

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

Etapa I: Diagnóstico

Produto 2

Projeção de oferta e demanda

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

1.	Introdução	3
2.	Rede de oferta de transportes	5
2.1	Rede viária	5
	Macrozona sul	8
	Macrozona sudeste	9
	Macrozona leste	10
	Macrozona norte	11
	Macrozona oeste	12
	Macrozona centro	13
2.2	Rede de transporte coletivo	14
	Macrozona sul	19
	Macrozona sudeste	23
	Macrozona leste	24
	Macrozonas norte e extremo-norte	26
	Macrozona oeste	28
3.	Estimação da matriz de viagens do ano base	29
3.1.	Tecnologia e oportunidades no planejamento de transportes	29
3.2.	Metodologia	31
4.	Variáveis socioeconômicas para a análise de demanda	34
4.1	População	35
4.2	Empregos	41
4.3	Ensino	43
4.4	Considerações gerais	48
5.	Metodologia de análise de oferta e demanda	50
5.1.	Cenários futuros e projeções de variáveis	51
5.1.1.	Concepção de cenários	52
5.2.	Projeção de variáveis no <i>Cenário Referencial</i>	57
5.3.	Projeção da matriz de viagens horizontes futuros	58
5.3.1.	Projeção dos vetores de origens e de destinos	59
5.3.2.	Distribuição das matrizes futuras	61
5.4.	Alocação de viagens e carregamento da rede	63
6.	Análise das propostas de rede de transporte	68
7.	Referências	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de processo das atividades de análise de oferta e demanda	4
Figura 2: Hierarquia do viário de São José dos Campos	6
Figura 3: Hierarquia do viário de São José dos Campos (área urbana principal)	7
Figura 4: Hierarquia do viário da macrozona sul de São José dos Campos	8
Figura 5: Hierarquia do viário da macrozona sudeste de São José dos Campos	9
Figura 6: Hierarquia do viário da macrozona leste de São José dos Campos	10
Figura 7: Hierarquia do viário da macrozona norte de São José dos Campos	11
Figura 8: Hierarquia do viário da macrozona oeste de São José dos Campos.....	12
Figura 9: Hierarquia do viário do Centro de São José dos Campos	13
Figura 10: Rotas do Transporte Público Coletivo Municipal.....	16
Figura 11: Frequência das rotas do Transporte Público Coletivo Municipal - indicada pela transparência	18
Figura 12: Frequência das rotas do Transporte Público Coletivo Municipal - detalhe na mancha urbana	19
Figura 13: Frequência das rotas do Transporte Público Coletivo Municipal - detalhe na macrozona sul.....	20
Figura 14: Frequência das rotas alimentadoras do Transporte Público Coletivo Municipal - detalhe na macrozona sul.....	21
Figura 15: Frequência das rotas do Transporte Público Coletivo Municipal - detalhe na macrozona sudeste.....	23
Figura 16: Frequência das rotas do Transporte Público Coletivo Municipal - detalhe na macrozona leste.....	24
Figura 17: Frequência das rotas do Transporte Público Coletivo Municipal - detalhe na macrozona norte	26
Figura 18: Frequência das rotas do Transporte Público Coletivo Municipal - detalhe na macrozona extremo-norte	27
Figura 19: Frequência das rotas do Transporte Público Coletivo Municipal - detalhe na macrozona oeste.....	28
Figura 20: Modelo de associação de validação a pontos de ônibus correspondente ...	32
Figura 21: Evolução Urbana 2010-2018.....	36
Figura 22: Evolução Urbana 2010-2018.....	37
Figura 23: Crescimento populacional por zona de tráfego entre 2010 e 2018.....	39
Figura 24: Densidade populacional por zona de tráfego em 2010 e 2018	40
Figura 25: Densidade de empregos por zona de tráfego – estimativa para 2018	42
Figura 26: Densidade de matrículas no ensino básico por zona de tráfego – estimativa para 2018	45

