

# Mobilidade do Futuro: um Modelo Disruptivo para São José dos Campos

Etapa II: Simulação

Produto 4

Relatório Preliminar de Simulação

## Equipe

Coordenação: **Ciro Biderman**

Pesquisadores:

Caio de Souza Castro

Claudia Marcela Acosta

Eliane Teixeira dos Santos

Leonardo Bueno

Matheus Barboza

Sarah M. Matos Marinho

Tainá Souza Pacheco

Vitor Estrada de Oliveira

Apoio técnico:

German Freiberg

Luís Otávio Calagian

Roberto Speicys

## SUMÁRIO

Introdução	3
1. Demanda no ano base	4
1.1 Metodologia	4
1.2 Insumos: número de viagens por linha	6
1.3 Insumos: amostra de pares origem-destino	9
1.4 Expansão da amostra	11
1.5 Resultados	14
2. Rede de transporte público	19
2.1 Resultados da Alocação	27
<b>2.1.1 Análise de tempos de viagem através de isócronas</b>	27
<b>2.1.2 Acessibilidade a oportunidades de emprego</b>	30
3. Carregamentos e volumes de passageiros transportados	40
Conclusão	45
Anexo: simulação da rede com e sem ajustes	46

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição horária da demanda em dias úteis (outubro 2018) .....	7
Figura 2: Densidade de viagens por zona de destino .....	15
Figura 3: Densidade de viagens por zona de destino - foco na região central .....	15
Figura 4: Densidade de viagens por zona de origem .....	16
Figura 5: Número total de viagens com origem e com destino por zona .....	17
Figura 6: Número total de viagens com origem e com destino por zona - foco na região central .....	17
Figura 7: Modelo do EMME .....	21
Figura 8: Modelo do EMME (mancha urbana) .....	22
Figura 9: Detalhe da variação entre diferentes rotas, destacadas na cor verde, que utilizam o mesmo trecho do sistema viário .....	25
Figura 10: Tela de edição da base de linhas, programa EMME .....	26
Figura 11: Isócronas para acesso à zona 93 .....	28
Figura 12: Isócronas para acesso à zona 19 .....	29
Figura 13: Isócronas para acesso à zona 51 .....	29
Figura 14: Isócronas para acesso à zona 62 .....	30
Figura 15: porcentagem de empregos acessados em 1h .....	31
Figura 16: porcentagem de empregos acessados em 30min .....	32
Figura 17: porcentagem de matrículas no ensino básico acessados em 1h .....	33
Figura 18: porcentagem de matrículas no ensino básico acessados em 30min .....	34
Figura 19: porcentagem de matrículas no ensino superior acessados em 1h .....	35
Figura 20: porcentagem de matrículas no ensino superior acessados em 30 min .....	35
Figura 21: Distribuição acumulada da população em função de oportunidades acumuladas (emprego) em 1h .....	36
Figura 22: Distribuição acumulada da população em função de oportunidades acumuladas (emprego) em 30min .....	37
Figura 23: Distribuição acumulada da população em função de oportunidades acumuladas (matrículas ensino básico) em 1h .....	38
Figura 24: Distribuição acumulada da população em função de oportunidades acumuladas (matrículas ensino básico) em 30min .....	38
Figura 25: Distribuição acumulada da população em função de oportunidades acumuladas (matrículas ensino superior) em 1h .....	39
Figura 26: Distribuição acumulada da população em função de oportunidades acumuladas (matrículas ensino superior) em 30min .....	39
Figura 27: Alocação de transporte coletivo sem ajuste de demanda .....	42
Figura 28: Alocação de transporte coletivo com ajuste de demanda. ....	43

Figura 29: Comparação entre volumes simulados / observados, alocação sem ajuste de demanda ..... 44

Figura 30: Comparação entre volumes simulados / observados, alocação com ajuste de demanda ..... 44

## **ÍNDICE DE TABELAS**

Tabela 1: Número médio de validações e de viagens por faixa horária (outubro 2018).. 7

Tabela 2: Viagens iniciadas na hora pico por linha em dias úteis (outubro 2018)..... 8

Tabela 3: Distribuição dos fatores de ponderação por linha ..... 13

Tabela 4: Matriz origem-destino da hora pico por região..... 14

Tabela 5: Comparação entre as características do sistema - PlanMob vs. o que será utilizado ..... 20

Tabela 6: Conteúdo do arquivo EMME, variáveis de nós ..... 23

Tabela 7: Conteúdo do arquivo EMME, variáveis de links..... 23

Tabela 8: Conteúdo do arquivo EMME, variáveis de rotas ..... 24

## Introdução

Esse relatório tem como objetivo fazer um estudo preliminar de simulação do sistema como hoje é organizado na cidade de São José dos Campos. Para isso, são utilizados os insumos descritos no Relatório do Produto 2, a fim de estimar tanto a demanda quanto a oferta de transporte público para o ano de 2018.

O relatório está dividido em 3 seções: a primeira se concentra na estimativa de demanda, a segunda na estimativa de oferta e a terceira faz o carregamento da rede, juntando demanda e oferta do transporte público.

# 1. Demanda no ano base

Essa seção descreve a metodologia de estimação da matriz de demanda de transporte público no pico da manhã e apresenta o processo de expansão da amostra e os resultados obtidos. Utilizou-se como insumo básico para esta finalidade os dados de bilhetagem fruto do processamento especificado no relatório do Produto 2 – Parte 2.

A matriz de demanda do ano base resultante desta etapa, que traduz os “desejos de viagem”, como normalmente se denomina em planejamento de transportes, serve como dado de entrada para o modelo de alocação de viagens usado para determinar os carregamentos da rede de transporte público.

O prazo de recebimento dos dados de bilhetagem implicou em defasagem no cronograma de trabalho, cujo impacto nesta etapa da modelagem foi a diminuição do tempo disponível para desenvolver as atividades e alcançar um resultado que possa ser considerado final. Dessa forma, eventuais ajustes que sejam realizados nestes resultados preliminares serão descritos nos próximos produtos do estudo.

## 1.1 Metodologia

O objetivo desta etapa é estimar o número de viagens realizados na hora pico em transporte público entre cada par de zonas (par origem-destino ou par OD) a partir dos dados de bilhetagem do sistema de transporte coletivo municipal de São José dos Campos. Para tanto, é preciso determinar a representatividade estatística da amostra válida de viagens com zona de origem e zona de destino identificadas nos dados de bilhetagem, conforme discutido no relatório do Produto 2 – parte 2. Essa representatividade deve gerar como resultado o número total de viagens realizadas na hora pico, dada pelo número médio de embarques iniciais registrados na bilhetagem nos dias úteis. Os embarques iniciais se referem apenas às validações de início de viagem, e, portanto, não incluem os transbordos realizados no meio do deslocamento até chegar à zona de destino, ou seja, não contabilizam as validações de integração efetuadas nos 60 minutos seguintes ao embarque inicial.

O resultado final corresponde à matriz de demanda do ano base, com o número estimados de viagens na hora pico em transporte público para dias úteis típicos em cada um dos 12.769 pares origem-destino (113 zonas de origem por 113 zonas de destino).

O processo de expansão da amostra foi realizado com desagregação linha a linha, ou seja, a amostra de cada linha de ônibus municipal é expandida em função do número total de viagens iniciadas na respectiva linha na hora pico (em média nos dias úteis

observados nos dados de bilhetagem no mês de outubro de 2018). A série completa de 22 dias úteis disponíveis referentes a outubro de 2018 oferece a possibilidade de adotar essa abordagem de expansão por linha, alcançando uma desagregação significativa sem perder detalhes de cada linha e preservando a especificidade das características de cada uma.

Diferentemente de estudos baseados em pesquisas de campo, os dados de bilhetagem oferecem uma amostra muito mais abrangente, temporal e espacialmente. Permite avaliação da variabilidade da amostra ao longo do tempo, obtendo números médios mais confiáveis e uma representatividade da distribuição espacial de origens e destinos muito maior.

O fator de ponderação da amostra de viagens válidas observadas nos dados de bilhetagem dos 22 dias úteis de outubro de 2018 para cada linha é dado pela razão entre o número médio de embarques iniciais (ou seja, número de validações sem contabilizar as integrações) na linha na hora pico e o número total de observações dessa linha, conforme a formula (1):

$$f_l = \frac{E_l}{\sum_{i=1}^Z \sum_{j=1}^Z (A_{lij})} \quad (1)$$

Onde:

$f_l$  = fator de ponderação da linha  $l$  para a hora pico;

$E_l$  = número de embarques iniciais na hora pico na linha  $l$  (número de validações sem contabilizar integrações);

$A_{(lij)}$  = número de observações na amostra de viagens da linha  $l$  com origem na zona  $i$  e destino na zona  $j$  representativas da hora pico;

$Z$  = número total de zonas.

O número total de viagens na hora pico entre cada par de zonas é dado pela soma (para todas as linhas) do produto entre a amostra de viagens desse par OD em cada linha e o fator de ponderação da respectiva linha, conforme a formula (2):

$$V_{ij} = \sum_{l=1}^L (A_{lij} * f_l) \quad (2)$$

Onde:

$V_{ij}$  = número de viagens na hora pico com origem na zona  $i$  e destino na zona  $j$ ;

$A_{lij}$  = número de observações na amostra de viagens da linha  $l$  com origem na zona  $i$  e destino na zona  $j$  representativas da hora pico;  
 $f_l$  = fator de ponderação da linha  $l$  para a hora pico;  
 $L$  = número total de linhas

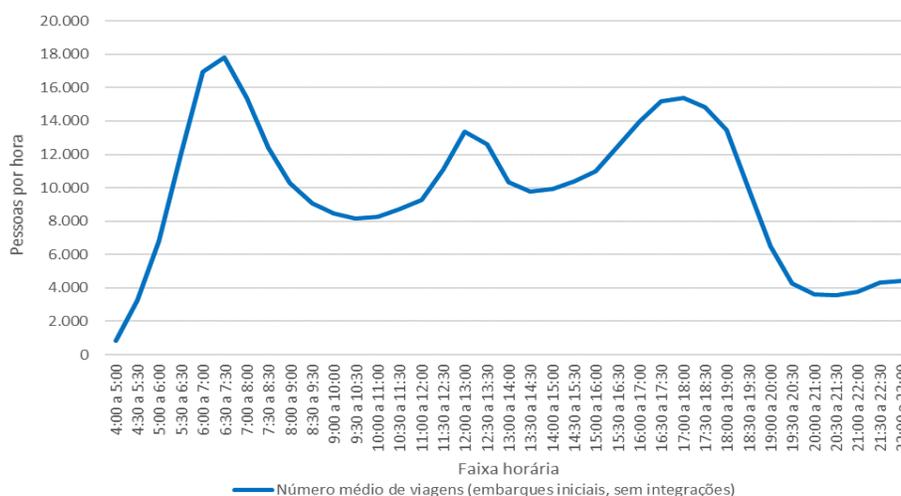
A matriz origem-destino estrutura-se, seguindo a convenção tradicionalmente usada em estudos de planejamento de transportes, de forma que as linhas representem as zonas de origem das viagens e as colunas, as zonas de destino, conformando uma matriz de 113 x 133. Cada célula da matriz é preenchida pelo respectivo  $V_{ij}$  da equação (2) correspondente ao número de viagens com origem na zona  $i$  e destino na zona  $j$ . A soma das linhas equivale ao total de viagens com origem em cada zona, e a soma das colunas, o total de viagens com destino em cada zona na hora pico de um dia útil típico.

## 1.2 Insumos: número de viagens por linha

Um dos principais insumos para estimar a matriz de demanda na abordagem por linha é a identificação do universo de viagens a ser representado. Para tanto utiliza-se o número total de validações registradas nos dados de bilhetagem, desagregadas por linha e por fração de hora, identificando inclusive os embarques correspondentes às integrações (transbordos de uma mesma viagem), mas sem descartar nenhuma observação (diferentemente do seguinte insumo descrito na próxima seção, a amostra de pares OD, onde consideram-se somente os registros válidos para essa finalidade).

A matriz de viagens para o modelo de alocação deve ser estimada para o horário de maior demanda do sistema de transporte público coletivo. Os dados de bilhetagem permitem identificar a faixa horária referente à hora pico. Essa definição deve levar em conta as validações correspondentes ao início de cada viagem, sem contabilizar aquelas validações de integração feitas nos transbordos de linhas de uma mesma viagem. Caso contrário a demanda será superestimada, pois cada viagem de origem a destino seria multiplicada pelo número de validações totais do sistema e, assim, cada validação de transbordo seria contabilizada como uma nova viagem no processo de expansão.

A Figura 1 ilustra o perfil de demanda ao longo do dia com o número de viagens (primeiros embarques de cada viagem, sem contabilizar as integrações). A Tabela 1 mostra os valores correspondentes, onde pode se constatar que a hora pico da manhã corresponde ao intervalo de 6:30 a 7:30 da manhã, com um total de 17,8 mil viagens.



**Figura 1: Distribuição horária da demanda em dias úteis (outubro 2018)**

Fonte: bilhetagem eletrônica. Elaboração própria.

**Tabela 1: Número médio de validações e de viagens por faixa horária (outubro 2018)**

Faixa horária	Número médio de viagens (embarques iniciais, sem integrações)	Faixa horária	Número médio de viagens (embarques iniciais, sem integrações)
4:00 a 5:00	829	13:30 a 14:30	9,797
4:30 a 5:30	3,246	14:00 a 15:00	9,950
5:00 a 6:00	6,815	14:30 a 15:30	10,392
5:30 a 6:30	12,127	15:00 a 16:00	11,000
6:00 a 7:00	16,963	15:30 a 16:30	12,528
6:30 a 7:30	17,799	16:00 a 17:00	13,956
7:00 a 8:00	15,396	16:30 a 17:30	15,173
7:30 a 8:30	12,380	17:00 a 18:00	15,404
8:00 a 9:00	10,274	17:30 a 18:30	14,852
8:30 a 9:30	9,051	18:00 a 19:00	13,442
9:00 a 10:00	8,446	18:30 a 19:30	9,884
9:30 a 10:30	8,165	19:00 a 20:00	6,483
10:00 a 11:00	8,246	19:30 a 20:30	4,296
10:30 a 11:30	8,710	20:00 a 21:00	3,619
11:00 a 12:00	9,264	20:30 a 21:30	3,577
11:30 a 12:30	11,075	21:00 a 22:00	3,765
12:00 a 13:00	13,370	21:30 a 22:30	4,342
12:30 a 13:30	12,608	22:00 a 23:00	4,401
13:00 a 14:00	10,345		

Fonte: bilhetagem eletrônica. Elaboração própria.

Uma vez definida a hora pico da manhã, foi gerada a demanda de cada linha em termos de número médio de viagens em dias úteis para o período de outubro de 2018 correspondente ao recorte de dados de bilhetagem obtido. A Tabela 2 apresenta também o desvio padrão do número de viagens por dia útil para o mês de outubro e a relação desvio padrão/média. Nota-se que praticamente todas as linhas analisadas apresentam dispersão relativamente pequena, com os desvios padrão que não superam 25% da demanda média. Isso mostra um dos pontos fortes de utilizar dados de bilhetagem, pois, diferentemente de métodos baseados exclusivamente em

pesquisas de campo com amostragem limitada, a expansão é feita para um valor efetivamente representativo de um dia típico.

**Tabela 2: Viagens iniciadas na hora pico por linha em dias úteis (outubro 2018)**

Linha	Total Outubro	Média Diária	Desvio Padrão	D.P./ Média	Linha	Total Outubro	Média Diária	Desvio Padrão	D.P./ Média
101	731	33.2	8.2	25%	237	9,027	410.3	38.8	9%
102	715	32.5	8.0	25%	240	8,825	401.1	37.6	9%
103	3,247	147.6	20.1	14%	242	5,653	257.0	37.2	14%
105	5,737	260.8	24.2	9%	243	2,139	97.2	22.7	23%
107	11,543	524.7	56.8	11%	244	7,391	336.0	32.1	10%
108	6,521	296.4	32.0	11%	245	2,764	125.6	25.9	21%
111	605	27.5	5.3	19%	246	593	27.0	6.1	23%
112	554	25.2	5.0	20%	300	1,325	60.2	11.3	19%
115	11,315	514.3	56.8	11%	302	3,960	180.0	25.9	14%
116	2,079	94.5	13.2	14%	303	5,100	231.8	31.4	14%
117	2,541	115.5	15.9	14%	304	16,444	747.5	58.9	8%
119	4,898	222.6	17.8	8%	305	6,058	275.4	22.0	8%
121	2,463	112.0	10.2	9%	306	1,109	50.4	10.9	22%
122	5,536	251.6	28.3	11%	307	7,594	345.2	31.1	9%
123	1,336	60.7	13.9	23%	308A	6,768	307.6	38.0	12%
124	5,715	259.8	32.4	12%	308OF	2,194	99.7	13.9	14%
128	2,648	120.4	11.8	10%	309	1,540	70.0	7.5	11%
133	1,674	76.1	9.4	12%	310	2,887	131.2	12.0	9%
134	535	24.3	4.7	19%	311	4,713	214.2	25.8	12%
135	1,942	88.3	9.9	11%	313	2,406	109.4	12.7	12%
140	2,599	118.1	13.2	11%	314	5,815	264.3	44.0	17%
141	446	20.3	3.5	17%	315	12,255	557.0	39.7	7%
142	6,319	287.2	34.0	12%	316	1,876	85.3	12.0	14%
200	861	39.1	7.6	19%	317	10,737	488.0	50.5	10%
201	6,704	304.7	38.7	13%	318	2,452	111.5	11.0	10%
202	8,138	369.9	50.4	14%	319	4,035	183.4	23.6	13%
204A	4,984	226.5	32.3	14%	320	7,846	356.6	40.7	11%
204B	5,029	228.6	40.1	18%	322	856	38.9	7.5	19%
205	10,369	471.3	44.1	9%	323	4,322	196.5	16.0	8%
206A	5,307	241.2	40.9	17%	325	1,431	65.0	10.9	17%
206B	5,777	262.6	33.8	13%	327	2,831	128.7	22.6	18%
208	1,121	51.0	7.0	14%	330	6,445	293.0	32.4	11%
209	9,197	418.0	38.7	9%	331	6,442	292.8	24.6	8%
210	1,476	67.1	6.3	9%	333	4,733	215.1	20.0	9%
211	4,328	196.7	16.3	8%	334	3,006	136.6	14.2	10%
212	4,851	220.5	32.2	15%	335	4,911	223.2	25.2	11%
214	7,251	329.6	29.7	9%	340A	1,769	80.4	11.0	14%
215	2,894	131.5	13.3	10%	341A	6,641	301.9	26.0	9%
216	2,838	129.0	17.9	14%	341B	5,107	232.1	30.0	13%
219A	2,827	128.5	15.0	12%	342	2,236	101.6	14.7	14%
219B	1,802	81.9	8.7	11%	343	2,478	112.6	17.6	16%
222	3,832	174.2	17.0	10%	344	2,001	91.0	13.9	15%
225	1,257	57.1	10.9	19%	345	2,007	91.2	14.9	16%
230	3,350	152.3	16.8	11%	347	466	21.2	4.6	22%
231	8,136	369.8	42.3	11%	349	2,796	127.1	21.7	17%
232	3,067	139.4	17.9	13%					

Fonte: bilhetagem eletrônica. Elaboração própria.

