtos contemporâneos. (Brown, 2008)

O *Design Thinking* demanda a capacidade de avaliar cada situação de projeto de forma empática com as necessidades dos usuários, por meio de métodos específicos do design, enquanto busca simultaneamente soluções que sejam viáveis tecnologicamente e comercialmente.

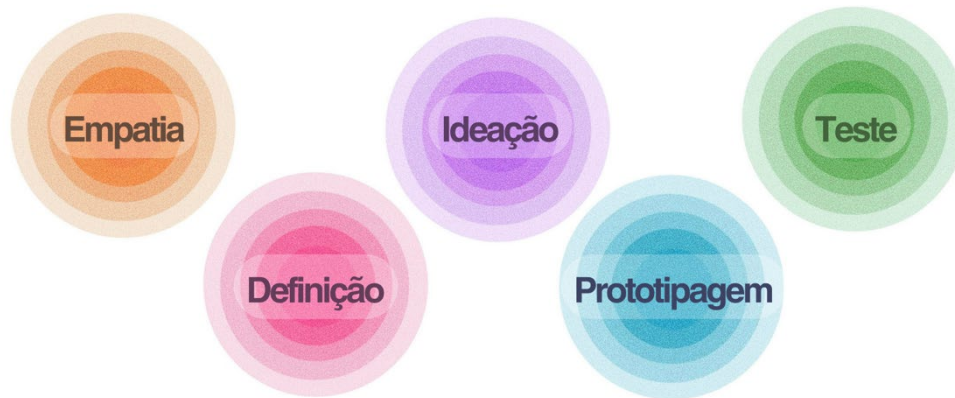


Figura 1: Metodologia Design Thinking

Fonte: Adaptado de (Brown, 2008)

Sua incorporação em todas as fases do desenvolvimento de um produto tem demonstrado ser uma metodologia que propõe resultados inovadores para problemas complexos que exigem soluções imediatas, visando criar produtos não apenas atrativos para os consumidores, mas que também abordam os maiores desafios e necessidades latentes da sociedade.

O processo de projeto abordado neste contexto consiste em cinco fases: empatia, definição, ideação, prototipação e teste.

Na fase de empatia, busca-se uma imersão aprofundada na problemática do projeto visando entender de forma profunda o contexto da pesquisa a ser desenvolvida. Dessa forma utilizou-se de métodos como revisão bibliográfica dos eixos temáticos, além de pesquisa de campo para identificar as necessidades dos usuários, utilizando-se de observações, entrevistas, questionários e para determinar as características do público-alvo e compreender suas necessidades e expectativas.

A fase de definição envolve a especificação das necessidades dos usuários através da síntese e interpretação das informações coletadas na etapa anterior, visando compreender o problema do projeto como um todo.

A fase de ideação utiliza técnicas de criatividade como o *brainstorming* para gerar uma grande quantidade de ideias criativas em um curto período, buscando soluções inovadoras concebidas a partir dos desejos dos usuários.

Após a geração de diversas soluções, inicia-se a fase de prototipação, na qual é construído um protótipo físico que representa a solução para o problema, permitindo testes com os usuários, servindo como exemplo visual e possibilitando o retorno de feedbacks valiosos.

O estágio final da metodologia do *Design Thinking* é o teste, no qual o modelo final do produto é apresentado aos usuários para obter opiniões em relação à solução gerada, visando verificar sua funcionalidade em um ambiente real e garantir a correspondência com as expectativas dos usuários (Wolniak, 2017)

2 EMPATIA

Neste capítulo, é abordada a pesquisa e revisão bibliográfica, que incluem artigos, livros, dissertações e teses. Essa pesquisa foi conduzida durante a fase de empatia da metodologia de projeto "*Design Thinking*", com o objetivo de realizar uma imersão nos temas essenciais para o desenvolvimento deste projeto de conclusão de curso.

Para iniciar o desenvolvimento do projeto, foi realizada uma imersão teórica abrangente nos dois principais eixos temáticos do trabalho: Design Sustentável e Design Digital e Tecnologia.

Para o primeiro eixo, foi conduzida uma pesquisa e respectiva análise detalhada, para compreender, identificar e definir os problemas de mobilidade em grandes áreas urbanas, assim como suas consequências socioambientais. Além disso, foi fornecido um contexto histórico para a importância das bicicletas como meio de transporte, enfatizando sua relevância moderna e avaliando-as do ponto de vista do design. Adicionalmente, os processos de desenvolvimento e fabricação foram investigados, com foco em possíveis materiais alternativos e necessidades ergonômicas.

Para o segundo eixo temático, Design Digital e Tecnologia, buscou-se contextualizar tópicos como Design Generativo, *Open Design* e *Smart Design*, oferecendo uma compreensão dos princípios, definições, principais softwares e linguagens, bem como suas aplicações específicas no design de bicicletas.

Em relação a ambos os eixos, realizou-se uma análise bibliométrica utilizando o software VOSviewer¹. Foram realizadas pesquisas de palavras-chave consideradas relevantes para a temática do projeto no Scopus, cujo resultado de artigos relevantes foi exportado para o software mencionado. As palavras-chave pesquisadas foram "*Bicycle Design*", "*Generative Design*", "*Smart Design*" e "*Sustainability*". A pesquisa foi limitada ao campo de estudos

¹ VOSviewer é um software para construção e visualização de mapas baseados em redes bibliométricas, ou seja, serve para quantificar e analisar literatura científica.

relacionados à engenharia, visando obter acesso a publicações consideradas essenciais para os respectivos campos de estudo, além de obter um panorama geral sobre os eixos de pesquisa e as principais palavras-chaves relevantes. A figura 2 apresenta as palavras chaves mais frequentes relacionadas a sustentabilidade e bicicletas.

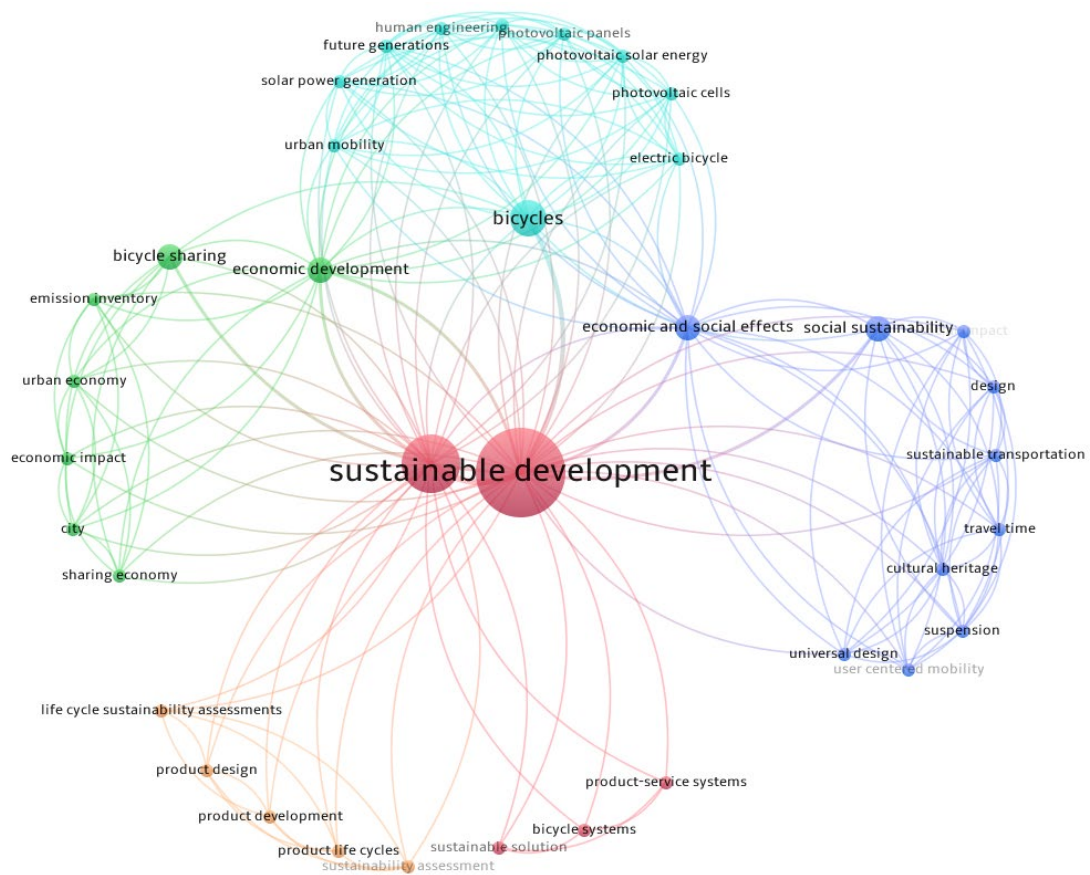


Figura 2: Mapa Mental da Revisão Bibliográfica

Fonte: A autora

O mapa mental apresentado mostra uma análise visual de como o conceito de "desenvolvimento sustentável" se conecta com diversos outros termos e áreas de estudo. No centro do diagrama, "desenvolvimento sustentável" é o nó principal, do qual emanam várias conexões representadas por diferentes cores, indicando as relações entre os temas.

As conexões em verde, por exemplo, se relacionam com termos como "economia compartilhada", "desenvolvimento econômico" e "mobilidade urbana", sugerindo a importância da integração econômica e de novas formas de economia para o desenvolvimento sustentável. Já as conexões em azul claro e azul escuro indicam a relevância de "bicicletas" e "sustentabilidade social e econômica", respectivamente, destacando o papel das tecnologias de

transporte limpo e a importância de considerar os efeitos econômicos e sociais na busca por sustentabilidade.

O grupo de conexões em vermelho enfatiza a importância de avaliações de ciclo de vida e design de produtos, indicando que a inovação em design e a análise do ciclo de vida dos produtos são cruciais para alcançar soluções sustentáveis.

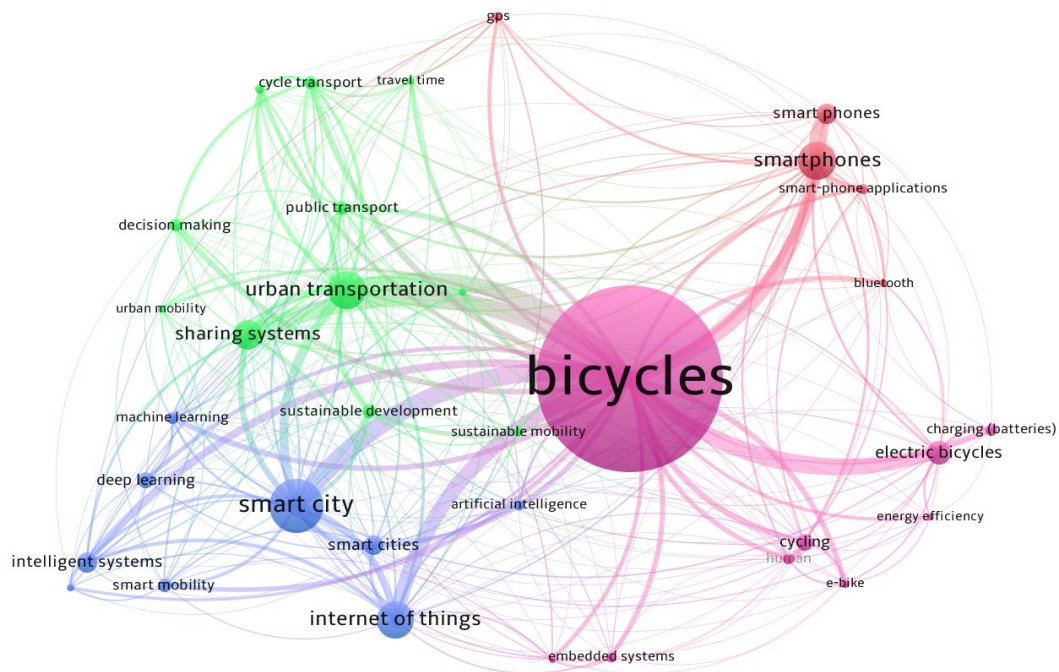


Figura 3: Mapa mental da pesquisa bibliográfica

Fonte: A autora

O mapa mental apresentado ilustra a centralidade das bicicletas no contexto de várias tecnologias e sistemas urbanos modernos. O nó principal, "bicicletas", está conectado a múltiplas áreas, destacando a sua relevância em diferentes domínios. As conexões em verde representam a relação das bicicletas com "transporte urbano" e "sistemas de compartilhamento", enfatizando a importância das bicicletas como uma solução de mobilidade sustentável em áreas urbanas.

As conexões em rosa mostram a integração das bicicletas com tecnologias modernas, como "smartphones" e "bicicletas elétricas", indicando a crescente digitalização e eletrificação do transporte por bicicletas, que inclui o uso de aplicativos móveis e a eficiência energética das bicicletas elétricas.

Por outro lado, as conexões em azul claro e azul escuro destacam a interação das bicicletas com conceitos de "cidade inteligente" e "internet das coisas", sugerindo que as bicicletas são parte integrante das iniciativas de cidades inteligentes, onde tecnologias avançadas como inteligência artificial e sistemas inteligentes são utilizadas para melhorar a mobilidade urbana e a qualidade de vida.

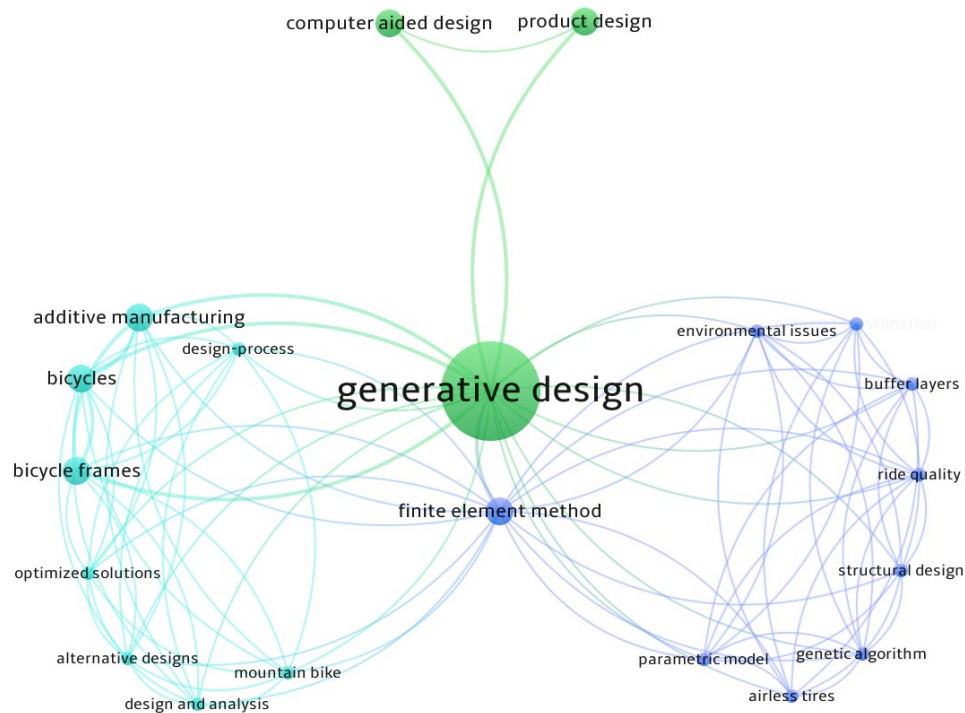


Figura 4: Mapa Mental Pesquisa Bibliográfica

Fonte: A autora

O mapa mental apresentado destaca a centralidade do "design generativo" e suas conexões com diversas disciplinas e métodos de design. O nó central "generative design" está conectado a vários conceitos, indicando sua aplicação em diferentes contextos de engenharia e design. As conexões em verde, por exemplo, ligam o design generativo a "design auxiliado por computador" e "design de produto", sugerindo que essa abordagem é amplamente utilizada no desenvolvimento e inovação de novos produtos.

As conexões em azul claro mostram uma forte relação entre o design generativo e "fabricação aditiva" (impressão 3D) e "quadros de bicicleta", destacando a importância dessa técnica para criar soluções otimizadas e alternativas no design de bicicletas, incluindo mountain bikes. Isso evidencia como o design generativo pode ser usado para explorar novas possibilidades e melhorar o desempenho estrutural e a eficiência dos produtos.

Representadas em azul escuro, as conexões associam o design generativo ao "método dos elementos finitos" e a várias questões ambientais e estruturais, como "design estrutural", "modelos paramétricos" e "algoritmos genéticos". Isso indica que o design generativo não apenas considera fatores estéticos e funcionais, mas também leva em conta questões ambientais e de desempenho estrutural, utilizando simulações avançadas e algoritmos para otimizar o design.

2.1 DESIGN E SUSTENTABILIDADE

No contexto atual, onde a preocupação com o meio ambiente e a necessidade de soluções sustentáveis são tópicos cada vez mais relevantes, o design desempenha um papel fundamental na promoção da mobilidade urbana responsável. Ao unir os princípios do design com a preocupação com o meio ambiente, é possível criar soluções inovadoras que não apenas atendam às necessidades dos usuários, mas também minimizem o impacto negativo no planeta. Uma abordagem sustentável ao design de bicicletas para mobilidade urbana envolve diversos aspectos, desde a escolha dos materiais até o ciclo de vida do produto.

2.1.1 Mobilidade Urbana

A exploração contemporânea da mobilidade urbana envolve uma abordagem interdisciplinar, que transcende os limites tradicionais do estudo. Diversas áreas, desde urbanismo até psicologia, estão mergulhando nessa temática para compreender a complexa dinâmica por trás das escolhas de transporte. Essa compreensão abrangente é fundamental para desenvolver estratégias eficazes que melhorem a mobilidade nas cidades.

A mobilidade urbana, conforme definida pela Política Nacional de Mobilidade Urbana refere-se aos deslocamentos de pessoas e mercadorias dentro dos espaços urbanos. (BRASIL, 2012). Seu objetivo principal é garantir o acesso equitativo às cidades, enquanto promove o desenvolvimento sustentável, priorizando formas de transporte não motorizadas sobre as motorizadas.

Para entender plenamente o deslocamento das pessoas, é essencial examinar as interações complexas entre indivíduos e seu ambiente. Isso envolve considerar como as pessoas são influenciadas pelo ambiente urbano e, por sua vez, como elas influenciam o ambiente, levando em conta os fatores sociais, políticos e ambientais que permeiam essas interações.

2.1.2 Impactos Socioambientais

Diante do elevado nível de urbanização e de motorização de cidades, especialmente de países menos desenvolvidos, é notável o crescimento de impactos socioambientais negativos nos grandes centros urbanos, como poluição e doenças respiratórias. (Lucchesi , Kappler, Arioli, & D'Agosto, 2019). A poluição atmosférica é uma das maiores ameaças ambientais à saúde humana, juntamente com a mudança do clima (OMS, 2021).

Segundo a Organização Mundial da Saúde, mais de 7 milhões de mortes prematuras a cada ano podem ser atribuídas aos efeitos da poluição atmosférica urbana (OMS, 2021). Outra grande preocupação com relação às emissões de veículos é o impacto das emissões de gases de efeito estufa (GEE).

As emissões desse setor estão crescendo de forma acelerada devido às transformações demográficas e comportamentais, o que por sua vez leva a grandes aumentos na demanda de transporte, especialmente nos países em desenvolvimento (Creutzig, et al., 2015). Se as tendências atuais continuarem, o setor de transportes tem potencial de se tornar um grande obstáculo para combater as mudanças climáticas.

No Brasil, o setor de transportes é responsável pela maior parte das emissões de GEE do setor de energia brasileiro, contribuindo com 44% das emissões associadas ao uso de energia (SEEG , 2023). A crescente emissão de CO₂ associada ao aumento do uso de veículos movidos a combustíveis fósseis sublinha a importância de uma transição energética. Portanto, promover a utilização de modos de transporte alternativos, que são menos poluentes e mais inclusivos, torna-se crucial para a mitigação dos impactos ambientais e a promoção de um desenvolvimento urbano mais sustentável e democrático.

Diante dos dados apresentados é fundamental a atuação de projetistas no setor de transportes, buscando atuar para criar formas de mobilidade urbana que possam reverter o cenário de mudanças climáticas e poluição ambiental.

2.1.3 Bicicletas como Meio de Transporte

O incentivo à mobilidade cicloviária no Brasil é parte integrante das diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana (BRASIL, 2012). DeCastro, Saldanha, & Edra apontam que haverá uma ressignificação do uso da bicicleta nos territórios e esses "novos usos"

serão catalisadores de processos de requalificação urbana e melhoria da qualidade de vida nas cidades. (DeCastro, Saldanha, & Edra, 2016)

A bicicleta, como veículo para transporte, proporciona melhor nível de mobilidade urbana, reduzindo o tráfego, facilitando o trânsito nos centros urbanos, além de propiciar grande poupança no consumo de energia, não provocar engarrafamentos, ocupar pouco espaço para estacionar e exigir infraestrutura de baixo custo. Além disso, a bicicleta como meio de transporte não gera gases poluentes ou geradores do efeito estufa, faz pouco ruído e o impacto por onde passa é praticamente nulo.

2.1.3.1 Contextualização Histórica da bicicleta

Como exemplo de produto, a bicicleta tem um pouco mais de 200 anos e continua sendo um produto com inovações incrementais, novos materiais, tecnologias, design etc. A figura 5 apresenta uma linha do tempo de modelos de bicicletas a partir dos anos 1800 até o ano 1993.



Figura 5: Linha do tempo de bicicletas de 1817 até 1993

Fonte: A autora

Em 1817, a "*draisine*", inventada por Karl Drais, representou o primeiro passo significativo. Este veículo, também conhecido como "máquina de correr", não possuía pedais, sendo propulsionado pelo impulso dos pés contra o chão. Esta invenção destacou-se pela

simplicidade e pela eficiência em reduzir o esforço físico necessário para percorrer distâncias moderadas (Herlihy, 2006).

Avançando para 1869, surge o "velocípede", também conhecido como "bicicleta de ossos agitadores" devido ao desconforto causado por suas rodas de madeira e ferro. Este modelo introduziu os pedais na roda dianteira, proporcionando uma nova forma de locomoção que, apesar de rudimentar, aproximava-se mais da bicicleta moderna (Herlihy, 2006).

A década de 1870 trouxe o "penny farthing", caracterizado por sua enorme roda dianteira e uma pequena roda traseira. Esta configuração permitia maior velocidade, mas ao custo de estabilidade e segurança. As quedas frequentes e os acidentes graves tornaram evidente a necessidade de melhorias (Herlihy, 2006).

Em 1877, o triciclo de roda alta ofereceu uma alternativa mais estável, especialmente popular entre as mulheres da época, que consideravam a estrutura de três rodas mais segura e conveniente (Herlihy, 2006). Este modelo também facilitou o transporte de pequenas cargas, demonstrando a versatilidade crescente das bicicletas.

O ano de 1886 marcou um avanço crucial com a "bicicleta de segurança". Este modelo apresentava duas rodas de tamanho igual e um sistema de corrente para a roda traseira, uma configuração que permanece até hoje. Este design significativamente reduziu o risco de quedas e acidentes, tornando as bicicletas mais acessíveis e populares (Hadland & Lessing, 2016).

Dois anos depois, em 1888, a introdução dos freios e da roda livre revolucionou a experiência de pedalar. Os freios proporcionavam maior controle e segurança, enquanto a roda livre permitia que os ciclistas parassem de pedalar sem interromper o movimento da bicicleta, aumentando o conforto e a eficiência (Hadland & Lessing, 2016).

A chegada da "mountain bike" em 1977 respondeu a uma nova demanda: bicicletas capazes de enfrentar terrenos acidentados e trilhas. Com suspensão reforçada e pneus mais largos, estas bicicletas ampliaram as possibilidades de exploração e recreação ao ar livre, consolidando-se como um novo segmento no mercado. (Hadland & Lessing, 2016)

Finalmente, em 1993, a introdução da "e-bike" ou bicicleta elétrica, marcou o início de uma nova era de mobilidade urbana. Com um motor elétrico auxiliar, estas bicicletas tornaram-se uma opção viável para longas distâncias e para aqueles que desejam uma experiência de ciclismo menos extenuante. A popularidade crescente das e-bicicletas reflete a busca por alternativas sustentáveis e eficientes no contexto urbano contemporâneo (Hadland & Lessing, 2016).

Ao longo da história das bicicletas, diversos conceitos variados foram aplicados ao produto, gerando uma infinidade de soluções para a mobilidade de forma autêntica e criativa, assim como disposto na Figura 6.



Figura 6: Bicicletas com novos conceitos e com design.

Fonte: (Tambini, 1996)

A realização da análise diacrônica é de extrema importância para o processo de design, pois ela auxilia na obtenção de conhecimento estético e técnico sobre a evolução do produto, suas formas, materiais e parâmetros e processos utilizados na indústria. Compreender essa evolução é essencial para desenvolver e propor inovações contemporâneas que impulsionem o conceito e o desenvolvimento das bicicletas.

2.1.3.2 A Bicicleta na Contemporaneidade

A bicicleta passou por uma transformação notável na era contemporânea. Deixou de ser apenas um meio de transporte para se tornar uma ferramenta versátil e dinâmica que atende a diversos grupos de usuários e tendências em constante evolução. Esta seção explora a natureza multifacetada das bicicletas no mundo atual.

Em uma era marcada por congestionamento urbano e preocupações ambientais, as bicicletas surgiram como uma solução sustentável e eficiente para deslocamentos curtos e afazeres. Seu tamanho compacto facilita a manobrabilidade em trânsito e ruas movimentadas, tornando-as ideais para a navegação em ambientes urbanos. Além disso, o ciclismo tornou-se comum nas rotinas fitness e uma atividade de lazer popular. As bicicletas oferecem um exercício cardiovascular de baixo impacto que pode ser apreciado por pessoas de todas as idades e habilidades, promovendo um estilo de vida saudável. Elas abrem novas possibilidades para exploração do ambiente, proporcionando uma diferente interação dos usuários com seus respectivos entornos. (de Carvalho & Freitas, 2012)

As bicicletas elétricas (e-bicicletas) estão experimentando um aumento de popularidade, atraindo usuários que buscam uma experiência de pedalada conveniente e menos exigente fisicamente. As e-bicicletas oferecem assistência na pedalada, tornando o ciclismo acessível a um público mais amplo, incluindo aqueles com limitações de condicionamento físico ou deslocamentos mais longos. À medida que as populações urbanas crescem e a demanda por entregas sustentáveis aumenta, as bicicletas de carga estão ganhando destaque significativo. Essas bicicletas robustas possuem maior capacidade de carga, permitindo o transporte eficiente de mercadorias em ambientes urbanos, contribuindo para um ecossistema urbano mais sustentável. A tendência de personalização do usuário é inegável, com os consumidores buscando bicicletas que reflitam seu estilo individual e necessidades funcionais. Além disso, tecnologias inteligentes como navegação integrada, monitoramento de fitness e recursos antirroubo estão se tornando cada vez mais populares, melhorando a experiência do usuário e oferecendo um senso de conectividade. (Lucchesi , Kappler, Arioli, & D'Agosto, 2019)

A figura 7 apresenta a bicicleta do designer David Larson criada em 1994 que se tornou um ícone de bicicletas urbanas. Os sketches mostram os estudos das formas.

