

CAMILA TAMIE PIAI
GIOVANA NALLIN DAVINHA
MILENA DE CARVALHO GABRIELE

**ESTUDO DOS IMPACTOS DA ADOÇÃO DE RIDESHARING
NA CIDADE DE SÃO PAULO**

Proposta de Trabalho de Formatura do Curso
de Engenharia Civil apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo

Orientador: Prof Dr Cassiano Augusto Isler

São Paulo
2019

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Interface Uber	2
Figura 2 - Interface Waze CarPool	3
Figura 3 - Exemplo de relacionamento entre os elementos dos modelos de tráfego (HAN, S; 2000)	11
Figura 4 - Representação dos corredores Rebouças-Consolação e Nove de Julho	17
Figura 5 - Pontos de Contagem da Pesquisa de Monitoração e Fluidez do Tráfego da CET-SP	18
Figura 6 - Pesquisa Origem e Destino (Metro, 2007).....	19
Figura 7 - Divisão de Zonas da Pesquisa OD 2007(Metro, 2007).....	20
Figura 8 - Evolução das viagens diárias por modo principal (Metro, 2007)	21
Figura 9 - Duração das viagens diárias (Metro, 2007)	22
Figura 10 - Vias do MSVP 2017 e zonas de máxima restrição	25
Figura 11 - Vias do MSVP 2017, faixas para ônibus e vias para bicicletas implantadas até 2017	25
Figura 12 - Exemplo de dados coletados por receptores GPS	26
Figura 13 - Composição da frota estudada (CET, 2017)	29
Figura 14 - Área de estudo da dissertação <i>Motivating City Commuters to Carpool</i> (LEM, 2014)	31
Figura 15 - Distância de Eindhoven para Burghplan (2,78km)	32
Figura 16 - Distância de Eindhoven para Vaartbroek (4,30km)	32
Figura 17 - Distância de Eindhoven para Strijp (3,29km)	33
Figura 18 - Distância de Eindhoven para Zeelst (4,65km)	33
Figura 19 - Distância da Av. Consolação até Av. Faria Lima, limites da região estudada (5,85km)	34
Figura 20 - Distância da Sumaré ao Parque Ibirapuera, limites da região estudada (6,19km)	34
Figura 21 - Variáveis importantes para o uso do <i>carpool</i> (LEM, 2014).....	38
Figura 22 - Exemplo Interface do Software VISUM.....	46
Figura 23 - Representação da Oferta Viária no VISUM (MUSSO, ALBERNAZ, TONUS E BOUCHER, 2017)	50
Figura 24 - Classificação do zoneamento em Zonas Internas, Zonas de Borda e Zonas Externas (MUSSO, ALBERNAZ, TONUS E BOUCHER, 2017)	51
Figura 25 - Volumes contados x Volumes Alocados, após os ajustes na rede, para a hora pico manhã (MUSSO, ALBERNAZ, TONUS E BOUCHER, 2017)	52
Figura 26 – R ² da Regressão Linear (MUSSO, ALBERNAZ, TONUS E BOUCHER, 2017)	53
Figura 27 – Volumes Contados x Volumes Alocados, após calibração do modelo, para a hora pico (MUSSO, ALBERNAZ, TONUS E BOUCHER, 2017)	53
Figura 28 – Fluxograma de etapas do processo iterativo.....	55
Figura 29 – Tabela 1 da Planilha de Cálculo: Atributos	56
Figura 30 – Tabela 2 da Planilha de Cálculo: Matriz OD de veículos original do VISUM	56
Figura 31 – Tabela 3 da Planilha de Cálculo: Matriz OD de tempo original do VISUM.....	57
Figura 32 – Tabela 4 da Planilha de Cálculo: Matriz OD de distância original do VISUM.....	57
Figura 33 – Tabela 5 da Planilha de Cálculo: Matriz OD de pessoas.....	58
Figura 34 - Tabela 6 da Planilha de Cálculo: Utilidade do uso individual	58

Figura 35 – Tabela 7 da Planilha de Cálculo: Utilidade do uso compartilhado (<i>carpool</i>).....	59
Figura 36 – Tabela 8 da Planilha de Cálculo: Probabilidade do uso compartilhado (<i>carpool</i>)	59
Figura 37 – Tabela 9 da Planilha de Cálculo: Matriz OD de pessoas que utilizam <i>carpool</i>	60
Figura 38 – Tabela 10 da Planilha de Cálculo: Matriz OD de pessoas que continuam utilizando o carro (transporte individual).....	60
Figura 39 – Tabela 11 da Planilha de Cálculo: “Matriz OD Veículos_2” (calculada)	61
Figura 40 – Sequência de procedimentos realizada no software VISUM (procedimentos realizados de forma iterativa marcados com X)	62
Figura 41 - Tabela 12 da Planilha de Cálculo: Matriz OD de tempo de viagem	62
Figura 42 – Tabela 13 da Planilha de Cálculo: Diferença entre os tempos de viagem das matrizes originais (tabela 3) e nova (tabela 12).....	63
Figura 43 – Tabela 14 da Planilha de Cálculo: Histograma das diferenças de tempo entre a matriz original e a matriz que considera o uso de caronas (Primeira iteração)	64
Figura 44 – Tabela 14 da Planilha de Cálculo: Histograma das diferenças de tempo entre a matriz da iteração atual e a matriz da iteração anterior (Quarta e última iteração)	64
Figura 45 – Gráfico: Redução total do tempo de viagem pelo tempo de espera para embarque de passageiro para ocupação de 2 indivíduos por veículo.....	65
Figura 46 - Gráfico: Redução total do tempo de viagem X Tempo de espera para embarque de passageiro para ocupação de 2,5 indivíduos por veículo	66
Figura 47 - Gráfico: Redução total do tempo de viagem X Tempo de espera para embarque de passageiro para ocupação de 3 indivíduos por veículo	66
Figura 48 - Gráfico: Redução total do tempo de viagem X Tempo de espera para embarque de passageiro para flexibilidade alta	67
Figura 49 - Gráfico: Redução total do tempo de viagem X Tempo de espera para embarque de passageiro para flexibilidade média	67
Figura 50 - Gráfico: Redução total do tempo de viagem X Tempo de espera para embarque de passageiro para flexibilidade baixa.....	68
Figura 51 - Gráfico: Redução total do número de veículos X Tempo de espera para embarque de passageiro para ocupação de 2 indivíduos por veículo	69
Figura 52 - Gráfico: Redução total do número de veículos X Tempo de espera para embarque de passageiro para ocupação de 2,5 indivíduos por veículo	69
Figura 53 - Gráfico: Redução total do número de veículos X Tempo de espera para embarque de passageiro para ocupação de 3 indivíduos por veículo	70
Figura 54 - Gráfico: Redução total do número de veículos X Tempo de espera para embarque de passageiro para flexibilidade alta	70
Figura 55 - Gráfico: Redução total do número de veículos X Tempo de espera para embarque de passageiro para flexibilidade média	71
Figura 56 - Gráfico: Redução total do número de veículos X Tempo de espera para embarque de passageiro para flexibilidade baixa.....	71

Figura 57 - Gráfico: Redução percentual do número de veículos X Tempo de espera para embarque de passageiro para ocupação de 2 indivíduos por veículo	72
Figura 58 - Gráfico: Redução percentual do número de veículos X Tempo de espera para embarque de passageiro para ocupação de 2,5 indivíduos por veículo	72
Figura 59 - Gráfico: Redução percentual do número de veículos X Tempo de espera para embarque de passageiro para ocupação de 3 indivíduos por veículo	73
Figura 60 - Gráfico: Redução percentual do número de veículos X Tempo de espera para embarque de passageiro para flexibilidade alta	73
Figura 61 - Gráfico: Redução percentual do número de veículos X Tempo de espera para embarque de passageiro para flexibilidade média	74
Figura 62 - Gráfico: Redução percentual do número de veículos X Tempo de espera para embarque de passageiro para flexibilidade baixa	74
Figura 63 – Histograma para determinação da redução média do tempo de viagem individual	75
Figura 64 - Gráfico: Redução média do tempo de viagem individual X Tempo de espera para embarque de passageiro para ocupação de 2 indivíduos por veículo	76
Figura 65 - Gráfico: Redução média do tempo de viagem individual X Tempo de espera para embarque de passageiro para ocupação de 2,5 indivíduos por veículo	76
Figura 66 - Gráfico: Redução média do tempo de viagem individual X Tempo de espera para embarque de passageiro para ocupação de 3 indivíduos por veículo	77
Figura 67 - Gráfico: Redução média do tempo de viagem individual X Tempo de espera para embarque de passageiro para flexibilidade alta	77
Figura 68 - Gráfico: Redução total do número de veículos X Tempo de espera para embarque de passageiro para flexibilidade média	78
Figura 69 - Gráfico: Redução total do número de veículos X Tempo de espera para embarque de passageiro para flexibilidade baixa.....	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos modelos de alocação de tráfego	12
Tabela 2 - Variáveis relevantes da Pesquisa OD 2007 (Metro, 2007).....	20
Tabela 3 - Viagens Diárias por modo principal (Metro, 2007).....	21
Tabela 4 - Motivo das viagens diárias por modo principal (Metro, 2007)	22
Tabela 5 - Parcela da Matriz OD de veículos motorizado (Metro, 2007).....	23
Tabela 6 - Relação de Rotas do MSVP 2017	24
Tabela 7 - Relação das vias com dados de contagem de volume	27
Tabela 8 - Relação das vias com dados de velocidade	28
Tabela 9 - Contagem volumetria classificada: Rota 01G, ponto 1	29
Tabela 10 - População dos distritos de São Paulo em 2014	35
Tabela 11 - Número de cenários baseado na quantidade de atributos e de níveis de preferencia.....	38
Tabela 12 - Tabela ANP dos preços de gasolina em 2007	41
Tabela 13 - Tabela Inmetro de Consumo de Veículos (2009)	42
Tabela 14 - Atributos, e seus respectivos coeficientes, da Função Utilidade da Pesquisa em Eindhoven, Holanda	44
Tabela 15 - Atributos, e seus respectivos coeficientes, da Função Utilidade da análise feita para o bairro dos Jardins, em São Paulo	44
Tabela 16 - Exemplo de Matriz OD	48

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Objetivos	3
1.2	Justificativa	4
2.	REVISÃO DA LITERATURA	5
2.1.	<i>Ridesharing</i>	5
2.1.3.	Fatores de decisão.....	6
2.2	Modelos de escolha discreta	8
2.3	Modelo de Alocação de Tráfego.....	9
2.3.1	A rede viária	10
2.3.2	A demanda viária.....	11
2.3.3	Funções de custo.....	11
2.3.4	A escolha da rota	11
2.3.5	Classificação dos modelos de alocação de tráfego	12
3.	MÉTODO	15
3.1.	Hipóteses Simplificadoras	15
3.2.	Região de Estudo	16
3.3.	Pesquisa de Origem e Destino da Região Metropolitana de São Paulo.....	18
3.4.	Relatório da Mobilidade no Sistema Viário Principal – MSVP	23
3.5.	Modelo Logit Multinomial	29
3.5.1.	Atributos da função utilidade	31
3.6.	Software VISUM	46
3.7.	Elaboração de um modelo macroscópico de tráfego	49
3.7.1.	Elaboração da rede e alocação das viagens	49
3.7.2.	Ajuste, Calibração e Validação do modelo	51
3.7.3.	Principais Conclusões.....	54
3.8.	Etapas do processo iterativo	55
4.	RESULTADOS	65
4.1.	Tempo de Viagem.....	65
4.2.	Número de Veículos	68
4.2.1.	Percentual de Veículos	71
4.3.	Tempo de Viagem por Indivíduo.....	74
5.	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES	79

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
-------------------------------------	----

RESUMO

Este documento apresenta os principais tópicos referentes ao estudo dos potenciais efeitos da adoção de caronas (*ridesharing*) sobre o tráfego na região do bairro Jardins, situado na Cidade de São Paulo. O referido estudo tem como objetivo a investigação de uma nova dinâmica de tráfego teórica decorrente da transferência de modos de transporte individuais para *ridesharing*, e propõe uma comparação crítica deste cenário com o atual, analisando os potenciais benefícios. O método considera o uso do *software* VISUM (PTV), que permite a realização de simulações de tráfego a partir de um modelo de infraestrutura viária e de uma matriz OD (Origem e Destino). Além disso, para a previsão da nova demanda considerando a adoção de caronas foi utilizado um modelo de escolha discreta Logit Binomial. Conforme esperado, pode-se notar a diminuição no tempo médio de viagem dos veículos nos trechos, consequentemente, no tempo total das viagens, resultantes da redução no número de veículos.

Palavras-Chave: Engenharia Civil, Engenharia de Tráfego, *ridesharing*, carona.

1. INTRODUÇÃO

O debate sobre a mobilidade urbana tem ganhado espaço nos últimos anos. A busca por transportes alternativos, e mais sustentáveis a longo prazo, se tornou uma pauta significativa e de extrema importância nas gestões municipais e estaduais do Brasil, além de ser um importante objeto de estudo para a redução do tráfego intenso, que atinge a grande maioria das metrópoles globais, e para a redução da emissão de gases poluentes.

São Paulo não está isento dos problemas enfrentados pelas grandes cidades, dado que o congestionamento e a poluição do ar fazem parte do cotidiano de seus cidadãos. Uma matéria publicada pelo G1 aponta que, em 2016, a cidade de São Paulo apresentava uma taxa de 7,4 veículos para cada 10 habitantes. Segundo matéria publicada no Estadão, a média de engarrafamento no pico da tarde aumentou de 19,8 quilômetros, em 2010, para 37,5 quilômetros em 2015.

De acordo com a CETESB, foram emitidas por veículos em 2013 no Estado de São Paulo 423 mil toneladas de CO (monóxido de carbono), 72 mil toneladas de NMHC (hidrocarbonetos não metanos), 192 mil toneladas de NOx (óxidos de nitrogênio), 5,4 mil toneladas de MP (material particulado), 15 mil toneladas de SO₂ (dióxido de enxofre) e 1,6 mil toneladas de aldeídos, todos poluentes tóxicos. Nesse mesmo período, o congestionamento das pistas expressas das marginais Pinheiros e Tietê, as principais vias de acesso da cidade, atingiram picos de 3.079 metros e 2.275 metros, respectivamente (CET, 2019).

Assim, faz-se clara a necessidade do estudo e da implementação de medidas que busquem a redução desses índices, de modo a melhorar a qualidade de vida dos paulistanos e também amenizar os prejuízos ambientais causados pela urbanização. Nesse sentido, a adoção de caronas (ou *ridesharing*) pode ser um instrumento para amenizar os efeitos de congestionamentos e poluição.

O *ridesharing* pode ser definido como uma viagem conjunta de pelo menos dois indivíduos que compartilham um mesmo veículo. O *ridesharing* exige coordenação dos itinerários dos participantes, que incluem a especificação de um horário e local de partida, e de desembarque de um passageiro (Furuhasha et al. 2013).

As inovações tecnológicas e o desenvolvimento de aplicativos de celulares têm influenciado a forma como os indivíduos se deslocam nas cidades. A comodidade oferecida por tais

aplicativos, além da violência no trânsito, têm alterado inclusive o número de pessoas interessadas em obter a carteira nacional de habilitação (CNH). Nos últimos cinco anos, a emissão deste documento teve uma redução de 26% no Estado de São Paulo, de acordo com a Folha de São Paulo.

Além da crescente demanda por opções de transporte alternativas, vale notar que há associação com o mercado de dispositivos móveis. Segundo a Folha de São Paulo, o Brasil é o país com mais smartphones conectados à internet em toda a América Latina. Em 2017, o número de conexões sem fio no país chegou a 234,6 milhões. Uma pesquisa realizada pela Dalia Research de 2017 mostra que usuários de smartphones que vivem em áreas urbanas são mais propensos a utilizar aplicativos com características de *ridesharing*, dentre eles o Uber Pool e o Waze Carpool.

A Uber é uma empresa de tecnologia que conecta motoristas parceiros e usuários através de um aplicativo. A empresa começou a operar no Brasil em 2014, e hoje possui mais de 22 milhões de usuários no país, sendo São Paulo a cidade com maior número de corridas no mundo. Um serviço oferecido pela empresa é o Uber Juntos, uma modalidade especial que permite a divisão da viagem com outros usuários que farão um trajeto similar, colocando um número maior de pessoas em um único carro.

Outros serviços oferecidos pela Uber são Uber-X, Uber Select e Uber Black, sendo a diferença entre eles o conforto e o espaço oferecidos, que varia com os modelos de carros disponibilizados em cada categoria. Na Figura 1 é possível ver a interface do aplicativo.

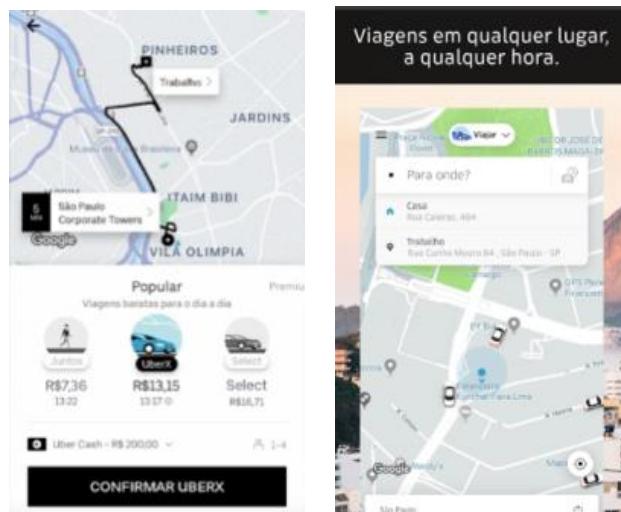


Figura 1 - Interface Uber

O Waze CarPool é um aplicativo de caronas. Nele, os usuários, tanto motoristas como passageiros, inserem origem, destino e o horário em que realizarão a viagem. A partir daí o aplicativo realiza uma seleção, permitindo que indivíduos solicitem e ofereçam caronas aos outros usuários. A principal diferença entre o Uber Juntos e o Waze Carpool é que no primeiro os motoristas estão oferecendo um serviço de transporte para os passageiros através do aplicativo e, no segundo, o motorista precisa realizar a viagem ao destino para executar uma outra atividade. Enquanto o Uber Juntos tem característica comercial, o Waze Carpool tem o objetivo de agrupar pessoas em uma mesma viagem, com o pagamento ao motorista uma forma de incentivo para oferta da carona, e para o passageiro uma tarifa menor que o Uber Juntos e maior conforto que o transporte público.



Figura 2 - Interface Waze CarPool

1.1 Objetivos

Este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo principal analisar os impactos do aumento da ocupação média do transporte individual por automóvel pela adoção de caronas (*ridesharing*) no bairro Jardins da cidade de São Paulo.

Para atingir o objetivo geral são apresentados os seguintes objetivos específicos:

- Compreender e executar um modelo de simulação macroscópico de tráfego na região estudada;
- Estimar os efeitos de redução de tempo de viagem e número de veículos em circulação devido à prática de *ridesharing* mediante diferentes níveis de ocupação e características das viagens.

1.2 Justificativa

É sabido que a situação do trânsito em São Paulo é crítica. Além disso, a tendência de uso do carro próprio e utilização de caronas vem sendo estimulada pelas inovações tecnológicas e os desenvolvimento de aplicativas de celulares como Uber Juntos e Waze Carpool.

Para o desenvolvimento deste estudo foram utilizadas características da oferta e demanda pelo uso do sistema viário da Cidade de São Paulo, bem como um cálculo de probabilidade de transferência para compartilhamento de viagem. Como resultado, o estudo pretende demonstrar se a adoção de caronas sob diferentes condições traria de fato um impacto significativamente positivo para a cidade.

Do ponto de vista da Engenharia Civil, e mais especificamente da Engenharia de Transportes, este trabalho contribui para análise de alternativas de melhoria da mobilidade urbana na cidade de São Paulo. Ainda que tenha um caráter direcional, pode contribuir para que políticas públicas possam ser adotadas na direção de contribuir para que os cidadãos consigam se locomover mais rapidamente, com melhor qualidade e com menor impacto na qualidade do ar da cidade de São Paulo.

A mobilidade urbana é um fator de grande importância no que diz respeito à qualidade de vida dos indivíduos. Com o estudo em questão espera-se que se compreenda a viabilidade e as consequências, de curto prazo, do uso compartilhado de veículos privados na cidade de São Paulo, a fim de que se possa ter conclusões acerca da escolha de se incentivar ou não, e em qual intensidade, essa prática. Deste modo, o estudo visa melhorar a sinergia da cidade em relação a mobilidade, sendo assim, uma contribuição social.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. *Ridesharing*

O *ridesharing*, também chamado de *carpool*, é uma viagem com pelo menos dois participantes que realizarão uma atividade específica em um destino e que compartilham um veículo. O compartilhamento de viagens exige coordenação com relação aos itinerários, que incluem a especificação de uma partida e de desembarque de um passageiro. Essa coordenação pode, além disso, levar em consideração outras questões, como custo de viagem, compensação pela oferta alternativa de passeio, gênero e reputação de motoristas e passageiros. (Furuhasha et al. 2013)

Segundo Agatz et al. (2012), o compartilhamento de viagens possui três objetivos específicos:

- Minimizar a distância total percorrida: a distância em todo o sistema representa o total de distâncias percorridas por todos os indivíduos que viajam para seus destinos, seja em uma viagem compartilhada ou dirigindo sozinhos. Este objetivo é importante do ponto de vista social, pois ajuda a reduzir a poluição (emissões) e o congestionamento;
- Minimizar o tempo total: o tempo de viagem total é o tempo gasto no veículo durante a viagem entre a origem e o destino. Do ponto de vista social, essa é uma medida importante, já que as emissões dos veículos não se relacionam apenas às distâncias percorridas, mas também às velocidades dos veículos. Obviamente, o tempo também é uma consideração importante por conveniência para os indivíduos;
- Maximizar a ocupação dos veículos: este objetivo maximiza o número de motoristas e passageiros satisfeitos no sistema quanto ao seu desempenho.

Segundo Furuhasha et al. (2013) o compartilhamento de viagens pode ser classificado em critérios de busca e público alvo.

Quanto aos critérios de busca têm-se as seguintes possibilidades:

- Roteiro e horário: sugere-se um roteamento e agendamento de compartilhamento de viagens que atendam à solicitação dos locais e horários de embarque e desembarque, e aos requisitos da hora de partida e chegada do motorista, considerando o percurso. As informações necessárias são origem, destino e janela de tempo dos indivíduos.

- Par e tempo de viagem entre Origem e Destino (OD): uma solicitação e uma oferta são correspondidas por seus pares e tempo de OD. São apresentados possíveis parceiros de *ridesharing* de acordo com as semelhanças de solicitações e ofertas. O nível de semelhanças geográficas pode ser cidades, regiões, distritos e áreas dentro de um raio especificado pelo indivíduo a partir de endereços específicos. Um roteiro e programação detalhados são determinados pelos participantes.
- Palavra-chave e lista: uma solicitação e uma oferta são pesquisadas por palavras-chave (como nomes de cidades) de listas predefinidas (incluindo quadros de avisos).
- Par OD e primeiro a chegar: motoristas e passageiros são comparados em pontos de reunião predeterminados com base no primeiro a chegar. Portanto, não há acordo prévio suportado pelos sistemas de correspondência de viagens.

Quanto ao público alvo, existem seguintes possibilidades:

- Sob demanda: viagem casual, única e irregular por distâncias relativamente curtas, exigindo quase uma resposta em tempo real.
- Regular: *ridesharing* para indivíduos com horário de trabalho regular e relacionamentos de longo prazo. Os participantes costumam se revezar no uso de seus veículos.
- Longa distância: viagens de longa distância com agendamento e requisitos menos restritivos de horário e local de encontro.

2.1.3. Fatores de decisão

Buliung et al. (2010) classificam os fatores que influenciam as decisões individuais para compartilhar carona como sociodemográficos, espaciais, temporais, disponibilidade de automóveis e atitudinais.

Segundo Neoh et. Al. (2015), pode-se agrupar estes fatores em internos ou externos ao viajante. Fatores internos ocorrem no nível individual de cada passageiro, incluindo fatores demográficos (ou seja, características individuais) e de julgamento (ou seja, o motivo do viajante para compartilhar carona). Fatores externos ocorrem no nível do ambiente do viajante

de bilhete mensal, incluindo intervenções de terceiros (ou seja, medidas políticas para facilitar a carona) e fatores situacionais (ou seja, fatores baseados na localização).

Existem diversos fatores que podem indicar a propensão ou não do indivíduo ao *ridesharing*. Por exemplo, mulheres podem não se sentir seguras compartilhando uma viagem sozinha com um homem desconhecido (Levin et al., 1977), enquanto que fumar pode ser outra questão crítica (Ghoseiri et al., 2011), ou então, o indivíduo pode não estar disposto a compartilhar uma viagem com desconhecido e preferir compartilhar apenas com amigos e colegas (Agatz et al. 2012). Garling et al. (2000) sugere que as pessoas mais jovens têm maior probabilidade de adotar carona.

No quesito distância de viagem, há discordância. Enquanto alguns autores sugerem que as distâncias mais longas incentivam o *ridesharing* (Jacobson e King 2009; Steg e Vlek 1996), outros sugerem que desencorajam (Cervero e Griesenbeck 1988; Kocur e Hendrickson 1983). Teal (1987) e Ferguson (1997) concluíram que as viagens de carona tendem a ter distâncias mais longas que as viagens comuns. Shoup (1997) observou que distâncias mais longas às vezes resultam em desvios, em que os motoristas têm que fazer alterações de trajeto para embarcarem ou desembarcarem os passageiros. Da mesma forma, Tsao e Lin (1999) constataram que o inconveniente de esperar por outros membros de caronas pode impedir a carona. Giuliano et al. (1990) consideraram a economia de tempo de viagem um determinante importante. No entanto, Rietveld et al. (1999) indicam que o *ridesharing* poderia levar até 17% mais tempo de viagem por causa de desvios, caso sejam necessários.

A literatura geralmente considera os fatores psicológicos como mais importantes que os sociodemográficos na tomada de decisão (Gardner e Abraham 2007). Dueker et al. (1977) enfatizaram que a privacidade e o conforto dos passageiros são determinantes das escolhas de transporte. As pessoas costumam se afastar do *ridesharing* porque valorizam sua privacidade e espaço pessoal ao dirigir (Correia e Viegas 2011).

Entretanto, segundo Bonsall et al. (1984) o compartilhamento de viagem pode estar ligado ao desejo de socializar, embora não com estranhos (Gardner e Abraham 2007). As diferenças sociais e as diferenças de valores entre os possíveis companheiros de viagem são barreiras (Morency 2006); portanto, os caronistas podem considerar raças e etnias ao compartilhar uma viagem (Charles e Kline 2006).

O incentivo para economizar custos de viagem foi apontado como um motivador proeminente do *ridesharing* (Canning et al. 2010; DeLoach e Tiemann 2011; Horowitz e Sheth 1978). Além disso, também foi observado como um motivador o desejo de diminuir o congestionamento (Collura 1994; Tischer e Dobson 1979) e também as intenções de reduzir a pegada de carbono (Canning et al. 2010).

2.2 Modelos de escolha discreta

Segundo Bittencourt, os modelos de escolha discreta são modelos que buscam analisar as decisões tomadas por indivíduos, reproduzindo as condições em que essas escolhas são exercidas. A premissa mais recorrente para essa classe de modelos é que cada alternativa tem uma utilidade para o indivíduo tomador da decisão, e que os resultados e consequências dessas escolhas não são conhecidos previamente. Cada utilidade pode ser descrita como uma função matemática, que considera os atributos de escolha, sendo a cada um desses atribuída uma ponderação correspondente. Deste modo é possível obter a probabilidade de escolha de cada alternativa disponível para o indivíduo.

Os modelos matemáticos de escolha discreta buscam incorporar os conceitos da tomada de decisão e podem ser estabelecidos como modelos de regressão logística pela caracterização das alternativas segundo funções utilidade.

A função utilidade é determinante para a decisão do indivíduo, uma vez que a alternativa escolhida será aquela com o maior valor de utilidade. Em uma função utilidade podem ser incluídos vários fatores, como por exemplo, no caso da escolha de uma rota, o tempo de viagem, o custo da gasolina, e a existência de congestionamento. A utilidade é modelada a partir da somatória dos produtos do valor de cada parâmetro incluído na análise e do coeficiente relativo a ele.

$$V_{in} = \sum_k \beta_k * x_{ink} \quad (1)$$

em que V_{in} = utilidade da alternativa i para o indivíduo n;

β_k = coeficiente relativo ao atributo k;

x_{ink} = valor do atributo k para a alternativa i para o indivíduo n.

Os parâmetros utilizados no modelo (Ortúzar e Willumsen, 2011), isto é, os coeficientes relativos para cada atributo são determinados, em geral, por métodos de maximização de uma função de verossimilhança definida a partir de observações de comportamento (escolha) de uma amostra de indivíduos dados os atributos das alternativas apresentadas. A probabilidade de escolha da alternativa está relacionada com o valor da utilidade: quanto mais alto este valor, maior a probabilidade de escolha dessa alternativa.

O objetivo da regressão logística é propor relações entre variáveis independentes e variáveis dependentes binárias (isto é, a quem são atribuídos os valores 0 ou 1), tornando possível estimar a probabilidade da ocorrência, ou a não-ocorrência, de um evento.

A probabilidade de escolha de uma alternativa i pelo indivíduo n é calculada pelo modelo da Equação (3), denominado modelo Logit.

$$P_{in} = \frac{\exp^{V_{in}}}{\sum_a^A \exp^{V_{an}}} \quad (2)$$

em que P_{in} = probabilidade de escolha da alternativa i pelo indivíduo n ;

V_{in} = utilidade da alternativa i quanto ao indivíduo n ;

A = conjunto de alternativas disponíveis para o indivíduo n .

2.3 Modelo de Alocação de Tráfego

Os modelos de alocação de tráfego são utilizados para o estudo e planejamento do tráfego e de suas dinâmicas e estão inseridos no “Modelo 4 Etapas” de planejamento de transportes, cujas etapas são:

- (i) **Geração de viagens:** consiste essencialmente em estimar o número de viagens geradas (produzidas e atraídas) por regiões (zonas de tráfego) de uma área de estudo. Segundo Ortúzar e Willumsen (1990), existe uma série de fatores que podem influenciar a produção de viagens, como propriedade de um automóvel, renda, número de indivíduos no núcleo familiar, densidade residencial, entre outros. Como fatores de atração de viagens em uma determinada zona, eles também citam a existência de escolas, o número de empregos e a existência de comércio.

- (ii) **Distribuição de viagens:** de posse da informação obtida na etapa anterior é possível estimar a origem e o destino dos movimentos entre zonas, obtendo-se uma matriz Origem-Destino (OD).
- (iii) **Divisão modal:** o objetivo é definir como as viagens determinadas nas primeiras duas etapas podem ser divididas entre os diferentes modos de transporte. Esta etapa pode ser realizada através de modelos determinísticos, isto é, através de modelos matemáticos que incluem regressões linear ou curvas de desvios, ou através de métodos probabilísticos, como os de regressão logística que resultam no modelo Logit representado anteriormente.
- (iv) **Alocação de tráfego:** nesta etapa são analisados os padrões de viagens na rede viária, de forma a realizar uma alocação de veículos nas vias.

O “Modelo 4 Etapas” é fundamental para o planejamento de transportes, uma vez que oferece uma estimativa das dinâmicas do tráfego atual e permite simular fluxos futuros, avaliando os efeitos e consequências, como condição de tráfego, existência ou não de congestionamentos, necessidade de infraestruturas alternativas, necessidades de semáforos adicionais, entre muitas outras possibilidades. Para a realização deste processo, são fundamentalmente necessários quatro elementos: a representação da rede viária (oferta), a demanda de viagens, as funções de custo de deslocamento e por fim a regras de escolha de rotas.

2.3.1 A rede viária

O primeiro elemento necessário para os modelos de alocação de tráfego é uma representação da malha viária existente nas zonas a serem estudadas. Uma rede viária, de forma simplificada, pode ser representada por nós e conectores. Um nó é um ponto onde ocorre o encontro de duas ou mais vias, enquanto um conector é um trecho viário que conecta dois nós.

A representação da rede viária também pode incluir o detalhamento da capacidade da via, número de faixas existentes, largura dessas faixas, existência ou não de semáforos, velocidade máxima permitida, entre outros.

