

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
COMISSÃO DE GRADUAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

Fernando da Costa Pfitscher

**CRIAÇÃO DE MATRIZES ORIGEM-DESTINO EMBARCADAS COM
DADOS DE BILHETAGEM ELETRÔNICA E GPS**

Porto Alegre

Julho de 2019

FERNANDO DA COSTA PFITSCHER

**CRIAÇÃO DE MATRIZES ORIGEM-DESTINO
EMBARCADAS COM DADOS DE BILHETAGEM
ELETRÔNICA E GPS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Fernando Dutra Michel

Porto Alegre

Julho de 2019

FERNANDO DA COSTA PFITSCHER

**CRIAÇÃO DE MATRIZES ORIGEM-DESTINO
EMBARCADAS COM DADOS DE BILHETAGEM
ELETRÔNICA E GPS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pelo Professor Orientador e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, julho de 2019

BANCA EXAMINADORA

Prof. Fernando Dutra Michel (UFRGS)
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientador

Prof. Luiz Afonso dos Santos Senna (UFRGS)
PhD pela Leeds Metropolitan University/UK

Maria Cristina Molina Ladeira
Me. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho à minha família,
que sempre me apoiou nesta louca jornada da engenharia.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço aos meus pais Paulo e Rosemarie Pfitscher por sempre terem investido na minha educação, seja dentro ou fora de casa. Sem o apoio de vocês, apesar de preferirem que eu tivesse seguido na área de construção, nada disto teria sido possível.

Agradeço ao meu professor orientador Fernando Dutra Michel, que me lançou o desafio de realizar esta pesquisa e, para isso, aprender uma nova linguagem de programação. Com certeza tudo o que eu aprendi nesses últimos meses será fundamental para a minha carreira.

Agradeço a toda minha grande família Pfitscher por todo o incentivo e suporte que me deram desde muito cedo. Meu irmão Guilherme, meus avós Jacy e Elzina, minhas tias Karin e Ana, meus primos Natália, Fabrício, Júlia e Eduarda e meu tio Rafael. Um agradecimento especial à minha falecida avó Luiza Schmitt, que infelizmente não pôde me acompanhar nesta caminhada mas compartilhou comigo a felicidade de ver o meu nome no listão da UFRGS.

Agradeço ao professor Daniel García, a quem guardo um grande apreço desde a disciplina de Rodovias, por ter me indicado ao professor Michel para realizar este trabalho.

Agradeço ao Douglas Zechin pela ajuda inicial que me deu com a linguagem *Python*.

Agradeço à Maria Cristina Ladeira e à Mariana Lovato pelo grande auxílio dado durante o desenvolvimento deste trabalho. Vocês sabem melhor do que eu como trabalhar com tantos dados pode dar um nó na cabeça.

Agradeço à empresa Digicon pelo rico banco de dados disponibilizado para a realização deste trabalho.

Agradeço à empresa Projeta Artes, na pessoa de Guilherme Machado da Silva, pelos muitos aprendizados e bons momentos vividos durante o estágio.

Por fim, mas certamente não menos importante, agradeço pela parceria e muitas risadas aos meus grandes amigos que carrego desde o Ensino Médio e aos meus incríveis colegas com quem tive o prazer de dividir esses anos de graduação. Em especial agradeço à Manon Masi e ao Eloi Biesek pelas horas de conversas e discussões sobre a engenharia de transportes.

RESUMO

A “era do compartilhamento” em que hoje vivemos está alterando rapidamente a forma como nos deslocamos nas cidades. Uma tendência observada a nível global é o declínio de passageiros transportados nos sistemas de ônibus, apesar da crescente população mundial. Logo, as agências de transporte devem estar atentas a essas mudanças e conhecer a demanda por serviços de transporte público para garantir sua sustentabilidade. Os milhares de dados gerados por sistemas de GPS e bilhetagem eletrônica oferecem uma oportunidade de alta praticidade e baixo custo marginal para a realização de pesquisas origem-destino embarcadas. Neste trabalho, tais dados são utilizados para a determinação de matrizes origem-destino e do carregamento de uma linha de ônibus da cidade de Guaíba (RS), em cinco dias úteis do mês de março de 2019. Os resultados gerados foram muito satisfatórios, obtendo-se uma taxa de média de 71% de destinos determinados. Tanto a distribuição dos pares nas matrizes origem-destino quanto os carregamentos críticos das viagens apresentaram comportamento semelhante em todos os dias analisados. Espera-se que a metodologia aqui aplicada possa ser posta em prática em todo o sistema e torne o planejamento de transportes mais eficiente.

Palavras-chave: Pesquisa Origem-Destino Embarcada. AFC. AVL. Matriz Origem-Destino. Carregamento de Ônibus. Transporte Público.

ABSTRACT

The "age of sharing" we are living in today is rapidly changing the way we move in the cities. A trend observed globally is the decline of passengers transported in bus systems, despite the growing world population. Therefore, transportation agencies must be aware of these changes and know the demand for public transportation services to ensure their sustainability. The thousands of data generated by GPS systems and automatic fare collection offer an opportunity of high practicality and low marginal cost to carry out on-board origin-destination surveys. In this work, such data are used to the determination of origin-destination matrices and passenger load of a bus line from the city of Guaíba (RS), in five working days of March, 2019. The generated results were very satisfactory, an average rate of 71% of destinations was determined. Both the distribution of the pairs in the origin-destination matrices and the critical loads of the trips presented similar behavior in all analyzed days. It is hoped that the methodology applied here can be implemented throughout the system and make transportation planning more efficient.

Key-words: On-board Origin-Destination Survey. AFC. AVL. Origin-Destination Matrix. Passenger Load. Public Transportation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplo de Matriz Origem-Destino	15
Figura 2 – Situação hipotética de existência de transbordo.....	24
Figura 3– Extrato das primeiras linhas do código	29
Figura 4 – Fluxograma para determinar os pares origem-destino	31
Figura 5 – Determinação da parada de subida do passageiro.....	32
Figura 6 – Terminais (amarelo), paradas BC (azul) e CB (vermelho) da linha 301	40
Figura 7 – Extrato do banco de dados disponibilizada.....	41
Figura 8 – Matriz OD do sentido bairro-centro no dia 25/03/19.....	45
Figura 9 – Matriz OD do sentido centro-bairro no dia 25/03/19.....	45
Figura 10 – Carregamentos expandidos do sentido bairro-centro no dia 25/03/19.....	47
Figura 11 – Carregamentos expandidos do sentido centro-bairro no dia 25/03/19.....	51
Figura 12 – Matriz OD do sentido bairro-centro no dia 26/03/19.....	57
Figura 13 – Matriz OD do sentido centro-bairro no dia 26/03/19.....	57
Figura 14 – Carregamentos expandidos do sentido bairro-centro no dia 26/03/19.....	58
Figura 15 – Carregamentos expandidos do sentido centro-bairro no dia 26/03/19.....	59
Figura 16 – Matriz OD do sentido bairro-centro no dia 27/03/19.....	60
Figura 17 – Matriz OD do sentido centro-bairro no dia 27/03/19.....	60
Figura 18 – Carregamentos expandidos do sentido bairro-centro no dia 27/03/19.....	61
Figura 19 – Carregamentos expandidos do sentido centro-bairro no dia 27/03/19.....	62
Figura 20 – Matriz OD do sentido bairro-centro no dia 28/03/19.....	63
Figura 21 – Matriz OD do sentido centro-bairro no dia 28/03/19.....	63
Figura 22 – Carregamentos expandidos do sentido bairro-centro no dia 28/03/19.....	64
Figura 23 – Carregamentos expandidos do sentido centro-bairro no dia 28/03/19.....	65
Figura 24 – Matriz OD do sentido bairro-centro no dia 29/03/19.....	66
Figura 25 – Matriz OD do sentido centro-bairro no dia 29/03/19.....	66
Figura 26 – Carregamentos expandidos do sentido bairro-centro no dia 29/03/19.....	67
Figura 27 – Carregamentos expandidos do sentido centro-bairro no dia 29/03/19.....	68

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Médias de passageiros por viagem no sentido bairro-centro em abril	46
Gráfico 2 – Carregamento da viagem 4 do sentido bairro-centro	48
Gráfico 3 – Carregamento da viagem 5 do sentido bairro-centro	48
Gráfico 4 – Carregamento da viagem 6 do sentido bairro-centro	48
Gráfico 5 – Médias de passageiros por viagem no sentido centro-bairro em abril	50
Gráfico 6 – Carregamento da viagem 15 do sentido 1	51
Gráfico 7 – Carregamento da viagem 16 do sentido 1	52
Gráfico 8 – Carregamento da viagem 25 do sentido 1	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação das paradas georreferenciadas da linha 301.....	43
Tabela 2 – Resumo da determinação de pares OD do dia 25/03/19.....	44
Tabela 3 – Resumo das viagens do sentido bairro-centro no dia 25/03/19.....	49
Tabela 4 – Resumo das viagens do sentido centro-bairro no dia 25/03/19.....	53
Tabela 5 – Linhas nas quais foram realizados os transbordos.....	54
Tabela 6 – Classificações das viagens seguintes dos passageiros.....	55
Tabela 7 – Viagens do sentido bairro-centro no mesmo intervalo horário do dia 25/03.....	55
Tabela 8 – Viagens do sentido centro-bairro no mesmo intervalo horário do dia 25/03.....	56
Tabela 9 – Resumo da determinação de pares OD do dia 26/03/19.....	56
Tabela 10 – Resumo da determinação de pares OD do dia 27/03/19.....	59
Tabela 11 – Resumo da determinação de pares OD do dia 28/03/19.....	62
Tabela 12 – Resumo da determinação de pares OD do dia 29/03/19.....	65
Tabela 13 – Comparativo dos resultados da determinação pares OD na semana.....	69
Tabela 14 – Quantidade de validações e de cartões identificados em cada dia.....	70
Tabela 15 – Número de cartões e validações realizadas de acordo com a frequência.....	70

LISTA DE SIGLAS

ADC – Automatic Data Collection

AFC – Automated Fare Collection

AVL – Automatic Vehicle Location

BC – Bairro-Centro

CB – Centro-Bairro

GPS – Global Positioning System

OD – Origem-Destino

PIB – Produto Interno Bruto

RS – Rio Grande do Sul

ZT – Zona de Tráfego

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Apresentação do problema.....	14
1.2	Objetivos da pesquisa	16
1.3	Abordagem metodológica.....	16
1.4	Estruturação do trabalho	17
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1	Oferta e demanda no transporte público	18
2.1.1	Pesquisas de oferta	20
2.1.2	Pesquisas de demanda	20
2.2	Sistemas de coleta automática de dados	20
2.2.1	Sistema de Bilhetagem Eletrônica (AFC)	21
2.2.2	Localização Automática do Veículo (AVL)	22
2.3	Viagens com transbordo	23
2.4	Determinação da demanda utilizando AFC e AVL	24
3	DESENVOLVIMENTO DO MODELO	28
3.1	Ferramentas utilizadas	28
3.2	Processamento dos dados.....	29
3.3.1	Pares origem-destino	30
3.3.2	Paradas de embarque e desembarque	31
3.3.3	Matrizes OD	33
3.3.4	Viagens e carregamentos.....	35
3.3.4	Transbordos	36
3.3.5	Comportamento dos passageiros	37
4	ESTUDO DE CASO.....	38
4.1	A cidade de Guaíba.....	38
4.2	A rede de transporte público de Guaíba.....	38
4.2.1	O sistema de ônibus municipal.....	39
4.3	A linha 301 – Cohab Norte / Centro	39
4.4	Coleta e tratamento inicial dos dados	41
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	44
5.1	Segunda-feira, 25/03/19	44
5.2	Terça-feira, 26/03/19	56

5.3	Quarta-feira, 27/03/19.....	59
5.4	Quinta-feira, 28/03/19.....	62
5.5	Sexta-feira, 29/03/19.....	65
5.6	Análise da semana	68
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	71
	REFERÊNCIAS	74
	ANEXOS	77
	Anexo 1: Rota do sentido bairro-centro da linha 301 – Cohab Norte / Centro	77
	Anexo 2: Rota do sentido centro-bairro da linha 301 – Cohab Norte / Centro	78
	Anexo 3: Tabela horária das linhas de ônibus com terminal no bairro Cohab	79
	Anexo 4: Relatório da quantidade de passageiros na linha 301 no dia 25/03/19	80

1 INTRODUÇÃO

A história do ser humano sempre foi marcada pelo desejo de deslocamento com o objetivo de satisfazer alguma carência, seja para coletar alimentos, expandir territórios ou ir ao trabalho. Isso levou, ao longo dos séculos, ao advento de tecnologias mais modernas para se mover passageiros e cargas de uma origem a um destino. Atualmente 84% da população brasileira vive em cidades (IBGE, 2010), gerando uma crescente demanda por transportes a cada ano. Esse cenário exige que agentes públicos e privados providenciem melhorias constantes nos serviços oferecidos nos sistemas de transporte. Nunca se discutiu tanto sobre a importância da mobilidade urbana e de se elaborar planos para atender às necessidades da população das metrópoles brasileiras.

Por muito tempo as cidades cresceram horizontalmente em direção às periferias, fenômeno conhecido como espraiamento urbano. Dessa forma surgiram conglomerados populosos muito afastados das zonas centrais, onde há maior oferta de empregos, lazer e comércio. Esse crescimento desorganizado criou grandes deficiências tanto na estrutura dos sistemas viários dessas regiões quanto na disponibilidade de transporte público para os seus habitantes. Consequentemente, são frequentes os relatos de congestionamentos e superlotação de veículos que conduzem passageiros das periferias aos centros das principais cidades do país.

A cada ano que passa, a introdução de novas tecnologias e meios de transporte alternativos aos tradicionais altera o comportamento da população das grandes cidades. Os *smartphones* e seus aplicativos permitem um acesso universal e democrático a serviços de transporte particular por automóveis, aluguel de bicicleta, rastreamento de ônibus, entre outros. Eles também possibilitam ao usuário modificar a sua rotina após consultar o tráfego em tempo real ou o valor cobrado por um motorista privado, por exemplo. Logo, é fundamental que os órgãos públicos de mobilidade urbana e planejamento dos transportes se atentem a tais mudanças e possuam ferramentas adequadas para oferecer serviços de transporte público por ônibus e operação da rede viária mais eficientes.

Este trabalho busca aplicar na cidade de Guaíba, que pertence à Região Metropolitana de Porto Alegre, uma metodologia mais moderna que já vem sendo utilizada no Brasil e mundo afora para se determinar a demanda de passageiros pelo serviço de ônibus.

1.1 Apresentação do problema

A insatisfação de muitos usuários dos sistemas de ônibus brasileiros com os serviços prestados é comum a muitas cidades do país. Argumentos como veículos sempre lotados, falta de pontualidade e pouca diversidade de trajetos são recorrentes, e as soluções para esses problemas são desafios enfrentados diariamente pelos órgãos gestores. A falta de bem-estar de quem utiliza ou trabalha em um ônibus é potencializada por fatores externos como congestionamentos devidos ao crescente número de veículos automotores individuais e às poluições sonora e do ar (ARBEX e TORRES, 2017). Logo, é fundamental se oferecer um serviço de transporte público atrativo e confiável para melhorar a qualidade de vida nas nossas cidades. Diante disso, Cyril et al. (2017) salientam a importância de estimar a demanda por deslocamentos dos passageiros para a formulação de políticas e estratégias para o planejamento operacional de um sistema de transporte público.

Além de influenciar no uso de combustível e nos níveis de ruídos poluentes aéreos, a operação eficiente de um sistema de transporte estabelece canais de contato entre comunidades segregadas. Desenvolver ferramentas para o planejamento e operação de sistemas de transporte ainda é um desafio que exige abordagens cuidadosas nos diferentes contextos de cada cidade. (IBARRA-ROJAS et al., 2015)

Segundo Guerra et al. (2014), as Matrizes Origem-Destino (OD) se destacam dentre diversas metodologias para a determinação de demanda de viagens. Além de informar as paradas de embarque e desembarque dos passageiros, pode-se retirar dessas matrizes informações são úteis para se descrever os fluxos de passageiros entre dois pontos em uma linha de ônibus (GORDON et al., 2018). Wang (2010) explica que as matrizes OD provêm a base para se avaliar a performance do sistema de ônibus como um todo, sendo úteis para planejamento e gerenciamento dos serviços e análises operacionais.

Uma matriz OD de uma linha de ônibus, como a da Figura 1, é constituída por uma tabela com igual número de linhas (i) e colunas (j) que representam, respectivamente, as suas paradas de origem e destino. O deslocamento de qualquer passageiro possui uma parada de embarque i e uma de desembarque j , formando assim um par OD T_{ij} . Para cada par OD determinado, o valor da célula relativa a ele é acrescido em uma unidade, formando-se assim uma matriz representativa das viagens realizadas pelos passageiros da linha de ônibus.

Figura 1 - Exemplo de Matriz Origem-Destino

Origens	Destinos							$\sum_j T_{ij} = T_i$
	1	2	3	...	j	...	y	
1	T_{11}	T_{12}	T_{13}	...	T_{1j}	...	T_{1y}	O_1
2	T_{21}	T_{22}	T_{23}	...	T_{2j}	...	T_{2y}	O_2
3	T_{31}	T_{32}	T_{33}	...	T_{3j}	...	T_{3y}	O_3
...
...
i	T_{i1}	T_{i2}	T_{i3}	...	T_{ij}	...	T_{iy}	O_i
...
...
y	T_{y1}	T_{y2}	T_{y3}	...	T_{yj}	...	T_{yy}	O_y
$\sum_i T_{ij}$	D_1	D_2	D_3	...	D_j	...	D_y	$\sum_i T_{ij} = T_j$

(fonte: Martins e Caixeta Filho, 1998)

As paradas de origem e destino da matriz OD de uma linha de ônibus podem ser posteriormente agrupadas de acordo com a sua localização em regiões delimitadas, conhecidas por Zonas de Tráfego (ZT). A análise de deslocamentos por ZTs permite uma avaliação dos polos de geração e atração de viagens, como realizado por Galdino (2018), que associa as paradas de sua linha de ônibus estudada ao bairro onde estão. Este trabalho, porém, tem como foco analisar as origens e destinos apenas por paradas de ônibus.

Os dados necessários para a elaboração de matrizes OD são tradicionalmente coletados através de pesquisas de campo embarcadas. Nelas, pesquisadores contabilizam os passageiros em estações ou dentro dos veículos, sendo os dados coletados posteriormente expandidos para maior representatividade da amostra (WANG, 2010). Zhao (2004) afirma que tais pesquisas são caras e atualizadas com pouca frequência. Por isso, a utilização da base de dados de bilhetagem eletrônica e localização dos veículos resulta em matrizes OD com diferentes complexidades e baixo custo marginal. Hora et al. (2017) reforçam a maior acurácia obtida nas matrizes OD estimadas a partir desses dados em relação às pesquisas manuais.

Segundo Cyril et al. (2017), as pesquisas de demanda têm se focado nos últimos anos na estimação de matrizes OD embarcadas a partir de dados de sistemas de coleta automática de dados (ADC, do inglês *Automatic Data Collection*). O constante aperfeiçoamento das tecnologias de coleta de dados e das ferramentas de análise permite a construção de matrizes com significativa representatividade para os sistemas de ônibus.

1.2 Objetivos da pesquisa

O objetivo deste trabalho é utilizar dados dos sistemas de bilhetagem eletrônica e de GPS de uma linha de ônibus da cidade de Guaíba (RS) para determinar as matrizes Origem-Destino embarcadas e os carregamentos das viagens dos dias 25 a 29 de março de 2019 (segunda à sexta-feira). A partir do objetivo geral, é proposto:

- Identificar o Fator de Renovação da linha;
- Classificar as viagens seguintes dos passageiros do dia 25/03/2019;
- Verificar a frequência dos passageiros da linha nos outros 4 dias da semana;
- Comparar as matrizes OD embarcadas e carregamentos dos outros 4 dias da semana com o dia 25 de março de 2019,
- Analisar a frequência semanal de todos os bilhetes eletrônicos validados no sistema de ônibus de Guaíba.

1.3 Abordagem metodológica

O desenvolvimento deste trabalho exigiu a expansão de conhecimentos prévios sobre planejamento de transportes e cálculo de demanda em sistemas de ônibus sem a necessidade de se realizar pesquisas de campo. Dos diferentes métodos propostos e analisados na revisão bibliográfica, foram selecionados aqueles que melhor se adequaram ao estudo de caso deste trabalho. Alguns dos resultados obtidos foram comparados com dados de médias de passageiros para se comprovar a sua confiabilidade.

Foi necessário o aprendizado de uma linguagem de programação para se trabalhar com a grande quantidade de dados disponibilizada. Durante o desenvolvimento do código do modelo, diversas ferramentas e lógicas para a execução de cálculos e estruturação de dados foram estudadas para serem aplicadas e se moldarem às configurações do banco de dados obtido. Em um mundo onde milhares de dados são gerados por segundo, o conhecimento de instrumentos e técnicas para os analisar se torna cada vez mais essencial na realização de estudos e pesquisas.

Os resultados gerados após o cruzamento das propostas metodológicas com as ferramentas de análise foram muito satisfatórios, comprovando expectativas e dados previamente disponibilizados. Este trabalho demonstra a viabilidade e praticidade de se determinar matrizes OD e carregamento de viagens representativos sem a necessidade de se realizar caras e demoradas pesquisas de campo. Para isso, é preciso que se possua tecnologia embarcada em todos os veículos um banco de dados confiável.

1.4 Estruturação do trabalho

Este trabalho está dividido em 6 capítulos, com início nesta introdução. O capítulo 2 contém a revisão bibliográfica dos assuntos aqui abordados. Ele se inicia com conceitos básicos sobre pesquisas de oferta e demanda em sistemas de transporte público e avança até a análise de estudos semelhantes a este desenvolvidos por diversos autores. As metodologias e considerações adotadas por tais autores e alguns de seus resultados obtidos são também discutidos neste capítulo.

O capítulo 3 relata o desenvolvimento do modelo para se analisar os dados utilizados. Nele são descritas lógicas adotadas para a determinação de pares OD, viagens e paradas de embarque e desembarque. No capítulo 4 é apresentado o estudo de caso deste trabalho. São descritas algumas informações sobre a cidade de Guaíba e seu sistema de transporte público. Ao final do capítulo é identificada a linha de ônibus selecionada para o estudo e caracterizado o banco de dados obtido e os tratamentos iniciais necessários.

A análise dos resultados obtidos após a aplicação do modelo é apresentada no capítulo 5. Nele constam as matrizes OD, os quadros e gráficos dos carregamentos das viagens, entre outros dados gerados, e seus valores são discutidos. Por fim, no capítulo 6 são feitas as considerações finais e conclusões deste trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo aborda conceitos e propostas metodológicas fundamentais para a realização deste trabalho. A partir do conhecimento desta base teórica é possível ter um melhor entendimento das metodologias de pesquisa descritas por diversos autores.

2.1 Oferta e demanda no transporte público

Para o planejamento de qualquer sistema de transporte ao redor do mundo, conhecer a demanda corrente pelo serviço oferecido e prever a quantidade futura de usuários é fundamental para garantir a sua sustentabilidade. Devido ao caráter social intrínseco aos sistemas de transporte público, é primordial que se busque o equilíbrio entre o volume de passageiros transportados e a capacidade de oferta através do diagnóstico e planejamento desses sistemas. (MARQUES e PITOMBO, 2018). Há diversos modelos consagrados para se determinar a demanda por deslocamentos, porém Vuchic (2005) afirma que o Modelo Quatro-Etapas é o mais importante devido ao grande conhecimento das suas metodologias e, principalmente, ao procedimento de divisão modal. As etapas do modelo consistem em:

- 1 Geração de viagens: estimar a quantidade de viagens originadas em cada região do estudo em um determinado período;
- 2 Distribuição de viagens: formar os pares origem-destino a partir das estimativas da primeira etapa;
- 3 Divisão modal: determinar o modo de transporte utilizado para a realização de cada viagem do estudo,
- 4 Alocação de viagem: prever a rota utilizada em cada viagem.

