Lusíada
Repositório das Universidades Lusíada

Universidades Lusíada

Silva, Rodrigo de Oliveira Loureiro Marques da Silva, 2001-

Nenu: propostas para um novo veículo automóvel autónomo

http://hdl.handle.net/11067/8946

Metadados

Data de Publicação 2026

Resumo Ao longo da história, a evolução dos meios de transporte esteve intimamente ligada às transformações sociais, tecnológicas e culturais das civilizações. Desde os primeiros veículos de tração animal até ao desenvolvimento dos automóveis modernos, cada inovação alterou não apenas a forma como as pessoas se deslocam, mas também a relação entre o ser humano, o espaço e a mobilidade. Atualmente, a emergência dos veículos autónomos representa mais uma mudança profunda neste percurso evolutivo, abrindo...

Throughout history, the evolution of transportation has been closely linked to the social, technological, and cultural transformations of civilizations. From the earliest animal-drawn vehicles to the development of modern automobiles, each innovation has changed not only the way people move, but also the relationship between human beings, space, and mobility. Today, the emergence of autonomous vehicles represents another profound shift in this evolutionary journey, opening new possibilities for ...

Palavras Chave Automóveis autónomos - Projectos e construção, Automóveis - Projectos e construção - História

Tipo masterThesis

Revisão de Pares Não

Coleções [ULL-FAA] Dissertações

Esta página foi gerada automaticamente em 2026-11-07T18:28:14Z com informação proveniente do Repositório

UNIVERSIDADE LUSÍADA

FACULDADE DE ARQUITETURA E ARTES

Mestrado em Design

Nenu: propostas para um novo veículo automóvel autónomo

Realizado por:
Rodrigo de Oliveira Loureiro Marques da Silva

Orientado por:
Professor Doutor Designer Carlos Humberto Mateus de Sousa Bártolo

Constituição do Júri:

Presidente:	Professora Doutora Arquiteta Helena Cristina Caeiro Botelho
Orientador:	Professor Doutor Designer Carlos Humberto Mateus de Sousa Bártolo
Arguente:	Professor Doutor Designer Rui Humberto de Matos Dias

Dissertação aprovada em: 13 de outubro de 2026

Lisboa

2026

UNIVERSIDADE LUSÍADA

FACULDADE DE ARQUITETURA E ARTES

Mestrado em Design

Nenu: propostas para um novo veículo automóvel autónomo

Rodrigo de Oliveira Loureiro Marques da Silva

Lisboa

Maio 2026

UNIVERSIDADE LUSÍADA

FACULDADE DE ARQUITETURA E ARTES

Mestrado em Design

Nenu: propostas para um novo veículo automóvel autónomo

Rodrigo de Oliveira Loureiro Marques da Silva

Lisboa

Maio 2026

Rodrigo de Oliveira Loureiro Marques da Silva

Nenu: propostas para um novo veículo automóvel autónomo

Dissertação apresentada à Faculdade de Arquitetura e Artes da Universidade Lusíada para a obtenção do grau de Mestre em Design.

Orientador: Professor Doutor Designer Carlos Humberto Mateus de Sousa Bártolo

Lisboa

Maio 2026

FICHA TÉCNICA

Autor Rodrigo de Oliveira Loureiro Marques da Silva
Orientador Professor Doutor Designer Carlos Humberto Mateus de Sousa Bártolo
Título Nenu: propostas para um novo veículo automóvel autónomo
Local Lisboa
Ano 2026

CASA DO CONHECIMENTO DA UNIVERSIDADE LUSÍADA - CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

SILVA, Rodrigo de Oliveira Loureiro Marques da Silva, 2001-

Nenu : propostas para um novo veículo automóvel autónomo / Rodrigo de Oliveira Loureiro Marques da Silva ; orientado por Carlos Humberto Mateus de Sousa Bártolo. - Lisboa : [s.n.], 2026. - Dissertação de Mestrado em Design, Faculdade de Arquitetura e Artes da Universidade Lusíada.

I - BÁRTOLO, Carlos Humberto Mateus de Sousa, 1968-

LCSH
1. Automóveis autónomos - Projetos e construção
2. Automóveis - Projetos e construção - História
3. Universidade Lusíada. Faculdade de Arquitetura e Artes - Teses
4. Teses - Portugal - Lisboa

1. Self-driving cars - Design and construction
2. Automobiles - Design and construction - History
3. Universidade Lusíada. Faculdade de Arquitetura e Artes - Dissertations
4. Dissertations, academic - Portugal - Lisbon

LCC
1. TL152.8.S55 2026

AVISO LEGAL

O conteúdo desta dissertação reflete as perspetivas, o trabalho e as interpretações do autor no momento da sua entrega. Esta dissertação pode conter incorreções, tanto conceptuais como metodológicas, que podem ter sido identificadas em momento posterior ao da sua entrega. Por conseguinte, qualquer utilização dos seus conteúdos deve ser exercida com cautela. Ao entregar esta dissertação, o autor declara que a mesma é resultante do seu próprio trabalho, contém contributos originais e são reconhecidas todas as fontes utilizadas, encontrando-se tais fontes devidamente citadas no corpo do texto e identificadas na secção de referências. O autor declara, ainda, que não divulga na presente dissertação quaisquer conteúdos cuja reprodução esteja vedada por direitos de autor ou de propriedade industrial.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais quero agradecer pela oportunidade que me deram e os esforços que fizeram para que eu pudesse alcançar tudo o que alcancei até agora e por me fazerem em quem sou hoje. Quero também dizer-lhes que não foi por me perguntarem pela tese todas as semanas que ela foi feita mais rápido, nunca se deve confundir velocidade com andamento.

À minha tia Alice e tio Luís um agradecimento pelo apoio e por terem ajudado a que me pudesse focar a 100% nos estudos (mesmo que me tenha distraído constantemente com outras coisas).

Agradecer também ao meu orientador, professor Carlos Bártolo, por ter aceite entrar neste carro comigo e por sempre me ter ajudado a que não batesse em nenhuma parede.

À minha querida Andreia de Jesus vou estar sempre grato por toda a paciência (olhares de lado), motivação (pressão) e por ter formatado o documento no estacionamento da estação de Campolide porque eu não sei usar o *word*.

Aos meus amigos agradecia…se sempre que referi a tese não me dissessem, "mas isso ainda não está feito?"

Não querendo deixar de referir também, todos os professores que me acompanharam desde o primeiro dia nesta universidade e que de uma ou outra forma também contribuíram para a realização deste objetivo.

Se alguém se sentiu excluído, sinta-se agradecido.

APRESENTAÇÃO

Nenu: propostas para um novo veículo automóvel autónomo

Rodrigo de Oliveira Loureiro Marques da Silva

Ao longo da história, a evolução dos meios de transporte esteve intimamente ligada às transformações sociais, tecnológicas e culturais das civilizações. Desde os primeiros veículos de tração animal até ao desenvolvimento dos automóveis modernos, cada inovação alterou não apenas a forma como as pessoas se deslocam, mas também a relação entre o ser humano, o espaço e a mobilidade. Atualmente, a emergência dos veículos autónomos representa mais uma mudança profunda neste percurso evolutivo, abrindo novas possibilidades para o futuro do transporte e da experiência automóvel.

Nas últimas décadas, o avanço da inteligência artificial, da computação, da conectividade digital e dos sistemas de perceção permitiu o desenvolvimento de veículos capazes de interpretar o ambiente, tomar decisões e circular com níveis crescentes de autonomia. Esta transformação tecnológica introduz um novo paradigma no setor automóvel, no qual o ato de conduzir deixa progressivamente de ser a função central do utilizador. Consequentemente, surgem novas questões relacionadas com o papel do design, da ergonomia e da experiência humana dentro do automóvel.

Tradicionalmente, o design automóvel foi orientado em torno da figura do condutor. A organização do interior, a disposição dos comandos e a própria arquitetura dos veículos foram concebidas para responder às necessidades da condução manual. Contudo, com o desenvolvimento da condução autónoma, o interior do veículo deixa de estar condicionado exclusivamente pela tarefa de conduzir. Esta mudança cria uma oportunidade única para repensar completamente o espaço automóvel e redefinir a relação entre o utilizador e o veículo.

É neste contexto que surge o projeto *Nenu*. Mais do que uma proposta tecnológica, este projeto procura explorar uma nova abordagem conceptual ao veículo autónomo, centrada na experiência do utilizador e na transformação do automóvel num espaço habi-

tável, confortável e emocionalmente acolhedor. A proposta desenvolvida pretende investigar de que forma o design pode contribuir para criar ambientes interiores mais humanos, flexíveis e adaptáveis às diferentes necessidades dos passageiros.

O conceito parte da ideia de que, num futuro autónomo, o automóvel poderá deixar de ser apenas um meio de deslocação para se tornar um espaço de permanência e vivência. Sem a necessidade de condução constante, os utilizadores poderão utilizar o tempo de viagem para descansar, trabalhar, socializar ou simplesmente relaxar. Assim, o interior do veículo aproxima-se cada vez mais da lógica de um ambiente doméstico, onde conforto, bem-estar e funcionalidade assumem um papel central.

Neste sentido, o projeto procura analisar não apenas os aspetos técnicos associados à condução autónoma, mas também as implicações sociais, emocionais e espaciais desta transformação. A investigação aborda temas relacionados com a evolução histórica do automóvel, os sistemas tecnológicos que sustentam os veículos autónomos, as interfaces humano-máquina e o impacto do design na experiência de utilização. Paralelamente, procura-se compreender de que forma os conceitos de habitabilidade, privacidade, modularidade e conforto podem ser integrados no contexto automóvel contemporâneo.

Através desta investigação, pretende-se desenvolver uma proposta de design que reflita uma visão mais humanizada da mobilidade futura, onde tecnologia e experiência sensorial coexistem de forma equilibrada. O objetivo não é apenas imaginar um veículo autónomo funcional, mas sim explorar como o automóvel poderá transformar-se num espaço capaz de proporcionar uma experiência próxima da sensação de "estar em casa".

Desta forma, *Nenu* apresenta-se como uma reflexão sobre o futuro da mobilidade e sobre o potencial do design enquanto ferramenta capaz de redefinir a forma como habitamos, experienciamos e nos relacionamos com os veículos no contexto da autonomia automóvel.

Palavras-chave: design de produto, design automóvel, design de interação, design de interiores, automóveis autónomos

PRESENTATION

Nenu: Proposals for a New Autonomous Motor Vehicle

Rodrigo de Oliveira Loureiro Marques da Silva

Throughout history, the evolution of transportation has been closely linked to the social, technological, and cultural transformations of civilizations. From the earliest animal-drawn vehicles to the development of modern automobiles, each innovation has changed not only the way people move, but also the relationship between human beings, space, and mobility. Today, the emergence of autonomous vehicles represents another profound shift in this evolutionary journey, opening new possibilities for the future of transportation and the automotive experience.

Over the last few decades, advances in artificial intelligence, computing, digital connectivity, and perception systems have enabled the development of vehicles capable of interpreting their surroundings, making decisions, and operating with increasing levels of autonomy. This technological transformation introduces a new paradigm within the automotive sector, in which the act of driving gradually ceases to be the user's primary function. Consequently, new questions emerge regarding the role of design, ergonomics, and the human experience within the automobile.

Traditionally, automotive design has revolved around the figure of the driver. The organization of the interior, the arrangement of controls, and the architecture of vehicles themselves were conceived to meet the demands of manual driving. However, with the development of autonomous driving technologies, the interior of the vehicle is no longer exclusively conditioned by the task of driving. This shift creates a unique opportunity to completely rethink automotive space and redefine the relationship between the user and the vehicle.

It is within this context that the *Nenu* project emerges. More than a technological proposal, this project seeks to explore a new conceptual approach to the autonomous vehicle, centered on user experience and on transforming the automobile into a habitable, comfortable, and emotionally welcoming environment. The proposed concept

investigates how design can contribute to creating interior spaces that are more human, flexible, and adaptable to the diverse needs of passengers.

The concept is based on the idea that, in an autonomous future, the automobile may cease to function solely as a means of transportation and instead become a space for living and inhabitation. Without the constant need for driving, users will be able to use travel time to rest, work, socialize, or simply relax. In this way, the vehicle interior increasingly approaches the logic of a domestic environment, where comfort, well-being, and functionality assume a central role.

In this sense, the project seeks to analyse not only the technical aspects associated with autonomous driving, but also the social, emotional, and spatial implications of this transformation. The research addresses themes related to the historical evolution of the automobile, the technological systems that support autonomous vehicles, human-machine interfaces, and the impact of design on the user experience. At the same time, it aims to understand how concepts such as habitability, privacy, modularity, and comfort can be integrated into the contemporary automotive context.

Through this investigation, the project aims to develop a design proposal that reflects a more human-centered vision of future mobility, where technology and sensory experience coexist in balance. The objective is not simply to imagine a functional autonomous vehicle, but rather to explore how the automobile may transform into a space capable of providing an experience close to the feeling of "being at home."

In this way, *Nenu* presents itself as a reflection on the future of mobility and on the potential of design as a tool capable of redefining how we inhabit, experience, and relate to vehicles within the context of automotive autonomy.

Keywords: product design, automotive design, interaction design, interior design, autonomous vehicles.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Imagem1- Vista a ¾ frontal do veículo 75
Imagem 2- Vista a ¾ traseira do veículo 75
Imagem 3- Vista a ¾ traseira do veículo com bagageira, porta e capô aberto 76
Imagem 4- Vista a ¾ frontal do veículo com porta e capô aberto 76
Imagem 5- Vista lateral do desenho do veículo com medidas 81
Imagem 6- Vista frontal do desenho do veículo com medidas 81
Imagem 7- Vista frontal do veículo 83
Imagem 8- Vista traseira do veículo 83
Imagem 9- Vista frontal do veículo com luz de travagem 85
Imagem 10- Vista frontal do veículo com luz de cedência de passagem 85
Imagem 11- Vista traseira do veículo com luz de travagem 86
Imagem 12- Vista traseira do veículo com luz de presença 86
Imagem 13- Vista traseira do veículo com luz de mudança de direção 87
Imagem 14- Vista traseira do veículo com luz de marcha-atrás 87
Imagem 15- Layout interior do veículo na forma inicial 89
Imagem 16- Layout interior do veículo com banco lateral dobrado em mesa 89
Imagem 17- Layout interior do veículo com banco frontal invertido 90
Imagem 18- *Render* do interior do veículo com passageiros 90
Imagem 19- Desenho dos bancos com medidas 92
Imagem 20- Maqueta digital do interior do veículo 93
Imagem 21- Consola central do veículo 95
Imagem 22- Consola central do veículo com compartimentos abertos 96
Imagem 23- Detalhe de conexões da consola central 97
Imagem 24- Detalhe de porta-copos da consola central 97
Imagem 25- Ecrã do veículo recolhido 99
Imagem 26- Ecrãs de início e de navegação da consola central 100
Imagem 27- Ecrãs de navegação da consola central 101
Imagem 28- Ecrãs de informação da consola central 102
Imagem 29- Maqueta de ecrãs da aplicação 105
Imagem 30- Maqueta de ecrãs da aplicação 106
Imagem 31- Maqueta de ecrãs da aplicação 106

Imagem 32- Maqueta de ecrãs da aplicação 107
Imagem 33- Maqueta de ecrãs da aplicação 108
Imagem 34- Maqueta de ecrãs da aplicação 109
Imagem 35- Maqueta de ecrãs da aplicação 109
Imagem 36- Maqueta de ecrãs da aplicação 110
Imagem 37- Maqueta de ecrãs da aplicação 110

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

CAD - *Computer-Aided Design*
CAN - *Controller Area Network*
GNSS - *Global Navigation Satellite System*
GPS - *Global Positioning System*
GPU - *Graphics Processing Unit*
IHM - Interface Humano-Máquina
IMU - *Inertial Measurement Unit*
LiDAR - *Light Detection and Ranging*
RADAR - *Radio Detection and Ranging*
SAE - *Society of Automotive Engineers*
UI/UX - *User Interaction / User Experience*
V2V - *Vehicle-to-Vehicle*
V2X - *Vehicle-to-Everything*

SUMÁRIO

1 Introdução 21

1.1 Contextualização 21

1.2 Problemática 21

1.3 Questões de investigação 22

1.4 Objetivos 22

1.5 Argumento 23

1.6 Metodologia 23

1.7 Diagrama de investigação 25

2 Evolução do design dos veículos 27

2.1 Dos veículos a tração animal, aos veículos a motor 27

2.1.1 Funcionalidade e desenvolvimento dos veículos a tração animal 27

2.1.1.1 Origens dos veículos de tração animal 27

2.1.1.2 Evolução tecnológica dos veículos de tração animal 28

2.1.1.3 Aplicações e usos dos veículos de tração animal 31

2.1.2 Mudanças sociais e simbologia 33

2.1.2.1 Impacto social dos veículos de tração animal 33

2.1.2.2 Simbologia e status associado aos veículos 36

2.1.3. Primeiras tentativas de motorização 40

2.2 A evolução do veículo a motor até aos tempos modernos 42

2.2.1 A era dos primeiros automóveis 42

2.2.1.1 Desenvolvimento dos Primeiros Veículos Motorizados 42

2.2.2 O impacto da produção em massa e do design na sociedade 45

2.2.2.1 A Era dos Primeiros Automóveis 45

2.2.2.2 Competição e Evolução dos Primeiros Modelos 45

2.2.2.3 Avanços de Engenharia e Inovações Mecânicas 45

2.2.3 O Impacto da Produção em Massa e do Design na Sociedade 48

2.2.3.1 Linha de Montagem e Popularização do Automóvel 48

2.2.3.2 Design e Cultura Automobilística 49

2.2.4 O Automóvel Moderno 50

2.2.4.1 Tecnologia e Digitalização 50

3 Design Aplicado a Veículos Autónomos **53**

3.1 Investigação do Conceito de Automóveis Autónomos **53**

3.1.1 Definição e Princípios de Veículos Autónomos **53**

3.1.1.1 Níveis de Autonomia (SAE J3016) **53**

3.1.1.2 Componentes Básicos de um Sistema Autónomo **55**

3.2 Investigação de Tecnologias no Design Automotivo **57**

3.2.1 Sensores e Sistemas de Perceção **57**

3.2.1.1 Lidar vs. Radar vs. Visão Computacional **57**

3.2.1.2 Interface Humano-Máquina **60**

3.3 Contexto Histórico e Evolução **61**

3.3.1 Primeiros Protótipos e Experimentações **61**

3.3.1.1 Início das ideias de automação **61**

3.3.1.2 A primeira experiência de guiamento magnético **62**

3.3.1.3 Avanços em radar, sensores e controlo remoto **62**

3.3.1.4 Primeiros testes de rodovias inteligentes **63**

3.3.2 Marcos Tecnológicos **63**

3.4 Conceptualização da Proposta **67**

3.4.1 Metodologia de Design **67**

3.4.1.1 Design de UI/UX para Passageiros **68**

3.4.1.2 Comunicação Veículo-Pedestre (Luzes, Sons, Superfícies Dinâmicas) **69**

3.4.1.3 Materiais e Estrutura **69**

4 Desenvolvimento e apresentação do projeto **71**

4.1 Exterior **73**

4.1.1 Forma **73**

4.1.2 Dimensões **78**

4.1.3 Sinalização **81**

4.2 Interior **88**

4.2.1 Layout, bancos e ambiência **88**

4.2.2 Consola central, entretenimento e funcionalidades **94**

4.3 Interface **99**

4.3.1 Navegação **99**

4.3.2 Informação **102**

4.3.3 Entretenimento **103**

4.3.4 Aplicação **104**

4.3.4.1 Navegação e programação **104**

4.3.4.2 Entretenimento e funções **107**

4.3.4.3 Informação **111**

5 Considerações Finais **113**

1 Introdução

1.1 Contextualização

A motivação para esta investigação surge do contexto atual de urbanização acelerada e da crescente necessidade de soluções de mobilidade que promovam não só eficiência, mas também conforto e integração com o estilo de vida moderno.

Num mundo onde a tecnologia oferece cada vez mais soluções automáticas e inteligentes, a criação do conceito de um espaço autónomo que vá além da função tradicional de transporte e que, simultaneamente, responda às expectativas e necessidades dos utilizadores, torna-se uma proposta inovadora.

Ao projetar este veículo como um espaço de lazer, deseja-se criar uma forma de relação entre o utilizador e o ambiente de mobilidade, onde o veículo deixa de ser um objeto para se tornar uma extensão do espaço pessoal.

1.2 Problemática

A rápida evolução dos veículos autónomos nos últimos anos trouxe à tona não só novas possibilidades de mobilidade, como também novos desafios e expectativas.

Embora o foco inicial das empresas automotivas e tecnológicas tenha sido a funcionalidade da condução autónoma, surge agora a necessidade de repensar como estes veículos são usados pelo utilizador, além de uma simples deslocação.

Nesta nova abordagem, o veículo deve responder às necessidades de uma experiência que vá além do transporte tradicional, posicionando-se como um espaço de conforto e de múltiplas utilidades.

A problemática desta investigação reside, assim, na lacuna de soluções que integrem de forma completa a experiência do utilizador em cenários de autonomia total. A maioria dos veículos autónomos em desenvolvimento continua a replicar o ambiente convencional do carro, focando-se principalmente na automação da condução e na segurança, mas sem explorar ao máximo o potencial de novas formas de interação.

1.3 Questões de investigação

Questão principal

Como é que o design interior e exterior de um veículo autónomo pode ser idealizado para atender às necessidades e expectativas dos futuros usuários, considerando a ausência de um motorista humano e a incorporação de tecnologias avançadas?

Questões secundárias

1- Quais as tecnologias interativas, como interfaces táteis e comandos por voz, que são mais adequadas para melhorar a experiência do usuário em veículos autónomos?

2- Quais os elementos do design dos automóveis convencionais que devem ser eliminados ou modificados em veículos autónomos?

3- Quais as novas características que podem ser introduzidas para aprimorar a experiência do usuário?

4- Como novas conformidades espaciais são possíveis num carro autónomo?

1.4 Objetivos

Objetivo principal

Criar um conceito de design para o interior e o exterior de um carro autónomo, considerando as necessidades e expectativas dos futuros usuários.

Explorar como a ausência de um motorista humano pode influenciar o *layout* do veículo, incorporando tecnologias avançadas e interfaces intuitivas.

Objetivos secundários

1- Explorar como tecnologias interativas, como interfaces táteis e comandos por voz, podem ser incorporadas para melhorar a experiência do usuário.

Avaliar a eficácia dessas tecnologias em termos de usabilidade e acessibilidade para diferentes grupos de usuários.

2- Determinar quais as características presentes em automóveis convencionais que podem ser eliminadas ou modificadas em um veículo autónomo, como a ausência de volante e pedais.

3- Propor novas características que possam ser incorporadas para melhorar a experiência do usuário, como sistemas de entretenimento avançados, maior espaço e conforto para passageiros e funcionalidades de conectividade.

1.5 Argumento ou hipótese

O cuidado no design de interior e de interface em veículos autónomos é essencial para a criação de uma fruição optimizada da viagem automóvel.

1.6 Metodologia

A metodologia adotada para esta dissertação será de natureza mista, combinando diferentes abordagens qualitativas para proporcionar uma análise abrangente do tema. Os principais métodos de investigação consistem na análise de casos de estudo e na revisão de literatura. Serão também aplicados métodos de desenvolvimento projetual, próprios da prática do design.

Análise e Revisão de Literatura:

Esta análise ajudará a identificar práticas inovadoras e desafios comuns no design e na funcionalidade desses veículos. Paralelamente, a revisão de literatura fornecerá uma base teórica sólida, explorando pesquisas e publicações relevantes sobre automatização de veículos, design automotivo e interação humano-máquina.

Metodologia de projeto:

Esboços Conceituais

Desenvolvimento de esboços para explorar diferentes ideias e possibilidades de design para o interior e o exterior do veículo autónomo.

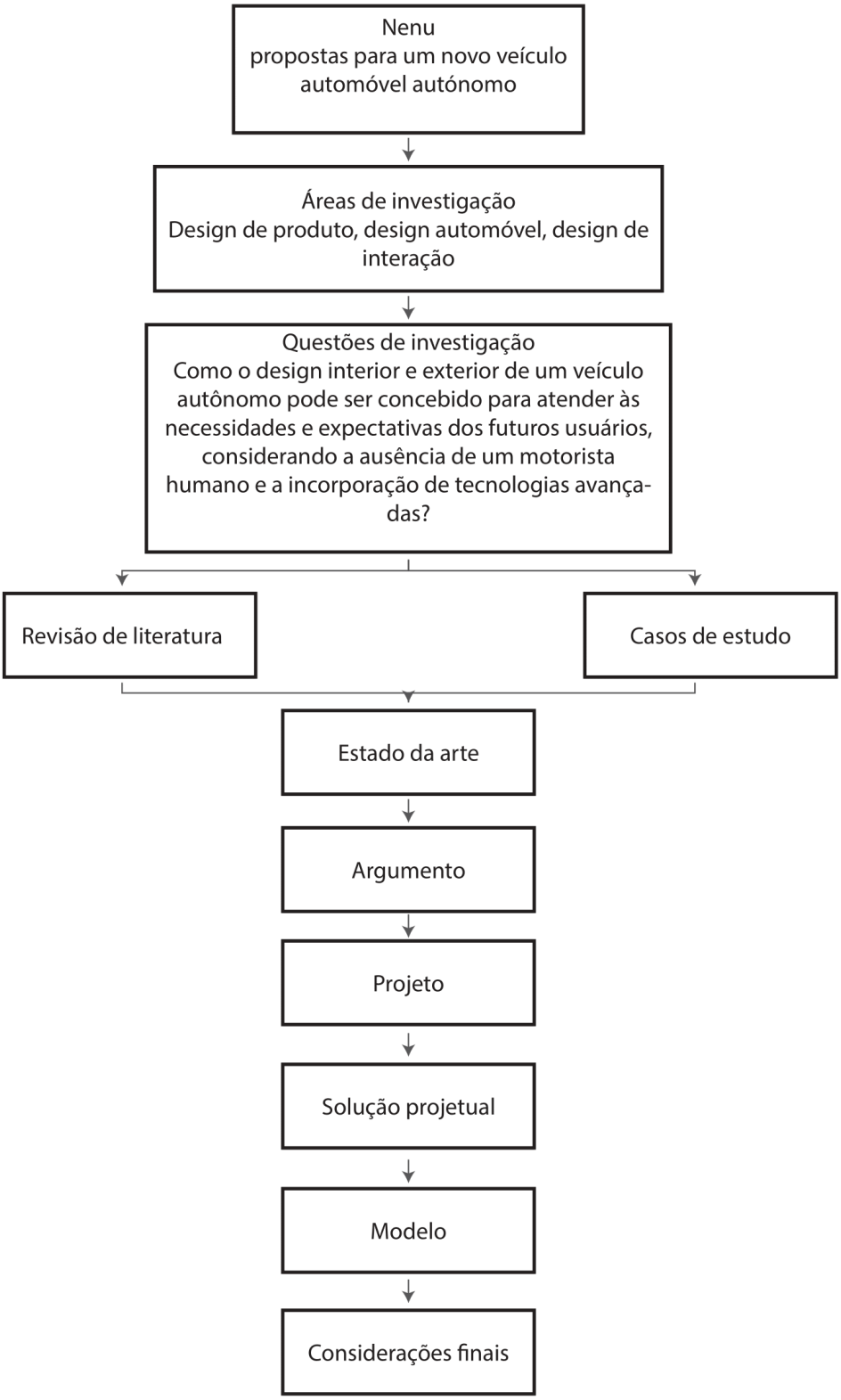
Modelação 3D

Transformação dos esboços em modelos 3D, utilizando software de modelagem.

