

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

**Fatores Socioeconômicos e de Infraestrutura Viária Sobre a Mobilidade Ativa
em Cidades de Pequeno Porte Populacional: Um Estudo de Caso para Viçosa -
MG**

Wilian Daniel Henriques do Amaral
Doctor Scientiae

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2025**

WILIAN DANIEL HENRIQUES DO AMARAL

Fatores Socioeconômicos e de Infraestrutura Viária Sobre a Mobilidade Ativa em Cidades de Pequeno Porte Populacional: Um Estudo de Caso para Viçosa - MG

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: Taciano Oliveira da Silva

Coorientadora: Natália A. Brasil Silva

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2025**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

A485f
2025

Amaral, Wilian Daniel Henriques do, 1985-

Fatores socioeconômicos e de infraestrutura viária sobre a mobilidade ativa em cidades de pequeno porte populacional: um estudo de caso para Viçosa – MG / Wilian Daniel Henriques do Amaral. – Viçosa, MG, 2025.

1 tese eletrônica (94 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Taciano Oliveira da Silva.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Engenharia Civil, 2025.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2025.420>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Planejamento urbano - Viçosa (MG). 2. Transporte sustentável. 3. Cidades e vilas - Condições econômicas. 4. Análise de regressão. 5. Logística. I. Silva, Taciano Oliveira da, 1975-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Civil. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

CDD 22. ed. 307.76098151

WILIAN DANIEL HENRIQUES DO AMARAL

Fatores Socioeconômicos e de Infraestrutura Viária Sobre a Mobilidade Ativa em Cidades de Pequeno Porte Populacional: Um Estudo de Caso para Viçosa - MG

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 19 de março de 2025.

Assentimento:

Wilian Daniel Henriques do Amaral
Autor

Taciano Oliveira da Silva
Orientador

Essa tese foi assinada digitalmente pelo autor em 27/06/2025 às 11:37:41 e pelo orientador em 27/06/2025 às 12:00:29. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **92XZ.5YSB.TJYU** e clique no botão 'Validar documento'.

À Giovanna, luz da minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Deus e à Espiritualidade, com Sua luz sempre presente.

À minha amada Letícia, por acreditar em mim, por ser meu porto seguro nos momentos de dificuldade, meu Zênite, minha parceira de caminhada e, acima de tudo, mãe amorosa da nossa Giovanna e companheira fiel na Caminhada da Vida. Te amo.

Aos meus queridos pais, Antonio e Cristina, por toda dedicação, por toda confiança e por todo amor, incondicional e incessante.

Aos meus sogros, Antonio Alberto e Tereza, por todo o acolhimento e carinho ao longo dos anos.

Ao meu amigo e orientador, Taciano Oliveira da Silva, por todo o conhecimento compartilhado, pela confiança neste trabalho acadêmico, e por todos os conselhos ao longo desta jornada.

À professora Natalia Assunção Brasil Silva, pela sua disponibilidade, pela coorientação neste trabalho acadêmico e pelos conhecimentos compartilhados. Ao professor Eduardo Campana Barbosa, pelo apoio imensurável, por todo o conhecimento e por todo o auxílio que foram indispensáveis em grande parte desta pesquisa.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa, por toda ajuda dispensada durante minha estada.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar a pós-graduação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram pela confecção e pela conclusão desta pesquisa, meus sinceros agradecimentos.

Este trabalho foi realizado com o apoio das seguintes agências de pesquisa brasileiras: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

"Que haja uma luz nos lugares mais escuros, quando todas as outras luzes se
apagarem."
(John Ronald Reuel Tolkien)

RESUMO

AMARAL, Wilian Daniel Henriques do, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2025. **Fatores Socioeconômicos e de Infraestrutura Viária Sobre a Mobilidade Ativa em Cidades de Pequeno Porte Populacional: Um Estudo de Caso para Viçosa - MG.** Orientador: Taciano Oliveira da Silva. Coorientadora: Natália Assunção Brasil Silva.

Esta tese investigou fatores socioeconômicos e de infraestrutura viária que influenciam a mobilidade ativa em cidades de pequeno porte populacional, utilizando a cidade de Viçosa-MG como estudo de caso. O objetivo principal foi analisar como diferentes variáveis impactam nas escolhas modais da população local, com foco específico no uso da bicicleta. Empregando modelos de regressão logística binomial e multinomial sobre dados de 202 indivíduos, a pesquisa revelou percepções importantes. O modelo binomial demonstrou que a posse de automóveis reduz drasticamente a probabilidade de uso da bicicleta (redução de 96,6% para dois automóveis no domicílio, $RC=0,034$), enquanto a disponibilidade de bicicletas no domicílio aumenta significativamente essa probabilidade ($RC=103,950$ para duas bicicletas). Ademais, deslocamentos superiores a 30 minutos inibiram as escolhas de modos ativos em 91,2% ($RC=0,088$). O modelo multinomial aprofundou essas descobertas, mostrando que a idade se correlaciona positivamente com a preferência por veículos motorizados, com a chance de escolha de um automóvel aumentando em 4,8% por ano de idade em relação à caminhada. Viagens em grupo, especialmente com quatro passageiros, ampliaram notavelmente a preferência pelo automóvel ($RC=241,712$) em comparação à caminhada, refletindo ineficiências no transporte público e o papel do carro como um "espaço social". As probabilidades modais médias observadas foram: a pé (30,69%), carro (28,71%), bicicleta (20,30%), ônibus (11,39%) e moto (8,91%). Ambos os modelos apresentaram ajustes robustos, com valores de Pseudo R^2 de 0,417 para o modelo binomial e de 0,5543 no modelo multinomial. Esses achados fornecem subsídios substanciais para a promoção de políticas públicas que visam promover a infraestrutura cicloviária, fortalecer o transporte público e combater a dependência veicular, fomentando, assim, ambientes urbanos mais sustentáveis e equitativos.

Palavras-chave: Mobilidade ativa; Escolha modal; Infraestrutura viária; Transporte sustentável; Planejamento urbano; Regressão logística

ABSTRACT

AMARAL, Wilian Daniel Henriques do, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2025. **Socioeconomic and Road Infrastructure Factors on Active Mobility in Small Populational Sized Cities: A Case Study for Viçosa, Minas Gerais, Brazil.** Adviser: Taciano Oliveira da Silva. Co-adviser: Natália Assunção Brasil Silva.

This thesis investigated socioeconomic and road infrastructure factors influencing active mobility in small population cities, using the city of Viçosa, Minas Gerais state, as a case study. The main objective was to analyze how different variables impact the modal choices of the local population, with a specific focus on bicycle usage. Employing binomial and multinomial logistic regression models on data from 202 individuals, the research revealed key insights. The binomial model demonstrated that car ownership drastically reduces the probability of bicycle use (a 96.6% reduction for two cars in the household, (OR=0.034), while bicycle availability in the household significantly increases this probability (OR=103.950 for two bicycles). Furthermore, trips exceeding 30 minutes inhibited the choice of active modes by 91.2% (OR=0.088). The multinomial model deepened these findings, showing that age correlates positively with a preference for motorized vehicles, with the odds of choosing a car increasing by 4.8% per year of age relative to walking. Group travel, especially with four passengers, notably increased the preference for cars (OR=241.712) compared to walking, reflecting inefficiencies in public transport and the car's role as a "social space". The observed average modal probabilities were: walking (30.69%), car (28.71%), bicycle (20.30%), bus (11.39%), and motorcycle (8.91%). Both models showed robust fits, with Pseudo R² values of 0.417 for the binomial model and 0.5543 for the multinomial model. These findings provide substantial inputs for promoting public policies aimed at enhancing cycling infrastructure, strengthening public transport, and combating vehicular dependency, thereby fostering more sustainable and equitable urban environments.

Keywords: Active mobility; Modal choice; Road infrastructure; Sustainable transport; Urban planning; Logistic regression

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
CAPÍTULO 1 - Determinantes da Mobilidade Ativa em Cidades de Pequeno Porte Populacional: Uma Revisão de Literatura	16
1. Mobilidade Urbana e Transporte Ativo	16
2. Fundamentos Teóricos e Metodológicos	18
2.1. Teorias Comportamentais	18
2.2. Métodos Estatísticos e Análise de Dados	19
3. Fatores Influenciadores da Escolha Modal	20
3.1. Ambiente Construído e Infraestrutura	20
3.1.1. Fatores Socioeconômicos e Demográficos	21
3.1.2. Barreiras Psicológicas e Culturais	22
3.2. Mobilidade Sustentável e Intervenções Urbanas	23
3.2.1. Promoção do Transporte Ativo	23
3.2.2. Políticas Públicas e Planejamento	24
3.2.3. Tecnologia e Inovações	25
3.3. Estudos de Caso	26
3.3.1. Contextos Urbanos Diversos	26
3.3.2. Tendências Emergentes	27
3.4. Lacunas e Direções Futuras	28
3.4.1. Lacunas Identificadas	28
3.4.2. Recomendações para Pesquisa Futura	29
CAPÍTULO 2 - Uso da Bicicleta em Cidades de Pequeno Porte Populacional: Análise dos fatores influentes por regressão logística binária	37
RESUMO	37
ABSTRACT	38

1.	INTRODUÇÃO.....	39
2.	METODOLOGIA APLICADA	41
2.1.	Local do estudo	41
2.2.	Base de Dados.....	42
2.2.1.	Características Socioeconômicas	43
2.2.2.	Padrões de Deslocamento.....	43
2.3.1.	Preparação e tratamento dos dados coletados.....	45
2.3.1.1.	Limpeza.....	45
2.3.1.2.	Codificação das variáveis.....	45
2.3.2.	Significância e interpretação das estimativas.....	47
2.3.3.	Diagnóstico do Modelo.....	48
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
4.	CONCLUSÕES.....	56
	CAPÍTULO 3 - Modelagem de Escolhas por Diferentes Modos de Transporte em uma cidade de pequeno porte populacional: uma abordagem via Modelo Logit Multinomial	63
	RESUMO.....	63
	ABSTRACT	64
1.	INTRODUÇÃO.....	65
2.	METODOLOGIA APLICADA	67
2.1.	Local de aplicação da metodologia proposta	67
2.2.	Base de Dados.....	68
2.2.1.	Características Socioeconômicas	69
2.2.2.	Padrões de Deslocamento.....	69
2.3.	Procedimentos Estatísticos e Ferramentas Utilizadas	71
2.3.1.	Preparação e tratamento dos dados	71
2.3.1.1.	Limpeza.....	71

2.3.1.2.	Codificação das variáveis.....	71
2.3.1.3.	Estruturação de dados para análise no pacote mlogit do R.....	72
2.3.2.	Modelo Logit Multinomial (MLM)	73
2.3.3.	Estimação dos parâmetros do modelo	74
2.3.4.	Seleção de Variáveis	75
2.3.5.	Significância e interpretação das estimativas.....	76
2.3.6.	Diagnóstico do Modelo.....	76
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	78
3.1.	Resultados da Estimação dos parâmetros do MLM	78
3.2.	Interpretação dos Coeficientes significativos.....	80
3.3.	Interpretação dos Resultados da Razão de Chances	81
3.4.	Implicações para o Planejamento Urbano.....	84
4.	CONCLUSÕES.....	86
	CONCLUSÃO GERAL	93

INTRODUÇÃO

A mobilidade urbana configura-se como um desafio central para o desenvolvimento sustentável, especialmente em cidades de pequeno porte demográfico, onde restrições geográficas, infraestrutura precária e crescimento desordenado intensificam a dependência de veículos motorizados (Guth; Silva, 2019; D'Adamo *et al.*, 2023). No Brasil, embora a maioria dos municípios se enquadre nessa categoria, políticas públicas para transporte ativo permanecem incipientes, contrastando com a urgência de reduzir emissões de carbono e de promover equidade no acesso à cidade (Brasil, 2012; ANTP, 2020). Nesse contexto, o município de Viçosa, Minas Gerais (MG), localizado na Zona da Mata mineira, destaca-se como laboratório singular: sua topografia acidentada, a centralização de serviços no núcleo urbano e a influência acadêmica da Universidade Federal de Viçosa (UFV), com seu campus localizado na região central da cidade e que mobiliza até 33% da população local, criam dinâmicas socioespaciais peculiares, mesclando características rurais e urbanas (Menini; Stephan, 2019; IBGE, 2023; UFV, 2023).

O problema central desta pesquisa reside na necessidade de equilibrar demandas por acessibilidade com restrições estruturais, garantindo eficiência modal e reduzindo impactos ambientais. Apesar do potencial para a adoção de modos ativos de transporte, como a bicicleta e caminhada, observa-se o crescimento paradoxal do uso de veículos particulares, que ampliam congestionamentos e desigualdades socioespaciais (Dédelé *et al.*, 2020; Koohsari *et al.*, 2020). Tal cenário reflete o *value-action gap*, definido como a lacuna entre a consciência ambiental e as práticas cotidianas, fenômeno agravado por barreiras culturais e infraestruturais, como a ausência de transporte público eficiente (Vázquez-Paja; Feo-Valero; Del Saz-Salazar, 2024). Diante disso, justifica-se a investigação dos fatores socioeconômicos, demográficos e perceptivos que influenciam as escolhas modais, alinhando-os aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 11, "Cidades e Comunidades Sustentáveis", e 13, "Ação Contra a Mudança Global do Clima", sugeridos pela Organização das Nações Unidas na Agenda 2030 no Brasil (ONU, 2025), e ao paradigma das "cidades 15 minutos", o qual preconiza a proximidade de serviços essenciais (Moreno *et al.*, 2021).

Metodologicamente, a pesquisa adota modelos de escolha discreta, amplamente validados na literatura (Ben-Akiva; Lerman, 1985; Train, 2009; Croissant,

2020; De Grange *et al.*, 2024), para analisar a divisão modal em Viçosa – MG. Por meio de questionários aplicados a 266 residentes e tratados estatisticamente nos *softwares* R (The R Foundation, 2024) e SAS OnDemand (SAS Institute Inc., 2024), foram empregados modelos Logit Multinomial e de regressão logística binária, capazes de quantificar relações entre variáveis contextuais (posse de bicicletas, tamanho do grupo de viagem), temporais (sensibilidade ao tempo de deslocamento) e socioeconômicas (Croissant, 2020; Hosmer; Lemeshow; Sturdivant, 2013). A seleção *forward* de variáveis e de critérios como o AIC (Akaike, 1998) asseguraram robustez analítica, enquanto a validação por conjuntos de treinamento e teste mitigaram riscos de superajuste (Dong; Peng, 2013; Akoglu, 2018).

A contribuição deste estudo: (i) expande o conhecimento sobre mobilidade em cidades de pequeno porte, ainda sub-representadas na literatura técnico-científica; (ii) integra análises comportamentais a diretrizes globais de descarbonização, como as "cidades 15 minutos", adaptando-as aos contextos locais; e (iii) oferece subsídios para políticas públicas que combinem infraestrutura adaptativa (ex.: ampliação de ciclovias) com campanhas educativas, visando reduzir o *value-action gap*. Resultados preliminares evidenciam que a posse de bicicletas e a configuração das vias são determinantes críticos para a substituição modal, corroborando estudos internacionais (Pucher; Dill; Handy, 2010; Arellana *et al.*, 2020), mas também revelam particularidades locais, como a influência da topografia e da cultura acadêmica.

Ao articular o rigor metodológico, aliando modelos de pesquisa replicáveis para cidades de pequeno porte demográfico a implicações práticas para o planejamento urbano, esta tese reforça o papel da academia na transição para cidades sustentáveis. Suas limitações, como a ausência de variáveis subjetivas (ex.: percepção de segurança), apontam caminhos para pesquisas futuras, incluindo simulações de intervenção e de uso de modelos *mixed logit* (Šimeček, 2019; De Grange *et al.*, 2024). Assim, o estudo não apenas avança o estado da arte, mas também oferece um arcabouço para transformar desafios locais em oportunidades globais de sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

AKAIKE, H. Information Theory and an Extension of the Maximum Likelihood Principle. *In: PARZEN, E.; TANABE, K.; KITAGAWA, G. (orgs.). Selected Papers of Hirotugu Akaike*. Springer Series in Statistics. New York, NY: Springer New York, 1998. p. 199–213. DOI 10.1007/978-1-4612-1694-0_15. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/978-1-4612-1694-0_15. Acesso em: 4 fev. 2024.

AKOGLU, H. User's guide to correlation coefficients. **Turkish Journal of Emergency Medicine**, [s. l.], v. 18, n. 3, p. 91–93, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.tjem.2018.08.001>.

ANTP - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Público - SIMOB/ANTP. Relatório geral 2018**. [S. l.]: ANTP - Associação Nacional de Transportes Públicos, 2020. Disponível em: <https://files.antp.org.br/simob/sistema-de-informacoes-da-mobilidade--simob--2018.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2023.

ARELLANA, J.; SALTARÍN, M.; LARRAÑAGA, A. M.; GONZÁLEZ, V. I.; HENAO, C. A. Developing an urban bikeability index for different types of cyclists as a tool to prioritise bicycle infrastructure investments. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, [s. l.], v. 139, p. 310–334, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.07.010>.

BEN-AKIVA, M.; LERMAN, S. R. **Discrete choice analysis: theory and application to travel demand**. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1985(Transportation studies).

BRASIL. Lei Nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Política Nacional de mobilidade urbana. **Diário Oficial da União**, 2012.

CROISSANT, Y. Estimation of Random Utility Models in R: The *mlogit* Package. **Journal of Statistical Software**, [s. l.], v. 95, n. 11, 2020. DOI 10.18637/jss.v095.i11. Disponível em: <http://www.jstatsoft.org/v95/i11/>. Acesso em: 11 fev. 2025.

D'ADAMO, I.; GASTALDI, M.; PICCIONI, J.; ROSA, P. The Role of Automotive Flexibility in Supporting the Diffusion of Sustainable Mobility Initiatives: A Stakeholder Attitudes Assessment. **Global Journal of Flexible Systems Management**, [s. l.], v. 24, n. 3, p. 459–481, set. 2023. <https://doi.org/10.1007/s40171-023-00349-w>.

DE GRANGE, L.; GONZÁLEZ, F.; MARECHAL, M.; TRONCOSO, R. Estimating multinomial logit models with endogenous variables: Control function versus two adapted approaches. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, [s. l.], v. 183, p. 104068, maio 2024. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2024.104068>.

DÉDELÉ, A.; MIŠKINYTĖ, A.; ANDRUŠAITYTĖ, S.; NEMANIŪTĖ-GUŽIENĖ, J. Dependence between travel distance, individual socioeconomic and health-related characteristics, and the choice of the travel mode: a cross-sectional study for Kaunas, Lithuania. **Journal of Transport Geography**, [s. l.], v. 86, p. 102762, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102762>.

DONG, Y.; PENG, C.-Y. J. Principled missing data methods for researchers. **SpringerPlus**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 222, 2013. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-222>.
GUTH, D.; SILVA, V. A. C. da. Uso de bicicleta nas cidades brasileiras de pequeno porte: Uma cultura ameaçada. **P2P E INOVAÇÃO**, [s. l.], v. 5, n. 2, p. 83–107, 2019. <https://doi.org/10.21721/p2p.2019v5n2.p83-107>.

HOSMER, D. W.; LEMESHOW, S.; STURDIVANT, R. X. **Applied Logistic Regression**. 1. ed. [S. l.]: Wiley, 2013(Wiley Series in Probability and Statistics). DOI 10.1002/9781118548387. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118548387>. Acesso em: 4 fev. 2024.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades IBGE. 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 17 dez. 2021.

KOOHSARI, M. J.; COLE, R.; OKA, K.; SHIBATA, A.; YASUNAGA, A.; HANIBUCHI, T.; OWEN, N.; SUGIYAMA, T. Associations of built environment attributes with bicycle use for transport. **Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science**, [s. l.], v. 47, n. 9, p. 1745–1757, nov. 2020. <https://doi.org/10.1177/2399808319845006>.

MENINI, S. E.; STEPHAN, Í. I. C. O transporte coletivo em Viçosa MG. Um caminho para a melhoria da mobilidade urbana. **Arquitextos**, [s. l.], n. 232.05, 2019. Disponível em: <https://vitruvius.com.br/index.php/revistas/read/arquitextos/20.232/7523>. Acesso em: 17 mar. 2024.

MORENO, C.; ALLAM, Z.; CHABAUD, D.; GALL, C.; PRATLONG, F. Introducing the “15-Minute City”: Sustainability, Resilience and Place Identity in Future Post-Pandemic Cities. **Smart Cities**, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 93–111, 8 jan. 2021. <https://doi.org/10.3390/smartcities4010006>.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável | As Nações Unidas no Brasil. 2025. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>.

PUCHER, J.; DILL, J.; HANDY, S. Infrastructure, programs, and policies to increase bicycling: An international review. **Preventive Medicine**, [s. l.], v. 50, p. S106–S125, jan. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2009.07.028>.

SAS INSTITUTE INC. SAS OnDemand. 2024. Disponível em: https://www.sas.com/pt_br/software/on-demand-for-academics.html. Acesso em: 28 jan. 2024.

ŠIMEČEK, M. Discrete Choice Analysis of Travel Behaviour. **Transactions on Transport Sciences**, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 5–9, 24 jul. 2019. <https://doi.org/10.5507/tots.2019.001>.

THE R FOUNDATION. **The R Project for Statistical Computing**. [S. l.: s. n.], 2024. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 19 mar. 2024.

TRAIN, K. E. **Discrete Choice Methods with Simulation**. 2. ed. [S. l.]: Cambridge University Press, 2009. DOI 10.1017/CBO9780511805271. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/product/identifier/9780511805271/type/book>. Acesso em: 4 mar. 2025.

UFV - UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **Relatório de gestão: Universidade Federal de Viçosa 2022**. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: <https://www.ufv.br/wp-content/uploads/2024/01/Relatorio-de-Gestao-UFV-2022.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2024.

VÁZQUEZ-PAJA, B.; FEO-VALERO, M.; DEL SAZ-SALAZAR, S. Environmental awareness and transportation choices: A case study in Valencia, Spain. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, [s. l.], v. 137, p. 104487, dez. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2024.104487>.

CAPÍTULO 1

Determinantes da Mobilidade Ativa em Cidades de Pequeno Porte Populacional: Uma Revisão de Literatura

1. Mobilidade Urbana e Transporte Ativo

A mobilidade urbana tem sido amplamente investigada sob múltiplas perspectivas, evidenciando a complexidade dos fatores que influenciam a escolha modal e a adoção de transportes sustentáveis. A infraestrutura cicloviária surge como um elemento central nesse debate, com estudos destacando sua correlação positiva com o aumento do uso de bicicletas (Akar; Clifton, 2009; BID; Ministério do Desenvolvimento Regional, 2021). Contudo, a eficácia dessas intervenções não é homogênea, dependendo de contextos locais e da interação com variáveis sensoriais, como conforto e segurança percebidos (Al-Salih; Esztergár-Kiss, 2022; Sousa; Penha-Sanches, 2019). Em cidades de pequeno porte, por exemplo, a cultura da bicicleta enfrenta desafios frente à crescente motorização, exigindo políticas adaptadas que considerem dinâmicas socioculturais específicas (Guth; Silva, 2019; Guth; Soares, 2018).

A dimensão comportamental tem ganhado relevância, com a Teoria do Comportamento Planejado (TPB) sendo frequentemente aplicada para analisar intenções de uso da bicicleta, incorporando variáveis como normas subjetivas e controle percebido (Ajzen, 1991; Ibrahim *et al.*, 2022). Estudos como o de (de Sousa; Sanches; Ferreira, 2014) revelam que a falta de infraestrutura dedicada é a principal barreira ao ciclismo utilitário, especialmente em grandes centros urbanos, onde o controle comportamental percebido diminui proporcionalmente ao tamanho da cidade. Paralelamente, fatores socioeconômicos e demográficos, como idade, renda e educação, mostram-se determinantes na preferência por modos ativos, com disparidades marcantes entre regiões (Dédélé *et al.*, 2020; Mun Ng *et al.*, 2024).