No caso da análise da demanda no sistema de ônibus, o modelo se resume às duas primeiras etapas, visto que o modo já foi determinado e as viagens dos veículos obedecem a rotas fixas. A forma mais tradicional para o cálculo e previsão da demanda são os modelos matemáticos, que, após passarem por um processo de calibragem, utilizam grandes bases de dados para serem o mais representativos possível. Esses dados geralmente são obtidos através de pesquisas origem-destino embarcadas e/ou censos demográficos realizados periodicamente por agentes públicos.

Segundo Vuchic (2005), é necessário estar atento a quatro fatores para se entender a natureza por trás da estimação de viagens em qualquer modo de transporte. São eles:

- 1 Quanto mais precisa a estimativa do crescimento populacional, crescimento econômico e outros fatores, mais acurada será a aferição de viagens;
- 2 A estimativa só será válida caso as condições de cálculos dos modelos não se modifiquem no futuro;
- 3 O tipo de sistema de transporte influencia o cálculo de viagens,
- 4 Um sistema de transporte não deve ser considerado isolado e independente da rede viária urbana, pois tem o poder de modificar as condições de uso do solo e a forma de se prever demandas por viagens.

Por mais consagrados que sejam, os modelos matemáticos para se estimar origens e destinos podem representar de forma não precisa os deslocamentos em uma linha de ônibus e gerar cálculos de demanda imprecisos. A atração de passageiros para o sistema de ônibus não dependerá única e exclusivamente dos fatores socioeconômicos utilizados nos métodos para previsão de demanda. A própria forma como a rede está configurada e é oferecida à população tem um papel importante na escolha de uma pessoa por um modo de transporte. Cada linha de ônibus terá sua demanda influenciada pelo nível de serviço oferecido pelas empresas operadoras. Além do mais, em um sistema composto por linhas que se complementam, a escolha do usuário por uma rota dependerá da sua ponderação a atributos como tempo de espera e de viagem, número de transferências e qualidade de acesso (IBARRA-ROJAS et al., 2015).

Moreira-Matias et al. (2015) atentam à importância de se analisar o atendimento às necessidades de uma população urbana. A partir do momento em que se conhece a demanda por deslocamento entre as zonas de uma cidade ao longo de um dia, é possível se realizar uma avaliação eficiente do sistema para melhor readequar a oferta de veículos e viagens. Isso resultará na otimização dos custos operacionais e na melhora da confiabilidade de todo o sistema, conseqüentemente levando ao aumento da satisfação e do número de passageiros. Uma oferta superdimensionada ocasiona muitos ônibus com poucos passageiros e prejuízo financeiro para a empresa prestadora do serviço. Por outro lado, uma oferta baixa implica em veículos superlotados, usuários insatisfeitos com o serviço e possível troca por outros modais.

2.1.1 Pesquisas de oferta

Os órgãos de transporte e as empresas prestadoras de algum serviço de transporte por ônibus devem conhecer as condições de operação de cada linha. As pesquisas para levantamento da oferta normalmente envolvem verificações *in loco*, com pesquisadores registrando os horários de chegada e saída de cada veículo nos terminais, bem como o seu prefixo e o número de passageiros registrados (SEMOB, 2015).

2.1.2 Pesquisas de demanda

Dentre as diversas pesquisas realizadas para a verificação da demanda em um sistema de transporte, Vuchic (2005) argumenta que a mais completa e detalhada é a contagem de passageiros embarcando e desembarcando em cada parada ao longo de uma linha. Assim se tem informações sobre o carregamento dos veículos. Métodos tradicionais para essa contagem envolvem pesquisas *in loco*, nas quais agentes dentro dos veículos registram a quantidade de passageiros que embarcam e desembarcam durante uma viagem.

A pesquisa embarcada geralmente consiste em dois ou mais pesquisadores alocados na porta de entrada e na(s) porta(s) de saída do veículo entregando a cada usuário que embarca um cartão correspondente à ZT ou à parada de embarque. Os usuários são solicitados que o devolvam no momento do desembarque. Dessa forma é possível não só determinar o número de usuários em cada trecho entre paradas, mas também relacionar as suas origens e os seus destinos para criar uma matriz OD da linha de ônibus. SeMob (2015) atenta à sazonalidade dos deslocamentos em uma cidade ao se realizar pesquisas de oferta e demanda. Horários de pico, dias úteis e períodos fora das férias escolares apresentam uma procura maior por transporte, e é necessário conhecê-la para adaptar a oferta de serviço para cada demanda.

2.2 Sistemas de coleta automática de dados

De acordo com Ibarra-Rojas et al. (2015), as novas tecnologias desenvolvidas nas últimas décadas auxiliam na melhora das informações disponíveis para o planejamento e operação do transporte público. Sistemas de coleta automática de dados (ADC) como os de bilhetagem eletrônica (AFC, do inglês *Automated Fare Collection*) e localização automática dos veículos por GPS (AVL, do inglês *Automatic Vehicle Location*) estão cada vez mais presentes nos sistemas de ônibus. O uso dos dados gerados por esses sistemas permite melhorias no entendimento do impacto de decisões e na performance do transporte público.

Atualmente novas tecnologias têm sido estudadas para a coleta de dados relativos aos deslocamentos da população. Barboza et al. (2018) fazem uma revisão de diversos trabalhos que abordam o uso de dados de chamadas telefônicas para auxiliar o planejamento de transportes. Juntamente com as informações de GPS dos veículos, Paradedda et al. (2018) analisaram através de experimentos *in loco* a confiabilidade na determinação de embarques e desembarques ao se coletar os dados de Wi-Fi dos *smartphones* dos passageiros. Apesar da abrangência alcançada com o uso dos sistemas de telefonia e Wi-Fi, os sistemas de transporte por ônibus no Brasil precisam primeiramente se utilizar dos dados de bilhetagem eletrônica e GPS já instalados para o planejamento antes de partir para etapas mais avançadas.

Todos os dias milhares de dados são gerados e registrados com validações de pagamentos e rastreamento de veículos, e as informações por eles fornecidas se tornaram uma ferramenta que pode ser explorada de forma mais intensa (IBARRA-ROJAS et al., 2015). Galdino (2018) afirma que métodos tradicionais não são adequados para a análise de um volume tão grande de dados. Para isso, a aplicação de tecnologias como linguagens de programação auxilia na extração das informações necessárias de um extenso banco de dados. Segundo Cui (2006), apesar dos dados dos sistemas AFC e AVL terem o objetivo de darem suporte a tomadas de decisão por parte dos órgãos gestores, eles oferecem uma oportunidade para se obter outras informações a respeito da operação de maneira mais rápida, acurada e completa.

Wang (2010) explica que apesar de os sistemas ADC estarem entre as mais poderosas tecnologias disponíveis para o planejamento de transportes, muitos desses não têm seus dados inicialmente formatados para fins de análise. Logo, se faz necessário o tratamento inicial do banco de dados utilizado para tornar suas informações mais simples de serem processadas.

2.2.1 Sistema de Bilhetagem Eletrônica (AFC)

Realizado de forma manual em muitos sistemas metroviários do mundo até os anos 60, a coleta automática de tarifa foi primeiramente introduzida em 1969 na estação de trens suburbanos de Lindenwold, nas proximidades da cidade de Filadélfia, Estados Unidos (VUCHIC, 2005). O sistema consiste no pagamento da tarifa com o uso de um cartão previamente carregado com valores em dinheiro que são descontados a cada validação do usuário. No Brasil, a tecnologia de bilhetagem eletrônica teve a cidade de Campinas como pioneira na sua implementação, com

a operação iniciando em novembro de 1997¹. Desde então, essa tecnologia tem estado presente em grande parte dos principais municípios brasileiros.

Além de garantir maior controle e segurança sobre a venda de passagens, o bilhete eletrônico confere praticidade àqueles que o usam em relação a antigos sistemas de fichas ou vales de papel. No caso de descontos ou isenção do valor da passagem para diferentes categorias, como estudantes e idosos, o uso de cartões distintos dispensa a necessidade da comprovação do benefício a cada novo embarque. A validação de um bilhete eletrônico é feita cada vez que um passageiro o passa no equipamento validador. As informações coletadas em uma validação incluem a data, hora, linha de ônibus e a identificação do cartão utilizado (WANG, 2010).

De acordo com Vuchic (2005), pelo fato de os sistemas AFC coletarem todos os registros feitos ao longo do dia, eles são uma importante ferramenta para a classificação dos pares origem-destino dos passageiros. Ferreira, S. e Barbosa (2016) atestam que os dados de bilhetagem eletrônica são eficazes para a avaliação da ocupação de um ônibus e o monitoramento da operação do sistema visando ao conforto dos passageiros.

Pelletier et al. (2011) afirmam que os dados gerados pela bilhetagem eletrônica contribuem em diferentes níveis para se melhor planejar o sistema de transportes de uma cidade. Para uma visão geral de longo ou médio prazo (nível estratégico), há a possibilidade de se conhecer a forma como cada usuário se comporta no sistema conforme o seu histórico de validações. Isso confere uma importante ferramenta de avaliação de demanda a partir da junção dos históricos de todos os usuários. No plano tático, os dados de AFC contribuem para se avaliar a quantidade de transbordos efetuados em uma linha. Já em nível operacional, é possível se obter indicadores do serviço prestado à população, como o cumprimento de tabelas horárias.

2.2.2 Localização Automática do Veículo (AVL)

Existem diversos métodos para se estabelecer coordenadas de pontos através do Sistema de Posicionamento Global (GPS, do inglês *Global Positioning System*), variando entre o posicionamento estático e o dinâmico e com graus de precisão distintos. O aumento da acurácia dos dados gerados por satélites ao longo dos anos tornou o GPS uma ferramenta fundamental para a produção de mapas digitais precisos em um Sistema de Informação Geográfica (BERNARDI e LANDIM, 2002).

¹ Retirado de: <https://www.transurc.com.br/index.php/a-transurc/bilhetagem-eletronica>

Muitos órgãos gestores e empresas operadoras de ônibus têm se atentado à importância do acompanhamento em tempo real da frota. Isso permite o combate a atrasos com um controle mais rigoroso dos horários de saída e chegada dos veículos nos terminais. Porém deve-se observar a eventual imprecisão dos dados de GPS devido à indisponibilidade ou ao bloqueio dos sinais de satélite (MOREIRA-MATIAS et al., 2015).

Além de benefícios para os controladores, o sistema AVL possibilita que os usuários acompanhem a localização dos veículos através de plataformas digitais. Segundo Paradedda et al. (2018), apesar de o sistema permitir a previsão de chegada do próximo veículo em uma parada, determinar o carregamento de um veículo e a demanda de passageiros por parada de embarque e desembarque é a dificuldade a ser enfrentada.

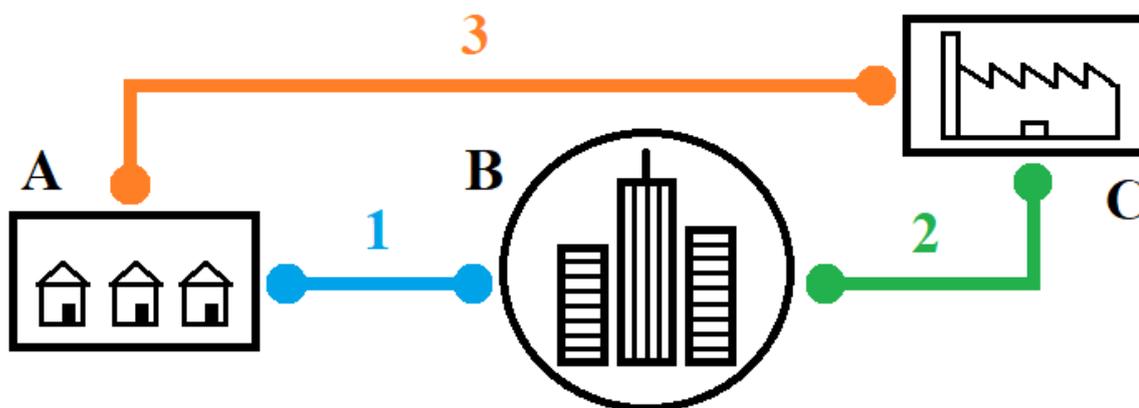
2.3 Viagens com transbordo

Cui (2006) explica que as viagens realizadas por usuários de ônibus devem ser definidas como “ligadas” ou “não ligadas”. A primeira definição faz referência a viagens realizadas com um ou mais transbordos de linha para se chegar ao ponto de desembarque final. Por outro lado, a segunda é uma viagem de uma só etapa, cujo destino final é atingido com um único veículo.

Entre outros significados, no sentido de mobilidade urbana, a palavra “transbordo” se refere ao ato de passagem de viajantes entre dois veículos (FERREIRA, A., 2008). Uma política muito comum nos sistemas de bilhetagem eletrônica é integração tarifária entre duas validações, que permite aos passageiros realizarem uma viagem de dois trechos sem a necessidade de pagar por duas passagens cheias. Segundo Wang (2010), o planejamento dos transbordos em um sistema de transporte por ônibus é reconhecido como um componente fundamental do planejamento do sistema como um todo. A partir disto é possível se reduzir custos operacionais e dar suporte à uma organização mais eficiente dos itinerários, apesar da inconveniência gerada aos passageiros pela necessidade de realizarem troca de veículos.

Tomando como exemplo uma cidade hipotética apresentada na figura 2, onde a região residencial A é conectada com a região central B pela linha de ônibus 1, sendo esta conectada com a zona industrial C pela linha de ônibus 2. Caso a autoridade de trânsito chegue à conclusão de que uma parcela expressiva de usuários da linha 1 não tenha como destino final a região B, porém faça transbordo para a linha 2, é interessante que se analise a possibilidade da criação de uma terceira linha de transporte coletivo. A linha de ônibus 3 faz a ligação das regiões A e C sem a necessidade de se adentrar no centro da cidade.

Figura 2 – Situação hipotética de existência de transbordo



(fonte: elaborada pelo autor)

2.4 Determinação da demanda utilizando AFC e AVL

Segundo Cyril et al. (2017), nos últimos anos, as pesquisas de demanda no transporte público têm se focado na estimação de matrizes OD embarcadas a partir dos dados de sistemas de coleta automático. Cui (2006) explica quatro fatores pelos quais o uso desses sistemas é muito mais vantajoso em relação a coletas de informação manuais:

1. Redução de custo, visto que os equipamentos de registro automático de dados são, a princípio, previamente adquiridos para outros propósitos e geram informações similares a pesquisas realizadas por métodos tradicionais;
2. Amostra maior, pois pesquisas de campo possuem orçamento limitado e, conseqüentemente, tamanho de amostra menor em comparação à quantidade de dados gerados automaticamente;
3. Estimação mais frequente, já que o baixo custo marginal permite cálculos de demanda de passageiros diversas vezes ao ano,
4. Pesquisas direcionadas, após a identificação de zonas ou rotas de interesse especial para estudos mais detalhados.

Grande parte dos sistemas de transporte por ônibus exige o pagamento da tarifa apenas no momento do embarque, não registrando no sistema AFC informações sobre o momento de desembarque dos passageiros. (GORDON et al., 2018). Dessa forma, ao se cruzar os dados de bilhetagem eletrônica e localização dos veículos, é possível se determinar as paradas de embarque dos passageiros. Porém, deve-se atentar ao fato de que algumas validações são realizadas ao longo da viagem ou inclusive no momento do desembarque. Situações assim são mais frequentes entre passageiros que se acomodam nos assentos preferenciais dispostos antes da catraca, podendo assim gerar pares OD incorretos.

Zhao (2004) propõe que em uma viagem com três segmentos consecutivos, por exemplo, é razoável assumir que a origem do segundo trecho é o destino do primeiro. Seguindo a mesma lógica, a origem do terceiro trecho é o destino do segundo. Para considerar essas premissas como verdadeiras, o autor destaca três suposições que devem ser adotadas:

1. Não há modo de transporte privado envolvido na viagem;
2. Os passageiros não irão caminhar longas distâncias para embarcar em pontos diferentes daqueles previamente utilizados,
3. O ponto de desembarque da última viagem do dia é onde o passageiro embarcou pela primeira vez naquele mesmo dia.

Zhao (2004) considera em sua segunda suposição uma distância de caminhada aceitável de até cinco minutos, tendo em vista uma velocidade média de um ser humano de aproximadamente 5km/h. Arbex e Torres (2017) retiram de sua análise todos aqueles passageiros cujos destinos inferidos estão distantes a mais de 400m do local de embarque seguinte e expandem posteriormente os resultados. No estudo de Hora et al. (2017), mais de 80% das distâncias entre a parada de desembarque determinada de um passageiro e a sua parada de embarque seguinte são inferiores a 403m.

Em Santiago, Chile, Munizaga e Palma (2012) propõem um método baseado na segunda premissa de Zhao (2004), porém com restrições adicionais visto a complexidade da rede de transportes da capital chilena. A determinação da parada de desembarque é feita considerando o menor tempo generalizado entre a posição geográfica da validação seguinte e as paradas da linha de ônibus da primeira validação. Diferentemente da estimação do destino como sendo a parada mais próxima, empregada neste trabalho, o método proposto pelas autoras procura a parada de desembarque que minimiza o tempo de caminhada do passageiro até a sua parada de embarque seguinte.

Para se identificar os pontos de embarque e desembarque de um passageiro em um sistema de transporte com pagamento dentro do veículo é necessário algum dado que permita a determinação de sua localização. Assim como no presente trabalho, grande parte dos estudos realizados para se determinar matrizes OD embarcadas com sistemas de coleta automática de dados analisam sistemas de ônibus com aparelhos GPS presentes em todos os veículos. Entretanto, caso os dados de geolocalização sejam insuficientes ou inexistentes, alguns autores desenvolvem diferentes métodos para realizarem suas pesquisas.

Cui (2006) estima matrizes OD para a rede municipal de ônibus da cidade de Chicago, Estados Unidos com os dados dos sistemas AFC e AVL. Como aproximadamente 60% dos passageiros no momento de realização do estudo pagam a tarifa com bilhete eletrônico, o sistema de contagem automática de passageiros, instalado em apenas 15% da frota, é utilizado para a checagem das viagens determinadas.

Barry et al. (2010) efetuam um estudo na cidade de Nova York, Estados Unidos, incluindo todos os modos de transporte público presentes no município: metrô, ônibus, balsas e bondes. Porém, no momento de realização do estudo, sistemas AVL não estão disponíveis na rede de ônibus. A localização do embarque e desembarque dos passageiros é estimada relacionando proporcionalmente o horário de cada validação com os horários de início e final de viagem de seus veículos correspondentes. A determinação do destino de um usuário exige pelo menos dois registros de seu bilhete eletrônico em pontos diferentes no mesmo dia. Entretanto, é comum haver uma parcela significativa de passageiros com apenas uma validação diária. No caso de passageiros sem destino determinado, os autores realizam uma expansão dos dados.

Gordon et al. (2018) apontam que no sistema de transporte de Londres, Inglaterra, tipicamente são determinadas as viagens de aproximadamente 75% dos passageiros. Os autores então ressaltam a importância de se contabilizar os passageiros sem destino determinado nas análises de pares OD. No estudo de Guerra et al. (2014), para cada parada de embarque, os destinos dos passageiros com origem nela são distribuídos proporcionalmente. A expansão consiste então em inferir as paradas de desembarque de todos os passageiros sem destino de acordo com a distribuição daqueles que embarcaram na mesma parada.

Ao identificar o uso múltiplo de um mesmo bilhete eletrônico na mesma parada de embarque, Navárez e Mejía (2016) afirmam que só é possível estimar o destino de um dos passageiros se for detectada uma validação em outra parada após um certo tempo. No caso de registros repetidos de um mesmo passageiro devido à instabilidade do validador, Li et al. (2011) consideram somente a primeira validação.

Oliveira (2016) analisa o padrão de regularidade de cada passageiro de ônibus a partir do conceito de “âncora” para atribuir a linha ou parada por ele mais utilizada. Posteriormente são distribuídos espacial e temporalmente os usuários regulares e esporádicos dos sistemas de BRT do Rio de Janeiro (RJ) em 28 dias corridos de um mês. Os resultados obtidos demonstram que, apesar de os usuários regulares (com uma “âncora” definida) representarem apenas 22% de todos os usuários do sistema, eles realizam dois terços de todas as validações.

Galdino (2018) tem como foco a determinação do carregamento de uma linha de ônibus de João Pessoa (PE) no horário de pico da manhã (das 5:30 às 8:30) de um dia que o autor considera como típico para o transporte da cidade. A procura das paradas de desembarque para a determinação dos pares OD é realizada para três cenários diferentes. No primeiro são procurados os registros seguintes apenas na linha estudada. Já nos segundo e terceiro cenários, os registros de outras linhas com rotas semelhantes são acrescentados à análise, duas e seis linhas respectivamente. O objetivo desses cenários é se verificar a melhora dos índices de rastreamento dos passageiros para cada incremento no banco de dados. Os carregamentos de duas viagens selecionadas para os três cenários são determinados e posteriormente expandidos para adequar a amostra ao total de embarques registrados em cada viagem. Ao final, os carregamentos são apresentados em gráficos de barras, com o trecho mais carregado em destaque.

No presente trabalho, os registros seguintes de cada passageiro da linha estudada são procurados em qualquer linha de ônibus contida no banco de dados a fim de se determinar o maior número de pares OD possível. A expansão de passageiros sem destino determinado é realizada apenas para a determinação das matrizes OD, visto que o carregamento médio das viagens é baixo. Porém, visando contemplar na análise aqueles passageiros que pagam a tarifa em dinheiro e não estão representados na base de dados, outra expansão é feita tanto para as matrizes OD quanto para os carregamentos.

3 DESENVOLVIMENTO DO MODELO

Este capítulo descreve o desenvolvimento do modelo a partir dos conhecimentos e metodologias abordados no capítulo anterior. Aqui são apresentadas as etapas e lógicas utilizadas para a criação do modelo deste trabalho.

3.1 Ferramentas utilizadas

Pelo fato de coletarem milhares de informações por dia, os bancos de dados gerados por ADC não são facilmente manipulados de forma manual. Logo, assim como os autores anteriormente citados, se faz uso de programação para a leitura e processamento dos dados neste trabalho. O modelo, realizado com a linguagem de programação *Python*, foi desenvolvido no ambiente computacional *Jupyter Notebook*.

Para se ter acesso a esse ambiente, primeiramente foi necessário instalar o *software Anaconda Navigator* no computador utilizado. Distribuído gratuitamente pela desenvolvedora *Anaconda*, o *software* oferece aos seus usuários diversos aplicativos e bibliotecas para se analisar dados sem a necessidade de se trabalhar com uma interface de linha de comandos.

Python é uma linguagem de programação surgida no ano de 1991 e desde então muito popular. Porém, foi a partir dos anos 2000 que o uso dessa ferramenta cresceu significativamente para a ciência da computação em ambientes industriais e acadêmicos. Além de ser ao mesmo tempo forte e de uso simples, o *Python* se destaca pela facilidade de integração com outras linguagens muito populares, como C e C++ (MCKINNEY, 2012).

Outra grande vantagem são as bibliotecas disponíveis aos usuários, especialmente as bibliotecas utilizadas neste trabalho: *NumPy*, para criar arranjos e matrizes de N dimensões, e *Pandas*, para se estruturar e apresentar os dados de forma rápida e expressiva (MCKINNEY, 2012). Ao se utilizar o *software Anaconda Navigator*, não é preciso se fazer individualmente o *download* de cada biblioteca necessária ao desenvolvimento deste trabalho, visto que todas já vêm instaladas nativamente no *software*.