Prototipagem Digital

Criação de protótipos digitais para visualização e avaliação dos modelos num ambiente virtual, permitindo identificar melhorias e ajustes necessários.

1.7 Diagrama de investigação



2 Evolução do design dos veículos

2.1 Dos veículos a tração animal, aos veículos a motor

2.1.1 Funcionalidade e desenvolvimento dos veículos a tração animal

2.1.1.1 Origens dos veículos de tração animal

A história dos veículos de tração animal começa nos primórdios da civilização, onde a necessidade de transporte eficiente impulsionou o desenvolvimento de carroças, carros e outros veículos com rodas. Estas inovações surgiram em civilizações antigas como a Mesopotâmia, Egito, e Roma, onde a combinação de necessidades agrícolas, comerciais e militares moldou a evolução do transporte puxado por animais.

Na Mesopotâmia, um dos berços mais antigos da civilização, o uso de veículos com rodas remonta a cerca de 3000 a.C. Estes veículos primitivos eram utilizados principalmente para fins agrícolas e para o transporte de mercadorias. Straus (1916, pp 17-56) descreve as primeiras carroças como estruturas simples, compostas por rodas de madeira maciça presas a uma plataforma de madeira puxadas por bois, animais conhecidos pela sua força e resistência, estas carroças permitiam o transporte de cargas pesadas, essencial para a agricultura e o comércio. No entanto, as rodas de madeira maciça, embora duradoras, eram pesadas e pouco eficientes, limitando a velocidade e a manobrabilidade. Ainda assim, representavam um avanço tecnológico significativo, permitindo o transporte de bens a distâncias maiores do que seria possível apenas com trabalho manual.

No antigo Egito, os veículos de tração animal assumiram um papel mais especializado, destacando-se os carros de guerra. Mais leves e ágeis do que as carroças da Mesopotâmia, os carros egípcios refletiam as necessidades de uma sociedade focada na guerra e no estatuto social. Thrupp (1877, pp 1-25) explica que os carros egípcios eram construídos com madeira e couro, com tecnologias que ajudavam na redução do peso e melhoravam a manobrabilidade. Utilizados principalmente em batalhas, estes carros

permitiam o movimento rápido de tropas e arqueiros, tornando-se uma arma formidável. Além da funcionalidade, os carros egípcios eram obras de arte, frequentemente decorados com símbolos de poder e riqueza.

Os romanos levaram o design e a utilidade dos veículos de tração animal a um novo nível. Com uma sociedade complexa e uma vasta rede de estradas, os romanos desenvolveram uma variedade de veículos para diferentes fins. Straus (1916 pp.17-56) destaca que as carroças e carruagens romanas eram reforçadas com ferro, aumentando a sua durabilidade e capacidade de carga. Veículos como o *carrus*, uma carroça de quatro rodas para transporte de mercadorias, e o *cisium*, uma carruagem leve para viagens pessoais, tornaram-se comuns. As estradas romanas, bem construídas e extensas, facilitavam o movimento de pessoas e bens, promovendo o comércio e a integração cultural. Os materiais e princípios de design dos primeiros veículos de tração animal eram moldados pelos recursos disponíveis e pelo conhecimento tecnológico da época. A madeira era o material principal, enquanto o metal e o couro eram usados para reforços e arreios. O foco estava na funcionalidade, com ênfase na durabilidade e capacidade de carga. No entanto, à medida que as civilizações avançavam, também evoluíam os veículos. A introdução de rodas com raios, por exemplo, foi um marco, reduzindo o peso e aumentando a eficiência. Da mesma forma, o uso de ferro nos veículos romanos permitira o transporte de cargas mais pesadas, impulsionando o comércio e a expansão territorial.

2.1.1.2 Evolução tecnológica dos veículos de tração animal

A evolução tecnológica dos veículos de tração animal foi marcada por avanços significativos que transformaram carroças rudimentares em máquinas sofisticadas. Estas mudanças foram impulsionadas pela necessidade de maior eficiência, conforto e versatilidade, refletindo o progresso das sociedades humanas.

Um dos marcos mais importantes foi a introdução das rodas com raios. As primeiras carroças, utilizavam rodas de madeira maciça, pesadas e pouco eficientes. As rodas com raios, mais leves e ágeis, revolucionaram o design dos veículos. Thrupp (1877, pp 1-25) explica que este avanço surgiu na Mesopotâmia, onde a leveza das rodas com raios oferecia vantagens na guerra e no transporte. Esta inovação espalhou-se

rapidamente, sendo adotada por gregos e romanos, que a incorporaram em diversos tipos de veículos.

Após a queda do império romano, houve poucos avanços tecnológicos no que diz respeito a veículos de tração animal, até ao período da idade media. A partir daí surge no século XV o coche com a quinta roda, que permitia a rotação do eixo dianteiro independente do traseiro, o que melhorava drasticamente a manobrabilidade dos veículos. O próximo marco tecnológico que deve ser destacado dá-se no século XVII, período que foi de grandes transformações no design e na funcionalidade dos veículos de tração animal. As inovações desse tempo não só melhoraram o conforto e a eficiência, como também refletiram as mudanças nas necessidades e aspirações das sociedades europeias. Entre as principais mudanças, destacou-se a introdução de novos designs, como a berlinda, e o uso de tecnologias como molas de aço e janelas de vidro, que revolucionaram a experiência de viagem.

A primeira berlinda surgiu na Alemanha, em 1660, e rapidamente conquistou popularidade por toda a Europa. Segundo Thrupp (1877, pp 26-55), tratava-se de um veículo leve e elegante, ideal para viagens rápidas e confortáveis. Diferente das carruagens pesadas e desajeitadas do passado, a berlinda apresentava um design inovador. Possuía duas perchas (barras de suporte) em vez de uma única, o que tornava a suspensão mais estável e suave. Além disso, o uso de correias de couro ajustáveis com pequenos cabos permitia que o corpo da carruagem se movesse para cima e para baixo, reduzindo o balanço lateral característico dos modelos anteriores. Esta inovação foi fundamental na evolução dos veículos de tração animal, pois introduziu um novo princípio de suspensão, que mais tarde influenciaria o desenvolvimento de molas horizontais e de cotovelo.

Outra melhoria importante foi a introdução de molas de aço, inicialmente experimentadas na *brouette*, um veículo francês. Essas molas proporcionavam uma viagem mais suave, minimizando o impacto das estradas irregulares. Thrupp (1877, pp 26-55) descreve como essas molas começaram a ser usadas em carruagens menores antes de se tornarem padrão nos veículos maiores, como as berlindas. A combinação de molas de aço e correias de couro tornou os veículos mais leves, rápidos e confortáveis, representando um avanço significativo em relação aos designs anteriores.

No campo dos materiais e do design estético, também houve progressos notáveis. As janelas de vidro, por exemplo, tornaram-se comuns em carruagens de luxo, substituindo as cortinas de couro ou tecido que eram usadas anteriormente. Thrupp (1877, pp 26-64), menciona que as primeiras carruagens com janelas de vidro surgiram na corte do Imperador Leopoldo, em Viena, por volta de 1658. Conhecidas como 'carruagens de vidro imperiais', eram revestidas com tecido vermelho e tinham painéis de vidro a toda a volta, conferindo-lhes uma aparência impressionante. No entanto, de acordo com Thrupp (1877, pp 26-64), nem todos aprovavam a inovação, havendo quem se queixasse de que as janelas se abriam constantemente durante as viagens, sobretudo em estradas mais acidentadas, causando desconforto.

Na Inglaterra, algumas figuras destacaram-se no aperfeiçoamento do design das carruagens. Colonel Blunt desenvolveu um modelo mais leve e eficiente, a que chamou *chariot*. Samuel Pepys, em seu diário, relata a experiência de testar uma dessas carruagens em 1665, elogiando a sua leveza e facilidade de condução. Contudo, observou que o conforto não era tão bom quanto o esperado, sugerindo que as inovações ainda precisavam de refinamento.

Além das carruagens de luxo, o século XVII assistiu ao surgimento de veículos públicos. Em Paris, os *carrosses à cinq sols*, introduzidos em 1662, funcionavam como os primeiros autocarros. No entanto, segundo Thrupp (1877, pp 97-125), a moda não durou muito. Após um período inicial de entusiasmo, o público perdeu o interesse e os veículos foram descontinuados. Mesmo assim, representaram um passo importante no desenvolvimento do transporte público.

As carruagens da malaposta (*stage-coaches*) também se tornaram populares na Inglaterra. Eram veículos pesados e lentos, mas essenciais para o transporte de passageiros e mercadorias entre cidades. Thrupp (1877, pp 97-125) descreve como estas diligências possuíam cortinas de couro e grandes cestas na traseira para carregar bagagens. Apesar de suas limitações, ofereciam maior comodidade e proteção contra o clima em comparação com as viagens a cavalo.

Veículos menores e mais ágeis também ganharam espaço. As *gigs* e as caleches, leves e fáceis de manobrar, eram ideais para deslocações rápidas. Thrupp (1877, pp 56-96) descreve a *gig* como uma 'concha' montada sobre duas rodas, com um assento curvado e um capô ajustável. Foi amplamente adotada na França, onde era chamada de caleche, e na Itália, onde recebeu o nome de *calesso*. Em áreas urbanas, onde a mobilidade era essencial, estas opções tornaram-se bastante populares.

Contudo, nem todas as inovações do século XVII foram bem-sucedidas. Um exemplo notável foi um veículo, inventado por Sir Richard Bulkeley, em Dublin, em 1685. O veículo de duas rodas foi concebido para ser praticamente impossível de capotar, graças a um sistema complexo de rolos e correias. No entanto, como relata Thrupp (1877, pp 65-96), era extremamente barulhento e propenso a pegar fogo, o que limitou sua adoção. Apesar disso, a invenção de Bulkeley demonstrou a criatividade e a ambição dos 'designers' da época, que procuravam constantemente melhorar a segurança e o conforto dos veículos de tração animal.

Os arreios também passaram por transformações significativas ao longo do tempo. Os primeiros sistemas de arreio eram simples e relativamente ineficientes, exercendo pressão sobre o pescoço e o peito dos animais, o que limitava a sua capacidade de tração e causava desconforto. Com a crescente importância económica do transporte terrestre, surgiram várias inovações destinadas a aumentar a eficiência e preservar o valor dos animais de tração, entre as quais se destacam a introdução do arreio de colar, ou coelheira, e a adoção das ferraduras metálicas. Neste caso, a introdução do arreio de colar na Europa medieval constituiu um importante ponto de viragem. Thrupp (1877, pp 65-125) destaca que este novo design distribuía a carga de forma mais uniforme pelos ombros do animal, reduzindo o esforço físico e permitindo uma utilização mais eficiente da sua força. Tal inovação favoreceu o uso do cavalo em substituição gradual dos bois, uma vez que os cavalos eram mais rápidos e ágeis, aumentando significativamente a eficiência dos veículos de tração animal e possibilitando o transporte de cargas mais pesadas a distâncias maiores.

2.1.1.3 Aplicações e usos dos veículos de tração animal

Os veículos de tração animal foram fundamentais em diversas áreas da vida humana, incluindo a agricultura, o transporte, o comércio e a guerra. A sua versatilidade

e adaptabilidade tornaram-nos ferramentas indispensáveis para o desenvolvimento das sociedades.

Na agricultura, os veículos de tração animal eram essenciais. Straus (1916, pp 17-42) destaca como as carroças permitiam o transporte de colheitas, ferramentas e outras cargas pesadas, aumentando significativamente a produtividade. Em regiões com grandes operações agrícolas, a eficiência no transporte era crucial para o sucesso económico. Além disso, estes veículos permitiam a expansão das áreas cultivadas, pois os agricultores podiam transportar bens para campos mais distantes.

No transporte, os veículos de tração animal serviam tanto para fins pessoais como públicos. Thrupp (1877, pp 97-125), menciona que carruagens e coches eram populares entre os ricos, enquanto as diligências públicas ofereciam opções acessíveis para as classes menos abastadas. As redes rodoviárias em expansão facilitavam o movimento de pessoas e bens, promovendo o intercâmbio económico e cultural. Nas cidades, os veículos de tração animal eram utilizados para o transporte público, movimentando pessoas e mercadorias através de ruas movimentadas.

O comércio também dependia fortemente destes veículos. Straus (1916, pp 17-42) explica que a capacidade de transportar grandes quantidades de bens de forma eficiente foi fundamental para o crescimento das redes comerciais. Em regiões sem acesso a vias navegáveis, os veículos de tração animal eram a única alternativa para o transporte terrestre. Além disso, os mercadores que viajavam longas distâncias traziam não apenas bens, mas também ideias e culturas, enriquecendo as sociedades.

Na guerra, os veículos de tração animal, especialmente os carros de guerra, desempenharam um papel estratégico. Straus (1916, pp 126-140) descreve como os carros de guerra eram utilizados para transportar soldados e arqueiros, proporcionando uma plataforma móvel para operações ofensivas e defensivas. A sua velocidade e manobrabilidade tornavam-nos uma arma poderosa, muitas vezes decisiva no campo de batalha. Além disso, estes veículos eram utilizados para transportar suprimentos e equipamentos, garantindo que os exércitos pudessem operar a longas distâncias.

2.1.2 Mudanças sociais e simbologia

2.1.2.1 Impacto social dos veículos de tração animal

Os veículos de tração animal tiveram um impacto profundo e duradouro nas estruturas sociais, económicas e culturais das civilizações ao longo da história. Desde os primórdios da Mesopotâmia até ao auge do Império Romano, e posteriormente na Europa medieval e renascentista, estes veículos desempenharam um papel crucial no desenvolvimento de rotas comerciais, na urbanização e na conexão entre comunidades. A sua capacidade de transportar pessoas e mercadorias de forma eficiente permitiu o crescimento de cidades, a expansão de impérios e a criação de redes de comércio que moldaram o mundo moderno.

Na Mesopotâmia, uma das primeiras civilizações a utilizar veículos de tração animal, as carroças puxadas por bois foram essenciais para o transporte de produtos agrícolas e mercadorias. Straus (1916, pp 17-42) destaca que estas carroças permitiam o movimento de grandes quantidades de bens, o que era fundamental para o comércio e a subsistência das primeiras cidades-estado. A capacidade de transportar grãos, tecidos e outros produtos a longas distâncias facilitou o comércio entre regiões, promovendo a troca de ideias, tecnologias e culturas. Este intercâmbio não só enriqueceu as sociedades, mas também contribuiu para o desenvolvimento de rotas comerciais que se tornariam vitais para a economia global.

No antigo Egito, os carros de guerra puxados por cavalos desempenharam um papel crucial na expansão militar e na consolidação do poder faraónico. No entanto, além do seu uso militar, os carros também eram utilizados em cerimónias e procissões, reforçando o poder e o status do faraó. A presença de carros em eventos públicos e religiosos simbolizava a força e a estabilidade do Estado, enquanto servia como uma demonstração de riqueza e tecnologia.

O Império Romano levou o uso de veículos de tração animal a um novo nível, com uma rede extensa de estradas que conectava todas as partes do império. Straus (1916, pp 17-42) descreve como os romanos desenvolveram uma variedade de veículos, desde carroças de carga até carruagens de passageiros, que eram essenciais para o transporte de

mercadorias e pessoas. As estradas romanas, construídas com técnicas avançadas de engenharia, permitiam que os veículos se movessem rapidamente e com segurança, mesmo em terrenos difíceis. Esta infraestrutura não só facilitou o comércio e a comunicação, mas também permitiu o movimento de tropas, garantindo a segurança e a estabilidade do império.

A urbanização foi outro resultado significativo do uso de veículos de tração animal. À medida que as cidades cresciam, a necessidade de transportar alimentos, materiais de construção e outros bens tornou-se cada vez mais importante. Thrupp (1877, pp 16-55) destaca que, na Europa medieval, as carroças e carruagens eram essenciais para o abastecimento das cidades, permitindo o transporte de grandes quantidades de mercadorias desde as áreas rurais até aos centros urbanos. Este fluxo constante de bens e pessoas contribuiu para o crescimento económico e cultural das cidades, transformando-as em centros de comércio, arte e conhecimento.

Impacto social e cultural após o período medieval

Após o período medieval, os veículos de tração animal continuaram a desempenhar um papel significativo na sociedade, especialmente com o desenvolvimento e a popularização das carruagens. A introdução e evolução das carruagens trouxeram mudanças notáveis nas esferas social, económica e cultural da Europa e além.

As carruagens tornaram-se símbolos de status e prestígio social. Possuir uma carruagem elaborada era um indicativo de riqueza e posição social elevada. Eventos sociais, como desfiles e procissões, frequentemente apresentavam carruagens ornamentadas, refletindo a importância e o poder de seus proprietários. Thrupp (1877, pp 26-96) destaca como as carruagens reais e nobres eram decoradas com esculturas e apontamentos dourados, servindo como demonstrações móveis de opulência.

Além disso, as carruagens influenciaram a moda e o vestuário. A necessidade de entrar e sair graciosamente das carruagens levou ao desenvolvimento de estilos de vestuário que facilitavam esses movimentos, especialmente entre as mulheres da alta sociedade. Thrupp (1877, pp 26-96) menciona que os vestidos das damas eram adaptados

para permitir uma entrada elegante nas carruagens, influenciando as tendências da moda da época.

Desenvolvimento Urbano e Infraestrutura

O aumento do uso de carruagens nas cidades europeias levou à necessidade de melhorias nas infraestruturas urbanas. Ruas foram alargadas e pavimentadas para acomodar o tráfego crescente de carruagens. Thrupp (1877, pp 97-125) observa que a procura por viagens mais suaves nas cidades impulsionou projetos de pavimentação e manutenção de estradas.

Além disso, a proliferação de carruagens levou ao estabelecimento de serviços públicos de transporte, como as diligências, ou malapostas, que conectavam diferentes partes das cidades e regiões. Estes serviços facilitaram o comércio e a comunicação, contribuindo para o crescimento económico. Segundo Thrupp (1877, pp 26-96), o serviço da malaposta tornou-se essencial para o transporte de correspondências e mercadorias, ligando centros comerciais e promovendo o desenvolvimento económico.

Impacto Económico

O fabrico e manutenção de carruagens tornaram-se indústrias prósperas, empregando uma variedade de artesãos, incluindo carpinteiros, ferreiros e estofadores. A procura por carruagens de alta qualidade estimulou o crescimento de oficinas especializadas e comércio associado.

Além disso, o comércio de cavalos adequados para tração de carruagens tornou-se uma parte vital da economia. Mercados e feiras de cavalos floresceram, e a criação seletiva de cavalos para força e resistência foi incentivada. Thrupp (1877, pp 97-125) menciona que a seleção de cavalos para tração tornou-se uma ciência, com criadores procurando características específicas para atender às demandas do transporte.

Transporte Público e Mobilidade

A introdução de carruagens públicas, como os *omnibus* no início do século XIX, puxados por cavalos, revolucionou o transporte urbano. Estes veículos permitiram que pessoas de diferentes classes sociais viajassem de forma mais eficiente dentro das cidades.

Thrupp (1877, pp 97-125) observa que os *omnibus* democratizaram o transporte, oferecendo uma alternativa acessível para as massas urbanas.

Além disso, as diligências interurbanas conectavam cidades distantes, reduzindo o tempo de viagem e facilitando o comércio e a comunicação entre regiões. Thrupp (1877, pp 97-125) descreve como as diligências se tornaram um meio de transporte confiável e rápido, permitindo que pessoas e mercadorias se movessem com maior facilidade. Este avanço no transporte interurbano contribuiu para a integração económica e cultural de diferentes áreas, promovendo o desenvolvimento regional.

Impacto na Agricultura e Comércio

No campo, os veículos de tração animal continuaram a ser essenciais para o transporte de produtos agrícolas. Carroças e carruagens permitiam que os agricultores levassem as suas colheitas até aos mercados urbanos, onde podiam ser vendidas a preços mais elevados. Thrupp (1877, pp 65-125) destaca que a eficiência no transporte de produtos agrícolas contribuiu para o aumento da produção e para a melhoria das condições de vida nas áreas rurais.

Além disso, o comércio de longa distância beneficiou significativamente do uso de veículos de tração animal. Mercadorias como tecidos, especiarias e metais preciosos eram transportadas em carroças e carruagens, ligando regiões distantes e promovendo o comércio internacional. Thrupp (1877, pp 65-125) menciona que o desenvolvimento de rotas comerciais eficientes foi fundamental para o crescimento económico da Europa durante os séculos XVII e XVIII.

2.1.2.2 Simbologia e Status Associado aos Veículos

Ao longo da história, os veículos de tração animal ultrapassaram a sua mera função prática e transformaram-se em símbolos de poder, riqueza e estatuto social. Desde as luxuosas carruagens reais aos imponentes carros cerimoniais, estes meios de transporte foram incorporados na arte, na literatura e até em práticas religiosas. Dessa forma, não só refletiam como também reforçavam as hierarquias sociais e culturais das sociedades em que estavam inseridos.

Carruagens Reais e o Poder Monárquico

As carruagens reais foram, sem dúvida, um dos mais visíveis símbolos do poder monárquico. Para além de proporcionarem um meio de transporte confortável e sumptuoso aos soberanos, eram também expressões materiais da sua autoridade e prestígio. Thrupp (1877, pp 26-96) explica que, na Europa, estas carruagens eram frequentemente adornadas com elaboradas decorações e puxadas por equipas de vários cavalos, o que enfatizava a grandiosidade e a supremacia dos monarcas. Mais do que simples veículos, eram verdadeiras declarações móveis de poder e influência, concebidas para impressionar tanto os súbditos como os dignitários estrangeiros, servindo de exemplos vários carros criados a pedido de D.João V para servirem as embaixadas ao Vaticano e Paris.

A pompa associada às carruagens reais era planeada ao mais ínfimo detalhe para garantir que transmitia uma imagem de autoridade inquestionável. As rotas das procissões reais eram estrategicamente definidas para assegurar a máxima visibilidade, permitindo que o povo testemunhasse a magnificência da realeza. Além disso, muitas dessas carruagens eram ornamentadas com ouro, prata e outros materiais preciosos, transformando-se em símbolos de luxo e poder. O cerimonial que envolvia o seu uso reforçava ainda mais essa imagem: guardas uniformizados acompanhavam os cortejos, enquanto a coordenação rigorosa dos desfiles transmitia uma sensação de ordem e controlo.

A ostentação das carruagens reais não se limitava às monarquias absolutas. Straus (1912, pp 227-255) menciona que, na Inglaterra vitoriana, o próprio design e nível de complexidade de uma carruagem podiam indicar o estatuto social do seu proprietário. As famílias mais abastadas investiam em carruagens personalizadas, decoradas com brasões de família e interiores luxuosos, como forma de demonstrar a sua riqueza e distinção. Para manter estes veículos em perfeitas condições, era necessária uma equipa de cocheiros, estribeiros e outros funcionários especializados, o que, por si só, já era um sinal de grande poder económico.

Para além da sua função prática, as carruagens eram também peças centrais de eventos sociais importantes. Desfiles e corridas de carruagens eram momentos onde a

elite exibia os seus veículos e, consequentemente, o seu estatuto. Estas ocasiões representavam oportunidades para a alta sociedade se reunir e ser vista, solidificando as hierarquias sociais da época. Mais do que simples meios de transporte, as carruagens de luxo estabeleciam padrões de moda e comportamento que as classes emergentes procuravam imitar, na tentativa de ascender socialmente.

No século XIX surgiram também tipologias de veículos desportivos, como os Phaetons, as Vitórias e as Aranhas, concebidos para serem conduzidos pelos próprios proprietários, algo que até então não era comum. O Phaeton, distinguia-se pela posição de condução elevada e mais exposta, associando-se a uma experiência de condução dinâmica e elegante. Já a Vitória, semelhante ao Milord, proporcionava uma condução mais confortável e resguardada, sendo particularmente apreciada pelas senhoras da sociedade. Estes modelos refletiam novas formas de sociabilidade e lazer, nas quais a condução se tornava também uma expressão de estatuto e distinção social.

Carros Cerimoniais e Rituais Religiosos

Para além do contexto secular, os veículos de tração animal desempenharam também papéis fundamentais em cerimónias religiosas. Em diversas culturas, os carros cerimoniais eram utilizados em procissões para simbolizar a presença divina ou para transportar relíquias e ícones sagrados. Straus (1912, pp 42-85) destaca que, na Roma Antiga, os carros cerimoniais desempenhavam um papel central em festivais religiosos, sendo frequentemente usados para carregar estátuas de deuses. O transporte de figuras divinas através da cidade integrava-se nos rituais sagrados e permitia que um maior número de pessoas participasse visualmente na celebração.

Contudo, o uso de veículos em cerimónias religiosas não se restringiu à Antiguidade Clássica. Em diversas partes do mundo, encontramos tradições semelhantes. Um dos exemplos mais notáveis ocorre na Índia, onde os imponentes carros de templo, conhecidos como *rathas*, são utilizados em festivais religiosos para transportar imagens de deidades em procissões elaboradas. Estes eventos atraem milhares de devotos e são marcados por uma atmosfera de grande fervor espiritual. Muitas vezes, os carros apresentam esculturas ricamente trabalhadas e são puxados por multidões de fiéis, num gesto de devoção coletiva. Para os crentes, a construção e manutenção destes veículos são consideradas atos meritórios, reforçando a sua importância para a prática religiosa.

