



**CIDADE PARA CARROS OU PARA PESSOAS?
A DEPENDÊNCIA DO CARRO NO DISTRITO FEDERAL**

AMANDA ASSUNÇÃO BENJAMIM

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**CIDADE PARA CARROS OU PARA PESSOAS?
A DEPENDÊNCIA DO CARRO NO DISTRITO FEDERAL**

AMANDA ASSUNÇÃO BENJAMIM

ORIENTADOR: RÔMULO JOSÉ DA COSTA RIBEIRO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM TRANSPORTES

**PUBLICAÇÃO: T.DM-005/2025
BRASÍLIA/DF: OUTUBRO/2025**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**CIDADE PARA CARROS OU PARA PESSOAS?
A DEPENDÊNCIA DO CARRO NO DISTRITO FEDERAL**

AMANDA ASSUNÇÃO BENJAMIM

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TRANSPORTES DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISÍTOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM TRANSPORTES.

APROVADA POR:

**RÔMULO JOSÉ DA COSTA RIBEIRO, Dr., UnB
(ORIENTADOR)**

**OTAVIO HENRIQUE DA SILVA, Dr., UnB
(EXAMINADOR INTERNO)**

**ERIKA CRISTINE KNEIB, Dra., UFG
(EXAMINADORA EXTERNA)**

BRASÍLIA/DF, 17 de outubro de 2025.

FICHA CATALOGRÁFICA

ASSUNÇÃO BENJAMIM, AMANDA

Cidade para carros ou para pessoas? A Dependência do carro no Distrito Federal.
Brasília, 2025.

xii, 105p., 210x297mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Transportes, 2025).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1 – Dependência do carro

2 – Tempo de viagem

3 – Custo de viagem

4 – Renda

I – ENC/FT/UnB

II – Mestre

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BENJAMIM, A. B. (2025). A Dependência do carro no Distrito Federal. Publicação T.DM-005/2025. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 105p..

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: AMANDA ASSUNÇÃO BENJAMIM

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Cidade para carros ou para pessoas? A Dependência do carro no Distrito Federal

GRAU: Mestre

ANO: 2025

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Nome: Amanda Assunção Benjamim

E-mail: amanda.abenjamim@gmail.com

Endereço: Anexo SG-12, 1º andar, Campus Universitário Darcy Ribeiro - Asa Norte, Brasília, Distrito Federal, 70910-900, Brasil

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho só foi possível graças ao apoio de pessoas muito especiais na minha vida.

Agradeço, em primeiro lugar, aos meus pais, pelo amor incondicional e pelo apoio constante ao longo da minha trajetória acadêmica. Foram eles que sempre acreditaram no meu potencial e me incentivaram a continuar, mesmo diante dos desafios.

Ao meu noivo Bruno, meu companheiro de todas as horas, que esteve ao meu lado em cada fase desta jornada, me incentivando, me escutando e me ajudando sempre que foi preciso. Sua presença fez toda a diferença.

Aos professores que contribuíram para minha formação, deixo minha profunda gratidão. Em especial à professora Fabiana, que me acompanha desde a graduação e cuja orientação, dedicação e confiança foram fundamentais para que eu chegassem até aqui.

Ao meu orientador, professor Rômulo, agradeço a paciência e as contribuições que enriqueceram este trabalho. Sua orientação foi essencial para a construção desta dissertação.

A todos, o meu muito obrigada.

RESUMO

A dependência do carro é definida como a dificuldade ou a ausência de outras opções viáveis para o deslocamento. Compreender essa dependência no Distrito Federal (DF) requer uma abordagem que integra variáveis socioeconômicas, características do ambiente construído e padrões de viagem. O objetivo desta dissertação é analisar os fatores que influenciam a dependência do carro no DF e propor um modelo que classifique suas regiões conforme o grau de dependência.

As Regiões Administrativas do DF foram agrupadas em seis eixos de mobilidade (Central, Leste, Norte, Oeste, Sudoeste e Sul), conforme a tipologia da CODEPLAN (2021). Os dados foram obtidos a partir da Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios (PDAD), complementados por dados georreferenciados e cálculos de rotas elaborados por meio da API do Google Maps, com o apoio de scripts desenvolvidos em Python.

O Índice de Dependência de Carro (IDC) proposto foi inspirado no modelo probabilístico de Zhang (2006), que considera a dependência automobilística como um processo de escolha em dois estágios: a formação do conjunto de opções percebidas e a decisão pelo modo mais vantajoso. Se o conjunto possui apenas uma opção, então significa que a pessoa é dependente. O indicador relaciona o tempo e o custo das viagens realizadas por transporte público e por automóvel particular.

Como resultado, obteve-se que o índice de dependência de automóveis é de 23,7% no DF, sendo a região central a mais dependente (34,5%) e a região sul a menos dependente (15,9%). Em relação às variáveis socioeconômicas, os dependentes de carro possuem rendas altas, sugerindo que a dependência está ligada com o status social ganho com a viagem de carro. Entretanto, altas densidades populacionais e de maiores acessibilidades ao transporte público são variáveis que reduzem essa dependência. Mesmo assim, os resultados mostram que o transporte público demanda 2,6 mais tempo, apesar de ser mais econômico.

Palavras-chave: Dependência do carro; tempo de viagem; custo de viagem; renda e Distrito Federal.

ABSTRACT

Car dependence is defined as the difficulty or the lack of other viable travel options. Understanding this dependence in the Federal District (DF) requires an approach that integrates socioeconomic variables, built environment characteristics, and travel patterns. The objective of this dissertation is to analyze the factors that influence car dependence in the DF and propose a model that classifies its regions according to their degree of dependence.

The Administrative Regions of the DF were grouped into six mobility axes (Central, East, North, West, Southwest and South), according to the CODEPLAN typology (2021). Data were obtained from the District Household Sample Survey (PDAD), supplemented by georeferenced data and route calculations developed using the Google Maps API, supported by scripts developed in Python.

The proposed Car Dependency Index (CDI) was inspired by Zhang (2006) probabilistic model, which considers car dependence as a two-stage choice process: the formation of a set of perceived options and the decision on the most advantageous mode. If the set contains only one option, the person is dependent. The indicator relates the time and cost of trips made by public transportation and by private car.

As a result, the car dependence index was 23.7% in the Federal District, with the central region being the most dependent (34.5%) and the southern region the least dependent (15.9%). Regarding socioeconomic variables, car-dependent individuals have high incomes, suggesting that dependence is linked to the social status gained through car travel. However, high population densities and greater accessibility to public transportation are variables that reduce this dependence. Even so, the results show that public transportation requires 2.6 times longer, despite being more economical.

Keywords: Car Dependence; travel time; travel cost; income and the Federal District.

ÍNDICE

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 | DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA..... | 3 |
| 1.2 | OBJETIVOS | 4 |
| 1.2.1 | Objetivo Geral | 4 |
| 1.2.2 | Objetivos Específicos | 4 |
| 1.3 | JUSTIFICATIVA | 5 |
| 1.4 | ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO | 6 |
| 2 | REVISÃO DA LITERATURA | 8 |
| 2.1 | DEPENDÊNCIA DE CARRO | 8 |
| 2.1.1 | Indicadores de dependência de carro | 12 |
| 2.1.2 | Variáveis que influenciam a dependência de carro | 16 |
| 3 | MÉTODO..... | 25 |
| 3.1 | ÁREA DE ESTUDO | 25 |
| 3.1.1 | Eixos de Mobilidade do DF | 28 |
| 3.2 | SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS..... | 33 |
| 3.3 | OBTENÇÃO DOS DADOS..... | 35 |
| 3.3.1 | 1 ^a Etapa – Base de dados de viagens | 35 |
| 3.3.2 | 2 ^a Etapa – Custos de viagem | 42 |
| 3.3.3 | 3 ^a Etapa – Base georreferenciada | 45 |
| 3.4 | MODELO | 46 |
| 4 | RESULTADOS..... | 51 |
| 4.1 | DISTRITO FEDERAL | 51 |
| 4.2 | EIXOS DE MOBILIDADE DO DF..... | 61 |
| 4.3 | USO DO SOLO | 69 |
| 4.4 | RENDA | 70 |
| 5 | CONCLUSÕES | 73 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 77 |
| | APÊNDICES..... | 84 |
| | APÊNDICE I – SCRIPT - CÁLCULO DE ROTAS | 84 |
| | APÊNDICE II – SCRIPT - CÁLCULO DO ÍNDICE DE DEPÊNDENCIA DOS EIXOS | 87 |
| | APÊNDICE III – SCRIPT - CÁLCULO DO ÍNDICE DE DEPÊNDENCIA DE AUTOMÓVEL | 91 |
| | APÊNDICE IV – SCRIPT - CÁLCULO DO ÍNDICE DE DEPÊNDENCIA DE AUTOMÓVEL PARA FATORES DE USO DO SOLO | 92 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 2.1 Variáveis citadas na bibliografia | 16 |
| Tabela 3.1 Distância das RAs para o Plano Piloto | 25 |
| Tabela 3.2 Veículos por habitante por Estado..... | 27 |
| Tabela 3.3 Variáveis utilizadas | 34 |
| Tabela 3.4 Dados de renda | 36 |
| Tabela 4.1 Estatística Descritiva – DF | 51 |
| Tabela 4.2 Estatística Descritiva - Socioeconômica | 54 |
| Tabela 4.3 Medindo a intensidade da dependência automobilística no DF | 56 |
| Tabela 4.4 Índices de dependência de automóveis no DF considerando o ambiente construído e variáveis socioeconômicas | 58 |
| Tabela 4.5 Estatística Descritiva – Regiões | 61 |
| Tabela 4.6 Medindo a intensidade da dependência automobilística por região do DF | 65 |
| Tabela 4.7 Índices de dependência de automóveis no DF considerando o ambiente construído | 69 |
| Tabela 4.8 Medindo a intensidade da dependência automobilística por renda do DF..... | 70 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2.1 Modelo de uso do solo para uma cidade latino-americana (Ford, 1996)..... | 21 |
| Figura 3.1 Esquema do método..... | 25 |
| Figura 3.2 Mapa dos Eixos de Mobilidade do DF | 29 |
| Figura 4.1 Mapa dos Resultados dos Eixos de Mobilidade do DF | 68 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1.1 Veículos por habitante | 2 |
| Gráfico 3.1 Gêneros dos participantes da amostra | 37 |
| Gráfico 3.2 Faixa etária dos participantes da amostra | 38 |
| Gráfico 3.3 Grau de instrução dos participantes da pesquisa por RA..... | 38 |
| Gráfico 3.4 Se os participantes da pesquisa possuem habilitação por RA..... | 39 |
| Gráfico 3.5 Número de residentes nas moradias pesquisadas por RA..... | 39 |
| Gráfico 3.6 Faixa de renda da família | 40 |
| Gráfico 3.7 Média de veículos motorizados por residência | 40 |
| Gráfico 3.8 Modo de transporte utilizado para viagens a trabalho | 41 |
| Gráfico 3.9 Modo de transporte utilizado para viagens a trabalho | 41 |
| Gráfico 3.10 Eixo de origem das viagens a trabalho..... | 42 |
| Gráfico 3.11 Eixo de destino das viagens a trabalho | 42 |

LISTA DE ABREVIAÇÕES

| | |
|----------|--|
| CDF | Fator de Dependência de Carro |
| CODEPLAN | Companhia de Planejamento do Distrito Federal |
| DF | Distrito Federal |
| EPIA | Estrada Parque de Indústria e Abastecimento |
| EPIG | Estrada Parque Indústrias Gráficas |
| EPNB | Estrada Parque Núcleo Bandeirante |
| EPPN | Estrada Parque Península Norte |
| EPTG | Estrada Parque Taguatinga |
| ESPM | Estrada Parque Setor Policial |
| GDF | Governo do Distrito Federal |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| IDE | Infraestrutura de Dados Espaciais |
| IPEA | Instituto de Pesquisa em Economia Aplicada |
| JK | Juscelino Kubitschek |
| PDAD | Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios |
| PDOT | Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal |
| PDTT | Plano de Desenvolvimento do Transporte Público sobre Trilhos do Distrito Federal |
| PDTU | Plano Diretor de Transportes Urbanos |
| PIB | Produto Interno Bruto |
| PMU/DF | Pesquisa de Mobilidade Urbana do Distrito Federal |
| RA | Região Administrativa |
| RIDE | Região Integrada do Distrito Federal e Entorno |
| SEDUH | Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitacional |
| SEMOB | Secretaria de Estado de Mobilidade do Distrito Federal |
| SENATRAN | Secretaria Nacional de Trânsito |
| SICRO | Sistema de Custos de Obras Rodoviárias |
| TC | Transporte Coletivo |
| TI | Transporte Individual |

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 Exemplos das escalas e das abordagens encontradas na literatura..... 12

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o IBGE (2022), 87,4% da população brasileira (177,5 milhões de pessoas) vive em áreas urbanas. Esse processo de urbanização acelerada tem produzido desafios significativos para o planejamento das cidades, que muitas vezes não conseguem atender de forma adequada às necessidades de mobilidade, moradia, saúde, educação e trabalho de toda a população (HAMIDUDDIN, 2023). No contexto do Distrito Federal (DF), essa tendência é ainda mais evidente: entre 2000 e 2019, as áreas urbanizadas cresceram 16,03% dentro do DF e 41,37% em sua área de influência, revelando uma expansão urbana expressiva (IBGE, 2019).

Apesar de existente em outras partes do mundo, esse efeito é acentuado pelo processo de formação urbana dos países latino-americanos. Segundo Ford (1996), as cidades latino-americanas crescem em torno de um centro de negócios e um mercado local, porém ao contrário do processo de crescimento das cidades europeias e americanas, esse centro possui em sua volta as casas das parcelas mais ricas da sociedade. Entretanto, atualmente, há o fenômeno dos condomínios e bairros de alta renda que são auto-segregados e distantes do centro (MAIA, 2010). Devido à alta renda dos moradores, não há preocupação com o gasto com o deslocamento.

A rápida urbanização, somada à expansão urbana dispersa, acarreta problemas de mobilidade que são agravados pela priorização histórica do transporte individual motorizado. Países em desenvolvimento enfrentam desafios ainda maiores nesse contexto, em razão de recursos limitados para investir em transporte público e infraestrutura viária adequada (ZHANG *et al.*, 2023). No Brasil, as políticas públicas de transporte concentraram-se, por décadas, na ampliação do sistema viário, enquanto os investimentos em transporte público de massa permaneceram insuficientes. Esse desequilíbrio contribuiu para o aumento da motorização e dos tempos de viagem (PEREIRA E SCHWANEN, 2013).

Dados do Ministério da Infraestrutura (2020) e do IBGE (2022) apresentam uma diferença acentuada de inclinação das retas de crescimento da frota de veículos e de crescimento populacional. No período compreendido entre 2000 e 2020 o indicador de veículos por habitante saiu de 0,175 veh/hab. para 0,510 veh/hab., um aumento de 291%, como mostrado no Gráfico 1.1.

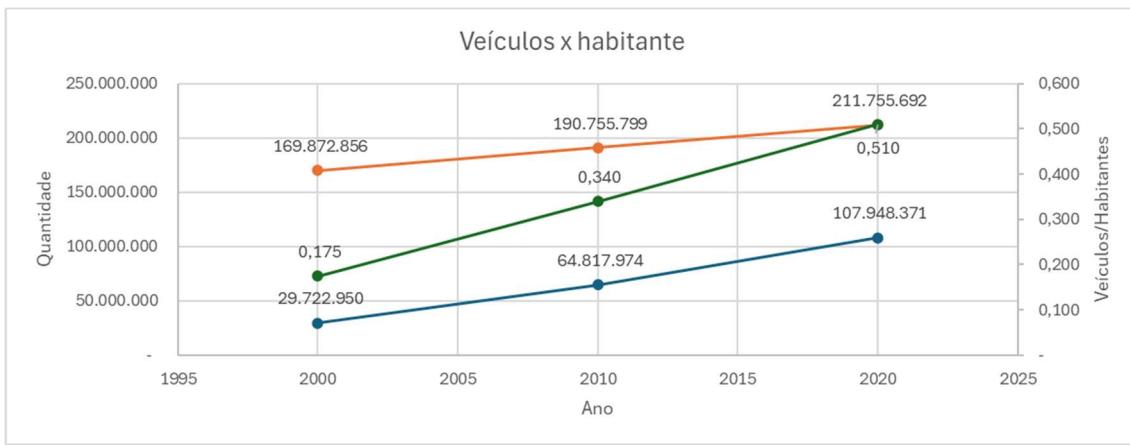


Gráfico 1.1 Veículos por habitante

A ampliação da capacidade viária, embora traga ganhos imediatos em termos de fluidez, tem efeitos temporários. Pereira e Schwanen (2013) destacam que tais benefícios tendem a se dissipar à medida que o sistema volta a operar próximo de sua capacidade limite. Além disso, intervenções dessa natureza frequentemente estimulam o fenômeno da demanda induzida, em que a melhoria de uma via ou sistema atrai novos usuários, anulando parte dos benefícios previstos (CLIFTON E MOURA, 2017).

Como resultado, o Distrito Federal enfrenta hoje uma forte dependência do automóvel. O transporte público ineficiente, o espraiamento urbano, os horários rígidos das atividades cotidianas e o foco de políticas públicas em transportes privados reforçam esse quadro. Embora o automóvel proporcione conforto e flexibilidade individual, seu uso intensivo gera uma série de externalidades negativas, como congestionamentos, poluição atmosférica e sonora, aumento das emissões de gases de efeito estufa e exclusão social (DASHTESTANINEJAD *et al.*, 2023; LANGER *et al.*, 2023).

Para McIntosh *et al.* (2017), reduzir a dependência do automóvel poderia trazer muitos benefícios, como poupança de espaços para estacionamentos, equidade no transporte e mitigação climática, apoiando formas alternativas de planejamento de transportes com foco no transporte público, a pé ou de bicicleta. O objetivo não é apenas reduzir o uso do automóvel, mas incentivar um comportamento de viagem mais sustentável.

Dessa forma, torna-se essencial que políticas públicas de mobilidade urbana priorizem modos sustentáveis de deslocamento, incentivando o transporte público e ativo (a pé e por bicicleta) e desincentivando o uso do automóvel. A análise da dependência do carro no Distrito Federal é, portanto, fundamental para compreender como as características urbanas, as políticas de

transporte e os hábitos de deslocamento da população interagem e moldam as escolhas de mobilidade.

Neste contexto, o presente estudo propõe o Índice de Dependência de Carro como ferramenta para mensurar o grau de dependência do automóvel no Distrito Federal. O indicador foi inspirado no modelo probabilístico de Zhang (2006), que entende a dependência automobilística como um processo de escolha em dois estágios: a formação do conjunto de opções percebidas e a decisão pelo modo mais vantajoso.

1.1 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA

Segundo IPEA (2019), um dos fenômenos demográficos que afeta o transporte e a mobilidade é o maior crescimento da população dos municípios periféricos das regiões metropolitanas e a manutenção de altas concentrações de postos de trabalho nas sedes dessas regiões.

Esse fenômeno se evidencia no Distrito Federal: o Plano Piloto concentra cerca de 47,7 % dos postos de trabalho no DF, apesar de ser uma área de alto custo para moradia (CODEPLAN, 2018b). Esse fato faz com que as RAs ao seu redor aumentem a sua população, mas essas pessoas fazem deslocamentos diários e pendulares para a região central. As altas distâncias de deslocamento e horários fixos de trabalho criam uma demanda por um transporte confiável e rápido.

Os dados do Mobilidados (2015) mostram que a situação de mobilidade e deslocamento nas regiões metropolitanas brasileiras tende a se agravar cada vez mais e num ritmo cada vez mais acelerado, por exemplo, a região metropolitana de Brasília tem o 3º maior tempo de viagem do tipo casa-trabalho, com uma média de 41 minutos em 2015.

Como aponta Silva *et al.* (2021), o transporte público de Brasília é alvo de diversas reclamações de qualidade por parte dos usuários, principalmente das regiões com menor concentração de renda. Ainda, sua pesquisa aponta que boa parte das viagens de transporte público são pendulares e com duração superior a 45 minutos. Esse cenário de um transporte público ineficiente e de baixa qualidade pode fazer com que as pessoas migrem para o transporte privado.

A falta de um serviço de qualidade, associada com as grandes distâncias de transporte que devem ser vencidas diariamente tornam propício um ambiente urbano voltado ao uso do automóvel. Brasília é conhecida por ser uma cidade planejada para carros (FERRO, 2024). O fato dos empregos, hospitais, áreas de lazer, escolas, faculdades e eventos estarem concentrados no Plano Piloto obriga uma parte considerável das pessoas do Distrito Federal a se deslocarem de seus bairros quase que diariamente.

Analizando os dados de meios de transporte utilizados para deslocamento até o trabalho principal no Distrito Federal da Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios (PDAD) dos anos de 2018 (CODEPLAN, 2018a) e 2021 (CODEPLAN, 2021a), houve um aumento na participação do automóvel de 47,0% em 2018 para 52,5% em 2021, enquanto a participação do ônibus se manteve em 38% e do metrô aumentou de 3,7% para 4,3%. É importante entender as razões associadas ao aumento da participação do automóvel e desenvolver políticas públicas adequadas.

A partir disso, o presente estudo busca esclarecer os seguintes questionamentos:

- Quais fatores afetam a dependência de carro no Distrito Federal?
- Quais os eixos de mobilidade do DF estão mais propensos a ser mais dependentes de carros?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste estudo é avaliar a dependência do carro no DF no que diz respeito aos deslocamentos pendulares casa-trabalho.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Definir um indicador de dependência de carros para o Distrito Federal;
- Identificar os fatores que afetam a dependência de carros no Distrito Federal; e

- Classificar os eixos de mobilidade do Distrito Federal quanto à sua dependência de carros.

1.3 JUSTIFICATIVA

Se na atualidade já existem problemas graves nessas áreas, evidenciados pelo aumento, ano a ano, de engarrafamentos e aumento de tempo perdido no trajeto, a situação tende a piorar. Há a necessidade de se buscar alternativas para a população, focando no deslocamento de massa, com qualidade, eficiência e atratividade, bem como os incentivos às mudanças de comportamento de deslocamento para trabalho e alternativas como trabalho remoto, híbrido ou a flexibilização de horários.

Segundo Pereira e Schwanen (2013), as tendências observadas no Brasil não seguem necessariamente aquelas observadas em países desenvolvidos, portanto, é importante que haja novos estudos com o objeto de estudo sendo o Brasil, até mesmo para verificar as diferenças regionais de um país com dimensões continentais. Além disso, para Dashtestaninejad *et al.* (2023), poucos estudos sobre a escolha do modo de transporte levaram em consideração a dependência do carro.

Entre os principais achados do estudo de Pereira e Schwanen (2013), observa-se que trabalhadores de baixa renda realizam viagens, em média, 20% mais longas do que os de maior renda, sendo que 19% dos mais pobres gastam mais de uma hora em seus deslocamentos, comparado a apenas 11% dos mais ricos.

Além disso, os autores apontam uma tendência de deterioração nas condições de transporte, com aumentos progressivos nos tempos de deslocamento. Entre os fatores associados a esse agravamento, destacam-se o crescimento da frota de veículos, o aumento das taxas de motorização e a expansão de bairros residenciais mais distantes dos centros urbanos, onde as distâncias entre casa e trabalho são significativamente maiores.

Essas desigualdades ficam ainda mais evidentes no caso do Distrito Federal. Durante os anos de 2008 e 2009, o estudo identificou que os trabalhadores mais pobres da região enfrentavam deslocamentos casa-trabalho 75% mais demorados que os dos mais ricos. Embora o estudo tenha mais de uma década, suas conclusões continuam relevantes: mesmo com o DF mantendo

a maior renda per capita do país, as desigualdades socioespaciais permanecem evidentes e impactam diretamente as oportunidades de mobilidade da população de baixa renda.

Essa pesquisa se insere como uma forma de aprofundar o conhecimento acerca da relação entre as variáveis independentes de forma urbana, frota veicular e socioeconômicas com a variável dependente de dependência de carro no Distrito Federal. A partir desse entendimento a proposição de ações efetivas é mais provável.

Segundo Langer *et al.* (2023), a identificação de áreas com maior dependência e seus fatores associados podem ajudar nas decisões de políticas públicas para essas áreas, proporcionando melhor acesso ao transporte público e oportunidades. A fim de identificar e depois mitigar o problema, um método viável é primeiro a quantificação da dependência do automóvel, ajudando a explicar o porquê de algumas áreas serem mais dependentes do que outras.

Isto posto, espera-se obter como subproduto dessa análise um diagnóstico da dependência de carros no Distrito Federal, ajudando a classificar quais regiões são mais dependentes de veículos particulares e quais são menos dependentes.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho está dividido em cinco capítulos: Introdução, Revisão da literatura, Método, Resultados e Conclusão.

O primeiro capítulo consiste na introdução do tema e na contextualização do problema de como o crescimento desordenado de cidades cria um ambiente propício ao uso do carro em detrimento dos outros modos de transporte. A partir do problema identificado e delimitado, é realizada a definição dos objetivos do estudo, bem como determinação das justificativas para a pesquisa, onde é indicado o porquê do Distrito Federal ser um estudo de caso relevante.

O segundo capítulo refere-se à revisão da literatura. Nele é discutido o conceito de dependência do automóvel partindo de uma abordagem cronológica. Ainda, neste capítulo as diferentes escalas de dependência de automóvel são comparadas, bem como os tipos de abordagem. Por fim, uma definição de dependência do automóvel é adotada, baseando-se em um entendimento probabilístico do problema.

O terceiro capítulo aborda o método a ser utilizado. Neste capítulo, a área de estudo é contextualizada em relação as suas características demográficas, de uso do solo e do sistema de transportes. Além disso, as fontes de dados e os tratamentos necessários para a correta aferição da dependência do automóvel são listados. Ainda, neste capítulo o modelo matemático a ser aplicado é detalhado, e seus pressupostos são declarados.

O quarto capítulo apresenta os resultados obtidos. São apresentadas quatro abordagens para a definição do automóvel: a visão geral de dependência de automóvel do Distrito Federal e de cada um dos eixos de mobilidade utilizados no planejamento de transportes, e a visão em relação a duas variáveis que comumente aparecem na literatura, uso de solo e renda.

O quinto capítulo apresenta as conclusões da pesquisa. Nele é discutido como a consideração de dependência de automóvel deve ser feita para a criação de políticas públicas mais assertivas. Ainda, são discutidas as limitações do trabalho e as recomendações para outros trabalhos sobre dependência de automóvel.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 DEPENDÊNCIA DE CARRO

Como indicam Sierra Muñoz *et al.* (2024), há muitas abordagens e indicadores utilizados para interpretar a dependência de automóvel, que é um fenômeno complexo e multidisciplinar, podendo ser classificada como subjetiva e objetiva, consciente e estrutural.

Em geral, as principais características de definição da dependência do carro são os elevados níveis de utilização e propriedade de automóveis, padrões de utilização do solo orientados para o automóvel e alternativas de viagem limitadas (LANGER *et al.*, 2023). Para melhor contextualização dos conceitos ao longo dos anos será apresentada a evolução deles em ordem cronológica a seguir.

A primeira contribuição referente ao tema foi de Newman e Kenworthy (1989) que definiram o termo como uma combinação de alto uso de automóveis, alta propriedade de automóveis e baixa densidade do solo. Concluindo que a expansão de baixa densidade era a causa raiz da dependência do automóvel.

Gomez-Ibanez (1991) contestou esse ponto, afirmando que o uso do automóvel não está relacionado apenas com a baixa densidade do uso do solo, mas também com outros fatores como renda, preço da gasolina, rede de transporte e subsídios.

Goodwin (1997) definiu a dependência de carro como uma dinâmica comportamental que se desenvolve ao longo do tempo, com fontes de dependência que variam, como propósito da viagem, complexidade de múltiplas viagens, duração, renda e custos.

Litman (2002) argumenta que a concentração de usos do solo incentiva o uso excessivo dos veículos motorizados, sendo a diversificação do uso da terra umas das principais estratégias que reduziriam a dependência dos automóveis.

