

Condicionantes da Escolha por Modo de Transporte na Região Metropolitana de Curitiba

Alexandre Alves Porsse¹

João Victor Rosa Giorio²

Área 7: Infra-estrutura, transporte, energia, mobilidade e comunicação

Resumo

O objetivo deste artigo é identificar os fatores condicionantes da escolha por modo de transporte na Região Metropolitana de Curitiba (RMC). A análise empírica baseou-se em um modelo logístico multinomial, estimado com base em dados de uma pesquisa origem-destino domiciliar realizada em 2017. Os resultados mostram que níveis mais elevados de renda aumentam a preferência pela escolha de comutação via carro enquanto maiores tempos de deslocamento aumentam a preferência pela escolha de comutação via ônibus. Também identificamos um padrão não linear na relação entre tempo de viagem e probabilidade de escolha de comutação por carro e ônibus, aspecto relevante para a formulação de políticas de mobilidade urbana na RMC.

Palavras-chaves: Modo de transporte, preferências, Região Metropolitana de Curitiba.

Código JEL: R41, R42, R48.

Abstract

This paper aims to identify the factors conditioning transport mode choice in the Curitiba Metropolitan Area (CMA). The empirical analysis was carried out based on a multinomial logistic model, estimated based on data from a household origin-destination survey conducted in 2017. The results show that higher income levels increase the preference for commuting by car, while longer commuting times increase the preference for commuting by bus. We also identified a non-linear relationship between travel time and the probability of choosing to commute using car or bus, which is a relevant result for the formulation of urban mobility policies in the CMA.

Keywords: Mode of transport, preferences, Metropolitan Region of Curitiba.

JEL code: R41, R42, R48.

¹ Professor do Departamento de Economia e do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico da UFPR, Pesquisador Produtividade do CNPq, Professor Visantes no ISEG-ULISBOA.

² Graduando do Curso de Ciências Econômicas da UFPR e Bolsista PIBIC-CNPq.
Esta pesquisa foi financiada parcialmente pelo CNPq e CAPES.

1. Introdução

O sistema de transporte público urbano desempenha um papel crucial na dinâmica social e econômica das cidades, especialmente nas regiões metropolitanas. Milhões de pessoas utilizam o sistema diariamente para se deslocarem entre suas residências, locais de trabalho, estudo e serviços diversos. A disponibilidade de transporte público urbano é associada a externalidades positivas importantes para o desenvolvimento econômico, tais como redução dos congestionamentos e das emissões de gases de efeito estufa.

Contudo, a demanda pelo transporte urbano tem apresentado um comportamento de redução sistemática ao longo do tempo no Brasil, impondo desafios para a provisão de serviços de mobilidade urbana e a eficiência econômica das regiões metropolitanas (NUT, 2019; Xavier, 2020). Por exemplo, o volume diário médio de passageiros na Região Metropolitana de Curitiba (RMC) decresceu a uma taxa de $-3,8\%$ ao ano entre 2015 e 2019. Em 2022, a demanda por transporte coletivo na RMC permanecia $17,2\%$ abaixo do nível pré-pandemia (2019). Como a tarifa do transporte urbano geralmente é condicionada pelo volume de demanda por viagens, quedas nesse volume podem implicar em maiores valores de tarifa para sustentar a operacionalidade do sistema de transporte, aumentando o custo de comutação.

Dessa forma, torna-se relevante compreender os fatores que influenciam o comportamento individual de escolha por modos alternativos de transporte no espaço metropolitano para subsidiar a formulação e planejamento das políticas de mobilidade urbana. Utilizando dados de uma pesquisa origem-destino, o presente estudo tem por objetivo analisar os fatores condicionantes da escolha por modo de transporte urbano na região metropolitana de Curitiba, com especial interesse na identificação dos aspectos que influenciam a escolha pelo modo de viagem coletivo (ônibus) em comparação com o modo de viagem individual (carro). O método de estimação aplicado é o modelo de regressão logística multinomial, o qual se mostra apropriado para situações de múltiplas opções de escolha pelos usuários.

Além desta introdução, o texto estrutura-se em quatro seções. A seção 2 apresenta uma caracterização da área de estudo e dos padrões de mobilidade urbana baseados na pesquisa origem-destino. A seção 3 descreve o tratamento dos dados e os procedimentos metodológicos. A seção 4 apresenta e discute os resultados e, por fim, a seção 5 endereça as considerações finais.