No âmbito metodológico, modelos de escolha discreta, como logit multinomial e análise de sensibilidade, têm sido empregados para capturar a homogeneidade nas decisões de viagem (Larrañaga *et al.*, 2016; Walker & Ben-Akiva, 2011). A introdução de técnicas como imputação múltipla e algoritmos de amostragem para dados

desbalanceados (Dong; Peng, 2013; Kulkarni; Chong; Batarseh, 2020) reflete avanços na robustez estatística, enquanto abordagens híbridas, que integram dados objetivos e percepções subjetivas, ampliam a compreensão de fenômenos complexos, como a dependência automobilística (Blandin *et al.*, 2024; Eldeeb *et al.*, 2021). A análise espacial, por sua vez, destaca a importância da conectividade e da diversidade de uso do solo na promoção de deslocamentos ativos (Koohsari *et al.*, 2020; Arellana *et al.*, 2020).

A sustentabilidade emerge como eixo transversal, com evidências apontando reduções significativas nas emissões de CO₂ e nos custos de saúde pública associados à adoção da bicicleta (Freire; Callil; Picanço, 2019; IEA, 2024). Contudo, a transição para modos de baixo carbono enfrenta obstáculos estruturais, como a priorização de investimentos em infraestrutura viária para veículos motorizados e a fragmentação de políticas públicas (Mattioli *et al.*, 2020; Maltese; Gatta; Marcucci, 2021). Iniciativas como a "Cidade de 15 minutos" (Moreno, 2021; Moreno *et al.*, 2021) propõem reconfigurações urbanas radicais, baseadas em proximidade e em multimodalidade, mas sua viabilidade depende de adaptações contextuais e da integração com sistemas existentes (Wang *et al.*, 2024).

Críticas à literatura atual apontam para a necessidade de maior ênfase em abordagens multidisciplinares, capazes de articular dimensões técnicas, sociais e políticas (Schwanen; Dijst; Dieleman, 2004; Pucher; Dill; Handy, 2010; Diao, 2019; Bezerra; dos Santos; Delmonico, 2020). Lacunas persistem na compreensão de como variáveis latentes (definida como um conceito teórico ou constructo não observado diretamente que influencia a probabilidade de um indivíduo pertencer a uma determinada categoria da variável dependente), como apego ao lugar e equidade no acesso, influenciam a mobilidade, especialmente em países do Sul Global (Agresti, 2018; Jahanshahi *et al.*, 2023; Arellana *et al.*, 2020). Ademais, a emergência de tecnologias como veículos autônomos e bicicletas elétricas (Astegiano *et al.*, 2019; Chng *et al.*, 2023) demanda estudos longitudinais para avaliar impactos de longo prazo na dinâmica urbana.

2. Fundamentos Teóricos e Metodológicos

2.1. Teorias Comportamentais

A compreensão dos determinantes da escolha modal em contextos urbanos fundamenta-se em referenciais teóricos que articulam dimensões psicológicas, sociais e contextuais. A Teoria do Comportamento Planejado (TPB), proposta por Ajzen (1991), oferece um arcabouço robusto ao postular que a intenção comportamental é moldada por três pilares: (i) atitudes (avaliação subjetiva dos resultados associados ao comportamento), (ii) normas subjetivas (percepção de pressões sociais para sua adoção) e (iii) controle comportamental percebido (crenças sobre a facilidade de execução). No domínio da mobilidade urbana, aplicações da TPB evidenciam que atitudes positivas em relação ao ciclismo podem ser anuladas por barreiras infraestruturais, como a ausência de ciclovias, as quais minam o controle percebido sobre o comportamento (De Sousa; Sanches; Ferreira, 2014; Ibrahim *et al.*, 2022). Jahanshahi *et al.* (2023) ampliam essa perspectiva ao incorporar variáveis contextuais (e.g., hábitos consolidados e percepção de risco viário), ainda que críticas persistam quanto à capacidade da teoria em capturar fatores macroestruturais, como o impacto de políticas públicas na acessibilidade.

Complementarmente, os Modelos de Escolha Discreta, ancorados na teoria da utilidade aleatória (McFadden, 1973), fornecem uma estrutura quantitativa para prever decisões modais. Esses modelos assumem que indivíduos selecionam alternativas (e.g., automóvel, transporte público, bicicleta) que maximizam sua utilidade, expressa por funções paramétricas que incorporam atributos como tempo, custo e conforto. O *logit multinomial*, utilizado no Capítulo 3 desta tese, opera sob o pressuposto de independência entre alternativas irrelevantes (IIA), calculando probabilidades de escolha a partir de razões exponenciais de utilidade (Ben-Akiva; Lerman, 1985). Estudos como o de Li *et al.* (2016) demonstram sua eficácia na segmentação de preferências modais por grupos sociodemográficos, conforme aplicado na análise da cidade de Viçosa-MG. Um desafio metodológico relevante, evidenciado nos Capítulos 1 e 2, reside na endogeneidade entre variáveis como posse veicular e preferências modais, exigindo rigor no desenho amostral e controle de variáveis de confundimento.

2.2. Métodos Estatísticos e Análise de Dados

Conforme estabelecido na literatura de economia dos transportes e modelagem de escolha discreta (Ben-Akiva; Lerman, 1985; McFadden, 1973), a investigação dos determinantes das escolhas modais em contextos urbanos apoia-se fortemente em dois pilares metodológicos complementares: a regressão logística binária, para análises dicotômicas (Pucher; Dill; Handy, 2010; Hosmer; Lemeshow; Sturdivant, 2013), e a regressão logística multinomial, para sistemas com múltiplas categorias (Ben-Akiva; Lerman, 1985; Croissant, 2020). Ambos os enfoques, radicados na teoria da utilidade aleatória (McFadden, 1973), oferecem lentes analíticas distintas para decifrar complexidades comportamentais, embora compartilhem fundamentos epistemológicos comuns sobre racionalidade e maximização de utilidade.

Quando o objeto de estudo demanda a análise de escolhas dicotômicas, como a adoção ou rejeição de um modo específico de transporte, a regressão logística binária emerge como instrumento ideal (Pucher; Dill; Handy, 2010; Hosmer; Lemeshow; Sturdivant, 2013). Esse modelo transforma probabilidades não lineares em relações lineares passíveis de estimação via máxima verossimilhança (Hosmer; Lemeshow; Sturdivant, 2013).

Na mobilidade urbana, sua aplicação tem sido recorrente para examinar barreiras à ciclomobilidade, conforme evidenciado em estudos sobre cidades de pequeno porte (Guth; Silva, 2019). Nestes contextos, o modelo permite quantificar como variáveis como posse de veículos motorizados e tempo de viagem atuam como inibidores ou catalisadores do uso da bicicleta. A interpretação por razões de chances (RC), central nessa abordagem, oferece uma métrica intuitiva. Protocolos de validação rigorosos, incluindo pseudo R^2 de McFadden e curvas de características de operação do receptor (ROC), asseguram robustez às inferências, enquanto procedimentos como o *stepAIC* garantem parcimônia na seleção de covariáveis (Hosmer; Lemeshow; Sturdivant, 2013).

Para cenários onde as escolhas modais se desdobram em múltiplas alternativas não ordenadas (caminhada, bicicleta, transporte público coletivo por ônibus, veículo motorizado individual), a regressão multinomial oferece um arcabouço mais abrangente. Seu formalismo matemático, expresso pela razão de probabilidades relativas a uma categoria de referência, captura competições intermodais (Ben-Akiva; Lerman, 1985; Train, 2009; Croissant, 2020).

Contudo, esse modelo impõe desafios metodológicos singulares, particularmente a verificação do pressuposto de independência das alternativas irrelevantes (IIA). Violações a esse princípio – quando a remoção de uma alternativa altera preferências entre outras – podem enviesar estimativas, exigindo testes de especificação como o de Hausman ou a adoção de variantes como o logit hierárquico (Train, 2009). Implementações computacionais via pacotes como *mlogit* (Croissant, 2020) facilitam a gestão dessas complexidades, enquanto métricas como o pseudo R^2 de McFadden oferecem balizas para avaliação de ajuste, com valores acima de 0,3 indicando consistência preditiva (Louviere et al., 2000).

Ambas as abordagens compartilham protocolos analíticos essenciais: a codificação dummy de variáveis categóricas (Agresti, 2013), o tratamento de dados incompletos mediante exclusão criteriosa (Dong; Peng, 2013), e o controle de endogeneidade via inclusão de covariáveis de contexto (De Grange et al., 2024). A seleção de variáveis, frequentemente mediada por algoritmos como o *stepAIC*, assegura que modelos mantenham equilíbrio entre poder explicativo e generalização (Giolo, 2017).

3. Fatores Influenciadores da Escolha Modal

3.1. Ambiente Construído e Infraestrutura

A relação entre o ambiente construído e a escolha modal é mediada por atributos físicos e sensoriais que condicionam a viabilidade e a atratividade dos modos de transporte. Estudos, como os de Akar e Clifton (2009), evidenciam que a presença de infraestrutura cicloviária dedicada (ciclovias segregadas, bicicletários e sinalização) está positivamente correlacionada com o aumento do uso de bicicletas, especialmente em contextos universitários e urbanos de média densidade. Al-Salih Esztergár-Kiss (2022) complementam essa perspectiva ao demonstrar, via análise de sensibilidade, que viajantes são mais responsivos a mudanças em parâmetros físicos, como o tempo e o custo de viagem, do que sensoriais, como o conforto, embora este último ganhe relevância em deslocamentos de maior duração.

A influência do ambiente construído, contudo, não é uniforme: Koohsari *et al.* (2020) identificaram associações não lineares entre densidade residencial, integração de ruas e uso de bicicletas, sugerindo que intervenções infraestruturais exigem

limiares mínimos para induzir mudanças comportamentais significativas. Em cidades do Sul Global, como Porto Alegre, a conectividade de calçadas e a diversidade de uso do solo mostraram-se críticas para promover caminhadas, ainda que mediadas por percepções de segurança (Larrañaga *et al.*, 2016). A criação de índices de bikeabilidade, como proposto por Arellana *et al.* (2020), busca traduzir essas complexidades em métricas acionáveis, destacando a necessidade de adaptar critérios técnicos a realidades locais como, por exemplo, priorizando segurança viária em regiões com altas taxas de acidentes.

A infraestrutura cicloviária, como ciclovias e trilhas, incentiva o uso da bicicleta (Akar; Clifton, 2009). A presença de infraestrutura favorável para bicicletas e a presença de destinos não residenciais foram os preditores objetivos mais fortes de transporte ativo em geral (Grabow *et al.*, 2019). A densidade de calçadas e ciclovias teve um impacto positivo no uso de caminhadas e de bicicletas, respectivamente (Eldeeb; Mohamed; Páez, 2021).

A principal barreira percebida nas cidades pesquisadas por De Sousa, Sanches, Ferreira, (2014), foi a falta de infraestrutura cicloviária dedicada. A infraestrutura cicloviária adequada é fundamental para incentivar o uso da bicicleta para deslocamentos (Akar; Clifton, 2009; Pucher; Dill; Handy, 2010; de Sousa; Sanches; Ferreira, 2014; Arellana *et al.*, 2020; Cox; Koglin, 2020; Jahanshahi *et al.*, 2023; Teixeira *et al.*, 2020), além de ser um dos principais fatores que influenciam a escolha da rota para ciclistas de deslocamento utilitário (Sousa; Penha-Sanches, 2019).

Assim, a estratégia de priorização com foco na conectividade visa consolidar a rede de bicicletas e melhorar a conectividade da rede (Zhao; Manaugh, 2023). A presença de infraestruturas de bicicletas adequadas é o fator mais crucial para as pessoas que praticam frequentemente ciclismo por esporte, enquanto a segurança rodoviária e a segurança são os fatores mais críticos para aqueles que andam de bicicleta para o trabalho (Arellana *et al.*, 2020).

3.1.1. Fatores Socioeconômicos e Demográficos

Variáveis socioeconômicas e demográficas exercem influência estratificada na escolha modal, refletindo desigualdades estruturais no acesso às oportunidades urbanas. Dedele *et al.* (2020) identificaram que idade, renda e nível educacional são

preditores significativos: jovens e indivíduos com maior escolaridade tendem a adotar modos ativos, enquanto grupos de baixa renda, dependentes de transporte público, enfrentam restrições de acessibilidade. Em contraste, Mun Ng *et al.*, (2024) observaram que homens e famílias sem veículo particular são mais propensos ao transporte ativo em Klang Valley (Malásia), destacando disparidades de gênero e de acesso aos recursos.

A motorização crescente em cidades pequenas, como analisado por Guth e Silva (2019), revela um paradoxo: mesmo em contextos em que a bicicleta é culturalmente enraizada, o status associado aos veículos individuais (especialmente motocicletas) redefine preferências, exacerbando exclusão de grupos vulneráveis. Estudos em regiões periféricas, como o de Maharjan *et al.* (2022), mapeiam lacunas de acesso modal, mostrando que populações em áreas de baixa renda têm menor acesso a empregos e a serviços via transporte público, perpetuando ciclos de dependência automobilística. Tais dinâmicas são agravadas em países em desenvolvimento, onde políticas de transporte frequentemente negligenciam a integração intermodal e a equidade espacial (Masoumi *et al.*, 2022).

Fatores socioeconômicos e demográficos desempenham um papel fundamental na explicação do comportamento de escolha de modo de transporte (Eldeeb; Mohamed; Páez, 2021). A escolha do modo de viagem é influenciada por vários fatores individuais, como idade, sexo, educação, renda, estado de emprego e índice de massa corporal (Dédelé *et al.*, 2020). Homens, indivíduos não casados, indivíduos fisicamente ativos, aqueles que vivem em áreas urbanas e com níveis mais elevados de escolaridade tinham maiores chances de usar o transporte ativo (Grabow *et al.*, 2019). A etnia e o fato de uma pessoa ser ciclista regular influenciaram as percepções da infraestrutura cicloviária (Jahanshahi *et al.*, 2023). A maioria dos estudos de mobilidade urbana concentra-se em fatores socioeconômicos e infraestrutura, negligenciando o papel das atitudes e preferências individuais (Larrañaga *et al.*, 2016).

3.1.2. Barreiras Psicológicas e Culturais

Percepções individuais e normas culturais constituem barreiras intangíveis e, por vezes, mais resistentes às intervenções físicas. A falta de infraestrutura cicloviária, por exemplo, não apenas limita o uso prático da bicicleta, mas reforça a percepção de

risco e de desconforto, reduzindo o controle comportamental percebido (De Sousa; Sanches; Ferreira, 2014).

Guth e Silva (2019) destacam como a cultura da bicicleta em cidades brasileiras de pequeno porte é ameaçada pela ascensão de motocicletas, associadas à modernidade e à mobilidade ascendente, um fenômeno amplificado pela ausência de campanhas educativas. Jahanshahi *et al.* (2023) sugeriram que identidades culturais modulam a receptividade às políticas públicas.

A Teoria do Comportamento Planejado (TPB) (Ajzen, 1991; Ibrahim *et al.*, 2022), revela que normas subjetivas, como a expectativa social de uso do carro, inibem a intenção de pedalar, mesmo quando atitudes individuais são favoráveis. Paralelamente, hábitos arraigados e a associação simbólica do carro a status social dificultam a transição para modos sustentáveis, como observado por D'Adamo *et al.* (2023) sobre resistência à adoção de veículos elétricos.

As atitudes de viagem, como preferência por caminhar e preocupação com a segurança, influenciam a frequência de caminhadas (Larrañaga *et al.*, 2016). As percepções individuais e o status do carro têm menor efeito entre os moradores de cidades pequenas, o que contribui para a resiliência da bicicleta nessas localidades (Guth; Soares, 2018). Nesses lugares, a cultura da bicicleta está ameaçada pela crescente motorização individual, especialmente de motocicletas (Guth; Silva, 2019). A acessibilidade percebida tem um impacto negativo nas utilidades para carro e para transporte público, o que significa que uma baixa acessibilidade percebida aumenta a probabilidade de escolha de modos motorizados (Blandin *et al.*, 2024).

3.2. Mobilidade Sustentável e Intervenções Urbanas

3.2.1. Promoção do Transporte Ativo

A promoção do transporte ativo, essencial para a saúde pública e a sustentabilidade urbana (Grabow *et al.*, 2019; Hasan *et al.*, 2019; Zapata-Diomedes *et al.*, 2019; Liu, Qiang *et al.*, 2022), demanda intervenções multifacetadas que integrem infraestrutura segura, políticas de incentivo e campanhas de conscientização (Eldeeb; Mohamed; Páez, 2021). Ciclovias dedicadas e bem conectadas não apenas aumentam o uso da bicicleta, mas mitigam percepções de risco, reforçando o controle comportamental dos usuários (Akar; Clifton, 2009; de Sousa; Sanches; Ferreira, 2014; Liu, Qiang *et al.*, 2022).

A criação de ambientes urbanos favoráveis requer destinos acessíveis e não residenciais em proximidade, como serviços e comércios, que ampliam a utilidade percebida dos modos ativos (Grabow *et al.*, 2019; Eldeeb; Mohamed; Páez, 2021). A segurança viária e pessoal emerge como fator crítico, especialmente para usuários cotidianos que demandam infraestruturas protegidas contra conflitos com veículos motorizados (Arellana *et al.*, 2020).

Sob esta ótica, em cidades de pequeno porte, onde a bicicleta mantém relevância cultural, políticas de zoneamento e redução de velocidades veiculares (como, por exemplo, a criação de zonas de 30 km/h) preservam a coexistência segura entre os modos motorizado e não motorizado de transportes (Guth; Soares, 2018). Experimentos com ambientes virtuais, como os criados por De Batista; Berghoefer e Friedrich, (2023), revelam que pedestres e ciclistas compartilham preferências por elementos de design centralizados, sugerindo que espaços compartilhados podem ser otimizados para múltiplos usuários.

A integração com transporte público, proposta por Zhao e Manaugh, (2023), amplia o alcance e a eficiência dos modos ativos, reduzindo a dependência de viagens motorizadas. Logo, a criação de ambientes urbanos favoráveis ao transporte ativo, com infraestrutura adequada e destinos acessíveis, é essencial para aumentar a adoção desses modos (Cervero, 2002; Akar; Clifton, 2009; de Sousa; Sanches; Ferreira, 2014; Larrañaga *et al.*, 2016; Jamal; Mohiuddin; Paez, 2020; Koohsari *et al.*, 2020; Eldeeb; Mohamed; Páez, 2021; Jahanshahi *et al.*, 2023).

3.2.2. Políticas Públicas e Planejamento

Políticas públicas eficazes exigem estruturas que articulem diretrizes técnicas com equidade socioespacial e participação comunitária, uma vez que críticas apontam que políticas frequentemente negligenciam dimensões subjetivas, como percepções de acessibilidade, que, por sua vez, influenciam escolhas modais mais do que as variáveis objetivas (Blandin *et al.*, 2024). O planejamento de cidades compactas e de uso misto, como defendido por Koohsari *et al.*, (2020), reduz a necessidade de deslocamentos motorizados, promovendo a proximidade entre residências, empregos e serviços.

Neste sentido, O manual do Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID (BID; Ministério do Desenvolvimento Regional, 2021) oferece um modelo para cidades

latino-americanas, enfatizando diagnósticos participativos e monitoramento contínuo. Enquanto a implementação de Planos de Mobilidade Urbana Sustentável (SUMP), na Itália, enfrenta desafios pela fragmentação de abordagens (Maltese; Gatta; Marcucci, 2021). A priorização de investimentos em regiões periféricas, onde populações de baixa renda enfrentam lacunas de acesso modal (Maharjan; Tilahun; Ermagun, 2022), é crucial para romper ciclos de dependência automobilística.

“Índices de bikeabilidade”, como o proposto por Arellana *et al.* (2020), traduzem complexidades locais em métricas acionáveis, mas sua efetividade depende da inclusão de grupos vulneráveis e do engajamento cidadão (Larrañaga *et al.*, 2016). Da mesma forma, a integração de diferentes modos de transporte, como bicicletas e transporte público, pode otimizar a eficiência e a sustentabilidade do sistema (Zhao; Manaugh, 2023).

Por outro lado, conceitos como a "Cidade de 15 Minutos" (Moreno, 2021; Moreno *et al.*, 2021) refletem uma mudança de paradigma orientada por multifuncionalidade, alinhados com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis propostos pela Organização das Nações Unidas – ONU (ONU, 2025). Porém, sua viabilidade exige adaptações a contextos de alta motorização, como aqueles encontrados em países em desenvolvimento (Masoumi *et al.*, 2022).

3.2.3. Tecnologia e Inovações

Tecnologias emergentes redefinem possibilidades na gestão da mobilidade, embora seus impactos demandem avaliação crítica para evitar efeitos colaterais. Veículos elétricos e de micromobilidade, como bicicletas e patinetes, reduzem emissões e dependência de combustíveis fósseis, mas enfrentam resistências culturais associadas a status e hábitos arraigados (D’Adamo *et al.*, 2023; Blandin *et al.*, 2024).

Modelos de dinâmica de sistemas projetam que bicicletas elétricas podem ampliar a participação modal em até 29,5% em cidades australianas, especialmente se combinadas com energia renovável (Astegiano; Fermi; Martino, 2019). Plataformas de dados em tempo real capturam percepções dinâmicas de usuários, permitindo ajustes ágeis em políticas, enquanto aplicativos de compartilhamento otimizam o uso de recursos existentes (Ibrahim *et al.*, 2022; Pourhashem *et al.*, 2024).

A modelagem de escolhas de rota via Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e algoritmos de otimização, priorizam intervenções em redes cicloviárias (Li *et al.*, 2016; Nürnberg, 2019; Liu, Chengxi *et al.*, 2020), enquanto que métodos multicritério (Gutiérrez; Oliva; Romero-Ania, 2022) auxiliam na seleção de frotas sustentáveis. Contudo, inovações como veículos autônomos compartilhados (AVs) ainda enfrentam ceticismo devido às preocupações com segurança e à implementação prática (Chng; Plananska; Cheah, 2023). A análise de dados de mobilidade, fornece perspectivas valiosas, mas exige regulamentações para garantir equidade e privacidade (Masoumi *et al.*, 2022).

3.3. Estudos de Caso

3.3.1. Contextos Urbanos Diversos

A análise comparativa de contextos urbanos heterogêneos revela lições críticas sobre a adaptação de políticas de mobilidade a realidades locais. Em cidades brasileiras de pequeno porte, como estudado por Guth e Silva (2019), a bicicleta mantém relevância cultural devido às distâncias curtas e à baixa percepção de risco, mas enfrenta pressões da motorização acelerada, especialmente de motocicletas, que redefinam aspirações sociais e prioridades de investimento.

No contexto brasileiro, os municípios de pequeno porte demográfico, com até 100 mil habitantes, representam a maioria (94,25%) e abrigam cerca de 57% da população nacional (IBGE, 2023). Apesar de sua relevância, a consolidação de condições de mobilidade urbana sustentável ainda é um desafio, com o uso de transportes motorizados individuais em crescimento (Guth; Silva, 2019).

Nessas cidades menores, onde os deslocamentos raramente ultrapassam 7 km, a bicicleta se destaca como um meio de transporte eficiente e atrativo, especialmente quando aliada às baixas taxas de violência (Guth; Soares, 2018). Dados da ANTP (2020) revelam que o uso da bicicleta dobrou entre 2004 e 2014, e que a participação dos deslocamentos não motorizados (a pé e de bicicleta) é maior em cidades menores.

Contrastando com esse cenário, em Hamilton (Canadá), Eldeeb, Mohamed e Páez (2021) identificaram que a densidade de ciclovias e de calçadas se correlaciona positivamente com o uso de modos ativos, porém com efeitos não lineares: apenas

níveis elevados de integração urbana, com escores de caminhabilidade acima de 70, induzem mudanças comportamentais significativas. Na cidade de Auckland, Nova Zelândia, Jahanshahi *et al.* (2023) demonstram que percepções sobre infraestrutura cicloviária, mesmo quando sob condições objetivas similares, variam conforme etnia, um resultado que sublinha a importância de incorporar diversidade cultural no planejamento.

Em regiões metropolitanas do Sul Global, como Santiago, capital do Chile, Blandin *et al.* (2024) exploraram como a acessibilidade percebida em áreas periféricas influencia a dependência de carros. Populações em zonas periféricas urbanas, excluídas de redes de transporte público, tendem a superestimar a acessibilidade via modos motorizados, perpetuando ciclos de exclusão (Blandin *et al.*, 2024).

Já em Klang Valley, Malásia, Mun Ng *et al.* (2024) observaram que políticas de transporte ativo são mais eficazes quando direcionadas a grupos específicos: homens e famílias sem veículo particular adotam bicicletas com maior frequência, enquanto mulheres enfrentam barreiras adicionais relacionadas à segurança e normas de gênero. Esses casos evidenciam que intervenções padronizadas falham em capturar nuances locais, exigindo diagnósticos participativos e indicadores adaptativos (Arellana *et al.*, 2020).