Os carros cerimoniais não apenas serviam como meios de transporte para relíquias sagradas, mas também representavam uma ligação entre o divino e o mundo terreno. Muitas vezes, as suas decorações refletiam crenças espirituais e mitológicas, reforçando a sua simbologia dentro das práticas religiosas.

Representações na Arte e na Literatura

A imagem dos veículos de tração animal também se consolidou na arte e na literatura, onde se tornaram poderosos símbolos de estatuto, poder e progresso. Pintores, escultores e escritores usaram frequentemente carruagens e carros como ícones de grandeza e sucesso. Figuras poderosas eram retratadas nestes veículos, evidenciando a sua posição social e as suas conquistas.

No Renascimento, conforme mencionado por Thrupp (1877, pp 26-96), os artistas europeus começaram a incorporar carruagens nas suas obras como uma forma de representar riqueza e prestígio. Estas imagens não apenas refletiam a realidade da época, mas também ajudavam a construir perceções culturais sobre mobilidade e estatuto social.

Na literatura, as carruagens surgem frequentemente associadas a personagens da alta sociedade, servindo como marcadores da sua posição privilegiada. Em muitas obras do século XIX, a posse de uma carruagem própria era um claro indicador de riqueza e influência, determinando até a forma como os personagens interagiam uns com os outros. Além disso, em contextos mais metafóricos, a imagem de uma carruagem podia simbolizar transições e passagens importantes. Na poesia metafísica inglesa, por exemplo, a carruagem é frequentemente utilizada como um símbolo da jornada entre a vida e a morte, sugerindo um percurso digno e elegante para o além.

A simbologia dos veículos de tração animal atravessou diferentes épocas e contextos, mas o seu significado permaneceu inalterado em muitos aspetos: mais do que simples instrumentos de transporte, foram sempre expressões do poder, da espiritualidade e da identidade social das civilizações que os utilizaram.

2.1.3 Primeiras tentativas de motorização

Contexto Histórico e Necessidade de Motorização

A transição dos veículos de tração animal para formas mecanizadas de transporte foi impulsionada por um conjunto de fatores que convergiram ao longo da Revolução Industrial. Durante séculos, os transportes terrestres dependiam de cavalos, mulas, bois e até por vezes força humana, para mover pessoas e mercadorias, mas à medida que as cidades cresciam e o comércio se expandia, essas soluções tornaram-se insuficientes. As limitações dos veículos de tração animal tornaram-se cada vez mais evidentes, particularmente face à necessidade crescente de deslocações mais rápidas, eficientes e acessíveis. Este contexto levou a uma busca incessante por alternativas tecnológicas, culminando no desenvolvimento do motor a vapor e, posteriormente, dos primeiros veículos motorizados (Rosen, 2010, pp 20-56).

As limitações dos veículos de tração animal

Os veículos de tração animal desempenharam um papel essencial na economia e no desenvolvimento das sociedades pré-industriais. No entanto, enfrentavam restrições significativas que dificultavam o transporte de grandes cargas e a realização de deslocações rápidas. Primeiramente, a velocidade era extremamente limitada. Mesmo os melhores cavalos de diligência raramente ultrapassavam os 10 km/h, tornando as viagens longas demoradas e cansativas. Além disso, os custos de manutenção dos animais eram elevados: cavalos necessitavam de alimentação constante, cuidados veterinários e períodos regulares de descanso, o que restringia a sua eficiência no transporte a longas distâncias (Thurston, 1878, pp 1-54).

Outro desafio era a infraestrutura necessária. As estradas, muitas vezes lamacentas e mal conservadas, dificultavam a mobilidade e limitavam o peso das cargas que poderiam ser transportadas. Veículos puxados por cavalos também exigiam estábulos e pontos de descanso, o que implicava um custo adicional para comerciantes e viajantes. Nas cidades, a grande concentração de cavalos criava problemas sanitários devido à acumulação de dejetos, tornando a mobilidade urbana menos eficiente e agravando as condições de higiene pública.

Adicionalmente, a capacidade de carga dos veículos de tração animal era relativamente baixa. As carroças e diligências tinham um limite de peso que não permitia o transporte de grandes quantidades de mercadorias, o que se tornava um obstáculo ao comércio em larga escala. Durante a Revolução Industrial, à medida que as fábricas produziam bens em quantidades nunca antes vistas, tornou-se evidente que os meios tradicionais de transporte não acompanhavam o ritmo do crescimento económico.

A necessidade de inovação no transporte

A Revolução Industrial foi um período de transformação profunda, marcado pelo desenvolvimento de novas tecnologias e pela crescente mecanização dos processos produtivos. No setor dos transportes, esta revolução teve um impacto significativo, criando uma procura sem precedentes por sistemas mais rápidos e eficientes de deslocação. O crescimento das cidades e a expansão da produção industrial geraram a necessidade de transportar grandes quantidades de matéria-prima para as fábricas e de distribuir os produtos acabados de forma rápida e acessível (Rosen, 2010, pp 100-122).

O carvão e o ferro, matérias-primas essenciais para a industrialização, precisavam de ser transportados das minas para os centros industriais. Os métodos tradicionais, como carroças puxadas por cavalos e barcaças nos canais, eram insuficientes para lidar com o volume crescente de mercadorias.

As cidades, em rápida expansão, também enfrentavam desafios de mobilidade. À medida que as populações urbanas cresciam, a circulação de carroças e carruagens congestionava as ruas estreitas, tornando o tráfego lento e ineficiente. O advento das máquinas a vapor surgiu, assim, como uma solução para melhorar os transportes urbanos e interurbanos.

Outros fatores que motivaram esta necessidade prendiam-se com a crescente procura de individualização por parte das classes mais nobres. Os carros e carroças necessitavam geralmente de alguém para os conduzir, como cocheiros ou sotas, mas, a partir dos finais do século XVIII, começou a surgir uma procura crescente por veículos mais leves e elegantes, concebidos para serem conduzidos pelos próprios proprietários, sobretudo para passeio e lazer.

2.2 A evolução do veículo a motor até aos tempos modernos

2.2.1 A era dos primeiros automóveis

2.1.1.1 Desenvolvimento dos Primeiros Veículos Motorizados

A transição dos veículos de tração animal para os primeiros meios de transporte motorizados foi um processo gradual e repleto de inovações. O avanço tecnológico iniciado com a Revolução Industrial acelerou o desenvolvimento de novos sistemas de locomoção, permitindo que engenheiros e inventores explorassem novas fontes de energia para impulsionar veículos. O surgimento das carruagens a vapor e, posteriormente, do motor de combustão interna revolucionou a mobilidade e lançou as bases para o advento do automóvel moderno.

Os primeiros inventores e as experiências com motores a vapor

A ideia de utilizar o vapor como fonte de energia para veículos começou a ganhar força no final do século XVII e início do século XVIII. Uma das primeiras tentativas documentadas foi a de Thomas Savery, que em 1698 patenteou um dispositivo para bombear água utilizando vapor. Embora não fosse um motor de transporte, essa invenção demonstrava o potencial do vapor como fonte de energia mecânica (Thurston, 1878, pp 1-54).

No entanto, foi Thomas Newcomen quem deu um passo crucial na evolução das máquinas a vapor, ao desenvolver, em 1712, uma máquina mais eficiente para bombear água das minas. Embora ainda fosse rudimentar e pouco eficaz para aplicações no transporte, a sua tecnologia foi a base para futuros desenvolvimentos.

O avanço mais significativo veio com James Watt, que, em 1765, aperfeiçoou o design das máquinas a vapor, introduzindo um condensador separado que aumentava a eficiência energética. O motor a vapor de Watt tornou-se a base para diversas aplicações industriais e, eventualmente, para o transporte mecanizado (Rosen, 2010, pp 100-122).

No final do século XVIII e início do XIX, engenheiros começaram a aplicar essa tecnologia em veículos móveis. Richard Trevithick, um engenheiro britânico, construiu o

primeiro veículo terrestre movido a vapor em 1801, conhecido como Puffing Devil. Embora ainda limitado em termos práticos, este protótipo provou que era possível construir um meio de transporte sem a necessidade de tração animal.

Poucas décadas depois, George Stephenson desenvolveu a locomotiva a vapor Rocket (1829), que revolucionou o transporte ferroviário e inaugurou a era das locomotivas modernas. A Rocket conseguia atingir velocidades significativamente superiores às dos veículos de tração animal, transportando cargas mais pesadas de forma mais eficiente e económica (Rosen, 2010, pp 266-304).

Impacto das inovações nos transportes

O desenvolvimento dos motores a vapor não apenas resolveu muitos dos problemas associados aos veículos de tração animal, mas também transformou radicalmente a economia e a sociedade. As locomotivas a vapor permitiram a criação de redes ferroviárias que reduziram drasticamente o tempo de viagem entre cidades e facilitaram o comércio a uma escala global.

Os primeiros veículos a vapor foram um passo fundamental para o desenvolvimento dos automóveis. Com o tempo, os engenheiros começaram a procurar fontes de energia mais eficientes e compactas. O motor de combustão interna, inventado no século XIX, representou a evolução natural da motorização e preparou o terreno para o advento dos automóveis modernos.

A necessidade de substituir os veículos de tração animal por máquinas mais eficazes foi um dos principais motores da Revolução Industrial e da inovação tecnológica no setor dos transportes. A busca por alternativas mais rápidas, económicas e eficientes levou à criação de um novo paradigma de mobilidade, que continuaria a evoluir ao longo dos séculos seguintes.

A Evolução do Motor de Combustão Interna

O motor de combustão interna surgiu como uma alternativa viável à tecnologia a vapor, oferecendo um sistema mais compacto e eficiente. Enquanto as caldeiras a vapor exigiam espaço e tempo considerável para aquecer e gerar pressão suficiente para o

funcionamento, os motores de combustão interna permitiam que a energia fosse utilizada de forma mais imediata e com maior autonomia (Somerscales & Zagotta, 1989,pp 1-32).

Os primeiros conceitos de motores de combustão datam do final do século XVIII. Em 1860, Étienne Lenoir desenvolveu um dos primeiros motores a gás de sucesso, que funcionava com um ciclo de combustão contínuo, mas apresentava baixa eficiência e consumo elevado de combustível. A grande revolução veio em 1876, quando Nikolaus Otto aperfeiçoou o conceito e criou o motor de quatro tempos, que viria a tornar-se o padrão para os motores modernos. O ciclo de Otto foi um avanço significativo, pois aumentou a eficiência energética e reduziu o consumo de combustível, tornando a combustão interna uma opção viável para a locomoção terrestre (Standage, 2021, pp 66-83).

Outro inventor crucial para o avanço do transporte motorizado foi Gottlieb Daimler, que, em 1885, desenvolveu um motor de combustão interna mais leve e potente, aplicável em veículos terrestres. No mesmo período, Karl Benz realizou uma das maiores inovações na indústria automóvel ao criar, em 1886, o Benz Patent-Motorwagen, considerado o primeiro automóvel moderno (Somerscales & Zagotta, 1989, pp 1-32). O veículo de Benz utilizava um motor monocilíndrico de combustão interna e funcionava com gasolina, demonstrando que os automóveis poderiam substituir com eficácia as carruagens de tração animal.

Os Primeiros Automóveis e a Revolução no Transporte

A invenção do Benz Patent-Motorwagen marcou o início da era do automóvel. Em 1888, Bertha Benz, esposa de Karl Benz, realizou a primeira viagem de longa distância num automóvel, percorrendo cerca de 106 km para provar a viabilidade da nova tecnologia. Esse evento demonstrou ao público que os automóveis não eram apenas máquinas experimentais, mas sim um meio de transporte prático e revolucionário (Standage, 2021, pp 66, 83).

Enquanto Benz aperfeiçoava os seus veículos, Daimler e Wilhelm Maybach também trabalhavam no desenvolvimento de automóveis motorizados. Em 1890, fundaram a Daimler-Motoren-Gesellschaft, que viria a produzir alguns dos primeiros

automóveis comerciais. Os motores melhoravam rapidamente em potência e eficiência, e, no final do século XIX, vários fabricantes começaram a produzir veículos para consumidores e empresas.

Outro marco importante foi a criação da Renault em 1899, em França, e da Ford Motor Company em 1903, nos Estados Unidos, que revolucionariam a produção automóvel no século XX. Com o surgimento da linha de montagem, a produção em massa tornou os automóveis mais acessíveis, permitindo que o transporte pessoal motorizado se tornasse uma realidade para um número crescente de pessoas (Standage, 2021, pp 83-103).

2.2.2 O impacto da produção em massa e do design na sociedade

2.2.1.1 A Era dos Primeiros Automóveis

A invenção do automóvel marcou o início de uma revolução no transporte terrestre, alterando paradigmas e impulsionando uma nova era industrial e tecnológica. Durante a segunda metade do século XIX, os primeiros veículos automotores começaram a ser desenvolvidos por pioneiros cujas contribuições moldaram a indústria nascente (Georgano, 1985, pp 9-26). O avanço na engenharia de motores de combustão interna e a transição das carruagens a vapor para os carros movidos a gasolina criaram as bases para o desenvolvimento acelerado da mobilidade automotiva.

2.2.2.2 Competição e Evolução dos Primeiros Modelos

Após 1886, diversos fabricantes europeus, como Daimler, Peugeot e Renault, dedicaram-se ao aprimoramento dos primeiros automóveis, procurando maior potência, confiabilidade e segurança (Flink, 1990, pp 15-56). Em 1894, a histórica competição Paris-Rouen foi organizada pelo jornal *Le Petit Journal*, com o objetivo de testar a viabilidade dos novos veículos. O evento atraiu grande atenção e demonstrou que os motores de combustão interna eram superiores aos motores a vapor e elétricos da época (Georgano, 1985, pp 95-126).

A competição também teve um papel essencial na promoção da inovação. Durante o fim do século XIX, engenheiros europeus buscaram tornar os automóveis mais

eficientes, confiáveis e fáceis de operar. Empresas como a Panhard et Levassor revolucionaram o design automotivo ao introduzir o Système Panhard, que posicionava o motor na parte frontal do veículo e utilizava uma transmissão de eixo cardã (Flink, 1990, pp 15-56). Esta abordagem tornou-se padrão na indústria automobilística e influenciou significativamente os projetos futuros.

Outro marco significativo ocorreu em 1895, com a corrida Paris-Bordéus-Paris. Nessa prova, Emile Levassor percorreu 1.178 quilômetros em 48 horas, demonstrando a viabilidade dos automóveis para viagens de longa distância (Georgano, 1985, pp 95-126). Mais do que um simples evento desportivo, estas competições serviram como laboratórios de testes para novas tecnologias, incentivando melhorias nos motores, chassis e sistemas de direção.

2.2.2.3 Avanços de Engenharia e Inovações Mecânicas

A evolução dos primeiros automóveis foi marcada por um rápido avanço tecnológico. No final do século XIX, os motores de combustão interna, inicialmente rudimentares, tornaram-se mais eficientes e potentes.

O desenvolvimento dos motores de combustão interna não ocorreu de forma linear, mas sim por meio de diversos avanços graduais e melhorias mecânicas. Nos primeiros anos, os motores de combustão interna eram alimentados por gás, como os desenvolvidos por Nikolaus Otto em 1876. Entretanto, com a crescente popularização dos automóveis, surgiram desafios relacionados à eficiência do combustível, à potência e à durabilidade dos motores (Somerscales & Zagotta, 1989, pp 1-32).

Durante a década de 1890, os motores passaram a incorporar sistemas mais eficazes de ignição por faísca e combustão controlada. A invenção do carburador, por Maybach, permitiu a mistura mais eficiente de ar e combustível, garantindo maior desempenho dos motores. A partir de 1900, os avanços na engenharia levaram ao desenvolvimento de motores de válvulas na cabeça, tornando a combustão mais eficiente e os veículos mais confiáveis para viagens longas (Somerscales & Zagotta, 1989, pp 1-32).

Gottlieb Daimler e Karl Benz foram fundamentais para o aprimoramento destes motores, desenvolvendo versões mais compactas e confiáveis, que podiam operar a velocidades maiores e consumir combustível de forma mais eficaz (Flink, 1990, pp 15-56).

A introdução de sistemas de transmissão avançados também foi um fator crítico. Enquanto os primeiros veículos dependiam de simples correias para transferir potência do motor para as rodas, em pouco tempo surgiram engrenagens mais sofisticadas e sistemas de embraigem que melhoraram a condução e o controle dos automóveis.

Outro avanço crucial foi a invenção dos pneus pelos irmãos Michelin. Os pneus aumentaram significativamente a estabilidade, redução de impacto e aderência à estrada, tornando os veículos muito mais confortáveis e práticos.

Materiais mais leves também começaram a ser usados na construção dos automóveis. A transição da madeira para o aço na estrutura dos carros resultou em veículos mais resistentes e seguros. Além disso, engenheiros passaram a considerar princípios aerodinâmicos na conceção dos automóveis, procurando formas que reduzissem a resistência do ar e melhorassem a eficiência de combustível (Georgano, 1985, pp 79-94).

Por fim, avanços nos sistemas de travagem foram essenciais para tornar os carros mais seguros. Os primeiros veículos utilizavam travões rudimentares, compostos de simples alavancas que pressionavam blocos de madeira contra as rodas. Com o tempo, sistemas de tambor e travões de disco foram desenvolvidos, proporcionando uma travagem mais eficaz e reduzindo significativamente o risco de acidentes (Flink, 1990, pp 15-56).

Desta forma, o período que antecedeu a produção em massa de automóveis foi caracterizado por um impressionante progresso na engenharia e no design dos veículos.

2.2.3 O Impacto da Produção em Massa e do Design na Sociedade

A produção em massa e a evolução do design automotivo transformaram radicalmente a sociedade no início do século XX. A introdução da linha de montagem revolucionou a indústria automobilística, democratizando o acesso ao automóvel. Simultaneamente, o design passou a ser um elemento crucial na identidade social e cultural, moldando tendências estéticas e a perceção dos carros na sociedade.

2.2.3.1 Linha de Montagem e Popularização do Automóvel

No final do século XIX, a produção artesanal de automóveis resultava em veículos caros, inacessíveis para a maioria. Tudo mudou quando Henry Ford introduziu a linha de montagem em 1913, no complexo de Highland Park. Esta inovação tornou o fabrico do Model T extremamente eficiente, reduzindo custos e popularizando o carro como nunca antes (Flink, 1990, pp 15-56).

Antes da linha de montagem, a produção era lenta e dependia de mão de obra altamente especializada. Com o novo sistema, cada trabalhador realizava uma tarefa específica, aumentando a produtividade. O tempo de montagem de um Model T caiu de 12 horas para apenas 93 minutos (Georgano, 1985 pp 127, 146). Esta eficiência permitiu uma queda drástica no preço e permitiu o acesso a um veículo a muito mais gente (Gilbert, 1962, pp 115-122).

O Model T tornou-se um fenómeno cultural e económico. Mais do que um meio de transporte, simbolizava liberdade e mobilidade, permitindo que famílias explorassem novas oportunidades fora das cidades. Entre 1908 e 1927, foram produzidas mais de 15 milhões de unidades, consolidando-o como o primeiro carro verdadeiramente popular.

A produção em massa também revolucionou o mercado de trabalho e a economia global. A linha de montagem criou milhões de empregos não só na indústria automobilística, mas também em setores como aço, borracha e vidro. Em 1914, Henry Ford inovou ao estabelecer um salário mínimo de $5 por dia, permitindo que os próprios operários comprassem os carros que produziam (Flink, 1990, pp 15-56).

O impacto da produção em massa estendeu-se além da indústria automobilística. A linha de montagem foi adotada em setores como eletrodomésticos, vestuário e eletrónica, impulsionando o capitalismo e o crescimento das economias modernas.

2.2.3.2 Design e Cultura Automobilística

Com a popularização do automóvel, o design ganhou um papel central na forma como os carros eram percebidos pela sociedade. Nas décadas de 1920 e 1930, o automóvel, tal como sucedeu com os veículos de tração animal, deixou de ser um simples meio de transporte para se tornar um símbolo de status e identidade social (Georgano, 1985, pp 157-190). Marcas como Cadillac, Chrysler e Duesenberg investiram em designs sofisticados, com curvas aerodinâmicas, grelhas cromadas e acabamentos luxuosos. Esses carros refletiam o desejo da elite de ostentar opulência e exclusividade. Ao mesmo tempo, modelos mais acessíveis e estilizados conquistaram a classe média. Nos anos 1930, surgiram veículos com carrocerias fechadas, que ofereciam maior conforto e proteção contra o clima. Esta mudança marcou o declínio dos conversíveis e a ascensão de carros mais práticos e funcionais (Georgano, 1985, pp 157, 190). A crescente democratização do automóvel alterou também a relação entre o proprietário e o veículo, tornando cada vez mais comum que os próprios utilizadores conduzissem os seus automóveis.

Consequentemente, o ato de ‘ser conduzido’, anteriormente associado às elites e aos veículos de tração animal, passou a restringir-se sobretudo a serviços de aluguer, como táxis, ao turismo, ou a contextos específicos envolvendo chauffeurs privados, dignitários e instituições oficiais. Esta transformação influenciou igualmente o design automóvel, que passou progressivamente a privilegiar a experiência e o conforto do condutor, em detrimento da centralidade anteriormente atribuída aos passageiros. A influência cultural do automóvel estendeu-se à moda, publicidade e cinema. Anúncios da época destacavam não só a funcionalidade, mas também o apelo emocional dos carros, associando-os a liberdade, aventura e sofisticação (Flink, 1990, pp 15-56). O impacto do automóvel também se refletiu no urbanismo. Com o aumento da posse de veículos, as cidades adaptaram-se ao tráfego crescente. Estradas pavimentadas, garagens e estacionamentos tornaram-se elementos essenciais, consolidando o carro como parte integrante da vida urbana.

2.2.4 O Automóvel Moderno

A evolução do automóvel nas últimas décadas foi marcada por avanços significativos na tecnologia, digitalização e mudanças na mobilidade. Desde a introdução da eletrónica nos carros até á expansão de veículos elétricos e sistemas compartilhados, o setor automotivo tem passado por uma revolução sem precedentes. Estas transformações impactaram não apenas a indústria, mas também a forma como as pessoas se deslocam e interagem com o transporte.

2.2.4.1 Tecnologia e Digitalização

A digitalização do setor automotivo ganhou força com o avanço da eletrônica embarcada e da conectividade dos veículos. Desde os anos 1980, os automóveis passaram a incorporar sistemas eletrônicos avançados, como injeção eletrônica e controle de estabilidade. Com o avanço da computação e da internet, os veículos modernos agora são equipados com sensores, assistentes de condução e sistemas de infoentretenimento que oferecem uma experiência de condução mais segura e eficiente.

A introdução de tecnologias como conectividade 5G e inteligência artificial tem revolucionado a indústria. Veículos modernos são capazes de comunicar entre si e com infraestrutura urbana, antecipando riscos na estrada e otimizando o trânsito em tempo real. Além disso, a Inteligência Artificial tem sido integrada a sistemas de assistência ao motorista, incluindo travagem automática de emergência, piloto automático e direção semiautônoma (Winkelhake, 2018, pp 163-211).

Outro marco da evolução tecnológica é a eletrificação dos automóveis. Com o crescente debate sobre mudanças climáticas, os fabricantes investiram em veículos híbridos e elétricos como alternativa aos motores de combustão interna. O avanço das baterias de íons de lítio e a ampliação da infraestrutura de recarga permitiram que veículos como o Tesla Model S, Nissan Leaf e Chevrolet Bolt ganhassem popularidade (Mom, 2014, pp 269-286).

A digitalização também trouxe novas formas de interação entre o condutor e o veículo. Sistemas de comando por voz, painéis digitais personalizáveis e integração com

dispositivos móveis são algumas das inovações que tornam a experiência de condução mais intuitiva e personalizada. Além disso, as atualizações remotas de software permitem que os fabricantes melhorem o desempenho dos carros sem a necessidade de visitas frequentes às concessionárias (Winkelhake, 2018, pp 163-211).

A segurança dos automóveis modernos também se tornou prioridade, com a implementação de sistemas avançados de assistência ao condutor. Sensores de proximidade, câmaras de 360° e radares de alta precisão permitem detetar perigos e prevenir acidentes antes que ocorram. Muitos veículos agora possuem piloto automático de nível 2 e 3, aproximando-se cada vez mais da condução totalmente autónoma (Mom, 2014, pp 287-306).

A crescente digitalização também impulsiona a transição para o conceito de 'veículo como serviço', no qual o automóvel deixa de ser um bem de consumo individual e se torna parte de um ecossistema de transporte integrado. Com a ascensão de plataformas de partilha e condução sob pedido, a propriedade de carros particulares tende a diminuir, reduzindo congestionamentos e impactos ambientais.

3 Design Aplicado a Veículos Autónomos

3.1 Investigação do Conceito de Automóveis Autónomos

O avanço dos veículos autónomos representa uma das transformações mais significativas na história da mobilidade contemporânea. Mais do que uma evolução tecnológica, estes sistemas introduzem uma nova relação entre o ser humano, o automóvel e o espaço urbano, alterando profundamente a forma como os veículos são concebidos, utilizados e experienciados. A integração de inteligência artificial, sensores avançados, sistemas de comunicação e interfaces digitais permite que os automóveis deixem de ser apenas meios de transporte para se tornarem plataformas inteligentes, capazes de interpretar o ambiente, tomar decisões e interagir com passageiros e peões de forma autónoma.

Neste contexto, o design assume um papel fundamental. A ausência progressiva da condução manual abre espaço para repensar não apenas a arquitetura técnica dos veículos, mas também a experiência do utilizador, a organização do interior, os sistemas de comunicação e a relação emocional entre humano e máquina. Assim, compreender os princípios tecnológicos e conceptuais que sustentam os veículos autónomos torna-se essencial para desenvolver propostas de design mais seguras, intuitivas e centradas no utilizador.