2. Caracterização da área de estudo e padrões de mobilidade

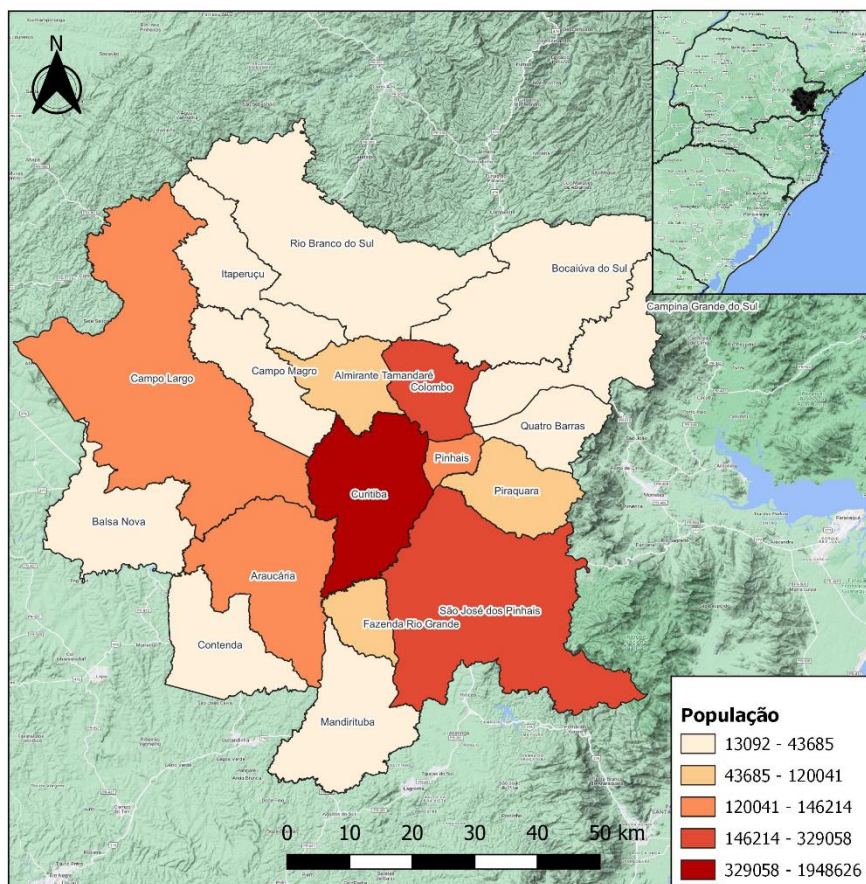
O núcleo urbano da Região Metropolitana de Curitiba compreende um conjunto de 17 municípios, os quais compartilham da chamada Rede Integrada de Transportes³ (Figura 1). No conjunto, esse aglomerado urbano 3,38 milhões de habitantes, sendo que a população é fortemente concentrada na cidade de Curitiba, cuja representatividade populacional é de $56,4\%$. A segunda cidade mais populosa, São José dos Pinhais, representa aproximadamente $9,1\%$ na população total da área. Essas diferenças conferem à cidade de Curitiba um papel central no ordenamento territorial da RMC.

³ Sob o aspecto político-administrativo, a RMC é composta por 29 municípios distribuídos entre as fronteiras norte e sul do Estado. Contudo, uma parcela restrita desses municípios forma o núcleo urbano da RMC em função de suas características de adensamento populacional e de interconexões socioeconômicas.

Desde meados da década de 60, o ordenamento urbano da cidade de Curitiba baseia-se em uma política *Transit Oriented Development* (TOD). De um lado, essa política compreende um sistema de transporte trinário constituído por vias paralelas conectando o subúrbio e o centro, sendo que a via central é segregada para rede BRT (*Bus Rapid Transit*) e tráfego de carros com baixa velocidade enquanto as duas vias paralelas aos corredores BRT destinam-se ao tráfego de carros com maior velocidade. De outro lado, a política compreende regras de zoneamento e uso misto do solo que promovem o adensamento populacional na proximidade dos corredores BRT (Macedo, 2004).

Além disso, em 1980 foi instituída a Rede Integrada de Transporte (RIT) na RMC. Antes da RIT, um residente de um município da região metropolitana que comutasse para Curitiba pagava duas tarifas de transporte: uma para chegar ao terminal central da capital paranaense e outra para conectar-se à rede de transporte da cidade. A RIT promoveu a integração físico-financeira do sistema de transporte metropolitano, possibilitando a todos os usuários o pagamento de uma única tarifa para comutar dentro da RMC, desde que as conexões fossem feitas nos terminais ou estações-tubo do sistema BRT.

Figura 1 - População dos Municípios da Rede Integrada de Transportes da Região Metropolitana de Curitiba



Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados do IPARDES e IBGE.

Em 2017, o Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC) realizou uma pesquisa origem-destino domiciliar para identificar as características da

mobilidade na região metropolitana de Curitiba (IPPUC, 2017). A pesquisa abrangeu 17 municípios, sendo a amostra composta por 45.067 pessoas que realizaram 76.224 viagens. A Tabela 1 apresenta a distribuição da população por município pesquisado segundo dados do IBGE, como também do número de pessoas e viagens da amostra em cada município. Comparando a representatividade percentual, percebe-se que a amostra possui certo viés para a cidade de Curitiba.

Tabela 1 - Distribuição dos Municípios por População, Amostra Populacional e Amostra de Viagens

Município	Pop.	Particip. (%)	Amostra Pesquisa OD	Particip. (%)	Viagens na amostra	Particip. (%)
Almirante Tamandaré	115 364	3,4	1 108	2,5	1 334	1,8
Araucária	137 452	4,1	885	2,0	1 237	1,6
Bocaiúva do Sul	12 477	0,4	267	0,6	445	0,6
Campina Grande do Sul	42 547	1,3	582	1,3	965	1,3
Campo Largo	127 309	3,8	859	1,9	1 081	1,4
Campo Magro	28 244	0,8	507	1,1	739	1,0
Colombo	237 402	7,0	2 161	4,8	3 517	4,6
Contenda	17 961	0,5	316	0,7	4 41	0,6
Curitiba	1 908 359	56,5	32 306	71,7	56 834	74,6
Fazenda Rio Grande	95 225	2,8	1 114	2,5	1 578	2,1
Itaperuçu	27 500	0,8	267	0,6	371	0,5
Mandirituba	25 662	0,8	295	0,7	418	0,5
Pinhais	129 445	3,8	1 109	2,5	1 796	2,4
Piraquara	107 751	3,2	561	1,2	873	1,1
Quatro Barras	22 651	0,7	269	0,6	490	0,6
Rio Branco do Sul	32 504	1,0	245	0,5	429	0,6
São José dos Pinhais	307 530	9,1	2 216	4,9	3 676	4,8
Total	3 375 383	100,0	45 067	100,0	76 224	100,0

Fonte: IBGE e IPPUC.