### 1.3 Insumos: amostra de pares origem-destino

Outro insumo fundamental para gerar a matriz de demanda é a amostra de pares OD por linha que representam a distribuição espacial dos desejos de viagem. Essa amostra de pares OD fornece, para o total de viagens de cada zona de origem, uma medida da proporção das zonas de destino, segundo observado nos dados de bilhetagem. Isso representa o que podemos chamar de a “estrutura” da matriz, isto é, quais os pares origem-destino com maior porcentagem de demanda. O processo de expansão, posteriormente, permitirá transformar essas proporções em valores absolutos de número de viagens entre zonas de forma a representar a demanda média da hora pico em dias úteis.

Para identificação do padrão espacial de deslocamentos da hora pico foram selecionados todos os registros de validações ocorridas entre as 6:00 e as 7:59 da manhã, pois representam o tipo de viagem realizada na hora pico (6:30 a 7:30) com uma margem de incorporação dos deslocamentos pendulares entre as principais atividades atratoras de viagens no período de maior saturação do sistema de transportes e do viário da cidade.

Uma das principais vantagens de utilizar dados de bilhetagem consiste na riqueza e abrangência da amostra, que possibilita um preenchimento muito mais completo e representativo da distribuição espacial dos desejos de viagem do que uma matriz gerada a partir de pesquisas de campo. Para exemplificar essa situação, tomemos o caso deste estudo, com 113 zonas de transporte, o que significa que a matriz origem-destino terá 12.769 células que devem ser preenchidas com a proporção de viagens que se estima que ocorram entre cada um desses pares de zonas. A amostra obtida de entrevistas (sejam domiciliares ou a bordo dos ônibus e em terminais) jamais permitirá preencher completamente essas mais de 12 mil células na proporção que represente de forma realmente fidedigna a distribuição observada.

Para estudos em nível estratégico, a expansão de amostras mais limitadas proporciona uma análise com aproximação suficiente para compreender os grandes fluxos da cidade. Porém para análises de tipo tático-operacional, nos quais a demanda de cada bacia ou conjunto de linhas torna-se mais crítico, são mais sensíveis aos “buracos” de uma matriz gerada com dados obtidos por meio de entrevistas. Já os dados gerados a partir de informações de validação dos bilhetes de transporte coletivo, mesmo que sujeitos a incertezas inerentes ao processamento e tratamento desse tipo de fonte, representam um enorme salto de qualidade em termo de representação da distribuição espacial dos desejos de viagens.

A amostra obtida de um mês completo de dados de bilhetagem oferece um nível de detalhe impossível de conseguir com dados de pesquisas de campo ou mesmo com dados de pesquisas domiciliares. Neste caso, por exemplo, os dados de bilhetagem do mês de outubro possui quase 650 mil registros para viagens das 6:00 às 7:59 em dias úteis, enquanto que no caso da Pesquisa Domiciliar de São José dos Campos de 2011 (cuja amostra segue o tipicamente encontrado nesse tipo de pesquisas) contém um total de 25 mil registros para as viagens em todos os modais no dia inteiro, sendo apenas 4 mil as realizadas entre as 6:00 às 7:59, e, dessas, somente 1 mil em ônibus municipal. Ou seja, a bilhetagem oferece uma amostra mais de 600 vezes a equivalente na OD.

As Pesquisas Domiciliares de Mobilidade, obviamente, possuem uma série de vantagens frente a dados de bilhetagem, enfocadas fundamentalmente a estudos em nível estratégico e de abrangência mais ampla em termos de outros modais de transporte. Entretanto, a consequência das vantagens de disponibilidade de dados de bilhetagem como discutido acima é uma representatividade muito mais precisa da distribuição espacial de origens e destinos para estudos como o presente trabalho, cuja finalidade é a de especificar um sistema no nível tático-operacional. Em outros produtos, com objetivos mais estratégicos, utilizaremos a OD evidentemente.

Para efeitos de geração da demanda do ano base, foram filtrados alguns registros que poderiam potencialmente introduzir viés na matriz origem-destino. Um dos principais foi descartar os registros que apresentavam mais de 3 embarques em uma mesma viagem, pois como sabemos que existem ruídos na base de dados, por menores que sejam, parte dos impactos dos mesmos podem ser evitados, como por exemplo não considerar casos em que aparecem 4 ou mais validações dentro dos 60 minutos de integração, que representam 0,89% da amostra de pares OD.

Outro passo do tratamento da base de dados da amostra de pares OD foi a eliminação de registros que em que o campo zona de destino não foi devidamente preenchido, que consistiram em somente 86 casos do total de 647.164 observações da amostra inicial (0,013%).

Finalmente, foi filtrada também a parcela da base de dados referente ao dia 12 de outubro (4274 registros), que corresponde a um feriado e, portanto, não deve ser utilizada para representar o padrão de deslocamentos dos dias úteis. Juntamente com os registros de sábados e domingos (49.217 observações), foram desconsiderados 53.491 registros de dias não úteis (8,26% da amostra inicial).

## 1.4 Expansão da amostra

A necessidade de realizar a etapa de expansão da amostra decorre do fato de que somente uma parcela dos dados de bilhetagem permitem inferir tanto a origem quanto o destino de uma determinada viagem. Essas observações correspondem à amostra válida de deslocamentos que permitem representar a distribuição espacial de origens e destinos, ou seja, a distribuição das proporções em que cada par OD ocorre.

Essa amostra válida de pares origem-destino está composta pelos registros que permitem a inferência da zona de destino de uma determinada viagem, cuja zona de origem é dada pela localização do ponto de validação registrado na catraca. Conforme explicado no relatório do Produto 2 – parte 2, a zona de destino é inferida a partir de uma validação realizada em outro período do dia pelo mesmo cartão. Esses registros compõem a amostra de viagens a serem expandidas.

Essa amostra deve ser expandida para representar adequadamente o número médio de viagens feitas pelos passageiros de cada linha. A obtenção dos fatores de expansão provém de um cálculo simples a partir do número médio de viagens por linha na hora pico e a amostra correspondente de pares OD, conforme apontado na Equação (1).

Um fato curioso do uso dos dados de bilhetagem é que a relação entre a quantidade de registros da amostra e número de viagens do universo a ser representado apresenta uma proporção muito diferente do que usualmente encontramos em análises baseadas em dados amostrais. Nessas, cada registro da amostra representa tipicamente um número consideravelmente maior de elementos do universo (ou seja, indivíduos da população ou número de viagens de uma determinada demanda), usualmente na ordem de dezenas, centenas ou milhares. Entretanto, neste caso, como a amostra corresponde a viagens realizadas ao longo de duas horas (embarque inicial entre as 6:00 e as 7:59) em 22 dias diferentes (dias úteis do mês de outubro de 2018), o número de registros (aprox. 650 mil) é muito superior ao universo de viagens a ser representado, a demanda da hora pico, que corresponde a um total de 17,8 mil viagens realizadas em média nos dias úteis entre as 6:00 e as 7:59.

Dessa forma, o fator de ponderação médio é igual a 0,03025. Essa propriedade representa uma enorme vantagem para estudos em nível tático operacional, onde a desagregação da representatividade espacial de origens e destinos tem um peso muito maior dado o interesse em analisar a demanda de cada grupo de linhas em cada bacia.

A análise da distribuição dos fatores de ponderação de cada linha mostra que essa “abundância” de dados (tanto da amostra a ser expandida quanto das médias confiáveis do total de viagens de cada linha na hora pico) resulta em uma valiosa

redução das incertezas, evitando também assim o surgimento de *outliers* que criem viés nos produtos gerados, como carregamentos ou número exagerado de origens ou destinos em zonas onde isso não deveria ocorrer devido à sobre representação por sub amostragem.

A Tabela 3 mostra a distribuição dos fatores de ponderação de cada linha para a hora pico em função de faixas em valores absolutos quanto pela sua respectiva relação com o fator médio. Os resultados obtidos mostram uma distribuição bem concentrada em torno do fator de ponderação médio:

- 67% dos fatores com menos de 10% de diferença do fator de ponderação médio;
- 85% dos fatores com menos de 20% de diferença do fator de ponderação médio;
- Somente 4% das linhas com fator de ponderação superior a 50% do fator de ponderação médio, sendo que mesmo assim nenhuma linha chega a ter fator que alcance o dobro do fator de ponderação médio;
- Nenhuma linha com fator de ponderação de menos da metade do fator de ponderação médio.

Esse resultado confirma a vantagem descrita acima de contribuir ainda mais para minimizar a ocorrência de pares origem-destino super-representados, evitando assim situações de observações atípicas que quando expandidas geram desejos de viagem enviesados na matriz de demanda.

Finalmente, o número de viagens em transporte coletivo entre cada par de zonas na hora pico é estimado pela soma do produto da amostra de cada par OD de cada linha pelo respectivo fator de ponderação da linha, conforme definido na Equação 2. O resultado é o conjunto completo de número de viagens entre cada zona de origem para cada zona de destino, compondo assim a matriz de demanda da hora pico.

**Tabela 3: Distribuição dos fatores de ponderação por linha**

Faixa (fexp abs.)	Faixa (% fexp médio)	Porcentagem de ocorrências
0 - 0.003	Até 10%	0%
0.003 - 0.006	10% - 20%	0%
0.006 - 0.009	20% - 30%	0%
0.009 - 0.012	30% - 40%	0%
0.012 - 0.015	40% - 50%	0%
0.015 - 0.018	50% - 60%	2%
0.018 - 0.021	60% - 70%	2%
0.021 - 0.024	70% - 80%	1%
0.024 - 0.027	80% - 90%	11%
0.027 - 0.03	90% - 100%	34%
0.03 - 0.033	100% - 110%	33%
0.033 - 0.036	110% - 120%	7%
0.036 - 0.039	120% - 130%	2%
0.039 - 0.042	130% - 140%	3%
0.042 - 0.045	140% - 150%	0%
0.045 - 0.048	150% - 160%	3%
0.048 - 0.051	160% - 170%	0%
0.051 - 0.054	170% - 180%	0%
0.054 - 0.057	180% - 190%	1%
0.057 - 0.06	Acima de 190%	0%

Fonte: bilhetagem eletrônica. Elaboração própria.

## 1.5 Resultados

A Tabela 4 mostra o número de viagens na hora pico entre cada par de regiões. Enquanto as regiões Sul e Leste apresentam os dois maiores totais de origens em termos absolutos (aprox. 5 mil cada uma), conforme esperado dado que são os dois principais concentradores de população da cidade, o Centro, tal como previsível, é destacadamente a região com maior número de destinos, com 7 mil viagens, recebendo, sozinha, 40% de toda a demanda da hora pico. Em outras palavras, temos o Sul e o Leste como “cidade dormitório” e o centro como o grande concentrador de emprego. Esse padrão espacial é um desafio para o transporte pois exige uma grande infraestrutura no sentido bairro-centro no pico da manhã e no sentido centro-bairro no pico da tarde que ficam ociosas nos demais períodos.

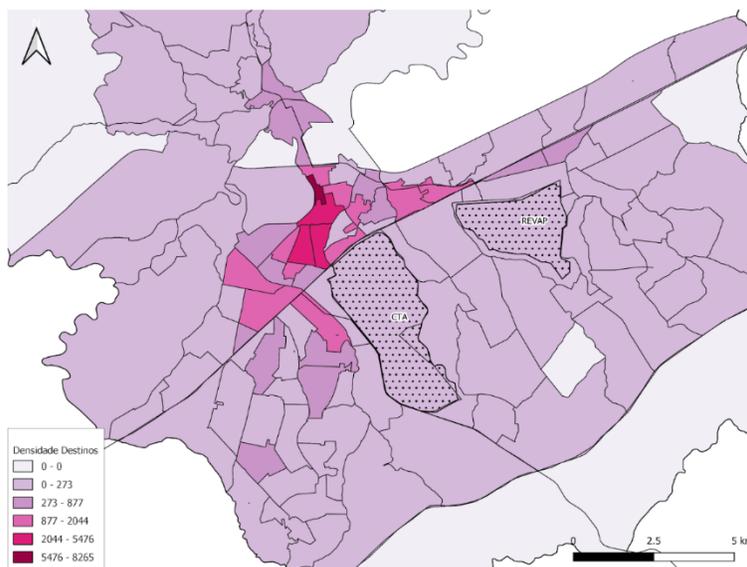
Entretanto, para além desse padrão, que corrobora o comportamento esperável, é interessante notar que as regiões Sul e Leste também possuem um número elevado de viagens internas, isto é, deslocamentos cuja origem e destino localizam-se ambos dentro da própria região. A grande extensão desses perímetros, evidentemente, contribui para que isso ocorra, mas a grande concentração de viagens internas também é um sinal de que há centralidades consideráveis que atraem destinos por transporte público, como empregos, comércio, serviços, estabelecimentos de ensino, entre outros. Esse fato representa uma oportunidade para as políticas públicas de transporte nem sempre encontrado em outras regiões.

**Tabela 4: Matriz origem-destino da hora pico por região**

Região	Centro	Norte	Oeste	Sul	Sudeste	Leste	Total Origens
Centro	1122	167	406	496	83	363	2637
Norte	1007	659	304	329	24	118	2441
Oeste	178	21	266	112	6	37	620
Sul	1798	115	801	2256	54	226	5251
Sudeste	730	46	188	274	331	94	1662
Leste	2183	105	518	510	42	1832	5190
<b>Total Destinos</b>	<b>7017</b>	<b>1113</b>	<b>2483</b>	<b>3976</b>	<b>540</b>	<b>2671</b>	<b>17800</b>

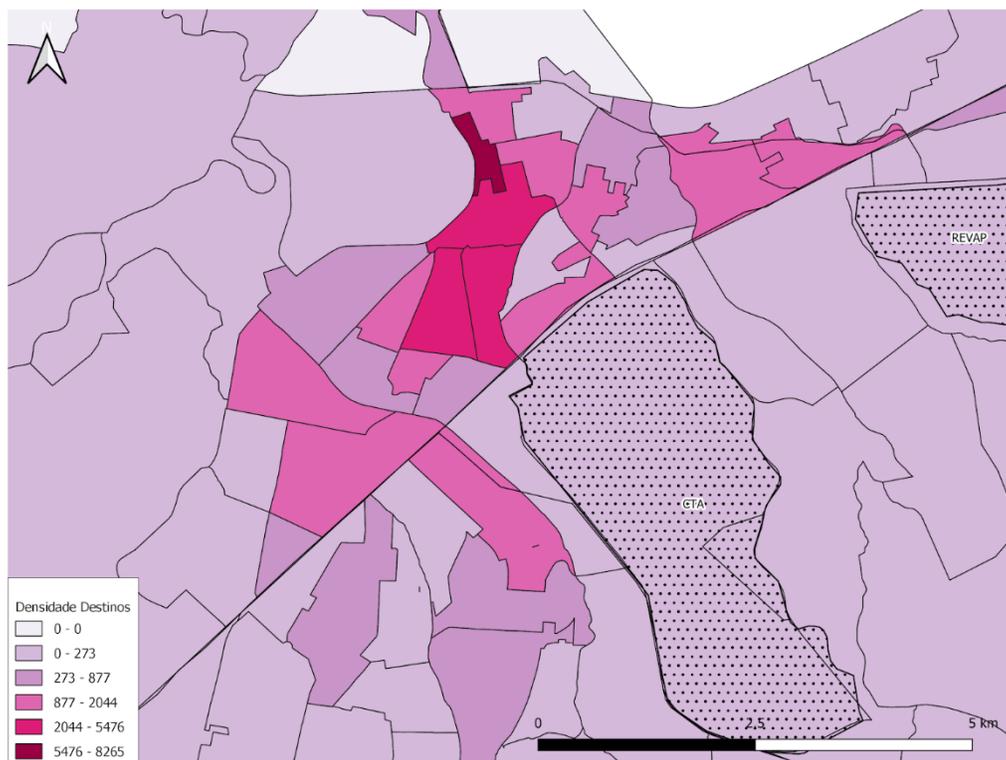
Fonte: bilhetagem eletrônica. Elaboração própria.

As Figuras 2, 3 e 4 permitem identificar visualmente a distribuição espacial das viagens em transporte público no pico manhã em São José dos Campos. No mapa apresentado nas Figuras 2 e 3, que ilustram a densidade de destinos, destacam-se as zonas do Centro, maior concentrador de empregos, comércio e serviços da cidade, mas também aparecem algumas centralidades secundárias, como os entornos da Avenida Andrômeda próximo à Via Dutra, da Av. Pres. Juscelino Kubitschek e do Jardim Aquarius.



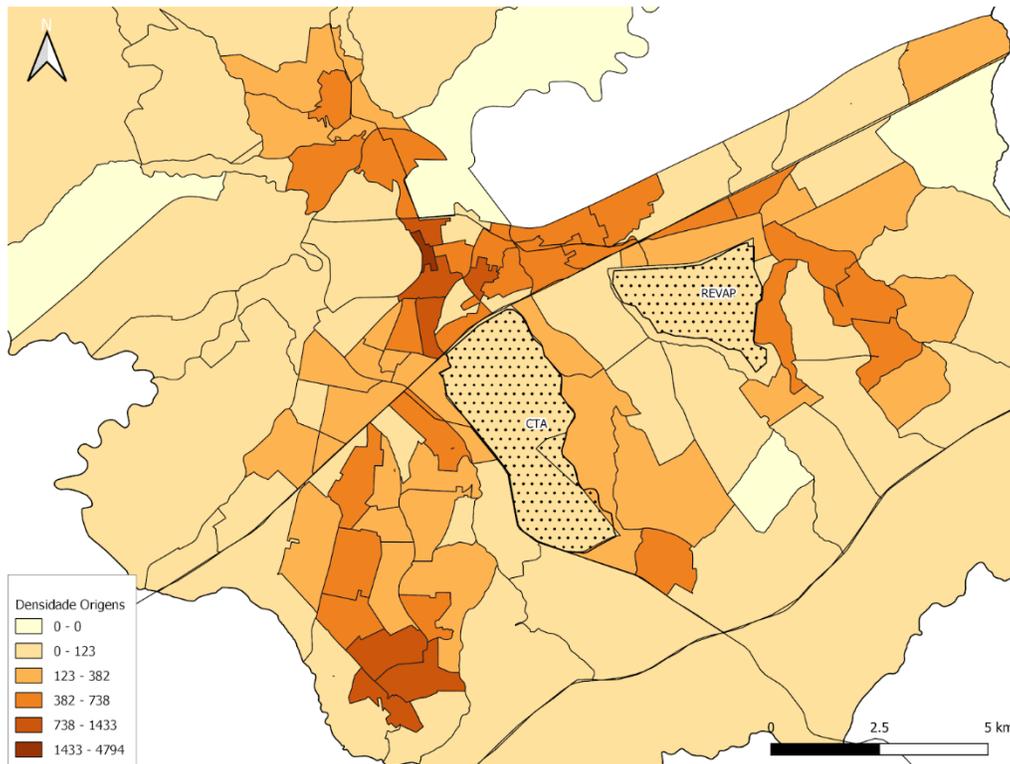
**Figura 2: Densidade de viagens por zona de destino**

Fonte: Processamento próprio a partir dos dados de bilhetagem; elaboração próprias



**Figura 3: Densidade de viagens por zona de destino - foco na região central**

Fonte: Processamento próprio a partir dos dados de bilhetagem; elaboração próprias



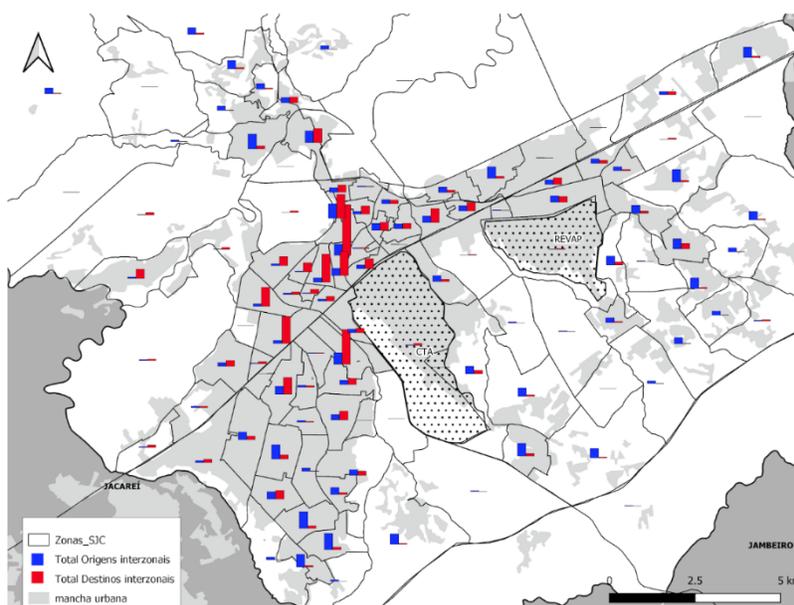
**Figura 4: Densidade de viagens por zona de origem**

Fonte e elaboração próprias

Já na Figura 4, que ilustra a densidade de origens, sobressaem áreas mais periféricas, como as zonas do entorno da Av. Pres. Tancredo Neves e da Estrada Dom José Antônio do Couto na região Leste, da Av. dos Astronautas na região Sudeste e principalmente as da região Sul, com maior destaque para aquelas no extremo sul. Também há densidade considerável de origens próximas à Av. Pres. Juscelino Kubitschek, em zonas da região Norte, bem como uma forte concentração de origens também no Centro.