3.1.1 Definição e Princípios de Veículos Autónomos

3.1.1.1 Níveis de Autonomia (*SAE J3016*)

A *SAE J3016* é uma norma desenvolvida pela *SAE*[1] *International* que estabelece uma terminologia e um enquadramento conceptual para a classificação dos sistemas de condução autónoma. O seu objetivo principal é fornecer uma linguagem técnica comum que permita descrever, de forma clara e consistente, a distribuição das responsabilidades

[1] *SAE*; organização internacional fundada em 1905, responsável pelo desenvolvimento de normas técnicas e padrões para a indústria automóvel e aeroespacial.

de condução entre o condutor humano e o sistema automatizado. A norma baseia-se no conceito de tarefa dinâmica de condução, abrangendo as funções operacionais e táticas necessárias à condução do veículo, excluindo funções estratégicas. A *SAE J3016* é tecnologicamente neutra e introduz o conceito de Domínio de Projeto Operacional, definindo as condições específicas de funcionamento dos sistemas automatizados. Segundo a *SAE* (2021) os níveis são:

Nível 0: Neste nível, toda a responsabilidade continua a ser do condutor. Mesmo que existam sistemas de assistência, como travagem automática de emergência, aviso de ângulo morto ou alerta de saída de faixa, eles são apenas isso, assistentes. Atuam momentaneamente e apenas em situações específicas. O condutor deve supervisionar constantemente e estar pronto para intervir a qualquer momento. A condução é, essencialmente, manual.

Nível 1: Neste nível, o veículo já começa a ajudar mais ativamente, mas de forma limitada. Pode assumir o controlo da direção, ou da aceleração e travagem, nunca ambos em simultâneo. Exemplos comuns incluem o *cruise control* adaptativo ou a assistência de manutenção na faixa. Apesar desse apoio, o condutor tem de manter atenção total e assumir o controlo sempre que necessário.

Nível 2: O apoio do veículo torna-se mais avançado. Agora, é possível controlar simultaneamente a direção e a aceleração ou travagem. Um bom exemplo é a combinação entre a centralização de faixa e o *cruise control* adaptativo. O carro já 'conduz' em parte, mas o condutor continua a ser o responsável. É obrigatório manter as mãos no volante e os olhos na estrada, o sistema pode pedir intervenção a qualquer momento.

Nível 3: Neste nível, começa a verdadeira condução autónoma, embora ainda com limites. Em certas condições, o veículo pode conduzir sozinho, sem que o condutor tenha de intervir. Um exemplo típico é o 'chauffeur de engarrafamento', onde o carro gere tudo em trânsito lento. No entanto, o sistema pode solicitar que o condutor reassuma o controlo, e aí, a resposta precisa ser rápida.

Nível 4: Neste nível é possível falar de autonomia total, mesmo que apenas em cenários específicos. O veículo pode operar sozinho em determinadas áreas ou condições, como num serviço de táxi autónomo numa cidade delimitada. Não é necessário volante, nem pedais. O condutor pode simplesmente deixar de ser 'condutor', o carro faz tudo, desde que esteja no ambiente que o sistema reconhece e suporta.

Nível 5: O topo da escala. Aqui, o carro é completamente autónomo, em qualquer lugar, sob quaisquer condições. Pode circular numa estrada rural com neve, ou numa autoestrada urbana ao meio-dia. Não existe necessidade de qualquer tipo de intervenção humana, o veículo faz tudo. O condutor torna-se apenas passageiro.

3.1.1.2 Componentes Básicos de um Sistema Autónomo

Um sistema autónomo é formado por vários módulos que trabalham em conjunto para garantir que o veículo funcione de forma segura, eficiente e confiável. Cada módulo tem funções específicas, e é da sua integração que resulta um sistema coeso e eficaz. Entre os componentes essenciais, destacam-se o sistema de perceção, o de controlo, o de computação, o de comunicação e o de mapeamento.

Sistema de Perceção

Este sistema é essencial para que o veículo consiga 'ver' e interpretar o mundo à sua volta. É composto por sensores como câmaras, radares e LiDARs[2]. Cada um tem uma função específica. Como afirma Shaoshan (2020, pp 77-94), os radares detetam objetos, tanto estáticos como em movimento, e fornecem dados sobre distâncias e velocidades. O LiDAR, por sua vez, constrói mapas tridimensionais com grande precisão. Já as câmaras são utilizadas para reconhecer sinais de trânsito, veículos, peões e outros elementos relevantes. Tudo isto permite ao veículo compreender o ambiente, identificar obstáculos e tomar decisões com base naquilo que 'observa'.

Sistema de Controlo

Segundo Shaoshan (2020, pp 97-116) o sistema de controlo recebe instruções do cérebro computacional e executa-as, ajustando direção, aceleração e travagem. Em

[2] O termo LiDAR é explicado no capítulo 3.2.1.1

veículos autónomos, este controlo é feito de forma eletrónica, substituindo os tradicionais mecanismos mecânicos. Os sinais de comando são enviados diretamente para os atuadores, que executam as manobras necessárias. Este processo tem de ser rápido, preciso e confiável, mesmo em situações imprevisíveis ou ambientes em constante mudança.

Sistema de Computação

É neste módulo que de acordo com Shaoshan (2020, pp 97-116) reside o 'cérebro' do veículo. O sistema de computação processa em tempo real os dados provenientes dos sensores, interpreta-os e toma decisões. Planeia rotas, evita obstáculos, ajusta comportamentos. Para isso, precisa de grande capacidade de processamento, especialmente para lidar com tarefas exigentes como visão computacional, previsão de movimento e gestão de tráfego. GPUs[3] e outras unidades especializadas são frequentemente usadas para garantir desempenho adequado. A robustez e a eficiência deste sistema são fundamentais para garantir que o veículo responda corretamente a cada desafio da estrada.

Sistema de Comunicação

Sem comunicação, não há coordenação. Como diz Shaoshan (2020, pp 119-131) este sistema assegura que todos os módulos do veículo (sensores, controlo, computação) consigam trocar dados em tempo real. Internamente, essa comunicação é feita através de redes como o CAN[4] , que garante velocidade e fiabilidade. Mas a comunicação vai além do próprio veículo. Com tecnologias V2X[5], o carro pode interagir com outros veículos, com sinais de trânsito ou com a infraestrutura da estrada. Isso aumenta a segurança e permite uma condução mais fluida e cooperativa.

[3] GPU; *Graphics processing unit*, processador especializado concebido para executar operações altamente paralelas de forma eficiente. Em veículos automatizados, é amplamente utilizada para acelerar algoritmos de perceção, visão computacional e aprendizagem automática.

[4] CAN; *Controller Area Network*, protocolo de comunicação em série robusto, utilizado para permitir a troca de dados em tempo real entre unidades de controlo eletrónicas num veículo sem necessidade de um computador central. Foi desenvolvido para garantir comunicação fiável, determinística e resistente a interferências em ambientes automóveis

[5] V2X; *Vehicle-to-Everything*; conjunto de tecnologias de comunicação que permite aos veículos trocar informação com outros veículos, infraestruturas, peões e redes, com o objetivo de melhorar a segurança rodoviária e a eficiência do transito

Sistema de Mapeamento

De acordo com Shaoshan (2020, pp 119-131), o sistema de mapeamento fornece ao veículo uma representação detalhada do mundo exterior. São mapas de alta-definição que contêm dados sobre estradas, faixas, sinais, limites de velocidade e outros elementos cruciais para a condução autónoma. Estes mapas são frequentemente atualizados em tempo real e funcionam em conjunto com sistemas de posicionamento, como o GNSS[6], para localizar com precisão o veículo na estrada. Assim, o carro sabe sempre onde está, para onde vai e o que esperar pelo caminho.

3.2 Investigação de Tecnologias no Design Automotivo

3.2.1 Sensores e Sistemas de Perceção

3.2.1.1 Lidar vs. Radar vs. Visão Computacional

A perceção do ambiente é um dos pilares fundamentais para o funcionamento eficaz de um veículo autónomo. Sem ela, não é possível detetar obstáculos, ler sinais de trânsito, interpretar o comportamento de peões ou prever movimentos de outros veículos. Neste contexto, três tecnologias surgem como protagonistas: LiDAR, radar e visão computacional. Cada uma delas oferece vantagens únicas, mas também limitações importantes.

LiDAR

Light Detection and Ranging —de acordo com Tigadi (2023, pp 3-5), baseia-se na emissão de feixes de laser infravermelhos que medem a distância entre o sensor e os objetos à volta do veículo. Através destes impulsos, é criada uma nuvem de pontos tridimensional precisa. Isto permite uma reconstrução fiel do ambiente, ideal para mapeamento e deteção de obstáculos.

[6] GNSS; Global *Navigation Satellite System*, sistema global de navegação por satélite utilizado para determinar a posição geográfica, velocidade e orientação de um veículo em tempo real através de sinais enviados por satélites. É fundamental em veículos autónomos para localização precisa, navegação e integração com sistemas de mapeamento e perceção do ambiente.

É, de longe, a tecnologia mais precisa em termos de resolução espacial. Consegue distinguir formas complexas, mesmo a curta distância. Contudo, não está isenta de problemas. O desempenho do LiDAR pode ser comprometido por chuva, nevoeiro ou partículas de sujidade na lente. Além disso, não mede diretamente a velocidade dos objetos, depende da comparação entre múltiplos *frames* sucessivos.

Outro fator limitador é o custo. Os sensores LiDAR continuam a ser dispendiosos e exigem manutenção mais cuidada devido ao uso de componentes móveis, como os rotores mecânicos que servem para mudar a direção dos lasers. Apesar disso, continuam a ser indispensáveis em sistemas onde a precisão é crítica.

Radar

Radio Detection and Ranging — como explica Tigadi (2023, pp 3-5), é uma tecnologia mais antiga, mas altamente fiável. Utiliza ondas de rádio para detetar objetos e medir a sua velocidade através do efeito Doppler[7]. É particularmente útil em cenários de alta velocidade, como autoestradas, e funciona de forma eficaz mesmo em condições atmosféricas adversas como chuva, neve ou nevoeiro intenso.

É aqui que o radar brilha. Enquanto o LiDAR e as câmaras perdem eficácia com neblina ou encandeamento solar, o radar mantém-se funcional. Deteta objetos até cerca de 200 metros de distância e consegue medir a sua velocidade instantaneamente, algo valioso para evitar colisões e ajustar a velocidade do veículo em tempo real.

Contudo, há uma desvantagem clara: a baixa resolução espacial. Os feixes de radar são espacialmente largos, o que dificulta a distinção de objetos próximos entre si. Em ambientes urbanos, esta limitação pode tornar-se crítica. Além disso, a informação obtida carece de detalhes visuais, não é possível, por exemplo, identificar se um objeto é um peão, um ciclista ou um sinal de trânsito.

[7] Efeito Doppler; fenómeno pelo qual a frequência de uma onda varia consoante o movimento relativo entre a fonte e o observador.

Visão Computacional

Por fim, temos a visão computacional que de acordo com Janaina, et al (2017, pp 1-56) baseia-se em câmaras, geralmente posicionadas em diferentes pontos do veículo, que captam imagens do ambiente a cores e em alta resolução. Estas imagens são depois processadas por algoritmos avançados de inteligência artificial, que reconhecem objetos, sinais, faixas rodoviárias, e até comportamentos humanos.

É uma tecnologia incrivelmente rica do ponto de vista informativo. Enquanto o LiDAR vê formas e o radar mede distâncias e velocidades, a visão computacional interpreta. É capaz de dizer o que está à frente: se é um carro, uma bicicleta, ou um peão com intenção de atravessar a estrada.

No entanto, tem os seus pontos fracos. A sensibilidade à iluminação é um dos principais, sombras, reflexos, encadeamentos ou chuva intensa podem afetar drasticamente a qualidade da imagem captada. Além disso, o processamento das imagens é intensivo. Cada segundo de vídeo pode gerar milhões de píxeis a serem analisados em tempo real, exigindo hardware mais robusto.

Apesar disso, continua a ser uma das tecnologias mais promissoras. A capacidade de compreender o contexto é essencial para decisões automáticas seguras, algo que nem o radar nem o LiDAR conseguem oferecer sozinhos.

Fusão de sensores

Dificilmente uma tecnologia sozinha responde a todos os desafios da condução autónoma. Segundo Tigadi (2023, pp 3-5), solução passa por combinar estas três fontes de informação, processo conhecido como fusão sensorial. A ideia é simples: usar o que cada sensor tem de melhor e compensar os seus pontos fracos.

Por exemplo, o LiDAR pode ser usado para mapear o espaço em três dimensões; o radar acrescenta informação de velocidade, e a visão computacional interpreta o cenário e reconhece objetos com significado. Esta redundância não só melhora a precisão, como aumenta significativamente a segurança, fator determinante para a certificação de veículos autónomos.

3.2.1.2 Interface Humano-Máquina

Interface Humano-Máquina

A chegada dos veículos autónomos marca uma mudança profunda na forma como nos relacionamos com os sistemas de condução. Já não se trata apenas de conduzir um carro, mas de interagir com uma máquina que pensa, decide e, em certos momentos, assume o controlo. Neste novo cenário, a Interface Humano-Máquina (IHM) é o ponto de contacto decisivo entre condutor e tecnologia, por isso, deve ser cuidadosamente pensada.

Confiança

Num veículo autónomo, o condutor deixa de ser o responsável pela condução e passa esse papel para o sistema. Isto cria uma nova relação de confiança. Essa confiança nasce, em grande parte, da forma como a interface comunica com o utilizador.

Uma interface eficaz não pode limitar-se a apresentar dados. Tem de explicar, antecipar e reagir. Estudos demonstram que interfaces que combinam informação visual e sonora são mais eficazes a transmitir intenções e a gerar segurança ao utilizador.

Interações naturais

Donald Norman (2007, pp 57-90 defende que os sistemas do futuro devem comunicar connosco de forma mais natural. Afinal, ninguém gosta de máquinas que 'falam' sozinhas. O ideal seria um verdadeiro diálogo entre humano e máquina. Mas, muitas vezes, o que temos são dois monólogos paralelos.

Um sistema que percebe o estado emocional do utilizador, que adapta os seus alertas e que responde de forma sensível, tem mais hipóteses de ser aceite. Neste sentido, o som ganha importância. Em vez de beeps agressivos, o uso de paisagens sonoras contextuais pode tornar a experiência mais intuitiva e menos intrusiva.

Tendências emergentes e o utilizador do futuro

Segundo Gamper, et al. (2013, pp 3-48) várias tendências estão a moldar o futuro das IHM's nos veículos: controlo por voz, reconhecimento facial, sensores biométricos, realidade aumentada e integração com *smartphones*. Estas tecnologias não só aumentam

a funcionalidade do veículo, como alinham a experiência de condução com os hábitos digitais do utilizador.

Ao mesmo tempo, há mudanças sociais a considerar. As populações urbanas estão a crescer, o perfil do consumidor está a mudar, e os jovens já não veem o carro como símbolo de status. Querem mobilidade flexível, conectada, ecológica. E esperam que o carro funcione como uma extensão do seu ecossistema digital.

Os desafios nos veículos autónomos

Num contexto ainda mais específico, nos veículos autónomos, as IHM's enfrentam desafios adicionais. A integração de múltiplos sistemas (desde a gestão da autonomia até ao planeamento de rotas) exige interfaces que sejam claras, adaptativas e capazes de reduzir a carga cognitiva do utilizador.

Para além disso, as diferenças entre perfis de utilizador obrigam à criação de soluções multimodais. Combinar toque, som, imagem e até resposta háptica é cada vez mais uma necessidade.

3.3 Contexto Histórico e Evolução

3.3.1 Primeiros Protótipos e Experimentações

De acordo com Lewandovski (2017) a exploração dos veículos autónomos deu os seus primeiros passos pela década de 1920, seguindo o seu desenvolvimento desde aí, tal como agora se explana.

3.3.1.1 Início das ideias de automação

Foi durante os anos 1920 se deu o surgimento, de forma ainda experimental, os primeiros conceitos de veículos capazes de operar sem intervenção humana. Uma das ideias mais marcantes dessa altura foi a comunicação entre veículos, utilizando ondas de rádio para enviar sinais de um carro para outro. Embora rudimentar, este conceito, que mais tarde viria a ser conhecido como comunicação veículo-a-veículo, ou V2V, representou um dos primeiros passos em direção a sistemas interconectados.

Na prática, a tecnologia estava longe de ser aplicável, mas o simples facto de se imaginar veículos a trocar informações entre si abriu caminho para aquilo que mais tarde se tornaria essencial nos carros autónomos modernos. A ideia era simples, mas poderosa: se os veículos pudessem comunicar, poderiam cooperar. E essa cooperação seria a chave para um trânsito mais inteligente, seguro e eficiente.

3.3.1.2 A primeira experiência de guiamento magnético

Na década de 1930, surgiu uma abordagem inovadora, o guiamento magnético. Tratava-se de uma tentativa pioneira de automatizar a condução, utilizando sensores magnéticos embutidos na estrada para guiar os veículos por rotas pré-definidas. Embora os protótipos fossem limitados, esta tecnologia mostrava pela primeira vez a possibilidade de interação direta entre a infraestrutura e o veículo.

A ideia era promissora. A estrada deixava de ser apenas um caminho físico e passava a colaborar com o carro. No entanto, as limitações tecnológicas da época impediram uma implementação em grande escala. A condução ainda dependia do ser humano, mas o conceito de 'estrada inteligente' começava a ganhar forma.

3.3.1.3 Avanços em radar, sensores e controlo remoto

Durante os anos 40 e 50, assistiu-se a um salto significativo, especialmente graças à adaptação de tecnologias militares para o setor automóvel. O radar, até então utilizado sobretudo em aviões e navios, começou a ser explorado para a deteção de obstáculos em veículos terrestres. Com isso, surgiram as primeiras experiências de 'visão' para automóveis, algo fundamental para o futuro da condução autónoma.

Ainda era tudo muito limitado, mas o princípio estava lá. Se o carro conseguisse perceber o que estava à sua frente, poderia começar a tomar decisões básicas como abrandar ou desviar. Paralelamente, começaram também a surgir os primeiros testes com controlo remoto. Em ambientes industriais, ou em situações de risco, era possível operar um veículo à distância. Não era autonomia total, longe disso, mas já era um vislumbre do que poderia vir a ser.

Estas experiências iniciais, tanto com radar como com controlo remoto, ajudaram a criar as bases para tecnologias que hoje consideramos essenciais. Foram os primeiros passos para que um veículo pudesse, algum dia, operar de forma autónoma e segura.

3.3.1.4 Primeiros testes de rodovias inteligentes

A década de 1950 trouxe uma nova perspetiva: e se, em vez de adaptar só os veículos, se adaptasse também a estrada? Foi com essa ideia que nasceram os primeiros testes de rodovias inteligentes. Partindo das ideias de guiamento magnético da década de 20, estas vias integravam sensores magnéticos, radares e outros sistemas que ajudavam os veículos a manterem-se na rota e a evitar obstáculos, com mínima intervenção do condutor.

Embora esses testes não tenham avançado para aplicações comerciais naquela altura, representaram um marco importante. Eram uma prova de conceito, uma forma de perceber até que ponto a infraestrutura urbana podia colaborar com a tecnologia automóvel.

Mais do que apenas um suporte físico, a estrada passava a ser também um elemento ativo na condução. Esta abordagem viria a influenciar diretamente o desenvolvimento das comunicações V2X, veículo-para-tudo, que hoje permitem aos carros trocar dados com semáforos, sinais e outros elementos do ambiente. Uma evolução que, anos mais tarde, se tornaria essencial para a automação total da mobilidade.

3.2.3 Marcos Tecnológicos

O desenvolvimento dos veículos autónomos tem sido impulsionado por um conjunto de marcos tecnológicos fundamentais que permitiram avanços consideráveis na perceção, no controlo e na simulação de comportamentos em ambientes de tráfego. Estes marcos não só evidenciam o progresso contínuo da automação automóvel, como também delineiam as diretrizes para os projetos de veículos autónomos do futuro.

Deep learning

A base da automação veicular encontra-se na perceção do ambiente. Durante décadas, a limitação de sistemas de visão computacional impediu que os robôs móveis operassem em ambientes não controlados, sendo esse um obstáculo significativo para a

condução autónoma. Como destacam Lipson e Kurman (2016, pp 196-231), os primeiros sistemas tentaram identificar objetos utilizando regras rígidas, mas falhavam quando confrontados com cenários inesperados ou pouco comuns.

Foi com o aparecimento do *deep learning* que esta limitação começou a ser superada. A partir de 2012, o *deep learning* permitiu um avanço radical na classificação de imagens, superando até mesmo a capacidade humana em algumas tarefas. Esta transformação foi crucial para a implementação de sistemas de perceção mais eficazes, permitindo aos veículos reconhecer peões, ciclistas, sinais de trânsito e outros veículos, mesmo em condições de iluminação e clima variáveis. Este progresso representa o início de uma nova era para os veículos autónomos, em que a perceção do ambiente se tornou mais robusta e confiável.

Visão

Lipson e Kurman (2016, pp 196-231) fazem uma analogia interessante entre o uso de *deep learning* na robótica e a evolução biológica. Quando organismos simples desenvolveram a capacidade de ver, puderam adaptar-se rapidamente ao ambiente e evoluir para formas mais complexas. Da mesma forma, a introdução de sistemas de perceção visual nos robôs ou, no caso específico dos veículos autónomos, libertou-se a tecnologia de ambientes industriais controlados e permitiu-se a sua aplicação em ruas e estradas reais.

Com sistemas de visão melhorados, os veículos começaram a construir mapas tridimensionais do ambiente, utilizando sensores como câmaras, radares e LiDAR. Estes sensores são capazes de criar uma grade de ocupação em tempo real, que mapeia todos os objetos ao redor do veículo, proporcionando uma visão clara e detalhada do que se encontra à sua volta, o que é essencial para a navegação autónoma.

Arquitetura e sensorial

Outro marco tecnológico essencial foi o desenvolvimento de uma arquitetura sensorial modular e redundante, que pudesse garantir a operação segura do veículo em condições variáveis. De acordo com Lipson e Kurman (2016, pp 92-111, 232-247), os

veículos autónomos modernos fazem uso de uma combinação de sensores: GPS[8], IMU[9], câmaras, radares e LiDAR. Esta combinação de dados, processados em tempo real por uma unidade central, permite ao veículo perceber e reagir ao seu ambiente de forma rápida e precisa.

Esta arquitetura sensorial, que possibilita a fusão de informações de diferentes fontes, é uma das principais razões pelas quais os veículos autónomos estão mais próximos da realidade. A utilização de múltiplos sensores proporciona redundância, o que torna os sistemas mais robustos e confiáveis. Este avanço permite que os veículos identifiquem obstáculos, calculem trajetórias seguras e que se adaptem às condições do tráfego de forma eficiente.

Simulação

A simulação de cenários e comportamentos é outro marco importante no avanço dos veículos autónomos. Seguindo o exemplo dado por Jiang, et al. (2024, pp 1,-32) exemplo, o modelo *SceneDiffuser*[10], criado pela Waymo, representa um passo significativo na forma como os engenheiros testam e validam a condução autónoma. Ao contrário dos modelos de simulação tradicionais, que tratam a inicialização da cena e o comportamento dos agentes de forma separada (programas diferentes), o *SceneDiffuser* adota uma abordagem unificada que integra ambos os processos por meio de modelos de difusão espácio-temporais.

Este modelo oferece uma solução eficiente para gerar e simular comportamentos de tráfego em grande escala. Uma das grandes inovações é o conceito de *amortized diffusion*[11], que permite reduzir até 16 vezes o custo computacional das simulações em

[8] GPS; *Global Positioning System*, é um sistema de posicionamento por satélite que fornece a localização geográfica e o tempo de referência de um veículo a nível global. É amplamente utilizado para navegação, localização absoluta e sincronização temporal

[9] IMU; *Inertial Measurement Unit*, é um sensor que mede acelerações lineares e velocidades angulares, permitindo estimar o movimento e a orientação do veículo de forma contínua. É especialmente útil para navegação quando o sinal GPS é degradado ou indisponível

[10] *SceneDiffuser*; modelo de inteligência artificial que gera ou completa cenários

[11] *Amortized diffusion*; refere-se a uma técnica usada em modelos de inteligência artificial para gerar resultados complexos de forma mais rápida. Em vez de calcular tudo do zero sempre que é preciso uma

comparação com métodos convencionais, eliminando a necessidade de o computador refazer cálculos já realizados. Isto não só torna as simulações mais rápidas, como também mais acessíveis para realizar testes em larga escala e validar os sistemas de forma mais eficiente.

Simulação em Loop Fechado

Como refere Jiang, et al. (2024, pp 1-32), simulação em *loop* fechado[12] é uma das maiores inovações trazidas pelo *SceneDiffuser*. Neste tipo de simulação, os resultados das simulações anteriores são usados para ajustar o comportamento dos agentes, criando um ciclo contínuo de feedback. Tornando a simulação mais realista, pois o modelo é capaz de corrigir erros ao longo do tempo, ao contrário das simulações em *loop* aberto[13], onde as previsões são feitas sem considerar o impacto de erros passados. Por exemplo, em *loop* fechado, se o veículo abrandou devido a um obstáculo, o resto do trajeto terá essa informação em conta, enquanto em *loop* aberto não.

A utilização de *amortized diffusion* na simulação em *loop* fechado permite uma melhor consistência nas trajetórias simuladas, reduzindo a probabilidade de falhas catastróficas durante a simulação. Esta abordagem garante que os veículos possam aprender e ajustar o seu comportamento em situações inesperadas ou críticas, um requisito fundamental para que os sistemas autónomos possam operar com segurança em ambientes urbanos reais.

Personalização

Uma das características inovadoras do *SceneDiffuser* é a capacidade de gerar cenários personalizados com base em comandos em linguagem natural. Como explica Jiang, et al. (2024, pp 1-32), isto abre novas possibilidades para testar e ajustar os comportamentos dos veículos em condições específicas, como por exemplo, gerar um

resposta, o modelo é treinado previamente para aprender o processo e depois reutiliza esse conhecimento, poupando tempo e recursos computacionais.

[12] *Loop* fechado; é um modo de funcionamento em que o sistema utiliza feedback do estado do sistema ou do ambiente para ajustar continuamente as suas ações.

[13] *Loop* aberto; é um modo de funcionamento em que o sistema executa ações sem receber ou utilizar feedback do resultado dessas ações.

cenário de trânsito intenso ou uma situação em que um ciclista atravessa a estrada. Este nível de personalização é um grande passo para melhorar a flexibilidade e o controlo nas simulações, permitindo testar os sistemas numa variedade de cenários complexos de forma rápida e eficaz.

Este avanço representa uma verdadeira revolução na maneira como as simulações podem ser usadas para criar e testar comportamentos dos veículos. Com o uso de modelos de linguagem, os engenheiros agora podem criar restrições semânticas para guiar a geração de cenas, algo que antes não era possível com os modelos tradicionais.