O levantamento de informações fornece um panorama abrangente sobre os padrões de mobilidade na RMC e, a seguir, destacamos algumas das suas principais características⁴. A Tabela 2 mostra a distribuição dos modos de transporte e tempo médio de viagem. Verifica-se que o deslocamento com carro (dirigindo automóvel) é o meio de transporte mais frequente dentro das observações, representando 32,4% da amostra, seguido de perto pelo meio a pé, com frequência relativa de 23,3%.

Ao aglutinar as categorias de condutores e passageiros de automóveis (inclusive taxi), chega-se a uma frequência acumulada de 46,3%. Com isso, as viagens por veículo privado se tornam a escolha de meio de transporte ainda mais frequente. A dominância do uso de carros como meio de transporte é uma regularidade observada em diversas pesquisas sobre mobilidade urbana (Cervero e Kockelman, 1997; Melo, 2022). Essa

⁴ Os indicadores apresentados nessa caracterização referem-se às informações da base de microdados amostral, pois os fatores de expansão populacional não foram divulgados.

característica também tende a ser mais evidente em regiões com elevado adensamento populacional e níveis de renda per capita mais elevados, tal como nos espaços metropolitanos (D'Costa & Overman, 2014; Melo & Graham, 2009).

Outro meio de transporte que se destaca é o ônibus municipal curitibano, com frequência relativa de 16,5%. Apesar do modelo BRT adotado por Curitiba ser aclamado nacional e internacionalmente (Macedo, 2004), essa representatividade relativamente baixa do modal chega a ser surpreendente. Mesmo acrescentando os percentuais de ônibus metropolitano e ônibus de outros municípios, os quais podem se conectar à Rede Integrada de Transporte, o transporte via ônibus chega a uma representatividade de 19,4%. De um lado, esse resultado pode ser um reflexo do movimento estrutural de retração de demanda enfrentado pelo sistema de transporte coletivo no Brasil. De outro, também pode estar ligado ao custo de oportunidade do tempo associado à escolha pela comutação via carro em detrimento do meio coletivo, um efeito também reconhecido pela literatura (Giuliano & Dargay, 2006). De fato, observando os tempos médios, nota-se que o tempo de deslocamento da comutação via ônibus de Curitiba é 2,25 vezes superior àquele observado para o carro (dirigindo automóvel).

Tabela 2 - Distribuição dos Meios de Transporte e Tempo Médio de Viagem

Meio de Transporte	Frequência Absoluta	Frequência Relativa (%)	Tempo Médio (minutos)	Desvio Padrão
Dirigindo automóvel	22 082	32,4	24	18
A pé	15 854	23,3	16	13
Ônibus município de Curitiba	11 211	16,5	54	29
Passageiro de automóvel	9 105	13,4	22	18
Escolar	2 788	4,1	30	19
Moto	1 825	2,7	25	18
Bicicleta	1 397	2,1	21	16
Ônibus metropolitano	1 392	2,0	64	34
Ônibus outros municípios	902	1,3	57	33
Ônibus fretado	775	1,1	46	27
Outros	351	0,5	26	22
Táxi	318	0,5	23	17
Microônibus/van outros municípios	47	0,1	34	22
Microônibus/van município de Curitiba	21	0,0	34	36
Microônibus/van metropolitano	4	0,0	38	10
Total	68 072	100,0	-	-

Fonte: Elaborado pelos autores baseado nos microdados de deslocamentos da Pesquisa Origem-Destino (IPPUC, 2017).

Nota: Esta tabela foi construída a partir dos dados da tabela de deslocamentos da pesquisa origem-destino de 2017, disponível para acesso público no endereço eletrônico do IPPUC. O número total de observações da tabela de deslocamentos (68.072) é inferior àquele divulgado pela pesquisa (76.224).

Também se faz relevante uma análise sobre a distribuição dos modais de transporte por classes de renda, pois estudos da literatura sugerem que a preferência pelo tipo de transporte também é influenciada por fatores socioeconômicos. Por exemplo, no

caso do transporte público, a preferência tende a ser mais elevada nas classes de menor renda, enquanto o inverso ocorre para o modo de transporte via carro (Simma and Axhausen, 2003; Van Acker et al., 2010). Os dados reportados na Tabela 3 evidenciam essa regularidade para a RMC. Considerando as comutações realizadas mediante ônibus do município de Curitiba, as pessoas na classe com renda até 2 salários-mínimos (excluídos dependentes) representam 49,4% do total. Por sua vez, no caso de comutações realizadas mediante carro (dirigindo automóvel), as pessoas na classe com renda até 2 salários-mínimos representam 30,8% do total.