3.3.2. Tendências Emergentes

As tendências emergentes na mobilidade urbana refletem respostas adaptativas às crises globais e aos avanços tecnológicos, mas também revelam tensões entre inovação e equidade. A pandemia de COVID-19 acelerou mudanças comportamentais, como observado na cidade de Seul, Coreia do Sul, Park, Namkung e Ko (2023) registraram um incremento de 44,6 horas no uso de bicicletas compartilhadas entre usuários afetados pela pandemia, sugerindo que crises sanitárias podem catalisar transições modais, desde que apoiadas por infraestrutura temporária ou permanente.

A tecnologia de dados em tempo real surge como ferramenta dual: plataformas como o Woorti app (Pourhashem *et al.*, 2024) permitem ajustes dinâmicos em políticas públicas com base em percepções de usuários, mas também levantaram preocupações sobre viés amostral e exclusão digital. Modelos preditivos, como os de Liu *et al.* (2020), que combinam SIG com algoritmos de otimização, otimizam redes

ciclovárias, porém frequentemente negligenciam variáveis qualitativas, como o medo de assédio por usuários do sexo feminino.

Inovações como veículos autônomos compartilhados (AVs) prometem reduzir emissões de poluentes, mas enfrentam ceticismo público devido às incertezas regulatórias e aos riscos de efeitos colaterais (Chng; Plananska; Cheah, 2023). Paralelamente, conceitos como a "Cidade de 15 Minutos" (Moreno, 2021; Moreno *et al.*, 2021) ganham tração ao propor reorganizações urbanas baseadas em proximidade, mas sua implementação em cidades altamente motorizadas, como as brasileiras, esbarra em desafios de densidade e fragmentação socioespacial (Wang *et al.*, 2024).

3.4. Lacunas e Direções Futuras

3.4.1. Lacunas Identificadas

A literatura atual evidencia lacunas críticas na articulação entre políticas de uso do solo e de transporte, frequentemente tratadas como domínios isolados. Estudos demonstram que, mesmo quando aplicados os Planos de Mobilidade Urbana Sustentável (PMUSs) em cidades de pequeno porte demográfico, a integração entre densidade residencial, diversidade de uso do solo e redes de transporte é incipiente, resultando em intervenções fragmentadas que não alcançam sinergias socioespaciais (Brand; Böhler; Rupprecht, 2021; Eltis, 2021; Maltese; Gatta; Marcucci, 2021). Koohsari *et al.* (2020) complementam essa análise ao revelar que associações não lineares entre ambiente construído e uso de bicicletas exigem limiares mínimos de integração para induzir mudanças comportamentais, limiares raramente considerados em planejamentos dissociados de diretrizes urbanísticas. O manual "Mobilidade por Bicicleta" (BID e Ministério do Desenvolvimento Regional, 2021) alerta para a desconexão entre diagnósticos de mobilidade e planos diretores em cidades latino-americanas, onde a expansão de ciclovias não é acompanhada por zoneamento que priorize destinos cotidianos em proximidade, perpetuando dependência de modos motorizados.

Outra lacuna persistente é a falta de abordagens multidisciplinares capazes de superar o *value-action gap*, definida como a discrepância entre valores declarados e comportamentos reais. Larrañaga *et al.* (2016) criticam a predominância de estudos

que priorizam variáveis objetivas, como infraestrutura e renda, negligenciando dimensões subjetivas como medo de assédio e hábitos culturais, que explicam até 40% da variância nas escolhas modais. Jahanshahi *et al.* (2023) ilustram essa limitação ao mostrar que, em Auckland, Nova Zelândia, a etnia modera percepções sobre infraestrutura cicloviária de forma independente de métricas técnicas, um fenômeno ignorado em modelos tradicionais. A resistência à adoção de veículos elétricos, analisada por D'Adamo *et al.* (2023), exemplifica como fatores simbólicos não são capturados por abordagens unidisciplinares focadas em custo ou eficiência.

3.4.2. Recomendações para Pesquisa Futura

Para preencher essas lacunas, estudos longitudinais são essenciais para avaliar o impacto de intervenções urbanas além de efeitos imediatos. Park, Namkung e Ko (2023) oferecem percepções preliminares sobre mudanças comportamentais durante a pandemia de COVID-19. Astegiano, Fermi e Martino (2019) destacam a necessidade de modelos dinâmicos que capturem efeitos colaterais de intervenções na mobilidade urbana.

A análise de equidade no acesso a modos sustentáveis emerge como prioridade, especialmente em contextos de alta desigualdade. Maharjan *et al.* (2022) mapearam lacunas de acesso modal (MAG) em Chicago, revelando que populações de baixa renda têm 5,4 vezes menos acesso a empregos via transporte público, um padrão replicável em cidades do Sul Global. Futuros estudos devem integrar métricas de equidade espacial, como o “Índice de Bikeabilidade” de Arellana *et al.* (2020), adaptado às realidades locais, com indicadores de justiça distributiva (e.g., tempo de viagem, custo proporcional à renda). Blandin *et al.* (2024) sugerem que a acessibilidade percebida, frequentemente divergente de métricas objetivas, deve ser incorporada a modelos de escolha discreta para identificar grupos excluídos de forma não óbvia, como os residentes periféricos, que superestimam a acessibilidade por veículos de transporte individual.

Ademais, a intersecção entre tecnologia e equidade demanda investigação crítica (Ahmad *et al.*, 2024; Pourhashem *et al.*, 2024). Pesquisas devem desenvolver métodos híbridos que combinem *big data* com pesquisas presenciais em áreas marginalizadas, seguindo o modelo de Maharjan *et al.* (2022).

REFERÊNCIAS

AGRESTI, A. **An introduction to categorical data analysis**. Hoboken, Nj: Wiley, 2019.

AHMAD, M.; KULDASHEVA, Z.; ISMAILOVA, N.; EID BALBAA, M.; AKRAMOVA, N.; UL AIN, N. Effect of the Supply-Side factors on inflation in South Asia: An analysis of oil price, technology, and labor market dynamics. **Research in Globalization**, [s. l.], v. 8, p. 100210, jun. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.resglo.2024.100210>.

AJZEN, I. The theory of planned behavior. **Organizational Behavior and Human Decision Processes**, [s. l.], v. 50, n. 2, p. 179–211, 1991. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T).

AKAR, G.; CLIFTON, K. J. Influence of individual perceptions and bicycle infrastructure on decision to bike. **Transportation Research Record**, [s. l.], n. 2140, p. 165–172, 2009. <https://doi.org/10.3141/2140-18>.

AL-SALIH, W. Q.; ESZTERGÁR-KISS, D. Comparison between Physical Parameters and Sensory Parameters Regarding Travel Behavior Based on Sensitivity Analysis. **Journal of Advanced Transportation**, [s. l.], v. 2022, p. 1–22, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/9061211>.

ANTP - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Público - SIMOB/ANTP. Relatório geral 2018**. [S. l.]: ANTP - Associação Nacional de Transportes Públicos, 2020. Disponível em: <https://files.antp.org.br/simob/sistema-de-informacoes-da-mobilidade--simob--2018.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2023.

ARELLANA, J.; SALTARÍN, M.; LARRAÑAGA, A. M.; GONZÁLEZ, V. I.; HENAO, C. A. Developing an urban bikeability index for different types of cyclists as a tool to prioritise bicycle infrastructure investments. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, [s. l.], v. 139, p. 310–334, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.07.010>.

ASTEGIANO, P.; FERMI, F.; MARTINO, A. Investigating the impact of e-bikes on modal share and greenhouse emissions: a system dynamic approach. **Transportation Research Procedia**, [s. l.], v. 37, p. 163–170, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.179>.

BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO; MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Mobilidade por Bicicleta**. Brasília: IABS, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/mobilidade-e-servicos-urbanos/copy_of_CTR_Bicicleta.pdf. Acesso em: 21 fev. 2022.

BATISTA, M.; BERGHOEFER, F. L.; FRIEDRICH, B. Exploring pedestrian and cyclist preferences for shared space design: A video-based online survey. **Transportation Research Interdisciplinary Perspectives**, [s. l.], v. 22, p. 100976, nov. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100976>.

BEN-AKIVA, M.; LERMAN, S. R. **Discrete choice analysis: theory and application to travel demand**. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1985(Transportation studies).

BEZERRA, B. S.; DOS SANTOS, A. L. L.; DELMONICO, D. V. G. Unfolding barriers for urban mobility plan in small and medium municipalities – A case study in Brazil. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, [s. l.], v. 132, p. 808–822, fev. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.12.006>.

BLANDIN, L.; VECCHIO, G.; HURTUBIA, R.; TIZNADO-AITKEN, I. Car dependency in the urban margins: The influence of perceived accessibility on mode choice. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, [s. l.], v. 184, p. 104098, jun. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2024.104098>.

BRAND, L.; BÖHLER, S.; RUPPRECHT, S. **Topic Guide: Sustainable Urban Mobility Planning in Smaller Cities and Towns**. [S. l.]: Rupprecht Consult, 2021. Disponível em: https://urban-mobility-observatory.transport.ec.europa.eu/document/download/0df8de32-7df7-48f4-b3fe-a248df964fdf_en?filename=sumps_smaller_cities_and_towns.pdf. Acesso em: 5 jul. 2022.

CERVERO, R. Built environments and mode choice: toward a normative framework. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, [s. l.], v. 7, n. 4, p. 265–284, 2002. [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(01\)00024-4](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(01)00024-4).

CHNG, S.; PLANANSKA, J.; CHEAH, L. Comparison of travel attitude study methods using online tools: The case of understanding public acceptance of autonomous vehicles. **Transportation Research Interdisciplinary Perspectives**, [s. l.], v. 20, p. 100847, jul. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100847>.

COX, P.; KOGLIN, T. Spatial dimensions of the marginalisation of cycling – marginalisation through rationalisation? **The Politics of Cycling Infrastructure: Spaces and (In)Equality**. [S. l.]: Policy Press, 2020. p. 55–72. DOI 10.1332/policypress/9781447345152.003.0004. Disponível em: <https://policypress.universitypressscholarship.com/view/10.1332/policypress/9781447345152.001.0001/upso-9781447345152-chapter-004>. Acesso em: 14 dez. 2021.

D'ADAMO, I.; GASTALDI, M.; PICCIONI, J.; ROSA, P. The Role of Automotive Flexibility in Supporting the Diffusion of Sustainable Mobility Initiatives: A Stakeholder Attitudes Assessment. **Global Journal of Flexible Systems Management**, [s. l.], v. 24, n. 3, p. 459–481, set. 2023. <https://doi.org/10.1007/s40171-023-00349-w>.

DE GRANGE, L.; GONZÁLEZ, F.; MARECHAL, M.; TRONCOSO, R. Estimating multinomial logit models with endogenous variables: Control function versus two adapted approaches. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, [s. l.], v. 183, p. 104068, maio 2024. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2024.104068>.

DE SOUSA, A. A.; SANCHES, S. P.; FERREIRA, M. A. G. Perception of Barriers for the Use of Bicycles. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, [s. l.], v. 160, p. 304–313, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.142>.

DÉDELÉ, A.; MIŠKINYTĖ, A.; ANDRUŠAITYTĖ, S.; NEMANIŪTĖ-GUŽIENĖ, J. Dependence between travel distance, individual socioeconomic and health-related characteristics, and the choice of the travel mode: a cross-sectional study for Kaunas, Lithuania. **Journal of Transport Geography**, [s. l.], v. 86, p. 102762, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102762>.

DIAO, M. Towards sustainable urban transport in Singapore: Policy instruments and mobility trends. **Transport Policy**, [s. l.], v. 81, p. 320–330, set. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.05.005>.

DONG, Y.; PENG, C.-Y. J. Principled missing data methods for researchers. **SpringerPlus**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 222, 2013. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-222>.

ELDEEB, G.; MOHAMED, M.; PÁEZ, A. Built for active travel? Investigating the contextual effects of the built environment on transportation mode choice. **Journal of Transport Geography**, [s. l.], v. 96, p. 103158, out. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.103158>.

ELTIS. The SUMP Concept. 2021. Disponível em: <https://www.eltis.org/mobility-plans/sump-concept>. Acesso em: 15 fev. 2022.

FREIRE, C. T.; CALLIL, V.; PICANÇO, M. F. **Impacto social do uso da bicicleta no Rio de Janeiro**. São Paulo: Centro Brasileiro de Pesquisa e Planejamento, 2019.

GRABOW, M. L.; BERNARDINELLO, M.; BERSCH, A. J.; ENGELMAN, C. D.; MARTINEZ-DONATE, A.; PATZ, J. A.; PEPPARD, P. E.; MALECKI, K. M. C. What moves us: Subjective and objective predictors of active transportation. **Journal of Transport & Health**, [s. l.], v. 15, 2019. DOI 10.1016/j.jth.2019.100625. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S221414051830567X>. Acesso em: 28 jan. 2024.

GUTH, D.; SILVA, V. A. C. da. Uso de bicicleta nas cidades brasileiras de pequeno porte: Uma cultura ameaçada. **P2P E INOVAÇÃO**, [s. l.], v. 5, n. 2, p. 83–107, 2019. <https://doi.org/10.21721/p2p.2019v5n2.p83-107>.

GUTH, D.; SOARES, A. (Orgs.). **O Brasil que pedala: a cultura da bicicleta nas cidades pequenas**. [S. l.]: Editora Jaguatirica, 2018.

GUTIÉRREZ, L. R.; OLIVA, M. A. de V.; ROMERO-ANIA, A. Economic, Ecological and Social Analysis Based on DEA and MCDA for the Management of the Madrid Urban Public Transportation System. **Mathematics**, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 172, 2022. <https://doi.org/10.3390/math10020172>.

HASAN, R. A.; ABBAS, A. H.; KWAYU, K. M.; OH, J.-S. Role of social dimensions on active transportation and environmental protection: A survey at the University of Samarra, Iraq. **Journal of Transport & Health**, [s. l.], v. 14, p. 100564, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2019.05.003>.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades IBGE. 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 17 dez. 2021.

IBRAHIM, A. N. H.; BORHAN, M. N.; DARUS, N. S.; MHD YUNIN, N. A.; ISMAIL, R. Understanding the Willingness of Students to Use Bicycles for Sustainable Commuting in a University Setting: A Structural Equation Modelling Approach. **Mathematics**, [s. l.], v. 10, n. 6, p. 861, 2022. <https://doi.org/10.3390/math10060861>.

IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **CO2 Emissions in 2023**. Paris: IEA, 2024. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2023>.

JAHANSHAH, D.; COSTELLO, S. B.; DIRKS, K. N.; CHOWDHURY, S.; WEE, B. V. Understanding Perceptions of Cycling Infrastructure Provision and its Role in Cycling Equity. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, [s. l.], v. 2677, n. 3, p. 820–835, mar. 2023. <https://doi.org/10.1177/03611981221117821>.

JAMAL, S.; MOHIUDDIN, H.; PAEZ, A. How do the perceptions of neighborhood conditions impact active transportation? A study in Rajshahi, Bangladesh. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, [s. l.], v. 87, p. 102525, out. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102525>.

KOOHSARI, M. J.; COLE, R.; OKA, K.; SHIBATA, A.; YASUNAGA, A.; HANIBUCHI, T.; OWEN, N.; SUGIYAMA, T. Associations of built environment attributes with bicycle use for transport. **Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science**, [s. l.], v. 47, n. 9, p. 1745–1757, nov. 2020. <https://doi.org/10.1177/2399808319845006>.

KULKARNI, A.; CHONG, D.; BATARSEH, F. A. Foundations of data imbalance and solutions for a data democracy. **Data Democracy**. [S. l.]: Elsevier, 2020. p. 83–106. DOI 10.1016/B978-0-12-818366-3.00005-8. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128183663000058>. Acesso em: 1 fev. 2024.

LARRAÑAGA, A. M.; RIZZI, L. I.; ARELLANA, J.; STRAMBI, O.; CYBIS, H. B. B. The influence of built environment and travel attitudes on walking: A case study of Porto Alegre, Brazil. **International Journal of Sustainable Transportation**, [s. l.], v. 10, n. 4, p. 332–342, 2016. <https://doi.org/10.1080/15568318.2014.933986>.

LEE, S.; LEE, D. K. What is the proper way to apply the multiple comparison test? **Korean Journal of Anesthesiology**, [s. l.], v. 71, n. 5, p. 353–360, 2018. <https://doi.org/10.4097/kja.d.18.00242>.

LI, J.; WENG, J.; SHAO, C.; GUO, H. Cluster-Based Logistic Regression Model for Holiday Travel Mode Choice. **Procedia Engineering**, [s. l.], v. 137, p. 729–737, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.01.310>.

LIU, C.; TAPANI, A.; KRISTOFFERSSON, I.; RYDERGREN, C.; JONSSON, D. Development of a large-scale transport model with focus on cycling. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, [s. l.], v. 134, p. 164–183, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.02.010>.

LIU, Q.; YAMADA, T.; LIU, H.; LIN, L.; FANG, Q. Healthy Behavior and Environmental Behavior Correlate with Bicycle Commuting. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [s. l.], v. 19, n. 6, 2022. DOI 10.3390/ijerph19063318. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/6/3318>. Acesso em: 4 mar. 2025. MAHARJAN, S.; TILAHUN, N.; ERMAGUN, A. Spatial equity of modal access gap to multiple destination types across Chicago. **Journal of Transport Geography**, [s. l.], v. 104, p. 103437, out. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2022.103437>.

MALTESE, I.; GATTA, V.; MARCUCCI, E. Active Travel in Sustainable Urban Mobility Plans. An Italian overview. **Research in Transportation Business & Management**, [s. l.], v. 40, 2021. DOI 10.1016/j.rtbm.2021.100621. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2210539521000043>. Acesso em: 11 out. 2021.

MASOUMI, H.; CHAKAMERA, C.; MAPAMBA, L.; PISA, N.; SOLTANZADEH, H. Relations of Public Transport Use and Car Ownership with Neighbourhood and City-Level Travel Purposes in Kerman, Iran. **Urban Science**, [s. l.], v. 6, n. 3, p. 48, 13 jul. 2022. <https://doi.org/10.3390/urbansci6030048>.

MATTIOLI, G.; ROBERTS, C.; STEINBERGER, J. K.; BROWN, A. The political economy of car dependence: A systems of provision approach. **Energy Research & Social Science**, [s. l.], v. 66, p. 101486, ago. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101486>.

MORENO, C. Living in Proximity in a Living City. **Glocalism**, [s. l.], n. 3, 30 nov. 2021. DOI 10.12893/gjcpi.2021.3.8. Disponível em: <https://riviste.unimi.it/index.php/glocalism/article/view/20593>. Acesso em: 15 fev. 2025.

MORENO, C.; ALLAM, Z.; CHABAUD, D.; GALL, C.; PRATLONG, F. Introducing the “15-Minute City”: Sustainability, Resilience and Place Identity in Future Post-Pandemic Cities. **Smart Cities**, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 93–111, 8 jan. 2021. <https://doi.org/10.3390/smartcities4010006>.

MUN NG, K.; WAH YUEN, C.; CHUEN ONN, C.; IBTISHAMIAH IBRAHIM, N. Urban Mobility Mode Shift to Active Transport: Sociodemographic Dependency and Potential Greenhouse Gas Emission Reduction. **SAGE Open**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 21582440241228644, jan. 2024. <https://doi.org/10.1177/21582440241228644>.

NÜRNBERG, M. Analysis of using cargo bikes in urban logistics on the example of Stargard. **Transportation Research Procedia**, [s. l.], v. 39, p. 360–369, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.06.038>.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável | As Nações Unidas no Brasil. 2025. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>.

OTSU, T.; TANIGUCHI, G. Kolmogorov–Smirnov type test for generated variables. **Economics Letters**, [s. l.], v. 195, p. 109401, out. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2020.109401>.

PARK, J.; NAMKUNG, O. S.; KO, J. Changes in public bike usage after the COVID-19 outbreak: A survey of Seoul public bike sharing users. **Sustainable Cities and Society**, [s. l.], v. 96, p. 104716, set. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104716>.

POURHASHEM, G.; GEORGOULI, C.; MALICHOVÁ, E.; STRAKA, M.; KOVÁČIKOVÁ, T. Factors influencing the perceived value of travel time in European urban areas. **Transportation**, [s. l.], v. 51, n. 4, p. 1525–1545, 2024. <https://doi.org/10.1007/s11116-023-10376-2>.

PUCHER, J.; DILL, J.; HANDY, S. Infrastructure, programs, and policies to increase bicycling: An international review. **Preventive Medicine**, [s. l.], v. 50, p. S106–S125, jan. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2009.07.028>.

SCHWANEN, T.; DIJST, M.; DIELEMAN, F. M. Policies for Urban Form and Their Impact on Travel: The Netherlands Experience. **Urban Studies**, [s. l.], v. 41, n. 3, p. 579–603, 2004. <http://www.jstor.org/stable/43197097>.

SHENG, Z.; LIU, Y.; QIN, J. Empirical likelihood inference and goodness-of-fit test for logistic regression model under two-phase case-control sampling. **Statistical Theory and Related Fields**, [s. l.], v. 6, n. 4, p. 265–276, 25 nov. 2022. <https://doi.org/10.1080/24754269.2021.1946373>.

SOUSA, I.-C. N. de; PENHA-SANCHES, S. da. Fatores influentes na escolha de rota dos ciclistas. **Revista EURE - Revista de Estudios Urbano Regionales**, [s. l.], v. 45, n. 134, p. 31–52, 2019.

TEIXEIRA, I. P.; RODRIGUES DA SILVA, A. N.; SCHWANEN, T.; MANZATO, G. G.; DÖRRZAPF, L.; ZEILE, P.; DEKONINCK, L.; BOTTELDOOREN, D. Does cycling infrastructure reduce stress biomarkers in commuting cyclists? A comparison of five European cities. **Journal of Transport Geography**, [s. l.], v. 88, p. 102830, out. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102830>.

WALKER, J. L.; BEN-AKIVA, M. Advances in Discrete Choice: Mixture Models. *In*: DE PALMA, A.; LINDSEY, R.; QUINET, E.; VICKERMAN, R. (orgs.). **A Handbook of Transport Economics**. [S. l.]: Edward Elgar Publishing, 2011. DOI 10.4337/9780857930873.00015. Disponível em: <https://china.elgaronline.com/view/edcoll/9781847202031/9781847202031.00015.xml>. Acesso em: 15 fev. 2025.

WANG, J.; KWAN, M.-P.; XIU, G.; DENG, F. A robust method for evaluating the potentials of 15-minute cities: Implications for sustainable urban futures. **Geography and Sustainability**, [s. l.], v. 5, n. 4, p. 597–606, dez. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2024.07.004>.

WARRENS, M. J. Kappa coefficients for dichotomous-nominal classifications. **Advances in Data Analysis and Classification**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 193–208, mar. 2021. <https://doi.org/10.1007/s11634-020-00394-8>.

ZAPATA-DIOMEDI, B.; BOULANGÉ, C.; GILES-CORTI, B.; PHELAN, K.; WASHINGTON, S.; VEERMAN, J. L.; GUNN, L. D. Physical activity-related health and economic benefits of building walkable neighbourhoods: a modelled comparison between brown-field and greenfield developments. **International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 11, 2019. <https://doi.org/10.1186/s12966-019-0775-8>.

ZHAO, Q.; MANAUGH, K. Introducing a Framework for Cycling Investment Prioritization. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, [s. l.], v. 2677, n. 7, p. 265–277, jul. 2023. <https://doi.org/10.1177/03611981231152241>.