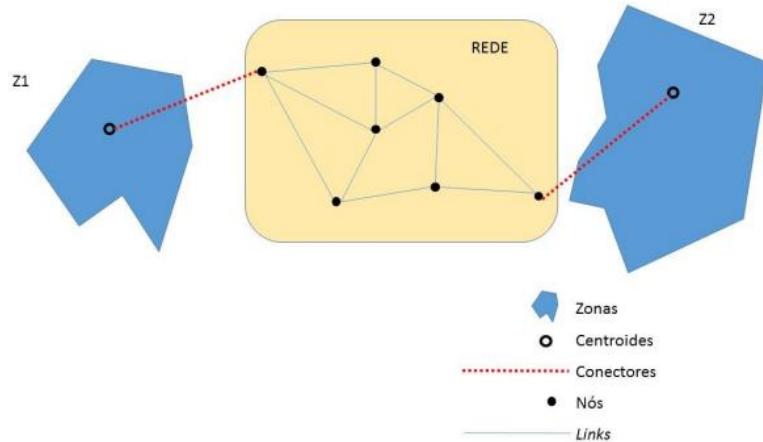


Figura 3 - Exemplo de relacionamento entre os elementos dos modelos de tráfego (HAN, S; 2000)

2.3.2 A demanda viária

É possível obter a demanda viária após a realização das primeiras etapas do “Modelo 4 Etapas”. Uma vez que se conhece o número de viagens originadas e atraídas, bem como as viagens entre os pares OD, as viagens são divididas entre os diferentes modos de transportes disponíveis na região analisada. É relevante mencionar a necessidade de conhecer, ou estimar, a ocupação média de cada modal de transporte, uma vez que as viagens analisadas previamente se referem ao número de pessoas.

2.3.3 Funções de custo

Existe uma relação entre o custo e as escolhas individuais e, por isso, para a realização de uma análise adequada da alocação de tráfego é relevante conhecer os fatores que afetam as escolhas das rotas pelos indivíduos como preço da gasolina, existência de pedágios, tempo de viagem e potenciais outros que compõe o custo de uma viagem.

A soma deste custo nos arcos que compõem a rota de uma viagem é o critério chave para a determinação de rota utilizada pelos indivíduos.

2.3.4 A escolha da rota

O critério de escolha da rota é um elemento necessário para modelagem de alocação de tráfego. É fundamental para um analista compreender o motivo de um indivíduo que sai da origem A e chega no destino B escolher uma rota dentre todas as existentes.

Para a determinação da rota é possível utilizar um modelo determinístico, em que se considera que o conhecimento de todos os indivíduos é perfeito, e portanto, todos irão escolher a rota de

menor custo para si. Em um modelo estocástico, é assumido que o conhecimento dos indivíduos é imperfeito e, portanto, a percepção do custo das rotas não é determinística e cada uma delas terá uma probabilidade de ser escolhida pelos indivíduos.

2.3.5 Classificação dos modelos de alocação de tráfego

A Tabela 1 sumariza as principais classificações dos modelos de alocação de tráfego.

Tabela 1 - Classificação dos modelos de alocação de tráfego

	Determinístico	Estocástico
Estático	Tudo ou Nada	Modelo Puramente estocástico
	Equilíbrio do Usuário	Logit Probit
Dinâmico	Equilíbrio do Usuário	
	Equilíbrio Dinâmico do Usuário	Equilíbrio Dinâmico do Usuário

Como já mencionado anteriormente, os modelos estocásticos diferem-se dos modelos determinísticos ao assumir que o conhecimento dos indivíduos sobre os custos de suas alternativas de rotas é imperfeito. Como resultado, nestes modelos, dois indivíduos que se encontram na mesma posição inicial podem realizar escolhas de rotas diferentes.

Os modelos dinâmicos se diferenciam dos modelos estáticos pois consideram o tempo como variável, ou seja, a demanda, o fluxo e o custo generalizado não são constantes no tempo. Dessa forma, é relevante sua utilização no planejamento de tráfego, possibilitando análises mais representativas e permitindo a análise completa de formação e dissipação de congestionamentos e a proposta de medidas que melhorem a dinâmica na malha viária existente. A grande desvantagem desses tipos de modelos é que exigem uma grande capacidade de armazenamento e processamento computacional. Com o avanço da tecnologia esses modelos têm ganhado relevância, uma vez que, naturalmente, tem bem mais aderência à realidade do que os modelos estáticos.

O modelo de alocação Tudo-ou-Nada é o modelo mais simples porém o que mais se distancia de alocações reais em redes congestionadas. Nesses modelos, deve-se encontrar, para cada par OD, a rota com o menor custo generalizado e atribuir a esta rota toda a demanda existente. A

maior vantagem deste método é que ele é bastante simples e rápido de executar, e funciona de forma satisfatória para redes viárias pouco solicitadas. Entretanto, com o aumento da demanda, e consequentemente, do fluxo na rota escolhida, naturalmente o custo generalizado se altera, e com isso a preferência do indivíduo pela escolha da rota.

2.3.5.1 Modelos de equilíbrio

Nesses tipos de modelo, diferente dos modelos Tudo-ou-Nada, várias rotas serão utilizadas e os custos de todas as rotas utilizadas serão iguais, obtendo a condição ótima de alocação para os indivíduos.

O primeiro trabalho sobre o Equilíbrio do Usuário foi desenvolvido por Wardrop (1952), onde foi assumido um conhecimento perfeito da informação sobre as rotas e comportamentos homogêneos do indivíduo. Seu estudo definiu dois princípios que até hoje norteiam os modelos de equilíbrio:

- Todos os indivíduos escolhem seus caminhos independentemente e buscam minimizar os seus próprios custos totais de viagem;
- Os indivíduos escolhem as suas rotas com o objetivo de minimizar o custo total na rede, resultando na melhor utilização possível da rede viária existente.

A consequência do primeiro princípio enunciado é de que o custo é igual para todas as rotas utilizadas nas viagens entre os pares OD, e nas rotas não utilizadas os custos são maiores ou iguais ao das rotas utilizadas. Essa consequência pode ser representada matematicamente pelas condições (5).

$$\begin{cases} f_p > 0 \Rightarrow C_p = C_{od}^* \\ f_p = 0 \Rightarrow C_p \geq C_{od}^* \end{cases} \quad \forall p \in R_{od} \quad \forall o, d \quad (3)$$

em que : f_p = fluxo na rota p ;

C_p = custo incorrido na rota p ;

C_{od}^* = custo mínimo de viagem entre o par OD;

R_{od} = conjunto de rotas entre o par OD.

Os métodos estocásticos refletem a variabilidade dos indivíduos sob a condição de equilíbrio do usuário, assumindo que seus comportamentos quanto às escolhas das rotas não são homogêneos. Nesses modelos, essa heterogeneidade é representada pela aleatoriedade na

escolha das rotas. O algoritmo de Dial (1971) é o mais utilizado para determinação das rotas potencialmente utilizadas pelos usuários segundo a preferência do usuário pelo custo mínimo.

3. MÉTODO

Para determinar o impacto da adoção de caronas no tráfego do Bairro dos Jardins foi utilizado um modelo macroscópico previamente existente e sua matriz OD. A partir da matriz, que considera uma ocupação média por veículo sem a prática de *ridesharing*, o modelo simula as escolhas de rotas e, consequentemente, a alocação do tráfego na rede viária.

Com o objetivo de calcular a probabilidade de adoção de *ridesharing* como meio de transporte, substituindo o transporte individual sem carona, foi utilizado um modelo Logit. Suas particularidades e o detalhamento de seus parâmetros são comentados nas próximas seções.

De posse das probabilidades de escolha pelo *ridesharing* e da matriz OD do modelo existente, foi possível estabelecer uma nova matriz OD contemplando o uso de caronas. A adesão a *ridesharing* por parte de alguns indivíduos implica no aumento da ocupação dos veículos, promovendo um novo cenário de tráfego. Nessas condições, o software PTV VISUM foi novamente utilizado para alocação de tráfego deste novo cenário.

Uma vez que a redução do número de veículos afeta o tempo de viagem na rede e, consequentemente, a probabilidade de escolha de viagens com e sem caronas, foram realizadas iterações consecutivas do processo acima apresentado de modo a atingir um equilíbrio em que as alterações na escolha de *ridesharing* não afetassem os tempos de viagem na rede. Este resultado foi comparado com a realidade de tempos de viagem decorrentes da alocação de tráfego de veículos dada a matriz OD original, a fim de verificar se haveria, de fato, impactos significativos pela adoção de caronas na cidade de São Paulo.

A matriz OD utilizada refere-se a viagens que ocorrem durante o período de pico da manhã (entre 7h30 e 8h30), em dia útil, cujo intuito é deslocamento ao local de trabalho. As regiões consideradas serão explicitadas na seção seguinte.

3.1. Hipóteses Simplificadoras

A título de simplificação, e para tornar possível a realização do estudo proposto, foram adotadas algumas hipóteses que serão descritas a seguir.

Primeiramente, considerou-se que a adoção de caronas se deu somente entre os mesmos pares OD, ou seja, não foi considerada a possibilidade de caronas com origem ou destino diferentes para passageiros e motoristas. Dessa forma, a probabilidade da adoção do ridesharing foi calculada para cada par OD isoladamente.

Além disso, considerou-se que somente indivíduos que atualmente se locomovem através de transportes individuais aderissem ao ridesharing. Deste modo, não foram considerados indivíduos que atualmente utilizam transporte público, como ônibus e trens, ou que utilizam meios alternativos, como bicicletas e patinetes motorizadas.

Outra hipótese adotada foi referente à escolha da região a ser estudada. Para compreender o impacto do ridesharing é necessária uma região de tamanho significativo em termos de trafegabilidade. Ao mesmo tempo, quanto maior a dimensão da região escolhida, mais complexo o estudo. Por este motivo, como será detalhado na seção 3.2, a região estudada foi somente o bairro dos Jardins, que possui uma área adequada para que se viabilize conclusões factíveis, uma vez que é uma região central e de tráfego elevado.

Na última hipótese, considerou-se apenas viagens realizadas entre zonas internas e de borda, e desconsiderou-se viagens das zonas externas à região escolhida, como será explicado na seção 3.7.1.

3.2. Região de Estudo

A região escolhida para ser simulada é a área de influência do corredor viário Av. Rebouças – Rua da Consolação e do corredor da Av. 9 de Julho, representados em vermelho e azul, respectivamente, na figura abaixo. Esses eixos apresentam um fluxo elevado de veículos ao longo do dia e representam uma importante conexão entre o centro e a zona oeste.

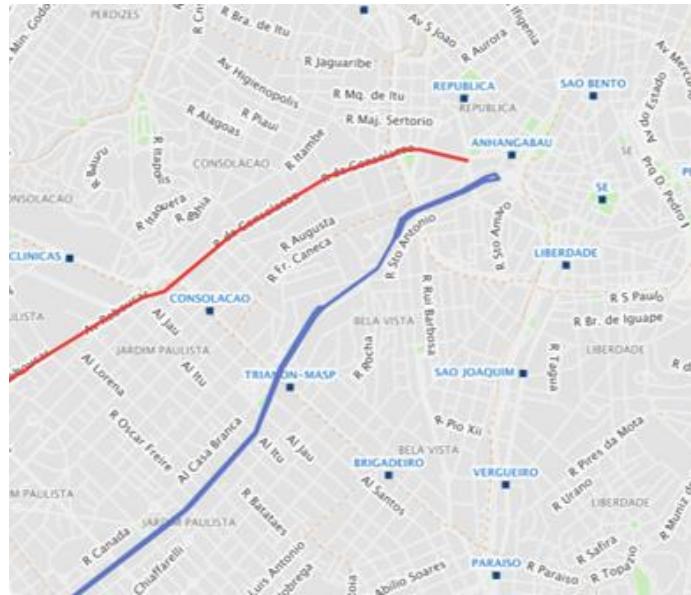


Figura 4 - Representação dos corredores Rebouças-Consolação e Nove de Julho

Para que o tráfego fosse representado corretamente, foi definida uma rede que abrangesse eixos similares aos corredores e que servissem de alternativa a eles. Portanto, foram consideradas as seguintes vias paralelas: Av. Brigadeiro Luís Antônio, Rua Augusta, Rua Teodoro Sampaio e Rua Cardeal Arcoverde. Em seguida, foram determinadas as principais interseções: Av. Brigadeiro Faria Lima, eixo Av. Henrique Schaumann - Av. Brasil, Av. Dr. Arnaldo e Av. Paulista. As vias expressas, como as Marginais Pinheiros e Av. 23 de Maio, não foram consideradas para garantir um modelo mais simplificado.

Determinadas as principais vias a serem simuladas, o perímetro da região de estudo foi definido em função dos pontos de contagem da Pesquisa de Monitoração da Fluidez da CET, como apresentado na figura a seguir:

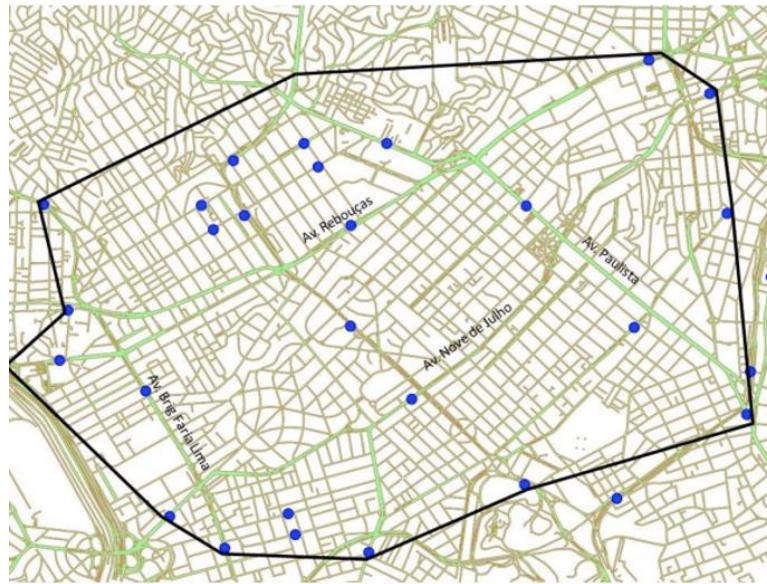


Figura 5 - Pontos de Contagem da Pesquisa de Monitoração e Fluidez do Tráfego da CET-SP

3.3. Pesquisa de Origem e Destino da Região Metropolitana de São Paulo

Esta pesquisa foi realizada pela Companhia do Metropolitano de São Paulo – METRÔ e contou com a colaboração de técnicos cedidos pela CPTM, SPTrans, CET e EMPLASA. Para sua elaboração, foram visitados 54.500 domicílios, dos quais aproximadamente 30.000 entrevistas foram consideradas válidas.

A coleta de dados é composta por duas etapas:

- (i) Pesquisa Domiciliar, que faz o levantamento das viagens internas à RMSP - isto é, realizadas dentro dos 39 municípios que compõem a Região Metropolitana de São Paulo.
- (ii) Pesquisa na Linha de Contorno, que faz o levantamento das viagens externas à RMSP - isto é, viagens que são originadas ou destinadas fora da RMSP, e as que só atravessam a região.

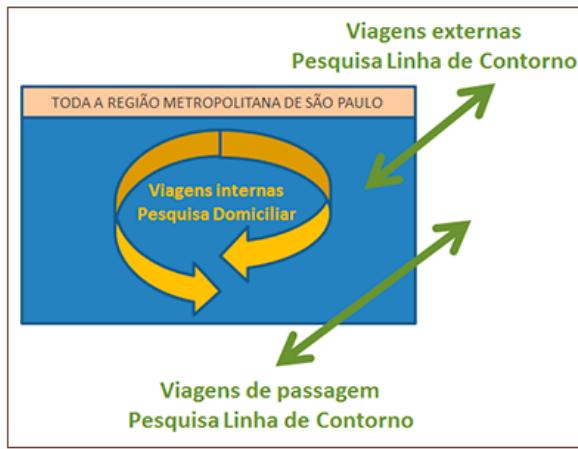


Figura 6 - Pesquisa Origem e Destino (Metro, 2007)

Para uma compreensão mais completa e consistente das viagens diárias na cidade e na região, o Metrô também analisa as respostas com base em outras informações, como renda, idade, gênero, escolaridade, locais de residência, trabalho e escola, criando um grupo de dados socioeconômicos da população estudada.

Para o desenvolvimento da pesquisa, e da matriz OD resultado da mesma, o município de São Paulo foi dividido em 320 zonas de pesquisa e a Região Metropolitana de São Paulo foi dividida em 460 zonas de pesquisa. Os critérios de zoneamento foram: (i) a comparabilidade com o zoneamento da Pesquisa Origem e Destino de 1997; (ii) a compatibilidade com os limites de municípios e de distritos no município de São Paulo; (iii) consideração dos limites de setores censitários de 2000 do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, (iv) o sistema de transporte, equipamentos urbanos, as barreiras físicas e as áreas vazias.

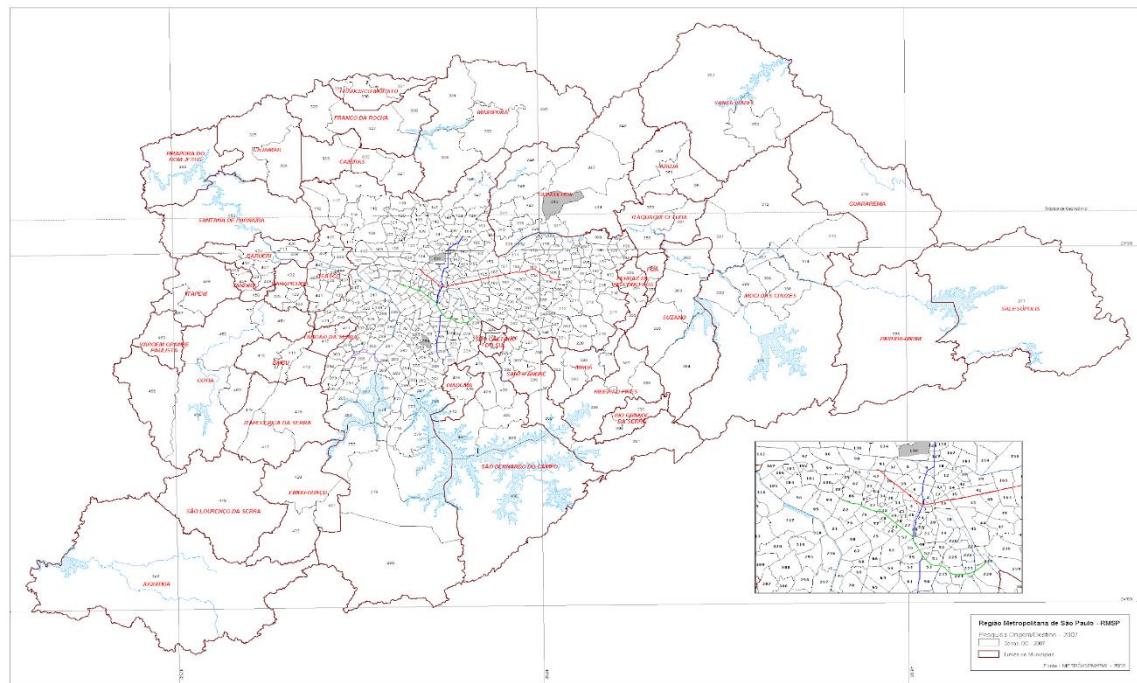


Figura 7 - Divisão de Zonas da Pesquisa OD 2007(Metro, 2007)

O número total de viagens realizadas diariamente na RMSP foi de 38,1 milhões em 2007, o que representou um crescimento de 21% em relação ao mesmo dado de 1997. Dessas, o número de viagens motorizadas atingiu a meta de 25,1 milhões por dia, representando 66% de todas as viagens realizadas. No mesmo período, o índice de mobilidade total avançou de 1,87 para 1,97, e o índice de mobilidade motorizada, que era 1,22 em 1997, chegou a 1,29. Um resumo dessas e outras variáveis relevantes para a pesquisa está apresentado na Tabela 5.

Tabela 2 - Variáveis relevantes da Pesquisa OD 2007 (Metro, 2007)

VARIÁVEIS	1967	1977	1987	1997	2007
POPULAÇÃO (milhares de habitantes)	7.097	10.276	14.248	16.792	19.535
TOTAL DE VIAGENS (milhares/dia)	-	21.304	29.400	31.432	38.094
VIAGENS MOTORIZADAS (milhares/dia)	7.187	15.263	18.642	20.458	25.167
FROTA DE AUTOS (milhares) ¹	493	1.392	2.014	3.092	3.601
ÍNDICE DE MOBILIDADE TOTAL ²	-	2,07	2,06	1,87	1,95
ÍNDICE DE MOBILIDADE MOTORIZADA ³	1,01	1,49	1,31	1,22	1,29
TAXA DE MOTORIZAÇÃO ⁴	70	135	141	184	184
EMPREGOS (milhares)	-	3.758	5.647	6.959	9.066
MATRÍCULAS ESCOLARES(milhares)	1.088	2.506	3.676	5.011	5.251

A pesquisa do Metrô também permite estudar a divisão modal das viagens. Pode-se perceber que houve um acréscimo de participação do modo coletivo de transporte no geral, que chegou a 55% das viagens motorizadas.

Tabela 3 - Viagens Diárias por modo principal (Metro, 2007)

MODO	VIAGENS		1967		1977		1987		1997		2007	
	(x 1.000)	%	(x 1.000)	%	(x 1.000)	%	(x 1.000)	%	(x 1.000)	%	(x 1.000)	%
Coletivo	4.894	68,1	9.580	62,8	10.455	56,1	10.473	51,2	13.913	55,3		
Individual	2.293	31,9	5.683	37,2	8.187	43,9	9.985	48,8	11.254	44,7		
Motorizado	7.187	100,0	15.263	100,0	18.642	100,0	20.458	100,0	25.167	100,0		
Bicicleta	-		71	1,2	108	1,0	162	1,5	304	2,4		
A pé	-		5.970	98,8	10.650	99,0	10.812	98,5	12.623	97,6		
Não-motorizado	0	0,0	6.041	100,0	10.758	100,0	10.974	100,0	12.927	100,0		
TOTAL	7.187		21.304		29.400		31.432		38.094			

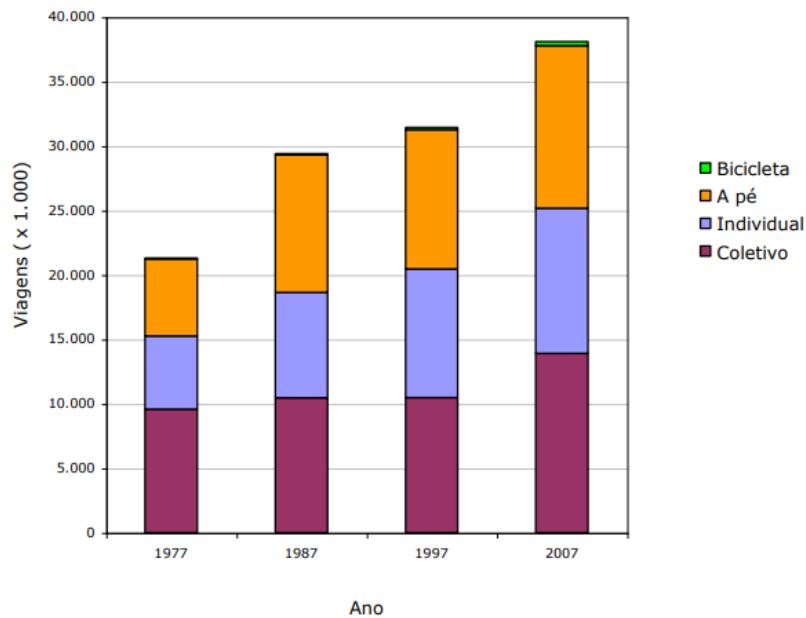


Figura 8 - Evolução das viagens diárias por modo principal (Metro, 2007)

O tempo de viagens de cada modo, bem como os motivos para a realização dessas viagens também são estudados. Seus resultados estão expressos a seguir.

Tabela 4 - Motivo das viagens diárias por modo principal (Metro, 2007)

2007							<i>(em milhares)</i>
MODO	VIAGENS POR MOTIVO						Total
	Trabalho	Educação	Compras	Saúde	Lazer	Outros	
Metrô	1.428	368	57	116	62	192	2.223
Trem	615	95	18	22	25	40	815
Ônibus	5.189	1.696	319	600	281	949	9.034
Fretado	432	53	2	2	14	11	514
Escolar	4	1.308	0	1	5	9	1.327
Auto	4.980	2.251	587	513	679	1.371	10.381
Táxi	32	7	8	21	8	15	91
Moto	547	97	7	10	21	39	721
Bicicleta	214	39	4	0	12	35	304
A Pé	3.377	7.252	453	204	450	887	12.623
Outros	52	1	1	5	1	1	61
TOTAL	16.870	13.167	1.456	1.494	1.558	3.549	38.094

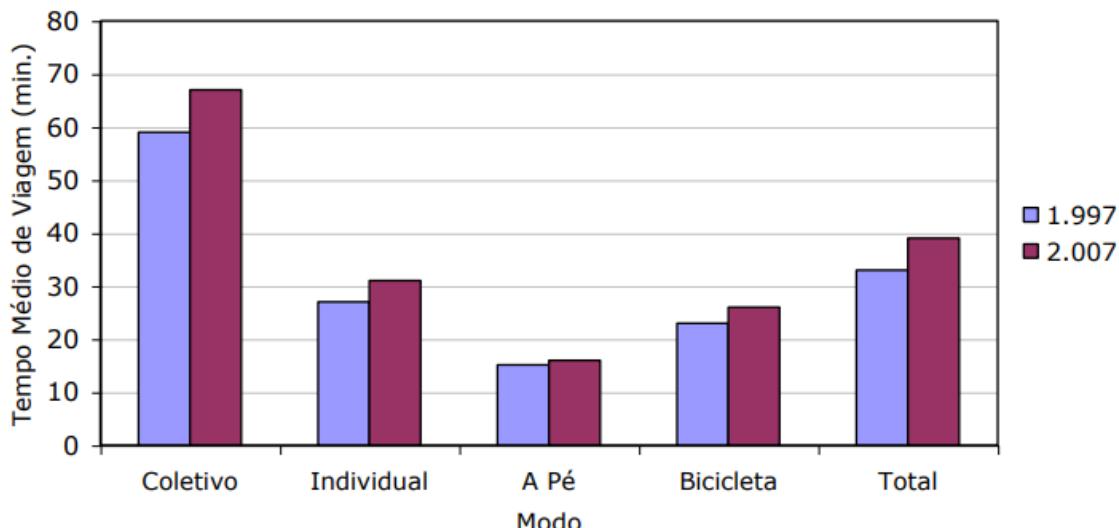


Figura 9 - Duração das viagens diárias (Metro, 2007)

A pesquisa de Origem e Destino de 2007, realizada pelo Metrô, produz uma série de resultados, alguns já apresentados acima, a título de curiosidade. Os outputs mais relevantes para o desenvolvimento do estudo proposto neste relatório são, entretanto:

- (i) Tabela 24: Matriz de Viagens Diárias por Transporte Coletivo em 460 Zonas OD – Viagens Diárias por Modo Coletivo e Zonas de Origem e Destino;
- (ii) Tabela 25: Matriz de Viagens Diárias por Transporte Individual em 460 Zonas OD – Viagens Diárias por Modo Individual e Zonas de Origem e Destino;
- (iii) Tabela 26: Matriz de Viagens Diárias por Modo Motorizado em 460 Zonas OD– Viagens Diárias Motorizadas por Zonas de Origem e Destino.

Tratam-se das matrizes de 460 linhas e 460 colunas que relacionam as zonas de origem com as zonas de destino, e que devem ser importadas para o VISUM, a fim de atuarem como a matriz semente a ser calibrada posteriormente.

Tabela 5 - Parcela da Matriz OD de veículos motorizado (Metro, 2007)

Tabela 26															
Viagens diárias motorizadas por zonas de origem e destino - 2007															
Região Metropolitana de São Paulo															
Pesquisa Origem e Destino 2007															
Companhia do Metropolitano de São Paulo															
ZONA DE ORIGEM		ZONA DE DESTINO													
1	335	119	374	251	358	585	110	24	211	6	24	185	0	76	88
2	301	68	32	72	382	454	340	0	23	24	12	447	49	328	0
3	177	32	33	100	82	43	43	24	0	14	16	0	45	20	270
4	295	350	125	1.515	183	61	120	29	42	8	9	0	7	375	0
5	433	0	341	289	1.492	3	997	72	108	6	0	684	0	115	36
6	582	40	43	71	562	95	95	49	0	74	23	0	53	155	74
7	280	220	0	120	407	113	827	333	310	43	32	483	181	1.157	181
8	296	30	24	29	72	99	288	111	164	16	9	215	53	332	0
9	113	0	237	277	251	0	353	136	197	78	12	113	0	0	18
10	56	39	6	8	6	62	43	8	57	160	533	105	18	24	432
11	12	20	27	9	0	21	81	9	12	525	0	133	35	81	0
12	96	329	26	0	164	0	503	241	66	97	121	733	618	176	83
13	0	186	0	22	0	60	250	0	20	42	44	167	15	307	0
14	106	59	20	360	62	118	260	358	0	0	92	190	316	97	104
15	919	71	90	71	36	29	100	0	18	8	0	120	0	139	0
. . .															

3.4. Relatório da Mobilidade no Sistema Viário Principal – MSVP

A CET realiza a pesquisa de monitoração da mobilidade anualmente na cidade de São Paulo. Seu último relatório foi disponibilizado em julho de 2018 pelo Departamento de Pesquisa de Tráfego (DPT) e diz respeito aos dados de 2017. Naquele ano foram analisadas 24 rotas diferentes que totalizaram 176 km lineares de vias por eixo, ou 343 km de vias se considerados os dois sentidos de tráfego.

