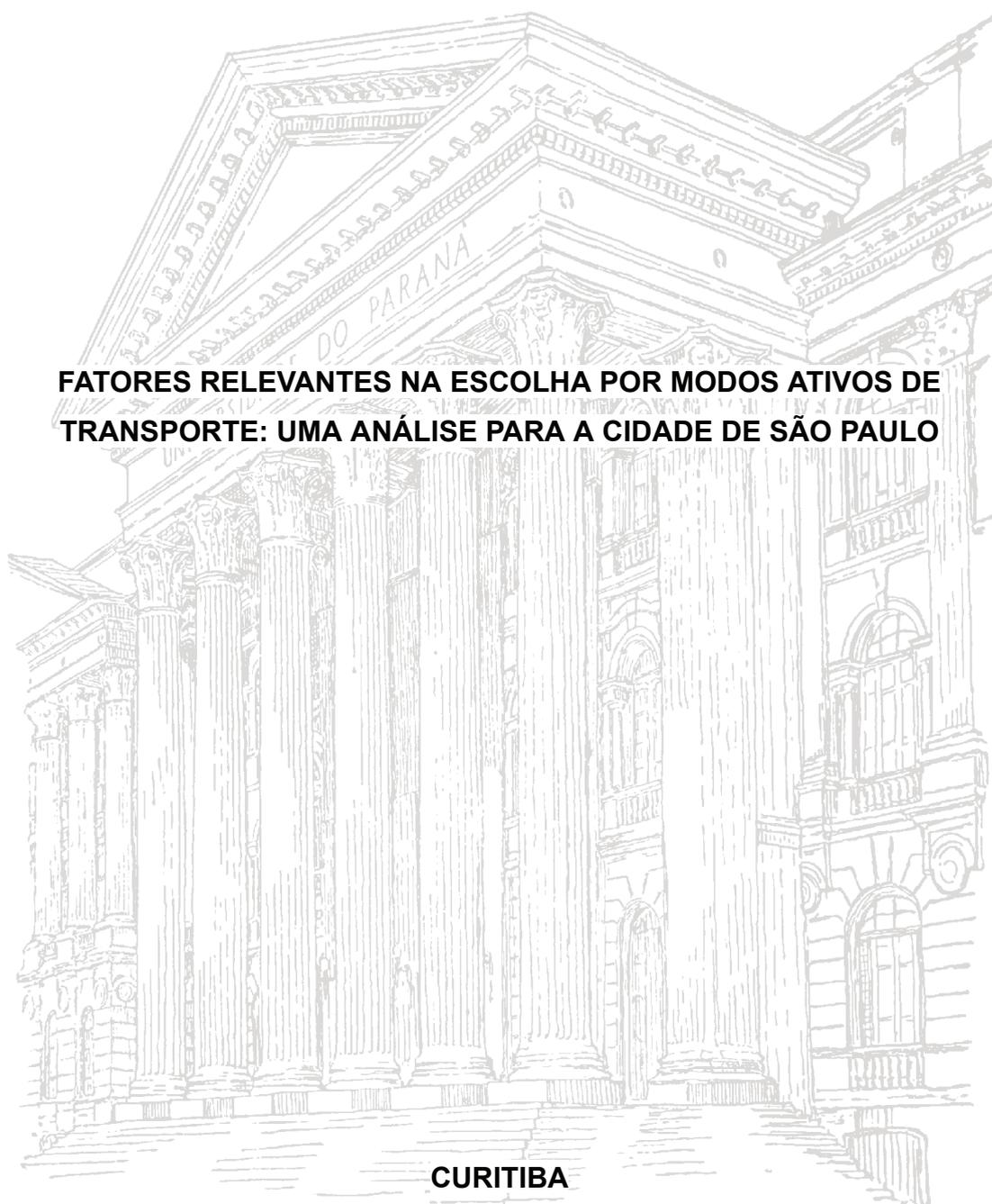


**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**JOÃO GUILHERME DUB DA SILVA**

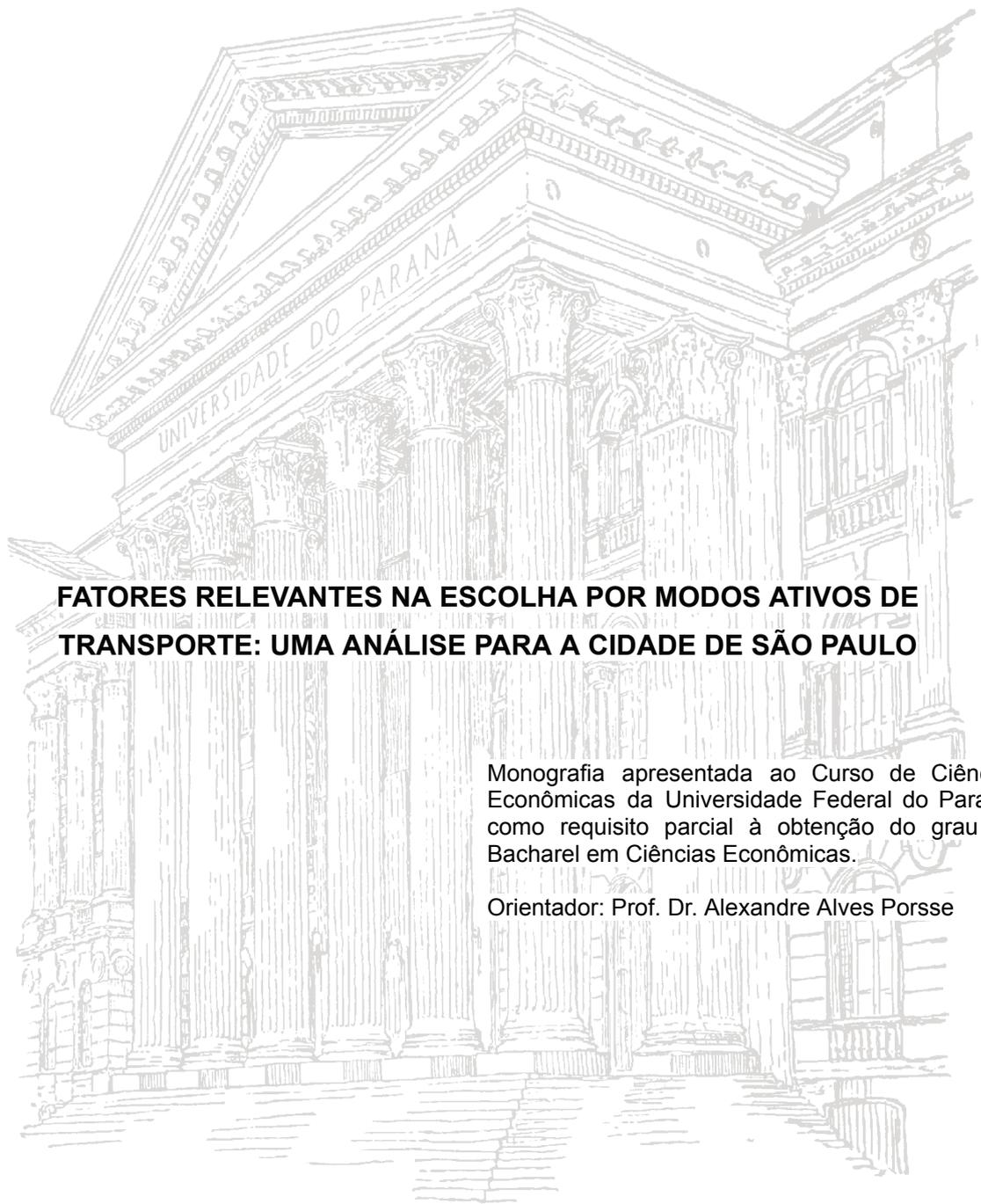
**FATORES RELEVANTES NA ESCOLHA POR MODOS ATIVOS DE  
TRANSPORTE: UMA ANÁLISE PARA A CIDADE DE SÃO PAULO**



**CURITIBA**

**2024**

**JOÃO GUILHERME DUB DA SILVA**



**FATORES RELEVANTES NA ESCOLHA POR MODOS ATIVOS DE  
TRANSPORTE: UMA ANÁLISE PARA A CIDADE DE SÃO PAULO**

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Alves Porsse

**CURITIBA**

**2024**

## **Agradecimentos**

Gostaria de agradecer primeiro aos meus pais, por todos os anos de apoio e companheirismo, se no meio do caminho não desisti, foi por vocês.

Agradeço a todos os meus amigos, e ao meu irmão e meus primos, que passaram anos me ouvindo reclamar.

Quero agradecer a minha namorada, pela paciência em todos os momentos de estresse e pela compreensão.

Agradecer também ao Professor Alexandre, pela orientação, pela ajuda e entendimento das dificuldades.

E em especial agradecer ao meu pai, que sem a ajuda não teria conseguido realizar a entrega desse trabalho.

## RESUMO

Este estudo investiga os fatores que influenciam a escolha do modal de transporte em São Paulo, com ênfase na mobilidade ativa (caminhada e bicicleta), utilizando um modelo logit multinomial e tendo o carro como categoria de referência. Os resultados indicam que a posse de automóveis reduz significativamente as chances de optar por modos ativos: a disponibilidade de automóveis no domicílio diminui em cerca de 75% a probabilidade de escolher a bicicleta, e também reduz a escolha pela caminhada. Além disso, as mulheres tendem a caminhar mais do que os homens, mas a pedalar menos, sugerindo diferenças de gênero na mobilidade ativa. No caso da bicicleta, a distância e o número de viagens diárias atuam como barreiras, enquanto um menor nível de escolaridade e a presença de bicicletas no domicílio aumentam a probabilidade de uso. A caminhada, por sua vez, é favorecida por motivos específicos, como a busca por emprego, indicando que modos ativos podem ser alternativas de deslocamento para grupos com menos recursos. Já o transporte público mostra-se complementar à mobilidade ativa: quanto maior a distância, maior a chance de optar por metrô ou ônibus, reforçando seu papel estratégico em viagens mais longas. Em síntese, as evidências apontam para a necessidade de políticas que reduzam a dependência do carro, melhorem a infraestrutura para pedestres e ciclistas e integrem o transporte coletivo, visando tornar a mobilidade urbana mais acessível, inclusiva e sustentável.

**Palavras-chave:** Mobilidade urbana. Modais de transporte. Logit.

## **ABSTRACT**

This study examines the factors influencing mode choice in São Paulo, focusing on active transportation (walking and cycling) through a multinomial logit model, using the car as the reference category. The findings show that car ownership significantly reduces the likelihood of opting for active modes: having more cars at home decreases the probability of choosing the bicycle by about 75% and also negatively affects walking. Furthermore, women are more inclined to walk than men, but less likely to cycle, indicating gender differences in active mobility. For cycling, distance and the number of daily trips pose challenges, whereas lower education levels and bicycle availability at home increase the probability of choosing this mode. Walking is favored by specific circumstances, such as job-seeking, suggesting that active modes often serve as alternatives for individuals with limited resources. Public transportation emerges as complementary to active travel: longer distances increase the likelihood of choosing metro or bus, underscoring their strategic role in extended trips. In summary, these results highlight the need for policies that reduce car dependency, improve pedestrian and cycling infrastructure, and integrate public transport, ultimately fostering more accessible, inclusive, and sustainable urban mobility.

**Keywords:** Urban mobility. Transport modes. Logit.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 CONTEXTUALIZAÇÃO E REVISÃO DA LITERATURA.....	9
2.1 Relevância da mobilidade ativa e urbanização.....	9
2.2 Revisão de literatura empírica.....	11
3 METODOLOGIA.....	20
3.1 Abordagem metodológica.....	20
3.2 Modelos de escolha de modo de transporte.....	20
3.3 Modelos de escolha discreta.....	23
3.4 Fundamentação teórica para o uso do modelo Logit multinomial.....	25
3.5 Pesquisa Origem - Destino de São Paulo.....	27
3.6 Seleção das variáveis.....	28
4 RESULTADOS.....	30
4.1 Tratamento dos dados.....	30
4.2 Análise descritiva dos dados.....	30
4.2 Estimativas econométricas.....	35
4.3 Discussão dos resultados.....	43
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45
6 REFERÊNCIAS.....	47

## 1 INTRODUÇÃO

Em 2007, de acordo com o relatório da World Urbanization Prospects, a população urbana mundial ultrapassou, pela primeira vez, a população rural. Essa tendência de crescimento das cidades foi confirmada pelo World Cities Report 2022 (ONU, 2022), que projeta que até 2050 cerca de 68% da população global viverá em áreas urbanas. Esse movimento de urbanização, que não é exclusividade de países desenvolvidos, exige um planejamento urbano cada vez mais eficiente, pois o crescimento natural e contínuo das cidades acarreta desafios em escala global e nacional.