CAPÍTULO 2

Uso da Bicicleta em Cidades de Pequeno Porte Populacional: Análise dos fatores influentes por regressão logística binária

RESUMO

Este estudo analisou os fatores determinantes da escolha pela bicicleta como meio de transporte em cidades de pequeno porte populacional, utilizando a cidade de Viçosa, estado de Minas Gerais, Brasil (que abriga aproximadamente 76 mil habitantes) como estudo de caso. Objetivou-se identificar as variáveis que influenciam a preferência modal, com ênfase em aspectos socioeconômicos, posse de veículos, infraestrutura cicloviária e tempo de viagem. A metodologia baseou-se em um modelo de Regressão Logística Binária (RLB) aplicado aos dados obtidos por meio de questionários virtuais, utilizando o procedimento *stepwise* para seleção de covariáveis, o que resultou em um Pseudo R^2 de McFadden=0,417. Os resultados demonstraram que: (i) a posse de automóveis reduz a chance de uso da bicicleta ($\widehat{RC}=0,077$ para um automóvel; $\widehat{RC}=0,034$ para 2 automóveis); (ii) a disponibilidade de bicicletas no domicílio aumenta significativamente essa chance ($\widehat{RC}=83,355$ para uma bicicleta; $\widehat{RC}=103,950$ para duas bicicletas); (iii) deslocamentos acima de 30 minutos inibem a escolha por modos ativos em 91,2% ($\widehat{RC}=0,088$). Concluiu-se que a motorização e a duração das viagens são barreiras à adoção da bicicleta como meio de transporte, enquanto a acessibilidade espacial (presente no conceito de "cidade 15 minutos") e incentivos à posse de bicicletas são catalisadores essenciais. O estudo contribui para a literatura ao validar a aplicação do modelo de RLB para uso dados de cidades pequenas, destacando a necessidade de políticas integradas: redes cicloviárias conectadas, restrições à motorização e subsídios para aquisição de bicicletas.

Palavras-chave: Mobilidade urbana; Cidades de pequeno porte populacional; Infraestrutura cicloviária.

ABSTRACT

This study analyzed the determining factors for choosing a bicycle as a mode of transport in small-sized cities, using the city of Viçosa, Minas Gerais, Brazil (which has approximately 76,000 inhabitants) as a case study. The objective was to identify the variables that influence modal preference, with an emphasis on socioeconomic aspects, vehicle ownership, cycling infrastructure, and travel time. The methodology was based on a Binary Logistic Regression (BLR) model applied to data obtained through virtual questionnaires, using the stepwise procedure for covariate selection, which resulted in a McFadden's Pseudo $R^2 = 0.417$. The results demonstrated that: (i) car ownership reduces the likelihood of bicycle use ($\widehat{OR}=0.077$ for one car; $\widehat{OR}=0.034$ for two cars); (ii) the availability of bicycles at home significantly increases this likelihood ($\widehat{OR}=83.355$ for one bicycle; $\widehat{OR}=103.950$ for two bicycles); (iii) trips over 30 minutes inhibit the choice of active modes by 91.2% ($\widehat{OR}=0.088$). It was concluded that motorization and travel duration are barriers to the adoption of cycling as a mode of transport, while spatial accessibility (present in the "15-minute city" concept) and incentives for bicycle ownership are essential catalysts. The study contributes to the literature by validating the application of the BLR model for data from small cities, highlighting the need for integrated policies: connected cycling networks, restrictions on motorization, and subsidies for bicycle acquisition.

Keywords: Urban mobility; Small-sized cities; Cycling infrastructure.

1. INTRODUÇÃO

Municípios brasileiros de pequeno porte populacional enfrentam desafios singulares na gestão da mobilidade urbana, decorrentes de processos de urbanização desordenados, restrições infraestruturais e escassez de investimentos. Essas condições geram externalidades negativas como congestionamentos, assimetrias na acessibilidade a serviços essenciais e pressões ambientais. Especificamente em núcleos urbanos com menos de 100 mil habitantes, observam-se dinâmicas socioespaciais distintas, marcadas pela centralização de atividades econômicas e pelas fragilidades sistêmicas nos modelos de transporte (Brasil, 2012; Koohsari et al., 2023).

Neste trabalho, elegeu-se Viçosa, localizada na Zona da Mata do estado de Minas Gerais (MG), como área de estudo. Com uma população de cerca de 76 mil habitantes (IBGE, 2025), relevo acidentado e a presença da Universidade Federal de Viçosa (UFV), que atua como um importante gerador de deslocamentos diários, a cidade ilustra uma contradição entre o potencial para modos de transporte ativos e a crescente dependência de veículos motorizados, evidenciada pela expansão da frota automotiva (57,03% da frota veicular) (Brasil, 2024). Trata-se, portanto, de um cenário singular para análise modal; uma vez que essa dicotomia evidencia uma lacuna entre a intenção e prática sustentável, na qual barreiras como carência de infraestrutura cicloviária e oferta insuficiente de transporte público coletivo inibem a adoção de modos ativos (Larrañaga et al., 2016; Mattioli et al., 2020).

Essa divergência, conhecida como *value-action gap* (Vázquez-Paja et al. 2024), ocorre quando a consciência ambiental não se reflete em práticas sustentáveis. Fatores como infraestrutura cicloviária inadequada, oferta limitada de transporte público coletivo e questões de segurança, intensificadas pela operação noturna de cursos na UFV, dificultam a adoção de modos não motorizados. Diante de tais desafios, políticas públicas adaptadas, que incorporem conceitos como o de “cidades 15 minutos” (Moreno, 2021), são essenciais para alinhar paradigmas globais às particularidades locais, considerando restrições geográficas e socioeconômicas.

Neste sentido, aplicou-se um modelo de Regressão Logística Binária (RLB) para analisar os determinantes da escolha pela bicicleta como um modo de transporte ativo em Viçosa-MG. A abordagem metodológica permitiu quantificar o efeito de variáveis socioeconômicas, como a posse de veículos e de peculiaridades

das viagens na escolha da bicicleta como meio de transporte, oferecendo subsídios empíricos para elaboração de estratégias alinhadas à Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei Federal nº 12.587/2012) e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 11 e 13) da Organização das Nações Unidas (ONU, 2025) ONU os quais visam a redução de emissões e o acesso equitativo a transportes sustentáveis.

A pesquisa avança ao integrar três dimensões fundamentais: i) Aplicação de um modelo de RLB a dados gerados a partir da análise em uma cidade de pequeno porte, preenchendo as lacunas na literatura, que são focadas em centros urbanos maiores; ii) Análise combinada de fatores contextuais (ex.: topografia, infraestrutura) e temporais (ex.: duração das viagens) e III) Adaptação de conceitos globais de sustentabilidade a contextos locais, com ênfase em viabilidade prática.

Os resultados visam orientar políticas que promovam equidade no acesso, priorizem modos ativos e fortaleçam a integração multimodal, contribuindo, portanto, para cidades mais resilientes e inclusivas.

2. METODOLOGIA APLICADA

Este tópico apresenta os procedimentos adotados para investigar os padrões de mobilidade urbana na cidade de Viçosa, Minas Gerais, desde a coleta e a preparação dos dados até a especificação, a estimação de parâmetros e a validação do Modelo de RLB. O propósito foi tornar a análise transparente e replicável, alinhando-se às melhores práticas científicas para estudos sobre modais de transporte baseados em modelos lineares generalizados (Harris, 2021a).

2.1. Local do estudo

O município de Viçosa-MG, inserido na Zona da Mata mineira (Figura 1), oferece um contexto ideal para análise de escolhas modais binárias (bicicleta × outros modos). Caracterizada por relevo acidentado e influência significativa da Universidade Federal de Viçosa (UFV), o município evidencia um contraste entre iniciativas recentes de infraestrutura cicloviária e a crescente motorização, com 57,03% da frota composta por automóveis (Brasil, 2024; IBGE, 2025), criando um cenário propício para investigar variáveis importantes para adoção da bicicleta.



Figura 1 - Mapa de localização do município de Viçosa-MG

Fonte: o autor.

Conforme dados oficiais (IBGE, 2025):

- i. População: 76.430 habitantes, com área urbanizada de 18,23 km² (6,1% do território municipal);
- ii. Frota veicular (2024): total de 52.755 veículos, sendo 30.087 automóveis (57,03%) e 20.432 motocicletas (38,7%) (Brasil, 2024). Observa-se um crescimento de 34,75% na frota na última década (Brasil, 2016, 2024; IBGE, 2025);
- iii. O sistema de transporte público coletivo opera com 56 linhas de ônibus, cujos horários, em algumas rotas, variam entre 05h40min e 22h20min (Prefeitura Municipal de Viçosa, 2022); e
- iv. A taxa de escolarização na faixa etária de 6 a 14 anos atinge 99% (IBGE, 2025).

O campus Viçosa da UFV emerge como eixo estruturador dos deslocamentos, uma vez que i) 20-33% da população realiza viagens diárias vinculadas à universidade; ii) há o provimento de 4.250m de vias dedicadas à prática do ciclismo (ciclovias + ciclofaixas) (UFV, 2023).

2.2. Base de Dados

A pesquisa baseou-se em 202 questionários válidos, obtidos por meio de uma plataforma *online* entre abril e novembro de 2023 (GOOGLE, 2023). A amostra foi estratificada para representar diferentes perfis socioeconômicos da população de Viçosa-MG. A variável resposta (Y) dicotômica — uso predominante da bicicleta (Y=1) *versus* outros modos (Y=0) — foi consolidada a partir do modo principal declarado para deslocamentos diários, enquanto as covariáveis incluíram posse de veículos, tempo de viagem, características socioeconômicas dos indivíduos entre outras. Destaca-se que, conforme Assele, Meulders e Vandebroek (2023), o tamanho da amostra adotado é suficiente, uma vez que, normalmente, estudos desse tipo são realizados com “n” variando entre 20 e 300 indivíduos.

Adicionalmente, as informações coletadas abrangeram dois eixos principais, apresentados e descritos na sequência:

2.2.1. Características Socioeconômicas

Foram coletados dados sociais, abordando variáveis como idade, tempo de escolaridade (categorizada em quatro categorias distintas: ensino fundamental, ensino médio, ensino superior e pós-graduação) e composição familiar (número de pessoas por domicílio), entre outras. Dados econômicos, abordando variáveis com informações, por exemplo, sobre a posse e o número de veículos na residência do entrevistado (número de automóveis, número de bicicletas e número de motocicletas).

2.2.2. Padrões de Deslocamento

Este eixo teve foco, principalmente, na coleta da variável resposta do modelo, ou seja, na escolha de cada indivíduo com relação ao meio de transporte predominantemente utilizado para viagens diárias. O estudo envolveu um total de duas alternativas de escolha, sendo essas: Uso de bicicleta ($Y=1$) e uso de outros modos de transporte ($Y=0$). Adicionalmente, as informações sobre outras variáveis explicativas também foram coletadas nesse eixo, como o tempo médio de deslocamento (categorizada em cinco categorias distintas: até 15 minutos, 15–30 minutos, 30–45 minutos, 45 minutos–1 hora, mais de 1 hora) e o motivo da viagem (trabalho, estudo, compras, lazer e saúde).

Em resumo, as variáveis cujas informações foram coletadas neste estudo são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Resumo das variáveis abordadas na base de dados

Descrição da variável	Natureza da variável	Especificação da variável
Idade	Contínua	O número ou a idade aproximada em anos do indivíduo
Cor ou etnia	Categórica	Amarelo; branco; indígena; pardo; preto
Renda mensal ¹	Categórica	< 1 SM; 1 a 3 SM; 3 a 6 SM; 6 a 10 SM; 10 a 15 SM; 15 a 20 SM; > 20 SM
Número de pessoas na família	Categórica	Pessoas1; Pessoas2; Pessoas3; Pessoas4; Pessoas5+
Grau de escolaridade ²	Categórica	EscolaridadeEF; EscolaridadeEM; EscolaridadeES; EscolaridadePG
Número de bicicletas no domicílio	Categórica	Bicicletas0; Bicicletas1; Bicicletas2; Bicicletas3; Bicicletas4+
Número de automóveis no domicílio	Categórica	Automóveis0; Automóveis1; Automóveis2; Automóveis3; Automóveis4+
Número médio de passageiros por automóvel no domicílio	Categórica	Passageiros1; Passageiros2; Passageiros3; Passageiros4; Passageiros5+
Número de motocicletas no domicílio	Categórica	Motocicletas0; Motocicletas1; Motocicletas2; Motocicletas3; Motocicletas4+
Tempo médio das viagens comuns realizadas no cotidiano	Categórica	Tempo15 - 30min; Tempo30 - 45min; Tempo 45min - 1h; Tempo > 1 hora
Número médio de viagens diárias (ida e volta contabilizam 2 viagens)	Categórica	Viagens1; Viagens2; Viagens3; Viagens4; Viagens5+
Motivo do deslocamento mais frequente	Categórica	MotivoEscola; MotivoLazer; MotivoSaúde; MotivoServiços; MotivoTrabalho

¹ SM: Salário mínimo. ² EF: Ensino Fundamental, EM: Ensino Médio, ES: Ensino Superior, PG: Pós-Graduação

2.3. Análise Estatística Aplicada

Para a análise estatística dos dados coletados e para a estimação dos parâmetros do modelo de RLB, utilizou-se o software livre R, versão 4.4.2 (The R Foundation, 2024), que se destacou por sua robustez e por sua flexibilidade no processamento dos dados e na implementação do modelo econométrico proposto. Mais especificamente, os procedimentos estatísticos adotados são apresentados na sequência.

2.3.1. Preparação e tratamento dos dados coletados

2.3.1.1. Limpeza

A amostra foi refinada mediante exclusão de registros inconsistentes (ex.: discrepância entre posse e uso de veículos) ou incompletos. Do total inicial de 266 respondentes, 64 foram descartados, resultando em 202 indivíduos com respostas válidas para análise.

2.3.1.2. Codificação das variáveis

Para as variáveis categóricas, adotou-se o esquema de codificação *dummy*, estabelecendo categorias de referência de acordo com práticas tradicionais na literatura (Agresti, 2013; Hosmer; Lemeshow; Sturdivant, 2013).

Tabela 2. Esquema de Codificação *Dummy* para variáveis com duas categorias, mantendo a primeira categoria como referência.

Número de categorias	Categoria	D1
2 categorias	1	0
	2	1

Fonte: o autor.

2.3.2. Modelo de Regressão Logística Binária (RLB)

O modelo de RLB pressupõe que a variável resposta seja dicotômica (e.g., escolha vs. não escolha, sucesso vs. Fracasso, sim vs. não etc.), o que, nesse trabalho, foi feito adotando-se sucesso ($Y=1$) como a escolha de um indivíduo pelo modo bicicleta e fracasso ($Y=0$) como a escolha do mesmo por qualquer outro modo de transporte. Adicionalmente, para sua aplicação, as seguintes condições metodológicas devem ser atendidas: i) Mutualidade Exclusiva: cada observação deve pertencer a apenas uma das duas categorias da variável resposta, ii) Exaustividade: todas as observações devem ser classificadas em uma das duas categorias e iii) Independência das Observações: as escolhas dos indivíduos foram assumidas como independentes entre si.

A equação (1) descreve o modelo de RLB em termos do i) logit da probabilidade de sucesso ou de escolha de bicicleta [$\text{logit}(p_n) = \ln\left(\frac{p_n}{1-p_n}\right)$], ii) dos p pesos ou do vetor de parâmetros desconhecidos [$\boldsymbol{\beta} = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p)'$] e das iii) p variáveis explicativas ($x_{n1}, x_{n2}, \dots, x_{np}$) ou do vetor linha \mathbf{x}'_n , que contém as características do n -ésimo indivíduo da amostra:

$$\text{logit}(p_n) = \ln\left(\frac{p_n}{1-p_n}\right) = \mathbf{x}'_n \boldsymbol{\beta} = \beta_0 + \beta_1 x_{n1} + \dots + \beta_p x_{np} \quad (1)$$

Uma vez que a função de ligação logit (canônica) é monótona e diferenciável (Nelder & Wedderburn, 1972), pode-se invertê-la e reescrever o modelo em termos das probabilidades de sucesso, conforme descrito na Equação (2):

$$p_n = P(Y_n = 1) = \text{logit}^{-1}(\mathbf{x}'_n \boldsymbol{\beta}) = \frac{1}{1 + e^{-\mathbf{x}'_n \boldsymbol{\beta}}} \quad (2)$$

Por fim, a estimação dos parâmetros do modelo de RLB foi realizada pelo método da máxima verossimilhança (Agresti, 2013; Hosmer; Lemeshow; Sturdivant, 2013), que encontra as estimativas de $\boldsymbol{\beta}$ que maximizam a função de verossimilhança $L(\boldsymbol{\beta})$ ou o seu logaritmo natural $l(\boldsymbol{\beta}) = \ln[L(\boldsymbol{\beta})]$.

2.3.2.1. Estruturação de dados para análise pela função *GLM* do *software* R

Para implementação do modelo de RLB no R, os dados foram organizados em formato tabular, no qual cada linha correspondeu a uma observação individual e as colunas representavam as variáveis do modelo. A função “glm” do pacote “stats” foi utilizada para ajustar o Modelo de RLB, utilizando a família Binomial e o *link* ou a função de ligação *logit*. As variáveis explicativas (independentes) foram organizadas como numéricas ou categóricas, sendo as últimas utilizadas para assegurar que efeitos não lineares pudessem ser capturados, caso existissem.

2.3.3. Seleção de Variáveis

A seleção das variáveis e a definição do modelo final de RLB ocorreu por meio do procedimento *stepAIC*, que executou uma seleção *stepwise* (passo a passo) dentro do conjunto de variáveis explicativas disponíveis. Mais especificamente, o procedimento *stepwise* realiza uma abordagem bidirecional (*both*), combinando estratégias *forward* (adição de variáveis) e *backward* (remoção de variáveis), o que permite reavaliar a contribuição de cada variável, a cada iteração, e selecionar o subconjunto de variáveis que produza o modelo mais parcimonioso ou que minimize o Critério de Informação de Akaike (AIC), descrito na Equação (3) (Hosmer; Lemeshow; Sturdivant, 2013; Giolo, 2017).

$$AIC = -2[l(\hat{\beta}) - v] \quad (3)$$

Sendo que $l(\hat{\beta}) = \ln [L(\hat{\beta})]$ corresponde ao logaritmo natural ajustado da função de verossimilhança do modelo de RLB e v ao número de parâmetros estimados no modelo (dimensão do vetor β).

2.3.2. Significância e interpretação das estimativas

A significância estatística dos coeficientes (estimados por máxima verossimilhança) no modelo de RLB foi avaliada por meio do teste Z de Wald, com o

respectivo valor p (mencionado apenas como p) (Akoglu, 2018; Dong; Peng, 2013; Hosmer; Lemeshow; Sturdivant, 2013; Sheng; Liu; Qin, 2022). Adotou-se um nível de significância de $\alpha = 5\%$, onde valores $p \leq \alpha$ indicaram rejeição da hipótese nula $H_0: \beta_p = 0$ (ausência de efeito estatisticamente significativo) em favor de $H_1: \beta_p \neq 0$ (efeito estatisticamente significativo).

Para a interpretação prática dos efeitos, utilizou-se a Razão de Chances (RC), que quantificou o aumento ou a redução na chance de ocorrência de sucesso ($Y = 1$) quando um aumento de uma unidade (em uma variável contínua) ou quando a mudança de categoria (em uma variável categórica) era observado.

A RC para a k -ésima variável foi definida pela Equação (4):

$$RC_k = \frac{\Omega_{k+1} \exp\{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k (x_k + 1) + \dots + \beta_p x_p\}}{\Omega_k \exp\{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k + \dots + \beta_p x_p\}} = \exp(\beta_k)$$

Em que β_k é o efeito da variável x_k , mantendo constantes o efeito das demais covariáveis do modelo (Hosmer; Lemeshow; Sturdivant, 2013). Destaca-se que a interpretação de Razão de Chances é dada da seguinte forma:

$$RC_k = \begin{cases} > 1, \text{ a chance de } Y = 1 \text{ é } RC_k \text{ vezes maior do que a chance de } Y = 0 \\ < 1, \text{ a chance de } Y = 1 \text{ é } RC_k \text{ vezes menor do que a chance de } Y = 0 \end{cases}$$

Por exemplo, uma $RC_k = 2,10$ indica que a chance de sucesso ($Y=1$) torna-se 2,10 vezes maior do que a chance de fracasso ($Y=0$) quando ocorre o aumento de uma unidade na k -ésima variável ou quando altera-se uma categoria na k -ésima variável categórica.

2.3.3. Diagnóstico do Modelo

Para avaliação do modelo de RLB, utilizou-se o Teste da Razão de Verossimilhanças (TRV) para comparar a verossimilhança ajustada do modelo completo (com as covariáveis selecionadas via procedimento *stepwise*) com a do modelo nulo (apenas intercepto). A hipótese nula (H_0) assume que o efeito de todos os parâmetros associados às covariáveis são conjuntamente iguais a zero, enquanto a hipótese alternativa (H_1) que o efeito de pelo menos um dos coeficientes difere de

zero (Hosmer; Lemeshow; Sturdivant, 2013). Formalmente, isto foi regido pela Equação (5):

$$\begin{cases} H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p = 0 \forall_p \\ H_1: \text{Pelo menos um } \beta_p \neq 0 \end{cases} \quad (5)$$

Adicionalmente, a medida denominada como Pseudo R^2 de McFadden ou $\hat{\rho}^2$, também é empregada para avaliar a qualidade do ajuste do modelo (McFadden, 1973). Seu valor é obtido em função da seguinte razão de log-verossimilhanças ajustadas, conforme a Equação (6):

$$\hat{\rho}^2 = 1 - \left[\frac{l(\hat{\beta})}{l(\hat{\mathbf{0}})} \right] \quad (6)$$

Em que $l(\hat{\beta}) = \ln [L(\hat{\beta})]$ é o logaritmo natural da função de verossimilhança do modelo de MLB, ajustada pelo vetor de estimativas de máxima verossimilhança ou $\hat{\beta}$, e $l(\hat{\mathbf{0}}) = \ln [L(\hat{\mathbf{0}})]$ é o logaritmo natural da função de verossimilhança do modelo de RLB nulo ou ajustado apenas com as constantes específicas das alternativas.

A razão $l(\hat{\beta})/l(\hat{\mathbf{0}})$ varia entre 0 e 1 e se aproxima de 1 conforme mais importantes foram as variáveis explicativas utilizadas (McFadden, 1973; Hosmer; Lemeshow; Sturdivant, 2013). E, diferente do R^2 em modelos lineares, de acordo com os referidos autores, valores de $\hat{\rho}^2$ entre 0,2 e 0,4 já indicam um excelente ajuste.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análise descritiva da amostra

O Quadro 1 apresenta as características socioeconômicas da amostra populacional da cidade de Viçosa-MG, constituída por 266 participantes.

Quadro 1. Análise socioeconômica da amostra populacional do município de Viçosa-MG

Variáveis	Estratificação	n (%)	Uso semanal da bicicleta	
			Não (%)	Sim (%)
Idade (anos) (média ± desvio padrão)	31,0 ± 13,2			
Grupos de idade do indivíduo	15 – 24 anos	135 (46%)	49 (17)	86 (30)
	25 – 34 anos	68 (23%)	36 (12)	32 (11)
	35 – 44 anos	48 (16%)	27 (9)	21 (7)
	≥ 45 anos	40 (14%)	22 (8)	18 (6)
Cor	Branca e Amarela ⁽¹⁾	196 (67%)	92 (32)	104 (35)
	Parda	69 (24%)	33 (11)	36 (12)
	Preta	26 (9%)	9 (3)	17 (6)
Renda familiar mensal	Mais de 15 SM ⁽²⁾	24 (8%)	12 (4)	12 (4)
	10 a 15 SM	37(13%)	19 (7)	18 (6)
	6 a 10 SM	46 (16%)	20 (7)	26 (9)
	3 a 6 SM	66 (23%)	31 (11)	35 (12)
	1 a 3 SM	98 (34%)	44 (15)	54 (18)
	Menos de um SM	20 (7%)	8 (3)	12 (4)
Número de pessoas na família	Uma	47 (16%)	25 (9)	21 (7)
	Duas	45 (15%)	29 (10)	16 (5)
	Três	81 (28%)	38 (13)	43 (15)
	Quatro	87 (30%)	30 (10)	57 (19)
	Cinco ou mais	31 (11%)	12 (4)	19 (6)
Grau de escolaridade	Pós-Graduação	78 (27%)	40 (14)	38 (13)
	Ensino superior	100 (34%)	49 (17)	51 (18)
	Até ensino médio ⁽³⁾	113 (39%)	45 (15)	68 (23)
Estrato socioeconômico	A	45 (15%)	23 (8)	22 (7)
	B1	74 (25%)	30 (10)	44 (15)
	B2	104 (36%)	50 (17)	54 (19)
	C1	50 (17%)	24 (8)	26 (9)

	Até C2 ⁽⁴⁾	19 (7%)	7 (2)	12 (4)
<p>(1) Agruparam-se os respondentes de cor “amarela” aos respondentes de cor “branca”, uma vez que eram um número inexpressivo frente ao tamanho do espaço amostral, como maneira de simplificar a regressão multinomial e evitar multicolinearidades entre as variáveis;</p> <p>(2) Idem para os respondentes com renda entre 15 e 20 SM e os respondentes com renda maior que 20 SM; (3) Idem para respondentes com grau de escolaridade inferior ou igual a “Ensino médio”; (4) Idem para respondentes com estrato socioeconômico inferior ou igual a C2.</p>				

Fonte: o autor

Observou-se que a amostra foi caracterizada, em sua maioria, por pessoas que se declararam brancas, com pelo menos o ensino médio completo e pertencentes ao estrato socioeconômico B2. O grau de escolaridade da amostra demonstrou a influência da UFV no município, por isso infere-se que o engajamento às questões tocantes à mobilidade urbana sustentável foi maior na parcela da população com maior grau de escolaridade.