Tabela 6 - Relação de Rotas do MSVP 2017

ROTA	Sentidos pesquisados	
01 - Av. Eusébio Matoso, Av. Rebouças, R. da Consolação	Bairro - Centro	Centro - Bairro
02 - R. Clélia, R. Guaicurus, Av. Francisco Matarazzo, Av. São João	Bairro - Centro	Centro - Bairro
03 - Av. Braz Leme, Av. Rudge, Av. Rio Branco	Bairro - Centro	Centro - Bairro
04 - Av. Zaki Narchi, Av. Santos Dumont, Av. Prestes Maia	Bairro - Centro	Centro - Bairro
05 - Av. Luís Dumont Villares, Av. Cruzeiro do Sul, Av. do Estado	Bairro - Centro	Centro - Bairro
06 - Av. Celso Garcia, Av. Rangel Pestana	Bairro - Centro	Centro - Bairro
09 - R. Vergueiro, R. Domingos de Moraes, Av. Jabaquara, Av. Armando de Arruda Pereira	Bairro - Centro	Centro - Bairro
12 - Av. Cidade Jardim, Av. 9 de Julho	Bairro - Centro	Centro - Bairro
13 - Av. Heitor Penteado, Av. Dr. Arnaldo, Av. Paulista	Paraíso - Perdizes	Perdizes - Paraíso
14 - Elevado Pres. João Goulart, Ligação Leste-Oeste	Leste - Oeste	Oeste - Leste
15 - Rótula Central (R. Maria Paula, Av. Senador Queiróz, Av. Ipiranga)	Pista Direita	Pista Esquerda
17 - Av. Prof. Francisco Morato	Bairro - Centro	Centro - Bairro
18 - Av. Sen. Teotônio Vilela, Av. Interlagos, Av. Washington Luís	Bairro - Centro	Centro - Bairro
22 - Av. Brig. Faria Lima, Av. Brig. Luís Antônio	Bairro - Centro	Centro - Bairro
23 - R. Teodoro Sampaio, R. Cardeal Arcos	Bairro - Centro	Centro - Bairro
25 - Av. Brig. Faria Lima, Av. Hélio Pellegrino	Ibirapuera - Pinheiros	Pinheiros - Ibirapuera
29 - Av. Radial Leste (Av. Dr. Luís Aires, Av. Antônio Estevão de Carvalho, Av. Conde de Frontin)	Bairro - Centro	Centro - Bairro
32 - R. Vergueiro, Av. Liberdade	Bairro - Centro	Centro - Bairro
33 - Av. Jacu-Pêssego	A. Senna - R. Chohfi	R. Chohfi - A. Senna
35 - Marg. Tietê (Av. Pres. Castelo Branco, Av. Condessa Elisabeth de Robiano, Av. Morvan Dias Figueiredo)	A. Senna - C. Branco	C. Branco - A. Senna
36 - Marg. do Rio Tietê (Av. Assis Chateaubriand, Av. Otaviano Alves de Lima, Av. Emb. Macedo Soares, Av. Pres. Castelo Branco)	A. Senna - C. Branco	C. Branco - A. Senna
37 - Marg. Pinheiros (Av. das Nações Unidas, Av. Magalhães de Castro, Av. Eng. Billings)	C. Branco - Interlagos	Interlagos - C. Branco
38 - Marginal Pinheiros (Av. das Nações Unidas, Av. Magalhães de Castro, Av. Alcides Sanglard)	C. Branco - Interlagos	Interlagos - C. Branco
39 - Av. Inajar de Souza	Bairro - Centro	Centro - Bairro

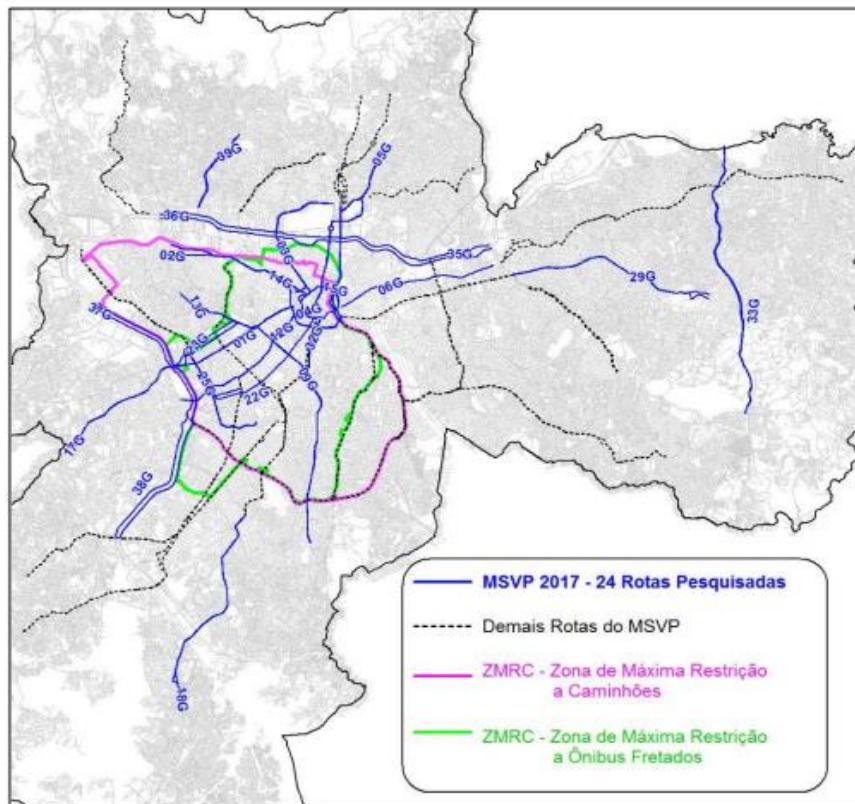


Figura 10 - Vias do MSVP 2017 e zonas de máxima restrição

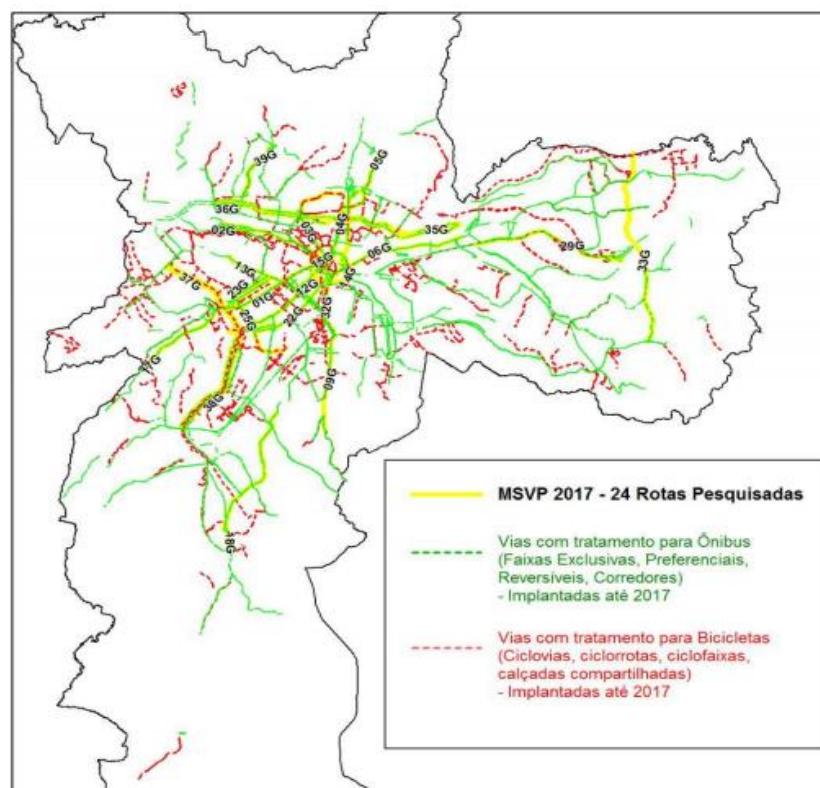


Figura 11 - Vias do MSVP 2017, faixas para ônibus e vias para bicicletas implantadas até 2017

O objetivo da contagem volumétrica é determinar a quantidade, a composição e o sentido do fluxo em uma seção do sistema viário por unidade de tempo. São alocados pesquisadores de posse de contadores manuais, que são posicionados na seção de contagem em um local com boa visibilidade de fluxos. O número de pesquisadores e, consequentemente, de contadores para cada via é variável, pois depende de fatores como composição e volume de tráfego, bem como largura de faixas.

Em uma mesma rota, são realizadas contagens em três ou quatro pontos distintos. Um desses pontos é definido como principal, onde a contagem acontece por dois dias. Para uma melhor análise e conclusão, os veículos observados são divididos em classes distintas, como automóveis, caminhões, ônibus, motocicletas e bicicletas. A contagem é realizada cumulativamente durante dois períodos distintos, das 7h00 às 10h00 e das 17h00 às 20h00, classificados como picos de volume da manhã e da tarde respectivamente. A contagem do fluxo é, no geral, feita de modo direcional, sempre nos dois sentidos da via, quando esta é de mão dupla. No caso excepcional de bicicletas, o sentido é determinado não pelo lado da via em que esta se encontra, mas pelo sentido em que se locomove.

A pesquisa de velocidade e retardamento tem como objetivo a determinação da velocidade e dos tempos de retardamento apresentados nas vias e/ou nas rotas. A coleta do tempo total do percurso, nesse caso, é feita por aparelhos com recepção GPS, que registram tanto as coordenadas (latitudes e longitudes) dos veículos, como o horário, com precisão de segundos.



Figura 12 - Exemplo de dados coletados por receptores GPS

Para a medição e a análise dos tempos de retardamento, estes são classificados em dois tipos: retardamento semafórico, isto é, retardamentos decorrentes de um semáforo fechado ou congestionamentos, onde os retardamentos são fruto da saturação da via. É possível observar que apenas com os dados coletados pelo sistema GPS, não é possível inferir o motivo do retardamento, é preciso conhecer as vias estudadas e os planos semafóricos que nelas atuam.

Tabela 7 - Relação das vias com dados de contagem de volume

Via	Rota(s)
Antônio Estevão de Carvalho (Radial Leste), Av.	29
Arcoverde, R. Cardeal	23
Arnaldo, Av. Dr.	13
Bernardino de Campos, Av.	13
Billings (Marg Pinheiros), Av. Eng.	37
Braz Leme, Av.	3
Castelo Branco (Marg. Tietê), Av. Pres.	35 e 36
Celso Garcia, Av.	6
Cidade Jardim, Av.	12
Consolação, R. da	1
Cruzeiro do Sul, Av.	5
Domingos de Morais , R.	9
Estado, Av. do	5
Eusébio Matoso, Av.	1
Faria Lima, Av. Brig.	22 e 25
Francisco Matarazzo, Av.	2
Francisco Morato, Av. Prof.	17
Frontin (Radial Leste), Av. Conde de	29
Gasômetro, R. do	6
Hélio Pelegrino, Av.	25
Inajar de Souza, Av.	39
Interlagos, Av.	18
Ipiranga, Av.	15
Jabaquara, Av.	9
Jacu Pêssego, Av.	33
João, Av. São	2
Via	Rota(s)
João Goulart, Elev. Pres.	14
Joaquim Floriano, R.	22
Leste-Oeste, Ligação .	14
Liberdade, Av.	32
Luís Aires (Radial Leste), Av. Dr	29
Luís Antônio, Av. Brig.	22
Morvan Dias de Figueiredo (Marg Tietê), Av.	35
Nações Unidas (Marg. Pinheiros), Av. das	37 e 38
Nove de Julho, Av.	12
Nove de Julho, Vd.	15
Olímpio da Silveira, Av. Gal.	2
Otaviano Alves de Lima (Marg. Tietê), Av.	36
Paulista, Av.	13
Pinheiros, Marginal do Rio	38
Prestes Maia, Av.	4
Queiroz, Av. Senador	15
Rangel Pestana, Av.	6 e 15
Rebouças, Av.	1
Rio Branco, Av.	3
Rudge, Av.	3
Santos Dumont, Av.	4
Tabapuã, R.	22
Teodoro Sampaio, R.	23
Tiradentes , Av.	4
Vergueiro, R.	9 e 32
Washington Luís, Av.	18

Tabela 8 - Relação das vias com dados de velocidade

Via	Rota(s)	Via	Rota(s)
Alcides Sangirardi (Marg. Pinheiros), Av.	38	Jabaquara, Av.	9
Antônio Estevão de Carvalho (Radial Leste), Av.	29	Jacareí, Vd.	15
Ardevan Machado, Av. Prof. Eng.	29	Jacu-Pêssego, Av.	33
Armando de Arruda Pereira, Av.	9	Jangadeiro, Av.	18
Arnaldo, Av. Dr.	13	João, Av. São	2
Arouche, Lgo. do	2	João Goulart, Elev. Pres.	14
Assis Chateaubriand (Marg. Tietê), Av.	36	Leste-Oeste, Lig.	14
Ataliba Leonel, Av. Gal.	5	Liberdade, Av.	32
Baltazar Carrasco, R.	23	Luis Aires (Radial Leste), Av. Dr.	29
Bernardino de Campos, Av.	13	Luis Antônio, Av. Brig.	22
Billings (Marg. Pinheiros), Av. Eng.	37	Luis Dumont Villares, Av.	5
Bonifácio (Marg. Pinheiros), R. São	38	Luis, Av. São	15
Braz Leme, Av.	3	Macedo Soares (Marg. Tietê), Av. Emb..	36
Butantã, R.	23	Magalhães de Castro (Marg. Pinheiros), Av.	37 e 38
Cardeal Arcoverde, R.	23	Maria Paula, R.	15
Carlos Vicari, R.	2	Mercúrio, Av.	15
Castelo Branco (Marg. Tietê), Av. Pres.	35 e 36	Miguel Ignácio Curi, Av.	29
Castelo do Piaul , R.	29	Morvan Dias Figueiredo (Marg. Tietê), Av.	35
Celso Garcia, Av.	6	Nações Unidas (Marg. Pinheiros), Av. das	37 e 38
Chopin Tavares de Lima, R.	23	Noé de Azevedo, Av. Prof.	9
Cidade Jardim, Av.	12	Nove de Julho, Av.	4 e 12
Clélia, R.	2	Nove de Julho, Vd.	15
Consolação, R. da	1	Olimpio da Silveira, Av. Gal.	2
Cruzeiro do Sul, Av.	5	Otaviano Alves de Lima (Marg. Tietê), Av.	36
Domingos de Moraes, R.	9	Paulina, Vd. Dona	15
Elisabeth de Roblano (Marg. Tietê), Av. Condessa	35	Paulista, Av.	13
Estado, Av. do	5	Pinheiros, Marginal do Rio	38
Eulália, R. Santa	4	Prestes Maia, Av.	4
Eusébio Matoso, Av.	1 e 17	Queirós, Av. Sen.	15
Faria Lima, Av. Brig.	22 e 25	Rangel Pestana, Av.	6 e 15
Fernão Dias, R.	23	Rebouças, Av.	1
Francisco Matarazzo, Av.	2	República, Pça. da	15
Francisco Morato, Av. Prof.	17	Rio Branco, Av.	2 e 3
Frontin (Radial Leste), Av. Conde de	29	Rudge, Av.	3
Furtado do Nascimento (Marg. Pinheiros), R. Gal.	37	Santos Dumont, Av.	4
Gabriel, Av. São	22	Tabapuã, R.	22
Guaicurus, R.	2	Tajurás, Av. dos	12
Heitor Penteado, Av.	13	Teodoro Sampaio, R.	23
Hélio Pelegrino, Av.	25	Teotônio Vilhena, Av. Sen.	18
Hugo Boelchi, Av. Dr.	9	Tiradentes, Av.	4
Hungria (Marg. Pinheiros), R.	37	Vergueiro, R.	9 e 32
Inajar de Souza, Av.	39	Vitória, R.	2
Interlagos, Av.	18	Washington Luís, Av.	18
Ipiranga, Av.	15	Zaki Narchi, Av.	4

Os resultados da pesquisa indicam que a frota estudada ainda é majoritariamente composta por automóveis. Estes representam 79,2% dos veículos analisados. As motocicletas são a segunda classe de veículos mais relevantes na pesquisa, representando 15,3% da frota, seguidas de caminhões, que representaram 1,5%. Ônibus urbano e ônibus fretado tiveram representação de 2,7% e 0,4%, respectivamente, enquanto bicicletas representaram 0,9%.

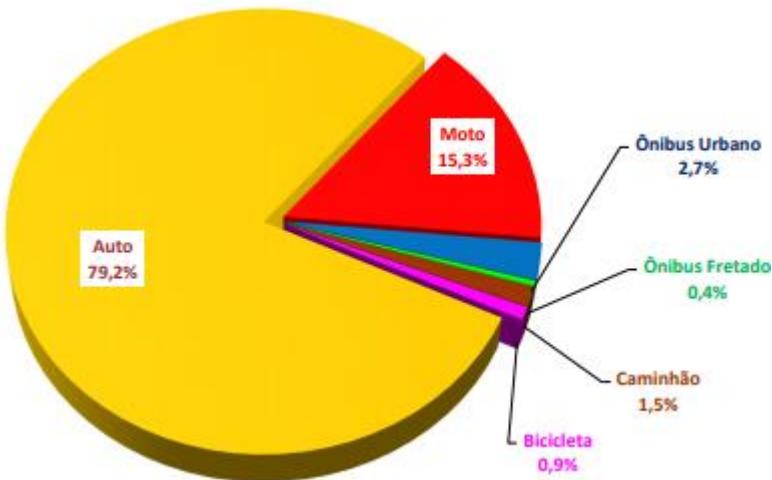


Figura 13 - Composição da frota estudada (CET, 2017)

Um exemplo das tabelas que são resultado desta pesquisa está apresentada a seguir. São estes dados de fluxo que serão importados para o Software VISUM, a fim de aumentar a precisão da demanda viária do modelo.

Tabela 9 - Contagem volumetria classificada: Rota 01G, ponto 1

Ponto 1 * R. da Consolação, entre R. Caio Prado e R. Marquês de Paranaguá

Pico Manhã									Pico Tarde										
Hora	Auto	Ônibus		Cami-	Motos	Bici-	Volume Total		FHP	Hora	Auto	Ônibus		Cami-	Motos	Bici-	Volume Total		FHP
		Urb	Fret	nhões		cletas	Simp.	Equiv.				Urb	Fret	nhões			Simp.	Equiv.	
07:00 - 08:00	1.326	131	10	9	470	10	2.556	2.699		17:00 - 18:00	2.230	100	1	7	657	28	3.023	3.112	0,92
07:15 - 08:15	1.941	130	8	9	550	12	2.650	2.789		17:15 - 18:15	2.212	96	2	6	648	29	2.993	3.078	
07:30 - 08:30	1.937	131	5	9	628	12	2.722	2.859		17:30 - 18:30	2.159	95	2	4	612	26	2.898	2.982	
07:45 - 08:45	2.081	136	7	10	667	17	2.918	3.060		17:45 - 18:45	2.090	90	2	4	628	30	2.844	2.920	
08:00 - 09:00	2.132	132	5	11	679	17	2.976	3.113	0,90	18:00 - 19:00	2.048	88	2	4	645	30	2.817	2.891	
08:15 - 09:15	1.983	138	5	14	689	22	2.851	2.993		18:15 - 19:15	2.034	88	2	3	623	29	2.779	2.853	
08:30 - 09:30	2.093	129	6	13	673	24	2.938	3.070		18:30 - 19:30	2.053	89	1	4	590	30	2.767	2.841	
08:45 - 09:45	1.985	120	4	12	660	21	2.802	2.924		18:45 - 19:45	2.074	94	1	2	525	31	2.727	2.803	
09:00 - 10:00	1.994	123	3	9	659	22	2.810	2.930		19:00 - 20:00	2.161	100	1	2	448	29	2.741	2.825	
Total 3 horas	6.052	386	18	29	1.808	49	8.342	8.742	0,94	Total 3 horas	6.439	288	4	13	1.750	87	8.581	8.828	0,95

3.5. Modelo Logit Multinomial

Para se determinar a proporção de usuários das vias que irão aderir ao sistema de *ridesharing*, foi utilizado um modelo de logit multinomial (MNL). O modelo utilizado foi baseado na dissertação de graduação *Motivating city-commuters to carpool* (LEM, 2014).

As funções utilidade para uma viagem solo e uma viagem compartilhada para um indivíduo “n” são indicadas na Equação (4) e Equação (5).

$$\begin{aligned}
V_{solo,n} = & ASC_{SL} + MEET_{SOLO} \times solo_{meet} + TTIME_{SOLO} \times solo_{tt} + COST_{SOLO} \\
& \times solo_{cost} + PERS_{SOLO} \times solo_{pers} + FLEX_{SOLO} \times solo_{flex}
\end{aligned} \tag{4}$$

$$\begin{aligned}
V_{carpool,n} = & ASC_{CP} + MEET_{carpool} \times carpool_{meet} + TTIME_{carpool} \times carpool_{tt} \\
& + COST_{carpool} \times carpool_{cost} + PERS_{carpool} \times carpool_{pers} \\
& + FLEX_{carpool} \times carpool_{flex}
\end{aligned} \tag{5}$$

em que os índices SOLO indica viagem individual e CARPOOL indica viagem compartilhada e:

ASC é a constante referente a escolha entre viagem individual ou viagem compartilhada;

MEET é o coeficiente atribuído a espera no local de embarque;

meet é o tempo, em minutos, de espera do passageiro de embarque;

TTIME é o coeficiente referente ao tempo de viagem;

tt é o tempo, em minutos, de viagem;

COST é o coeficiente referente ao custo da viagem;

cost é o custo, em reais, da viagem;

PERS é o coeficiente referente à ocupação da viagem;

pers é a ocupação, em indivíduos por veículo, da viagem;

FLEX é o coeficiente referente à flexibilidade do horário das viagens;

flex é a flexibilidade do horário das viagens, variável binária.

Descrições mais detalhadas dos atributos das funções utilidade estão no item 3.5.1. e o cálculo da probabilidade de escolha da alternativa (escolher ou não escolher o *ridesharing*) pelo indivíduo é realizado pela Equação (3) na seção 2.2 do capítulo anterior. Nesse caso, a probabilidade de escolha reduz-se a um modelo binomial dado por:

$$\begin{aligned}
P_{solo,n} = Prob(U_{solo,n} > U_{carpool,n}) &= \frac{e^{V_{solo,n}}}{e^{U_{solo,n}} + e^{U_{carpool,n}}} \quad \forall i \neq j \\
P_{carpool,n} = 1 - P_{solo,n}
\end{aligned} \tag{6}$$

3.5.1. Atributos da função utilidade

Para a elaboração dos atributos da função utilidade, Lem (2014) elaborou uma pesquisa que consiste em um questionário, que foi disponibilizado através de e-mails e redes sociais, com público alvo residentes da cidade de Eindhoven, na Holanda.

Para responder ao questionário, o entrevistado deveria, obrigatoriamente, dirigir para o trabalho em um veículo particular pelo menos uma vez por semana, trabalhar em uma cidade relativamente grande (mais de 75.000 residentes) e não morar na mesma cidade em que trabalha.

Para garantir a aderência da Pesquisa à cidade de São Paulo, foi feita uma comparação entre o que a dissertação *Motivating city-commuters to carpool* (LEM, 2014) denomina de *cities*. Primeiramente foi feita uma análise de distâncias entre os polos estudados na pesquisa inicial. A imagem abaixo, retirada da própria tese, reflete a área de estudo, centralizando a cidade de Eindhoven e as comunidades ao seu redor.



Figura 14 - Área de estudo da dissertação *Motivating City Commuters to Carpool* (LEM, 2014)

Para medir as distâncias foi utilizada a ferramenta de medir distâncias do Google Maps, com alguns resultados de pontos notáveis apresentados na sequência.

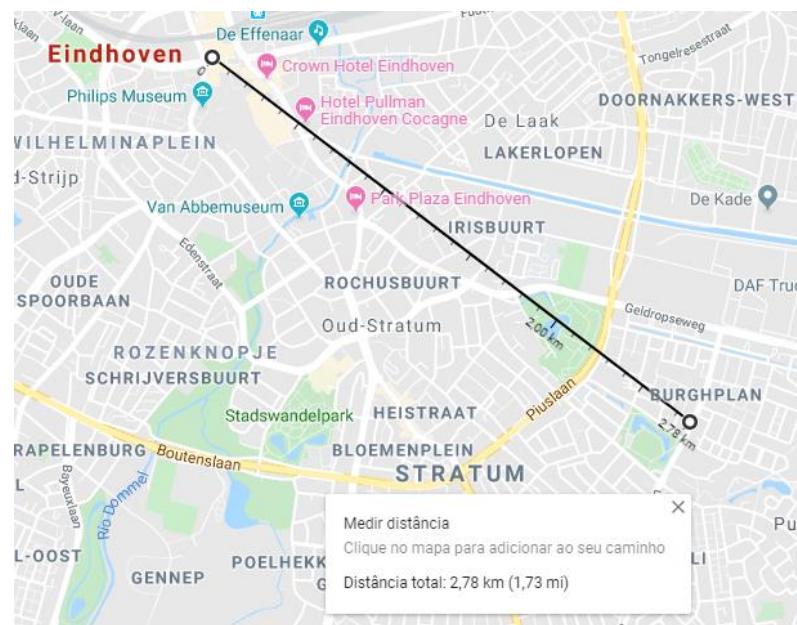


Figura 15 - Distância de Eindhoven para Burghplan (2,78km)

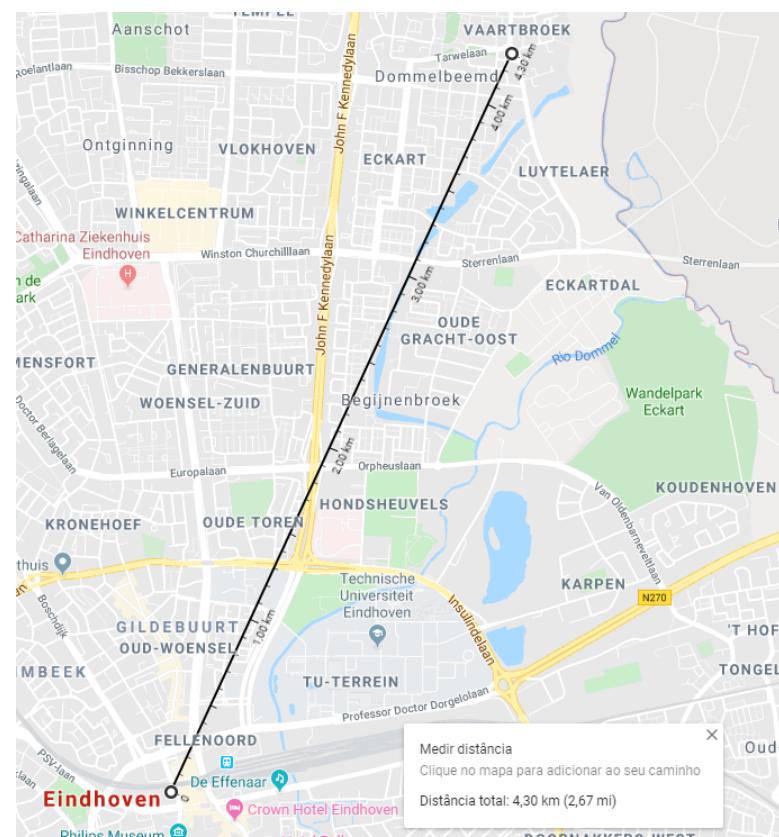


Figura 16 - Distância de Eindhoven para Vaartbroek (4,30km)

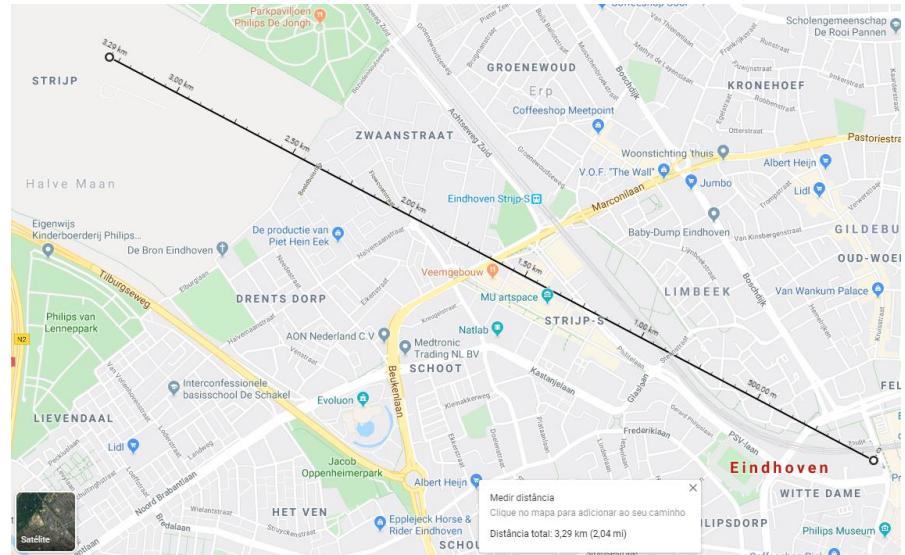


Figura 17 - Distância de Eindhoven para Strijp (3,29km)

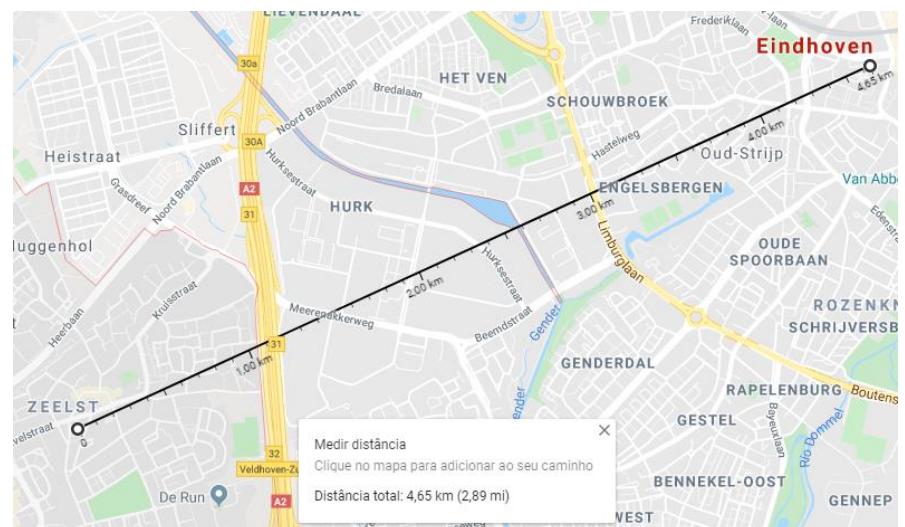


Figura 18 - Distância de Eindhoven para Zeelst (4,65km)

Para efeitos de comparação, utilizou-se a mesma ferramenta para medir as distâncias entre pontos dentro da área estudada na cidade de São Paulo, que estão apresentados a seguir.

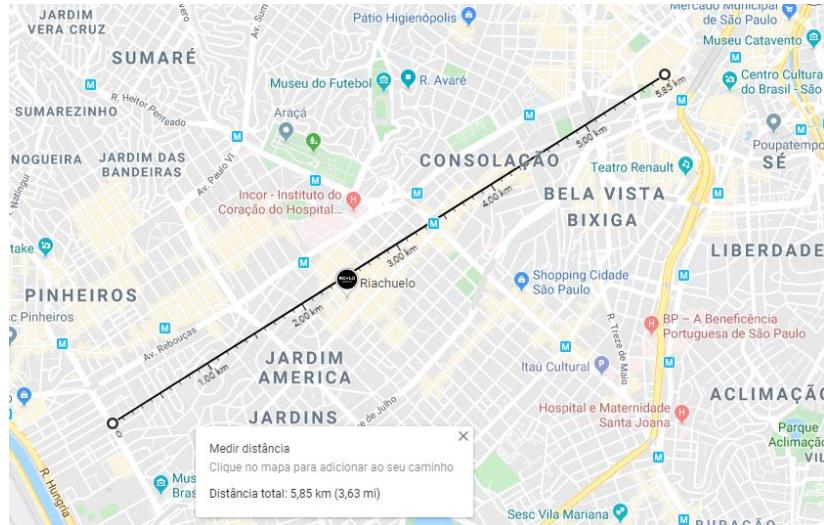


Figura 19 - Distância da Av. Consolação até Av. Faria Lima, limites da região estudada (5,85km)

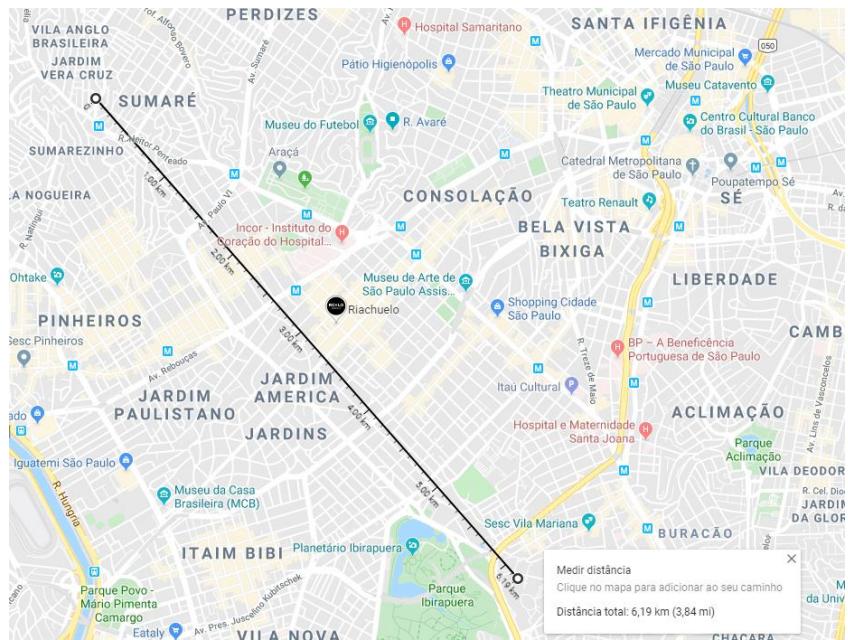


Figura 20 - Distância da Sumaré ao Parque Ibirapuera, limites da região estudada (6,19km)

Analizando atentamente os mapas apresentados fica claro que, apesar dos diferentes polos na pesquisa holandesa serem considerados cidades, em termos de distâncias, eles se assemelham bastante aos distritos da cidade de São Paulo. Portanto, pode-se considerar válida a aproximação dos atributos e coeficientes do estudo de Lem (2014) para a análise do bairro dos Jardins neste trabalho.

Outro requisito da pesquisa feita em *Motivating city-commuters to carpool* era de que as cidades estudadas tivessem pelo menos 75.000 habitantes. Novamente com o intuito de garantir a aderência de seus resultados ao estudo proposto neste documento, foi comparada a

população em cada um dos distritos da cidade de São Paulo, destacando-se aqueles dentro da região estudada. A fonte dos dados é a Fundação Seade de 2014.