No Brasil, esse processo é ainda mais intenso: segundo o IBGE, em 1970 pouco mais da metade da população vivia em áreas urbanas, enquanto que em 2022 esse número atingiu 87,5%. Entre os dois últimos censos realizados no país, o crescimento urbano foi de 10%. Esse avanço expande horizontalmente as cidades, ampliando a distância entre as áreas residenciais e os centros urbanos, onde se concentram empregos, lazer, comércio e serviços. Em muitos países emergentes, a redução do tráfego de pedestres e ciclistas, somada ao aumento do transporte motorizado, resulta em congestionamentos, poluição e queda na qualidade de vida, conforme apontado por Gehl (2015).

A urbanização desordenada no Brasil é acompanhada por uma infraestrutura insuficiente, o que intensifica problemas como a desigualdade de acesso à mobilidade e a dependência do transporte individual motorizado. Dados do IPEA (2021), baseados na Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) de 2017, mostram que cerca de 60% das famílias de menor renda dependem exclusivamente do transporte coletivo, enquanto 90% das famílias mais ricas utilizam veículos particulares. Esse quadro agrava as disparidades socioeconômicas, com os mais pobres enfrentando deslocamentos mais demorados, enquanto os mais ricos usufruem de maior conforto e agilidade. Além disso, a predominância do transporte individual resulta em congestionamentos severos e altos níveis de poluição. Segundo Cintra (2014), apenas na cidade de São Paulo, os custos gerados por congestionamentos chegaram a R\$ 40 bilhões em 2012.

Esse cenário ressalta a importância de alternativas mais sustentáveis e acessíveis, como o transporte coletivo e a mobilidade ativa. Embora o transporte público seja peça-chave na mobilidade das grandes cidades, a mobilidade ativa –

representada por deslocamentos a pé e de bicicleta – tem ganhado evidência como complemento fundamental. Além de mitigar impactos ambientais e sociais dos congestionamentos, esse tipo de deslocamento traz benefícios diretos à saúde e ao bem-estar da população. Dessa forma, compreender o que motiva as pessoas a optar pela mobilidade ativa é um passo essencial para subsidiar políticas que tornem as cidades mais inclusivas e dinâmicas.

Para entender esses fatores, este trabalho analisará a escolha modal na cidade de São Paulo, uma das cinco maiores metrópoles do mundo e a maior da América Latina, com 11 milhões de habitantes. A cidade, polo financeiro e empresarial do país, historicamente atrai migrantes em busca de oportunidades, agravando problemas já conhecidos de desigualdade, infraestrutura insuficiente e espraiamento urbano. Além disso, a região apresenta os maiores tempos de deslocamento do país, o que levou à adoção de rodízios de veículos na tentativa de conter o trânsito.

Para fornecer uma base sólida a essa análise, serão utilizados dados da Pesquisa Origem-Destino - SP (POD), de 2017, que serão aplicados a um modelo logit multinomial, buscando-se responder à seguinte pergunta: “quais são os fatores relevantes na escolha por modos ativos de transporte em São Paulo?”, buscando também identificar as características socioeconômicas e de viagem que influenciam a escolha pela mobilidade ativa, e comparando esses determinantes com aqueles que impactam o uso do transporte coletivo e do transporte individual motorizado. Desta forma, espera-se que os resultados obtidos contribuam para compreender melhor as decisões modais na capital paulista, e forneçam subsídios para políticas que promovam a mobilidade ativa de forma integrada ao sistema de transporte, visando melhoria na qualidade de vida dos habitantes.

Estruturalmente, o trabalho está organizado da seguinte forma: após esta introdução, apresenta-se a revisão da literatura, abordando conceitos, estudos e modelos de escolha modal relacionados à mobilidade ativa. Em seguida, a seção de metodologia descreve os procedimentos adotados, destacando a base de dados da POD (2017) e o modelo logit multinomial empregado. Na sequência, são apresentados e discutidos os resultados da análise econométrica. Por fim, as considerações finais sintetizam os achados, discutem suas implicações para a formulação de políticas e indicam direções para pesquisas futuras.

## 2 CONTEXTUALIZAÇÃO E REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Relevância da mobilidade ativa e urbanização

A adoção de meios de deslocamento ativos, como andar a pé ou de bicicleta, é considerada fundamental para o desenvolvimento urbano sustentável das próximas décadas. Gehl (2015), destaca que alcançar cidades mais sustentáveis depende diretamente da forma como as pessoas se deslocam e de como os espaços urbanos são projetados, levando em conta a segurança e o bem-estar dos pedestres e ciclistas. Um sistema de transporte coletivo com alto investimento, por exemplo, perde eficácia se não houver uma boa integração com o espaço urbano, garantindo que as pessoas consigam caminhar em segurança de e também para os terminais e estações.

Cortright (2007) analisou a cidade de Portland, nos Estados Unidos, mostrando que os moradores de lá fazem viagens, em média, 20% menores do que em outras áreas metropolitanas do país. Além disso, houve uma leve redução nas distâncias percorridas por carro, o que gerou uma economia significativa, estimada em mais de um bilhão de dólares anuais, sem sequer considerar o custo do tempo perdido em congestionamentos. Em outro estudo, o mesmo autor observou que bairros mais "andáveis" apresentavam maior valor imobiliário, sugerindo que a qualidade do ambiente para pedestres pode agregar valor econômico às regiões urbanas.

A mobilidade ativa também tem potencial para revitalizar centros históricos abandonados ao longo das últimas décadas, tornando essas áreas mais competitivas. Gargiulo e Sgambati (2022), destacam que investimentos em infraestrutura para pedestres e ciclistas podem melhorar a qualidade de vida, valorizar o patrimônio cultural e paisagístico, além de contribuir para uma cidade mais acessível e atrativa. Segundo as autoras, a promoção da mobilidade ativa envolve ações de baixo custo e também com baixo impacto no tecido urbano, que podem ser implementadas mesmo em contextos com edificações tombadas ou com restrições de uso do solo.

Tendo em vista os diversos benefícios associados à mobilidade não motorizada, é necessário priorizar o planejamento urbano centrado nas pessoas, em vez de focar predominantemente na circulação de automóveis. Conforme apontado

por Gehl (2015), ao configurar as cidades de modo a favorecer pedestres e ciclistas, cria-se um ambiente mais convidativo, seguro e saudável. Medidas como restringir o acesso de automóveis em determinadas áreas, implantar ciclovias e calçadas adequadas, além de integrar atividades cotidianas ao deslocamento ativo, tendem a aumentar a ocupação dos espaços públicos, reduzir a incidência de acidentes de trânsito e melhorar a qualidade de vida dos moradores. Além disso, a presença de áreas bem planejadas para a circulação não motorizada pode atrair turistas, impulsionar o desenvolvimento econômico e tornar a experiência urbana mais agradável.

A mobilidade ativa também demonstra estreita relação com o uso do transporte coletivo. De acordo com Miranda (2022), o aumento do uso de ônibus, trens ou metrô, incentiva o caminhar e o pedalar, pois esses modais se complementam: enquanto o transporte público cobre as maiores distâncias, a última etapa do trajeto pode ser percorrida a pé ou de bicicleta. Essa complementaridade é reforçada pelos dados apresentados por Speck (2016), que relacionam o uso intensivo do transporte coletivo a um maior número de pessoas caminhando. Ao promover a integração entre os diversos sistemas de transporte, proporcionar uma boa infraestrutura de apoio — incluindo estações bem equipadas e seguras — e permitir até mesmo o transporte de bicicletas em veículos coletivos, as cidades criam um ambiente mais propício ao deslocamento ativo. Essa abordagem integrada fortalece o papel da mobilidade ativa como componente essencial de um planejamento urbano mais sustentável, humano e inclusivo.

A adoção de políticas que incentivem a mobilidade ativa, como caminhar e pedalar, pode contribuir substancialmente para o alcance de diversos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), da ONU. Ao estimular hábitos mais saudáveis e reduzir a dependência de veículos motorizados, essas iniciativas reforçam o ODS 3 - Saúde e Bem-Estar, promovendo a prevenção de doenças crônicas, o bem-estar mental e a melhoria geral da qualidade de vida. Além disso, a criação de infraestrutura adequada e a priorização do pedestre e do ciclista fortalecem o ODS 11 - Cidades e Comunidades Sustentáveis, tornando o ambiente urbano mais inclusivo, seguro e acessível, ao mesmo tempo em que integra diferentes grupos sociais ao espaço público. Por fim, ao diminuir as emissões provenientes do transporte individual, a mobilidade ativa apoia o ODS 13 - Ação Contra a Mudança

Global do Clima, ajudando a mitigar as mudanças climáticas e a preservar o meio ambiente.

Vale ressaltar que a promoção da mobilidade ativa não atua de forma isolada, mas sim de maneira transversal, fortalecendo a sinergia entre esses objetivos. Ao priorizar pessoas, melhorar a qualidade do ar e garantir um espaço público mais equilibrado, tais iniciativas estimulam um ciclo virtuoso que consolida a mobilidade ativa como um componente estratégico para o desenvolvimento sustentável das cidades.

## **2.2 Revisão de literatura empírica**

Analisando estudos relacionados à escolha modal e à mobilidade ativa, observou-se que países desenvolvidos dispõem de dados mais abundantes e de melhor qualidade, enquanto pesquisas em nações em desenvolvimento enfrentam carência de informação, muitas vezes recorrendo a simulações. Além disso, os determinantes da escolha modal variam conforme o estágio de desenvolvimento econômico e urbano da região. De modo geral, a literatura converge no entendimento de que políticas públicas efetivas, multissetoriais e sensíveis ao contexto local tendem a ser mais eficazes para promover escolhas sustentáveis de transporte.

Para contextualizar, os trabalhos analisados estão descritos abaixo, em ordem cronológica, evidenciando a evolução dos métodos, contextos e resultados.

O artigo de Hunt e Abraham (2007), analisa os fatores que influenciam o uso da bicicleta para transporte não recreativo em Edmonton, Canadá, por meio de um experimento de preferência declarada. A pesquisa utilizou dados de 1128 ciclistas para avaliar as escolhas entre diferentes rotas e condições de infraestrutura cicloviária, aplicando modelos logit multinomiais.

Os resultados revelam que o tempo de viagem em vias compartilhadas é percebido como 4,1 vezes mais oneroso do que em faixas exclusivas e 2,8 vezes mais oneroso do que em ciclovias segregadas. A disponibilidade de estacionamentos seguros para bicicletas é altamente valorizada, sendo equivalente a uma redução de 26,5 minutos no tempo de viagem em vias compartilhadas. Além disso, o estudo identifica diferenças importantes entre grupos: mulheres tendem a evitar vias compartilhadas, preferindo rotas com infraestrutura segregada, enquanto

ciclistas de maior renda apresentam menor sensibilidade ao custo e maior acesso a infraestrutura de qualidade.

O estudo conclui que investimentos em ciclovias segregadas e estacionamentos seguros podem aumentar significativamente a adesão ao uso da bicicleta. No entanto, os autores reconhecem limitações, como o uso de cenários hipotéticos e a dificuldade de generalizar os resultados para contextos reais.

Moita e Lopes (2016), analisam a demanda por meios de transporte na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e o impacto de políticas públicas sobre o trânsito. Utilizando um modelo de escolha discreta logit agregado com coeficientes aleatórios, o estudo avalia dados da Pesquisa Origem-Destino do Metrô para estimar a influência de políticas de infraestrutura (corredores de ônibus e estações de metrô) e de preço (pedágio urbano).

Os resultados mostram que a construção de estações de metrô reduz o uso do carro em 12% e aumenta as viagens de metrô e ônibus em 14% e 9%, respectivamente. Em contrapartida, corredores de ônibus têm impacto limitado na escolha modal. Políticas de preço, como pedágios urbanos, se destacam como mais eficazes: uma taxa de R\$1 reduz o uso do carro em 5%, enquanto uma taxa de R\$5 reduz em 50%, promovendo uma migração significativa para o transporte público. Indivíduos de maior renda são menos sensíveis a mudanças no custo do transporte, enquanto aqueles de baixa renda demonstram maior propensão a ajustar suas escolhas modais diante de políticas de precificação.

O estudo conclui que, apesar de as elasticidades-preço da demanda por transporte serem baixas, políticas de precificação têm maior potencial para reduzir o uso de automóveis em comparação a investimentos em infraestrutura. Contudo, os autores reconhecem limitações, como o uso de dados agregados e a ausência de modelagem dos efeitos indiretos das intervenções sobre a qualidade do transporte coletivo.