Notou-se ainda que os indivíduos jovens perfazem a maioria da amostra usuária de bicicleta, que também se identifica como sendo da cor branca, com renda familiar de até seis salários mínimos (SM), escolaridade até o ensino superior, com três ou mais pessoas na família e de estrato socioeconômico B2 ou inferior, em consonância com os resultados de Silva et al. (2020). Algumas dessas observações são semelhantes às destacadas por Callil e Costanzo (2018) que apontaram o uso predominante da bicicleta por pessoas pertencentes aos estratos socioeconômicos C1, C2 e D-E, mas também podem ser interpretados como variações esperadas de acordo com as especificidades de cada local de estudo.

3.2. Resultados da Estimação dos parâmetros do modelo de RLB

Os coeficientes estimados para o modelo de RLB, após a aplicação do procedimento *stepwise*, encontram-se apresentados na Tabela 3. Os resultados incluem as estimativas de máxima verossimilhança ($\hat{\beta}$), bem como os erros-padrão e os respectivos valores-p (estimativas significativas a 5% estão com o valor de p em negrito na tabela).

Tabela 3. Resultados obtidos a partir do ajuste do modelo de RLB

Variável	$\hat{\beta}$	Erro Padrão	Z	p
(Intercepto)	-7,157	5152,007	-0,001	0,999
Automóveis1	-2,562	0,654	-3,919	< 0,001
Automóveis2	-3,393	0,834	-4,071	< 0,001
Automóveis3	-16,499	2371,835	-0,007	0,994
Renda>1 salário	-19,226	1593,220	-0,012	0,990
Renda1 a 3 salários	-0,286	1,501	-0,191	0,849
Renda10 a 15 salários	0,478	1,610	0,297	0,767
Renda15 a 20 salários	2,060	1,676	1,229	0,219
Renda3 a 6 salários	0,987	1,518	0,650	0,515
Renda6 a 10 salários	0,024	1,564	0,015	0,988
CorBranca	3,399	5152,006	0,001	0,999
CorParda	5,033	5152,006	0,001	0,999
CorPreta	4,415	5152,006	0,001	0,999
Bicicletas1	4,423	1,127	3,924	< 0,001
Bicicletas2	4,644	1,186	3,915	< 0,001
Bicicletas3	3,840	1,215	3,161	0,002
Tempo15 a 30 minutos	-0,862	0,524	-1,644	0,100
Tempo30 a 45 minutos	-2,431	0,938	-2,591	0,010
Tempo45 min. até 1 hora	-18,034	2035,891	-0,009	0,993
TempoMais de 1 hora	1,596	1,207	1,322	0,186

AIC = 159,61; $\hat{\rho}^2 = 41,70\%$

Fonte: o autor

O modelo apresentou um Pseudo R^2 de McFadden ou $\hat{\rho}^2 = 0,4170$, indicando um ajuste adequado segundo critérios estabelecidos na literatura técnica (McFadden, 1973; Hosmer; Lemeshow; Sturdivant, 2013). Mais especificamente, concluiu-se aqui que as variáveis explicativas utilizadas capturaram cerca de 41,70% da variabilidade no comportamento de escolha modal. O AIC = 159,6 foi o menor AIC obtido a partir da combinação de diversos modelos testados no procedimento stepwise e, portanto, reforça a adequação, a parcimônia e a capacidade explicativa do modelo final.

As variáveis Automóveis1 ($\hat{\beta} = -2,562; p < 0,001$) e Automóveis2 ($\hat{\beta} = -3,393; p < 0,001$) mostraram-se estatisticamente significativas, indicando que o

aumento na disponibilidade de automóveis reduz a probabilidade de escolha de bicicleta como meio de transporte. Em contraste, variáveis como Renda e Cor não apresentaram significância estatística ($p > 0,05$), sugerindo que esses fatores não influenciaram decisivamente na escolha pela bicicleta como meio de transporte. No entanto, ainda assim, o procedimento *stepwise* decidiu por manter essas variáveis não significativas no modelo. Isso ocorreu porque, omitindo-as, o AIC do modelo (AIC = 163,25) obtido se mostrou superior ao AIC deste modelo final (AIC = 159,61).

O Quadro 2 apresenta as probabilidades (médias) de escolha, estimadas com base na equação ajustada do modelo de RLB para a amostra de indivíduos. Mais especificamente, são apresentadas as probabilidades de escolha de bicicleta [$P(Y=1)$] e de outros [$P(Y=0)$] modos de transporte, bem como as chances de escolha de cada um destes. Destaca-se ainda que a razão de chances geral indicou que a chance de escolher a bicicleta foi 0,0625 vezes menor do que a chance de escolher outros modos de transporte para essa amostra.

Quadro 2. Probabilidades médias de escolha das alternativas de meio de transporte

Modos de Transporte	Bicicleta	Outros	Chance (Bicicleta)	Chance (Outros)	Razão de Chances
Probabilidade Média	20,0%	80,0%	$\frac{0,20}{0,80} = 0,25$	$\frac{0,80}{0,20} = 4$	$\frac{0,25}{4} = 0,0625$

Fonte: o autor.

Observou-se aqui uma alta adesão pela bicicleta (20,0%), principalmente ao comparar tal percentual com a média nacional de 3% obtida pela Associação Nacional dos Transportes Públicos (ANTP 2020) ou, ainda, comparando-o com a proporção de pessoas que utilizam da mobilidade ativa (a pé ou de bicicleta) em deslocamentos para o local de trabalho (23,5%) (Pereira; Bazzo, 2024). Entre os fatores que contribuem para essa elevada taxa estão: i) a dimensão reduzida da cidade, a ii) topografia predominantemente plana da área Central da cidade, a qual se insere o campus da UFV e iii) a implantação recente de infraestrutura cicloviária no ambiente universitário (Guth; Silva, 2019; Teixeira *et al.*, 2020; Jahanshahi *et al.*, 2023).

3.3. Interpretação dos Resultados da Razão de Chances

O resultado do modelo de RLB revelou algumas associações significativas entre as variáveis explicativas e a escolha por bicicleta como modo de transporte. Nesse sentido, para entender melhor essa relação, as razões de chances são apresentadas no Quadro 3:

Quadro 3. Razões de Chances para as variáveis significativas analisadas

Variável Explicativa	Alternativa de Escolha (j)	Alternativa de Referência ($j = 1$)	Razão de Chances ($\hat{\Omega}_{j,r}$)
Automóveis	Automóveis1	Automóveis0	0,077
	Automóveis2	Automóveis0	0,034
Bicicletas	Bicicletas1	Bicicletas0	83,355
	Bicicletas2	Bicicletas0	103,950
	Bicicletas3	Bicicletas0	46,538
Tempo	Tempo30 a 45 minutos	Tempo Até 15 min	0,088

Fonte: os autores.

Para domicílios com um automóvel, a chance de escolher meios de transporte não motorizados foi reduzida em 92,3% ($\widehat{RC} = 0,077$) em comparação àqueles sem veículos. Esse efeito intensificou-se na presença de dois automóveis, com redução de 96,6% ($\widehat{RC} = 0,034$) na chance de escolha da bicicleta como meio de transporte, corroborando com a literatura técnica que vem apontando a motorização como barreira à mobilidade ativa (Guth; Soares, 2018; Guth; Silva, 2019; ANTP, 2020). Tais resultados sugerem que o acesso a veículos motorizados particulares consolida a dependência do transporte motorizado, mesmo em cidades de pequeno porte populacional.

Em contraste, a posse de bicicletas aumentou a chance de escolha desse meio de transporte. Mais especificamente, a existência de uma bicicleta no domicílio ($\widehat{RC} = 83,355$), duas bicicletas ($\widehat{RC} = 103,950$) e três bicicletas ($\widehat{RC} = 46,538$) elevou consideravelmente a chance de escolha da bicicleta como meio de deslocamento. Essa tendência reforça a importância de políticas urbanas integradas, capazes de transformar a cultura da mobilidade urbana por meio de intervenções tangíveis (Jamal; Mohiuddin; Paez, 2020; Koohsari *et al.*, 2020; Eldeeb; Mohamed; Páez, 2021).

O tempo de viagem também emergiu como determinante relevante. Deslocamentos entre 30 e 45 minutos reduziram a chance de escolha da bicicleta como meio de transporte em 91,2% ($\widehat{RC} = 0,088$) frente a viagens curtas (≤ 15 minutos). Essa disparidade reflete a percepção de conveniência como fator decisivo, alinhando-se a estudos que associam a eficiência temporal à preferência por modos rápidos e diretos (Moreno *et al.*, 2021; Both *et al.*, 2022). Em contextos urbanos compactos, como o campus da UFV, a centralização de serviços encurta distâncias, favorecendo meios de transporte ativos como o deslocamento a pé e por bicicleta.

4. CONCLUSÕES

Os resultados desse trabalho, fundamentados em um modelo de RLB, revelaram padrões importantes na dinâmica modal da cidade de Viçosa-MG. A análise quantitativa, respaldada por métricas estatísticas robustas, confirma que a escolha pela bicicleta como modo de transporte é regida por determinantes específicos, os quais apresentam implicações teóricas e práticas relevantes para o planejamento urbano em cidades de pequeno porte populacional.

Conclui-se que a posse de automóveis demonstrou relação inversamente proporcional à adoção de meios de transporte sustentáveis. Especificamente, domicílios com um automóvel registraram redução de 92,3% nas chances de utilização de bicicleta ($\widehat{RC} = 0,077$); enquanto que domicílios com dois automóveis, a redução atingiu 96,6% ($\widehat{RC} = 0,034$). Estes achados validam a hipótese de que a motorização consolida uma cultura de dependência veicular, mesmo em contextos urbanos compactos (Guth e Silva, 2019), comprometendo metas de sustentabilidade.

O acesso à bicicleta emergiu como o preditor mais impactante. A existência de duas bicicletas no domicílio elevou as chances de seu uso em 103,95 vezes ($\widehat{RC} = 103,95$) relativamente a domicílios sem unidades. Observou-se uma não linearidade no efeito, com redução marginal para a posse de três bicicletas no domicílio ($\widehat{RC} = 46,54$), sugerindo possível saturação do impacto. Tal associação sublinha o papel catalisador da disponibilidade física do meio de transporte, alinhando-se a evidências internacionais sobre substituição veicular (Pucher; Dill; Handy, 2010).

Viagens superiores a 30 minutos operaram como inibidor crítico, uma vez que deslocamentos entre 30 e 45 minutos reduziram a probabilidade de escolha por meios ativos de transporte em 91,2% ($\widehat{RC} = 0,088$). Este limiar corrobora o paradigma das "cidades de 15 minutos" (Moreno, 2021), evidenciando que a viabilidade de modos sustentáveis está intrinsecamente vinculada à proximidade espacial de serviços.

As razões de chances quantificam prioridades para intervenções em políticas públicas:

- Restrições à motorização: Implementação de zonas de baixa emissão no centro urbano e redução progressiva de vagas de estacionamento, estratégias respaldadas pelo $\widehat{RC} = 0,034$ para domicílios com dois automóveis;

- Incentivos à posse de bicicletas: Criação de programas de subsídios diretos (ex.: voucher transporte sustentável) e expansão de infraestrutura de guarda (bicicletários seguros), alinhados ao $\widehat{RC} = 103,95$;
- Reorganização espacial: Otimização da distribuição de serviços essenciais em raios máximos de 5 km, neutralizando o efeito inibidor de viagens com duração inferior a 30 min ($\widehat{RC} = 0,088$).

Recomendam-se estudos longitudinais que integrem dados objetivos de deslocamento e análises comparativas em cidades com topografias contrastantes para testar a generalização dos achados.

A abordagem metodológica empregada demonstra precisão analítica na identificação de padrões decisórios de mobilidade em contextos urbanos de pequena escala populacional, fornecendo substrato quantitativo para intervenções planejadas. As RC obtidos não apenas quantificam relações causais, mas também estabelecem parâmetros mensuráveis para políticas urbanas. A taxa excepcional de uso de bicicletas na cidade de Viçosa (20%) demonstra que, mesmo em áreas com topografia desafiadora (Prefeitura Municipal de Viçosa, 2018), a elaboração de políticas estruturais e culturais podem promover meios sustentáveis de transporte. A replicação deste modelo em outros contextos urbanos constitui um caminho promissor para a construção de cidades equitativas e resilientes.

REFERÊNCIAS

AGRESTI, A. **Categorical data analysis**. Third edition. Hoboken, New Jersey: Wiley-Interscience, 2013(Wiley series in probability and statistics).

AKOGLU, H. User's guide to correlation coefficients. **Turkish Journal of Emergency Medicine**, [s. l.], v. 18, n. 3, p. 91–93, 2018. DOI 10.1016/j.tjem.2018.08.001. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2452247318302164>. Acesso em: 28 jan. 2024.

ALVES, L. M. T.; HUMBERTO, M.; SIQUEIRA, R. G. S. Efetividade da PNMU: caracterização dos municípios e identificação de variáveis relevantes para elaboração do plano de mobilidade urbana. **Revista dos Transportes Públicos**, [s. l.], v. Ano 40, n. 148, 2018. Disponível em: <https://files.antp.org.br/2018/4/19/rtp148-e.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2025.

ANTP - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Público - SIMOB/ANTP. Relatório Geral 2018**. São Paulo: ANTP, 2020. Disponível em: <https://files.antp.org.br/simob/sistema-de-informacoes-da-mobilidade--simob--2018.pdf>. Acesso em: 2 maio 2025.

ASSELE, S. Y.; MEULDERS, M.; VANDEBROEK, M. Sample size selection for discrete choice experiments using design features. **Journal of Choice Modelling**, [s. l.], v. 49, p. 100436, dez. 2023. DOI 10.1016/j.jocm.2023.100436. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1755534523000374>. Acesso em: 7 abr. 2025.

BOTH, A.; GUNN, L.; HIGGS, C.; DAVERN, M.; JAFARI, A.; BOULANGE, C.; GILES-CORTI, B. Achieving 'Active' 30 Minute Cities: How Feasible Is It to Reach Work within 30 Minutes Using Active Transport Modes? **ISPRS International Journal of Geo-Information**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 58, 13 jan. 2022. DOI 10.3390/ijgi11010058. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2220-9964/11/1/58>. Acesso em: 21 mar. 2024.

BRASIL, MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Política Nacional de Mobilidade Urbana**. 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112587.htm. Acesso em: 5 mar. 2024.

BRASIL, MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Frota de Veículos - 2013. 2016. **Ministério dos Transportes**. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/frota-de-veiculos-2013>. Acesso em: 18 mar. 2024.

BRASIL, MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Frota de Veículos - 2024. 2024. **Ministério dos Transportes**. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/frota-de-veiculos-2024>. Acesso em: 04 jun. 2025.

CALLIL, V.; COSTANZO, D. (org.). **Estudos de mobilidade por bicicleta**. São Paulo: Cebrap, 2018.

CHNG, S.; PLANANSKA, J.; CHEAH, L. Comparison of travel attitude study methods using online tools: The case of understanding public acceptance of autonomous

vehicles. **Transportation Research Interdisciplinary Perspectives**, [s. l.], v. 20, p. 100847, jul. 2023. DOI 10.1016/j.trip.2023.100847. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2590198223000945>. Acesso em: 11 jun. 2024.

DÉDELÉ, A. *et al.* Dependence between travel distance, individual socioeconomic and health-related characteristics, and the choice of the travel mode: a cross-sectional study for Kaunas, Lithuania. **Journal of Transport Geography**, [s. l.], v. 86, p. 102762, 2020.

DONG, Y.; PENG, C.-Y. J. Principled missing data methods for researchers. **SpringerPlus**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 222, 2013. DOI 10.1186/2193-1801-2-222. Disponível em: <https://springerplus.springeropen.com/articles/10.1186/2193-1801-2-222>. Acesso em: 28 jan. 2024.

ELDEEB, G.; MOHAMED, M.; PÁEZ, A. Built for active travel? Investigating the contextual effects of the built environment on transportation mode choice. **Journal of Transport Geography**, [s. l.], v. 96, p. 103158, out. 2021. DOI 10.1016/j.jtrangeo.2021.103158. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0966692321002118>. Acesso em: 13 out. 2021.

GIOLO, S. R. **Introdução à análise de dados categóricos com aplicações**. 1. ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2017.

GONZÁLEZ-ESPEJO, F.; ASTROZA, S.; HURTUBIA, R. On the relation between school and residential location choice: Evidence of heterogeneous strategies from Santiago de Chile. **Journal of Transport Geography**, [s. l.], v. 102, p. 103359, 2022.

GOOGLE. **Transporte ativo por meio de bicicletas – percepções de uso e fomento para a realidade de cidades de pequeno porte demográfico**. 2023. Disponível em: <https://forms.gle/2VrDX29V8NFAe1h98>. Acesso em: 17 mar. 2024.

GRABOW, M. L. *et al.* What moves us: Subjective and objective predictors of active transportation. **Journal of Transport & Health**, [s. l.], v. 15, 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S221414051830567X>. Acesso em: 28 jan. 2024.

GUTH, D.; SILVA, V. A. C. da. Uso de bicicleta nas cidades brasileiras de pequeno porte: Uma cultura ameaçada. **P2P E INOVAÇÃO**, [s. l.], v. 5, n. 2, p. 83–107, 2019. DOI 10.21721/p2p.2019v5n2.p83-107. Disponível em: <http://revista.ibict.br/p2p/article/view/4610>. Acesso em: 23 fev. 2022.

GUTH, D.; SOARES, A. (Orgs.). **O Brasil que pedala: a cultura da bicicleta nas cidades pequenas**. [S. l.]: Editora Jaguatirica, 2018.

HARRIS, J. K. Primer on binary logistic regression. **Family Medicine and Community Health**, [s. l.], v. 9, n. Suppl 1, p. e001290, dez. 2021a. DOI 10.1136/fmch-2021-001290. Disponível em: <https://fmch.bmj.com/lookup/doi/10.1136/fmch-2021-001290>. Acesso em: 23 maio 2025.

HARRIS, J. K. **Statistics with R: solving problems using real-world data**. Los Angeles London New Delhi Singapore Washington DC Melbourne: SAGE, 2021b.

HOSMER, D. W.; LEMESHOW, S.; STURDIVANT, R. X. **Applied Logistic Regression**. 1. ed. [S. l.]: Wiley, 2013(Wiley Series in Probability and Statistics). DOI 10.1002/9781118548387. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118548387>. Acesso em: 4 fev. 2024.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades IBGE**. 2025. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 04 jun. 2025.

JAHANSHAH, D.; COSTELLO, S. B.; DIRKS, K. N.; CHOWDHURY, S.; WEE, B. V. Understanding Perceptions of Cycling Infrastructure Provision and its Role in Cycling Equity. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, [s. l.], v. 2677, n. 3, p. 820–835, mar. 2023. DOI 10.1177/03611981221117821. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/03611981221117821>. Acesso em: 20 mar. 2024.

JAMAL, S.; MOHIUDDIN, H.; PAEZ, A. How do the perceptions of neighborhood conditions impact active transportation? A study in Rajshahi, Bangladesh. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, [s. l.], v. 87, p. 102525, out. 2020. DOI 10.1016/j.trd.2020.102525. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1361920920307124>. Acesso em: 13 out. 2021.

KOOHSARI, M. J.; COLE, R.; OKA, K.; SHIBATA, A.; YASUNAGA, A.; HANIBUCHI, T.; OWEN, N.; SUGIYAMA, T. Associations of built environment attributes with bicycle use for transport. **Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science**, [s. l.], v. 47, n. 9, p. 1745–1757, nov. 2020. DOI 10.1177/2399808319845006. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2399808319845006>. Acesso em: 20 mar. 2024.

KOOHSARI, M. J.; YASUNAGA, A.; OKA, K.; NAKAYA, T.; NAGAI, Y.; MCCORMACK, G. R. Place attachment and walking behaviour: Mediation by perceived neighbourhood walkability. **Landscape and Urban Planning**, [s. l.], v. 235, p. 104767, jul. 2023. DOI 10.1016/j.landurbplan.2023.104767. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169204623000865>. Acesso em: 11 fev. 2025.

LIU, C. *et al.* Development of a large-scale transport model with focus on cycling. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, [s. l.], v. 134, p. 164–183, 2020.

LARRAÑAGA, A. M.; RIZZI, L. I.; ARELLANA, J.; STRAMBI, O.; CYBIS, H. B. B. The influence of built environment and travel attitudes on walking: A case study of Porto Alegre, Brazil. **International Journal of Sustainable Transportation**, [s. l.], v. 10, n. 4, p. 332–342, 2016. DOI 10.1080/15568318.2014.933986. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15568318.2014.933986>. Acesso em: 13 out. 2021.

LERMEN, B. C.; LERMEN, S. T.; ZAMPIERI, F. L. L. Universidades públicas e a produção do espaço urbano em cidades de pequeno porte. *In: VII COLÓQUIO INTERNACIONAL SOBRE COMÉRCIO E CIDADE*, out. 2020. **Blucher Engineering Proceedings** [...]. Fortaleza: Editora Blucher, out. 2020. p. 769–784. DOI 10.5151/viicincci-51. Disponível em: <http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/34919>. Acesso em: 22 abr. 2025.

MATTIOLI, G.; ROBERTS, C.; STEINBERGER, J. K.; BROWN, A. The political economy of car dependence: A systems of provision approach. **Energy Research & Social Science**, [s. l.], v. 66, p. 101486, ago. 2020. DOI 10.1016/j.erss.2020.101486. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2214629620300633>. Acesso em: 15 fev. 2025.

MCFADDEN, D. Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior. *In: ZAREMBKA, P. (ed.). Frontiers in Econometrics*. New York: Academic Press, 1973. Disponível em: <https://eml.berkeley.edu/reprints/mcfadden/zarembka.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2025.

MORENO, C. Living in Proximity in a Living City. **Glocalism**, [s. l.], n. 3, 30 nov. 2021. DOI 10.12893/gjcpi.2021.3.8. Disponível em: <https://riviste.unimi.it/index.php/glocalism/article/view/20593>. Acesso em: 15 fev. 2025.

MORENO, C.; ALLAM, Z.; CHABAUD, D.; GALL, C.; PRATLONG, F. Introducing the “15-Minute City”: Sustainability, Resilience and Place Identity in Future Post-Pandemic Cities. **Smart Cities**, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 93–111, 8 jan. 2021. DOI 10.3390/smartcities4010006. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2624-6511/4/1/6>. Acesso em: 15 fev. 2025.

NELDER, J. A.; WEDDERBURN, R. W. Generalized linear models. **Journal of the Royal Statistical Society Series A: Statistics in Society**, 135(3), 370-384. 1972.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável** | As Nações Unidas no Brasil. 2025. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>.

Pereira, R. H. M.; Bazzo, J. Tendências e desigualdades da mobilidade urbana no Brasil III: o uso da mobilidade ativa. **Texto para Discussão 3024**. Ipea - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. 2024. Disponível em <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/14341> . Acesso em 10 maio 2025.

PIRES, D. R.; MEIRA, L. H.; OLIVEIRA, L. K. D. IDENTIFICATION OF MOBILITY STRATEGIES FOR SMALL AND URBANIZED BRAZILIAN MUNICIPALITIES. **Revista Baru - Revista Brasileira de Assuntos Regionais e Urbanos**, [s. l.], v. 9, 2023. DOI 10.18224/baru.v9i1.13397. Disponível em: <https://seer.pucgoias.edu.br/index.php/baru/article/view/13397>. Acesso em: 12 abr. 2025.