Tabela 10 - População dos distritos de São Paulo em 2014

Distritos	Total da população		Distritos	Total da população	
	2014	2030		2014	2030
Município de São Paulo	11.513.836	12.242.971	Liberdade	70.860	73.059
Água Rasa	84.168	79.135	Limão	79.589	79.454
Alto de Pinheiros	42.318	38.177	Mandaqui	108.488	109.111
Anhanguera	74.057	96.506	Marsilac	8.283	8.780
Aricanduva	87.887	84.307	Moema	86.414	89.253
Artur Alvim	103.127	96.215	Mooca	78.047	81.015
Barra Funda	15.033	18.053	Morumbi	49.694	55.910
Bela Vista	71.225	73.037	Parelheiros	140.189	171.112
Belém	46.929	51.090	Pari	18.079	20.219
Bom Retiro	36.165	41.714	Parque do Carmo	69.719	74.469
Brás	30.953	34.958	Pedreira	151.085	174.712
Brasilândia	271.761	298.320	Penha	128.589	128.272
Butantã	54.170	51.973	Perdizes	113.089	112.635
Cachoeirinha	144.416	150.324	Perus	83.824	96.991
Cambuci	38.674	41.979	Pinheiros	65.736	63.796
Campo Belo	65.017	60.520	Pirituba	169.376	171.512
Campo Grande	103.521	108.787	Ponte Rasa	92.082	87.502
Campo Limpo	218.758	241.229	Raposo Tavares	103.204	112.296
Cangaíba	137.061	139.550	República	59.421	62.186
Capão Redondo	279.998	316.757	Rio Pequeno	120.753	126.275
Carrão	84.201	84.048	Sacomã	254.728	272.642
Casa Verde	85.929	85.100	Santa Cecília	86.132	88.143
Cidade Ademar	274.942	298.603	Santana	116.270	106.989
Cidade Dutra	198.432	208.685	Santo Amaro	73.224	73.315
Cidade Líder	130.224	141.148	São Domingos	85.499	87.080
Cidade Tiradentes	220.817	256.951	São Lucas	142.826	141.804
Consolação	57.451	55.488	São Mateus	154.929	157.643
Cursino	111.252	114.845	São Miguel	90.514	87.358
Ermelino Matarazzo	115.892	121.969	São Rafael	150.415	172.222
Freguesia do Ó	141.485	138.031	Sapopemba	286.774	294.832
Grajaú	372.467	415.056	Saúde	132.619	131.465
Guaiianases	106.020	115.362	Sé	25.004	28.214
Iguatemi	136.537	166.740	Socorro	37.030	34.279
Ipiranga	109.220	114.251	Tatuapé	93.781	95.884
Itaim Bibi	94.935	95.992	Tremembé	208.343	241.248
Itaim Paulista	228.149	246.397	Tucuruvi	97.770	92.984
Itaquera	207.414	217.113	Vila Andrade	143.008	186.784
Jabaquara	226.074	231.311	Vila Curuçá	150.470	159.089
Jaçanã	95.270	96.811	Vila Formosa	94.646	92.027
Jaguara	24.502	23.234	Vila Guilherme	55.586	58.022
Jaguaré	52.145	58.302	Vila Jacuí	143.555	150.015
Jaraguá	196.861	230.682	Vila Leopoldina	42.156	47.385
Jardim Ângela	313.015	372.549	Vila Maria	113.525	114.453
Jardim Helena	134.497	139.490	Vila Mariana	131.436	128.346
Jardim Paulista	89.772	87.875	Vila Matilde	105.332	104.398
Jardim São Luís	278.674	312.761	Vila Medeiros	126.851	119.872
José Bonifácio	129.670	143.745	Vila Prudente	104.510	103.240
Lajeado	168.265	185.221	Vila Sônia	114.377	128.398
Lapa	66.655	65.810			

Fonte: Fundação Seade.

Com base na tabela acima, destaca-se alguns distritos pertencentes à região estudada, como Jardim Paulista, Perdizes, Itaim Bibi e Santa Cecília, que possuem 90, 113, 95 e 86 mil habitantes, respectivamente. Desse modo, apesar de diferentes, entende-se que a pesquisa

pode ser utilizada na cidade de São Paulo dada a equivalência em termos de população residente na área de estudo.

Por último, analisou-se os dados socioeconômicos das duas regiões. A renda média anual na cidade de Eindhoven é de EUR 47,000. Enquanto isso, a média salarial mensal no bairro dos Jardins é de BRL 4,000m segundo o mapa da desigualdade divulgado em 2017 pela Rede

Remuneração média do emprego por distrito

Distrito	Valor
Campo Belo	R\$ 10.079,98
Itaim Bibi	R\$ 5.795,33
Morumbi	R\$ 4.844,35
Santo Amaro	R\$ 4.607,43
Butantã	R\$ 4.358,69
Alto de Pinheiros	R\$ 4.285,11
Jaguará	R\$ 4.256,21
Cidade Tiradentes	R\$ 4.252,35
Pinheiros	R\$ 4.102,82
Bela Vista	R\$ 4.097,98
Sé	R\$ 4.050,55
Pari	R\$ 4.007,06
Jardim Paulista	R\$ 3.777,08
Vila Mariana	R\$ 3.509,79
Bom Retiro	R\$ 3.497,36

Figura 21 - Salários Médios do distritos paulistanos

Nossa São Paulo e replicado a seguir:

Para comparar o poder de compra entre as duas localidades, foi utilizado o Big Mac Index, índice elaborado pelo The Economist e utilizado globalmente como comparativo de poder de compra. Na tabela a seguir é apresentada essa comparação:

Tabela 11 - Comparativo da Renda Anual

	Renda Média Anual	Conversão Real	Big Mac Index	Correção
Eindhoven, Holanda	€ 47.000	€ 1,00	€ 1,00	€ 1,00
Bairro dos Jardins	R\$ 52.000	R\$ 4,58	R\$ 4,27	R\$ 0,93
Ajustado				

Eindhoven, Holanda	47.000
Bairro dos Jardins	48.480

Vale destacar que o ultimo dado do Big Mac Index é de Junho de 2019, enquanto foi utilizado o cambio de Dezembro de 2019. Ainda assim é possível perceber que poder de compra é bastante similar na cidade de Eindhoven e no Bairro dos Jardins, um dos mais nobres do município de São Paulo. Constatata-se, portanto, que a pesquisa é também aderente a realidade a ser estudada no quesito socioeconômico,

O questionário daquela dissertação foi formulado pensando em como analisar os fatores considerados importantes para a adoção do *carpool*, outra denominação para o *ridesharing*. Para a determinação de tais fatores foi utilizado o fluxograma a seguir. Ressaltando que os parâmetros: incerteza no tempo de viagem, disponibilidade de vagas de estacionamento e disponibilidade de carros e bicicletas no local de trabalho, apesar de serem considerados em *Motivating city-commuters to carpool* (LEM, 2014), não foram utilizados neste estudo, a título de simplificação. Foram removidos estes parâmetros por não atenderem à realidade de São Paulo ou por terem efeitos muito reduzidos.

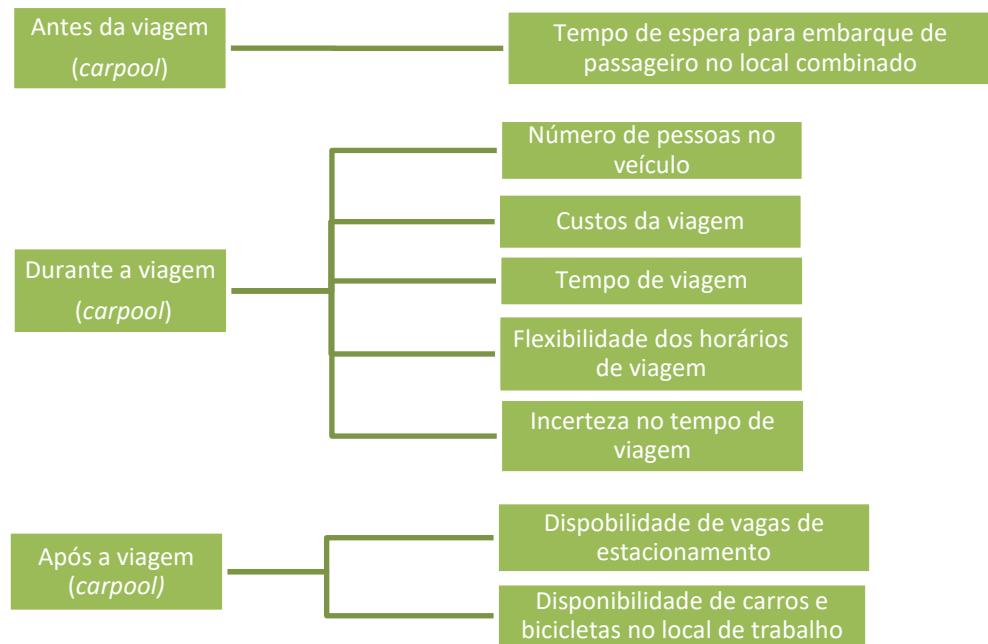


Figura 22 - Variáveis importantes para o uso do *carpool* (LEM, 2014)

Para a elaboração do questionário utilizado foram determinados oito atributos diferentes, cada um deles divididos em 3 níveis. O resultado disso é que haveria $3^8=6.561$ cenários diferentes, como apresentado na tabela abaixo.

Tabela 12 - Número de cenários baseado na quantidade de atributos e de níveis de preferência

Número de Atributos	Número de Níveis			
	2	3	4	5
4	16	81	256	625
5	32	243	1.024	3.125
6	64	729	4.096	15.625
7	128	2.187	16.384	78.125
8	256	6.561	65.536	390.525

Utilizando o SPSS¹, um software estatístico, determinou-se que seria necessário um mínimo de 27 cenários, o que permitiu a elaboração de um questionário eficiente, não tão extenso e que entregasse resultados satisfatórios.

¹ Software IBM SPSS

O questionário consistia em quatro partes principais. A primeira parte contava com perguntas sobre a atual viagem entre casa e trabalho. As variáveis incluíam custos, tempo de viagem, incerteza atual no tempo de viagem, atividades atuais de transporte compartilhado, etc. Os entrevistados tinham a opção de fornecer uma estimativa de seus próprios custos de viagem de deslocamento ou permitir que o sistema calculasse esse valor dependendo da distância e do tipo de carro.

Na segunda parte, a viagem atual, conforme descrita na primeira parte, foi comparada a uma alternativa de carona e o entrevistado deveria obrigatoriamente escolher entre uma das duas opções. Além disso, o entrevistado deveria avaliar a alternativa de compartilhamento em uma escala de cinco pontos. Na terceira parte, solicitou-se aos entrevistados que classificassem aspectos relacionados à organização do transporte compartilhado, à própria viagem de transporte compartilhado, à faixa exclusiva para veículos de alta ocupação e aspectos psicológicos e econômicos. A quarta parte solicitava que os entrevistados incluíssem algumas informações pessoais, como código postal, idade e propriedade do carro. O questionário envolveu cerca de 70 perguntas e o tempo estimado necessário para preenchê-lo foi de 15 minutos.

Após filtrar os questionários respondidos pelos critérios de seleção, excluindo questionários não finalizados e com respostas incoerentes, a pesquisa holandesa que foi utilizada como base para a elaboração deste estudo chegou a um total de 346 questionários respondidos. Para a determinação da função utilidade, tal pesquisa considerou oito atributos relevantes, detalhados à seguir.

(i) Tempo de espera para embarque do passageiro (*Meet*)

É o tempo em que o motorista/passageiro deve esperar para realizar o embarque, medido em minutos.

O coeficiente relativo a este atributo é -0,076 para o uso de *carpool* e zero para o uso individual. Esses valores são esperados uma vez que esperar para embarcar é considerado um desconforto e, portanto, deve contribuir negativamente para a utilidade do *carpool*. É relevante ainda observar que, para os usuários de caronas este é um dos coeficientes de módulo mais alto, isto é, tem contribuição bastante relevante para a função utilidade. Consequentemente, o tempo de espera é considerado pelos usuários um dos fatores mais decisivos para a escolha entre o uso de *carpool* ou não.

Para uma análise mais completa, foi feita uma sensibilidade variando o valor absoluto deste atributo entre 0, 2, 4, 6, 8 e 10. Isso permite avaliar o quanto a probabilidade do uso de *carpool* diminui a cada 2 minutos adicionais esperados. Para o uso individual esse valor é fixado em zero, uma vez que não há espera.

(ii) Tempo de viagem (*ttime*)

É a duração da viagem, expressa em minutos.

O coeficiente relativo a este atributo é -0,0626 para o uso individual e -0,0737 para o uso de *carpool*. Os valores negativos nestes coeficientes também são esperados, uma vez que quanto maior o tempo de viagem maior o desconforto do usuário. Da mesma maneira, é esperado que este coeficiente apresente um valor em módulo maior para o uso de *carpool*, uma vez que é mais penoso viajar mais tempo com outra pessoa do que sozinho.

O valor deste atributo, para o cálculo da função utilidade, é obtido através da matriz de tempo que pode ser exportada do Software VISUM. Esta matriz indica o tempo de viagem entre os diferentes pares OD, como apresentado na secção 3.7.

(iii) Incerteza no tempo de viagem (*Tunc*)

É a incerteza no tempo de viagem, medida em minutos.

Os coeficientes deste atributo têm valores de -0,0562 e -0,0446 para as utilidades individuais e *carpool*, respectivamente. A incerteza na duração da viagem é considerada um fator desfavorável, uma vez que prejudica a organização e rotina dos usuários, estejam eles utilizando caronas ou não. O valor absoluto maior do coeficiente para o uso individual é um tanto contra intuitivo, mas bastante lógico: o indivíduo que já tem um trajeto cuja duração é incerta está mais propenso a utilizar *carpool*, que normalmente é associado a maiores variações no percurso devido a fatores como atraso do outro passageiro, direção mais lenta, preferência por determinado trajeto, entre outros. Entretanto, o indivíduo que tem bastante certeza do seu tempo de viagem, e portanto tem um valor menor de incerteza, estaria menos disposto a utilizar o *carpool* e comprometer esta certeza.

O valor absoluto do atributo é difícil de estimar. Além disso, foi considerado insignificante para o modelo com um nível de confiança de 95%. Por isso, para a análise proposta no bairro dos Jardins, este parâmetro foi desconsiderado.

(iv) Custo da viagem (*Cost*)

É o custo de viagem, medidos em valores monetários (€\$ para a pesquisa holandesa e R\$ para a pesquisa no bairro dos Jardins).

Os valores dos coeficientes deste atributo são -0,0923 para o uso individual e -0,104 para o uso compartilhado. Os seus valores negativos são esperados, uma vez que o custo alto é uma penalidade tanto para os motoristas/passageiros em carros individuais quanto para os usuários de caronas. O módulo mais alto para caronas deriva do fato de que, apesar de alguns custos poderem ser compartilhados no caso do *carpool*, existem ainda custos associados ao deslocamento até o ponto de encontro, uma vez que raramente os usuários moram no mesmo endereço.

Para o cálculo do valor absoluto deste atributo, foram utilizados os dados do valor do preço médio de revenda da gasolina, média dos preços médios de revenda da Tabela 4 fornecidos pela Associação Nacional de Petróleo (ANP) em R\$/l, e através dos dados de consumo médio de gasolina em Km/l, fornecidos pelo Inmetro. A divisão do custo da gasolina pelo consumo médio fornece o custo de gasolina em R\$/km. A distância entre dois pares OD foi encontrada através da matriz de distância exportada do software VISUM, e fazendo uma multiplicação obteve-se o custo médio do trajeto.

Tabela 13 - Tabela ANP dos preços de gasolina em 2007

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS - ANP SUPERINTENDÊNCIA DE DEFESA DA CONCORRÊNCIA, ESTUDOS E REGULAÇÃO ECONÔMICA SISTEMA DE LEVANTAMENTO DE PREÇOS							
RELATÓRIO DE DEFESA DA CONCORRÊNCIA							
INTERVALO DE TEMPO: MENSAL PERÍODO: 01/07/2001 A 31/12/2012 COMBUSTÍVEL: TODOS TIPO RELATÓRIO: MUNICÍPIO							
MÊS	PRODUTO	REGIÃO	ESTADO	MUNICÍPIO	NÚMERO DE POSTOS PESQUISADOS	UNIDADE DE MEDIDA	PREÇO MÉDIO REVENDA
Jan-07	GASOLINA COMUM	SUDESTE	SAO PAULO	SAO PAULO	2496	R\$/l	2.403
Feb-07	GASOLINA COMUM	SUDESTE	SAO PAULO	SAO PAULO	2581	R\$/l	2.397
Mar-07	GASOLINA COMUM	SUDESTE	SAO PAULO	SAO PAULO	2579	R\$/l	2.392
Apr-07	GASOLINA COMUM	SUDESTE	SAO PAULO	SAO PAULO	2584	R\$/l	2.410
May-07	GASOLINA COMUM	SUDESTE	SAO PAULO	SAO PAULO	3228	R\$/l	2.433
Jun-07	GASOLINA COMUM	SUDESTE	SAO PAULO	SAO PAULO	2577	R\$/l	2.416
Jul-07	GASOLINA COMUM	SUDESTE	SAO PAULO	SAO PAULO	3082	R\$/l	2.402
Aug-07	GASOLINA COMUM	SUDESTE	SAO PAULO	SAO PAULO	1844	R\$/l	2.383
Sep-07	GASOLINA COMUM	SUDESTE	SAO PAULO	SAO PAULO	1459	R\$/l	2.372
Oct-07	GASOLINA COMUM	SUDESTE	SAO PAULO	SAO PAULO	1860	R\$/l	2.364
Nov-07	GASOLINA COMUM	SUDESTE	SAO PAULO	SAO PAULO	1450	R\$/l	2.372
Dec-07	GASOLINA COMUM	SUDESTE	SAO PAULO	SAO PAULO	1511	R\$/l	2.378

Tabela 14 - Tabela Inmetro de Consumo de Veículos (2009)

Marca	Modelo	Versão	Motor	Transmissão Velocidades (nº)		Ar Cond.	Direção Assistida	Combustível	Quilometragem por litro				Classificação PBE 2009 na Categoria
				Manual (M)	Automática (A)				Hidráulica (H)	Cidade (ciclo urbano)	Estrada (ciclo rodoviário)		
				Automatizada (MTA)	Continua (CVT)				Mecânica (M)	Álcool (km/l)	Gasolina (km/l)		
CHEVROLET	Celta 2P	Life Spirit Super	1.0 L		M-5	N	M	F	10,0 (7,7)	14,5 (11,2)	12,8 (9,1)	17,8 (12,7)	C
CHEVROLET	Celta 4P	Life Spirit Super	1.0 L		M-5	N	M	F	10,0 (7,7)	14,5 (11,2)	12,8 (9,1)	17,8 (12,7)	C
CHEVROLET	Celta 4P	Life Spirit Super	1.4 L		M-5	N	M	F	9,6 (7,4)	14,2 (11,0)	12,8 (9,1)	19,1 (13,6)	C
FIAT	Mille	Way Economy 1.0 Flex	1.0 8V Fire	M-5		N	M	F	10,8 (8,3)	15,7 (12,1)	13,2 (9,4)	19,2 (13,6)	A
FIAT	Palio 2P	Novo ELX 1.4 Flex	1.4 8V Fire HP	M-5		S	H	F	8,8 (6,9)	13,0 (10,1)	10,8 (7,7)	16,0 (11,5)	E
FIAT	Palio 4P	Novo ELX 1.4 Flex	1.4 8V Fire HP	M-5		S	H	F	8,8 (6,9)	13,0 (10,1)	10,8 (7,7)	16,0 (11,5)	E

(v) Ocupação do veículo (Pers)

É a ocupação média dos veículos, medidos em número de pessoas.

Os coeficientes relativos a este atributo são -0,209 para ambos os cenários (uso individual ou *carpool*). O coeficiente negativo é esperado, uma vez que quanto maior o número de pessoas no veículo, maior é o desconforto durante a viagem. Este coeficiente é o menor em módulo dentre todos, indicando que a ocupação no carro é o atributo analisado menos relevante na escolha do uso ou não do *carpool*.

Para o valor absoluto do atributo ele é fixo em 1 no caso do uso individual e para o uso compartilhado foi feita uma sensibilidade variando a ocupação entre 2, 2,5 e 3, a fim de discutir o impacto da ocupação na probabilidade do uso de *carpool*.

(vi) Condições de estacionamento (Park)

É a condição de estacionamento no lugar do destino (no caso da pesquisa original, trabalho).

Variável entre Boa, Média e Ruim. Esta condição está associada à existência de políticas públicas de incentivo ao *carpool*, que possam oferecer vantagens como de estacionamento mais próximo, mais barato ou mais espaço.

Os coeficientes se dividem em 0,392, -0,194 ou -0,198 para o uso individual e 0,130, 0 e -0,130 para o uso do *carpool*. Esses valores estão dentro do esperado, pois uma boa condição de estacionamento aumenta a utilidade em ambos os cenários, uma vez que é um incentivo para se utilizar carro, enquanto uma situação ruim prejudica qualquer alternativa que é dependente do carro. É interessante notar que na situação intermediária, enquanto o coeficiente para o uso individual é negativo, ele é zero para o uso compartilhado, corroborando a ideia de que esse fator é mais impactante para os usuários de carro individualmente.

O valor da variável *Park* é binário. Dessa forma, uma vez que na cidade de São Paulo as condições de estacionamento, incluindo o preço, disponibilidade e espaço, são bastante variáveis entre as regiões, optou-se por desconsiderar esse atributo na análise.

(vii) Acessibilidade de carros e bicicletas no local de destino (*Carb*)

É a acessibilidade de carros e bicicletas no local de destino (no caso da pesquisa original, trabalho). Variável entre carro ou bicicleta, apenas bicicleta e nenhum.

O valor de seu coeficiente é fixo em carro e bicicleta para o caso individual, o que é o resultado natural, uma vez que não se imagina que um indivíduo irá dirigir até o seu local de destino se este não tiver acessibilidade de veículos. Para o caso do uso de *carpool* o valor do coeficiente varia entre 0,130, 0 e -0,130 para, respectivamente, carro ou bicicleta, somente bicicleta ou nenhum. Novamente, são valores dentro do esperado uma vez que se espera que quanto maior a acessibilidade de veículos, maior a probabilidade de o indivíduo fazer *carpool*. Ainda que a acessibilidade de apenas bicicleta, ou de nenhuma acessibilidade por esses meios, não seja um impedimento para o uso de caronas (como é para o uso individual), esses cenários, naturalmente, diminuem a propensão do indivíduo escolher este modo de transporte.

Trata-se de um valor binário. Entretanto, por se tratar de um atributo não significativo com 95% de confiança, somado a variabilidade de acesso apresentada nas diversas regiões da cidade de São Paulo, este atributo também foi desconsiderado para a análise do bairro dos jardins.

(viii) Nível de flexibilidade do horário das viagens (*Flex*)

É o nível de flexibilidade que o usuário tem na hora de determinar o horário de sua viagem. É um valor binário, que pode ser determinado entre Alta, Média ou Baixa.

O coeficiente para o uso individual é fixado em 0,138 (referente à flexibilidade Alta), enquanto os valores para o uso compartilhado variam entre 0,138 para flexibilidade Alta, 0 para média e -0,138 para baixa. Os valores são coerentes uma vez que se espera que um usuário que tenha alta flexibilidade para determinar o horário de sua viagem esteja mais propenso a fazer *carpool* (cenário onde a escolha do horário depende também das necessidades e disponibilidades dos outros usuários que estão compartilhando a viagem) do que aquele que tem pouca flexibilidade. A flexibilidade de horários é o atributo mais influente na função utilidade, isto é, apresenta o maior valor de coeficiente, em módulo, dentre todos. Isso é esperado, como explicado assim, porque é um fator bastante determinante para a

escolha do uso de *carpool*, uma vez que ao escolher este caso, o indivíduo está sujeito aos horários dos outros passageiros do veículo.

Tabela 15 - Atributos, e seus respectivos coeficientes, da Função Utilidade da Pesquisa em Eindhoven, Holanda

Variable name	SOLO	CARPOOL
Alternative specific constant	Fixed (0)	-0.953
Travel and waiting time start location	Fixed (0 min)	-0.0760
Travel time in (carpool) vehicle, main route	-0.0626	-0.0737
Uncertainty in travel time	-0.0562	-0.0446*
Costs of trip	-0.0923	-0.104
Number of persons in vehicle	Fixed (1)	-0.0209*
Parking situation at work location	Good	0.130
	Average	-0.194
	Bad	-0.198
Car/bike availability at work location	Car or bike	0.0855*
	Bike only	0
	None	-0.0855*
Flexibility of travel times	High	0.138
	Average	0
	Low	-0.138
Null log-likelihood: -2158.460		
Final log-likelihood: -1638.512		
* means insignificant effect level at 95% confidence level		

A Tabela 16 apresenta os valores dos coeficientes admitidos no modelo de escolha discreta para determinação da probabilidade de escolha de ridesharing.

Tabela 16 - Atributos, e seus respectivos coeficientes, da Função Utilidade da análise feita para o bairro dos Jardins, em São Paulo

Atributos	Unidade	Coeficientes		Possíveis Valores
		Solo Driver	Carpool	
Constante	-	0	-0.953	-
Tempo de espera no local de embarque	min	0	-0.076	0,2,4,6,8,10
Tempo de viagem na rota principal	min	-0.0626	-0.0737	Matriz O/D tempo Visum
Custo da viagem	R\$	-0.0923	-0.104	0.23 *Matriz O/D distância Visum
# de Pessoas no Veículo	#	-0.0209	-0.0209	1,2,2.5,3
Flexibilidade no horário da viagem	High	0.138	0.138	1,0
	High		0.138	
	Average		0	
	Low		-0.138	

Com esses coeficientes e atributos determinados, a equação para o cálculo das utilidades fica sendo:

$$V_{solo,n} = 0 + 0 \times solo_{meet} - 0,0626 \times solo_{tt} - 0,0923 \times solo_{cost} - 0,0209 \\ \times solo_{pers} + 0,138 \times solo_{flex} \quad (7)$$

$$V_{carpool,n} = -0,953 - 0,076 \times carpool_{meet} - 0,0737 \times carpool_{tt} - 0,104 \\ \times carpool_{cost} - 0,0209 \times carpool_{pers} \pm 0,138 \times carpool_{flex} \quad (8)$$

No caso da utilidade para *carpool*, quando a flexibilidade for *average*, seu coeficiente assume valor nulo (0).

É importante destacar, ainda, as consequências da exclusão dos três atributos acima mencionados pelo grupo (Acessibilidade de carros e bicicletas no local de destino, condições de estacionamento e incerteza no tempo de viagem). Tratam-se de varias cujos valores seriam inviáveis de se obter neste momento, considerando que estes ou são muito diversos nas diferentes localidades da cidade de São Paulo e no próprio bairro dos Jardins, ou são muito particulares de situações em que seria inviável replicar. Diante desta situação o grupo não dispunha dos recursos necessários para obter tais informações detalhadas e teve que optar entre duas opções. Uma primeira alternativa seria estimar tais valores ou propor sensibilidades como foi feito em alguns outros atributos, por exemplo, tempo de espera no embarque. O maior desafio desta opção seria o grupo adotar valores irreais e não coerente com a realidade, o pelos motivos já citados, o que levaria a uma analise distorcida e que poderia inclusive apontar um resultado direccionalmente oposto a realidade. A segunda alternativa, que foi avaliada como a preferida do grupo, foi a eliminação de tais atributos da função utilidade. O grupo comprehende que excluir parâmetros compromete a coerência da própria função utilidade e todo o modelo Logit, dando mais peso para os outros atributos do que de fato esses tiveram na pesquisa de preferencia declarada. Entretanto, por se tratar de um estudo direcional, que visa fazer uma analise preliminar das condições do bairro que levariam ao uso ou não do ridesharing, o grupo acredita que a exclusão destes atributos levaria a resultados que embora imprecisos não são incoerentes com a realidade, o que poderia acontecer no caso da adoção de valores estimados aleatoriamente e sem base coesa para tal.

3.6. Software VISUM

O VISUM² é um *software* que permite a análise de planos de transporte, bem como modelar a demanda de trechos da rede viária do sistema estudado, podendo ser utilizado em escala global, nacional ou local. Para um desempenho efetivo, a modelagem no programa dever ser feita utilizando classes de objetos, e podendo ser aplicado para diferentes necessidades de modelos como redes viárias, zonas, rotas de transportes públicos, etc. Entre suas vantagens pode-se citar a representação de todos os dados de tráfego relevantes em apenas um modelo, análises completas e detalhadas de diversos planos viários possíveis, integração com outros programas, como ArcGis, métodos eficientes de otimização.

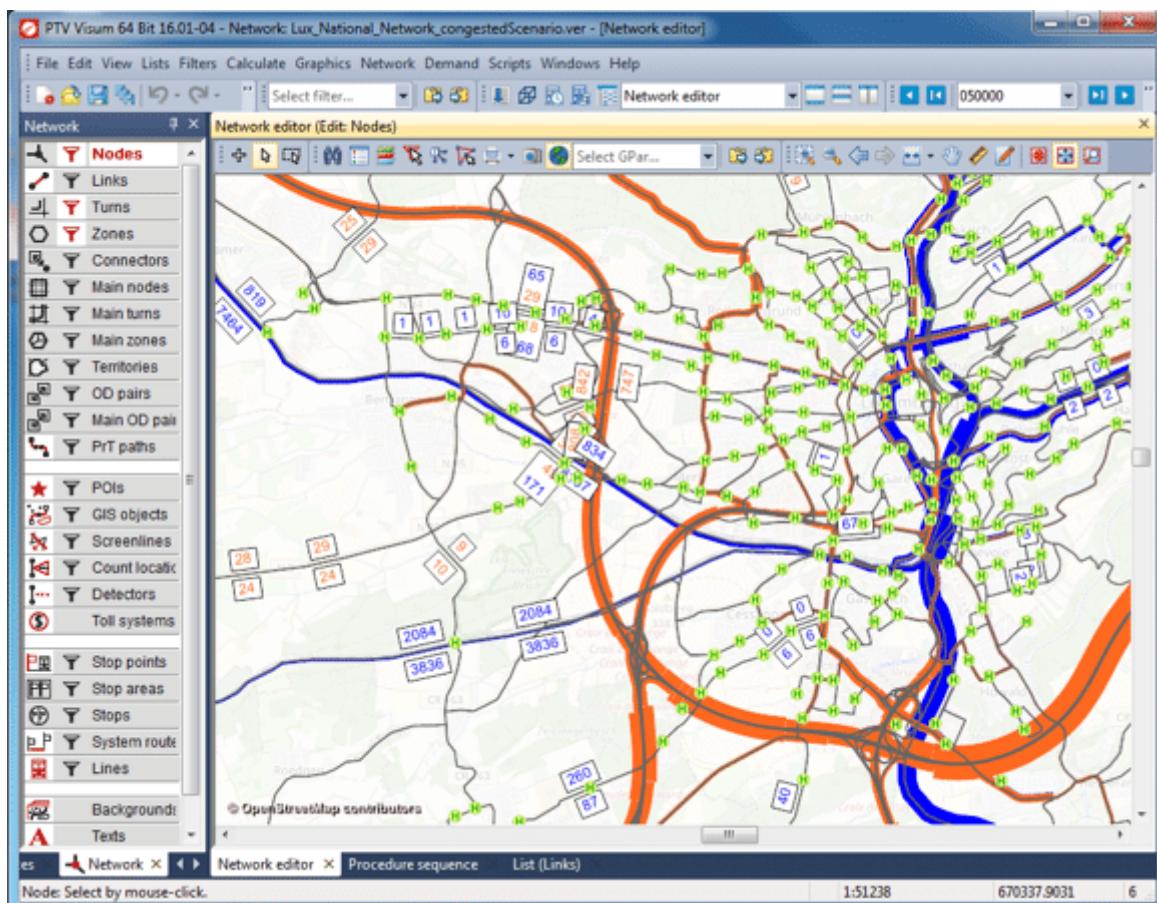


Figura 23 - Exemplo Interface do Software VISUM

A realização do estudo de caso no bairro dos Jardins envolve a elaboração de um modelo macroscópico que simula a dinâmica do tráfego na região. Como a proposta é a análise do sistema viário da região como um todo, será feito o estudo a partir das principais vias. A

² PTV GROUP, VISUM

seleção dessas vias será feita com auxílio dos dados de Volume disponibilizados pela CET em seu relatório, Pesquisa de Mobilidade no Sistema Viário Principal- 2017, divulgado em julho de 2018.