Harkot (2018), em sua dissertação de mestrado, estuda o uso da bicicleta por mulheres em São Paulo, analisando as relações entre gênero, mobilidade ativa e desigualdades socioterritoriais. A pesquisa, baseada em dados da Pesquisa Origem-Destino e entrevistas qualitativas, revelou que apenas 12% dos ciclistas na cidade são mulheres. Barreiras culturais, como normas de gênero que vinculam as mulheres ao trabalho doméstico, e a percepção de insegurança no trânsito e em espaços públicos foram identificadas como os principais fatores limitantes. Mulheres

negras e de baixa renda enfrentam desafios adicionais, como acesso desigual à infraestrutura cicloviária e restrições econômicas, além de residirem em áreas periféricas mal atendidas por políticas de mobilidade ativa.

O estudo também destaca a importância de fatores subjetivos, como emoções, percepções de pertencimento e exclusão nos espaços urbanos, que influenciam a escolha modal de forma significativa. Harkot conclui que políticas públicas voltadas à mobilidade ativa devem integrar perspectivas de gênero e interseccionalidade, promovendo segurança, infraestrutura acessível e campanhas culturais que incentivem o uso da bicicleta por mulheres. A bicicleta, assim, é apresentada não apenas como um meio de transporte, mas também como uma ferramenta de emancipação e acesso igualitário à cidade.

O estudo de Ton et al. (2019), investiga os fatores que influenciam a escolha entre caminhar e pedalar nos Países Baixos, utilizando dados do Netherlands Mobility Panel (MPN), complementados pela pesquisa PAW-AM. Por meio de um modelo logit multinomial misto (MMNL), foram analisadas 6.368 viagens realizadas por 1.864 indivíduos, considerando determinantes categorizados em características individuais, domiciliares, ambientais, das viagens, sazonais e de condições de trabalho.

Os resultados indicaram que caminhar e pedalar são escolhas distintas, pois respondem a determinantes diferentes. O ciclismo foi influenciado principalmente pelo ambiente construído (ciclovias, bicicletários e alta densidade urbana), pelas características da viagem (tempo e distância) e por políticas de incentivo. Por outro lado, o ato de caminhar foi mais relacionado às características das viagens, do domicílio e do ambiente imediato. Contrariando a literatura tradicional, o estudo encontrou impacto limitado de fatores como gênero, idade e clima, o que reflete a ampla adoção da bicicleta por diversos grupos demográficos nos Países Baixos, muito relacionado ao clima ameno e à infraestrutura favorável.

Os autores destacam que, em comparação a países com baixa penetração ciclística, os resultados ressaltam a importância de políticas públicas ajustadas ao contexto local. Medidas que intervenham no ambiente construído e reduzam o tempo de viagem, mostraram-se mais eficazes do que aquelas focadas em características individuais. O estudo reforça que o sucesso do uso de modos ativos está diretamente relacionado a uma infraestrutura bem desenvolvida e à integração urbana.

Humberto et al. (2019), exploraram a relação entre o ambiente construído e os deslocamentos a pé na cidade de São Paulo, com foco na "caminhabilidade". Utilizando dados georreferenciados e uma abordagem baseada em regressão linear, os autores desenvolveram dois indicadores de atratividade para movimentos pedestres: o índice em nível macro (AI-macro), que avalia a cidade como um todo, e o índice em nível micro (AI-micro), voltado para bairros específicos. O estudo destacou fatores como continuidade das calçadas e fachadas ativas como determinantes cruciais para o aumento da atratividade para pedestres.

Os resultados reforçam a importância de considerar variáveis ambientais e socioespaciais no entendimento das escolhas por modais ativos, complementando análises que investigam o impacto de atributos individuais e das viagens na tomada de decisão. O estudo também evidenciou desigualdades marcantes entre bairros mais ricos e mais pobres: regiões periféricas com baixos índices de "caminhabilidade" apresentam, paradoxalmente, altas proporções de deslocamentos a pé, enquanto áreas centrais e economicamente privilegiadas, com melhor infraestrutura, têm menor adesão ao transporte ativo. Por fim, os autores destacam algumas limitações, referentes ao uso de dados estimados para movimentos dos pedestres e a ausência de análises específicas por gênero, o que pode influenciar a representatividade das métricas e resultados.

No que se refere às escolhas entre carro, ônibus e metrô em diferentes cenários de custos e tempos de viagem, o artigo de Ding e Yang (2020), examina como as taxas de estacionamento afetam a escolha modal em viagens urbanas, considerando a variabilidade no tempo de viagem. Utilizando dados de preferências declaradas coletados em Nanjing, China, foi aplicado o modelo logit multinomial para estimar as respostas dos usuários a mudanças nas taxas de estacionamento..

Os resultados mostram que aumentos progressivos no custo de estacionamento podem reduzir significativamente o uso do carro: uma elevação de 50% na taxa reduz a participação modal dos carros de 26% para 12%. Por outro lado, a probabilidade de uso do metrô aumenta de 49% para 60%. A variabilidade no tempo de viagem tem impacto menor na escolha modal, viagens mais confiáveis e confortáveis favorecem o transporte público. Além disso, fatores socioeconômicos, como idade e renda, também influenciam as decisões, com indivíduos de maior renda sendo mais propensos a manter o uso do carro, mesmo com custos mais altos.

O estudo conclui que políticas de precificação, como taxas de estacionamento, são eficazes para promover a migração para o transporte público, especialmente quando combinadas com melhorias na confiabilidade e conforto dos serviços. No entanto, os autores reconhecem limitações, como a generalização de custos e a ausência de avaliação de longo prazo, que devem ser abordadas em pesquisas futuras.

Pisoni, Christidis e Navajas Cawood (2022), investigam os fatores determinantes da escolha por mobilidade ativa (caminhada e ciclismo) e os benefícios sociais associados ao aumento dessa prática em países da União Europeia. Utilizando uma metodologia que combina dados de pesquisas de viagem, modelos de transporte integrados e aprendizado de máquina, o estudo quantifica os impactos econômicos e ambientais de um possível aumento de 10% na participação da mobilidade ativa. Os resultados indicam que essa mudança poderia gerar uma economia de até 15 bilhões de euros anuais em custos externos, incluindo redução de acidentes, emissões de carbono e poluição atmosférica.

A metodologia explora variáveis como distância das viagens, posse de veículos, cultura de mobilidade e infraestrutura local, aplicando cenários simulados para avaliar o impacto de intervenções públicas. No entanto, o estudo reconhece limitações, como a dependência de dados agregados e a dificuldade em capturar aspectos subjetivos, como preferências individuais e barreiras culturais específicas.

Os resultados apontam que a distância é o principal determinante da escolha modal, com viagens curtas favorecendo modos ativos. Países como Holanda e Dinamarca, com infraestrutura avançada e cultura ciclística consolidada, apresentam maior adesão à mobilidade ativa. O estudo conclui que políticas públicas devem priorizar a redução do uso de automóveis, promover infraestrutura integrada e fomentar uma cultura de mobilidade ativa para maximizar os benefícios ambientais, econômicos e sociais.

O estudo publicado por Porsse e Giorio (2023), analisou os fatores condicionantes da escolha por modos de transporte na Região Metropolitana de Curitiba (RMC), utilizando um modelo logístico multinomial. A análise baseou-se em dados da pesquisa origem-destino domiciliar realizada em 2017, abrangendo 22.748 viagens feitas por 8.842 pessoas. A pesquisa classificou os modais em três categorias principais: motorizado individual, motorizado coletivo e mobilidade ativa.

Dentre os resultados obtidos destacaram-se que níveis mais altos de renda estão associados a uma maior probabilidade de uso de transporte motorizado individual, enquanto tempos de deslocamento mais longos favorecem o uso do transporte coletivo em detrimento do carro. O estudo também identificou uma relação não linear entre o tempo de viagem e a escolha modal: viagens curtas são predominantemente feitas de carro, enquanto o transporte coletivo torna-se mais competitivo em trajetos mais longos. Apesar de a Rede Integrada de Transporte (RIT) da RMC oferecer vantagens econômicas em viagens longas, a atratividade do sistema para deslocamentos curtos permanece um desafio.

Por fim, o estudo apresentou limitações, como a ausência de ponderadores populacionais na análise e o fato de o modelo não atender completamente ao teste de independência das alternativas irrelevantes, sugerindo a necessidade de abordagens metodológicas mais avançadas. Os achados oferecem insights relevantes para políticas de mobilidade urbana, destacando a importância de melhorar a eficiência do transporte coletivo em viagens curtas para conter o crescimento do uso de automóveis.

No que se refere a compreensão dos fatores que influenciam a escolha modal em deslocamentos urbano-suburbanos, Le e Teng (2023), trazem um estudo no contexto da expansão acelerada das ferrovias suburbanas, em Xangai, China. Baseando-se em dados de preferência revelada (RP) e declarada (SP) de 575 respondentes, os autores aplicaram uma abordagem híbrida que combina modelos de escolha discreta (MNL e Logit Aninhado) e algoritmos de aprendizado de máquina (SVM e Random Forest). A análise revelou que custo, tempo e acesso ao "último quilômetro" são determinantes centrais na escolha modal. As ferrovias suburbanas destacam-se pela competitividade de suas tarifas (10-15 yuans), mas enfrentam desafios na integração modal, com passageiros preferindo bicicletas compartilhadas e ônibus alimentadores em detrimento do sistema Park+Ride.

Os resultados revelaram que a posse de automóveis reduz a sensibilidade a preços e aumenta a tolerância a congestionamentos, dificultando a migração para o transporte coletivo. Os autores recomendam expandir a rede ferroviária com tarifas subsidiadas, fortalecer conexões de último quilômetro por meio de bicicletas e ônibus e adotar medidas integradas de gestão da demanda, como restrições ao uso de carros. O estudo oferece contribuições valiosas para o planejamento de

transporte em países em desenvolvimento, reforçando a importância da integração modal para atender às demandas crescentes de mobilidade.

Outra observação da relação entre mobilidade e gênero é abordada no estudo de Goel et al. (2023), que analisou as diferenças de gênero na mobilidade ativa em 19 grandes cidades de 13 países, abrangendo seis continentes e distintas faixas de renda. A pesquisa utilizou dados de pesquisas de viagem representativas por população, explorando como gênero influencia o uso de modos ativos de transporte (caminhada, bicicleta e transporte público) e o alcance de níveis recomendados de atividade física.

Os resultados mostraram que, em todas as cidades, as mulheres são mais propensas a caminhar e, em sua maioria, a utilizar o transporte público, enquanto os homens têm maior probabilidade de andar de bicicleta. Diferenças de gênero foram mais acentuadas em cidades com baixa infraestrutura ciclística e em países de baixa renda, onde normas culturais e insegurança restringem a mobilidade ativa feminina. Em cidades com alta infraestrutura ciclística, como as da Alemanha, os níveis de uso da bicicleta entre homens e mulheres foram semelhantes. Além disso, cerca de 25% da população alcança 30 minutos de atividade física diária por meio da mobilidade ativa, sendo as mulheres, em geral, mais propensas a atingir esse nível.

O estudo conclui que políticas de transporte devem adotar abordagens sensíveis ao gênero, priorizando a redução de barreiras, como perigo no trânsito e violência masculina, e promovendo mudanças culturais que ampliem a participação feminina em modos ativos de transporte.

Gebremeskel, Woldetensae e Woldeamanuel (2023), analisam as preferências modais de transporte em Adis Abeba, Etiópia, com base em dados de uma pesquisa com 457 usuários. Utilizando regressão logística multinomial, o estudo investiga como características socioeconômicas, custos de viagem e distância influenciam a escolha entre ônibus públicos, táxis/minivans e o trem leve.

Os resultados mostram que os ônibus públicos são o modal mais utilizado (55%), enquanto táxis e minivans (36%) têm maior adesão entre usuários de alta renda e em viagens de curta e média distância. Já o trem leve, menos competitivo, atende uma parcela reduzida. A renda aparece como o principal fator de diferenciação: usuários de baixa renda dependem mais dos ônibus públicos, enquanto indivíduos de maior poder aquisitivo optam por modos privados. A

distância percorrida e a frequência dos serviços também influenciam significativamente as escolhas.

O estudo conclui que melhorias na infraestrutura e na qualidade dos serviços de transporte público são fundamentais para aumentar sua atratividade e reduzir a dependência de modos privados. Políticas voltadas à acessibilidade e segurança podem promover uma mobilidade mais equitativa na cidade.

O estudo de Salazar-Serna, Cadavid e Franco (2024), apresenta um modelo de simulação baseado em agentes (ABM) para analisar as escolhas de transporte urbano e avaliar políticas voltadas à mobilidade sustentável em países em desenvolvimento. Focado na cidade de Cali, Colômbia, o modelo incorpora fatores socioculturais e utiliza dados de uma pesquisa detalhada com 970 respondentes. A análise, fundamentada em modelos logit multinomiais (MNL) e probit (MNP), revelou que fatores como tempo, custo, conforto, segurança e emissão de poluentes influenciam significativamente as escolhas modais, com diferenças marcantes entre grupos socioeconômicos.