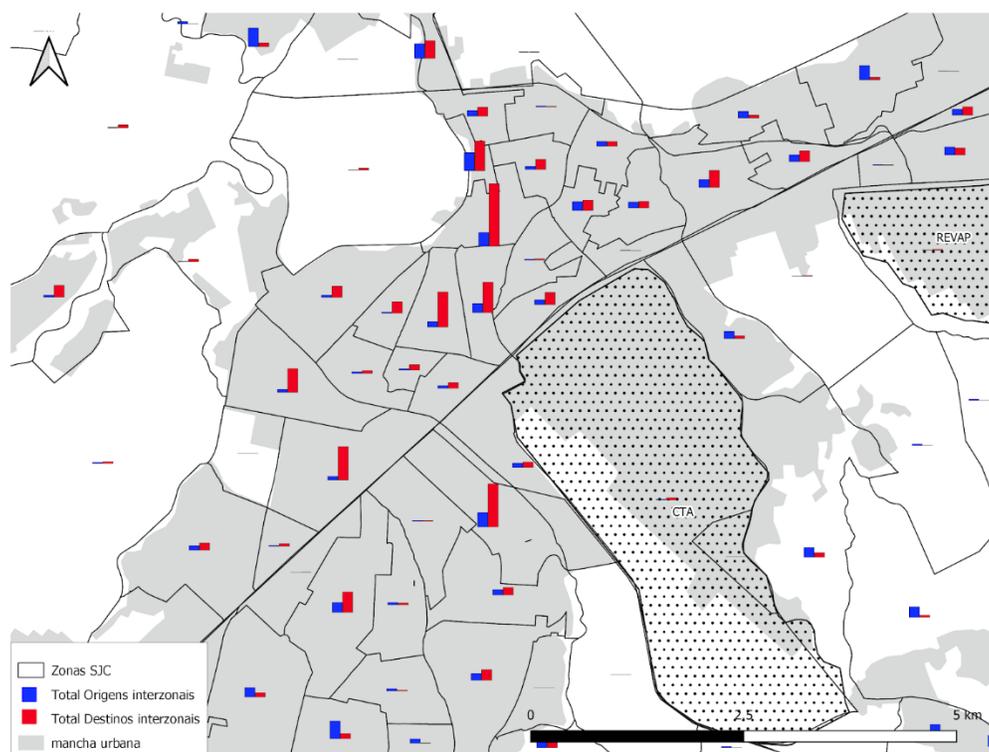
Possíveis explicações para a concentração de viagens com origem na zona Central podem ser: pessoas que chegam a partir de outro modo (inclusive pelo sistema alternativo) no Terminal Central e lá embarcam no sistema de transporte público; pessoas que chegam de ônibus, fazem alguma atividade de mais de 60 minutos e depois embarcam de novo em outro ônibus; e, por fim, o fato de que a área da zona central é muito pequena, inflando a densidade de viagens.

Os mapas das Figuras 5 e 6 permitem ver os números absolutos de viagens (origens e destinos simultaneamente), e não por densidade.



**Figura 5: Número total de viagens com origem e com destino por zona**

Fonte e elaboração próprias



**Figura 6: Número total de viagens com origem e com destino por zona - foco na região central**

Fonte e elaboração próprias

Para o relatório avançado da simulação (produto P5) serão executados processamentos adicionais das bases de dados de bilhetagem que poderão proporcionar refinamento nos insumos para gerar a matriz origem-destino. Será realizada a desambiguação das validações em função do sentido da viagem. A obtenção de tempos de viagem servirá para inferir a hora de fim das viagens da amostra de pares OD, abrindo margem para avaliar a pertinência de incorporar estimação de probabilidades de ocorrência das viagens na hora de análise e introduzir essa dimensão no cálculo dos fatores de ponderação. Finalmente, as seguintes etapas de trabalho também permitirão identificar possíveis inconsistências observadas a partir do carregamento da matriz na rede de oferta e do modelo de demanda para projeção de horizontes futuros.

## 2. Rede de transporte público

O modelo de oferta de transporte público foi desenvolvido a partir da rede existente na SEMOB, desenvolvida dentro do escopo do Plano Diretor de Mobilidade Urbana de São José dos Campos – PlanMob, de 2015.

Foram identificadas complementações pontuais no sistema viário, descritas no Relatório do Produto 2 – Parte 2, a maior parte afetando o sistema local não impactando na operação do sistema de ônibus. Estas implementações foram identificadas e serão incluídas no modelo de oferta definitivo.

As maiores alterações dizem respeito a:

- A atualização completa das linhas de ônibus, que foram cadastradas novamente com base nas informações do arquivo GTFS de outubro de 2018, fornecido pela contratante. Dali foram obtidas não só os itinerários das linhas em operação como também as frequências programadas, e;
- A substituição do zoneamento de tráfego utilizado no Plamob, com 159 zonas de tráfego - incluindo zonas externas ao município - pelo zoneamento com 113 zonas que serviu de base à consolidação das variáveis socioeconômicas explicativas, tanto no ajuste para o ano base de 2018 quanto para as projeções em cenários futuros.

Foi utilizado o programa EMME<sup>1</sup> para a realização de todo o processo de modelagem. Esta opção se deveu à flexibilidade do programa no que tange à representação de modelos tarifários e de integração intermodal, da facilidade na aplicação de algoritmos de ajuste de demanda com base em contagens de embarques e/ou carregamentos de corredores além da funcionalidade de alocação com restrição de capacidade para transporte público, metodologia que apresenta excelentes resultados em se tratando da análise de sistemas de transporte com alta capilaridade, como é o caso do sistema por ônibus.

No processo de ajuste da rede de transporte fornecida pela contratante, foram eliminados uma série de elementos - nós e links - antes utilizados para representar links de acesso e transferência gratuita entre linhas do sistema municipal de ônibus; o programa EMME apresenta funcionalidades que dispensam a utilização de estruturas virtuais para permitir transferências livres entre linhas, recurso conhecido como *journey levels*, através do qual é possível estabelecer penalidades e impedâncias aplicadas em tipos específicos de transferência intermodal.

<sup>1</sup> <https://www.inrosoft.com/en/products/emme/> (acesso em 29/07/2019)

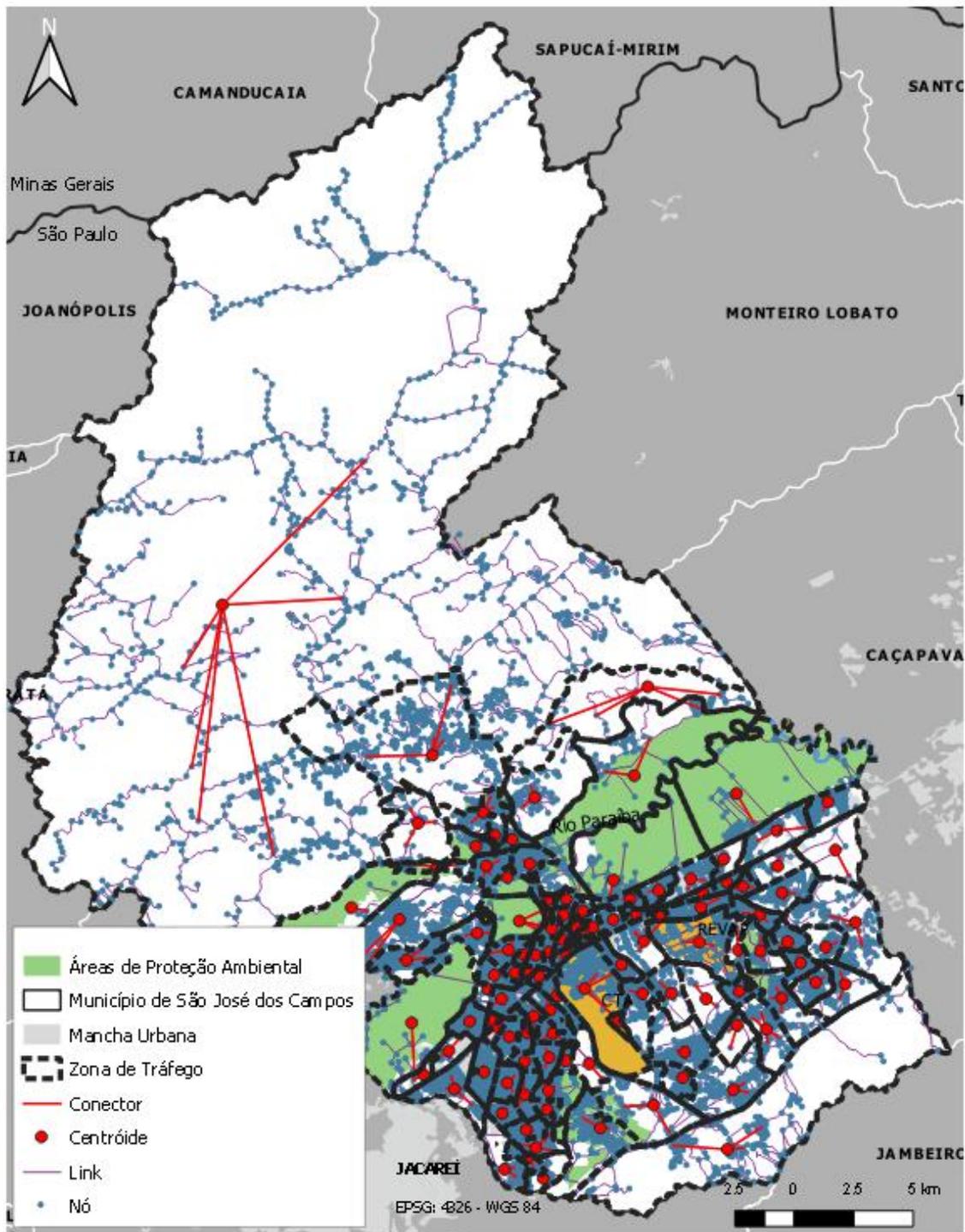
A Tabela 5 compara a quantidade de elementos existentes na rede original e na rede consolidada.

**Tabela 5: Comparação entre as características do sistema - PlanMob vs. o que será utilizado**

<b>Elementos</b>	<b>Rede Plamob</b>	<b>Rede Consolidada</b>
Centroides	159	113
Nós	20.083	18.327
Links	48.262	43.591
Rotas TC	462	278

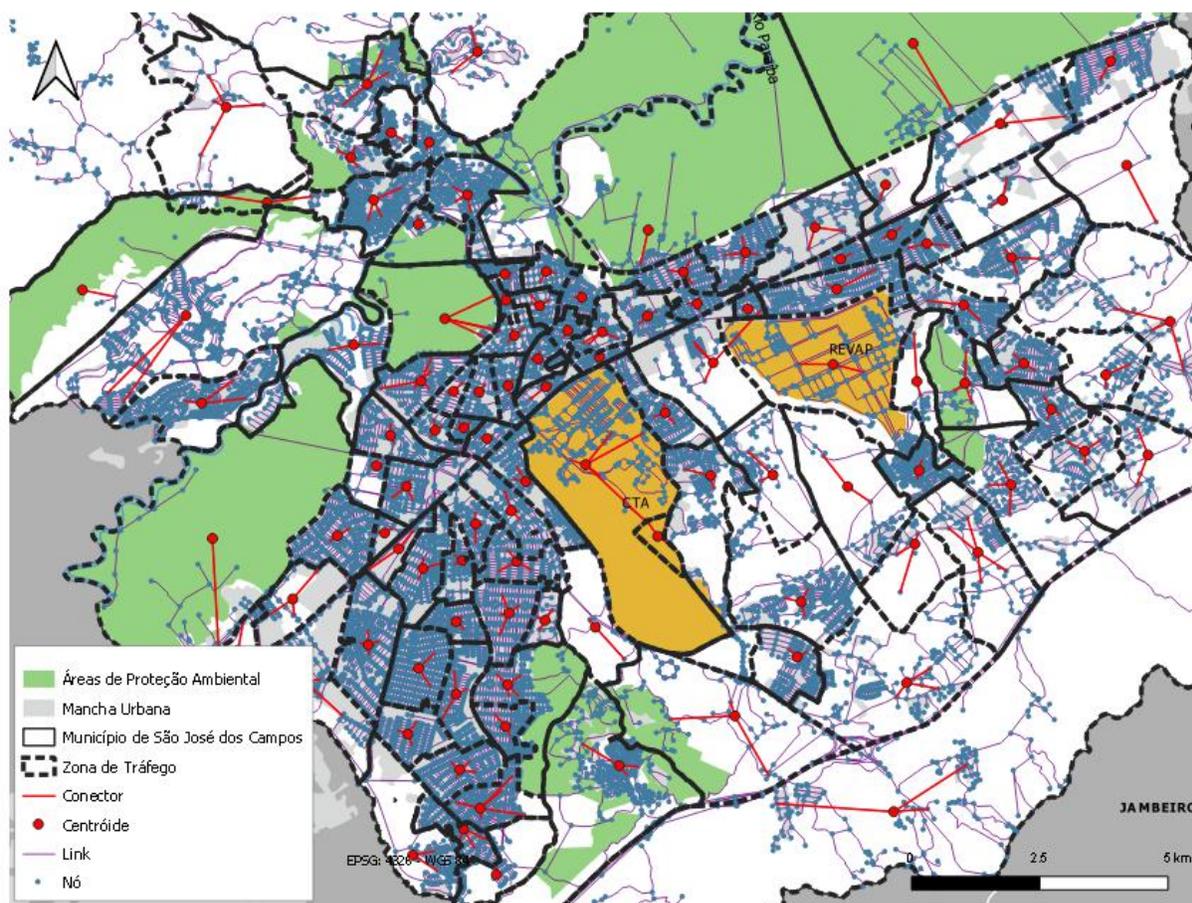
Fonte e elaboração próprias.

As figuras 7 e 8 mostram a rede de transportes consolidada, com o limite das zonas de tráfego e a distinção entre nós viários, centroides, links viários e conectores - links que representam o acesso de cada origem ou destino ao sistema de transportes.



**Figura 7: Modelo do EMME**

Fonte e elaboração próprias.



**Figura 8: Modelo do EMME (mancha urbana)**

Fonte e elaboração próprias.

As tabelas a seguir apresentam o layout dos arquivos de rede; nós, segmentos viários e linhas de transporte coletivo.

**Tabela 6: Conteúdo do arquivo EMME, variáveis de nós**

ID	ui1	ui2	ui3	CENTROIDE
109	0	0	0	1
110	0	0	0	1
111	0	0	0	1
112	0	0	0	1
113	0	0	0	1
114	0	0	0	1
115	0	0	0	1
116	0	0	0	1
118	0	0	0	0
119	0	0	0	0
120	0	0	0	0
121	0	0	0	0
122	0	0	0	0
123	0	0	0	0
124	0	0	0	0
125	0	0	0	0
126	0	0	0	0
127	0	0	0	0
128	0	0	0	0
129	0	0	0	0

Fonte e elaboração próprias.

**Tabela 7: Conteúdo do arquivo EMME, variáveis de links**

ID	EXTENSÃO KM	TIPO	MODO	Nº FAIXAS	FUNÇÃO VDF	ui1	ui2	ui3
1014-1013	0.13	99	p	1	99	0	0	0
10130-15112	0.01	99	p	1	99	0	0	0
1013-1015	0.19	99	p	1	99	0	0	0
1013-1014	0.13	99	p	1	99	0	0	0
1002-2047	0.08	99	p	1	99	0	0	0
1000-996	0.08	99	p	1	99	0	0	0
9999-9998	0.59	53	cbp	1	53	0	315	20
9999-20504	0.08	53	cbp	1	53	0	315	20
9999-10001	0.21	34	cbp	1	34	0	833	45
9999-10000	0.32	34	cbp	1	34	0	833	45
9998-9999	0.59	53	cbp	1	53	0	315	20
9998-4915	0.03	53	cbp	1	53	0	315	20
9998-10000	0.02	53	cbp	1	53	0	315	20
9997-6696	0.04	53	cbp	1	53	0	315	20
9996-9995	0.07	53	cbp	1	53	0	315	20
9996-13193	0.12	53	cbp	1	53	0	315	20
9996-13192	0.1	53	cbp	1	53	0	315	20
9995-9996	0.07	53	cbp	1	53	0	315	20
9995-8279	0.29	44	cbp	1	44	0	448	35
9995-20495	0.2	44	cbp	1	44	0	448	35
9994-2256	0.32	53	cbp	1	53	0	315	20
9994-12329	0.23	53	cbp	1	53	0	315	20
9994-11509	0.15	53	cbp	1	53	0	315	20

Fonte e elaboração próprias.