Para Zhang (2006), a dependência se manifesta na probabilidade de que dirigir seja o único elemento na possível escolha de modos de transporte de um viajante após formar o conjunto de escolha de modos de transporte. Ou seja, existe uma lacuna de acessibilidade entre os automóveis e outros modos de transporte. Além disso, distingue a dependência e uso do

automóvel, o primeiro é definido como uma decisão sobre a escolha do modo de transporte e o último como o resultado dessa decisão.

Collet *et al.* (2012) reiteram a definição utilizada por Newman e Kenworthy (1999) como um elevado nível de posse de automóvel e utilização maciça de automóveis, ou seja, a dependência do próprio carro.

Para Dovey *et al.* (2017), a dependência de carro pode ser definida pelo desequilíbrio entre as isócronas do carro e do transporte público, e, também, pela influência que a isócrona do carro exerce sobre o pensamento lógico. Para eles, embora haja uma série de outros fatores que influenciam a escolha do modo, o tempo mínimo é o critério primário.

Langer *et al.* (2023) conceituaram a dependência do automóvel como um desenvolvimento dos transportes centrado no automóvel como principal meio de transporte para aceder a oportunidades básicas que se manifesta sob a forma de uma lacuna de acessibilidade entre os automóveis e os outros modos de transporte. Para eles, a dependência do automóvel está mais relacionada com viagens de longa distância, onde é mais difícil para outros modos competirem com os automóveis.

A dificuldade de se afastar de um sistema dominado pelo automóvel, tanto para os indivíduos como para a sociedade em geral, é também referida como dependência do automóvel (MATTIOLI *et al.*, 2016a). Um processo pelo qual a utilização do automóvel se torna um elemento chave para a satisfação das necessidades humanas, substituindo em grande parte os outros modos de transporte (MATTIOLI *et al.*, 2020). Nesse sentido, as pessoas são dependentes do carro à medida que organizam cada vez mais as suas vidas em torno do carro, desenvolvendo lentamente um estilo de vida orientado para o carro ao longo do tempo (VAN ACKER *et al.*, 2010).

Para Wiersma *et al.* (2016), o problema da definição em termos de posse ou uso do carro é que o comportamento não está necessariamente relacionado à dependência do carro. As pessoas podem optar pelo carro, mesmo com outros modos disponíveis. Sendo assim, utilizam a definição de dependência como a falta de um modo de transporte alternativo adequado, considerando fatores como tempo, flexibilidade, conforto e custos financeiros.

Outra deficiência dos estudos que utilizam posse de carro como definição de dependência de carro é que pessoas que não têm carros também podem ser dependentes de carros (MATTIOLI, 2014). Dessa forma, é introduzido o conceito de dependência do automóvel como um resultado da acessibilidade. A acessibilidade é definida como a facilidade de alcançar as atividades e oportunidades desejadas (HANDY E NIEMEIER, 1997).

Para Eenoo *et al.* (2022a) a dependência é definida do ponto de vista da acessibilidade, como uma característica do ambiente construído e relacionada aos sistemas de transportes. Mas a posse de um automóvel também desempenha uma relação ao comportamento da viagem muito pertinente, especialmente porque há evidência de efeitos diretos e indiretos na utilização do automóvel.

Dovey *et al.* (2017) em seu estudo, distinguem "mobilidade" e "acessibilidade". A mobilidade é definida principalmente como a capacidade de um indivíduo viajar, enquanto a acessibilidade é uma medida da facilidade com que as pessoas podem chegar aos destinos escolhidos; medir o acesso é medir possibilidades e não fluxos reais.

A dependência do automóvel também pode ser definida como uma situação em que há falta de modos de transporte alternativos ao automóvel e de oportunidades perto de locais residenciais, o que implica que os automóveis se tornam essenciais para o acesso a serviços, empregos e oportunidades (MATTIOLI *et al.*, 2016).

Segundo Dashtestaninejad *et al.* (2023), a extensão com que as pessoas experimentam a dependência do carro varia. Em níveis elevados de dependência, não existe alternativa viável para a utilização do automóvel. Essa dependência estrutural do carro está relacionada a fatores como a falta de um ambiente construído de suporte e infraestrutura de transporte para modos alternativos.

O conceito de dependência do carro utilizado para este estudo está relacionado com a comparação entre a acessibilidade dos diferentes modos de transporte, ou seja, a falta de alternativas atrativas de transporte fora do automóvel privado, se aproximando da definição utilizada por Zhang (2006). Como resultado, em zonas dependentes do automóvel, mesmo quem não usa o carro pode ser dependente dele, pois gasta um tempo considerável em comparação com o carro, tornando o modo escolhido muito menos competitivo. Geralmente,

essas pessoas não podem ter a posse de um veículo por questões financeiras, ficando socialmente excluídos de um número maior de oportunidades.

Assim, entende-se que o conceito de dependência do automóvel pode variar de acordo com a escala de análise adotada: (i) no nível do ambiente, quando a cidade deixa de oferecer alternativas viáveis ao indivíduo (DASHTESTANINEJAD *et al.*, 2023, DOVEY *et al.*, 2017, WIERSMA *et al.*, 2016), (ii) no nível do indivíduo, quando este não considera outras alternativas de deslocamento (NEWMAN E KENWORTHY, 1989, COLLET *et al.*, 2012, P. NEWMAN E KENWORTHY 1999); e (iii) na forma como o indivíduo interage com o ambiente, ao avaliar a atividade a ser realizada e o contexto em que ela se insere para definir se o automóvel é percebido como a única opção disponível (MATTIOLI *et al.*, 2016).

Mattioli *et al.* (2016a) definiram que, de forma geral, a dependência de carro é a dificuldade de se afastar de um sistema dominado pelo automóvel, apesar da consciência das externalidades negativas. A partir dessa definição, eles agrupam as pesquisas de dependência do carro em três escalas principais: macro, meso e micro.

A escala macro trata da dependência física do carro, considerando que o ambiente urbano cria limitações e dificuldades físicas a escolha de outros modos de transportes (J. CAO *et al.*, 2023; CHEVALLIER *et al.*, 2023; EENOO *et al.*, 2022a). A escala meso avalia a dependência de carros em relação a realização de atividades específicas, tratando esse problema como uma dependência circunstancial (MATTIOLI *et al.*, 2016). Já na escala micro esse problema é tratado como uma dependência psicossocial (BLANDIN *et al.*, 2024).

Além disso, Jeekel (2016) distingue a dependência real (objetiva) do carro da dependência emocional (subjetiva) do carro. A dependência subjetiva está relacionada ao hábito do uso do carro ou de falta de informação sobre modos de transporte alternativos, enquanto a dependência objetiva do automóvel é não ter nenhuma alternativa conveniente em termos de tempo e custos de viagem. Esta distinção é importante porque, é a disponibilidade de alternativas que importa, mais do que se essas alternativas são ou não utilizadas.

Behren *et al.* (2018) também utiliza essa mesma classificação de dependência, com a dimensão objetiva correspondendo a necessidade do carro para as atividades diárias, enquanto a subjetiva refere-se aos aspectos além da mobilidade. O comportamento de viagem pode ser mais

compreendido quando há a informação sobre as atitudes das pessoas em relação aos diferentes modos e suas motivações para utilizar o carro, como fatores psicológicos.

Por fim, a dependência pode ser subjetiva. Os aspectos comportamentais e o estilo de vida também influenciam na escolha do carro como modo de transporte (LANZINI E KHAN, 2017). O carro é considerado um símbolo de status social e independência, além de um facilitador do crescimento econômico, tornando-se uma prioridade no consumo das famílias (ALSHAMMARI *et al.*, 2022). Essa dependência subjetiva do carro é de difícil mensuração e está ligada a um ciclo de *feedback* negativo envolvendo a indústria de automóveis, a infraestrutura de transporte e a cultura do automóvel (MATTIOLI *et al.*, 2020).

O **Quadro 2.1** exemplifica situações em que cada uma das escalas e das abordagens podem ser observadas.

Quadro 2.1 Exemplos das escalas e das abordagens encontradas na literatura

| Escala \ Abordagem | Objetiva | Subjetiva |
|--------------------|---|--|
| Macro | Não existem linhas de ônibus em certa região da cidade | O indivíduo sente que as linhas de ônibus existentes não são suficientes para seu deslocamento |
| Meso | Os horários do transporte público não são suficientes para atender viagens noturnas | Pessoas que viajam à noite não se sentem seguras para usar o transporte público |
| Micro | Os ônibus geralmente atrasam | A pessoa escolhe utilizar o carro para não chegar atrasada no trabalho |

Assim, essa pesquisa procura encontrar padrões latentes a partir de critérios objetivos do ambiente urbano, procurando classificar regiões em seu grau de dependência de carro. Segundo classificações de dependência mencionadas, este estudo utiliza um método para analisar a dependência objetiva do carro no nível macro. Entende-se ainda que a dependência do carro não deve ser medida como o grau de posse de veículos de uma região.

2.1.1 Indicadores de dependência de carro

Segundo Langer *et al.* (2023), embora esteja em curso discussões sobre o significado da dependência do automóvel, a sua avaliação tem sido principalmente qualitativa, as poucas

abordagens quantitativas tendem a analisar a elevada utilização do automóvel e a posse de automóveis ou a falta de acessibilidade dos transportes públicos.

Os indicadores de acessibilidade utilizados no estudo de Portugal (SILVA E ALTIERI, 2022) foram as oportunidades disponíveis em um raio de 15 minutos a pé para acessibilidade local e 15 minutos de condução para acessibilidade regional. Foram utilizadas as variáveis de população, empregos, quantidade e tipo de atividades acessíveis.

Langer *et al.* (2023) propõem um indicador denominado Fator de Dependência de Carro (CDF) para medir a dependência do automóvel em áreas urbanas, considerando a taxa de motorização e a acessibilidade a serviços essenciais. O CDF é calculado como a relação entre a taxa de motorização e a raiz da acessibilidade a serviços de alimentação, saúde e educação, considerando deslocamentos a pé (1 km) ou de bicicleta (3,75 km) com um tempo máximo de 15 minutos. O estudo também analisa a acessibilidade a paradas de ônibus. Um CDF elevado indica uma maior dependência do automóvel.

A pesquisa de Langer *et al.* (2023) utiliza uma regressão linear múltipla para explorar variáveis associadas à dependência do carro em zonas de tráfego, como propriedade de carro, acessibilidade, segurança viária, valor de terrenos, impostos e distância até o centro da cidade. Os resultados indicam que áreas com poucos empregos, baixo imposto de renda, valores baixos de aquisição de terrenos, menos acidentes com pedestres ou ciclistas, e maior distância do centro têm maior probabilidade de dependência do automóvel. Essas descobertas ajudam a identificar áreas que necessitam de políticas para reduzir a dependência do carro.

Wiersma *et al.* (2016) analisam como o contexto espacial afeta a dependência do automóvel na Holanda, diferenciando viagens para comodidades diárias e para o trabalho. Enquanto a maioria das comodidades está acessível a pé ou de bicicleta, mesmo em áreas suburbanas e rurais, o acesso ao emprego segue fortemente dependente do carro, inclusive nas zonas centrais. O transporte público só se torna competitivo quando se admite um tempo de viagem 1,5 vezes maior que o do carro, evidenciando que a dependência do automóvel persiste principalmente nos deslocamentos para o trabalho.

Dovey *et al.* (2017), em seu estudo em Melbourne, propõem o uso de isócronas — linhas que conectam pontos equidistantes em termos de tempo de viagem — para mapear e comparar o

alcance dos modos de transporte: caminhada, bicicleta, transporte público e automóvel. O índice de dependência do carro é definido pela razão entre a área acessível por automóvel e a área acessível por transporte público, considerando isócronas de 5, 10, 20 e 30 minutos. Para representar melhor a realidade, foram adicionados 5 minutos às viagens de carro para considerar o tempo de estacionamento, e o transporte público foi avaliado de forma mais complexa, somando tempo de espera, deslocamento e caminhada a partir de paradas. (ACHUTHAN *et al.*, 2010; LEI E CHURCH, 2010).

O estudo revelou que, na maior parte dos horários e das viagens, os automóveis oferecem uma acessibilidade significativamente superior ao transporte público, indicando baixa competitividade entre os dois modos. Ainda que a diferença de alcance entre eles possa sugerir o grau de dependência do carro, os autores ressaltam que essa relação depende da distribuição dos destinos desejados. A abordagem com isócronas destaca as desigualdades espaciais de acesso urbano e reforça que, apesar do mapeamento detalhado, o contexto local e os padrões de uso do solo são determinantes para interpretar corretamente a dependência automotiva.

Eenoo *et al.* (2022b), em seu estudo na região de Flandres, Bélgica, investigam a relação entre o ambiente construído e o uso do automóvel por meio da “Pontuação de Mobilidade” — um indicador que mede a acessibilidade a pé ou de bicicleta a partir da residência até comodidades básicas e paradas de transporte público. Com base em dados de pessoas com carteira de motorista e pelo menos um carro no domicílio, o estudo modela o uso do carro tanto em frequência quanto em quilômetros percorridos (VKT), utilizando regressões multinomiais para avaliar o impacto da pontuação na escolha modal, controlando fatores socioeconômicos.

Os resultados indicam que, uma vez adquirido o carro, o comportamento tende fortemente ao seu uso, independentemente do tipo de bairro — com exceção dos centros urbanos, onde a pontuação de mobilidade é mais alta. O ambiente construído só influencia significativamente nesses centros, reforçando a ideia de que a posse do automóvel é um fator central na dependência ao carro. Além disso, a renda só afeta a frequência de uso entre os grupos mais pobres. O estudo critica a limitação da pontuação de mobilidade, por não considerar variáveis como o número de carros por domicílio, horários das atividades e padrões individuais de deslocamento, destacando a importância de desencorajar a posse de automóveis para evitar um ciclo de dependência motorizada.

Dashtestaninejad *et al.* (2023) analisaram o uso do automóvel na região de Noor-Brant (Holanda) para explorar até que ponto o uso do automóvel é uma necessidade e até que ponto é uma questão de escolha.

Foi utilizado um questionário com dados de localização residencial e do trabalho, escolhas de modo e variáveis socioeconômicas. O tempo de deslocamento para o trabalho de carro, transporte público, bicicleta e caminhada foi calculado com base na localização residencial dos entrevistados. Além disso, foram consideradas variáveis de densidade residencial, propriedade de automóveis, distâncias até as estações de trem e a estrada principal.

Para cada entrevistado, o tempo de viagem de carro é comparado ao tempo de viagem de transporte público (TP) e de bicicleta. As pessoas são consideradas dependentes do carro se os tempos de viagem de TP e de bicicleta não forem competitivos. Foram desenvolvidas duas medidas: tempo de ciclismo máximo e relação de tempo de viagem TP/Carro. A bicicleta é uma opção para deslocamentos curtos, enquanto o ônibus e o carro são opções para deslocamentos longos.

Para ser considerados dependentes, o tempo de ciclismo máximo tem que ser maior do que 25 minutos e a relação de tempo de viagem TP/Carro tem que ser maior que 2, ou seja, o transporte público gastando o dobro do tempo de viagem do carro.

Aproximadamente 40% dos entrevistados foram categorizados como dependentes de carro. Dos entrevistados não dependentes, 31% usam o carro para se deslocar. Um modelo logit binomial indicou que densidades residenciais mais altas e maior proximidade de uma estação ferroviária reduzem as chances de deslocamento de carro.

O *Mobiscore* é um indicador criado em 2019 para avaliar a acessibilidade sustentável em Flandres, na Bélgica, atribuindo uma pontuação de 0 a 10 com base na facilidade de acesso a comodidades como transporte público, escolas e serviços, a pé ou de bicicleta (GITTE VAN DEN BERGH, 2019). O objetivo principal é orientar escolhas residenciais mais conscientes e conter a expansão urbana difusa. Como esperado, áreas centrais urbanas apresentam pontuações mais altas, enquanto regiões rurais tendem a ter escores mais baixos.

Entretanto, conforme apontado por Eenoo *et al.* (2022a), o *Mobiscore* não consegue capturar a complexidade dos padrões de mobilidade entre diferentes faixas etárias e grupos de renda. O estudo mostra que, uma vez que uma família adquire um automóvel, o comportamento de viagem passa a ser fortemente orientado para o carro, independentemente da qualidade do ambiente construído. Isso ressalta um ponto central no debate sobre dependência do automóvel: a infraestrutura urbana é importante, mas insuficiente se não vier acompanhada de políticas que desincentivem a posse e o uso do carro como padrão de mobilidade.

2.1.2 Variáveis que influenciam a dependência de carro

Em geral, pesquisas de dependência de carro utilizam variáveis semelhantes as pesquisas de escolha do modo. Isso porque o uso do carro é considerado para muitas pesquisas uma variável que ajuda a observar a dependência dessa escolha. Sierra Muñoz *et al.* (2024) realizou uma revisão sistemática da literatura sobre as definições e quantificações da dependência de carro.

Dentre as informações avaliadas por ele, estão as variáveis mais citadas na literatura como relevantes para o estudo da dependência do automóvel. As variáveis encontradas por eles para caracterizar a dependência de carro são descritas na **Tabela 2.1**.

Tabela 2.1 Variáveis citadas na bibliografia

(continua)

| DIMENSÃO | TEMA | REFERÊNCIAS |
|----------------------------|----------------------------------|-------------|
| Demanda de transporte | Caracterização da viagem | 54 |
| | Propriedade de automóvel | 42 |
| | Uso de automóvel | 28 |
| | Escolha modal | 26 |
| | Uso do Transporte Público | 12 |
| | Uso de modos ativos | 6 |
| | Carteira de motorista | 4 |
| | Congestionamento e velocidade | 3 |
| | Uso de gasolina | 2 |
| | Compartilhamento | 1 |
| Fornecimento de transporte | Rede de Transporte Público | 32 |
| | Custos de transporte | 11 |
| | Estacionamento | 10 |
| | Implantação de rede rodoviária | 4 |
| | Desempenho do Transporte Público | 4 |
| | Despesas rodoviárias | 2 |

Tabela 2.1 Variáveis citadas na bibliografia

(conclusão)

| DIMENSÃO | TEMA | REFERÊNCIAS |
|----------------------------|------------------------------------|-------------|
| Demanda de transporte | Caracterização da viagem | 54 |
| | Propriedade de automóvel | 42 |
| | Uso de automóvel | 28 |
| | Escolha modal | 26 |
| | Uso do Transporte Público | 12 |
| | Uso de modos ativos | 6 |
| | Carteira de motorista | 4 |
| | Congestionamento e velocidade | 3 |
| | Uso de gasolina | 2 |
| | Compartilhamento | 1 |
| Fornecimento de transporte | Rede de Transporte Público | 32 |
| | Custos de transporte | 11 |
| | Estacionamento | 10 |
| | Implantação de rede rodoviária | 4 |
| | Desempenho do Transporte Público | 4 |
| | Despesas rodoviárias | 2 |
| Uso e forma da terra | Densidade | 30 |
| | Morfologia urbana | 23 |
| | Uso do ambiente construído | 11 |
| | Entropia | 16 |
| | Estrutura urbana | 11 |
| Acessibilidade | Acessibilidade das comodidades | 43 |
| | Acessibilidade de empregos | 11 |
| Opiniões e experiências | Percepção e insights de transporte | 17 |
| | Afinidade automóvel | 10 |
| | Afinidade com transporte público | 7 |
| | Autossuficiência automotiva | 7 |
| | Atitude sócio-ética | 4 |
| | Preocupação ecológica | 3 |
| | Afinidade com ciclismo | 2 |
| Sociodemográfico | Estrutura familiar | 41 |
| | Situação de emprego | 23 |
| | Situação financeira | 23 |
| | Gênero | 20 |
| | Idade | 20 |
| | Educação | 8 |
| | Situação de habitação | 3 |
| | Cadastro e localização | 5 |
| | Etnia do país | 3 |

Fonte: Sierra Muñoz *et al.* (2024)

Vale mencionar que Sierra Muñoz *et al.* (2024) não procuraram realizar um censo das variáveis utilizadas em estudos dessa natureza, mas sim indicar quais variáveis mais apareceram neles. Na **Tabela 2.1**, é possível perceber a existência de fatores objetivos como de uso do solo, fatores sociodemográficos, e subjetivos como opiniões e experiencias. A dimensão de demanda de transportes é geralmente utilizada na definição do indicador, enquanto as demais dimensões procuram explicar o comportamento dela.

Em geral, as pesquisas utilizam alguma combinação entre as dimensões para encontrar as relações propostas em seus estudos, de forma que dificilmente a pesquisa se encontra como puramente macro ou puramente micro.

Langer *et al.* (2023), por exemplo, utilizou em sua pesquisa variáveis de propriedade de carros, proporção de acidentes, valor de compra do terreno, viagens, imposto de renda, número de empregados, distância até o próximo centro da cidade, distância de parada de ônibus, estacionamentos, densidade populacional, densidade de empregos e acessibilidade às oportunidades, como alimentação, saúde e educação.

Já Eenoo *et al.* (2022b) utilizaram as variáveis de frequência de uso do carro, quilômetros percorridos pelo veículo, se o carro é da empresa ou não, idade, gênero, composição familiar, quantidade de veículos, emprego e renda.

Dashtestaninejad *et al.* (2023) utilizaram as variáveis de idade, gênero, local de trabalho, modo de descolamento, nível de urbanização do local de residência (número de endereços por quilômetro quadrado), distância para o transporte público, distância até a estrada principal mais próxima, posse do carro e preferências.

Ambi Ramakrishnan *et al.* (2020) utilizaram as variáveis de distância para o trabalho, se o serviço de ônibus direto está disponível, horários de ônibus, renda, distância para o transporte público, tempo de viagem, custo da viagem, número de veículos e gênero.

Segundo Pereira e Schwanen (2013), tempo de viagem é uma das características mais estudadas na análise macro da dependência de carro (DASHTESTANINEJAD *et al.*, 2023; DOVEY *et al.*, 2017; LANGER *et al.*, 2023; WIERSMA *et al.*, 2016). Os motivos apontados são o fato de

estar associado ao bem-estar das pessoas (fatores subjetivos) e estar diretamente relacionado aos níveis de congestionamento das cidades (fatores objetivos).

Entre os fatores que dificultam a melhoria da eficiência urbana, o aumento do tempo de viagem torna-se cada vez mais proeminente (ZHANG *et al.*, 2023), afetando o bem-estar dos residentes urbanos, aumentando diretamente os custos de viagem das pessoas e causando perdas de eficiência no trabalho. Além disso, o tempo de viagem urbana cria um efeito publicitário negativo sobre vários tipos de indivíduos móveis, como turistas, visitantes e participantes.

Segundo o Pereira e Schwanen (2013), destacam que características da estrutura urbana, como densidade demográfica, concentração de empregos no centro e a dimensão territorial das regiões metropolitanas, influenciam significativamente o tempo de deslocamento dos trabalhadores até o local de trabalho.

Langer *et al.* (2023) indica que é relevante verificar quais variáveis espaciais estão associados à dependência do automóvel. Essas variáveis são comumente referenciadas a partir da classificação definida por Ewing e Cervero (2010). Os primeiros "3Ds" foram cunhados por Cervero e Kockelman (1997) sendo eles densidade (população e empregos), diversidade (combinação e equilíbrio do uso do solo) e design (desenho de bairro e ruas). Posteriormente, a acessibilidade ao destino (distância do centro da cidade, acessibilidade aos empregos) e distância para o transporte público foram propostas por Ewing e Cervero (2010).

A gestão da demanda (taxas de estacionamento, preços dos congestionamentos etc.) é o sexto D. Embora não façam parte do ambiente, as demografias são o sétimo D, controladas como influências confusas (dentro de uma lógica *fuzzy*) nos estudos de viagens (EWING E CERVERO, 2010).

Os limites entre as categorias são incertos. Segundo Ewing e Cervero (2010), algumas dessas dimensões se sobrepõem (por exemplo, diversidade e acessibilidade ao destino) e a escolha das variáveis pode variar entre os autores. Mesmo assim, a literatura ainda acha útil utilizar as variáveis D para organizar a literatura empírica e fornecer percepções de ordem de magnitude.

Segundo Zhang *et al.* (2023) a acessibilidade ao transporte é a capacidade de transformação espacial dos residentes para alcançar a utilidade esperada ou os benefícios pretendidos. No

entanto, o aumento do tempo de viagem causado pelo congestionamento enfraquece esta capacidade, resultando na perda de utilidade dos residentes.

Em sua pesquisa Dovey *et al.* (2017) tiveram como resultado que, apesar da maior parte dos locais de estudo estarem centrados em nós de transportes públicos, a escolha entre carro e transporte público está longe de ser competitiva na maioria das viagens e na maior parte das horas do dia.

Segundo Dashtestaninejad *et al.* (2023) densidades residenciais mais altas e maior proximidade com a estação ferroviária reduzem as chances de deslocamento de carro, sendo assim, o ambiente construído é importante.

A distância ao centro da cidade ou a um centro de serviços também é um fator relevante na relação entre dependência de carro e escolha do modo. Segundo Acheampong (2020), uma estrutura urbana monocêntrica reflete um sistema urbano com uma forte concentração de atividades econômicas e empregos no centro da cidade. Os padrões de viagem refletem como o centro dominante está funcionalmente ligado a outras partes da cidade, tendendo a exibir um padrão radial.

Apesar dessa configuração ter fornecido a base teórica para o uso do solo urbano e a análise de viagens por muito tempo, atualmente ela já não responde a todos os casos. Na verdade, os sistemas urbanos evoluíram para padrões complexos nos quais os fluxos pendulares já não seguem o padrão monocêntrico tradicional, mas exibem uma configuração policêntrica em que, dentro do mesmo sistema, existem vários centros adjacentes (VASANEN, 2012).

Segundo Zhang *et al.* (2023) a suburbanização foi o primeiro fator causador de tempos de viagem mais longos; a principal consequência é o deslocamento prolongado formado pela separação entre empregos e moradia, mas este padrão mudou gradualmente à medida que o nível de urbanização amadureceu e se desenvolveu. O crescimento das indústrias de serviços nas cidades levou gradualmente à formação dos policentros empresariais, que por sua vez levou ao surgimento da configuração policêntrica urbana.

Entretanto, Acheampong (2020) indica que pode haver uma terceira definição para a estrutura espacial urbana, os resultados do seu estudo sugerem uma estrutura espacial urbana intraurbana

na metrópole, que poderia ser descrita como não sendo monocêntrica, mas sim policêntrica com um centro relativamente mais forte.

Em relação às particularidades da América Latina, Griffin e Ford (1980) publicaram um modelo caracterizado pela cidade que cresce em torno de um centro de negócios e um mercado local, porém ao contrário dos modelos anteriores, esse centro possui em sua volta as casas das parcelas mais ricas da sociedade e à medida que a distância do centro aumenta a renda familiar diminui.

Além disso, a cidade latino-americana possui um eixo estruturante principal, que nada mais é do que uma extensão do centro de negócios. No fim desse eixo existe um shopping center ou um sub centro que compete com o centro original da cidade. As indústrias são conectadas com as zonas mais pobres, chamadas de periférico pelo autor. Um esquema desse modelo pode ser observado na **Figura 2.1**.

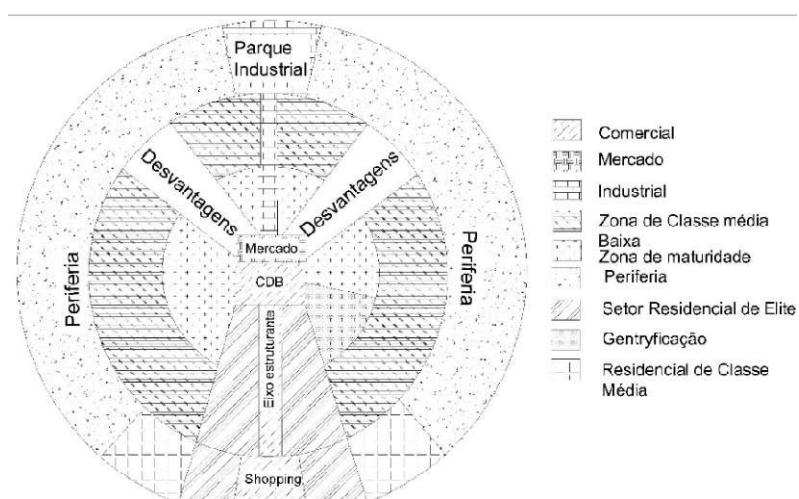


Figura 2.1 Modelo de uso do solo para uma cidade latino-americana (FORD, 1996)

É importante perceber que a dependência do automóvel é um fenômeno correlacionado com a escolha deste modo, ou com a ausência de liberdade de escolha de outro modo. Dessa forma, entende-se que apesar de outras pesquisas não terem como foco a dependência do carro propriamente dita, é importante mencionar as variáveis identificadas como relevante na literatura para a escolha do automóvel em relação aos outros modos.