E a figura 8 mostra bicicletas contemporâneas que atendem diversos públicos e com distintas tecnologias.

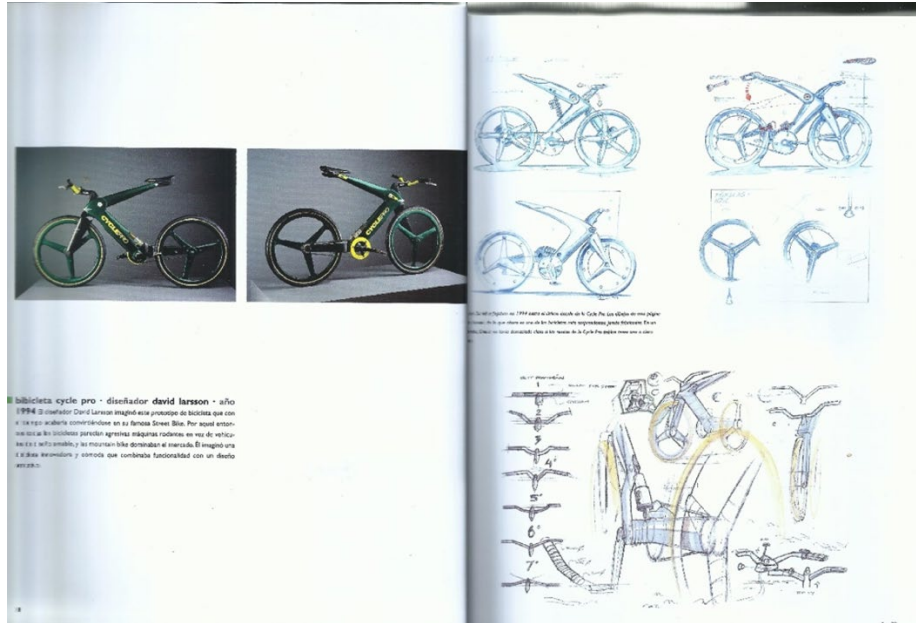


Figura 7 Bicicleta David Larsson.

Fonte: Campos (2006, p. 38-39)



Figura 8: Coletânea de Bicicletas Contemporâneas

Fonte: (Red Dot , 2024)

2.1.3.3 Materiais e Processos de Fabricação

No contexto do design generativo aplicado a bicicletas como solução para a mobilidade urbana, a escolha dos materiais e os processos de fabricação são fundamentais para assegurar inovação, sustentabilidade e eficiência. Este capítulo aborda as opções de materiais inovadores e sustentáveis, bem como os processos de fabricação que podem ser integrados ao design generativo para otimizar a produção de bicicletas.

A seleção de materiais para a fabricação de bicicletas evoluiu significativamente, impulsionada por avanços tecnológicos e uma crescente preocupação com a sustentabilidade ambiental. Entre os materiais mais inovadores e sustentáveis utilizados na fabricação de bicicletas, destacam-se o alumínio reciclado, a fibra de carbono, os polímeros reforçados com fibra natural e os aços de alta resistência. O alumínio é amplamente utilizado na fabricação de quadros de bicicletas devido à sua leveza e resistência à corrosão. O uso de alumínio reciclado não só reduz a pegada de carbono, mas também diminui o consumo de energia na produção do material.

A fibra de carbono é conhecida por sua alta relação resistência/peso, tornando-a ideal para bicicletas de alta performance. Recentes inovações têm focado na produção de fibras de carbono recicláveis, como a tecnologia desenvolvida pela *Carbon Conversions*, que permite a reutilização de fibras de carbono de produtos descartados (Pimenta & Pinho, 2011). Esta abordagem não só melhora a sustentabilidade, mas também reduz os custos de produção. Os polímeros reforçados com fibras naturais, como o bambu e o linho, oferecem uma alternativa sustentável às fibras sintéticas. Esses materiais combinam leveza e durabilidade com uma pegada ecológica reduzida. Estudos mostram que fibras de bambu, por exemplo, possuem propriedades mecânicas comparáveis às fibras de vidro, mas com impacto ambiental significativamente menor (Jawaid & Khalil, 2011).

A integração de processos de fabricação inovadores é crucial para a aplicação efetiva do design generativo na produção de bicicletas. Entre os processos mais promissores, destaca-se a impressão 3D, ou manufatura aditiva, processo que permite a criação de componentes complexos com precisão e eficiência, reduzindo o desperdício de material. Segundo *The Bike Sauce* (2024) a impressão 3D na fabricação de bicicletas é relativamente nova, mas atualmente é usada em muitas bicicletas de produção. No vídeo, uma discussão com vários dos principais construtores de quadros sobre onde a impressão 3D se encaixa no cenário do ciclismo mostra

que a fabricação digital pode ser feita em alumínio, titânio e com facilidade dos encaixes e curvaturas. Logicamente como processos novos, inovadores e com baixa escala de produção os custos são elevados. Neste PCC este processo é particularmente vantajoso para o design generativo, pois permite a fabricação de formas otimizadas que seriam impossíveis de produzir com métodos tradicionais (Gibson, Rosen, & Stucker, 2009). Segundo a Tecmundo (2018) A empresa norteamericana Arevo apresentou um conceito de bicicleta com design chamativo e inovador, a bike da Arevo foi quase toda concebida em material termoplástico, mais forte que o titânio. Partes inteiras da bicicleta, como o quadro, foram desenvolvidas sem qualquer junção, o que promete baratear e agilizar a produção e a montagem final de novos modelos de bikes. Segundo *The Bike Sauce* (2024) outras empresas estão utilizando impressão 3D para produzir quadros de bicicletas em fibra de carbono com geometria complexa e customizada. A figura 9 apresenta uma bicicleta feita por manufatura aditiva.



Figura 9: Quadro Arevo de Manufatura Aditiva

Fonte: Tecmundo (2018)

A combinação de materiais inovadores e processos de fabricação avançados é essencial para a aplicação do design generativo na produção de bicicletas destinadas à mobilidade urbana. A utilização de alumínio reciclado, fibra de carbono reciclável, polímeros reforçados com fibras naturais e aços de alta resistência, aliada a técnicas de impressão 3D, não só prometem uma melhora a performance e durabilidade das bicicletas, mas também promove a sustentabilidade ambiental. Essas inovações, são fundamentais para desenvolver soluções de mobilidade urbana que atendam às demandas contemporâneas de eficiência, personalização e responsabilidade ambiental.

2.1.3.4 *Requisitos Ergonômicos*

A promoção do ciclismo como um modo viável de transporte está intrinsecamente relacionada a um aprimoramento na ergonomia, com ênfase especial no conforto e ajustes personalizados para o ciclista. Novos modelos de bicicletas são constantemente lançados, apresentando formas únicas e soluções práticas. No entanto, algumas características de design permanecem críticas para a segurança do produto e viabilidade financeira.

Embora os dados das agências reguladoras variem ligeiramente, as diretrizes de design de bicicletas cobrem restrições dimensionais como requisitos mecânicos e ergonômicos. Internacionalmente, a ISO oferece o padrão 4210:2014, que é dividido em nove partes e aborda os requisitos e testes para vários tipos de bicicletas.

A ABNT possui 12 normas no Brasil relacionadas a veículos de duas rodas. O sucesso de um projeto de bicicleta depende não apenas de regulamentações de segurança, mas também de sugestões ergonômicas, que têm um impacto direto no uso do projeto (INMETRO, 2012). A relação entre a usabilidade do produto e modificações nos componentes é ideal quando são consideradas as diretrizes ergonômicas ao projetar uma bicicleta, visando proporcionar maior conforto ao ciclista.

Too (1990) identificou três domínios separados - o ambiente, variáveis mecânicas e fatores biomecânicos e fisiológicos - que afetam o quão confortável é a experiência de ciclismo. A figura 10 mostra as partes da bicicleta.

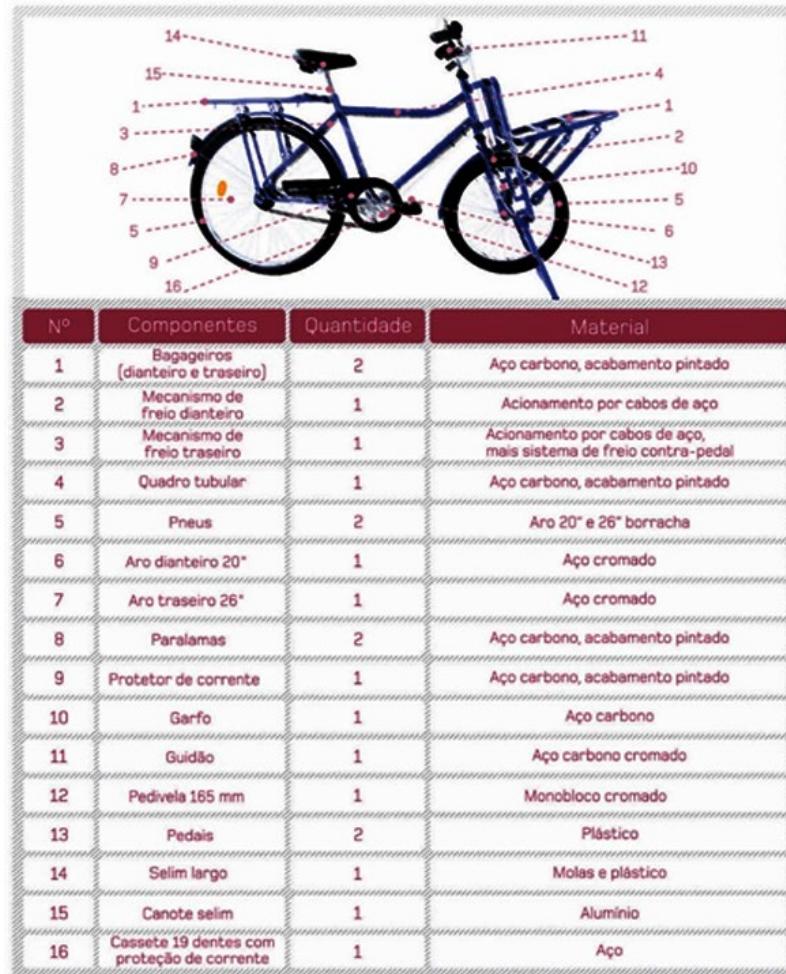


Figura 10: Aspectos estruturais de uma bicicleta

Fonte: Pazmino, 2015

O nível de conforto experimentado durante o passeio é grandemente influenciado por fatores ambientais, incluindo resistência ao rolamento, vento, chuva e até mesmo as roupas que os ciclistas usam. Os aspectos mecânicos estão em grande parte relacionados ao equipamento e componentes da bicicleta. A característica mais importante do conforto no ciclismo é a individualidade, que inclui aspectos biomecânicos e fisiológicos como idade, gênero, comprimento dos segmentos corporais, peso e posição da bicicleta. Restrições físicas frequentemente tornam difícil pedalar confortavelmente, exigindo adaptações para atender ao comprimento individual dos segmentos corporais.

Estudos sobre o conforto geral do ciclista ou ergonomia da bicicleta apontam como dados significativos para uma bicicleta de uso diário a **distância do selim ao pedal**, o **comprimento do pedivela**, o **ângulo de inclinação do selim**, a **distância entre os suportes do selim**, a **altura do guidão** e postura corporal, a **largura do guidão**, a **posição do pé**, a **distância entre o selim e o guidão**, e a **angulação do quadro da bicicleta**. (INMETRO, 2012)

Diversos autores já se debruçaram sobre o tema, como as especificações que são a seguir relatadas.

Segundo Dickson, a altura do selim deve ser ajustada em 100% do comprimento da perna para economizar consumo de oxigênio. Essa altura é fundamental para evitar possíveis lesões pois com o selim muito baixo, o joelho flexiona e há uma pressão excessiva na articulação. Já o comprimento do pedivela deve ser um quinto da altura da virilha do sujeito. (Dickson, 1985)

Em relação à angulação do selim, não existem regras apropriadas disponíveis, apenas um guia de inclinação "ligeiramente para cima" ou "ligeiramente para baixo" em relação à horizontal. Esse ajuste é feito para mudar a distribuição de carga entre o selim e o guidão e a distribuição do peso no próprio selim (Dickson, 1985).

Distância entre os suportes do selim é outro fator ergonômico fundamental para a sensação de conforto dos usuários. A distribuição de pressão no selim exige suportes que sustentem os ossos pélvicos. Um selim chamado "confortável" alivia problemas de saúde, mas pode levar a deslizamentos da borda frontal do selim, gerando problemas de usabilidade (Dickson, 1985).

Não existem regras definidas apropriadas sobre a posição do guidão, entretanto, é relevante apontar que guidões altos reduzem a carga na coluna cervical inferior e diminuem o risco de períodos prolongados em extensão do pescoço. Uma inclinação para frente de 15° aumenta o volume de reserva expiratória (VER) em 4%. Isso ocorre porque uma leve inclinação para frente ajuda a remover o peso da cintura escapular da caixa torácica. Na posição de ciclismo ereto, com quase todo o peso sobre o selim, os discos intervertebrais são comprimidos e os ligamentos de suporte são esticados. Inclinar o tronco para frente coloca mais peso nos braços, estende a coluna vertebral e, assim, a pressão sobre os discos intervertebrais é reduzida. Em cargas de trabalho baixas, uma postura ereta, em vez de uma postura de corrida, leva a frequências cardíacas mais baixas (Dickson, 1985).

A largura do guidão deve ter a mesma largura dos ombros do ciclista para permitir amplo espaço para respiração e controle. Guidões que têm menos largura do que os ombros do ciclista reduzem a eficiência na direção (Dickson, 1985)

Já a posição do pé pode ser percebida como mais confortável quando o se pedala com a parte anterior do pé e os joelhos quase totalmente estendidos, resultando em uma saída muscular mais eficaz e uma frequência cardíaca mais baixa, possivelmente porque ao pedalar

com a parte posterior do pé há apenas uma pequena massa muscular envolvida, já que os músculos frontais da panturrilha não contribuem para a pedalada (INMETRO, 2012).

Um ângulo de quadro menos íngreme (ângulo do tubo do selim) reduz solavancos, dores no selim e dores nas mãos e pulsos. Uma distância entre eixos longa, ângulos mais suaves nos tubos dianteiro e traseiro e um maior deslocamento do garfo dianteiro resultam em um quadro estável, que absorve choques e é mais fácil de manobrar (INMETRO, 2012).

2.1.4 Design Digital e Tecnologia

De acordo com Mortenson, a modelagem consiste na construção precisa da descrição matemática da forma de um objeto. A modelagem geométrica digital, termo cunhado com o avanço da computação gráfica nos anos 1970, engloba um conjunto de métodos utilizados para definir a forma e outras características geométricas dos objetos. (Mortenson, 1985)

A dissertação de Vetoretti sobre parâmetros de projeto para sistemas de design generativo ressalta a revolução digital e seu impacto na forma como os designers abordam o processo de design. Com o CAD/CAM, os designers não só têm controle sobre a representação, mas também sobre a geração da forma, com um alcance de possibilidades de design que não possuem limites de regras tradicionais ou noções pré-concebidas, resultando em soluções inovadoras e frequentemente não esperadas (Vetoretti, 2010).

A tendência dos últimos anos dos avanços de tecnologias de manufatura aditiva como aliadas no design digital tem possibilitado a criação de formas de design orgânicas que não poderiam ser produzidas com técnicas de manufaturas tradicionais. Dessa forma, a partir da aplicação da manufatura aditiva, torna-se possível a exploração ao máximo do potencial de novas tecnologias de descoberta de formas, que não são lícitas por esse processo de manufatura, como o design generativo. (Agkathidis, 2016)

2.1.4.1 Definição e Contextualização do Design Generativo

O Design Generativo, é uma tecnologia transformadora inspirada pela evolução biológica. A partir da especificação de parâmetros e limitações de um produto, utiliza-se um software, que inicia um processo de evolução computacional em busca de soluções otimizadas. Durante esse processo, diversas formas são construídas, testadas e avaliadas de acordo com critérios predefinidos, selecionando aquelas que se aproximam dos objetivos para a próxima

etapa. Essas ferramentas operam como caixas pretas, com entradas que incluem materiais, tecnologias de manufatura, limitações físicas, custos e restrições de design, gerando soluções que atendem à demanda inicial. (Almeida & Maranhão, 2021).

Cabe salientar que a otimização a partir de critérios definidos pode levar a sistemas ótimos para atender aos critérios de entrada. Entretanto, o sistema pode ainda falhar por ter sido deixado de lado/esquecido critérios importantes, os quais a otimização não considerou. Este é um problema clássico de estruturas que foram desenvolvidas por otimização topológica. Assim, é sempre necessário que a equipe de projeto analise criteriosamente o resultado da otimização e faça testes em condições reais diversas. Neste PCC a proposta de quadro precisa ser produzida e testada para verificar sua viabilidade.

O livro "*Generative Design*" (Agkathidis, 2016) explora a fundo o impacto e a evolução do design generativo, destacando sua transição do método tradicional de "criação de formas" para o inovador paradigma de "descoberta de formas". Esse paradigma não apenas redefine a relação entre função e forma, estética e sistemas de construção, mas também introduz discussões sobre a experiência do usuário e os custos de construção. A figura 11 apresenta a diferença de uma abordagem tradicional e uma nova abordagem por meio do design generativo.



Figura 11: Abordagem de design tradicional e generativo

Fonte: (Almeida & Maranhão, 2021)

A interação entre o designer e o sistema no *generative design* é realizada tendo como base definições abstratas para gerar opções de projeto, permitindo a personalização em massa sem aumentar os custos (Vettoretti, 2010). Esse método redefine a relação entre designer e produto, incorporando ferramentas computacionais e parâmetros de projeto que podem ser ajustados conforme necessário.

A abordagem do design generativo transcende o ambiente digital, impactando não apenas a criação de produtos, mas também os processos de criação e as dinâmicas de design (Almeida & Maranhão, 2021). Os sistemas generativos, baseados em algoritmos, intermediam

a interação entre o designer e a solução do problema de design, aumentando a expectativa de produtividade e otimização na seleção de designs.

Em abordagens de design tradicionais, o designer trabalha incessantemente intercalando os requisitos e parâmetros necessários para a performance e funcionalidade de um produto e as necessidades dos usuários. Nesse cenário de criação, um aumento no número de parâmetros limita a geração e a tomada de decisões em um projeto. Ao implementar o Design Generativo, em uma abordagem que incorpora os avanços da inteligência artificial, é possível explorar infinitas variações de design de forma rápida e eficiente, algo impossível utilizando uma abordagem de design tradicional (Singh & Gu, 2012).

Portanto, o design generativo representa não apenas uma ruptura com abordagens tradicionais de design, mas também uma adaptação contínua às tecnologias emergentes, redefinindo o processo de design e estabelecendo uma nova relação entre tradição e inovação no design de produtos.

Apesar das aplicações atuais de design generativo apresentarem grandes melhorias na performance mecânica de uma peça, Urquhart *et al.* apontam para a falta da habilidade de considerar atributos humanos como parâmetros de input. Dessa forma, as explorações atuais de design generativo têm, na maioria dos casos, resultado em soluções que isolam inputs centrados no usuário. No cenário atual de pesquisa encontra-se um número extremamente limitado de estudos que focam nos fatores humanos no contexto do design generativo. (Urquhart, Wodehouse, Loudon, & Fingland, 2022)

Além disso, Barbieri e Muzzupappa apontam a ineficiência das investigações sobre o uso dessas ferramentas para criar formas inovadoras que também possuam significado estético, além de funcional. A estética de um produto desempenha um papel decisivo, especialmente quando produtos diferentes possuem funções e performances similares. Como o design generativo explora automaticamente uma grande quantidade de soluções na busca por formas funcionais, torna-se possível focar nos aspectos estéticos utilizando os resultados das gerações como gatilho para exploração de novas formas (Barbieri & Muzzupappa, 2024)

O design generativo, ao superar as limitações das abordagens tradicionais, oferece uma plataforma para a inovação contínua, alinhando-se com as demandas contemporâneas por produtos que conciliem alta performance mecânica e apelo estético. No contexto das bicicletas, essa abordagem permite desenvolver modelos que não apenas maximizam a eficiência e o conforto do usuário, mas também incorporam elementos de design inovadores e esteticamente atraentes, redefinindo a experiência do ciclismo.

2.1.4.2 *Softwares e Linguagens*

A pesquisa sobre sistemas de Design Generativo teve início na década de 1970, com a criação do primeiro algoritmo de design que se inspirava na natureza. Ao longo da evolução das ferramentas CAD e sua parametrização, especialmente na primeira década do século 21, houve um aumento significativo nas pesquisas acadêmicas sobre a aplicação do design generativo, principalmente na arquitetura (Singh & Gu, 2012).

Apesar dos esforços ao longo dos anos, somente recentemente, devido ao avanço das ferramentas computacionais, é que os métodos generativos se tornaram sofisticados e flexíveis o suficiente para serem integrados aos sistemas CAD comerciais. Atualmente, os softwares generativos estão disponíveis como plugins em sistemas CAD, com interfaces cada vez mais interativas e simples, permitindo que profissionais e estudantes executem suas ideias sem dificuldades significativas (Barbieri & Muzzupappa, 2024)

Os softwares comerciais que oferecem funcionalidades de Design Generativo incluem: Autodesk Fusion360 (Autodesk, San Rafael, EUA) (Autodesk, 2022); PTC Creo (Parametric Technology Corporation, Boston, EUA) (PTC: Parametric Technology Corporation Creo, 2022); 3DS Experience (Dassault Systemes, França) (3DS: 3DExperience Function Driven Generative Design, 2022); CogniCAD (ParaMatters, San Ramon, EUA); MSC Apex Generative Design (MSC Software Corporation, EUA) (MSC Software Corporation: MSC Apex Generative Design, 2022); nTop (nTopology, EUA) (nTopology, 2022); e o plug-in Rhinoceros and Grasshopper (McNeely & Associate, Seattle, EUA) (Rhino: Rhinoceros, 2022).

2.1.4.3 *Definição e Contextualização do Open Design*

O conceito convencional de design de produto está passando por uma transformação significativa. O *Open Design*, um conceito que enfatiza o compartilhamento de conhecimento e a criatividade colaborativa, está rompendo as abordagens tradicionais e criando oportunidades para inovação. Este tópico investiga a noção de Design Aberto, situando-a dentro do design digital, e se aprofunda em sua possível aplicação para transformar o design de bicicletas.

O *Open Design* difere dos procedimentos tradicionais de design, que são fechados e gerenciados por uma única empresa. Em vez disso, ele promove transparência e colaboração. Arquivos de projeto, especificações e até mesmo informações de produção são publicados livremente, incentivando a inovação por meio de vários princípios essenciais.

O acesso aberto aos arquivos de design permite que usuários com conhecimentos e visões diferentes contribuam com ideias e modificações, garantindo que os produtos sejam adaptados diretamente às necessidades e preferências do usuário, possibilitando dessa forma uma maior democratização do design. Além disso, ao tornar transparentes os projetos ao público, permite-se a criação e o compartilhamento de modificações no design original, dessa forma promovendo o surgimento de possíveis inovações, ampliando a funcionalidade e usabilidade do produto podendo afetar o ciclo de vida de um produto por meio de alterações propostas pela comunidade, o que por sua vez resulta em um senso de propriedade compartilhada. (Junior, Farbiarz, & Spitz, 2016)

O Design Aberto tem características que podem ser aplicadas no design de produto, devido à sua promoção de conceitos como a customização em massa, em que os usuários podem personalizar produtos para atender exatamente às suas necessidades, resultando em uma experiência genuinamente única que refletem suas dores e desejos. A Prototipagem Rápida é outra característica que o *Open design* busca promover em sua ideologia central. Dessa forma torna-se possível a criação rápida de protótipos para testes e refinamentos iterativos, o que acelera o ciclo de design e promove a inovação rápida. Por fim, a abertura de projetos incentiva o desenvolvimento de produtos facilmente reparáveis com peças de reposição amplamente disponíveis. Isso reduz o desperdício e prolonga a vida útil do produto, promovendo uma interdisciplinaridade entre os eixos temáticos de Design Digital e Design e Sustentabilidade (Cabeza, Moura, & Rossi, 2014).

Voltando ao tema objeto deste Projeto, as bicicletas, com sua ênfase na praticidade e na experiência do usuário, são produtos ideais para a aplicação do *Open Design*, que permite abordagens específicas que têm o potencial de transformar a maneira como as bicicletas são construídas e utilizadas.

Arquivos de design aberto para quadros modulares permitiriam aos usuários alterar o tamanho, a geometria e os componentes do quadro. Os ciclistas poderiam personalizar suas bicicletas para se adequar ao seu estilo de pilotagem e físico específicos, resultando em um ajuste ideal para máximo desempenho e conforto. A personalização permite que o usuário tenha o produto por mais tempo já que a revenda se torna difícil. Também tem que se considerar que as peças da bicicleta podem ser trocadas já que o quadro é o foco deste PCC.

O design aberto de acessórios como bagageiros, guarda-lamas e sistemas de iluminação também tem o potencial de incentivar a criatividade do usuário. As comunidades

podem desenvolver e compartilhar soluções para necessidades específicas, promovendo uma ampla variedade de funcionalidades e atendendo a mercados especializados.

O acesso aberto a plataformas de manutenção colaborativas, contendo manuais de serviço e especificações de peças, tem a possibilidade de permitir que os consumidores mantenham e consertem suas bicicletas com mais facilidade. Além disso, pode incentivar uma cultura de autossuficiência, aumentar a vida útil das bicicletas e promover um senso de propriedade comunitária sobre o design e o desempenho do produto.

2.1.4.4 *Definição e Contextualização do Smart Design*

A mudança de paradigma de produtos tradicionais e estáticos para sistemas dinâmicos e interativos é resultado da abordagem proposta pelo *Smart Design*, campo de estudo que utiliza tecnologias como a Internet das Coisas (IoT), que por sua vez permitem que os produtos colem e processem dados em tempo real. Produtos considerados inteligentes podem aprender com as interações do usuário, prever comportamentos futuros e tomar decisões autônomas usando análise de dados e aprendizado de máquina. Isso resulta em produtos mais eficientes e capazes de mudar ao longo do tempo para atender às necessidades em constante mudança dos usuários.