**Tabela 8: Conteúdo do arquivo EMME, variáveis de rotas**

LINHA	LETREIRO	MODO	VEÍCULO	INTERVALO (MIN)	ut1	ut2	ut3
1012_0	REPRESA / TERMINAL CENTRAL	b	1	100	1	0	0
1021_0	ALIMENTADORA JAGUARI / VILA DIRCE	b	1	100	1	0	0
1021_1	ALIMENTADORA JAGUARI / VILA DIRCE	b	1	100	1	0	0
1024_0	ALIMENTADORA JAGUARI / VILA DIRCE	b	1	50	1	0	0
1024_1	ALIMENTADORA JAGUARI / VILA DIRCE	b	1	100	1	0	0
1031_1	COSTINHA / TERMINAL CENTRAL	b	1	100	1	0	0
1034_1	COSTINHA / TERMINAL CENTRAL	b	1	33	1	0	0
1036_1	COSTINHA / TERMINAL CENTRAL	b	1	100	1	0	0
1041_1	ALIMENTADORA VARGEM GRANDE / ALTO DA PONTE	b	1	100	1	0	0
1052_1	BAIRRO DOS FREITAS / via ENG. FRANCISCO J. LONGO	b	1	50	1	0	0
1053_0	BAIRRO DOS FREITAS / via ENG. FRANCISCO J. LONGO	b	1	17	1	0	0
1053_1	BAIRRO DOS FREITAS / via ENG. FRANCISCO J. LONGO	b	1	20	1	0	0
1073_0	BAIRRO DOS FREITAS / via ENG. FRANCISCO J. LONGO	b	1	14	1	0	0
1073_1	BAIRRO DOS FREITAS / via ENG. FRANCISCO J. LONGO	b	1	10	1	0	0
1074_0	BAIRRO DOS FREITAS / via ENG. FRANCISCO J. LONGO	b	1	50	1	0	0
1074_1	BAIRRO DOS FREITAS / via ENG. FRANCISCO J. LONGO	b	1	33	1	0	0
1075_1	BAIRRO DOS FREITAS / via ENG. FRANCISCO J. LONGO	b	1	100	1	0	0

Fonte e elaboração próprias.

O cadastramento das linhas de ônibus em operação no município foi realizado a partir das informações do arquivo GTFS, fornecido pela SEMOB. O arquivo original apresentava 472 rotas, divididas em sentidos e atendimentos que funcionam em determinados períodos horários.

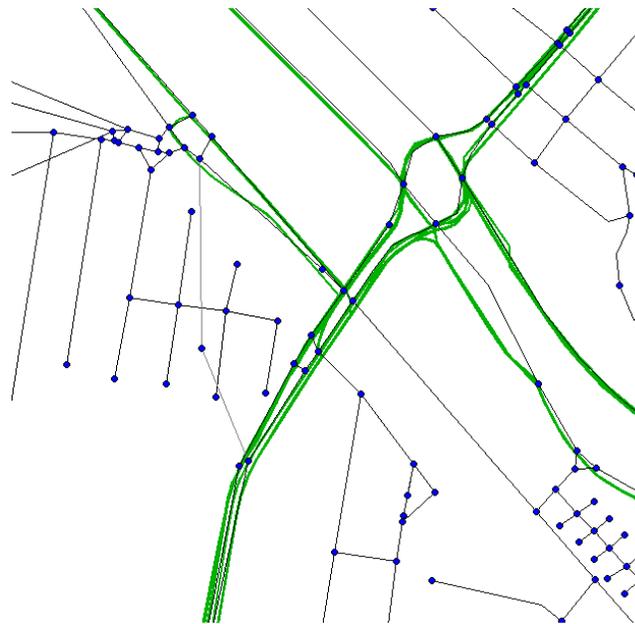
Após a desambiguação das rotas, conforme detalhado na seção sobre GTFS do Relatório do Produto 2 – Parte 2, foram selecionadas apenas aquelas que apresentavam frequência no período entre 6h e 8h; assim, do total de 472 rotas, foram cadastradas apenas 278 rotas. Como a modelagem de oferta é sempre realizada no período de pico, onde existe a maior solicitação do sistema, não faria sentido incluir serviços que operam fora deste período.

Nos modelos de oferta, em especial no programa EMME, uma linha de transporte coletivo é representada como uma sequência de segmentos viários, acrescidas as informações de oferta - identificador da linha, tipo de veículo, intervalo de operação, tarifa entre outras variáveis. Dada a sequência de segmentos viários utilizada por uma linha é produzida uma sequência de segmentos de transporte coletivo, ou seja, a representação matemática de uma linha de transporte coletivo.

O cadastramento foi realizado através de uma funcionalidade do EMME, que permite a partir de arquivos GTFS ou ESRI Shape a importação do itinerário das rotas, ajustando o traçado de cada poli-linha que representa um serviço à base de links e nós da rede viária, que neste caso serve também como base do sistema de transportes públicos.

Este processo é realizado por operadores geográficos, através da sobreposição de um *buffer* da linha sobre o arquivo de nós da rede viária. Selecionados os nós contidos no *buffer* e identificado o nó inicial, ou seja, aquele nó selecionado na posição geográfica mais próxima ao ponto inicial do vetor da poli-linha, são selecionados os links que permitem a conexão entre os nós selecionados através de um algoritmo interno de caminho mínimo, baseado na distância entre os nós sequencialmente selecionados.

Ocorre que dada a diferença existente entre o traçado das linhas obtido a partir de registros de GPS (método utilizado na produção do GTFS) e a posição geográfica dos nós da rede, muitas vezes as linhas cadastradas com esta funcionalidade apresentam diferenças importantes com o itinerário percorrido na prática. A figura a seguir mostra a imprecisão do desenho obtido a partir do GTFS - no caso, em formato ESRI Shape - decorrente dos desvios naturais dos registros de GPS, para cada veículo em operação em linhas e datas diferentes.

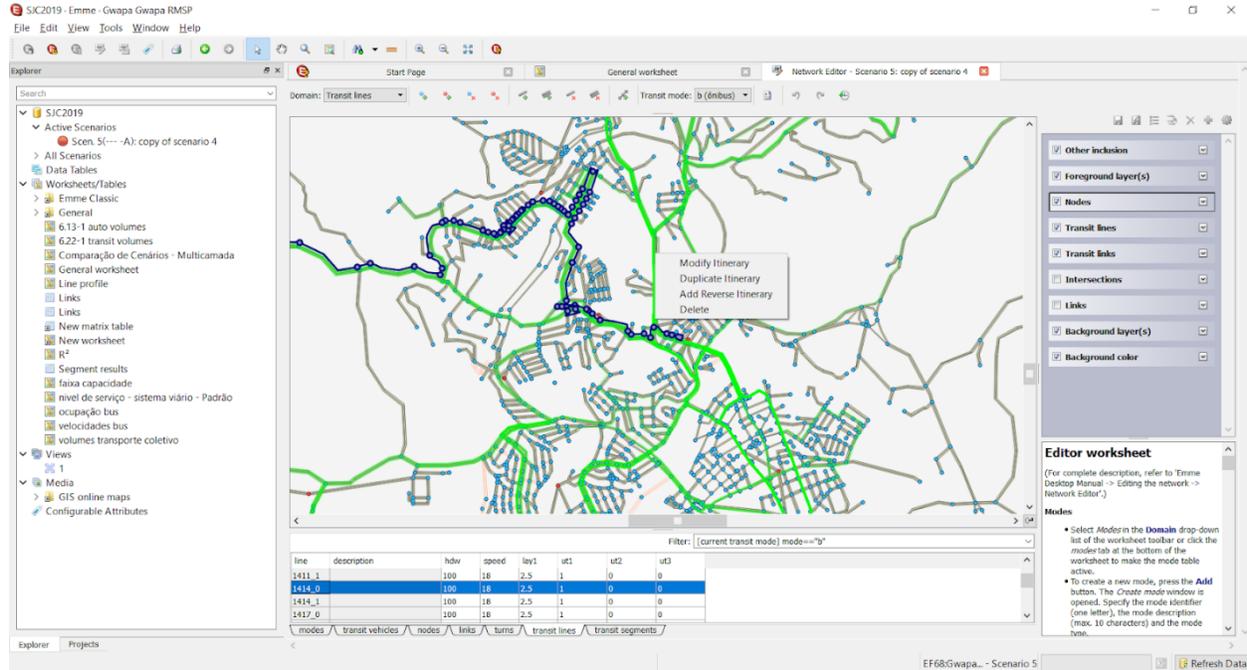


**Figura 9: Detalhe da variação entre diferentes rotas, destacadas na cor verde, que utilizam o mesmo trecho do sistema viário**

Fonte e elaboração próprias.

Assim, apesar da maior parte do processo de automatização apresentar bom resultado, é sempre necessário proceder uma revisão de todas as rotas traçadas. Com isso é possível corrigir erros de registro e, algumas vezes, incluir rotas não cadastradas, por dificuldade na aplicação dos algoritmos de caminho mínimo entre nós selecionados.

A alternativa nestes casos é a edição direta do banco de dados do modelo, através do módulo de edição da base de linhas - *Network Editor* - de forma a ajustar o itinerário cadastrado segundo a base de dados do GTFS.



**Figura 10: Tela de edição da base de linhas, programa EMME**

Fonte e elaboração próprias.

As informações obtidas a partir do GTFS, que representam as características programadas do serviço, servirão futuramente como base de comparação do processamento dos registros do AVL, possibilitando a comparação entre os serviços programados e os serviços efetivamente realizados.

Através desta comparação será não só possível avaliar a qualidade da oferta como também refinar o processo de calibração dos resultados simulados pelo modelo matemático, abarcando não apenas informações de validação dos cartões e carregamento das linhas como também tempos de percurso, velocidades operacionais, índices de lotação e regularidade na realização de partidas.

Finalizado o cadastramento das rotas, foram incorporados os parâmetros de tarifa e impedância de alocação, através da representação do custo das tarifas, tempos de transferência, valores de ponderação do tempo dos usuários. Foram ainda codificados os parâmetros de integração do sistema, permitindo a utilização de mais de uma linha através da cobrança de uma única tarifa.

Na base viária, foram mantidas todas as características funcionais utilizadas na etapa de modelagem do Plamob. Do ponto de vista das características físico funcionais do sistema viário, não houve modificações no viário estrutural, conforme detalhado no Relatório do Produto 2 – Parte 2, que justificassem a atualização ou alteração neste conjunto de variáveis - basicamente função da via, capacidade nominal e velocidades em fluxo livre. Ademais, a metodologia adotada não exige a simulação de tráfego geral, posto que não serão desenvolvidos modelos de alocação tradicionais em 4 etapas.

Por outro lado, a velocidade operacional dos ônibus é um importante atributo para o modelo, devendo, portanto, passar por uma revisão mais detalhada. A primeira alternativa foi obter esta variável a partir dos registros do arquivo GTFS, que apresentam o tempo de percurso de cada rota entre pontos de parada, ao longo do período de operação. Constatou-se, entretanto, que estes tempos de deslocamento foram calculados com base em uma velocidade constante de 15 km/h, para todos os trechos de todas as rotas, independente da área, do tipo de via ou do período operacional.

A apuração destes tempos de deslocamento entre pontos e conseqüentemente, da velocidade operacional detalhada dos veículos por região da cidade será obtido através do processamento dos registros do AVL, possibilitando a determinação da velocidade praticada. Este procedimento não foi realizado nesta etapa devido uma série de problemas com os dados disponibilizados, conforme explicado na seção sobre AVL do Relatório do Produto 2 – Parte 2. Dessa forma, adotou-se o valor de velocidade dos veículos como sendo o da rede de simulação do PlanMob, que foi calculado com uma pesquisa de velocidade e retardamento, a partir da coleta de dados de GPS com pesquisadores embarcados nos veículos. Nos refinamentos que serão apresentados no Produto 5 será levada em conta a velocidade estimada a partir do AVL.

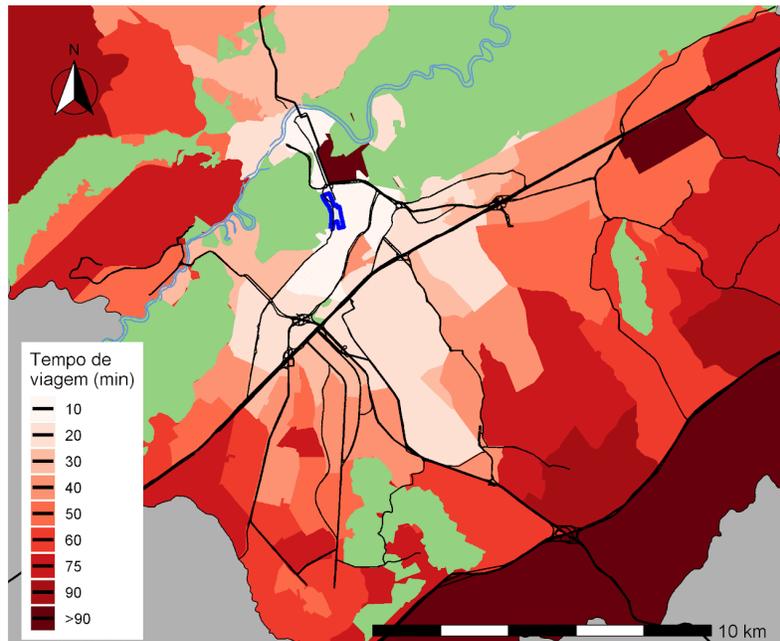
Finalizado o processo de atualização e consolidação da rede, foram realizadas as alocações e realizadas as primeiras calibrações, descritas a seguir.

## **2.1 Resultados da Alocação**

### **2.1.1 Análise de tempos de viagem através de isócronas**

Para avaliar a cobertura espacial da rede de transporte público, os tempos de viagens entre zonas de tráfego são importantes indicativos da qualidade do serviço nas diferentes áreas. Uma forma de visualizar esses dados de tempos são as isócronas, que mostram áreas com igual tempo de viagem para (ou a partir de) um ponto.

A Figura 11 mostra o tempo de viagem necessário para se chegar à zona central da cidade, expondo que grande parte das Macrozonas Leste e Sudeste estão a mais de 1h do Centro.



**Figura 11: Isócronas para acesso à zona 93**

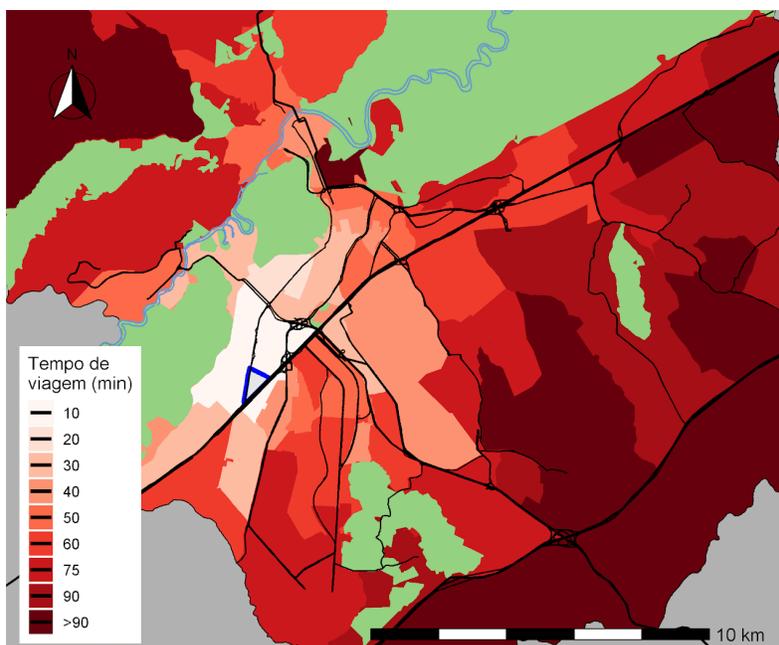
Fonte e elaboração próprias.

Merecem ser feitas algumas ressalvas sobre os resultados preliminares de tempo de viagem entre as zonas adotadas até o momento:

- O Parque da Cidade está numa zona com característica muito diferente, demandando uma zona própria para representar adequadamente seu comportamento.
- O tempo alto para acesso a partir do Parque Tecnológico indica que talvez os conectores estejam mal ligados à rede.
- O tempo baixo de acesso a partir do CTA indica que talvez os conectores estejam ligados de forma a subestimar as dificuldades com entrada e saída controlada. Talvez seja necessário também dividir a zona.
- Há uma área de expansão da região da Urbanova não representada adequadamente pelo zoneamento existente.

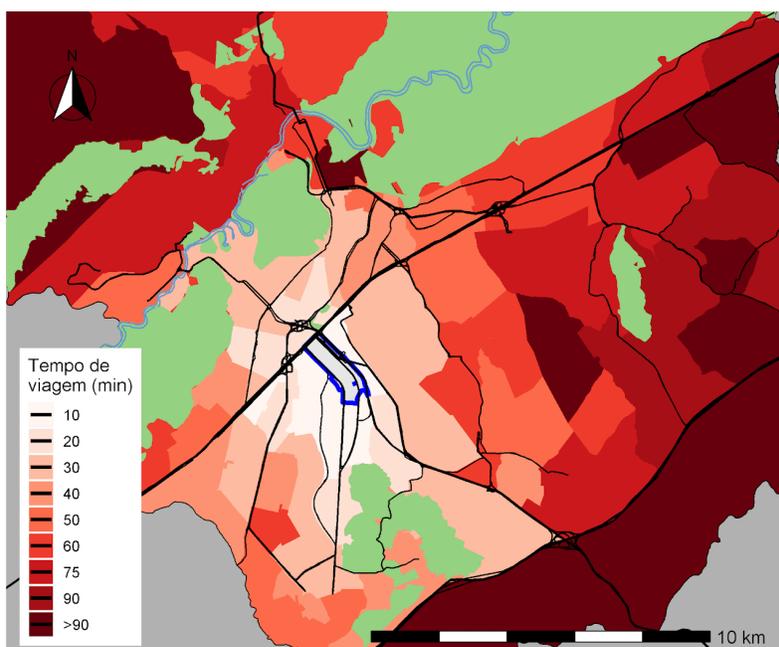
As próximas figuras mostram o tempo de acesso às outras zonas consideradas como Centralidade Metropolitana do Eixo Dutra no Plano Diretor, sendo claro como a cobertura oferecida é mais restrita para essas áreas. Para a zona 19, destaca-se ainda

o grande papel de barreira que a Dutra desempenha, com uma grande diferença de tempo entre zonas vizinhas separadas pela Rodovia.



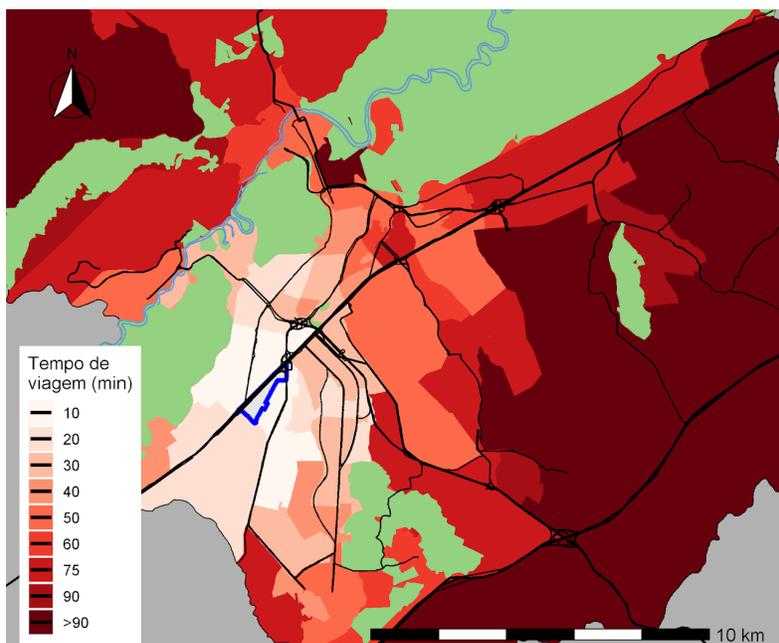
**Figura 12: Isócronas para acesso à zona 19**

Fonte e elaboração próprias.