Para Munshi (2016), a escolha do modo de transporte é considerada como uma função das características dos tripulantes (por exemplo, idade, sexo, renda familiar, tamanho e composição familiar), características do modo (custo da viagem, conveniência, proteção e segurança) e características do ambiente construído, vinculando a sociedade ao espaço urbano.

Dado orçamento e restrições, os indivíduos escolhem o número de viagens por cada modo para maximizar sua utilidade, ou seja, uma escolha racional. O custo da viagem é um custo generalizado que inclui tempo, despesas monetárias e efeitos psicológicos, como estética e conforto (DASHTESTANINEJAD *et al.*, 2023; YE E TITHERIDGE, 2017). Assim, a economia de tempo de viagem é um fato que influencia a escolha do modo de transporte, o veículo motorizado tem uma velocidade maior que os modos ativos, desta forma, a pessoa utiliza menos tempo para chegar ao seu destino, induzindo a demanda de viagem por esse modo (CAO *et al.*, 2009; ETMINANI-GHASRODASHTI e ARDESHIRI, 2015a).

Devido às restrições econômicas, passageiros que andam a pé ou de bicicleta têm maior probabilidade de ter níveis mais baixos renda. Ou seja, tem acesso limitado a veículos motorizados, aqueles sem carteira de motorista, os jovens e os de famílias mais pobres dependem mais do transporte público e são mais propensos a caminhar ou usar a bicicleta (CERVERO E KOCKELMAN, 1997; YE E TITHERIDGE, 2017).

Segundo Frank *et al.* (2008) o valor que um indivíduo atribui ao tempo foi considerado altamente significativo na compreensão das escolhas do modo de transporte. Para que um modo seja viável, em relação ao tempo, é necessário que seja mais favorável que o tempo gasto utilizando o automóvel. Assim, como caminhar demanda mais tempo, é comum estar mais relacionado com viagens de não pendulares, enquanto automóveis estão mais relacionados a viagens pendulares Munshi (2016).

A caminhada ocorre principalmente em ruas de vizinhança e instalações públicas, e, segundo Saelens e Handy (2008), há a influência da segurança, conforto e se há atração para caminhada. Para criar locais que facilitem e estimulem a caminhada, é preciso compreender as características específicas do ambiente construído que se correlacionam mais fortemente com a caminhada.

Segundo Mouratidis *et al.* (2019), os resultados da cidade de Oslo na Noruega sugerem que a satisfação com o trajeto é significativamente maior para os residentes de bairros urbanos compactos do que para os subúrbios extensos. Essa diferença se deve principalmente às diferenças em (a) duração da viagem e (b) divisão modal. Distâncias mais curtas ao centro da cidade e maiores densidades de vizinhança estão associadas a uma duração de viagem

significativamente menor. Essa menor duração da viagem experimentada pelos residentes de cidades compactas contribui significativamente para sua maior satisfação com a viagem.

Segundo Cervero e Kockelman (1997), bairros que são mais densos, ricos em atividades e propícios aos pedestres estão associados à escolha de modos compartilhados de transporte, transporte público e transporte ativo para viagens não relacionadas ao trabalho. O estacionamento pago nos bairros pode encorajar as pessoas a caminhar até as lojas e outros destinos não relacionados ao trabalho. Enquanto o uso de veículos geralmente aumenta a distância da viagem fora do trabalho.

De acordo com Cao *et al.* (2009b), se as cidades usarem políticas de uso do solo para oferecer opções para dirigir menos e usar mais os modos de transporte ativo e transporte público, muitos residentes tenderão a fazê-lo. Estudos descobriram que os residentes que vivem em bairros tradicionais (caracterizados como alta densidade, alta acessibilidade, uso misto do solo, rede de ruas retilíneas e assim por diante) dirigem menos e andam mais do que aqueles que vivem em bairros suburbanos.

O tempo de viagem, juntamente com fatores como conforto e atrasos, impacta negativamente a escolha pelo transporte público, sendo que rotas diretas e informações claras sobre horários podem melhorar sua atratividade (AMBI RAMAKRISHNAN *et al.*, 2020). Fatores socioeconômicos também influenciam diretamente a escolha modal: pessoas com menor renda, sem habilitação ou carro próprio, tendem a depender mais do transporte coletivo, enquanto indivíduos de maior renda são menos propensos a utilizá-lo.

No entanto, como mostra (HAMIDUDDIN, 2023), a posse de automóvel não determina automaticamente seu uso. Quando há acesso conveniente ao transporte público tanto na origem quanto no destino, mesmo proprietários de veículos – geralmente residentes de áreas mais valorizadas – optam por modos sustentáveis. Ainda assim, entre os mais pobres, especialmente os que vivem em áreas periféricas e enfrentam longos deslocamentos, a aquisição do automóvel surge como resposta às limitações do sistema de transporte público, viabilizada pelo crédito. Assim, o custo relativo ao rendimento familiar e a qualidade da oferta de transporte aparecem como variáveis-chave na decisão modal, superando, em alguns casos, até a conveniência do carro.

Segundo Blandin *et al.*, (2024) e Eenoo *et al.*, (2022a) e Mattioli *et al.* (2020), o comportamento de viagem se volta para o uso do carro quando uma família adquire um carro, quase independentemente do tipo de bairro onde as pessoas moram, sugerindo que as políticas públicas seriam mais eficazes se desencorajassem a posse do automóvel do que a reduzir o uso do automóvel, uma vez que isso impede o desenvolvimento de um ciclo de comportamento orientado para o carro. De fato, Cullinane e Cullinane (2003) tiveram como resultado que as pessoas compram um automóvel por conveniência, inicialmente, e tornam-se dependentes dele para praticamente todas as suas viagens depois de ter a posse do automóvel. Além disso, pessoas de rendimentos mais elevados dirigem mais do que grupos de baixo rendimento.

As escolhas de modo são feitas com base no conhecimento dos tempos de viagem (DOVEY *et al.*, 2017). Os passageiros sabem quanto tempo uma viagem dura em média, porque o emprego depende dessa confiabilidade. Eles sabem que os tempos de viagem de carro e de transporte público não são exatos e se adaptam de acordo com isso.

Dovey *et al.* (2017) argumenta que os investimentos na rede rodoviária conduzem a zonas maiores de acesso do automóvel, que por sua vez, atraem mais automóveis, este é o ciclo do feedback positivo que acontece em muitas cidades dependentes do automóvel. O ciclo do automóvel produz dependência, mas pode ser desbloqueado com investimentos em transportes públicos, aumentando as isócronas dos transportes públicos e atraindo pessoas dos automóveis. Quando o transporte público for claramente o modo mais rápido, então a cidade será menos dependente do carro.

Segundo Dashtestaninejad *et al.* (2023), o uso extensivo de carro está relacionado a suburbanização dos bairros residenciais e descentralização de empregos, comodidades e serviços que leva a marginalização e estigmatização dos modos sustentáveis, aumentando a dependência do automóvel. Moradores dos subúrbios enfrentam grandes tempos de deslocamento, independente do modo que escolhem, visto que não há uma alternativa viável ao carro, apesar do congestionamento e do preço dos combustíveis (C. SILVA E ALTIERI, 2022).

Assim, percebe-se que a literatura consultada mostra que fatores socioeconômicos são importantes para determinar a dependência do automóvel. Entretanto, ainda há espaço para políticas públicas que poderem esses fatores, principalmente com foco em aumentar o número de atividades a serem feitas a pé e diminuir tempos e custos de locomoção por ônibus.

3 MÉTODO

Este capítulo tem por objetivo descrever as etapas do método que foi utilizado para a realização da dissertação. A Figura 3.1 esquematiza as etapas a serem desenvolvidas no estudo.

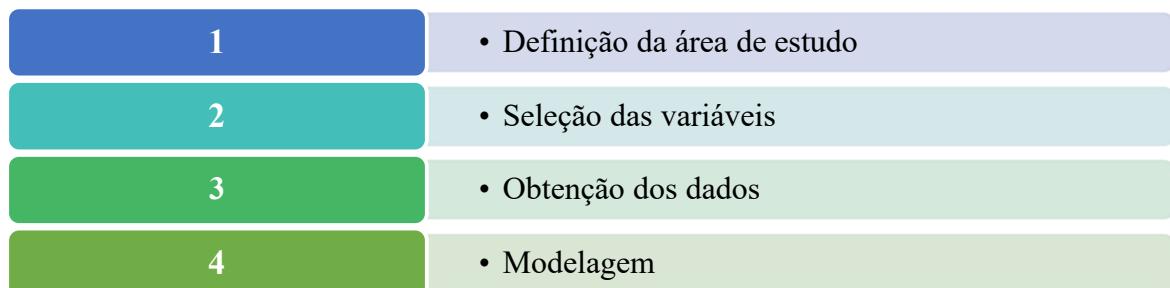


Figura 3.1 Esquema do método

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O Distrito Federal é uma das 27 unidades federativas do Brasil e está situado na Região Centro-Oeste. O DF é dividido em 35 Regiões Administrativas (RAs) e em seu território, está localizada a capital federal do Brasil, Brasília, que é também a sede do governo do Distrito Federal.

A seguir é apresentada a Tabela 3.1 com as Regiões Administrativas do DF e suas respectivas distâncias do centro do Plano Piloto em quilômetros, calculadas pela distância euclidiana da sede da RA até a sede do Distrito Federal.

Tabela 3.1 Distância das RAs para o Plano Piloto

(continua)

| CÓDIGO RA | REGIÃO ADMINISTRATIVA | DISTÂNCIA PARA BRASÍLIA (KM) |
|-----------|-----------------------|------------------------------|
| I | PLANO PILOTO | 0 |
| II | GAMA | 32 |
| III | TAGUATINGA | 20 |
| IV | BRAZLÂNDIA | 37 |
| V | SOBRADINHO | 18 |
| VI | PLANALTINA | 30 |
| VII | PARANOÁ | 11 |
| VIII | NÚCLEO BANDEIRANTE | 13 |
| IX | CEILÂNDIA | 24 |
| X | GUARÁ | 11 |
| XI | CRUZEIRO | 6 |
| XII | SAMAMBAIA | 24 |
| XIII | SANTA MARIA | 29 |

Tabela 3.1 Distância das RAs para o Plano Piloto

(conclusão)

| CÓDIGO RA | REGIÃO ADMINISTRATIVA | DISTÂNCIA PARA BRASÍLIA (KM) |
|-----------|---------------------------|------------------------------|
| XIV | SÃO SEBASTIÃO | 17 |
| XV | RECANTO DAS EMAS | 25 |
| XVI | LAGO SUL | 6 |
| XVII | RIACHO FUNDO | 18 |
| XVIII | LAGO NORTE | 8 |
| XIX | CANDANGOLÂNDIA | 10 |
| XX | ÁGUAS CLARAS | 15 |
| XXI | RIACHO FUNDO II | 22 |
| XXII | SUDOESTE/OCTOGONAL | 5 |
| XXIII | VARJÃO | 9 |
| XXIV | PARK WAY | 13 |
| XXV | ESTRUTURAL (SCIA) | 12 |
| XXVI | SOBRADINHO II | 17 |
| XXVII | JARDIM BOTÂNICO | 11 |
| XXVIII | ITAPOÃ | 15 |
| XXIX | SIA | 9 |
| XXX | VICENTE PIRES | 15 |
| XXXI | FERCAL | 21 |
| XXXII | SOL NASCENTE E PÔR DO SOL | 28 |
| XXXIII | ARNIQUEIRA | 17 |
| XXXIV | ARAPOANGA | 30 |
| XXXV | ÁGUA QUENTE | 42 |

*A distância foi considerada em linha reta até a Rodoviária do Plano Piloto.

Segundo o IBGE (2023), a capital federal tem 2.817.068 habitantes, o que representa um aumento de 9,52% em comparação com o Censo de 2010 que o valor era de 2.570.160 habitantes. Tornando Brasília oficialmente a terceira maior cidade do Brasil, ficando atrás apenas de São Paulo e do Rio de Janeiro.

Segundo o IBGE (2023), o rendimento nominal mensal domiciliar per capita é R\$ 3.357, o que resulta no DF como a unidade da federação com a maior renda per capita. Para Pereira e Schwanen (2013), o fato de o DF ser a sede do governo federal explica, em parte, os níveis mais elevados de PIB per capita. Entretanto, mesmo o DF tendo o título de maior renda per capita, existe ainda um enorme contraste entre o chamado Plano Piloto e as demais RAs que formam o Distrito Federal.

Em relação à disponibilidade de transporte público de massa, o metrô não está disponível na maioria das regiões administrativas do DF, apenas as RAs de Ceilândia, Samambaia,

Taguatinga, Guará e Plano Piloto (Asa Sul) têm estações de metrô em funcionamento. O metrô de Brasília é composto por duas linhas: Linha Verde (Central – Ceilândia) e Linha Laranja (Central – Samambaia).

Segundo a Secretaria Nacional de Trânsito (SENATRAN), a frota no Distrito Federal no ano de 2022 era de 2.021.627 veículos e em 2010 de 1.245.521 veículos (SENATRAN, 2024). Ou seja, um aumento de aproximadamente 62,31% na quantidade de veículos.

Calculando a proporção de veículos por habitantes por ano do censo, verifica-se o valor de aproximadamente 0,72 veículos por habitante em 2022 e 0,48 veículos por habitante em 2010. Invertendo essa comparação, para cada veículo em circulação no Distrito Federal, a proporção é de 1,38 habitantes em 2022 e 2,08 habitantes em 2010. É possível verificar um aumento no número de automóveis em circulação acima do crescimento da população do DF.

Comparando com outros estados, o Distrito Federal aparece na 15^a posição em relação à quantidade de veículos no ano de 2022. Na liderança do ranking está São Paulo (32,3 milhões de veículos), Minas Gerais (13,0 milhões), Paraná (8,6 milhões), Rio Grande do Sul (7,9 milhões) e Rio de Janeiro (7,5 milhões).

Entretanto, como é possível verificar na Tabela 3.2, a capital federal tem valores parecidos da proporção de carros por habitante com os estados de São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul, chegando até mesmo a ultrapassar Minas Gerais e Rio de Janeiro.

Tabela 3.2 Veículos por habitante por Estado

| Estado | População | Quantidade de Veículos | Veículos por habitante |
|-------------------|------------|------------------------|------------------------|
| São Paulo | 44.411.238 | 32.293.191 | 0,73 |
| Minas Gerais | 20.539.989 | 13.028.883 | 0,63 |
| Paraná | 11.444.380 | 8.575.905 | 0,75 |
| Rio Grande do Sul | 10.882.965 | 7.869.630 | 0,72 |
| Rio de Janeiro | 16.055.174 | 7.475.503 | 0,47 |
| Brasília | 2.817.068 | 2.131.190 | 0,72 |

Fonte: SENATRAN - Frota Nacional (Dezembro 2022) e IBGE - Censo 2022

Em 2022, segundo o DETRAN-DF (2022), o Distrito Federal tinha 1.834.839 condutores habilitados, dos quais 60% (1.100.274) são homens e 40% (734.565) são mulheres. É possível verificar que o número de veículos ultrapassa a quantidade de condutores habilitados.

3.1.1 Eixos de Mobilidade do DF

Baseado nos eixos rodoviários de transporte público coletivo do Distrito Federal (CODEPLAN, 2021), agrupou-se as Regiões Administrativas do Distrito Federal em cinco eixos.

- **Eixo Central:** Plano Piloto, SIA, SCIA/Estrutural, Sudoeste/Octogonal, Cruzeiro, Varjão e Lago Norte.
- **Eixo Leste:** Paranoá, São Sebastião, Jardim Botânico, Itapoã e Lago Sul.
- **Eixo Norte:** Planaltina, Sobradinho, Sobradinho II e Fercal.
- **Eixo Oeste:** Guará, Samambaia, Águas Claras Vertical, Ceilândia, Sol Nascente/Pôr do Sol, Taguatinga, Águas Claras, Brazlândia, Vicente Pires e Park Way.
- **Eixo Sudoeste:** Riacho Fundo I, Riacho Fundo II, Recanto das Emas e Núcleo Bandeirante.
- **Eixo Sul:** Gama, Park Way, Candangolândia e Santa Maria.

Importante perceber que a RA do Park Way não possui um território contínuo, mas separado por outra RA. Dessa forma, parte da RA fica caracterizada como eixo sul de mobilidade e a outra fica caracterizada como eixo oeste pois possuem vias de acesso e linhas de transporte público diferentes.

A seguir é possível verificar a Figura 3.2 com o mapa dos eixos de mobilidade do DF.

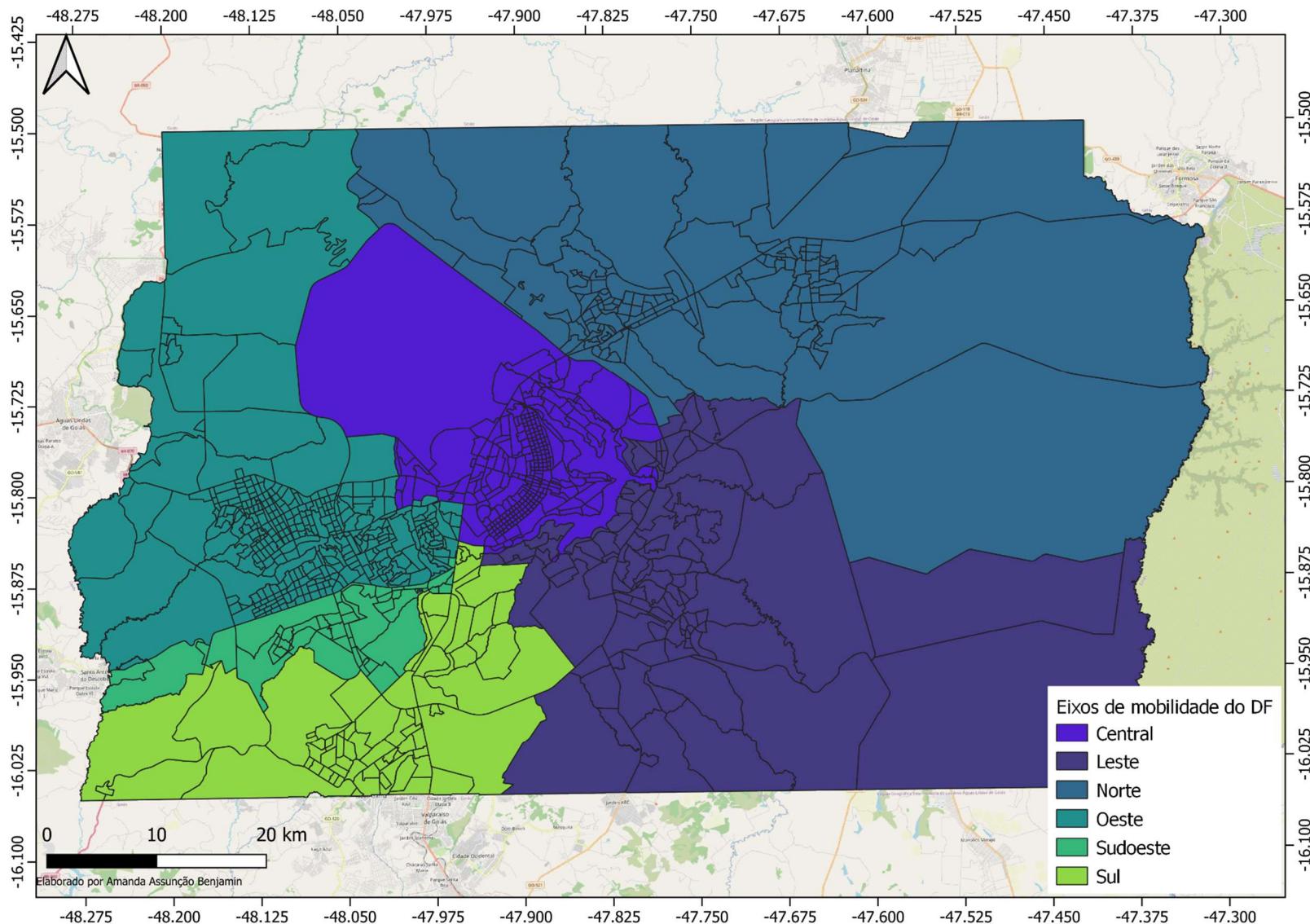


Figura 3.2 Mapa dos Eixos de Mobilidade do DF

a) Eixo Central

Segundo a CODEPLAN (2021), as viagens realizadas diariamente para trabalho, estudo, lazer e saúde, vindas tanto dos outros eixos de mobilidade quanto da área metropolitana, se concentram na parte central de Brasília, onde estão localizados a maioria dos trabalhos formais e equipamentos públicos de abrangência regional, tais como hospitais, universidades, centro de compras, escolas, lazer, dentre outros. Há muitas viagens, tanto de transporte coletivo, como de carro individual, todos os dias da semana.

Importante observar que como o Plano Piloto é tombado, há limitações e as diretrizes do zoneamento do Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal (PDOT/DF) que devem ser seguidas. A alternativa indicada pela CODEPLAN (2021), propunha a integração do sistema de transportes nas pontas das Asas Sul e Norte. Essa estratégia visava liberar a Rodoviária do Plano Piloto de ser o ponto de destino de todas as linhas e diminuir a circulação de ônibus nas vias de acesso ao centro da cidade (Eixo Rodoviário, Eixos W e L, Eixo Monumental, Estrada Parque Indústrias Gráficas - EPIG, Estrada Parque Setor Policial - ESPM, Estrada Parque Península Norte - EPPN, além das vias W3, W4, W5 e L2).

O metrô no eixo central só está disponível na Asa Sul. O Terminal da Asa Norte, apesar de projetado (projeto básico e executivo), ainda não foi construído, mas seria um importante componente no sistema de integração, aliviando o trânsito no setor norte da capital (AGÊNCIA BRASÍLIA, 2025).

Quanto a questão socioeconômica, este eixo se mostra como representativo de grupos de mais alta renda como Plano Piloto, Lago Norte e Sudoeste, pela CODEPLAN (2018a). Entretanto, esse eixo engloba regiões com populações pequenas, tais como Varjão e SIA que possuem rendas mais baixas. Apesar da proximidade geográfica aos serviços é possível que o planejamento desse eixo de transporte foque na população que possui acesso a carros, sem dar a devida atenção as regiões dependentes do transporte público.

b) Eixo Leste

O Eixo Leste de transporte público do Distrito Federal as ligações das Regiões administrativas do Lago Sul, São Sebastião, Jardim Botânico, Paranoá e Itapoã a Região central da cidade. As

vias que dão acesso a essas ligações são: a DF-140, a Ponte JK, a Ponte das Garças, a Ponte Honestino Guimarães, Estrada Parque Contorno, Estrada São Bartolomeu e a Estrada Parque Dom Bosco. Segundo os estudos realizados para o PDTU/2014, realizados pelo GDF (2014), esta região concentrava apenas 5% da demanda de transportes.

Apesar disso, verificou-se um crescimento urbano e populacional neste eixo, principalmente no que tange a região ao longo da DF-140 no atual Jardim Botânico. A região foi caracterizada no estudo como possuidora de apenas três terminais de transporte público, o Terminal de São Sebastião, Paranoá e Itapoã. Devido à baixa demanda da região comparativamente com as demais por transporte público não foram verificados planejamentos de expansão dos serviços para este eixo.

O Eixo Leste contém duas regiões de alta renda na classificação da CODEPLAN (2018a), ambas com baixa densidade populacional e marcadas pela presença de condomínios fechados horizontais. Além disso, contêm uma região de média-baixa renda e baixa renda que não possuem nenhum projeto de transporte público para ampliar e melhorar o serviço para a região.

c) Eixo Norte

Segundo a CODEPLAN (2021), o Eixo Norte é um corredor de transporte ligando as Administrações de Planaltina e Sobradinho ao Terminal da Asa Norte, circulando pela Avenida Independência, BR-020, EPIA, DF-002, DF-150, DF-120, DF-420 e DF-128. Além disso, tem uma ramificação de atendimento à Rodoviária do Plano Piloto, em faixa segregada e tráfego misto, devido às restrições do tombamento da cidade.

Realizaram-se obras de ampliação nas vias marginais da EPIA Norte e construção do Trevo de Triagem Norte, que priorizou veículos particulares, sem quaisquer mudanças no sentido de favorecer o transporte público coletivo do setor norte do Distrito Federal.

O Eixo Norte é composto principalmente de Regiões Administrativas de média renda, como Sobradinho e Planaltina, e a região de baixa renda de Fercal. Apesar de ser mais homogênea que os Eixos já mencionados, a região da Fercal é uma região industrial com baixa quantidade de serviços, de forma que muitos de seus habitantes terem que sair dela não só para trabalhar, mas para ter acesso aos serviços básicos.

d) Eixo Oeste

Segundo a CODEPLAN (2021), o Eixo Oeste é composto por um corredor rodoviário principal e por linhas de metrô. Ele é definido pelas rodovias BR-070, BR-060, Estrada Parque Taguatinga (EPTG), DF-095, DF-280, trecho da DF-001, as regionais do Guará, Taguatinga, Samambaia, Ceilândia, Brazlândia, Vicente Pires, Águas Claras, SIA e os municípios de Águas Lindas de Goiás e Santo Antônio do Descoberto.

Este eixo possui o maior contingente populacional do Distrito Federal. Além disso, é o principal eixo de transporte público coletivo por atender à área com maior número de viagens diárias por ônibus, metrô e automóvel. O destino principal é o Plano Piloto.

O Eixo Oeste é composto de regiões de média renda e alta densidade populacional. Existe uma boa quantidade de serviços na região. Entretanto, no ano seguinte da publicação da CODEPLAN (2018a) foi oficializada a criação da Região Administrativa do Sol Nascente/Pôr do Sol, que concentra a menor renda do DF e a menor disponibilidade de serviços para a população local.

e) Eixo Sudoeste

Segundo a CODEPLAN (2021), este corredor se integra com o BRT Eixo Sul (Gama, Santa Maria a Rodoviária do Plano Piloto e o Terminal Asa Norte) na Estação Candangolândia, interseção entre a Estrada Parque Núcleo Bandeirante (EPNB) (DF-075) e a Estrada Parque Indústria e Abastecimento (EPIA) (DF-003).

Do ponto de vista socioeconômico, essas regiões possuem uma população de baixa a média renda, com desafios adicionais relacionados à urbanização rápida e à falta de serviços locais. Muitos moradores dessas áreas precisam se deslocar para o Plano Piloto ou outras regiões centrais para acessar empregos, serviços de saúde e educação, agravando a pressão sobre as vias de acesso ao centro CODEPLAN (2021).

Em termos de infraestrutura, as regiões apresentam uma oferta limitada de serviços locais, forçando deslocamentos diários longos. Embora existam projetos de expansão e melhorias no transporte público, como o aumento de corredores exclusivos para ônibus (BRTs), a

implementação dessas iniciativas tem sido lenta e enfrenta barreiras técnicas e políticas (CODEPLAN, 2021).

f) Eixo Sul

Segundo a CODEPLAN (2021), o Eixo Sul é composto por um corredor de transporte, definido pelas rodovias BR-040, BR-450 (EPIA), DF-065, DF-480, DF-002 e DF-004. É o segundo maior contingente populacional do Distrito Federal. Este eixo de transporte público coletivo atende a 12% das viagens diárias, na sua maioria, em direção ao Plano Piloto.