A primeira etapa para a elaboração deste modelo é o estudo da oferta viária na região. Neste caso, é preciso conhecer as condições de tráfego das principais rotas de viagens no bairro. Isto inclui velocidades médias e máximas das vias, largura das faixas, capacidade, saturação, cruzamentos, existência de semáforos, acessos e saídas e faixas exclusivas para transporte público. Um modelo simplificado com este fim já foi desenvolvido pelo Departamento de Transporte da Escola Politécnica (PTR), sob supervisão a professor Claudio Marte, e foi disponibilizado para o desenvolvimento do estudo apresentado neste documento. A descrição completa desta modelagem está apresentada no trabalho de formatura de 2017, intitulado “Elaboração de um modelo macroscópico de tráfego” (MUSSO, ALBERNAZ, TONUS E BOUCHER, 2017).

Um resumo detalhado se encontra na próxima seção deste relatório. Esta etapa é de essencial importância para o desenvolvimento do modelo, uma vez que pequenas alterações na capacidade de uma via podem, por exemplo, levar a alocação de um volume inadequado pelo modelo do *software*, o que comprometeria a análise.

Com a oferta viária modelada, a segunda etapa é a inserção da demanda no mesmo modelo. A demanda representa a dinâmica de transportes da cidade, isto é, de onde saem as pessoas utilizando o sistema viário e aonde chegam. Esse comportamento é expresso por uma matriz Origem-Destino (OD), que contém o número de viagens entre um ponto (linha) para um segundo ponto (coluna).

Tabela 17 - Exemplo de Matriz OD

O-D	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
1	2	1	1	1	0	1	0	0	6
2	6	0	2	0	1	0	1	0	10
3	5	1	0	1	1	0	0	0	8
4	7	0	1	0	1	1	1	1	12
5	4	2	0	0	1	0	0	0	7
6	8	0	3	0	2	2	1	1	17
7	12	0	3	1	3	1	0	0	20
8	11	1	3	1	3	1	0	0	20
Total	55	5	13	4	12	6	3	2	100

Esta etapa também foi desenvolvida pelo mesmo Trabalho de Formatura mencionado anteriormente. A matriz semente utilizada como base para a elaboração de um primeiro modelo no *software VISUM*, foi a matriz OD do Metrô de 2007, que é resultado da Pesquisa Origem e Destino da Região Metropolitana de São Paulo – RMSP, de dezembro de 2008. A metodologia própria desta pesquisa, bem como seus critérios, parâmetros e resultados foram detalhados anteriormente neste relatório.

Com a matriz base importada no modelo, este foi calibrado para refletir de maneira mais precisa a demanda no sistema viário do bairro dos Jardins. Com esse fim, foram utilizados os dados volumétricos do tráfego na cidade de São Paulo atualizados, resultados da Pesquisa de monitoração da mobilidade de 2017, realizada anualmente pela CET São Paulo. O detalhamento da pesquisa foi apresentado na seção 3.3.

O resultado deste modelo fornece o desempenho e a dinâmica da rede viária do bairro atualmente.

O software *VISUM* foi utilizado para o desenvolvimento do estudo a medida que foram determinadas novas matrizes OD de *ridesharing*, e de tráfego total, resultantes do modelo Logit Binomial.

O modelo final fornece, portanto, o desempenho teórico da rede viária do bairro dos Jardins caso seja adotado o uso de caronas. Estes resultados foram comparados com a dinâmica atual, a fim de verificar os impactos provocados por essa alteração de comportamento no tráfego da região.

3.7. Elaboração de um modelo macroscópico de tráfego

O modelo utilizado para a elaboração deste estudo foi realizado também por um grupo de graduandos de Engenharia Civil pela Escola Politécnica da USP em 2017. Este modelo foi parte de um trabalho de formatura, de título “Elaboração de um Modelo Macroscópico de Tráfego”, e cujo objetivo era justamente apresentar um modelo macroscópico que simulasse o tráfego de uma região do centro expandido da cidade de São Paulo, mais precisamente na região do bairro dos Jardins, na zona oeste de São Paulo. Tal região, como já mencionado, abriga avenidas importantes e de caráter fundamental para a rede viária da cidade, como a Avenida Rebouças, a Avenida Paulista e a Avenida Nove de Julho.

Para a análise proposta do impacto do uso de caronas na cidade o modelo macroscópico elaborado e calibrado no trabalho “Elaboração de um Modelo Macroscópico de Tráfego” para o pico da manhã foi utilizado como base e referência para o cenário atual da dinâmica de tráfego.

3.7.1. Elaboração da rede e alocação das viagens

Para a elaboração da rede foi utilizada como base a área do centro expandido retirada do *OpenStreetMaps*³, que fornece esses dados em diferentes formatos, inclusive no *Shapefile*, que é utilizado para a importação no VISUM.

A partir daí, foram identificadas as principais vias da região a ser estudada, como Av. Brigadeiro Faria Lima, Av. Henrique Schaumann, Av. Brasil, Av. Dr. Arnaldo e Av. Paulista. Cabe destacar que para efeito de simplificação deste estudo não foram incluídos no modelo vias expressas, como as da Marginal Pinheiros e Tietê, Avenida 23 de Maio, o Corredor Leste Oeste a via Elevado João Goulart. Como limitante para a determinação da área do modelo, foram observados os pontos de contagens da Pesquisa de Mobilidade Viária, realizada anualmente pela Companhia de Engenharia de Tráfego (CET) de São Paulo. Assim, é possível representar a oferta viária da região dos Jardins.

³ www.openstreetmap.org

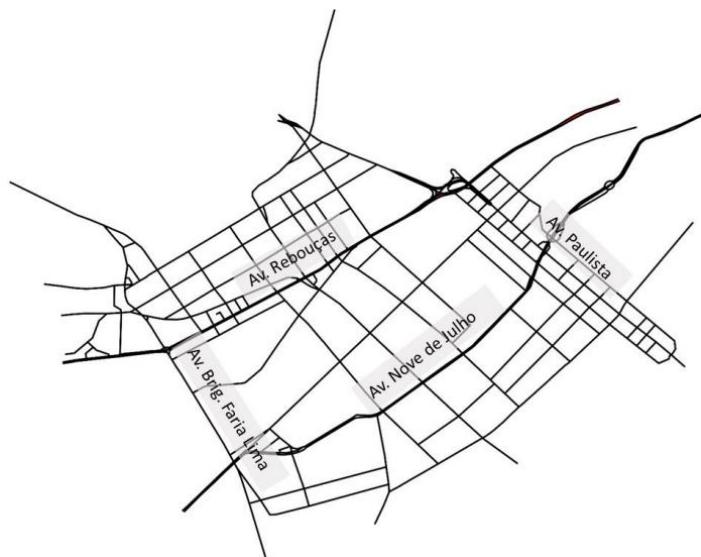


Figura 24 - Representação da Oferta Viária no VISUM (MUSSO, ALBERNAZ, TONUS E BOUCHER, 2017)

A segunda etapa, como descrito na seção 3.6, é a modelagem da demanda viária. Para isso, foram utilizados os dados disponibilizados pela Pesquisa Origem e Destino da Região Metropolitana de São Paulo, que será detalhada na seção 3.3. Primeiramente, foi elaborado um zoneamento, baseado no zoneamento fornecido pela Pesquisa Origem e Destino, como orienta o *Design Manual for Roads and Bridges* (Highways England, 1997). Nesta etapa, as regiões foram separadas em zonas internas, que fazem parte do bairro Jardins, zonas de borda, que fazem fronteira com as zonas internas, e as zonas externas, que são as demais. Os dados considerados foram os das zonas internas e de borda. Esse processo é importante porque permite diminuir o nível de detalhamento e consequentemente de complexidade do modelo sem prejudicar a análise da região estudada. Um dos critérios utilizados, a fim de manter a verossimilhança da amostra, foi o limite municipal das zonas.

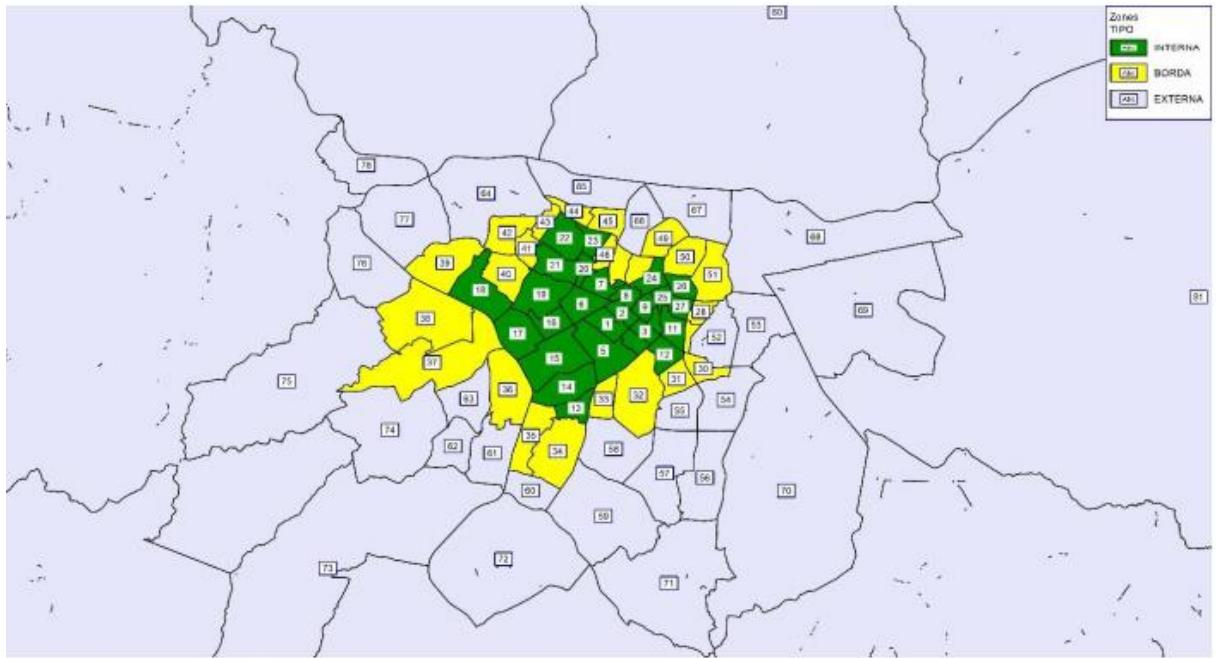


Figura 25 - Classificação do zoneamento em Zonas Internas, Zonas de Borda e Zonas Externas (MUSSO, ALBERNAZ, TONUS E BOUCHER, 2017)

Desse modo, de porte da rede viária, do zoneamento realizado, das matrizes OD, foi feito a alocação dos veículos através do processo previamente descrito na seção 2.3.

3.7.2. Ajuste, Calibração e Validação do modelo

Após a construção da rede, a primeira etapa realizada a fim de garantir a aderência do modelo à realidade foi o ajuste, feito através de *features* disponibilizados pelo próprio VISUM. Entre elas:

- (i) *Shortest Path*: a função que garante que a rota mais curta entre dois nos será a escolhida, evidenciando de forma clara potenciais erros no modelo macroscópico.
- (ii) *Flow Bundle*: esta função também é conhecida como árvore de caminhos. Ela mostra, graficamente, todas as rotas que utilizando determinado conector (isto é, um trecho de via conectando dois nós). Assim é possível realocar veículos quando um conector está muito sobrecarregado.

Infelizmente, apenas o ajuste da rede não é suficiente para garantir uma representação adequada da realidade. Ainda existia uma grande diferença entre os valores alocados pelo modelo macroscópico e os valores das contagens realizadas pela CET, como apresentado na figura abaixo.

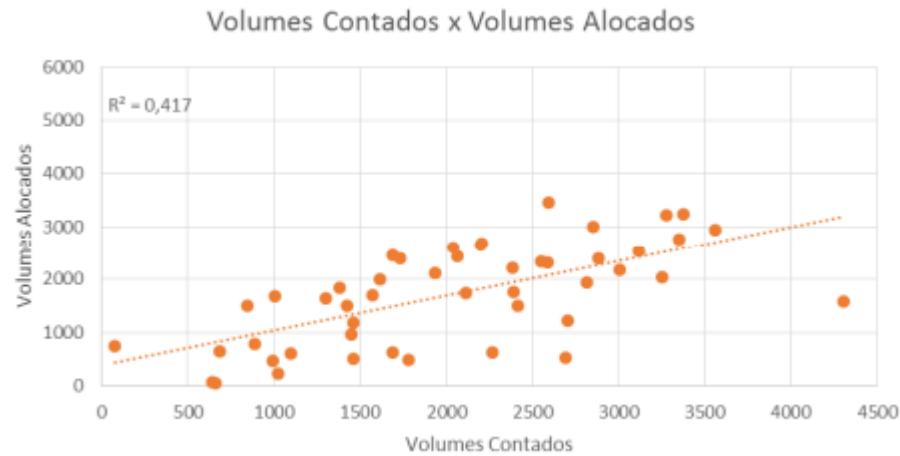


Figura 26 - Volumes contados x Volumes Alocados, após os ajustes na rede, para a hora pico manhã (MUSSO, ALBERNAZ, TONUS E BOUCHER, 2017)

Essa incoerência é fruto da determinação imperfeita dos parâmetros da rede viária, como capacidade das vias, ciclo e operação de semáforos ou ainda o comportamento do tráfego em fluxo de saturação, entre outros. O conhecimento parcial dessas características compromete significativamente a representatividade do modelo. O VISUM apresenta, entretanto, o *TFlowFuzzy*, uma ferramenta bastante útil para a correção da matriz de viagens de forma a garantir uma adequação melhor da alocação de veículos. Em resumo, esta ferramenta reconhece a alocação em cada um dos conectores, de maneira similar ao *FlowBundle* e os corrige através de processo iterativos para que a diferença entre o volume encontrado pelo modelo e o volume imputado (retirado da Pesquisa de Mobilidade Viária da CET), sejam mínimos, dentro de uma margem de segurança previamente estabelecida.

Naquele estudo foram realizadas entre 3 a 6 iterações para cada cenário estudado e a tolerância em relação as contagens da CET foi de até 40% ($\pm 20\%$) dos volumes contados. A representatividade da calibração pode ser observada através do gráfico abaixo, que mostra o R^2 (da regressão linear), convergindo para 0,89 quando realizadas 10 execuções do *TFlowFuzzy*.



Figura 27 – R^2 da Regressão Linear (MUSSO, ALBERNAZ, TONUS E BOUCHER, 2017)

Apresenta-se abaixo também o novo gráfico decorrente dos volumes alocados e contados

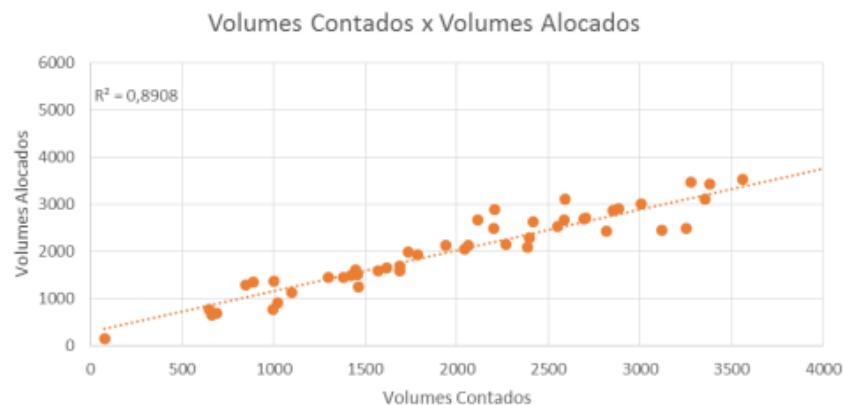


Figura 28 – Volumes Contados x Volumes Alocados, após calibração do modelo, para a hora pico (MUSSO, ALBERNAZ, TONUS E BOUCHER, 2017)

Após a calibração e validação do R^2 , o modelo foi verificado com outros três critérios de validação recomendados pelo *Design Manual for Roads and Bridges* (Highways England, 1997), sendo eles os citados a seguir:

(i) Tolerância na diferença entre os valores alocados e contados

Os critérios adotados afirmam que para 85% dos *links* a diferença deve ser de até 100 veículos por hora (v/h) para volumes de até 700 v/h, até 15% para volumes entre 700 e 2.700 v/h; até 400 v/h para volumes maiores. Foi exigida uma diferença de no máximo 5% entre a soma dos volumes alocados e contados nos pontos de controle. A conclusão foi que 77% dos 48 pontos verificados estavam dentro do limite aceitável.

(ii) Avaliação estatística GEH

A equação de GEH, que utiliza a distribuição Qui-quadrado está apresentada a seguir:

$$\sqrt{\frac{(M - C)^2}{\frac{(M + C)}{2}}} \quad (9)$$

Em que M é o volume alocado no modelo e C o volume observado em campo. A recomendação nesse caso é de que os valores de GEH não ultrapassem 10 e que em pelo menos 85% sejam inferiores a 5.

O que foi constado para este estudo é que o valor do GEH era inferior a 5% para 65% dos casos e que em 17% dos pontos o GEH era superior a 10.

(iii) Tolerância entre os tempos de viagens constatados na realidade e verificados no modelo de determinadas rotas

Para a realização desta verificação foi utilizada uma comparação entre os tempos obtidos pelo modelo macroscópico do VISUM e os tempos de viagem reais obtidos através dos intervalos entre o máximo e o mínimo apresentados pelo Google Maps. Já os tempos obtidos pelo modelo podem ser extraídos do VISUM através de curvas isócronas. Para fins do estudo, foram considerados válidos os tempos que se encontravam dentro do intervalo apresentado pelo Google Maps com uma margem de 25% de erro. Conclui-se que das 14 rotas estudadas, apenas 4 não tinham o tempo de viagem dentro do válido.

3.7.3. Principais Conclusões

Analisando todos os critérios de verificação em conjunto, é possível concluir que o modelo apresentado é suficientemente satisfatório para ser utilizado como base de pesquisa e análises futuras. Ainda que não expresse pequenas divergências à realidade, apresenta uma boa aproximação da dinâmica da rede viária da região, uma vez que a soma dos volumes alocados se encontra dentro do recomendado pelos manuais.

Cabe notar que este modelo, ainda que considerado satisfatório para a elaboração da análise dos impactos do uso de caronas proposta por este trabalho, não considera fatores como a parametrização precisa dos elementos da rede viária, como capacidade das vias e conversões, modelagem de funções de atraso e nem aplicação de modelos de intersecção semafóricos.

3.8. Etapas do processo iterativo

Para desenvolver as etapas do processo iterativo foi desenvolvido um arquivo no *software* Excel, de forma que todos os cálculos fossem feitos de forma automática. Na Figura 29 é possível verificar um fluxograma do processo, que será detalhado a seguir.

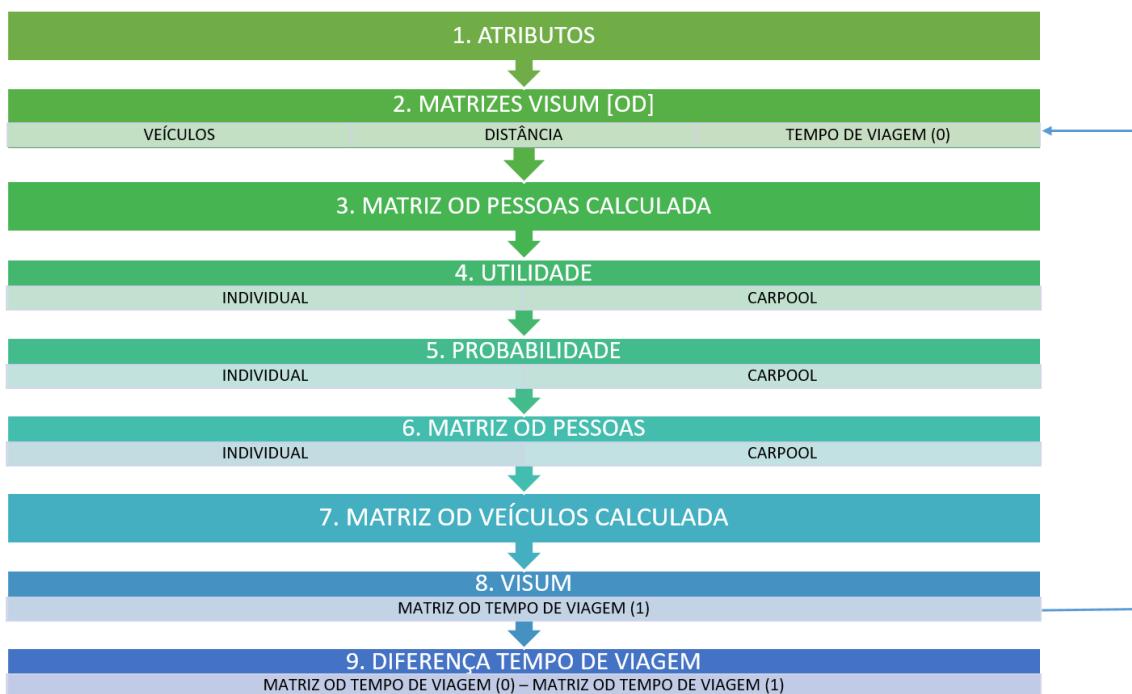


Figura 29 – Fluxograma de etapas do processo iterativo

A primeira tabela representa todos os atributos, seus coeficientes e os valores que estes podem assumir.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16	Ocupação média veículos			1.4							
17											
18											
19											
20	Gas Prices	R\$/l	2.39								
21	Average Efficiency	km/l	10.5	<< Inmetro							
22	Cost of Fuel	R\$/km	0.23								
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											
32											
33											
34											
35											
36											
37											
38											
39											
40											
41											
42											
43											
	Atributos	Visum>>	OD VISUM_1	Tempo VISUM_1	Distancia_Visum	OD_Pessoas	Calculos>>	Utility Solo	Utility CarPool	Probabilidade_CarPool	...

Figura 30 – Tabela 1 da Planilha de Cálculo: Atributos

As próximas três tabelas são as matrizes originais exportadas do *software* VISUM: (i) Veículos, (ii) Tempo e (iii) Distância. Elas serão a base para a realização de todos os cálculos.

Figura 31 – Tabela 2 da Planilha de Cálculo: Matriz OD de veículos original do VISUM

Figura 32 – Tabela 3 da Planilha de Cálculo: Matriz OD de tempo original do VISUM

Figura 33 – Tabela 4 da Planilha de Cálculo: Matriz OD de distância original do VISUM

Na Figura 33 encontra-se a matriz mais relevante para o estudo: a matriz OD de pessoas. Ela é obtida multiplicando a matriz de veículos pela ocupação média dos veículos na cidade de São Paulo, que, de acordo com a CET é em torno de 1,4. Essa matriz é a base fundamental de todo o estudo e não se altera durante as mudanças propostas. O que isso implica é que, naturalmente, o número de pessoas viajando de um uma zona de origem para uma zona de destino não se altera. A mudança estará no aumento da ocupação média de cada veículo.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
1	Name	Oscar Frei Trianon	Campinas	Pamplona	Jardins	Clinicas	Pacaembu	Consolaç Masp	São Carlos	Bela Vista	Paraiso	Vila Olímpia	Chácara It Jardim Eur Jardim Pau Pinhei	Alto de Pin Vila Madal Zéquinha Sumaré	Perdizes	PUC										
2	1 Oscar Freire	64.28672	644.6047	0	283.2091	345.7583	326.2717	0	225.8723	0	69.49956	0	86.43769	144.3533	151.4141	309.2713	82.2849	532.2055	56.42952	26.15616	0	0	0	0	54	
3	2 Trianon	443.0574	0	314.4837	0	36.11605	0	67.76168	0	0	0	41.0995	0	60.75972	0	62.54925	31.27462	23.06061	0	0	0	0	70.11428	0		
4	3 Campinas	46.91594	241.5096	43.43698	0	286.684	145.5848	0	46.28256	59.5613	0	55.59933	1.4E-06	0.720079	17.26139	1.56871	53.86185	0	23.27058	0	13.49085	0	38			
5	4 Pamplona	0	234.1348	319.6961	90.34891	232.822	145.5848	0	0	133.0298	0	31.27462	0	0	100.8059	29.68841	0	38.23454	0	0	0	0	0	0	10	
6	5 Jardins	172.0103	41.6959	114.673	45.17446	128.836	111.1987	0	45.17446	0	22.58723	213.7099	85.13647	36.43948	107.7237	81.66152	41.6995	182.0824	34.38564	211.9734	9.114528	40.9555	0	11		
7	6 Clinicas	93.82387	99.03631	0	93.82387	90.34891	156.3731	0.02439	120.8605	0	0	0	174.8235	0	3.83945	20.84975	179.7875	465.6444	15.91019	646.3422	0	79.92404	0	208		
8	7 Pacaembu	0	33.0121	0	13.8998	6.83047	60.81177	12.2635	15.63731	7.939925	65.85485	0	0	0	4.711771	0	0.532811	6.770469	0.1602082	21.48542	12.14393	0	2.802446	12		
9	8 Consolação	0	90.34891	0	92.0863	198.0726	0	0	27.7994	91.61017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	104.6247	178
10	9 Masp	0	0	0	149.4238	0	0	0	0	0	133.7859	168.5355	0	0	0	15.18959	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	10 São Carlos do Pinhal	0	0	0	109.4621	109.4621	154.6356	97.29981	0	0	172.0104	130.3109	0	0	0	9.94540	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	11 Bela Vista	0	493.4441	0	116.4308	473.8568	469.7743	0	274.5217	0	0	0	220.6598	19.11227	0	0	111.1637	0	257.1469	0	0	0	0	0	0	0
13	12 Paraiso	0	50.38648	0	165.0605	66.0242	198.0726	0	0	0	0	34.74958	99.03631	72.97412	0	277.1924	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	13 Vila Olímpia	0	0.89304	13.53344	0	1.50893	13.49111	0	0	0	0	57.33681	0	3.144422	1.048141	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	14 Chácara Itaim	64.0716	352.7092	0	4.619174	104.2487	115.2564	0	0	2.463559	0	0	5.039716	0	1369.133	420.4699	2.94918	29.19821	7.486721	0	0	0	0	0	3.1	
16	15 Jardim Europa	0	81.66152	4.460772	194.0095	125.0984	20.84975	0	188.5225	1.432705	0	3.100017	115.0736	78.18656	140.4232	288.4215	48.64941	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	16 Jardim Paulistano	0	0	23.736	0	0	66.42626	0	30.81011	0	0	67.28082	0	0	184.1728	589.0504	189.3852	10.42487	85.13647	0	0	0	0	0	0	12
18	17 Picanco	176.4596	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19	18 Alto de Pinheiros	12.16235	2.450808	0.719568	0	441.3119	50.5023	1.099453	835.7262	0.002085	0	5.183152	0	4.364843	121.0651	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	19 Vila Madalena	0	137.1761	124.45	0	0	147.6857	0.233948	0	0	0	39.57455	209.1584	0	77.15377	191.9144	328.3835	177.0104	0	0	0	0	0	0	0	
21	20 Zéquima de Abreu	1.794351	0.238279	0.934051	5.614012	12.16235	228.31	0.340399	0	0	0	0	0	0	0	0.215825	135.9387	0.294094	31.05015	0	0	0	0	0	0	0
22	21 Sumaré	0	0	2.2862712	0	0	71.46519	67.76168	0	0	0	0	0	0	0	0.062398	1.301867	3.858553	0	0	0	0	0	0	0	
23	22 Perdizes	0	8.466122	0	0	187.1589	427.4198	0	5.752736	0	3.109599	13.27423	0.190312	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24	23 PUC	0	163.323	85.52926	0	66.0242	203.285	0	198.0726	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25	24 Vila Buarque	0	0	0	0	0	222.3973	0	0	137.2608	88.61143	0	0	0	43.43068	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
26	25 Centro de Maio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
27	26 Ladeira da Memória	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
28	27 Beixiga	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
29	28 Liberdade	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
30	29 Centro Cultural	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
31	30 Ana Rosa	0	0.32031	0	0	200.0262	7.605104	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
32	31 Rodrigues Alves	0	0.542771	0	0	34.93955	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
33	32 DISTRITO DE MOEMA LESTE	8.687395	71.23664	12.16235	92.0863	3.474958	38.22454	97.94071	6.53109	31.21762	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.4	
34	33 Vila Nova Conceição	0.55845	2.109645	39.96202	0	267.5718	1.43217	0	0	17.37479	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	
35	34 DISTRITO DO ITAIM BIBI LESTE	0	0	58.00046	0	111.1987	58.00734	0	0	0.290426	58.75026	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Figura 34 – Tabela 5 da Planilha de Cálculo: Matriz OD de pessoas

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
1	Name	Oscar Frei Trianon	Campinas	Pamplona	Jardins	Clinicas	Pacaembu	Consolaç Masp	São Carlos	Bela Vista	Paraiso	Vila Olímpia	Chácara It Jardim Eur Jardim Pau Pinhei	Alto de Pin Vila Madal Zéquinha Sumaré	Perdizes	PUC										
2	1 Oscar Freire	0.1171	0.053103	-0.4905	-0.29956	-0.15916	-0.09297	-0.69194	-0.54718	-0.52302	-0.64459	-0.103477	-0.7093	-1.33264	-1.19002	-0.87653	-0.34839	-1.35								
3	2 Trianon	0.053103	0.1171	-0.21263	-0.27267	-0.28351	-0.290495	-0.28233	-0.177	-0.11342	-0.136761	-0.7569	-0.47164	-1.30575	-1.16313	-1.00148	-0.52579									
4	3 Campinas	0	0	-0.31764	-0.31764	-0.1171	-0.1171	-0.05789	-0.39862	-0.72409	-0.69399	-0.49240	-0.11455	-0.11455	-0.11455	-0.11455	-0.11455	-0.11455	-0.11455	-0.11455	-0.11455	-0.11455	-0.11455	-0.11455		
5	4 Pamplona	0	0	-0.23426	-0.35636	0.065071	0.1171	-0.05789	-0.39862	-0.72409	-0.69399	-0.49240	-0.11455	-0.11455	-0.11455	-0.11455	-0.11455	-0.11455	-0.11455	-0.11455	-0.11455	-0.11455	-0.11455	-0.11455		
6	5 Jardins	0	0	-0.07331	-0.49027	-0.33659	-0.33636	0.1171	-0.17478	-0.78654	0.1171	-0.11443	-0.11443	-0.11443	-0.11443	-0.11443	-0.11443	-0.11443	-0.11443	-0.11443	-0.11443	-0.11443	-0.11443	-0.11443		
7	6 Clinicas	0	0	-0.05499	-0.9212	-0.157048	-1.27478	-0.78654	0.1171	-0.66302	-0.49402	-0.149402	-0.149402	-0.149402	-0.149402	-0.149402	-0.149402	-0.149402	-0.149402	-0.149402	-0.149402	-0.149402	-0.149402	-0.149402		
8	7 Pacaembu	0	0	-0.08974	-0.59823	-0.10845	-1.11671	-1.3382	-0.11382	-0.11382	-0.11382	-0.11382	-0.11382	-0.11382	-0.11382	-0.11382	-0.11382	-0.11382	-0.11382	-0.11382	-0.11382	-0.11382	-0.11382	-0.11382		
9	8 Consolação	0	0	-0.08976	-0.05451	-0.56725	-0.64186	-0.65891	-0.07287	0.10435	-0.1171	-0.1171	-0.1171	-0.1171	-0.1171	-0.1171	-0.1171	-0.1171	-0.1171	-0.1171	-0.1171	-0.1171	-0.1171	-0.1171		
10	9 Masp	0	0	-0.03651	-0.20301	-0.40433	-0.09158	-0.30813	-0.38659	-0.3013																

Figura 36 – Tabela 7 da Planilha de Cálculo: Utilidade do uso compartilhado (*carpool*)

Para o cálculo da probabilidade foram utilizadas o conjunto de equações (6) indicadas na seção 3.5 referente ao modelo Logit Binomial.