Os resultados foram exportados em formato *Excel* pelo programa desenvolvido em *Python* e manipulados no mesmo. Tanto as matrizes OD quanto as tabelas dos carregamentos das viagens apresentadas neste trabalho foram formatadas no *software Excel* para melhor visualização de

seus dados. As verificações manuais para eventuais correções de resultados e a criação dos gráficos de carregamento das viagens também foram feitas no *Excel*.

3.2 Processamento dos dados

As primeiras linhas do código desenvolvido, como mostradas na figura 3, exigem que se entre manualmente com os dados necessários para que o programa faça automaticamente todos os comandos seguintes. As bibliotecas inseridas são a base para o processamento e visualização desses dados. Além das já comentadas bibliotecas *NumPy* e *Pandas*, são utilizadas também as bibliotecas *Collections*, para melhor manipulação de dicionários, e *Math*, para se fazer cálculos trigonométricos.

Figura 3– Extrato das primeiras linhas do código

Bibliotecas

```
import pandas as pd
import numpy as np
from pandas import DataFrame
from collections import defaultdict
from math import sin, cos, sqrt, atan2, radians
```

Arquivos

```
registros_guaiba = pd.read_excel('Registros_Guaiba.xls') # Registros em Guaíba de 25/03 a 29/03
paradas = pd.read_excel('CohabNorte_Paradas.xlsx') # Coordenadas das paradas da linha
```

Parâmetros

```
dia1 = '25/03/2019' # Data do dia 1
dia2 = '26/03/2019' # Data do dia 2
dia3 = '27/03/2019' # Data do dia 3
dia4 = '28/03/2019' # Data do dia 4
dia5 = '29/03/2019' # Data do dia 5
linha = 'COHAB NORTE / CENTRO' # Linha a ser estudada
```

(fonte: elaborada pelo autor)

Apenas dois arquivos em formato *Excel* são lidos pelo programa: a base de dados de AFC e AVL dos cinco dias úteis e a listagem das paradas de ônibus georreferenciadas da linha estudada. Caso seja desejado realizar a análise das matrizes OD e dos carregamentos de outra linha que ônibus diferente da linha estudada, é preciso inserir um outro arquivo contendo os dados das suas paradas.

Na área de inserção de parâmetros, é preciso se definir a linha e as datas a serem estudadas, já que a base de dados utilizada contém registros de mais de um dia. As análises para determinação dos pontos de entrada e saída do sistema, carregamento de viagens e viagens com transbordo são feitas apenas para os passageiros da data definida no parâmetro “dia1”. Nas datas dos parâmetros “dia2”, “dia3”, “dia4”, e “dia5”, são feitas buscas dos cartões validados no “dia1” a fim de se verificar o comportamento de cada um dos passageiros durante a semana.

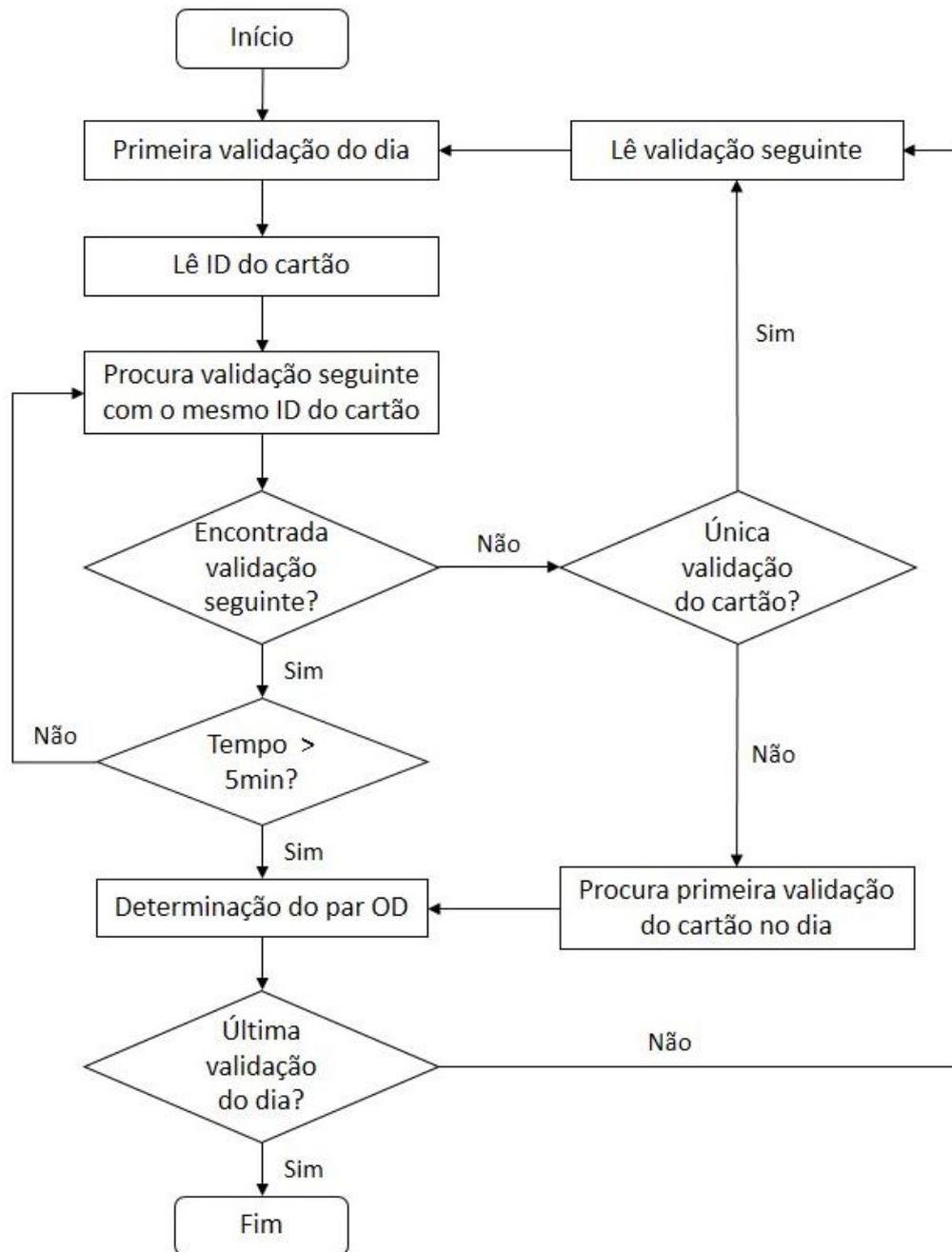
3.3.1 Pares origem-destino

A lógica principal por trás da determinação dos pares OD de cada registro, no presente estudo, é procurar a validação seguinte do mesmo bilhete eletrônico (cartão) no dia de estudo. A análise inicia pelo primeiro cartão validado no sistema e procura a próxima validação cuja identificação do cartão seja a mesma. Caso não seja encontrado o registro seguinte de algum cartão pelo fato de ser a sua última viagem do dia, é procurada a sua primeira validação no dia para se determinar o seu destino. Cartões com apenas uma validação diária não têm seu destino determinado.

Validações seguintes com a mesma identificação de cartão realizadas em um intervalo menor de 5 minutos são descartadas, pois representam múltiplos passageiros viajando com um mesmo cartão. Após a determinação de um par OD, a análise avança para a validação seguinte até a última do dia. O Fluxograma da Figura 4 apresenta o processo de montagem dos pares OD.

No momento em que um par OD é determinado, são armazenadas em listas as informações relativas à identificação do bilhete eletrônico e do veículo e às validações de origem e destino, como os horários e as coordenadas do momento da validação e as linhas utilizadas na primeira e segunda viagem. No final da análise, são geradas 17 listas de igual tamanho cujos dados de mesmo índice pertencem ao mesmo par OD.

Figura 4 – Fluxograma para determinar os pares origem-destino



(fonte: elaborada pelo autor)

3.3.2 Paradas de embarque e desembarque

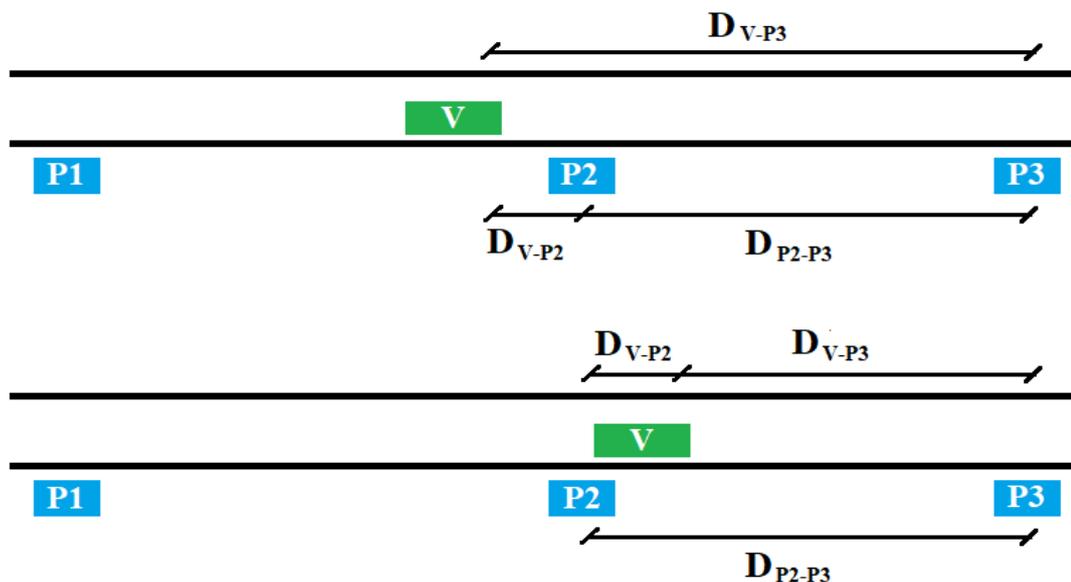
Após determinar os pares OD do dia 1, são selecionados somente aqueles com viagem de origem realizada na linha selecionada, separando-os de acordo com sentido do registro: bairro-centro (0) ou centro-bairro (1). Posteriormente é realizado o cálculo das distâncias em linha reta entre paradas consecutivas a partir das suas coordenadas e os resultados são armazenados em novas listas.

Para determinar a parada em que um passageiro embarcou no veículo, o programa procura a parada mais próxima da posição geográfica onde a validação foi feita. Porém, dependendo da fila de usuários antes da catraca, um passageiro pode acabar validando o seu cartão apenas quando o veículo já percorreu mais da metade do caminho até a parada seguinte. Com o objetivo de evitar que seja inferida incorretamente a parada, o programa faz uma análise das distâncias entre o local da validação e as paradas próximas a ele.

Em uma situação hipotética como nos dois casos da figura 5, a parada mais próxima do local de registro do bilhete eletrônico de um passageiro embarcado no veículo V é a parada P₂. Como é possível afirmar que essa pessoa realmente embarcou na parada mais próxima? No primeiro caso o passageiro embarcou em P₁ e validou seu cartão apenas quando estava mais próximo P₂, a uma distância D_{V-P_2} . A lógica de determinar a parada de embarque por proximidade levaria a um resultado falso. Para isso, a distância em linha reta entre a posição do passageiro e a parada P₃ (D_{V-P_3}) é comparada à distância entre as paradas P₂ e P₃ ($D_{P_2-P_3}$). Se a primeira for maior que a segunda, quer dizer que a validação não foi realizada no trecho entre P₂ e P₃. Logo, o passageiro não embarcou na parada mais próxima da sua posição geográfica (P₂), mas na parada anterior (P₁).

Já no segundo caso da figura 5, D_{V-P_3} é menor que $D_{P_2-P_3}$, indicando que a validação foi realizada entre as paradas P₂ e P₃. Dessa forma, é correto deduzir que o passageiro realmente embarcou na parada mais próxima da sua posição geográfica: P₂.

Figura 5 – Determinação da parada de subida do passageiro



(fonte: elaborada pelo autor)

É preciso, porém, se atentar à possibilidade de um veículo acabar parando atrás de outro para embarcar e desembarcar passageiros na mesma parada. Juntamente com o fato de os aparelhos de GPS possuírem um certo grau de imprecisão, no modelo desenvolvido, todo registro realizado em um raio inferior 15m de qualquer parada tem ela automaticamente definida como o seu ponto de embarque.

Além de todas essas verificações, é necessário ainda definir um afastamento máximo da parada mais próxima, pois as informações de posição geográfica do banco de dados podem conter imprecisões. Por isso, qualquer validação realizada além de um raio de 250m da parada mais próxima é definida como estando fora da rota do ônibus e é descartada. Esse valor é definido levando em conta que a maior distância entre duas paradas consecutivas da linha estudada é pouco superior a 400m.

A lógica da determinação do ponto de desembarque de cada passageiro é praticamente idêntica à de embarque, porém com uma tolerância maior quanto ao seu afastamento máximo, sugerido como 400m na seção 2.4. Os cartões que não possuem um segundo registro no dia ou cujo destino inferido está fora de rota são separados dos demais para futura expansão dos seus dados. São então criadas novas listas contendo as paradas de embarque e de desembarque dos passageiros de ambos os sentidos da linha.

3.3.3 Matrizes OD

A partir dos pares OD determinados, o programa avança para a etapa de montagem da matriz OD de cada sentido de viagem (matriz A). Essa matriz, porém, representa somente aquela parcela de usuários com parada de desembarque determinada, excluindo um número pequeno de viagens realizadas na linha estudada. Para não se perder esses dados e, conseqüentemente, a fidelidade dos resultados obtidos, é realizada uma expansão com base na matriz A.

Primeiramente é gerada a matriz de distribuição proporcional das paradas de destinos relativos a cada parada de embarque (matriz B). O cálculo para essa etapa é mostrado na fórmula 1, na qual o valor de cada célula de uma linha da matriz A é dividida pela soma de todos os valores da própria linha.

Em seguida, os passageiros sem parada de desembarque originalmente determinada têm seus destinos distribuídos pela fórmula 2, gerando a matriz C. Para cada parada de origem, o número de passageiros sem destino determinado é armazenado na lista E. Logo, cada elemento da matriz

B é multiplicado pelo valor da lista E relativo a sua origem para se ter os destinos desses passageiros proporcionalmente distribuídos.

Por fim, a matriz original (matriz A) e a matriz de destinos distribuídos (matriz C) são somadas para se gerar a matriz OD de todos os passageiros registrados com bilhete eletrônico. Entretanto, a parcela de passageiros que pagam a passagem em dinheiro não é representada. Um fator de expansão para pagamentos em dinheiro ($f_{R\$}$) é então utilizado para multiplicar o somatório das matrizes A e C. Ele é obtido através da razão entre o número total de passageiros e o de validações com bilhete eletrônico na linha de ônibus estudada no dia 1. A fórmula 3 representa o cálculo para gerar a matriz final expandida (matriz D).

$$B_{ij} = \frac{A_{ij}}{\sum_{j=1}^n A_{ij}} \quad (\text{fórmula 1})$$

$$C_{ij} = B_{ij} \times E_i \quad (\text{fórmula 2})$$

$$D_{ij} = (A_{ij} + C_{ij}) \times f_{R\$} \quad (\text{fórmula 3})$$

Sendo:

i = índice relativo à linha da matriz (parada de origem);

j = índice relativo à coluna da matriz (parada de destino);

n = dimensão da matriz;

A_{ij} = elemento de índices i e j da matriz A (matriz original);

B_{ij} = elemento de índices i e j da matriz B (matriz de distribuição proporcional de destinos);

C_{ij} = elemento de índices i e j da matriz C (matriz de destinos distribuídos);

D_{ij} = elemento de índices i e j da matriz D (matriz final expandida);

E_i = número de passageiros sem destino com origem em i,

$f_{R\$}$ = fator de expansão para pagamentos em dinheiro.

3.3.4 Viagens e carregamentos

A determinação das viagens dos sentidos BC e CB é feita para dois casos: incluindo os todos bilhetes eletrônicos validados na linha estudada no dia 1 e apenas com aqueles com parada de desembarque inferida na seção 3.3.2. Tal diferenciação é usada para se determinar as taxas de representatividade de cada viagem, visto que os passageiros sem destino determinado são excluídos da etapa de determinação dos carregamentos. Dois registros consecutivos são alocados em uma mesma viagem caso três condições sejam atendidas:

1. Ambos possuem a mesma identificação do validador (mesmo veículo);
2. A parada de embarque determinada ao segundo registro é a mesma ou posterior à do primeiro,
3. O intervalo de tempo entre ambos não é superior a 30 minutos.

A condição 3 é utilizada em casos onde um mesmo veículo realiza duas ou mais viagens seguidas e as condições 1 e 2 são satisfeitas para o último registro de uma viagem e o primeiro da viagem seguinte. Essa situação é passível de ocorrer nas últimas viagens do dia, que são efetuadas por um único veículo. O tempo de apenas 30 minutos é considerado tendo-se em vista a frequência média de saída dos ônibus dos terminais e do pequeno trajeto da linha estudada.

Após a alocação de todos bilhetes eletrônicos em viagens, um tratamento manual é feito para se verificar os resultados gerados pelo programa. O objetivo é confirmar ou corrigir o número da viagem atribuída a cada bilhete eletrônico devido a possíveis erros na determinação da parada de embarque ou nos dados de localização geográfica. Dois novos arquivos em formato *Excel* são montados após o tratamento, contendo apenas os passageiros com parada de desembarque determinada na seção 3.3.2, um para cada sentido de viagem.

Desta maneira, o programa lê os arquivos e prossegue para a determinação dos carregamentos de todas as viagens realizadas nos sentidos CB e BC. São montadas então duas tabelas cujas linhas representam as viagens e as colunas as paradas ao longo do trecho percorrido pelo veículo. Para cada par OD, as células localizadas na linha correspondente à sua viagem, desde a parada de embarque até a anterior à de desembarque, são acrescidas em uma unidade. Ao fim, as tabelas de carregamento das viagens são extrapoladas com o mesmo fator de expansão para pagamentos em dinheiro utilizado na seção 3.3.3 para se garantir maior representatividade dos resultados obtidos.

Os valores finais são exportados em formatos de tabela *Excel* para serem manualmente arredondados e permitirem se montar gráficos de barras dos carregamentos. O Fator de Renovação (FR) é um indicador importante para se avaliar a existência de polos de atração de viagens ao longo do caminho. Quanto mais próximo de 1,00 se aproximar o valor de FR, menor a rotatividade de passageiros no veículo. Seu cálculo é feito pela fórmula 4.

$$FR = \frac{TT}{TCr} \quad (\text{fórmula 4})$$

Sendo:

FR = fator de renovação da viagem;

TT = total de passageiros transportados na viagem,

TCr = total de passageiros no trecho crítico (mais carregado).

3.3.4 Viagens de retorno e transbordos

A análise seguinte é a classificação das viagens posteriores dos passageiros da linha de ônibus estudada. Primeiramente são identificados todos os passageiros cujas viagens posteriores são feitas na própria linha estudada ou em alguma de suas linhas complementares (que formam uma bacia) no sentido contrário. Essas viagens indicam a volta dos passageiros ao local de origem e são classificadas como viagens de retorno.

Em seguida são procurados nos dados restantes todos os passageiros com viagens posteriores feitas em um intervalo de tempo menor ou igual a 30 minutos da validação na linha estudada (tempo máximo para a integração da tarifa no caso de estudo). A linha seguinte, porém, não pode pertencer à mesma bacia da linha estudada devido às regras de integração tarifária do sistema de ônibus da cidade. As viagens posteriores dos passageiros selecionados nesta etapa são classificadas como transbordo. As viagens posteriores que não se enquadram em alguma dessas classificações são identificadas apenas como viagens em outras linhas.

São exportadas tabelas em formato *Excel* para diagnóstico manual da quantidade de transbordos efetuados e as linhas mais utilizadas. Tais informações são interessantes para o órgão de trânsito avaliar a viabilidade e a necessidade ou não da implementação de novas rotas ou modificação das já existentes. Tal avaliação visa atender a esses passageiros que necessitam efetuar uma integração para alcançarem seus destinos.

3.3.5 Comportamento dos passageiros

Por fim, mais duas avaliações são feitas para se verificar tanto o comportamento dos passageiros da linha estudada no dia 1, quanto o de todos os cartões validados no sistema em algum dos cinco dias. São procurados registros desses passageiros durante toda a semana para se conhecer frequências de uso e regularidades. Um passageiro é considerado neste trabalho como cativo ao sistema de ônibus caso realize viagens pelo menos três vezes na semana.

Inicialmente, para cada validação de um passageiro na linha estudada no dia 1, são buscadas validações nos dias 2, 3, 4 e 5 com uma diferença horária máxima de 20 minutos para se coletar somente aqueles que mantêm a rotina de se deslocarem em um horário definido. Esse intervalo procura também garantir que suas viagens nos outros dias sejam encontradas caso cheguem atrasados na parada de embarque, o veículo não cumpra a tabela horária ou qualquer outro fator externo. A análise permite que se avalie, além da regularidade dos passageiros do dia 1, se a linha de ônibus estudada pode ser substituída pelas outras linhas de sua bacia.

A última análise feita pelo programa é uma visão geral dos usuários do sistema de ônibus da cidade durante os cinco dias úteis da semana. Primeiramente são selecionadas as identificações de todos os bilhetes eletrônicos validados ao menos uma vez na semana. Em seguida, para cada dia, é procurada alguma validação de cada um desses bilhetes eletrônicos. Após a exportação do quadro gerado em formato *Excel*, é analisada manualmente a quantidade de passageiros que possuem frequências de uma a cinco vezes na semana.

Chegando ao fim do código, é gerada uma tabela-resumo com contagens de passageiros para as várias análises feitas, diferenciando os sentidos BC e CB. São registrados dados como quantidade total de validações de bilhetes eletrônicos, pares OD determinados e número de transbordos realizados. Pelo fato de todos os processos realizados ao longo de todo o programa dependerem apenas das variáveis inicialmente estabelecidas, é possível variá-las para se fazer as análises em diferentes datas e linhas.

4 ESTUDO DE CASO

Esta seção apresenta um panorama do município onde o estudo foi feito, bem como as características do seu sistema de transporte público. É também apresentada e descrita a linha de ônibus selecionada para se realizar os estudos deste trabalho.

4.1 A cidade de Guaíba

Localizada às margens do Lago Guaíba, na Região Metropolitana de Porto Alegre, o município de Guaíba conta com uma população estimada no ano de 2018 de aproximadamente 98.000 habitantes em uma área de pouco mais de 376km² (IBGE). A cidade está localizada a apenas 25km da capital do Rio Grande do Sul, tendo seu principal acesso rodoviário feito pela rodovia BR-116, importante rota entre as regiões norte e sul do estado.

A economia da cidade é fortemente influenciada pelo setor industrial, o que a confere o 39º maior PIB per capita do estado. Assim, tem-se o oitavo mais alto salário médio mensal em 2016 dos trabalhadores formais do RS e 100º do Brasil, correspondente a 3,3 salários mínimos do ano em questão (IBGE). Apesar do grande setor secundário instalado na cidade, parte dos trabalhadores de Guaíba se deslocam diariamente a municípios vizinhos para exercer suas atividades laborais, especialmente Porto Alegre. Para poder atender à sua população, a cidade possui não só sistemas de transporte público internos, mas também intermunicipais.

4.2 A rede de transporte público de Guaíba

A cidade conta com serviço coletivo e seletivo de ônibus municipais, gerido pela empresa Expresso Assur. Para se deslocar entre Guaíba e Porto Alegre, a população tem à disposição o serviço de ônibus intermunicipais, operado pela empresa Expresso Rio Guaíba e gerido pela Fundação Estadual de Planejamento Metropolitano Regional (METROPLAN), e o serviço de transporte aquaviário através de catamarãs, operado pela empresa CatSul desde o ano de 2011.

As atividades de planejamento operacional do sistema, elaboração de normas regulamentares, cálculo tarifário e cadastramentos são de responsabilidade da Secretaria de Mobilidade Urbana da cidade. A esse órgão compete também a fiscalização dos sistemas de ônibus e taxis municipais, realizando vistorias periódicas e aplicando penalidades às infrações contratuais.