PREFEITURA DE VIÇOSA. **Edital 001/2018 - Anexo I - Apresentação do Município de Viçosa**. [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em: https://www.vicosamg.gov.br/abrir_arquivo.aspx/Anexo_I__Apresentacao_Vicosac

dLocal=2&arquivo=%7BC1D6CDDA-DDE4-5D26-DEA7-CE57C00D1CB7%7D.pdf. Acesso em: 7 mar. 2025.

PREFEITURA DE VIÇOSA. **Horários e itinerários do transporte coletivo**. [S. l.: s. n.], 29 mar. 2022. Disponível em: https://www.vicoso.mg.gov.br/abrir_arquivo.aspx/Quadro_de_horarios_UNIAO?cdLocal=2&arquivo={CA4A0E5E-2E8C-C482-65CA-BDE2783B817E}.pdf. Acesso em: 25 nov. 2023.

PUCHER, J.; DILL, J.; HANDY, S. Infrastructure, programs, and policies to increase bicycling: An international review. **Preventive Medicine**, [s. l.], v. 50, p. S106–S125, 2010.

SHENG, Z.; LIU, Y.; QIN, J. Empirical likelihood inference and goodness-of-fit test for logistic regression model under two-phase case-control sampling. **Statistical Theory and Related Fields**, [s. l.], v. 6, n. 4, p. 265–276, 25 nov. 2022. DOI 10.1080/24754269.2021.1946373. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/24754269.2021.1946373>. Acesso em: 19 mar. 2024.

TEIXEIRA, I. P.; RODRIGUES DA SILVA, A. N.; SCHWANEN, T.; MANZATO, G. G.; DÖRRZAPF, L.; ZEILE, P.; DEKONINCK, L.; BOTTELDOOREN, D. Does cycling infrastructure reduce stress biomarkers in commuting cyclists? A comparison of five European cities. **Journal of Transport Geography**, [s. l.], v. 88, p. 102830, out. 2020. DOI 10.1016/j.jtrangeo.2020.102830. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0966692319307185>. Acesso em: 14 out. 2021.

THE R FOUNDATION. **The R Project for Statistical Computing**. [S. l.: s. n.], 2024. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 19 mar. 2024.

UFV - UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. Caracterização do Município de Viçosa - MG. 2019. **ABEQUA - XVII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário**. [<https://www.abequa.ufv.br/local/>]. Disponível em: <https://www.abequa.ufv.br/local/>. Acesso em: 3 mar. 2025.

UFV - UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **Relatório de gestão: Universidade Federal de Viçosa 2022**. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: <https://www.ufv.br/wp-content/uploads/2024/01/Relatorio-de-Gestao-UFV-2022.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2024.

VÁZQUEZ-PAJA, B.; FEO-VALERO, M.; DEL SAZ-SALAZAR, S. Environmental awareness and transportation choices: A case study in Valencia, Spain. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, [s. l.], v. 137, p. 104487, dez. 2024. DOI 10.1016/j.trd.2024.104487. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1361920924004449>. Acesso em: 11 fev. 2025.

CAPÍTULO 3

Modelagem de Escolhas por Diferentes Modos de Transporte em uma cidade de pequeno porte populacional: uma abordagem via Modelo Logit Multinomial.

RESUMO

Este trabalho investigou os padrões de deslocamento em cidades de pequeno porte populacional, tomando como estudo de caso o município de Viçosa, Minas Gerais (MG), Brasil. O objetivo central foi identificar os determinantes socioeconômicos, geográficos e comportamentais que influenciam as escolhas modais da população. Para isso, foi ajustado um modelo Logit Multinomial (MLM). A pesquisa buscou preencher lacunas na literatura sobre mobilidade urbana em cidades de pequeno porte populacional, adaptando paradigmas globais, como o conceito de "cidades 15 minutos", aos contextos locais marcados por restrições estruturais e por dinâmicas socioespaciais únicas. A metodologia adotada baseou-se em dados coletados por meio de um questionário eletrônico aplicado a 202 residentes de Viçosa entre abril e novembro de 2023. O MLM foi implementado no *software* R (via pacote *mlogit*), considerando cinco alternativas modais: a pé, bicicleta, carro, moto e ônibus. Os resultados evidenciaram que a idade está positivamente correlacionada com a preferência por veículos motorizados (automóvel: $\hat{\beta} = 0,047$, $p < 0,01$; motocicleta: $\hat{\beta} = 0,103$, $p < 0,01$). A posse de bicicletas mostrou-se um fator crítico para a adoção do ciclismo ($\widehat{RC} = 40,5$ para uma bicicleta; $\widehat{RC} = 51,3$ para duas), indicando substituição modal efetiva quando há acesso ao veículo. Viagens em grupo ampliaram significativamente a preferência pelo carro ($\widehat{RC} = 241,7$ para quatro passageiros), refletindo ineficiências no transporte público e uma cultura de "carro como espaço social". Adicionalmente, o modelo apresentou um ajuste razoável, com pseudo $\hat{\rho}^2$ de McFadden = 0,5543 ou aproximadamente 55%.

Palavras-chave: Mobilidade Urbana; Modelos de Escolha Discreta; Escolha Modal; Comportamento Populacional.

ABSTRACT

This study investigated travel patterns in small-population cities, using the municipality of Viçosa, Minas Gerais (MG), Brazil, as a case study. The primary objective was to identify the socioeconomic, geographic, and behavioral determinants influencing the population's modal choices. For this purpose, a Multinomial Logit Model (MLM) was fitted. The research aimed to address gaps in the literature on urban mobility in smaller cities by adapting global paradigms, such as the "15-minute city" concept, to local contexts marked by structural constraints and unique socio-spatial dynamics. The methodology relied on data collected via an electronic questionnaire administered to 202 residents of Viçosa between April and November 2023. The MLM was implemented in R software (using the *mlogit* package) and considered five modal alternatives: walking, bicycle, car, motorcycle, and bus. The results revealed that age is positively correlated with a preference for motorized vehicles (car: $\hat{\beta} = 0.047$, $p < 0.01$; motorcycle: $\hat{\beta} = 0.103$, $p < 0.01$). Bicycle ownership emerged as a critical factor for cycling adoption ($\widehat{OR} = 40.5$ for one bicycle; $\widehat{OR} = 51.3$ for two), indicating effective modal substitution when vehicle access exists. Group travel significantly increased car preference ($\widehat{OR} = 241.7$ for four passengers), reflecting public transport inefficiencies and a cultural norm of the "car as a social space." Additionally, the model demonstrated reasonable fit, with McFadden's pseudo $\hat{\rho}^2 = 0.5543$, or approximately, 55%.

Keywords: Urban Mobility; Small Cities; Discrete Choice Models; Multinomial Logit; Modal Choice

1. INTRODUÇÃO

A mobilidade urbana configura-se como um dos desafios centrais do século XXI, especialmente em cidades de pequeno porte populacional, onde a expansão desordenada e a escassez de planejamento integrado ampliam problemas, como congestionamentos, desigualdades no acesso a serviços essenciais e emissões de poluentes (Brasil, 2012; Koohsari *et al.*, 2023). No contexto brasileiro, municípios de pequeno porte populacional (com menos de 100 mil habitantes) enfrentam dinâmicas socioespaciais únicas, marcadas pela centralização de atividades econômicas e infraestrutura de transporte insuficiente (IBGE, 2022, 2023).

Segundo Pires, Meira e Oliveira (2023): “o foco das discussões das atuais políticas urbanas brasileiras é quase inteiramente direcionado para cidades médias e grandes”, o que denota uma lacuna na literatura técnico-científica referente à mobilidade em centros urbanos de pequeno porte populacional, uma vez que a realidade de tais municípios não condiz com a realidade de médios e de grandes centros urbanos. Nesse cenário, o município de Viçosa, localizado na região da Zona da Mata de Minas Gerais, destaca-se como um laboratório relevante para investigações sobre padrões de deslocamento, dada sua população de aproximadamente 80 mil habitantes, relevo acidentado e influência de um polo educacional de grande porte na forma do campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV), que concentra um fluxo diário e significativo de pessoas (Prefeitura de Viçosa, 2018; Menini; Stephan, 2019; UFV, 2019; Prefeitura de Viçosa, 2022; IBGE, 2023).

Apesar do potencial para modos ativos de transporte, como caminhada e ciclismo, observa-se em Viçosa uma preferência persistente por veículos motorizados, denotada pelo crescimento da frota de veículos no município, composta, majoritariamente, por automóveis particulares (Brasil, 2023). Essa contradição reflete o *value-action gap*, fenômeno no qual a consciência ambiental não se traduz em práticas cotidianas, frequentemente influenciado por barreiras estruturais, como a falta de infraestrutura cicloviária, a ineficiência do transporte público e a percepção de insegurança, uma vez que a UFV, na condição de polo gerador de viagens, oferece muitos cursos no período noturno (Larrañaga *et al.*, 2016; Mattioli *et al.*, 2020; Rothman *et al.*, 2020; Vázquez-Paja; Feo-Valero; Del Saz-Salazar, 2024). Tais desafios evidenciam a necessidade de políticas públicas contextualizadas, capazes de integrar conceitos globais, como o modelo de "cidades 15 minutos", o qual

preconiza a proximidade de serviços essenciais (Moreno, 2021) às realidades locais, considerando as diversas restrições geográficas e socioeconômicas.

Nesse sentido, os modelos de escolha discreta, em especial o modelo Logit Multinomial (McFadden, 1973) ou MLM, oferecem uma estrutura metodológica robusta para analisar preferências por diferentes tipos (mais do que dois) de modos de transporte, permitindo quantificar o impacto de atributos e variáveis socioeconômicas, geográficas e comportamentais nas decisões de deslocamento (Ben-Akiva; Lerman, 1985; Croissant, 2020). Particularmente, no presente trabalho, a aplicação desse modelo buscou identificar variáveis explicativas ou características associadas aos próprios indivíduos que possam influenciar a escolha por um determinado modo de transporte, fornecendo assim a perspicácia para estratégias de mobilidade alinhadas à Lei nº 12.587/2012, que configura a Política Nacional de Mobilidade Urbana – PNMU (Brasil, 2012) e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 11 e 13 da ONU (2025), os quais visam a redução de emissões e o acesso equitativo a transportes sustentáveis.

Este estudo contribui para a literatura ao integrar três dimensões frequentemente fragmentadas: (i) a aplicação do MLM a dados de escolha obtidos em uma cidade de pequeno porte populacional, (ii) a análise combinada de variáveis contextuais e temporais e (iii) a adaptação de paradigmas globais a contextos locais. Além disso, esse trabalho oferece subsídios empíricos para o desenvolvimento de políticas públicas que priorizem modos ativos, integração multimodal e equidade no acesso à cidade, reforçando o papel do planejamento urbano na transição para cidades ambientalmente resilientes e socialmente inclusivas.

2. METODOLOGIA APLICADA

Este tópico apresenta os procedimentos adotados para investigar os padrões de mobilidade urbana na cidade de Viçosa, Minas Gerais, desde a coleta e a preparação dos dados até a especificação, a estimação de parâmetros e a validação do MLM. O objetivo com isso foi tentar tornar a análise transparente e replicável, alinhando-se às melhores práticas científicas para estudos sobre modais de transporte baseados em modelos de escolha discreta (Ben-Akiva; Lerman, 1985; Croissant, 2020).

2.1. Local de aplicação da metodologia proposta

O município de Viçosa, localizado na região da Zona da Mata de Minas Gerais, Brasil (Figura 1), foi selecionado como local de estudo para aplicação da metodologia proposta. Com população estimada em 76.430 habitantes e área territorial de 299,418 km², dos quais 18,230 km² (aproximadamente 6,1% do total) correspondem à zona urbanizada (IBGE, 2023), o município apresenta características geográficas e urbanas relevantes para análises de mobilidade. A cidade se destaca por seu relevo acidentado, característico da região, e pela verticalização urbana, incomum em cidades de porte populacional semelhante (Prefeitura de Viçosa, 2018; UFV, 2019).

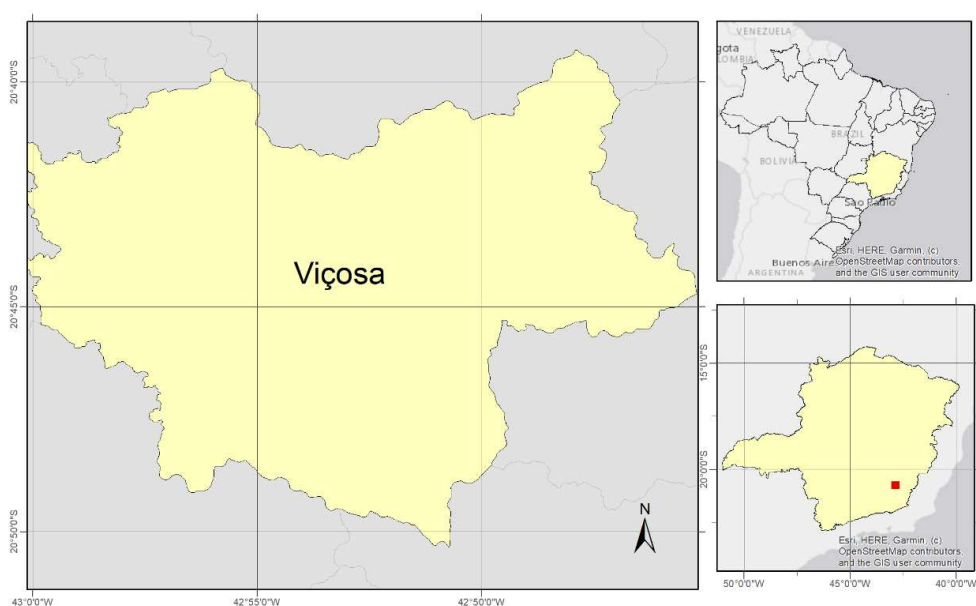


Figura 2 - Mapa de localização do município de Viçosa-MG

Fonte: o autor.

O município tem 56 linhas de transporte público coletivo, cujos horários de circulação variam, em algumas linhas, de 05h40 às 22h20 (Prefeitura de Viçosa, 2022). O município registrou, no mês de dezembro de 2023, 51.035 veículos, dos quais 29.208 são automóveis, camionetas, utilitários e caminhonetes, enquanto 19.576 são motocicletas, motonetas ou ciclomotores (Brasil, 2023).

Na educação, de acordo com os dados censitários atuais, 99% da taxa de escolarização estava entre pessoas de 6 a 14 anos de idade (IBGE, 2023). A cidade abriga o campus principal da Universidade Federal de Viçosa (UFV) que, no ano de 2022, era formado por 1.076 docentes, 1.941 servidores técnico-administrativos, 12.165 alunos matriculados nos cursos de graduação, 3.049 alunos matriculados nos cursos de pós-graduação e 483 alunos matriculados em cursos técnicos e no ensino médio (UFV, 2023).

Destaca-se, ainda, que o campus Viçosa da UFV é um dos principais polos geradores de viagens na cidade, mobilizando cerca de 20% a 33% da população. A universidade oferece, de forma pioneira na cidade, uma infraestrutura cicloviária composta por 1.250 metros de ciclovias e 3.000 metros de ciclofaixas, promovendo o uso de transporte ativo entre alunos, servidores e visitantes (UFV, 2023). Além disso, o aumento de 38,75% no número total de veículos automotores nos últimos dez anos e o crescimento de 1,76% em relação a 2022 (Brasil, 2016, 2022, 2023) tornam Viçosa um local relevante para a realização dos estudos propostos nesta pesquisa.

2.2. Base de Dados

Os dados utilizados neste estudo são oriundos de uma pesquisa de opinião realizada por meio de um questionário eletrônico aplicado na cidade de Viçosa, entre os dias 20 de abril e 30 de novembro de 2023, e disponibilizado pela plataforma *Google Forms* (Google, 2023). A amostra foi composta por residentes de diversas faixas etárias, níveis de escolaridade e ocupações, permitindo a captação de um perfil representativo da população local. O número de pessoas que inicialmente responderam essa pesquisa foi equivalente a 266. Esse é um valor razoável, uma vez que a maioria dos estudos que empregam modelos de escolha discreta é realizada com tamanhos de amostra que variam de 20 a 300 indivíduos (Assele; Meulders; Vandebroek, 2023).

As informações coletadas abrangeram dois eixos principais:

2.2.1. Características Socioeconômicas

Foram coletados dados sociais, abordando variáveis como idade, tempo de escolaridade (categorizada em quatro categorias distintas: ensino fundamental, ensino médio, ensino superior e pós-graduação) e composição familiar (número de pessoas por domicílio), entre outras. Dados econômicos, abordando as variáveis com informações, por exemplo, sobre a posse e o número de veículos na residência do entrevistado (número de automóveis, número de bicicletas e número de motocicletas), também foram coletados.

2.2.2. Padrões de Deslocamento

Este eixo teve foco, principalmente, na coleta da variável resposta do modelo, ou seja, na escolha de cada indivíduo com relação ao modo de transporte predominantemente utilizado para viagens diárias. O estudo envolveu um total de $J = 5$ alternativas de escolha, sendo essas: a pé, bicicleta, carro, moto e ônibus. Adicionalmente, as informações sobre outras variáveis explicativas também foram coletadas nesse eixo, como o tempo médio de deslocamento (categorizada em cinco categorias distintas: até 15 minutos, 15–30 minutos, 30–45 minutos, 45 minutos–1 hora, mais de 1 hora) e o motivo da viagem (trabalho, estudo, compras, lazer, saúde).

Em resumo, as variáveis cujas informações foram coletadas nesse estudo são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Resumo das variáveis abordadas na base de dados

Descrição da variável	Natureza da variável	Especificação da variável
Idade	Discreta	O número ou a idade aproximada em anos do indivíduo
Cor ou etnia	Categórica	Amarelo; branco; indígena; pardo; preto
Renda mensal ¹	Categórica	< 1 SM; 1 a 3 SM; 3 a 6 SM; 6 a 10 SM; 10 a 15 SM; 15 a 20 SM; > 20 SM
Número de pessoas na família	Categórica	Pessoas1; Pessoas2; Pessoas3; Pessoas4; Pessoas5+
Grau de escolaridade ²	Categórica	EscolaridadeEF; EscolaridadeEM; EscolaridadeES; EscolaridadePG
Número de bicicletas no domicílio	Categórica	Bicicletas0; Bicicletas1; Bicicletas2; Bicicletas3; Bicicletas4+
Número de automóveis no domicílio	Categórica	Automóveis0; Automóveis1; Automóveis2; Automóveis3; Automóveis4+
Número médio de passageiros por automóvel no domicílio	Categórica	Passageiros1; Passageiros2; Passageiros3; Passageiros4; Passageiros5+
Número de motocicletas no domicílio	Categórica	Motocicletas0; Motocicletas1; Motocicletas2; Motocicletas3; Motocicletas4+
Tempo médio das viagens comuns realizadas no cotidiano	Categórica	Tempo15 - 30min; Tempo30 - 45min; Tempo 45min - 1h; Tempo > 1 hora
Número médio de viagens diárias (ida e volta contabilizam 2 viagens)	Categórica	Viagens1; Viagens2; Viagens3; Viagens4; Viagens5+
Motivo do deslocamento mais frequente	Categórica	MotivoEscola; MotivoLazer; MotivoSaúde; MotivoServiços; MotivoTrabalho

¹ SM: Salário mínimo. ² EF: Ensino Fundamental, EM: Ensino Médio, ES: Ensino Superior, PG: Pós-Graduação

Fonte: o autor.

2.3. Procedimentos Estatísticos e Ferramentas Utilizadas

Para a análise dos dados e para a estimação dos parâmetros dos modelos, utilizou-se o *software* livre R, versão 4.4.2 (The R Foundation, 2024), que se destaca por sua robustez e por sua flexibilidade no processamento de dados e na implementação de modelos econométricos complexos. Em particular, o pacote *mlogit* foi empregado para a estimação dos parâmetros do MLM (Croissant, 2020). A escolha do MLM para a análise de comportamento modal está alinhada com recomendações metodológicas que destacam sua eficácia na modelagem de escolha em contextos urbanos (Hoffman, 1988; Šimeček, 2019), dada a sua flexibilidade quanto à estimação de parâmetros (função de verossimilhança globalmente côncava, o que implica que as estimativas obtidas se aproximam de fato do máximo global) e a sua simplicidade na definição das probabilidades de escolha (as quais possuem forma fechada, o que implica que as equações de probabilidade podem ser definidas analiticamente) (Train, 2009).

Os procedimentos adotados são apresentados na sequência.

2.3.1. Preparação e tratamento dos dados

2.3.1.1. Limpeza

Identificação e remoção de respostas incompletas e/ou contraditórias (por exemplo, indivíduos que afirmaram utilizar o carro diariamente, mas declararam não possuir o referido meio de transporte; indivíduos que responderam a mais de uma alternativa de escolha; ou, ainda, indivíduos que não responderam a todas as perguntas, deixando alguma informação da pesquisa incompleta). Após esse procedimento, 64 respondentes foram removidos da amostra inicial de tamanho 266. Portanto, o tamanho final ou efetivo da amostra foi igual a 202 indivíduos.

2.3.1.2. Codificação das variáveis

As variáveis categóricas foram codificadas por meio de variáveis *dummy* (que recebem apenas valores 0 ou 1), enquanto a variável discreta (idade) fora mantida em sua forma original, admitindo que a mesma possui efeito linear sobre a variável

resposta. Mais especificamente, para tratar uma variável com k categorias, é necessário criar um total de $k - 1$ variáveis *dummy*.

A Tabela 2 ilustra o esquema de codificação para variáveis *dummy* com até cinco categorias. Nota-se que a primeira categoria é sempre definida por um vetor de zeros e, por isso, é denominada como categoria de referência. De forma mais específica, para uma variável explicativa e categórica X , o efeito de sua categoria de referência sobre a média da variável resposta é fixado em zero (para a identificabilidade do modelo), enquanto o efeito das demais $k - 1$ categorias é estimado e comparado, relativamente, com o da categoria de referência.

Tabela 2. Esquema de Codificação *Dummy* para variáveis com até cinco categorias, mantendo a primeira categoria como referência.

Número de categorias	Categoria	D1	D2	D3	D4
2 categorias	1	0	-	-	-
	2	1	-	-	-
3 categorias	1	0	0	-	-
	2	1	0	-	-
	3	0	1	-	-
4 categorias	1	0	0	0	-
	2	1	0	0	-
	3	0	1	0	-
	4	0	0	1	-
5 categorias	1	0	0	0	0
	2	1	0	0	0
	3	0	1	0	0
	4	0	0	1	0
	5	0	0	0	1

Fonte: o autor.

2.3.1.3. Estruturação de dados para análise no pacote *mlogit* do R

As informações foram reorganizadas no formato *long*, uma das opções disponíveis para a entrada de dados no pacote *mlogit*, em que cada linha representa uma alternativa modal. Por exemplo, se um respondente escolhe entre $J = 5$ opções de transporte (a pé, bicicleta, carro, moto ou ônibus), gera-se um total de cinco linhas no conjunto de dados (uma linha para cada possibilidade de escolha). Naturalmente,

as informações associadas a cada indivíduo (variáveis explicativas) foram repetidas cinco vezes, uma vez que os valores de variáveis desse tipo não se alteram entre as alternativas de escolha.

2.3.2. Modelo Logit Multinomial (MLM)

O MLM admite que as escolhas realizadas pelos indivíduos devem ser: i) mutuamente exclusivas (apenas uma alternativa deve ser escolhida por cada indivíduo), ii) coletivamente exaustivas (é preciso que uma alternativa seja escolhida, a não ser que exista uma opção de não escolher nenhuma das alternativas entre as de escolha) e iii) finitas (por isso, tais escolhas são denominadas como discretas).

A função utilidade (função que descreve o benefício ou a satisfação que um indivíduo associa ao fazer uma determinada escolha) para o n -ésimo indivíduo da amostra, com relação ao j -ésimo modo de transporte, é definida em (1):

$$U_{nj} = k_j + \mathbf{x}'_{nj}\boldsymbol{\beta}_j + \varepsilon_{nj} \quad (1)$$

Em que:

U_{nj} é a utilidade que o n -ésimo indivíduo obtém ao escolher o j -ésimo modo de transporte;

k_j é a constante específica da j -ésima alternativa, que captura o efeito médio de fatores ou de variáveis não incluídas no modelo sobre a utilidade do respectivo modo de transporte;

\mathbf{x}'_{nj} é o vetor linha ($1 \times r$) com os valores e codificações das variáveis observadas para o n -ésimo indivíduo, referente ao j -ésimo modo de transporte;

$\boldsymbol{\beta}_j = (\beta_{j1}, \beta_{j2}, \dots, \beta_{jr})'$ é o vetor coluna ($r \times 1$) de parâmetros associados as r variáveis independentes (ex.: idade, número de pessoas no domicílio), referentes a cada um dos j -ésimos modos de transporte;

ε_{ij} é o termo de erro aleatório e não observável do modelo.