A interatividade, conectividade e consciência do contexto e ambientes são algumas características que permeiam o *Smart Design*. Sendo assim a interação entre o homem-máquina funciona a partir de respostas programadas às entradas do usuário e às condições ambientais para otimizar o desempenho e a experiência do usuário. Além disso entende-se o conceito de conectividade como a possibilidade de os produtos terem acesso a redes e dispositivos, o que permite a coleta de dados, comunicação e o controle remoto potencial.

No contexto de novas soluções de mobilidade urbana, o *Smart Design* possibilita uma abordagem inovadora com diversas oportunidades de aplicações no design de bicicletas. Ao incorporar tecnologia inteligentes busca-se melhorar aspectos de grande necessidade para a comunidade de ciclistas, como segurança, a eficiência da atividade exercida, aspectos do ambiente e de manutenção e a satisfação do usuário durante a atividade.

Recursos de segurança podem beneficiar significativamente a segurança do ciclista adicionando sensores e conectividade. Sensores de colisão para alertar sobre perigos potenciais atuando de forma conjunta com o GPS e a análise de dados em tempo real podem auxiliar ciclistas a evitar rotas perigosas e congestionamentos de tráfego.

Vários dados de desempenho, como velocidade, cadência e frequência cardíaca, podem ser monitorados por bicicletas inteligentes por meio de sensores embutidos. A análise desses dados permitirá que os ciclistas recebam feedback individualizado sobre as atividades realizadas e seus respectivos desempenhos.

Por meio de sistemas de eficiência energética e gestão de baterias mais complexos, o *Smart Design* pode auxiliar as bicicletas elétricas visando maximizar o uso de energia e prolongar a vida útil da bateria através da análise de padrões de pedalada e as circunstâncias ambientais. Além disso, as bicicletas inteligentes em conjunto com ferramentas de conectividade podem dispor de uma série de recursos interativos por meio da conexão com smartphones e outros dispositivos.

Sendo assim, as bicicletas possuem o potencial ainda pouco explorado de serem mais sustentáveis, economizando recursos e prolongando a vida útil do produto. Os sistemas de manutenção preditiva podem monitorar a condição dos componentes da bicicleta e alertar os usuários sobre problemas potenciais antes que se tornem graves, reduzindo a necessidade de substituições frequentes e dessa forma eliminando possíveis desperdícios.

Vários exemplos mostram como o Design Inteligente pode ser usado com sucesso na criação de bicicletas. Por exemplo, o *Senseable City Lab* do MIT desenvolveu a *Copenhagen Wheel*, que incorpora um motor, baterias e sensores na roda traseira, transformando as bicicletas tradicionais em bicicletas inteligentes. Este sistema coleta informações sobre condições de tráfego, qualidade da estrada e qualidade do ar (MIT SENSEABLE City Lab, 2009). A figura 12 mostra a *Copenhagen Wheel*



Figura 12: *Copenhagen Wheel*.

Fonte: (MIT SENSEABLE City Lab, 2009)

O design inteligente é um grande avanço no design de produtos, particularmente em relação ao design de bicicletas. As bicicletas inteligentes oferecem maior segurança, melhor desempenho e experiências aprimoradas para os usuários ao incorporar tecnologias avançadas, como sensores, conectividade e análise de dados. A combinação dessas tecnologias pode auxiliar a criação de soluções de transporte mais sustentáveis e eficientes, além de atender às necessidades da mobilidade urbana contemporânea.

3 DEFINIR

Com o objetivo de aprimorar a compreensão dos usuários para os quais o projeto de bicicleta, com a aplicação do design generativo como ferramenta projetual, está sendo desenvolvido, deu-se início à fase de definir. Nesta fase, foi conduzida uma pesquisa para identificar o público-alvo e suas principais necessidades.

3.1 PÚBLICO-ALVO

Uma compreensão abrangente da base diversificada de usuários de bicicletas é crucial para o presente projeto de conclusão de curso. Os ciclistas urbanos priorizam eficiência, conforto e proteção contra intempéries, contando com suas bicicletas para deslocamentos diários. Recursos integrados como luzes, para-lamas e bagageiros podem ser altamente atraentes para este nicho de usuários. Os entusiastas de fitness, por sua vez, buscam bicicletas orientadas para o desempenho, que otimizem velocidade, eficiência e conforto em longas distâncias. Quadros leves, componentes de alto desempenho e capacidades de monitoramento de dados são alguns dos fatores atraentes para este segmento. Os ciclistas recreativos, por fim, priorizam recursos que melhorem as experiências de ciclismo de lazer, valorizando conforto, versatilidade e funcionalidade. Sistemas de suspensão, selins confortáveis e opções de armazenamento integrado são algumas características consideradas relevantes por esse grupo.

3.1.1 Questionário

Para obter uma compreensão abrangente das necessidades, preferências e comportamentos dos usuários potenciais, foi montado um questionário no Google Forms com perguntas abertas e de múltipla escolha no período de 04/06/2024 a 06/07/2024, O questionário

foi aplicado em grupos de ciclistas e, por esse motivo, foi empregado como principal ferramenta de pesquisa.

Esse questionário foi distribuído para um público-alvo cuidadosamente selecionado, incluindo moradores da cidade, profissionais que se deslocam diariamente e estudantes, todos representando os usuários potenciais de bicicletas urbanas. No total, 95 pessoas responderam ao questionário. As percepções coletadas a partir dessa pesquisa são cruciais para informar o design e a funcionalidade da bicicleta, garantindo que ela atenda às demandas práticas do transporte urbano, promovendo ao mesmo tempo a sustentabilidade e a conveniência. A seguir, são apresentados os resultados obtidos a partir das respostas ao referido questionário.

A análise da faixa etária mostra que a maioria dos respondentes se encontra nas faixas etárias mais velhas, com uma concentração maior entre 55-64 anos (Gráfico 1). Este dado sugere que as pessoas mais maduras estão mais interessadas ou envolvidas na discussão sobre a mobilidade urbana e o uso de bicicletas.

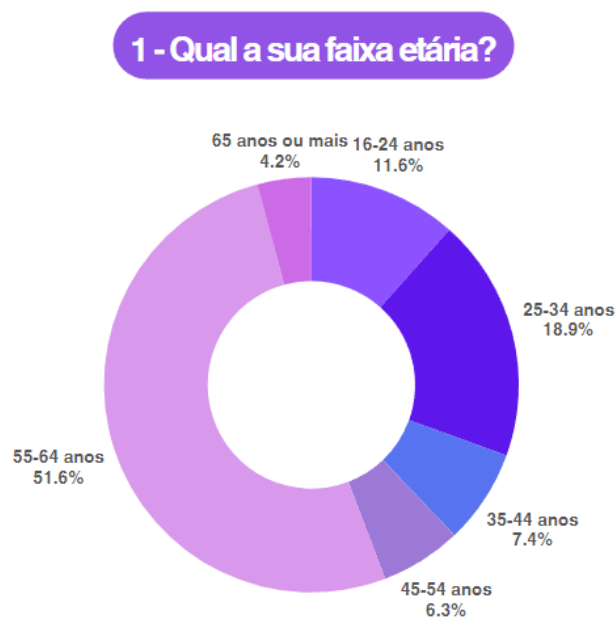


Gráfico 1: Relação de Faixa Etária e Quantidade

Fonte: A autora

Em relação ao gênero, houve uma maior representação do gênero masculino. Isso pode indicar uma maior predisposição dos homens em participar de pesquisas sobre mobilidade urbana ou um interesse particular no uso de bicicletas como meio de transporte. Esse resultado está mostrado no gráfico 2.

2 - Qual o seu gênero?



Gráfico 2: Relação da quantidade e o gênero dos pesquisados

Fonte: A autora

A profissão dos respondentes foi outra variável analisada no gráfico 3. A maioria dos respondentes se identifica como estudante, embora também estejam presentes outras profissões como advogados e engenheiros. A presença significativa de estudantes pode refletir um grupo demográfico com grande necessidade de transporte eficiente e econômico, sendo a bicicleta uma alternativa viável.

3 - Qual a sua profissão?



Gráfico 3: Profissões com maior frequência.

Fonte: A autora.

Já em relação à faixa de renda, as respostas obtidas indicam que as categorias mais comuns são "R\$15.000 ou mais" e "R\$5.000 - R\$9.999" - vide Gráfico 4. Este dado é importante, pois mostra que o questionário atingiu principalmente indivíduos de renda média a alta, o que pode influenciar nas percepções e hábitos relacionados ao uso da bicicleta.

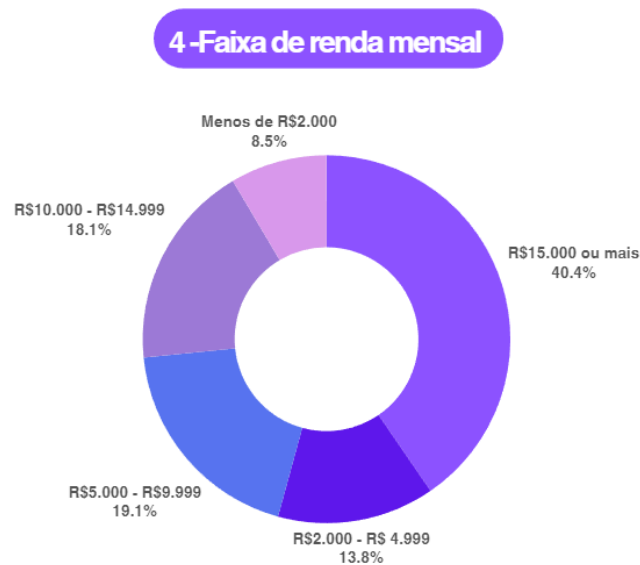


Gráfico 4: Relação de renda.

Fonte: A autora

A frequência de uso da bicicleta também foi analisada e o resultado está expresso no Gráfico 5. Percebe-se que a maioria dos respondentes utiliza a bicicleta "Nunca" ou "Raramente". Apenas uma quantidade menor de pessoas usa a bicicleta "Várias vezes por semana". Esses dados sugerem que, embora haja interesse, o uso regular da bicicleta ainda não é uma prática comum, apontando para a necessidade de promover o uso.

5 - Qual a sua frequência de uso?

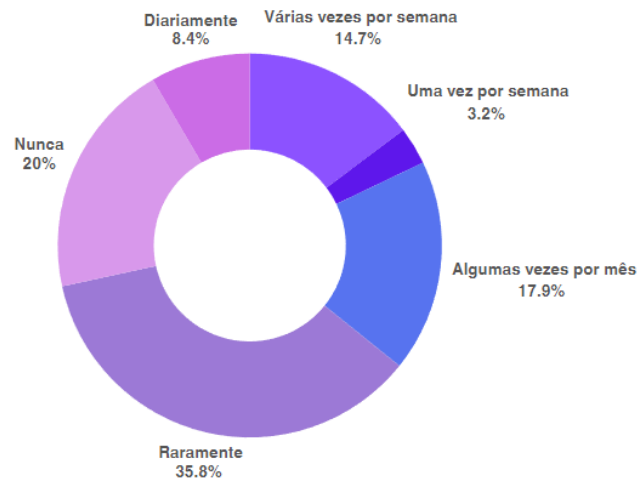


Gráfico 5: Frequência de uso.

Fonte: A autora.

O Gráfico 6 reflete as distâncias percorridas. A maioria dos respondentes relatou percorrer distâncias curtas, geralmente entre 1-10 km. Isso sugere que a bicicleta é usada principalmente para deslocamentos rápidos e convenientes dentro das áreas urbanas. A compreensão dessas distâncias é fundamental para o desenvolvimento de bicicletas adaptadas a trajetos curtos, com foco em eficiência e praticidade.

6 - Qual a distância percorrida?

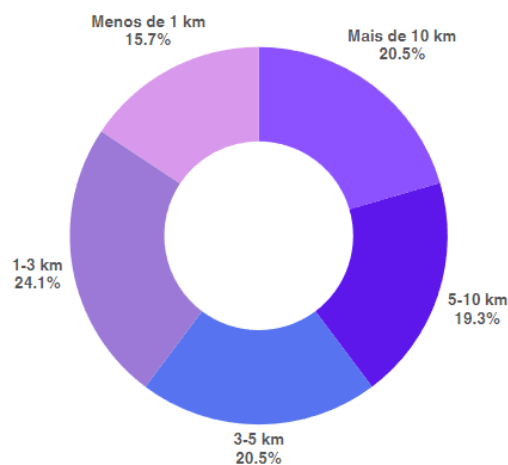


Gráfico 6: Distância percorrida

Fonte: A autora

O gráfico 7 aborda os principais desafios identificados incluem a falta de ciclovias, condições ruins das estradas e preocupações com segurança. Esses obstáculos destacam a necessidade de melhorias na infraestrutura urbana para apoiar o uso seguro e eficiente da bicicleta. Soluções de design devem considerar a robustez para lidar com estradas irregulares e incorporar elementos de segurança aprimorados.

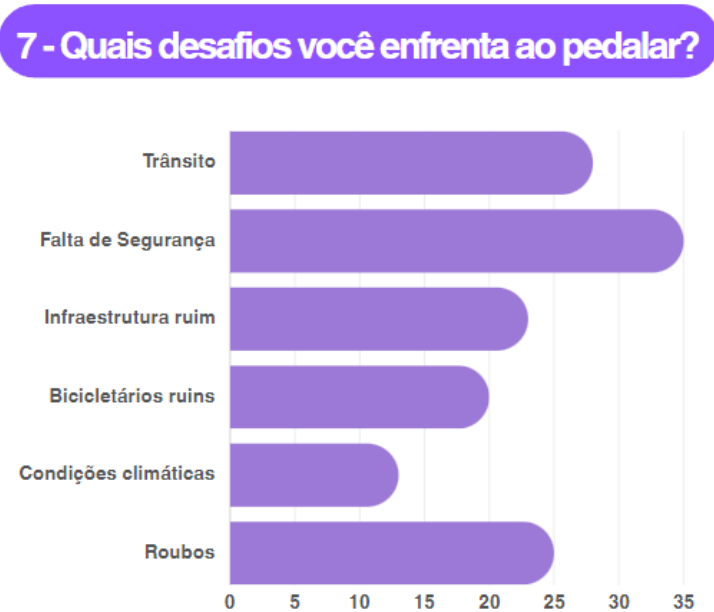


Gráfico 7: Principais desafios

Fonte: A autora.

O gráfico 8 mostra os principais recursos considerados relevantes no uso da bicicleta. Os respondentes valorizam principalmente o conforto, a durabilidade e a segurança em uma bicicleta. Esses aspectos são essenciais para garantir uma experiência de ciclismo agradável. A inclusão de componentes de qualidade e ergonômicos pode atender a essas expectativas.

8 - Quais aspectos você considera relevantes?

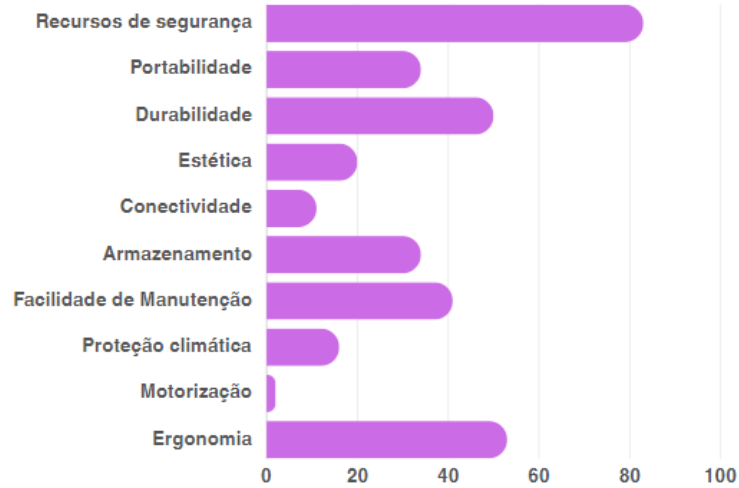


Gráfico 8: Aspectos relevantes

Fonte: A autora

9 - Quão importante é a sustentabilidade?

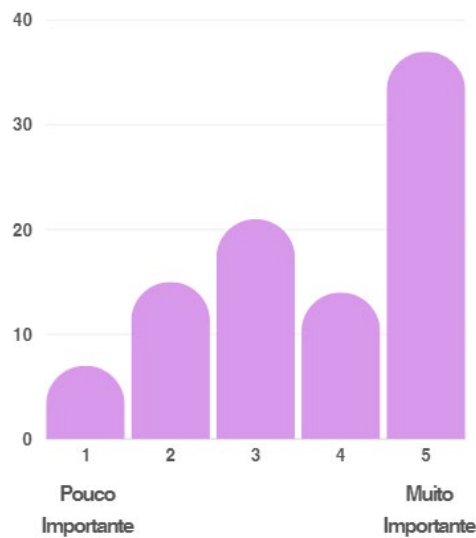


Gráfico 9: Importância da Sustentabilidade Ambiental

Fonte: A autora

A sustentabilidade ambiental é considerada um fator importante para a decisão de compra da bicicleta pela maioria dos respondentes, como exposto no Gráfico 9. Isso reflete uma crescente conscientização e preocupação com o impacto ambiental dos meios de transporte. Portanto, a escolha de materiais sustentáveis e processos de fabricação ecologicamente corretos

pode ser uma vantagem competitiva. Cabe salientar que outros fatores podem ser determinantes na compra e que o fator ambiental se encarecer o produto poderá ser deixado de lado.

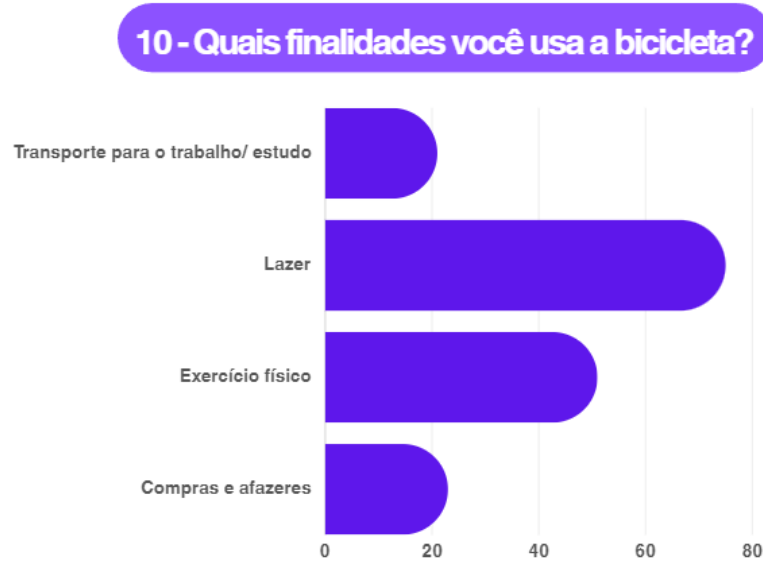


Gráfico 10: Finalidades de uso

Fonte: A autora

As principais finalidades de uso da bicicleta incluem lazer, prática de exercícios e em menor quantidade o transporte diário. Isto deve-se a falta de ciclovias e segurança para um uso maior como mobilidade urbana. Vide Gráfico 10. Essa diversidade de usos demonstra a versatilidade da bicicleta como um meio de transporte multifuncional.

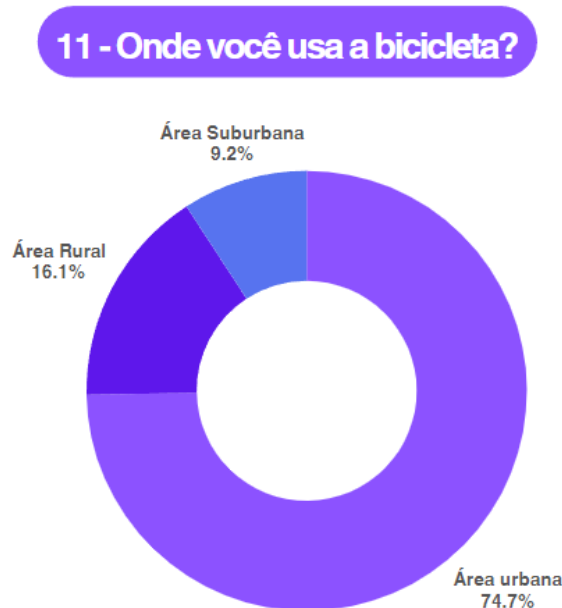


Gráfico 11: Locais de uso

Fonte: A autora

Conforme Gráfico 11, percebe-se que a maioria dos respondentes usa a bicicleta em áreas urbanas. Bicycletas projetadas para esses ambientes devem ser ágeis e confortáveis para uso prolongado.

Outro ponto importante decorre das dificuldades relacionadas ao uso das bicicletas. O clima tem um impacto significativo na decisão de usar a bicicleta, com muitos respondentes optando por não a utilizar em condições climáticas adversas, como se observa no Gráfico 12. Este dado sugere a necessidade de soluções que possam mitigar os efeitos do clima, como bicicletas com proteção contra intempéries.

12 - Qual o impacto do clima ao pedalar?

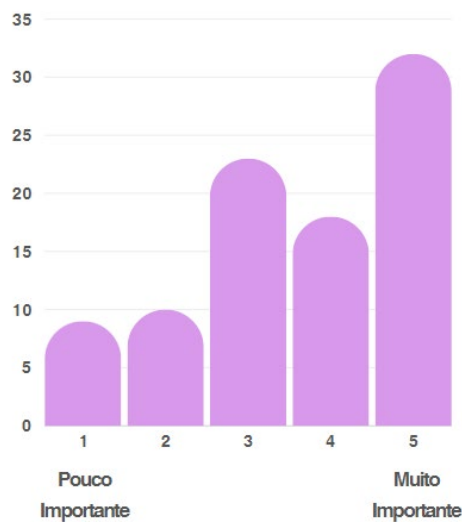


Gráfico 12: Impacto das condições climáticas

Fonte: A autora

As principais preocupações de segurança incluem acidentes de trânsito, roubo e iluminação inadequada. Esses fatores indicam áreas prioritárias para intervenção a fim de aumentar a segurança dos ciclistas. A implementação de sistemas de iluminação automática e dispositivos de rastreamento pode abordar essas preocupações. Gráfico 13.

13 - Qual são as suas principais preocupações de segurança?

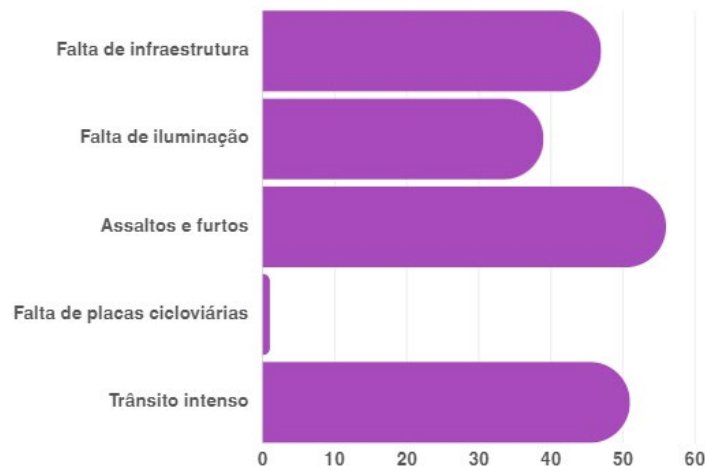


Gráfico 13: Preocupações dos ciclistas

Fonte: A autora

14 - Quais tecnologias inteligentes são importantes?

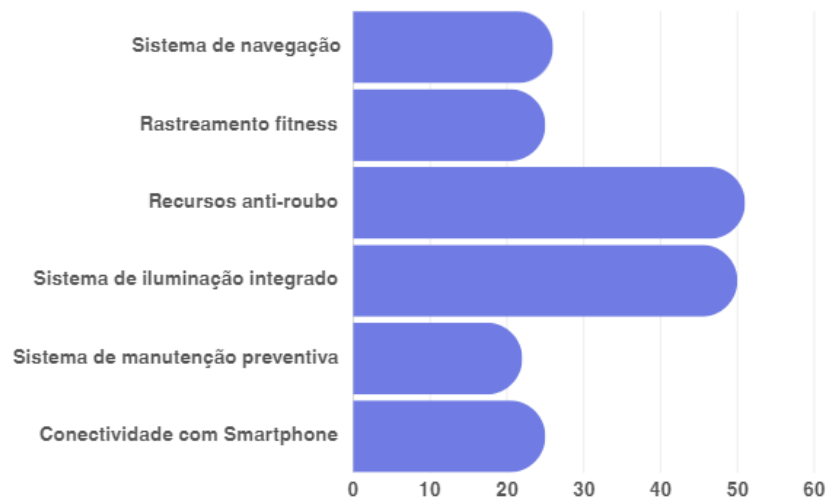


Gráfico 14: Tecnologias inteligentes em bicicletas

Fonte: A autora

O Gráfico 14 indica a relevância de tecnologias como GPS, monitoramento de performance e conectividade para os respondentes. A integração de recursos antirroubo e sistemas de iluminação e manutenção preventiva foram tecnologias com alto índice de interesse, demonstrando a busca dos ciclistas por essas funcionalidades que possibilitam o aumento da segurança do ciclismo.

15 - Quais recursos são relevantes em uma e-bike?

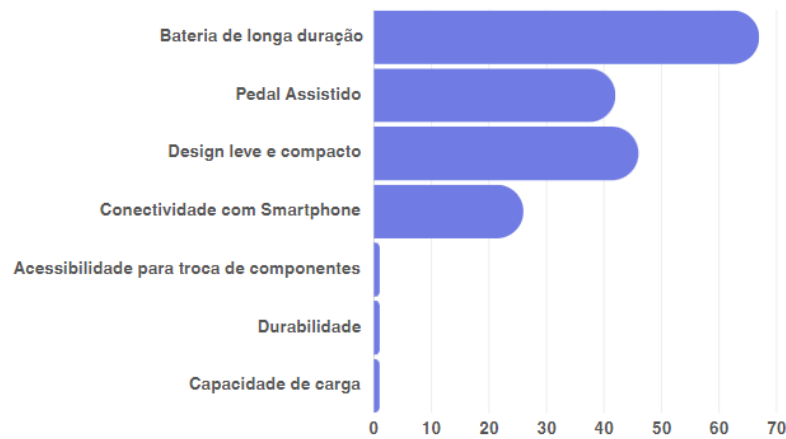


Gráfico 15: Recursos relevantes em bicicletas elétricas

Fonte: A autora

Numa e-bicicleta, recursos como baterias de longa duração, pedais assistidos, baixo peso e conectividade são altamente valorizados. Esses aspectos são cruciais para garantir a eficiência e a praticidade do uso diário. Gráfico 15 mostra as necessidades apontadas.

16 - Quão importante é a personalização?