Figura 27: Densidade de matrículas no ensino básico por zona de tráfego – estimativa para 2018	46
Figura 28: Densidade de matrículas no ensino superior por zona de tráfego – estimativa para 2018	47
Figura 29: Diagrama de processo das atividades de análise de oferta e demanda	51
Figura 30: Diagrama com metodologia para construção do Cenário Referencial	53
Figura 31: Esquema de alternativas de oferta de transporte coletivo para deslocamento entre origem A e destino B	66
Figura 32: Proposta de corredores de BRT do Projeto de Reestruturação	69
Figura 33: Localização dos corredores com proposta de projeto funcional: Centro (superior), JK (inferior esquerdo) e Pedro Friggi (inferior direito)	71
Figura 34: Estações com e sem ultrapassagem no Corredor JK	73
Figura 35: Configurações de seção transversal do Corredor JK (estações com e sem ultrapassagem)	73
Figura 36: Estações com e sem ultrapassagem no Corredor Pedro Friggi	74
Figura 37: Configurações de seção transversal do Corredor Pedro Friggi (estações com e sem ultrapassagem)	74

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Motivos de deslocamento no destino	34
Tabela 2: Comparativo entre os tempos, por estratégia de viagem	66
Tabela 3: Comparativo entre os tempos totais e os tempos despendidos nos veículos	67

1. Introdução

A análise de oferta e demanda do sistemas de transporte baseia-se tipicamente em modelos de simulação que fornecem como resultado os indicadores necessários para o desenho das redes de oferta adequadas às demandas estimadas para o ano base e para os horizontes futuros. Esses modelos dependem de uma variedade de insumos e ferramentas que foram evoluindo ao longo do tempo. As técnicas tradicionais baseadas em pesquisas amostrais de grande porte, entretanto, têm sido cada complementadas e, em parte, substituídas por métodos que incorporam o enorme e valioso volume de dados proveniente dos sistemas tecnológicos como a bilhetagem eletrônica e o sistema de localização automática de veículos (AVL/GPS). Essas mudanças, ainda que recentes e com metodologias em constante desenvolvimento e evolução devido à velocidade de avanço das tecnologias, abrem caminho para a associação das vantagens e a eficiência do mundo do *big data* e o conhecimento acumulado no setor de planejamento de transportes.

O presente relatório, seguindo o caráter de inovação que motivou o projeto, considera em sua metodologia esses insumos como parte fundamental dos modelos analíticos. Sendo assim, apresenta-se, neste documento, a abordagem proposta, que neste momento delinea o caminho a ser seguido nas seguintes atividades, que dependem da disponibilização do conjunto de dados de bilhetagem e de AVL para aplicar a dita metodologia, calibrar os modelos e obter os resultados para simulação das redes de transporte.

Este relatório, portanto, tem como objetivo apresentar a metodologia de trabalho definida para a análise de oferta e demanda do presente estudo. As seções 2 a 5 descrevem as atividades de desenvolvimento dos modelos de análise, seu insumos, produtos intermediários e resultados esperados, ilustrados de forma esquemática no diagrama da Figura 1. O capítulo 2 trata do sistema viário e de transporte público de São José dos Campos, que representam o principal insumo de oferta para desenvolver a rede base de simulação. No capítulo 3 é discutida a metodologia para geração da matriz de viagens de transporte público do ano base a partir dos dados de bilhetagem. O capítulo 4 mostra

os resultados da elaboração das bases de dados das variáveis explicativas da demanda de viagens, como população, empregos e matrículas de ensino, que permitem também uma caracterização básica da situação atual área de estudo em termos demográficos e socioeconômicos. O capítulo 5 descreve a metodologia proposta para a projeção da demanda para os horizontes futuros e para os modelos de alocação de viagens que permitem estimar os carregamentos e os indicadores de oferta e demanda.