**Figura 13: Isócronas para acesso à zona 51**

Fonte e elaboração próprias.



**Figura 14: Isócronas para acesso à zona 62**

Fonte e elaboração próprias.

### 2.1.2 Acessibilidade a oportunidades de emprego

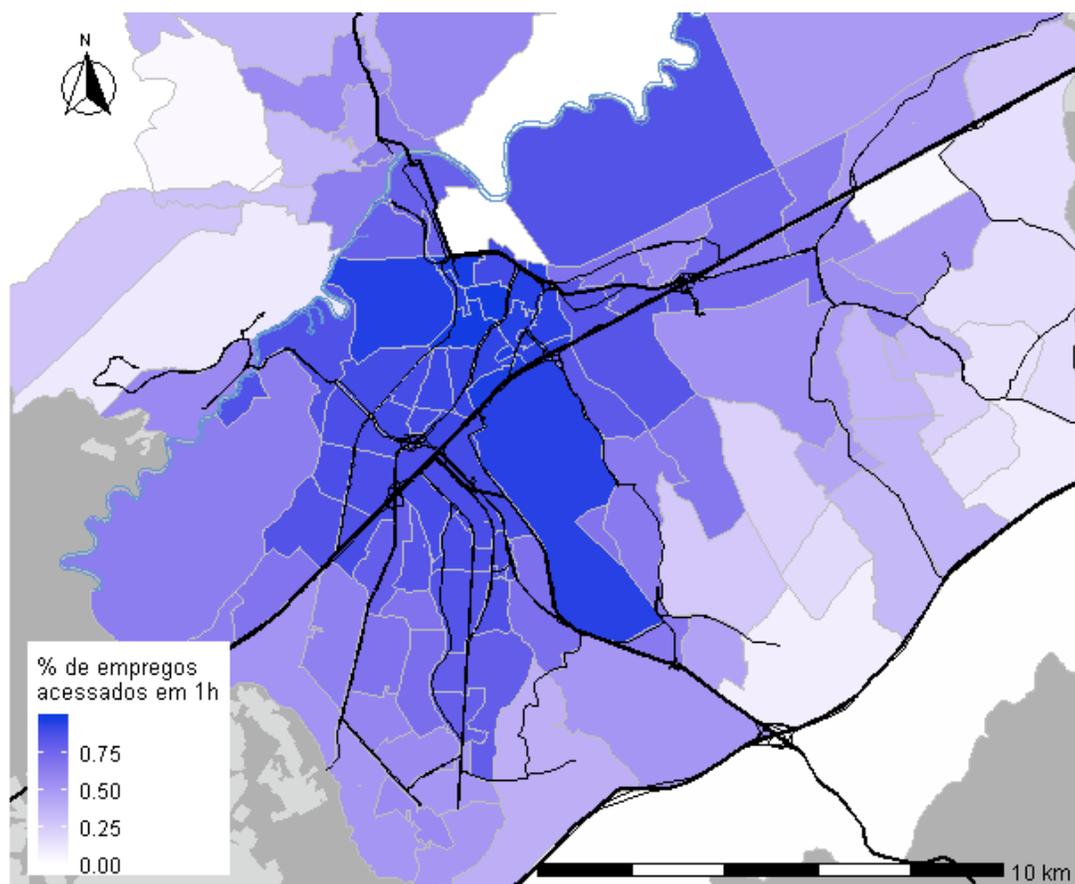
O transporte serve às pessoas não como um fim em si, mas propiciando acesso às oportunidades desejadas. Assim, a acessibilidade de uma região pode ser medida pela quantidade de oportunidades disponíveis a uma dada distância. Sendo assim, a proporção de empregos ou escolas acessíveis em um determinado intervalo de tempo é uma medida que permite avaliar a facilidade de acesso devido tanto ao transporte quanto à localização das oportunidades.

A avaliação do sistema de transporte público começa então pela acessibilidade que o sistema proporciona para empregos e matrículas de ensino, através do indicador de oportunidades acumuladas, que mede o número de oportunidades acessadas em um determinado intervalo de tempo a partir da região avaliada. Para tal, foi utilizado os tempos de viagens entre todas as zonas, resultado da alocação do transporte coletivo, utilizando como medidas de acessibilidade foram feitas para  $t = 1h$  e  $t = 30min$ . Ressalta-se que o tempo mostrado corresponde à soma do tempo de espera com o tempo de percurso.

Para avaliar a acessibilidade a empregos foram utilizados os valores projetados para 2018, como explicado no capítulo sobre Demanda – matriz do ano base, do Relatório

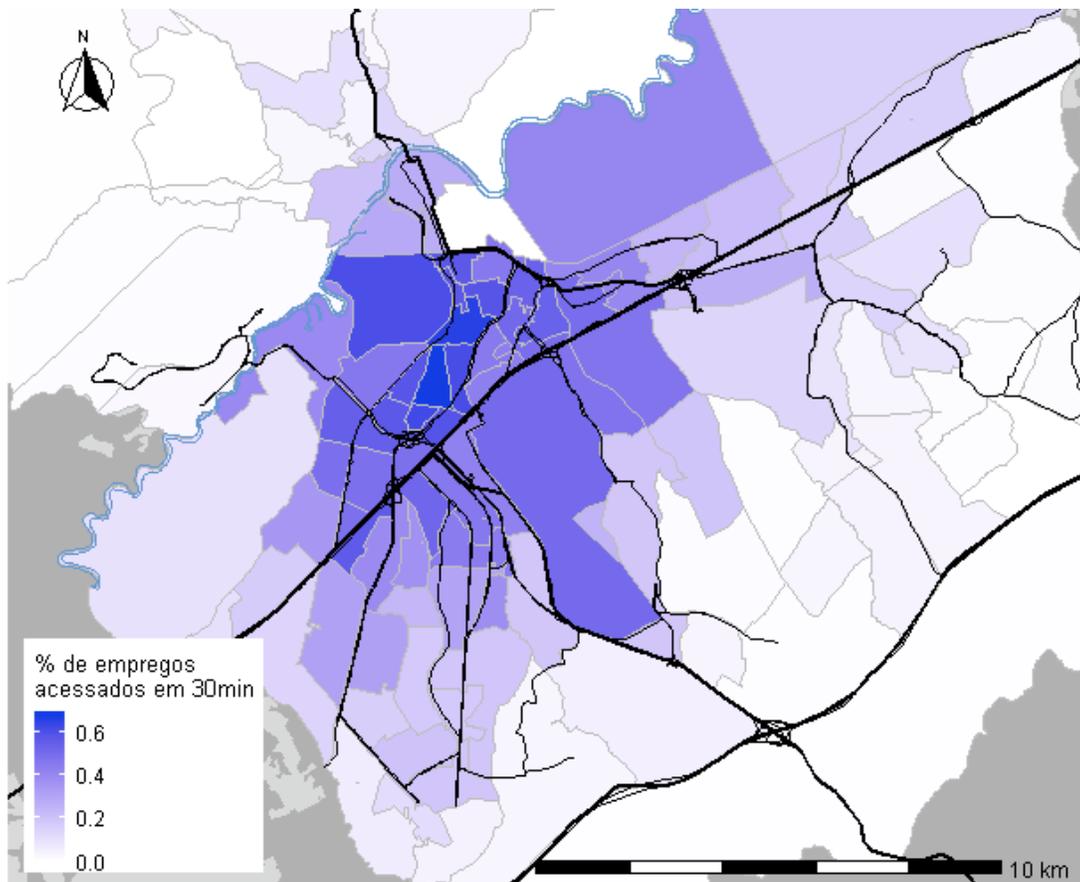
do Produto 2. Uma limitação do uso desses dados para avaliação de acessibilidade está na indisponibilidade de localização dos empregos informais que podem ser melhor distribuídos no território do que os formais, de acordo com a literatura. Assim, a consideração apenas de empregos formais gera melhores resultados para áreas mais próximas aos grandes centros.

As Figuras 15 e 16 mostram o comportamento do indicador de Oportunidades Acumuladas para  $t = 1h$  e  $t = 30min$ , considerando como oportunidades os empregos formais.



**Figura 15: porcentagem de empregos acessados em 1h**

Fonte e elaboração próprias.



**Figura 16: porcentagem de empregos acessados em 30min**

Fonte e elaboração próprias.

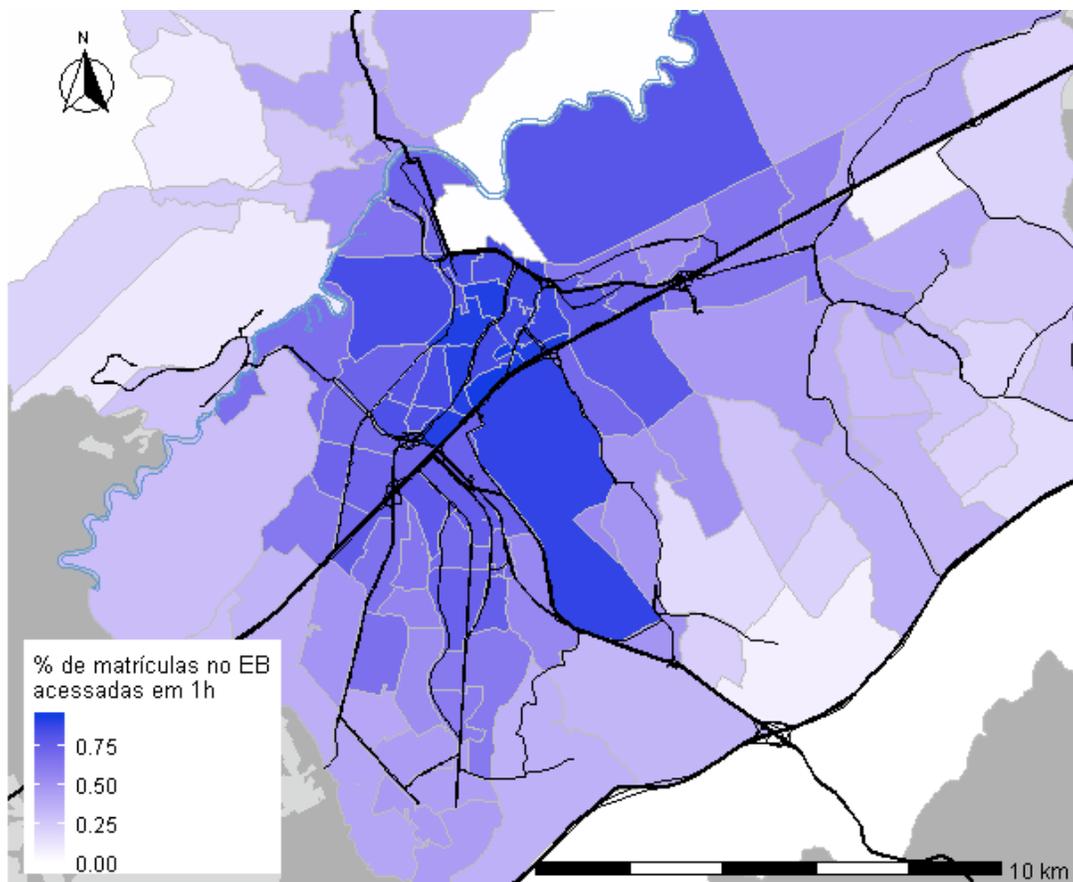
No mapa para  $t = 1h$ , é destacado o papel do centro principal de empregos, com os bairros mais distantes do Centro tendo valores menores de acessibilidade. Já para  $t = 30min$ , permite-se avaliar o papel das centralidades secundárias, como por exemplo nas áreas da Macrozona Sul com acesso à Dutra, que possuem acessibilidade superior às zonas da Macrozona Oeste, ainda que mais distantes do Centro, sendo esse resultado fruto da concentração local de empregos.

Destaca-se ainda a baixa acessibilidade das áreas mais extremas das Regiões Sudeste e Leste, fruto da combinação de altas distâncias ao Centro com ausência de empregos próximos. Por fim, vale notar também a baixa acessibilidade no Parque Tecnológico para os dois cenários.

Para avaliar a acessibilidade à educação, vale ressaltar que, conforme dados da última Pesquisa Origem-Destino, apenas 12% das viagens realizadas por motivo estudo - removidas as de motivo transportar passageiro para estudo - são atendidas pelo transporte público. Por um lado, isso indica que essas viagens têm características que

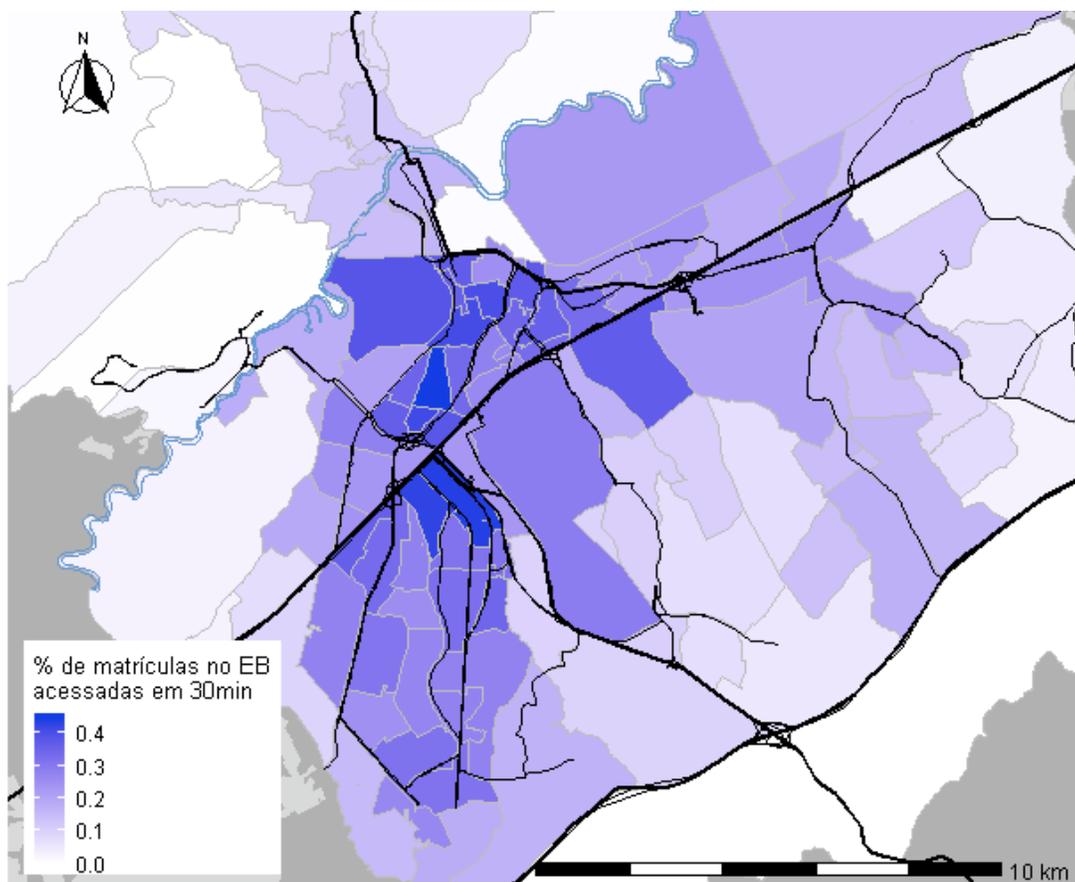
favorecem outros modos, como uma boa distribuição espacial das escolas, justificando 44% das viagens feitas a pé. Por outro, 41% das viagens são feitas por fretado, escolar ou individual motorizado, apontando que há espaço para crescimento do transporte público dentre essas viagens.

As Figuras 17 e 18 mostram a avaliação de acessibilidade para o ensino básico, considerando as oportunidades como as matrículas nesse nível.



**Figura 17: porcentagem de matrículas no ensino básico acessadas em 1h**

Fonte e elaboração próprias.

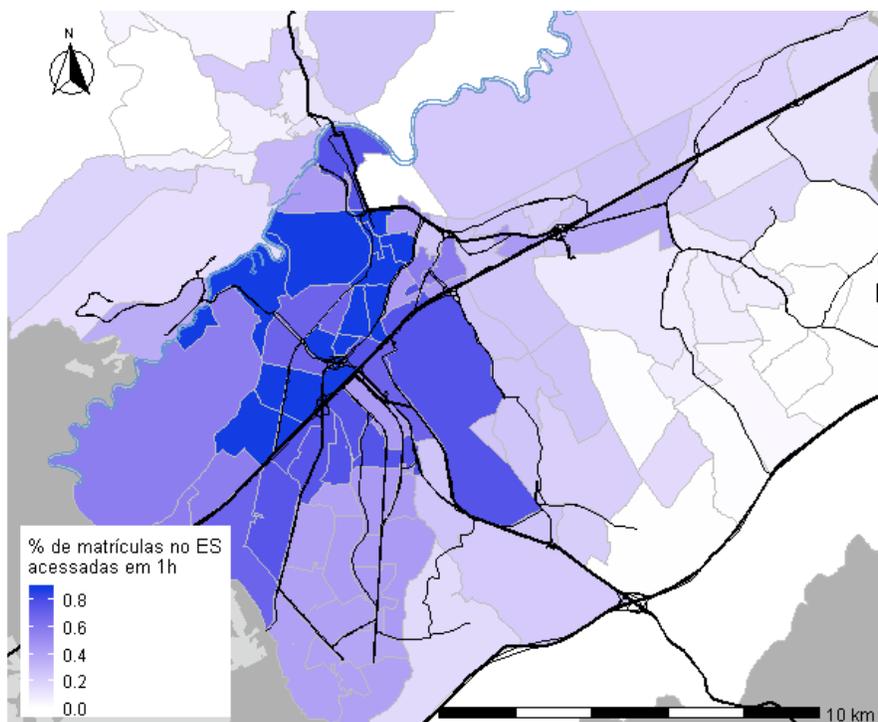


**Figura 18: porcentagem de matrículas no ensino básico acessadas em 30min**

Fonte e elaboração próprias.

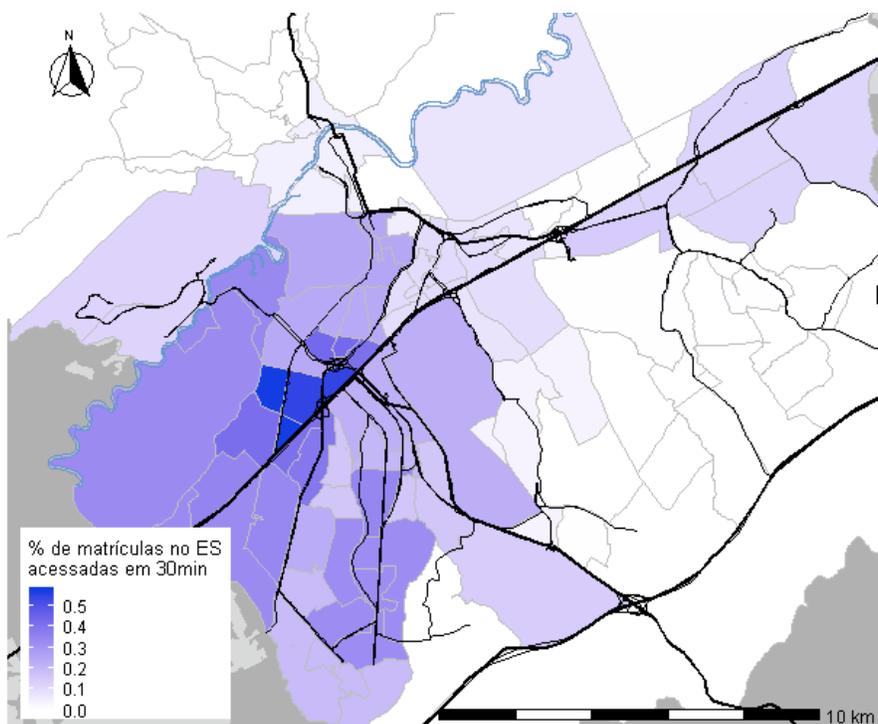
A acessibilidade a matrículas do ensino básico é melhor nas zonas mais periféricas do que a acessibilidade aos empregos formais, fruto da melhor distribuição espacial das escolas quando comparada à distribuição dos postos de trabalho.