As regiões de Candangolândia, Santa Maria e Gama compartilham um perfil socioeconômico de renda média a baixa, com uma alta densidade populacional. Muitas famílias dependem do transporte público para acessar oportunidades de emprego e serviços de saúde e educação no Plano Piloto.

Essas regiões dependem em grande parte do transporte coletivo, com destaque para o sistema BRT (Expresso DF Sul), que conecta Santa Maria e Gama ao Plano Piloto por meio de corredores exclusivos de ônibus. O BRT oferece uma alternativa mais rápida ao transporte público tradicional, mas enfrenta desafios de capacidade e manutenção, sendo insuficiente para atender à demanda crescente dessas regiões. O sistema ainda sofre com a integração limitada, especialmente com outras modalidades de transporte, como o metrô, que não alcança essas áreas.

3.2 SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS

A seleção de variáveis se deu pela análise das variáveis apresentadas como relevantes pela literatura consultada, apresentadas no Capítulo 2 de Referencial Teórico, bem como a partir da disponibilidade dos dados para a área de estudo. A **Tabela 3.3** indica as variáveis utilizadas, o tipo e a definição.

Tabela 3.3 Variáveis utilizadas

| TIPO | VARIÁVEL | DEFINIÇÃO |
|--------------------------------|--|---|
| Socioeconômicas | Gênero | Se o residente é homem ou mulher |
| | Idade | Classe de idade por residente |
| | Emprego | Se o residente está empregado ou não. Se sim, qual a classe da sua atividade |
| | Renda | Classe de renda por residente |
| | Habilitação | Se o residente tem ou não habilitação |
| | Grau de instrução | Classe do grau de instrução do residente |
| Atributos do agregado familiar | Renda | Classe de renda por domicílio |
| | Número de residentes | Número de residentes por domicílio |
| | Propriedade de veículos | Quantidade de veículos motorizados (carro e moto) por domicílio |
| Características da zona | Densidade populacional | $\frac{\text{Quantidade de moradores}}{\text{Área}}$ |
| | Densidade de empregos | $\frac{\text{Quantidade de empregos}}{\text{Área}}$ |
| | Diversidade do uso do solo (Entropia) | $ENT = - \frac{\sum_j^k (p_j \times \ln(p_j))}{\ln(k)}$ |
| | Densidade de vias | $\frac{\text{Quilômetros de vias}}{\text{Área}}$ |
| | Densidade de rotas de transporte público | $\frac{\text{Quilômetros de rotas de transporte público}}{\text{Área}}$ |
| | Rotas reservadas de transporte público | $\frac{\text{Quilômetros de vias reservadas para transporte público}}{\text{Área}}$ |
| | Distância a centralidade mais próxima | Distância, em km, para a centralidade mais próxima |
| Informações da viagem | Modo | Transporte Público e Transporte Privado |
| | Motivo | Se a viagem é pendular (estudo ou trabalho) ou não |
| | Origem | Origem em qual microzona ou RA |
| | Destino | Destino em qual microzona ou RA |
| | Duração | Tempo aproximado, em minutos, gasto com a viagem |

3.3 OBTEÇÃO DOS DADOS

Os dados sociais e econômicos como população, idade, gênero, empregos, renda, escolaridade, composição familiar, propriedade de veículos, habilitação e dados de viagens foram obtidos a partir do Plano de Desenvolvimento do Transporte Público sobre Trilhos do Distrito Federal (PDTT) cujos dados foram levantados em 2016, mas foi publicado em 2018 (METRO-DF, 2018).

Foram utilizados dados georreferenciados disponíveis das regiões administrativas do Distrito Federal. A camada de Vias do DF foi retirada da base do OpenStreetMap. A camada de Empregos foi obtida com o Observatório do Trabalho e Ministério da Economia (2021). As demais bases geográficas foram obtidas através da extração das camadas do SEDUH (2024).

3.3.1 1ª Etapa – Base de dados de viagens

A base de dados principal escolhida foi a Pesquisa de Mobilidade Urbana do Distrito Federal (PMU/DF) do Metrô de Brasília (METRO-DF, 2018), especificamente a planilha disponibilizada “DOMICILIAR_Consolidados” com os dados sobre os moradores entrevistados, seu domicílio e as viagens realizadas. São descritas 113.398 viagens. Foram utilizados apenas o modo transporte coletivo público e o transporte privado.

Optou-se por utilizar apenas viagens com origem e destino no Distrito Federal, ou seja, viagens para a Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE) foram excluídas.

Uma observação é que os dados incompletos foram excluídos do estudo, como “Não respondeu”. Foram excluídas, ainda, colunas que não eram relevantes para a pesquisa em questão.

Além disso, como o objetivo da pesquisa é estudar viagens relacionadas ao trabalho, foram excluídas a da análise as viagens não relacionadas com o trabalho e de pessoas menores de 18 anos.

Os dados consolidados correspondem a 13.444 viagens em 33 Regiões Administrativas do DF. Cada viagem corresponde a um morador, isso porque, a origem considerada foi a localização

da residência do morador e o destino o seu local de trabalho, independente de outras viagens que ele realizou durante o dia. Ao todo são 9.538 domicílios.

Em 2021, foram sancionadas as leis que criaram duas novas Regiões Administrativas no Distrito Federal: Arapoanga (RA XXXIV), desmembrada de Planaltina, e Água Quente (RA XXXV), originada do Recanto das Emas (DISTRITO FEDERAL, 2021a; DISTRITO FEDERAL, 2021b). A efetiva implementação dessas Regiões, entretanto, ocorreu apenas em 2022, quando passaram a integrar oficialmente a estrutura administrativa do DF. Com isso, o total de Regiões Administrativas aumentou de 33 para 35. No entanto, como os dados utilizados na pesquisa são de 2018, à época o número total de Regiões Administrativas ainda era 33.

Foram analisados dados sociais e econômicos da população na área de estudo, como o número de habitantes, idade, composição familiar, gênero, empregos, renda média, escolaridade e propriedade veículos, além de dados de viagens obtidos a partir do Plano de Desenvolvimento do Transporte Público sobre Trilhos do Distrito Federal (METRO-DF, 2018).

Os dados de renda média são obtidos em sua forma bruta em classes e são convertidos para valores numéricos a partir do valor médio dos extremos das classes, conforme apresentado na **Tabela 3.4**. Os dados de escolaridade também foram obtidos como classes. Ao contrário dos dados de renda, os dados de escolaridade não podem ser transformados em valor numérico. Assim, cada classe foi transformada em uma variável do tipo booleano indicando se a pessoa tinha esse nível escolar ou não.

Tabela 3.4 Dados de renda

| Classes de renda | Valor de renda utilizado |
|----------------------------------|--------------------------|
| Até R\$ 440,00 | R\$ 440,00 |
| De R\$ 440,00 a R\$ 880,00 | R\$ 660,00 |
| De R\$ 880,00 a R\$ 1.760,00 | R\$ 1.320,00 |
| De R\$ 1.760,00 a R\$ 2.640,00 | R\$ 2.200,00 |
| De R\$ 2.640,00 a R\$ 4.400,00 | R\$ 3.520,00 |
| De R\$ 4.400,00 a R\$ 8.800,00 | R\$ 6.600,00 |
| De R\$ 8.800,00 a R\$ 13.200,00 | R\$ 11.000,00 |
| De R\$ 13.200,00 a R\$ 17.600,00 | R\$ 15.400,00 |
| De R\$ 17.600,00 a R\$ 22.000,00 | R\$ 19.800,00 |
| De R\$ 22.000,00 a R\$ 26.400,00 | R\$ 24.200,00 |
| Acima de R\$ 26.400,00 | R\$ 26.400,00 |

Os dados de viagem informam o morador que realiza a viagem, qual o seu domicílio, a zona de origem, a zona de destino, a Região Administrativa de origem, a Região Administrativa de destino, o modo utilizado para esse deslocamento, o motivo e o horário.

a) Moradores

Segundo dados do Censo de 2022 (IBGE, 2023), o número de mulheres no Distrito Federal é superior ao de homens. A população total corresponde a 2.817.381 pessoas, das quais 52,34% (1.474.595) são mulheres e 47,66% (1.342.786) são homens. A amostra da pesquisa analisada indica que 55,37% são homens e 44,63% são mulheres, que apesar de inverter a parcela mais representativa, não apresenta grandes divergências dos valores, como mostrado no Gráfico 3.1.

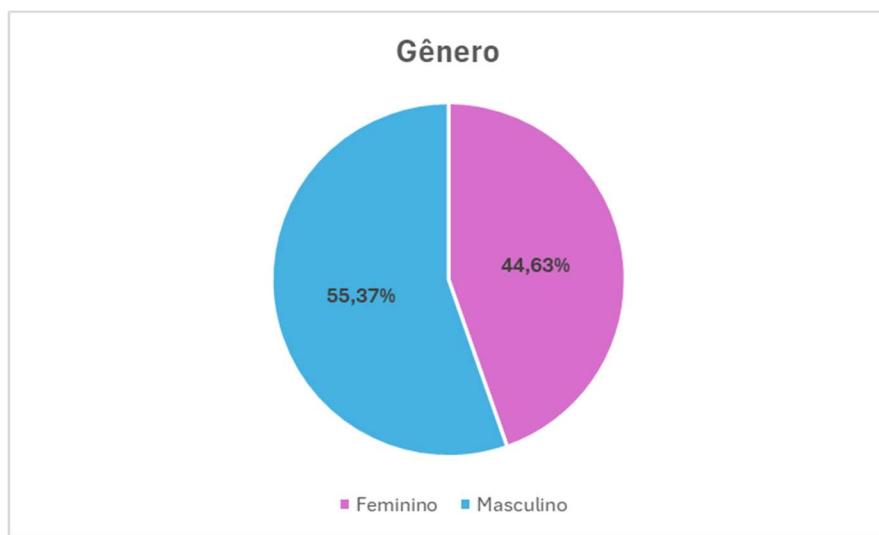


Gráfico 3.1 Gêneros dos participantes da amostra

Segundo dados do Censo de 2022 (IBGE, 2023), o Distrito Federal é a unidade da federação com a maior proporção de pessoas com idade entre 15 e 64 anos. Dos mais de 2 milhões moradores da capital federal, 72,2% se enquadram nesta faixa etária.

Os dados da amostra se dividem em 2,57% de 18 a 19 anos; 11,34% de 20 a 24 anos; de 13,43% de 25 a 29 anos; 28,43% de 30 a 39 anos; 23,36% de 40 a 49 anos; 15,39% de 50 a 59 anos; 4,72% de 60 a 69 anos; 0,70% de 70 a 79 anos e 0,05% com mais de 80 anos. Em relação à faixa etária dos participantes, o Gráfico 3.2 ilustra como é a sua distribuição.

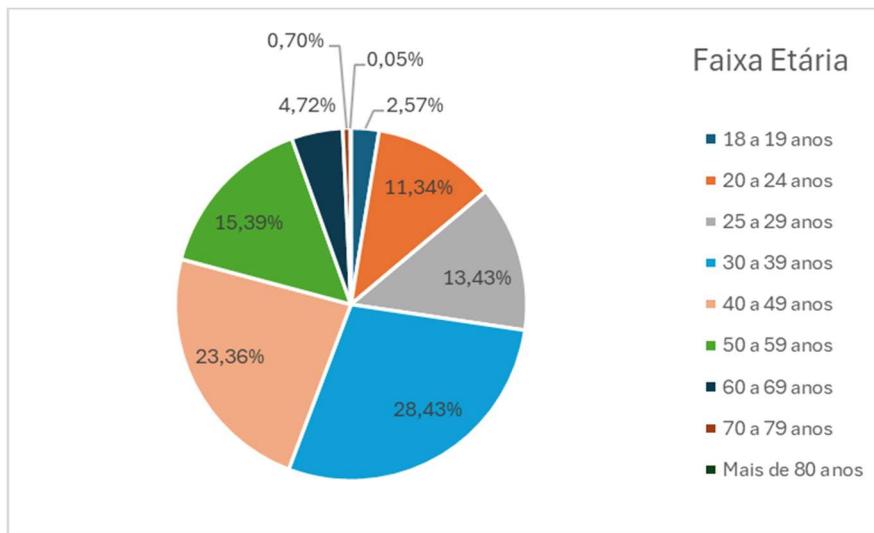


Gráfico 3.2 Faixa etária dos participantes da amostra

Segundo dados do Censo de 2022 (IBGE, 2023), no Distrito Federal, 97,2% da população é alfabetizada e 2,8% analfabeta.

Em relação ao grau de instrução dos participantes da amostra utilizada, o Gráfico 3.3 ilustra como é a sua distribuição. Os dados da amostra se dividem em 0,42% de Analfabetos; 0,28% com Pré-Escolar; 9,02% com Ensino Fundamental Incompleto; 4,28% com Ensino Fundamental Completo; 5,80% com Ensino Médio Incompleto; 29,86% com Ensino Médio Completo; 11,63% com Ensino Superior Incompleto; 28,55% com Ensino Superior Completo; 9,71% com Pós-Graduação/Mestrado/Doutorado e 0,45% sabem ler e escrever.

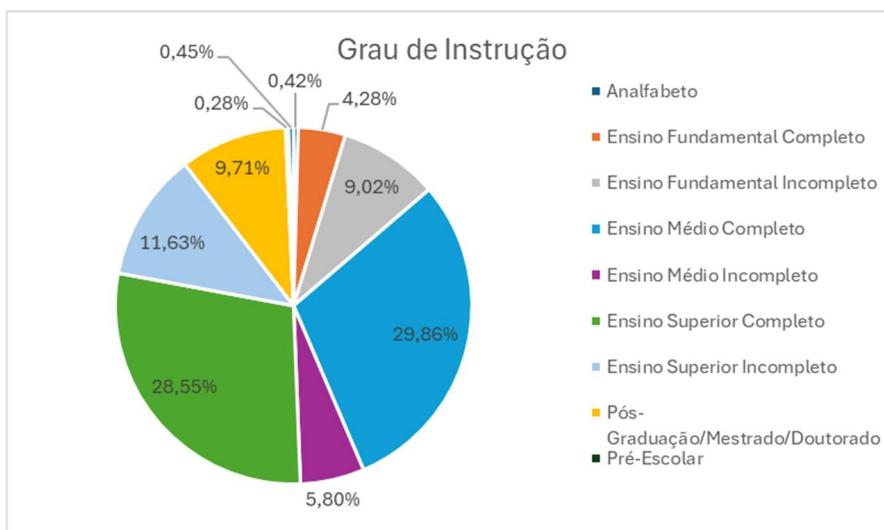


Gráfico 3.3 Grau de instrução dos participantes da pesquisa por RA

Em relação ao fato de os participantes terem ou não habilitação, o Gráfico 3.4 ilustra que a maioria das pessoas possuem habilitação.

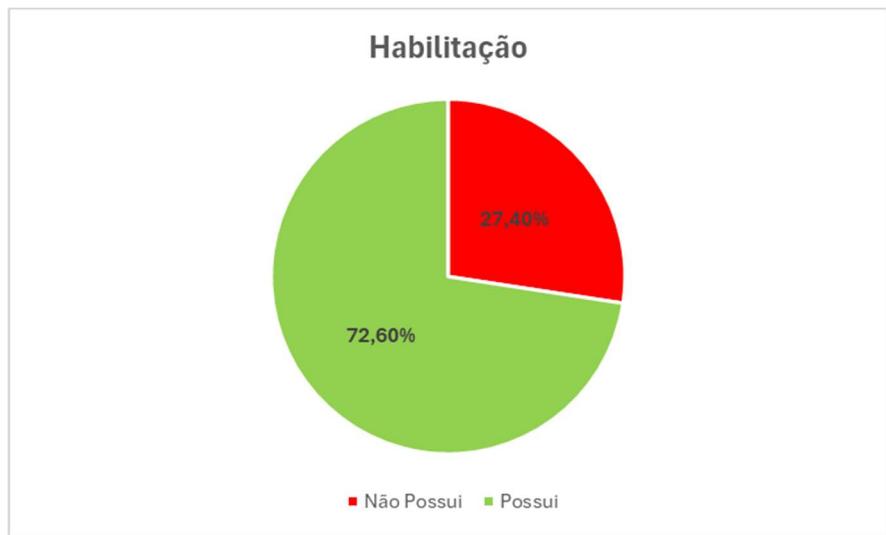


Gráfico 3.4 Se os participantes da pesquisa possuem habilitação por RA

b) *Domicílio*

Segundo dados do IBGE (2023), no Distrito Federal, a média em cada domicílio é de 2,83 pessoas. O Gráfico 3.5 indica a divisão por número de residentes nas moradias pesquisadas. Os dados da amostra se dividem em 4,07% com 1 morador; 17,12% com 2 moradores; 25,85% com 3 moradores; 28,62% com 4 moradores; 14,61% com 5 moradores; 5,76% com 6 moradores e 3,97% com mais de 6 moradores. A média é de 3,7 residentes por moradia.

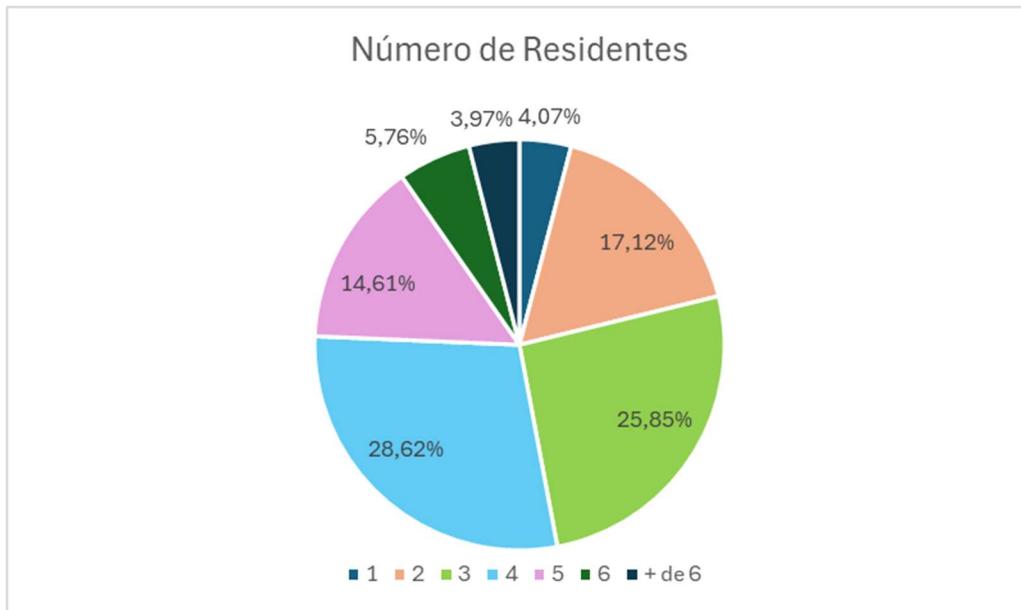


Gráfico 3.5 Número de residentes nas moradias pesquisadas por RA

Segundo dados do IBGE (2023), no Distrito Federal, a renda mensal domiciliar média é de R\$ 3.357. O Gráfico 3.6 indica a faixa de renda das famílias analisadas. A amostra está dentro do

esperado, pois a maioria das famílias estão na faixa de R\$ 2.640,00 até R\$ 4.400,00. A renda média da amostra é R\$ 6.250,82.

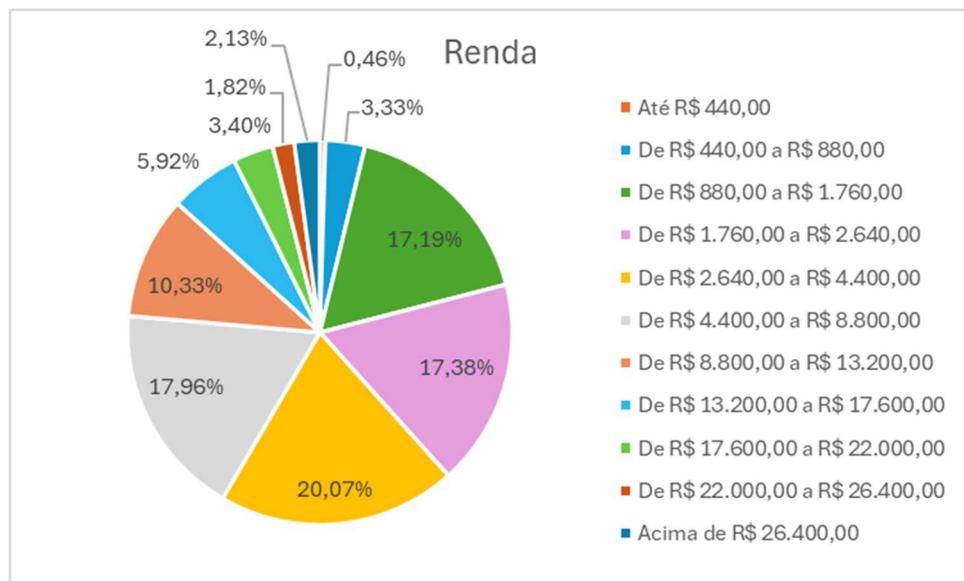


Gráfico 3.6 Faixa de renda da família

O Gráfico 3.7 indica a quantidade de veículos motorizados (carro e moto) por residência. A média geral de veículos motorizados é de 1,3 veículos por residência para a amostra. Segundo o IBGE (2023), no total são 2.083.081 veículos no DF, o que corresponde a uma taxa de 0,74 veículos por pessoa.

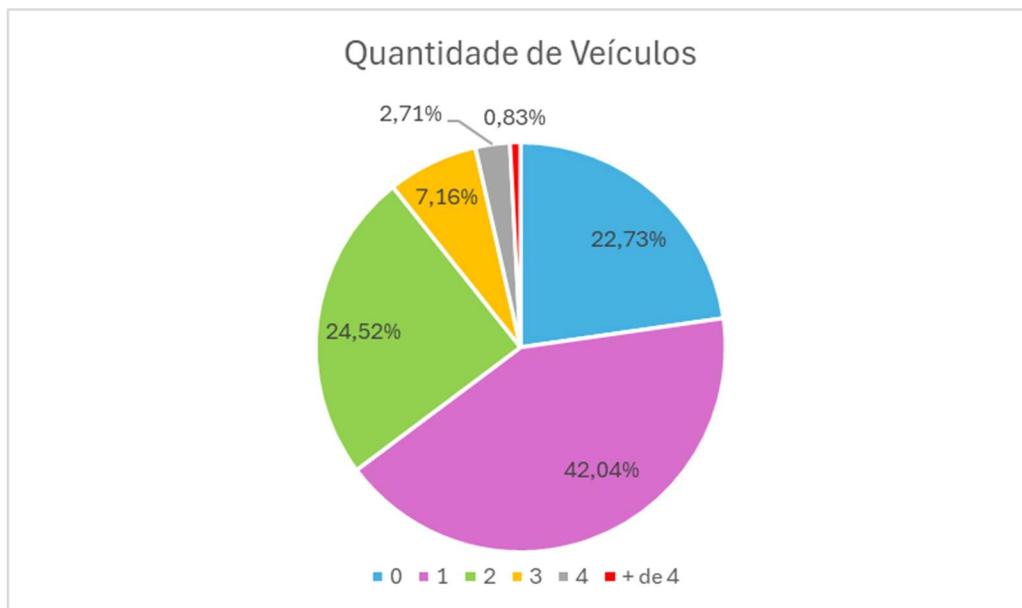


Gráfico 3.7 Média de veículos motorizados por residência

c) *Viagens*

O Gráfico 3.8 indica o modo de transporte utilizado. “TC” indica o transporte coletivo e “TI” o transporte individual. A maior parte das viagens foi realizada pelo transporte individual.

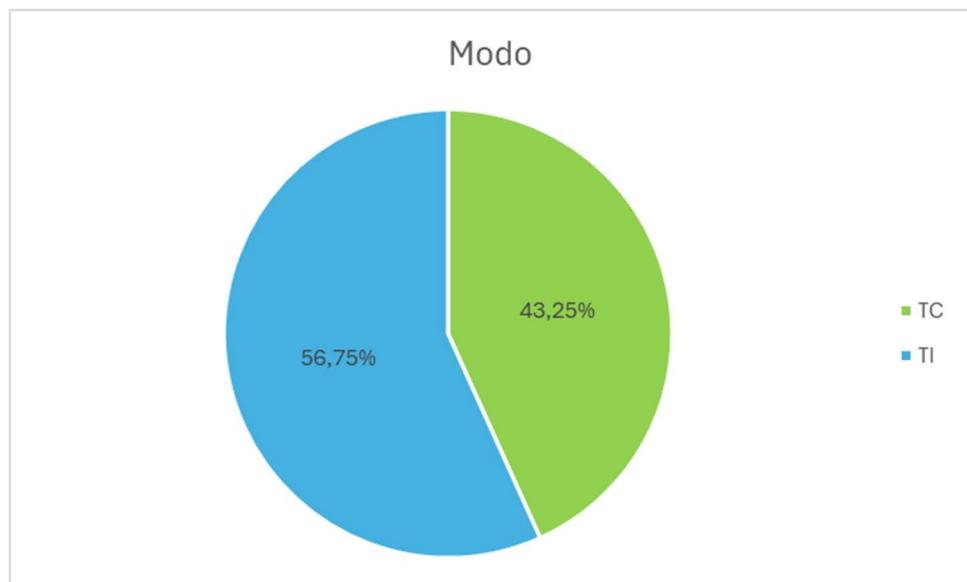


Gráfico 3.8 Modo de transporte utilizado para viagens a trabalho

O Gráfico 3.9 indica se as viagens de trabalho têm origem e destino na mesma Região Administrativa (RA) ou não. A maior parte das viagens têm origem e destino em Regiões Administrativas diferentes.

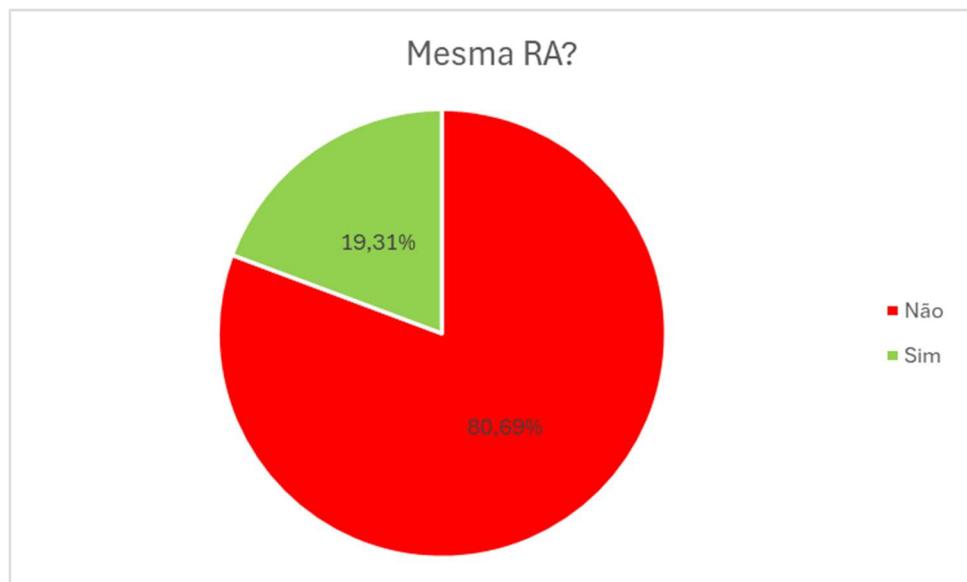


Gráfico 3.9 Modo de transporte utilizado para viagens a trabalho

O Gráfico 3.10 indica o eixo de origem das viagens de trabalho. A maior parte das viagens têm origem na região oeste.