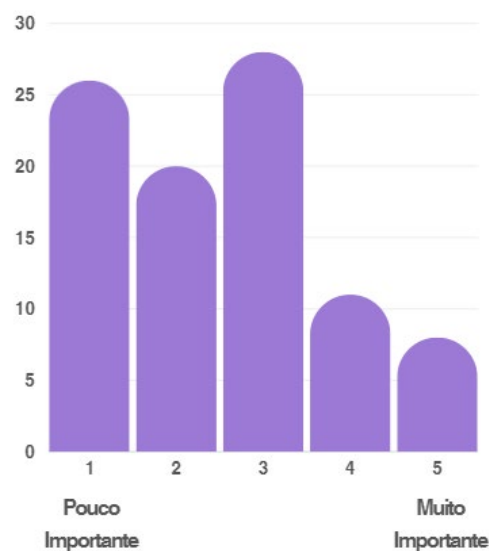


Gráfico 16: Importância da personalização

Fonte: A autora

A possibilidade de personalizar a bicicleta é pouco importante para muitos respondentes. Temos que lembrar que serviços de personalização são novos e não estão no repertório dos usuários. Permitir que os ciclistas adaptem o veículo às suas necessidades e preferências específicas, pode aumentar a experiência e satisfação. Oferecer opções de personalização pode ser uma estratégia eficaz para aumentar a ergonomia e interesse de possíveis usuários.

Acessórios como cadeados de segurança, luzes e suporte para garrafas são frequentemente utilizados ou considerados importantes, como exemplificado no Gráfico 17. Esses itens contribuem para a segurança e o conforto do ciclista. Incluir ou oferecer acessórios como computador de bordo e cesto ou bagageiro como parte do pacote de compra pode agregar valor ao produto.

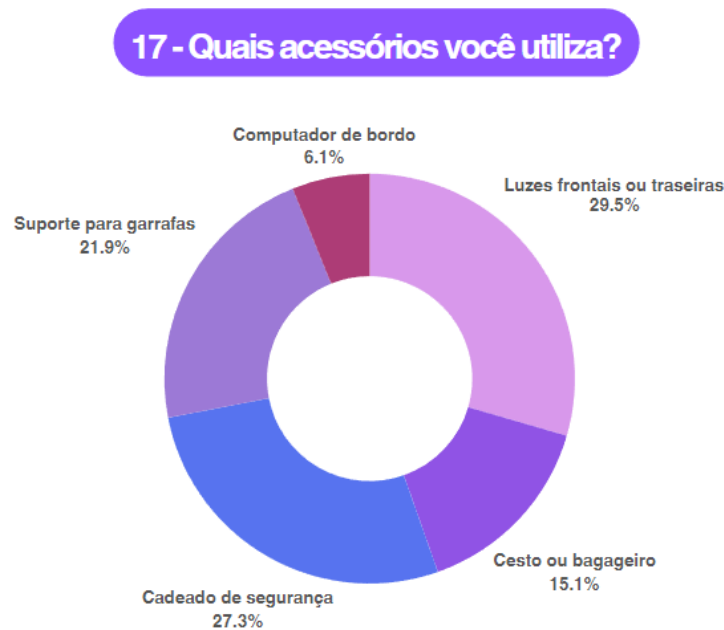


Gráfico 17: Acessórios para bicicletas

Fonte: A autora

A maioria dos respondentes não utiliza aplicativos para acompanhar suas atividades de ciclismo, como mostra o Gráfico 18. Apesar disso 39,8% indicam fazer uso, o que demonstra uma tendência crescente de integração de tecnologia digital no ciclismo.

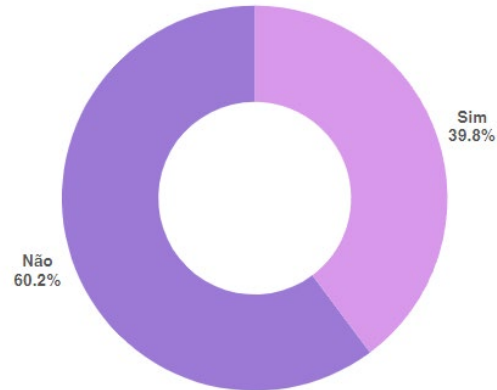
18 - Você usa algum aplicativo de ciclismo?

Gráfico 18: Uso de aplicativos para ciclismo

Fonte: A autora

Funcionalidades como rastreamento de rotas e monitoramento de performance são altamente valorizadas. Essas ferramentas ajudam os ciclistas a otimizar seus trajetos e a melhorar seu desempenho. Oferecer essas funcionalidades pode atender às expectativas dos usuários mais exigentes.

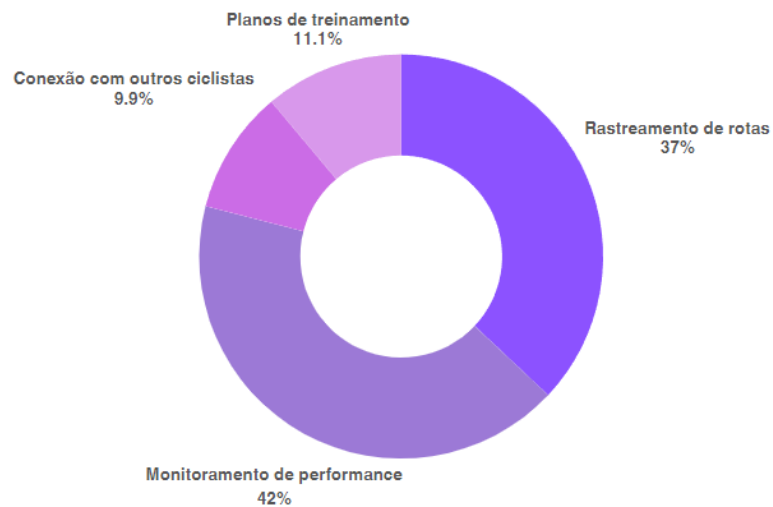
19 - Quais funcionalidades você mais valoriza nos aplicativos de ciclismo?

Gráfico 19: Funções nos aplicativos de ciclismo

Fonte: A autora

Os respondentes desejam melhorias como melhor iluminação e sistemas de segurança avançados nas bicicletas. As questões relacionadas a ergonomia, como conforto e leveza foram mencionadas com frequência como melhorias necessárias em bicicletas de uso urbano. A integração de tecnologias como conectividade com dispositivos e rastreamento de performance aparecem como melhorias condizentes com uma bicicleta inteligente. No geral, essas inovações poderiam aumentar a segurança e a atratividade do ciclismo urbano. Incorporar as melhorias citadas pelos respondentes no Gráfico 20 possibilita uma elevação do padrão do produto e gerar satisfação buscar atender as necessidades dos usuários.



Gráfico 20: Melhorias para bicicletas

Fonte: A autora



Gráfico 21: Tecnologias inteligentes para bicicletas

Fonte: A autora

Quando questionados a respeito da aplicação de tecnologias inteligentes como forma de propor melhorias na usabilidade de bicicletas obteve-se as respostas exemplificadas no Gráfico 21. Tecnologias como navegação por GPS e conectividade com outros dispositivos são vistas como formas de melhorar a experiência geral de ciclismo. Essas tecnologias podem facilitar a navegação e mapeamento, proporcionando uma experiência de ciclismo mais integrada e eficiente. Além disso a segurança foi o aspecto principal levantado como área focal para a aplicação de um design inteligente.

3.1.2 Personas e Cenários

O público da pesquisa feita por meio do questionário, de acordo com o gráfico 1, foi definido para abranger os grupos mais representativos (66 respondentes) dessa forma. Foi definido que o público-alvo será de 25 a 60 anos. De todos os gêneros e de classe social média alta. A seguir seguem as personas construídas a partir do questionário.

A criação da persona João Ferreira foi fundamentada nas respostas obtidas pelo questionário aplicado aos potenciais usuários de bicicletas urbanas. João Ferreira, um investidor financeiro de 34 anos que vive em São Paulo, SP, exemplifica um perfil demográfico

significativo entre os respondentes que utilizam a bicicleta como meio de transporte diário em grandes cidades.



Figura 13: Persona João

Fonte: A autora

João, representa um grupo de profissionais urbanos que possuem uma rotina estruturada e horários fixos. A escolha de João como persona se justifica pelo alto número de respondentes na faixa etária de 25 a 35 anos, muitos dos quais trabalham em setores que exigem um deslocamento diário constante. A escolha de São Paulo como a localização de João é relevante, visto que muitos respondentes do questionário residem em grandes metrópoles, onde o tráfego intenso e a infraestrutura urbana desafiam a mobilidade eficiente.

João é um entusiasta de tecnologia, característica identificada em muitos respondentes que valorizaram funcionalidades tecnológicas avançadas nas bicicletas. Esse interesse reflete a necessidade de integração de soluções inteligentes que facilitem a rotina diária.



Figura 14: Cenário João

Fonte: A autora

O cenário de João utilizando a bicicleta para deslocamentos diários entre sua casa e o trabalho reflete uma prática comum entre os respondentes do questionário, que indicaram usar a bicicleta como meio principal de transporte urbano. A necessidade de uma bicicleta leve e robusta atende às preferências dos usuários que valorizam eficiência e durabilidade.

A ênfase na conectividade com smartphones para monitorar estatísticas de condução e navegação GPS justifica-se pelas respostas que destacam a importância da tecnologia integrada para melhorar a experiência do usuário. A preocupação com a segurança, especialmente em áreas urbanas movimentadas, foi uma constante nas respostas do questionário. A inclusão de um sistema de rastreamento antirroubo na bicicleta de João responde diretamente a essa necessidade, proporcionando uma camada adicional de proteção em um ambiente onde o furto de bicicletas é uma preocupação real.

Ao focar em aspectos como integração tecnológica, segurança e eficiência, esta persona ajuda a direcionar o desenvolvimento de uma bicicleta que atenda de forma eficaz às

expectativas de um público-alvo tecnicamente inclinado e urbano, promovendo uma experiência de mobilidade sustentável e avançada.

A segunda persona desenvolvida, Margareth Santos, é uma professora universitária de 59 anos que vive em Florianópolis, SC, exemplifica um perfil demográfico importante entre os respondentes que utilizam a bicicleta não apenas como meio de transporte, mas também como uma ferramenta para promover um estilo de vida saudável e sustentável.



M
S

(persona)
Margareth Santos

Margareth é uma defensora do estilo de vida ativo e sustentável. Ela utiliza a bicicleta como seu principal meio de transporte para ir ao trabalho, fazer compras e passeios de lazer. Gosta de praticar atividade física diversas vezes na semana em conjunto com sua filha.

florianópolis, SC 59 anos professora universitária

Necessita de uma bicicleta confortável com um bom sistema de suspensão para suportar longas distâncias. Prefere uma bicicleta com bateria de longa duração e motor potente para ajudar nas subidas e terrenos acidentados.

Deseja uma bicicleta com recursos de segurança, como luzes integradas e refletos. Valoriza a sustentabilidade e procura um produto que tenha um impacto ambiental reduzido.

$$E[e^{r(X+1)}] = e^{rE(X)} = e^{rM_X(t)}$$

$$E[e^{r(X+Y)}] = E[e^{rX}e^{rY}] = e^{rE(X)}e^{rE(Y)}$$

$$M_X(t) = E[e^{tX}] = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{t^k}{k!} E[X^k]$$

$$E[e^{r(X+Y)}] = E[e^{rX}e^{rY}] = E[e^{rX}]E[e^{rY}] = M_X(t)M_Y(t)$$

$$E[e^{r(X+Y)}] = E[e^{rX}e^{rY}] = E[e^{rX}]E[e^{rY}] = M_X(t)M_Y(t)$$

Figura 15: Persona Margareth

Fonte: A autora

Margareth, com 59 anos e atuando como professora universitária de Educação Física, representa um grupo de usuários que valorizam a atividade física e a sustentabilidade. A escolha

de Margareth como persona se justifica pelo número significativo de respondentes na faixa etária acima de 50 anos que utilizam a bicicleta para manter um estilo de vida ativo.

Florianópolis foi escolhida como localização de Margareth devido à relevância das respostas obtidas de moradores da cidade, onde a infraestrutura urbana e a promoção de modos de vida sustentáveis são cada vez mais importantes.

A sustentabilidade é característica identificada em muitas respostas que destacaram a importância da atividade física e da redução do impacto ambiental. Esse grupo procura integrar a bicicleta em todas as suas atividades diárias, desde deslocamentos para o trabalho até compras e lazer.



cenário

M
S Margareth Santos

Margareth usa sua bicicleta antiga para todas as suas atividades diárias, desde ir ao trabalho até passeios de lazer. Sua bicicleta ideal precisa ser confortável, oferecendo ergonomia para longas distâncias, além de ter uma boa suspensão e ser equipada com luzes e refletores e demais acessórios para garantir a segurança em todas as condições de visibilidade.

- 1 Sustentabilidade e impacto ambiental da bicicleta.
- 2 Necessidade de uma bicicleta robusta e confortável para uso diário prolongado.
- 3 Importância da visibilidade e segurança

Figura 16: Cenário Margareth

Fonte: A autora

O cenário de Margareth utilizando a bicicleta para todas as suas atividades diárias reflete uma prática comum entre os respondentes do questionário que valorizam a bicicleta como um meio de transporte versátil e ecológico. A necessidade de uma bicicleta confortável e robusta para suportar longas distâncias é crucial para este grupo de usuários.

A ênfase na necessidade de uma bicicleta com bom sistema de suspensão e conforto adequado se justifica pelas respostas que indicam a importância de componentes que proporcionem uma condução suave, especialmente em terrenos variados e durante o uso prolongado. Margareth, como usuária frequente, precisa de uma bicicleta que minimize o impacto físico e ofereça uma experiência de condução agradável.

A preocupação com a segurança é um fator determinante para muitos respondentes, particularmente em áreas urbanas. A inclusão de luzes integradas e refletores na bicicleta de Maria responde diretamente a essa necessidade, garantindo visibilidade em todas as condições de iluminação e aumentando a segurança nas estradas.

A valorização da sustentabilidade, destacada por Margareth, reflete a crescente preocupação ambiental dos respondentes do questionário. A busca por um produto que tenha um impacto ambiental reduzido e que utilize materiais e processos de fabricação sustentáveis é essencial para este grupo de usuários que se preocupa com o meio ambiente.

Os desafios enfrentados por Margareth, como a necessidade de uma bicicleta robusta e confortável para uso diário, visibilidade e segurança nas estradas, e a sustentabilidade do produto, são aspectos críticos que foram identificados nas respostas do questionário. Esses desafios apontam para a necessidade de um design que combine durabilidade, segurança e responsabilidade ambiental.

A terceira persona desenvolvida para o projeto, Gabriel Oliveira reflete um perfil significativo de usuários de bicicletas em ambientes urbanos desafiadores. Gabriel, um estudante de arquitetura de 26 anos que reside em Belo Horizonte, MG, representa um segmento jovem e ativo que utiliza a bicicleta não apenas como meio de transporte, mas também como uma ferramenta para integrar atividades acadêmicas e sociais.

Belo Horizonte é conhecida por suas ladeiras e terrenos acidentados, o que representa um desafio particular para ciclistas. A escolha de Gabriel, um estudante universitário que se desloca entre a universidade, o estágio e atividades sociais, foi fundamentada nas respostas dos participantes que enfrentam desafios semelhantes em suas rotinas diárias.



G
O

Gabriel Oliveira *(persona)*

Gabriel vive em uma cidade com muitas ladeiras e precisa de uma bicicleta que o ajude a se deslocar entre a universidade, seu estágio e atividades sociais. Ele também gosta de explorar a cidade, os parques locais e fazer trilhas durante o tempo livre.

belo horizonte, MG 26 anos estudante de arquitetura





Procura uma bicicleta elétrica com boa assistência para facilitar a subida de colinas. Prefere uma bicicleta dobrável ou compacta para facilitar o armazenamento no apartamento e no campus.

Valoriza a personalização e ergonomia, com a possibilidade de ajustar a bicicleta para maior conforto. Necessita de uma bicicleta com boa capacidade de carga para transportar livros e materiais de estudo.






Figura 17: Persona Gabriel

Fonte: A autora

Gabriel exemplifica a necessidade de soluções de mobilidade que conciliem eficiência, conveniência e conforto. Suas preferências por uma bicicleta elétrica com assistência para subidas, além de um design compacto e dobrável, refletem as demandas identificadas pelos respondentes que vivem em áreas urbanas com infraestrutura limitada para armazenamento de bicicletas.

Uma necessidade crucial para Gabriel é a assistência elétrica eficaz para lidar com as ladeiras de Belo Horizonte. A escolha por uma e-bicicleta equipada com motor potente responde diretamente à dificuldade de pedalar em terrenos íngremes, uma preocupação destacada por muitos respondentes do questionário.

Gabriel valoriza a portabilidade da bicicleta, necessitando de um modelo que seja facilmente armazenável em espaços reduzidos, como seu apartamento e o campus universitário. Esta preferência está alinhada com as respostas que indicam a importância de soluções de armazenamento prático para ciclistas que vivem em áreas com espaço limitado.

A capacidade de ajustar a bicicleta para maior conforto é uma prioridade para Gabriel, garantindo uma experiência de condução adaptada às suas necessidades pessoais. Essa personalização é uma característica valorizada por respondentes que buscam ergonomia e conforto durante o uso prolongado da bicicleta.

Como estudante de arquitetura, Gabriel frequentemente transporta livros e materiais de estudo e trabalho. A necessidade de uma bicicleta com boa capacidade de carga é essencial para facilitar seu deslocamento diário, um ponto também destacado por outros respondentes que utilizam a bicicleta para transportar itens pesados ou volumosos.

cenário

G
O Gabriel Oliveira

Gabriel utiliza sua bicicleta para se deslocar pela cidade, que possui muitas ladeiras. Ele possui dificuldades com as subidas, precisando muitas vezes descer da bicicleta e empurrar ela até o final. Além disso sua bicicleta ideal deve ser compacta o suficiente para ser guardada em seu apartamento e transportada facilmente no campus universitário.



- 1 Subidas e terrenos desafiadores que requerem assistência eficaz.
- 2 Capacidade de carga suficiente para transportar materiais de estudo e pessoais.
- 3 Necessidade de uma bicicleta compacta e fácil de armazenar.

Figura 18: Cenário João

Fonte: A autora

Gabriel usa sua bicicleta para se deslocar por uma cidade repleta de ladeiras, necessitando de uma e-bicicleta com assistência elétrica para facilitar essas subidas. Além disso, a bicicleta deve ser compacta o suficiente para ser guardada em seu apartamento e transportada facilmente no campus universitário.

A assistência elétrica eficaz é fundamental para superar as ladeiras, proporcionando uma pedalada menos extenuante e mais eficiente. Uma bicicleta dobrável ou compacta atende à necessidade de fácil armazenamento, resolvendo problemas de espaço comum em ambientes urbanos. Por fim, um design que incorpore suportes e acessórios para carga permite que Gabriel transporte seus materiais de estudo com facilidade, integrando funcionalidade e praticidade no seu dia a dia.

Gabriel representa um usuário que exige eficiência, conforto e funcionalidade em uma bicicleta, combinando a necessidade de assistência elétrica com soluções práticas para armazenamento e transporte. Este perfil orienta o desenvolvimento de uma bicicleta que não só atende às demandas técnicas e ergonômicas dos usuários, mas também se integra perfeitamente ao estilo de vida dinâmico e ativo de estudantes e jovens profissionais em cidades com terrenos complexos.

As personas elaboradas, João Ferreira, Margareth Santos e Gabriel Oliveira, fornecem uma compreensão abrangente das diferentes necessidades e desafios enfrentados por ciclistas urbanos. João, representa o perfil de um profissional que valoriza a tecnologia e a segurança em seus deslocamentos diários. Margareth, destaca a importância de conforto e sustentabilidade para um estilo de vida ativo. Gabriel, enfatiza a necessidade de assistência elétrica e compactação para enfrentar terrenos desafiadores e restrições de espaço. A criação dessas personas contribui para garantir que a bicicleta desenvolvida atenda a uma ampla gama de expectativas e requisitos, promovendo uma solução de mobilidade urbana que seja tecnológica, confortável, segura e eficiente para diversos tipos de usuários.

3.1.3 Análise Sincrônica

Para realizar uma análise sincrônica das bicicletas inteligentes concorrentes no mercado, foram consideradas várias marcas e modelos populares, examinando seus principais recursos, preços, público-alvo e tecnologias incorporadas. Esta análise ajudará a entender o panorama atual e identificar pontos fortes e fracos das opções disponíveis.

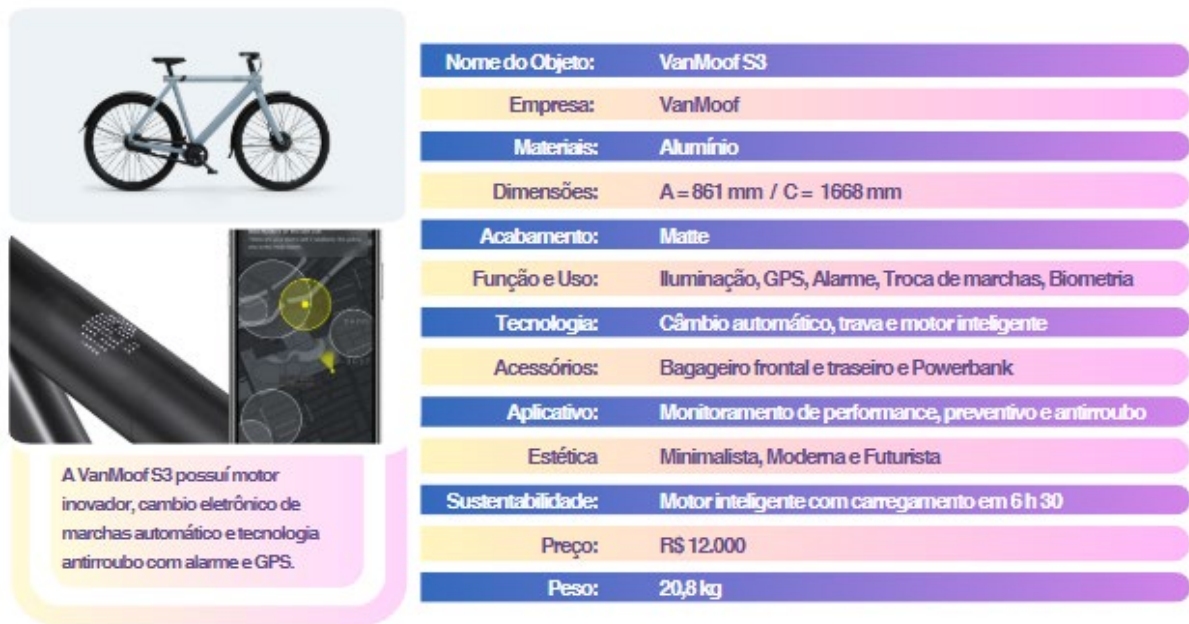


Figura 19: Análise Sincrônica VanMoof S3

Fonte: A autora

A VanMoof S3 oferece um sistema de travamento antirroubo integrado, um motor elétrico de 350W com quatro níveis de assistência, uma bateria integrada com alcance de até 150 km, tecnologia de rastreamento por GPS e conectividade com aplicativo para smartphones para personalização e monitoramento.

Esse modelo é ideal para ciclistas urbanos que buscam uma solução tecnológica avançada e segura, e para profissionais que precisam de um meio de transporte confiável e sustentável.

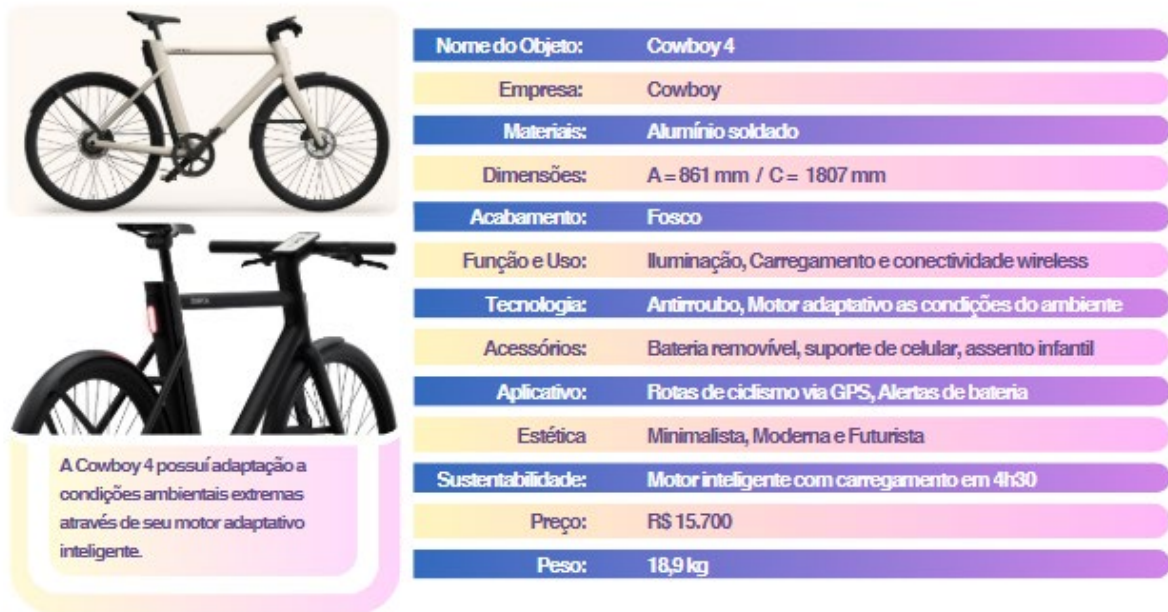


Figura 20: Análise Sincrônica Cowboy 4

Fonte: A autora

A Cowboy 4 inclui um motor de 250W com sensor de torque para assistência suave, uma bateria removível com alcance de até 70 km, sistema de navegação e rastreamento por GPS, e conectividade com aplicativo para smartphones, incluindo diagnósticos em tempo real.

Esta bicicleta é voltada para jovens profissionais urbanos e entusiastas de tecnologia, além de usuários que valorizam design minimalista e funcionalidades inteligentes.

A Specialized Turbo Vado SL oferece um motor de 240W com assistência ao pedalar natural e suave, uma bateria integrada com alcance de até 130 km, estrutura leve de alumínio, sistema de iluminação integrado para segurança e conectividade com aplicativo para ajustes e monitoramento.