Tabela 3 – Distribuição dos Meios de Transporte pela Faixa de Renda dos Usuários (%)

Meio de Transporte	Dependente (renda nula)	Até 1 SM	1 a 2 SM	2 a 4 SM	4 a 10 SM	Maior que 10 SM	Total
A pé	70,6	6,8	14,3	5,8	2,1	0,3	100,0
Dirigindo automóvel	20,1	4,2	26,6	29,7	16,4	3,0	100,0
Ônibus município de Curitiba	34,1	13,9	35,5	13,4	2,8	0,3	100,0
Passageiro de automóvel	72,6	5,5	11,9	6,7	2,8	0,5	100,0
Escolar	96,8	1,5	0,8	0,7	0,1	0,0	100,0
Moto	16,2	5,1	45,4	29,1	3,8	0,5	100,0
Bicicleta	41,3	11,5	32,0	12,1	2,8	0,2	100,0
Ônibus metropolitano	29,3	15,4	43,0	11,6	0,6	0,1	100,0
Ônibus outros municípios	34,6	13,1	38,9	10,8	1,7	0	100,0
Ônibus fretado	31,3	9,8	29,8	23,6	5,4	0	100,0
Outros	44,9	4,8	29,5	16,4	3,9	0,5	100,0
Táxi	47,6	7,7	14,9	19,0	10,7	0	100,0
Micro-ônibus/van outros municípios	85,4	12,2	2,4	0	0	0	100,0
Micro-ônibus/van de Curitiba	78,6	7,1	14,3	0	0	0	100,0
Micro-ônibus/van metropolitano	100	0	0	0	0	0	100,0

Fonte: Elaborado pelos autores baseado nos microdados de deslocamentos da Pesquisa Origem-Destino (IPPUC, 2017).

Além dessas características, a pesquisa origem-destino fornece diversas outras informações sobre os padrões de mobilidade na RMC, tais como motivação segundo a origem ou destino, idade, gênero, grau de instrução. Essas informações serão utilizadas no conjunto de variáveis de controle na modelagem empírica empregada neste estudo, não sendo objetivo de análise detalhada devido às limitações de espaço no manuscrito.

3. Estratégia empírica

Em geral, os estudos empíricos que avaliam o comportamento de escolha em relação a modais de transporte na literatura nacional baseiam-se em modelos de escolha discreta dicotômica (Lindner e Pitombo, 2016; Rosa, Caldeira e Isler, 2021) ou multinomiais que consideram opções de múltipla escolha (Moita e Lopes, 2016; Silva et al, 2012).

A escolha por meio de transporte é um fenômeno cuja variável resposta qualifica-se como qualitativa e categórica com diversos níveis, sendo os dados referentes a indivíduos. Consequentemente, uma estratégia empírica apropriada é aquela baseada em modelos logit multinomial (MLM), opção a qual foi adotada no presente estudo. Conforme Greene (2012), o modelo MLM é derivado a partir de um modelo de utilidade randômica definido como segue:

$$U_{ij} = \mathbf{z}'_{ij}\boldsymbol{\theta} + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

onde U_{ij} representa a utilidade obtida por cada i -ésimo indivíduo referente escolha à j -ésima opção dentre um cardápio de opções J ($j = 0, 1, 2, \dots, J$). A utilidade é condicionada a um conjunto de atributos da escolha (\mathbf{x}_{ij}) e outro conjunto de características individuais (\mathbf{w}_{ij}) que estão contidos em \mathbf{z}_{ij} .

Se determinada escolha j é feita, então a probabilidade dessa escolha implica que sua utilidade é superior às demais escolhas possíveis, ou seja, $P(U_{ij} > U_{kj})$ para qualquer $k \neq j$. Assim, para o caso em que os dados são indivíduo-específico, o modelo possui a seguinte função de probabilidade:

$$P(Y_i = j | w_i) = \frac{\exp(\mathbf{w}'_{ij}\boldsymbol{\beta})}{1 + \sum_{j=1}^J \exp(\mathbf{x}'_{ij}\boldsymbol{\beta})}, \quad j = 0, 1, 2 \dots J. \quad (2)$$

O modelo será estimado usando informações dos microdados da amostra de deslocamentos disponibilizada pelo IPPUC (2017)⁵. Como essa base dispõe de escolhas muito fragmentadas, envolvendo 15 tipos modais diferentes, optamos por simplificar o modelo agregando as opções de escolha de locomoção em três grupos: Motorizado Individual (moto, passageiro e condutor de automóvel)⁶, Transporte Coletivo (ônibus municipal curitibano, metropolitano e de outros municípios) e Mobilidade Ativa (a pé e bicicleta). Os modais 'táxi', 'outros' e todos os tipos de micro-ônibus foram excluídos dos cálculos devido à baixa frequência na amostra. Os meios de transporte via ônibus escolar e ônibus fretado também foram retirados, uma vez que geralmente são modos subsidiados. Também foram excluídas da base as viagens realizadas por dependentes de renda. E, eliminando as observações com dados faltantes, das 68.244 observações iniciais da base, restaram para ser consideradas no modelo 22.748 viagens realizadas por 8.842 pessoas.

Na modelagem econométrica de regressão logística multinomial, assume-se, portanto, que existem 3 opções de escolha por modo de transporte, sendo que para fins de estimação o modo Motorizado Individual foi assumido como categoria de referência. Assim, o modelo fornece informações sobre a probabilidade de escolha dos demais modos em relação a essa categoria. As variáveis explicativas adotadas foram: sexo, logaritmo da renda, idade, idade ao quadrado, instrução dos indivíduos, tempo da viagem, motivação da viagem, e *dummies* de controle da localidade das viagens. O Quadro 1, a seguir, descreve as variáveis explicativas e suas respectivas categorias de referência quando se trata de variáveis *dummies*.