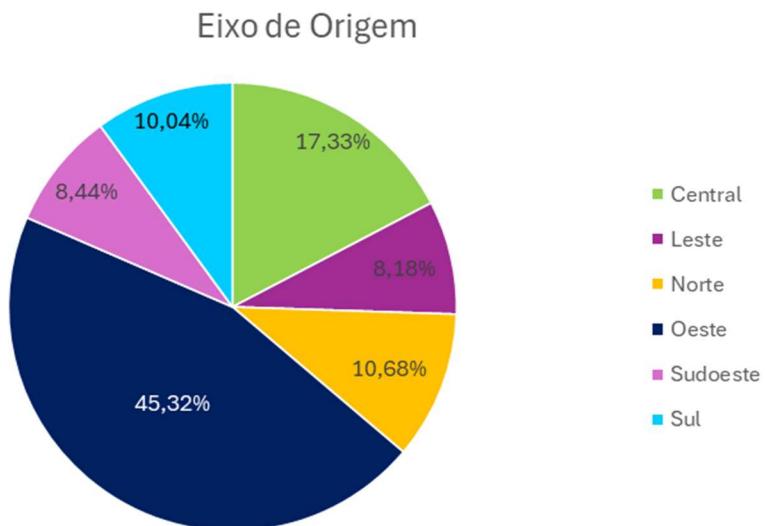


Gráfico 3.10 Eixo de origem das viagens a trabalho

O Gráfico 3.11 indica o eixo de destino das viagens de trabalho. A maior parte das viagens têm destino na região central.

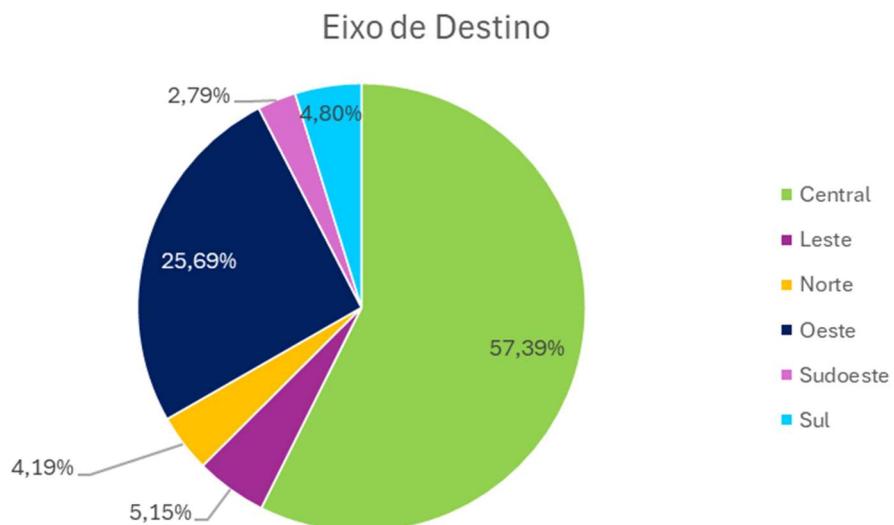


Gráfico 3.11 Eixo de destino das viagens a trabalho

3.3.2 2ª Etapa – Custos de viagem

Com os dados de origem e destino por microzona das Regiões Administrativas, foi utilizado o centróide da microzona para gerar as coordenadas de latitude e longitude.

Foi utilizado o recurso Google Maps Platform - API Directions do Google para calcular o tempo de viagem, o custo de viagem e a distância percorrida, tanto para viagens de veículos particulares, quanto para o transporte público. Importante frisar que esta é uma ferramenta paga,

mas foi utilizado o recurso de teste gratuito. O script de programação utilizado está no Anexo I. A requisição dos dados foi feita utilizando as linhas disponíveis e o tráfego estimado das 7:00 horas da manhã para uma quinta-feira.

A Directions API pode obter rotas para diversos modos de transporte, como transporte público, carro, bicicleta ou a pé com uma lista de origens e destinos com coordenadas de latitude e longitude (GOOGLE, 2024).

Dovey *et al.* (2017) também utilizaram em sua pesquisa os dados do Google Maps. Eles defendem que, apesar dos problemas de precisão do dado, existe a consistência entre os diferentes modos e partes da cidade. Não tem como ter um dado preciso, porque pode haver muitas interferências, como congestionamentos, clima ou atraso do transporte público. Eles alertam que o transporte público é uma tarefa de mapeamento muito mais complexa, uma vez que é multimodal, caminha-se para e entre os transportes públicos.

Em relação ao cálculo do custo do carro, foi utilizado como base os custos do SICRO (Sistema de Custos de Obras Rodoviárias) que considera o custo produtivo e improdutivo do carro. Durante a hora produtiva, o equipamento encontra-se dedicado ao serviço, com seus motores ou acionadores em funcionamento. Neste caso, o equipamento encontra-se efetivamente executando uma tarefa na frente de serviço.

Na hora improdutiva, o equipamento encontra-se parado, com o motor desligado e em situação de espera, aguardando que algum outro membro da patrulha mecânica conclua sua parte, de modo a garantir frente para que ele possa atuar.

Assim, foi considerado que o tempo produtivo do veículo é igual ao tempo de viagem e o tempo improdutivo foi considerado como o resto do período do dia. Desta forma, foi considerado o custo da viagem individual acrescido do custo de se adquirir e manter o carro. Foi utilizada a tabela do mês de abril de 2024 para o Distrito Federal (DNIT, 2024) considerando os valores de um Veículo leve - 53 kW (sem motorista).

Algumas viagens de transporte público não tiveram resultados, assim, optou-se por inserir na base o valor do tempo do ônibus de 400 minutos e um custo de R\$ 100,00. O valor de 400 minutos é próximo do tempo máximo de ônibus que é 389,1 minutos e o valor de R\$ 100,00

foi escolhido para elevar consideravelmente o custo do ônibus, assim, não seria uma alternativa considerável na escolha do indivíduo.

a) Custo Horário Produtivo

Segundo o DNIT (2017) o custo horário produtivo de um veículo ou equipamento é formado pela soma das parcelas relacionadas aos custos de propriedade, de manutenção e de operação, respeitadas as particularidades dos veículos e equipamentos, conforme Equação 1.

$$Chp = Dh + Jh + Mh + Cc + Cmo + Ih \quad (1)$$

Em que:

Chp - representa o custo horário produtivo (R\$/h);

Dh - representa a depreciação horária (R\$/h);

Jh - representa o custo horário dos juros da oportunidade de capital (R\$/h);

Mh - representa o custo horário da manutenção (R\$/h);

Cc - representa o custo horário de combustíveis, lubrificantes, filtros e graxas (R\$/h);

Cmo - representa o custo horário com mão de obra de operação (R\$/h);

Ih - representa o custo horário com seguros e impostos (R\$/h).

Para esse estudo foi utilizado o equipamento E9093 veículo leve (sem motorista).

b) Custo Horário Improdutivo

Segundo o DNIT (2017), o custo horário improdutivo de um equipamento ou veículo é formado pela soma dos custos de propriedade (depreciação, oportunidade do capital, seguros e impostos) e de mão de obra de operação, respeitadas as particularidades dos veículos e equipamentos, conforme Equação 2.

$$Chi = Cmo + Dh + Jh + Ih \quad (2)$$

Em que:

Chi - representa o custo horário improdutivo (R\$/h);
Cmo - representa o custo horário com mão de obra de operação (R\$/h);
Dh - representa a depreciação horária do equipamento (R\$/h);
Jh - representa o custo horário dos juros da oportunidade de capital (R\$/h);
Ih - representa o custo horário com seguros e impostos (R\$/h).

3.3.3 3^a Etapa – Base georreferenciada

Foram utilizados dados georreferenciados disponíveis das regiões administrativas do Distrito Federal. A maior parte da base utilizada foi obtida na SEDUH - Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação do DF (2024). A base utilizada foi complementada com dados obtidos pela plataforma de dados abertos OpenStreetMaps.

Para o cálculo da densidade populacional foi utilizado o valor de população estimado pelo IBGE para o município ou região administrativa e seu valor foi dividido pela área urbanizada divulgada, também, pelo IBGE. O uso da área urbanizada em detrimento da área total do município se dá como forma de medir a área efetiva utilizada pela população que realiza deslocamentos pendulares (IBGE, 2023).

De forma análoga, para o cálculo da densidade de empregos foi utilizada a base disponibilizada pelo Observatório do Trabalho e Ministério da Economia (2021) e georreferenciada por (NÓBREGA E ARRUDA, 2022). O número de empregos em cada região foi dividido pela área urbanizada contida no município ou RA.

Ainda sobre dados de densidade, foram propostas outras duas métricas: densidade de vias, calculada a partir dos dados do OpenstreetMaps, densidade de rotas de ônibus, onde a extensão de cada rota interna a zona de análise (DFTRANS E SEMOB, 2016) é dividida pela área da zona e a quantidade de rotas reservadas de transporte público, em km/ha. Essa última variável é calculada pela extensão de infraestruturas reservadas ao transporte público, tais como metrô e faixas exclusivas, que existem na região.

Também foi calculada a renda média de cada região pelos valores de renda média familiar calculados para cada elemento da amostra de viagens selecionada no item 3.3.1 1^a Etapa – Base

de dados de viagens. Ou seja, para cada zona georreferenciada pela base original foi calculada a média da renda familiar de todos os moradores dela.

Além das medidas de área, foram calculadas duas variáveis que descrevem a situação socioeconômica da unidade geográfica em análise: PIB per capita e taxa de motorização. Ambas as informações são levantadas pela (CODEPLAN, 2021b), sendo necessária apenas a aplicação na fórmula indicada na Tabela 3.3.

Os dados relativos ao tipo de uso do solo foram fornecidos pelo (INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS - IDE/DF, 2020). Existem 5 classes de uso do solo na base: “Residencial”, “Comercial”, “Industrial”, “Lazer” e “Uso misto”. Se todas as áreas fossem compostas apenas de “Uso misto” o indicador de entropia seria igual a 1, pois todas as áreas teriam uma mistura envolvida maximizando assim a entropia. Dessa forma, o número de classes utilizadas na fórmula apresentada é igual a 4.

Foi utilizado o software QGIS para união e consolidação dos dados georreferenciados das diversas fontes.

3.4 MODELO

Os modelos de escolha de modo desempenham um papel muito importante no processo de previsão de demanda. Entretanto, para Ambi Ramakrishnan *et al.* (2020), considerar que o conjunto de escolhas é o mesmo para todos os indivíduos é irrealista, pois alguns modos podem estar indisponíveis, inviáveis ou incompatíveis com os padrões de atividade ou viagem, devendo ser considerado apenas os subconjuntos viáveis para o indivíduo. A alternativa escolhida é a melhor alternativa para o indivíduo.

O modelo escolhido foi baseado no artigo “Travel choice with no alternative: can land use reduce automobile dependence?” (Escolha de viagem sem alternativa: o uso do solo pode reduzir a dependência do automóvel?) de Zhang (2006). Este estudo adota a abordagem probabilística com uma maneira de quantificar a dependência do automóvel.

O artigo utiliza a estrutura de modelagem de Manski (1977) onde a decisão da escolha do modo de viagem do indivíduo tem dois estágios: (1) a formação de um conjunto de escolhas e (2) escolha do modo de viagem a partir da escolha viável. Este modelo também foi proposto por

Gaundry e Dagenais (1979), com o nome DOGIT, com o objetivo de refinar modelos teóricos de escolhas modais, tentando captar situações de cativeiro ou lealdade a alguma escolha (CAPURSO *et al.*, 2019; KUNHIKRISHNAN E SRINIVASAN, 2019; NCHARE, 2021).

É necessário que o indivíduo considere o modo de transporte para que este esteja no seu conjunto de escolhas. Posteriormente ele toma uma decisão comparando os modos disponíveis com a opção que considera a mais vantajosa.

Ou seja, verifica-se a probabilidade de o indivíduo escolher um modo de transportes e a probabilidade dos conjuntos possíveis de escolha do indivíduo. Por exemplo, para calcular a probabilidade de uma pessoa usar o carro, calcula-se a probabilidade de a pessoa poder escolher entre carro e ônibus, só poder escolher o carro ou só poder escolher ônibus.

Segundo Ben-Akiva e Lerman (1985), é importante considerar o conjunto de escolhas de forma separada da tomada de decisão, visto que a variação na composição de escolhas tem consequência direta na escolha do modo de transporte.

Muitos modos de transporte podem ser considerados, como caminhada, ciclismo, automóveis particulares, ônibus, metrô, balsas, táxi, van, carona etc. Entretanto, nem todos os modos estão disponíveis ou são vantajosos para todas as viagens.

Com a abordagem probabilística, presume-se que o conjunto de escolhas percebidas pelos viajantes não é necessariamente o igual ao conjunto de escolha completo, nem é deterministicamente conhecido pelo analista.

Para um conjunto completo com dois modos (carro e ônibus), existem 3 combinações ($2^M - 1 = 2^2 - 1 = 3$), cada uma com a probabilidade de se tomar o conjunto de modos de viagem escolhido pelo viajante. As três opções são: a probabilidade de usar o carro, dado que você só pode usar o carro; a probabilidade de usar o carro, dado que você só pode usar o ônibus e a probabilidade de usar o carro se você pode usar os dois modos.

Quando o automóvel é o único modo de transporte viável no conjunto de opções acessíveis a um indivíduo, ele se torna cativeiro ao uso do carro, ou seja, dependente do automóvel para realizar seus deslocamentos cotidianos. No campo da mobilidade urbana, uma pessoa cativa é aquela que, por limitações estruturais — como ausência de transporte público eficiente, insegurança

viária, ou distâncias incompatíveis com modos ativos —, não possui alternativas reais ao uso do carro. A probabilidade de ter o automóvel como o único elemento em seu conjunto de escolhas fornece uma medida do nível de dependência do automóvel. Assim, $P(i|C) =$ probabilidade de i, dado que C é sua única opção. Aplicando o modelo de Manski (1977):

$$P(i) = \sum P(i|C) * P(C) \quad (3)$$

Para o conjunto de carro e ônibus, têm-se:

$$\begin{aligned} P(\text{carro}) &= P(\text{carro}|\{\text{carro}\}) * P(\{\text{carro}\}) + P(\text{carro}|\{\text{ônibus}\}) \\ &\quad * P(\{\text{ônibus}\}) + P(\text{carro}|\{\text{carro, ônibus}\}) \\ &\quad * P(\{\text{carro, ônibus}\}) \end{aligned} \quad (4)$$

Tendo em vista que a $P(\text{carro}|\{\text{carro}\}) = 1$ e $P(\text{carro}|\{\text{ônibus}\}) = 0$, têm-se:

$$\begin{aligned} P(\text{carro}) &= 1 * P(\{\text{carro}\}) + 0 * P(\{\text{ônibus}\}) \\ &\quad + P(\text{carro}|\{\text{carro} + \text{ônibus}\}) \end{aligned} \quad (5)$$

$$P(\text{carro}) = P(\text{carro}) + P(\{\text{carro, ônibus}\}) * P(\text{carro})$$

Assumindo uma distribuição de probabilidade logística de formação de conjuntos de escolha, então a probabilidade do conjunto de escolhas conter apenas carro é dado por:

$$P(\{\text{carro}\}) = \frac{e^{\gamma' * Z(\text{carro})}}{1 + e^{\gamma' * Z(\text{carro})}} \quad (6)$$

Além disso, sabendo que para a pessoa escolher o carro, o único outro subconjunto possível é $\{\text{carro, ônibus}\}$, então:

$$\begin{aligned} P(\{\text{carro, ônibus}\}) &= 1 - P(\{\text{carro}\}) = 1 - \frac{e^{\gamma' * Z(\text{carro})}}{1 + e^{\gamma' * Z(\text{carro})}} \\ &= \frac{1}{1 + e^{\gamma' * Z(\text{carro})}} \end{aligned} \quad (7)$$

Enfim, a probabilidade de um indivíduo escolher o carro é dada por:

$$P(carro) = \frac{e^{\gamma' * Z(carro)}}{1 + e^{\gamma' * Z(carro)}} + \frac{1}{1 + e^{\gamma' * Z(carro)}} * \frac{e^{\gamma * Z(carro)}}{e^{\gamma * Z(onibus)} + e^{\gamma * Z(carro)}} \quad (8)$$

Considerando o elemento $e^{\gamma' * Z(carro)}$ como a constante “d”, chamada de coeficiente de catividade, pode-se medir qual a probabilidade de uma pessoa ser cativa do transporte privado.

$$P(carro) = \frac{d}{1 + d} + \frac{1}{1 + d} * \frac{e^{\gamma * Z(carro)}}{e^{\gamma * Z(onibus)} + e^{\gamma * Z(carro)}} \quad (9)$$

Por possuir uma natureza probabilística ele é de fácil entendimento variando de 0, onde não há probabilidade de a pessoa ser cativa do transporte privado a 1, onde a pessoa com certeza é cativa do transporte privado. Mais que uma variável binária, este método fornece uma escala para medir a catividade de áreas.

A parcela de $e^{\gamma * Z(carro)}$ é uma função de utilidade do uso do carro onde são calculados os indicadores γ para cada variável usada. Funções de utilidade tentam estimar utilidade de uma opção em frente as outras usando variáveis que descrevem essa utilidade.

Para o caso de escolha do modo, Zhang (2006) sugeriu que fossem utilizadas as variáveis de tempo de viagem e custo da viagem para esse cálculo. Sua tese se embasa no fato que quanto mais caro ou mais tempo de viagem em um modo, menor a utilidade dele para o indivíduo.

Para uma análise coerente do custo da viagem, nesta pesquisa optou-se por dividir o custo da viagem pela renda média familiar do indivíduo. Isso porque o valor que é dado a um bem ou serviço (no estudo, a viagem) é relativizado pela quantidade de renda que um indivíduo tem a seu dispor. Assim a equação expandida da probabilidade do modo é dada por:

$$\begin{aligned} P(carro) &= \frac{d}{1 + d} + \frac{1}{1 + d} * \frac{e^{\gamma_{custo_carro} * \frac{Custo_carro}{Renda_familiar} + \gamma_{tempo_carro} * Tempo_carro}}{e^{\gamma_{custo_onibus} * \frac{Custo_onibus}{Renda_familiar} + \gamma_{tempo_onibus} * Tempo_onibus} + e^{\gamma_{custo_carro} * \frac{Custo_carro}{Renda_familiar} + \gamma_{tempo_carro} * Tempo_carro}} \\ &\quad * \frac{e^{\gamma_{custo_onibus} * \frac{Custo_onibus}{Renda_familiar} + \gamma_{tempo_onibus} * Tempo_onibus}}{e^{\gamma_{custo_onibus} * \frac{Custo_onibus}{Renda_familiar} + \gamma_{tempo_onibus} * Tempo_onibus} + e^{\gamma_{custo_carro} * \frac{Custo_carro}{Renda_familiar} + \gamma_{tempo_carro} * Tempo_carro}} \end{aligned} \quad (10)$$

A viagem de carro diária que custa (custo produtivo) 30 reais para uma família que ganha um salário-mínimo representa 64% de sua renda mensal, enquanto a mesma viagem representaria

apenas 8% de uma família média que mora no eixo central da cidade, com uma renda média de R\$ 11.622,80.

Todos os códigos utilizados nessa etapa podem ser verificados na seção de Apêndice.

4 RESULTADOS

Este capítulo tem por objetivo descrever os resultados dos coeficientes do modelo gerados pelo estimados de máxima verossimilhança do software Stata 18 a partir dos dados da etapa anterior.

4.1 DISTRITO FEDERAL

A Tabela 4.1 e a Tabela 4.2 mostram as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas no modelo. As colunas médias, desvio padrão máximo e mínimo apresentam as estatísticas para toda a amostra, enquanto as colunas carro e ônibus apresentam as estatísticas para os recortes de quem efetivamente usou esse modo.

Considerando a média de tempo de viagem utilizando o carro, por exemplo, o tempo médio estimado caso todas as viagens fossem realizadas de carro seria de 23,1 minutos. No entanto, ao analisar apenas as viagens que de fato ocorreram com carro, essa média cai para 20,1 minutos. Já as viagens feitas de ônibus, se tivessem sido realizadas de carro, teriam uma média estimada de 27,1 minutos.

Tabela 4.1 Estatística Descritiva – DF

(continua)

| Variável | Média | Desvio Padrão | Máximo | Mínimo | Carro | Ônibus |
|---|----------|---------------|-----------|----------|----------|----------|
| Custos de viagem | | | | | | |
| Tempo de carro (min) | 23,1 | 11,6 | 86,4 | 1,3 | 20,1 | 27,1 |
| Distância de carro (km) | 18,4 | 12,0 | 85,8 | 0,6 | 15,3 | 22,5 |
| Custo do carro (R\$) | 263,9 | 9,3 | 315,7 | 250,2 | 261,5 | 267,0 |
| Tempo de ônibus (min) | 60,4 | 33,2 | 400,0 | 3,8 | 55,7 | 66,6 |
| Custo do ônibus (R\$) | 7,1 | 4,4 | 100,0 | 2,7 | 6,8 | 7,3 |
| Características socioeconômicas | | | | | | |
| Renda média (R\$) | 6.250,80 | 6.149,40 | 26.400,00 | 440,00 | 8.442,60 | 3.375,40 |
| Número de residentes (unid.) | 3,7 | 1,5 | 13,0 | 1,0 | 3,6 | 3,8 |
| Quantidade de veículos (unid.) | 1,3 | 1,0 | 10,0 | 0,0 | 1,7 | 0,7 |
| Origem | | | | | | |
| Extensão de vias (km) | 26,36 | 20,92 | 138,76 | 2,16 | 24,64 | 28,62 |
| Densidade de becos sem saída (becos/ha) | 0,2 | 0,2 | 1,4 | 0,0 | 0,2 | 0,1 |
| Densidade de pontos de ônibus (pontos/ha) | 230 | 144 | 1.573 | 0,0 | 239 | 218 |
| Distância ao centro da cidade (km) | 22,51 | 9,95 | 46,31 | 1,53 | 20,68 | 24,91 |
| Densidade da população(pop/ha) | 96,1 | 50,5 | 285,2 | 0,0 | 92,0 | 101,5 |
| Entropia (adim.) | 0,5 | 0,3 | 1 | 0,0 | 0,5 | 0,5 |
| Densidade de empregos (emp./ha) | 20,4 | 173,9 | 6.070,5 | 0,0 | 24,3 | 15,3 |
| Extensão das linhas de ônibus (km) | 12,12 | 22,61 | 164,47 | 0,0 | 11,82 | 12,51 |
| Renda (R\$) | 6.733,60 | 4.595,70 | 15.635,00 | 2.476,00 | 7.651,60 | 5.529,20 |

Tabela 4.1 Estatística Descritiva – DF

(conclusão)

| Variável | Média | Desvio Padrão | Máximo | Mínimo | Carro | Ônibus |
|---|-----------|---------------|-----------|----------|-----------|-----------|
| Destino | | | | | | |
| Extensão de vias (km) | 22,72 | 20,60 | 386,92 | 0,77 | 22,49 | 23,03 |
| Densidade de becos sem saída (becos/ha) | 0,1 | 0,2 | 1,4 | 0,0 | 0,1 | 0,1 |
| Densidade de pontos de ônibus (pontos/ha) | 220,8 | 145,5 | 4.284,0 | 0,0 | 218,5 | 223,9 |
| Distância ao centro da cidade (km) | 12,27 | 10,78 | 77,69 | 0,0 | 12,07 | 12,53 |
| Densidade da população(pop/ha) | 46,4 | 54,0 | 285,2 | 0,0 | 45,1 | 48,2 |
| Entropia (adim.) | 0,4 | 0,3 | 1 | 0,0 | 0,4 | 0,4 |
| Densidade de empregos (emp./ha) | 200,0 | 685,9 | 6.070,5 | 0,0 | 198,7 | 201,7 |
| Extensão das linhas de ônibus (km) | 19,00 | 29,33 | 164,47 | 0,0 | 19,04 | 18,95 |
| Renda (R\$) | 11.256,60 | 5.248,90 | 15.635,00 | 2.476,00 | 11.318,20 | 11.175,10 |

A Tabela 4.1 revela diferenças significativas entre os modos de transporte utilizados no Distrito Federal. O tempo médio de deslocamento por carro é de 23,1 minutos, enquanto o transporte público apresenta média de 60,4 minutos — o que representa um tempo 2,6 vezes maior para uma mesma distância.

Considerando apenas os usuários efetivos de cada modo, a diferença é ainda mais acentuada: 20,1 minutos para os usuários de carro, contra 66,6 minutos para os usuários de ônibus. Se o usuário do carro tivesse ido de ônibus, teria gastado 55,7 minutos e se o usuário do ônibus tivesse ido de carro, teria gastado 27,1 minutos. Ou seja, quem depende do transporte público perde, em média, 46,5 minutos a mais por viagem.

Mesmo que o tempo de viagem do ônibus seja elevado, ele se encontra dentro do valor identificado em outras cidades. Dovey *et al.* (2017) encontraram, para Melbourne, uma diferença de tempo entre carro e transporte público entre 4 vezes a 16 vezes, enquanto Wiersma *et al.* (2016), na Holanda, encontraram uma média de 1,5 vezes. Isso demonstra que Brasília apresenta uma ineficiência em comparação internacional.

Em relação aos custos, utilizar o transporte público é significativamente mais barato do que utilizar o carro. A média de custo do carro foi de R\$ 263,90, enquanto a do transporte público foi de R\$ 7,10 — ou seja, mais de 37 vezes mais caro. Esse valor reflete não apenas os gastos diretos, mas também os custos do tempo improdutivo e do investimento fixo diluído do automóvel. Ainda assim, a atratividade do carro persiste diante da ineficiência do transporte coletivo.

A desigualdade se expressa também na renda dos usuários. A média de rendimento dos que utilizam o carro é de R\$ 8.442,60, enquanto para os usuários de transporte público é de R\$ 3.375,40, uma diferença de 2,5 vezes. Esses dados reiteram os achados da CODEPLAN (2021) sobre a dupla desigualdade enfrentada pela população: menos renda e mais tempo de deslocamento.

Outro ponto de destaque é a posse de veículos: os usuários de carro possuem, em média, 1,7 veículos por residência, ao passo que os usuários de ônibus possuem 0,7. Assim a posse do automóvel parece estar ligada com a sua utilização, o que é esperado de acordo com a bibliografia (ETMINANI-GHASRODASHTI E ARDESHIRI, 2015; YE E TITHERIDGE, 2017).

A análise das características das regiões de origem das viagens também traz resultados relevantes. Quem utiliza o carro tende a viver em áreas com menor densidade populacional, maior densidade de empregos, renda mais elevada e menor distância ao centro da cidade. Já os usuários de transporte público partem de regiões mais adensadas, com menor densidade de empregos, maior distância ao centro e, curiosamente, maior extensão de linhas de ônibus. Isso evidencia que mesmo com maior cobertura do transporte público, o serviço não é eficiente o suficiente para competir com o carro.

Além disso, a distância ao centro da cidade é, em média, maior nas origens (residência) do que nos destinos (trabalho), o que sugere a concentração de empregos no centro e a dispersão da moradia na periferia. A densidade de população é maior na origem do que no destino, refletindo o adensamento habitacional em regiões mais afastadas e a setorização típica de Brasília. A renda também se mostra mais elevada no destino, o que corrobora a hipótese de que os postos de trabalho mais qualificados se concentram em áreas centrais. Por fim, a extensão das linhas de ônibus maior nos destinos indica uma tentativa de garantir acessibilidade, ainda que insuficiente frente às necessidades reais da população.

Dante desse panorama, observa-se um quadro de exclusão socioespacial no acesso à cidade. Uma pequena parcela da população pode pagar 37 vezes mais para economizar tempo e acessar oportunidades com maior comodidade. Já a maioria perde horas diárias em deslocamentos longos. Esses achados corroboram as análises de Pereira e Schwanen (2013), ao demonstrar como a mobilidade urbana reproduz e aprofunda desigualdades sociais.

O acesso ao automóvel surge como um fator determinante para a redução do tempo de viagem, ainda que os custos associados ao seu uso sejam consideravelmente mais elevados, ele se torna atrativo, consolidando um processo de indução ao uso do automóvel. Essa dinâmica aprofunda desigualdades já existentes, reforçando a lógica de uma cidade moldada para carros, em detrimento de um sistema de mobilidade mais acessível.