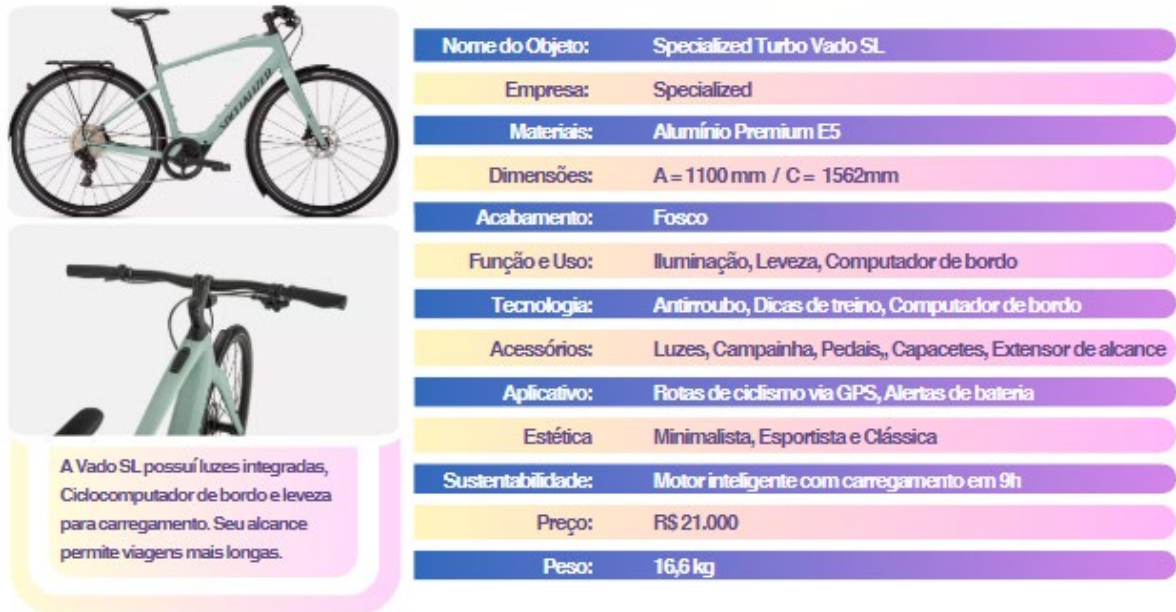


Figura 21: Análise Sincrônica Specialized Turbo Vado SL

Fonte: A autora

Esta bicicleta é ideal para ciclistas urbanos e suburbanos que buscam alta performance e leveza, além de usuários com foco em fitness e desempenho.



Figura 22: Análise Sincrônica Radcity 5 Plus

Fonte: A autora

A RadCity 5 Plus vem com um motor de 750W com cinco níveis de assistência, bateria removível com alcance de até 80 km, pneus largos para maior estabilidade e conforto, tela LCD com informações detalhadas de viagem e conectividade básica com aplicativos de monitoramento.

A Gocycle G4i é uma bicicleta elétrica premium projetada para oferecer uma condução suave e confortável em superfícies urbanas. Com um quadro de alumínio hidroformado, garfo de carbono e um mid-frame moldado por injeção, a G4i combina leveza e resistência. Seu motor G4drive™ proporciona uma viagem silenciosa com maior torque, enquanto os pneus inspirados em MotoGP garantem aderência superior. A bateria de íons de lítio integrada oferece até 80 km de alcance e pode ser recarregada em 3,5 horas. O sistema de dobra rápida e o aplicativo GocycleConnect aumentam a praticidade, tornando-a ideal para o transporte urbano.



Nome do Objeto:	Gocycle G4i
Empresa:	Gocycle
Materiais:	Fibra de carbono moldada por injeção
Dimensões:	A= 880 mm / C= 1100 mm
Acabamento:	High Gloss
Função e Uso:	Intuitivo mecanismo de dobra com alcance de 80km
Tecnologia:	Motor silencioso, luzes diurnas (DRL)
Acessórios:	Porta USB integrado e conexão Bluetooth de baixa energia
Aplicativo:	Modos de condução personalizados, estatísticas de saúde
Estética	Compacta, Urbana, Moderna e Elegante
Sustentabilidade:	Design eficiente em energia com bateria recarregável em 4h
Preço:	RS20.000
Peso:	17 kg

A Gocycle GX é uma bicicleta dobrável com motor eficiente, sistema de mudança de marchas automática, conectividade Bluetooth com aplicativo para dados de desempenho e status da bateria.

Figura 23: Análise Sincrônica G4i

Fonte: A autora

Posicionado no segmento premium de bicicletas elétricas, refletindo a tecnologia avançada e os materiais de alta qualidade possui usuários urbanos que precisam de uma bicicleta portátil e prática, ideal para armazenar e transportar em ambientes urbanos.

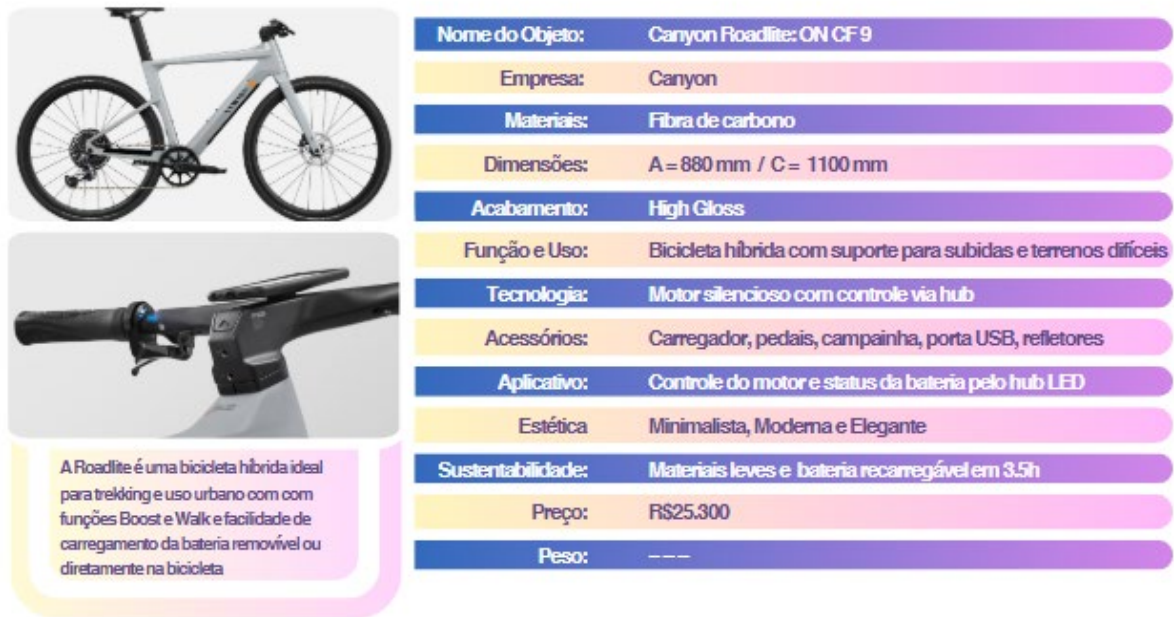


Figura 24: Análise Sincrônica Canyon Roadlite: ON CF 9

Fonte: A autora

A Canyon Roadlite CF é uma bicicleta híbrida elétrica que combina um design minimalista com potência impressionante. Com um quadro e garfo de carbono, e componentes de alta qualidade como o motor Fazua Ride 60 e câmbio SRAM X01 Eagle AXS, ela oferece uma experiência de condução suave e eficiente. A bateria integrada de 430 Wh proporciona suporte potente em subidas e terrenos difíceis, enquanto as luzes Supernova TL3 PRO e LightSKIN Ultra Mini garantem segurança em qualquer condição. Ideal para uso urbano e trekking, a Roadlite CF é uma escolha premium para ciclistas exigentes.

Ao considerar essas bicicletas, é crucial identificar as prioridades do público-alvo, como segurança, alcance da bateria, conectividade e preço. Essas informações possibilitam o direcionamento para o desenvolvimento de um novo modelo que possa competir eficazmente no mercado, atendendo às necessidades específicas dos ciclistas urbanos.

3.1.3.1 Lista de verificação

Para fornecer uma avaliação detalhada e comparativa das bicicletas inteligentes disponíveis no mercado, foi realizada uma lista de verificação que identifica os pontos fortes e fracos de cada modelo analisado. Ao comparar aspectos como tecnologia integrada, conforto,

durabilidade, custo e funcionalidades específicas, esta análise permite uma compreensão clara das vantagens e limitações de cada bicicleta. Esse enfoque orienta o desenvolvimento de um novo modelo que possa superar as deficiências encontradas e incorporar as melhores práticas.



Figura 25: Lista de verificação

Fonte: A autora

3.1.3.2 Gráfico de custo-benefício

Para avaliar o custo-benefício das bicicletas elétricas no mercado atual, foi realizada uma análise sincrônica abrangente, comparando diversos modelos disponíveis. Esta análise foi fundamentada em critérios específicos de preço e funcionalidades, com o objetivo de identificar áreas de oportunidade para atuação no mercado de bicicletas elétricas. Os dados coletados foram representados em um gráfico de ranqueamento, permitindo uma visualização clara de como cada modelo se posiciona em termos de valor oferecido ao consumidor.



Figura 26: Gráfico de custo-benefício

Fonte: A autora

A avaliação envolveu a consideração de múltiplos fatores, incluindo o custo inicial das bicicletas, as tecnologias incorporadas, a durabilidade dos materiais, as funcionalidades adicionais, e a facilidade de uso. Este método de análise permitiu uma comparação direta entre

os modelos, destacando quais bicicletas oferecem o melhor retorno sobre investimento e quais apresentam maior potencial de melhoria.

O gráfico de custo-benefício serve como uma ferramenta indicando quais características são mais valorizadas pelos consumidores e onde há lacunas no mercado que podem ser exploradas. Assim, este estudo não apenas auxilia na tomada de decisão para desenvolvimento de um novo produto, mas também proporciona insights valiosos para a inovação e competitividade no mercado de bicicletas elétricas.

3.1.3.3 *Análise Estrutural*

Nesta seção, realizou-se uma análise estrutural detalhada da bicicleta elétrica Cowboy 4 que na Figura 26 no Gráfico Custo x Benefício apresenta um nicho de oportunidade. Baseada nas especificações e orientações fornecidas no manual técnico do produto a análise abrange os principais componentes e funcionalidades da bicicleta.



Figura 27: Análise Estrutural do Guidão

Fonte: Cowboy

O manual de instruções detalha o processo de ajuste do guidão, começando pela montagem inicial, onde o guidão é posicionado paralelo às rodas e ao quadro. Para ajustar, deve-se rotacionar o guidão no sentido horário até que este fique perpendicular à roda e ao quadro. Uma nota importante é ressaltada: o disco de freio dianteiro deve estar alinhado com o disco de freio traseiro, ambos do mesmo lado da bicicleta. Se necessário, deve-se girar o garfo para corrigir o alinhamento e garantir a segurança na pilotagem.

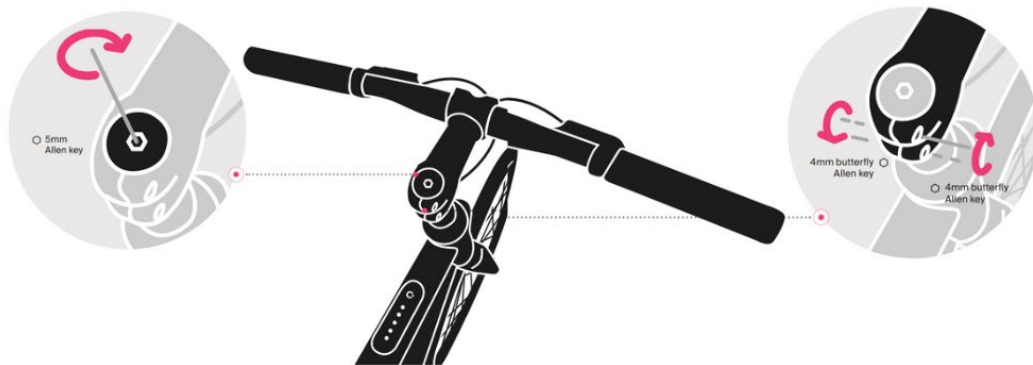


Figura 28: Análise Estrutural da Montagem do Guidão

Fonte: Cowboy

O manual prossegue com as instruções para apertar o guidão. Primeiramente, utilizando uma chave Allen de 5mm, deve-se apertar o parafuso superior com uma força razoável. Em seguida, com uma chave borboleta Allen de 4mm, deve-se apertar os dois parafusos laterais, novamente aplicando uma força razoável para garantir a fixação adequada.

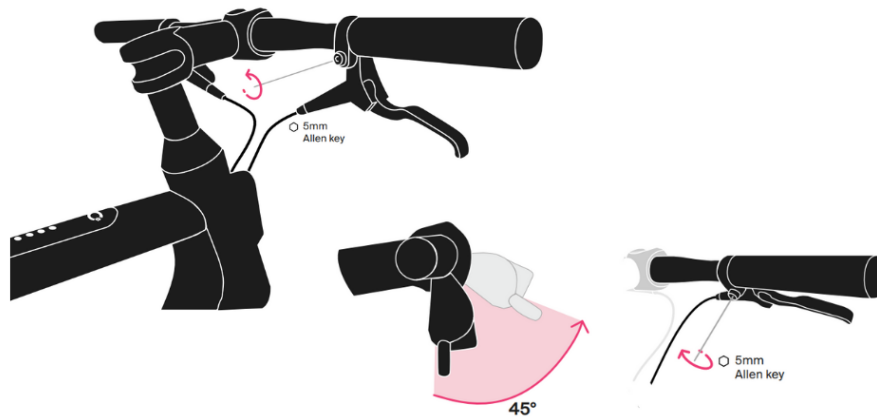


Figura 29: Análise Estrutural Sistema de Freios

Fonte: Cowboy

Para ajustar os manetes de freio, o manual orienta a utilização de uma chave Allen de 5mm. Primeiro, é necessário soltar o parafuso localizado sob cada manete de freio. Após isso, deve-se girar os manetes para cima até que estejam em um ângulo de 45° para baixo. Por fim, utilizando novamente a chave Allen de 5mm, é preciso apertar o parafuso com força razoável.

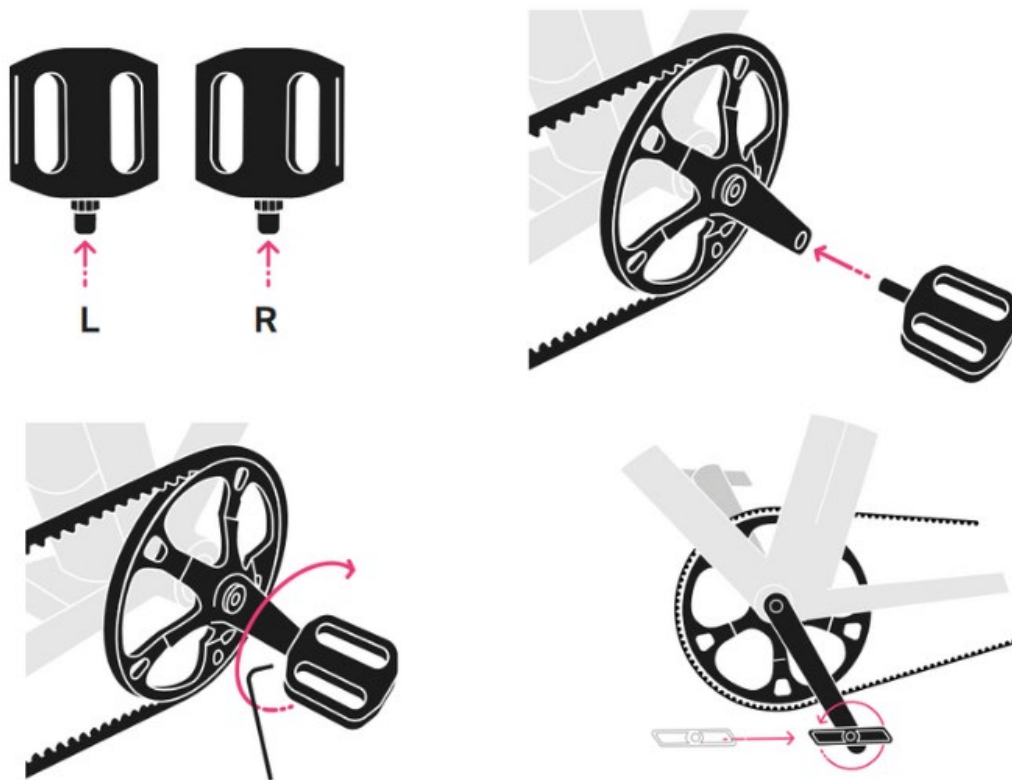


Figura 30: Análise Estrutural Pedais

Fonte: Cowboy

O manual especifica a diferenciação entre os pedais direito e esquerdo, identificados pelas marcas R (direito) e L (esquerdo). Para a montagem, o pedal direito deve ser parafusado no sentido horário à mão inicialmente, garantindo que está sendo utilizado o pedal correto. Posteriormente, deve-se utilizar a chave Allen de 6mm para apertar firmemente. O mesmo procedimento se aplica ao pedal esquerdo, porém o aperto final deve ser feito no sentido anti-horário.



Figura 31: Análise Estrutural Ajuste do Selim

Fonte: Cowboy

Para ajustar o selim, o manual indica que a altura correta é alcançada quando há uma leve flexão na perna com o pedal na posição de seis horas. Caso o ciclista não se sinta confortável, o selim pode ser abaixado conforme necessário. A altura do selim deve ser ajustada removendo a bateria e utilizando uma chave borboleta Allen de 4mm no travamento do selim, ajustando por incrementos até a altura ideal. É crucial não ultrapassar a marca de aviso de profundidade de inserção no canote do selim.



Figura 32: Análise Estrutural Cowboy 4

Fonte: Cowboy

O manual descreve diversos componentes da bicicleta, como a luz de segurança traseira, que aumenta a visibilidade ao frear. Há um aviso sobre o risco de explosão caso a bateria seja substituída por uma não genuína. A bicicleta conta com uma bateria prática de 360 Wh, removível, leve e compacta, oferecendo até 70 km de autonomia. O motor de cubo traseiro de 250 W proporciona uma pedalada mais rápida, auxiliado por sensores inteligentes de velocidade e torque. O display da bateria informa o nível de carga, e a luz de segurança dianteira assegura visibilidade em condições de pouca luz. O carregador de bateria completa a carga em menos de 3,5 horas.

A bicicleta se adapta automaticamente às necessidades do ciclista, com sensores de velocidade e torque ajustando o suporte do motor. A assistência proporciona uma pedalada suave, facilitando a aceleração e a subida. O controlador regula o motor elétrico conforme a pedalada, com uma autonomia de até 70 km e uma assistência limitada a 25 km/h, respeitando os regulamentos da UE. A assistência não opera em temperaturas extremas (-10°C a +60°C), e o nível de pressão sonora é inferior a 70 dB(A).



Figura 33: Análise Estrutural Bateria

Fonte: Cowboy

A bateria, integrada no tubo do selim, é removível e fácil de carregar. Com potência de 360 Wh, o tempo de carregamento é de 3,5 horas e a autonomia alcança até 70 km. A bateria é segura com chave, garantindo que apenas o proprietário possa removê-la.



Figura 34: Aplicativo Cowboy

Fonte: Cowboy

A bicicleta oferece uma experiência conectada por meio do aplicativo Cowboy, que integra painel ao vivo, navegação, rastreamento por GPS e estatísticas de passeio. O usuário pode ativar a bicicleta via aplicativo, monitorar dados em tempo real, receber orientação por voz e rastrear a bicicleta. O aplicativo também facilita o acompanhamento dos passeios e oferece suporte por meio de oficinas de reparo parceiras e lojas próprias.

Além disso, foi desenvolvida uma tabela 1 com as informações extraídas diretamente do manual técnico fornecido pelos desenvolvedores da bicicleta elétrica Cowboy 4.

Categoria	Especificação
Cores	Absolute Black, Anthracite Grey, Mineral Grey
Altura do ciclista	Uma estrutura tamanho M-L, otimizada para ciclistas entre 170-195 cm de altura
Peso	16,9 kg incluindo a bateria
Autonomia da bateria	Até 70 km
Tempo de recarga	100% recarregada em 3,5 horas
Velocidade assistida	25 km/h
Incluído na caixa	Chaves Allen de 4 mm, 5 mm e 6 mm, chave de correia
Garantia	2 anos
Modo de controle	Conectado via telefone com aplicativo
Preço	€2.290-2.379
Quadro	Alumínio 6061
Garfo	Alumínio 6061
Transmissão	Gates™ Carbon Drivetrain, coroa frontal de liga, pinhão traseiro de aço
Correia	Gates™ correia de carbono - vida útil de 30.000 km
Pinhões	63 dentes na frente & 22 dentes atrás, aço no traseiro e liga na frente
Guidão	540 mm de largura, 7° de inclinação, 15 mm de elevação
Freios	Tektro, Hidráulico, pinças HD-R 290, manetes de freio M285
Pastilhas de freio	Tektro F10BS
Rodas	Aros de liga - J25D 27.5"13G36H F/V
Pneus	Pneus personalizados Cowboy resistentes a perfurações
Selim	Selim personalizado Cowboy
Motor	Motor customizado de 30 Nm / 250 W, integrado na roda traseira
Conectividade	Bluetooth Low Energy
Bateria	10 Ah, 360 Wh
Carregador	Carregador customizado de 36V / 3A
Aplicativo Móvel	iOS e Android. Trava/destrava segura, chave digital via aplicativo pessoal

Tabela 1: Lista de componentes da Cowboy 4

Fonte: A autora

Esta tabela tem como objetivo fornecer uma visão detalhada das especificações técnicas do produto, facilitando a análise e compreensão das características principais que compõem a bicicleta. Cada linha da tabela foi organizada por categoria, abrangendo desde aspectos visuais, como cores disponíveis, até elementos técnicos e funcionais, como autonomia da bateria, tempo de recarga e componentes mecânicos.

3.1.4 Requisitos de Projeto

Nesta fase do projeto torna-se necessária a compreensão detalhada dos requisitos fundamentais para garantir a eficiência, funcionalidade e viabilidade do produto. Este projeto de conclusão de curso foca na concepção e desenvolvimento de uma bicicleta, abrangendo aspectos estruturais, funcionais, estéticos e de usabilidade. A seguir, são apresentados os requisitos técnicos que visam guiar este projeto, podendo estes serem desejáveis ou obrigatórios, detalhando os objetivos mensuráveis de cada requisito estabelecido.

CATEGORIA	NUMERO	REQUISITO	OBJETIVO	GRAU DE IMPORTÂNCIA				ETAPA DO PROJETO
				DESEJÁVEL			OBRIGATÓRIO	
				1	2	3	4	
ESTRUTURAL	1	Massa	16 kg				<input checked="" type="checkbox"/>	Análise Sincrônica
	2	Carga suportada	Até 120 kg				<input checked="" type="checkbox"/>	Análise Sincrônica
	3	Uso de materiais sustentáveis no quadro	Percentual de material reciclável (>80%)				<input checked="" type="checkbox"/>	Design e Sustentabilidade
	4	Ajustes ergonômicos na estrutura da bicicleta	Adequação aos percentis 5-50-95%				<input checked="" type="checkbox"/>	Requisitos ergonômicos
	5	Implementação de algoritmos generativos para otimização de design	30 iterações de design geradas				<input checked="" type="checkbox"/>	Definição e Contextualização do Design Generativo

Tabela 2: Requisitos de Projeto Estruturais

Fonte: A autora

Os requisitos estruturais têm como objetivo assegurar a integridade física e a durabilidade da bicicleta. O quadro deve ser fabricado com materiais leves e resistentes, garantindo um peso máximo de 15 kg e a realização de testes de tração. A bicicleta deve suportar um peso mínimo de 120 kg, essencial para atender a uma ampla gama de usuários. A modularidade dos componentes de manutenção e da bateria é vital, permitindo fácil montagem e desmontagem, o que facilita a manutenção e prolonga a vida útil do produto. A sustentabilidade é uma preocupação central, com a exigência de que mais de 50% dos materiais

utilizados no quadro sejam recicláveis. Ajustes ergonômicos devem ser feitos para acomodar percentis de usuários variados, assegurando conforto e segurança.

CATEGORIA	NUMERO	REQUISITO	OBJETIVO	GRAU DE IMPORTÂNCIA				ETAPA DO PROJETO
				DESEJÁVEL			OBRIGATÓRIO	
				1	2	3	4	
FUNCIONAL	1	Monitoramento em tempo real do desempenho do ciclista	Aceleração, Odometro, Distância				<input checked="" type="checkbox"/>	Questionário e Análise Sincrônica
	2	Medição da qualidade do ar e condições climáticas	Medição temperatura, vento, umidade, pressão			<input checked="" type="checkbox"/>		Questionário e Análise Sincrônica
	3	Registro de rotas e estatísticas	Número de rotas e estatísticas registradas <80% das rotas				<input checked="" type="checkbox"/>	Questionário e Análise Sincrônica
	4	Conectividade com smartphone via Bluetooth	Teste de conectividade				<input checked="" type="checkbox"/>	Questionário e Análise Sincrônica
	5	Sistema de navegação integrado	Teste de precisão da navegação			<input checked="" type="checkbox"/>		Questionário e Análise Sincrônica

Tabela 3: Requisitos de Projeto Funcionais

Fonte: A autora

Os requisitos funcionais se concentram na performance e na praticidade da bicicleta durante o uso. Sistemas de monitoramento em tempo real, incluindo aceleração, odômetro e distância, são cruciais para fornecer dados precisos ao ciclista. A medição da qualidade do ar e das condições climáticas, como temperatura, vento, umidade e pressão, proporciona informações valiosas para a segurança e o planejamento das rotas. O registro de rotas e estatísticas deve cobrir ao menos 80% das rotas percorridas, importante para ciclistas que desejam monitorar e melhorar seu desempenho. A conectividade com smartphones via Bluetooth e um sistema de navegação integrado garantem que os ciclistas possam se orientar e gerenciar suas atividades com facilidade.

CATEGORIA	NUMERO	REQUISITO	OBJETIVO	GRAU DE IMPORTÂNCIA				ETAPA DO PROJETO
				DESEJÁVEL			OBRIGATÓRIO	
				1	2	3	4	
ESTÉTICA	1	Design minimalista com cores chamativas	Cores com saturação < 80%			<input checked="" type="checkbox"/>		Análise Sincrônica
	2	Iluminação integrada ao design	Teste de intensidade luminosa (<600 lumens)				<input checked="" type="checkbox"/>	Análise Sincrônica
	3	Acabamento fosco	Teste visual de índice de reflexão	<input checked="" type="checkbox"/>				Análise Sincrônica
	5	Personalização de cores	5 cores variadas		<input checked="" type="checkbox"/>			Questionário

Tabela 4: Requisitos Estéticos de Projeto

Fonte: A autora

Os aspectos estéticos do projeto visam não apenas a atratividade visual, mas também a funcionalidade. Um design minimalista com cores chamativas deve ser aprovado por meio de testes de feedback com usuários, assegurando que o produto seja visualmente atraente e bem recebido pelo mercado. A iluminação integrada ao design, com intensidade luminosa inferior a 600 lumens, garante visibilidade e segurança. O acabamento fosco e as linhas aerodinâmicas são testados quanto ao índice de reflexão e à resistência aerodinâmica, respectivamente, para assegurar uma experiência de uso otimizada. A personalização de cores com pelo menos cinco opções distintas oferece aos usuários a possibilidade de personalizar suas bicicletas conforme suas preferências pessoais.