Por fim, avaliou-se a acessibilidade ao ensino superior, considerando as matrículas nesse nível como as oportunidades. As Figuras 19 e 20 espacializam os resultados do indicador.



**Figura 19: porcentagem de matrículas no ensino superior acessadas em 1h**

Fonte e elaboração próprias.



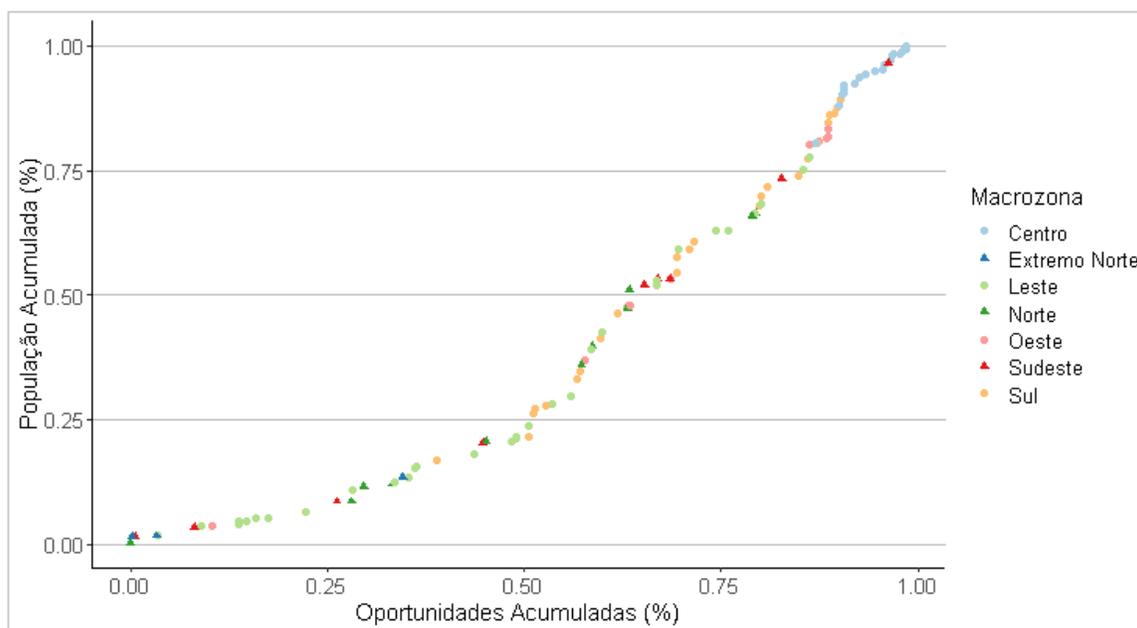
**Figura 20: porcentagem de matrículas no ensino superior acessadas em 30 min**

Fonte e elaboração próprias.

Destaca-se nos mapas a grande concentração de vagas de ensino superior nas Macrozonas Oeste e Sul da cidade, com grande parte da Macrozona Leste tendo acesso muito difícil a essas vagas. São poucas as vagas disponíveis no Parque Tecnológico, mas a dificuldade de acesso é um problema que merece atenção.

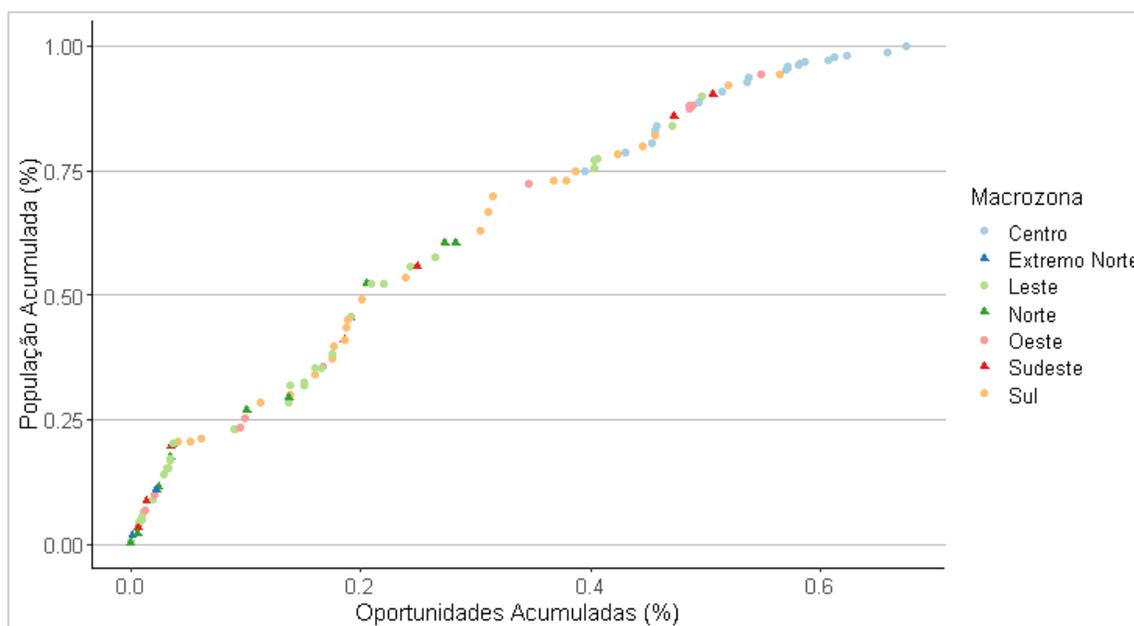
Além dos mapas, foram feitos gráficos que mostram os resultados do indicador de oportunidades acumuladas para as zonas de tráfego, ordenando-as em ordem crescente e com o eixo y acumulando a população respectiva. Cada macrozona é representada por um símbolo diferente.

Nos gráficos das figuras seguintes, destaca-se que 25% da população está em zonas que têm acesso a apenas metade dos empregos mesmo após 1h de viagem, majoritariamente nas Macrozonas Leste e Extremo Norte. Já para  $t = 30\text{min}$ , um grupo restrito de zonas com 10% da população, em sua maioria no Centro, tem acesso a mais de 50% dos empregos.



**Figura 21: Distribuição acumulada da população em função de oportunidades acumuladas (emprego) em 1h**

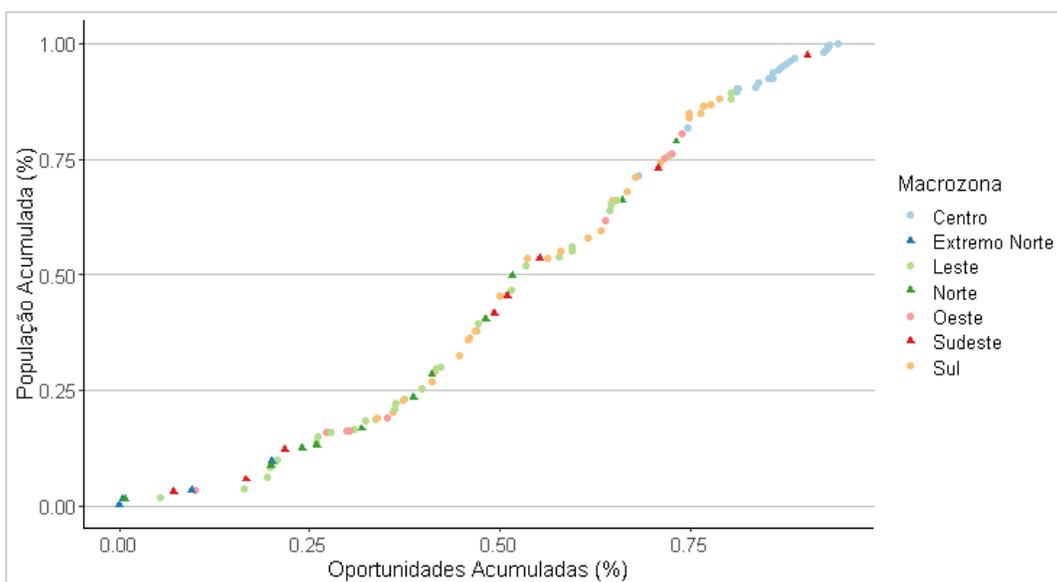
Fonte e elaboração próprias.



**Figura 22: Distribuição acumulada da população em função de oportunidades acumuladas (emprego) em 30min**

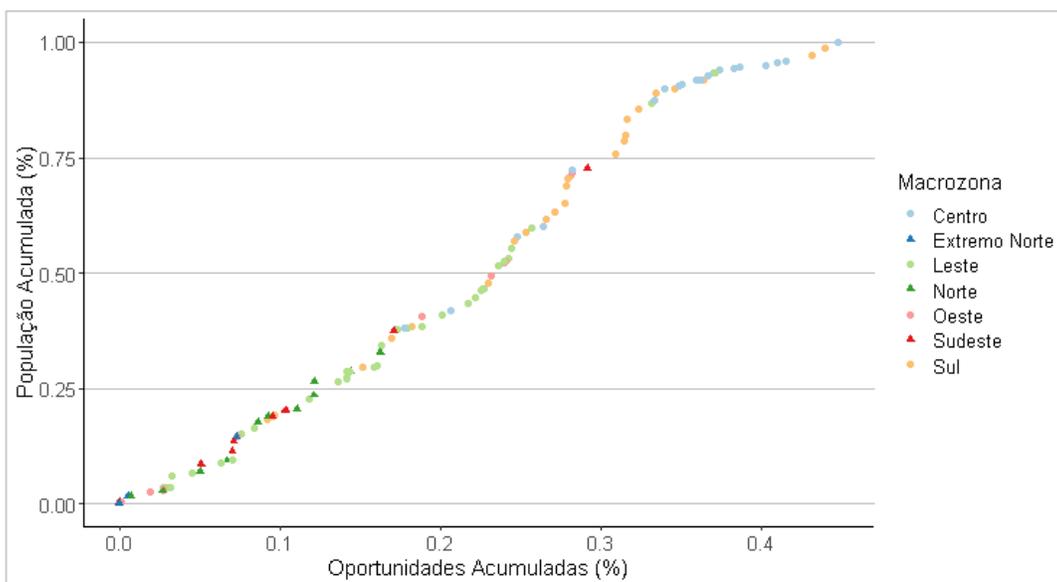
Fonte e elaboração próprias.

Quanto à acessibilidade a matrículas do ensino básico, as Figuras 23 e 24 mostram que 25% da população está em zonas que têm acesso a menos de 40% das matrículas em 1h e 12% em 30 min, com os melhores resultados concentrados na Macrozona Centro.



**Figura 23: Distribuição acumulada da população em função de oportunidades acumuladas (matrículas ensino básico) em 1h**

Fonte e elaboração próprias.

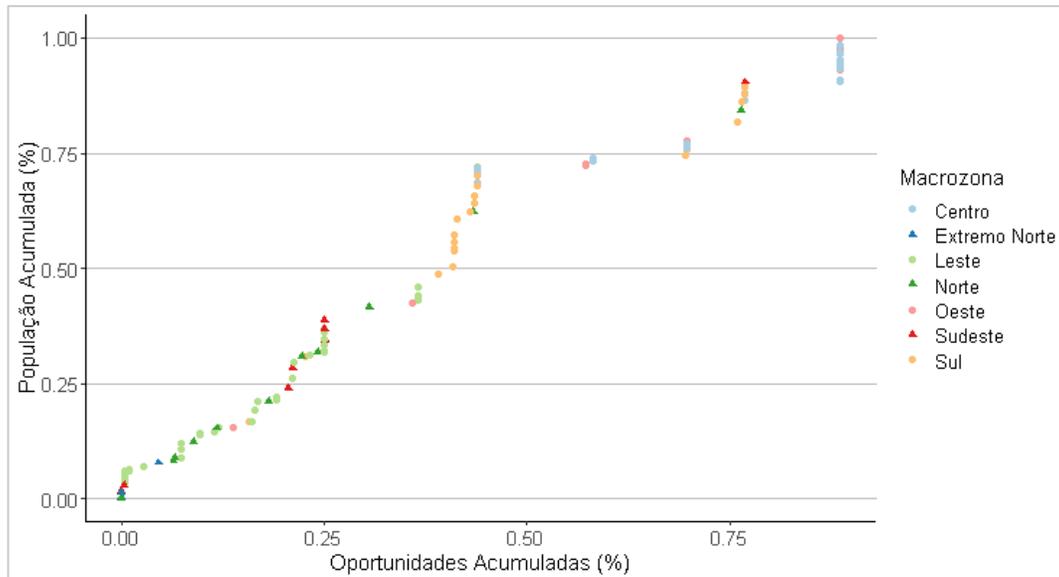


**Figura 24: Distribuição acumulada da população em função de oportunidades acumuladas (matrículas ensino básico) em 30min**

Fonte e elaboração próprias.

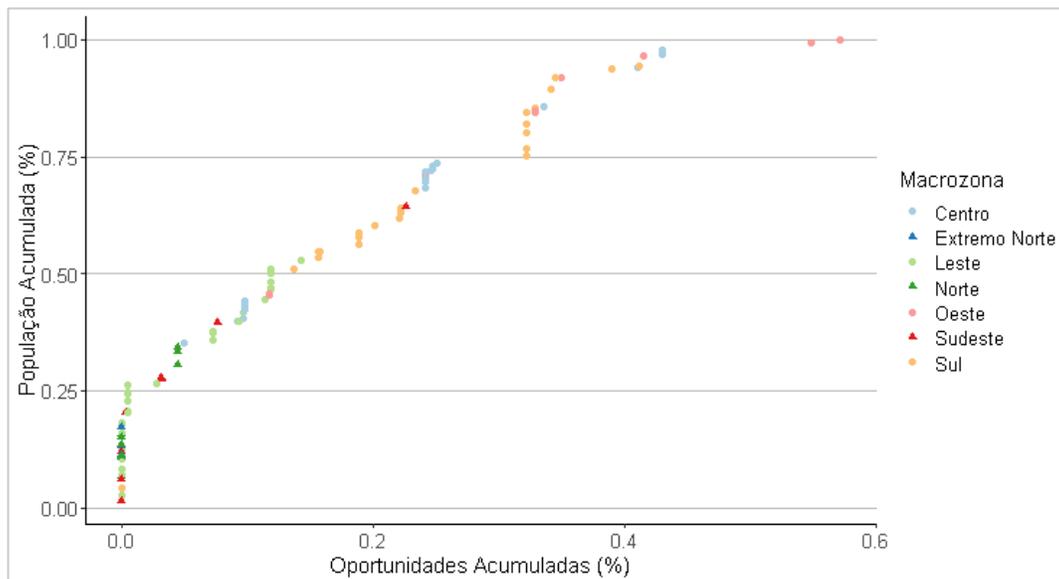
Para a acessibilidade a matrículas do ensino superior, a concentração espacial das vagas ofertadas explica as descontinuidades nas Figuras 25 e 26 em que vários pontos aparecem com mesmo valor de oportunidades acumuladas. Destaca-se ainda que 20%

da população está em zonas que não têm acesso a nenhuma matrícula de ensino superior em 30 min.



**Figura 25: Distribuição acumulada da população em função de oportunidades acumuladas (matrículas ensino superior) em 1h**

Fonte e elaboração próprias.



**Figura 26: Distribuição acumulada da população em função de oportunidades acumuladas (matrículas ensino superior) em 30min**

Fonte e elaboração próprias.

### 3. Carregamentos e volumes de passageiros transportados

Montado o modelo de oferta do transporte público no EMME e calculada a matriz de viagens para o ano base através dos dados de bilhetagem, é realizada a alocação da matriz no modelo. A alocação utiliza o método multi-caminhos, resultando na alocação das viagens para cada par  $ij$  segundo os melhores caminhos determinados pelo algoritmo interno do modelo de alocação segundo a otimização dos custos/tempos generalizados de viagem através do método conhecido como *optimal strategy* (estratégia ótima, em inglês).

O resultado da etapa de alocação consiste numa representação matemática do desempenho do sistema, baseado nos totais de embarque de passageiros por linha de transporte público e na desagregação do custo generalizado decorrente das estratégias de viagem - tempos de espera, tempos a pé, tempos de permanência nos veículos e penalidades de acesso e transferência.

A formulação do custo generalizado pode ser explicada desta forma:

$$CG_{ij} = tviagem_{ij}^{coletivo} + tapé_{ij}^{coletivo} * d + tespera_{ij}^{coletivo} * e + tembarque_{ij}^{coletivo} * f$$

Onde:

- $CG_{ij}$  = Custo Generalizado de Transporte para o par  $ij$ , em minutos;
- $tviagem_{ij}^{coletivo}$  = tempo de viagem em transporte coletivo entre o par  $ij$ ;
- $tapé_{ij}^{coletivo}$  = tempo de caminhada a pé para acessar o sistema de transporte coletivo;
- $d$  = fator de ponderação do tempo de percurso a pé;
- $tespera_{ij}^{coletivo}$  = tempo de espera para ingressar no sistema de transporte coletivo;
- $e$  = fator de ponderação do tempo de espera;
- $tembarque_{ij}^{coletivo}$  = tempo de embarque no sistema de transporte coletivo, e;
- $f$  = fator de ponderação do tempo de embarque.

O processo de alocação resulta na obtenção de indicadores - tempos de viagem, passageiros por quilômetro, veículos por quilômetro, quilometragem operacional, receita tarifária e custos de utilização estimados - que servirão de base para a montagem do fluxo de caixa do projeto, insumo básico para a consolidação de um modelo de negócio para a delegação futura dos serviços.

Importante ressaltar que esta etapa do trabalho tem como objetivo a validação do modelo de oferta atual de ônibus de São José e da metodologia de montagem da matriz de viagens por bilhetagem. Conforme explicado na seção anterior, nesta etapa a rede de transporte público está baseada em um zoneamento de tráfego com 113 zonas - o mesmo utilizado na consolidação das variáveis socioeconômicas.

Esta desagregação não permite a avaliação de resultados por linha e sequer por grupos de serviço, senão em níveis de agregação que permitam a comparação de grandes indicadores, por área e/ ou bacia de operação - volume total de passageiros, índices de integração, tempos de viagem segundo um zoneamento mais agregado.

A obtenção dos insumos necessários à consolidação operacional, econômica e financeira dependerão de um refinamento e um detalhamento do modelo de oferta, em especial da adoção de um zoneamento de tráfego desagregado em nível compatível com uma matriz de viagens sintética construída sobre dados de bilhetagem, portanto com uma base amostral muito mais ampla e melhor distribuída espacialmente do que aquelas usualmente utilizadas no desenvolvimento de modelos em 4 etapas, obtidas a partir de pesquisas domiciliares.