Tabela 4.2 Estatística Descritiva - Socioeconômica

| Variável | Total | % | Carro | % | Ônibus | % |
|----------------------------------|--------|-----|-------|-----|--------|-----|
| Rua pavimentada | | | | | | |
| Asfaltada, pavimentada | 12.985 | 97% | 7.432 | 97% | 5.553 | 95% |
| Terra, cascalho | 459 | 3% | 197 | 3% | 262 | 5% |
| Idade | | | | | | |
| 18 a 19 anos | 346 | 3% | 69 | 1% | 277 | 5% |
| 20 a 24 anos | 1.524 | 11% | 542 | 7% | 982 | 17% |
| 25 a 29 anos | 1.806 | 13% | 968 | 13% | 838 | 14% |
| 30 a 39 anos | 3.822 | 28% | 2.339 | 31% | 1.483 | 26% |
| 40 a 49 anos | 3.141 | 23% | 1.917 | 25% | 1.224 | 21% |
| 50 a 59 anos | 2.069 | 15% | 1.317 | 17% | 752 | 13% |
| 60 a 69 anos | 635 | 5% | 409 | 5% | 226 | 4% |
| 70 a 79 anos | 94 | 1% | 62 | 1% | 32 | 1% |
| Mais de 80 anos | 7 | 0% | 6 | 0% | 1 | 0% |
| Gênero | | | | | | |
| Masculino | 7.444 | 55% | 4.679 | 61% | 2.765 | 48% |
| Feminino | 6.000 | 45% | 2.950 | 39% | 3.050 | 52% |
| Grau de Instrução | | | | | | |
| Analfabeto | 56 | 0% | 15 | 0% | 41 | 1% |
| Sabe Ler e Escrever | 60 | 0% | 18 | 0% | 42 | 1% |
| Pré-Escolar | 37 | 0% | 10 | 0% | 27 | 0% |
| Ensino Fundamental Incompleto | 1.213 | 9% | 370 | 5% | 843 | 14% |
| Ensino Fundamental Completo | 576 | 4% | 219 | 3% | 357 | 6% |
| Ensino Médio Incompleto | 780 | 6% | 261 | 3% | 519 | 9% |
| Ensino Médio Completo | 4.014 | 30% | 1.807 | 24% | 2.207 | 38% |
| Ensino Superior Incompleto | 1.564 | 12% | 763 | 10% | 801 | 14% |
| Ensino Superior Completo | 3.838 | 29% | 2.997 | 39% | 841 | 14% |
| Pós-Graduação/Mestrado/Doutorado | 1.306 | 10% | 1.169 | 15% | 137 | 2% |
| Possui habilitação | | | | | | |
| Sim | 9.760 | 73% | 7.131 | 93% | 2.629 | 45% |
| Não | 3.684 | 27% | 498 | 7% | 3.186 | 55% |

A análise dos dados sociodemográficos revela importantes diferenças entre os usuários de carro e de transporte público no Distrito Federal, reforçando o caráter desigual do acesso à mobilidade urbana.

Em relação à infraestrutura viária, observa-se que tanto usuários de carro quanto de ônibus vivem majoritariamente em áreas com ruas asfaltadas ou pavimentadas (97% e 95%, respectivamente). A diferença percentual entre os modais, de apenas 2%, sugere que essa variável não é determinante para o modo de transporte utilizado.

Em relação à faixa etária, observa-se que, até os 24 anos, há maior uso do transporte público, enquanto nas faixas etárias seguintes predomina o uso do transporte individual. Esse comportamento pode ser explicado pelo acesso gratuito ao Passe Estudantil, amplamente utilizado por estudantes universitários, que, em sua maioria, estão no início da vida profissional e possuem menor poder aquisitivo. Além disso, pode refletir uma menor inserção no mercado de trabalho formal ou menor capacidade econômica para adquirir e manter um automóvel entre os mais jovens.

Quanto ao gênero, nota-se uma maior proporção de homens entre os usuários de carro, o que pode estar relacionado à dinâmica intrafamiliar da posse do veículo — quando há apenas um carro na residência, é comum que ele seja utilizado prioritariamente pelos homens. Entre os usuários de transporte público, as proporções de homens e mulheres são mais equilibradas. Esses resultados estão coerentes com o observado em outras localidades. Ambi Ramakrishnan *et al.* (2020), por exemplo indica que em Chennai as mulheres são mais propensas a utilizar o transporte público em caso de disputa pelo bem na residência.

O grau de instrução também apresenta diferenças marcantes. Usuários de transporte coletivo possuem, em maior proporção, níveis mais baixos de escolaridade. Destaca-se, por exemplo, que 14% dos usuários de ônibus têm apenas o ensino fundamental incompleto, enquanto essa porcentagem entre os motoristas de carro é de 5%. Já entre os que possuem ensino superior completo ou pós-graduação, a maioria utiliza o carro (39% e 15%, respectivamente), o que aponta uma relação direta entre escolaridade, renda e acesso ao automóvel.

Por fim, a posse de habilitação é um indicador claro da desigualdade de acesso ao transporte motorizado individual: enquanto 93% dos usuários de carro possuem carteira de motorista, apenas 45% dos usuários de ônibus têm habilitação. Isso evidencia que, para boa parte da população, o uso do transporte coletivo não é uma escolha, mas uma necessidade diante da impossibilidade de conduzir um veículo próprio.

Esses dados reforçam que o transporte coletivo é majoritariamente utilizado por pessoas com menor renda, escolaridade mais baixa e maior presença feminina. Tais desigualdades revelam não apenas limitações de acesso à cidade, mas também o potencial excludente de um modelo de mobilidade centrado no automóvel.

O resultado do modelo de dependência de carros para o Distrito Federal apenas com as variáveis de viagens de carro e ônibus são descritas na Tabela 4.3.

Conforme destacado anteriormente, trata-se de um modelo econométrico de utilidade, que busca simular a escolha dos indivíduos com base nos custos relativos de cada alternativa de transporte. Para isso, tanto o tempo quanto o custo de viagem foram normalizados pela renda média familiar do respondente, permitindo uma comparação mais equitativa entre os diferentes perfis socioeconômicos. O tempo de viagem e o custo de viagem são as variáveis independentes. As constantes tentam incorporar todos os aspectos que não são explicados diretamente por tempo e custo (escolhas por conforto, segurança, entre outros).

Tabela 4.3 Medindo a intensidade da dependência automobilística no DF

| | Variável | Coeficiente | erro | Z | P> z | Intervalo de confiança de 95% |
|---|----------------------------|-------------|---------|--------|------|-------------------------------|
| Carro | Tempo de viagem | -0,138 | 0,0067 | -20,75 | 0 | -0,1511 -0,125 |
| | Custo de viagem | -22,5 | 1,4445 | -15,58 | 0 | -25,3316 -19,6692 |
| | Constante | 2,957 | 0,0987 | 29,97 | 0 | 2,7639 3,1506 |
| Ônibus | Tempo de viagem | -0,031 | 0,0024 | -13,13 | 0 | -0,0356 -0,0264 |
| | Custo de viagem | 58,38 | 11,3054 | 5,16 | 0 | 36,2217 80,5381 |
| | Constante | 0 | | | | |
| - | Coeficiente de dependência | 0,31 | 0,0183 | 16,89 | 0 | 0,2737 0,3456 |
| Índice de dependência do automóvel | | | | | | 0,2366 |

*Índice de dependência do automóvel = coeficiente de dependência/ (1 + coeficiente de dependência).

Início: Log likelihood = -12.091,227

Final: Log likelihood = -7310,7596

Pseudo R² = 0,395366608

Dashtestaninejad *et al.* (2023) teve um Pseudo R² de 0,3763. Como valores acima de 0,2 indica um bom ajuste do modelo, isso significa que o modelo ajusta bem os dados (LOUVIERE *et al.*, 2000).

Em relação aos coeficientes das variáveis, tempo e custo de viagem de carro e tempo de viagem de ônibus tiveram valores negativos, o que é esperado dentro de uma Curva de Utilidade. Cabe

notar que a comparação dos coeficientes de tempo e custos para os dois modos não pode ser feita diretamente, tendo em vista sua natureza logística (não linear) e da escala dos dados. A forma adequada de fazer essa comparação é através da avaliação dos coeficientes de curvas de elasticidade numa análise de utilidade econométrica.

Os coeficientes estimados indicam que tanto o tempo quanto o custo de viagem exercem influência significativa sobre a escolha modal. No caso do carro, observa-se um coeficiente negativo para o tempo de viagem (-0,138) e custo de viagem (-22,5), que indicam que com o aumento desses valores a utilidade esperada diminui. Ainda, a constante elevada (2,957) sugere que há uma forte preferência pelo uso do automóvel, independentemente dos fatores de tempo e custo.

No caso do transporte coletivo, o tempo de viagem também impacta negativamente a escolha pelo ônibus (-0,031), ainda que de forma menos acentuada do que no carro. Curiosamente, o coeficiente do custo de viagem foi positivo (58,38), o que, à primeira vista, pode parecer contraintuitivo. Este padrão indica a possibilidade de viagens de ônibus serem um bem de Giffen. Bens de Giffen são notórios por ter um comportamento oposto do esperado, apesar de ser bens inferiores, quanto mais caros ficam, mais a demanda aumenta (MANKIW, 2005). Geralmente devido a taxa de crescimento do custo ainda maior da alternativa. Ou seja, não há um bem barato e acessível capaz de substituí-lo.

Esse resultado pode estar relacionado também ao fato de que muitos usuários do transporte público se beneficiam de subsídios, como o Passe Estudantil ou o Passe Livre, que distorcem a percepção direta do custo monetário da viagem, fazendo com que o impacto do custo real no modelo seja menos representativo para essa população.

O coeficiente de dependência automobilística estimado foi de 0,31, resultando em um índice de dependência do automóvel de 0,2366. Esse valor indica que, mesmo diante de custos e tempos de viagem desfavoráveis, há uma predisposição significativa ao uso do carro, o que evidencia a intensidade da dependência do automóvel no Distrito Federal. Essa dependência estrutural se reflete diretamente nas decisões cotidianas dos indivíduos e tem implicações profundas sobre o planejamento urbano e de transportes, contribuindo para a manutenção de um sistema desigual e pouco sustentável.

Como elemento de comparação, a pesquisa realizada por Zhang (2006) apontou que Boston tem um índice de dependência de carro 31%, acima do encontrado para a capital do Brasil.

Na Tabela 4.4 é possível verificar os resultados do modelo para as variáveis independentes, que deram significativas, do ambiente construído e socioeconômicas, além das variáveis de custo e tempo para carro e ônibus.

É possível observar que os coeficientes relativos as curvas de utilidade dos veículos se mantiveram coerente com os resultados já apresentados na Tabela 4.3, de forma que não houve inversão de sinal em nenhuma das variáveis. É interessante perceber que o acréscimo de variáveis de uso do solo diminuiu o valor da constante da curva de utilidade do automóvel, indicando que elas explicam parcialmente essa informação.

Tabela 4.4 Índices de dependência de automóveis no DF considerando o ambiente construído e variáveis socioeconômicas

| | Variável | Coeficiente | erro | z | P> z | Intervalo de confiança de 95% |
|----------------------------|------------------------------|-------------|-----------|--------|-------|-------------------------------|
| Carro | Tempo de viagem | -0,26327 | 0,033614 | -7,83 | 0 | -0,32915 -0,19739 |
| | Custo de viagem | -3,52154 | 1,586799 | -2,22 | 0,026 | -6,63161 -0,41147 |
| | Constante | 1,361428 | 0,29281 | 4,65 | 0 | 0,787531 1,93532 |
| Ônibus | Tempo de viagem | -0,02958 | 0,005163 | -5,73 | 0 | -0,0397 -0,01946 |
| | Custo de viagem | 55,29132 | 19,55337 | 2,83 | 0,005 | 16,96743 93,6152 |
| | Constante | 0 | (omitted) | | | |
| Coeficiente de dependência | Densidade populacional | -0,00266 | 0,000608 | -4,37 | 0 | -0,00385 -0,00146 |
| | Distância ao centro | -0,00003 | 0,000003 | -9,31 | 0 | -0,00004 -0,00002 |
| | Distância à parada de ônibus | 0,001293 | 0,000222 | 5,82 | 0 | 0,000858 0,001728 |
| | Densidade de vias | -0,00062 | 0,000283 | -2,2 | 0,028 | -0,00118 -0,00007 |
| | Renda da região de origem | 0,0001 | 0,00001 | 7,6 | 0 | 0,00004 0,000067 |
| | Número de residentes | -0,2022 | 0,019721 | -10,25 | 0 | -0,24085 -0,16355 |
| | Quantidade de veículos | 0,990731 | 0,039725 | 24,94 | 0 | 0,912873 1,0685 |
| | Homem | 0,453254 | 0,055233 | 8,21 | 0 | 0,344999 0,561508 |
| | Mulher | 0 | (omitted) | | | |
| | Idade | 0,015032 | 0,002219 | 6,78 | 0 | 0,010684 0,01938 |
| | Habilitação | 2,203968 | 0,092916 | 23,72 | 0 | 2,021856 2,38607 |
| | Constante | -2,34095 | 0,210069 | -11,14 | 0 | -2,75267 -1,92921 |

Início: Log likelihood = -11844,801

Fim: Log likelihood = -5665,2769

Pseudo R² = 0,521707718

Os resultados indicam que quando a densidade populacional aumenta, a dependência do carro diminui. Zhang *et al.* (2023) argumenta que a densidade é um dos fatores que influencia na diminuição da dependência do automóvel, possivelmente devido à maior oferta de transporte público ou à maior acessibilidade a serviços locais. Ainda, os resultados mostram que a acessibilidade ao transporte público, medida pela distância à parada de ônibus, quando aumenta essa distância, aumenta a dependência do automóvel. Esse resultado é o esperado pela bibliografia, porque as pessoas não gostam de andar por longas distâncias para conseguir utilizar o serviço de transporte público (HAMIDUDDIN, 2023).

Curiosamente a distância ao centro resultou em uma influência inesperada. Quando aumenta essa distância, diminui a dependência do automóvel. Em geral, o aumento da distância aos centros urbanos resulta em áreas mais suburbanas, onde o uso do carro pode se tornar mais necessário (ACHEAMPONG, 2020). Entretanto, o centro considerado foi a Rodoviária do Plano Piloto que está no eixo central e é uma região de alta renda, alta posse de carros e, como será indicado posteriormente, é a região com o maior índice de dependência. Assim, é possível que o ambiente construído do centro de Brasília induza um uso maior do automóvel por possíveis barreiras físicas, econômicas ou de infraestrutura para quem mora em áreas periféricas.

A variável referente à renda da região de origem reforça esse entendimento, já que, quanto maior a renda regional, maior é a dependência do carro. À medida que a renda média de uma região aumenta, os custos associados à participação em atividades locais também tendem a subir, o que dificulta o acesso da população de menor renda a essas oportunidades (NÓBREGA E ARRUDA, 2022).

Ainda sobre o ambiente construído, áreas com maior densidade de vias tendem a apresentar menor dependência do carro, o que pode estar associado à maior conectividade urbana e opções de deslocamento.

De forma bastante coerente, quando a renda familiar cresce, aumenta, também, a dependência do automóvel. Esse resultado é esperado pela bibliografia (CERVERO E KOCKELMAN, 1997; YE E TITHERIDGE, 2017), visto que, a renda está relacionada com a posse do automóvel, uso maior do automóvel, valor disponível para gastar com transporte, preferência por conforto e status social (MATTIOLI *et al.*, 2020).

Em relação ao número de residentes, quando esse número aumenta, diminui a dependência do automóvel. Esse resultado é esperado pela bibliografia, porque quando há disponibilidade do carro, normalmente é o carro que fica com a pessoa com maior renda da casa, geralmente o homem. Sendo assim, os outros residentes, a mulher e os filhos utilizam o transporte público ou vão de carona com a pessoa de maior renda.

Os resultados para a variável idade indicam que, à medida que a pessoa envelhece, há uma tendência maior de uso do carro. Duas hipóteses principais podem explicar esse fenômeno. A primeira é que, com o passar do tempo, o acúmulo de capital próprio facilita a aquisição de um veículo particular. A segunda hipótese está relacionada ao Passe Livre Estudantil (BRB MOBILIDADE, 2024), um benefício que garante acesso gratuito ao transporte público coletivo para estudantes de instituições públicas e privadas do Distrito Federal. Esse incentivo contribui para a maior adesão ao transporte público entre crianças, adolescentes e universitários.

Outra variável que contribui para essa discussão é o gênero, cujos resultados indicam que os homens são mais dependentes do que as mulheres. O que corrobora com o que foi indicado anteriormente sobre os homens geralmente ficarem com o carro da residência, enquanto a mulher utiliza o transporte público ou é carona.

Em relação à quantidade de veículos, quando aumenta o número de veículos, aumenta a dependência do automóvel. Da mesma forma, no grupo de variáveis que representam o “acesso ao automóvel”, a posse de uma carteira de habilitação aumenta a dependência do carro. Blandin *et al.*, (2024), Eenoo *et al.*, (2022a) e Mattioli *et al.* (2020) indicam que se a pessoa tem a disponibilidade de utilizar o veículo, provavelmente ela não só irá utilizá-lo, visto os benefícios de conforto, confiabilidade e status, como poderá ter toda sua rotina alterada para colocar o carro em seu centro.

O modelo final apresentou um Pseudo R² de 0,5217, indicando bom poder explicativo.

Esses resultados evidenciam que a dependência do carro no DF apesar de ter influência das preferências individuais, também é resultado de um conjunto complexo de fatores estruturais e territoriais. A falta de infraestrutura adequada para o transporte público, o desenho urbano disperso, as desigualdades de renda e o acesso desigual à habilitação e aos veículos contribuem para consolidar um padrão de mobilidade voltado para o carro.

4.2 EIXOS DE MOBILIDADE DO DF

A Tabela 4.5 apresenta uma análise descritiva dos principais indicadores de mobilidade, características socioeconômicas e uso do solo por eixo do Distrito Federal, considerando as viagens com origem nos setores censitários de cada região.

Tabela 4.5 Estatística Descritiva – Regiões

(continua)

| Variável | Central | | Sudoeste | | Sul | | Leste | | Oeste | | Norte | |
|---|-----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|
| | Média | Desvio Padrão | Média | Desvio Padrão | Média | Desvio Padrão | Média | Desvio Padrão | Média | Desvio Padrão | Média | Desvio Padrão |
| Custos de viagem | | | | | | | | | | | | |
| Tempo de carro (min) | 14,88 | 6,84 | 24,74 | 10,03 | 28,02 | 12,04 | 24,72 | 10,40 | 23,37 | 10,91 | 28,32 | 14,35 |
| Distância de carro (km) | 9,88 | 6,51 | 20,18 | 10,16 | 25,05 | 12,88 | 19,25 | 9,62 | 18,17 | 11,18 | 25,28 | 15,54 |
| Custo do carro (R\$) | 257,31 | 5,01 | 265,23 | 7,81 | 268,97 | 9,91 | 264,51 | 7,40 | 263,68 | 8,59 | 269,15 | 11,95 |
| Tempo de ônibus (min) | 43,85 | 24,30 | 58,71 | 22,96 | 73,28 | 35,46 | 70,10 | 38,02 | 57,97 | 31,30 | 79,61 | 38,12 |
| Custo do ônibus (R\$) | 6,11 | 4,22 | 7,33 | 2,99 | 8,12 | 4,98 | 6,88 | 4,11 | 7,11 | 4,64 | 7,24 | 3,38 |
| Características socioeconômicas | | | | | | | | | | | | |
| Renda média (R\$) | 11.622,80 | 7.367,60 | 3.654,91 | 3.294,61 | 4.782,31 | 5.286,42 | 6.909,60 | 7.697,07 | 5.224,83 | 4.864,37 | 4.815,49 | 4.939,74 |
| Número de residentes (unid.) | 3,19 | 1,39 | 3,89 | 1,49 | 3,94 | 1,56 | 3,86 | 1,55 | 3,70 | 1,47 | 3,93 | 1,40 |
| Quantidade de veículos (unid.) | 1,69 | 1,03 | 0,97 | 0,84 | 1,15 | 1,01 | 1,35 | 1,31 | 1,21 | 1,00 | 1,19 | 1,01 |
| Uso do solo | | | | | | | | | | | | |
| Densidade de pontos de ônibus (pontos/ha) | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,05 | 0,06 | 0,03 | 0,04 | 0,09 | 0,08 | 0,05 | 0,07 |
| Densidade de vias (km/ha) | 0,32 | 0,19 | 0,25 | 0,19 | 0,18 | 0,15 | 0,12 | 0,10 | 0,28 | 0,13 | 0,18 | 0,14 |
| Densidade de becos sem saída (becos/ha) | 0,26 | 0,29 | 0,08 | 0,12 | 0,09 | 0,14 | 0,12 | 0,14 | 0,11 | 0,17 | 0,09 | 0,18 |
| Distância a parada de ônibus (m) | 233,42 | 156,03 | 397,26 | 334,86 | 432,60 | 446,17 | 617,88 | 672,28 | 268,59 | 290,56 | 462,79 | 513,92 |

Tabela 4.5 Estatística Descritiva – Regiões

(conclusão)

| Variável | Central | | Sudoeste | | Sul | | Leste | | Oeste | | Norte | |
|--|---------|---------------|----------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|---------------|
| | Média | Desvio Padrão | Média | Desvio Padrão | Média | Desvio Padrão | Média | Desvio Padrão | Média | Desvio Padrão | Média | Desvio Padrão |
| Uso do solo | | | | | | | | | | | | |
| Distância ao centro da cidade (km) | 6,11 | 4,23 | 26,39 | 7,75 | 29,15 | 8,77 | 21,44 | 10,21 | 25,62 | 7,62 | 31,59 | 11,44 |
| Densidade da população(pop/ha) | 60,04 | 58,27 | 44,13 | 50,17 | 32,63 | 41,18 | 19,65 | 42,96 | 74,61 | 56,83 | 31,65 | 39,34 |
| Entropia | 0,34 | 0,34 | 0,69 | 0,43 | 0,65 | 0,45 | 0,64 | 0,51 | 0,56 | 0,38 | 0,67 | 0,46 |
| Densidade de empregos (emp./ha) | 91,75 | 482,15 | 4,86 | 10,27 | 2,83 | 5,92 | 2,60 | 7,34 | 13,80 | 37,52 | 2,60 | 7,67 |
| Densidade de linhas de transporte público(km/ha) | 0,31 | 0,58 | 0,11 | 0,20 | 0,04 | 0,14 | 0,04 | 0,11 | 0,17 | 0,33 | 0,06 | 0,17 |

No que se refere aos custos de viagem de carro, observa-se que o Eixo Central apresenta os menores tempos, distâncias médias de deslocamento e custo (14,88 minutos, 9,88 km, e R\$ 257,31 respectivamente), reflexo direto da proximidade ao centro da cidade e da maior concentração de oportunidades nessa região. Em contraste, o Eixo Norte apresenta os maiores valores médios tanto para o tempo (28,32 minutos), quanto para a distância (25,28 km) percorrida por carro e custo (R\$ 269,15), evidenciando o caráter periférico dessa região e sua maior dependência do transporte individual para acessar oportunidades.

O tempo médio de deslocamento por transporte coletivo também segue essa tendência: o menor tempo é registrado no Eixo Central (43,85 minutos), enquanto o maior ocorre no Eixo Norte (79,61 minutos), uma diferença de 35,76 minutos do tempo das regiões. Isso revela uma significativa ineficiência do transporte público para atender às regiões periféricas, tornando o carro uma alternativa mais rápida, apesar de mais onerosa. Quanto ao custo do ônibus, verifica-se uma variação de R\$ 6,11 a R\$ 8,12, o que, mesmo sendo inferior ao custo do carro, representa um impacto mais expressivo sobre a renda das populações de menor poder aquisitivo.

Em relação às características socioeconômicas, a disparidade entre os eixos é evidente. O Eixo Central apresenta renda média significativamente superior (R\$ 11.622,80), enquanto os eixos Sudoeste, Sul e Norte registram rendas médias inferiores a R\$ 5.000,00. A quantidade média de veículos por domicílio acompanha parcialmente esse padrão, sendo maior no Eixo Central (1,69 veículos por residência) e menor no Eixo Sudoeste (0,97), sugerindo uma correlação entre renda e motorização.

Em relação ao número de residentes, apesar da região central ter a menor média (3,2 pessoas por residência), não é um valor tão diferente da maior média que é 3,94 na região sul.

Quanto ao uso e ocupação do solo, os dados indicam que o Eixo Central possui a melhor infraestrutura urbana, com maior densidade de vias (0,32 km/ha), melhor cobertura de transporte público (0,31 km de linhas/ha) e menor distância média até as paradas de ônibus (233,42 metros). Por outro lado, o Eixo Leste apresenta o pior desempenho em termos de acessibilidade ao transporte coletivo, com baixa densidade de pontos de ônibus (0,03/ha) e a maior distância média até as paradas (617,88 metros). A densidade populacional também varia significativamente entre os eixos, sendo mais elevada no Eixo Oeste (74,61 habitantes/ha), o

que pode indicar maior pressão sobre a infraestrutura existente, e mais baixa no Eixo Leste (19,65 habitantes/ha), sugerindo ocupação dispersa.

A entropia do uso do solo — indicador de diversidade funcional — é mais elevada nos eixos Sudoeste, Sul e Norte (valores em torno de 0,65 a 0,69), indicando presença de usos mistos (residenciais, comerciais, etc.). Já o Eixo Central, embora centralizado, apresenta menor entropia (0,34), sugerindo predominância de usos específicos, como os administrativos e institucionais. No que diz respeito à densidade de empregos, o Eixo Central se destaca amplamente (91,75 empregos/ha), reforçando sua função de polo atrator de viagens, enquanto os demais eixos registram valores muito inferiores, demonstrando forte desequilíbrio na distribuição espacial das oportunidades de trabalho. Esse fato corrobora o entendimento que a maioria da população deve percorrer grandes distâncias para chegar no seu local de trabalho.

Em relação à acessibilidade ao transporte público, verifica-se novamente que as zonas localizadas no eixo central possuem melhor acessibilidade ao transporte público, tanto em distância ao ponto de ônibus, sendo a única com distância média inferior aos 250 metros recomendados pela literatura (WIERSMA *et al.*, 2016), quanto em densidade de linhas de ônibus. Esse fato provavelmente ocorre pela alta demanda de transportes das demais regiões para esta. O eixo Oeste possui destaque como sendo o eixo com a segunda melhor acessibilidade de transporte público.

Por fim, a análise evidencia um padrão urbano altamente concentrador e excludente, em que o Eixo Central reúne as melhores condições de acessibilidade, renda e infraestrutura urbana, enquanto os eixos periféricos enfrentam longos tempos de deslocamento, custos proporcionais elevados, renda mais baixa e infraestrutura de transporte coletivo deficitária. Esses fatores combinados revelam uma forte dependência do automóvel nas regiões mais afastadas e vulneráveis, reforçando as desigualdades no acesso à cidade.

Os resultados do modelo de dependência de carros para os eixos de mobilidade do DF são descritos na Tabela 4.6, considerando as regiões indicadas na Figura 3.2. Importante destacar que a origem das viagens são essas regiões.

Tabela 4.6 Medindo a intensidade da dependência automobilística por região do DF

| Região | Coeficiente de dependência* | Índice de dependência do automóvel | Número de observações | Pseudo R ² |
|----------|-----------------------------|------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Central | 0,527 | 34,51% | 2.330 | 0,203 |
| Leste | 0,415 | 29,33% | 1.100 | 0,434 |
| Norte | 0,277 | 21,69% | 1.436 | 0,340 |
| Oeste | 0,271 | 21,32% | 6.093 | 0,185 |
| Sudoeste | 0,254 | 20,29% | 1.135 | 0,442 |
| Sul | 0,189 | 15,90% | 1.350 | 0,285 |

*Nível de significância de 99%

O índice de dependência de automóveis na região central é 0,3451. Isso significa que existe uma probabilidade, em média, do brasiliense da região central ser 34,51% dependente do automóvel. Na região Leste, existe uma probabilidade, em média, do brasiliense da região ser 26,69% dependente do automóvel. Na região Norte, existe uma probabilidade, em média, do brasiliense da região ser 21,69% dependente do automóvel. Na região Oeste, existe uma probabilidade, em média, do brasiliense da região ser 21,32% dependente do automóvel. Na região Sudoeste, existe uma probabilidade, em média, do brasiliense da região ser 20,29% dependente do automóvel. A região Sul é a menos dependente de carro, com probabilidade, em média, do brasiliense da região central ser 19,05% dependente do automóvel.