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
2	Name	Oscar Freire	Trianon	Campinas	Pampulha	Jardins	Clinicas	Pacaembu	Consolação	Masp	São Carlos	Bela Vista	Paraiso	Vila Olímpia	Chácara Itaim	Jardim Europa	Jardim Paulistano	Pinheiros	Alto de Pinheiros	Vila Madalena	Alto de Pir	Vila Madalena	Zéquinha de Abreu
3	Oscar Freire	27%	27%	25%	26%	26%	24%	25%	25%	24%	23%	24%	22%	23%	24%	25%	22%	22%	22%	26%	26%	26%	
4	Trianon	27%	27%	26%	26%	26%	26%	26%	26%	25%	24%	25%	22%	23%	23%	25%	22%	21%	21%	25%	25%	25%	25%
5	Campinas	25%	26%	27%	27%	25%	24%	25%	25%	27%	25%	26%	23%	23%	24%	24%	21%	20%	24%	24%			
6	Pampulha	26%	25%	27%	27%	26%	25%	24%	24%	26%	25%	27%	24%	24%	25%	25%	21%	21%	25%	24%			
7	Jardins	26%	25%	25%	26%	27%	26%	23%	23%	23%	24%	23%	25%	25%	25%	25%	26%	26%	26%	24%	25%	25%	25%
8	Clinicas	26%	24%	22%	22%	24%	27%	24%	22%	22%	21%	20%	21%	21%	21%	22%	23%	23%	23%	27%	26%	26%	26%
9	Pacaembu	26%	25%	23%	23%	26%	27%	27%	23%	23%	22%	23%	20%	20%	21%	21%	22%	23%	23%	23%	27%	26%	26%
10	Consolação	26%	26%	25%	24%	26%	27%	27%	25%	24%	23%	24%	21%	22%	22%	25%	22%	21%	25%	25%	25%	25%	26%
11	Masp	26%	26%	25%	26%	26%	25%	26%	27%	27%	24%	25%	23%	23%	24%	24%	21%	21%	25%	25%	25%	25%	25%
12	São Carlos do Pinhal	25%	25%	27%	26%	25%	25%	25%	26%	26%	27%	26%	23%	23%	24%	24%	20%	20%	24%	24%			
13	Bela Vista	25%	25%	27%	26%	25%	25%	24%	24%	25%	27%	27%	27%	27%	27%	27%	23%	23%	23%	23%	23%	23%	24%
14	Paraiso	25%	25%	27%	27%	25%	24%	24%	24%	24%	26%	26%	27%	27%	24%	23%	23%	24%	20%	20%	23%	23%	23%
15	Vila Olímpia	23%	22%	23%	24%	25%	23%	20%	20%	21%	22%	21%	23%	27%	27%	25%	23%	21%	21%	23%	22%		
16	Chácara Itaim	25%	24%	24%	25%	26%	24%	22%	22%	23%	22%	24%	27%	27%	27%	26%	24%	22%	22%	24%	24%	24%	24%
17	Jardim Europa	25%	24%	24%	25%	26%	24%	22%	22%	23%	22%	24%	27%	27%	27%	26%	24%	22%	22%	24%	24%	24%	24%
18	Jardim Paulistano	25%	24%	24%	25%	26%	22%	22%	22%	23%	22%	24%	26%	26%	27%	27%	26%	25%	25%	25%	26%	26%	24%
19	Pinheiros	23%	22%	21%	23%	24%	25%	22%	20%	20%	21%	20%	21%	23%	23%	25%	27%	27%	25%	26%	24%	24%	24%
20	Alto de Pinheiros	19%	18%	19%	20%	19%	18%	17%	17%	18%	16%	18%	20%	20%	21%	25%	23%	27%	24%	20%			
21	Vila Madalena	24%	23%	21%	21%	23%	27%	25%	22%	21%	21%	20%	21%	21%	21%	21%	22%	27%	25%	25%	27%	26%	
22	Zéquinha de Abreu	25%	23%	22%	23%	26%	25%	23%	22%	20%	20%	21%	20%	21%	20%	21%	26%	23%	22%	26%	27%		
23	Sumaré	24%	23%	21%	21%	23%	26%	25%	22%	21%	21%	20%	21%	19%	20%	21%	25%	22%	22%	26%	27%		
24	Perdizes	24%	22%	21%	21%	22%	26%	25%	22%	21%	20%	21%	19%	19%	19%	21%	25%	22%	22%	26%	27%		
25	PUC	26%	24%	22%	22%	23%	26%	26%	26%	22%	21%	22%	26%	27%	27%	27%	25%	22%	22%	26%	26%	27%	
26	Vila Buarque	25%	25%	24%	25%	25%	26%	27%	26%	23%	22%	24%	22%	22%	23%	21%	21%	21%	25%	25%	25%	25%	
27	Treze de Maio	25%	25%	25%	26%	25%	24%	25%	25%	27%	24%	23%	25%	23%	23%	24%	24%	20%	20%	24%	24%		
28	Ladeira da Memória	24%	24%	24%	25%	24%	24%	24%	24%	26%	23%	24%	22%	22%	23%	23%	20%	19%	23%	23%			
29	Beixiga	25%	25%	26%	26%	25%	24%	25%	25%	26%	26%	27%	26%	26%	23%	23%	23%	20%	20%	24%	24%		
30	Liberdade	22%	23%	24%	24%	23%	22%	22%	23%	23%	25%	25%	26%	21%	21%	21%	21%	18%	18%	22%	22%		
31	Centro Cultural	24%	25%	26%	26%	23%	24%	24%	24%	25%	27%	27%	27%	23%	23%	23%	23%	20%	19%	23%	23%		
32	Ana Rosa	23%	23%	24%	24%	23%	23%	23%	23%	25%	25%	26%	26%	25%	23%	23%	22%	22%	22%	22%	22%		
33	Rodrigues Alves	23%	23%	24%	24%	23%	23%	23%	23%	25%	25%	26%	26%	25%	23%	23%	23%	19%	19%	23%	23%		
34	DISTRITO DE MOEMA LESTE	25%	24%	25%	26%	25%	25%	23%	23%	25%	25%	26%	26%	26%	24%	24%	21%	21%	21%	25%	23%		
35	Vila Nova Conceição	24%	22%	23%	24%	25%	23%	21%	21%	21%	23%	22%	24%	27%	26%	25%	23%	21%	21%	23%	23%		
36	DISTRITO DO ITAIM BIBI LESTE	23%	22%	22%	23%	22%	24%	20%	20%	20%	22%	21%	23%	26%	26%	24%	22%	21%	21%	22%			
37	Berrini	23%	22%	23%	23%	23%	24%	21%	21%	22%	23%	24%	24%	25%	26%	26%	24%	23%	23%	23%	23%		
38	Joqueli Clube	24%	22%	22%	23%	23%	24%	21%	21%	22%	23%	24%	24%	25%	26%	26%	24%	24%	24%	23%	22%		
39	DISTRITO DO BUTANTÃ SUL	22%	21%	20%	22%	23%	23%	21%	19%	19%	20%	19%	20%	20%	20%	20%	25%	24%	24%	25%	24%	23%	
40	Cidade Universitária	22%	20%	20%	22%	23%	22%	20%	19%	19%	20%	19%	20%	20%	20%	20%	23%	24%	24%	26%	26%	24%	
41	Boaçava	23%	22%	20%	21%	22%	25%	24%	20%	20%	19%	20%	22%	22%	22%	24%	24%	24%	24%	26%	25%	25%	
42	Vila Beatriz	19%	18%	19%	20%	18%	17%	17%	18%	16%	18%	20%	18%	18%	20%	20%	21%	23%	23%	27%	25%	20%	

Figura 37 – Tabela 8 da Planilha de Cálculo: Probabilidade do uso compartilhado (*carpool*)

As duas tabelas seguintes apresentam o número de pessoas que utilizam *carpool* e o número de pessoas que continuam utilizando o transporte individual. Esses valores são obtidos, respectivamente, multiplicando a probabilidade do uso de *carpool* pela matriz OD de pessoas

(Tabela 5) e a probabilidade de uso individual (isto é, um menos a probabilidade do uso compartilhado) também pela matriz OD de pessoas (Tabela 6).

Figura 38 – Tabela 9 da Planilha de Cálculo: Matriz OD de pessoas que utilizam *carpool*

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
1																				
2	Name		Oscar Frei Trianon	Campinas	Pamplona	Jardins	Clinicas	Pacaembu	Consolação	Masp	São Carlos	Bela Vista	Paraiso	Vila Olímpia	Chácara It	Jardim Eui	Jardim Pi			
4	Oscar Freire		46.93156	471.9329	0	210.7078	255.6134	240.4448	0	169.9286	0	52.49663	0	65.4636	127.6334	116.1666	235.9358	61.3395		
5	Trianon		324.3744	0	233.0912	0	26.85429	0	0	49.99626	0	0	31.26097	0	46.87771	0	46.9920			
6	Campinas		35.01248	179.8528	31.71051	0	213.8194	110.1725	0	34.91793	71.6626	0	0	40.95771	1.08E-06	0.553392	13.16138	1.19258		
7	Pamplona		0	167.1877	233.9334	65.95786	171.3228	0	0	101.1398	0	23.0194	0	40.78817	0	76.42915	23.35511			
8	Jardins		126.6571	31.28727	86.22251	33.20824	92.59469	82.33401	0	34.82358	0	17.09757	164.6427	63.99103	27.37169	80.42163	60.52539	30.8813		
9	Clinicas		69.02332	75.70357	0	72.74016	68.6604	14.1578	0.154396	94.53466	0	0	0	137.6682	0	0	3.03589	16.22358	132.48	
10	Pacaembu		0	24.89169	0	10.708	5.243958	44.77418	8.878943	11.46823	6.117725	50.98285	0	0	0	3.753213	0	0.39806		
11	Consolação		0	66.4809	0	69.55175	149.6858	0	0	20.29475	69.07507	0	0	0	0	0	0	34.1422		
12	Masp		0	0	111.6917	0	0	0	0	97.66838	127.4343	0	0	0	0	11.63589	0			
13	São Carlos do Pinhal		0	0	0	80.53676	82.0666	116.5681	73.08511	0	126.6833	95.13154	0	0	0	7.666-05	0			
14	Bela Vista		0	370.4316	0	85.76014	353.39	357.6742	0	206.7698	0	0	161.0894	14.02768	0	0	0	85.30624		
15	Paraiso		0	37.78183	0	121.0899	49.49352	150.7087	0	0	0	25.71642	73.30965	53.27366	0	0	21.20523	0		
16	Vila Olímpia		0	0.694766	10.45626	0	37.89182	1.798951	0	1.200858	0	0	0	0	41.85787	0	0	14.36689		
17	Chácara Itaim		48.19079	269.7278	0	3.045344	76.99975	8.511875	0	0	1.924005	0	0	0	0	0	0	309.6723	2.23107	
18	Jardim Europa		0	62.05585	3.411608	1.453367	92.49709	15.52422	0	147.0327	1.116279	0	0	2.426574	87.98552	57.79222	106.596	164.8947	110.134	
19	Jardim Paulistano		0	0	18.25259	0	0	48.91721	0	1435.879	0	0	0	0	51.75202	0	0	135.730	429.994	
20	Pinheiros		135.8709	0	0	0	0	246.3999	0	0	0	0	0	0	0.620397	0	0	0		
21	Alto de Pinheiros		9.804207	2.003803	0.590597	0	352.0007	70.75181	1.640525	696.451	6.665774	0	4.312834	0	0.590166	10.71369	72.48375	139.048		
22	Vila Madalena		0	106.1497	98.12008	0	0	108.5156	0.175954	0	0	0	0	31.72358	165.8451	0	0.612868	146.978	240.917	
23	Zéquinha de Abreu		1.347337	0.183147	0.731805	4.403978	9.375521	168.3235	0.254132	0	0	0	0	0	0	0	0.172505	106.9891	0.21845	
24	Sumaré		0	1.749598	0	0	55.35032	50.21228	0	0	0	0	0	1.486433	1.507984	0	0.050138	0	0.97376	
25	Perdizes		0	6.567613	0	0	0.145.4253	317.8991	0	4.492307	0	2.471133	10.66412	0.151249	0	3.966779	0			
26	PU		0	124.3979	66.43972	0	51.09684	150.6698	0	146.2222	0	69.97881	0	72.11739	11.480409	0.730831	0	0.52113		
27	Vila Buarque		0	0	0	166.4143	0	165.7945	0	100.6775	65.64849	0	0	33.08513	0	0	46.34422			
28	Treze de Maio		0	0	0	0	0	419.8125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
29	Ladeira da Memória		0	0	0	0	16.90234	0	0	0	59.60986	0	0	0	0	0	0	10.12163		
30	Bexiga		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.863073	0	0	0		
31	Liberdade		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.74-06			
32	Centro Cultural		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.55E-06		
33	Ana Rosa		0	0.247281	0	0	0.152.6494	5.878514	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15.78122		
34	Rodrigues Alves		0	1.19073	0	0	0	26.91279	0	29.35243	24.0159	23.51332	0	0	0	0	0	74.68605		
35	DISTRITO DE MOEMA LESTE		6.512805	54.34784	9.102137	67.85409	2.583699	28.85674	7.548169	5.051513	24.06752	0	0	0	0	89.26171	6.56488			
36	Vila Nova Conceição		0.426385	1.638087	30.71635	0	200.7848	1.107453	0	0	13.70009	0	0	0	0	0	0	95.78665	0.57790	
37	DISTRITO DO ITAIM BIBI LESTE		0	45.08183	0	0	0.84.38396	45.01443	0	1.675484	46.79871	0	0	0	0	0	0	0	140.4526	4.87512

Figura 39 – Tabela 10 da Planilha de Cálculo: Matriz OD de pessoas que continuam utilizando o carro (transporte individual)

Por fim, obtém-se a “Matriz de Veículos_2”. Para tal, multiplica-se cada célula da matriz OD de pessoas de uso individual por 1,4 (ocupação média da cidade de São Paulo) e soma-se com

a multiplicação de cada célula da matriz OD de pessoas de *carpool* pela ocupação adotada (foram realizadas sensibilidades para 2, 2,5 e 3).

Matriz Veículos 2_{ij}

$$= \frac{\text{Matriz pessoas solo}_{ij}}{1,4} + \frac{\text{Matriz pessoas carpool}_{ij}}{[\text{Ocupação adotada (2, 2,5 ou 3)}]} \quad (10)$$

Figura 40 – Tabela 11 da Planilha de Cálculo: “Matriz OD Veículos_2” (calculada)

Nesse ponto, a nova matriz OD de veículos é importada para o VISUM, substituindo a matriz OD de veículos original. A lista de procedimentos, apresentada na sequência, é repetida no software em busca do novo equilíbrio.

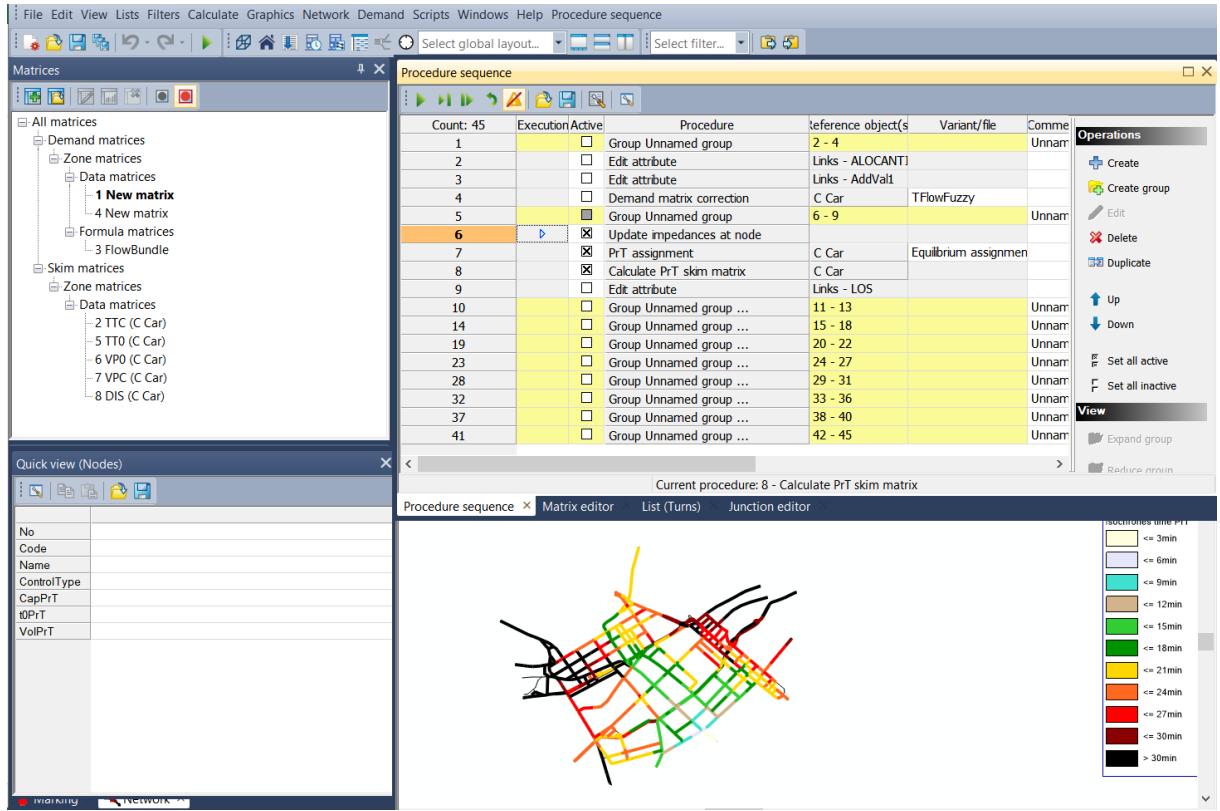


Figura 41 – Sequência de procedimentos realizada no software VISUM (procedimentos realizados de forma iterativa marcados com X)

Após a execução da sequência de procedimentos, uma nova matriz OD de tempo de viagem é gerada pelo software e novamente exportada para o Excel.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
1.	88 x 88			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
2.	Name			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
3.			Sum	Oscar Freire	Trianon	Campinas	Pampulha	Jardins	Clinicas	Pacaembu	Consolação	Masp	S. Carlos	Bela Vista	Paraiso	Vila Olímpia	Chácara Icá	Jardim Eur	Pinheiros	Alto de F		
4.	1 Oscar Freire		1240.541	0	1320.299	1323.917	1264.64	1188.823	1096.902	2.421733	6.848056	4.940607	4.764966	6.778349	7.942249	7.504617	12.702383	11.10836	7.919181	4.91360	11.07671	14.5066
5.	2 Trianon		1222.255	0.8	0	5.191673	4.003516	3.010407	2.421733	6.848056	4.940607	4.764966	6.778349	7.942249	7.504617	12.702383	11.10836	7.919181	4.91360	11.07671	14.5066	
6.	3 Campinas		1178.674	4.314546	3.664546	0	3.65	4.14665	2.747552	6.233094	5.350677	4.052841	1.156465	4.054514	2.013051	10.795712	9.424914	8.268236	8.508408	15.875762	18.60786	
7.	4 Pampulha		1133.459	3.447205	4.147879	0.65	0	5.197955	7.054511	6.172094	5.489508	1.79181	6.706062	4.615514	1.366667	8.670899	7.078119	5.92144	6.161613	13.62526	16.26109	
8.	5 Jardins		1082.226	2.045198	5.311317	4.557979	1.751426	0	3.486814	10.617687	9.794587	7.905208	6.566341	7.919181	5.439405	5.728673	4.135893	2.979234	11.664899	13.41318		
9.	6 Clinicas		1367.972	2.083369	7.297618	12.031955	10.501134	7.134692	0	6.008254	11.490347	11.609747	13.61863	16.634511	14.002325	15.455494	13.863458	10.763267	2.422018	7.933081		
10.	7 Pacaembu		1361.99	2.470514	4.796864	8.543392	9.508514	10.450985	2.220478	0	1.28333	8.121282	10.130068	12.415051	10.173806	18.20614	16.61236	13.81016	5.30796	11.971581	13.71651	
11.	8 Consolação		1242.359	2.473587	1.550208	5.526121	6.702324	7.644795	2.323552	1.28333	0	7.030914	7.112797	10.128678	7.974851	15.39995	13.80717	12.631071	6.029918	12.185728	15.74881	
12.	9 Masp		1166.813	4.184523	2.852398	4.606424	2.343203	4.27016	5.170403	4.128944	1.075379	0	7.071556	10.296412	5.944709	11.141233	9.548452	8.391774	8.631946	15.032579	17.05154	
13.	10 São Carlos do Pinhal		1156.216	5.182984	4.489864	1.17693	2.02861	5.395511	6.807013	5.765582	2.719444	1.792349	0	0.95	2.485072	10.83872	10.066773	9.81009	10.050266	16.669145	18.68814	
14.	11 Bela Vista		1202.316	6.370468	5.720468	1.688133	2.345527	5.712178	8.73181	7.330532	5.126652	4.202957	0.95	0	1.521244	11.721125	11.283439	10.126761	10.366933	14.410133	20.25295	
15.	12 Paraíso		1217	5.818905	5.168905	1.443714	1.366667	5.091125	3.016178	8.075537	7.19312	6.732405	2.997088	2.377335	0	9.059259	9.889549	9.505707	9.74588	16.18979	18.805836	
16.	13 Vila Olímpia		1233.445	9.281888	12.548009	10.304509	8.263764	5.633339	10.795757	16.93966	16.054548	14.417637	11.858511	13.069693	9.439851	0	1.033333	10.719837	12.228017	12.91825		
17.	14 Chácara Itaim		1485.01	6.250651	9.517084	8.039609	5.232527	2.602101	8.0014	15.126216	14.000042	11.38639	12.722623	8.92082	1.033333	0	2.20851	8.936253	10.748418	11.42771		
18.	15 Jardim Europa		1135.203	2.051704	7.765865	9.036669	6.230159	3.283879	4.366652	13.240426	12.249135	12.077993	10.6271	13.85191	9.500253	3.253235	1.724331	0	2.409696	10.521942	7.93199	
19.	16 Jardim Paulistano		1226.835	5.789057	9.277225	5.988719	7.312952	3.610658	2.192964	7.849941	13.271767	13.466815	11.142721	14.367577	10.015784	7.652109	6.467037	2.422587	0	1.466667	5.618166	
20.	17 Pinheiros		1313.287	10.672982	14.399811	14.447076	12.560033	8.488465	5.81746	11.923217	17.345495	16.981028	19.079803	15.190588	14.845412	10.90412	9.719048	5.674599	1.466667	0	6.21646	
21.	18 Alto de Pinheiros		1901.298	19.082137	22.854141	22.881096	21.014609	16.903035	16.74521	22.859096	26.564184	27.163873	24.350958	23.569909	16.091744	14.069672	11.831707	5.667897	6.670126	0		
22.	19 Vila Madalena		1318.622	6.743324	9.218067	13.653206	8.776282	1.816667	5.300662	10.72294	12.731039	14.721129	14.721128	14.721128	14.721128	14.721128	14.721128	14.721128	14.721128	14.721128		
23.	20 Zéquinha de Abreu		1376.752	5.413598	7.888339	11.823997	12.79254	10.523641	2.500469	3.979370	14.993212	14.120181	13.410067	16.65905	13.453805	17.817579	16.224796	13.124403	3.793972	10.348434	12.09246	
24.	21 Sumaré		1466.003	6.507939	8.982684	12.917177	13.88285	11.306809	3.626309	5.06528	10.487558	15.484812	14.548512	16.789395	15.484812	13.81016	15.181424	17.588644	14.488258	5.15782	11.711325	13.45626
25.	22 Perdizes		1513.326	7.591127	10.066017	14.00107	14.966193	12.39022	4.347049	6.148613	11.570772	13.578959	15.588351	17.877278	15.613184	19.664757	18.071977	14.971592	5.641153	12.194659	13.39395	
26.	23 PUC		1338.7	4.74568	7.344003	11.27966	12.244178	11.823641	3.800566	3.283333	3.15	10.856945	12.866337	13.150174	12.90047	19.117576	17.524796	14.424441	5.039972	11.647477	13.39246	
27.	24 Vila Buarque		1239.804	5.212579	4.245505	7.948873	5.68165	7.608609	5.062543	4.672068	1.316667	3.081763	9.550911	12.566791	9.283158	14.479682	12.886901	11.730223	8.76897	14.92472	17.47208	
28.	25 Treze de Maio		1254.926	7.357871	6.318298	6.046757	3.783533	5.710493	8.077455	7.035997	4.245582	8.057237	8.511884	11.736745	7.385052	12.581562	10.988785	9.83210	10.072279	17.356922	19.95863	
29.	26 Ladeira da Memória		1378.884	9.272654	8.233081	7.96154	5.698316	7.625276	9.992238	8.95078	8.403493	3.098429	10.426771	13.651528	9.299825	14.496349	12.903568	11.746889	11.987062	14.451705	21.87341	
30.	27 Bixiga		1165.766	6.97198	5.639864	3.23693	3.061943	6.284845	7.956968	6.915509	3.861944	2.04738	1.616667	2.016667	4.03953	12.61209	12.000106	10.843427	11.0836	17.819145	19.83814	
31.	28 Liberdade		1338.325	10.66451	10.01451	6.289319	6.63931	10.006221	10.99820	9.747682	8.827897	4.01423	3.730897	3.748635	14.636022	15.460912	14.420803	14.669976	17.317507	23.92084		
32.	29 Centro Cultural		1245.74	7.450593	6.805093	3.069076	3.42990	6.796804	9.39201	8.350562	6.307313	5.387613	1.716667	1.366667	1.603221	11.421205	12.251495	11.211386	14.551559	18.25658	21.27326	
33.	30 Ana Rosa		1299.679	10.24254	9.64717	7.074905	7.634434	7.07491	10.37738	10.364869	9.817581	8.708616	6.621198	4.572646	3.115302	5.583333	7.398704	9.564	10.565623	18.916955	20.66513	
34.	31 Rodrigues Alves		1250.573	9.128579	9.563837	6.991571	5.751101	5.954825	6.921116	10.281535	9.734248	8.625823	5.53808	4.489913	3.031969	4.416667	6.323037	8.397334	9.484956	17.801751	19.54847	
35.	32 DISTRITO DE MOEMA LESTE		1181.808	5.233354	8.499475	4.891361	6.216667	3.683549	5.984103	11.521384	10.640767	9.174074	14.447355	7.572646	2.85	2.8	3.781195	5.946491	8.338304	15.41204	17.40373	
36.	33 Vila Nova Conceição		1290.128	8.378554	11.644675	8.806716	7.636047	4.730005	9.394265	15.439227	14.55681	13.08953	10.360778	12.471213	7.942118	14.33333	12.716913	4.703564	2.922104	13.908728	14.548856	
37.	34 DISTRITO DO ITAIM BIBI LESTE		1380.198	11.455657	14.721778	12.304509	10.437534	7.807108	12.232588	18.9369	18.054543	16.85919	13.858511	15.968963	11.439851	2.366667	3.0562	5.830761	12.719837	13.675748	14.35512	

Figura 42 - Tabela 12 da Planilha de Cálculo: Matriz OD de tempo de viagem

Em seguida, as duas matrizes de tempo (tabela 3 e tabela 12), são comparadas, a fim de verificar se houve redução (ou aumento) significativo no tempo de viagem quando adotado o uso de *carpool*.

Para se estudar o equilíbrio estável entre os viajantes de *carpool* e os de uso individual é preciso repetir o procedimento acima de forma iterativa. Para encontrar o equilíbrio, foi desenvolvida uma tabela que calcula as diferenças entre os tempos das Tabela 3 e da Tabela 12. A cada nova iteração a Tabela 12 é copiada para Tabela 3, e todo o processo de cálculo e de sequência de procedimentos no VISUM é repetido. A diferença entre os tempos de viagem da Tabela 3 e da Tabela 12 são apresentadas em uma nova tabela (Tabela 13) em forma de planilha Excel.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Name		Oscar Freire	Trianon	Campinas	Pamplona	Jardins	Clínicas	Pacaembu	Consolação	Masp	São Carlos	Bela Vista	Paraíso	Vila Olímpia	Chácara Itaim	Jardim Europa	Jardim Eur Jardim	
2			0	0	-3.895435	-2.079734	-0.916881	-0.336334	-5.14084	-5.179833	-4.883128	-4.607774	-7.59158	-4.711204	-8.563316	-8.141181	-7.172745	-1.62	
3			0	0	-2.265033	-2.079734	-1.180189	-1.233141	-1.555034	-0.849374	-1.297324	-2.977372	-5.961178	-3.460333	-8.564559	-8.14118	-6.96828	-2.40	
4	Oscar Freire																		
5	Trianon																		
6	Campinas																		
7	Pamplona																		
8	Jardins																		
9	Clínicas																		
10	Pacaembu																		
11	Consolação																		
12	Masp																		
13	São Carlos do Pinhal																		
14	Bela Vista																		
15	Paraisópolis																		
16	Vila Olímpia																		
17	Chácara Itaim																		
18	Jardim Europa																		
19	Jardim Paulistano																		
20	Pinheiros																		
21	Alto de Pinheiros																		
22	Vila Madalena																		
23	Zéguinheira de Abreu																		
24	Sumaré																		
25	Perdizes																		
26	PUC																		
27	Vila Buarque																		
28	Treze de Maio																		
29	Ladeira da Memória																		
30	Bexiga																		
31	Liberdade																		
32	Centro Cultural																		
33	Ana Rosa																		
34	Rodrigues Alves																		
35	DISTRITO DE MOEMA LESTE																		
36	Vila Nova Conceição																		
37	DISTRITO DO ITAIM BIBI LESTE																		
	Probabilidade_CarPool		Matriz OD Carpool Pessoas		Matriz OD Solo Pessoas		Matriz OD Veículos_2		Matriz Tempo Visum_2		Diferença		Histograma						

Figura 43 – Tabela 13 da Planilha de Cálculo: Diferença entre os tempos de viagem das matrizes originais (tabela 3) e nova (tabela 12)

Um histograma (Tabela 14 na Figura 44) foi desenvolvido para verificar os valores apresentados na Tabela 13, o que ajudaria a entender quando o modelo atingiu o equilíbrio. Como critério de parada das iterações foi utilizado a concentração do histograma nos valores mais próximos de zero (Tabela 14 na Figura 45).



Figura 44 – Tabela 14 da Planilha de Cálculo: Histograma das diferenças de tempo entre a matriz original e a matriz que considera o uso de caronas (Primeira iteração)



4. RESULTADOS

4.1. Tempo de Viagem

Após aplicado o método descrito na seção 3.8, os resultados obtidos mostraram que, em todos os cenários estudados – para as três ocupações (2, 2,5 e 3 indivíduos por veículo) e para todos os atrasos (entre 2 e 10 minutos) – há sempre uma redução significativa do tempo de viagem do sistema, variando entre 150 e 350 horas, enquanto que o aumento deste tempo é irrigoso, ficando na ordem de 0,001 minutos. Cabe salientar que o tempo de viagem refere-se ao tempo total de viagem no veículo, sem adicionar o tempo de espera nos cenários sucessivos.

Como esperado, a redução de tempo é mais significativa quanto maior a flexibilidade e quanto menor o tempo de espera de embarque de passageiro. Além disso, ocupações maiores indicam maiores reduções de tempo de viagem.

Na Figura 46, Figura 47, Figura 48, Figura 49, Figura 50 e Figura 51 estão apresentadas as reduções totais de tempo de viagem do sistema, para diferentes ocupações e flexibilidades.

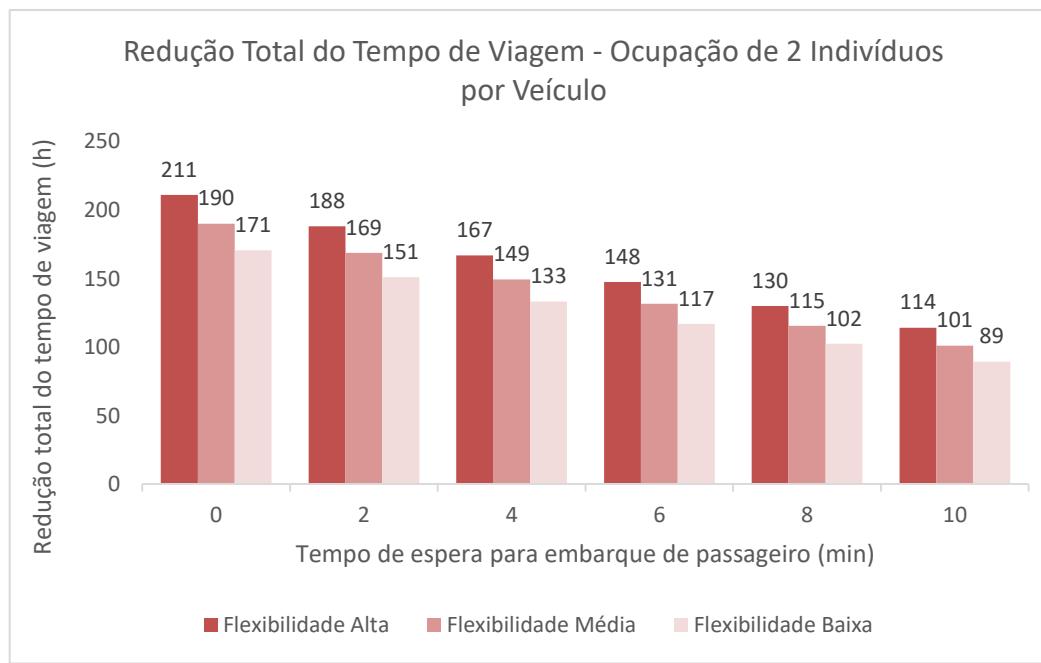


Figura 46 – Gráfico: Redução total do tempo de viagem pelo tempo de espera para embarque de passageiro para ocupação de 2 indivíduos por veículo.