Os resultados destacaram que, enquanto usuários de baixa renda priorizam custo e tempo, indivíduos de maior poder aquisitivo atribuem mais importância ao conforto e à segurança pessoal. Políticas públicas como transporte gratuito, aumento da frequência de ônibus e melhorias na segurança do transporte público mostraram impacto positivo, mas limitado, devido à forte inércia comportamental. Estratégias que combinam múltiplos fatores simultaneamente foram mais eficazes para incentivar o uso do transporte público.

O estudo ressalta a importância de considerar aspectos socioculturais e de formular intervenções integradas para promover a mobilidade sustentável, destacando a aplicabilidade do modelo em regiões com dinâmicas de transporte similares às de Cali.

Rosa (2024), em sua dissertação de mestrado, analisa a influência da dependência espacial na escolha pelo modo a pé em viagens urbanas em São Paulo, com foco em deslocamentos por motivo de trabalho e estudo. Utilizando modelos de escolha discreta espaciais e não espaciais baseados na abordagem de Maximização da Utilidade Aleatória (RUM), o autor compara diferentes configurações, como os modelos Logit tradicional e Spatial Lag of X (SLX). A análise se baseia em dados da pesquisa Origem-Destino de 2017 e considera variáveis

explicativas como tempo de viagem, idade, grau de instrução e renda, além de critérios espaciais como proximidade entre vizinhos.

Os resultados indicam que o modelo SLX com matriz de vizinhança de 500 metros apresenta o melhor desempenho, evidenciando que as escolhas individuais pelo modo a pé estão fortemente associadas às características do ambiente construído e a interações espaciais. Entre os atributos mais significativos destacam-se o tempo de viagem a pé, a renda mais baixa e a presença de automóveis nos domicílios. A pesquisa também aponta que as escolhas de indivíduos de maior renda exibem maior dependência espacial.

O autor conclui que a análise espacial enriquece a compreensão dos fatores que influenciam o comportamento de viagens a pé, destacando a relevância de variáveis locais e globais para a formulação de políticas públicas. Essas descobertas são essenciais para o planejamento urbano e o incentivo à mobilidade ativa em contextos metropolitanos.

Em síntese, as pesquisas analisadas demonstram a diversidade de contextos, métodos (de modelos logit a abordagens híbridas, com machine learning e ABM) e condicionantes da escolha modal. Evidenciando que países desenvolvidos enfrentam desafios distintos daqueles em desenvolvimento, enquanto políticas segmentadas e pontuais apresentam resultados restritos. A literatura reforça que intervenções integradas, infraestrutura de qualidade, incentivos adequados e enfoques contextuais são essenciais para ampliar o uso de modos sustentáveis e a mobilidade ativa.

## **3 METODOLOGIA**

### **3.1 Abordagem Metodológica**

A metodologia adotada está centrada na análise dos fatores que influenciam a escolha do modo de transporte, com foco nos modais ativos. A estrutura metodológica está organizada de maneira a integrar diferentes modelos de decisão, destacando-se os modelos de escolha discreta, especialmente o Logit Multinomial. A fundamentação teórica baseia-se na Teoria da Maximização da Utilidade Aleatória, garantindo a robustez das análises. A pesquisa utiliza dados da Pesquisa Origem-Destino de São Paulo (POD-SP) de 2017, que fornece uma base sólida e representativa para a investigação dos padrões de mobilidade urbana. Além disso, a seleção das variáveis explicativas considera aspectos socioeconômicos e de infraestrutura, assegurando que o modelo reflita de forma precisa as preferências e comportamentos dos indivíduos na escolha do modo de transporte. Essa abordagem integrada permite uma compreensão aprofundada dos determinantes que levam os usuários a optarem por modos de transporte ativos, contribuindo para o desenvolvimento de políticas públicas mais eficazes.

### **3.2 Modelos de escolha de modo de transporte**

Ortúzar e Willumsen (2011), destacam diversos tipos de modelos de decisão que podem ser utilizados em análises de transporte, bem como seus atributos, conforme sintetizado no quadro abaixo.

QUADRO 1 - MODELOS DE DECISÃO EM ANÁLISE DE TRANSPORTE

MODELO DE DECISÃO	DESCRIÇÃO	CARACTERÍSTICAS	APLICABILIDADE
Decisão baseada em planos diretores	Modelo utilizado em contextos onde as políticas e diretrizes gerais de desenvolvimento urbano são decisivas	Enfatiza a compatibilidade com políticas públicas de longo prazo	Ideal para análises de planejamento urbano, onde o objetivo é alinhar a escolha modal com diretrizes estratégicas
Decisão normativa	Baseada em normas e padrões, prioriza escolhas que atendem a requisitos regulatórios	Foco em conformidade com legislações e políticas vigentes	Útil em estudos onde normas específicas, como de emissões de carbono, afetam as decisões modais
Decisão comportamental	Analisa o processo decisório individual, focando em fatores como conveniência, custo e preferências pessoais	Enfatiza variáveis individuais, como renda e preferências, e pode incluir modelos de escolha discreta (e.g., logit multinomial)	Aplicado em análises de comportamento individual de escolha modal, essencial para entender preferências de usuário
Decisão em grupo	Analisa decisões coletivas e influências sociais na escolha modal, considerando dinâmicas de grupo e comportamentos agregados	Permite observar como escolhas modais podem ser influenciadas por pressões ou normas sociais	Adequado para estudos de mobilidade onde há influência de normas sociais ou comportamentos de grupos específicos
Decisão adaptativa	Adapta-se com o tempo, incorporando feedbacks das escolhas anteriores dos usuários	Modelo dinâmico que incorpora aprendizado a partir de experiências anteriores, ajustando-se às mudanças contextuais e preferências evolutivas dos usuários	Ideal para contextos de mobilidade em rápida mudança, como adaptação a novos meios de transporte

Modelos mistos de decisão	Combina características de dois ou mais modelos, atendendo a diferentes aspectos da escolha modal	Flexível, permitindo capturar múltiplas influências sobre a decisão	Especialmente útil em contextos urbanos complexos onde múltiplos fatores influenciam simultaneamente as escolhas de transporte
---------------------------	---	---	--

FONTE: Elaborado a partir de Ortúzar e Willumsen (2011)

Como o objetivo é entender o que motiva a escolha por modal ativo de transporte, os melhores modelos a se seguir são os de decisão comportamental.

Conforme descrito por Train (2009), os critérios de exclusividade, exaustividade e finitude das opções asseguram que o conjunto de escolhas seja representado de forma precisa e que o modelo escolhido capture adequadamente a decisão do usuário. O quadro 2, a seguir, descreve esses critérios.

QUADRO 2 - CRITÉRIOS PARA MODELOS DE ESCOLHA DISCRETA NO CONTEXTO DO TRANSPORTE URBANO

CARACTERÍSTICAS DAS OPÇÕES	EXPLICAÇÃO	EXEMPLO CONTEXTUALIZADO
Exclusividade das Alternativas	As alternativas devem ser mutuamente exclusivas, ou seja, escolher uma opção implica não escolher as outras.	Em uma viagem urbana, o usuário pode optar apenas por um modal (por exemplo, bicicleta ou carro, não ambos simultaneamente).
Exaustividade	O conjunto de alternativas precisa cobrir todas as opções possíveis, de forma que sempre exista uma escolha para o usuário.	Inclui todos os modos de transporte relevantes (ônibus, metrô, bicicleta, etc.), garantindo que todas as opções sejam contempladas.
Finitude	O número de alternativas deve ser finito, com todas as opções contáveis e identificáveis.	Para a escolha de transporte urbano, as alternativas (ônibus, metrô, etc.) são limitadas e categorizadas, adequando-se ao modelo discreto.

FONTE: Elaborado a partir de Train (2009).

A validação destes pontos fundamenta a escolha metodológica, assegurando

que um modelo de escolha discreta seja capaz de representar fielmente as opções disponíveis e as decisões dos usuários em relação ao modal de transporte.

### 3.3 Modelos de Escolha Discreta

Os modelos de escolha discreta mais comuns, como Logit, Generalized Extreme Value (GEV), Probit e Logit Misto, são amplamente utilizados em análises de transporte, sendo os mais comuns os Logit Multinomial e Misto.

- **Logit:** É o mais utilizado devido à sua simplicidade e facilidade de interpretação. Ele assume que os erros são independentes e seguem uma distribuição de valor extremo tipo I, o que facilita o cálculo das probabilidades de escolha. Esse modelo é adequado para cenários onde as alternativas são claramente definidas e mutuamente exclusivas.
- **Generalized Extreme Value (GEV):** Uma extensão do Logit, permitindo uma estrutura de correlação entre as alternativas. Ele é útil em situações onde as escolhas modais apresentam hierarquias, como a escolha entre modos de transporte que dependem de uma decisão inicial (Público x Individual), neste grupo de modelos se encontram os logits aninhados.
- **Probit:** O modelo Probit utiliza uma distribuição normal para os erros e é adequado para situações onde há correlação entre alternativas, mas é menos usado devido à complexidade de cálculo das probabilidades, exigindo técnicas de simulação.
- **Logit Misto:** Este modelo permite incorporar variabilidade não observada nas preferências individuais e correlacionar os erros entre alternativas, oferecendo maior flexibilidade na modelagem de decisões complexas. É frequentemente utilizado em cenários onde as preferências dos usuários são heterogêneas e influenciadas por fatores específicos ao indivíduo.

O quadro abaixo resume os principais modelos de escolha discreta, e é apresentado de maneira a facilitar a comparação entre os benefícios, as limitações, e em quais cenários os modelos são mais bem utilizados:

QUADRO 3 - COMPARAÇÃO DOS MODELOS DE ESCOLHA DISCRETA

<b>MODELO</b>	<b>BENEFÍCIOS</b>	<b>LIMITAÇÕES</b>	<b>ADEQUAÇÃO PARA O ESTUDO</b>
Logit	Modelagem Simples, fácil interpretação e amplamente utilizado	Supõe independência das alternativas (IIA), o que nem sempre é realista e aderente aos dados disponíveis.	Adequado para escolhas exclusivas e independentes, como diferentes modos de transporte para uma única viagem
GEV	Permite correlação entre alternativas, adequado para decisões hierárquicas	Mais complexo e requer estrutura hierárquica de escolha	Útil em cenários onde as escolhas dependem de decisões preliminares, mas não essencial para o contexto do estudo
Probit	Modelo mais flexível com erro distribuído normalmente, permitindo correlação entre alternativas	Cálculo complexo, exige simulação para obter probabilidades de escolha	Pouco prático para o estudo devido à complexidade computacional, mas adequado onde as alternativas são correlacionadas
Logit Misto	Alta flexibilidade, permite variabilidade individual nas preferências e correlação entre alternativas	Mais complexo e exige maior capacidade computacional	Indicado para capturar preferências heterogêneas, mas pode ser excessivo para o estudo atual

FONTE: Elaborado a partir de Train (2009).

Optou-se pelo modelo logit multinomial devido à sua facilidade de interpretação e adequação ao problema de escolha modal. Nesta pesquisa, o carro (incluindo automóvel particular e táxi) é definido como a categoria de referência, permitindo comparar diretamente a probabilidade de optar por modos ativos, transporte coletivo, motocicleta e outros modais em relação ao automóvel.

### 3.4 Fundamentação teórica para o uso do modelo Logit multinomial

O modelo Logit multinomial é amplamente utilizado na modelagem de escolha discreta, particularmente em estudos de transporte para analisar decisões de escolha modal, por esse motivo, optou-se por também utilizar o mesmo modelo no presente trabalho.