Sendo assim, os residentes da região central são mais dependentes do carro. Esse resultado, apresenta certo contraste com os valores apresentados na Tabela 4.5. Analisando os dados da Tabela 4.5 com as estatísticas descritivas por região, percebe-se que apesar da região Central ter o menor tempo e custo de viagens para ônibus, maiores acessibilidades ao transporte público e ao destino, ainda assim tem o maior índice de dependência do automóvel.

A elevada renda média da população (R\$ 11.622,80) e a maior quantidade média de veículos por domicílio (1,69) são fatores que ajudam a explicar esse padrão. Apesar de contar com infraestrutura densa, como a maior densidade de vias (0,32 km/ha) e menor distância média às paradas de ônibus (233 metros), o alto poder aquisitivo parece favorecer escolhas modais individuais, reforçando a hipótese de que o acesso ao carro, mais do que a necessidade de mobilidade, impulsiona sua utilização.

Conforme explicado por Mattioli *et al.* (2020), a dependência do carro é um fenômeno não só de possibilidades físicas de escolha, mas também um fenômeno político e econômico,

envolvendo variáveis sociais, de mercado e de conforto. Entretanto, as variáveis de uso do solo podem auxiliar a controlar essa dependência.

Com um índice de dependência do automóvel de 29,33%, o Eixo Leste demonstra uma elevada dependência do carro, mesmo sendo uma região com presença mista de áreas de baixa e alta renda. A longa distância média até o centro da cidade (21,44 km) e a elevada distância média até os pontos de ônibus (617,88 metros), aliadas à baixa densidade de linhas de transporte público (0,04 km/ha), dificultam o acesso e a atratividade do transporte coletivo. Apesar da renda média (R\$ 6.909,60) ser mais baixa que a do eixo central, a urbanização marcada por condomínios horizontais e dispersos contribui para um padrão de mobilidade centrado no automóvel.

O Eixo Norte apresentou um índice de dependência do automóvel de 21,69%. Com uma renda média de R\$ 4.815,49 e uma composição majoritária de regiões de média e baixa renda, como Planaltina, Sobradinho e Fercal, a dependência do carro pode estar relacionada à deficiência de serviços locais, forçando os deslocamentos para outras regiões. A distância elevada até o centro (31,59 km) e a maior média de tempo gasto em ônibus (79,61 minutos) reforçam a ideia de que o transporte público é pouco competitivo, apesar da distância relativamente menor até os pontos de ônibus (462,79 metros).

Nessas regiões, a alta dependência do automóvel está fortemente associada à baixa qualidade e cobertura do transporte coletivo, às grandes distâncias até o centro e à menor diversidade de usos do solo, fatores que tornam o carro uma alternativa quase indispensável para acesso ao trabalho, educação e serviços básicos.

O Eixo Oeste, com índice de dependência do automóvel de 21,32%, apresenta uma realidade mista. Apesar de sua elevada densidade populacional e de ser o principal eixo de transporte coletivo do DF — com metrô em Ceilândia, Samambaia, Taguatinga e Águas Claras —, o uso do carro ainda é expressivo. A região tem o menor tempo médio de viagem por transporte público (57,97 minutos) e a segunda maior densidade de linhas de ônibus, além de concentrar a segunda maior oferta de empregos do DF. No entanto, a distância média até o centro (25,62 km) e a renda intermediária (R\$ 5.224,83) podem favorecer o uso do carro em razão de limitações de conforto, confiabilidade e integração do transporte público.

Com o índice de dependência de 20,29%, o Eixo Sudoeste se destaca por apresentar a renda média mais baixa entre os eixos (R\$ 3.654,91) e a menor quantidade de veículos por domicílio (0,97) indicando que há uma limitação de acesso ao carro. A região é atendida por projetos como o BRT Sul, mas enfrenta desafios de urbanização acelerada e serviços insuficientes.

O Eixo Sul apresenta o menor índice de dependência do automóvel (15,90%). Esse resultado é coerente com a alta utilização do BRT Sul, que oferece conexão rápida e dedicada entre regiões como Gama e Santa Maria e o Plano Piloto. A dependência relativamente menor também pode ser explicada pela combinação de fatores como renda média baixa (R\$ 4.782,31), alta densidade populacional e boa oferta de transporte coletivo estruturado, mesmo com limitações de integração modal. A distância média até os pontos de ônibus (432 metros) e o tempo de viagem por ônibus (73,28 minutos) ainda são elevados, mas o acesso ao transporte coletivo é mais eficiente que em outros eixos periféricos.

Essa região tem o maior custo do ônibus e o segundo maior tempo de ônibus, ainda assim é a menos dependente do carro. Pode-se levantar a discussão que essa região talvez seja a mais dependente do transporte público, apesar de não ser o foco da pesquisa.

Aqui voltamos a discussão dos bens de Giffen, que apesar de ser bens inferiores, quanto mais caros ficam, mais a demanda aumenta (MANKIW, 2005). Geralmente devido a taxa de crescimento do custo ainda maior da alternativa. Ou seja, não há um bem barato e acessível capaz de substituí-lo.

Em síntese, os resultados confirmam a existência de padrões distintos de dependência automobilística entre os eixos de mobilidade do Distrito Federal. Enquanto a região Central combina alto uso do carro com elevada infraestrutura urbana, as periferias apresentam dependência elevada em razão da precariedade do transporte coletivo e da dispersão urbana. Esses achados reforçam a necessidade de políticas públicas diferenciadas, que considerem as especificidades territoriais para mitigar a dependência do automóvel e promover maior equidade no acesso à mobilidade.

A seguir é possível verificar a Figura 4.1 com o mapa dos resultados dos eixos de mobilidade do DF:

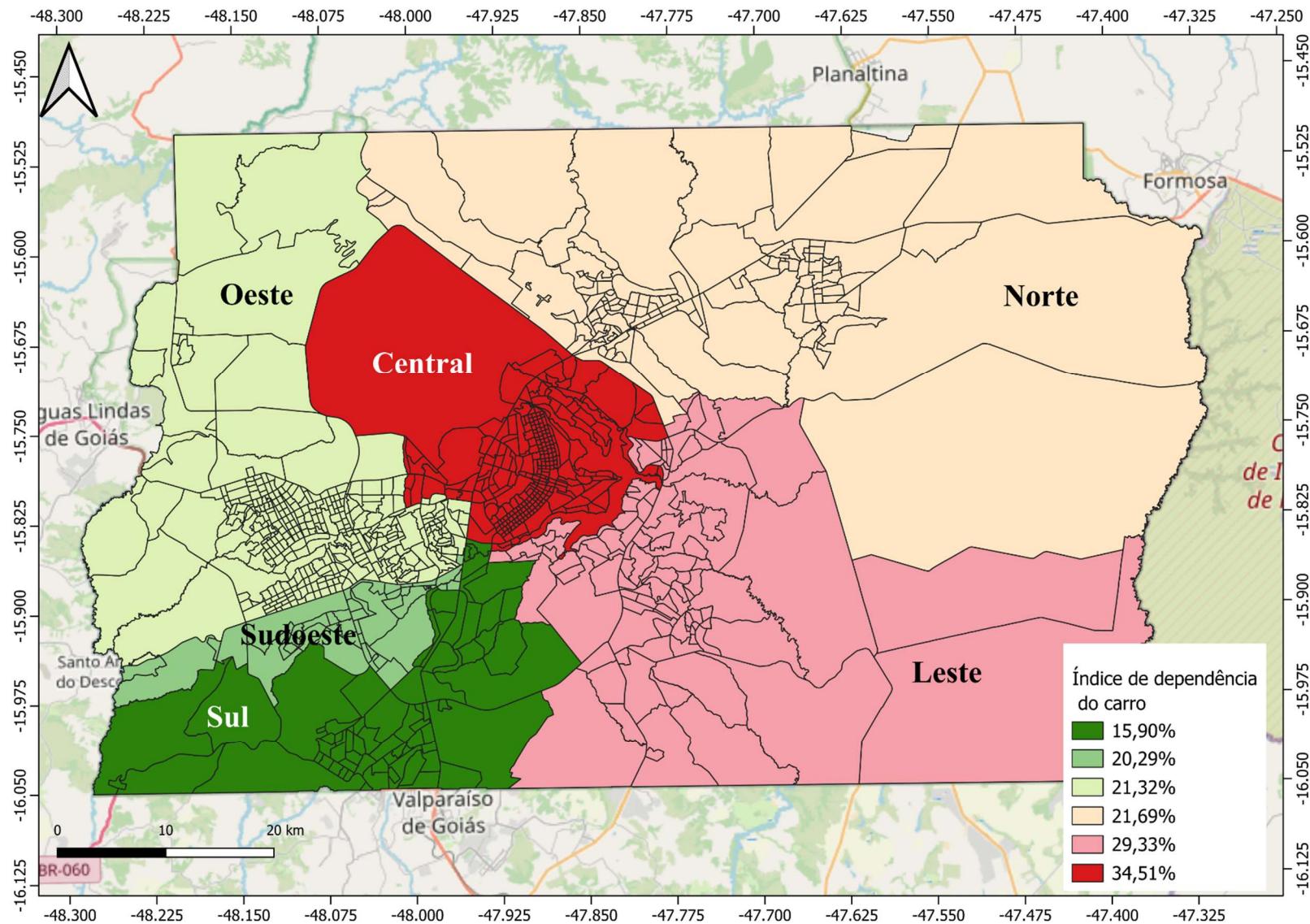


Figura 4.1 Mapa dos Resultados dos Eixos de Mobilidade do DF

4.3 USO DO SOLO

Na Tabela 4.7 são inseridas as variáveis independentes do ambiente construído que deram significativas, além das variáveis de custo e tempo para carro e ônibus. A seguir é possível verificar os resultados do modelo.

Tabela 4.7 Índices de dependência de automóveis no DF considerando o ambiente construído

| | Variável | Coeficiente | erro | z | P> z | Intervalo de confiança de 95% |
|----------------------------|------------------------------|-------------|-----------|--------|-------|-------------------------------|
| Carro | Tempo de viagem | -0,1094915 | 0,0068169 | -16,06 | 0 | -0,1228525 -0,09613 |
| | Custo de viagem | -19,74609 | 1,450872 | -13,61 | 0 | -22,58975 -16,9024 |
| | Constante | 2,504649 | 0,1096725 | 22,84 | 0 | 2,289694 2,7196 |
| Ônibus | Tempo de viagem | -0,0213853 | 0,0024401 | -8,76 | 0 | -0,0261678 -0,016602 |
| | Custo de viagem | 38,72649 | 12,01581 | 3,22 | 0,001 | 15,17594 62,277 |
| | Constante | 0 | (omitted) | | | |
| Coeficiente de dependência | Densidade populacional | -0,0055327 | 0,0008246 | -6,71 | 0 | -0,0071488 -0,003916 |
| | Distância ao Centro | -0,00003 | 0,000005 | -5,01 | 0 | -0,00004 -0,00002 |
| | Distância à parada de ônibus | 0,0014645 | 0,0002264 | 6,47 | 0 | 0,0010207 0,001908 |
| | Densidade de trabalhos | -0,0084459 | 0,0033693 | -2,51 | 0,012 | -0,0150496 -0,001842 |
| | Renda da região de origem | 0,00008 | 0,0000128 | 6,22 | 0 | 0,00005 0,000104 |
| | Constante | -0,5428979 | 0,232196 | -2,34 | 0,019 | -0,9979936 -0,087802 |

Inicial: Log likelihood = -11.757,884

Final: Log likelihood = -7.181,5336

Pseudo R² = 0,389215474

Os resultados indicam que em relação à densidade populacional, quanto mais densa a área, menor a dependência do carro. Esse foi o mesmo resultado da Tabela 4.4 e é o esperado pela bibliografia.

Em relação à distância ao centro, quando aumenta essa distância, diminui a dependência do automóvel. Esse resultado não é o esperado pela bibliografia, mas foi o mesmo da Tabela 4.4 e foi explicado que a região central é a mais dependente.

Em relação à distância à parada de ônibus, quando aumenta essa distância, aumenta a dependência do automóvel. Esse foi o mesmo resultado da Tabela 4.4 e é o esperado pela bibliografia.

Em relação à densidade de trabalhos, quando aumenta a densidade de trabalhos, diminui a dependência do automóvel. Esse resultado é o esperado pela bibliografia, visto que, regiões de alta densidade de trabalho geralmente são regiões mais densas, com mais disponibilidade de linhas de transporte público, o que diminui a dependência do automóvel nessas regiões. Uma observação é que essa variável não foi significativa na Tabela 4.4.

Em relação à densidade de vias, essa variável não foi significativa na Tabela 4.7.

Em relação à renda, quando aumenta a renda, aumenta a dependência do automóvel. Esse foi o mesmo resultado da Tabela 4.4 e é o esperado pela bibliografia.

4.4 RENDA

Para fins de análise, a variável de renda foi categorizada em cinco classes sociais: A, B, C, D e E. A classe A corresponde à renda superior a 15 salários-mínimos; a classe B, entre 5 e 15 salários-mínimos; a classe C, entre 3 e 5 salários-mínimos; a classe D, entre 1 e 3 salários-mínimos; e a classe E, até 1 salário-mínimo. Com o objetivo de ampliar a representatividade estatística das amostras e permitir a convergência do modelo econométrico, as classes A e B foram agrupadas em "alta renda", as classes D e E em "baixa renda", mantendo a classe C como "classe média".

Os resultados do modelo de dependência de carros para os grupos de renda do DF são descritos na Tabela 4.8.

Tabela 4.8 Medindo a intensidade da dependência automobilística por renda do DF

| Faixa de renda | Coeficiente de dependência* | Índice de dependência do automóvel | Média de veículos | Número de observações | Pseudo R ² |
|----------------|-----------------------------|------------------------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|
| Alta renda | 0,528 | 34,54% | 1,91 | 5.588 | 0,136 |
| Classe média | 0,262 | 20,77% | 1,19 | 2.698 | 0,259 |
| Baixa renda | 0,155 | 13,41% | 0,63 | 5.158 | 0,381 |

*Nível de significância de 99%

Os resultados do modelo de dependência automobilística por faixa de renda revelam diferenças marcantes entre os grupos socioeconômicos. A população de alta renda apresenta o maior coeficiente de dependência (0,528), resultando em um índice de dependência do automóvel de 34,54%. Esse grupo também possui a maior média de veículos por domicílio (1,91), o que

indica maior disponibilidade de automóveis e, consequentemente, maior propensão ao uso do transporte individual.

Na classe média, o coeficiente de dependência é de 0,262, com um índice de 20,77% e média de 1,19 veículos por domicílio. Esse grupo ocupa uma posição intermediária tanto em termos de renda quanto de acesso ao transporte individual, refletindo uma transição entre os extremos de dependência.

Já a população de baixa renda apresenta o menor coeficiente de dependência (0,155) e o menor índice de dependência do automóvel (13,41%), com média de apenas 0,63 veículos por domicílio. Esses dados evidenciam um acesso significativamente limitado ao transporte individual, o que reforça a maior vulnerabilidade desse grupo em relação à mobilidade urbana. Além disso, o modelo aplicado para esse grupo obteve o maior Pseudo R² (0,381), o que indica uma melhor capacidade explicativa das variáveis do modelo em contextos de maior restrição de acesso ao automóvel.

A bibliografia confirma esses resultados, como verificado por Ewing e Cervero (2017) que a escolha de viagens é principalmente uma função das características socioeconômicas dos viajantes. Etminani-Ghasrodashti e Ardesthiri (2015) também apontam que a posição financeira tem um efeito positivo sobre as viagens de carro e negativo sobre o uso do transporte público. Assim, uma maior renda e a posse de automóveis são responsáveis por um número maior de viagens de carro e uma tendência menor a usar o transporte público.

Um dado importante é que a média de veículos por residência também aumenta com o aumento da renda. Isso é corroborado pelos resultados de Cullinane e Cullinane (2003), que indicam que as pessoas que compram um automóvel tendem a se tornar dependentes dele. Observa-se, portanto, uma relação direta entre posse e uso do automóvel, sugerindo que políticas públicas que desincentivem a posse de carros podem contribuir para a diminuição da dependência do automóvel.

Por fim, os resultados confirmam a definição de dependência do automóvel de Collet *et al.* (2012) como um elevado nível de posse de automóvel e utilização maciça de automóveis, somado a isso, podemos acrescentar a influência da renda diretamente sobre essas variáveis.

É importante ressaltar que o modelo de escolha modal pressupõe que todos os modos de transporte estão disponíveis para os indivíduos, o que nem sempre é o caso. Indivíduos que não possuem veículo ou habilitação não podem considerar o automóvel como uma opção, limitando suas escolhas ao transporte público. Isso é especialmente verdadeiro para as pessoas de baixa renda, que, com uma média de 0,63 veículos por residência, dependem quase que exclusivamente do transporte público para seus deslocamentos diários.

Por outro lado, aqueles que têm o carro disponível e podem arcar com os custos, que são significativamente mais elevados do que os do transporte público, tendem a optar pelo transporte privado. Essa escolha pode muitas vezes ser influenciada pelo status que o carro transmite para a sociedade. Como dito por Alshammari *et al.* (2022), além das vantagens como conforto, flexibilidade, velocidade, os carros são considerados símbolo de status social, tornando-se uma prioridade no consumo das famílias.

Esses achados corroboram a hipótese de que o acesso ao transporte individual é fortemente condicionado pela renda, refletindo e reproduzindo desigualdades estruturais no acesso à mobilidade e às oportunidades urbanas.

5 CONCLUSÕES

O presente estudo teve como objetivo discutir a dependência do carro no Distrito Federal (DF) no que diz respeito aos deslocamentos pendulares casa-trabalho. Para isso, foram definidos três objetivos específicos: a construção de um indicador de dependência do automóvel, a identificação dos fatores associados a essa dependência e a classificação dos eixos de mobilidade da região segundo seu grau de dependência.

A elaboração do indicador de dependência do carro permitiu mensurar, de forma objetiva, o grau de uso do carro nas viagens diárias casa-trabalho. Esse instrumento metodológico revelou-se eficaz para identificar desigualdades no acesso e na escolha modal entre as diferentes regiões administrativas e eixos de mobilidade analisados.

Os resultados revelaram que a dependência do carro no DF é fortemente influenciada por fatores socioeconômicos, especialmente renda domiciliar, motorização e tempo de deslocamento. Regiões com maior poder aquisitivo apresentaram taxas mais elevadas de uso do carro, mesmo com maior disponibilidade de transporte público, enquanto áreas periféricas dependem majoritariamente do transporte coletivo, com longos tempos de viagem e baixa qualidade do serviço. Observou-se também que homens e idosos tendem a utilizar mais o automóvel, enquanto mulheres e jovens utilizam mais o transporte público.

A análise dos eixos de mobilidade definidos pela CODEPLAN evidenciou contrastes marcantes. O Eixo Central mostrou-se o mais dependente do carro, refletindo a concentração de renda, infraestrutura e empregos. Já o Eixo Sul apresentou a menor dependência, resultado mais de restrições econômicas do que de uma escolha consciente por modos sustentáveis. Essa desigualdade reforça que o uso do automóvel está ligado não apenas à acessibilidade e custo, mas também a dimensões culturais e simbólicas, como conforto e status social.

A dificuldade de se afastar de um sistema dominado pelo automóvel, tanto para os indivíduos como para a sociedade em geral, é referida como dependência do automóvel (MATTIOLI *et al.*, 2016a). Nesse sentido, as pessoas são dependentes do carro à medida que organizam cada vez mais as suas vidas em torno do carro, desenvolvendo lentamente um estilo de vida orientado para o carro ao longo do tempo (VAN ACKER *et al.*, 2010).

Os resultados indicam que utilizar o carro é mais rápido (média de 23,1 minutos) em comparação com o transporte público (60,4 minutos), mas com um custo médio bem mais elevado (R\$ 263,90 para o carro e R\$ 7,10 para o transporte público). Usuários de carro possuem rendas mais altas (média de R\$ 8.442,60), enquanto quem usa transporte público tem uma média de renda de R\$ 3.375,40.

Regiões periféricas, com menor renda e baixa taxa de motorização, apresentam menor dependência do carro. Contudo, esse menor uso do transporte individual não resulta de uma opção modal consciente, mas sim de restrições econômicas. Nessas localidades, o transporte coletivo e os modos ativos são amplamente utilizados, embora em condições muitas vezes precárias, com longos tempos de deslocamento e baixa qualidade dos serviços.

Outros achados apontam para uma tendência maior de uso do carro entre os homens, enquanto as mulheres tendem a utilizá-lo menos. Observa-se também que os mais jovens recorrem com mais frequência ao transporte público, em parte devido ao benefício do Passe Estudantil gratuito, ao passo que os mais velhos demonstram preferência pelo conforto do automóvel. Além disso, o uso frequente e intensivo do carro não se restringe apenas àqueles que percorrem longas distâncias. Por fim, a presença do carro no domicílio e a renda familiar se mostram preditores mais relevantes do que as características do ambiente construído.

A classificação dos cinco eixos de mobilidade propostos pela CODEPLAN – Central, Leste, Norte, Oeste, Sudoeste e Sul – revelou variações significativas na dependência do carro. O Eixo Central foi o mais dependente, refletindo a concentração de renda, infraestrutura viária e oferta de trabalho. O Eixo Sul, por sua vez, apresentou a menor dependência, demonstrando maior uso do transporte coletivo, ainda que em um contexto de vulnerabilidade e ineficiência do sistema. Os demais eixos mostraram níveis intermediários, com comportamentos diversos de acordo com a localização, infraestrutura disponível e características socioespaciais das regiões que os compõem.

A dificuldade do eixo central em reduzir a dependência de carros está ligada principalmente a fatores econômicos e culturais associados ao perfil da população dessa região. As principais razões são: alta renda média, maior número de empregos, deslocamentos curtos e o fato de que a disponibilidade de transporte público não altera a preferência.

A região central possui a maior renda média do Distrito Federal, o que facilita o acesso a veículos particulares. Esse fator contribui para a escolha pelo carro, não por falta de alternativas, mas pelo conforto e prestígio associados ao transporte individual. Segundo Mattioli *et al.* (2020), a dependência do carro não é apenas uma questão de acessibilidade ou custo, mas envolve também uma escolha influenciada por fatores econômicos e de conforto.

Por outro lado, o Eixo Sul, abrangendo regiões como Santa Maria, Gama e Recanto das Emas, destacou-se como o menos dependente do carro, com maior uso do transporte coletivo e modos ativos. Essa menor dependência, no entanto, não reflete necessariamente uma condição desejável, mas sim a restrição de acesso ao automóvel imposta por fatores socioeconômicos. Nessas áreas, os deslocamentos são mais longos e custosos em termos de tempo, revelando uma exclusão estrutural que penaliza os mais pobres com maior tempo de viagem, menor frequência de linhas e integração modal deficiente.

Sendo assim, fica evidente a importância das características socioeconômicas no comportamento de viagem, características essas que a política de transportes dificilmente pode intervir.

A análise do uso do carro versus o transporte público no Distrito Federal revela que variáveis como tempo de viagem, custo, renda e acessibilidade têm papéis fundamentais na escolha do modo de transporte. Observa-se que, apesar do transporte público ser muito mais econômico, ele requer significativamente mais tempo de deslocamento, o que, somado à facilidade proporcionada pelo uso do carro, reforça uma dependência do automóvel para quem tem essa opção.

Dessa forma, a pesquisa demonstra que a dependência do carro no DF é um fenômeno multifatorial, resultado da interação entre condições socioeconômicas, estruturais e culturais. Para enfrentar esse quadro, são necessárias políticas públicas integradas que atuem tanto na oferta quanto na demanda de transporte. Entre as principais recomendações do Plano de Mobilidade Ativa do Distrito Federal (SEMOB, 2020) estão:

- **Priorização e reforço do transporte coletivo:** ampliação da cobertura, aumento da frequência e melhoria da qualidade dos serviços, conforme propõem estudos da CODEPLAN (2021).

- **Promoção da mobilidade ativa:** qualificação de calçadas, ciclovias e espaços públicos.
- **Requalificação urbana e adensamento:** estímulo a centralidades locais e adensamento sustentável, reduzindo distâncias e dependência de viagens motorizadas.
- **Gestão da demanda de transporte:** medidas como restrições de estacionamento, cobrança pelo uso do automóvel e incentivo a caronas e transporte compartilhado.

A construção de uma cidade menos dependente do automóvel e mais centrada nas pessoas exige planejamento urbano integrado, investimentos contínuos e engajamento social. A redução da dependência do carro não se resume à troca de modos de transporte, mas à transformação do modelo de cidade e de mobilidade vigente, rumo a um sistema mais justo, sustentável e inclusivo.

Cabe notar que a comparação dos coeficientes de tempo e custos para os dois modos não pode ser feita diretamente, tendo em vista sua natureza logística e a escala dos dados. A forma adequada de fazer essa comparação é através da avaliação dos coeficientes de curvas de elasticidade numa análise de utilidade econômétrica. Como a pesquisa não tem como objetivo a comparação dessas variáveis entre si, recomenda-se que sejam realizados mais estudos para a explicação desse fenômeno.