CATEGORIA	NUMERO	REQUISITO	OBJETIVO	GRAU DE IMPORTÂNCIA				ETAPA DO PROJETO
				DESEJÁVEL			OBRIGATÓRIO	
				1	2	3	4	
USABILIDADE	1	Aplicativo com interface simples e intuitiva	Aprovação em teste de usabilidade com usuários				<input checked="" type="checkbox"/>	Análise Sincrônica
	2	Sistema de travamento antirroubo integrado	Simulação de segurança				<input checked="" type="checkbox"/>	Análise Sincrônica e Questionário
	3	Indicador de carga da bateria visível	Teste de visibilidade com usuários			<input checked="" type="checkbox"/>		Definição e Contextualização do Open Design

Tabela 5: Requisitos de Usabilidade

Fonte: A autora

Os requisitos de usabilidade focam em proporcionar uma experiência de usuário intuitiva e segura. Um aplicativo com interface simples e intuitiva deve ser aprovado em testes de usabilidade, garantindo que os usuários possam navegar facilmente pelas suas funcionalidades. O sistema de travamento antirroubo integrado, testado por meio de simulações de segurança, oferece proteção adicional contra furtos. A visibilidade do indicador de carga da bateria deve ser testada com usuários para assegurar que a informação esteja sempre acessível. Finalmente, a inclusão de uma porta USB para carregamento de dispositivos, testada quanto à conectividade, adiciona uma camada extra de conveniência para os ciclistas modernos.

Com uma abordagem cuidadosa e detalhada no desenvolvimento dos requisitos, espera-se que o produto atenda às expectativas e necessidades dos usuários, marcando um avanço significativo no design de bicicletas modernas.

4 IDEACÃO

Na fase de Ideação, buscou-se propor soluções para o projeto de bicicleta, utilizando o design generativo como ferramenta central de criação. Com base nas necessidades identificadas na etapa de Definir, o objetivo desta fase foi a elaboração de conceitos e alternativas que pudessem atender aos critérios de funcionalidade, estética, ergonomia e sustentabilidade, de forma a responder adequadamente às demandas do público-alvo.

4.1 CONCEITOS DE PROJETO

No design, a elaboração e o desenvolvimento da semântica de um produto são etapas fundamentais para o ato de projetar. Conceitos bem estruturados, definidos e diversificados promovem maior criatividade na fase de ideação e geração de alternativas, além de facilitar uma conexão mais efetiva com o público-alvo que se pretende alcançar. Com base nas pesquisas e análises realizadas durante as etapas de Empatia e Definição, foram estabelecidos os conceitos semânticos do produto. Esses conceitos definem o significado do produto, incluindo as emoções, memórias ou sensações que o usuário deve experimentar ao interagir com ele.

No desenvolvimento de uma e-bike utilizando a tecnologia de design generativo, foram selecionados três conceitos principais para orientar a semântica do projeto. O primeiro é o retrofuturismo, que explora a nostalgia do passado sobre o futuro que foi imaginado. Ele evoca sentimentos de otimismo, sustentabilidade e bem-estar, promovendo uma visão esperançosa sobre o futuro. A aplicação do retrofuturismo no projeto busca integrar elementos simbólicos que remetem a um equilíbrio entre o progresso tecnológico e a valorização do passado.

O segundo conceito é o organismismo, baseado em referências biológicas e formas otimizadas pela natureza. Ele interpreta a natureza como um organismo vivo e interconectado. No projeto, os sistemas naturais foram analisados para inspirar aspectos relacionados à forma, função e materiais. Princípios de solução encontrados na natureza foram adaptados para solucionar desafios de design, criando formas e funções análogas que estabelecem uma conexão simbólica entre o produto e o meio ambiente.

O terceiro conceito é o urbanismo, que conecta a e-bike ao dinamismo das cidades modernas, inspirando-se em ambientes vibrantes, cheios de movimento e constantes transformações. Ele considera o contexto urbano como um cenário em que pessoas, objetos e espaços coexistem e interagem, projetando o produto para se integrar harmoniosamente a essa paisagem viva e pulsante. Esses três conceitos definem a essência do projeto, guiando as decisões estéticas, funcionais e simbólicas para criar uma e-bike que seja não apenas inovadora, mas também significativa e alinhada às necessidades do usuário e do ambiente em que será utilizada.

4.1.1 Painéis Semânticos

Os painéis semânticos são ferramentas essenciais no processo de design, pois auxiliam na construção da identidade do produto ao traduzir visualmente seus significados e emoções

desejadas. Para este projeto, foram desenvolvidos dois tipos de painéis: o Painel de Significado do Produto, focado em transmitir o conceito e a essência simbólica do design, e o Painel de Expressão Visual do Produto, que explora referências estéticas e estilísticas alinhadas ao público-alvo. Esses painéis são fundamentais para orientar a criação de alternativas e garantir uma conexão clara entre o produto, suas características visuais e a percepção do usuário. (Pazmino, 2015)

4.1.1.1 Painel do Significado do Produto

O Painel de Significado do Produto, também conhecido como, concept board, é uma ferramenta visual que reúne uma coletânea de imagens e elementos gráficos com o objetivo de representar o significado que o produto deve transmitir ao público-alvo em seu primeiro contato. Este recurso é essencial para orientar o processo de design, auxiliando na definição do estilo do produto e na criação de alternativas que alinhem seus aspectos semânticos e simbólicos ao público-alvo.

De acordo com (Pazmino 2015), o painel de conceito reflete o significado e a emoção que o produto deve evocar ao primeiro olhar. Ele funciona como uma síntese visual que comunica não apenas características estéticas, mas também o propósito e a essência do produto.

Pazmino destaca que o painel deve ser elaborado com base em um profundo entendimento das necessidades, do comportamento e do estilo do público-alvo. Dessa forma, ele serve como guia durante o processo criativo, utilizando referências cuidadosamente selecionadas de cores, formas e texturas que reforcem a conexão entre o produto e seus usuários. (Pazmino, 2015)

A construção do Painel de Significado do Produto é, portanto, uma etapa fundamental para garantir que o design final atenda às expectativas emocionais e funcionais do mercado, promovendo uma comunicação clara e impactante do propósito do produto.

Para a construção dos conceitos semânticos do projeto, foram desenvolvidos três painéis que ilustram os temas principais: urbanismo, organismismo e retrofuturismo. Esses painéis reúnem imagens, texturas e elementos visuais cuidadosamente selecionados para transmitir o significado e as emoções que o produto deve evocar.

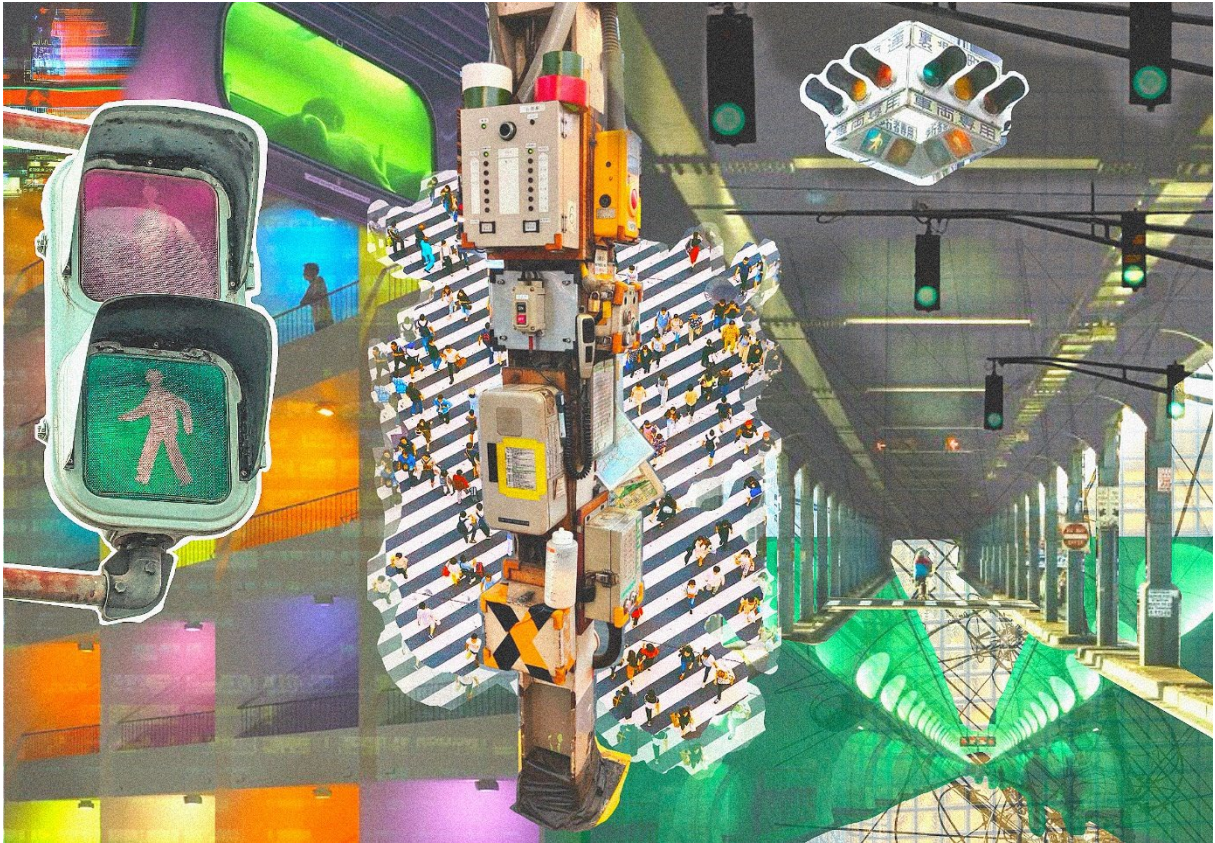


Figura 35: Painel Conceitual Urbanismo

Fonte: A autora.

O painel de urbanismo explora a dinâmica das cidades contemporâneas, destacando ambientes urbanos vibrantes e cheios de movimento. Os elementos visuais representam semáforos, cruzamentos, transporte público e estruturas arquitetônicas modernas, evocando a interação contínua entre pessoas, espaços e tecnologias urbanas. O foco está na energia e na transformação das cidades, reforçando o papel da e-bike como uma solução integrada à mobilidade e à paisagem urbana.



Figura 36: Painel conceitual Organicismo

Fonte: A autora

Inspirado pela natureza, o painel de organicismo apresenta formas orgânicas e texturas que remetem a organismos vivos e sistemas biológicos. Com referências a estruturas como corais, águas-vivas e padrões celulares, o painel sugere a harmonia entre funcionalidade e estética natural. Ele reflete a conexão simbólica do projeto com a sustentabilidade e o respeito aos sistemas naturais, buscando traduzir a fluidez e a eficiência das formas biológicas no design da e-bike.

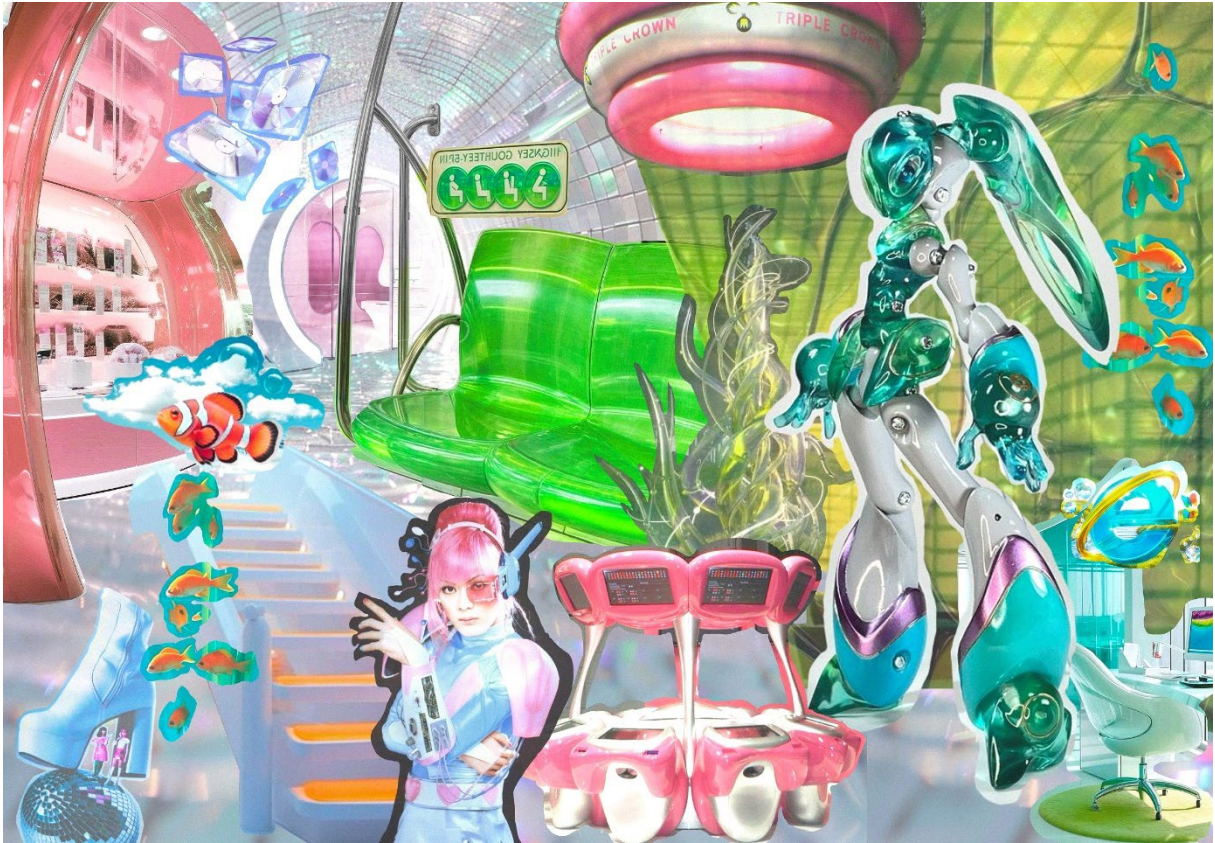


Figura 37: Painel conceitual Retrofuturismo

Fonte: A autora.

Já o painel de retrofuturismo combina elementos nostálgicos e futuristas, criando uma visão otimista do futuro imaginado no passado. Com cores vibrantes e objetos de design arrojado, ele evoca uma estética que mescla tecnologias modernas e inspirações do passado. O objetivo é transmitir a ideia de inovação com um toque de nostalgia, associando a e-bike a valores como bem-estar, progresso e sustentabilidade.

4.1.1.2 Painel de Expressão Visual do Produto

De acordo com Baxter (2000), o Painel de Expressão Visual do Produto é uma evolução do Painel de Significado, permitindo a organização de uma coletânea de produtos que reflitam a imagem desejada para o projeto. Esses produtos podem pertencer a diversas categorias de mercado, como móveis, eletrodomésticos, brinquedos e automóveis, ampliando o repertório de referências visuais.

Essa ferramenta possibilita a exploração de estilos de design que foram bem-sucedidos tanto no passado quanto no presente. Para a construção do painel, são selecionados produtos que compartilhem o significado e a mensagem pretendidos pelo projeto. Dessa forma, torna-se viável identificar e analisar os elementos estéticos que contribuem para a construção da imagem desejada, servindo como base para decisões no processo de design.



Figura 38: Painel do produto Urbano

Fonte: A autora.

Para o painel de expressão visual do urbanismo, os elementos representados capturam o dinamismo e a interação dos ambientes urbanos contemporâneos. Os itens selecionados incluem objetos utilitários e tecnológicos que refletem o ritmo das cidades, como dispositivos compactos, móveis de design minimalista e equipamentos que remetem à funcionalidade necessária no cotidiano urbano. A escolha de produtos com características robustas e funcionais reforça a proposta de integrar o design da e-bike à complexidade e energia da vida urbana.



Figura 39: Painel do Produto Organicismo

Fonte: A autora

Já o painel de expressão visual do organicismo apresenta uma coleção de referências inspiradas em formas orgânicas e padrões biológicos. Os produtos destacados exploram texturas naturais e estruturas geométricas que mimetizam sistemas vivos, como mobiliários, acessórios e dispositivos criados com tecnologias avançadas, como o design generativo. Essa composição evidencia a fluidez das formas e a eficiência funcional encontrada na natureza, criando uma conexão visual entre o design da e-bike e princípios de sustentabilidade e biomimética.

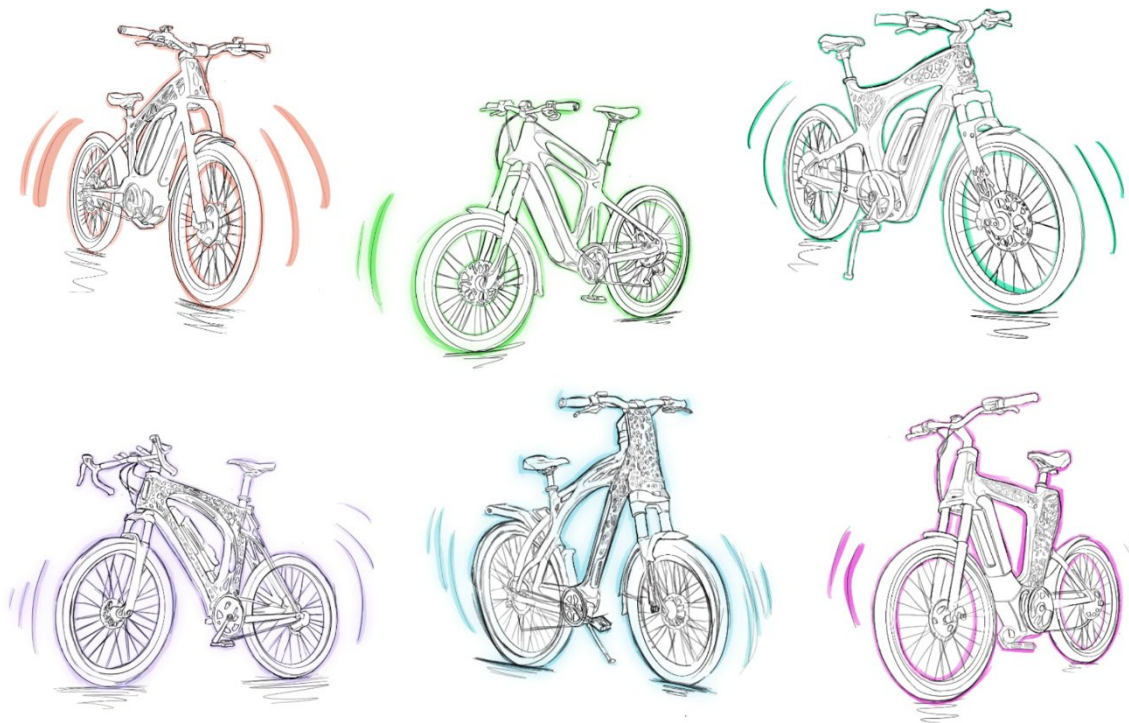


Figura 41: Geração de Alternativas

Fonte: A autora

O processo começou com a criação de alternativas iniciais de design, explorando diferentes possibilidades por meio de esboços e modelagens conceituais. Essas representações permitiram visualizar e comparar abordagens distintas para o desenvolvimento do produto. Para garantir uma análise estruturada e eficiente, foi desenvolvida uma matriz de decisão, na qual as alternativas foram avaliadas com base em critérios específicos, como viabilidade técnica, custo de produção e impacto ambiental. Essa abordagem sistemática possibilitou a seleção das opções mais promissoras, que seguiram para etapas posteriores de refinamento e desenvolvimento.

4.2.1 Refinamento da Alternativa

No processo de refinamento das alternativas, as propostas foram ajustadas para atender de forma mais precisa aos requisitos técnicos, estéticos e conceituais definidos no projeto. Cada alternativa buscou explorar características únicas que refletem os conceitos semânticos e funcionais da e-bike, considerando inovações no design e no uso de materiais.

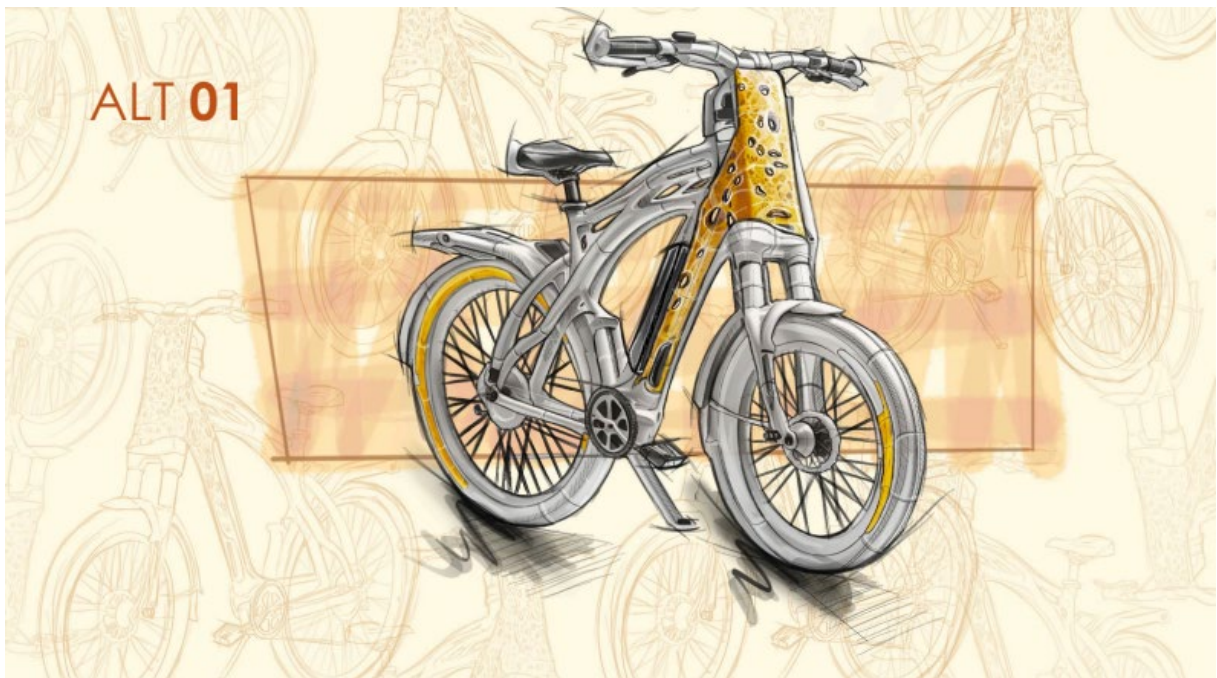


Figura 42: Refinamento de Alternativa 01

Fonte: A autora

A alternativa 1 apresenta uma estrutura robusta e detalhes visuais marcantes, como a aplicação de padrões perfurados inspirados no organismismo. O design destaca elementos que reforçam a conexão entre estética e funcionalidade, como a integração fluida de componentes e um acabamento que combina tons metálicos com texturas naturais. Essa proposta enfatiza a durabilidade e a sustentabilidade, trazendo uma abordagem ousada e moderna.



Figura 43: Refinamento de Alternativa 02

Fonte: A autora

A alternativa 2 foca em formas mais suaves e arredondadas, evocando uma estética leve. As linhas dinâmicas e a distribuição equilibrada dos elementos estruturais destacam-se, proporcionando um visual futurista e inovador. A escolha de cores neutras e texturas translúcidas reforça o conceito de retrofuturismo, criando uma sensação de fluidez e continuidade no design.



Figura 44: Refinamento de Alternativa 03

Fonte: A autora.

A alternativa 3 apresenta um design que combina elementos estruturais eficientes com uma estética moderna e funcional. A aplicação de formas otimizadas e cortes precisos reflete a influência do organicismo, enquanto as cores suaves e os detalhes integrados no quadro proporcionam um equilíbrio visual. Essa alternativa prioriza a ergonomia e a leveza, alinhando-se ao conceito de urbanismo ao propor uma e-bike prática e versátil para o ambiente urbano.

Cada uma das alternativas refinadas foi avaliada em uma matriz de decisão, considerando critérios como viabilidade técnica, impacto ambiental e alinhamento estético-conceitual. Essas avaliações permitiram identificar os pontos fortes de cada proposta e direcionar a escolha para a solução mais adequada ao projeto.

4.2.2 Matriz de Decisão

A matriz de decisão foi utilizada como ferramenta para facilitar a seleção da alternativa mais adequada às necessidades do projeto. Esse método permite mensurar a capacidade de cada conceito em atender aos requisitos previamente estabelecidos, proporcionando uma análise objetiva e fundamentada. Através da avaliação de critérios definidos, como viabilidade técnica, impacto ambiental e alinhamento ao conceito, foi possível identificar a solução mais promissora.




MATRIZ DE DECISÃO				
CRITÉRIOS	PESO (%)			
Viabilidade Técnica	45%	Média (7)	Alta (9)	Alta (9)
Impacto Ambiental	30%	Média (7)	Média (7)	Média (6)
Alinhamento com o Conceito	15%	Média (6)	Alta (9)	Alta (8)
Estética e Semântica	10%	Alta (9)	Alta (8)	Média (7)
Pontuação Total	100%	7,05	8,25	7,75

Figura 45: Matriz de Decisão da Alternativa

Fonte: A autora

A alternativa final foi selecionada com base em sua inovação, eficiência e adequação ao contexto da mobilidade urbana, avançando, assim, para as etapas seguintes.

4.3 MODELAGEM DAS ALTERNATIVAS

Nesta fase, as alternativas selecionadas foram desenvolvidas por meio de modelagem digital, permitindo maior precisão na representação das propostas.

4.3.1 Modelamento 3D

O modelamento tridimensional foi conduzido com o auxílio de softwares especializados como o solidworks, com o objetivo de representar, em detalhes, a geometria e as características técnicas das alternativas desenvolvidas. Esse processo foi essencial para a análise precisa de proporções, volumes e das interações entre os diversos componentes da bicicleta elétrica.

Inicialmente, a modelagem dos componentes estruturais, como pneus, motor, bateria, selim, guidão, corrente, disco de freio e quadro, foi realizada no software SolidWorks. Este

ambiente permitiu uma montagem exata dos componentes e de seus mecanismos, garantindo o alinhamento preciso entre as peças e a funcionalidade adequada do conjunto.