4.2.1 O sistema de ônibus municipal

A partir do ano de 2017, após uma nova licitação para reestruturação do sistema municipal de ônibus, a cidade de Guaíba foi contemplada por serviços coletivos e seletivos de ônibus. O primeiro é composto por 26 linhas e 28 veículos, com o valor da passagem estabelecido no momento corrente em R\$4,50. Já o segundo, por possuir um nível de serviço superior, custa atualmente R\$5,20 e conta com sete linhas e 19 veículos. A capacidade de um veículo convencional é de 44 passageiros sentados e 45 em pé, resultando em uma lotação máxima de 99 passageiros (STG). O bilhete eletrônico utilizado nos ônibus da cidade é o USEPASSE, cujos cartões são diferenciados em quatro categorias:

- Vale-transporte (concedido pelos empregadores aos seus funcionários);
- Passe antecipado (disponível para qualquer pessoa);
- Escolar (restrito a estudantes do município),
- Passaporte de isenção (exclusivo para pessoas acima dos 60 anos, portadores de necessidades especiais e seus acompanhantes).

O Novo Sistema Integrado de Transporte de Guaíba, implantado na cidade de Guaíba ano de 2017, permitiu a criação de linhas de ônibus que ligassem os eixos Norte/Centro-Oeste e Oeste/Sul. O objetivo dessa mudança foi de eliminar a necessidade de transbordos anteriormente necessários para se locomover entre essas regiões da cidade. A integração prevê um desconto de 100% para passageiros que utilizem duas linhas não pertencentes ao mesmo eixo viário ou bacia em um intervalo de até 30 minutos (USEPASSE). Portanto, para se analisar o comportamento dos passageiros da linha estudada, registros consecutivos de um mesmo bilhete eletrônico com intervalo menor ou igual a meia hora são considerados como trechos de uma viagem com transbordo.

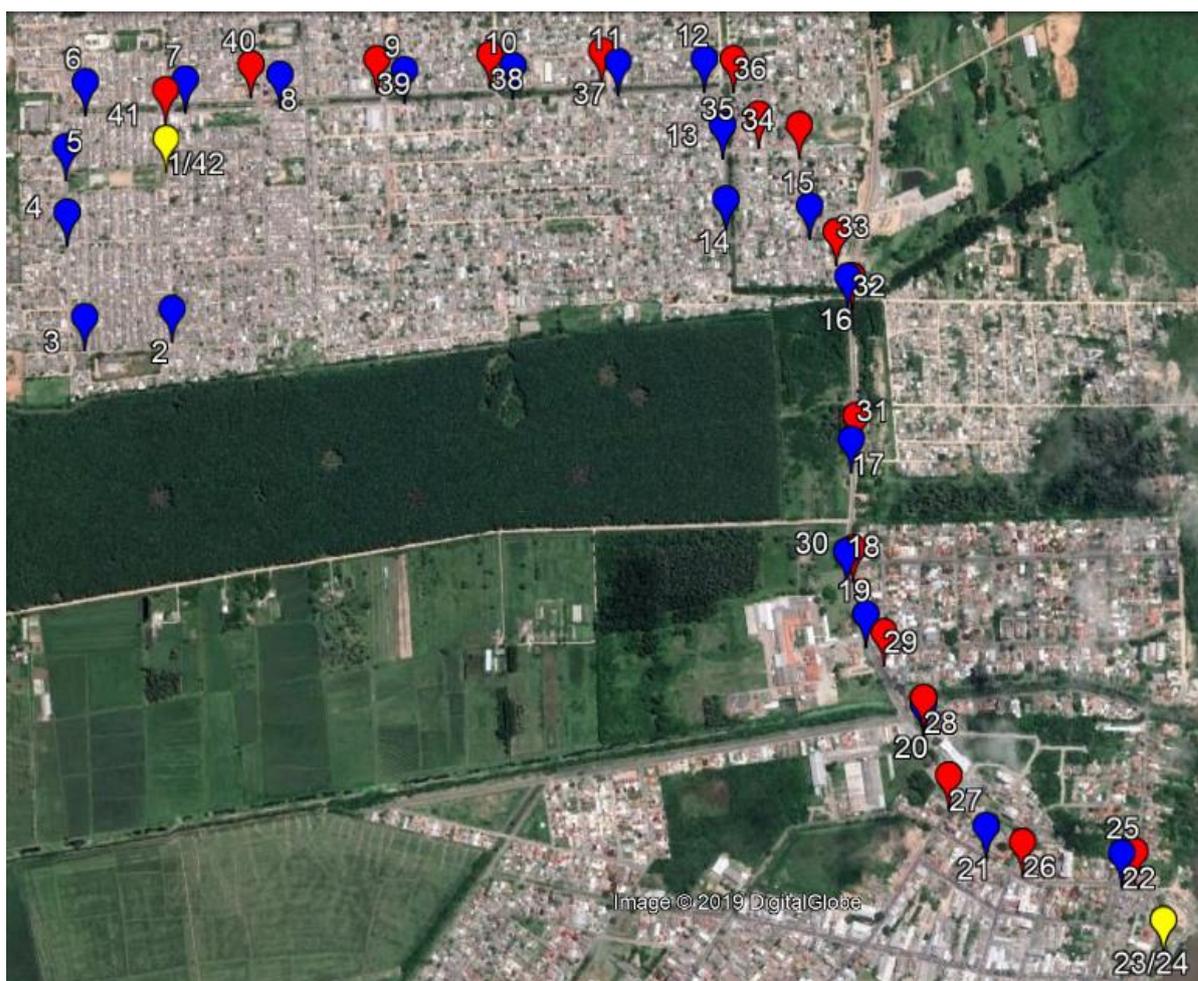
4.3 A linha 301 – Cohab Norte / Centro

A linha selecionada para este estudo, Cohab Norte / Centro, cujo código numérico é 301, liga os bairros do norte da cidade com o centro. O seu terminal bairro está localizado na Praça da Luz, no Bairro Cohab, enquanto que o terminal centro está Praça da Bandeira, junto ao terminal hidroviário do município. O trajeto bairro-centro (BC) possui 21 paradas intermediárias ao longo de 6km, ao passo que o trecho centro-bairro (CB) contém 17 paradas intermediárias em 4,3km percorridos.

A região norte da cidade é servida por outras quatro linhas coletivas de ônibus (303, 321, 341 e 344) e uma seletiva (31), que possuem trajetos diferentes mas fazem a ligação da sua população com o centro de Guaíba. Essas seis linhas formam uma bacia, ou seja, têm todas o terminal bairro na mesma região da cidade e podem complementar umas às outras. Os trajetos BC e CB da linha 301 podem ser visualizados nos anexos 1 e 2, respectivamente, e as paradas de ambos os sentidos estão na figura 6.

O anexo 3 apresenta a tabela horária disponível no *website* do sistema de transporte municipal para as linhas de ônibus pertencentes à bacia da linha 301. Os horários previstos de saída da linha estudada são identificados no sentido BC pela descrição “Até CENTRO”, resultando em 23 viagens diárias. Não há identificação das viagens no sentido CB, logo é considerado que são também realizadas 23 viagens por dia.

Figura 6 – Terminais (amarelo), paradas BC (azul) e CB (vermelho) da linha 301



(fonte: elaborada pelo autor)

4.4 Coleta e tratamento inicial dos dados

Diferentemente dos métodos tradicionais de coleta de dados do transporte público como pesquisas embarcadas, os sistemas AFC e AVL registram milhares de informações por dia, gerando enormes bancos de dados impossíveis de serem obtidos em tão pouco tempo com levantamentos *in loco*. Apesar de cada vez mais precisos, os equipamentos de coleta automática de dados podem eventualmente registrar informações incorretas, logo é necessário analisá-las e tratá-las previamente.

O banco de dados utilizado neste trabalho foi disponibilizado pela empresa Digicon, pertencente ao Grupo Digicon e responsável pela operação dos sistemas de bilhetagem eletrônica da empresa Expresso Assur. O arquivo, enviado em formato *Excel*, contém todos registros feitos em todas as linhas de ônibus do município em cinco dias úteis do mês de março de 2019, de 25/03/2019 a 29/03/2019. Nele estão reunidas as informações de GPS para cada bilhete eletrônico validado, não sendo necessário realizar um prévio cruzamento dos dados coletados pelos sistemas AFC e AVL. Os dados estão ordenados por dia em horário crescente de validação, totalizando 53.684 linhas na tabela. A figura 7 apresenta as primeiras linhas da base de dados utilizada neste trabalho.

Figura 7 – Extrato do banco de dados disponibilizada

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	NI_IDARQUIVO PROCESSADO	NI_ID CARTAO	DATA	NI_ID LINHA	SIGLA	LINHA	NI_SENTIDO	LATITUDE	LONGITUDE
2	375982	31945	25/03/2019 04:56:00	110	6551	PASSO FUNDO / MALESSA / PRIMAVERA / CENTRO / SÃO FRANCISCO	0	-30,170049	-51,333005
3	375982	11436	25/03/2019 04:56:32	110	6551	PASSO FUNDO / MALESSA / PRIMAVERA / CENTRO / SÃO FRANCISCO	0	-30,169832	-51,335853
4	375982	6737	25/03/2019 05:00:15	110	6551	PASSO FUNDO / MALESSA / PRIMAVERA / CENTRO / SÃO FRANCISCO	0	-30,154438	-51,344944
5	375982	7362	25/03/2019 05:01:20	110	6551	PASSO FUNDO / MALESSA / PRIMAVERA / CENTRO / SÃO FRANCISCO	0	-30,152007	-51,345067
6	375478	18674	25/03/2019 05:03:16	81	3010	COHAB NORTE / CENTRO	0	-30,094014	-51,336523
7	375982	26719	25/03/2019 05:05:10	110	6551	PASSO FUNDO / MALESSA / PRIMAVERA / CENTRO / SÃO FRANCISCO	0	-30,143884	-51,329249
8	375478	26018	25/03/2019 05:05:11	81	3010	COHAB NORTE / CENTRO	0	-30,092212	-51,339107
9	375478	32825	25/03/2019 05:06:16	81	3010	COHAB NORTE / CENTRO	0	-30,090261	-51,336188
10	375478	31731	25/03/2019 05:08:05	81	3010	COHAB NORTE / CENTRO	0	-30,090082	-51,330901
11	375494	27035	25/03/2019 05:23:58	121	6542	SÃO FRANCISCO / CENTRO / PRIMAVERA / PASSO FUNDO	0	-30,130354	-51,371962
12	375494	19167	25/03/2019 05:26:01	121	6542	SÃO FRANCISCO / CENTRO / PRIMAVERA / PASSO FUNDO	0	-30,132814	-51,37369
13	375494	33969	25/03/2019 05:26:40	121	6542	SÃO FRANCISCO / CENTRO / PRIMAVERA / PASSO FUNDO	0	-30,133767	-51,371854
14	375585	4821	25/03/2019 05:26:57	115	6511	PRIMAVERA / CENTRO / SÃO FRANCISCO	0	-30,152284	-51,343565
15	375585	4128	25/03/2019 05:27:03	115	6511	PRIMAVERA / CENTRO / SÃO FRANCISCO	0	-30,152307	-51,343496
16	375494	22805	25/03/2019 05:27:57	121	6542	SÃO FRANCISCO / CENTRO / PRIMAVERA / PASSO FUNDO	0	-30,135777	-51,366344
17	375494	32494	25/03/2019 05:28:03	121	6542	SÃO FRANCISCO / CENTRO / PRIMAVERA / PASSO FUNDO	0	-30,135816	-51,366254
18	375494	32522	25/03/2019 05:29:07	121	6542	SÃO FRANCISCO / CENTRO / PRIMAVERA / PASSO FUNDO	0	-30,136841	-51,361452
19	375494	33343	25/03/2019 05:29:42	121	6542	SÃO FRANCISCO / CENTRO / PRIMAVERA / PASSO FUNDO	0	-30,136168	-51,364012
20	375494	26204	25/03/2019 05:30:46	121	6542	SÃO FRANCISCO / CENTRO / PRIMAVERA / PASSO FUNDO	0	-30,135133	-51,358308
21	375484	4052	25/03/2019 05:30:50	104	5661	JARDIM DOS LAGOS / CENTRO / VILA IOLANDA - VIA ADÃO FOQUES	0	-30,114091	-51,326834
22	375585	5794	25/03/2019 05:32:28	115	6511	PRIMAVERA / CENTRO / SÃO FRANCISCO	0	-30,143893	-51,329244
23	375484	34779	25/03/2019 05:32:43	104	5661	JARDIM DOS LAGOS / CENTRO / VILA IOLANDA - VIA ADÃO FOQUES	1	-30,109701	-51,321454
24	375585	5555	25/03/2019 05:33:55	115	6511	PRIMAVERA / CENTRO / SÃO FRANCISCO	0	-30,141096	-51,325676
25	375494	25537	25/03/2019 05:34:00	121	6542	SÃO FRANCISCO / CENTRO / PRIMAVERA / PASSO FUNDO	0	-30,129346	-51,35618
26	375585	12573	25/03/2019 05:34:34	115	6511	PRIMAVERA / CENTRO / SÃO FRANCISCO	0	-30,139464	-51,323957
27	375585	12573	25/03/2019 05:34:38	115	6511	PRIMAVERA / CENTRO / SÃO FRANCISCO	0	-30,13945	-51,323946
28	375494	8096	25/03/2019 05:34:51	121	6542	SÃO FRANCISCO / CENTRO / PRIMAVERA / PASSO FUNDO	0	-30,127512	-51,354584
29	375585	9188	25/03/2019 05:35:30	115	6511	PRIMAVERA / CENTRO / SÃO FRANCISCO	0	-30,136827	-51,321728
30	375484	31731	25/03/2019 05:37:48	104	5661	JARDIM DOS LAGOS / CENTRO / VILA IOLANDA - VIA ADÃO FOQUES	1	-30,109216	-51,321226

(fonte: elaborada pelo autor)

A base de dados é dividida em nove colunas:

1. NI_IDARQUIVOPROCESSADO (identificação do validador, correspondente ao veículo);
2. NI_IDCARTAO (identificação do bilhete eletrônico);
3. DATA (data e hora da validação);
4. NI_IDLINHA (identificação da linha de ônibus para o sistema);
5. SIGLA (número da linha de ônibus);
6. LINHA (nome da linha de ônibus);
7. NI_SENTIDO (sentido do veículo);
8. LATITUDE,
9. LONGITUDE.

O tratamento do banco de dados é feito manualmente no *software Excel*, procurando primeiramente se eliminar informações duplicadas ou incompletas. Para isso são procurados registros de bilhetes eletrônicos com o mesmo horário de validação e mesmas posições geográficas. Em seguida são eliminado dados de latitude e/ou longitude com valor nulo. O banco de dados, entretanto, pode conter falhas no registro de informações geográficas, que não têm como ser tratadas manualmente. Logo, os resultados obtidos na determinação do número de viagens podem divergir dos informados na tabela horária do anexo 3.

Para tornar o processamento dos dados mais simplificados, a coluna “DATA”, que contempla em uma única célula o dia e o horário completos do registro, é desmembrada em “DATA” e “HORA”. Posteriormente, é criada a coluna “HORA_DEC”, com as informações da coluna “HORA” em formato decimal para simplificar as análises posteriores envolvendo horários.

Como a empresa Digicon não possui dados gerorreferenciados das paradas de ônibus do município, eles foram levantados com o auxílio dos aplicativos *Moovit* e *Google Maps*, juntamente com o itinerário da linha 301 – Cohab Norte / Centro, disponibilizado na página de internet da Expresso Assur. Embora o primeiro aplicativo aponte a localização de cada parada em todos os logradouros de Guaíba, ele não indica as latitudes e longitudes correspondentes. Para isso se fez uso da plataforma de mapas do *Google*, que permite ao usuário saber as coordenadas de qualquer ponto desejado no globo terrestre.

Uma tabela *Excel*, disposta na tabela 1, foi então criada contendo as 42 paradas da linha associadas ao seu sentido, sua latitude e sua longitude. Os terminais bairro, paradas 1 e 42, e centro, paradas 23 e 24, apesar de terem a mesma posição geográfica, são diferenciados pelo sentido de viagem a qual pertencem para melhor identificação.

Tabela 1 – Relação das paradas georreferenciadas da linha 301

Parada	Sentido	Latitude	Longitude	Logradouro
1	0	-30,091582	-51,33667	Praça da Luz
2	0	-30,095233	-51,336478	Rua João Arnaldo Gonzales
3	0	-30,095405	-51,33861	Rua Ulisses Marçal
4	0	-30,093166	-51,339072	Rua Osvaldo Jardim
5	0	-30,091756	-51,33912	Rua Osvaldo Jardim
6	0	-30,090358	-51,338665	Av. Lupicínio Rodrigues
7	0	-30,090299	-51,336214	Av. Lupicínio Rodrigues
8	0	-30,090202	-51,333891	Av. Lupicínio Rodrigues
9	0	-30,090098	-51,33084	Av. Lupicínio Rodrigues
10	0	-30,090014	-51,328183	Av. Lupicínio Rodrigues
11	0	-30,089918	-51,325606	Av. Lupicínio Rodrigues
12	0	-30,089853	-51,323487	Av. Lupicínio Rodrigues
13	0	-30,091285	-51,323036	Av. Recife
14	0	-30,092871	-51,322955	Av. Recife
15	0	-30,093015	-51,320905	Rua Antônio Inácio Galeão
16	0	-30,094533	-51,319972	Av. Ismael Chaves Barcelos
17	0	-30,098012	-51,319895	Av. Ismael Chaves Barcelos
18	0	-30,100401	-51,320013	Av. Ismael Chaves Barcelos
19	0	-30,101724	-51,319547	Av. Ismael Chaves Barcelos
20	0	-30,103634	-51,318153	Rua Vinte de Setembro
21	0	-30,106198	-51,316638	Rua José Montauray
22	0	-30,106775	-51,313347	Rua José Montauray
23	0	-30,108183	-51,312345	Praça da Bandeira
24	1	-30,108183	-51,312345	Praça da Bandeira
25	1	-30,106744	-51,313029	Rua José Montauray
26	1	-30,106539	-51,315758	Rua José Montauray
27	1	-30,105137	-51,317541	Rua Vinte de Setembro
28	1	-30,103498	-51,318145	Rua Vinte de Setembro
29	1	-30,102107	-51,319109	Av. Ismael Chaves Barcelos
30	1	-30,10033	-51,319858	Av. Ismael Chaves Barcelos
31	1	-30,097512	-51,319779	Av. Ismael Chaves Barcelos
32	1	-30,094518	-51,319872	Av. Ismael Chaves Barcelos
33	1	-30,093574	-51,320256	Rua Natal
34	1	-30,091275	-51,321154	Rua Hélio Ifran Pires
35	1	-30,091048	-51,322151	Rua Maceió
36	1	-30,089852	-51,322774	Av. Recife
37	1	-30,089683	-51,326007	Av. Lupicínio Rodrigues
38	1	-30,089767	-51,328741	Av. Lupicínio Rodrigues
39	1	-30,089867	-51,331519	Av. Lupicínio Rodrigues
40	1	-30,089978	-51,334609	Av. Lupicínio Rodrigues
41	1	-30,090532	-51,336697	Rua João Arnaldo Gonzales
42	1	-30,091582	-51,33667	Praça da Luz

(fonte: elaborada pelo autor)

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados obtidos a partir das análises descritas no capítulo anterior para a linha 301 – Cohab Norte/ Centro. Os resultados são divididos para cada um dos cinco dias da semana, entre 25/03/19 e 29/03/19, com foco no primeiro dia. Uma análise das frequências de todos os passageiros da semana é feita no final do capítulo.

5.1 Segunda-feira, 25/03/19

No primeiro dia da semana estudada são coletadas 739 validações na linha 301. As viagens no sentido bairro-centro representam 51% do total, com 379 validações, enquanto que o sentido contrário é utilizado por 360 passageiros neste dia.

A primeira limpeza de dados, referente aos pontos de embarque distantes a mais de 250m da parada mais próxima, retira 49 validações do sentido BC e 13 do sentido CB, resultando em 330 e 347 validações dentro da rota, respectivamente. Tal perda de dados é atribuída a erros de coleta ou de processamento dos dados. Em 250 das 330 validações do sentido BC são determinadas com sucesso as paradas de desembarque, representando uma taxa de 76% de pares OD encontrados. Já no sentido CB essa taxa é de 68%, ou seja, 236 das 347 validações. Os resultados desta primeira análise estão na tabela 2.

Tabela 2 – Resumo da determinação de pares OD do dia 25/03/19

Informações 25/03	Sentido BC	Sentido CB	Total
Validações totais na linha	379	360	739
Validações com origem dentro da rota	330	347	677
Validações sem destino determinado	80	111	191
Validações com destino determinado	250	236	486
Porcentagem de destinos encontrados	76%	68%	72%

(fonte: elaborada pelo autor)

Segundo o relatório da quantidade de passageiros na linha 301 (anexo 4), no dia 25/03/19 são realizados 899 embarques, sendo 160 destes pagos em dinheiro. Logo, o fator de expansão $f_{R\$}$ utilizado neste dia é de 1,2165. As matrizes OD expandidas de ambos os sentidos são apresentadas nas figuras 8 e 9.

Figura 8 – Matriz OD do sentido bairro-centro no dia 25/03/19

O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	3	8	0	5
2			1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	15	1	7
3				0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	2	10	3	0
4					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	3
5						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	2	5
6							0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	9	12	2	2
7								0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	5	20	3	6
8									0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	7	24	11	9
9										0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	12	3	7
10											0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	14	13	4
11												0	0	0	0	0	0	0	0	3	15	7	3
12													0	0	0	0	0	0	0	1	9	3	0
13														0	0	0	0	0	0	2	6	2	5
14															0	0	0	0	0	0	6	10	4
15																0	0	2	0	5	5	2	5
16																	0	0	2	0	6	0	6
17																		0	4	2	2	0	0
18																			0	0	0	0	0
19																				0	0	0	0
20																					3	0	3
21																						0	0
22																							0
23																							

(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 9 – Matriz OD do sentido centro-bairro no dia 25/03/19

O/D	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
24		0	4	0	4	0	0	0	4	4	11	2	9	18	9	11	21	0	25
25			6	2	0	0	0	0	0	3	6	0	3	2	5	6	2	0	3
26				2	2	0	4	2	0	5	13	7	35	13	7	16	31	0	37
27					2	0	0	2	0	2	5	0	7	5	3	5	14	0	7
28						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3
29							0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
30								0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	3
31									0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
32										0	0	0	0	0	1	4	1	0	1
33											0	0	0	0	0	1	0	0	0
34												0	0	0	0	2	0	0	0
35													0	4	0	0	0	0	4
36														0	0	0	0	0	0
37															2	0	0	0	0
38																0	0	0	0
39																	0	0	0
40																		0	0
41																			0
42																			

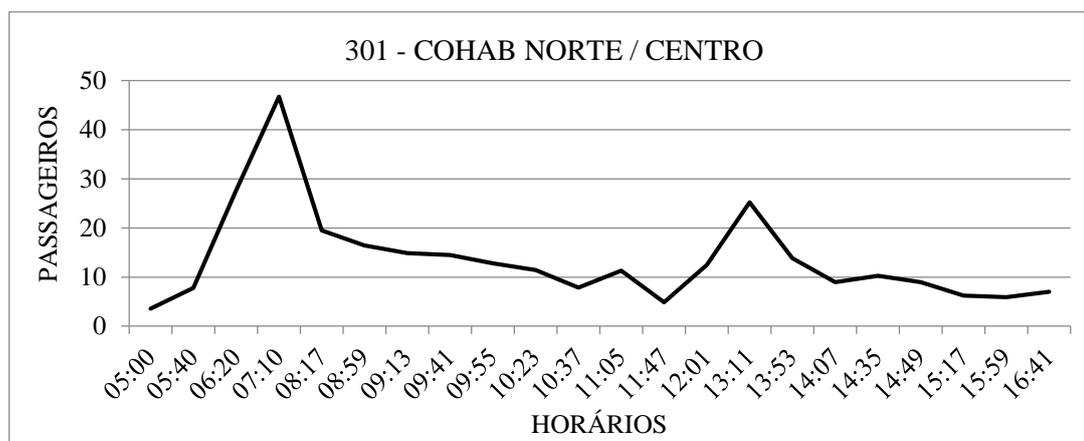
(fonte: elaborada pelo autor)

A matriz OD do sentido bairro-centro (figura 8) apresenta uma grande concentração de desembarques nas últimas quatro paradas do trajeto. Isso indica que o destino principal dos passageiros é o centro de Guaíba. Ao se analisar a distribuição das paradas de embarque, é notável que pouco mais de 75% dos usuários entram nos veículos entre o terminal bairro e a metade do percurso (305 dos 400 usuários embarcaram entre as paradas 1 e 11). O par OD mais frequente é formado pelas paradas de embarque 8 e de desembarque 21 e representa 6% de todos os pares OD do sentido BC neste dia.