⁵ Foi utilizado o software R para o tratamento dos dados e operacionalização das estimações.

⁶ Como moto possui representatividade baixa, esse grupo será tratado como carro nas análises e discussão.

Quadro 1 - Variáveis explicativas do modelo

Variável	Tipo	Categoria de Referência	Demais Categorias
Renda (logaritmo)	Contínua	-	-
Tempo de viagem (minutos)	Contínua	-	-
Idade	Contínua	-	-
Idade ao Quadrado	Contínua	-	-
Sexo	Catagórica	Masculino	Feminino
Instrução	Catagórica	Sem instrução ou Ensino Fundamental Incompleto	Ensino Fundamental Completo
			Ensino Médio Completo
			Ensino Superior Completo
Motivação da Viagem	Catagórica	Habitação	Assuntos Pessoais
			Educação
			Trabalho
Origem	Catagórica	Curitiba	Outro
Destino	Catagórica	Curitiba	Outro
Origem x Destino	Catagórica	Curitiba-Curitiba	Outro

Fonte: Elaborado pelos autores.

4. Resultados e análise

A Tabela 4 reporta os resultados obtidos para a regressão do modelo logit multinomial. Os indicadores de performance do ajustamento mostram que o modelo é apropriado. O pseudo-R² resultou em 48,5% e, conforme o teste de razão de máxima verossimilhança, a hipótese nula de que todos os coeficientes estimados são iguais a zero é rejeitada. A seguir, daremos ênfase aos componentes de renda e tempo na análise de resultados, uma vez que são condicionantes muito relevantes na escolha pelos modos ativo ou ônibus em relação a carros (categoria de referência).

Quanto maior a renda, menor a chance de escolha dos modos de transporte ativo ou ônibus face o modo motorizado individual. Trata-se de um resultado esperado, refletindo uma regularidade segundo evidências da literatura já comentados na seção 2. A alta dependência pelo uso de carro nos padrões de mobilidade urbana é destacada em diversos estudos da literatura, principalmente em áreas metropolitanas onde o nível de renda médio é mais elevado, e também devido ao custo de oportunidade para os proprietários de veículos (Cervero e Kockelman, 1997; Melo, 2022; D'Costa & Overman, 2014; Melo & Graham, 2009; Giuliano & Dargay, 2006).

Com respeito ao efeito do tempo de deslocamento, os resultados são heterogêneos. Quanto maior o tempo de viagem, menor a chance de escolha do modo ativo em relação ao uso de carro, enquanto o inverso ocorre para a escolha de comutação via ônibus. Dessa forma, quanto maior o tempo de viagem, maior a preferência pelo uso do ônibus em detrimento do carro. Tal resultado não necessariamente surpreende uma vez que a mobilidade urbana na RMC opera mediante uma Rede Integrada de Transporte. Uma vez que se paga uma tarifa única no sistema RIT, isso propicia uma vantagem competitiva

para o modo ônibus na medida em que o custo da comutação por distância se reduz, enquanto na comutação via carro esse custo é positivamente relacionado com a distância.

Tabela 4 – Resultados do Modelo de Regressão Logística Multinomial com Categoria de Referência Motorizado Individual

Variável/Categoria		Mobilidade Ativa		Ônibus	
		Coef.	p-valor	Coef.	p-valor
Intercepto	-	7,1093	0,0000	5,2165	0,0000
Renda (log)	-	-0,8294	0,0000	-0,9172	0,0000
Tempo de Viagem	-	-0,0230	0,0000	0,0552	0,0000
Idade	-	-0,0511	0,0000	-0,1033	0,0000
Idade ao Quadrado	-	0,0005	0,0000	0,0012	0,0000
Sexo	Feminino	0,7262	0,0000	1,1386	0,0000
Qualificação	Ensino Fundamental Completo	-0,3813	0,0000	-0,0817	0,0000
	Ensino Médio Completo	-0,7361	0,0000	-0,1645	0,0007
	Ensino Superior Completo	-0,9718	0,0000	-0,5031	0,0000
Motivação da Viagem	Assuntos Pessoais	-0,0849	0,0380	-0,2482	0,0000
	Educação	-0,1427	0,0000	-0,6435	0,0000
	Trabalho	0,0439	0,2748	0,4335	0,0000
Origem	Curitiba	-2,3195	0,0000	-0,4060	0,0000
Destino	Curitiba	-2,2548	0,0000	-0,4405	0,0000
Origem x Destino	Curitiba	4,4588	0,0000	1,3594	0,0000

Número de Observações: 22 748

Logaritmo da Máxima Verossimilhança: -16 430

Pseudo R Quadrado de Nagelkerke: 0,485

Teste de Razão da Máximo Verossimilhança: Chisq = 12 331 (p-valor < 0,0001)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Outra perspectiva de análise dos resultados pode ser feita por meio da razão de chances (Tabela 5), que fornece uma predição sobre a probabilidade de ocorrência da escolha associada a cada fator condicionante. A chance de escolher ônibus em relação a carro é maior para os seguintes regressores: tempo de viagem, sexo feminino, motivo de trabalho e deslocamentos com origem e destino dentro de Curitiba. Com exceção do tempo de viagem, esses atributos também favorecem a probabilidade de escolha do modo ativo em relação a carro.