Testes em Larga Escala

Graças aos avanços tecnológicos mencionados, empresas como a Waymo e a Tesla já começaram a implementar veículos autónomos em vias públicas, embora de forma controlada. Lipson e Kurman (2016, pp 248-270) enfatizam que os primeiros testes de veículos autónomos ocorreram em ambientes delimitados, como campus universitários e zonas urbanas restritas. Contudo, à medida que as tecnologias de simulação e perceção artificial evoluem, espera-se que o número de veículos autónomos nas ruas aumente significativamente nas próximas décadas.

A transição para uma sociedade com veículos totalmente autónomos será gradual. Inicialmente, os veículos operarão em ambientes mais controlados, mas com o tempo, conforme os sistemas se tornam mais confiáveis, a adoção generalizada será inevitável.

3.4 Conceptualização da Proposta

3.4.1 Metodologia de Design

O desenvolvimento do conceito proposto seguiu uma abordagem baseada na pesquisa comparativa e na modelagem tridimensional.

Inicialmente, foi realizada uma análise de conceitos existentes de veículos autónomos, identificando tendências de design, soluções inovadoras e desafios recorrentes no mercado. Esta pesquisa permitiu estabelecer um quadro de referência para

compreender como o design de veículos sem condutor se diferencia estruturalmente e funcionalmente dos automóveis convencionais.

Na etapa seguinte, foi efetuada uma comparação direta entre as funções presentes nos veículos tradicionais e aquelas que deixam de ser necessárias ou podem ser repensadas no contexto autónomo por exemplo, a eliminação de elementos como volante, pedais e painel de instrumentos convencionais, abrindo espaço para soluções centradas no conforto e na experiência do passageiro.

Com base nas conclusões dessa análise, iniciou-se a fase de conceptualização formal por meio de modelação CAD (*Computer-Aided Design*). Esta etapa permitiu traduzir as ideias em representações tridimensionais precisas, facilitando o estudo de proporções, ergonomia, integração de sistemas e viabilidade construtiva. A utilização de software CAD também possibilitou simulações iniciais de interiores e exteriores, permitindo antecipar ajustes de design e garantir a coerência estética e funcional do conceito.

3.4.1.1 Design de UI/UX[14] para Passageiro

O conceito proposto foi desenvolvido com foco em utilizadores do dia a dia. A experiência do passageiro é priorizada, partindo do princípio de que, na ausência de um condutor, o interior do veículo deixa de estar orientado para a condução e passa a privilegiar conforto, interação e flexibilidade.

A configuração interna prevê uma disposição de assentos com algum grau de flexibilidade, permitindo adaptações para diferentes tipos de ocupação, desde viagens individuais até pequenos grupos. Elementos de entretenimento, como ecrãs dedicados, oferecem acesso a conteúdos multimédia, navegação de percurso e informações contextuais sobre o destino.

[14] UI/UX; *User Interface/User Experience*, conjunto de princípios e práticas de design focados na forma como o utilizador interage com um sistema (UI) e na qualidade global da experiência resultante dessa interação (UX). Em veículos autónomos, é aplicado no desenvolvimento de interfaces digitais, sistemas de controlo por toque ou voz e fluxos de interação que tornam a comunicação entre passageiro e veículo mais intuitiva, clara e eficiente.

Para interação com o veículo, propõe-se um sistema de comunicação totalmente mãos-livres, integrando comandos por voz e reconhecimento de linguagem natural. Esta interface é complementada por uma aplicação conectada, que permite personalizar preferências de viagem, controlar funcionalidades internas e melhorar a acessibilidade, especialmente para utilizadores com mobilidade ou visão reduzida.

3.4.1.2 Comunicação Veículo-Pedestre (Luzes, Sons, Superfícies Dinâmicas)

A ausência de um condutor visível em veículos autónomos coloca novos desafios na comunicação com peões, exigindo sistemas claros e intuitivos que transmitam intenções e assegurem segurança. O conceito propõe a utilização de padrões luminosos na parte frontal do veículo para indicar comportamentos específicos.

Entre estes elementos, incluem-se luzes de travagem frontais, permitindo que peões à frente do veículo identifiquem facilmente quando este está a parar, e um sinal luminoso dedicado que confirma que o peão foi detetado pelos sensores e que é seguro atravessar. Este *feedback* visual direto substitui, de forma eficaz, o contacto ocular tradicional entre o peão e o condutor.

Mantêm-se elementos convencionais de sinalização, como piscas, luzes de marcha-atrás e de emergência, garantindo compatibilidade com a perceção visual já estabelecida no trânsito. A implementação destas soluções visa criar uma linguagem de comunicação universal, minimizando ambiguidades e aumentando a confiança do peão na interação com veículos autónomos.

3.4.1.3 Materiais e Estrutura

Embora a estrutura exterior do veículo não apresente razões funcionais para se afastar dos materiais habitualmente utilizados na indústria automóvel, devido a requisitos de segurança, aerodinâmica e resistência, o interior oferece oportunidades para uma abordagem inovadora.

Ao eliminar funções de condução tradicionais, o espaço interno pode ser repensado para criar uma atmosfera mais próxima de um ambiente doméstico acolhedor,

substituindo materiais tipicamente automóveis por opções que transmitam conforto e bem-estar. Têxteis, revestimentos e superfícies podem ser selecionados não apenas pela resistência ao desgaste automóvel convencional, mas também pelo conforto tátil, isolamento acústico e estética.

Esta abordagem permite que o veículo funcione como um ‘espaço habitável’ móvel, sem comprometer os requisitos estruturais externos e mantendo a robustez e a durabilidade necessárias para operação em vias públicas.

4 Desenvolvimento e apresentação do projeto

O presente capítulo apresenta, de forma estruturada, crítica e fundamentada, o desenvolvimento conceptual do veículo proposto, explicitando as principais decisões de projeto que configuram a sua identidade formal e funcional. A reflexão parte da questão da mobilidade autónoma, entendida como a eliminação da condução humana direta enquanto elemento estruturante da configuração automóvel, assumindo o projeto como uma reinterpretação do automóvel, simultaneamente enquanto artefacto técnico e enquanto espaço habitável.

A condição de autonomia constitui, neste contexto, não apenas um avanço tecnológico, mas sobretudo um ponto de rutura paradigmático. Ao suprimir a centralidade do condutor, historicamente determinante na organização espacial, ergonómica e simbólica do veículo, abre-se a possibilidade de questionar os modelos tipológicos consolidados ao longo de mais de um século de evolução automóvel. Esta transformação permite deslocar o foco do projeto para o utilizador enquanto passageiro, promovendo uma abordagem centrada na experiência, na qualidade do espaço e na redefinição do tempo de deslocação.

A proposta desenvolve-se, assim, a partir de uma reflexão integrada que articula forma, espaço, tecnologia e interação numa lógica sistémica. O exterior e o interior não são concebidos como domínios autónomos ou hierarquicamente dissociados, mas como dimensões complementares e interdependentes de um mesmo sistema conceptual. A linguagem formal exterior assume um papel mediador entre o objeto e o contexto urbano, funcionando como interface simbólica e comunicacional com o meio envolvente. Através das suas proporções, superfícies e soluções expressivas, o veículo procura materializar valores como inovação, segurança, eficiência e fluidez, afirmando-se como entidade tecnológica legível no espaço público.

Paralelamente, o interior é concebido como um ambiente multifuncional que privilegia o conforto, a adaptabilidade e a interação social. Libertado das condicionantes impostas pela condução manual, nomeadamente a orientação frontal obrigatória, a

presença de comandos físicos e a hierarquização espacial centrada no posto de condução, o habitáculo transforma-se num espaço flexível, capaz de acomodar diferentes cenários de uso. O tempo de deslocação ganha, neste enquadramento, um novo significado: deixa de ser percecionado como intervalo meramente funcional entre origem e destino para assumir potencialidades produtivas, sociais ou contemplativas.

Ao longo deste capítulo são, portanto, analisados os principais elementos formais, espaciais e funcionais que estruturam o projeto, bem como os sistemas de comunicação e interação que articulam a experiência do utilizador com o ecossistema urbano e digital. Serão igualmente discutidas as estratégias de integração tecnológica que sustentam a autonomia do veículo e potenciam novas formas de relação entre indivíduo, objeto e cidade.

Pretende-se, deste modo, demonstrar de que forma o conceito desenvolvido responde às transformações contemporâneas da mobilidade, marcadas pela digitalização, pela conectividade e pela emergência de sistemas inteligentes, propondo um veículo que transcende a sua função tradicional de transporte para se afirmar como espaço relacional, tecnológico e culturalmente significativo.

O ‘todo’ do veículo ganha uma personalidade, não só pelas suas formas e estética, mas também pela forma como opera e comunica com o utilizador. Assim sendo, podemos ver o carro como ‘alguém’, não apenas um carro, mas sim um condutor. A partir desta ideia nasceu o nome ‘NENU’, que significa ‘EU’ em telugu[15], tornando o veículo em alguém.

[15] Telugu; língua dravídica nativa dos estados indianos de Andhra Pradesh e Telangana.

4.1 Exterior

4.1.1Forma

A definição formal do veículo assenta na intenção deliberada de romper com a leitura segmentada que caracteriza a tipologia automóvel convencional. Nos veículos contemporâneos, a organização estrutural, evidenciada pela presença explícita de portas, pilares, frisos e compartimentações funcionais, tende a fragmentar visualmente o volume, acentuando a distinção entre zonas técnicas e áreas habitáveis. Esta lógica compositiva, historicamente associada à necessidade de acomodar o posto de condução, o compartimento do motor e a bagageira enquanto entidades diferenciadas, reforça uma perceção do automóvel como soma de partes distintas.

Em contraponto, o presente projeto propõe uma abordagem volumétrica contínua, concebendo o veículo como uma única massa escultórica, fluida e coesa. A forma global é desenvolvida a partir de superfícies suaves, transições progressivas e concordâncias cuidadosamente modeladas, evitando interrupções abruptas, vincos excessivamente marcados ou linhas de corte que sugiram divisões internas rígidas. Esta opção formal visa consolidar a ideia de unidade espacial e de integração sistémica entre os diversos componentes do veículo, promovendo uma identidade visual orgânica, depurada e assumidamente prospetiva.

A ausência de elementos estruturais visualmente dominantes contribui para que o objeto seja percecionado como um volume compacto e tendencialmente monolítico. Esta leitura reforça atributos simbólicos como estabilidade, solidez e maturidade tecnológica, ao mesmo tempo que sugere eficiência aerodinâmica e racionalidade construtiva. A forma não se limita, assim, a uma dimensão estética, mas comunica intencionalmente valores associados à inovação e à evolução paradigmática da mobilidade autónoma.

Não obstante a primazia de um volume contínuo, o projeto introduz uma diferenciação subtil entre a zona destinada à bagagem e a área reservada à tripulação. Esta distinção não é tratada como fragmentação formal, mas antes como um enquadramento volumétrico que acrescenta profundidade, tensão controlada e robustez ao conjunto.

Através de variações calibradas na modelação das superfícies, na articulação das curvas e na proporção das massas, estabelece-se uma hierarquia visual que organiza o objeto e orienta a sua leitura, sem comprometer a coerência global. Deste modo, a diferenciação funcional é integrada na linguagem formal de forma discreta, evitando a compartimentação explícita.

Os elementos envidraçados desempenham um papel determinante na consolidação desta linguagem contínua. Os vidros laterais, frontal e traseiro são concebidos como superfícies que acompanham integralmente a curvatura do volume principal, integrando-se nas formas envolventes e reforçando a continuidade da pele exterior. Em vez de surgirem como planos autónomos inseridos numa moldura estrutural claramente delimitada, os envidraçados assumem-se como extensões naturais da carroçaria, dissolvendo a fronteira tradicional entre estrutura opaca e superfície transparente. Esta estratégia potencia a coesão estética do conjunto e contribui para uma perceção de leveza, transparência e abertura ao exterior, valores particularmente relevantes num contexto em que o utilizador deixa de estar focado na tarefa da condução e passa a experienciar o espaço de forma mais contemplativa.

No que respeita ao sistema de iluminação, os faróis e luzes auxiliares são integrados segundo as linhas estruturantes da carroçaria, acompanhando as suas curvas naturais e reforçando a horizontalidade da composição. A solução adotada privilegia a continuidade visual, sendo os conjuntos óticos de cada lado interligados por uma linha luminosa que atravessa a frente e/ou a traseira do veículo. Esta faixa de luz contínua contribui para a leitura de unidade e totalidade formal, funcionando simultaneamente como assinatura visual distintiva. A iluminação deixa, assim, de desempenhar exclusivamente uma função utilitária, assumindo também um papel compositivo, comunicacional e identitário, que reforça o caráter tecnológico e avançado do objeto.



Imagem 1 Vista a ¾ frontal do veículo



Imagem 2 Vista a ¾ traseira do veículo

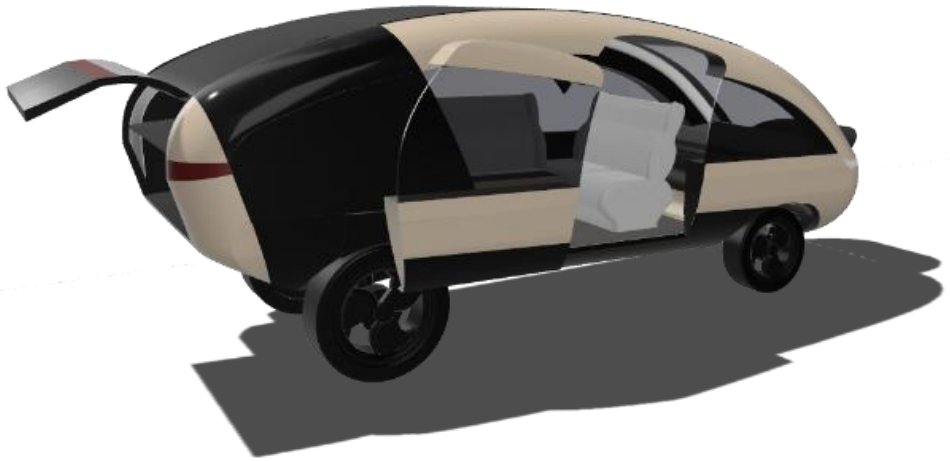


Imagem 3 Vista a ¾ traseira do veículo com bagageira, porta e capô aberto

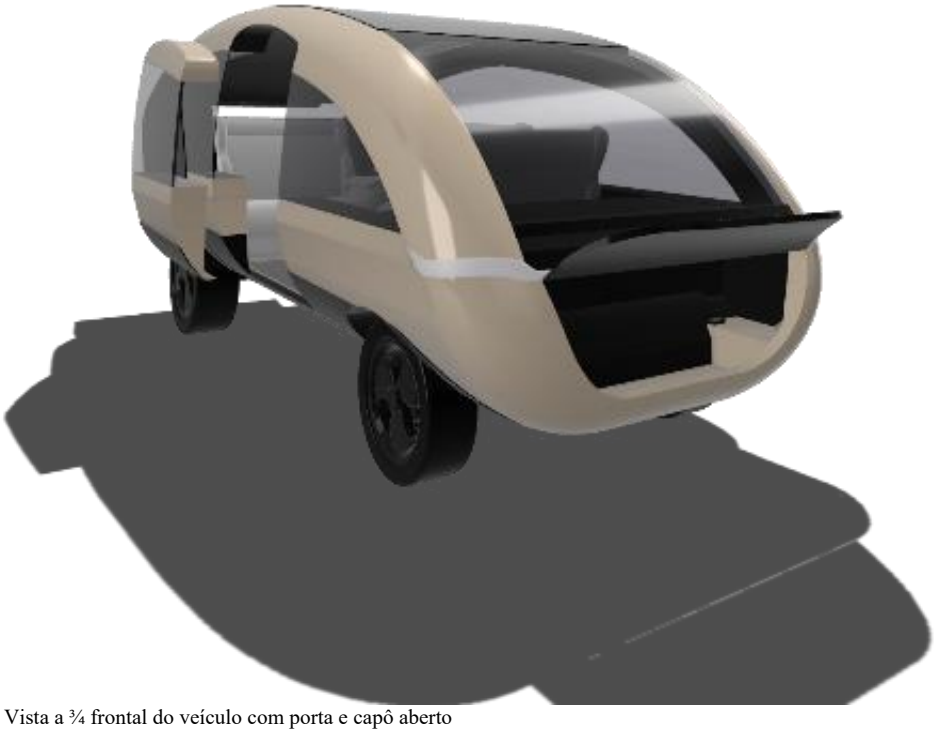


Imagem 4 Vista a ¾ frontal do veículo com porta e capô aberto

A opção de integrar apenas uma porta principal de acesso ao habitáculo resulta de uma decisão estratégica que articula coerência formal, organização espacial e narrativa conceptual do projeto. Esta escolha não decorre exclusivamente de uma simplificação

construtiva, mas antes de uma intenção clara de alinhar a expressão exterior com a lógica interna do veículo. Considerando que o interior não se encontra centrado relativamente ao eixo longitudinal, afastando-se deliberadamente da configuração simétrica e bilateral que caracteriza o automóvel convencional, a adoção de múltiplas portas laterais introduziria uma dissonância entre a organização espacial interna e a leitura formal externa.

Deste modo, a existência de um único ponto de entrada reforça a lógica assimétrica que estrutura o espaço interior e consolida a identidade do veículo enquanto objeto singular, que se distancia da tipologia automóvel tradicional. A porta deixa de ser entendida como mera solução funcional repetida simetricamente em ambos os lados da carroçaria e passa a constituir um elemento intencional, integrado numa estratégia compositiva mais ampla.

Esta solução contribui igualmente para a preservação da leitura volumétrica contínua anteriormente descrita. A redução do número de aberturas na carroçaria minimiza a fragmentação visual decorrente de cortes estruturais, folgas técnicas e linhas de separação, reforçando a perceção do veículo como uma massa coesa, compacta e tendencialmente monolítica. A porta principal assume, assim, um caráter quase escultórico: é desenhada como parte integrante da superfície envolvente, com transições suaves e controladas, funcionando como elemento discreto na composição global, mas determinante do ponto de vista funcional.

Para além da sua dimensão utilitária, o gesto de entrada no veículo é conceptualizado como momento integrante da experiência de utilização. O ato de aceder ao habitáculo é entendido como um ritual de transição entre o espaço público exterior, marcado pela dinâmica urbana e pela circulação, e o ambiente interior, concebido como extensão habitável, confortável e tecnologicamente mediada. Esta transição adquire, assim, um significado simbólico, reforçando a ideia de que o veículo não é apenas meio de transporte, mas também espaço relacional e experiencial.

Para além da porta principal de acesso ao habitáculo, o veículo integra uma porta de bagageira localizada na secção traseira. Este elemento é formalmente integrado na

linguagem global do projeto, assegurando continuidade visual com o volume posterior e evitando soluções que quebrem a fluidez da superfície. A sua configuração garante uma abertura funcional adequada às necessidades de armazenamento, respondendo a requisitos práticos sem comprometer a coerência formal do conjunto. A presença da bagageira reforça, simultaneamente, a distinção subtil entre a zona destinada à bagagem e a área reservada aos ocupantes, distinção essa já sugerida pela modelação volumétrica, mas nunca tratada como compartimentação explícita.

Na parte frontal encontra-se ainda o capô, cuja configuração responde a exigências técnicas e estruturais, nomeadamente no que respeita à organização de componentes mecânicos, sistemas de propulsão e dispositivos tecnológicos associados à condução autónoma. Embora este paradigma permita repensar profundamente a arquitetura interna do veículo, redistribuindo massas e libertando espaço tradicionalmente ocupado por sistemas associados ao posto de condução, a existência de um acesso frontal mantém-se relevante do ponto de vista funcional, particularmente no âmbito da manutenção, inspeção e atualização tecnológica.

À semelhança dos restantes elementos móveis, o capô é integrado de forma discreta na modelação da carroçaria, preservando a continuidade das superfícies e evitando interrupções visuais abruptas. A sua presença não compromete a leitura de unidade formal, antes se inscrevendo numa lógica de integração que procura conciliar requisitos técnicos com a ambição estética e conceptual do projeto.

Em conjunto, estas decisões relativas aos pontos de acesso evidenciam uma abordagem que privilegia a coerência sistémica: cada elemento móvel é pensado não apenas enquanto componente funcional isolado, mas enquanto parte de uma narrativa formal e espacial mais ampla, coerente com a transformação paradigmática associada à mobilidade autónoma.

4.1.2 Dimensões

O veículo foi conceptualizado como um híbrido entre o automóvel convencional e um espaço doméstico de conforto, afirmando-se não apenas como meio de transporte,

mas como ambiente habitável em movimento. Esta abordagem parte da ideia de que a mobilidade autónoma liberta o projeto das imposições formais e funcionais historicamente associadas à condução humana, permitindo questionar criticamente a pertinência de diversos elementos considerados, até então, indispensáveis. Tanto ao nível exterior como interior, muitos componentes do automóvel tradicional existem em função da centralidade do condutor e da necessidade de controlo manual do veículo. A sua eliminação ou reformulação abriu caminho a uma reconfiguração profunda da arquitetura global, possibilitando a exploração de novas qualidades espaciais, formais e experienciais.

Com o desaparecimento de elementos como o volante, os pedais, o painel de instrumentos convencional e outras interfaces orientadas para a condução manual, tornou-se possível repensar a distribuição interna a partir de uma lógica centrada exclusivamente no passageiro. Esta transformação não se limitou à remoção de dispositivos técnicos, mas implicou uma redefinição do próprio conceito de habitáculo. O espaço interior deixou de estar organizado segundo um eixo frontal hierarquizado e passou a ser concebido como ambiente relacional, no qual os utilizadores podem interagir entre si, trabalhar, descansar ou simplesmente usufruir da deslocação.

Neste contexto, o processo projetual iniciou-se deliberadamente pelo desenho do interior. A definição do espaço habitável, das relações entre utilizadores, da qualidade ambiental pretendida e das dinâmicas de apropriação espacial constituiu o ponto de partida do desenvolvimento conceptual. Apenas numa fase posterior se procedeu à configuração do invólucro exterior, assegurando que este se moldasse às necessidades espaciais previamente estabelecidas, e não o inverso. Esta inversão metodológica do interior para o exterior revelou-se determinante para evitar constrangimentos dimensionais e tipológicos que pudessem comprometer a coerência da proposta, permitindo que a forma exterior emergisse como consequência direta da organização interna.

Como resultado desta abordagem, o veículo apresenta dimensões superiores à maioria dos automóveis ligeiros atualmente em circulação, assumindo proporções que privilegiam amplitude, conforto e qualidade espacial. As dimensões finais estabelecidas

são: 2,35 metros de altura, 5,70 metros de comprimento e 2,29 metros de largura. Estes valores posicionam o veículo numa escala intermédia entre o automóvel ligeiro convencional e determinados veículos pesados de transporte de passageiros. Importa, contudo, sublinhar que este aumento dimensional não tem como objetivo o acréscimo do número de ocupantes, mas sim a criação de uma experiência espacial diferenciada, centrada no bem-estar, na liberdade de movimentos e na possibilidade de apropriação efetiva do espaço.

A altura generosa do habitáculo permite aos utilizadores adotar uma postura mais natural e ergonómica, aproximando-se da experiência de permanência num espaço arquitetónico em vez de um compartimento automóvel tradicional, frequentemente marcado por restrições volumétricas e posturas condicionadas. A largura e o comprimento contribuem para uma organização interna menos linear e mais flexível, possibilitando configurações alternativas de disposições de assentos e múltiplos cenários de interação.

Atendendo à altura total do veículo, tornou-se necessário integrar soluções que garantissem acessibilidade, segurança e ergonomia no momento de entrada e saída. Assim, a abertura da porta principal é acompanhada pelo acionamento automático de uma pequena rampa retrátil, discretamente integrada na base estrutural. Esta solução não só facilita o acesso dos utilizadores em geral, como também assegura condições adequadas a pessoas com mobilidade reduzida, promovendo uma abordagem inclusiva e alinhada com os princípios do design universal. A rampa, ao emergir como extensão natural do veículo no momento de utilização, reforça simbolicamente a ideia de transição suave entre o espaço público urbano e o ambiente interior habitável, consolidando a noção do veículo enquanto espaço arquitetónico móvel.