Enquanto isso, a matriz OD do sentido centro-bairro (figura 9) indica, como esperado, comportamentos contrários, na qual 372 dos 418 passageiros (89%) desembarcam entre as paradas 34 e 42. Entretanto, nenhum desembarque é feito na parada 41, o que pode ser explicado pela grande proximidade com as paradas 40 e 42. Como a maior parte dos embarques ocorre nas primeiras quatro paradas, é confirmado que o centro da cidade é o principal polo de geração de viagens. Seu par OD mais frequente representa 8,8% do total de pares do sentido e é formado pelas paradas de embarque 26 e de desembarque 42. Após as expansões, são determinados os pares origem-destino de 818 passageiros dos 899 totais contabilizados pelo sistema.

São determinadas 58 viagens ao longo do dia, 29 para cada um dos sentidos. Como os passageiros sem destino inferido não são contabilizados para a análise dos carregamentos, três viagens têm seus carregamentos zerados: uma no sentido BC e duas no sentido CB. A quantidade de passageiros determinada por viagens pelo modelo é comparada às médias de passageiros das viagens realizadas no mês de abril para validação dos resultados obtidos.

Gráfico 1 – Médias de passageiros por viagem no sentido bairro-centro em abril



(fonte: dados fornecidos pela Expresso Assur)

É esperado que as viagens em direção ao centro sejam mais carregadas no início da manhã (entre 6h e 9h) para atividades laborais. Esse fato é comprovado ao se analisar tanto as médias de passageiros em abril (gráfico 1) quanto os carregamentos expandidos, na figura 10.

A viagem mais carregada do dia no sentido BC (viagem 5) tem início às 7:10, e transporta um total de 47 passageiros. No seu trecho crítico, compreendido entre as paradas 16 e 20, são transportados 46 passageiros, levando a um FR de 1,02 e uma lotação de 46%.

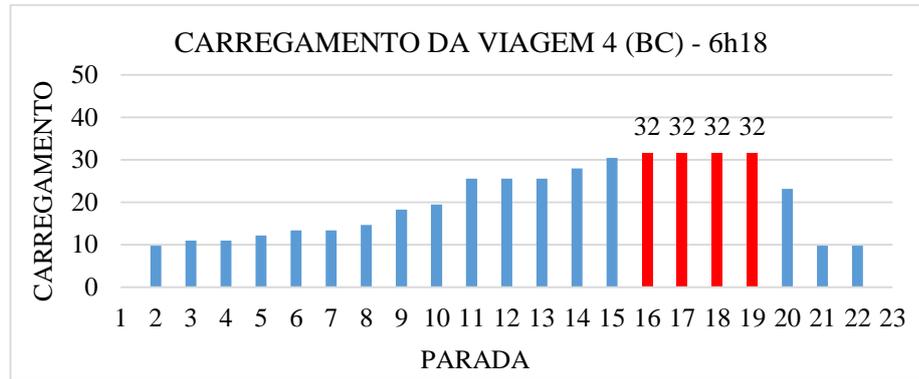
As outras duas viagens mais carregadas também são realizadas no início da manhã, às 6:18 (viagem 4) e às 7:31 (viagem 6). Os carregamentos dessas três viagens são ilustradas nos gráficos 2, 3 e 4, demonstrando que elas compartilharam praticamente o mesmo trecho crítico (em vermelho), compreendido entre as paradas 15 e 20.

Figura 10 – Carregamentos expandidos do sentido bairro-centro no dia 25/03/19

HORA	V/P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
05:03:16	1	1	1	1	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0
05:40:18	2	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	0
06:00:33	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	2	2	0
06:18:29	4	0	10	11	11	12	13	13	15	18	19	26	26	26	28	30	32	32	32	32	23	10	10	0
07:10:31	5	1	2	5	7	7	7	15	19	26	33	36	38	39	43	45	46	46	46	46	45	26	13	0
07:31:06	6	2	5	5	9	10	16	18	19	19	23	23	24	24	26	28	28	28	28	27	27	13	5	0
08:23:02	7	0	2	2	2	2	4	9	10	10	12	13	13	13	13	15	15	15	15	12	10	2	0	0
08:49:08	8	0	0	2	2	2	4	6	6	6	7	10	13	15	15	15	15	15	15	15	13	4	0	0
08:59:56	9	1	1	1	1	1	1	1	5	5	6	6	6	9	10	10	11	11	11	10	7	4	1	0
09:12:31	10	1	1	1	1	1	4	6	5	5	5	7	7	7	7	7	9	9	9	9	7	0	0	0
09:44:49	11	0	0	0	0	0	1	1	1	2	4	4	4	4	10	10	11	11	11	11	11	7	1	0
09:54:44	12	0	0	0	1	1	1	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	0	0
10:26:52	13	0	0	1	1	4	6	7	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	10	10	6	2	1	0
10:32:12	14	2	2	2	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	1	0	0
11:03:39	15	1	2	4	4	4	4	4	5	5	7	7	7	7	10	10	10	10	10	10	10	4	4	0
11:52:19	16	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	4	4	4	1	1	1	0
12:00:20	17	1	4	6	6	6	6	6	10	12	13	15	15	16	16	17	15	15	13	13	12	7	4	0
13:07:14	18	2	5	5	5	6	7	9	10	11	12	13	15	15	15	17	17	17	16	16	11	1	0	0
13:57:06	19	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	4	4	4	4	5	5	5	5	5	1	1	0
14:06:53	20	0	0	1	2	2	2	2	4	5	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	4	0	0
14:40:35	21	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	4	0	0
14:53:34	22	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	2	0	0
15:16:03	23	0	1	0	0	0	0	4	5	7	7	7	7	7	9	9	9	9	9	9	7	2	1	0
16:02:31	24	0	1	1	1	2	2	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	1	0	0	0
16:46:23	25	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
17:29:11	26	0	1	2	2	2	2	5	5	5	5	5	5	6	6	6	5	5	5	5	4	1	0	0
18:09:50	27	0	0	0	0	0	0	0	2	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0
18:44:55	28	0	1	1	1	1	1	1	2	4	4	5	5	7	7	7	9	9	9	9	9	0	0	0
20:22:04	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

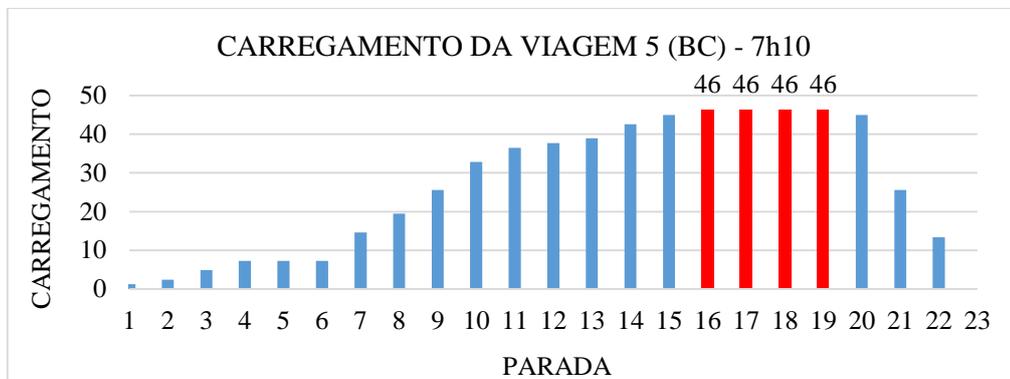
(fonte: elaborada pelo autor)

Gráfico 2 – Carregamento da viagem 4 do sentido bairro-centro



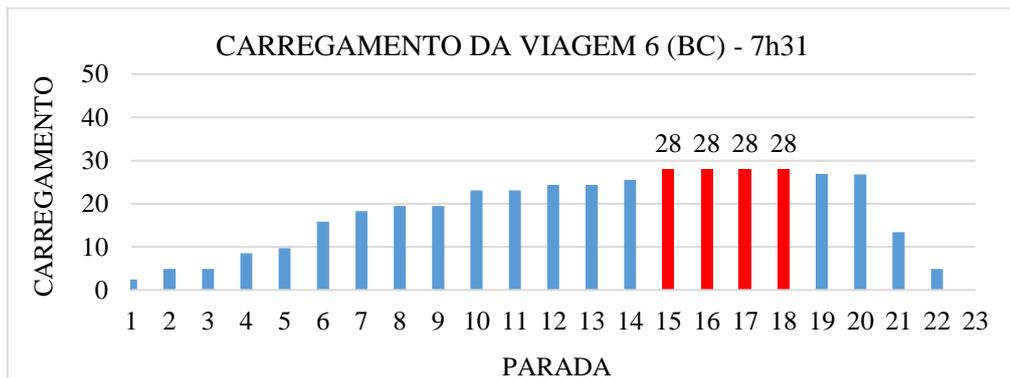
(fonte: elaborado pelo autor)

Gráfico 3 – Carregamento da viagem 5 do sentido bairro-centro



(fonte: elaborado pelo autor)

Gráfico 4 – Carregamento da viagem 6 do sentido bairro-centro



(fonte: elaborado pelo autor)

Outro pico de viagens é constatado próximo do meio-dia nas viagens 17 e 18, indicando o deslocamento de passageiros para almoçar. À tarde é observada uma pequena quantidade de usuários transportados, com média inferior a dez usuários por viagem.

A tabela 3 apresenta o resumo das 29 viagens determinadas no sentido BC. As colunas de dados não-expandidos apresentam, para cada viagem, as quantidades de passageiros totais e pares OD determinados, além das suas taxas de representatividade. Ao analisar as taxas, tem-se que a representatividade média do carregamento das viagens é de 76%.

O total de passageiros transportados e o carregamento do trecho crítico de cada viagem estão nas colunas de dados expandidos. Esses valores indicam uma média de 11 passageiros transportados por veículo, ou seja, uma ocupação média de 11%. Outra importante informação apresentada é o FR de cada viagem, em sua grande maioria igual ou muito próximo de 1,00. Isso aponta que a rotatividade de passageiros é muito baixa, demonstrando que não há polos de atração de viagens no trecho intermediário da rota.

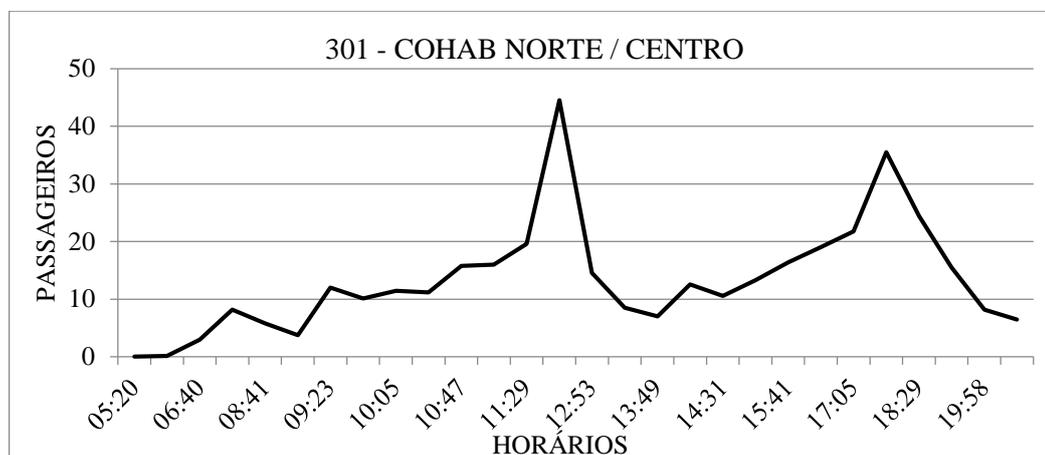
Tabela 3 – Resumo das viagens do sentido bairro-centro no dia 25/03/19

Viagem	Horário Saída	ID Validador	Passag. Totais	Pares OD	Taxa	Total Transp.	Trecho Crítico	FR
1	05:03:16	375478	4	3	75%	4	4	1,00
2	05:40:18	375478	3	2	67%	2	2	1,00
3	06:00:33	375607	11	3	27%	4	4	1,00
4	06:18:29	375478	32	26	81%	32	32	1,00
5	07:10:31	375478	44	39	89%	47	46	1,02
6	07:31:06	375607	35	24	69%	29	28	1,04
7	08:23:02	375718	17	12	71%	15	15	1,00
8	08:49:08	375607	22	12	55%	15	15	1,00
9	08:59:56	375718	12	9	75%	11	11	1,00
10	09:12:31	375567	8	8	100%	10	9	1,11
11	09:44:49	375718	11	9	82%	11	11	1,00
12	09:54:44	375567	4	3	75%	4	4	1,00
13	10:26:52	375718	12	9	75%	11	11	1,00
14	10:32:12	375567	6	4	67%	5	5	1,00
15	11:03:39	375718	11	8	73%	10	10	1,00
16	11:52:19	375508	4	3	75%	4	4	1,00
17	12:00:20	375483	15	14	93%	17	17	1,00
18	13:07:14	375718	16	14	88%	17	17	1,00
19	13:57:06	375718	4	4	100%	5	5	1,00
20	14:06:53	375569	9	7	78%	9	7	1,29
21	14:40:35	375718	4	4	100%	5	5	1,00
22	14:53:34	375570	5	4	80%	5	5	1,00
23	15:16:03	375719	9	8	89%	10	9	1,11
24	16:02:31	375719	4	3	75%	4	4	1,00
25	16:46:23	375719	2	1	50%	1	1	1,00
26	17:29:11	375719	6	6	100%	7	6	1,17
27	18:09:50	375719	6	4	67%	5	5	1,00
28	18:44:55	375719	11	7	64%	9	9	1,00
29	20:22:04	375719	3	0	0%	0	0	

(fonte: elaborada pelo autor)

As médias de passageiros transportados por viagem no sentido centro-bairro em abril são apresentadas no gráfico 5 e comparadas com os resultados obtidos no modelo.

Gráfico 5 – Médias de passageiros por viagem no sentido centro-bairro em abril



(fonte: dados fornecidos pela Expresso Assur)

O fato relevante do sentido centro-bairro é se encontrar as viagens mais carregadas do dia próximas do meio-dia e não no final da tarde. A figura 11 apresenta os carregamentos expandidos das 29 viagens do dia. Por se tratar de uma cidade pequena, é razoável que os trabalhadores retornem aos seus lares para almoçar. Essa situação é comprovada ao se analisar os dados do gráfico 5 e da figura 11.

O pico de passageiros transportados no final da tarde foi menos acentuado que no horário do almoço. Logo, é possível se observar que não há uma concentração de viagens de volta tão carregadas quanto às analisadas pela manhã, indicando horários de retorno do expediente mais variados.

A viagem mais carregada do dia no sentido CB (viagem 16) transporta um total de 41 passageiros e tem início às 12:20. No seu trecho crítico, o veículo transporta 39 passageiros, levando a um FR de 1,05 e uma lotação de 39%.

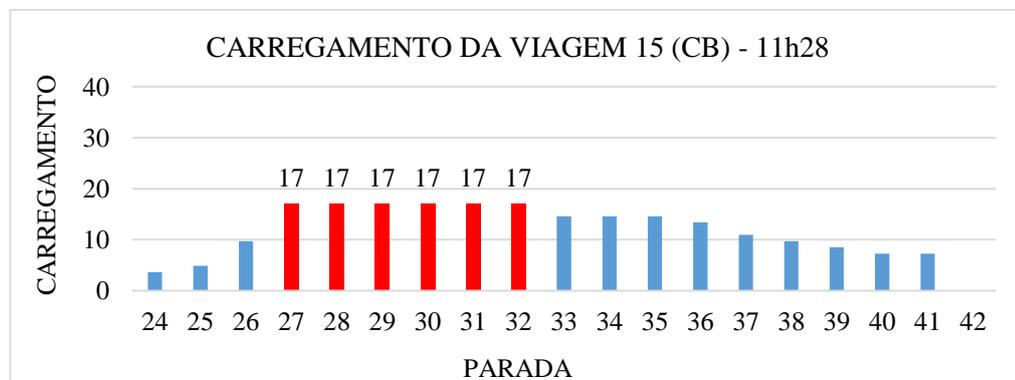
A terceira viagem mais carregada do dia também tem início próximo do horário do almoço, às 11:28 (viagem 15), enquanto que a segunda é realizada no final da tarde, às 17:46 (viagem 25). Os carregamentos dessas três viagens são ilustradas nos gráficos 6, 7 e 8, nos quais os trechos críticos estão destacados em vermelho.

Figura 11 – Carregamentos expandidos do sentido centro-bairro no dia 25/03/19

HORA	V/P	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
06:37:35	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
06:55:33	2	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	9	9	9	9	7	2	0	0	0
07:31:18	3	1	1	1	2	2	2	2	4	5	5	5	5	5	5	5	2	0	0	0
07:50:08	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08:29:33	5	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	1	0	0	0
08:44:18	6	0	1	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	9	7	5	2	2	0
08:54:13	7	1	1	2	2	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	0
09:12:22	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09:19:24	9	2	2	6	10	10	10	10	10	9	9	9	7	6	5	5	4	0	0	0
09:36:47	10	4	5	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	7	6	6	5	2	2	0
09:54:41	11	1	1	10	10	10	10	9	9	9	9	7	6	5	4	4	4	2	2	0
10:06:13	12	0	2	7	9	9	9	9	9	9	9	7	7	4	1	1	1	1	1	0
10:19:55	13	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	2	2	2	0	0	0
10:47:53	14	2	6	13	13	13	13	13	13	13	12	9	9	5	4	4	2	1	1	0
11:28:49	15	4	5	10	17	17	17	17	17	17	15	15	15	13	11	10	9	7	7	0
12:20:46	16	19	26	35	39	38	38	39	39	39	36	35	34	28	21	16	13	6	6	0
12:55:24	17	0	1	4	5	5	5	5	5	6	6	5	5	5	5	5	2	2	2	0
13:49:49	18	0	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
14:17:09	19	2	4	6	9	9	9	9	7	7	7	6	6	6	4	4	1	0	0	0
14:32:45	20	1	2	4	5	5	5	5	5	6	6	5	5	4	4	4	4	2	2	0
14:54:07	21	1	1	4	4	4	5	5	5	6	6	6	6	5	5	4	4	2	2	0
15:40:26	22	2	5	16	16	15	15	15	13	13	13	10	10	7	7	7	4	1	1	0
16:18:49	23	2	5	9	11	11	11	13	13	13	15	11	11	10	10	9	6	5	5	0
17:08:25	24	2	2	10	12	12	12	12	12	12	12	12	12	9	7	6	6	4	4	0
17:46:07	25	11	15	22	23	22	22	22	22	22	21	19	19	15	11	9	5	4	4	0
18:17:58	26	7	7	11	11	12	12	13	13	13	13	12	10	7	7	6	6	2	2	0
19:16:22	27	2	2	11	15	13	13	13	13	13	13	9	9	9	9	9	7	2	2	0
19:59:05	28	1	1	6	7	7	7	7	7	7	6	6	6	5	4	1	1	0	0	0
20:35:48	29	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	4	4	4	4	4	4	0

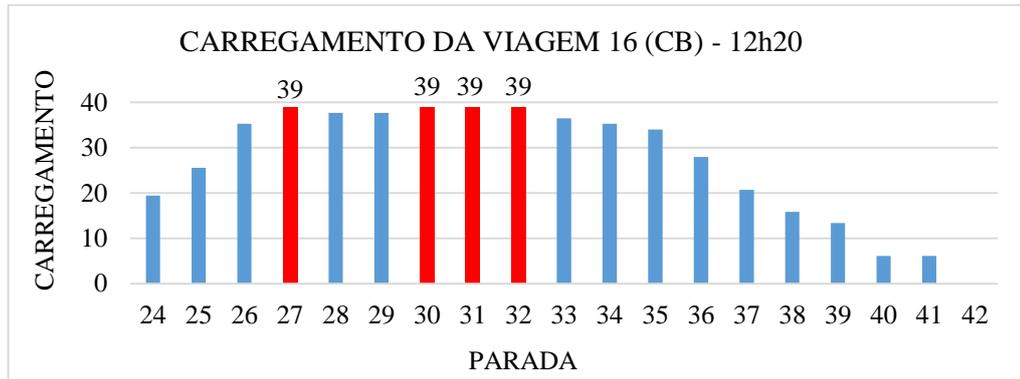
(fonte: elaborada pelo autor)

Gráfico 6 – Carregamento da viagem 15 do sentido centro-bairro



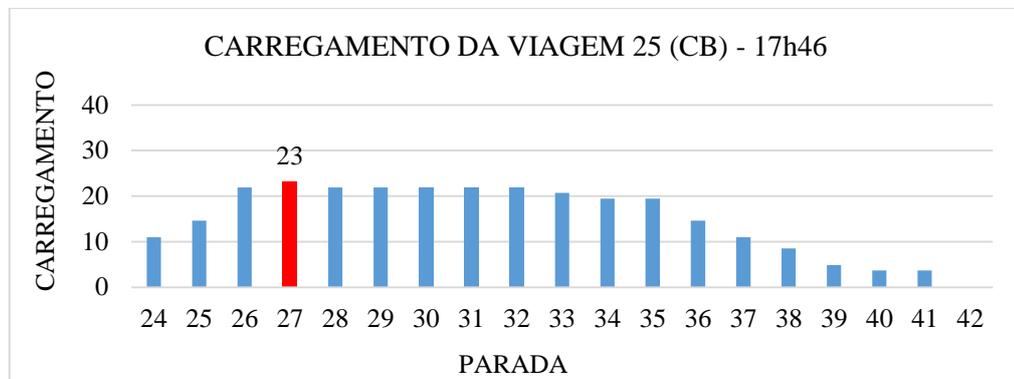
(fonte: elaborado pelo autor)

Gráfico 7 – Carregamento da viagem 16 do sentido centro-bairro



(fonte: elaborado pelo autor)

Gráfico 8 – Carregamento da viagem 25 do sentido centro-bairro



(fonte: elaborado pelo autor)

O resumo das 29 viagens determinadas no sentido CB é apresentado na tabela 4. Como duas viagens não possuem passageiros com paradas de desembarque determinadas, suas taxas de representatividade são nulas. Com isso se obtém uma representatividade média do carregamento das viagens de 68%, menor que a do sentido contrário.

O total de passageiros transportados indica uma média de 10,7 passageiros por veículo, semelhante ao sentido BC. Da mesma forma, a ocupação média dos veículos é de 11% e os FR são muito próximos de 1,00.