Tabela 5 – Tabela de Razão de Chances

<i>Variável/ Categoria</i>		Mobilidade Ativa		Ônibus	
		<i>RC</i>	<i>95% IC</i>	<i>RC</i>	<i>95% IC</i>
Logaritmo da Renda	-	0,44	0,42; 0,45	0,40	0,38; 0,42
Tempo de Viagem	-	0,98	0,97; 0,98	1,06	1,05; 1,06
Idade	-	0,95	0,94; 0,96	0,90	0,89; 0,91
Idade ao Quadrado	-	1,00	1,00; 1,00	1,00	1,00; 1,00
Sexo	Feminino	2,07	1,92; 2,22	3,12	2,89; 3,88
Qualificação	Ensino Fundamental Completo	0,68	0,65; 0,72	0,92	0,88; 0,97
	Ensino Médio Completo	0,48	0,45; 0,51	0,85	0,80; 0,90
	Ensino Superior Completo	0,38	0,36; 0,40	0,60	0,58; 0,63
Motivação da Viagem	Assuntos Pessoais	0,92	0,85; 1,00	0,78	0,74; 0,92
	Educação	0,87	0,83; 0,90	0,53	0,52; 0,53
	Trabalho	1,04	0,97; 1,13	1,54	1,42; 1,67
Origem	Curitiba	0,10	0,10; 0,10	0,67	0,64; 0,69
Destino	Curitiba	0,10	0,10; 0,11	0,64	0,62; 0,67
Origem x Destino	Curitiba	86,4	83,6; 89,3	3,89	3,72; 4,07

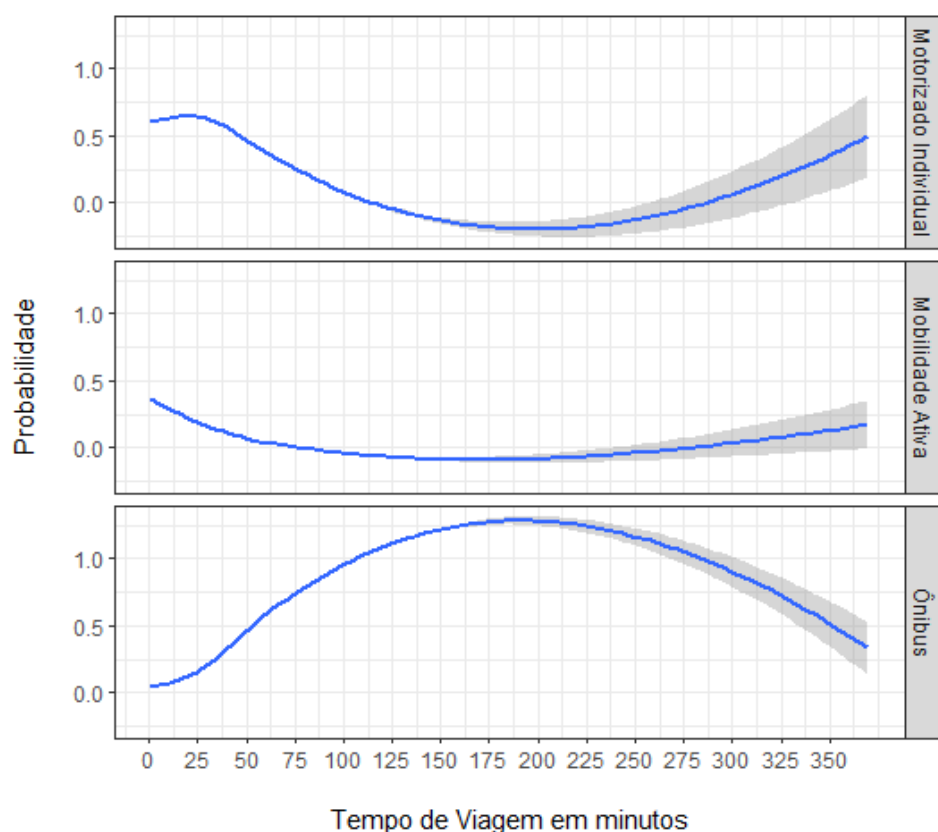
Fonte: Elaborado pelos autores.

Nota: RC = Razão de Chances, IC = Intervalo de Confiança

Em função da importância do efeito do tempo na escolha do modo de transporte, notadamente no que tange a competição entre os modos carro e ônibus, é importante compreender em que medida a variação desta variável influencia as probabilidades de escolha. Conforme a Figura 2, verifica-se a existência de padrões não lineares na probabilidade de escolha desses dois modais face a variação do tempo de viagem. Para viagens com aproximadamente 30 minutos de deslocamento, a probabilidade de escolha do modo motorizado individual (carro) é destacadamente superior à probabilidade de escolha do modelo coletivo (ônibus). Embora crescente (decrecente) à medida que o tempo aumenta, a probabilidade de escolha do modal ônibus (carro) alcança seu pico máximo (mínimo) quando a viagem tem duração aproximada de 180 minutos.