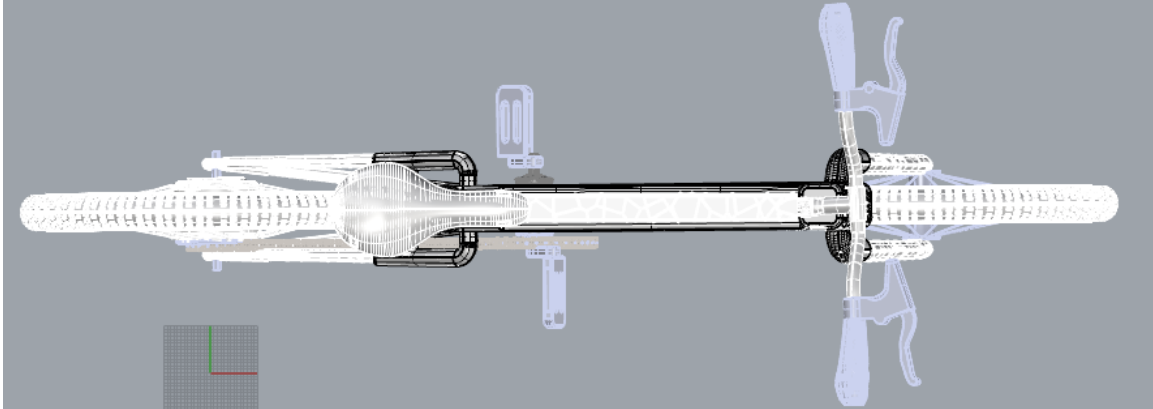


Figura 46: Modelamento 3D Vista de Topo

Fonte: A autora

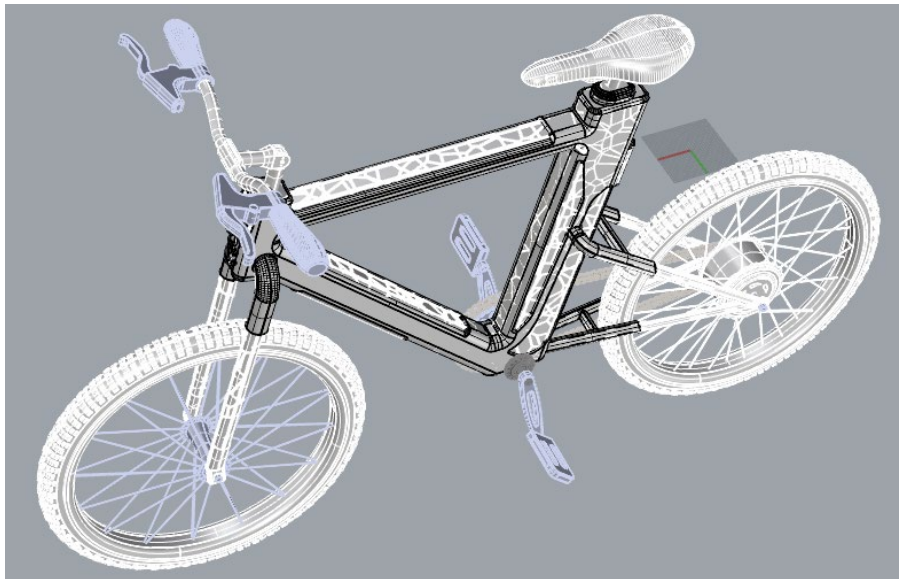


Figura 47: Modelamento 3D Perspectiva

Fonte: A autora



Figura 48: Modelamento 3D Perspectiva 2

Fonte: A autora

Após a etapa inicial no SolidWorks, o modelo foi importado para o software Rhinoceros. Nesse ambiente, utilizando o plugin Grasshopper, foi aplicada a técnica de design generativo especificamente na geometria previamente estabelecida do quadro da bicicleta. Essa abordagem possibilitou a otimização estrutural do quadro, explorando novas formas que equilibrassem leveza, resistência e estética, de forma paramétrica e eficiente.

4.3.1.1 Modelamento 3D com Design Generativo

O script desenvolvido no Grasshopper, um plugin do Rhinoceros, aplica princípios de design generativo para criar formas e estruturas otimizadas. Este processo pode ser diretamente aplicado ao desenvolvimento de componentes para bicicletas, como quadros ou outros elementos estruturais. A seguir, são descritas as etapas principais desse fluxo de trabalho.

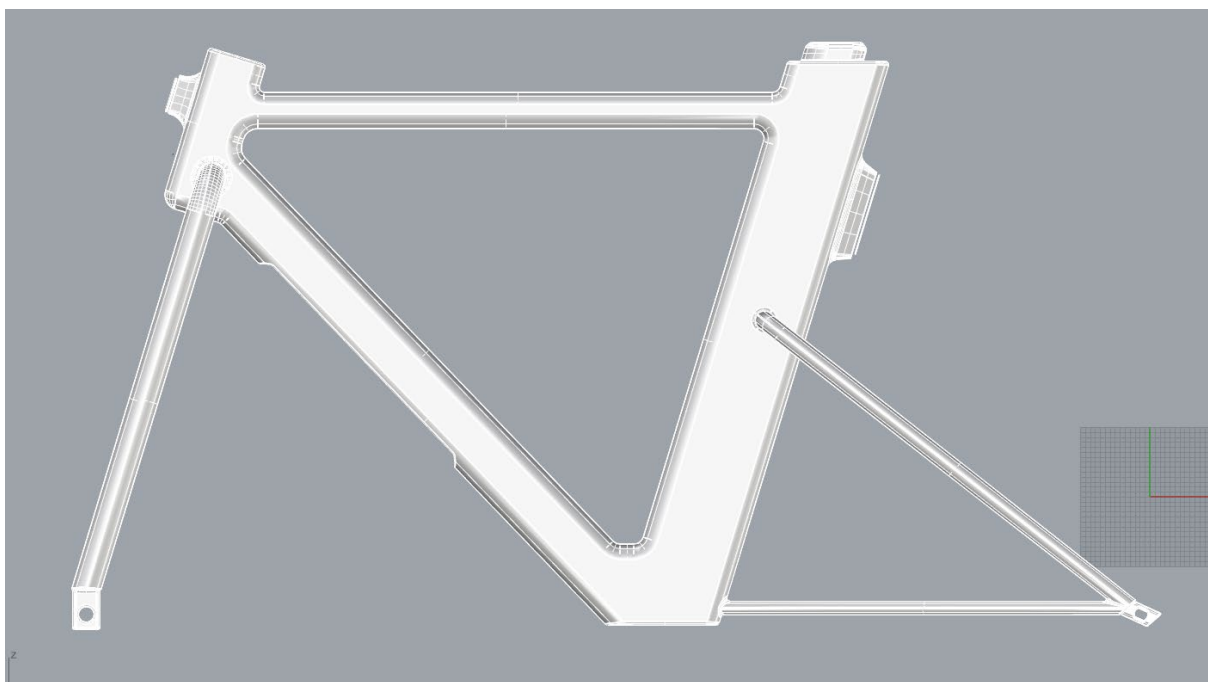


Figura 49: Geometria básica do quadro no Grasshopper

Fonte: A autora

A entrada de geometrias básicas ocorre por meio do componente "Brep", que serve como base inicial do design. Esta etapa é essencial, pois define os limites para operações posteriores, como escalonamento ou subdivisão. A utilização do "Bounding Box" (caixa delimitadora) auxilia no cálculo de propriedades fundamentais, como volume e dimensões.

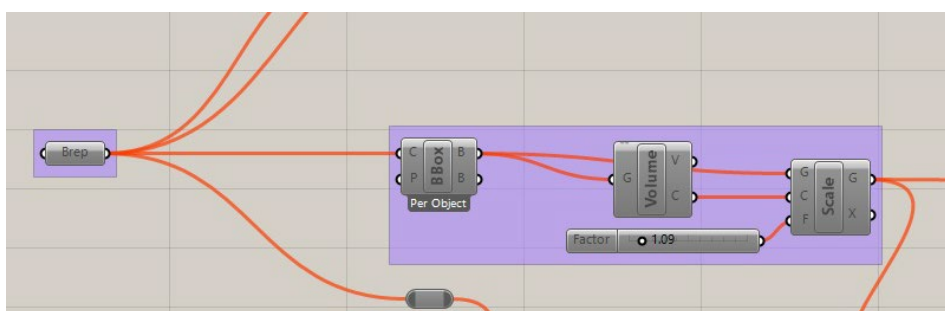


Figura 50: Bounding Box no Grasshopper

Fonte: A autora.

Em seguida, a manipulação de escalas é realizada com componentes como "Volume" e "Scale", que ajustam proporcionalmente a geometria inicial. Esses ajustes permitem simular diferentes tamanhos de quadros de bicicleta, atendendo a variações ergonômicas. Um exemplo

disso é o controle de fatores de escala, como o "Factor 1.09", que possibilita a criação de modelos adaptados ao balancear resistência e peso.

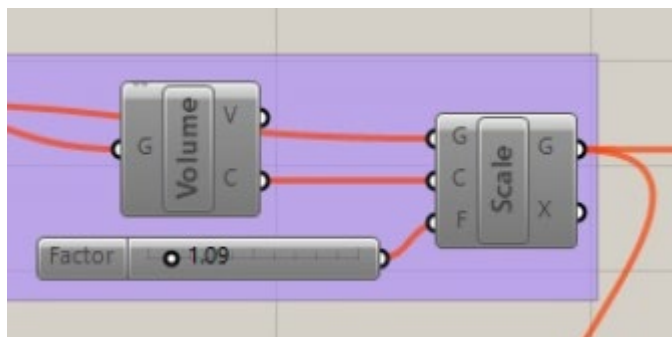


Figura 51: Ajuste de escalas no modelo generativo

Fonte: A autora.

A distribuição de pontos é uma etapa intermediária, realizada com o uso do componente "Pop3D". Este distribui pontos dentro de um volume tridimensional, representando locais de suporte estrutural ou nós em uma rede otimizada para o design do quadro. A densidade dos pontos é ajustada por meio do parâmetro "Count", que pode variar, por exemplo, entre 1471 e 4134 pontos, permitindo resoluções diferentes no modelo.

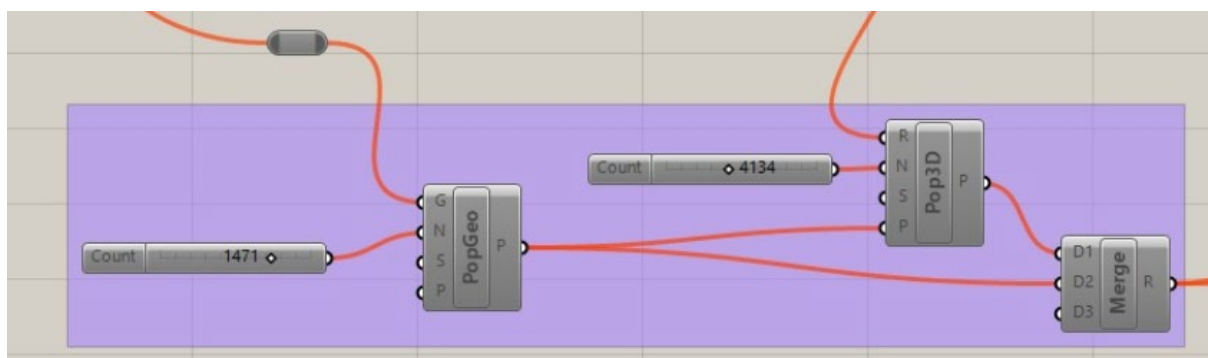


Figura 52: Distribuição de pontos com o componente "Pop3D"

Fonte: A autora.

Para a geração de superfícies, diagramas de Voronoi são utilizados por meio do componente "Voronoi", que subdivide o espaço em regiões otimizadas. Essas superfícies geradas podem ser transformadas em um design de treliça leve, muito comum em quadros de bicicletas modernos. Um filtro adicional, o "Cull", é aplicado para eliminar superfícies desnecessárias, mantendo apenas as essenciais para a estrutura final.

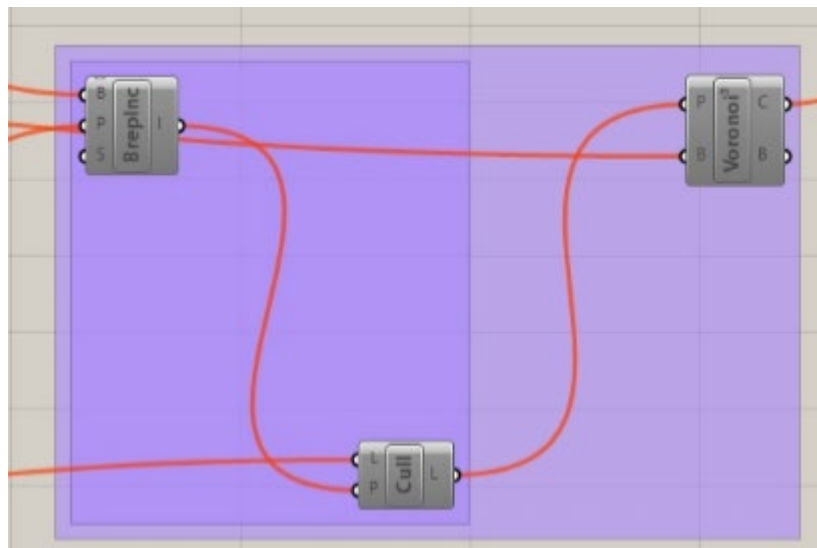


Figura 53: Uso de diagramas de Voronoi e o filtro "Cull"

Fonte: A autora

A análise e otimização estrutural ocorrem com componentes como "PGroups" e "Average", que avaliam características geométricas, incluindo comprimentos e proporções. Isso permite ajustes precisos no design para garantir eficiência estrutural. Essa etapa é particularmente importante para minimizar o uso de material, mantendo a rigidez e resistência necessárias ao produto.



Figura 54: Análise estrutural com "PGroups" e "Average".

Fonte: A autora

Na criação de estruturas tubulares, o uso de componentes como "Pipe" e "Mesh" permite a formação de tubos conectando pontos ou curvas. Essa técnica é amplamente

empregada na fabricação de quadros tubulares de bicicletas. Parâmetros como espessura e suavidade das superfícies são ajustados através de controladores como "Radius" e "Level".

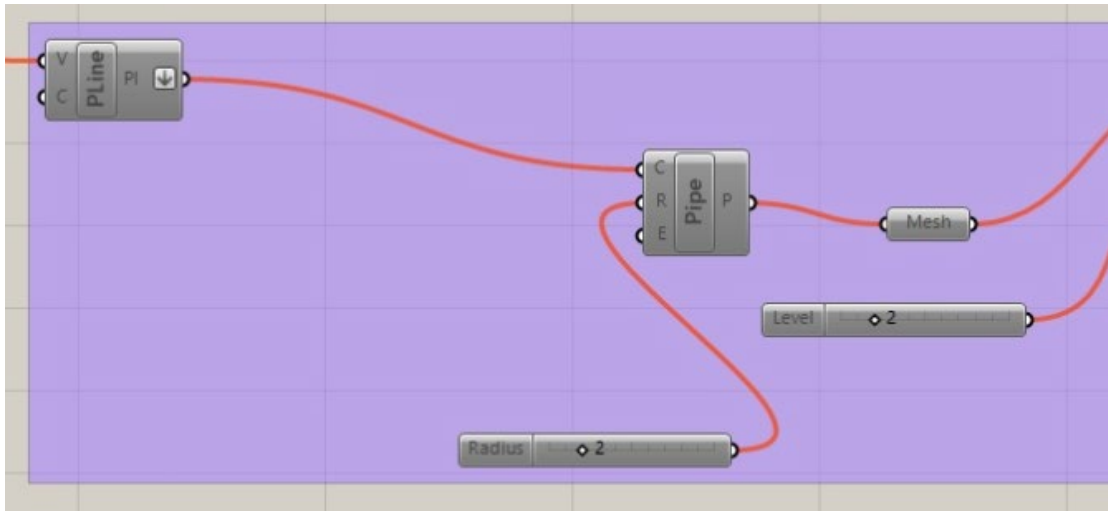


Figura 55: Criação de estruturas tubulares no modelo

Fonte: A autora.

Por fim, o refinamento das superfícies ocorre com os componentes "wbCatmullClark" e "wbLaplace", que suavizam as malhas geradas. Este processo resulta em um design aerodinâmico e visualmente agradável, além de finalizar o modelo para prototipagem ou fabricação.

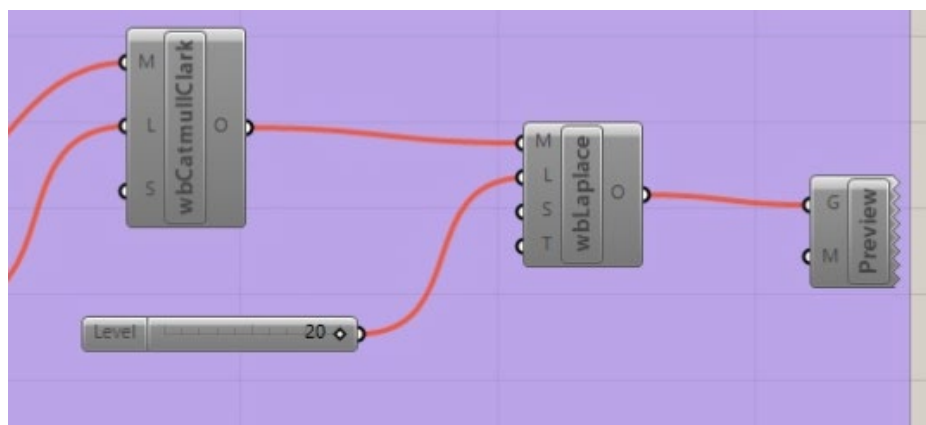


Figura 56: Refinamento das superfícies utilizando "wbCatmullClark"

Fonte: A autora.

O fluxo descrito demonstra a aplicação prática do design generativo na otimização estrutural do quadro desenvolvido. Através dessas etapas, foi possível explorar soluções leves e resistentes, como o uso de diagramas de Voronoi e estruturas tubulares, que equilibram peso e rigidez. Além disso, a manipulação generativa permite personalização em massa, criando modelos ajustáveis para diferentes usuários.

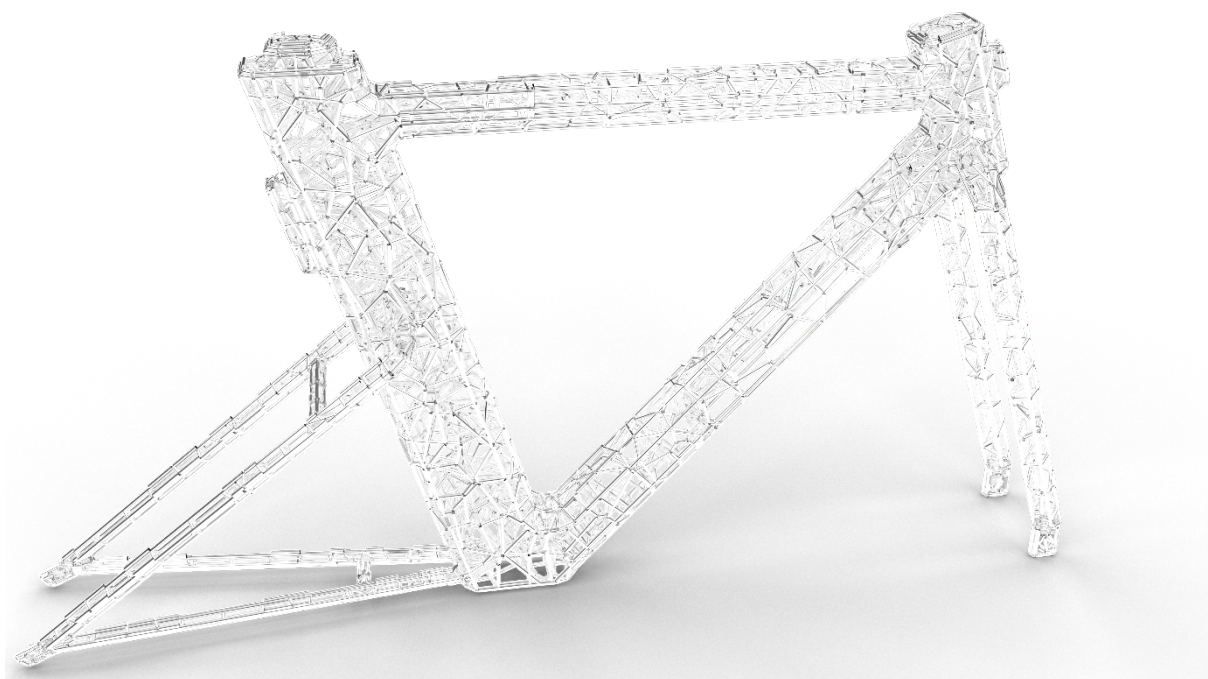
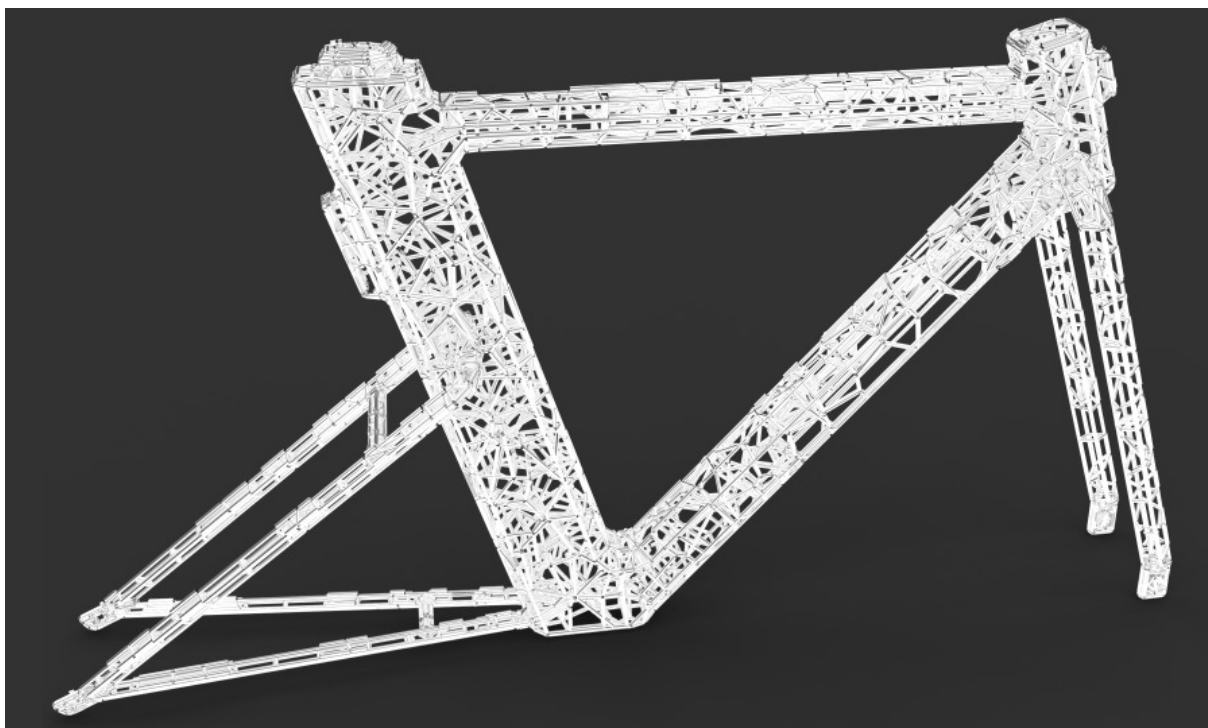


Figura 57: Quadro após processo de Design Generativo.

Fonte: A autora

O modelo final obtido apresentou uma significativa alteração em sua aparência e funcionalidade e representa o resultado da aplicação de design generativo na geometria do quadro de uma bicicleta elétrica. A estrutura mostra uma treliça otimizada, com formas leves e resistentes, obtidas a partir de algoritmos computacionais desenvolvidos no plugin Grasshopper, garantindo um equilíbrio entre eficiência estrutural, peso reduzido e estética inovadora.

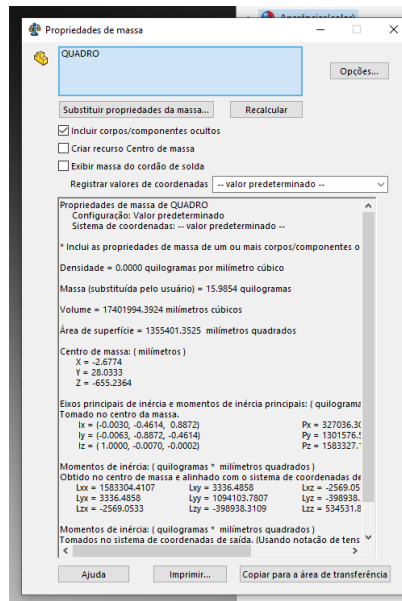


Figura 58: Propriedade de Massa

Fonte: A autora

A massa final do quadro, utilizando material de alumínio, em conjunto com os componentes padrão que compõem uma bicicleta elétrica, totalizou 16 kg, conforme ilustrado na figura acima.

4.3.2 Renderização

A renderização das alternativas foi conduzida para obter representações visuais realistas, facilitando a análise estética e comunicando com clareza o impacto visual do design.



Figura 59: Renderização 01

Fonte: A autora



Figura 60: Renderização 02

Fonte: A autora

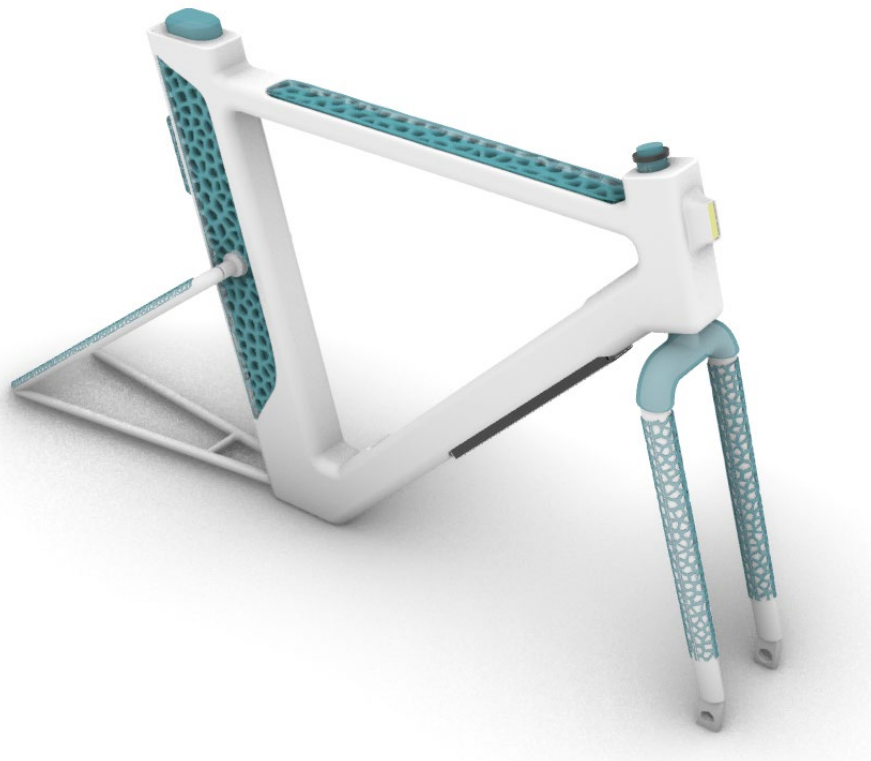


Figura 61: Renderização 03

Fonte: A autora

Uma suspensão dianteira poderia ser incluída substituindo o garfo. Já uma suspensão traseira implicaria mudanças maiores no quadro. Uma possível solução é utilizar a flexibilidade do quadro para atuar como suspensão (*Compliant mechanism*). O uso desses insertos flexíveis é comum tanto em bicicletas mais *high-end* (como bikes para gravel: <https://granfondocycling.com/the-suspension-guide/>), quanto em bicicletas dobráveis.