Tabela 4 – Resumo das viagens do sentido centro-bairro no dia 25/03/19

Viagem	Horário Saída	ID Validador	Passag. Totais	Pares OD	Taxa	Total Transp.	Trecho Crítico	FR
1	06:37:35	375478	3	1	33%	1	1	1,00
2	06:55:33	375607	8	7	88%	9	9	1,00
3	07:31:18	375478	8	4	50%	5	5	1,00
4	07:50:08	375607	2	0	0%	0	0	
5	08:29:33	375607	5	3	60%	4	4	1,00
6	08:44:18	375718	8	7	88%	9	9	1,00
7	08:54:13	375567	3	3	100%	4	4	1,00
8	09:12:22	375607	3	0	0%	0	0	
9	09:19:24	375718	14	8	57%	10	10	1,00
10	09:36:47	375567	10	6	60%	7	7	1,00
11	09:54:41	375607	15	8	53%	10	10	1,00
12	10:06:13	375718	7	7	100%	9	9	1,00
13	10:19:55	375567	6	4	67%	5	5	1,00
14	10:47:53	375718	13	11	85%	13	13	1,00
15	11:28:49	375507	22	15	68%	18	17	1,06
16	12:20:46	375483	53	34	64%	41	39	1,05
17	12:55:24	375718	9	5	56%	6	6	1,00
18	13:49:49	375569	5	2	40%	2	2	1,00
19	14:17:09	375718	9	7	78%	9	9	1,00
20	14:32:45	375570	9	6	67%	7	6	1,17
21	14:54:07	375719	8	5	63%	6	6	1,00
22	15:40:26	375719	20	14	70%	17	16	1,06
23	16:18:49	375719	18	13	72%	16	15	1,07
24	17:08:25	375719	15	10	67%	12	12	1,00
25	17:46:07	375719	31	21	68%	26	23	1,13
26	18:17:58	375719	16	11	69%	13	13	1,00
27	19:16:22	375719	15	13	87%	16	15	1,07
28	19:59:05	375719	7	6	86%	7	7	1,00
29	20:35:48	375719	5	5	100%	6	5	1,20

(fonte: elaborada pelo autor)

A análise das viagens posteriores dos passageiros do sentido BC aponta que 59,6% destas representam o retorno ao bairro, pois são realizadas em alguma linha da bacia no sentido contrário. O número encontrado na mesma análise para passageiros do sentido CB é ainda maior, representando 94,5% das viagens posteriores. Isso sugere que grande parte desses passageiros se deslocam do centro às suas casas, logo necessitam realizar a viagem seguinte em alguma linha da bacia para chegar de ônibus a qualquer outra região da cidade.

O número viagens posteriores classificadas como transbordo é de 75 no sentido BC e 0 no sentido CB. Isso significa que, dos 400 usuários que embarcam em direção ao centro na segunda-feira, 19% obtêm integração tarifária em suas viagens posteriores.

Na tabela 5 são mostradas as linhas de ônibus onde as integrações tarifárias dos passageiros do sentido BC ocorrem. Linhas com códigos de quatro dígitos não têm um de seus terminais no centro da cidade, porém cruzam a região central durante as suas viagens. Os três primeiros dígitos indicam a linha de ônibus, enquanto que o último informa o sentido da viagem. Logo, os 15 passageiros que fizeram transbordo na linha 6511 se deslocam do centro para a região sudoeste de Guaíba (em direção ao bairro São Francisco), ao passo que as 6 integrações na linha 6512 são feitas em direção ao bairro Primavera, no sul da cidade.

Os motivos de viagem desses passageiros podem ser deduzidos ao se analisar as regiões da cidade aonde cada linha segue após passar pelo centro. Por exemplo, 47% dos passageiros viajam em direção ao sul, onde está localizada uma grande indústria de celulose. Os outros 53% embarcam para as regiões oeste e sudoeste, que possuem, entre outros polos de atração de viagens, algumas indústrias às margens da rodovia BR-116.

Tabela 5 – Linhas nas quais foram realizados os transbordos

Linha	Código	Transbordos	Rumo
Primavera / Centro / São Francisco	6511	15	SO
Jardim dos Lagos / Centro / Vila Iolanda - via Adão Foques	5661	9	S
Vila Iolanda - via Adão Foques / Centro / Jardim dos Lagos	5662	9	O
Pedras Brancas / Centro / Primavera	5611	7	S
Colina via São Paulo / Centro	401	6	O
São Francisco / Centro / Primavera	6512	6	S
Jardim dos Lagos / Centro / Vila Iolanda - via Premen	5681	5	S
Pedras Brancas / Centro	501	3	SO
Passo Fundo / Malessa / Primavera / Centro	602	3	S
São Francisco / Centro	522	2	SO
Primavera / Centro / Pedras Brancas	5612	2	SO
Jardim dos Lagos / Centro / Vila Iolanda - via Portão Alegria	5651	2	S
Vila Iolanda - via Premen / Centro / Jardim dos Lagos	5682	1	O
Primavera / Centro	621	1	S
Vila Iolanda - Florida / Centro	631	1	S
Primavera / Centro / São Francisco via Fátima	6521	1	SO
São Francisco via Fátima / Centro / Primavera	6522	1	S
Passo Fundo / Primavera / Centro / São Francisco	6541	1	SO

(fonte: elaborada pelo autor)

Aquelas viagens seguintes que não se encaixam nos critérios das análises anteriores são classificadas apenas como viagens em outras linhas. Elas representam 10,4% e 5,5% dessas viagens nos sentidos BC e CB, respectivamente. A quantidade de viagens dos pares OD classificadas em algum dos três critérios está disposta na tabela 6.

Tabela 6 – Classificações das viagens posteriores dos pares OD

Classificação	Sentido BC	Sentido CB	Total
Viagens de retorno na bacia	149	223	372
Viagens com integração	75	0	75
Viagens em outras linhas	26	13	39
Total	250	236	486

(fonte: elaborada pelo autor)

A procura por viagens dos passageiros feitas nos outros 4 dias da semana, com uma diferença horária de até 20 minutos em relação ao registrado na segunda-feira, indica uma baixa regularidade destas. Em média, apenas 30% dos passageiros BC (tabela 7) e 14% dos passageiros CB (tabela 8) repetem a mesma viagem da segunda-feira nos dias seguintes na própria linha 301. O número de viagens encontradas dentro dessa diferença horária em linhas não pertencentes à bacia é maior entre os passageiros do sentido CB. Isso aponta que os horários de retorno ao bairro observados na segunda-feira são mais variáveis que os de ida ao centro durante a semana.

Tabela 7 – Viagens do sentido bairro-centro no mesmo intervalo horário do dia 25/03

Linha	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Cohab Norte / Centro	330	114	94	102	97
ULBRA / Centro / Cohab Norte	0	0	0	0	0
Cohab Sul - Norte / Centro	0	0	0	0	0
Cohab Norte / Centro / Colina via São Paulo	0	7	12	9	7
Colina via São Paulo / Centro / Cohab Norte	0	3	1	1	2
Cohab Sul / Centro / Colina via Santa Catarina	0	0	0	0	0
Colina via Santa Catarina / Centro / Cohab Sul	0	0	0	0	0
Cohab Sul / Centro / Colina via São Paulo	0	0	0	0	0
Cohab Sul - Norte / Centro / Colina via São Paulo	0	0	0	0	0
Colina via São Paulo / Centro / Cohab Sul - Norte	0	0	0	0	0
Colina via São Paulo / Centro	0	1	0	0	1
Outras	0	13	16	20	11
Total	330	138	123	132	118

(fonte: elaborada pelo autor)

Tabela 8 – Viagens do sentido centro-bairro no mesmo intervalo horário do dia 25/03

Linha	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Cohab Norte / Centro	347	40	59	54	37
ULBRA / Centro / Cohab Norte	0	0	0	0	0
Cohab Sul - Norte / Centro	0	0	0	0	0
Cohab Norte / Centro / Colina via São Paulo	0	1	4	1	4
Colina via São Paulo / Centro / Cohab Norte	0	10	4	7	8
Cohab Sul / Centro / Colina via Santa Catarina	0	0	0	0	0
Colina via Santa Catarina / Centro / Cohab Sul	0	0	0	0	0
Cohab Sul / Centro / Colina via São Paulo	0	0	0	0	0
Cohab Sul - Norte / Centro / Colina via São Paulo	0	0	0	0	0
Colina via São Paulo / Centro / Cohab Sul - Norte	0	0	0	0	0
Colina via São Paulo / Centro	0	0	0	1	0
Outras	0	56	35	42	51
Total	347	107	102	105	100

(fonte: elaborada pelo autor)

5.2 Terça-feira, 26/03/19

No segundo dia útil da semana são validados 702 bilhetes eletrônicos na linha 301, 37 a menos comparado à segunda-feira. As porcentagens de destinos encontrados para ambos os sentidos são semelhantes ao dia anterior e os valores referentes à análise de determinação de paradas estão na tabela 9.

O fator de expansão para pagamentos em dinheiro usado neste dia e nos seguintes é o mesmo da segunda-feira, pois se foi disponibilizado apenas o relatório da quantidade de passageiros da segunda-feira (anexo 4). As matrizes OD expandidas dos sentidos BC e CB são apresentadas nas figuras 12 e 13, respectivamente.

Tabela 9 – Resumo da determinação de pares OD do dia 26/03/19

Informações 26/03	Sentido BC	Sentido CB	Total
Validações totais na linha	399	303	702
Validações com origem dentro da rota	341	295	636
Validações sem destino determinado	79	106	185
Validações com destino determinado	262	189	451
Porcentagem de destinos encontrados	77%	64%	71%

(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 12 – Matriz OD do sentido bairro-centro no dia 26/03/19

O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1		1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	10	4	10
2			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	16	0	8
3				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	3	9	12	2
4					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	0	2
5						0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	3	3	0	3
6							0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	6	9	7	1
7								0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	6	14	4	3	
8									2	0	0	4	0	0	2	4	0	0	2	4	31	11	4
9										0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	14	7	7
10											0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	22	3	1
11												0	0	0	0	0	0	1	4	16	0	4	
12													0	0	0	0	0	0	0	3	5	0	4
13														0	0	0	0	0	0	0	7	1	1
14															0	0	0	0	0	4	11	9	4
15																0	0	0	0	4	6	0	1
16																	0	0	0	0	10	0	3
17																		0	0	2	0	2	4
18																			0	0	0	0	0
19																				0	0	0	0
20																					0	0	0
21																						6	3
22																							0
23																							

(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 13 – Matriz OD do sentido centro-bairro no dia 26/03/19

O/D	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
24		2	5	0	0	2	2	0	0	5	18	4	7	18	11	11	11	0	11
25			2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	5	0	2	2	18	0	2
26				0	0	0	4	2	6	14	12	2	26	14	14	18	18	0	26
27					2	0	2	2	0	0	3	2	10	5	3	3	5	0	7
28						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29							0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30								0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
31									0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0
32										0	0	0	0	0	0	4	0	0	0
33											0	0	0	0	0	0	0	0	0
34												0	0	0	0	2	0	0	1
35													0	0	2	0	0	0	0
36														0	0	0	0	0	0
37															0	0	0	0	0
38																2	0	0	0
39																	0	0	0
40																		0	0
41																			0
42																			

(fonte: elaborada pelo autor)

A matriz do da figura 12 aponta o mesmo comportamento geral dos pares OD da segunda-feira, inclusive o mesmo par OD mais frequente formado pelas paradas 8 e 21, porém com um aumento de sete passageiros. No sentido CB (figura 13) o mesmo comportamento do dia anterior é verificado: embarques concentrados nas 4 primeiras paradas e mais desembarques na metade final do trajeto. Entretanto dois pares OD possuem a maior frequência, ambos formados pela parada de embarque 26 e com desembarques nas paradas 36 e 42.

São encontradas 29 viagens para ambos os sentidos, se verificando os mesmos comportamentos dos carregamentos do dia anterior. As viagens com mais passageiros em direção ao centro iniciam entre às 6:18 e às 7:29, com a viagem mais carregada transportando 49 passageiros em seu trecho crítico (figura 14). No sentido CB (figura 15) se observa novamente os picos de carregamento próximo ao meio-dia, com um carregamento máximo de 34 passageiros na viagem 17, e no final da tarde.

Figura 14 – Carregamentos expandidos do sentido bairro-centro no dia 26/03/19

HORA	VP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
05:02:26	1	1	1	2	2	2	2	2	2	4	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	0
06:03:52	2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	2	1	0
06:18:54	3	0	4	5	5	6	7	7	9	11	12	16	18	18	21	21	22	22	22	22	17	7	7	0
07:04:38	4	5	9	11	12	12	13	18	19	28	34	38	40	43	45	46	49	49	49	49	46	19	12	0
07:29:09	5	1	5	6	10	11	15	18	23	27	29	33	34	34	38	40	40	40	40	40	35	15	7	0
08:20:51	6	0	0	0	1	1	1	2	5	7	7	9	9	9	10	10	10	10	10	9	9	1	0	0
08:46:24	7	2	2	5	5	5	7	9	12	12	13	13	16	16	17	17	16	16	16	16	13	6	0	0
09:01:28	8	1	2	2	2	2	5	7	10	10	12	13	13	15	18	18	18	18	18	17	16	2	1	0
09:13:38	9	1	1	1	1	1	2	2	5	5	6	6	5	7	7	6	6	6	6	6	5	1	1	0
09:42:02	10	1	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	5	5	5	6	6	6	6	6	5	4	2	0
09:56:08	11	1	1	2	4	4	4	5	5	6	6	7	9	9	10	10	10	10	10	10	6	4	1	0
10:13:26	12	0	0	0	0	4	4	5	6	6	7	9	9	9	9	10	10	10	10	10	5	2	1	0
10:25:32	13	0	0	2	4	5	6	6	7	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	6	2	0	0
10:33:41	14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
11:03:20	15	2	4	5	5	5	6	9	12	12	12	13	13	13	17	17	17	17	17	17	13	7	0	0
11:46:05	16	1	1	2	2	2	2	2	5	5	5	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2	0	0	0
12:02:44	17	1	2	4	4	4	4	5	6	6	7	9	9	9	9	10	9	9	7	7	4	2	2	0
13:09:50	18	1	1	1	1	1	5	9	11	12	12	12	12	15	15	16	16	16	16	16	16	6	0	0
13:50:49	19	1	1	1	1	1	2	2	5	6	6	7	6	6	6	6	7	10	10	10	9	5	2	0
14:05:20	20	1	2	2	2	2	4	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	4	0	0	0
14:36:04	21	1	2	4	4	4	4	4	4	4	7	9	9	9	9	10	10	10	10	7	6	0	0	0
14:53:28	22	0	0	0	0	0	0	0	1	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	4	2	0	0
15:22:23	23	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	2	0	0	0
16:02:06	24	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	0	0	0
16:40:27	25	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	1	1	0
17:22:45	26	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
18:09:14	27	0	0	0	0	0	1	1	4	5	5	5	5	5	7	7	7	7	7	7	4	4	0	0
18:49:44	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:18:43	29	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0

(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 15 – Carregamentos expandidos do sentido centro-bairro no dia 26/03/19

HORA	V/P	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
05:41:05	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:19:40	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:46:31	3	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
07:01:30	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4	4	4	1	1	1	0
07:31:34	5	0	0	0	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	2	0	0	0	0
08:31:59	6	0	1	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	2	0	0	0	0
08:38:32	7	1	2	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	4	0	0	0
08:53:57	8	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	0	0	0	0
09:26:26	9	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
09:39:26	10	1	1	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	4	2	2	0
09:49:21	11	1	1	2	5	5	5	5	4	4	4	4	4	1	1	1	0	0	0	0
10:08:15	12	1	4	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	5	5	5	2	2	0
10:16:34	13	1	1	5	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	5	5	4	2	2	0
10:31:08	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:43:13	15	2	6	9	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	9	6	1	1	0
11:28:48	16	0	0	13	15	15	15	15	15	12	11	11	11	7	4	4	4	2	2	0
12:20:48	17	21	26	32	33	33	33	34	34	33	32	28	27	21	13	10	9	6	6	0
12:52:21	18	2	4	5	5	5	5	6	7	7	5	5	5	1	1	1	0	0	0	0
13:46:17	19	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
14:19:12	20	1	2	6	10	9	9	9	9	9	9	7	7	7	5	5	4	2	2	0
14:29:52	21	1	1	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2	1	1	1	0
14:56:56	22	1	1	5	5	5	5	5	5	5	2	2	2	2	1	1	0	0	0	0
15:42:05	23	2	2	6	9	9	9	9	9	9	9	9	9	7	7	5	4	4	4	0
16:23:32	24	6	6	10	11	11	11	11	11	11	11	9	7	6	5	5	5	4	4	0
17:06:02	25	4	5	13	13	13	12	12	12	12	10	6	6	4	4	4	4	0	0	0
17:41:39	26	15	16	23	26	26	26	24	24	24	23	21	18	11	9	6	2	0	0	0
18:24:29	27	5	4	7	11	11	11	12	12	12	12	9	9	7	6	5	4	0	0	0
19:15:54	28	1	1	7	10	10	10	7	6	6	4	4	4	4	4	2	2	1	1	0
19:55:34	29	1	1	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	2	2	0	0	0

(fonte: elaborada pelo autor)

5.3 Quarta-feira, 27/03/19

Na quarta-feira, 768 bilhetes eletrônicos são validados, dos quais 71% têm a parada de desembarque determinada (79% dos passageiros BC e 63% dos passageiros CB). Esses valores se encontram na tabela 10. As matrizes OD expandidas dos sentidos BC e CB são apresentadas nas figuras 16 e 17, respectivamente.

Tabela 10 – Resumo da determinação de pares OD do dia 27/03/19

Informações 27/03	Sentido BC	Sentido CB	Total
Validações totais na linha	414	354	768
Validações com origem dentro da rota	339	344	683
Validações sem destino determinado	72	129	201
Validações com destino determinado	267	215	482
Porcentagem de destinos encontrados	79%	63%	71%

(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 16 – Matriz OD do sentido bairro-centro no dia 27/03/19

O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
1		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	9	6	1	
2			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	13	1	5	
3				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	2	0	
4					2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	3	
5						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	6	5	3	
6							4	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	6	10	4	2	
7								0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	2	5	16	5	7	
8									0	0	0	0	0	0	3	0	3	0	0	7	25	7	4	
9										0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	3	20	7	6	
10											0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	15	4	7	
11												0	0	0	0	0	0	0	4	12	3	1		
12													0	0	0	0	0	0	1	11	0	3		
13														0	0	0	0	0	1	11	4	4		
14															0	0	0	0	0	7	3	10		
15																0	0	2	0	2	5	3		
16																	0	0	0	9	1	3		
17																		0	0	2	3	7		
18																			0	0	0	0		
19																				0	7	2	2	
20																					2	0	0	
21																						0	0	
22																							0	
23																								

(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 17 – Matriz OD do sentido centro-bairro no dia 27/03/19

O/D	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	
24		2	7	2	2	0	0	2	2	5	12	2	7	14	10	10	12	2	10	
25			0	0	4	0	0	2	4	4	0	0	0	4	5	4	4	0	14	
26				2	2	0	0	0	0	8	27	0	17	25	15	15	39	0	33	
27					0	0	0	0	0	2	5	0	8	7	2	11	7	0	2	
28						0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	2	0	0	
29							0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
30								0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	
31									0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	
32										0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	
33											0	0	0	0	0	1	0	0	0	
34												0	0	0	0	2	0	0	0	
35													0	0	0	0	0	0	0	
36														0	0	0	0	0	1	
37															0	0	0	0	0	
38																0	1	0	0	
39																	2	0	2	
40																		0	0	
41																			0	
42																				

(fonte: elaborada pelo autor)

As distribuições dos pares OD na quarta-feira apresentam os mesmos comportamentos observados anteriormente. Da mesma forma que nos outros dias, as paradas 8 e 21 formam o par OD mais frequente da quarta-feira no sentido BC, com 25 passageiros. Já no sentido CB, se repete a mesma parada com mais embarques (parada 26), entretanto o par OD mais frequente, com 39 passageiros, tem como destino a parada 40.

Neste dia são determinados 44 passageiros no trecho crítico da viagem realizada às 7:10 em direção ao centro (figura 18), semelhante ao observado nos dois primeiros dias. A distribuição dos picos de carregamento do sentido BC também seguem os padrões anteriores. Porém, no sentido CB (figura 19), é determinado um carregamento crítico aproximadamente 25% menor na viagem com início às 12:20 em relação à segunda-feira. Além disso, em cinco das 32 viagens determinadas os destinos dos passageiros não são determinados, apresentando então carregamento nulo. A terceira viagem mais carregada dos dias anteriores neste sentido, realizada em torno das 11:30, não é encontrada nesta análise.

Figura 18 – Carregamentos expandidos do sentido bairro-centro no dia 27/03/19

HORA	VP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
05:05:40	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0
05:41:03	2	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	4	4	0
06:00:49	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	0
06:17:56	4	1	5	6	6	7	10	9	11	13	15	19	21	22	23	23	24	24	24	24	19	6	6	0
07:10:38	5	1	4	4	6	7	11	16	22	26	28	32	36	36	38	39	39	39	39	44	39	10	5	0
07:28:04	6	1	5	5	7	10	12	13	18	24	27	28	28	30	34	35	39	40	40	39	34	15	7	0
08:20:16	7	0	2	4	5	4	4	4	7	7	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10	9	0	0	0
08:46:03	8	2	5	5	5	6	9	9	11	12	13	13	15	18	18	18	18	18	18	18	18	9	1	0
09:02:37	9	1	1	2	4	4	5	9	9	12	16	16	16	17	17	18	18	18	17	17	13	5	1	0
09:14:46	10	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4	5	5	7	7	7	7	7	7	7	6	4	1	0
09:41:08	11	1	1	1	1	1	1	1	2	6	7	7	7	9	9	9	9	9	9	9	7	1	0	0
09:53:16	12	1	1	1	1	1	1	1	2	2	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	4	2	2	0
10:14:43	13	0	0	0	1	1	1	2	4	5	5	7	7	7	7	7	9	9	9	9	7	0	0	0
10:23:16	14	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	4	5	5	5	5	5	5	5	4	0	0	0
10:40:01	15	0	0	0	0	0	0	4	5	5	5	5	6	6	7	7	9	9	9	9	7	1	0	0
11:05:06	16	0	2	2	2	2	2	2	7	7	7	7	7	7	12	11	12	10	10	10	9	7	5	0
11:30:39	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:00:57	18	4	7	9	9	9	9	10	10	10	13	15	15	16	17	17	17	17	17	17	17	10	6	0
13:14:06	19	0	0	0	2	5	7	9	10	12	12	12	12	13	13	16	16	15	13	13	13	7	0	0
13:54:04	20	0	2	2	2	4	4	4	5	6	6	6	7	7	7	6	5	6	6	6	5	2	2	0
14:11:15	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
14:32:08	22	1	1	1	1	2	4	7	7	6	6	6	6	6	7	7	5	6	6	6	6	4	1	0
14:51:04	23	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	4	4	4	4	5	5	5	6	6	1	0
15:24:23	24	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	4	4	4	4	4	2	1	2	2	2	0	0	0
16:04:31	25	0	0	1	1	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	0
16:41:39	26	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	5	5	6	6	6	6	6	6	4	2	0
17:28:07	27	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	0	0
18:11:58	28	0	0	0	0	0	0	0	1	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	4	0
18:46:25	29	1	1	1	1	1	1	4	7	9	10	12	12	12	13	15	15	15	15	15	15	5	1	0

(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 19 – Carregamentos expandidos do sentido centro-bairro no dia 27/03/19

HORA	V/P	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
06:02:36	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
06:37:30	2	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	0	0	0
06:57:30	3	1	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	1	1	0	0
07:32:45	4	2	2	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5	1	1	1	0
08:28:58	5	2	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	2	0	0	0	0
08:38:28	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
08:57:02	7	0	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
09:10:50	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09:25:50	9	0	4	7	17	17	17	17	17	16	15	13	13	7	6	6	4	0	0	0
09:35:18	10	2	2	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	1	1	1	0
09:52:33	11	6	7	10	12	12	12	12	12	12	10	9	9	9	7	6	5	5	5	0
10:04:02	12	2	2	9	11	11	11	12	11	11	11	11	11	11	7	6	6	1	1	0
10:15:53	13	1	2	7	7	6	6	6	6	6	6	5	5	5	2	1	1	1	1	0
10:33:40	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:48:43	15	1	2	4	5	5	5	5	5	5	4	2	2	2	2	2	0	0	0	0
11:51:59	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:13:43	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:20:51	18	11	12	30	30	30	30	30	30	30	30	26	26	23	16	15	13	7	7	0
12:52:12	19	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	1	1	1	0
13:32:32	20	2	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	2	2	2	0
13:52:08	21	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1	0	0	0
14:17:16	22	1	2	7	10	11	12	12	12	12	12	9	9	9	6	6	5	0	0	0
14:33:28	23	1	5	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	4	4	2	2	0	0	0
15:00:00	24	1	1	7	9	9	9	9	11	11	10	9	9	9	7	7	7	2	2	0
15:40:32	25	2	4	9	11	10	10	10	10	10	10	10	10	9	7	6	6	6	6	0
16:16:13	26	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6	5	4	4	2	2	2	1	1	0
17:06:59	27	2	4	9	10	10	10	10	10	11	9	7	7	6	6	5	2	1	1	0
17:43:53	28	12	12	24	27	27	27	27	27	26	24	16	16	12	11	7	6	4	4	0
18:23:38	29	9	10	16	16	16	16	16	16	16	16	17	17	16	13	10	9	2	2	0
19:15:04	30	0	6	15	16	16	16	16	16	16	15	12	12	12	11	9	7	4	4	0
19:59:43	31	1	1	4	5	5	5	5	5	5	5	4	4	2	2	1	1	0	0	0
20:42:25	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(fonte: elaborada pelo autor)

5.4 Quinta-feira, 28/03/19

Na quarta-feira é realizado o menor número de validações da semana na linha: 691, como consta na tabela 11. São determinados destinos para 76% e 69% dos passageiros dos sentidos BC e CB, respectivamente. As matrizes OD expandidas estão nas figuras 20 e 21.