Analogamente ao que ocorre no uso de variáveis *dummy*, para que o MLM seja identificável e estimável, não é possível inserir interceptos ou constantes (k_j) para

todas as alternativas de escolha, por isso uma delas, em geral a primeira (nesse caso a constante do modo de transporte “A pé”), precisa ter seu valor fixado em zero, isto é, $k_{A\text{ pé}} = 0$. O valor das constantes para os demais $J - 1 = 5 - 1 = 4$ modos de transporte (bicicleta, carro, moto e ônibus) é então estimado e comparado, relativamente, com o valor da constante de referência (Train, 2009).

Além disso, o MLM é derivado sobre a importante suposição de independência entre alternativas irrelevantes (ou IIA, que vem do inglês *Independence of Irrelevant Alternatives*), que sugere que as alternativas disponíveis para a escolha dos indivíduos sejam independentes umas das outras (mesmo se uma delas for removida ou se uma nova alternativa for inserida). Essa propriedade implica que os erros aleatórios do modelo, que por definição seguem uma distribuição de valores extremos do tipo I ou *Gumbel*, sejam independentes e identicamente distribuídos (Train, 2009).

Por fim, uma forma muito tradicional de definir o MLM é por meio de sua fórmula de probabilidade, informada na Equação 2:

$$P(Y_n = j|\mathbf{X}) = \frac{\exp(k_j + \mathbf{x}'_{nj}\boldsymbol{\beta}_j)}{\sum_{h=1}^J \exp(k_h + \mathbf{x}'_{nh}\boldsymbol{\beta}_h)} \quad (2)$$

Em que $P(Y_n = j|\mathbf{X})$ é a probabilidade do n -ésimo indivíduo escolher o j -ésimo modo de transporte condicionado às informações obtidas dos indivíduos presentes na amostra.

2.3.3. Estimação dos parâmetros do modelo

A estimação dos parâmetros do MLM foi realizada pelo método da máxima verossimilhança, que encontra as estimativas de $\boldsymbol{\beta}$ que maximizam a função de verossimilhança $L(\boldsymbol{\beta})$, definida pela Equação 3:

$$L(\boldsymbol{\beta}) = \prod_{n=1}^N \prod_{j=1}^J [P(Y_n = j|\mathbf{X})]^{I_{nj}} \quad (3)$$

Em que $I_{nj} = 1$ se o n -ésimo indivíduo escolhe o j -ésimo modo de transporte, e $I_{nj} = 0$ caso contrário. Adicionalmente, o conjunto de estimativas que maximiza $L(\boldsymbol{\beta})$ em (3) também maximizará $l(\boldsymbol{\beta}) = \ln[L(\boldsymbol{\beta})]$, em (4), uma vez que o logaritmo

natural é uma função monótona, estritamente crescente e que produz simplificações no processo de estimação.

$$l(\boldsymbol{\beta}) = \ln[L(\boldsymbol{\beta})] = \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^J I_{nj} P(Y_n = j | \mathbf{X}) \quad (4)$$

Destaca-se, ainda, que o sistema de equações geradas no processo de maximização da função em (4) é não linear nos parâmetros, e, por isso, métodos iterativos, como os de Newton-Raphson, foram utilizados para que as estimativas de máxima verossimilhança pudessem ser obtidas (Farghali *et al.*, 2023).

2.3.4. Seleção de Variáveis

Uma vez que funções do tipo *backward*, *forward* e *stepwise* não estão disponíveis para o ajuste do MLM via pacote *mlogit*, a seleção das variáveis explicativas ou a configuração final do modelo ocorreu de acordo com o seguinte algoritmo, que foi programado em código R:

- 1) Ajuste do MLM com cada variável explicativa separadamente (ou uma a uma);
- 2) Verificação e armazenamento das variáveis explicativas que foram significativas a 20% de probabilidade para pelo menos um modo de transporte;
- 3) Ajuste de diversos MLM considerando todas as possíveis combinações das variáveis explicativas selecionadas no passo 2; e
- 4) Seleção do modelo que obteve o menor valor para o Critério de Informação de Akaike ou AIC, conforme definido por Giolo (2017) e apresentado em (5), dentre todos os modelos ajustados no passo 3.

$$AIC = -2[l(\hat{\boldsymbol{\beta}}) - v] \quad (5)$$

Sendo $l(\hat{\beta}) = \ln [L(\hat{\beta})]$ o logaritmo natural da função de verossimilhança do MLM, ajustada pelo vetor de estimativas de máxima verossimilhança ou $\hat{\beta}$ e ν o número de parâmetros do modelo.

2.3.5. Significância e interpretação das estimativas

Cada coeficiente estimado por máxima verossimilhança foi avaliado por meio do teste Z de Wald e, conseqüentemente, pelo seu valor de probabilidade ou valor de p (mencionado apenas como p) (Akoglu, 2018; Dong; Peng, 2013; Hosmer; Lemeshow; Sturdivant, 2013; Sheng; Liu; Qin, 2022). O nível de significância α adotado nas análises foi de 5%. Em particular, o teste Z de Wald testa a hipótese nula $H_0: \beta_{rj} = 0$ (ausência de efeito da r -ésima variável sobre a j -ésima alternativa de escolha) contra $H_1: \beta_{rj} \neq 0$ (presença de efeito da r -ésima variável sobre a j -ésima alternativa de escolha). Já o valor de p informa a probabilidade de se obter um coeficiente tão ou mais extremo ao observado na pesquisa, e, por isso, coeficientes associados a baixos valores de p (valor de $p \leq \alpha$) sugerem que a estimativa em questão é significativa e que o efeito da r -ésima variável sobre o j -ésimo modo de transporte é importante para entender o comportamento de escolha dos indivíduos.

Já no que se refere à interpretação das estimativas, foi utilizada uma medida denominada Razão de Chances (RC). Essa medida é útil pois compara a chance de escolha de um dos j -ésimos modos de transporte (Ω_j) em relação à chance de escolha da alternativa de referência (Ω_1) ou "A pé", dado o aumento de uma unidade em uma variável explicativa X (contínua/discreta) ou dada a mudança de uma categoria em uma variável explicativa categórica. A RC para r -ésima variável, referente ao j -ésimo modo de transporte, é definida pela Equação 6:

$$RC_{j,r} = \frac{\Omega_{j,r+1}}{\Omega_{1,r}} = \frac{\exp\{k_j + \mathbf{x}'_{nj,-r}\boldsymbol{\beta}_{j,-r} + (x'_{nj,r} + 1)\beta_{jr}\}}{\exp\{k_j + \mathbf{x}'_{nj,-r}\boldsymbol{\beta}_{j,-r} + x'_{nj,r}\beta_{jr}\}} = \exp(\beta_{jr}) \quad (6)$$

Em que $\mathbf{x}'_{nj,-r}$ é o vetor linha excluindo o valor da r -ésima variável, e $\boldsymbol{\beta}_{j,-r}$ é o vetor coluna excluindo o parâmetro referente a r -ésima variável.

2.3.6. Diagnóstico do Modelo

Por fim, para o diagnóstico do modelo, o teste da Razão de Verossimilhanças (TRV) foi utilizado para comparar a verossimilhança do modelo ajustado com as covariáveis contra a verossimilhança do modelo nulo (ajustado apenas com as constantes específicas das alternativas). A hipótese nula do TRV é a de que, conjuntamente, o efeito de todos os parâmetros associados às r covariáveis inseridas no modelo e as j alternativas de escolha, a nível populacional, são iguais a zero. Logo, rejeitar H_0 implica em dizer que o efeito de pelo menos uma das variáveis explicativas é diferente de zero (Louviere *et al.*, 2000). Ou seja, como se observa na equação (7):

$$\begin{cases} H_0: \beta_{1r} = \beta_{2r} = \dots = \beta_{jr} = 0 \quad \forall_r \\ H_1: \text{Pelo menos um } \beta_{jr} \neq 0 \end{cases} \quad (7)$$

Adicionalmente, a medida denominada como Pseudo R^2 de McFadden ou $\hat{\rho}^2$ também foi empregada para avaliar a qualidade do ajuste do modelo (McFadden, 1973). Seu valor é obtido em função da seguinte razão de log-verossimilhanças ajustadas, conforme equação (8):

$$\hat{\rho}^2 = 1 - \left[\frac{l(\hat{\beta})}{l(\hat{\mathbf{0}})} \right] \quad (8)$$

Em que $l(\hat{\beta}) = \ln [L(\hat{\beta})]$ é o logaritmo natural da função de verossimilhança do MLM, ajustada pelo vetor de estimativas de máxima verossimilhança ou $\hat{\beta}$. E $l(\hat{\mathbf{0}}) = \ln [L(\hat{\mathbf{0}})]$ é o logaritmo natural da função de verossimilhança do MLM nulo ou ajustado apenas com as constantes específicas das alternativas.

Vale mencionar que, segundo Louviere *et al.* (2000), a razão $l(\hat{\beta})/l(\hat{\mathbf{0}})$ varia entre 0 e 1 e se aproxima de 1 conforme mais importantes forem as variáveis explicativas utilizadas. Logo, segundo os autores, valores de $\hat{\rho}^2$ entre 0,2 e 0,4 indicam um excelente ajuste.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Resultados da Estimação dos parâmetros do MLM

Após a aplicação dos quatro passos definidos na sessão 2.3.4, a Tabela 3 apresenta os coeficientes estimados, por máxima verossimilhança, para o MLM selecionado.

Tabela 3. Coeficientes de Regressão ($\hat{\beta}$) e Valores-p para Escolha Modal de Transporte em Viçosa-MG

Variável	Bicicleta		Carro		Moto		Ônibus	
	$\hat{\beta}$	<i>p</i>	$\hat{\beta}$	<i>p</i>	$\hat{\beta}$	<i>p</i>	$\hat{\beta}$	<i>p</i>
Intercepto	-		-		-		-	
	2,995	0,009*	-5,043	<0,001*	40,372	0,994	-1,643	0,023*
Idade	0,010	0,648	0,047	0,009*	0,103	0,006*	0,009	0,697
Bicicletas1	3,701	0,001*	-0,717	0,203	1,290	0,269	-0,347	0,570
Bicicletas2	3,937	0,001*	0,789	0,302	2,911	0,042*	-0,130	0,887
Bicicletas3	3,823	0,002*	-0,037	0,965	-0,790	0,568	-1,092	0,381
Motocicletas1	0,867	0,310	0,838	0,288	37,940	0,994	2,206	0,010*
Motocicletas2	1,188	0,330	20,906	0,999	37,473	0,994	-0,506	0,677
Motocicletas3	0,274	0,862	-0,251	0,882	14,860	0,999	18,781	0,999
Passageiros1	0,422	0,637	5,168	<0,001*	0,572	0,703	0,299	0,813
Passageiros2	0,789	0,249	3,816	0,001*	-1,225	0,280	0,803	0,227
Passageiros3	1,190	0,146	4,058	<0,001*	-3,575	0,031*	-0,707	0,476
Passageiros4	0,006	0,996	5,488	<0,001*	1,908	0,161	2,036	0,057
Passageiros5+	4,062	0,999	2,542	0,999	39,505	0,999	22,727	0,999

* Indica que a estimativa foi significativa a 5% de probabilidade.

Fonte: o autor

O MLM selecionado apresentou um ajuste razoável, com Pseudo R² de McFadden ou $\hat{\rho}^2 = 0,5543$ (McFadden, 1973). Nota-se que esse valor é apenas levemente superior ao intervalo de valores considerados como excelentes por Louviere *et al.* (2000), que é entre 0,2 e 0,4. Isso sugere que as variáveis utilizadas explicam cerca de 55% da variabilidade total das escolhas modais ou do comportamento de escolha em questão. Adicionalmente, o TRV corrobora essa

conclusão, indicando que o modelo ajustado com as variáveis explicativas selecionadas difere significativamente de um modelo que apresenta apenas termos de interceptos ou constantes específicas das alternativas ($\chi^2 = 350,03$; $p < 0,001$).

Ademais, a Figura 2 ilustra as estimativas de probabilidade de escolha de cada modo de transporte para cada indivíduo da amostra, enquanto o Quadro 1 apresenta as probabilidades médias de escolha de cada alternativa (também ilustradas na Figura 2 pelos pontos em vermelho).

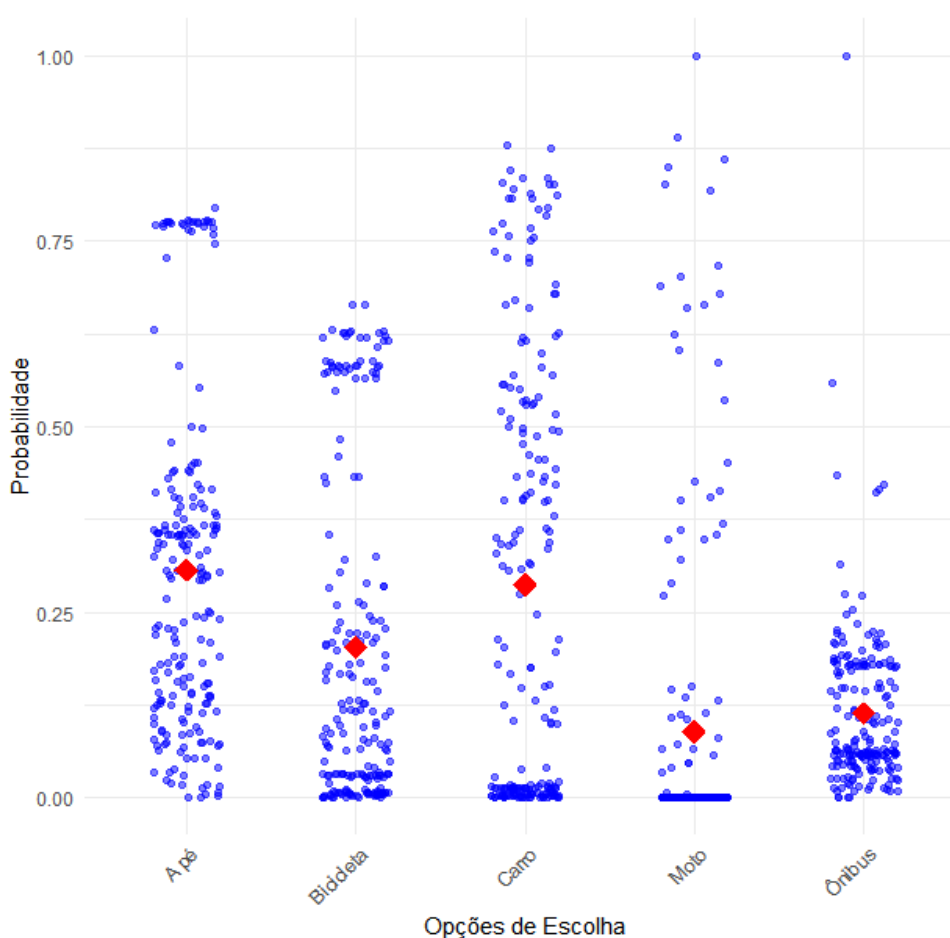


Figura 3 - Gráfico de pontos das probabilidades

Fonte: o autor.

Quadro 1. Probabilidades médias de escolha das alternativas de transporte

Modos de Transporte	A pé	Bicicleta	Carro	Moto	Ônibus
Probabilidade Média	30,69%	20,30%	28,71%	8,91%	11,39%

Fonte: o autor.

É percebido que o modal a pé prevaleceu entre as probabilidades médias de escolha (30,69%), refletindo a proximidade geográfica entre residências, serviços e o campus da UFV. A centralização de equipamentos urbanos ao redor da universidade também reduz a necessidade de viagens longas, alinhando-se com estudos que associam mobilidade ativa à qualidade de vida e à eficiência urbana (Larrañaga *et al.*, 2016; Lermen; Lermen; Zampieri, 2020; Eldeeb; Mohamed; Páez, 2021; Koohsari *et al.*, 2023).

O segundo modal preferido foi o automóvel (28,71%). Essa alta dependência do carro pode estar associada à ineficiência do transporte público [o que justifica a baixa probabilidade da alternativa Ônibus (11,39%)] e, também, à cultura individualista (Guth; Silva, 2019; Mattioli *et al.*, 2020; Roos; Sprei; Holmberg, 2020; Blandin *et al.*, 2024).

Além disso, a adesão pela bicicleta (20,3%) pode estar relacionada aos seguintes fatores: i) o pequeno porte da cidade; ii) a topografia plana da UFV; e iii) a recente implementação da infraestrutura cicloviária e de segurança dentro do campus universitário (Guth; Silva, 2019; Teixeira *et al.*, 2020; Jahanshahi *et al.*, 2023).

Por fim, a alternativa de escolha Moto foi a que obteve a menor probabilidade média de escolha (8,91%). Tal fato pode ser justificado, por exemplo, por conta do alto risco de acidente (Dédelé *et al.*, 2020).

3.2. Interpretação dos Coeficientes significativos

Os coeficientes apresentados mensuram o efeito linear (se a respectiva variável foi inserida de forma contínua ou discreta no modelo) ou até mesmo não-linear (se a respectiva variável foi codificada através de variáveis *dummy*) de uma variável explicativa sobre a utilidade média de uma alternativa. Por exemplo, um coeficiente estimado $\hat{\beta}_{rj}$ cujo sinal é positivo indica que a *r*-ésima variável possui efeito positivo sobre a utilidade média da *j*-ésima alternativa. Logo, aumentando em uma unidade o valor da variável X_{rj} (se X_{rj} é contínua ou discreta) ou alterando uma categoria em relação à categoria de referência (se X_{rj} é categórica), espera-se um aumento de $\hat{\beta}_{rj}$ unidades na média da utilidade da *j*-ésima alternativa de escolha.

Neste sentido, os coeficientes para a variável idade no modo de escolha Carro ($\hat{\beta} = 0,047$; $p < 0,01$) e no modo de escolha Moto ($\hat{\beta} = 0,103$; $p = 0,006$) indicam que,

à medida que a idade aumenta, a utilidade média associada à escolha de carro e de moto também aumenta. Esse efeito sugere que indivíduos mais velhos tendem a preferir modos de transporte privados, possivelmente pela busca de conforto e/ou segurança. Estudos recentes (Buehler; Hamre, 2015; Masoumi *et al.*, 2022; Blandin *et al.*, 2024) corroboram essa relação, destacando que a idade influencia positivamente a escolha por modos mais confortáveis e privados, especialmente em contextos urbanos.

A posse de bicicletas mostrou-se um determinante crítico na substituição modal. O coeficiente positivo para a variável categórica Posse de Bicicletas no que se refere à alternativa modo *Bicicleta* ($\hat{\beta} = 3,701$; $p < 0,01$ para uma bicicleta no domicílio, $\hat{\beta} = 3,937$; $p < 0,01$ para duas bicicletas e $\hat{\beta} = 3,823$; $p < 0,01$ para três bicicletas no domicílio) reforça a preferência por esse meio quando há acesso ao veículo. Esses resultados evidenciam uma substituição modal efetiva, alinhada com estratégias globais de promoção da mobilidade ativa e corroborando que investimentos em infraestrutura cicloviária, aliados à posse do veículo, ampliam a adesão aos modos de transporte sustentáveis, reduzindo a dependência de carros e otimizando a alocação de recursos urbanos (Pucher; Dill; Handy, 2010; Freire; Callil; Picanço, 2019; Arellana *et al.*, 2020; Miranda *et al.*, 2021; Jahanshahi *et al.*, 2023; Wang *et al.*, 2024).

Quando analisado o número de passageiros em automóveis particulares, verificou-se que, para um passageiro, o coeficiente $\hat{\beta} = 5,168$ ($p < 0,01$) foi obtido para a alternativa “Carro”, enquanto para dois, três e quatro passageiros, os coeficientes obtidos foram de $\hat{\beta} = 3,816$ ($p < 0,01$), $\hat{\beta} = 4,058$ ($p < 0,01$) e $\hat{\beta} = 5,488$ ($p < 0,01$), respectivamente. Tais valores sugerem que o transporte motorizado individual se sobressai em relação à alternativa a pé e que a utilidade média ao se escolher o carro como meio de transporte se intensifica com o tamanho do grupo.

3.3. Interpretação dos Resultados da Razão de Chances

Como as estimativas dos parâmetros do MLM são interpretadas apenas sobre a utilidade média das alternativas, para se ter uma ideia de como as probabilidades e, conseqüentemente, como as chances de escolha de um modo de transporte são impactadas por mudanças (unitárias ou de categorias) nas variáveis, a Razão de Chances é calculada. Essa razão, basicamente, informará o quão menor ou o quão

maior é a chance de um determinado modo de transporte ser escolhido em relação ao modo de transporte de referência (“A pé”) quando mudanças unitárias ocorrem em uma variável explicativa (se discreta/contínua) ou quando alterações de categoria ocorrem (se variável categórica). Os resultados da Razão de Chances são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2. Razões de Chances para as variáveis significativas analisadas

Variável Explicativa	Alternativa de Escolha (j)	Alternativa de Referência ($j = 1$)	Razão de Chances ($\hat{\Omega}_{j,r}$)
Idade	Carro	A pé	1,048
Idade	Moto	A pé	1,109
Bicicletas1	Bicicleta	A pé	40,504
Bicicletas2	Bicicleta	A pé	51,250
Bicicletas2	Moto	A pé	18,380
Bicicletas3	Bicicleta	A pé	45,731
Passageiros1	Carro	A pé	175,588
Passageiros2	Carro	A pé	45,407
Passageiros3	Carro	A pé	57,851
Passageiros3	Moto	A pé	0,028
Passageiros4	Carro	A pé	241,712
Passageiros4	Ônibus	A pé	7,660
Motocicletas1	Ônibus	A pé	9,080

Fonte: o autor.

Logo, para cada aumento de um ano na idade de um indivíduo, a chance de escolher utilizar um automóvel aumenta em 4,8% ($\widehat{RC} = 1,048$) em relação a escolher a alternativa de ir a pé. Já para a utilização de motocicleta, a chance aumenta em 10,9% ($\widehat{RC} = 1,109$) com relação à escolha do modal a pé. Esse achado pode ser atribuído a uma combinação de fatores, dentre eles, o maior acesso a recursos financeiros, a percepção de segurança associada ao veículo privado e a preferência por conforto com o aumento da idade. Buehler e Hamre (2015), Cubells, Marquet e Miralles-Guasch (2020) e Roos, Sprei e Holmberg (2020) destacam que idosos tendem a evitar modos ativos em cidades com infraestrutura precária para pedestres e para ciclistas. Na cidade de Viçosa-MG, a topografia acidentada e a falta de calçadas adequadas podem ampliar essa preferência pelos veículos particulares, reforçando a dependência dos mesmos entre a população com maior faixa etária.

A posse de bicicletas mostrou-se um dos fatores mais impactantes para a escolha de um modo de transporte. A saber, possuir uma ou mais bicicletas elevou significativamente a chance de escolher esse modo de transporte ($\widehat{RC} = 40,504$ para a posse de uma bicicleta, $\widehat{RC} = 51,250$ para a posse de duas bicicletas e $\widehat{RC} = 45,731$ para a posse de três bicicletas) em comparação ao modal a pé. Os resultados sugerem que domicílios com múltiplas bicicletas estão mais integrados a uma cultura de mobilidade ativa, possivelmente usando-as para diferentes membros ou finalidades (Guth; Silva, 2019).

Ainda, curiosamente, a posse de duas bicicletas aumentou a chance de escolha pelo do uso da motocicleta ($\widehat{RC} = 18,380$) quando comparado ao modal a pé. O resultado corrobora a hipótese de que opções de transporte em duas rodas (motocicletas e bicicletas) estão associadas a reações maiores de felicidade e satisfação dos usuários (Kantar, 2020).