Um ponto a ser estudado é a questão complementar ao foco da pesquisa, aquelas pessoas que se encontram como refém do transporte público. Foi verificado que aproximadamente 24% da população do Distrito Federal é dependente do carro para seus deslocamentos. Além disso, verificou-se que a população está disposta a gastar muito mais para fazer deslocamentos de menor duração e com maior conforto. Assim, a pergunta que não foi respondida por essa pesquisa é a de qual parcela da população é refém do transporte público e estaria mais propensa a abandoná-lo se tivesse oportunidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACHEAMPONG, R. A. (2020) Spatial structure, intra-urban commuting patterns and travel mode choice: Analyses of relationships in the Kumasi Metropolis, Ghana. *Cities*, 96 (July 2019), 102432. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.102432>
- ACHUTHAN, K., TITHERIDGE, H. E MACKETT, R. L. (2010) Mapping accessibility differences for the whole journey and for socially excluded groups of people. *Journal of Maps*, 6, 220–229. <https://doi.org/10.4113/jom.2010.1077>
- AGÊNCIA BRASÍLIA (2025) Publicada data da licitação para construção do Terminal da Asa Norte. Agência Brasília. Disponível em: <https://agenciabrasilia.df.gov.br/2025/01/31/publicada-data-da-licitacao-para-a-construcao-do-terminal-da-asa-norte/>
- ALSHAMMARI, T. O., HASSAN, A. M., ARAB, Y., HUSSEIN, H., KHOZAEI, F., SAEED, M., AHMED, B., ZGHAIBEH, M., BEITELMAL, W. E LEE, H. (2022) The Compactness of Non-Compacted Urban Developments: A Critical Review on Sustainable Approaches to Automobility and Urban Sprawl. In *Sustainability* (Switzerland) (Vol. 14, Issue 18). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su141811121>
- AMBI RAMAKRISHNAN, G., SRINIVASAN, K. K. E PYNDA, S. P. (2020) Joint Models for Consideration of Public Transit and Mode Choice for Work Commute. *Transportation in Developing Economies*, 6(1). <https://doi.org/10.1007/s40890-020-00101-4>
- BEHREN, S. VON, MINSTER, C., ESCH, J., HUNECKE, M., VORTISCH, P. E CHLOND, B. (2018) Assessing car dependence: Development of a comprehensive survey approach based on the concept of a travel skeleton. *Transportation Research Procedia*, 32, 607–616. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.10.015>
- BLANDIN, L., VECCHIO, G., HURTUBIA, R. E TIZNADO-AITKEN, I. (2024) Car dependency in the urban margins: The influence of perceived accessibility on mode choice. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 184(May), 104098. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2024.104098>
- CAO, J., JIN, T., SHOU, T., CHENG, L., LIU, Z. E WITLOX, F. (2023) Investigating the Nonlinear Relationship Between Car Dependency and the Built Environment. *Urban Planning*, 8(3), 41–55. <https://doi.org/10.17645/up.v8i3.6293>
- CAO, X. (JASON), MOKHTARIAN, P. L. E HANDY, S. L. (2009) The relationship between the built environment and nonwork travel: A case study of Northern California. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 43(5), 548–559. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2009.02.001>
- CAPURSO, M., HESS, S. E DEKKER, T. (2019) Modelling the role of consideration of alternatives in mode choice: An application on the Rome-Milan corridor. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 129, 170–184. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.07.011>

- CERVERO, R. E KOCKELMAN, K. (1997) Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2(3), 199–219. [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(97\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(97)00009-6)
- CHEVALLIER, L. B., CACCIARI, J. E AGUILÉRA, A. (2023) Demotorization and Space: The Influence of Spatial Factors on Car-Dependency Reduction in France. *Urban Planning*, 8(3), 6–13. <https://doi.org/10.17645/up.v8i3.6296>
- CLIFTON, K. J. E MOURA, F. (2017) Conceptual framework for understanding latent demand: Accounting for unrealized activities and travel. *Transportation Research Record*, 2668, 78–83. <https://doi.org/10.3141/2668-08>
- CODEPLAN (2018a) PDAD Pesquisa Distrital por Amostra de Domicílios 2018. In Pesquisa Distrital (pp. 127–157). <https://doi.org/10.1215/9781478004394-005>
- CODEPLAN (2018b) Perfil da distribuição dos postos de trabalho no Distrito Federal: concentração no plano piloto e déficits nas cidades-dormitório.
- CODEPLAN (2021) Grandes projetos de transportes no distrito federal desafios e óbices.
- CODEPLAN (2021a) Pesquisa Distrital de Amostra a Domicílio 2021.
- CODEPLAN (2021b) Pesquisa metropolitana por Amostra de Domicílios - PMAD (Vol. 6, Issue 1, pp. 51–66).
- COLLET, R., MADRE, J.-L. E HIVERT, L. (2012) Spread of Automobiles in France: What Limits on Car Ownership and Use? *Économie et Statistique* n° 457-458.
- CULLINANE, S. E CULLINANE, K. (2003) Car dependence in a public transport dominated city: Evidence from Hong Kong. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 8(2), 129–138. [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(02\)00037-8](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(02)00037-8)
- DASHTESTANINEJAD, H., VAN DE COEVERING, P. E DE KRUIJF, J. (2023) Car Use: A Matter of Dependency or Choice? The Case of Commuting in Noord-Brabant. *Urban Planning*, 8(3), 56–68. <https://doi.org/10.17645/up.v8i3.6549>
- DETTRAN-DF (2022) Condutores Habilitados. Disponível em: https://www.detran.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/06/condutor_12_dezembro_2022.pdf
- DFTRANS e SEMOB (2016) Informações sobre rotas e paradas de ônibus.
- DISTRITO FEDERAL (2021) Lei no 6.962, de 29 de setembro de 2021. Cria a Região Administrativa de Água Quente – RA XXXV. In Diário Oficial do Distrito Federal. Diário Oficial do Distrito Federal.
- DNIT (2017) Manual de custos de infraestrutura de transportes volume 01 metodologia e conceitos.
- DNIT (2024) Relatório Sintético de Equipamentos DF 04-2024.

- DOVEY, K., WOODCOCK, I. E PIKE, L. (2017) Isochrone mapping of urban transport: Car-dependency, mode-choice and design research. *Planning Practice and Research*, 32(4), 402–416. <https://doi.org/10.1080/02697459.2017.1329487>
- EENOO, E. VAN, FRANSEN, K. E BOUSSAUW, K. (2022a) Car dependency beyond land use: Can a standardized built environment indicator predict car use? *Journal of Transport and Land Use*, 15(1), 117–136. <https://doi.org/10.5198/jtlu.2022.2073>
- EENOO, E. VAN, FRANSEN, K. E BOUSSAUW, K. (2022b) Perceived car dependence and multimodality in urban areas in Flanders (Belgium). *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 22(1), 42–62. <https://doi.org/10.18757/ejir.2022.22.1.6044>
- ETMINANI-GHASRODASHTI, R. E ARDESHIRI, M. (2015) Modeling travel behavior by the structural relationships between lifestyle, built environment and non-working trips. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 78, 506–518. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.06.016>
- EWING, R. E CERVERO, R. (2010) Travel and the built environment. *Journal of the American Planning Association*, 76(3), 265–294. <https://doi.org/10.1080/01944361003766766>
- FERRO, W. (2024) Na cidade planejada para o automóvel, mudanças no modelo ainda são um sonho distante. Brasília Para Pessoas. Disponível em: <https://brasiliaparapessoas.org/2024/03/31/na-cidade-planejada-para-o-automovel-mudancas-no-modelo-ainda-sao-um-sonho-distante/>
- FORD, L. R. (1996) A New and Improved Model of Latin American City Structure. 86(3), 437–440.
- FRANK, L., BRADLEY, M., KAVAGE, S., CHAPMAN, J. E LAWTON, T. K. (2008) Urban form, travel time, and cost relationships with tour complexity and mode choice. *Transportation*, 35(1), 37–54. <https://doi.org/10.1007/s11116-007-9136-6>
- GALINDO, E. P. E NETO, V. C. L. (2019) A mobilidade urbana no Brasil: percepções de sua população. Brasília, DF. IPEA (2468).
- GAUNDRY, M. J. I. E DAGENAIS, M. G. (1979) The dogit model. *Transportation Research Part B: Methodological*, 13(2), 105–111. [https://doi.org/10.1016/0191-2615\(79\)90028-6](https://doi.org/10.1016/0191-2615(79)90028-6)
- GDF (2014) Plano Diretor De Transporte Urbano E Mobilidade Do Distrito Federal – PDTU / DF. Relatório Do Comitê De Revisão, 48.
- GITTE VAN DEN BERGH (2019) Mobiscore. Transport and Mobility Leuven. Disponível em: <https://www.tmleuven.be/en/project/Mobiscore>.
- GOMEZ-IBANEZ, J. A. (1991) A Global View of Automobile Dependence.
- GOODWIN, P. B. (1997) Mobility and car dependence. *Traffic and transport psychology. Theory and application*.
- GOOGLE (2024) Visão geral da API Directions. Google Maps Platform. Disponível em: <https://developers.google.com/maps/documentation/directions/overview?hl=pt-br>

- GRiffin, E. E FORD, L. (1980) A model of Latin American city structure. *Geographical Review*, 70(4), 397–422.
- HAMIDUDDIN, I. (2023) Why the Car Is Not Always King in Global South Cities: Evidence From Ulaanbaatar. *Urban Planning*, 8(3), 14–26. <https://doi.org/10.17645/up.v8i3.6355>
- HANDY, S. L. E NIEMEIER, D. A. (1997) Measuring accessibility: an exploration of issues and alternatives. In *Environment and Planning A* (Vol. 29).
- IBGE (2022) Censo demográfico 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>
- IBGE (2023) Banco de tabelas estatísticas. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/>
- INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS - IDE/DF. (2020) Geoportal - Diversidade de usos. Disponível em: <https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/geoportal/>
- JEEKEL, H. (2016) *The Car-dependent Society - A European Perspective* (1st ed., Vol. 1). Routledge.
- KUNHIKRISHNAN, P. E SRINIVASAN, K. K. (2019) Choice set variability and contextual heterogeneity in work trip mode choice in Chennai city. *Transportation Letters*, 11(4), 174–189. <https://doi.org/10.1080/19427867.2017.1299396>
- LANGER, M., PAJARES, E. E DURÁN-RODAS, D. (2023) Exploring a quantitative assessment approach for car dependence: A case study in Munich. *Journal of Transport and Land Use*, 16(1), 87–104. <https://doi.org/10.5198/jtlu.2023.2111>
- LANZINI, P. E KHAN, S. A. (2017) Shedding light on the psychological and behavioral determinants of travel mode choice: A meta-analysis. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 48, 13–27. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2017.04.020>
- DISTRITO FEDERAL (2021). Lei no 6.961, de 29 de setembro de 2021. Cria a Região Administrativa de Arapoanga – RA XXXIV. In *Diário Oficial do Distrito Federal*. Diário Oficial do Distrito Federal.
- LEI, T. L. E CHURCH, R. L. (2010) Mapping transit-based access: integrating GIS, routes and schedules. *International Journal of Geographical Information Science*, 24(2), 283–304. <https://doi.org/10.1080/13658810902835404>
- LITMAN, T. (2002) “Efficiency-Equity-Clarity” The Costs of Automobile Dependency and the Benefits of Balanced Transportation. www.vtpi.orginfo@vtpi.org Phone&Fax 250-360-1560
- LOUVIERE, J. J., HENSHER, D. A., SWAIT, J. D. E ADAMOWICZ, W. (2000) *Stated Choice Methods*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511753831>
- MAIA, D. S. (2010) A periferização e a fragmentação da cidade: loteamentos fechados, conjuntos habitacionais populares e loteamentos irregulares na cidade de Campina Grande-PB, Brasil. *Revista electrónica de geografia y ciencias sociales*, Vol XIV(331).
- MANKIW, N. G. (2005) *Introdução à economia* (P. Thomson, Ed.).

- MATTIOLI, G. (2014) Where Sustainable Transport and Social Exclusion Meet: Households Without Cars and Car Dependence in Great Britain. *Journal of Environmental Policy and Planning*, 16(3), 379–400. <https://doi.org/10.1080/1523908X.2013.858592>
- MATTIOLI, G., ANABLE, J. E VROTSOU, K. (2016) Car dependent practices: Findings from a sequence pattern mining study of UK time use data. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 89, 56–72. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.04.010>
- MATTIOLI, G., ROBERTS, C., STEINBERGER, J. K. E BROWN, A. (2020) The political economy of car dependence: A systems of provision approach. *Energy Research and Social Science*, 66(February), 101486. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101486>
- MCINTOSH, J., NEWMAN, P., TRUBKA, R. E KENWORTHY, J. (2017) Framework for land value capture from investments in transit in car-dependent cities. 155–185.
- METRÔ-DF (2018) Plano de Desenvolvimento do Transporte Público sobre Trilhos do Distrito Federal – PDTT/DF – Relatório Executivo (pp. 1–32).
- MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA (2020) Estatísticas - Frota de Veículos - DENATRAN. Estatísticas. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo-denatran/estatisticas-frota-de-veiculos-denatra>
- MOBILIDADOS (2015) Indicadores metropolitanos. Disponível em: <https://mobilizados.org.br/rms/ride-df>
- MOURATIDIS, K., ETTEMA, D. E NÆSS, P. (2019) Urban form , travel behavior , and travel satisfaction. *Transportation Research Part A*, 129(October 2018), 306–320. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.09.002>
- MUNSHI, T. (2016) Built environment and mode choice relationship for commute travel in the city of Rajkot, India. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 44, 239–253. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.12.005>
- NCHARE, K. (2021) Dogit model and rational inattention. *Economics Letters*, 205. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2021.109954>
- NEWMAN, P. E KENWORTHY, J. (1999) Costs of automobile dependence: Global survey of cities. *Transportation Research Record*, 1670, 17–26. <https://doi.org/10.3141/1670-04>
- NEWMAN, P. E KENWORTHY, J. R. (1989) Gasoline Consumption and Cities. *Journal of the American Planning Association*, 55(1), 24–37. <https://doi.org/10.1080/01944368908975398>
- NÓBREGA, B. G. E ARRUDA, F. S. DE. (2022) The influence of the built environment on the trip chaining behavior of a latin american city. Universidade de Brasília.
- OBSERVATÓRIO DO TRABALHO E MINISTÉRIO DA ECONOMIA (2021) Informações sobre empregos desagregada por endereço.
- PEREIRA, R. M. H. E SCHWANEN, T. (2013) Tempo de deslocamento casa-trabalho no Brasil (1992-2009): diferenças entre regiões metropolitanas, níveis de renda e sexo. Ipea, 35.

SAELENS, B. E. E HANDY, S. L. (2008) Built environment correlates of walking: A review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(7 SUPPL.1), 550–566. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31817c67a4>

SEDUH (2024) GEOPORTAL. Disponível em: <https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/geoportal/>

SEMOB (2020) Plano de Mobilidade Ativa do Distrito Federal – PMA.

SENATRAN (2024) Estatísticas - Frota de Veículos - SENATRAN. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/estatisticas-frota-de-veiculos-senatran>

SIERRA MUÑOZ, J., DUBOZ, L., PUCCI, P. E CIUFFO, B. (2024) Why do we rely on cars? Car dependence assessment and dimensions from a systematic literature review. *European Transport Research Review*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s12544-024-00639-z>

SILVA, C. E ALTIERI, M. (2022) Is regional accessibility undermining local accessibility? *Journal of Transport Geography*, 101(April), 103336. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2022.103336>

SILVA, P. H. DA, KAPLAN, S. E GONZALES TACO, P. W. (2021) Service climate antecedents of transit passenger complaints and temporary opt-out: The case study of Brasília. *Research in Transportation Business and Management*, 41(March), 100671. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2021.100671>

VAN ACKER, V., VAN WEE, B. E WITLOX, F. (2010) When transport geography meets social psychology: Toward a conceptual model of travel behaviour. *Transport Reviews*, 30(2), 219–240. <https://doi.org/10.1080/01441640902943453>

VAN EENOO, E., FRANSEN, K. E BOUSSAUW, K. (2022) Perceived car dependence and multimodality in urban areas in Flanders (Belgium). *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 22(1), 42–62. <https://doi.org/10.18757/ejir.2022.22.1.6044>

VASANEN, A. (2012) Functional Polycentricity: Examining Metropolitan Spatial Structure through the Connectivity of Urban Sub-centres. *Urban Studies*, 49(16), 3627–3644. <https://doi.org/10.1177/0042098012447000>

WIERSMA, J., STRAATEMEIER, T. E BERTOLINI, L. (2016) How does the spatial context shape conditions for car dependency? An analysis of the differences between and within regions in the Netherlands. *Journal of Transport and Land Use*, 9(3), 35–55. <https://doi.org/10.5198/jtlu.2015.583>

YE, R. E TITHERIDGE, H. (2017) Satisfaction with the commute: The role of travel mode choice, built environment and attitudes. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 52, 535–547. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.06.011>

ZHANG, M. (2006) Travel choice with no alternative: Can land use reduce automobile dependence? *Journal of Planning Education and Research*, 25(3), 311–326. <https://doi.org/10.1177/0739456X05280544>

ZHANG, M., LI, Z., SI, H., CHENG, L., ZHOU, X. E WANG, B. (2023) Urban travel time and residential location choice: The impacts of traffic congestion. *Sustainable Cities and Society*, 99. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104975>

APÊNDICES

APÊNDICE I – SCRIPT - CÁLCULO DE ROTAS

```
import pandas as pd
import googlemaps
from datetime import datetime,timedelta

# Substitua 'YOUR_API_KEY' pela sua chave de API do Google Maps
gmaps = googlemaps.Client(key='YOUR_API_KEY ')

def calcular_rota(origem, destino):
    now = datetime.now()
    now = now + timedelta(days=3)+ timedelta(hours=12)
    directions_result = gmaps.directions(origem,
                                          destino,
                                          mode="transit",
                                          departure_time=now)
    # Exibindo o resultado
    tempo_viajem = directions_result[0]['legs'][0]['duration']['value']/60
    distancia_viajem = directions_result[0]['legs'][0]['distance']['value']/1000
    if 'fare' in directions_result[0]:
        custo_viajem = directions_result[0]['fare']['text']
    else:
        custo_viajem = "Não disponível"
    return pd.Series([origem, destino, tempo_viajem, custo_viajem,distancia_viajem])

# Leia o arquivo Excel
file_path = r"C:\Users\bruno\Downloads\Erro - custo onibus.xlsx"

# Leitura da aba "resultados_erro"
df = pd.read_excel(file_path, sheet_name='Planilha1')

# Exibir as primeiras linhas do DataFrame
print(df.head())
# DataFrame para armazenar os resultados
resultados = pd.DataFrame(columns=[ 'zorigem','ztdestino','Origem', 'Destino', 'Tempo de Viagem(min)', 'Custo Estimado(R$)', 'Distancia(km)'])
resultados_erro = pd.DataFrame(columns=[ 'zorigem','ztdestino','Origem', 'Destino','json'])

resultados.drop(resultados.index, inplace=True)
resultados_erro.drop(resultados.index, inplace=True)
for index, row in df.iterrows():
    try:
        origem = (row['Origem'])
        zorigem = (row['zorigem'])
        print(origem)
        destino = (row['Destino'])
        ztdestino = (row['ztdestino'])
```

```

print(destino)
origem,destino,tempo_viagem, custo_viagem,distancia_viagem = calcular_rota(origem,
destino)
resultados = resultados.append({'zorigem':zorigem,'zdestino':zdestino,'Origem':
origem, 'Destino': destino, 'Tempo de Viagem(min)': tempo_viagem, 'Custo Estimado(R$)': 
custo_viagem,'Distancia(km)':distancia_viagem}, ignore_index=True)
except Exception as e:
    print(f"Erro: {e}")
resultados_erro = resultados_erro.append({'zorigem': zorigem,'zdestino':
zdestino,'Origem': origem,'Destino': destino,'json':directions_result}, ignore_index=True)

with pd.ExcelWriter(r'C:\Users\bruno\OneDrive\Documentos\resultado_TP_2024-09-04-
saindo7damanha_3.xlsx') as writer:
    # Exporta o dataframe 'resultados' para a aba 'resultados'
    resultados.to_excel(writer, sheet_name='resultados_2', index=False)
    # Exporta o dataframe 'resultados_erro' para a aba 'resultados erro'
    resultados_erro.to_excel(writer, sheet_name='resultados erro_2', index=False)

# Leia o arquivo Excel
file_path = r"C:\Users\bruno\Downloads\resultado_carro_2024-09-04-saindo7damanha.xlsx"

# Leitura da aba "resultados_erro"
df = pd.read_excel(file_path, sheet_name='resultados erro')

# Exibir as primeiras linhas do DataFrame
print(df.head())
# DataFrame para armazenar os resultados
resultados = pd.DataFrame(columns=[ 'zorigem','zdestino','Origem', 'Destino', 'Tempo de 
Viagem(min)', 'Custo Estimado(R$)', 'Distancia(km)'])
resultados_erro = pd.DataFrame(columns=[ 'zorigem','zdestino','Origem', 'Destino','json'])

def calcular_rota_carro(origem, destino):
    now = datetime.now()
    now = now + timedelta(days=3)+ timedelta(hours=12)
    print(now)
    directions_result = gmaps.directions(origem,
                                          destino,
                                          mode="driving",
                                          departure_time=now)
    # Exibindo o resultado
    tempo_viagem = directions_result[0]['legs'][0]['duration']['value']/60
    distancia_viagem = directions_result[0]['legs'][0]['distance']['value']/1000
    if 'fare' in directions_result[0]:
        custo_viagem = directions_result[0]['fare']['value']
    else:
        custo_viagem = "Não disponível"
    return pd.Series([origem, destino, tempo_viagem, custo_viagem,distancia_viagem])

resultados.drop(resultados.index, inplace=True)
resultados_erro.drop(resultados.index, inplace=True)

```

```

total_rows = len(df)
for index, row in df.iterrows():
    try:
        origem = (row['origem'])
        ztorigem = (row['ztorigem'])
        print(origem)
        destino = (row['destino'])
        ztdestino = (row['ztdestino'])
        print(destino)
        origem,destino,tempo_viagem, custo_viagem,distancia_viagem =
calcular_rota_carro(origem, destino)
        resultados = resultados.append({'ztorigem':ztorigem,'ztdestino':ztdestino,'Origem':
origem, 'Destino': destino, 'Tempo de Viagem(min)': tempo_viagem, 'Custo Estimado(R$)':custo_
viagem,'Distancia(km)':distancia_viagem}, ignore_index=True)
        # Calcula o percentual de progresso
        percentual = (index + 1) / total_rows * 100
        print(f'Progresso: {percentual:.2f}%')
    except Exception as e:
        print(f'Erro: {e}')
        resultados_erro = resultados_erro.append({'ztorigem': ztorigem,'ztdestino':
ztdestino,'Origem': origem,'Destino': destino,'json':directions_result}, ignore_index=True)

with pd.ExcelWriter(r'C:\Users\bruno\OneDrive\Documentos\resultado_carro_2024-08-25-
saindo7damenha.xlsx') as writer:
    # Exporta o dataframe 'resultados' para a aba 'resultados'
    resultados.to_excel(writer, sheet_name='resultados', index=False)
    # Exporta o dataframe 'resultados_erro' para a aba 'resultados erro'
    resultados_erro.to_excel(writer, sheet_name='resultados erro', index=False)

```

APÊNDICE II – SCRIPT - CÁLCULO DO ÍNDICE DE DEPÊNDENCIA DOS EIXOS

```
clear *

import excel " CAMINHO ", sheet("BASE") firstrow clear
*
* Begin here
keep if eixo_origem=="C"
rename ///
(modo Tempo_carro custoporrenda_carro Tempo ônibus custoporrenda_onibus) ///
(out tca cca tbu cbu),

program define modoescol
version 18.0
args lnf theta1 theta2 theta3

tempvar c o d e
generate double `c' = exp(`theta1')
generate double `o' = exp(`theta2')
generate double `d' = `theta3'

generate double `e' = `d' / (1 + `d') + (`c' / (`c'+`o')) *(1/(1 + `d'))

quietly replace `lnf' = ln(`e') if $ML_y1
quietly replace `lnf' = ln(1 - `e') if !$ML_y1

end

constraint define 2 _b[bus:_cons] = 0
ml model lf modoescol (car: out = tca cca) ///
(bus: tbu cbu) (d:, freeparm), constraints(1/2)
ml check
ml search
ml maximize // , nolog

clear *

import excel " CAMINHO ", sheet("BASE") firstrow clear
*
* Begin here
keep if eixo_origem=="S"
rename ///
(modo Tempo_carro custoporrenda_carro Tempo ônibus custoporrenda_onibus) ///
(out tca cca tbu cbu),
```

```

program define modoescol
    version 18.0
    args lnf theta1 theta2 theta3

    tempvar c o d e
    generate double `c' = exp(`theta1')
    generate double `o' = exp(`theta2')
    generate double `d' = `theta3'

    generate double `e' = `d' / (1 + `d') + (`c' / ('c'+`o'))*(1/(1 + `d'))

    quietly replace `lnf' = ln(`e') if $ML_y1
    quietly replace `lnf' = ln(1 - `e') if !$ML_y1

end

```

```

constraint define 2 _b[bus:_cons] = 0
ml model lf modoescol (car: out = tca cca) ///
    (bus: tbu cbu) (d:, freeparm), constraints(1/2)
ml check
ml search
ml maximize

clear *

import excel " CAMINHO ", sheet("BASE") firstrow clear
*
* Begin here
keep if eixo_origem=="L"
rename ///
(modulo Tempo_carro custoporrenda_carro Tempo ônibus custoporrenda_onibus) ///
(out tca cca tbu cbu),

```

```

program define modoescol
    version 18.0
    args lnf theta1 theta2 theta3

    tempvar c o d e
    generate double `c' = exp(`theta1')
    generate double `o' = exp(`theta2')
    generate double `d' = `theta3'

    generate double `e' = `d' / (1 + `d') + (`c' / ('c'+`o'))*(1/(1 + `d'))

    quietly replace `lnf' = ln(`e') if $ML_y1

```

```

quietly replace `lnf = ln(1 - `e') if !$ML_y1

end

constraint define 2 _b[bus:_cons] = 0
ml model lf modoescol (car: out = tca cca) ///
    (bus: tbu cbu) (d:, freeparm), constraints(1/2)
ml check
ml search
ml maximize

clear *

import excel " CAMINHO ", sheet("BASE") firstrow clear
keep if eixo_origem=="O"
rename ///
    (modo Tempo_carro custoporrenda_carro Tempo ônibus custoporrenda_onibus) ///
    (out tca cca tbu cbu),

program define modoescol
    version 18.0
    args lnf theta1 theta2 theta3

    tempvar c o d e
    generate double `c' = exp(`theta1')
    generate double `o' = exp(`theta2')
    generate double `d' = `theta3'

    generate double `e' = `d' / (1 + `d') + (`c' / (`c'+`o'))*(1/(1 + `d'))

    quietly replace `lnf = ln(`e') if $ML_y1
    quietly replace `lnf = ln(1 - `e') if !$ML_y1

end

constraint define 2 _b[bus:_cons] = 0
ml model lf modoescol (car: out = tca cca) ///
    (bus: tbu cbu) (d:, freeparm), constraints(1/2)
ml check
ml search
ml maximize

clear *

import excel " CAMINHO ", sheet("BASE") firstrow clear
keep if eixo_origem=="N"
rename ///
    (modo Tempo_carro custoporrenda_carro Tempo ônibus custoporrenda_onibus) ///
    (out tca cca tbu cbu),

```

```

program define modoescol
    version 18.0
    args lnf theta1 theta2 theta3

    tempvar c o d e
    generate double `c' = exp(`theta1')
    generate double `o' = exp(`theta2')
    generate double `d' = `theta3'

    generate double `e' = `d' / (1 + `d') + (`c' / ('c'+`o'))*(1/(1 + `d'))

    quietly replace `lnf' = ln(`e') if $ML_y1
    quietly replace `lnf' = ln(1 - `e') if !$ML_y1

end

constraint define 2 _b[bus:_cons] = 0
ml model lf modoescol (car: out = tca cca) ///
    (bus: tbu cbu) (d:, freeparm), constraints(1/2)
ml check
ml search
ml maximize
exit

```

APÊNDICE III – SCRIPT - CÁLCULO DO ÍNDICE DE DEPÊNDENCIA DE AUTOMÓVEL

```
clear *

import excel " CAMINHO ", sheet("BASE") firstrow clear
*

rename ///
(modo Tempo_carro custoporrenda_carro Tempo ônibus custoporrenda_onibus) ///
(out tca cca tbu cbu),

program define modoescol
version 18.0
args lnf theta1 theta2 theta3

tempvar c o d e
generate double `c' = exp(`theta1')
generate double `o' = exp(`theta2')
generate double `d' = `theta3'

generate double `e' = `d' / (1 + `d') + (`c' / ('c'+`o'))*(1/(1 + `d'))

quietly replace `lnf = ln(`e') if $ML_y1
quietly replace `lnf = ln(1 - `e') if !$ML_y1

end

constraint define 1 _b[car:_cons] = 0
constraint define 2 _b[bus:_cons] = 0
ml model lf modoescol (car: out = tca cca) ///
(bus: tbu cbu) (d:, freeparm), constraints(1/2)
ml check
ml search
ml maximize // , nolog

// , nolog
* Calcular AIC e BIC
*estat ic

Exit
```

APÊNDICE IV – SCRIPT - CÁLCULO DO ÍNDICE DE DEPÊNDENCIA DE AUTOMÓVEL PARA FATORES DE USO DO SOLO

```
version 18.0
clear *
import excel "CAMINHO", sheet("BASE") firstrow clear
*
* Begin here
rename ///
(modo Tempo_carro custoporrenda_carro Tempo ônibus custoporrenda_onibus
stops_origem streets_origem culdesacs_origem density_culdesac_ha_origem
distance_stop_origem dist_cbd_origem pop_density_origem entropy_origem
jobs1_origem transit_ext_origem average_income_origem
)///
(out tca cca tbu cbu),
program define modoescol
version 18.0
args lnf theta1 theta2 theta3
tempvar c o d e
generate double `c' = exp(`theta1')
generate double `o' = exp(`theta2')
generate double `d' = exp(`theta3')
generate double `e' = `d' / (1 + `d') + (`c' / (`c'+`o'))*(1/(1 + `d'))
quietly replace `lnf' = ln(`e') if $ML_y1
quietly replace `lnf' = ln(1 - `e') if !$ML_y1
end
constraint define 1 _b[car:_cons] = 0
constraint define 2 _b[bus:_cons] = 0
ml model lf modoescol (car: out = tca cca) ///
(bus: tbu cbu) (d:, freeparm), constraints(1/2)
ml check
ml search
ml maximize // , nolog

// , nolog
* Calcular AIC e BIC
*estat ic
exit
```