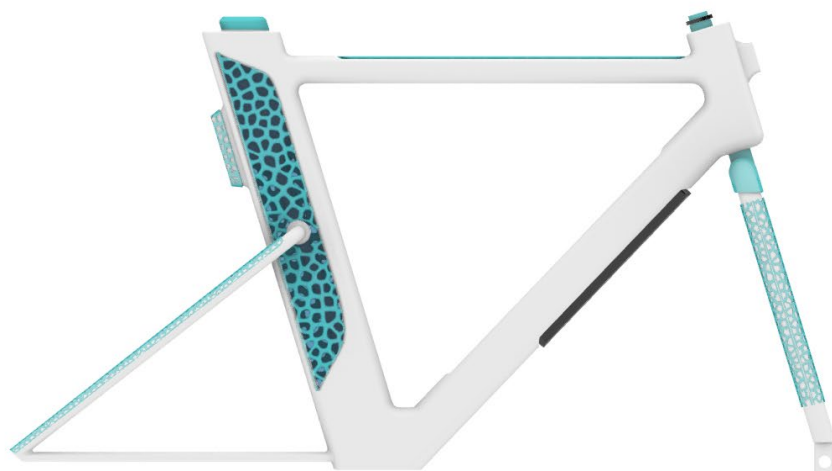


Figura 62: Renderização 04

Fonte: A autora.



Figura 63: Renderização 05

Fonte: A autora

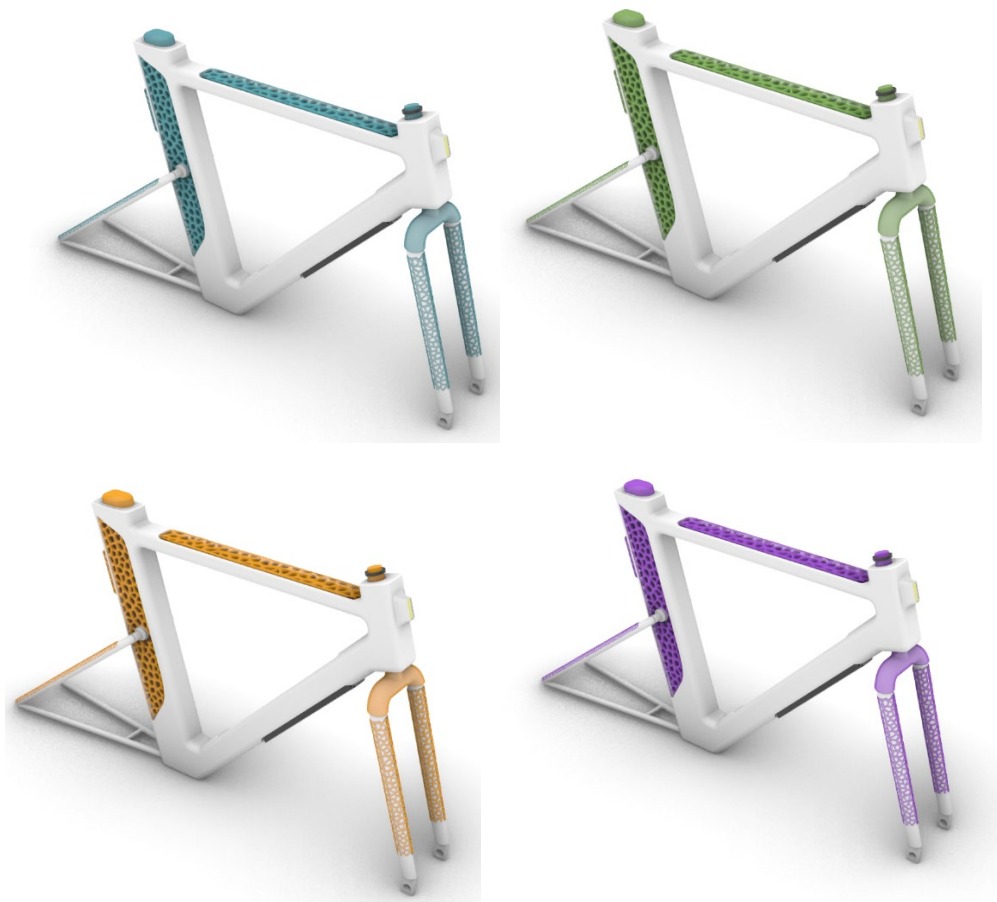


Figura 64: Renderização 06

Fonte: A autora

4.3.2.1 Ambientação

A ambientação das renderizações foi realizada para inserir os modelos em cenários urbanos, simulando o uso das bicicletas no contexto real de mobilidade urbana. Essa etapa permitiu avaliar como os conceitos interagiriam com o ambiente e o público-alvo.



Figura 65: Ambientação 01

Fonte: A autora

A primeira ambientação desenvolvida teve como objetivo representar a bicicleta em um cenário urbano, enfatizando o dinamismo e sua utilização em uma ciclofaixa. A ambientação retrata a bicicleta em um cenário urbano, destacando sua utilização em uma ciclofaixa. A imagem enfatiza o dinamismo e a fluidez do deslocamento, com a bicicleta em movimento, simbolizando a mobilidade eficiente e sustentável nas cidades. A ciclofaixa demarcada no pavimento, com sinalização visível, reforça o compromisso com a infraestrutura urbana voltada para o uso de bicicletas como meio de transporte. Ao fundo, observa-se parte de uma via para veículos, ilustrando a coexistência entre diferentes modais de transporte. A ambientação transmite uma visão moderna e prática da bicicleta, evidenciando seu papel na mobilidade urbana e sua integração harmoniosa ao ambiente das grandes cidades.



Figura 66: Ambientação 02

Fonte: A autora

A segunda ambientação representa a bicicleta em um estado de parada, permitindo uma observação mais detalhada de seus componentes e da posição ergonômica projetada para o ciclista. O quadro desenvolvido no projeto é apresentado de forma clara, destacando sua compatibilidade com componentes diversos encontrados no mercado, como o guidão e os pneus, que foram mesclados para exemplificar a versatilidade e adaptabilidade do design. Além disso, a imagem reforça o equilíbrio entre estética e funcionalidade, evidenciado pela harmonia entre o quadro e os componentes selecionados. A cena, situada em um ambiente ao ar livre com iluminação natural, contribui para a valorização visual da bicicleta, enfatizando sua adequação tanto para uso prático quanto para um estilo de vida moderno e sustentável.

4.4 DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO

Além do design físico das alternativas, foi desenvolvida a concepção de um aplicativo complementar ao projeto. Esse aplicativo busca integrar funcionalidades voltadas à

conectividade, monitoramento de desempenho e suporte ao usuário, ampliando a experiência com o produto e promovendo maior interação entre tecnologia e mobilidade.



Figura 67: Telas do Aplicativo

Fonte: A autora.

O desenvolvimento do aplicativo para a e-bike Zoom foi projetado para complementar a experiência do usuário, integrando funcionalidades que promovem praticidade, conectividade e personalização. Cada tela do aplicativo foi cuidadosamente elaborada para atender às necessidades dos ciclistas, facilitando o controle e a interação com a bicicleta de forma intuitiva e eficiente.

A tela inicial apresenta um design visual atraente, com um botão central de "Iniciar", que conduz o usuário ao painel principal de controle da bicicleta. Na interface de controle, é possível acessar informações importantes, como velocidade, nível de bateria, e opções de

travamento e desbloqueio, além de outras funcionalidades adicionais, promovendo uma gestão completa da e-bike. A funcionalidade de comando por voz foi incorporada para otimizar a experiência do usuário, permitindo interações rápidas e sem a necessidade de manuseio direto.

Uma das telas destaca a função de localização da bicicleta, utilizando um radar para rastrear a posição exata da e-bike em tempo real. Essa funcionalidade proporciona maior segurança e tranquilidade, permitindo que o usuário encontre sua bicicleta em diferentes contextos urbanos. Outra tela centraliza as atividades realizadas, como tempo de uso, distância percorrida e nível de bateria, permitindo ao ciclista acompanhar seu desempenho e gerenciar os recursos da bicicleta.

O aplicativo também oferece um feed de notícias personalizável, com informações sobre novas atualizações, melhorias disponíveis e acessórios compatíveis, incentivando a conexão contínua com a marca e o produto. Por fim, o perfil do usuário reúne dados pessoais, histórico de viagens e informações da e-bike, promovendo uma experiência personalizada e organizada.

5 PROTOTIPAÇÃO

A etapa de prototipação é fundamental no desenvolvimento de um projeto, pois permite transformar conceitos e ideias em modelos físicos. Essa fase possibilita a validação das decisões de design, testando aspectos técnicos, funcionais e estéticos do produto em condições reais. No contexto deste trabalho, a prototipação desempenhou um papel essencial na materialização das alternativas refinadas, viabilizando ajustes e aprimoramentos necessários para assegurar que o produto final atendesse aos requisitos do projeto e às expectativas do público-alvo.

5.1 FATIAMENTO DOS ARQUIVOS

Para viabilizar a impressão 3D, os arquivos digitais do modelo de apresentação foram submetidos a um processo de fatiamento. Essa etapa consistiu em converter a modelagem tridimensional em camadas digitais, otimizadas para o software da impressora. O fatiamento garantiu que os parâmetros de impressão, como espessura de camadas e configurações de suporte, fossem ajustados de forma a preservar a precisão e qualidade do modelo.

5.2 CONSTRUÇÃO DO MODELO

O protótipo foi construído em escala 2:1, empregando técnicas de fabricação digital e prototipagem rápida. A tecnologia de impressão 3D foi utilizada para produzir um modelo detalhado e realista, garantindo alta fidelidade às dimensões estabelecidas no projeto. O material escolhido foi o filamento ABS, reconhecido por sua durabilidade e precisão, o que permitiu criar um protótipo funcional e visualmente representativo.

Essa etapa foi essencial para validar os aspectos técnicos e estéticos do projeto, além de possibilitar ajustes e refinamentos antes do avanço para as próximas fases de desenvolvimento.



Figura 68: Modelo de Bicicleta com Quadro de Design Generativo

Fonte: A autora

Durante o processo de prototipagem do modelo, surgiram desafios relacionados aos arquivos de design generativo aplicados ao quadro da bicicleta. Um dos principais obstáculos foi o elevado número de facetas presentes nas malhas geradas pelo plugin Grasshopper, o que resultou em arquivos extremamente pesados e problemáticos para exportação no formato STL. Essa limitação dificultou a continuidade do processo, uma vez que arquivos muito densos

impactam negativamente tanto na manipulação do modelo quanto na sua viabilidade para impressão ou produção.



Figura 69: Modelo de Bicicleta com Quadro de Design Generativo

Fonte: A autora

Para contornar essas dificuldades, foi necessário realizar ajustes significativos nas configurações de exportação e na modelagem do quadro. Esses ajustes buscaram simplificar as malhas geradas sem comprometer a integridade estrutural e visual do design. Apesar dos esforços, o protótipo final apresentou algumas diferenças em relação à modelagem original, resultado das adaptações feitas durante o processo. No entanto, foi buscado o maior nível de proximidade possível com o conceito inicial, preservando as características fundamentais do design generativo e garantindo a funcionalidade esperada.

O resultado é um protótipo funcional que exemplifica a aplicabilidade do design generativo no desenvolvimento de um quadro de bicicleta, mesmo com os desafios técnicos enfrentados durante a sua confecção.

6 MEMORIAL DESCRITIVO

Nesta etapa buscou-se desenvolver tópicos descritivos e explicativos das características do produto desenvolvido e de todo o seu processo. Segundo Pazmino, o memorial abrange todo o detalhamento que permitira compreender o produto e suas características. (Pazmino, 2015)

6.1 CONCEITO

O detalhamento conceitual descreve objetivamente o produto e seus diferenciais como: inovação, ênfase, padrão estético e estilo. O produto desenvolvido, uma e-bike inovadora, destaca-se por seu design único, que combina tecnologia avançada e elementos semânticos fortes. Inspirado pelos conceitos de retrofuturismo, organismismo e urbanismo, o design incorpora formas otimizadas e uma estética que remete ao equilíbrio entre inovação e sustentabilidade. Com foco na mobilidade urbana, a e-bike busca oferecer não apenas funcionalidade, mas também uma experiência simbólica, destacando-se por sua leveza, ergonomia e integração com tecnologias digitais, como o aplicativo de suporte.

6.2 FATOR DE USO

O detalhamento descreve a usabilidade, antropometria, ergonomia, manutenção, segurança e conforto. A e-bike foi projetada com base em princípios de ergonomia e antropometria, assegurando conforto e eficiência durante o uso. Seu design permite ajustes personalizáveis, como altura do selim e guidão, para atender a uma ampla variedade de usuários. Além disso, os sistemas de travamento e suporte de bateria foram desenvolvidos para proporcionar segurança e praticidade. A manutenção é simplificada por meio do uso de componentes modulares, enquanto o conforto do usuário é garantido pela escolha de materiais leves e resistentes, como alumínio e acabamentos emborrachados.

O quadro é leve devido ao uso do design generativo que permite vazamento na estrutura. Sua limpeza pode ser facilitada com jatos de água. A bicicleta podem ser adicionados outros itens como bagageiro ou porta objetos.

6.3 FATOR TÉCNICO CONSTRUTIVO

O quadro proposto segue a tendência da fabricação digital em que a impressão 3D está sendo cogitada desde 2014 por empresas do vale do silício para impressão em polímeros mais resistentes como em alumínio e fibra de carbono.

O projeto utiliza materiais de alta qualidade, como alumínio na estrutura principal, devido à sua leveza e resistência, e ABS nas peças menores, fabricadas via impressão 3D. O processo de produção envolve corte a laser e soldagem para a estrutura metálica, além de prototipagem rápida para ajustes nos componentes menores. As normas técnicas aplicáveis ao design e à segurança de bicicletas foram rigorosamente seguidas, garantindo conformidade com os padrões da indústria. O sistema de montagem modular permite substituição rápida de peças e facilita o transporte do produto.

6.4 FATOR ESTÉTICO-SIMBÓLICO

O design da e-bike foi pensado para ser um símbolo de inovação e sustentabilidade no contexto urbano. A estética do produto explora cores vibrantes e acabamentos metálicos que remetem ao retrofuturismo, enquanto as formas orgânicas sugerem fluidez e eficiência, inspiradas no organismismo. A escolha de acabamentos emborrachados em áreas de contato direto, como guidão e pedais, complementa o visual com funcionalidade. O significado semântico do produto reforça sua proposta de conectar o usuário ao ambiente urbano de forma moderna e sustentável, ao mesmo tempo em que transmite sofisticação e tecnologia.

Cabe salientar que o quadro de bicicleta precisa ser fabricado e testado para ver sua eficiência. A tecnologia aditiva para sua manufatura é incipiente no Brasil. Porém, pode ser exequível em um futuro próximo.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho envolveu o desenvolvimento de uma bicicleta como solução para a mobilidade urbana sustentável, utilizando o design generativo. Durante o projeto, foi possível abordar e conectar diferentes aspectos, que juntos resultaram em um produto inovador, eficiente e alinhado às necessidades dos usuários e às demandas ambientais contemporâneas. A preocupação com a sustentabilidade ambiental permeou todo o desenvolvimento, orientando a escolha de materiais alternativos e a integração de tecnologias inovadoras, como a manufatura aditiva, que reduziu o desperdício de materiais e melhorou a eficiência do processo produtivo. A bicicleta projetada foi concebida para atender à crescente demanda por soluções de mobilidade urbana mais ecológicas e acessíveis, em conformidade com as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana.

A aplicação do design generativo, por meio do uso do Grasshopper, representou um dos pilares do projeto. Essa ferramenta de modelagem paramétrica permitiu a criação de múltiplas soluções de design baseadas em parâmetros previamente definidos, como desempenho, ergonomia e estética. O uso dessa tecnologia possibilitou a exploração de geometrias complexas e a otimização estrutural da bicicleta, garantindo que os requisitos funcionais fossem atendidos sem comprometer a sustentabilidade ou o apelo estético. Assim, o processo de modelagem generativa demonstrou ser uma abordagem poderosa para transformar necessidades em soluções concretas e eficazes.

A etapa conceitual foi essencial para compreender os problemas relacionados à mobilidade urbana e as necessidades dos usuários. Essa análise incluiu a identificação de desafios, como acessibilidade e inclusão, e a definição de requisitos do projeto, que orientaram as escolhas de design, materiais e tecnologias. Complementando essa fase, a etapa informacional utilizou métodos de coleta de dados, como questionários aplicados ao público-alvo, para compreender suas expectativas, preferências e dificuldades no uso da bicicleta em ambientes urbanos. Esse levantamento foi fundamental para alinhar o design às necessidades reais dos usuários.

A ergonomia desempenhou um papel central na definição do projeto da bicicleta. Com base na análise antropométrica e no desenvolvimento de personas, foi possível adaptar o design para proporcionar conforto, segurança e usabilidade, atendendo a diferentes perfis de usuários. Desde o ajuste de componentes até soluções ergonômicas específicas, cada detalhe foi pensado para oferecer uma experiência de uso otimizada. Além disso, o uso de tecnologias como a manufatura aditiva e o design generativo não apenas otimizou o desempenho estrutural, mas também reduziu o impacto ambiental. Materiais sustentáveis, como alumínio reciclado e fibras

naturais, aliados a processos de fabricação que minimizam o desperdício, garantiram a conformidade com os princípios de sustentabilidade. Tecnologias inteligentes, como sistemas de monitoramento de desempenho e eficiência energética, também foram integradas para aprimorar a funcionalidade e a durabilidade do produto.

A etapa de prototipagem consolidou as soluções propostas durante a modelagem. O Grasshopper foi utilizado para criar modelos paramétricos precisos, que passaram por simulações de desempenho e testes de viabilidade estrutural. A impressão 3D foi fundamental para a fabricação de componentes complexos, possibilitando não apenas a personalização, mas também a criação de formas otimizadas que não seriam viáveis com técnicas de fabricação tradicionais. Essa fase permitiu validar diferentes configurações de design, assegurando que a bicicleta fosse funcional, confortável e esteticamente agradável.

O projeto demonstrou como o design generativo, aliado à sustentabilidade e à inovação tecnológica, pode oferecer soluções eficazes para os desafios da mobilidade urbana. O quadro proposto exemplifica como o design de produtos pode responder a demandas contemporâneas de acessibilidade, sustentabilidade e conforto, explorando novas fronteiras no uso de tecnologias avançadas, como o design paramétrico e a manufatura aditiva. Apesar dos avanços apresentados, o campo do design generativo e a aplicação de novas tecnologias ainda possuem grande potencial para futuros estudos. A pesquisa pode ser ampliada para considerar mais variáveis de personalização, explorando o comportamento dos usuários em diferentes cenários urbanos e redução de custos. A integração de tecnologias avançadas, como sensores de monitoramento em tempo real e sistemas de inteligência artificial, pode criar bicicletas ainda mais adaptáveis e inteligentes. Além disso, um estudo aprofundado do ciclo de vida completo do produto, incluindo reciclagem de componentes e redução de impactos ambientais ao longo de todo o processo, apresenta-se como uma área promissora para novas investigações. Conclui-se que o design generativo não apenas contribui para soluções mais eficientes, mas também oferece uma nova perspectiva sobre como a tecnologia pode ser usada para criar produtos mais responsivos, personalizados e sustentáveis, inspirando novas abordagens para a mobilidade urbana e para outros desafios sociais e ambientais.

8 REFERÊNCIAS

Agkathidis, A. (2016). *Generative Design* (1ª ed.). Laurence King Publishing.

- Almeida, M. D., & Maranhão, A. C. (2021). Design Generativo e Design da Informação: uma aproximação necessária.
- Ashby, M., & Johnson, K. (2011). *Materiais e Design. Arte e Ciência na Seleção de Materiais no Design do Produto*. Elsevier.
- Barbieri, L., & Muzzupappa, M. (2024). Form innovation: investigating the use of generative design tools to encourage creativity in product design. *International Journal of Design Creativity and Innovation*.
- Bersch, R. (2017). *INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA ASSISTIVA*. Porto Alegre. Acesso em 06 de Abril de 2024, disponível em https://www.assistiva.com.br/Introducao_Tecnologia_Assistiva.pdf
- Bonsiepe, G. (1992). *Teoria e Prática do Design Industrial*. Lisboa: Centro Português de Design.
- BRASIL. (2012). *Política Nacional de Mobilidade Urbana*.
- Cabeza, E. U., Moura, M., & Rossi, D. (2014). Design aberto: prática projetual para a transformação social.
- Creutzig, F., Jochem, P., Edelenbosch, O. Y., Mattauch, L., van Vuuren, D. P., McCollum, D., & Minx, J. (2015). Transport: A roadblock to climate change mitigation?
- de Carvalho, M. L., & Freitas, C. M. (2012). Pedalando em busca de alternativas saudáveis e sustentáveis.
- DeCastro, J., Saldanha, L., & Edra, F. P. (2016). *MOBILIDADE CICLOVIÁRIA: A CONVERGÊNCIA*.
- Dickson, T. B. (1985). Preventing Overuse Cycling Injuries.
- Gibson, I., Rosen, D. W., & Stucker, B. (2009). Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing.
- Hadland, T., & Lessing, H. E. (2016). *Bicycle Design: An Illustrated History*. The MIT Press.
- Herlihy, D. V. (2006). *Bicycle: The History*. Yale University Press.
- INMETRO. (2012). Fonte: Requisitos de avaliação da conformidade para componentes de bicicletas de uso adulto.
- Jawaid, M., & Khalil, A. (2011). Cellulosic/synthetic fibre reinforced polymer hybrid composites: A review.
- Junior, C. P., Farbiarz, J. L., & Spitz, R. (2016). *TECNOLOGIAS DE REDES E PRODUÇÃO COLABORATIVA: O NOVO PARADIGMA DO DESIGN ABERTO*.

- Lucchesi, S. T., Kappler, L. B., Arioli, M. S., & D'Agosto, M. d. (2019). BICICLETAS ELÉTRICAS: UMA REVOLUÇÃO ENERGÉTICA NA MOBILIDADE.
- Manzini, E. (2008). *Design para a inovação social e sustentabilidade: comunidades criativas, organizações colaborativas e novas redes projetuais* (1ª ed., Vol. I). Rio de Janeiro: E-papers.
- Manzini, E., & Carlo Vezzoli. (2016). *O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis. Os Requisitos Ambientais dos Produtos Industriais*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.
- Mattos, L. M., Lanutti, J., Alves, A., Medola, F., & Paschoarelli, L. (31 de Dezembro de 2016). PERSONALIDADE DE PRODUTOS ASSISTIVOS E PROPOSTA DE ESCALA DE AGRADABILIDADE DE CORES EM MULETAS AXILARES. *Ergodesign & HCI*, pp. 16-24.
- MIT SENSEABLE City Lab. (2009). Fonte: <https://senseable.mit.edu/copenhagenwheel/press.html>
- Mortenson, M. E. (1985). *Geometric modeling*.
- OMS. (2021). *Organização Mundial da Saúde*. Fonte: <https://brasil.un.org/pt-br/145721-novas-diretrizes-da-oms-sobre-qualidade-do-ar-reduzem-valores-seguros-para-polui%C3%A7%C3%A3o>
- ONU. (2024). *Nações Unidas Brasil*. Acesso em 15 de Abril de 2024, disponível em <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>
- Papanek, V. (1971). *Design for the real world*.
- Pazmino, A. V. (2015). *Como se Cria: 40 métodos para design de produtos*. Ed. Blucher, São Paulo.
- Pimenta, S., & Pinho, S. T. (2011). Recycling carbon fibre reinforced polymers for structural applications: Technology review and market outlook.
- Radabaugh, M. P. (1993). *NIDRR's Long Range Plan - Technology for Access and Function Research Section Two: NIDRR Research Agenda Chapter 5: TECHNOLOGY FOR ACCESS AND FUNCTION*.
- Red Dot . (2024). Fonte: <https://www.red-dot.org/>. Acesso em 10/10/2024
- Reis, D. (2010). *Product Design In The Sustainable Era*. Taschen America Llc.
- Repolês, L., & Castro, I. (01 de Agosto de 2023). Design de próteses para membros superiores: uma revisão. *Ergodesign & USIHC*, pp. 1-16.

- Santos, A. G. (2016). *Design centrado no utilizador no desenvolvimento de próteses: design de uma prótese transradial*. Universidade de Lisboa, Lisboa.
- Scatolim, R. L., dos Santos, J. E., Landim, P. d., & Casari, O. (05 de Dezembro de 2016). DESIGN E TECNOLOGIA ASSISTIVA.: *Ergodesign & HCI* , p. 7.
- SEEG . (2023). *Análise das Emissões dos Gases do Efeito Estufa e suas Implicações para as Metas Climáticas do Brasil* .
- Singh, V., & Gu, N. (2012). Towards an integrated generative design framework.
- Tambini, M. (1996). *O design do Século: o Livro Definitivo do Design do Século XX*.
- The Bike Sauce **Bikes Are 3D PRINTED Now??**
https://www.youtube.com/watch?v=O_glNjQlic0. Acesso em 10/10/ 2024
- Tecmundo. (2018). Arevo apresenta conceito de bicicleta produzida em impressora 3D.
<https://www.tecmundo.com.br/produto/130453-arevo-apresenta-conceito-bicicleta-produzida-impressora-3d.htm>. Acesso em 10/10/ 2024
- Urquhart, L., Wodehouse, A., Loudon, B., & Fingland, C. (2022). The Application of Generative Algorithms in Human-Centered Product Development.
- Vettoretti, A. (2010). *Bancos para ler e conversar : parâmetros de projeto para sistema de design generativo* .
- Wolniak, R. (31 de Maio de 2017). THE DESIGN THINKING METHOD. pp. 247-255.