Viagens com múltiplos passageiros também aumentaram drasticamente a preferência pelo automóvel particular. Para veículos ocupados por apenas um passageiro, a chance de escolher o automóvel em relação ao modal a pé aumentou em 175,59 vezes ($\widehat{RC} = 175,588$). Quando analisados veículos particulares com quatro passageiros, a chance de escolher o automóvel como meio de transporte aumentou em 241,7 vezes ($\widehat{RC} = 241,712$) em relação ao modal a pé, o que indica uma necessidade do carro (para famílias com duas crianças pequenas, por exemplo) ou a presença de uma cultura do "carro como espaço social", onde viagens em grupo são associadas à conveniência e à interação social, dificilmente replicáveis em ônibus ou em bicicletas (Cubells; Marquet; Miralles-Guasch, 2020; Mattioli *et al.*, 2020; Roos; Sprei; Holmberg, 2020; Blandin *et al.*, 2024).

Já a posse de uma motocicleta elevou a chance de usar o transporte público coletivo em aproximadamente nove vezes ($\widehat{RC} = 9,080$) quando comparada ao modal a pé. Esse resultado paradoxal pode estar relacionado a fatores, como o contexto familiar e a preferência por ônibus em situações em que veículos particulares são menos viáveis (por exemplo, devido às condições climáticas e fatores econômicos) (Rasca; Saeed, 2022).

3.4. Implicações para o Planejamento Urbano

Na cidade de Viçosa-MG, as altas Razões de Chances remetentes à posse de bicicletas reforçam a necessidade de investir em infraestrutura cicloviária segura e conectada, especialmente por sua topografia desafiadora. Isso inclui a renovação dos espaços públicos, a construção de ciclovias segregadas, de bicicletários públicos e de programas de subsídio para aquisição de bicicletas (incluindo as elétricas). A implantação de ciclovias protegidas em rotas estratégicas, particularmente em conexões entre os bairros periféricos e a área central, poderia mitigar os desafios impostos pela topografia acidentada (Boglietti; Tiboni, 2022; Zhao; Manaugh, 2023). Experiências, como as de Valência, Espanha, em que melhorias na infraestrutura aumentaram a utilização da bicicleta em 23% (Vázquez-Paja *et al.*, 2024), sugerem que intervenções físicas devem ser complementadas por programas de empréstimo de bicicletas e por integração com o transporte público coletivo, como a instalação de bicicletários em terminais de ônibus.

A preferência do veículo particular, especialmente em viagens em grupo, reflete falhas na oferta de alternativas coletivas. Políticas restritivas, como a redução de vagas de estacionamento na área central da cidade e a implantação de zonas de baixa emissão, têm se mostrado eficazes em cidades como Londres, Inglaterra (Diao, 2019), reduzindo os congestionamentos em até 20%. Na cidade de Viçosa-MG, tais medidas podem ser combinadas com menores tarifas sociais para transporte público coletivo e subsídios à mobilidade ativa em comunidades carentes, de modo a garantir a equidade no acesso, premissa defendida por González-Espejo, Astroza e Hurtubia (2022) em estudos sobre a estratificação socioespacial.

Os resultados deste estudo alinham-se às estratégias prioritárias identificadas por Pires, Meira e Oliveira (2023) para municípios brasileiros de pequeno porte populacional, como a expansão de infraestrutura para modos ativos e a integração entre transporte público e políticas municipais. A elevada Razão de Chances de uso do modal cicloviário associada à posse de um ou mais bicicletas no domicílio corrobora a eficácia de investimentos em infraestrutura voltada para modais ativos, conforme defendido por especialistas (Jahanshahi *et al.*, 2023; Pires; Meira; Oliveira, 2023). Além disso, a preferência por veículos particulares em viagens em grupo ressalta, por sua vez, a urgência de políticas que fortaleçam alternativas coletivas

(Boglietti; Tiboni, 2022; Gutiérrez; Oliva; Romero-Ania, 2022; Chng; Plananska; Cheah, 2023; Pires; Meira; Oliveira, 2023).

A capacitação de gestores públicos, conforme defendido por Alves, Humberto e Siqueira (2018), é crucial para implementar políticas eficazes. Tal capacitação inclui a integração das diretrizes municipais e a avaliação contínua das políticas de mobilidade urbana, estratégia validada por Pires, Meira e Oliveira (2023) como essencial para as cidades de pequeno porte populacional. Essas medidas, quando combinadas, podem, além de mitigar lacunas estruturais, promover a equidade modal, objetivos centrais da Política Nacional de Mobilidade Urbana (Brasil, 2012), que visa a priorização do transporte público coletivo, a expansão de ciclovias e calçadas acessíveis, e a integração de tecnologias inteligentes, e tem caráter obrigatório para cidades com mais de 20 mil habitantes.

Já o *value-action gap* identificado por Vázquez-Paja *et al.* (2024) ressalta, ainda, a necessidade de campanhas que associem sustentabilidade a benefícios tangíveis. Iniciativas, como o cálculo de custos anuais do veículo particular *versus* bicicleta, inspiradas em Mattioli *et al.* (2020), ou a divulgação de impactos na saúde (Pucher; Dill; Handy, 2010; Grabow *et al.*, 2019; Dédelé *et al.*, 2020; Liu *et al.*, 2020), podem fortalecer a adesão aos modos sustentáveis de transporte.

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados e discussões apresentados, o estudo avança o conhecimento científico ao integrar três dimensões: a aplicação de modelos de escolha discreta (Modelo Logit Multinomial) em cidades de pequeno porte populacional, a análise combinada de variáveis contextuais e a adaptação do conceito de "cidades 15 minutos" às realidades locais. A pesquisa preenche lacunas metodológicas (Pires; Meira; Oliveira, 2023), propõe um arcabouço analítico replicável e oferece evidências empíricas para políticas públicas alinhadas à Política Nacional de Mobilidade Urbana (Brasil, 2012).

Entre as principais inovações, destaca-se a análise integrada de variáveis contextuais, revelando interações críticas. Um exemplo notável é a adoção significativa no uso da bicicleta como meio de transporte cotidiano quando preexiste a posse do veículo no domicílio, um achado com implicações práticas diretas para a formulação de políticas de substituição modal.

As implicações práticas deste estudo transcendem o âmbito local. Ao integrar evidências empíricas com modelos consolidados na literatura, como o conceito de "cidades 15 minutos" (Moreno, 2021; Moreno *et al.*, 2021), a cidade de Viçosa-MG pode servir como laboratório para políticas inovadoras, como a implantação de zonas de baixa emissão e a integração de sistemas de bicicletas compartilhadas com o transporte público coletivo. A aplicação do modelo Logit Multinomial, conforme proposto por Croissant (2020), demonstrou ser adequada para capturar a heterogeneidade nas preferências.

Futuros estudos na cidade de Viçosa-MG poderiam envolver a avaliação do efeito de atributos ou de características das próprias alternativas sobre a preferência por modos de transporte, como, por exemplo, o custo, o tempo de deslocamento ou de espera, o nível de conforto, entre outros. Adicionalmente, modelos mais sofisticados, como o *Mixed Logit*, que conseguem capturar e modelar a heterogeneidade não observada ou aleatória presente nas preferências individuais, também poderiam ser utilizados (Croissant, 2020). Por fim, outra possibilidade para estudos futuros seria a utilização de técnicas de preferência declarada para simular cenários hipotéticos ou que ainda não estão disponíveis para a cidade de Viçosa-MG, a fim de antever e de avaliar o impacto de políticas, como expansão das infraestruturas cicloviárias ou a taxaço de estacionamentos.

REFERÊNCIAS

AKOGLU, H. User's guide to correlation coefficients. **Turkish Journal of Emergency Medicine**, [s. l.], v. 18, n. 3, p. 91–93, 2018.

ALVES, L. M. T.; HUMBERTO, M.; SIQUEIRA, R. G. S. Efetividade da PNMU: caracterização dos municípios e identificação de variáveis relevantes para elaboração do plano de mobilidade urbana. **Revista dos Transportes Públicos**, [s. l.], v. Ano 40, n. 148, 2018. Disponível em: <https://files.antp.org.br/2018/4/19/rtp148-e.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2025.

ARELLANA, J. *et al.* Developing an urban bikeability index for different types of cyclists as a tool to prioritise bicycle infrastructure investments. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, [s. l.], v. 139, p. 310–334, 2020.

BEN-AKIVA, M.; LERMAN, S. R. **Discrete choice analysis: theory and application to travel demand**. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1985. (Transportation studies).

BLANDIN, L. *et al.* Car dependency in the urban margins: The influence of perceived accessibility on mode choice. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, [s. l.], v. 184, p. 104098, 2024.

BOGLIETTI, S.; TIBONI, M. Analyzing the Criticalities of Public Spaces to Promote Sustainable Mobility. **Transportation Research Procedia**, [s. l.], v. 60, p. 172–179, 2022.

BRASIL. Lei Nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Política Nacional de mobilidade urbana. **Diário Oficial da União**, Brasília, Poder Executivo, 2012.

BRASIL. **Levantamento sobre a situação dos Planos de Mobilidade Urbana**. [S. l.], 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/mobilidade-urbana/apoio-a-elaboracao-de-planos-de-mobilidade-urbana/levantamento-sobre-a-situacao-dos-planos-de-mobilidade-urbana>.

BUEHLER, R.; HAMRE, A. The multimodal majority? Driving, walking, cycling, and public transportation use among American adults. **Transportation**, [s. l.], v. 42, n. 6, p. 1081–1101, 2015.

CHNG, S.; PLANANSKA, J.; CHEAH, L. Comparison of travel attitude study methods using online tools: The case of understanding public acceptance of autonomous vehicles. **Transportation Research Interdisciplinary Perspectives**, [s. l.], v. 20, p. 100847, 2023.

CROISSANT, Y. Estimation of Random Utility Models in *R*: The *mlogit* Package. **Journal of Statistical Software**, [s. l.], v. 95, n. 11, 2020. Disponível em: <http://www.jstatsoft.org/v95/i11/>. Acesso em: 11 fev. 2025.

CUBELLS, J.; MARQUET, O.; MIRALLES-GUASCH, C. Gender and Age Differences in Metropolitan Car Use. Recent Gender Gap Trends in Private Transport. **Sustainability**, [s. l.], v. 12, n. 18, p. 7286, 2020.

DÉDELÉ, A. *et al.* Dependence between travel distance, individual socioeconomic and health-related characteristics, and the choice of the travel mode: a cross-sectional study for Kaunas, Lithuania. **Journal of Transport Geography**, [s. l.], v. 86, p. 102762, 2020.

DONG, Y.; PENG, C.-Y. J. Principled missing data methods for researchers. **SpringerPlus**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 222, 2013.

ELDEEB, G.; MOHAMED, M.; PÁEZ, A. Built for active travel? Investigating the contextual effects of the built environment on transportation mode choice. **Journal of Transport Geography**, [s. l.], v. 96, p. 103158, 2021.

FREIRE, C. T.; CALLIL, V.; PICANÇO, M. F. **Impacto social do uso da bicicleta no Rio de Janeiro**. São Paulo: Centro Brasileiro de Pesquisa e Planejamento, 2019.

GIOLO, S. R. **Introdução à análise de dados categóricos com aplicações**. São Paulo: Blucher, 2017. 256 p.

GONZÁLEZ-ESPEJO, F.; ASTROZA, S.; HURTUBIA, R. On the relation between school and residential location choice: Evidence of heterogeneous strategies from Santiago de Chile. **Journal of Transport Geography**, [s. l.], v. 102, p. 103359, 2022.

GOOGLE. **Transporte ativo por meio de bicicletas – percepções de uso e fomento para a realidade de cidades de pequeno porte demográfico**. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://forms.gle/2VrDX29V8NFAe1h98>. Acesso em: 17 mar. 2024.

GRABOW, M. L. *et al.* What moves us: Subjective and objective predictors of active transportation. **Journal of Transport & Health**, [s. l.], v. 15, 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S221414051830567X>. Acesso em: 28 jan. 2024.

GUTH, D.; SILVA, V. A. C. da. Uso de bicicleta nas cidades brasileiras de pequeno porte: Uma cultura ameaçada. **P2P E INOVAÇÃO**, [s. l.], v. 5, n. 2, p. 83–107, 2019.
HEINEN, E.; VAN WEE, B.; MAAT, K. Commuting by Bicycle: An Overview of the Literature. **Transport Reviews**, [s. l.], v. 30, n. 1, p. 59–96, 2010.

GUTIÉRREZ, L. R.; OLIVA, M. A. de V.; ROMERO-ANIA, A. Economic, Ecological and Social Analysis Based on DEA and MCDA for the Management of the Madrid Urban

Public Transportation System. **Mathematics**, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 172, 2022. <https://doi.org/10.3390/math10020172>.

HOFFMAN, S. D.; DUNCAN, G. J. Multinomial and conditional logit discrete-choice models in demography. **Demography**, [s. l.], v. 25, n. 3, p. 415–427, 1988.

HOSMER, D. W.; LEMESHOW, S.; STURDIVANT, R. X. **Applied Logistic Regression**. 1. ed. [S. l.]: Wiley, 2013. (Wiley Series in Probability and Statistics). Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118548387>. Acesso em: 4 fev. 2024.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades IBGE**. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 17 dez. 2021.

IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **CO2 Emissions in 2023**. Paris: IEA, 2024. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2023>.

JAHANSHAH, D. *et al.* Understanding Perceptions of Cycling Infrastructure Provision and its Role in Cycling Equity. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, [s. l.], v. 2677, n. 3, p. 820–835, 2023.

KANTAR. **Mobility Futures: How mobility will be shaped by the world's great cities**. Kantar, 2020. Disponível em: https://cyclingindustry.news/wp-content/uploads/2020/02/Kantar_Mobility_Futures_Digital.pdf. Acesso em: 20 abr. 2025.

KOOHSARI, M. J. *et al.* Place attachment and walking behaviour: Mediation by perceived neighbourhood walkability. **Landscape and Urban Planning**, [s. l.], v. 235, p. 104767, 2023.

LIU, C. *et al.* Development of a large-scale transport model with focus on cycling. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, [s. l.], v. 134, p. 164–183, 2020.

LIU, Q. *et al.* Healthy Behavior and Environmental Behavior Correlate with Bicycle Commuting. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [s. l.], v. 19, n. 6, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/6/3318>. Acesso em: 4 mar. 2025.

MASOUMI, H. *et al.* Relations of Public Transport Use and Car Ownership with Neighbourhood and City-Level Travel Purposes in Kerman, Iran. **Urban Science**, [s. l.], v. 6, n. 3, p. 48, 2022.

MATTIOLI, G. *et al.* The political economy of car dependence: A systems of provision approach. **Energy Research & Social Science**, [s. l.], v. 66, p. 101486, 2020.

MENINI, S. E.; STEPHAN, Í. I. C. O transporte coletivo em Viçosa MG. Um caminho para a melhoria da mobilidade urbana. **Arquitextos**, [s. l.], n. 232.05, 2019. Disponível em: <https://vitruvius.com.br/index.php/revistas/read/arquitextos/20.232/7523>. Acesso em: 17 mar. 2024.

MIRANDA, H. de F. *et al.* Medidas para a promoção da bicicleta em São Paulo: uma análise Multicritério e Multiatores. **TRANSPORTES**, [s. l.], v. 29, n. 1, p. 194–210, 2021.

MORENO, C. *et al.* Introducing the “15-Minute City”: Sustainability, Resilience and Place Identity in Future Post-Pandemic Cities. **Smart Cities**, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 93–111, 2021.

MORENO, C. Living in Proximity in a Living City. **Glocalism**, [s. l.], n. 3, 2021. Disponível em: <https://riviste.unimi.it/index.php/glocalism/article/view/20593>. Acesso em: 15 fev. 2025.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável | As Nações Unidas no Brasil**. [S. l.], 2025. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>.

PÁEZ, A.; WHALEN, K. Enjoyment of commute: A comparison of different transportation modes. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, [s. l.], v. 44, n. 7, p. 537–549, 2010.

PIRES, D. R.; MEIRA, L. H.; OLIVEIRA, L. K. D. IDENTIFICATION OF MOBILITY STRATEGIES FOR SMALL AND URBANIZED BRAZILIAN MUNICIPALITIES. **Revista Baru - Revista Brasileira de Assuntos Regionais e Urbanos**, [s. l.], v. 9, 2023. DOI 10.18224/baru.v9i1.13397. Disponível em: <https://seer.pucgoias.edu.br/index.php/baru/article/view/13397>. Acesso em: 12 abr. 2025.

PREFEITURA DE VIÇOSA. **Edital 001/2018 - Anexo I - Apresentação do Município de Viçosa**. [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em: https://www.vicosamg.gov.br/abrir_arquivo.aspx/Anexo_I__Apresentacao_Vicosas?cdLocal=2&arquivo=%7BC1D6CDDA-DDE4-5D26-DEA7-CE57C00D1CB7%7D.pdf. Acesso em: 7 mar. 2025.

PREFEITURA DE VIÇOSA. **Horários e itinerários do transporte coletivo**. [S. l.: s. n.], 2022. Disponível em: https://www.vicosamg.gov.br/abrir_arquivo.aspx/Quadro_de_horarios_UNIAO?cdLocal=2&arquivo={CA4A0E5E-2E8C-C482-65CA-BDE2783B817E}.pdf. Acesso em: 25 nov. 2023.

PUCHER, J.; DILL, J.; HANDY, S. Infrastructure, programs, and policies to increase bicycling: An international review. **Preventive Medicine**, [s. l.], v. 50, p. S106–S125, 2010.

RASCA, S.; SAEED, N. Exploring the factors influencing the use of public transport by commuters living in networks of small cities and towns. **Travel Behaviour and Society**, [s. l.], v. 28, p. 249–263, 2022.

ROOS, J. M.; SPREI, F.; HOLMBERG, U. Sociodemography, Geography, and Personality as Determinants of Car Driving and Use of Public Transportation. **Behavioral Sciences**, [s. l.], v. 10, n. 6, p. 93, 2020.

ROTHMAN, L. *et al.* Spatial distribution of roadway environment features related to child pedestrian safety by census tract income in Toronto, Canada. **Injury Prevention**, [s. l.], v. 26, n. 3, p. 229–233, 2020.

SHENG, Z.; LIU, Y.; QIN, J. Empirical likelihood inference and goodness-of-fit test for logistic regression model under two-phase case-control sampling. **Statistical Theory and Related Fields**, [s. l.], v. 6, n. 4, p. 265–276, 2022.

ŠIMEČEK, M. Discrete Choice Analysis of Travel Behaviour. **Transactions on Transport Sciences**, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 5–9, 2019.

TEIXEIRA, I. P. *et al.* Does cycling infrastructure reduce stress biomarkers in commuting cyclists? A comparison of five European cities. **Journal of Transport Geography**, [s. l.], v. 88, p. 102830, 2020.

THE R FOUNDATION. **The R Project for Statistical Computing**. Versão 4.4.0. [S. l.: s. n.], 2024. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 19 mar. 2024.

TRAIN, K. E. **Discrete Choice Methods with Simulation**. 2. ed. [S. l.]: Cambridge University Press, 2009. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/product/identifier/9780511805271/type/book>. Acesso em: 4 mar. 2025.

UFV - UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **Caracterização do Município de Viçosa - MG**. [S. l.], 2019. <https://www.abequa.ufv.br/local/>. Disponível em: <https://www.abequa.ufv.br/local/>. Acesso em: 3 mar. 2025.

UFV - UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **Relatório de gestão: Universidade Federal de Viçosa 2022**. [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: <https://www.ufv.br/wp-content/uploads/2024/01/Relatorio-de-Gestao-UFV-2022.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2024.

VÁZQUEZ-PAJA, B.; FEO-VALERO, M.; DEL SAZ-SALAZAR, S. Environmental awareness and transportation choices: A case study in Valencia, Spain. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, [s. l.], v. 137, p. 104487, 2024.

WANG, J. *et al.* A robust method for evaluating the potentials of 15-minute cities: Implications for sustainable urban futures. **Geography and Sustainability**, [s. l.], v. 5, n. 4, p. 597–606, 2024.

ZHAO, Q.; MANAUGH, K. Introducing a Framework for Cycling Investment Prioritization. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, [S.L.], v. 2677, n. 7, p. 265-277, 2023. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/03611981231152241>.

CONCLUSÃO GERAL

A presente pesquisa investigou os fatores socioeconômicos e de infraestrutura viária que influenciam a escolha modal em cidades de pequeno porte demográfico, tendo como estudo de caso o município de Viçosa-MG. A análise foi conduzida a partir da aplicação de modelos de escolha discreta, especificamente a regressão logística multinomial, sobre dados primários coletados por meio de questionários eletrônicos. Os resultados obtidos permitiram identificar padrões relevantes de mobilidade urbana, destacando que a posse de bicicletas reduz significativamente a probabilidade de uso de veículos particulares, enquanto deslocamentos superiores a uma hora aumentam a propensão ao transporte público. Além disso, constatou-se que a composição do grupo de viagem exerce influência direta sobre a escolha modal, sendo que a presença de quatro passageiros no deslocamento eleva expressivamente a utilização do automóvel. Esses achados revelam que a mobilidade urbana em cidades de pequeno porte não é apenas um reflexo de fatores individuais, mas resulta da interação entre condições socioeconômicas, características da infraestrutura e hábitos culturais arraigados na população.

A pesquisa inova ao oferecer uma abordagem quantitativa detalhada para o estudo da mobilidade ativa em cidades menores, um tema historicamente negligenciado na literatura acadêmica. A maior parte dos estudos existentes sobre o tema concentra-se em metrópoles ou cidades de médio porte, onde as dinâmicas de transporte são mais diversificadas e a infraestrutura de mobilidade ativa já se encontra mais consolidada. Dessa forma, o presente estudo contribui para o preenchimento dessa lacuna, ao demonstrar que fatores como a topografia, a distribuição espacial dos serviços e a percepção dos usuários desempenham um papel crucial na decisão de adoção de modos sustentáveis, como a bicicleta e o transporte público. Além disso, ao evidenciar a relação entre posse de bicicletas e redução do uso de veículos particulares, o estudo fornece embasamento empírico para a formulação de políticas públicas voltadas à promoção da mobilidade sustentável, especialmente em municípios com características similares às de Viçosa-MG.

Do ponto de vista prático, os achados da pesquisa reforçam a necessidade de investimentos estratégicos na infraestrutura cicloviária e no transporte coletivo. A ampliação da rede de ciclovias, particularmente em rotas estratégicas que conectam

áreas residenciais a centros comerciais e acadêmicos, pode fomentar uma maior adesão ao uso da bicicleta, reduzindo a dependência do automóvel e seus impactos negativos sobre o trânsito e o meio ambiente. Paralelamente, a melhoria da oferta de transporte público, seja por meio da ampliação da frota, da reestruturação das linhas ou da otimização dos horários de funcionamento, representa um fator fundamental para incentivar sua utilização e torná-lo uma alternativa viável frente ao transporte individual motorizado. Essas medidas, quando articuladas de forma integrada, contribuem para o desenvolvimento de um sistema de mobilidade mais eficiente, acessível e sustentável, alinhado aos princípios da equidade no acesso à cidade e à redução das desigualdades socioespaciais.

Entretanto, é importante ressaltar as limitações do estudo, que indicam direções para futuras pesquisas. O tamanho amostral reduzido, embora suficiente para a aplicação do modelo estatístico empregado, impõe restrições à generalização dos resultados para outras cidades com características distintas. Além disso, a ausência de variáveis subjetivas no modelo, como percepção de segurança no uso da bicicleta e satisfação com o transporte público, limita a compreensão mais profunda dos fatores que afetam a escolha modal. Recomenda-se que estudos futuros incorporem abordagens mistas, combinando técnicas quantitativas e qualitativas para captar aspectos perceptivos e atitudinais que influenciam a mobilidade urbana. Além disso, a aplicação de simulações de intervenções urbanas, como a inclusão de novas ciclovias ou a ampliação da cobertura do transporte coletivo, pode fornecer insights valiosos sobre os impactos potenciais dessas políticas na distribuição modal.

Em síntese, o estudo reafirma a importância de estratégias integradas para o planejamento da mobilidade urbana em cidades de pequeno porte, considerando não apenas aspectos infraestruturais, mas também fatores sociais, culturais e comportamentais. Ao destacar a necessidade de políticas públicas que incentivem a mobilidade ativa e coletiva, os resultados aqui apresentados podem subsidiar gestores municipais e planejadores urbanos na formulação de intervenções mais eficazes e direcionadas. Dessa forma, a pesquisa não apenas contribui para o avanço do conhecimento acadêmico na área de engenharia de transportes, mas também oferece um arcabouço técnico e metodológico que pode ser replicado em outras cidades, consolidando-se como uma referência para o desenvolvimento de cidades mais sustentáveis e equitativas.