A modelagem matemática descrita abaixo está presente no livro *Econometric Analysis* (Greene, 2012). O modelo se baseia na Teoria da Maximização da Utilidade Aleatória. Esta teoria pressupõe que os indivíduos escolhem entre alternativas disponíveis com base na maximização de sua utilidade percebida, a utilidade é descrita com a fórmula:

$$U_{ij} = Z_{ij}\theta + e_{ij} \quad (1)$$

Se o indivíduo  $i$  escolhe uma alternativa  $j$ , assumimos que a  $U_{ij}$  é que corresponde a maior utilidade percebida, a probabilidade de escolha segue a seguinte formulação:

$$Prob(U_{ij} > U_{ik}) \quad k \neq j.$$

Para essa condição ser verdadeira, os erros devem ser independentes e distribuídos igualmente dado pela seguinte fórmula:

$$F(e_{ij}) = \exp(-\exp(-e_{ij})), \quad (1)$$

E assim a probabilidade de o indivíduo  $i$  escolher  $j$  é dada por:

$$Prob(Y_i = j) = \frac{\exp(Z_{ij}\theta)}{\sum_{j=1}^J \exp(Z_{ij}\theta)} \quad (2)$$

A utilidade de  $Z_{ij}$  inclui tanto aspectos do indivíduo ( $w_i$ ) quanto da escolha ( $x_{ij}$ ), e é importante fazer a distinção:  $Z_{ij} = [x_{ij}, w_i]$  assim o coeficiente  $\theta$  acaba se dividindo em  $\theta = [\beta, \alpha]$ , incorporando isso a fórmula chegamos a equação final:

$$Prob(Y_i = j) = \frac{\exp(x_{ij}\beta + w_i\alpha)}{\sum_{j=1}^J \exp(x_{ij}\beta + w_i\alpha)} = \frac{\exp(x_{ij}\beta) * \exp(w_i\alpha)}{\left[ \sum_{j=1}^J \exp(x_{ij}\beta) \right] + \exp(w_i\alpha)} \quad (3)$$

A razão de chance no modelo logit é utilizada para quantificar o impacto das variáveis explicativas sobre a probabilidade relativa de escolha entre duas categorias específicas. No caso deste estudo, a razão de chance pode ser interpretada, por exemplo, como uma medida de quanto o sexo do indivíduo influencia a probabilidade de optar por modais ativos em comparação ao uso de um carro, ou como um incremento na renda afeta as chances de optar por pedalar em relação a dirigir. No caso modelo logit, os coeficientes estimados são transformados exponencialmente para fornecer as razões de chance, que expressam efeitos proporcionais em relação às escolhas específicas, a comparação sempre ocorre entre duas categorias definidas do modelo e não para todas as alternativas.

A hipótese da Independência de Alternativas Irrelevantes (IAI) é uma propriedade do modelo logit multinomial na qual se assume que a razão de chance entre duas categorias específicas de escolha não é influenciada pela mudança nas alternativas dentro do conjunto de escolhas. Por exemplo, se a probabilidade de o indivíduo escolher o carro como meio de transporte, comparado a bicicleta é de 70%, uma mudança no cenário como uma greve no transporte público não deveria aumentar a chance de ele optar por pedalar ou dirigir, de acordo com a IAI a proporção deve continuar 70/30. Essa hipótese facilita o cálculo e interpretação dos resultados do modelo, mas também acaba sendo um limitante do modelo, que acaba não lidando bem com alternativas semelhantes.

Para essa pesquisa vamos trabalhar com o modal de transporte como a variável dependente, e utilizando renda, sexo, idade, escolaridade, quantidade de carros, quantidade de motos, quantidade de bicicleta, número de viagens, distância da viagem e motivo coletado na origem como as variáveis explicativas, utilizando para isso dados retirados da Pesquisa Origem-Destino (2017), da cidade de São Paulo.

### 3.5 Pesquisa Origem - Destino de São Paulo

A Pesquisa Origem-Destino de São Paulo (POD-SP), é um questionário aplicado a cada 10 anos pelo Metrô de São Paulo, com o intuito de entender os padrões de mobilidade da capital e sua região metropolitana. Sua primeira realização foi em 1967, sendo a base de dados mais completa a respeito de mobilidade urbana no país, para entender esses padrões a pesquisa busca entender, quem se desloca, por que se deslocam e como se deslocam.

Durante a realização deste trabalho, a base de dados consolidada mais recente é a do ano de 2017. A POD-SP 2017 é uma pesquisa que utiliza uma amostra estratificada, utilizando faixas de renda como camadas, sendo que 32 mil domicílios fazem parte da amostra e a seleção foi realizada com base no CNEFE do IBGE. A pesquisa tem margens de erros inferiores a 6%, e confiança de 92%.

QUADRO 4 - CONCEITOS UTILIZADOS NA PESQUISA POD 2017

CONCEITO	DEFINIÇÃO
Sub-Região	Divisão da Região Metropolitana de São Paulo por agregação de municípios.
Viagem	Deslocamento de uma pessoa, por motivo específico, entre dois pontos determinados (origem e destino), utilizando, para isso, um ou mais modos de transporte.
Índice de Mobilidade	Relação entre o número de viagens e o número de habitantes de uma determinada área.
Modo Individual	Dirigindo automóvel, passageiro de automóvel, táxi, motocicleta e outros.
Modo Não Motorizado	Soma das viagens a pé e de bicicleta.
Taxa de Motorização	Número de automóveis particulares por mil habitantes.
Modo Principal	Hierarquia dos modos de transporte entre os utilizados na mesma viagem. A hierarquia em ordem decrescente é a seguinte: 1. metrô, 2. trem, 3. ônibus, 4. transporte fretado, 5. transporte escolar, 6. táxi, 7. dirigindo automóvel, 8. passageiro de automóvel, 9. motocicleta, 10. bicicleta, 11. outros, 12. a pé.
Zona de Pesquisa ou Zona de Tráfego	Unidade territorial básica para o levantamento de dados. É a menor unidade para a qual está garantida a validade estatística das informações.
Modo Coletivo	Metrô, trem, ônibus, transporte fretado e transporte

	escolar.
Viagem a Pé	Viagem realizada a pé da origem ao destino quando: o motivo da viagem é trabalho ou escola, independentemente da distância percorrida; ou a distância percorrida é superior a 500 metros para os demais motivos.
Modo Motorizado	Soma das viagens por modos coletivo e individual.
Divisão Modal	Distribuição percentual das viagens motorizadas entre os modos coletivo e individual.

FONTE: POD 2017

A pesquisa destaca, em comparação com o ano de 2007, que todos os índices cresceram, sejam eles populacionais, de emprego ou de mobilidade. Mas os que mais se destacam são o crescimento da frota de automóveis, com aumento de 22,8%, o aumento de 15,2% na taxa de motorização (automóveis/1000 hab), e ainda o aumento de 10,3% no número de viagens totais no mesmo período.

A mobilidade ativa também teve um crescimento expressivo, em 10 anos as viagens de bicicleta cresceram 24%, e as a pé 6%, sendo que o motivo que mais teve variação foi a realização de atividade física.

Esse crescimento expressivo ainda não tem um impacto significativo na mobilidade paulistana, já que mesmo com esse aumento, o total de viagens de bicicleta representa menos de 1% das viagens diárias.

Outro ponto importante a destacar, é que o índice de mobilidade total aumentou de 1,95 viagens por habitante, para 2,02 viagens por habitante, sendo que no caso de modal não motorizado, existiu um padrão diferente para as faixas de renda, com os mais pobres reduzindo as viagens por mobilidade ativa, enquanto os mais ricos aumentaram a utilização desta modalidade. Este fato pode ser devido à infraestrutura oferecida nos bairros, como indicado na literatura, mas, para se ter certeza, seria necessária uma análise mais criteriosa, tanto temporal quanto espacial, da infraestrutura oferecida nos diferentes bairros.

### 3.6 Seleção das variáveis

A variável principal deste estudo é o modo de transporte, que representa a escolha modal dos indivíduos para seus deslocamentos. A construção dessa variável foi realizada classificando os diferentes tipos de transporte em grupos,

definidos com base no modal principal utilizado para o trajeto. Os grupos são: Bicicleta, A pé, Trem/Metrô, Ônibus, Automóvel/Táxi, Moto e Outros, transportes sobre trilhos foram agrupados, assim como todos os tipos de ônibus diferentes, andar de carro como passageiro, motorista ou táxi foi agrupado também, moto seguiu o mesmo processo.

As variáveis explicativas utilizadas no modelo logit multinomial incluem características socioeconômicas, demográficas e relativas às condições da viagem. Essas variáveis foram selecionadas para capturar os fatores que influenciam a escolha modal, como distância percorrida, grau de instrução, renda individual, idade, quantidade de veículos no domicílio (carros, motos, bicicletas), número de viagens realizadas, sexo e o motivo do deslocamento na origem. A descrição detalhada dessas variáveis encontra-se no quadro abaixo:

QUADRO 5 - Variáveis explicativas

<b>SIGLA</b>	<b>NOME DA VARIÁVEL</b>	<b>TIPO</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
Dist	Distância	Contínua	Distância percorrida no deslocamento.
renda	Renda individual	Contínua	Renda mensal do indivíduo em valores monetários.
idade	Idade	Contínua	Idade do indivíduo em anos.
qt_auto	Quantidade de carros	Contínua	Número de carros disponíveis no domicílio.
qt_moto	Quantidade de motos	Contínua	Número de motocicletas disponíveis no domicílio.
qt_bicile	Quantidade de bicicletas	Contínua	Número de bicicletas disponíveis no domicílio.
n_viag	Número de viagens	Contínua	Total de viagens realizadas pelo indivíduo no período analisado.
sexo	Sexo	Categórica	Sexo do indivíduo (Masculino ou Feminino).
grau_ins	Grau de instrução	Categórica	Nível de escolaridade do indivíduo.
motivo_o	Motivo na origem	Categórica	Razão principal do deslocamento (e.g., trabalho, estudo, lazer).

FONTE: Elaborado pelo autor (2024)

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Tratamento dos dados

Antes da aplicação do modelo logit multinomial, foi necessário realizar um tratamento dos dados provenientes da Pesquisa Origem-Destino (POD-SP) de 2017. Este processo envolveu diversas etapas para assegurar a qualidade e a integridade dos dados utilizados na análise.

Para garantir que a análise fosse focada nos residentes da cidade de São Paulo, foram aplicados filtros específicos:

- Todas as observações de domicílios que não se localizam em São Paulo foram removidas.
- Remoção das observações sem viagem: Na base de dados existem pessoas que foram entrevistadas, mas não realizaram nenhuma viagem, isso é sinalizado no campo “Código da entrevista”
- Exclusão de observações incompletas: Foram removidas observações com campos essenciais não preenchidos, como renda, modo principal.

Como a POD é uma pesquisa estratificada complexa, aplicamos o fator de expansão relacionado à viagem como peso amostral para os nossos cálculos. A utilização do fator de expansão permite encontrar um padrão de comportamento mais aderente a cada uma das viagens realizadas, já que cada indivíduo da amostra representa uma parcela diferente do mundo real.

### 4.2 Análise descritiva dos dados

Após explorar a base, podemos destacar as principais observações, sendo a primeira em relação à propriedade de automóveis, sendo que a média de automóveis por residência é próxima a 0,81, o que reforça a dependência do transporte individual motorizado e como o acesso a veículos automotores influenciam na demanda por todos os modais.

A tabela abaixo, nos traz a representatividade de cada modal, na tabela a visão de como se distribuem as observações no banco de dados.

TABELA 1 - PROPORÇÃO DO TOTAL DE VIAGENS POR MODO DE TRANSPORTE PARA A CIDADE DE SÃO PAULO

Modo	Observações na base	Representatividade no todo
Bicicleta	506	0,79%
A pé	21.411	33,37%
Trem/Metrô	7.417	11,56%
Ônibus	11.176	17,42%
Automóvel/Táxi	19.026	29,65%
Moto	964	1,50%
Outros	3,672	5,72%

FONTE: O autor (2024)

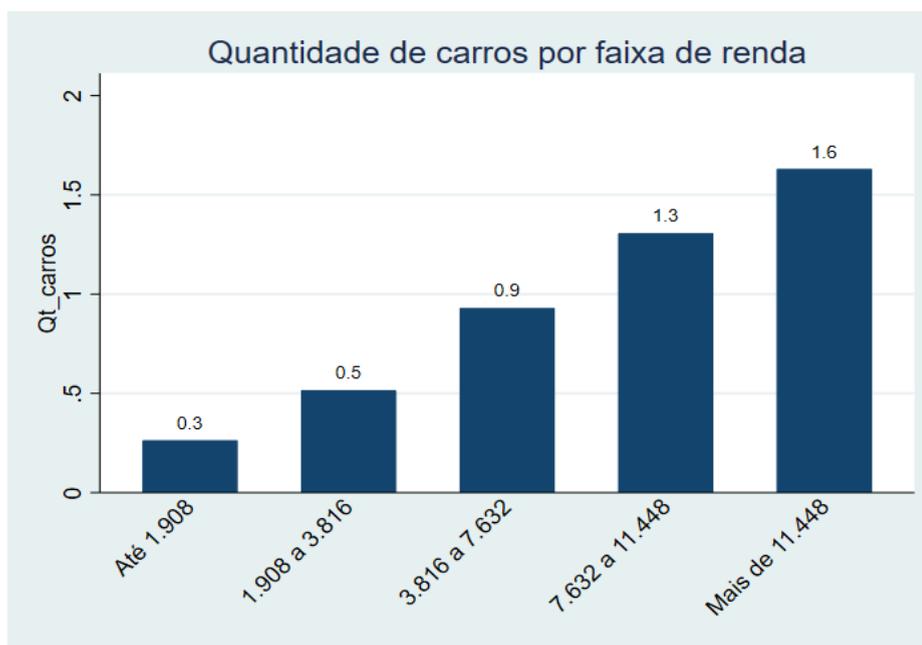
GRÁFICO 1 - Quantidade média de carros segundo os usuários por modal



FONTE: O autor (2024).