Tabela 11 – Resumo da determinação de pares OD do dia 28/03/19

Informações 28/03	Sentido BC	Sentido CB	Total
Validações totais na linha	384	307	691
Validações com origem dentro da rota	329	300	629
Validações sem destino determinado	80	92	172
Validações com destino determinado	249	208	457
Porcentagem de destinos encontrados	76%	69%	73%

(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 20 – Matriz OD do sentido bairro-centro no dia 28/03/19

O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	18	3	1	
2			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	9	3	5	
3				0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	14	2	0	
4					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	9	0	4	
5						0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1	1	
6							0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	9	4	0	
7								0	0	2	0	2	0	0	0	5	2	2	0	2	12	7	7	
8									0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	8	21	11	8	
9										0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	8	16	5	5	
10											0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	16	6	3	
11												0	0	0	0	0	0	0	0	4	15	3	3	
12													0	0	0	0	0	2	0	2	9	5	2	
13														0	0	0	0	0	0	2	3	3	2	
14															0	0	1	0	0	3	12	1	11	
15																0	0	0	0	3	4	3	1	
16																	0	0	0	4	4	4	4	
17																		0	0	2	2	2	0	
18																			0	1	0	0	0	
19																				4	2	0	0	
20																					5	0	0	
21																						1	0	
22																							0	
23																								

(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 21 – Matriz OD do sentido centro-bairro no dia 28/03/19

O/D	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	
24		0	5	2	2	2	2	0	2	4	11	0	9	11	16	9	13	2	18	
25			0	0	0	0	2	0	0	2	2	0	0	0	3	10	3	0	2	
26				5	0	2	2	2	2	5	12	2	21	16	12	26	24	2	22	
27					0	0	0	0	0	2	2	0	0	2	4	7	7	0	7	
28						0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
29							0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
30								0	1	1	0	0	2	0	0	0	4	0	0	
31									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
32										0	0	0	0	0	0	5	2	0	0	
33											0	0	0	0	0	0	0	0	0	
34												0	0	0	0	2	0	0	0	
35													0	0	3	2	5	0	3	
36														0	0	0	0	0	0	
37															0	0	6	0	0	
38																0	0	0	0	
39																	0	0	4	
40																		0	0	
41																			0	
42																				0

(fonte: elaborada pelo autor)

Novamente a distribuição dos pares OD nas matrizes apresenta um comportamento semelhante para ambos os sentidos de viagem, especialmente no par OD mais frequente do sentido BC (paradas 8 e 21). No sentido CB, porém, desta vez a maioria dos passageiros que embarcam na parada 26 desembarcam na parada 39.

Os resultados dos carregamentos das viagens apontam as mesmas conclusões dos dias anteriores: as três viagens mais carregadas realizadas no início da manhã em direção ao centro (figura 22) e dois picos de carregamento em direção ao bairro (figura 23), o maior no horário do almoço e o outro no final da tarde. No trecho crítico da viagem do sentido BC iniciada às 7:09 (mais carregada), se transporta 44 passageiros, valor próximo dos dois primeiros dias da semana. Apesar de no sentido CB a viagem mais carregada se manter aquela com início às 12:20, a viagem anterior a ela apresenta um baixo carregamento, determinado como o terceiro maior na segunda e terça-feira.

Figura 22 – Carregamentos expandidos do sentido bairro-centro no dia 28/03/19

HORA	V/P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
05:04:20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	0
05:42:25	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:01:41	3	0	0	0	0	0	0	1	1	1	4	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	4	2	0
06:15:55	4	1	6	7	7	9	11	11	11	15	15	21	22	22	24	24	24	26	26	26	19	5	5	0
07:09:11	5	4	9	10	13	13	16	21	22	30	35	36	41	41	44	44	44	44	44	44	45	17	7	0
07:27:32	6	5	5	6	9	10	15	17	22	28	30	32	32	33	38	41	45	45	45	45	33	12	7	0
08:21:27	7	0	0	0	0	0	0	0	2	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	0	0	0
08:46:40	8	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	2	2	2	1	0	0
08:59:20	9	1	1	1	1	1	2	2	6	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	5	0	0
09:12:37	10	2	4	4	4	5	5	6	7	7	7	7	9	10	11	11	11	10	10	10	5	4	1	0
09:42:53	11	0	1	1	1	4	4	5	9	10	10	11	11	11	15	15	16	16	16	16	12	2	0	0
09:52:51	12	0	1	2	4	4	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0
10:14:46	13	0	0	1	1	1	1	1	5	6	7	9	10	11	11	11	12	13	13	13	12	7	2	0
10:26:39	14	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	4	4	4	4	5	5	5	5	2	1	0	0
10:38:30	15	0	0	0	0	0	0	0	1	2	5	5	5	5	6	6	5	5	5	5	5	1	0	0
11:02:51	16	1	1	2	4	4	4	6	10	10	10	10	11	12	17	17	16	16	15	15	13	9	7	0
11:59:05	17	1	2	2	2	2	2	5	6	7	10	11	10	10	10	12	13	13	12	12	9	4	4	0
13:09:25	18	1	1	1	1	1	2	4	6	7	9	10	12	13	13	16	16	16	17	18	15	4	0	0
13:56:03	19	0	0	0	0	0	0	0	2	2	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	0	0
14:05:03	20	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	0	0
14:38:23	21	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	7	7	7	7	9	9	9	9	10	6	4	0	0
14:54:28	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	0
15:17:11	23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	0	0	0
16:00:05	24	2	2	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	1	0	0
16:42:55	25	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	4	4	4	2	2	2	2	2	0	0	0
17:19:53	26	0	0	0	0	1	1	2	4	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	1	0
18:08:53	27	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	5	5	5	5	5	5	5	2	2	0
18:49:59	28	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2	1	0	0
19:36:48	29	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 23 – Carregamentos expandidos do sentido centro-bairro no dia 28/03/19

HORA	V/P	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
06:36:07	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0
06:56:15	2	2	4	2	2	2	1	1	1	2	2	5	6	6	6	6	1	0	0	0
07:29:21	3	1	1	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	1	1	1	0
07:50:18	4	0	0	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	0	0	0
08:45:18	5	0	0	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	0
09:09:27	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09:25:51	7	0	1	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	4	4	2	2	1	1	0
09:36:59	8	2	4	6	9	9	9	9	9	9	9	7	7	7	7	5	2	1	1	0
09:49:47	9	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	0
10:09:46	10	0	1	6	6	6	7	7	7	7	7	6	6	5	5	4	4	4	4	0
10:21:56	11	0	2	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	4	4	2	1	1	0
10:34:02	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:48:47	13	1	1	7	9	9	9	9	9	9	9	7	7	6	5	2	2	1	1	0
11:27:55	14	4	4	2	4	4	4	4	5	5	4	2	2	2	0	0	0	0	0	0
12:20:31	15	12	13	23	24	24	24	24	24	24	23	22	22	18	17	13	11	6	5	0
12:53:35	16	2	2	2	4	4	4	6	6	6	6	6	6	4	4	4	2	2	2	0
13:32:41	17	1	1	5	5	5	5	5	5	4	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
13:48:47	18	1	2	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2	1	1	1	0
14:17:34	19	1	1	7	7	7	7	7	7	7	7	6	10	10	9	7	5	1	1	0
14:34:40	20	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	4	4	2	2	2	1	1	0
15:00:00	21	2	2	9	10	10	10	10	10	10	9	7	7	5	5	5	4	2	2	0
15:41:41	22	5	6	15	13	13	13	13	13	13	12	12	12	12	10	9	2	0	0	0
16:22:29	23	4	5	10	12	12	12	11	11	11	11	10	10	9	9	7	6	5	4	0
17:06:09	24	1	1	10	13	13	13	15	15	15	13	11	11	11	12	12	11	4	4	0
17:43:30	25	10	11	18	19	19	19	19	19	19	19	18	21	19	17	11	7	4	4	0
18:25:45	26	12	16	22	22	22	21	21	21	21	21	18	18	17	13	9	7	2	2	0
19:15:31	27	2	2	9	10	11	11	11	10	10	9	5	5	5	5	5	4	1	1	0
19:49:53	28	2	2	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	2	0	0	0
20:37:29	29	2	2	5	5	4	4	4	4	4	2	2	2	1	1	1	0	0	0	0

(fonte: elaborada pelo autor)

5.5 Sexta-feira, 29/03/19

No último dia útil da semana, 739 passageiros são transportados e os destinos de 70% deles são encontrados: 73% em direção ao centro e 68% ao bairro. A tabela 12 apresenta os números obtidos na etapa de determinação de pares OD. As matrizes OD expandidas dos sentidos são apresentadas figuras 24 e 25, respectivamente.

Tabela 12 – Resumo da determinação de pares OD do dia 29/03/19

Informações 29/03	Sentido BC	Sentido CB	Total
Validações totais na linha	408	331	739
Validações com origem dentro da rota	346	315	661
Validações sem destino determinado	95	101	196
Validações com destino determinado	251	214	465
Porcentagem de destinos encontrados	73%	68%	70%

(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 24 – Matriz OD do sentido bairro-centro no dia 29/03/19

O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	2	0	2	17	5	0	
2			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	10	6	1	
3				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	11	6	2	
4					0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	2	2	
5						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	4	0	0	
6							4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	8	18	2	2	
7								0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	15	9	4	
8									2	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	11	20	11	7	
9										0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	19	5	11	
10											0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	15	9	6	
11												0	0	0	0	0	0	0	0	3	9	4	1	
12													0	0	0	0	0	0	0	3	4	4	3	
13														0	0	0	0	0	0	0	11	2	2	
14															0	0	0	0	0	0	6	13	2	
15																0	2	0	0	2	7	2	2	
16																	0	0	0	1	9	0	3	
17																		0	0	3	2	0	0	
18																			0	0	0	0	0	
19																				0	0	0	2	
20																					6	0	0	
21																						4	0	
22																							0	
23																								

(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 25 – Matriz OD do sentido centro-bairro no dia 29/03/19

O/D	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	
24		7	7	0	0	0	0	0	0	2	9	4	11	11	11	11	24	0	19	
25			1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	4	4	4	0	7	
26				4	2	0	7	0	0	5	12	0	23	25	12	25	21	0	34	
27					0	0	0	2	0	4	4	0	8	2	6	6	4	0	2	
28						0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	2	0	0	
29							0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
30								0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2	
31									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
32										0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	
33											0	0	0	0	0	0	2	0	0	
34												0	0	0	0	0	0	1	0	
35													0	2	0	0	2	0	0	
36														0	0	1	0	0	0	
37															0	0	0	0	2	
38																0	0	0	0	
39																	0	0	1	
40																		0	0	
41																			0	
42																				

(fonte: elaborada pelo autor)

O comportamento dos passageiros da sexta-feira não é diferente dos dias anteriores para ambos os sentidos de viagem. O par OD mais frequente do sentido BC novamente é formado pelas paradas 8 e 21, enquanto que a maioria dos passageiros do sentido CB tem as mesmas paradas de embarque e desembarque observadas no primeiro dia (paradas 26 e 42).

Neste dia são determinadas 62 viagens, 31 em cada sentido da linha, o maior número de viagens da semana. No sentido CB (figura 26) se obtém o trecho crítico mais carregado de toda a semana, com 52 passageiros na viagem iniciada às 7:07. Os carregamentos das viagens seguem o padrão observado em todos os dias anteriores para ambos os sentidos. Duas viagens em direção ao bairro (figura 27) apresentam o mesmo carregamento máximo (23 passageiros), uma próxima do meio dia e a outra no final da tarde.

Figura 26 – Carregamentos expandidos do sentido bairro-centro no dia 29/03/19

HORA	V/P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
05:04:07	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	2	2	0
05:41:52	2	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0
06:00:46	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0
06:15:24	4	0	1	2	2	2	5	5	5	6	6	11	12	12	13	13	15	16	16	15	11	0	0	0
07:07:51	5	6	10	12	15	15	17	22	26	34	41	46	49	49	51	52	52	52	52	51	50	21	9	0
07:28:19	6	1	2	5	6	11	12	16	21	23	27	29	30	30	33	34	35	36	36	36	29	17	2	0
08:21:58	7	0	4	4	4	5	6	6	9	10	12	12	15	15	15	15	15	13	13	12	7	2	1	0
08:45:03	8	1	2	2	2	2	2	5	7	7	7	7	7	7	7	11	11	12	12	12	9	2	0	0
08:58:27	9	1	1	1	1	1	1	1	2	4	6	6	6	9	10	10	10	10	10	10	7	4	1	0
09:12:29	10	0	0	1	2	2	4	4	5	6	9	9	9	9	9	10	11	11	11	11	9	1	1	0
09:40:06	11	1	2	2	4	4	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	0	0	0
09:58:04	12	0	0	0	0	0	0	2	2	2	5	5	6	7	9	9	10	10	10	10	10	1	0	0
10:16:47	13	0	0	1	1	1	1	1	4	7	10	11	11	15	15	15	15	15	15	15	12	2	1	0
10:26:14	14	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
10:36:37	15	2	2	2	2	4	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7	7	4	2	1	0
11:02:09	16	1	2	2	4	4	5	4	6	9	9	10	10	11	16	16	16	15	15	15	11	9	0	0
11:52:07	17	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	0
11:59:37	18	1	2	4	4	4	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	9	7	1	1	0
13:07:05	19	1	2	5	5	5	7	11	13	13	15	15	15	15	15	16	17	16	16	16	11	9	0	0
13:54:26	20	0	0	1	1	1	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6	5	1	0	0
14:06:29	21	0	0	1	1	1	1	4	6	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	6	2	0	0
14:36:48	22	0	0	0	1	1	1	2	2	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	0	0
14:46:02	23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	0
15:11:04	24	0	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	1	0
15:58:38	25	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
16:35:25	26	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	4	4	4	2	2	2	2	2	1	1	0
17:20:19	27	1	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2	2	0	0	0
18:10:36	28	0	0	0	0	0	1	1	2	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	4	4	0
18:49:58	29	0	0	0	0	0	0	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0
19:38:53	30	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
20:25:15	31	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

(fonte: elaborada pelo autor)

Figura 27 – Carregamentos expandidos do sentido centro-bairro no dia 29/03/19

HORA	V/P	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
06:03:31	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
06:39:40	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0
06:57:12	3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
07:31:09	4	0	0	1	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	2	2	1	0	0	0
07:51:48	5	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08:29:35	6	6	5	6	6	7	7	9	9	9	9	9	9	9	9	7	6	4	4	0
08:44:25	7	1	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	2	2	1	1	0
08:53:03	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09:11:11	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09:19:41	10	2	2	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	1	0	0	0
09:37:50	11	5	6	7	9	10	10	10	10	10	10	10	10	6	5	2	2	0	0	0
09:59:05	12	0	0	6	9	9	9	9	9	9	7	7	7	7	6	4	2	0	0	0
10:03:02	13	0	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	0
10:19:11	14	0	0	6	6	5	5	5	5	5	4	4	4	2	2	2	1	0	0	0
10:45:14	15	1	2	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	12	11	10	9	7	7	0
11:27:21	16	4	7	19	21	22	23	23	23	23	22	18	18	13	11	9	2	2	2	0
12:19:03	17	10	11	23	24	24	24	26	26	26	24	22	22	18	13	11	10	6	6	0
12:53:34	18	0	1	2	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4	4	1	0	0	0
13:36:32	19	0	0	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	2	1	1	0	0	0	0
13:46:42	20	1	1	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	9	9	9	9	7	7	0
14:17:51	21	4	5	7	7	7	6	6	6	6	6	6	5	6	5	4	1	1	1	0
14:32:36	22	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0
14:57:39	23	2	2	5	6	6	6	6	6	6	6	5	5	4	4	2	2	1	1	0
15:42:23	24	1	2	6	7	7	7	7	7	7	7	6	5	5	5	5	2	1	1	0
16:23:16	25	4	5	7	7	7	7	9	9	9	9	7	7	7	5	5	5	1	1	0
17:05:00	26	7	9	12	12	12	12	12	12	12	12	12	13	12	10	10	6	2	2	0
17:42:44	27	9	13	19	23	23	23	22	21	21	19	21	22	17	16	11	10	6	5	0
18:23:15	28	13	13	18	21	21	21	21	21	21	19	17	17	16	13	11	9	2	2	0
19:18:39	29	4	5	9	11	11	11	11	11	11	10	6	6	6	5	4	2	2	2	0
20:00:27	30	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0
20:42:17	31	0	0	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(fonte: elaborada pelo autor)

5.6 Análise da semana

A tabela 13 apresenta um comparativo dos números de passageiros com destino determinados, pares OD mais frequentes e viagens mais carregadas de cada um dos cinco dias. Na quarta-feira é observado o maior número de validações da semana na linha 301, com 768 bilhetes eletrônicos registrados. Em média são determinados 468 pares OD por dia, representando uma taxa de 71% de destinos inferidos. As expansões das matrizes OD resultam em uma variação de apenas 21 passageiros totais no sentido BC na semana. Entretanto o sentido contrário apresenta uma diferença de passageiros expandidos quase três vezes maior, com 62 passageiros a mais na segunda-feira em relação à terça-feira.

Tabela 13 – Comparativo dos resultados da determinação pares OD na semana

Informações Semana	Segunda		Terça		Quarta		Quinta		Sexta	
	BC	CB	BC	CB	BC	CB	BC	CB	BC	CB
Validações totais na linha	379	360	399	303	414	354	384	307	408	331
Validações com origem na rota	330	347	341	295	339	344	329	300	346	315
Pares OD determinados	250	236	262	189	267	215	249	208	251	214
Taxa de destinos encontrados	76%	68%	77%	64%	79%	63%	76%	69%	73%	68%
Pares OD após expansões	400	418	409	356	400	404	400	360	421	383
Par OD mais frequente	8/21	26/42	8/21	26/36 26/42	8/21	26/40	8/21	26/39	8/21	26/42
Passageiros do par OD mais frequente	24	37	31	26	25	39	21	26	20	34
Viagens determinadas	29	29	29	29	29	32	29	29	31	31
Hora viagem mais carregada	07:10	12:20	07:04	12:20	07:10	12:20	7:09 7:27	12:20	07:07	12:19
Maior carregamento do veículo	46	39	49	34	44	30	45	24	52	26

(fonte: elaborada pelo autor)

As taxas de destinos encontrados se mantêm semelhantes em toda a semana, variando entre 73% e 79% no sentido BC e entre 63% e 69% no sentido CB. Em todos os dias, as paradas 8 e 21 formam o par OD com maior número de passageiros que viajam ao centro. Por outro lado, na direção ao bairro a parada de embarque 26 compõe os cinco pares OD mais frequentes, variando somente a parada de desembarque em cada dia.

A diferença no número de viagens encontradas no modelo em relação às contidas na tabela horária do anexo 3 leva às possíveis hipóteses:

1. São realizadas mais viagens diariamente que o informado no *website*,
2. Dados imprecisos de GPS levam à alocação dos passageiros de viagens tabeladas em viagens não existentes.

Na semana são constatados os mesmos horários de início das viagens mais carregadas de ambos os sentidos. As viagens ao centro com início em torno das 7:10 apresentam carregamentos variando entre 44 e 52 passageiros nos trechos críticos de cada dia. Já no sentido CB, as viagens das 12:20 apresentam uma variação maior, de 15 passageiros.

Nos cinco dias analisados, são realizadas 53684 validações de bilhetes eletrônicos em todo o sistema de ônibus de Guaíba, com uma distribuição próxima de 20% em cada um deles. O número de bilhetes eletrônicos (cartões) diferentes identificados em toda a semana é de 8613, com cerca de 60% desses sendo utilizados a cada dia, como demonstrado na tabela 14. A média de validações diárias por bilhete eletrônico é aproximadamente 2.

Tabela 14 – Quantidade de validações e de cartões identificados em cada dia

Dia	Validações	Cartões	Quantidade
Segunda	10770	5209	60%
Terça	10818	5220	61%
Quarta	10359	5065	59%
Quinta	10740	5212	61%
Sexta	10997	5281	61%

(fonte: elaborada pelo autor)

Ao se analisar a tabela 15, pode se concluir que a maioria dos bilhetes eletrônicos é utilizada nos 5 dias úteis da semana (26% do total). Entretanto, os 2118 bilhetes eletrônicos de passageiros que viajam em apenas um dia da semana representam uma parcela semelhante à anterior: 25% de todos os cartões identificados na semana em Guaíba. Esses passageiros esporádicos, entretanto, realizam apenas 7% de todas as validações da semana. Por outro lado, os bilhetes eletrônicos dos passageiros cativos do sistema de ônibus (com frequência de uso igual ou superior a três dias na semana) representam 58% de todos os encontrados e realizam 83% das validações nos cinco dias analisados.

Tabela 15 – Número de cartões e validações realizadas de acordo com a frequência

Frequência	Cartões	Quantidade	Validações	Quantidade
1	2118	25%	3879	7%
2	1501	17%	5784	11%
3	1327	15%	8044	15%
4	1449	17%	12079	23%
5	2218	26%	23898	45%
Total	8613	100%	53684	100%

(fonte: elaborada pelo autor)

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Utilizar dados de GPS e bilhetagem eletrônica se mostra uma forma muito eficiente para a determinação de matrizes origem-destino embarcadas de uma linha de ônibus. O cruzamento dos dados de AVL e AFC permite que se associe o ponto de embarque de cada passageiro a partir da posição geográfica do veículo no momento da validação. Comparado com pesquisas embarcadas *in loco*, o método utilizado resulta em menores custos de aplicação, maior abrangência de linhas e menor tempo de obtenção dos resultados.

Apesar de alguns estudos mais recentes procurarem determinar matrizes origem-destino embarcadas com diferentes sistemas de coleta automática de dados, como telefonia e Wi-Fi, é necessário primeiramente que as empresas brasileiras de transporte por ônibus façam o uso dos dados gerados pelos sistemas já instalados em suas frotas. A enorme quantidade de informação disponibilizada por sistemas AFC e AVL para o planejamento de transportes é subutilizada devido à falta de conhecimento do seu potencial e de como processá-la. Cabe às empresas operadoras se atentarem ao potencial dos dados que detêm para buscarem otimizar seus custos com um melhor planejamento operacional e aumentar a confiabilidade no sistema de ônibus como um todo.