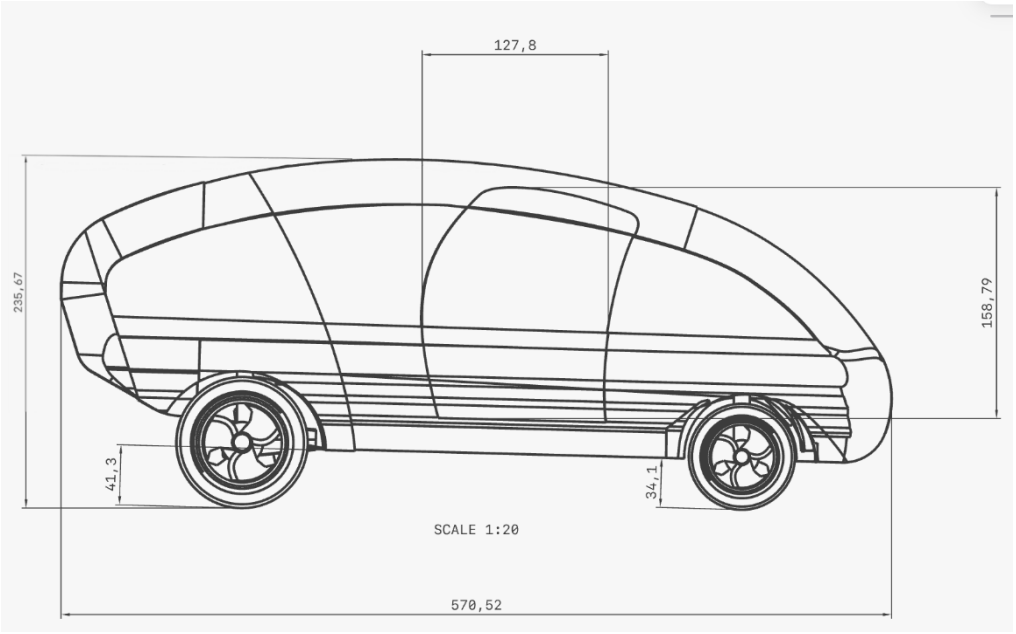


Imagem 5 Vista lateral do desenho do veículo com medidas

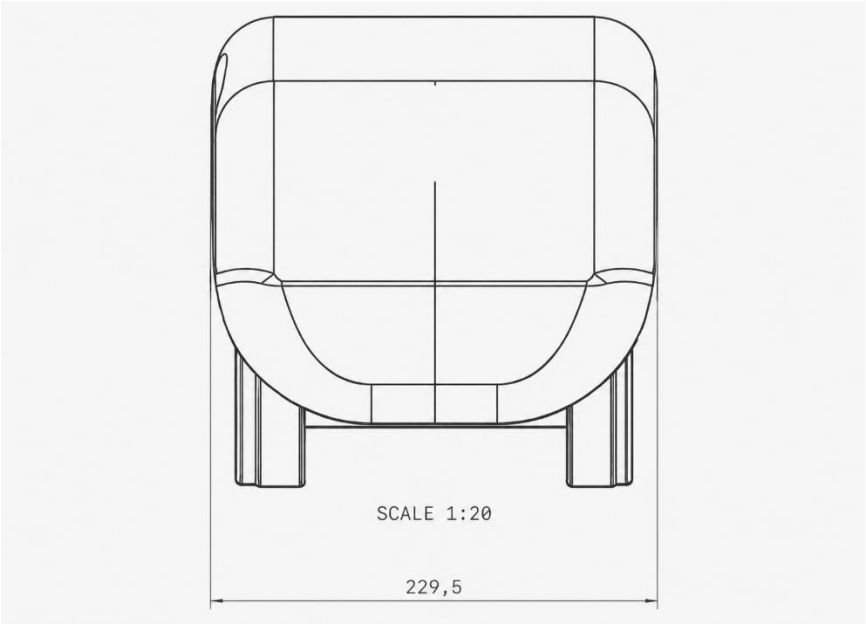


Imagem 6 Vista frontal do desenho do veículo com medidas

4.1.3 Sinalização

A ausência de condutor humano implica uma reformulação profunda dos sistemas de comunicação tradicionalmente associados ao automóvel. Nos veículos convencionais, grande parte da interação com o meio envolvente, particularmente com peões e outros condutores, é mediada por gestos, contacto visual ou comportamentos interpretáveis do condutor. Num contexto de mobilidade autónoma, esta dimensão relacional desaparece,

tornando imperativa a criação de mecanismos alternativos que assegurem clareza comunicacional, previsibilidade e segurança na circulação, mantendo simultaneamente a legibilidade das intenções do veículo perante todos os utilizadores da via pública.

Neste enquadramento, o próprio veículo assume o papel de agente comunicador, substituindo simbolicamente a figura do condutor enquanto intermediário social. Esta transição exige a conceção de um sistema de sinalização que transcenda as funções normativas estabelecidas pelo código da estrada, promovendo confiança e previsibilidade, sobretudo junto de utilizadores vulneráveis, como peões, ciclistas e utentes de mobilidade reduzida. Paralelamente, torna-se fundamental garantir que o veículo mantém uma comunicação eficaz com automóveis convencionais, considerando que poderá circular em vias partilhadas por diferentes níveis de automação e tipos de veículos.

Com este objetivo, foi desenvolvido um sistema de sinais luminosos complementares aos dispositivos de iluminação regulamentares. Este sistema integra-se formalmente na linguagem do veículo, explorando a continuidade das superfícies e a horizontalidade das linhas luminosas previamente descritas. Para além da função estética e identitária, a iluminação assume aqui um papel comunicacional estratégico, funcionando como interface visual dinâmica entre o veículo e o espaço público.

A barra luminosa frontal, representada na imagem 7, constitui o elemento central deste sistema. Nela estão incorporados os faróis principais, integrados de forma contínua na faixa horizontal que atravessa a frente do veículo. Esta solução reforça simultaneamente a perceção de unidade formal e permite a implementação de diferentes padrões luminosos para comunicar estados operacionais específicos, tais como modo autónomo ativo, paragem iminente ou cedência de passagem, conferindo ao veículo uma capacidade de comunicação visual direta e inteligível.

Na barra luminosa traseira, representada na imagem 8, pode ser visto como a integração das luzes indicadoras de mudança de direção, luzes de travagem, marcha-atrás e de travagem, segue a mesma lógica de continuidade e coerência formal. Concebidas como extensões naturais da linguagem luminosa do veículo, estas luzes são ativadas de forma clara, progressiva e facilmente interpretável, assegurando elevada visibilidade e

compreensão imediata por parte dos restantes utilizadores da via. Para além da função regulamentar, estas luzes podem articular-se com o sistema comunicacional global do veículo, reforçando a previsibilidade das manobras e contribuindo para uma interação segura e intuitiva no espaço urbano partilhado.



Imagem 7 Vista frontal do veículo



Imagem 8 Vista traseira do veículo

Na Imagem 9 encontra-se representada a luz de travagem frontal, concebida como um complemento ao sistema de iluminação regulamentar. A sua implementação responde à necessidade de tornar imediatamente percetível a intenção de desaceleração do veículo junto dos peões, especialmente em contextos urbanos de elevada densidade e partilha do espaço viário. Ao sinalizar frontalmente a travagem, o veículo comunica de forma direta e inequívoca que reconhece a presença de utilizadores na via pública e que está a ajustar o seu comportamento de forma preventiva e responsável.

Esta solução procura colmatar a ausência de sinais interpessoais tradicionalmente estabelecidos entre condutor e peão, como o contacto visual ou gestos de confirmação. A luz de travagem frontal assume, assim, uma função simbólica e relacional, reforçando a perceção de segurança e confiança. Para o peão que se encontra na estrada ou se prepara para atravessar, a ativação deste sinal constitui uma confirmação visual clara de que o sistema autónomo identificou a situação e está a atuar de forma proativa, contribuindo para reduzir incertezas e aumentar a previsibilidade das interações.

Na Imagem 10 é apresentada a luz de cedência, destinada a comunicar de forma explícita que o veículo está a conceder prioridade de passagem. Este sinal dirige-se tanto a peões como a outros veículos, assumindo especial relevância em passadeiras, cruzamentos ou zonas de conflito viário. Ao indicar que é seguro atravessar ou avançar, o veículo reforça a previsibilidade do seu comportamento e diminui a ambiguidade frequentemente associada à interação com sistemas automatizados, promovendo uma circulação mais segura e colaborativa.

É importante salientar que as luzes de travagem frontal e de cedência não são ativadas simultaneamente. Esta decisão estratégica visa evitar redundâncias comunicacionais e potenciais interpretações contraditórias. Enquanto a luz de travagem sinaliza um processo de desaceleração em curso, a luz de cedência comunica uma decisão consolidada de atribuição de prioridade. A separação funcional entre estes estados assegura maior clareza na leitura das intenções do veículo, estabelecendo uma hierarquia visual intuitiva e eficiente.

Em conjunto, estes dispositivos luminosos constituem elementos centrais na estratégia global de comunicação do projeto. Ao transformar o veículo autónomo num

agente ativo de interação com o meio urbano, reforçam a perceção de um ambiente viário mais transparente, previsível e seguro, posicionando o automóvel não apenas como meio de transporte, mas como interface relacional entre tecnologia, utilizadores e espaço público.



Imagem 9 Vista frontal do veículo com luz de travagem



Imagem 10 Vista frontal do veículo com luz de cedência de passagem

A barra luminosa traseira assume um papel central ao concentrar e reinterpretar os sistemas de sinalização convencionais do veículo, integrando-os numa solução contínua e formalmente coerente com a linguagem adotada em todo o projeto. Tal como a barra frontal, este elemento não se limita a uma função técnica, mas configura-se como componente identitário, articulando de forma integrada função, legibilidade e expressão estética, conferindo ao veículo uma assinatura visual unificada e distintiva.

A opção por concentrar a sinalização traseira numa única barra horizontal contínua reforça a perceção de largura e estabilidade do volume posterior, ao mesmo tempo que assegura elevada visibilidade em diferentes condições de iluminação, desde ambientes urbanos diurnos até cenários de baixa luminosidade. Esta solução simplifica igualmente a leitura das mensagens emitidas pelo veículo, organizando os diferentes estados luminosos de forma clara e hierarquizada, favorecendo a compreensão imediata pelos demais utilizadores da via.

Na Imagem 11, apresenta-se a configuração correspondente à luz de travagem, cuja ativação ocorre de forma homogénea ao longo de toda a barra, intensificando a sua luminosidade para assinalar a desaceleração. Esta estratégia permite uma perceção

imediata da ação por parte dos condutores que seguem atrás, garantindo tempos de reação adequados e contribuindo para a segurança rodoviária.

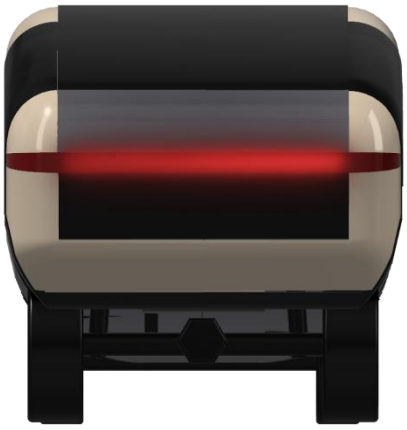


Imagem 11 Vista traseira do veículo com luz de travagem

A Imagem 12 ilustra o modo de iluminação traseira em contextos noturnos ou de baixa visibilidade, assegurando a identificação contínua do veículo na via. A uniformidade da linha luminosa reforça a clareza visual e consolida uma assinatura luminosa reconhecível mesmo à distância, fortalecendo a presença do veículo enquanto objeto tecnológico e comunicativo.

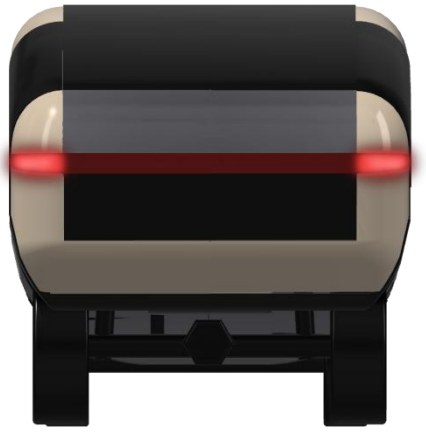


Imagem 12 Vista traseira do veículo com luz de presença

Na Imagem 13 encontram-se representados os indicadores de mudança de direção, integrados na mesma barra e ativados de forma segmentada e direcional. Esta solução mantém a coerência formal do conjunto, respeitando simultaneamente os princípios normativos de sinalização, de modo a garantir uma interpretação inequívoca por parte dos demais utilizadores da via.



Imagem 13 Vista traseira do veículo com luz de mudança de direção

Por fim, na Imagem 14 é apresentada a luz de marcha-atrás, concebida para sinalizar a intenção de deslocação em sentido inverso. A sua integração na barra traseira assegura continuidade visual e evita a dispersão de elementos luminosos isolados, preservando a pureza formal do volume posterior e reforçando a coesão estética do conjunto.



Imagem 14 Vista traseira do veículo com luz de marcha-atrás

4.2 interior

4.2.1 Layout, bancos e ambiência

O desenvolvimento do interior do veículo baseou-se na ideia de que, na ausência de condução humana, o habitáculo deixa de estar condicionado por uma organização centrada no posto de comando. Esta transformação estrutural liberta o espaço de constrangimentos ergonómicos historicamente associados ao condutor, como a orientação frontal obrigatória, a hierarquização dos lugares e a presença dominante do painel de instrumentos, abrindo caminho a uma configuração inovadora, orientada exclusivamente para a experiência do passageiro.

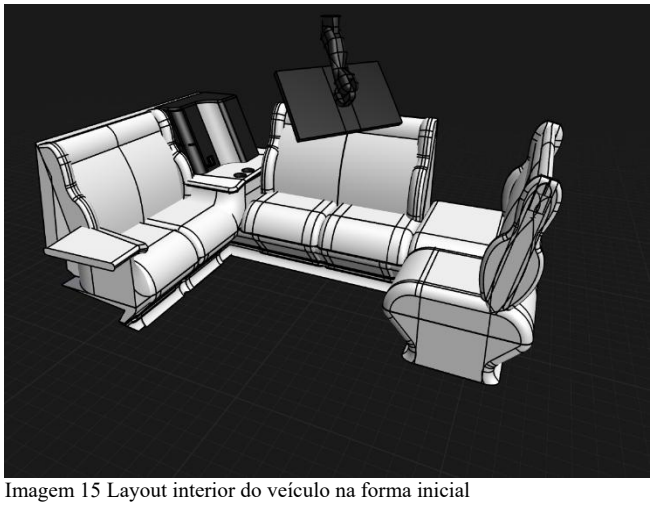
Neste contexto, o interior foi concebido como um híbrido entre meio de transporte e espaço de convívio ou lazer individual, aproximando-se mais de uma lógica doméstica do que da tipologia automóvel convencional. O objetivo transcende o mero aumento do conforto físico, propondo uma redefinição da perceção do tempo e da permanência no interior do veículo. A deslocação deixa de ser entendida como um intervalo funcional entre dois pontos e passa a constituir um momento potencialmente produtivo, social ou contemplativo, no qual o passageiro se apropria do espaço de forma ativa e significativa.

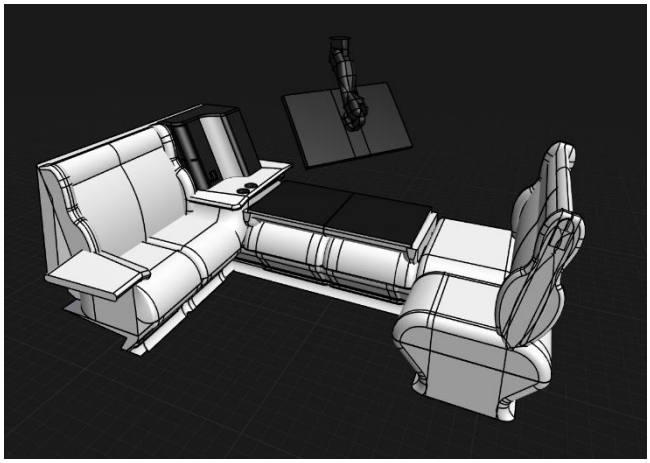
A organização espacial do habitáculo foi estruturada em torno da criação de um centro comum, partilhado por todos os ocupantes e evocando a configuração de uma sala de estar. Conforme ilustrado nas Imagens 15 a 18, os assentos são dispostos de modo a favorecer a interação visual e a proximidade entre utilizadores, rompendo com a tradicional disposição linear e orientada para a frente dos automóveis convencionais. Esta solução reforça a dimensão relacional do espaço, promovendo conversas, partilha e convivialidade, transformando o interior num ambiente socialmente dinâmico.

A centralidade do espaço assume, assim, uma dupla função simbólica e funcional. Simbolicamente, rompe com a hierarquia condutor-passageiro, substituindo-a por uma organização horizontal e inclusiva que valoriza todos os ocupantes de forma equitativa. Funcionalmente, permite uma distribuição equilibrada de superfícies de apoio, zonas de armazenamento e interfaces digitais, garantindo que todos tenham acesso fácil e uniforme

aos recursos disponíveis, potenciando uma experiência de utilização mais integrada e intuitiva.

A atmosfera interior foi cuidadosamente concebida para transmitir conforto, relaxamento e tranquilidade, aproximando a experiência sensorial daquela associada a ambientes domésticos. A seleção de materiais, texturas e soluções de iluminação foi pensada para atenuar a perceção de confinamento e reforçar a sensação de acolhimento. A escala generosa do habitáculo contribui para esta ambiência, permitindo maior liberdade de movimentos, posturas corporais mais naturais e menos rígidas do que as normalmente adotadas em veículos convencionais, e promovendo uma experiência espacial que combina bem-estar físico e psicológico.


Imagem 15 Layout interior do veículo na forma inicial


Imagem 16 Layout interior do veículo com banco lateral dobrado em mesa

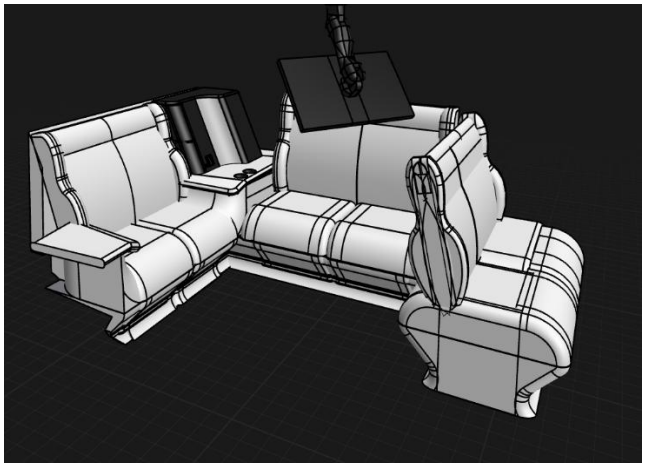


Imagem 17 Layout interior do veículo com banco frontal invertido

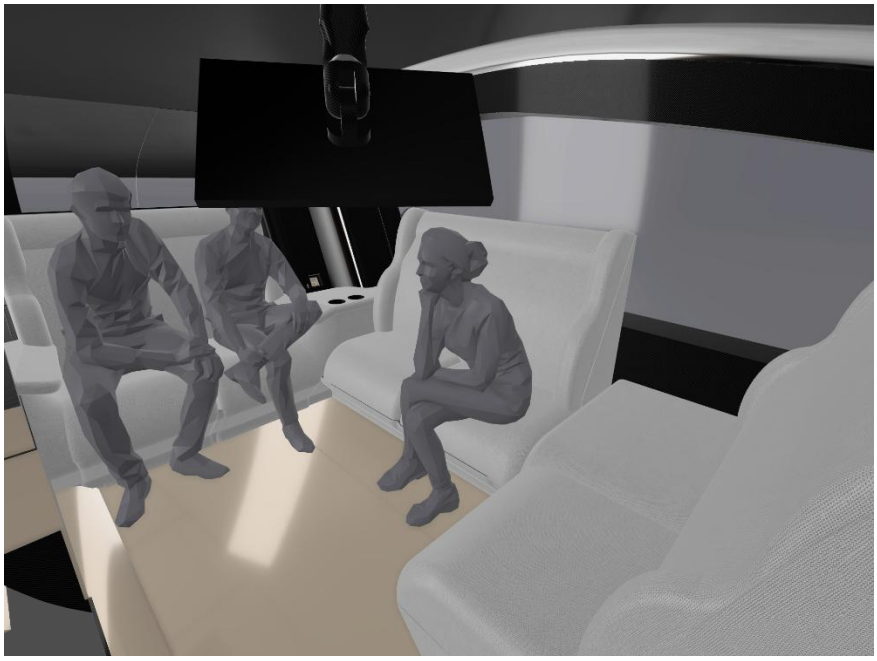


Imagem 18 *Render* do interior do veículo com passageiros

Com o objetivo de ampliar a versatilidade funcional do habitáculo e potenciar a adaptabilidade do espaço às diferentes situações de uso, os assentos foram concebidos como elementos dinâmicos, deixando de ser meros componentes estáticos de acomodação para se tornarem partes transformáveis do ambiente interior. Esta abordagem reforça a noção do veículo como espaço híbrido, capaz de alternar entre funções de mobilidade, convívio, trabalho e lazer de forma fluida.

No caso do banco lateral, foi prevista a possibilidade de rebatimento do encosto, permitindo que este se converta numa superfície horizontal de apoio, assumindo a função de mesa (Imagem 16). Esta solução maximiza a utilidade do elemento quando não está ocupado, transformando-o num recurso funcional para atividades como trabalho,

refeições ligeiras ou apoio de objetos pessoais. A transformação do assento em mesa sublinha a natureza híbrida do veículo, dissolvendo as fronteiras tradicionais entre espaço de transporte e espaço habitável.

A escolha do banco lateral para integrar esta funcionalidade resultou de uma análise espacial e experiencial cuidada. Ao ser rebatido, o encosto desocupa o campo visual junto ao vidro lateral, ampliando a entrada de luz natural e promovendo uma relação mais aberta com o exterior. Esta libertação do plano visual contribui para uma perceção de maior amplitude e favorece uma experiência mais contemplativa da paisagem envolvente. Adicionalmente, considerando que este lugar é tradicionalmente menos procurado em automóveis convencionais, a sua transformação funcional valoriza a sua presença no conjunto, equilibrando a utilização do espaço interno. Importa ainda salientar que a solução mantém a configuração 'frente-a-frente' entre os bancos principais, preservando a lógica de convívio e interação que estrutura o conceito do interior, evocando assim as habituais posições dos ocupantes na maior parte dos veículos de passageiros de tração animal conduzidos por cocheiros produzidos entre o séc. XVI e XIX.

Relativamente ao banco frontal, foi incorporada uma solução de rotação que permite orientar o assento tanto no sentido da marcha como no sentido oposto (Imagem 17). Esta funcionalidade responde à dualidade do espaço: por um lado, possibilita que o ocupante adote uma postura mais convencional, voltada para a frente e alinhada com o movimento do veículo; por outro, permite a integração plena na configuração central de convívio, reforçando a dinâmica de interação entre todos os passageiros.

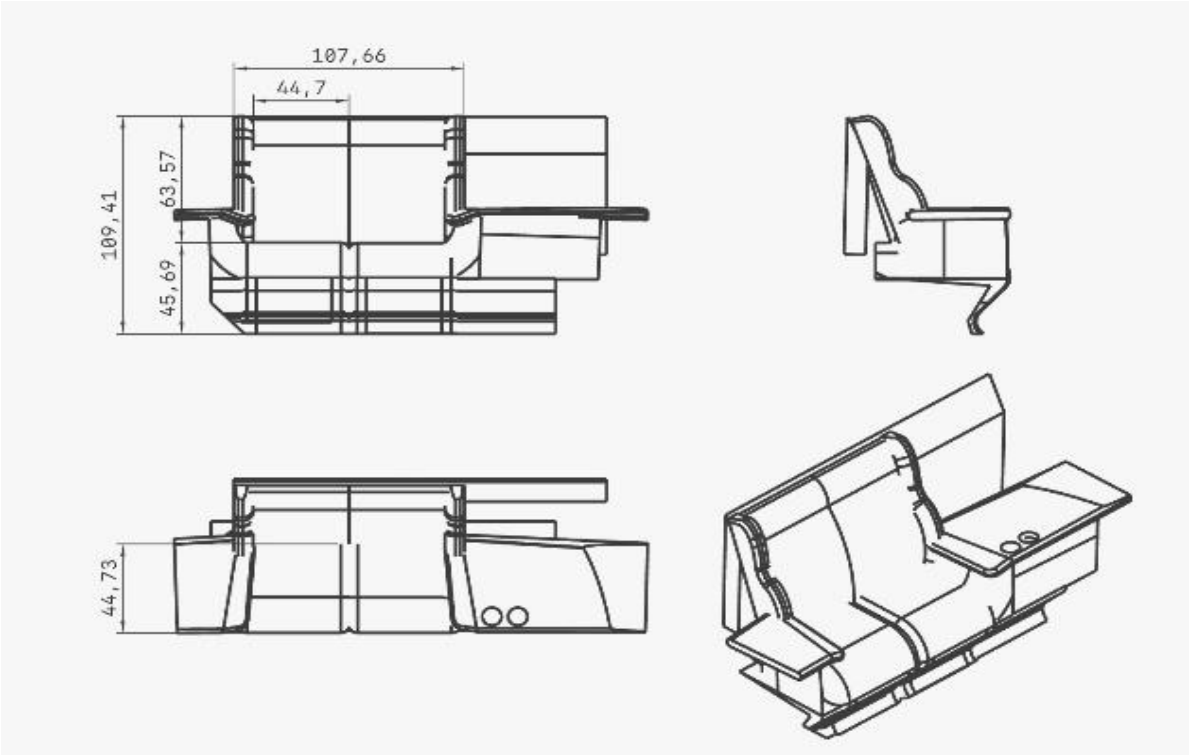


Imagem 19 Desenho dos bancos com medidas

No que respeita à linguagem formal do interior, os bancos foram concebidos com a intenção deliberada de se aproximarem do mobiliário doméstico, distanciando-se da estética e da ergonomia típicas dos assentos automóveis convencionais. Esta escolha manifesta-se sobretudo nas proporções generosas, na volumetria expressiva e na materialidade cuidadosamente selecionada (Imagem 19). Ao invés de apresentarem uma configuração técnica, compacta e condicionada por exigências de condução e otimização espacial, os bancos assumem dimensões amplas, encostos confortáveis e superfícies contínuas que remetem para sofás ou cadeirões de sala de estar, conferindo uma identidade mais acolhedora e humanizada ao habitáculo.

A possibilidade de adotar estas proporções decorre diretamente das dimensões ampliadas do veículo e da ausência do posto de condução tradicional. Esta condição libertou espaço para um enfoque maior no conforto ergonómico e na qualidade da permanência, permitindo que a profundidade do assento, a inclinação do encosto e a largura disponível fossem cuidadosamente calibradas para proporcionar posturas mais relaxadas e naturais. Desta forma, o banco transcende a função meramente utilitária de transporte, passando a assumir um papel central na definição da atmosfera interior, consolidando o habitáculo como espaço de permanência, convívio e bem-estar.

A iluminação interior desempenha igualmente um papel determinante na construção desta ambiência. O sistema luminoso foi concebido para maximizar o conforto visual e reforçar a perceção de acolhimento. Conforme ilustrado na Imagem 20, a iluminação materializa-se através de dois semi-arcos paralelos que acompanham as linhas estruturais do interior do veículo. Estes elementos não apenas seguem a geometria envolvente, como também contribuem para a delimitação visual do espaço, criando uma moldura subtil que envolve os ocupantes e reforça a coesão espacial do habitáculo.