Além disso, podemos perceber que o dinheiro é um claro limitador, como já esperado, ao acesso a veículos, destacando como as pessoas com menor renda ficam limitadas quanto a uma real escolha de modal.

GRÁFICO 2 - Média de carros por domicílio e faixa de renda



FONTE: O autor (2024).

TABELA 2 - DESCRITIVA DAS VARIÁVEIS PRESENTES NO BANCO DE DADOS UTILIZADAS NO MODELO

Variável	Nº de Observações	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
renda	64172	2110,455	3642,641	0	55000
idade	64172	33,7346	20,35457	1	97
dist	64172	4256,282	5784,837	1,414214	70859,02
qt_auto	64172	0,8175372	0,7841933	0	8
qt_moto	64172	0,1052796	0,3561741	0	8
qt_bicicle	64172	0,6170292	0,9545149	0	9
n_viag_1	64172	0,3847472	0,4865393	0	1
n_viag_2	64172	0,3818176	0,485836	0	1
n_viag_3	64172	0,1029577	0,303906	0	1
n_viag_4	64172	0,0799726	0,2712528	0	1
n_viag_5	64172	0,0229851	0,1498571	0	1
n_viag_6	64172	0,014804	0,1207685	0	1
n_viag_7	64172	0,0057502	0,0756121	0	1

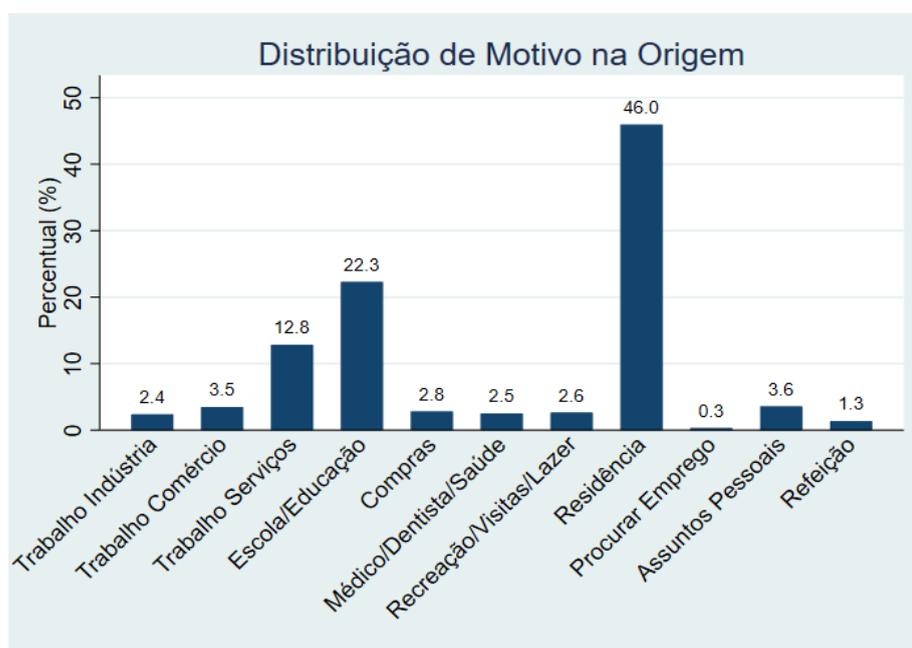
n_viag_8	64172	0,0036309	0,0601477	0	1
n_viag_9	64172	0,0015895	0,0398369	0	1
n_viag_10	64172	0,0008882	0,0297903	0	1
n_viag_11	64172	0,0003896	0,019734	0	1
n_viag_12	64172	0,0002493	0,0157883	0	1
n_viag_13	64172	0,0001091	0,0104437	0	1
n_viag_14	64172	6,23E-05	0,0078949	0	1
n_viag_15	64172	1,56E-05	0,0039475	0	1
n_viag_16	64172	1,56E-05	0,0039475	0	1
n_viag_17	64172	1,56E-05	0,0039475	0	1
sexo_Masculino	64172	0,4815963	0,4996651	0	1
sexo_Feminino	64172	0,5184037	0,4996651	0	1
grau_ins_Não Alfa	64172	0,1830549	0,3867146	0	1
grau_ins_Fundamental	64172	0,1291373	0,3353545	0	1
grau_ins_Médio incompleto	64172	0,130758	0,3371381	0	1
grau_ins_Médio completo	64172	0,3050552	0,4604344	0	1
grau_ins_Superior Completo	64172	0,2519946	0,4341616	0	1
motivo_o_Trabalho Industria	64172	0,0221748	0,1472528	0	1
motivo_o_Trabalho Comércio	64172	0,0341894	0,1817167	0	1
motivo_o_Trabalho Serviços	64172	0,1419155	0,3489661	0	1
motivo_o_Estudo	64172	0,2046064	0,4034168	0	1
motivo_o_Compras	64172	0,031026	0,1733893	0	1
motivo_o_Saúde	64172	0,0266004	0,1609137	0	1
motivo_o_Lazer	64172	0,0295923	0,1694612	0	1
motivo_o_Residência	64172	0,4510378	0,4976008	0	1
motivo_o_P.Emprego	64172	0,0023063	0,0479689	0	1
motivo_o_A.Pessoais	64172	0,0373683	0,1896642	0	1
motivo_o_Refeição	64172	0,0191828	0,1371683	0	1

FONTE: O autor (2024).

A renda média da amostra é de 2.110 reais, com um máximo de 55.000, isso evidencia a desigualdade encontrada na cidade, desigualdade também observada nas distâncias percorridas, tendo um desvio padrão altíssimo assim como a renda, sobre estudo mais de 55% dos viajantes tem no mínimo ensino médio completo.

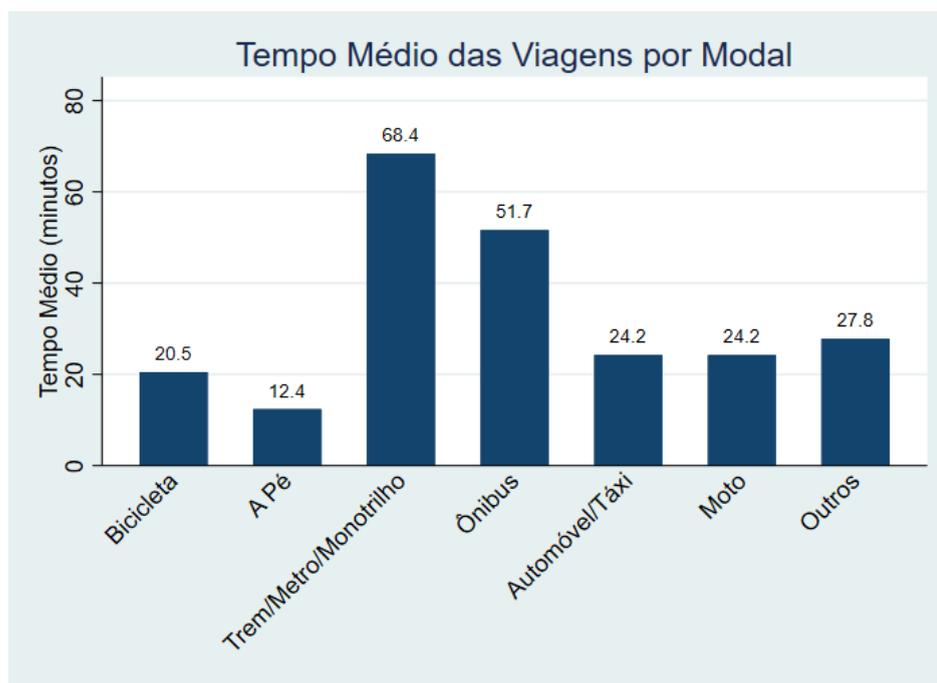
Quase 75% das pessoas fazem no máximo 2 viagens por dia e os maiores motivadores ao deslocamento em São Paulo, sendo a principal o retorno aos lares com 45% das viagens sendo por essa motivação, fora voltar para casa, os principais motivos para se deslocar durante a semana na capital paulista são a educação e trabalho em serviços, os três representando quase 80% de todas as viagens registradas com motivação na origem, é importante destacar que a pesquisa só traz informações das viagens em dias úteis, é possível que observássemos outros padrões nos motivos e mesmo nos modais aos finais de semana.

GRÁFICO 3 - Distribuição de motivo na origem



FONTE: O autor (2024).

GRÁFICO 4 - Tempo das viagens por modal



FONTE: O autor (2024).

Os tempos de deslocamento por modal nos mostram um comportamento já esperado, transporte ativo tendo foco em viagens mais rápidas em contraste ao transporte coletivo, que tende a ser utilizado para viagens mais longas.

### 4.3 Estimativas econométricas

A Tabela 3 apresenta os coeficientes estimados (log-odds) para cada modal de transporte em relação ao carro, considerado como categoria base. A análise desses coeficientes permite compreender como cada variável explicativa influencia a probabilidade de escolha por um modal específico. As log-odds representam o logaritmo natural da razão entre a probabilidade de escolher os modais escritos e a probabilidade de escolher o carro no nosso caso.

TABELA 3 - RESULTADOS DA REGRESSÃO DO MODELO LOGIT MULTINOMIAL PARA A ESCOLHA DO MODAL DE TRANSPORTE NA CIDADE DE SÃO PAULO

Variáveis	Bicicleta	A Pé	Trem Metrô	Ônibus	Moto	Outros
renda	0,00000705	-0,0000576***	-0,0000471***	-0,000200***	-0,00000767	-0,00000515
idade	-0,00236	-0,0121***	-0,00550***	-0,000425	-0,00743*	-0,0713***
distância	-0,000186***	-0,00210***	0,000179***	0,0000379***	0,0000575***	-0,0000211
qt_auto	-1,411***	-1,583***	-1,158***	-1,465***	-1,683***	-1,108***
qt_moto	0,174	0,0254	-0,253**	0,00803	3,481***	0,0815
qt_bicicle	0,693***	-0,0898***	-0,0996***	-0,0853***	-0,205*	-0,164***
Número de viagens						
2.n_viag	0,397	0,187	-0,393**	-0,309**	-0,170	-0,942***
3.n_viag	-0,305	-0,281**	-0,717***	-0,791***	-0,0861	-2,354***
4.n_viag	0,152	-0,312*	-1,020***	-1,095***	-0,136	-2,757***
5.n_viag	-0,739	-0,876***	-1,461***	-1,628***	-0,136	-3,309***
6.n_viag	-1,501**	-0,698***	-1,670***	-1,894***	0,383	-3,232***
7.n_viag	-2,469***	-1,219***	-2,201**	-2,071***	-0,865	-0,865
8.n_viag	-2,052**	-1,292***	-3,458***	-2,919***	-0,688	-1,801
9.n_viag	-24,29***	-1,814***	-3,284***	-3,669***	-0,290	-0,530
10.n_viag	-1,667	-1,432**	-3,708***	-3,817***	-2,520	-25,47***
11.n_viag	-0,998	-2,018	-24,68***	-24,54***	-27,19***	-22,22***
12.n_viag	-25,41***	-25,82***	-25,17***	-24,63***	-41,23***	-22,27***
13.n_viag	-25,73***	-2,756*	-25,10***	-25,75***	-19,41***	-22,39***
14.n_viag	-26,21***	-2,366	-25,58***	-26,39***	-18,20***	-23,70***
15.n_viag	-27,46***	-25,15***	-25,73***	-24,09***	-25,75***	-23,70***
16.n_viag	-27,12***	-21,28***	-26,06***	-24,16***	-25,86***	-23,66***
17.n_viag	-27,18***	-22,00***	-26,00***	-24,15***	-25,84***	-23,67***
Feminino	-1,757***	0,311***	0,545***	0,480***	-1,593***	0,434***
Nível de instrução						
Fundamental 1	0,543	1,115***	0,945***	0,938***	1,397***	0,269**
Médio Incompleto	0,854***	1,549***	1,480***	1,548***	1,990***	-0,958***
Médio Completo	0,935***	0,884***	1,880***	1,227***	1,784***	-2,141***
Superior Completo	-0,0502	0,663***	1,776***	0,653***	1,339***	-1,941***
Motivo da viagem						
Trabalho Comércio	-0,994*	-0,514*	0,382	0,380*	0,219	-1,065
Trabalho Serviços	-0,788*	-0,540**	0,601***	0,414**	0,224	-0,508
Estudo	-2,137***	-0,865***	0,557**	0,148	-1,323***	0,522
Compras	-1,617***	-1,526***	-0,254	-0,0735	-1,104	-2,997***
Saúde	-2,864***	-1,557***	0,387	-0,0230	-1,755**	-4,008***

Lazer	-0,747	-1,184***	-0,351	-0,240	-1,137**	-1,746**
Residência	-0,935*	-0,885***	-0,0699	-0,182	-0,541	-0,825
Procura de Emprego	-22,32***	4,493***	2,842***	2,375**	-0,580	-20,64***
Atividades Pessoais	-3,104***	-1,550***	0,221	0,0633	-1,712***	-1,898**
Refeição	-1,270	1,695***	-0,240	-0,866	-2,231	1,377
Constante	-1,071*	4,881***	-2,474***	0,393*	-3,182***	2,699***
Pseudo R2	0,4245					
Log pseudolikelihood	-14867068					
N	64.172					

FONTE: O autor (2024).