Além de determinar as matrizes origem-destino, o método também permite se avaliar os carregamentos dos veículos. A expectativa de se encontrar picos de passageiros transportados ao centro no início da manhã e ao bairro no fim da tarde é confirmada. Porém, existe um número de deslocamentos feitos próximo ao meio-dia que aponta o hábito, na cidade de Guaíba, de muitos passageiros de se retornar à casa para almoçar. Nos horários fora de pico são encontrados carregamentos pequenos, com ocupação média dos veículos de 11%.

O modelo desenvolvido não é capaz de determinar a parada de desembarque de um passageiro com uma única validação diária ou com o embarque seguinte muito afastado da rota da linha estudada. Visto isso, conclui-se que eles realizam deslocamentos em outros modos de transporte após viajarem na linha de ônibus. Os passageiros sem parada de desembarque determinada têm seus destinos expandidos nas matrizes origem-destino seguindo o comportamento daqueles com parada de desembarque inferida. Entretanto, devido à baixa quantidade média de passageiros transportados por viagem, esses passageiros sem destino não são contabilizados na análise de carregamentos dos veículos.

Os resultados satisfatoriamente obtidos nas matrizes origem-destino e nos carregamentos das viagens revelam o potencial proporcionado pelos sistemas ADC no estudo de demanda de passageiros para o planejamento de transportes. A grande quantidade de dados gerados por esses sistemas, entretanto, exige que se desenvolva um código de programação para a realização dos objetivos propostos neste trabalho. A linguagem de programação *Python* se mostra uma ferramenta adequada para a análise do banco de dados utilizado. As bibliotecas disponibilizadas ao usuário e a facilidade de se programar no ambiente de desenvolvimento *Jupyter Notebook* simplificam a criação do modelo.

Fatores de Renovação muito próximos de 1,00 indicam a existência de apenas um polo de atração de viagens, pois significa que praticamente todos os passageiros da linha têm o mesmo destino ou origem. No caso deste estudo, esse polo de atração de viagens é o centro da cidade de Guaíba. Os FR calculados revelam a baixa rotatividade de passageiros na linha estudada. A viagem mais carregada da semana, com início às 7:07 na sexta-feira, transporta um total de 55 passageiros, com 52 no seu trecho crítico. Logo, seu FR resulta em 1,06. Disso recomenda-se a realização de futuros estudos para remodelação do trajeto a fim de se aumentar a rotatividade de passageiros transportados na linha.

O alto número de viagens posteriores classificadas como viagem de retorno, especialmente no sentido centro-bairro, revela que grande parte dos passageiros têm seus destinos alcançados com apenas um veículo. As viagens com integração indicam as regiões da cidade aonde os passageiros bairro-centro desejam se deslocar porém precisam viajar em duas linhas diferentes. Dos 75 passageiros que realizam transbordo na segunda-feira, 47% deles viajam posteriormente em uma linha de ônibus em direção ao sul da cidade após desembarcarem no centro. Esta análise é importante para que o órgão de trânsito avalie a necessidade de se rever o traçado de linhas existentes ou criar novas linhas que atendam à demanda por esses deslocamentos.

Passageiros com um padrão de deslocamento bem definido tendem a viajar sempre na mesma linha de ônibus e nos mesmos horários. Porém, quando se oferta linhas com rotas semelhantes e intervalos de chegada nas paradas pouco espaçados, é menos provável que um passageiro repita a mesma viagem diariamente. Na linha de ônibus estudada, cerca de 33% dos passageiros registrados na segunda-feira é observado realizando alguma viagem em um horário semelhante para cada um dos dias seguintes. Essa falta de regularidade pode indicar o comportamento sazonal dos passageiros no primeiro dia da semana. Para a comprovação da sazonalidade dos deslocamentos, recomenda-se ampliar esta análise para mais semanas.

Neste trabalho, a distribuição dos pares origem-destino, entre os pontos de embarque e desembarque, apresenta um comportamento uniforme durante os cinco dias analisados. São determinados os destinos de 71% dos passageiros, resultando, em média, 468 pares origem-destino por dia. A concentração de pares OD em quatro paradas da região central da cidade comprova que ela é o principal polo de geração e atração de viagens da linha estudada. Em todos os 5 dias, o par origem-destino mais frequente do sentido bairro-centro é formado pelas mesmas paradas de embarque e desembarque. No sentido centro-bairro, os pares origem destino mais frequentes dos cinco dias são formados pela mesma parada de embarque, porém variam a sua parada de desembarque.

Através de um sistema de bilhetagem eletrônica, é possível se conhecer a quantidade de passageiros cativos da rede de transportes. Dessa forma podem ser estudadas ações para a fidelização desses passageiros regulares e a atração dos esporádicos. Neste estudo, os passageiros com frequência no sistema de ônibus igual ou superior a três dias na semana são considerados cativos. Eles representam 58% dos bilhetes eletrônicos registrados no banco de dados analisado, porém são responsáveis por 83% de todas as validações da semana. Os passageiros com viagens realizadas em apenas um dia da semana representam 25% de todos os bilhetes eletrônicos. Esses números indicam a existência de uma significativa parcela de passageiros que viajam de ônibus esporadicamente para realizar alguma atividade.

A etapa de tratamento inicial dos dados é fundamental para a obtenção de resultados representativos. Neste trabalho foram tratados manualmente dados repetidos e informações de GPS com valores nulos. O modelo desenvolvido analisa as distâncias entre a posição geográfica de cada validação e as paradas de ônibus da linha estudada, descartando aquelas validações registradas além de um afastamento máximo. Para estudos futuros recomenda-se uma avaliação mais profunda dos dados coletados pelos sistemas AFC e AVL. Apesar de precisos, os equipamentos de coleta podem apresentar falhas no registro das informações, que não são reveladas no tratamento inicial deste trabalho. Recomenda-se também a aplicação deste estudo nas outras linhas de ônibus do sistema. Desta forma, será possível ter-se uma visão global dos deslocamentos diários na cidade para a avaliação de possíveis mudanças na oferta de rotas e horários de ônibus.

REFERÊNCIAS

- ARBEX, R. O.; TORRES, S. R. Variabilidade da demanda e da oferta do transporte coletivo. **Revista Engenharia**, São Paulo, n. 635, p. 72-79, 2017.
- BARBOZA, M. H. C.; FERREIRA, J. G. S.; SILVA, M. A. V. Uso dos dados de telefonia para o planejamento de transportes: uma revisão sistemática. In: Congresso De Pesquisa E Ensino Em Transportes da ANPET, 32., 2018, Gramado. **Anais eletrônicos...** Disponível em: < <http://www.anpet.org.br/anais?=&Modelagem%20no%20Planejamento%20de%20Transportes>>. Acesso em 11/06/2019.
- BARRY, J.; FREIMER, R.; SLAVIN, H. Using entry-only Automatic Fare Collection data to estimate linked transit trips in New York City. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, [S.l.], v. 2112, n. 1, p. 53-61, 2010.
- BERNARDI, J. V. E.; LANDIM, P. M. B. Aplicação do Sistema de Posicionamento Global (GPS) na coleta de dados. **Universidade Federal de Rondônia**, 2002.
- CUI, A. **Bus passenger Origin-Destination matrix estimation using automated data collection systems**. Dissertação de Mestrado, Massachusetts Institute of Technology - Department of Civil and Environmental Engineering, 2006.
- CYRIL, A.; GEORGE, V.; MULANGI, R. H. Electronic ticket machine data analytics for public bus transport planning. In: 2017 International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing (ICECDS), 2017, Chennai, Índia. **Anais...** Chennai, Índia: IEEE, 2017, p. 3917-3922.
- FERREIRA, A. B. H. **Miniaurélio: o dicionário da língua portuguesa**. 7. ed. Curitiba: Positivo, 2008.
- FERREIRA, S. S.; BARBOSA, H. M. Análise da ocupação veicular para a inserção de beneficiários no transporte coletivo urbano. **Journal of transport literature**, Manaus, v. 10, n. 2, p. 40-44, 2016.
- GALDINO, D. R. O. **Análise de dados de GPS e bilhetagem eletrônica para determinação do carregamento e matriz de origem-destino no sistema de transporte público por ônibus de João Pessoa**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal Da Paraíba – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, 2018.
- GORDON, J. B.; KOUTSOPOULOS, H. N.; WILSON, N. H. M. Estimation of population origin–interchange–destination flows on multimodal transit networks. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies**, [S.l.], v. 90, p. 350-365, 2018.
- GUERRA, A. L.; BARBOSA, H. M.; KELLI, L. Estimativa de matriz origem/destino utilizando dados do sistema de bilhetagem eletrônica: proposta metodológica. **Transportes**, [S.l.], v. 22, n. 3, p. 26 – 38, 2014.

HORA, J; DIAS, D. G.; CAMANHO, A.; SOBRAL, T. Estimation of Origin-Destination matrices under Automatic Fare Collection: the case study of Porto transportation system. **Transportation Research Procedia**, [S.l.], v. 27, p. 664-671, 2017.

IBARRA-ROJAS, O. J.; DELGADO, F.; GIESEN, R.; MUÑOZ, J. C. Planning, operation, and control of bus transport systems: A literature review. **Transportation Research Part B: Methodological**, [S.l.], v. 77, p. 88-75, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Panorama de Guaíba**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/guaiba/panorama>>. Acesso em: 22/05/2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo 2010: população do Brasil é de 190.732.694 pessoas. **IBGE**, [S.l.], 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/noticias-censo.html?busca=1&id=3&idnoticia=1766&t=censo-2010-populacao-brasil-190-732-694-pessoas&view=noticia>>. Acesso em: 28/04/2019.

LI, D.; LIN, Y.; ZHAO, X.; SONG, H.; ZOU, N. Estimating a transit passenger trip origin-destination matrix using automatic fare collection system. In: International Conference On Database Systems For Advanced Applications, 16., 2011, Hong Kong, China. **Anais...** Berlim: SPRINGER, 2011, p. 502-513.

MARQUES, S. D.; PITOMBO, C. S. Estimativa do volume de passageiros ao longo de linhas de transporte público por ônibus a partir da geoestatística. In: Congresso De Pesquisa E Ensino Em Transportes da ANPET, 32., 2018, Gramado. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://www.anpet.org.br/anais?=Modelagem%20no%20Planejamento%20de%20Transportes>>. Acesso em: 11/06/2019.

MARTINS, R. S.; CAIXETA FILHO, J. V. Subsídios à tomada de decisão da escolha da modalidade para o planejamento dos transportes no estado do Paraná. **Revista de Administração Contemporânea**. Curitiba, v.3, n.2, p.75-96, 1999.

MCKINNEY, W. **Python for data analysis: Data wrangling with Pandas, NumPy, and IPython**. 1. ed. Sebastopol, Estados Unidos: O'Reilly Media, Inc., 2012.

MOREIRA-MATIAS, L. et al. Improving mass transit operations by using AVL-based systems: A survey. **IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems**, v. 16, n. 4, p. 1636-1653, 2015.

MUNIZAGA, M. A.; PALMA, C. Estimation of a disaggregate multimodal public transport Origin–Destination matrix from passive smartcard data from Santiago, Chile. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies**, v. 24, p. 9-18, 2012.

NARVÁEZ, M. L. J.; MEJÍA, J. A. S. Utilización de tarjetas inteligentes para estimar matrices origen-destino: Aplicación al sistema Megabús, Pereira. **Ciencia e Ingeniería Neogranadina**, v. 26, n. 2, p. 73-93, 2016.

NOVO SISTEMA DE TRANSPORTE INTEGRADO DE GUAÍBA – STG. **NOVO STG**. Disponível em: <<https://www.stgguaiiba.com.br/novo-stg>>. Acesso em: 27/05/2019.

OLIVEIRA, G. T. **Caracterização da demanda de sistemas de transporte público a partir de dados de sistemas de bilhetagem eletrônica: um ensaio sobre três aspectos – tempo, comportamento e espaço**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro - Instituto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia, 2016.

PARADEDA, D. B.; KRAUS, W.; CARLSON, R. C. Estimativa de embarque e desembarque de passageiros por detecção de sinal de Wi-Fi de dispositivos móveis. In: Congresso De Pesquisa E Ensino Em Transportes da ANPET, 32., 2018, Gramado. **Anais eletrônicos...** Disponível em:
<<http://www.anpet.org.br/anais/?=Sistemas%20Inteligentes%20Aplicados%20a%20Gest%C3%A3o%20de%20Transportes>>. Acesso em 11/06/2019.

PELLETIER, M. P.; TRÉPANIER, M.; MO-RENCY, C. Smart card data use in public transit: A literature review. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies**, v. 19, n. 4, p. 557-568, 2011.

SECRETARIA NACIONAL DE TRANSPORTE E DA MOBILIDADE URBANA – SEMOB. **Caderno de referência para elaboração de plano de mobilidade urbana**. Brasil: Ministério das Cidades, 2015. Disponível em:
<<http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSE/planmob.pdf>>. Acesso em: 05/05/2019.

USEPASSE. **O que é USEPASSE?**. Disponível em: <<https://www.usepasse.com/o-que---usepasse->>. Acesso em: 27/05/2019.

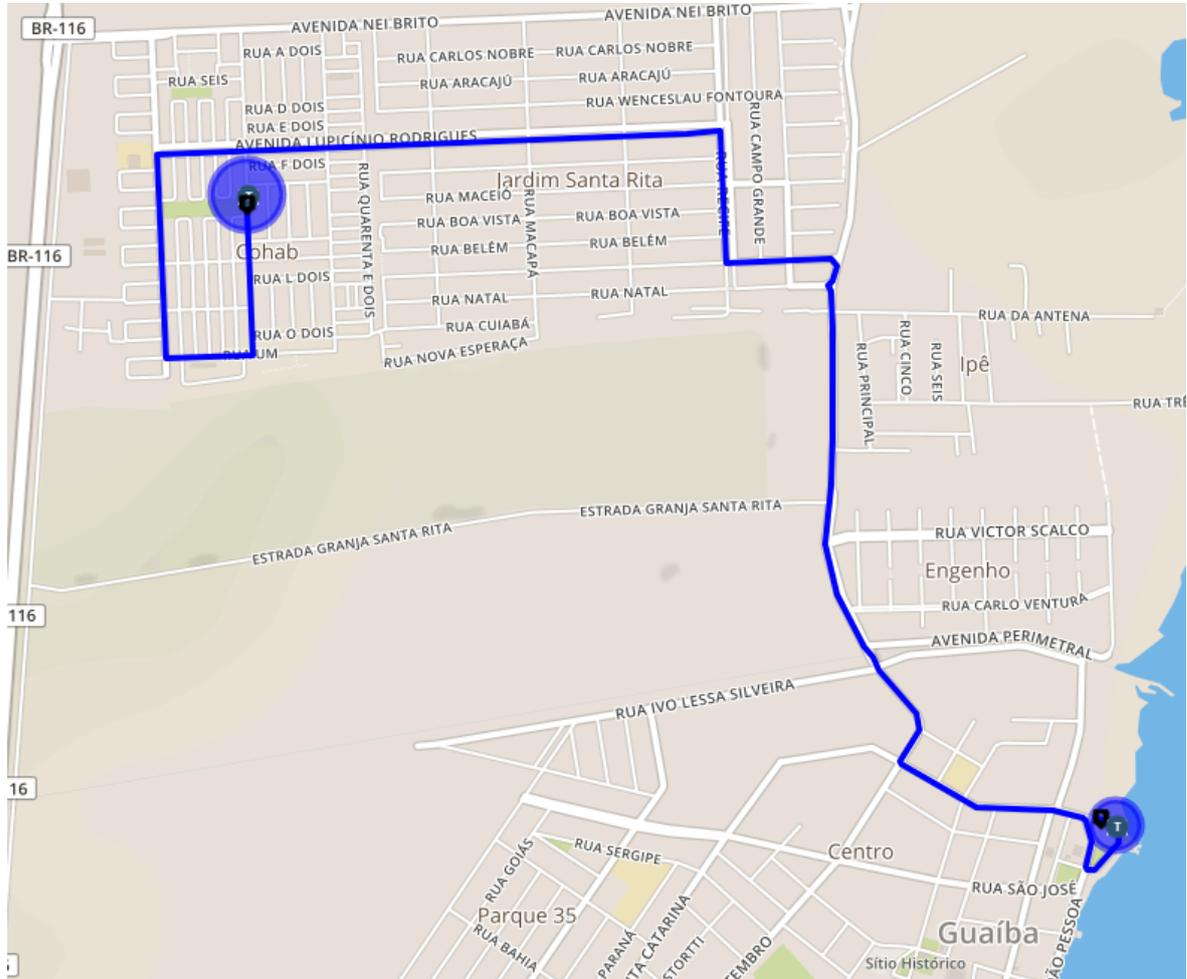
VUCHIC, V. R. **Urban transit: operations, planning and economics**. 1. ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2005.

WANG, W. **Bus passenger origin-destination estimation and travel behavior using automated data collection systems in London, UK**. Tese de Doutorado, Massachusetts Institute of Technology - Department of Civil and Environmental Engineering, 2010.

ZHAO, J. **The planning and analysis implicatios of automated data collection systems rail transit od matrix inference and path coice modeling examples**. Dissertação de Mestrado, Massachusetts Institute of Technology – Department of Urban Studies and Planning and Department of Civil and Environmental Engineering, 2004.

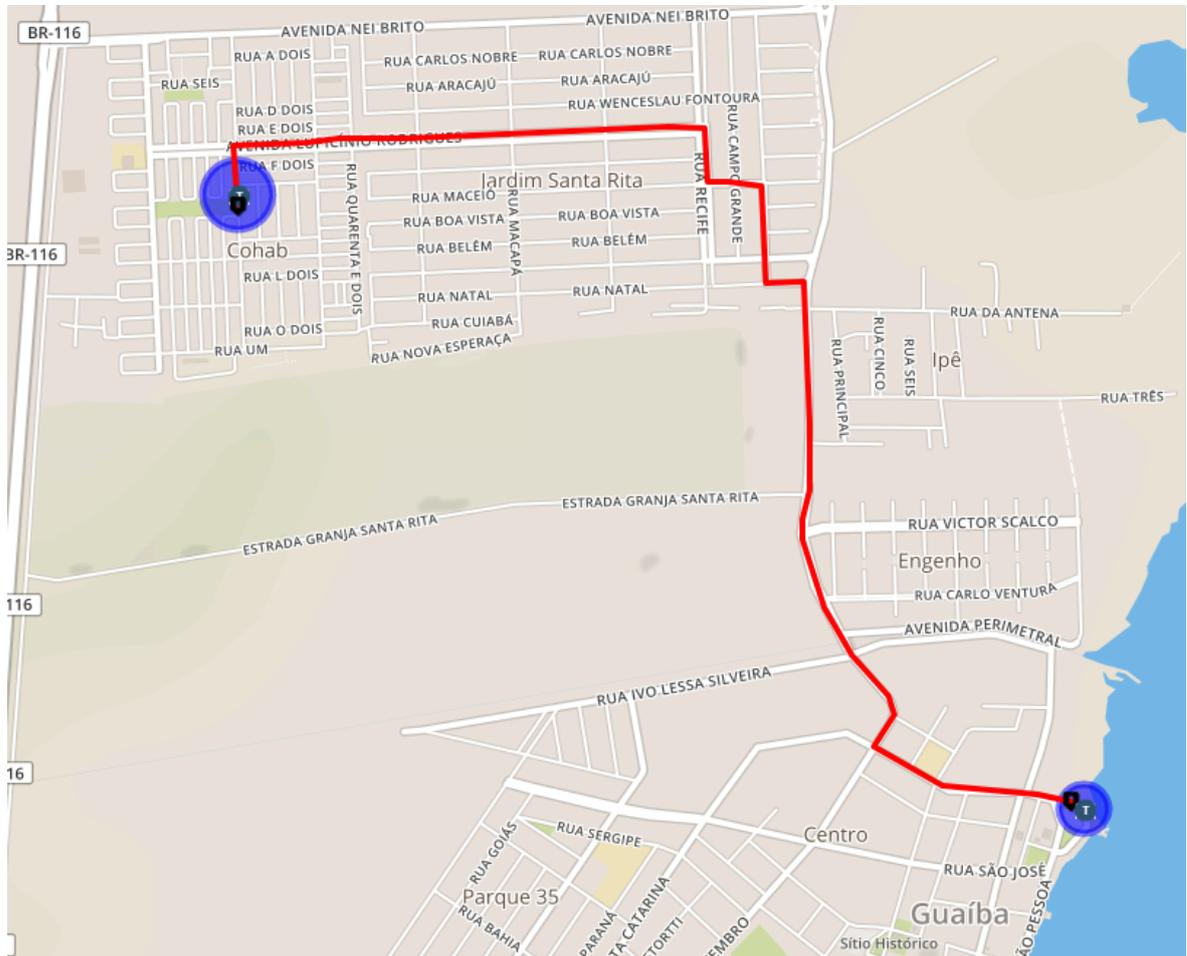
ANEXOS

Anexo 1: Rota do sentido bairro-centro da linha 301 – Cohab Norte / Centro



Fonte: Safeconecta

Anexo 2: Rota do sentido centro-bairro da linha 301 – Cohab Norte / Centro



Fonte: Safeconecta

Anexo 4: Relatório da quantidade de passageiros na linha 301 no dia 25/03/19

Relatório de Quantidade de Passageiros por Linha (Analítico)

25/03/2019 a 25/03/2019



Início Serviço	Fim Serviço	Terminal	Giro Inicial	Giro Final	Cartaca	Time Out	Cartão Bordo	Bordo	Comum	VT	Est.	Int.	Grat.	Acomp.	Unit.	Total
			Qtde	Qtde	Qtde	Qtde	Qtde	Qtde	Qtde	Qtde	Qtde	Qtde	Qtde	Qtde	Qtde	Qtde
Empresa Op. : EXPRESSO ASSUR																
Linha : 003010 - COHAB NORTE / CENTRO																
25/03/2019 05:00	25/03/2019 07:44	Validador 220 (19)	4.945	5.050	105	0	420	11	11	36	34	3	9	1	0	105
25/03/2019 05:54	25/03/2019 10:08	Validador 221 (20)	50.236	50.450	214	0	447	51	6	45	17	7	85	3	0	214
25/03/2019 08:12	25/03/2019 14:48	Validador 214 (5)	87.490	87.664	174	0	460	27	3	31	7	4	97	5	0	174
25/03/2019 08:28	25/03/2019 10:55	Validador 230 (121)	72.079	72.122	43	0	869	6	1	4	1	1	30	0	0	43
25/03/2019 11:02	25/03/2019 12:48	Validador 220 (19)	5.178	5.254	76	0	420	8	1	13	43	0	11	0	0	76
25/03/2019 11:12	25/03/2019 11:44	Validador 201 (8)	22.068	22.097	29	0	404	7	0	3	5	1	13	0	0	29
25/03/2019 11:44	25/03/2019 12:07	Validador 201 (8)	22.097	22.103	6	0	404	2	0	2	0	0	2	0	0	6
25/03/2019 13:34	25/03/2019 14:19	Validador 230 (121)	72.190	72.209	19	0	869	5	0	0	1	0	13	0	0	19
25/03/2019 14:21	25/03/2019 15:05	Validador 230 (121)	72.209	72.228	19	0	762	5	1	0	0	0	12	1	0	19
25/03/2019 14:53	25/03/2019 20:52	Validador 214 (5)	87.664	87.878	214	0	1102	38	9	36	19	33	79	0	0	214
TOTAL	003010 - COHAB NORTE / CENTRO				899	0		160	32	170	127	49	351	10	0	899
TOTAL	EXPRESSO ASSUR				899	0		160	32	170	127	49	351	10	0	899
TOTAL GERAL					899	0		160	32	170	127	49	351	10	0	899

Fonte: USEPASSE