Os resultados a seguir são apresentados em duas alternativas; com a aplicação de um algoritmo de ajuste do EMME<sup>2</sup>, onde as contagens de volume de passageiros nos postos da FOV de 2013<sup>3</sup> são utilizadas como referência para ajuste dos volumes de origens e destinos da matriz de viagens, e sem a aplicação deste recurso, através de uma alocação tradicional.

Considerou-se a esta altura desnecessária a realização de alocações com restrição, na medida que serão realizados alguns procedimentos importantes e que os resultados a seguir tem por objetivo:

- 1) apresentar a consistência do modelo de oferta, e;
- 2) apresentar a consistência da matriz produzida.

As Figuras 27 a 30 apresentam os resumos das alocações, onde são descritos os principais indicadores por zona de origem/ produção das viagens. Importante ressaltar que após a aplicação do ajuste, o fator de integração (quantidade de embarques sobre

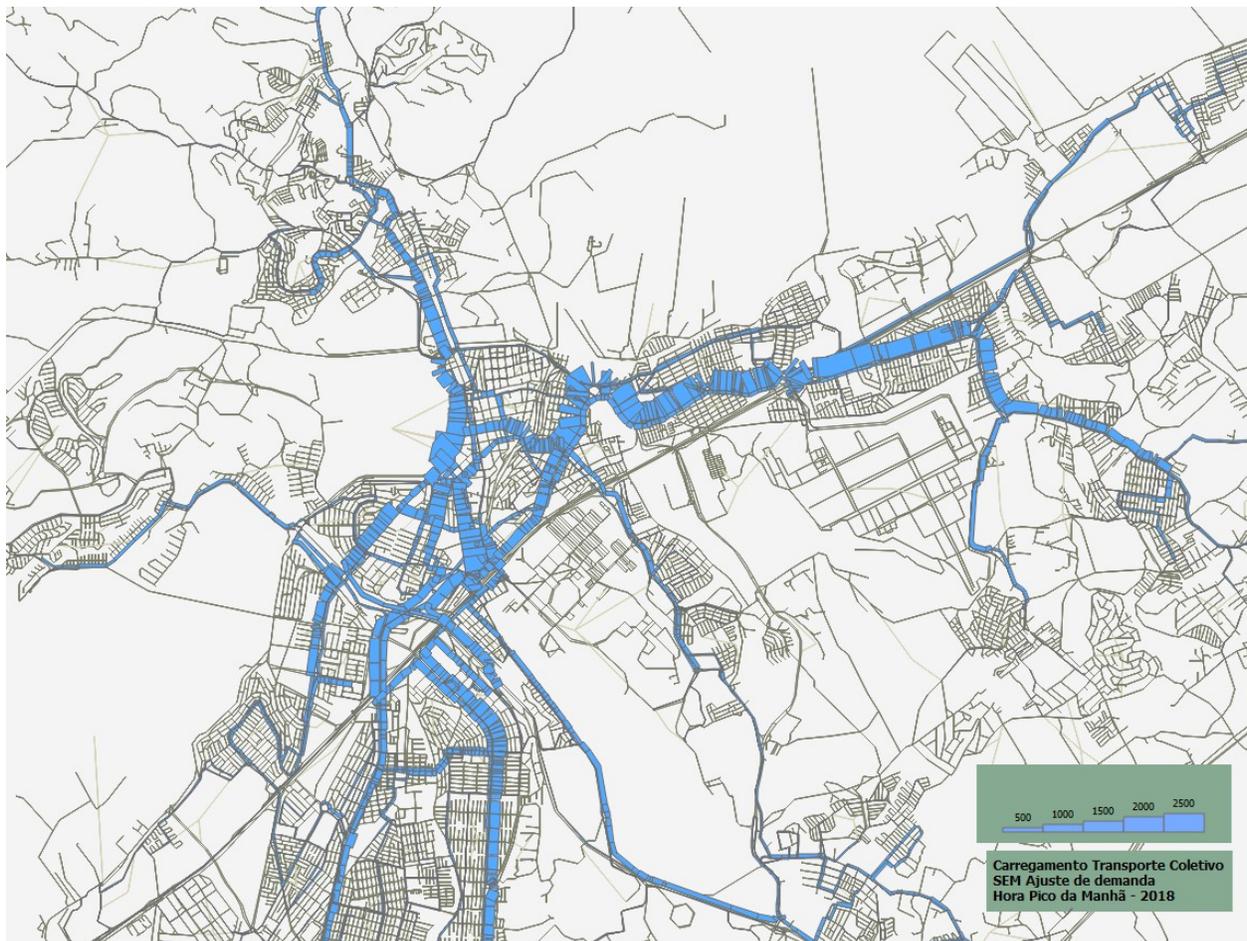
---

<sup>2</sup> A respeito, ver A GRADIENT APPROACH FOR THE O-D MATRIX ADJUSTMENT PROBLEM, Heinz Spiess EMME/2 Support Center, Haldenstrasse 16, CH-2558 Aegerten, Switzerland heinz@spiess.ch May 1990

<sup>3</sup> A pesquisa utilizada foi realizada em 2013, para utilização no Planmob. Comparando os valores de passageiros transportados fornecidos pela contratante de 2013 e 2018, verificou-se uma proximidade bastante relevante entre os dados; portanto, considerou-se válido, a esta altura dos estudos, utilizar a pesquisa disponível como forma de avaliação, ainda que preliminar da consistência dos resultados.

quantidade de viagens produzidas por zona) se aproxima aos valores apurados pelo sistema de controle do Consorcio123, no valor de 1,25 contra o observado de 1,285 embarques por viagem.<sup>4</sup>

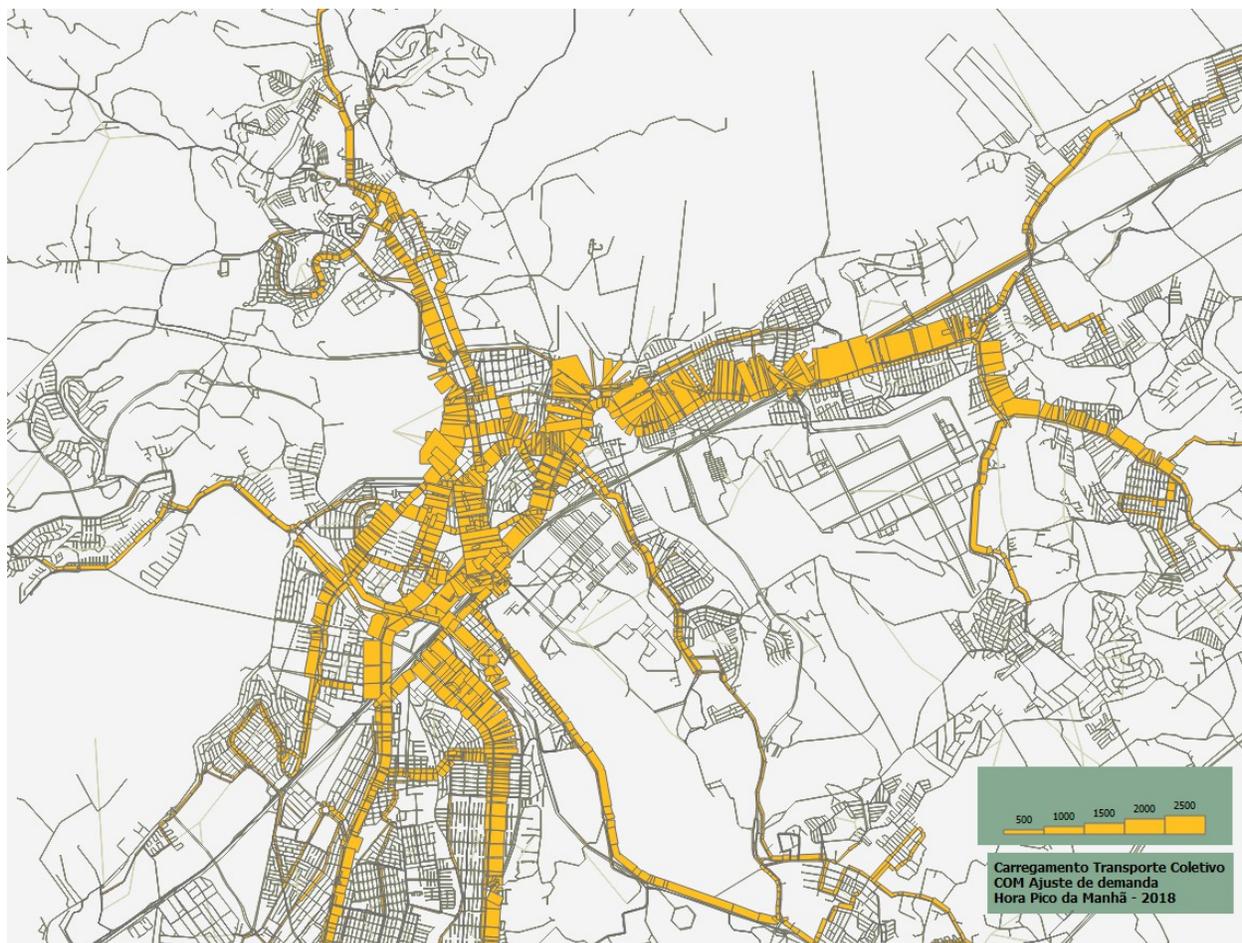
Outro detalhe é a quantidade de viagens alocadas como deslocamentos a pé. Apesar da matriz de viagens incluir o total de viagens estimadas entre zonas, muitas vezes em função do valor do tempo atribuído, o modelo aloca algumas viagens motorizadas como viagens a pé, devido à forma de cálculo do custo generalizado das viagens ou, por vezes, ao próprio tamanho das zonas de tráfego. Em geral, este valor fica entre 5% e 10% do total de viagens, sendo considerado acima deste índice um resultado pouco confiável; no caso, o modelo alocou 582 viagens deste modo, o que representa um valor aceitável.



**Figura 27: Alocação de transporte coletivo sem ajuste de demanda**

Fonte e elaboração próprias.

<sup>4</sup> <https://www.consorcio123sistema.com.br/sbe-web/login/login.html>

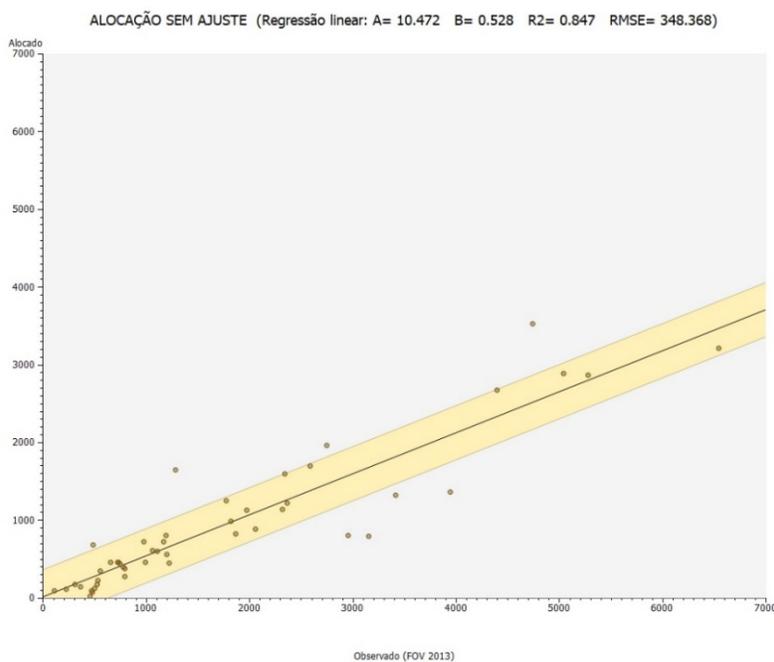


**Figura 28: Alocação de transporte coletivo com ajuste de demanda.**

Fonte e elaboração próprias.

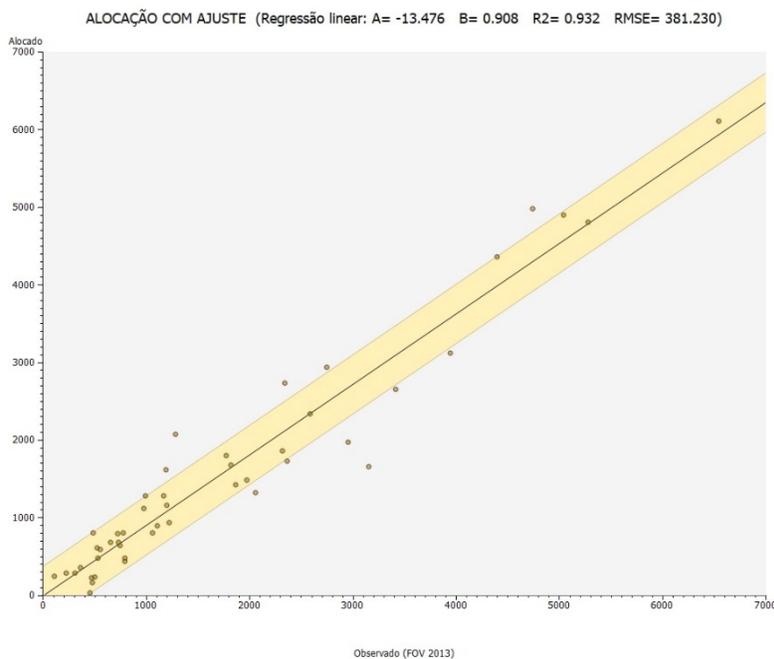
É possível perceber após o ajuste um aumento no volume de passageiros na maior parte da rede de linhas. Isso porque o ajuste aplicado resultou em um aumento da ordem de 35% das viagens totais da matriz sintética.

As Figuras 29 e 30 mostram o ajuste dos carregamentos nas duas versões aos volumes observados, com uma aproximação entre ambos passando de um  $R^2$  de 0,85 para 0,93, com uma significativa melhoria no coeficiente angular.



**Figura 29: Comparação entre volumes simulados / observados, alocação sem ajuste de demanda**

Fonte e elaboração próprias.



**Figura 30: Comparação entre volumes simulados / observados, alocação com ajuste de demanda**

Fonte e elaboração próprias.

## Conclusão

Os resultados aqui apresentados confirmam a viabilidade da metodologia de produção de matrizes usando técnicas de big data, resultando numa distribuição dos volumes de passageiros bastante coerente com o comportamento observado na cidade e registrado pelas pesquisas de ocupação disponíveis.

A alocação ajustada apresenta um total de 29,3 mil embarques na hora pico manhã. O total de passageiros transportados observados por dia útil está na ordem de 300 mil passageiros, sendo destes 26,5 mil embarcados na hora pico da manhã. Portanto, as ordens de grandeza estão bastante próximas.

A comparação com as observações disponíveis demonstra a adequação da metodologia e a precisão dos resultados, dentro de margens aceitáveis para o nível de agregação utilizado. Os próximos passos no desenvolvimento, não só dos componentes da modelagem como também do conjunto de estimativas necessárias à formulação do modelo de delegação e fluxo de caixa do projeto são:

- Definição de zoneamento de tráfego desagregado, compatível com a distribuição espacial da base amostral disponível;
- Processamento dos dados de AVL, visando atualizar tempos de percurso, velocidades operacionais e frequências dos serviços;
- Detalhamento do modelo de oferta, segundo o novo zoneamento a ser definido e ajuste dos parâmetros de oferta, com base no processamento do AVL;
- Adequação da matriz de viagens ao novo zoneamento a ser definido; Alocação da matriz e calibração do modelo de oferta, situação atual, com base nas informações de carregamento e embarque de passageiros, por período horário/linhas, com informações disponíveis;
- Desenvolvimento de metodologia e projeção das matrizes para os anos futuros de projeto;
- Definição dos cenários de infraestrutura de oferta para os anos futuros de projeto, e;
- Alocação dos cenários futuros de projeto.

## **Anexo: simulação da rede com e sem ajustes**

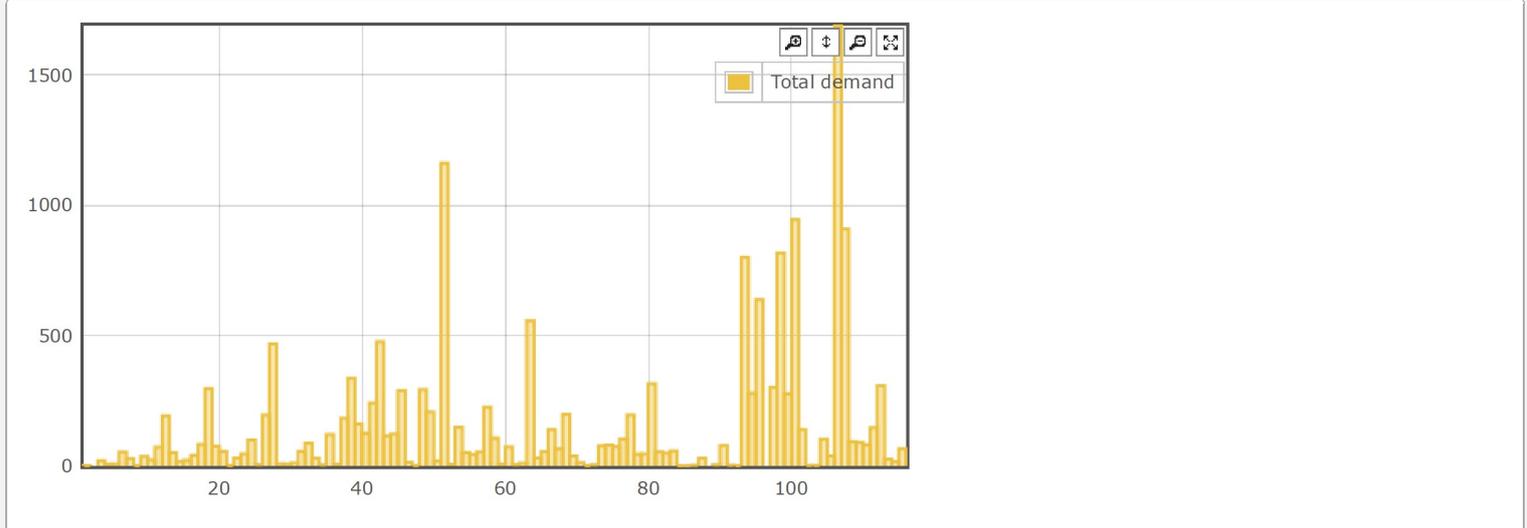
# Extended transit assignment - scenario 5

Assignment completed at 2019-07-25 20:02:22.