NOTA: (\*\*\*, \*\*, \*) indicam nível de significância de 0,001, 0,01 e 0,05 respectivamente.

O estudo utilizou o carro como categoria base. Portanto os coeficientes devem ser interpretados em relação à probabilidade de escolha do modal analisado em comparação com o modal de referência, no nosso caso carro (seja individual ou táxi).

A quantidade de carros, consegue ter influência negativa em todos os modais de transporte, e em todos essa influência foi muito significativa ( $p$ -valor < 0,01) e a renda tem impacto negativo em todos os modais com exceção da moto e da bicicleta, que não apresentam significância estatística.

Valores negativos, como distância (-0,000186\*\*) e quantidade de automóveis (-1,411\*\*\*) diminuem a probabilidade do modal escolhido ser a bicicleta (em relação ao carro), além disso mulheres tendem a andar menos de bicicleta quando comparadas aos homens (-1,757\*\*\*) , as motivações também tem um impacto negativo sobre a possibilidade ou não ir de bicicleta, como o esperado um maior número de viagens também reduz essa chance, os fatores que pesam positivamente nesse cálculo, são: quantidade de bicicleta e um baixo grau de escolaridade.

A caminhada talvez seja o modal mais frágil da lista, é quase sempre preterida em relação ao carro, algumas características que têm impacto positivo nessa escolha são: sexo, com mulheres tendo uma maior probabilidade de optar por esse modal do que homens, comportamento diferente de quando olhamos para a bicicleta, isso mostra que dentro da mobilidade ativa temos um padrão diferente de escolha entre os modos, além disso as motivações “refeição” e “procurando

emprego” também aumentam a chance da pessoa caminhar. Também esperado, já que distâncias curtas e custo do transporte, são fatores que têm impacto apontado na literatura nas decisões por modal, chama a atenção também, que todos os níveis de educação, do fundamental ao ensino superior, elevam a probabilidade de caminhar.

O transporte público tem outro perfil comparado a mobilidade ativa, enquanto distância tem efeito negativo no grupo anterior, o sistema público de transporte cresce em chance de ser escolhido quanto maior a distância da viagem, esse fato mostra como ambos os grupos de transporte tem muito potencial de se complementarem, falando sobre outras variáveis em destaque, para o metrô a tendência é de que quanto maior o grau educação formal da pessoa, maiores as chances de que ela opte pelo metrô ao invés do carro, isso pode indicar que os empregos mais qualificados estão em sua maioria em locais de acesso fácil por transporte público ou com custos para outros modais muito elevados, um indicativo disso é a renda ter efeito negativo no uso do transporte público. Além disso, os motivos das viagens começam a demonstrar como a cidade de São Paulo depende dos meios coletivos para funcionar no seu dia a dia, pessoas que se locomovem pelos motivos de trabalho, saúde ou a procura de emprego procura de emprego, tem menor chance de optarem pelo carro, ou seja as tarefas cotidianas são bastante dependentes dos transportes de massa.

Já as motos são a escolha preferida do público masculino e jovem, também é incentivada por distâncias maiores, possivelmente relacionado ao custo e tempo de deslocamento nos engarrafamentos, o sexo também é importante aqui, com mulheres tendo muito menos preferência por motocicletas.

A Tabela 4 apresenta as Razões de Chances (Odds Ratios, RRR) estimadas pelo modelo logit multinomial, que nos permitem inferir sobre a influência de cada variável na escolha do modal. As RRRs quantificam a probabilidade de escolha de um modal em relação ao carro (modal de referência), elas nos trazem uma capacidade de inferência que até então as log-odds não nos permitiam.

Razão de chance é uma medida que nos permite quantificar se uma variável aumenta ou diminui a probabilidade de escolha de um determinado modal de transporte em relação ao modal de referência, que neste caso é o Automóvel/Táxi.

- **RRR > 1:** Aumento na probabilidade de escolha do modal em comparação ao carro.
- **RRR < 1:** Redução na probabilidade de escolha do modal em comparação ao carro.

Na tabela, a variável dependente é o modal de transporte, com o carro como referência. As variáveis independentes estão listadas por linha, e a RRR para cada variável em cada modal é encontrada na interseção da linha e coluna correspondentes.

TABELA 4 - RAZÕES DE CHANCES (ODDS RATIOS) ESTIMADAS PELO MODELO LOGIT MULTINOMIAL PARA A ESCOLHA DO MODAL DE TRANSPORTE NA CIDADE DE SÃO PAULO

Variáveis	Bicicleta	A Pé	Trem/Metrô	Ônibus	Moto	Outros
renda	1,000	1,000***	1,000***	1,000***	1,000	1,000
Idade	0,998	0,988***	0,995***	1,000	0,993**	0,931***
dist	1,000***	0,998***	1,000***	1,000***	1,000***	1,000
qt_auto	0,244***	0,205***	0,314***	0,231***	0,186***	0,330***
qt_moto	1,190	1,026	0,777***	1,008	32,50***	1,085
qt_bicicle	1,999***	0,914***	0,905***	0,918***	0,814**	0,849***
viag~2	1,488	1,205	0,675***	0,734***	0,844	0,390***
viag~3	0,737	0,755***	0,488***	0,453***	0,918	0,0950***
viag~4	1,164	0,732**	0,361***	0,335***	0,872	0,0635***
viag~5	0,478	0,416***	0,232***	0,196***	0,872	0,0365***
viag~6	0,223***	0,498***	0,188***	0,150***	1,467	0,0395***
viag~7	0,0846***	0,296***	0,111***	0,126***	0,421	0,421
viag~8	0,128***	0,275***	0,0315***	0,0540***	0,502	0,165*
viag~9	2,83e-11***	0,163***	0,0375***	0,0255***	0,748	0,588
via~10	0,189	0,239***	0,0245***	0,0220***	0,0805	8,71e-12***
via~11	0,369	0,133*	1,90e-11***	2,21e-11***	1,55e-12***	2,24e-10***
via~12	9,23e-12***	6,12e-12***	1,18e-11***	2,02e-11***	1,25e-18***	2,12e-10***
via~13	6,70e-12***	0,0635**	1,26e-11***	6,56e-12***	3,73e-09***	1,89e-10***
via~14	4,12e-12***	0,0939*	7,74e-12***	3,47e-12***	1,24e-08***	5,11e-11***
via~15	1,18e-12***	1,19e-11***	6,70e-12***	3,44e-11***	6,57e-12***	5,10e-11***
via~16	1,67e-12***	5,72e-10***	4,82e-12***	3,21e-11***	5,91e-12***	5,30e-11***
via~17	1,56e-12***	2,78e-10***	5,13e-12***	3,25e-11***	6,02e-12***	5,27e-11***
Feminino	0,173***	1,365***	1,725***	1,616***	0,203***	1,544***

Fundamental incompleto	1,722*	3,050***	2,574***	2,556***	4,041***	1,309***
Fundamental completo	2,350***	4,705***	4,392***	4,703***	7,312***	0,384***
Ensino Médio completo	2,547***	2,421***	6,553***	3,412***	5,953***	0,117***
Ensino Superior Completo	0,951	1,940***	5,908***	1,922***	3,814***	0,144***
Trabalho Comércio	0,370**	0,598**	1,466*	1,462**	1,244	0,345*
Trabalho Serviços	0,455**	0,583***	1,825***	1,514***	1,251	0,602
Estudo	0,118***	0,421***	1,746***	1,160	0,266***	1,685
Compras	0,198***	0,217***	0,775	0,929	0,332*	0,0499***
Saúde	0,0570***	0,211***	1,473*	0,977	0,173***	0,0182***
Lazer	0,474*	0,306***	0,704	0,787	0,321***	0,174***
Residência	0,393**	0,413***	0,932	0,834	0,582*	0,438*
P.Emprego	2,03e-10***	89,39***	17,15***	10,75***	0,560	1,09e-09***
A.Pessoais	0,0449***	0,212***	1,248	1,065	0,180***	0,150***
Refeição	0,281	5,444***	0,786	0,420	0,107	3,964

FONTE: O autor (2024).

O padrão visto nas log-odds se repete para as Razões de Chance, a posse de carro diminui a probabilidade de escolha dos outros modais em torno de 20 a 30%.

- **Bicicleta:** RRR = 0,244\*\*\*
- **A Pé:** RRR = 0,205\*\*\*
- **Trem/Metro:** RRR = 0,314\*\*\*
- **Ônibus:** RRR = 0,231\*\*\*
- **Moto:** RRR = 0,186\*\*\*
- **Outros:** RRR = 0,330\*\*\*

Apesar da tabela das log-odds nos indicar que a renda diminui a probabilidade de caminhar ou utilizar o transporte coletivo, as log-odds nos trazem que esse fator não tem peso real na decisão, sendo neutro.

Olhando para os modais ativos, começando por bicicleta, a distância tem um efeito significativo, mas o impacto disso na opção pelo modal parece ser nulo, uma vez que a quantidade de automóvel reduz em quase 75% a chance de se deslocar de bicicleta. Observa-se também que mulheres têm uma probabilidade menor do que homens de escolher o modal, quanto maior o número de viagens que uma pessoa faz, menores são as chances de utilização da bicicleta como meio de

transporte principal. Ainda da análise, pode-se inferir que pessoas com nível de educação entre o ensino fundamental e o ensino médio, têm uma tendência maior de pedalar.

Dentre os motivos que levam à opção por andar a pé, destaca-se o deslocamento para fazer ou obter as refeições, com relativa importância, mas destaca-se principalmente o motivo “Busca por emprego”, que tem um RRR de 89,3\*, o que pode indicar que modais ativos de transporte são muitas vezes a escolha de quem “não tem escolha”. Ainda da análise, verifica-se que as mulheres têm uma propensão 36% a mais de caminharem do que homens.

Como a mobilidade ativa é dependente do sistema de transporte coletivo para ser uma alternativa viável, vamos descrever também os resultados do transporte público, se tratando de transporte coletivo, os dados nos mostram que é um modal mais distribuído entre a população, variáveis que impactam aqui são principalmente um número maior de viagens, a quantidade de carro e moto impactam como o esperado, mas a disponibilidade de bicicleta no domicílio também reduz a utilização do transporte coletivo, caso o indivíduo seja do sexo feminino, isso aumenta em 75 e 61% a chance de andar de metrô e ônibus em comparação a homens, é importante destacar também que pessoas com ensino superior completo, tem uma tendência alta a optarem por Metrô, o que pode indicar que pessoas com um grau de instrução mais alto, trabalham em locais com boa estrutura de transporte público e com oferta de estacionamento limitada.

Algumas razões de chance apresentam valores próximos a zero ou extremamente elevados, o que pode indicar ausência de variabilidade suficiente na amostra para aquela categoria, ou um padrão de escolha muito raro. Da mesma forma, RRR iguais a 1 sugerem que a variável não exerce influência mensurável sobre a probabilidade relativa de escolha. Esses casos podem estar associados a outliers, categorias com pouca representatividade ou a efeitos neutros de determinadas variáveis. Embora não comprometam o modelo como um todo, tais resultados devem ser interpretados com cautela.

TABELA 5 - TESTE IAI

	<b>Bicicleta</b>	<b>A pé</b>	<b>Metro</b>	<b>Ônibus</b>	<b>Moto</b>	<b>Outros</b>
Estat. $\chi^2$	0	0	0	0	0	0

FONTE: O autor (2024).

Nota: A estatística é calculada pela fórmula  $\chi^2 = (b-B)'[(V_b-V_B)^{-1}](b-B)$ , onde: b representa os coeficientes estimados pelo modelo restrito, B são os coeficientes do modelo irrestrito,  $V_b$  e  $V_B$  são as matrizes de variância e covariância dos coeficientes.

Os valores zero para a estatística  $\chi^2$  indicam que não houve variação significativa nas proporções de escolha entre os diferentes cenários de simulação o que indica a validade do modelo para o cenário.