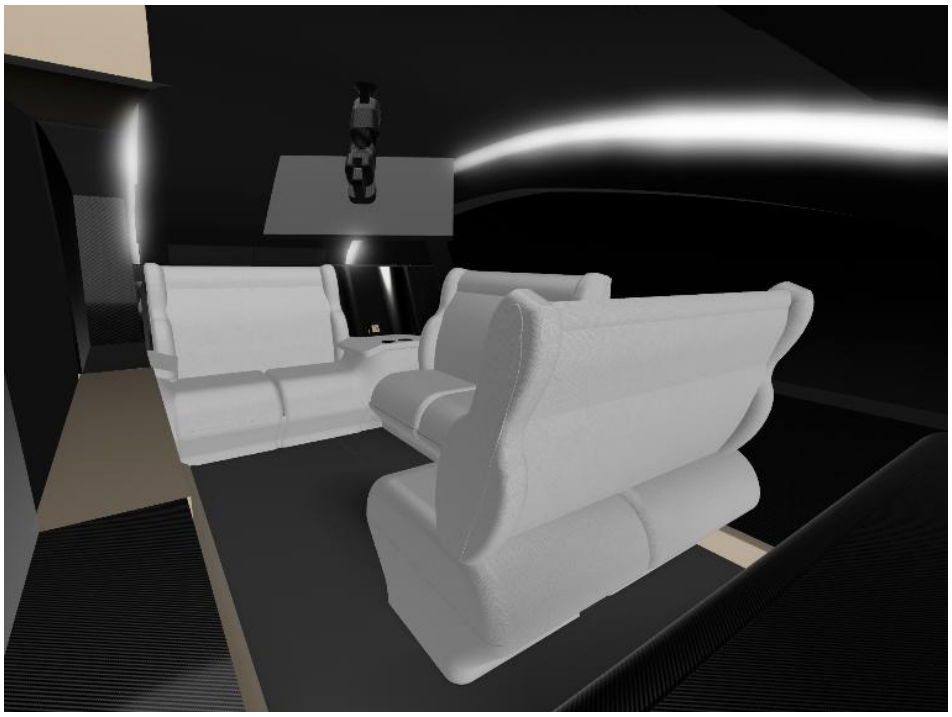


Imagem 20 Maqueta digital do interior do veículo

A presença dos semi-arcos produz uma sensação de contenção e proteção, aproximando a experiência espacial da de uma divisão doméstica, ainda que inserida num volume amplo. Esta estratégia contraria a ideia de que maior dimensão implica necessariamente frieza ou impessoalidade. Pelo contrário, através da luz indireta e das formas curvas, o espaço é humanizado e torna-se mais íntimo, transmitindo conforto, privacidade e segurança aos ocupantes.

A escolha cromática contribui de forma complementar para a delimitação visual e a construção da atmosfera interior. A predominância do preto nas superfícies envolventes cria um efeito de profundidade, funcionando como pano de fundo neutro que

absorve luz e reduz distrações visuais. Em contraste, os bancos em branco destacam-se como elementos centrais, sublinhando a área de permanência dos ocupantes e reforçando a leitura do espaço como núcleo habitável. Esta oposição cromática valoriza formalmente o mobiliário e intensifica a sensação de foco, acolhimento e proximidade.

No domínio da privacidade, o veículo integra um sistema de escurecimento dos vidros, permitindo controlar o grau de transparência entre interior e exterior. Esta funcionalidade possibilita limitar a visibilidade bidirecional conforme as necessidades dos utilizadores, seja para criar um ambiente mais resguardado em contexto urbano, seja para reduzir a incidência solar direta. Para além do seu contributo funcional, o controlo da transparência reforça a ideia do veículo como espaço autónomo e protegido, capaz de modular a relação entre os ocupantes e o meio envolvente, consolidando a experiência de um habitáculo confortável, seguro e adaptável.

4.2.2 Consola central, entretenimento e funcionalidades

A consola central (Imagem 21) constitui o núcleo principal de comunicação visual e funcional do habitáculo, assumindo-se como elemento estruturante na organização do espaço interior. Num contexto em que o veículo deixou de possuir o posto de condução tradicional, a consola transcende a função clássica de interface exclusiva do condutor, configurando-se como plataforma partilhada de interação entre o sistema autónomo e todos os ocupantes, promovendo uma experiência coletiva e integrada.

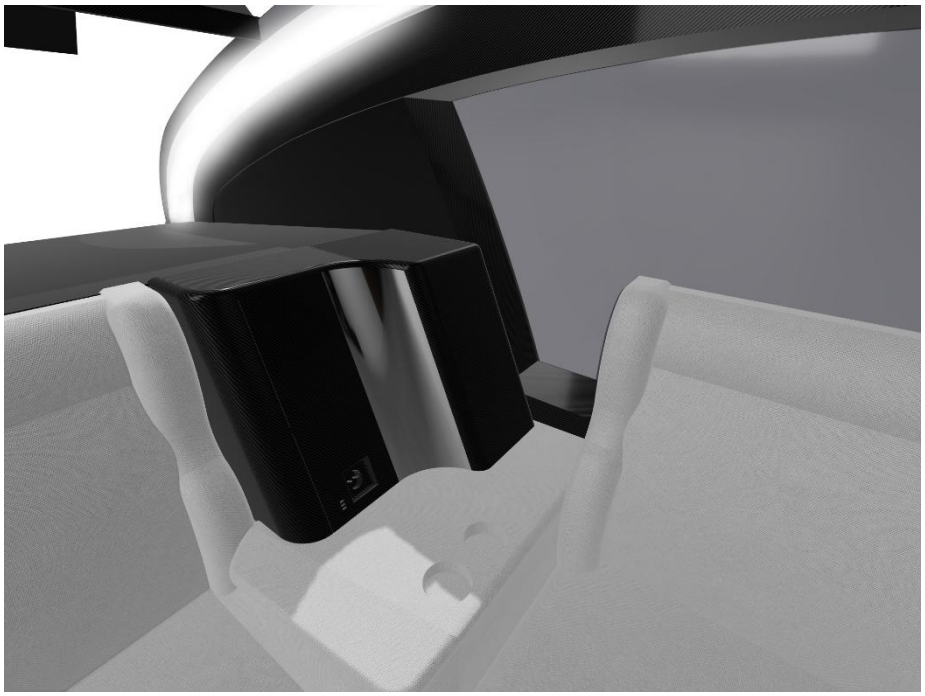


Imagem 21 Consola central do veículo

No centro da consola encontra-se o *display* principal do veículo, materializado sob a forma de um ecrã curvo integrado na superfície envolvente. A curvatura do ecrã não constitui apenas um recurso estético, mas responde a uma estratégia ergonómica que garante legibilidade a partir de múltiplos ângulos de visão, assegurando acesso equitativo à informação para todos os passageiros. Este *display* concentra dados essenciais sobre o estado do veículo, percurso, tempo estimado de chegada, condições de circulação e demais informações relevantes, funcionando como interface central do sistema autónomo. Para além da função informativa, o ecrã suporta funcionalidades de entretenimento, comunicação e personalização do ambiente interior, reforçando a versatilidade do espaço.

Para além da sua dimensão comunicacional, a consola central organiza um conjunto de utilidades práticas que evidenciam a sua relevância no quotidiano de utilização do veículo. No lado esquerdo, um compartimento de armazenamento fechado, acessível através de uma porta deslizante vertical (Imagem 22), permite ocultar objetos pessoais, mantendo a limpeza visual do espaço e contribuindo para uma atmosfera organizada e minimalista.

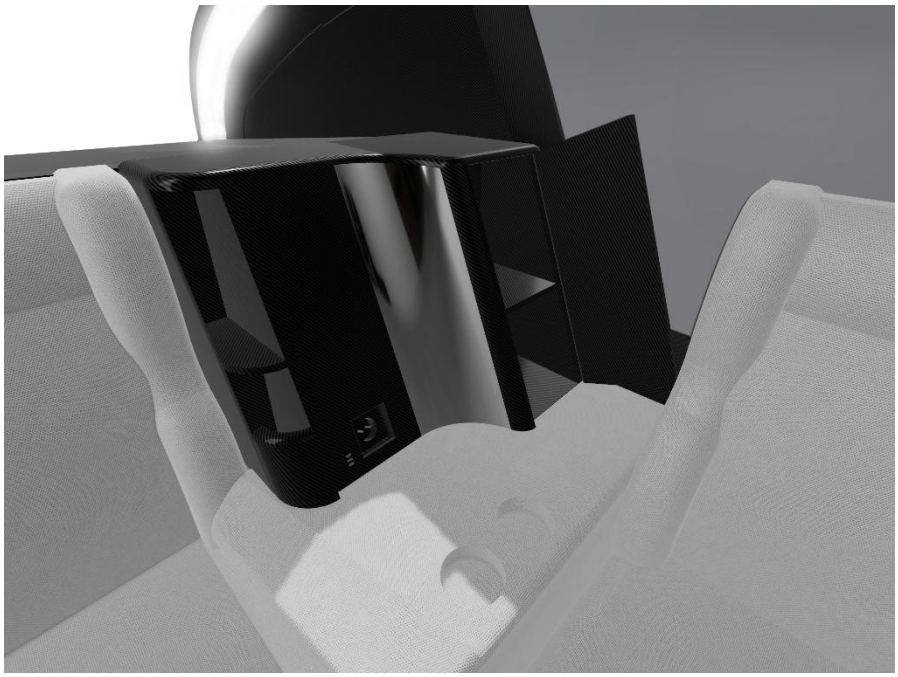
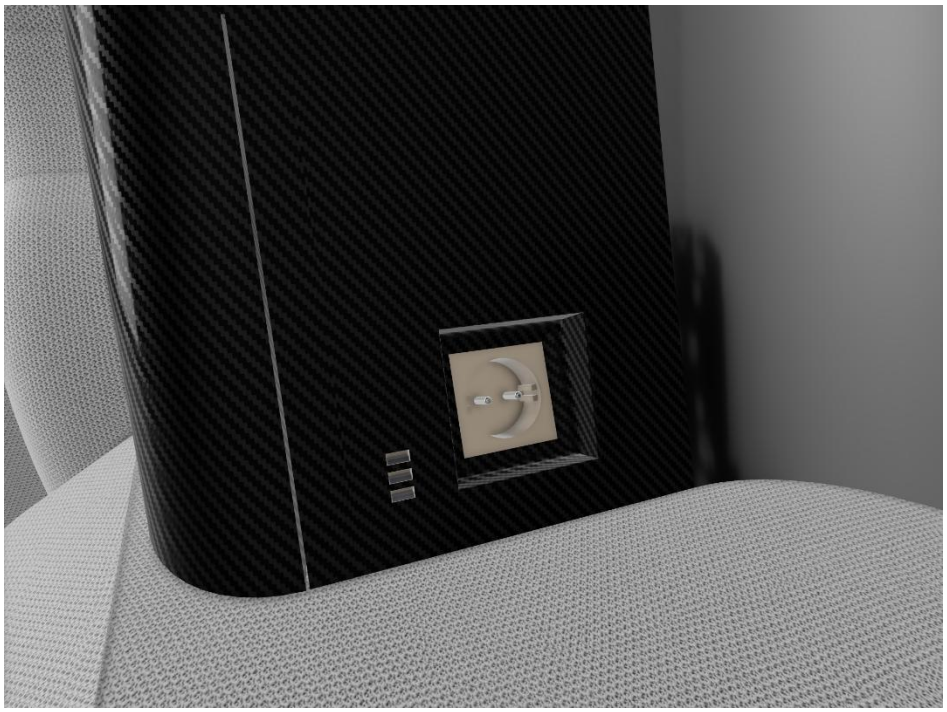


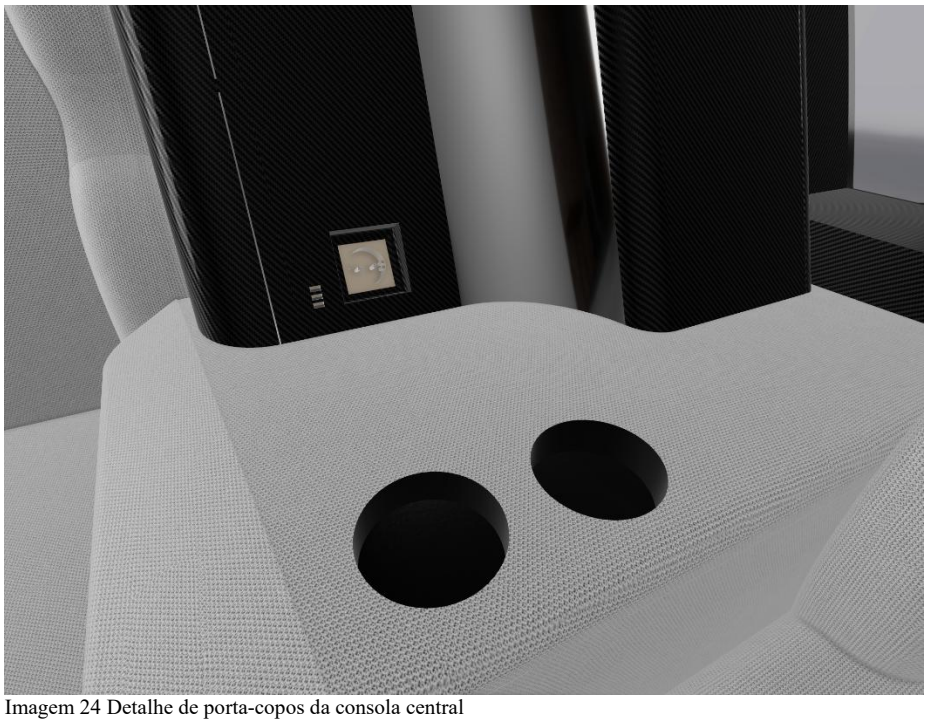
Imagem 22. Consola central do veículo com compartimentos abertos

No lado direito integra-se um compartimento de armazenamento refrigerado (Imagem 22), concebido para a conservação de bebidas ou pequenos alimentos.
Esta solução reforça a conceção do veículo como espaço de permanência prolongada, aproximando-o de um ambiente doméstico ou de lounge, onde as necessidades básicas dos ocupantes são integradas de forma discreta e funcional na arquitetura do habitáculo.

Na zona inferior da consola encontram-se três entradas USB, destinadas ao carregamento de dispositivos móveis ou à sua ligação ao sistema do veículo (Imagem 23), bem como uma ficha elétrica convencional que amplia as possibilidades de utilização de equipamentos eletrónicos. Estas soluções refletem a centralidade da conectividade no contexto contemporâneo, permitindo que o tempo de deslocação se converta em oportunidade para trabalho, entretenimento ou comunicação digital.


Imagem 23 Detalhe de conexões da consola central

Complementarmente, a consola incorpora dois suportes para copos (Imagem 24), posicionados de forma acessível a todos os ocupantes. Apesar da aparente simplicidade, estes elementos reforçam a funcionalidade quotidiana do espaço, consolidando a analogia com um ambiente doméstico ou de lounge e sublinhando a atenção ao detalhe na experiência do utilizador.


Imagem 24 Detalhe de porta-copos da consola central

No que diz respeito ao entretenimento e à flexibilidade do espaço interior, o veículo integra um ecrã articulado (Imagens 16 a 18, 20 e 25), concebido para se adaptar às diferentes configurações do habitáculo e às necessidades específicas dos ocupantes. Este dispositivo permite visualização em múltiplas direções, garantindo que qualquer passageiro, independentemente da posição que ocupe, tenha acesso às funcionalidades de informação, entretenimento ou comunicação disponibilizadas pelo sistema, reforçando a inclusão e a equidade na experiência de utilização.

A mobilidade do ecrã assegura uma experiência dinâmica e flexível, rompendo com a limitação típica dos veículos convencionais, nos quais os *displays* estão geralmente orientados apenas para frente ou para um único ocupante. Ao permitir ajustes de inclinação e rotação, o ecrã articula-se diretamente com a flexibilidade do interior incluindo os assentos rotativos e os bancos transformáveis acompanhando a reorganização do espaço e mantendo-se funcional independentemente da configuração escolhida pelos ocupantes. Esta articulação pode ser automática, através da deteção da posição do utilizador, ou manualmente através da *app* ou consola do carro.

Para otimizar a utilização do espaço e preservar a sensação de amplitude, o ecrã foi projetado para ser recolhido junto ao teto quando não está em uso (imagem 25). Esta solução permite libertar completamente a área central do habitáculo, garantindo liberdade de movimento, reforçando o conceito de espaço multifuncional e evitando qualquer obstrução visual ou física, promovendo simultaneamente um ambiente limpo e organizado.

Desta forma, o ecrã articulado não cumpre apenas a função de entretenimento, mas integra-se de forma coerente na lógica espacial do veículo, consolidando a versatilidade e adaptabilidade do interior. Contribui para a criação de um ambiente confortável, tecnologicamente avançado e centrado no utilizador, onde cada ocupante pode personalizar a sua experiência sem comprometer a interação, a fluidez do espaço ou a coesão estética do habitáculo.



Imagem 25 Ecrã do veículo recolhido

4.3 Interface

4.3.1 Navegação

Durante a realização de uma viagem, o trajeto e as informações de navegação são apresentados no ecrã da consola central, concebido para comunicar com os ocupantes de forma clara, intuitiva e eficiente. A sequência de visualização foi cuidadosamente estruturada de modo a tornar a experiência de utilização natural e progressiva, evitando sobrecarga de informação e garantindo que todos compreendam o estado do veículo, a rota e os dados relevantes em tempo real.

Conforme ilustrado nas Imagens 26 e 27, ao ligar o veículo, é apresentado inicialmente o Ecrã 1 durante cerca de dois segundos, funcionando como uma introdução visual e preparando o utilizador para a interação com o sistema. Seguidamente, o *display* muda para o Ecrã 2, que serve como interface principal em estado de repouso, mantendo-se ativo até que a viagem seja iniciada. Com o início do trajeto, o sistema transita

automaticamente para o Ecrã 3, que exibe o percurso em tempo real, acompanhando a rota percorrida pelo veículo e fornecendo atualizações contínuas sobre localização, tempo estimado de chegada e outras informações essenciais. Ao atingir o destino, o Ecrã 4 sinaliza a conclusão da viagem; passado cinco segundos, o *display* retorna automaticamente ao Ecrã 2, reiniciando o estado de repouso da interface e mantendo a coerência da experiência visual.

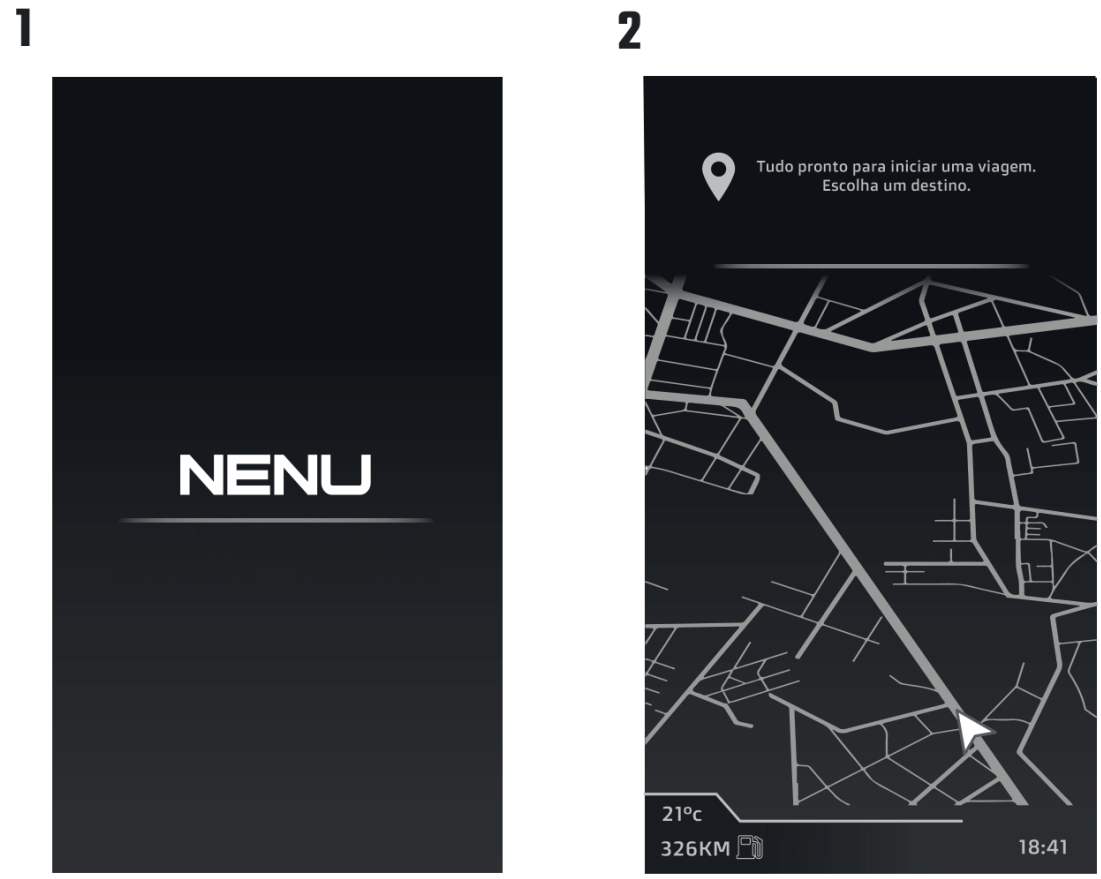


Imagem 26 Ecrãs de início e de navegação da consola central



Imagem 27 Ecrãs de navegação da consola central

O início das viagens pode ser realizado de múltiplas formas, proporcionando flexibilidade e conveniência aos utilizadores. É possível iniciar ou agendar deslocações diretamente através da aplicação conectada ao veículo, mesmo quando os ocupantes se encontram fora do habitáculo, a *app* também está disponível na consola do carro. Alternativamente, o sistema pode ser acionado por comandos de voz, utilizando a designação do veículo como 'Nenu'. Este método permite que os ocupantes interajam com o veículo de forma natural, formulando pedidos e instruções tal como fariam com um interlocutor humano, reforçando a perceção de um ambiente, intuitivo e responsivo no interior do habitáculo.

Desta forma, a integração da navegação com a interface da consola central combina clareza visual, progressão lógica e interatividade contextual, proporcionando uma experiência de viagem mais fluida, confortável e acessível. Este sistema evidencia a conceção do veículo enquanto espaço habitável e tecnologicamente avançado, onde a

informação, a interação e a personalização se articulam de forma harmoniosa para potenciar o bem-estar e a confiança dos ocupantes.

4.3.2 Informação

Para além da apresentação de informação relativa à navegação, o ecrã da consola central desempenha um papel determinante na comunicação de avisos e notificações operacionais do veículo. Esta funcionalidade reforça a sua posição enquanto interface principal entre o sistema autónomo e os ocupantes, consolidando-o como o centro informativo e comunicacional do habitáculo.

Conforme exemplificado na Imagem 28, o *display* é capaz de apresentar diferentes tipos de alertas, que variam desde notificações informativas, como alterações no trajeto, condições de tráfego ou atualizações de percurso, até avisos de carácter técnico, relacionados com o estado do veículo ou eventuais necessidades de intervenção. O design destes alertas foi desenvolvido com base em princípios de hierarquia visual, contraste e legibilidade, assegurando que a informação crítica seja imediatamente percetível sem comprometer a clareza global da interface ou sobrecarregar os utilizadores.

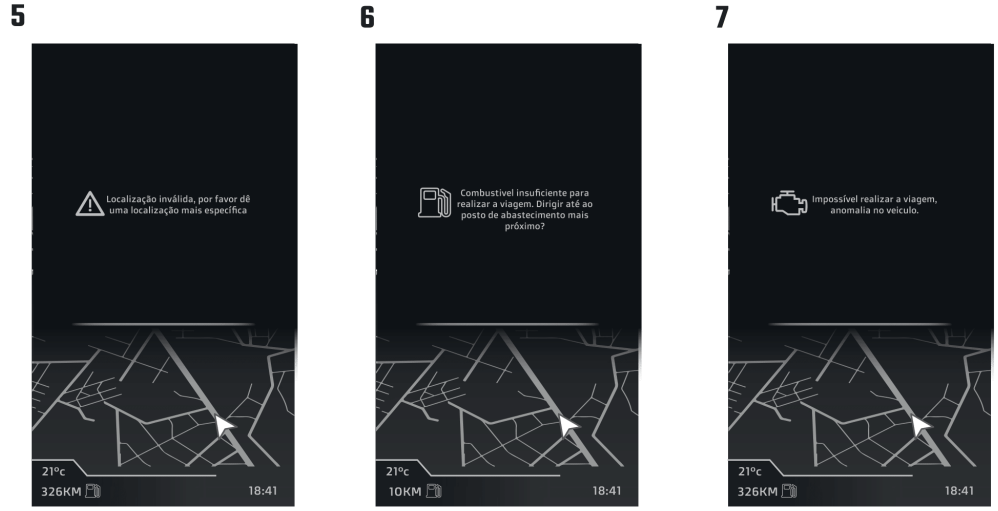


Imagem 28 Ecrãs de informação da consola central

Para reforçar a eficácia comunicacional, os avisos visuais são complementados por alertas sonoros. Nestes casos, o veículo recorre a uma voz humana sintetizada para informar os ocupantes sobre a situação em causa, explicando de forma clara e direta o problema ou a alteração detetada. Esta abordagem minimiza ambiguidades, garantindo

que a mensagem seja compreendida mesmo quando os utilizadores não estão a olhar diretamente para o ecrã, aumentando assim a segurança operacional e a confiança na condução autónoma.

A utilização de uma voz humanizada aproxima a interação da experiência de comunicação interpessoal, reforçando a perceção do veículo como entidade ativa e consciente do contexto envolvente. Ao privilegiar uma linguagem verbal acessível em vez de sinais técnicos ou sonoros abstratos, o sistema promove uma comunicação intuitiva e empática, transmitindo segurança, tranquilidade e confiança aos ocupantes, e consolidando a dimensão do habitáculo como um espaço habitável, interativo e tecnologicamente avançado.

4.3.3 Entretenimento

O ecrã de entretenimento localizado no teto do veículo (Imagens 20 e 25) foi concebido exclusivamente para funções de lazer e consumo multimédia, distinguindo-se claramente do ecrã da consola central, cuja finalidade principal é informativa e operacional. Esta separação funcional permite estruturar de forma organizada as diferentes camadas de interação do habitáculo, evitando sobreposição de conteúdos e garantindo uma experiência de utilização mais intuitiva, clara e fluida.

O ecrã pode ser operado integralmente através de comandos de voz, dirigindo-se ao veículo pelo nome ‘Nenu’ e formulando pedidos de forma natural, tal como numa interação interpessoal. Os utilizadores podem solicitar a reprodução de filmes, séries ou outros conteúdos multimédia, reforçando a conceção do veículo como espaço de permanência e fruição, e não apenas de deslocação. Esta abordagem privilegia a simplicidade de utilização e reduz a necessidade de interfaces físicas adicionais, preservando a limpeza formal e a estética minimalista do interior.