Esse resultado revela um elemento importante para os formuladores da política de transporte urbano no âmbito da RIT, principalmente diante do processo de retração de demanda recorrente nesse sistema ao longo dos últimos anos. Para aumentar a atratividade da comutação via ônibus em detrimento do carro, o sistema precisa desenvolver mecanismos para facilitar as viagens de curta duração. Conforme os dados da pesquisa origem-destino, do total de viagens realizadas por ônibus na RMC, cerca de 32,7% tinham tempo de duração inferior a 30 minutos. Se considerado somente as viagens realizadas com origem e destino dentro de Curitiba, esse percentual é ainda menor, situando-se em 20,7%.

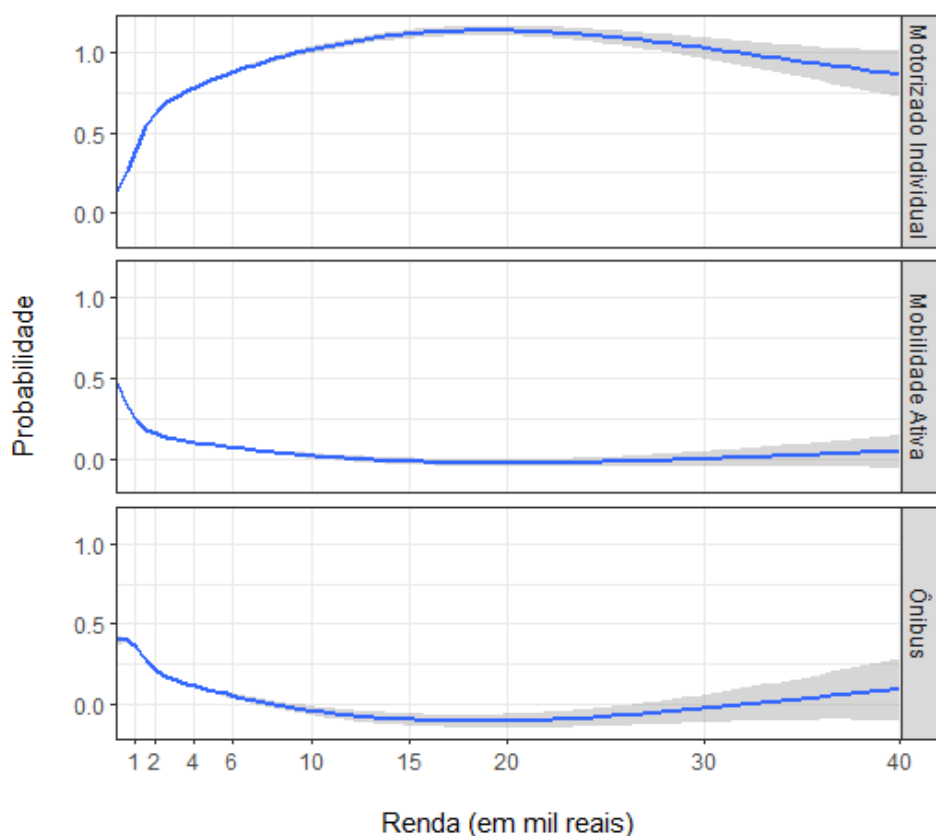
Figura 2 – Comportamento da Probabilidade de Escolha Modal em relação ao Tempo de Viagem



Fonte: Elaborado pelos autores.

Também foi possível analisar o comportamento da probabilidade de escolha dos modais agregados em função do componente renda. Conforme exposto na Figura 3, há um evidente padrão não-linear em sua associação. Mais do que isso, denota-se um efeito ligeiramente espelhado entre os modais Motorizado Individual e Ônibus. Para indivíduos com renda até mil reais, há uma chance próxima a 50% de optar pelo transporte coletivo, enquanto há uma baixa probabilidade para que essa mesma pessoa se locomova via automóvel particular. A partir de rendas superiores a esse patamar, existe um forte decréscimo da preferência por transporte coletivo em favor do deslocamento por carro. Por exemplo, a probabilidade de escolha por transporte via ônibus para indivíduos com renda de 6 mil reais chega a ser inferior a 6%, enquanto a chance para a categoria Motorizado Individual alcança, em média, níveis próximos a 85%. Esses resultados indicam que as desigualdades socioeconômicas também desempenham papel relevante na escolha por modo de transporte na RMC.

Figura 3 – Comportamento da Probabilidade de Escolha Modal em relação a Renda



Fonte: Elaborado pelos autores.

Por fim, avaliamos a capacidade preditiva do modelo e sua performance em relação ao teste de independência das alternativas irrelevantes (IIA). Com respeito à capacidade preditiva, o modelo apresenta melhor performance para prever as escolhas pelos modos carro e ônibus enquanto a capacidade preditiva pelo modo ativo é acentuadamente fraca (Tabela 6). Dentre as viagens realizadas por carro, o modelo consegue prever 86,5% e dentre as viagens realizadas por ônibus o modelo consegue prever 64,0%. Já para as viagens realizadas pelo modo ativo, o modelo prevê apenas 25,5%. Com respeito ao teste IIA (Tabela 7), o modelo falha no teste quando o modo ativo é omitido, mas não quando o modo ônibus é omitido. Nesse sentido, os resultados aqui descritos devem ser avaliados com cautela na medida que os coeficientes e razão de chance não são independentes da escolha pelo modo ativo.