## Summary for all destinations

Total demand	Assigned demand	Not assigned demand	Aux transit only demand	Total boardings	Avg lines per passenger	Passenger hours	Mean impedance
16757.97	16757.97	0.0	582.22	19518.62	1.16	46100.9	165.06

## Summary statistics per destination



Zone	<input checked="" type="checkbox"/> Total demand	<input type="checkbox"/> Assigned demand	<input type="checkbox"/> Not assigned demand	<input type="checkbox"/> Aux transit only demand	<input type="checkbox"/> Total boardings	<input type="checkbox"/> Avg lines per passenger	<input type="checkbox"/> Passenger hours	<input type="checkbox"/> Mean impedance
1	0.28	0.28	0	0	0.28	1	0.83	178.91
3	19.84	19.84	0	1.35	24.84	1.25	52.49	158.78
4	6.6	6.6	0	0.03	9.36	1.42	29.9	271.9
5	7.48	7.48	0	0.61	9.69	1.3	23.77	190.59
6	53	53	0	0	72.48	1.37	164.75	186.52
7	27.25	27.25	0	3.45	34.2	1.26	118.46	260.83
8	0.2	0.2	0	0	0.23	1.15	1.27	384.09
9	35.33	35.33	0	18.36	23.55	0.67	103.63	175.99
10	22.24	22.24	0	2.01	33.3	1.5	89.15	240.49
11	71.15	71.15	0	1.09	79.79	1.12	194.31	163.85
12	191.83	191.83	0	29.41	181.48	0.95	460.59	144.06
13	50.29	50.29	0	10.48	47.33	0.94	130.11	155.24
14	16.3	16.3	0	0.69	19.23	1.18	48.28	177.68
15	21.39	21.39	0	3.96	22.19	1.04	59.67	167.35
16	40.02	40.02	0	1.02	53.49	1.34	149.01	223.41
17	82.25	82.25	0	2.16	101.08	1.23	216.31	157.79
18	295.55	295.55	0	9.21	333.58	1.13	697.07	141.51
19	74.66	74.66	0	1.8	113.66	1.52	215.68	173.33
20	55.84	55.84	0	2.46	79.96	1.43	195.94	210.55
21	0.3	0.3	0	0	0.48	1.59	1.18	236.92
22	29.85	29.85	0	4.63	33.86	1.13	90.93	182.75
23	45.57	45.57	0	0.2	75.74	1.66	163.43	215.2
24	98.31	98.31	0	3.52	108.62	1.1	371.71	226.86
25	4.66	4.66	0	2.76	2.15	0.46	12.99	167.11
26	194.43	194.43	0	5.5	205.72	1.06	504.75	155.77

27	466.82	466.82	0	16.66	530.93	1.14	1084.59	139.4
28	7.71	7.71	0	0.74	10.51	1.36	26.78	208.41
29	7.06	7.06	0	2.31	6.56	0.93	19.97	169.69
30	10.25	10.25	0	3.87	13.08	1.28	32.4	189.66
31	56.06	56.06	0	1.48	62.51	1.12	171.46	183.51
32	86.27	86.27	0	11.67	93.2	1.08	218.42	151.91
33	29.27	29.27	0	0	39.26	1.34	93.75	192.2
34	3.84	3.84	0	0.54	6.14	1.6	19.67	307.61
35	120.03	120.03	0	1.53	150.46	1.25	366.69	183.3
36	6.5	6.5	0	0.76	6.08	0.94	14.28	131.75
37	182.18	182.18	0	6.67	187.47	1.03	450.01	148.21
38	335.79	335.79	0	6.12	361.24	1.08	837.25	149.6
39	159.21	159.21	0	1.42	163.94	1.03	426.3	160.66
40	124.44	124.44	0	5.17	132.07	1.06	293.15	141.35
41	241.01	241.01	0	8.33	242.68	1.01	726.34	180.83
42	475.98	475.98	0	0.06	658.51	1.38	1415.31	178.41
43	114.76	114.76	0	0.3	181.04	1.58	348.34	182.12
44	121.38	121.38	0	2.37	163.98	1.35	305.46	150.99
45	288.94	288.94	0	5.61	396.45	1.37	918.45	190.72
46	12.93	12.93	0	3.3	11.72	0.91	33.29	154.46
47	0.54	0.54	0	0.06	0.69	1.28	1.86	207.13
48	292.16	292.16	0	8.32	350.54	1.2	656.41	134.8
49	206.38	206.38	0	5.29	226.43	1.1	483.33	140.52
50	19.21	19.21	0	3.25	18.42	0.96	48.89	152.74
51	1161.3	1161.3	0	9.01	1328.48	1.14	2967.85	153.34
52	6.07	6.07	0	0	7.57	1.25	19.85	196.3
53	146.93	146.93	0	0.62	187.56	1.28	380.4	155.34
54	50.28	50.28	0	0.48	67.28	1.34	195.15	232.87
55	43.91	43.91	0	2.4	43.82	1	100.95	137.94
56	53.29	53.29	0	0.32	74.24	1.39	160.83	181.08
57	224.9	224.9	0	11.6	239.26	1.06	565.68	150.92
58	106.54	106.54	0	6.3	110.31	1.04	286.43	161.31
59	7.28	7.28	0	0.16	10.04	1.38	22.41	184.64
60	71.92	71.92	0	0.03	82.65	1.15	190.58	159
61	4.74	4.74	0	0.42	5.02	1.06	14.24	180.33
62	9.64	9.64	0	0	15.61	1.62	41.44	257.93
63	556.8	556.8	0	3.69	690.08	1.24	1435.76	154.72
64	29.81	29.81	0	4.45	33.82	1.13	82.14	165.31
65	54.76	54.76	0	2.79	65.54	1.2	116.45	127.59
66	138.99	138.99	0	12.57	158.34	1.14	320.6	138.4
67	65.33	65.33	0	4.05	73.68	1.13	131.51	120.79
68	197.16	197.16	0	0	297.71	1.51	579.67	176.41
69	37.06	37.06	0	5.33	41.86	1.13	88.91	143.95
70	11.13	11.13	0	0.49	14.37	1.29	42.91	231.39
71	0.14	0.14	0	0.11	0.04	0.25	0.38	161.72
72	4.39	4.39	0	1	7.14	1.63	19.1	261.33
73	76.36	76.36	0	4.38	120.2	1.57	289.94	227.81
74	79.93	79.93	0	0.7	109.63	1.37	213.85	160.53
75	72.78	72.78	0	0	124.92	1.72	282.92	233.25
76	102.61	102.61	0	0	135.23	1.32	305.32	178.53

77	194.48	194.48	0	17.81	198.48	1.02	567	174.92
78	44.79	44.79	0	14.56	37.69	0.84	120.51	161.44
79	45.47	45.47	0	2.79	69.82	1.54	257.82	340.18
80	315.04	315.04	0	1.35	556.33	1.77	1332.73	253.82
81	54.25	54.25	0	7.22	49.86	0.92	173.25	191.63
82	47.66	47.66	0	2.69	55.23	1.16	143.43	180.59
83	57.05	57.05	0	0	86.11	1.51	304.41	320.16
84	0	0	0	0	0	0	0	0
85	0	0	0	0	0	0	0	0
86	2.02	2.02	0	0.04	2.62	1.3	14.64	434.23
87	29.53	29.53	0	0	45.85	1.55	266.76	541.95
89	4.28	4.28	0	0.83	4.06	0.95	19.4	271.77
90	77.79	77.79	0	3.7	123.05	1.58	567.85	437.97
91	2.27	2.27	0	0	4.65	2.05	9.56	252.52
92	0.18	0.18	0	0	0.18	1	1.59	517.97
93	799.24	799.24	0	33.07	789.38	0.99	1942.91	145.86
94	278.57	278.57	0	20.18	260.73	0.94	735.69	158.45
95	637.14	637.14	0	10.71	766.67	1.2	1810.77	170.52
97	301.28	301.28	0	4.37	402.74	1.34	930.65	185.34
98	816.73	816.73	0	16.51	921.59	1.13	2139.28	157.16
99	276.91	276.91	0	10.74	278.84	1.01	644.06	139.56
100	944.2	944.2	0	43.12	963.96	1.02	2194.99	139.48
101	138.62	138.62	0	5.11	185.28	1.34	377.39	163.35
102	1.13	1.13	0	0.02	1.23	1.1	12.31	656.37
103	0.91	0.91	0	0	1.56	1.71	8.09	530.96
104	102.08	102.08	0	1.31	155.63	1.52	341.27	200.58
105	37.31	37.31	0	2.4	36.44	0.98	103.32	166.14
106	1687.57	1687.57	0	50.66	1639.78	0.97	3996.91	142.11
107	907.73	907.73	0	0.62	1261.68	1.39	2765.68	182.81
108	93.11	93.11	0	18.5	85.05	0.91	236.65	152.5
109	89.67	89.67	0	18.88	87.27	0.97	238.6	159.66
110	81.18	81.18	0	2.96	98.09	1.21	252.29	186.47
111	145.61	145.61	0	6.42	154.87	1.06	405.83	167.22
112	306.68	306.68	0	8.94	353.8	1.15	839.19	164.18
113	24.97	24.97	0	0.03	30.08	1.2	108.87	261.59
114	15.98	15.98	0	0.09	16.87	1.06	41.4	155.43
115	65.37	65.37	0	4.47	64.09	0.98	238.53	218.95
116	3.81	3.81	0	0.65	4.47	1.17	13.43	211.67

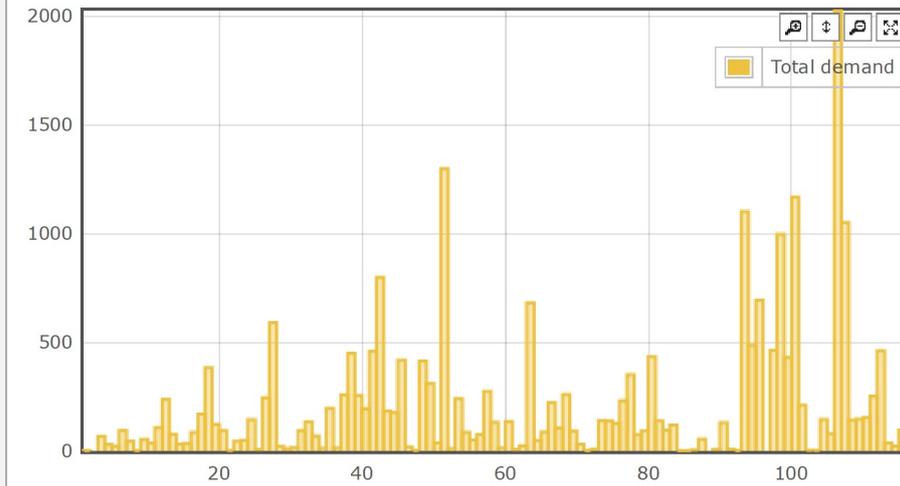
# Extended transit assignment - scenario 6

Assignment completed at 2019-07-28 11:52:28.

## Summary for all destinations

Total demand	Assigned demand	Not assigned demand	Aux transit only demand	Total boardings	Avg lines per passenger	Passenger hours	Mean impedance
23419.37	23419.37	0.0	582.22	29299.22	1.25	68854.19	176.4

## Summary statistics per destination



Zone	Total demand	Assigned demand	Not assigned demand	Aux transit only demand	Total boardings	Avg lines per passenger	Passenger hours	Mean impedance
1	0.26	0.26	0	0	0.26	1	0.81	185.58
3	66.86	66.86	0	1.35	101.18	1.51	201.86	181.14
4	28.76	28.76	0	0.03	43.01	1.5	127.53	266.06
5	20.45	20.45	0	0.61	29.58	1.45	67.54	198.13
6	93.68	93.68	0	0	141.8	1.51	321.38	205.83
7	43.35	43.35	0	3.45	63.31	1.46	200.27	277.18
8	0.22	0.22	0	0	0.25	1.14	1.38	381.4
9	52.9	52.9	0	18.36	56.15	1.06	175.03	198.52
10	35.71	35.71	0	2.01	67.36	1.89	161.22	270.89
11	106.75	106.75	0	1.09	134.19	1.26	320.3	180.03
12	236.53	236.53	0	29.41	248.63	1.05	613.05	155.51
13	75.57	75.57	0	10.48	80	1.06	211.96	168.28
14	29.11	29.11	0	0.69	38.52	1.32	95.94	197.75
15	34.03	34.03	0	3.96	44.65	1.31	109.3	192.73
16	84.73	84.73	0	1.02	130.47	1.54	343.84	243.48
17	169.02	169.02	0	2.16	245.27	1.45	525.78	186.65
18	381.28	381.28	0	9.21	459.41	1.2	968.02	152.33
19	121.3	121.3	0	1.8	200.13	1.65	382.12	189.01
20	93.11	93.11	0	2.46	153.27	1.65	358.8	231.22
21	0.92	0.92	0	0	1.45	1.56	3.4	220.85
22	42.96	42.96	0	4.63	56.56	1.32	143.88	200.96
23	47.98	47.98	0	0.2	79.95	1.67	173.96	217.53
24	143.31	143.31	0	3.52	187.52	1.31	565.35	236.69
25	6.51	6.51	0	2.76	4.33	0.66	20.21	186.28
26	244.51	244.51	0	5.5	286.18	1.17	679.23	166.67

27	588.93	588.93	0	16.66	697.29	1.18	1438.15	146.52
28	20.48	20.48	0	0.74	33.32	1.63	76.82	225.1
29	9.95	9.95	0	2.31	11.63	1.17	33.05	199.21
30	13.58	13.58	0	3.87	21.26	1.57	48.2	212.95
31	92.77	92.77	0	1.48	130.01	1.4	314.61	203.48
32	132.07	132.07	0	11.67	176.3	1.33	387.29	175.95
33	68.13	68.13	0	0	108.81	1.6	252.91	222.72
34	11.7	11.7	0	0.54	21.71	1.86	63.67	326.44
35	195.61	195.61	0	1.53	295.58	1.51	657.66	201.73
36	12.32	12.32	0	0.76	13.04	1.06	29.33	142.78
37	258.08	258.08	0	6.67	279.35	1.08	660.49	153.56
38	449.45	449.45	0	6.12	498.62	1.11	1161.95	155.11
39	254.44	254.44	0	1.42	263.13	1.03	682.97	161.05
40	193.1	193.1	0	5.17	219.3	1.14	487.87	151.59
41	457.24	457.24	0	8.33	493.15	1.08	1327.54	174.2
42	797.63	797.63	0	0.06	1243.2	1.56	2470.5	185.84
43	183.39	183.39	0	0.3	311.9	1.7	615.8	201.47
44	175.19	175.19	0	2.37	266.1	1.52	501.57	171.78
45	416.93	416.93	0	5.61	633.08	1.52	1462.29	210.44
46	17.2	17.2	0	3.3	17.35	1.01	48.73	169.94
47	1.06	1.06	0	0.06	1.45	1.37	4.07	229.88
48	412.21	412.21	0	8.32	526.49	1.28	1056.29	153.75
49	308.78	308.78	0	5.29	372.75	1.21	831.05	161.48
50	36.51	36.51	0	3.25	42.7	1.17	108.25	177.9
51	1297.97	1297.97	0	9.01	1519.95	1.17	3455.74	159.75
52	10.17	10.17	0	0	14.01	1.38	34.85	205.62
53	240.03	240.03	0	0.62	341.47	1.42	662.1	165.5
54	84.87	84.87	0	0.48	129.9	1.53	365.75	258.56
55	49.6	49.6	0	2.4	51.56	1.04	120.71	146.01
56	74.1	74.1	0	0.32	113.19	1.53	243.4	197.08
57	273.79	273.79	0	11.6	317.33	1.16	731.26	160.25
58	130.22	130.22	0	6.3	147.68	1.13	377.6	173.98
59	12.62	12.62	0	0.16	20.21	1.6	43.58	207.21
60	134.05	134.05	0	0.03	177.2	1.32	406.98	182.16
61	6.33	6.33	0	0.42	7.43	1.17	20.01	189.76
62	23.32	23.32	0	0	41.42	1.78	108.96	280.34
63	680.64	680.64	0	3.69	907.85	1.33	1884.82	166.15
64	46.87	46.87	0	4.45	66.72	1.42	149.53	191.42
65	86.33	86.33	0	2.79	118.22	1.37	217.35	151.06
66	220.93	220.93	0	12.57	276.45	1.25	591.28	160.58
67	104.5	104.5	0	4.05	127.39	1.22	246.7	141.64
68	259.21	259.21	0	0	419.07	1.62	819.42	189.68
69	90.73	90.73	0	5.33	139.44	1.54	253.33	167.53
70	29.29	29.29	0	0.49	42.32	1.44	109.23	223.71
71	0.2	0.2	0	0.11	0.1	0.5	0.63	194.09
72	8.32	8.32	0	1	17.44	2.1	41.18	297.14
73	139.39	139.39	0	4.38	236.15	1.69	563.05	242.36
74	137.72	137.72	0	0.7	220.84	1.6	402.91	175.54
75	126.37	126.37	0	0	233.62	1.85	518.5	246.19
76	230.5	230.5	0	0	339.11	1.47	750.45	195.34

77	349.93	349.93	0	17.81	442.35	1.26	1014.56	173.96
78	72.54	72.54	0	14.56	79.86	1.1	237.43	196.39
79	91.61	91.61	0	2.79	155.66	1.7	549.32	359.79
80	433.13	433.13	0	1.35	795.69	1.84	1900.1	263.22
81	138.21	138.21	0	7.22	137.8	1	473.93	205.74
82	94.66	94.66	0	2.69	139.17	1.47	318.04	201.59
83	117.85	117.85	0	0	194.97	1.65	560.96	285.59
84	0	0	0	0	0	0	0	0
85	0	0	0	0	0	0	0	0
86	4.64	4.64	0	0.04	6.63	1.43	34.09	440.68
87	53.85	53.85	0	0	95.25	1.77	508.82	566.94
89	6.61	6.61	0	0.83	7.73	1.17	32.38	293.99
90	129.43	129.43	0	3.7	228.66	1.77	986.69	457.39
91	7.53	7.53	0	0	17.95	2.38	36.67	292.35
92	0.19	0.19	0	0	0.19	1	1.62	518.01
93	1100.41	1100.41	0	33.07	1102.63	1	2672.96	145.74
94	484.19	484.19	0	20.18	470.8	0.97	1324.12	164.08
95	692.15	692.15	0	10.71	839.02	1.21	2011.78	174.39
97	462.44	462.44	0	4.37	646.13	1.4	1479.34	191.94
98	996.48	996.48	0	16.51	1123.16	1.13	2641.86	159.07
99	429.68	429.68	0	10.74	449.08	1.05	1061.65	148.25
100	1166.81	1166.81	0	43.12	1207.52	1.03	2817.56	144.88
101	210.21	210.21	0	5.11	321.82	1.53	649.35	185.34
102	2.16	2.16	0	0.02	3.05	1.41	23.42	651.29
103	1.21	1.21	0	0	2.32	1.92	10.82	537.53
104	143.93	143.93	0	1.31	232.79	1.62	509.02	212.2
105	78.33	78.33	0	2.4	80.09	1.02	226	173.11
106	2023.95	2023.95	0	50.66	1980.26	0.98	4862.43	144.15
107	1050.33	1050.33	0	0.62	1470.75	1.4	3260.77	186.27
108	141.75	141.75	0	18.5	155.05	1.09	427.63	181.01
109	144.82	144.82	0	18.88	164.9	1.14	447.92	185.58
110	153.16	153.16	0	2.96	192.09	1.25	497.97	195.07
111	250.92	250.92	0	6.42	276.65	1.1	738.53	176.6
112	459.79	459.79	0	8.94	537.39	1.17	1310.71	171.04
113	36.23	36.23	0	0.03	48.81	1.35	165.36	273.81
114	21.74	21.74	0	0.09	24.22	1.11	59.38	163.93
115	95.75	95.75	0	4.47	99.27	1.04	357.08	223.76
116	8.12	8.12	0	0.65	12.5	1.54	31.42	232.05