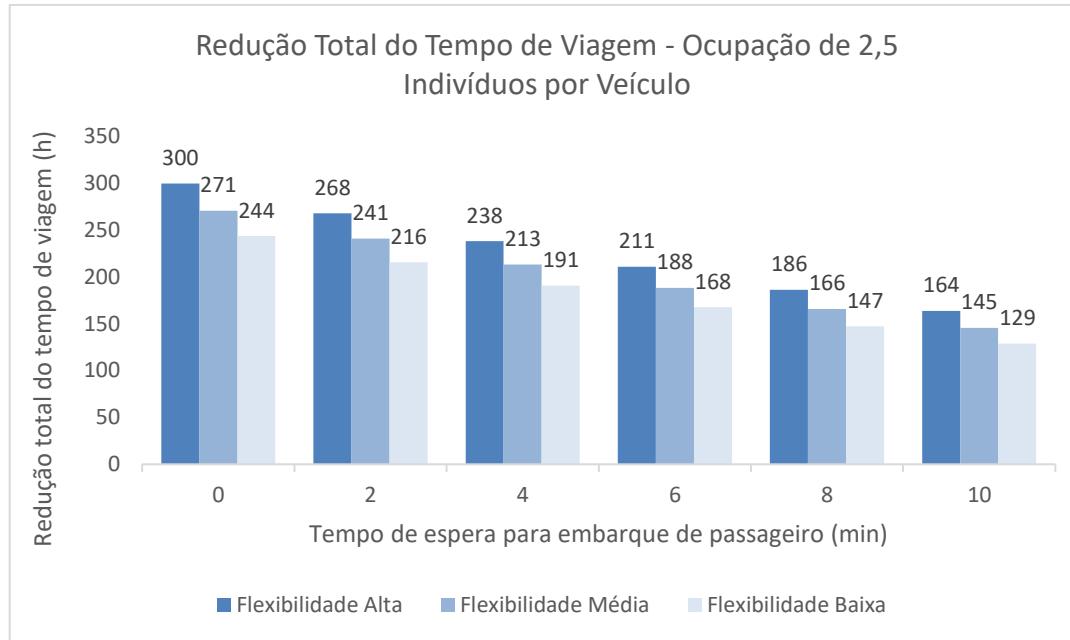


Figura 47 - Gráfico: Redução total do tempo de viagem X Tempo de espera para embarque de passageiro para ocupação de 2,5 indivíduos por veículo

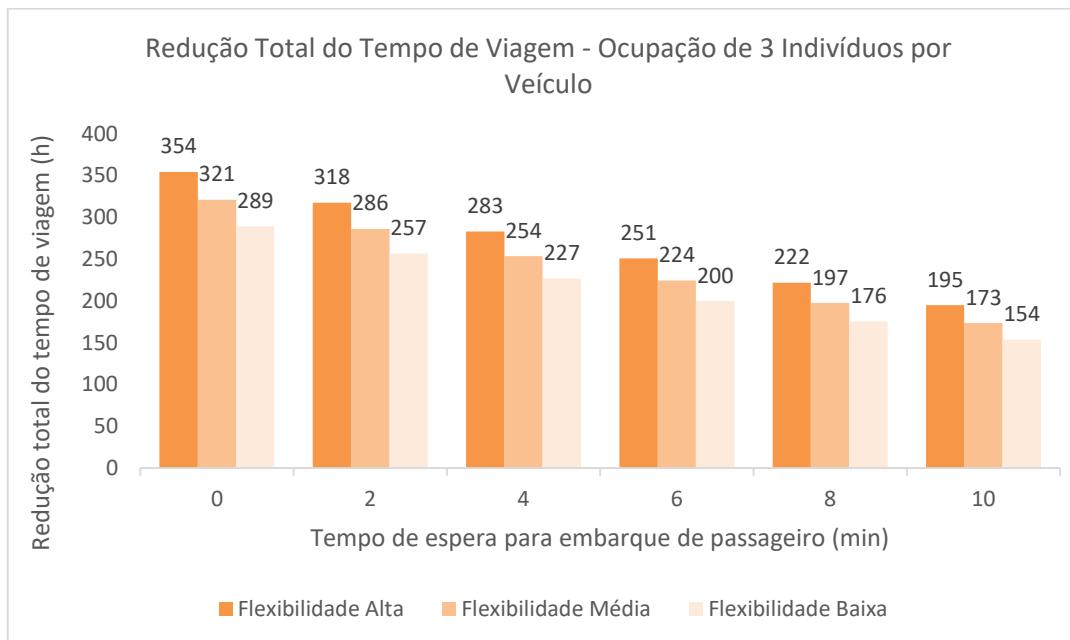


Figura 48 - Gráfico: Redução total do tempo de viagem X Tempo de espera para embarque de passageiro para ocupação de 3 indivíduos por veículo

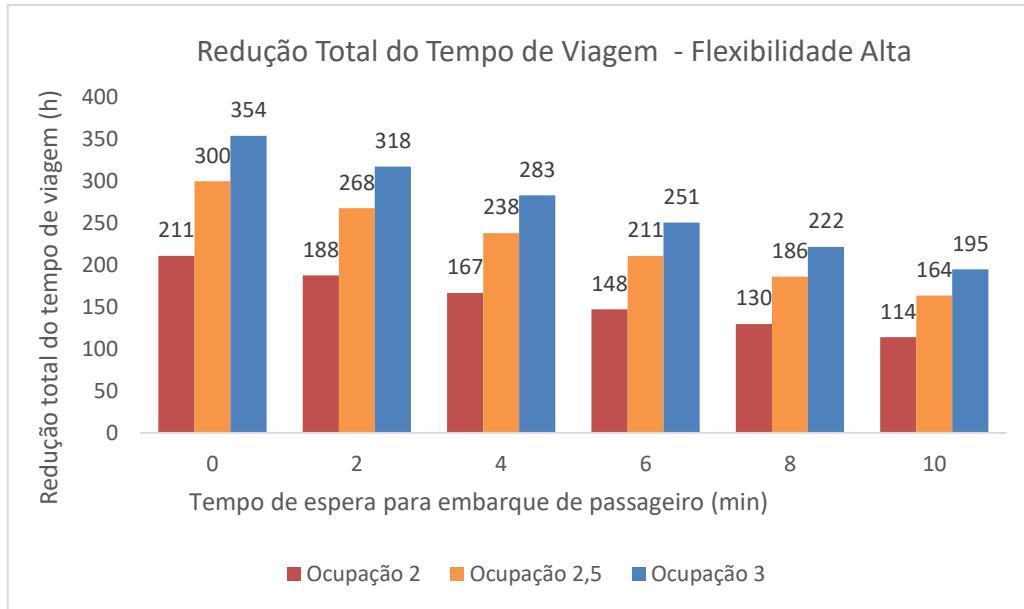


Figura 49 - Gráfico: Redução total do tempo de viagem X Tempo de espera para embarque de passageiro para flexibilidade alta

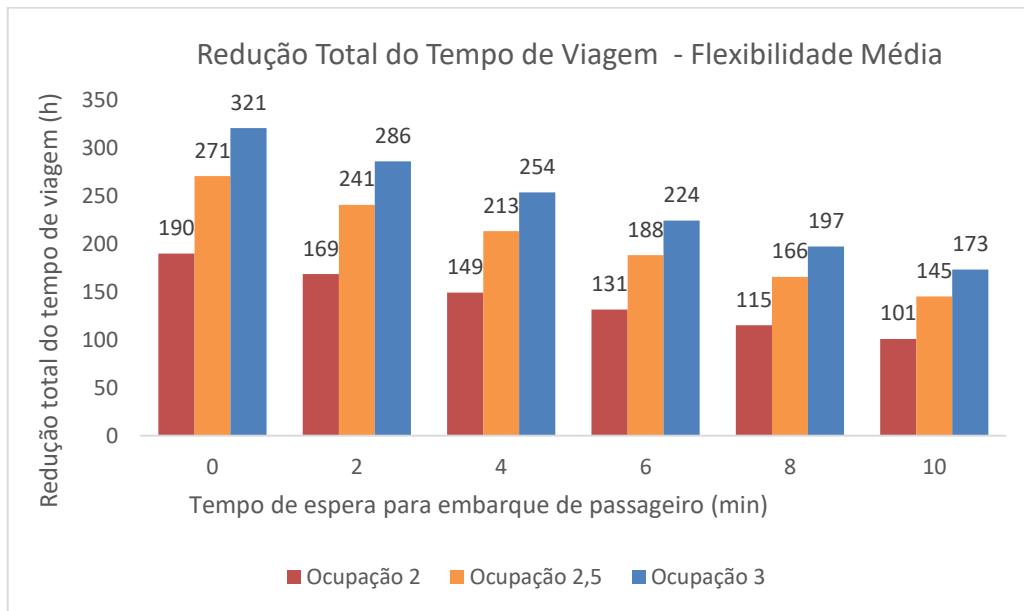


Figura 50 - Gráfico: Redução total do tempo de viagem X Tempo de espera para embarque de passageiro para flexibilidade média

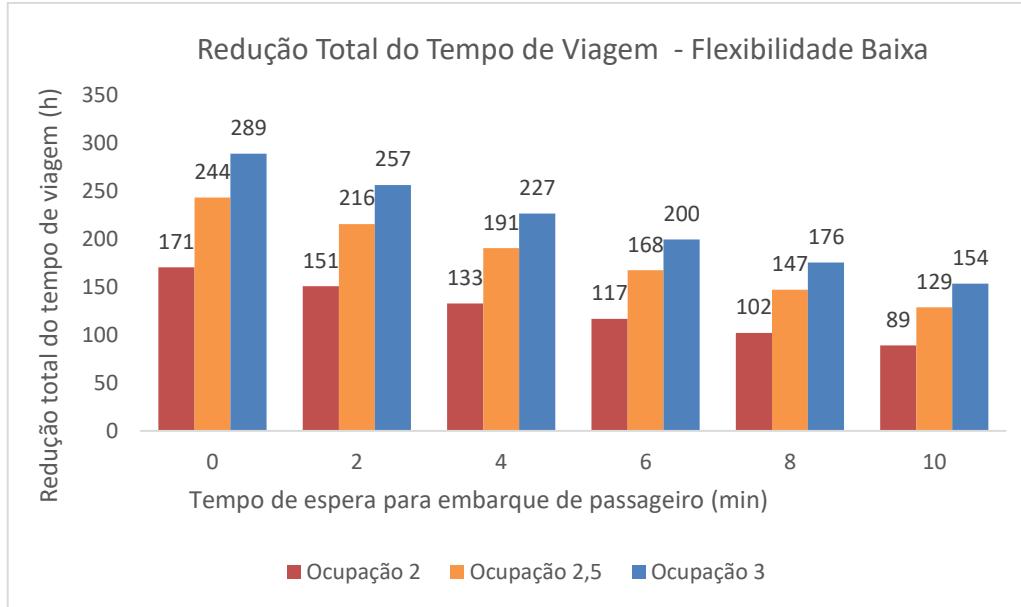


Figura 51 - Gráfico: Redução total do tempo de viagem X Tempo de espera para embarque de passageiro para flexibilidade baixa

4.2. Número de Veículos

Para o número de veículos circulantes, os resultados indicam que para todos os cenários analisados, há redução do número de veículos, na faixa de 5.000 a 17.000. Não foi identificado aumento do número de veículos para nenhum cenário e nenhum par Origem e Destino.

Nas Figura 52, Figura 53, Figura 54, Figura 55, Figura 56 e Figura 57, estão apresentadas as reduções do número de veículos total no sistema, para cada ocupação, tempo de espera para embarque de passageiro e flexibilidade.

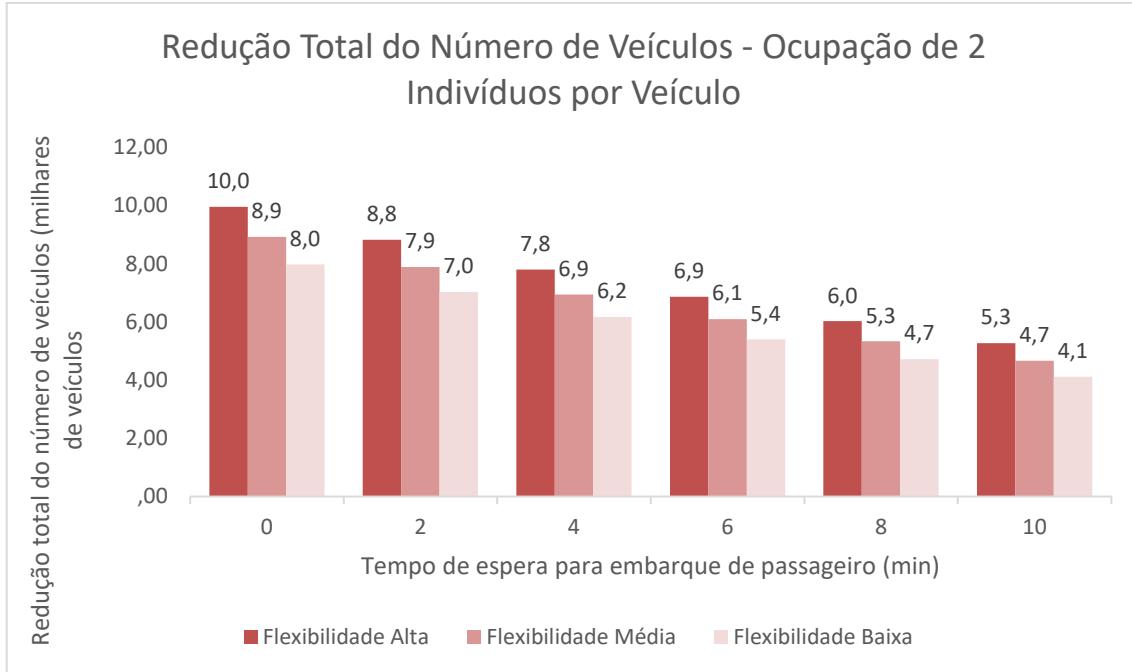


Figura 52 - Gráfico: Redução total do número de veículos X Tempo de espera para embarque de passageiro para ocupação de 2 indivíduos por veículo

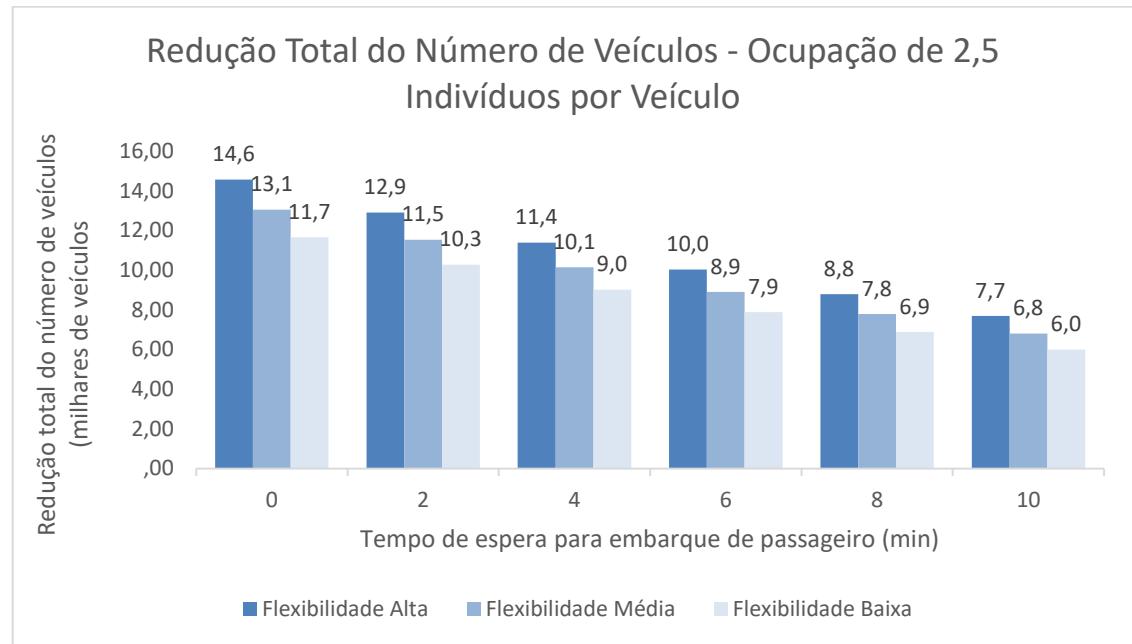


Figura 53 - Gráfico: Redução total do número de veículos X Tempo de espera para embarque de passageiro para ocupação de 2,5 indivíduos por veículo

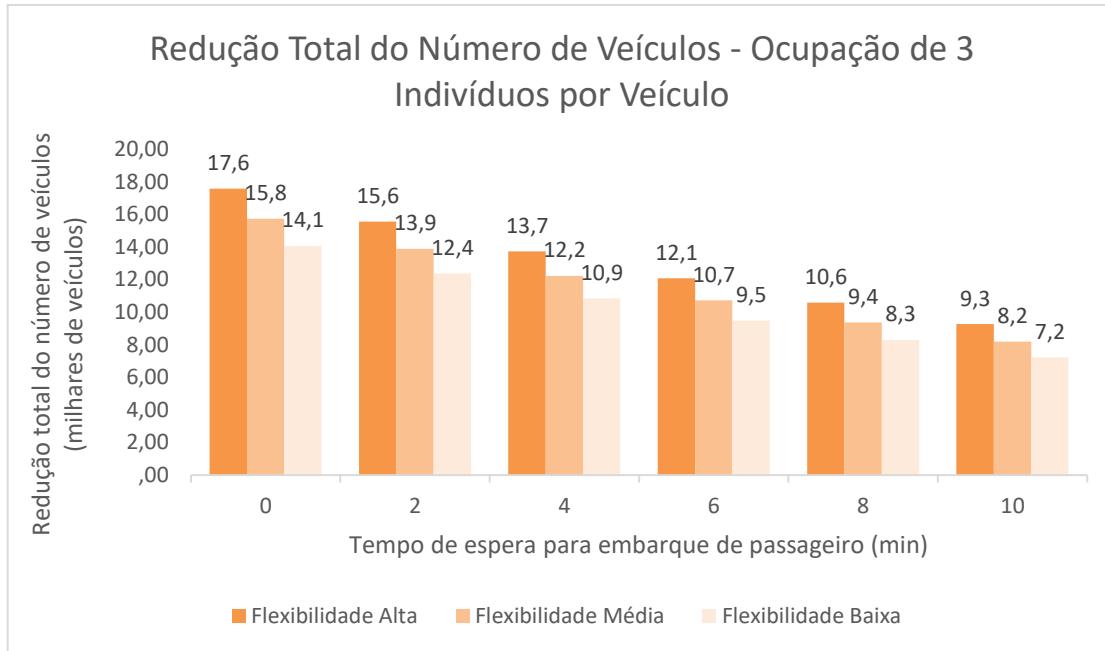


Figura 54 - Gráfico: Redução total do número de veículos X Tempo de espera para embarque de passageiro para ocupação de 3 indivíduos por veículo

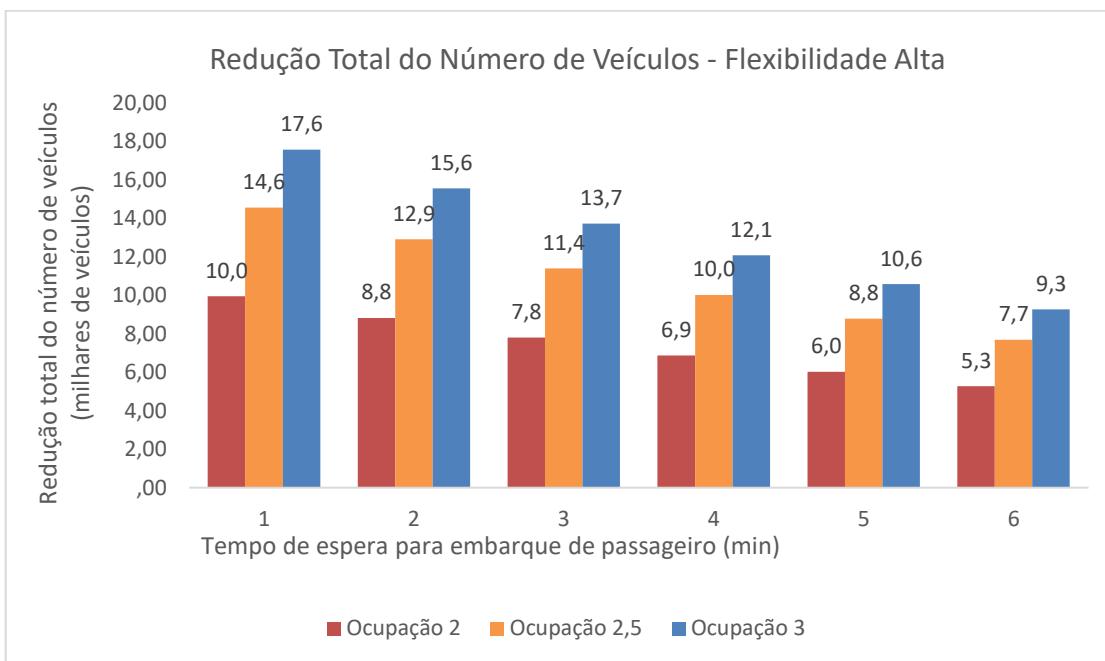


Figura 55 - Gráfico: Redução total do número de veículos X Tempo de espera para embarque de passageiro para flexibilidade alta

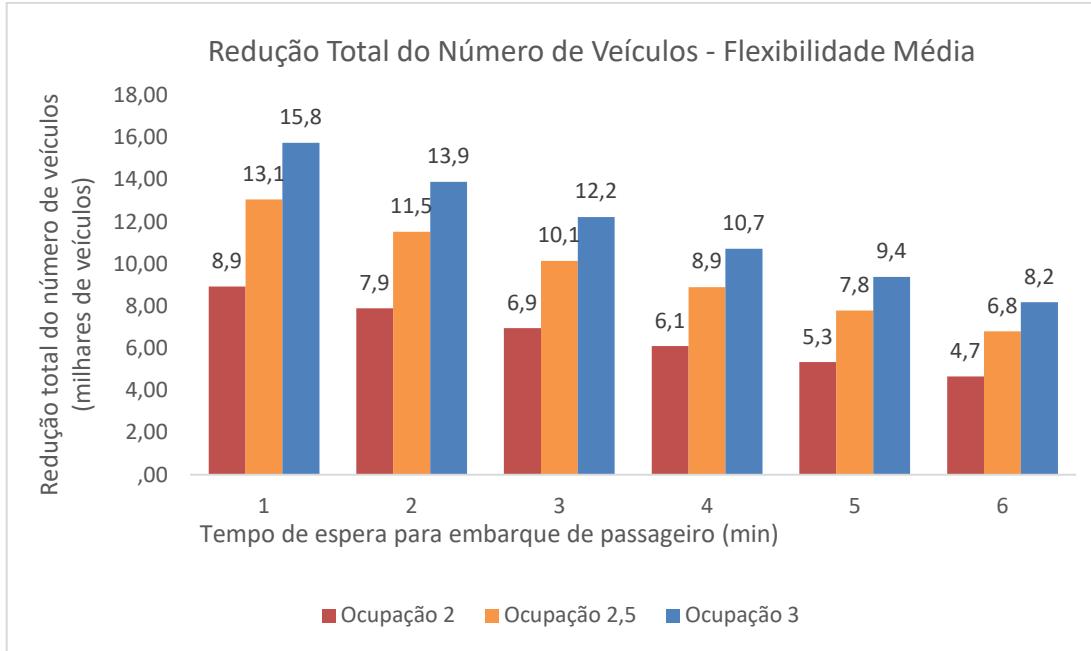


Figura 56 - Gráfico: Redução total do número de veículos X Tempo de espera para embarque de passageiro para flexibilidade média

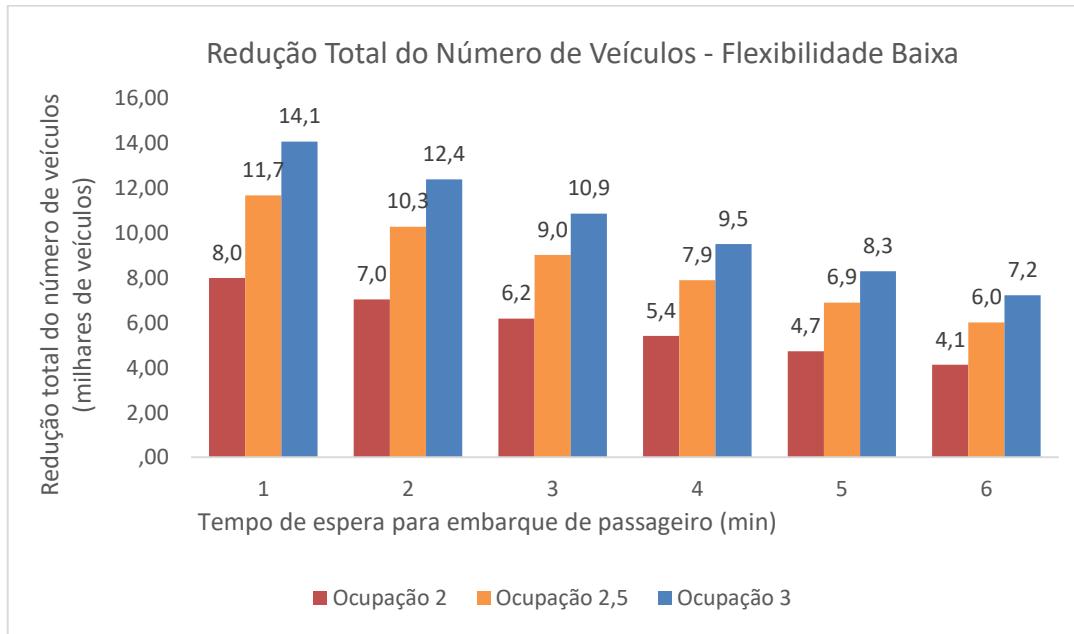


Figura 57 - Gráfico: Redução total do número de veículos X Tempo de espera para embarque de passageiro para flexibilidade baixa

4.2.1. Percentual de Veículos

Os percentuais de redução no número de veículos circulantes pode ser calculado a partir da matriz OD de veículos original retirada do VISUM.

Nas Figura 58, Figura 59, Figura 60, Figura 61, Figura 62, Figura 63, estão apresentadas as reduções percentuais do número de veículos no sistema, para cada ocupação, tempo de espera para embarque de passageiro e flexibilidade.

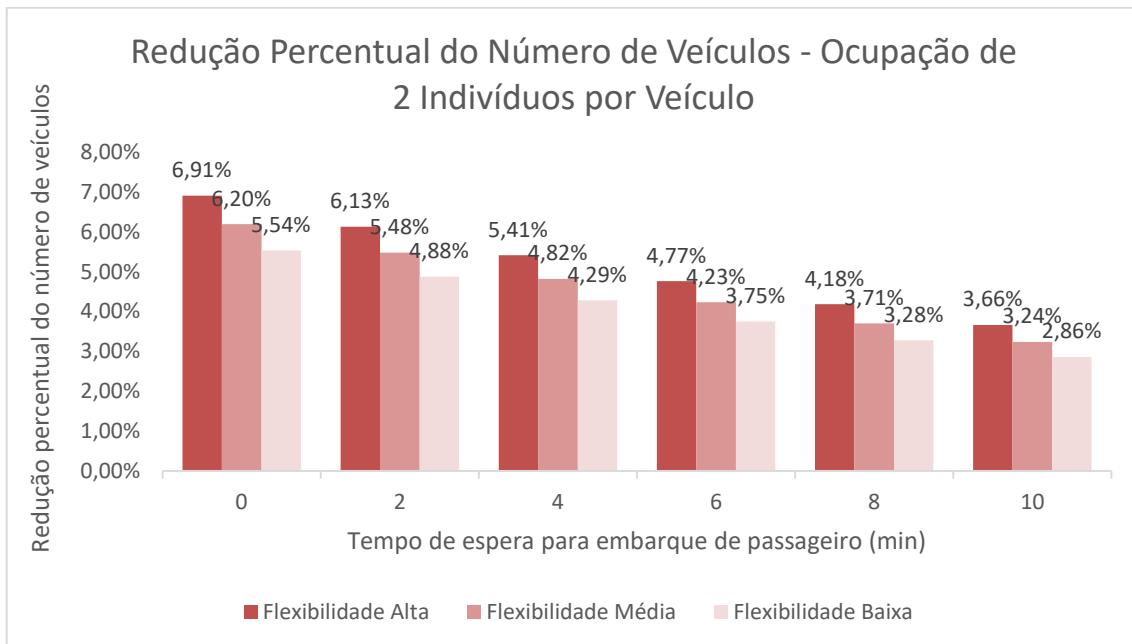


Figura 58 - Gráfico: Redução percentual do número de veículos X Tempo de espera para embarque de passageiro para ocupação de 2 indivíduos por veículo

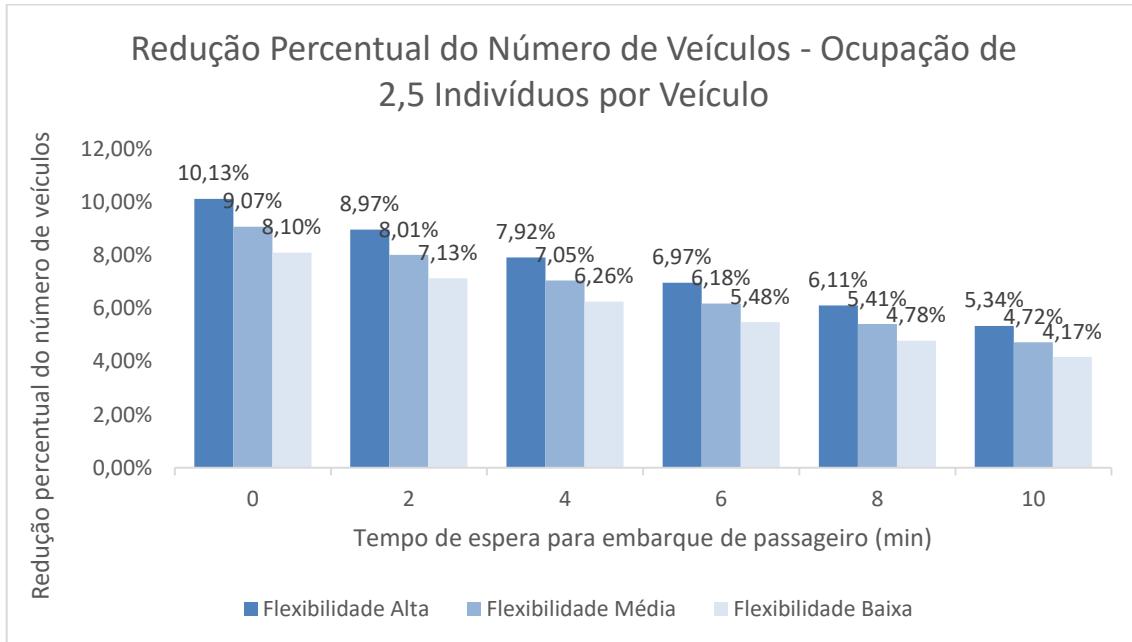


Figura 59 - Gráfico: Redução percentual do número de veículos X Tempo de espera para embarque de passageiro para ocupação de 2,5 indivíduos por veículo