Tabela 6 – Tabela de Performance Preditiva do Modelo

	Motorizado Individual	Mobilidade Ativa	Ônibus
Motorizado Individual	86,5%	5,5%	8,0%
Mobilidade Ativa	65,8%	25,5%	8,7%
Ônibus	32,4%	3,6%	64,0%

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 7 – Teste de Independência de Alternativas Irrelevantes

Categoria Ausente	p-valor	Qui-Quadrado	Graus de Liberdade
Mobilidade Ativa	0,0000	123,28	15
Ônibus	1,0000	-136,66	15

Fonte: Elaborado pelos autores.

5. Considerações finais

O presente estudo investigou os fatores condicionantes da escolha por modo de transporte na Região Metropolitana de Curitiba com base na estimação de um modelo logístico multinomial. O modelo foi estimado utilizando dados da pesquisa origem-destino de 2017 realizada pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano, e sua estimação considerou três modos de viagem para comutação na RMC: mobilidade ativa (a pé e bicicleta), motorizado coletivo (ônibus) e motorizado individual (carros e moto).

No tocante a usual competição entre os modos motorizado coletivo e individual, os resultados evidenciam que níveis mais elevados de renda aumentam a preferência de escolha pela comutação via carro enquanto maiores tempos de deslocamento aumentam a preferência de escolha pela comutação via ônibus. O efeito do tempo na probabilidade de escolha do ônibus pode ser compreendido como resultante do modelo de comutação baseado na rede integrada de transporte que funciona na RMC. Como a RIT possui uma tarifa única, o custo de comutação decai relativamente mais para os usuários que realizam viagens mais longas, ampliando a atratividade do ônibus em relação ao transporte individual.

Entretanto, identificamos que existe um padrão não linear na relação entre tempo de viagem e probabilidade de escolha entre os modais carro e ônibus. Para viagens com duração até 30 minutos, a probabilidade de escolha do carro é muito mais elevada do que a probabilidade de escolha do ônibus. Argumentamos que essa evidência é relevante para compreender a recorrente retração de demanda do sistema RIT observada nos últimos anos, a despeito da pandemia. Para aumentar a atratividade da comutação via ônibus, os formuladores das políticas de mobilidade urbana precisam desenvolver mecanismos que estimulem a demanda por viagens de curta duração.

Finalmente, convém mencionar duas limitações deste estudo que implicam em cautela na avaliação dos resultados obtidos. Primeiro, o modelo logístico multinomial foi estimado a partir de dados da amostra, ou seja, não levou em conta os ponderadores de expansão para a população. Essa limitação não pode ser contornada devido a ausência de informações sobre os ponderadores na base de dados de deslocamentos da pesquisa origem-destino. Segundo, o modelo falhou parcialmente no teste de independência de alternativas irrelevantes, indicando que a abordagem baseada em modelo logístico multinomial aninhada pode ser mais adequada. Essa abordagem está endereçada para implementação na agenda de pesquisa.

6. Referências

- Cervero, R., Kockelman, K. (1997). Travel demand and the 3ds: Density, diversity, and design. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2(3), 199–219.
- D'Costa, S., Overman, H. G. (2014). The urban wage growth premium: Sorting or learning? *Regional Science and Urban Economics*, 48, 168-179.
- Giuliano, G., Dargay, J. (2006). Car ownership, travel and land use: a comparison of the US and Great Britain. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 40(2), 106-124.
- Greene, W. H. (2012) *Econometric Analysis*. 7th Edition, Essex: Pearson.
- IPPUC (2017) Pesquisa Origem-Destino Domiciliar de Curitiba. Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba.
- Lindner, A., Pitombo, C. S. (2016). Modelo logit binomial com componentes principais para estimação de preferência por modo de transporte motorizado. *Journal of Transport Literature*, 10 (3), 5-9.
- Macedo, J. (2004). Curitiba. *Cities*, 21(6), 537–549.
- Melo, P. C., Graham, D. (2009) Agglomeration economies and labour productivity: Evidence from longitudinal worker data for GB's travel-to-work areas. SERC/LSE discussion paper 31.
- Melo, P. C. (2022). Will COVID-19 hinder or aid the transition to sustainable urban mobility? Spotlight on Portugal's largest urban agglomeration. *Regional Science Policy & Practice*, 14(S1), 80-106.
- Moita, R. M. S., Lopes, C. E. M. (2016). Demanda por meio de transporte na Grande São Paulo: uma análise de políticas públicas. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, 46 (2), 125-149.
- NTU (2019) Anuário NTU 2018-2019. Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos. Brasília: NTU.
- Rosa, P. J. M., Caldeira, G. P., Isler, C. A. (2021). Comparação de modelos de escolha discreta binários espaciais condicionais e não condicionais: uma aplicação à escolha de modo de transporte em viagens urbanas a trabalho. Anais do 35º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET, 35., São Paulo (Online).
- Silva, S. G. *et al.* (2012) Deslocamento para o trabalho e fatores associados em industriários no sul do Brasil. *Revista de Saúde Pública*. 46 (1). 180-184.
- Simma, A., Axhausen, K.W. (2003). Commitments and modal usage: analysis of German and Dutch panels. *Transportation Research Record*, 1854(1), 22-31.
- Van Acker, V., Van Wee, B., Witlox, F. (2010). When transport geography meets social psychology: toward a conceptual model of travel behaviour. *Transport Reviews*, 30(2), 219-240.
- Xavier, O. B. (2020) Transporte público por ônibus no Brasil e a Covid-19: rumo ao colapso dos sistemas? Anais do 34º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET, São Paulo (Online).