Em estado de repouso, conforme ilustrado na Imagem 20, o ecrã encontra-se recolhido junto ao teto, integrando-se discretamente na arquitetura interior e não interferindo na amplitude visual nem na circulação no habitáculo. Quando é iniciado qualquer conteúdo multimédia, um braço articulado regula automaticamente a posição do ecrã, orientando-o para o utilizador que efetuou o pedido. Este movimento é projetado

para ser suave e preciso, assegurando conforto visual e evitando ajustes manuais complexos, mantendo a ergonomia e a experiência de utilização confortável.

Para determinar a posição do utilizador, o veículo recorre a um sistema integrado de câmaras e microfones que identifica a origem do comando de voz e localiza espacialmente o ocupante. Quando a aplicação do veículo é utilizada, o sistema pode ainda detetar a posição do telemóvel no interior do habitáculo, cruzando essa informação com o reconhecimento visual para identificar o utilizador de forma mais rigorosa. Esta combinação de sensores permite uma adaptação personalizada da orientação do ecrã, reforçando a dimensão tecnológica, responsiva e interativa do ambiente interior.

Caso seja necessário realizar ajustes adicionais na posição do ecrã, seja em inclinação, rotação ou distância, o utilizador pode fazê-lo também através de comandos de voz, mantendo a coerência com a filosofia de interação intuitiva adotada no projeto. Deste modo, o ecrã de entretenimento integra-se de forma harmoniosa no habitáculo, promovendo uma experiência tecnológica avançada, personalizada e centrada no utilizador, ao mesmo tempo que preserva a fluidez e a amplitude do espaço.

4.3.4 Aplicação

4.3.4.1 Navegação e programação

A gestão das viagens do veículo pode ser realizada integralmente através da aplicação dedicada, concebida como uma extensão digital do sistema autónomo. Esta plataforma permite aos utilizadores controlar todas as etapas da deslocação, desde a definição de percursos imediatos até ao agendamento de viagens futuras. Para além de permitir trajetos com passageiros a bordo, a aplicação possibilita o envio autónomo do veículo para recolher um utilizador noutro local, reforçando a flexibilidade e adaptabilidade do sistema às dinâmicas quotidianas e às necessidades individuais.

A aplicação encontra-se disponível tanto para smartphones como para utilização direta na consola do veículo, através do ecrã tátil integrado. Esta duplicação de acesso garante continuidade da experiência entre o ambiente exterior e o interior do habitáculo,

permitindo ao utilizador iniciar, modificar ou acompanhar viagens em qualquer momento do processo, sem perder coerência ou funcionalidade.

Conforme ilustrado nas Imagens 29 a 32, é apresentado um exemplo completo de agendamento de viagem, desde a abertura da aplicação, representada no Painel 1, até à confirmação final do percurso, Painel 10. Esta sequência evidencia uma progressão lógica e intuitiva da interface, orientando o utilizador através das diferentes etapas de seleção de origem, destino, data e horário. No Painel 11 da mesma imagem, é possível consultar a página dedicada às viagens previamente agendadas, permitindo ao utilizador visualizar, editar ou cancelar deslocações programadas de forma simples e organizada.

Quando o utilizador se encontra fora do veículo, a interface adapta-se automaticamente, apresentando em alternativa a opção de solicitar que o veículo se desloque até à sua localização (conforme indicado no Painel 1). Esta lógica contextual evidencia a inteligência do sistema, ajustando as opções disponíveis de acordo com a situação real do utilizador, e reforça a perceção de um veículo autónomo responsivo, seguro e intuitivo, capaz de integrar-se de forma natural nas rotinas quotidianas.

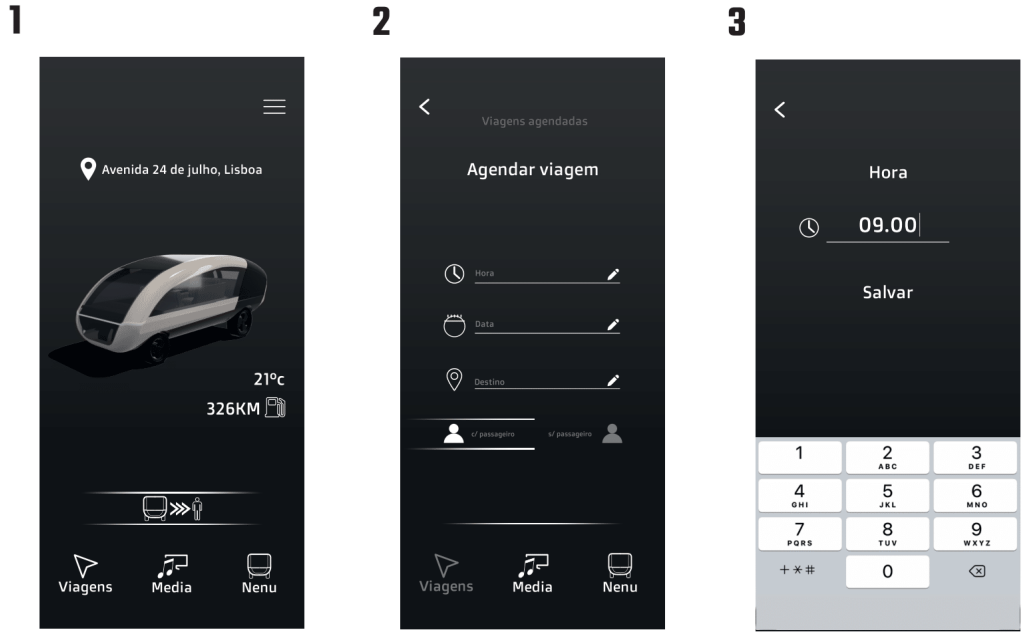


Imagem 29 Maqueta de ecrãs da aplicação

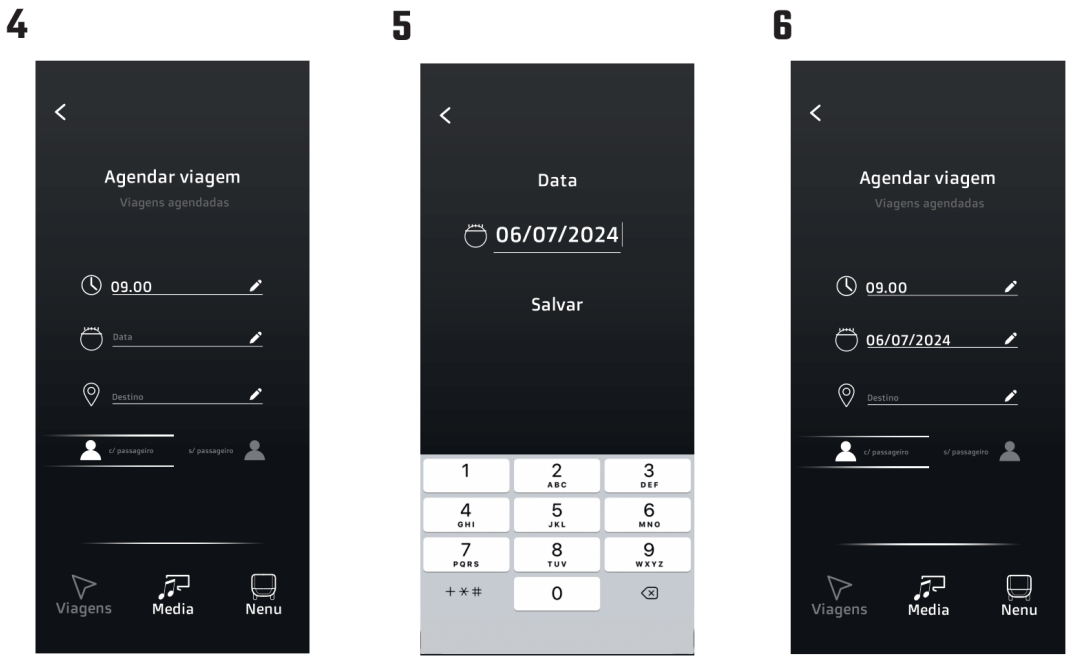


Imagem 30 Maqueta de ecrãs da aplicação



Imagem 31 Maqueta de ecrãs da aplicação



Imagem 32 Maqueta de ecrãs da aplicação

4.3.4.2 Entretenimento e funções

O controlo do sistema de entretenimento pode igualmente ser efetuado através da aplicação móvel, reforçando a continuidade entre a interface digital externa e o ambiente interior do veículo. Para tal, o utilizador inicia o processo selecionando o serviço pretendido, como plataformas de vídeo ou música, e, em seguida, escolhe o conteúdo específico que deseja reproduzir. Após confirmação, a reprodução é automaticamente iniciada no ecrã de entretenimento do veículo, garantindo uma transição fluida entre o dispositivo pessoal e o sistema multimédia integrado, e mantendo a experiência de utilização coerente e intuitiva.

Conforme ilustrado nas imagens 33 a 35, Painéis 13 a 19, este processo é apresentado de forma sequencial e lógica, promovendo clareza e facilidade de navegação. A ação tem início na imagem 29 ou 32, Painel 1 ou 12, ao selecionar a opção ‘media’, que direciona o utilizador para o ambiente dedicado ao entretenimento. A estrutura da interface foi desenvolvida com base em princípios de simplificação, reduzindo o número de etapas necessárias e privilegiando uma navegação acessível, rápida e organizada.

Para além do entretenimento, a aplicação permite o controlo remoto de diversas funcionalidades operacionais do veículo. Entre estas incluem-se o ajuste do sistema de climatização, a abertura do capô e da bagageira, bem como o trancamento e

destrancamento das portas, conforme demonstrado no Painel 12 da Imagem 32. Esta centralização de comandos numa única plataforma digital reforça a comodidade e a eficiência de utilização, permitindo ao utilizador gerir diferentes aspetos do veículo tanto à distância como a partir do interior do habitáculo.

Adicionalmente, a aplicação integra um sistema de gestão de utilizadores, representado nos Painéis 20 a 22 da Imagem 36 e 37. Esta funcionalidade permite atribuir ou restringir permissões de utilização a diferentes perfis associados ao veículo. Tal mecanismo revela-se particularmente relevante em contextos familiares ou de utilização partilhada. Por exemplo, no caso de uma criança que realize uma viagem sozinha, é possível limitar a sua capacidade de iniciar trajetos não previamente autorizados pelo utilizador responsável, assegurando maior controlo, segurança e supervisão.

A lógica de perfis diferenciados permite adaptar o nível de acesso às funcionalidades do veículo de acordo com a idade, responsabilidade ou papel do utilizador, promovendo uma utilização consciente e segura quando necessário. Em termos conceptuais, esta solução reforça a dimensão inteligente e personalizada do sistema, aproximando-o de um ecossistema digital doméstico, onde diferentes membros possuem níveis distintos de permissão, consolidando a ideia de um veículo autónomo não apenas funcional, mas também adaptável às necessidades individuais e familiares.



Imagem 33 Maqueta de ecrãs da aplicação

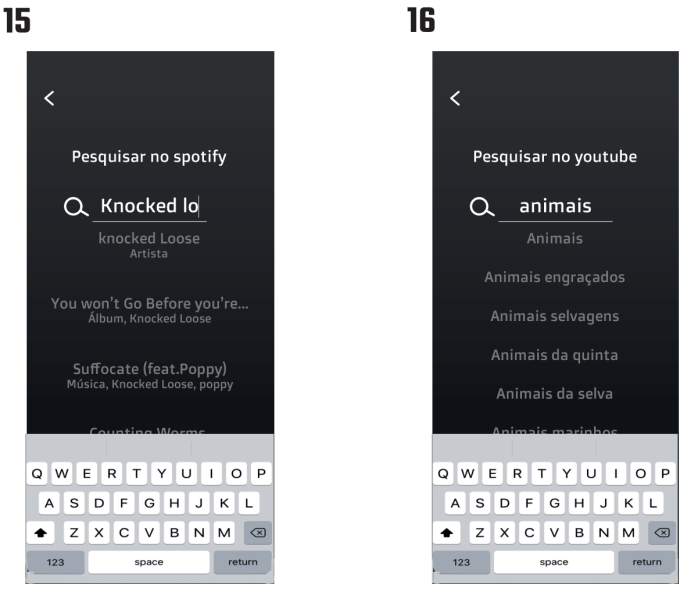


Imagem 34 Maqueta de ecrãs da aplicação

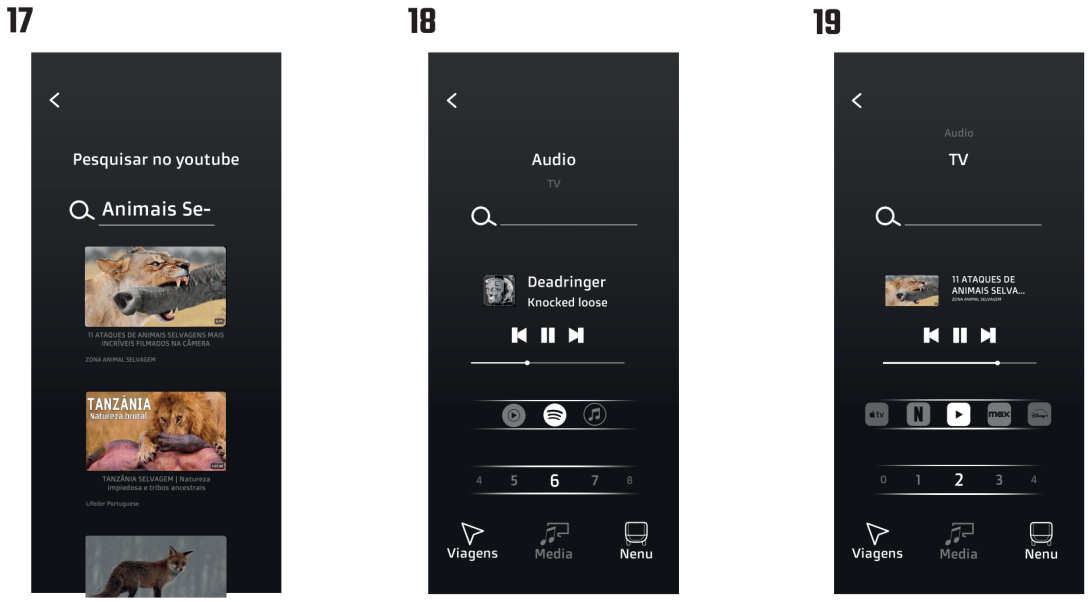


Imagem 35 Maqueta de ecrãs da aplicação



Imagem 36 Maqueta de ecrãs da aplicação



Imagem 37 Maqueta de ecrãs da aplicação

4.3.4.3 Informação

Em caso de ocorrência de anomalias ou falhas no sistema, a aplicação comunica imediatamente ao utilizador a natureza do problema, de forma clara e explícita, de modo semelhante ao que acontece no ecrã da consola central. Conforme exemplificado na Imagem 37, Painel 23, o alerta é apresentado de forma destacada, assegurando que a informação relevante não passe despercebida e seja prontamente percebida pelos ocupantes.

Estas notificações surgem em sobreposição a qualquer ação que o utilizador esteja a executar na aplicação no momento, interrompendo temporariamente o fluxo de navegação até que seja confirmado o conhecimento da ocorrência. Esta estratégia foi adotada com o objetivo de garantir que situações críticas ou relevantes recebam a atenção devida, evitando que o utilizador continue a interagir com o sistema sem estar consciente do estado real do veículo.

Quando o problema identificado impede a execução de determinada ação, como, por exemplo, o início imediato de uma viagem ou a realização de um trajeto previamente agendado, as secções da aplicação responsáveis por essas funcionalidades são temporariamente bloqueadas. Esta limitação é acompanhada de uma indicação visual clara do motivo do bloqueio, promovendo transparência e compreensão por parte do utilizador. Sempre que este tente aceder ou ativar uma funcionalidade condicionada enquanto a anomalia persistir, a notificação é novamente apresentada, reforçando a relação direta entre a restrição e o problema identificado.

Esta abordagem assenta em princípios de usabilidade e segurança, garantindo coerência entre o estado real do veículo e as possibilidades de interação disponibilizadas na interface digital. Ao impedir ações que não podem ser executadas em segurança, o sistema reduz frustrações decorrentes de falhas operacionais inesperadas e reforça a confiança do utilizador no funcionamento do veículo, consolidando a perceção de um ambiente tecnológico seguro, previsível e responsivo.

5 Considerações Finais

A evolução dos veículos ao longo da história demonstra de forma clara como o desenvolvimento dos meios de transporte esteve sempre diretamente ligado às necessidades humanas, ao progresso tecnológico e às transformações sociais de cada época. Desde os primeiros veículos de tração animal até aos atuais sistemas de condução autónoma, o transporte não se limitou apenas a facilitar deslocações, mas tornou-se também um reflexo das estruturas económicas, culturais e políticas das sociedades.

Ao longo desta dissertação, foi possível compreender que os veículos de tração animal representaram uma das primeiras grandes revoluções na mobilidade terrestre. A sua introdução permitiu aumentar significativamente a capacidade de transporte de pessoas e mercadorias, contribuindo para o crescimento da agricultura, do comércio e da expansão territorial de várias civilizações. Mais do que simples ferramentas utilitárias, estes veículos assumiram também funções simbólicas e sociais importantes, sendo frequentemente associados ao poder, ao estatuto social e à representação política e religiosa.

A evolução tecnológica destes veículos demonstrou igualmente como o design sempre procurou responder às necessidades práticas da sociedade. Melhorias como a introdução das rodas com raios, os sistemas de suspensão, as molas de aço e os novos sistemas de arreio permitiram aumentar a eficiência, o conforto e a capacidade de carga. Ao mesmo tempo, o desenvolvimento de carruagens mais sofisticadas revelou uma crescente preocupação com a estética, o prestígio e a experiência dos utilizadores.

Posteriormente, a Revolução Industrial marcou um ponto de viragem fundamental na história da mobilidade. As limitações dos veículos de tração animal tornaram-se cada vez mais evidentes perante o crescimento urbano, o aumento da produção industrial e a necessidade de transportar mercadorias em maior escala e com maior rapidez. O desenvolvimento das máquinas a vapor e, mais tarde, do motor de combustão interna abriu caminho para uma transformação radical nos transportes terrestres.

A introdução dos primeiros veículos motorizados não apenas substituiu progressivamente os meios tradicionais de transporte, como também alterou profundamente a organização social e económica. O automóvel passou rapidamente a representar progresso, independência e modernidade. O desenvolvimento tecnológico dos

motores, dos sistemas de transmissão, dos pneus e dos mecanismos de segurança permitiu tornar os automóveis mais eficientes, acessíveis e fiáveis.

Com a produção em massa, particularmente após a implementação da linha de montagem por Henry Ford, o automóvel deixou de ser um produto exclusivo das elites e tornou-se acessível a uma parte significativa da população. Esta democratização da mobilidade teve consequências profundas no urbanismo, na economia e nos hábitos sociais. As cidades adaptaram-se ao crescimento do tráfego automóvel através da construção de estradas, estacionamentos e novas infraestruturas. Simultaneamente, o automóvel consolidou-se como um elemento central da cultura contemporânea.

O design automóvel assumiu então uma importância crescente, deixando de responder apenas a necessidades funcionais e mecânicas. Os veículos passaram a ser concebidos também como objetos de identidade social, status e expressão cultural. A estética, o conforto, a ergonomia e a experiência de condução tornaram-se aspetos fundamentais no desenvolvimento automóvel, refletindo os valores e as aspirações das diferentes épocas.

Nas últimas décadas, a introdução da eletrónica, da computação e da conectividade transformou profundamente o automóvel moderno. Sistemas digitais, sensores, inteligência artificial e tecnologias de assistência à condução passaram a integrar os veículos de forma cada vez mais sofisticada. Esta digitalização alterou não apenas a forma como os automóveis funcionam, mas também a forma como os utilizadores interagem com eles.

Neste contexto, os veículos autónomos representam uma das maiores transformações da história da mobilidade. A possibilidade de um automóvel interpretar o ambiente, tomar decisões e deslocar-se sem intervenção humana redefine completamente o conceito tradicional de condução. Mais do que uma inovação técnica, os veículos autónomos representam uma mudança estrutural na relação entre ser humano, tecnologia e espaço urbano.

A investigação realizada permitiu compreender que os sistemas autónomos dependem da integração de múltiplas tecnologias complexas. Componentes como sensores, sistemas de perceção, computação, comunicação e mapeamento trabalham em conjunto para permitir que o veículo compreenda o ambiente e reaja de forma segura e eficiente. Tecnologias como LiDAR, radar e visão computacional demonstram que não existe uma solução única capaz de responder a todos os desafios da condução autónoma.

O LiDAR destaca-se pela precisão espacial e pela capacidade de criar representações tridimensionais detalhadas do ambiente. O radar, por sua vez, oferece elevada fiabilidade em condições atmosféricas adversas e permite medir velocidades com precisão. Já a visão computacional apresenta uma capacidade única de interpretar o contexto visual e reconhecer objetos, sinais e comportamentos humanos. No entanto, cada uma destas tecnologias apresenta limitações específicas, o que torna essencial a utilização da fusão sensorial como forma de aumentar a segurança, a redundância e a precisão dos sistemas autónomos.

Para além dos desafios tecnológicos, tornou-se igualmente evidente que o design assume um papel central no desenvolvimento dos veículos autónomos. A progressiva eliminação da condução manual altera completamente a organização tradicional do automóvel e cria novas possibilidades para o espaço interior, para a interação digital e para a experiência dos passageiros.

Neste novo paradigma, a Interface Humano-Máquina torna-se um dos elementos mais importantes do design automóvel. À medida que o sistema assume responsabilidades de condução, a confiança do utilizador passa a depender da capacidade do veículo comunicar as suas intenções, comportamentos e decisões de forma clara e intuitiva. A comunicação visual, sonora e interativa entre veículo e utilizador será determinante para a aceitação social da condução autónoma.

Além disso, os veículos autónomos poderão alterar profundamente os hábitos de mobilidade contemporâneos. A crescente digitalização e a possibilidade de veículos partilhados apontam para uma transição progressiva do automóvel enquanto bem individual para um modelo de mobilidade integrada e conectada. Esta mudança poderá reduzir congestionamentos, otimizar deslocações e transformar a organização das cidades.

No entanto, apesar do elevado avanço tecnológico já alcançado, a condução totalmente autónoma continua a enfrentar desafios significativos relacionados com segurança, fiabilidade, regulamentação e aceitação pública. A complexidade dos ambientes urbanos, a imprevisibilidade do comportamento humano e a necessidade de garantir respostas seguras em qualquer situação demonstram que o desenvolvimento destes sistemas exige uma abordagem multidisciplinar e contínua.

Ao longo desta dissertação, tornou-se evidente que a evolução do automóvel nunca foi exclusivamente determinada pela engenharia ou pela tecnologia. Em todas as

fases da sua história, o veículo refletiu necessidades sociais, culturais e económicas específicas. Desde as primeiras carruagens utilizadas como símbolos de poder até aos atuais veículos inteligentes e conectados, o automóvel sempre desempenhou um papel central na forma como os indivíduos experienciam a mobilidade e organizam a vida em sociedade.

Desta forma, os veículos autónomos representam não apenas uma continuação da evolução tecnológica do automóvel, mas também uma transformação profunda na relação entre humanos e máquinas. O futuro da mobilidade dependerá da capacidade de integrar inovação tecnológica com princípios de design centrados no utilizador, garantindo soluções seguras, intuitivas, acessíveis e socialmente aceitáveis.

Conclui-se, assim, que o design automóvel terá um papel cada vez mais estratégico no desenvolvimento dos sistemas de mobilidade do futuro. Mais do que criar veículos tecnologicamente avançados, será necessário desenvolver experiências de utilização capazes de responder às novas exigências sociais, emocionais e funcionais da mobilidade contemporânea. O automóvel do futuro deixará progressivamente de ser apenas um meio de transporte para se tornar um espaço inteligente, conectado e integrado na vida quotidiana das pessoas.

Referências

FLINK, J. J. (1990) *The Automobile Age*. The MIT Press.

GAMPER, V. et al. (2013) *Human-Machine Interaction in Individual Mobility: Trend Report 2013*. Munich: Center for Digital Technology and Management.

GEORGANO, G. N. (1985) *Cars, 1886–1930*. Beekman House.

GILBERT, M. (1962) *Henry Ford: Maker of the Model T*. Houghton Mifflin.

JANAIA, J., GÜNEY, F., BEHLA, A., & GEIGER, A. (2017) Computer *Vision for Autonomous Vehicles: Problems, Datasets and State-of-the-Art*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing.

JIANG, C. M. et al. (2024) *SceneDiffuser: Efficient and Controllable Driving Simulation Initialization and Rollout*. 38th Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2024).

LEVANDOWSKI, A. (2017) *Driven: The Race to Create the Autonomous Car*. Simon & Schuster.

LIPSON, H.; KURMAN, M. (2016) *Driverless: Intelligent Cars and the Road Ahead*. Cambridge: The MIT Press.

LIU, S. (2020) *Engineering Autonomous Vehicles and Robots: The DragonFly Modular-based Approach*. John Wiley & Sons.

MOM, G. (2014) *The Evolution of Automotive Technology: A Handbook*. SAE International.

NORMAN, D. A. (2007) *The Design of Future Things*. New York: Basic Books.

ROSEN, W. (2010) *The Most Powerful Idea in the World: A Story of Steam, Industry, and Invention*. Random House.

SAE, Society of Automobile Engineers (2021) *SAE Levels of Driving Automation™ Refined for Clarity and International Audience* [em linha]. SAE International. [Consult. em 28-01-2026]. Disponível em WWW: https://www.sae.org/blog/sae-j3016-update.

SOMERSCALES, E. F. C., & ZAGOTTA, A. A. (1989) *History of the Internal Combustion Engine, October 15–18, 1989*. American Society of Mechanical Engineers. Dearborn, Michigan.

STANDAGE, T. (2021) *A Brief History of Motion: From the Wheel, to the Car, to What Comes Next*. Bloomsbury Publishing.

STRAUS, R. (1916) *Carriages and Coaches: Their History and Their Evolution*. Londres: Martin Secker.

THRUPP, G. A. (1877) *The History of Coaches*. Londres: Kerby & Endean.

THURSTON, R. H. (1878) *A History of the Growth of the Steam-Engine*. D. Appleton and Company.

TIGADI, A., & PRATEEKSHA, B. N. (2023) *Survey on Sensor Fusion for Autonomous Driving: Techniques and Challenges*.

WINKELHAKE, U. (2018) *The Digital Transformation of the Automotive Industry*. Springer.