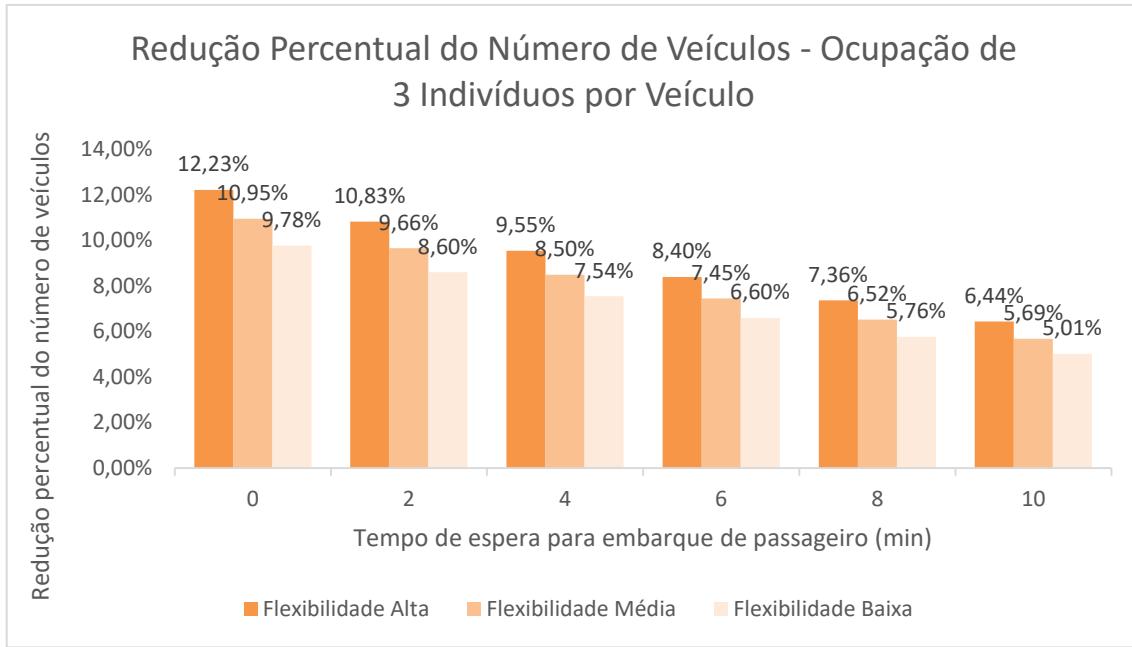


Figura 60 - Gráfico: Redução percentual do número de veículos X Tempo de espera para embarque de passageiro para ocupação de 3 indivíduos por veículo

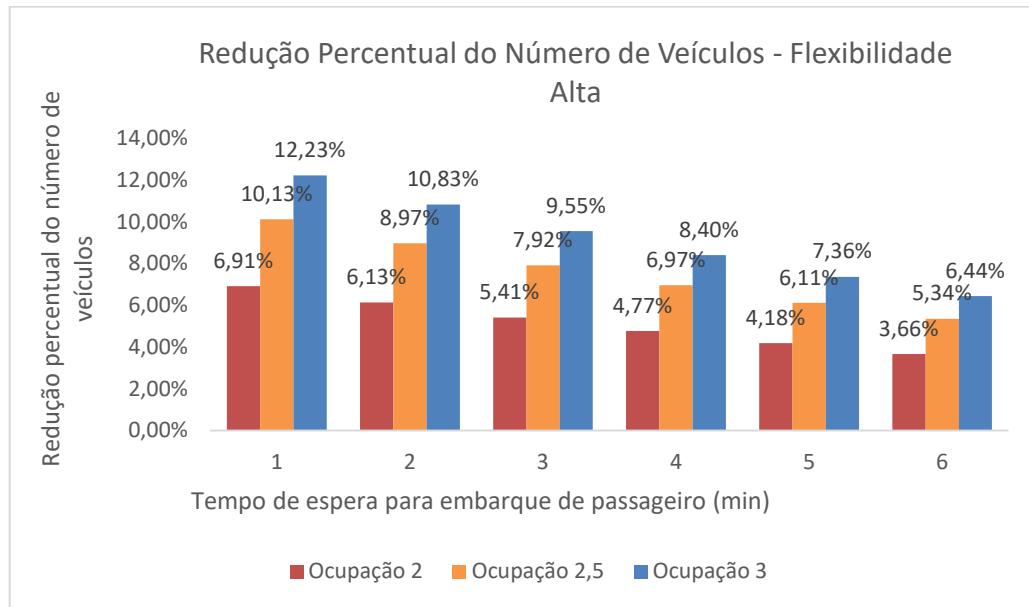


Figura 61 - Gráfico: Redução percentual do número de veículos X Tempo de espera para embarque de passageiro para flexibilidade alta

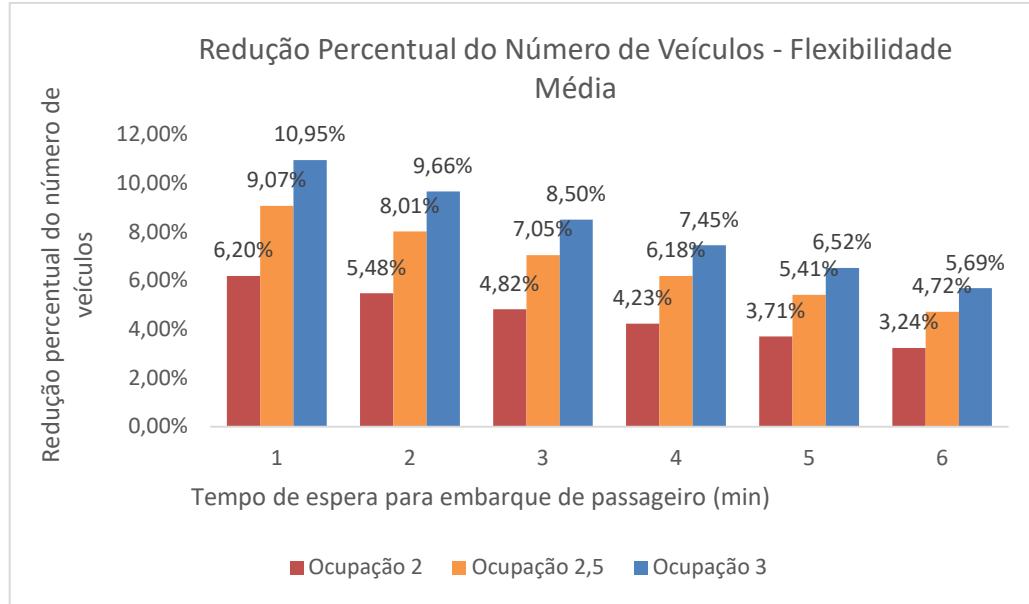


Figura 62 - Gráfico: Redução percentual do número de veículos X Tempo de espera para embarque de passageiro para flexibilidade média

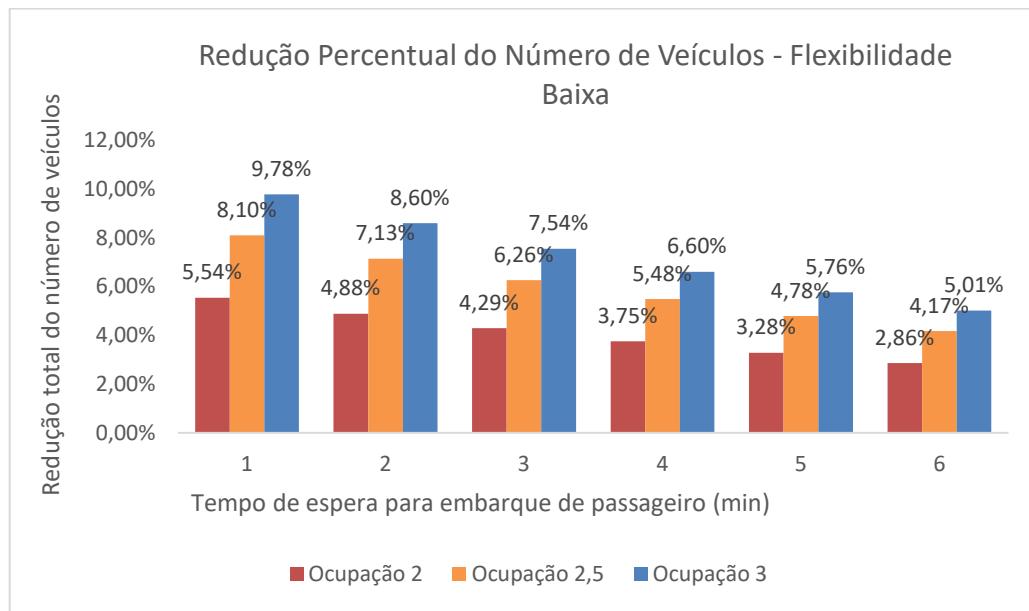


Figura 63 - Gráfico: Redução percentual do número de veículos X Tempo de espera para embarque de passageiro para flexibilidade baixa

4.3. Tempo de Viagem por Indivíduo

Além do cálculo da redução do tempo total de viagens, também foi calculada a redução do tempo de viagem por par OD, ou seja, a redução do tempo de viagem por indivíduo. A partir de tais valores foi possível construir o histograma da Figura 64 que se refere a uma ocupação

de 2,5 indivíduos por veículo com flexibilidade média e um tempo de espera para embarcar nulo, para determinar a redução média do tempo de viagem individual para cada cenário.

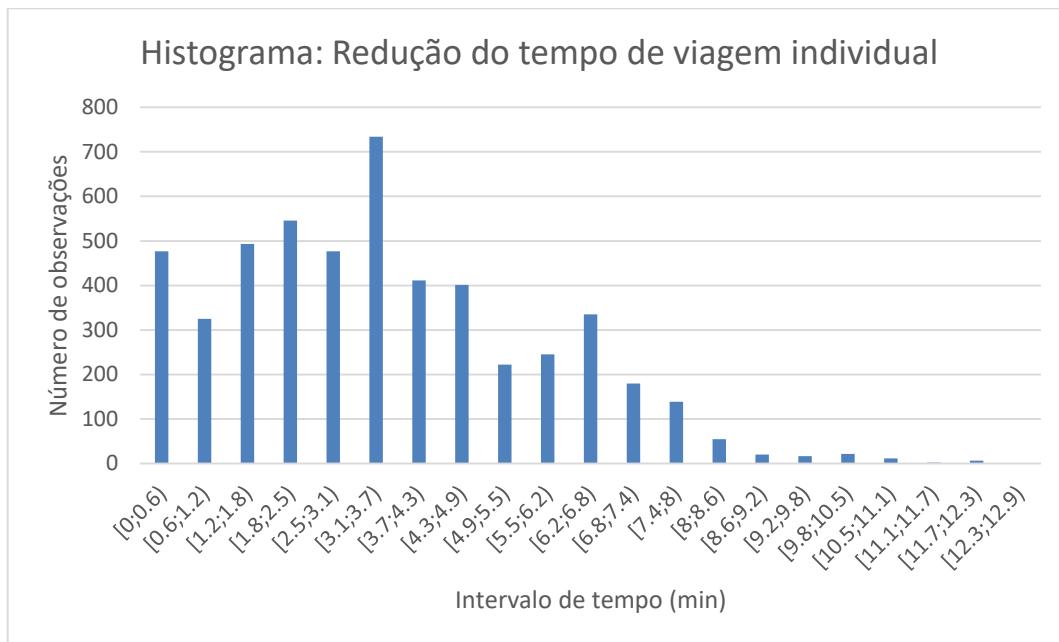


Figura 64 – Histograma para determinação da redução média do tempo de viagem individual

Os resultados indicam que, para todos os cenários analisados, ou há redução do tempo de viagem individual, ou este não se altera. Contudo, é possível verificar que alguns cenários são mais significativos que outros, com os valores variando de 1 a 5 minutos.

Nas Figura 65, Figura 66, Figura 67, Figura 68, Figura 69 e Figura 70 estão apresentadas as reduções do tempo de viagem por indivíduo, para cada ocupação, tempo de espera para embarque de passageiro e flexibilidade.

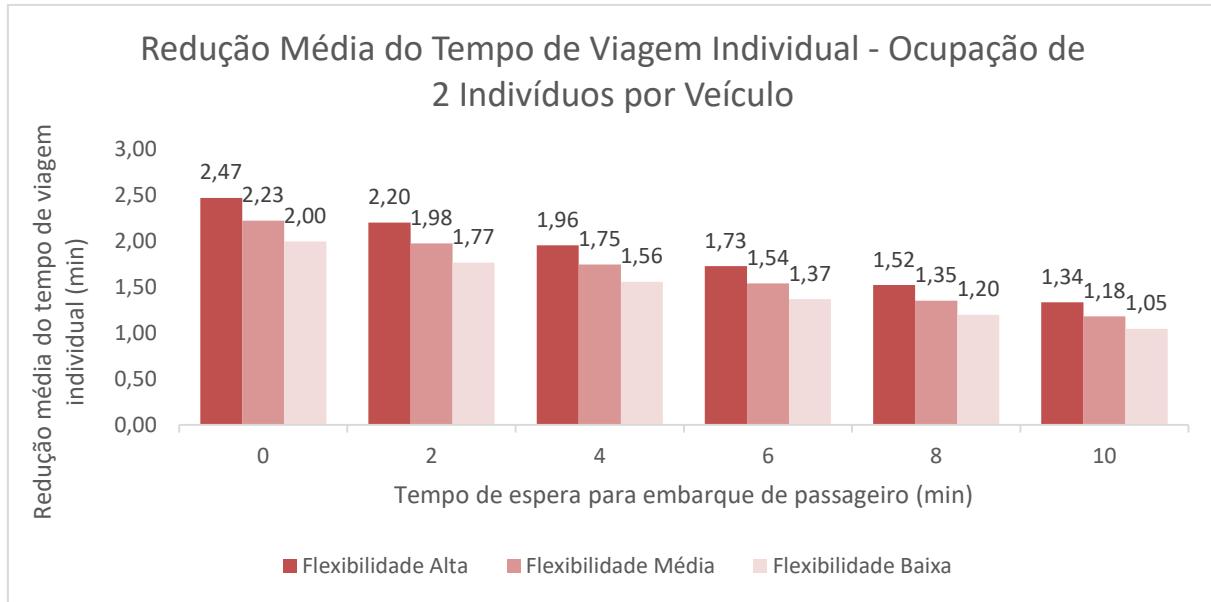


Figura 65 - Gráfico: Redução média do tempo de viagem individual X Tempo de espera para embarque de passageiro para ocupação de 2 indivíduos por veículo

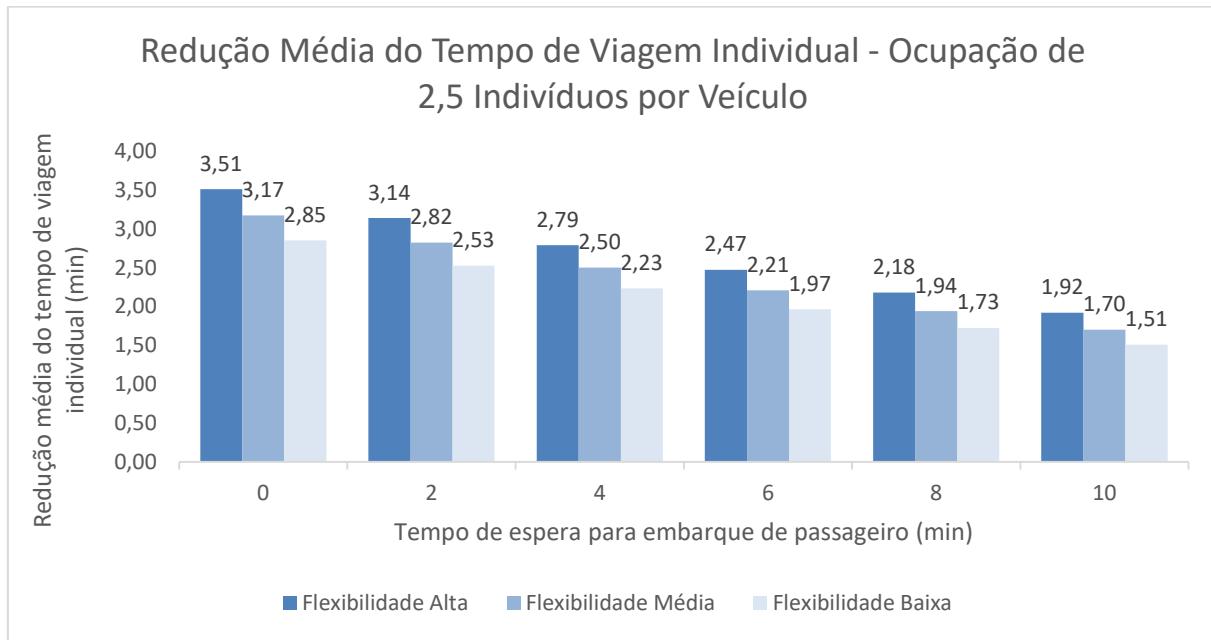


Figura 66 - Gráfico: Redução média do tempo de viagem individual X Tempo de espera para embarque de passageiro para ocupação de 2,5 indivíduos por veículo

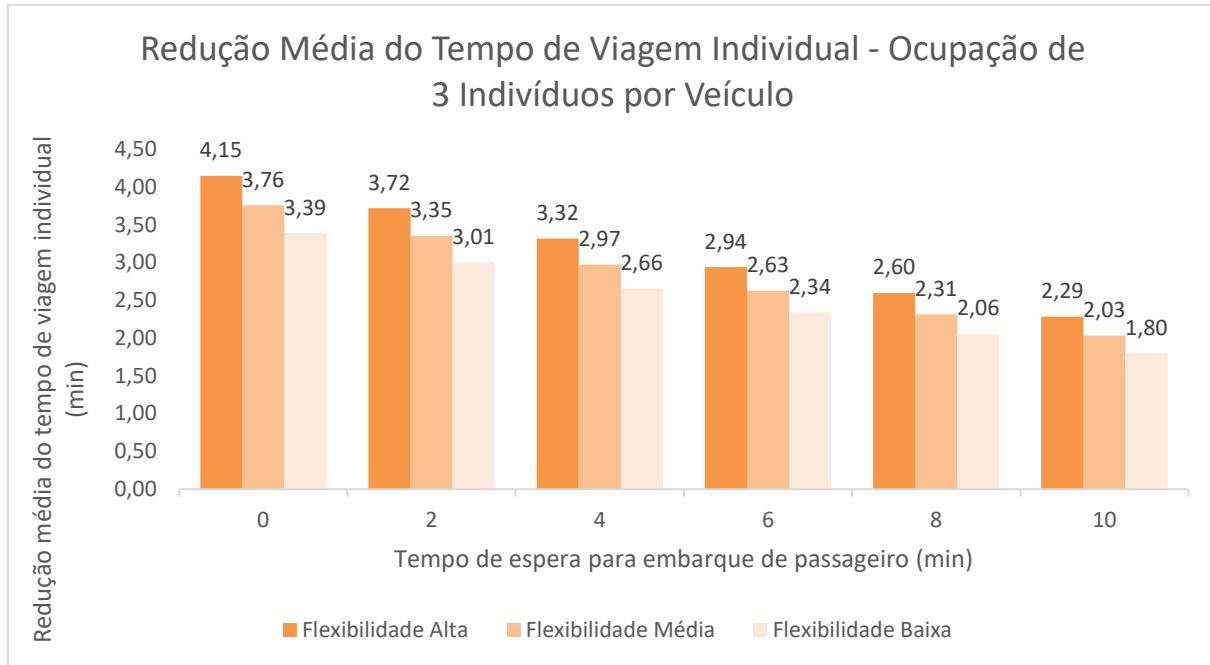


Figura 67 - Gráfico: Redução média do tempo de viagem individual X Tempo de espera para embarque de passageiro para ocupação de 3 indivíduos por veículo

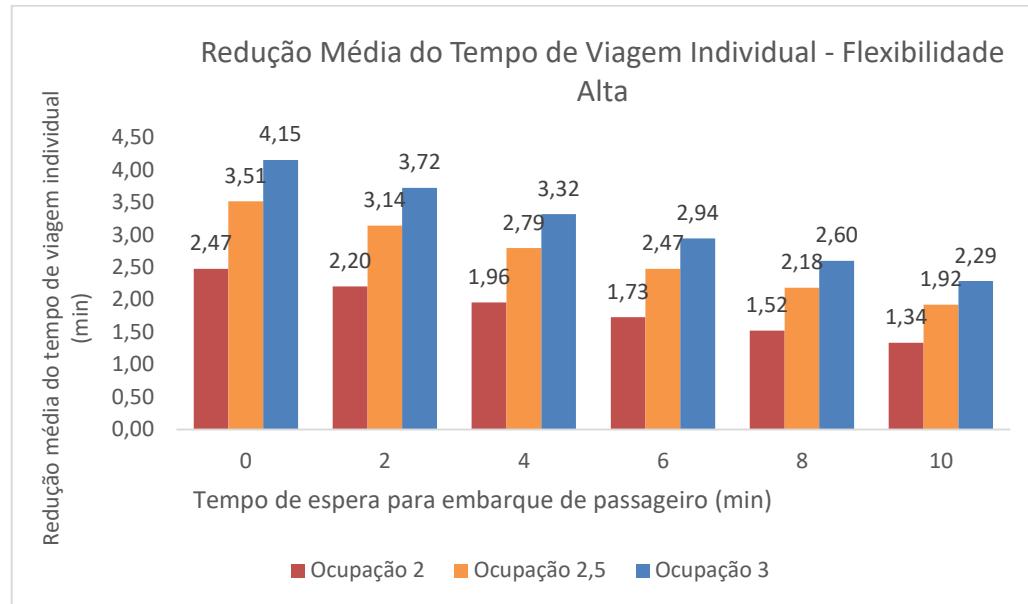


Figura 68 - Gráfico: Redução média do tempo de viagem individual X Tempo de espera para embarque de passageiro para flexibilidade alta

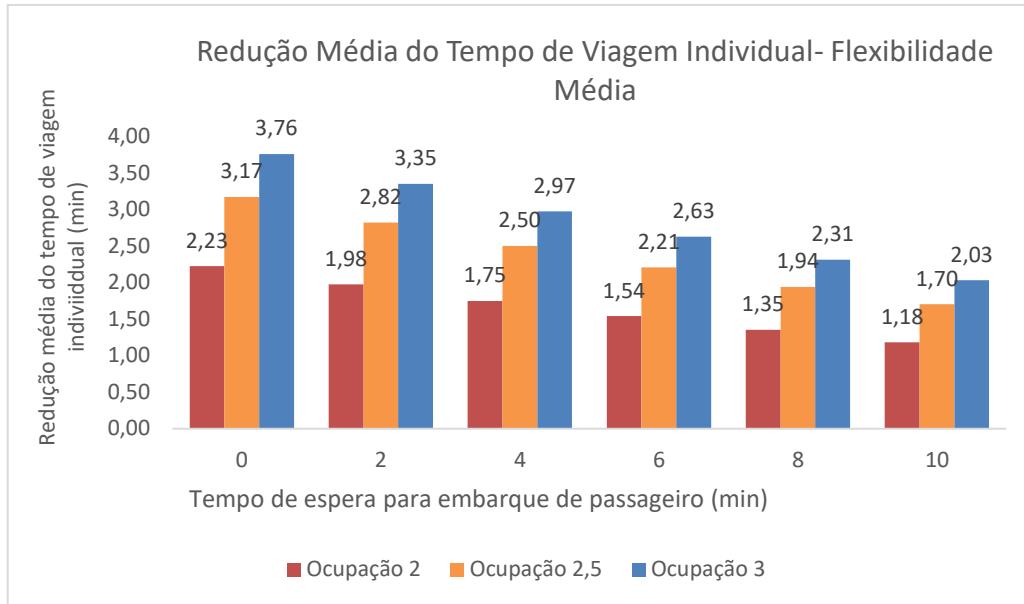


Figura 69 - Gráfico: Redução total do número de veículos X Tempo de espera para embarque de passageiro para flexibilidade média

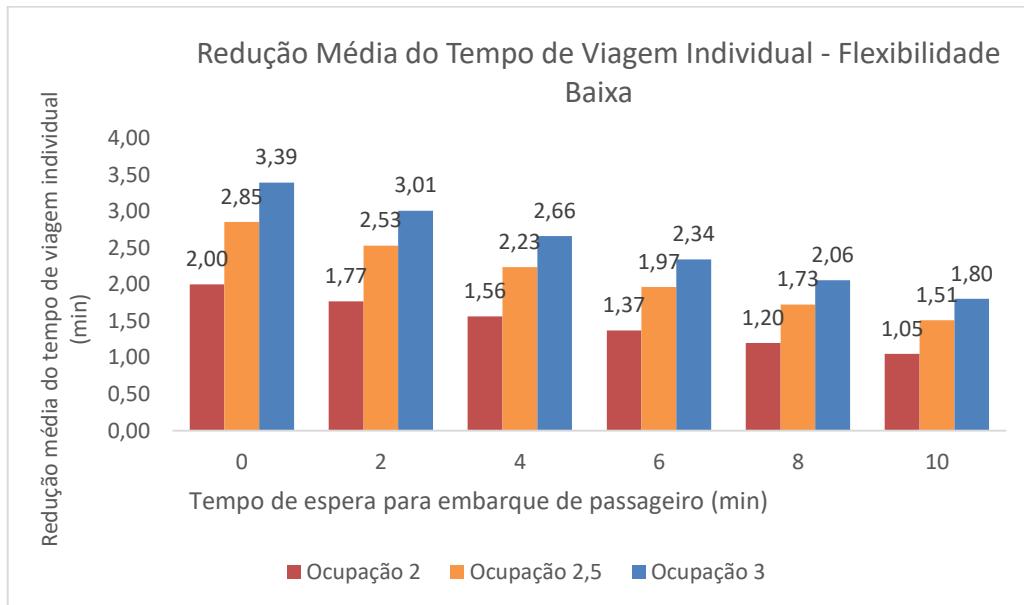


Figura 70 - Gráfico: Redução total do número de veículos X Tempo de espera para embarque de passageiro para flexibilidade baixa

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES

Após analisar os diferentes cenários foi possível verificar reduções consideráveis nos tempos de viagem individual para os cenários mais favoráveis, com uma redução média de 15% do tempo de viagem individual para uma flexibilidade alta, tempo de espera nulo e ocupação de três indivíduos por veículo. Já para o caso menos atraente, com ocupação de dois indivíduos, flexibilidade baixa e tempo de espera de dez minutos, a redução média do tempo de viagem individual cai para 4%. Além disso, verificou-se uma redução média de 12% do número de veículos circulantes para o cenário mais favorável, e de 3% para o cenário menos favorável.

Assim, para que a adoção de caronas tenha um impacto significativo para a população e, consequentemente, para a dinâmica de tráfego da região verifica-se a necessidade de uma alta adesão a esse sistema, e também de uma predisposição dos possíveis usuários aos cenários mais desfavoráveis que exigem alta flexibilidade de horários, sem nenhum atraso e alta ocupação dos veículos.

Entre as considerações, é importante destacar que todos os resultados e conclusões são sujeitos a uma série de premissas e limitações encontradas pelo grupo. A primeira delas é o uso limitado do software Visum. Embora o departamento de PTR da Escola Politécnica possua uma licença disponibilizada para as alunas, o acesso remoto foi várias vezes comprometido devido a múltiplos acesso ao mesmo tempo ou pobre conexão da internet. Outra limitação relevante foi adaptação de uma pesquisa realizada na Holanda, com parâmetros e características diferentes das encontradas na Cidade de São Paulo. Ainda que o grupo tenha encontrado evidências concretas de que a pesquisa pode ser utilizada sem prejuízo para os fins e objetivos propostos por esse trabalho, seus parâmetros tiveram que sofrer adaptações significativas. Como apresentado previamente, alguns atributos foram, inclusive, removidos da formulação Logit. Finalmente, a maior limitação foi a tentativa sem sucesso de obter os dados de tempo médio de espera de usuários de carona, através do contato com o aplicativo de Carona Waze Carpool. Ainda assim, para superar esse obstáculo, o grupo propôs, de forma consistente, tempos de espera diversos, a fim de entender o impacto deste fator.

Para trabalhos futuros, sugere-se analisar o impacto da redução da emissão de CO₂ como resultado da redução do número de veículos em circulação a partir da adoção de caronas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMPUDIA, R. **Brasil lidera número de smartphones conectados na América Latina.** Folha de São Paulo, São Paulo, 12 de setembro de 2017.
- BARROS, M. **Um Brasil cada vez mais motorizado.** Estadão, São Paulo, 11 de dezembro de 2019.
- BITTENCOURT, H; **Regressão Logística Poliatômica: Revisão teórica e aplicações,** Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012
- BLIEMER, M.; RAADSEB, M.; BREDERIDEM, L.; BELL,M.; WISMANS,L. SMITH,M.; **Genetics if traffic assignment models for strategic transport planning,** Transport Reviews. Reino Unido, 2016
- CETESB. **Emissão Veicular.** São Paulo, 2019.
- COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO DE SÃO PAULO. **Relatório da Mobilidade no Sistema Viário Principal – MSVP.** São Paulo, 2018
- COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO-METRÔ. **Pesquisa Origem e Destino 2007.** São Paulo, 2008.
- DEVEAUX, F. **Latin America Leads World in Support for Clean Energy Public Transport.** Dalia Research, Berlim, 26 de abril de 2017.
- G1, SP. **Média de salário em SP vai de R\$ 1,2 mil em Marsilac a R\$ 10 mil no Campo Belo.** São Paulo, 24 de Outubro de 2017
- HAN, S; **Dynamic Traffic Assignment Techniques for General Road Networks,** Centre for Transport Studies University College London. Londres, 2000
- HETRAKUL, P; XIONG, C; ZHANG, L. **On Ride-Sharing: A Departure Time Choice Analysis with Latent Carpooling Preference.** - American Society of Civil Engineers (ASCE). Maryland, EUA, 2014.
- HIGHWAYS ENGLAND. **Volume 12 Traffic Appraisal of Roads Schemes, Section 1 Traffic Appraisal Manual. Em Design Manual for Roads and Bridges.** Reino Unido: Highways England, 1997.

HIGHWAYS ENGLAND. Volume 12 Traffic Appraisal of Roads Schemes, Section 2 Traffic Appraisal Advice. Em Design Manual for Roads and Bridges. Guildford, Reino Unido: Highways England, 1997

HOSMER, D.; LEMESHOW, S. **Applied Logistic Regression, Chapter 1.** Amherst, Massachusetts, 2000.

INMETRO. Tabelas de Consumo / Eficiência Energética Veículos Automotores Leves. Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE. 2010

ITF (2018), "Shared Mobility Simulations for Dublin", International Transport Forum Policy Papers.

ITF (2017a), "Shared Mobility Simulations for Helsinki", International Transport Forum Policy Papers.

ITF (2017b), "Shared Mobility Simulations for Auckland", International Transport Forum Policy Papers.

ITF (2017c), "Transition to Shared Mobility: How large cities can deliver inclusive transport services", International Transport Forum Policy Papers.

ITF (2016), "Shared Mobility: Innovation for Liveable Cities", International Transport Forum Policy Papers.

KAHNEMAN, D.; TVERSY. **Prospect Theory: An Analysis of Decision Under Risk.** Econometrica, Vol. 47, No. 2, 1979), pp. 263-292.

LEM, A. **Motivating city-commuters to carpool: Exploring the stimulus of various factors and policies-** Eindhoven University of Technology. Eindhoven, The Netherlands, 2014.

LUSTIG, N. **Latin America is the next stage in the race for dominance in the ride-hailing market.** TechCrunch. São Paulo, 2018.

MENEZES, C. **Cidade de SP tem 7,4 veículos para cada 10 habitantes, aponta levantamento da CET.** G1, São Paulo, 09 de maio de 2018.

MUSSO, B; ALBERNAZ, F; TONUS, G.; BOUCHER, L. **Elaboração de um modelo macroscópico de tráfego.** – Departamento de Engenharia de Tráfego da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2017.

NEOH, J.; CHIPULUL, M.; MARSJAL A. **What encourages people to carpool? An evaluation of factors with meta-analysis.** Springer Science+Business Media. Nova York, 2015

PAIVA, C; **Modelos tradicionais de transporte e tráfego.** São Paulo, 2010.

SCHLICKMANN, M. (2017). **O ridesharing tem futuro no Brasil?** Caos Planejado. São Paulo, 2017.

PTV GROUP, **VISUM – State-of-the-Art Travel Demand Modeling.** Ptvgroup.com, 2019.

ORTUZAR, J. D., & WILLUMSEN, L. G. **Modelling Transport - Fourth Edition.** ISBN 978-0-470- 76039-0. John Wiley & Sons Ltd. 2011.

SARIF; KURAUCHI, S.; YOSHII, T. **Development of discrete choice model considering internal reference points and their effects in travel mode choice context,** Department of Civil and Environmental Engineering, Ehime University. Matsuyama, Japan, 2017.

SEADE. **Perspectivas demográficas dos distritos do Município de São Paulo: o rápido e diferenciado processo de envelhecimento.** Resenha de Estatísticas Vitais do Estado de São Paulo. Ano 14, n° 1. São Paulo, 2014.

THE ECONOMIST. **The big mac Index.** Inglaterra, 10 de Junho de 2019

VOITCH, G. **São Paulo tem média de 1,4 ocupante por carro.** O Globo, São Paulo, 22 de setembro de 2011.