É importante observar que, devido às limitações do software utilizado (Stata), os testes de Hausman foram conduzidos sem a expansão da base pelos pesos amostrais, já que o software não suporta essa funcionalidade diretamente. Ainda assim, os resultados fornecem uma indicação confiável da consistência do modelo.

#### 4.4 Discussão dos resultados

A análise dos resultados reforça e aprofunda as dinâmicas observadas na literatura, evidenciando a influência de fatores socioeconômicos, territoriais e de gênero na escolha modal, bem como a relevância da infraestrutura urbana e de políticas públicas integradas. Em consonância com Harkot (2018) e Goel et al. (2023), nossos achados indicam que a mobilidade ativa não é acessada e percebida da mesma forma por homens e mulheres. Enquanto os resultados mostram baixa propensão feminina ao uso da bicicleta, reforçando a insegurança e barreiras culturais já destacadas por Harkot (2018), a maior tendência das mulheres em caminhar, também identificada por Goel et al. (2023), sugere que este modo ativo, apesar de menos estruturado, muitas vezes surge como única alternativa diante de restrições econômicas e contextos urbanos adversos.

A despeito de a caminhada e a bicicleta serem apontadas como soluções sustentáveis e promotoras de saúde (Gehl, 2015; Gargiulo & Sgambati, 2022; Pisoni, Christidis & Navajas Cawood, 2022), nossos resultados mostram que tais modos, em São Paulo, ainda se configuram mais como imposição do que opção consciente para certos grupos. Conforme argumentado por Humberto et al. (2019), a precariedade da infraestrutura e a desigualdade territorial criam um paradoxo: áreas periféricas apresentam alta proporção de viagens a pé, mas baixa “caminhabilidade”, evidenciando que o deslocamento ativo está associado mais à falta de alternativas do que a uma escolha pautada em benefícios percebidos.

Além disso, o papel da renda e da disponibilidade de automóveis no domicílio, discutidos por Moita e Lopes (2016) e também por Porsse e Giorio (2023), revela uma clara hierarquia de escolha modal: indivíduos com menor renda, limitados financeiramente, tendem a recorrer a modos ativos ou coletivos, não por preferência, mas por falta de opção. Essa constatação reforça o argumento de autores como Rosa (2024) e Salazar-Serna, Cadavid e Franco (2024), que destacam a relevância de considerar fatores socioculturais, espaciais e econômicos de forma integrada, sob pena de políticas centradas apenas no aumento de infraestrutura física não resultarem em maior equidade ou inclusão na mobilidade urbana.

A relação entre modos ativos e o transporte público, destacada por Miranda (2022) e corroborada pelos achados de Ton et al. (2019) e Le e Teng (2023), também é observada em nossos dados. Enquanto a mobilidade ativa tende a ser utilizada em percursos curtos, o transporte público ganha destaque em viagens mais longas. Essa complementaridade evidencia a necessidade de ações integradas: conforme sugerido por Ding e Yang (2020) e Pisoni, Christidis e Navajas Cawood (2022), medidas como integração tarifária, melhoria de calçadas, ciclovias e bicicletários em estações, bem como políticas de precificação do uso do automóvel (Moita & Lopes, 2016), podem incentivar escolhas mais sustentáveis.

Por fim, o conjunto dos resultados dialoga com o cenário mais amplo discutido por Gebremeskel, Woldetensae e Woldeamanuel (2023) e Salazar-Serna, Cadavid e Franco (2024), no qual políticas públicas sensíveis às particularidades locais são essenciais. Na cidade de São Paulo, políticas que favoreçam ambientes seguros para pedestres e ciclistas, aliadas à melhoria da qualidade e integração do transporte coletivo, têm potencial para tornar a mobilidade ativa menos um “refúgio obrigatório” e mais uma escolha atrativa, contribuindo, assim, para cidades mais equitativas, saudáveis e sustentáveis, conforme apontado por Gargiulo e Sgambati (2022) e Gehl (2015).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste trabalho permitiram compreender os fatores determinantes na escolha por modos ativos de transporte na cidade de São Paulo, atendendo ao objetivo central da pesquisa. A análise econométrica, baseada no modelo logit multinomial, revelou que variáveis como distância percorrida, posse de automóveis, renda e gênero exercem influência significativa sobre a probabilidade de optar por transportes ativos, como caminhar ou pedalar.

Entre os principais achados, destacam-se a posse de automóveis, que reduz significativamente a probabilidade de escolha por modos ativos, evidenciando a necessidade de políticas que desincentivem o uso de carros e promovam alternativas mais sustentáveis. O gênero também se mostrou relevante, com mulheres apresentando maior propensão a caminhar, mas menor probabilidade de usar bicicletas, possivelmente devido a questões de segurança e infraestrutura inadequada. Além disso, a distância da viagem influencia a escolha modal, sendo modos ativos preferidos em deslocamentos curtos, enquanto o transporte coletivo se torna a opção preferida em viagens mais longas, destacando a complementaridade entre esses modais. Indivíduos com maior nível de escolaridade e renda tendem a preferir o transporte coletivo, especialmente o metrô, indicando uma relação entre educação, renda e acesso a opções de transporte mais estruturadas. Motivações das viagens, como trabalho, saúde e busca por emprego, também influenciam negativamente a escolha por modais ativos, sugerindo uma dependência maior de opções de transporte coletivo por parte desses grupos. Esses resultados corroboram a literatura internacional e com outras pesquisas realizadas em países em desenvolvimento, onde custo, segurança e tempo são variáveis significativas para populações de baixa renda.

A pesquisa destaca implicações práticas importantes para o estímulo à mobilidade ativa em São Paulo, apontando a necessidade de políticas públicas que levem em conta as desigualdades socioeconômicas e territoriais da cidade. Embora tenha havido um aumento nas viagens ativas nos últimos anos, a adoção desses modos ainda está fortemente condicionada por fatores como renda e gênero. Em áreas de menor renda, onde as caminhadas são predominantes, é essencial melhorar a infraestrutura básica, incluindo calçadas em boas condições, iluminação e segurança. Além disso, a integração eficaz dessas regiões com o transporte

coletivo pode reduzir barreiras à mobilidade e facilitar deslocamentos mais acessíveis, já nos bairros de maior renda, o desafio está em ampliar a adesão a modos ativos, que já possuem certo grau de incentivo, por meio de políticas que abordem questões como segurança e mudanças culturais. Medidas como a construção de ciclovias seguras e bem localizadas, aliadas a campanhas educativas, podem aumentar a aceitação e a prática de mobilidade ativa.

A combinação de modos ativos com transporte coletivo, apresenta um grande potencial para ampliar o alcance desses modais para todas as faixas de renda. Iniciativas como programas de compartilhamento de bicicletas integrados ao transporte público, como alternativa de última milha, descontos em tarifas para viagens combinadas, aumento da oferta de bicicletários podem criar incentivos diretos para a adoção de práticas mais sustentáveis. O destaque fica para a importância de abordagens integradas, capazes de atender às necessidades específicas de diferentes regiões da cidade e de promover maior equidade no acesso à mobilidade urbana.

Entretanto, este estudo apresenta algumas limitações. A pesquisa de 2017 não considera o impacto de serviços de transporte por aplicativo, que se consolidaram após esse período, nem as mudanças trazidas pela pandemia de COVID-19, que alterou significativamente os padrões de mobilidade urbana, introduzindo novas tendências como o aumento do trabalho remoto. Além disso, o modelo não inclui variáveis como segurança, qualidade das ciclovias, percepção de conforto, infraestrutura e variáveis geoespaciais, devido à indisponibilidade desses dados na Pesquisa Origem-Destino. Futuras pesquisas deveriam incorporar essas variáveis para obter uma análise mais abrangente e considerar a inclusão de dados mais recentes que refletem as mudanças recentes no cenário de mobilidade urbana. Também seria valioso expandir a análise para outras cidades brasileiras, identificando variações regionais nos determinantes da escolha modal e permitindo comparações macro.

## 6 REFERÊNCIAS

CINTRA, Marcos. **Os custos dos congestionamentos na cidade de São Paulo. Texto para Discussão 356.** Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, abril de 2014.

CORTRIGHT, Joe. **Walking the Walk: How Walkability Raises Home Values in U.S. Cities.** CEOs for Cities, agosto de 2009.

CRUZ, S. S.; PAULINO, S. R. **Desafios da mobilidade ativa na perspectiva dos serviços públicos: experiências na cidade de São Paulo.** urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana, Curitiba, v. 11, e20190026, 2019.

GARGIULO, Carmela; SGAMBATI, Sabrina. **Active mobility in historical centres: towards an accessible and competitive city.** Transportation Research Procedia, v. 60, p. 552–559, 2022. DOI: 10.1016/j.trpro.2021.12.071.

GEHL, Jan. **Cidades para pessoas.** Tradução de Anita Di Marco, com a colaboração de Anita Natividade. 2. ed. São Paulo: Perspectiva, 2013. ISBN 978-85-273-0980-6.

GREENE, William H. **Econometric Analysis.** 7th ed. Upper Saddle River: Pearson Education, 2012. ISBN 978-0-273-75356-8.

GOEL, R. et al. **Gender differences in active travel in major cities across the world.** Transportation, v. 50, p. 733–749, jan. 2023.

GONÇALVES, Jorge Humberto Gaspar. **Fatores relevantes para a escolha modal em áreas urbanas. 2012. 433 f.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2012.

HARKOT, M. K. **A bicicleta e as mulheres: mobilidade ativa, gênero e desigualdades socioterritoriais em São Paulo.** 2018. 192f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

HUMBERTO, M. et al. **Walking and walkability: do built environment measures correspond with pedestrian activity?** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 19, n. 4, p. 23-36, out./dez. 2019.

JAVOID, A.; CREUTZIG, F.; BAMBERG, S. **Determinants of low-carbon transport mode adoption: systematic review of reviews.** Environmental Research Letters, v. 15, 103002, 2020.

LE, Jiankun; TENG, Jing. **Understanding influencing factors of travel mode choice in urban-suburban travel: a case study in Shanghai.** Urban Rail Transit, v. 9, p. 127–146, 2023. DOI: 10.1007/s40864-023-00190-5.

MIRANDA, Antônio Carlos de Mattos. **Condicionantes da escolha da bicicleta como modal de transporte nos deslocamentos em áreas urbanas: desafios e**

**possibilidades. 2023.** Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Sociedade) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2023.

MOITA, R. M. S.; LOPES, C. E. M. **Demanda por meios de transporte na Grande São Paulo: uma análise de políticas públicas.** Pesquisa e Planejamento Econômico, Rio de Janeiro, v. 46, n. 2, p. 126-149, ago. 2016.

ORTÚZAR, Juan de Dios; WILLUMSEN, Luis G. **Modelling transport. 4. ed.** Chichester: John Wiley & Sons, 2011. ISBN 978-0-470-76039-0.

PISONI, E.; CHRISTIDIS, P.; NAVAJAS CAWOOD, E. **Active mobility versus motorized transport? User choices and benefits for the society.** Science of the Total Environment, v. 806, 150627, 2022.

PORSSE, Alexandre Alves; GIORIO, João Victor Rosa. **Condicionantes da escolha por modo de transporte na Região Metropolitana de Curitiba.** Área 7: Infraestrutura, transporte, energia, mobilidade e comunicação. [S.l.: s.n.], 2017.

ROSA, P. J. M. **Análise de modelos de escolha discreta espaciais para escolha de modo em viagens a pé na cidade de São Paulo.** 2024. 90f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2024.

SALAZAR-SERNA, Kathleen; CADAVID, Lorena; FRANCO, Carlos J. Modeling urban transport choices: incorporating sociocultural aspects. **Proceedings of the 2024 Winter Simulation Conference**, 2024.

SÃO PAULO (Estado). Companhia do Metropolitano de São Paulo – Metrô. **Pesquisa Origem e Destino 2017: Mobilidade da Região Metropolitana de São Paulo.** São Paulo: Companhia do Metropolitano de São Paulo – Metrô, 2017.

SPECK, Jeff. **Cidade caminhável: como o design urbano pode salvar nossas vidas.** Tradução e notas de Anita Di Marco e Anita Natividade. São Paulo: Editora Perspectiva, 2016.

TRAIN, Kenneth E. **Discrete Choice Methods with Simulation.** 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2009. ISBN 978-0-521-74738-7.

TON, Danique; DUIVES, Dorine C.; CATS, Oded; HOOGENDOORN-LANSER, Sascha; HOOGENDOORN, Serge P. **Cycling or walking? Determinants of mode choice in the Netherlands.** *Transportation Research Part A*, v. 123, p. 7–23, 2019.

UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME (UN-Habitat). **World Cities Report 2022: Envisaging the Future of Cities.** Nairobi: UN-Habitat, 2022. ISBN 978-92-1-132894-3.