Finalmente, o capítulo 6 analisa as propostas existentes para o transporte público de São José dos Campos, apontando, a partir desses insumos, alternativas de modelos operacionais que servirão como base para a formulação da rede a ser implementada no município como parte da nova concessão do sistema municipal.

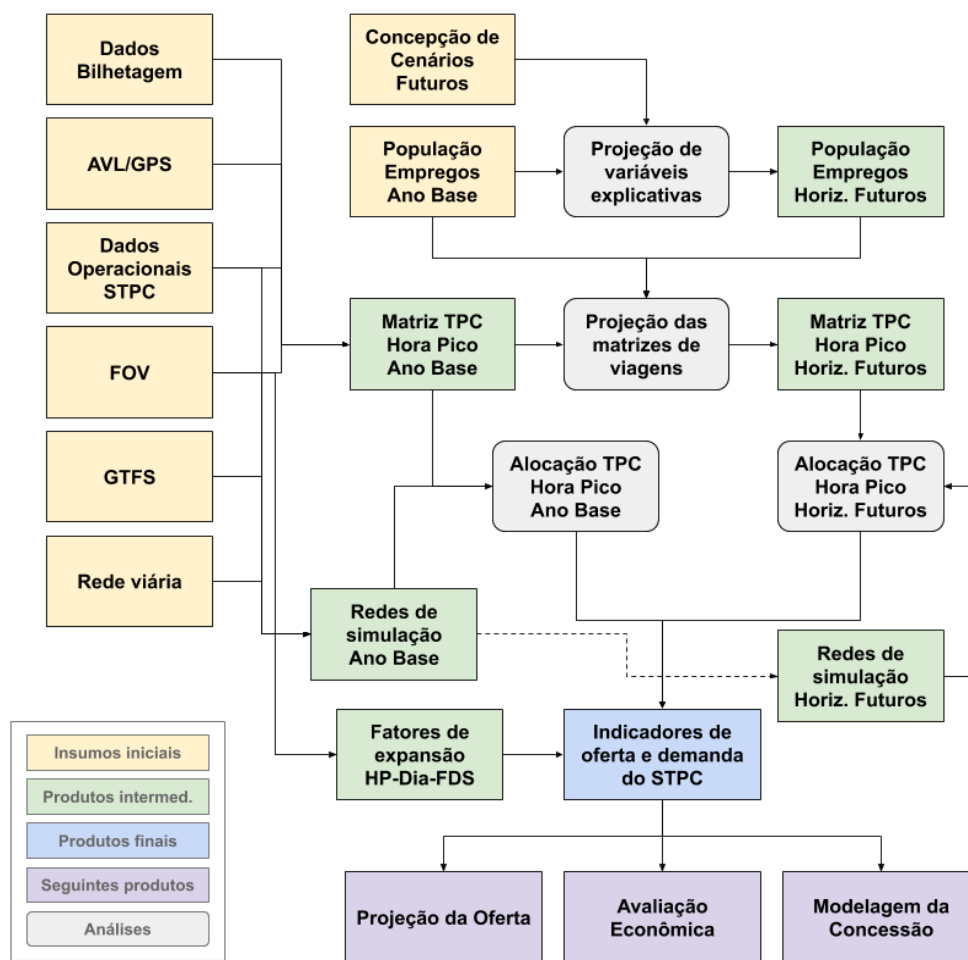


Figura 1: Diagrama de processo das atividades de análise de oferta e demanda.

Fonte: Elaboração própria

2. Rede de oferta de transportes

Este capítulo apresenta as redes viária e de transporte coletivo no município de São José dos Campos, avaliando a oferta para viagens motorizadas, sejam individuais ou coletivas. Conforme mencionado na introdução, o sistema viário e de transporte público aqui tratados conformarão o principal insumo para a montagem das redes de simulação que alimentam o modelo de alocação de viagens descrito no capítulo 5.

As seções seguintes apontam como se estruturam as redes, avaliando cada região internamente e como se dá a relação entre as regiões. Esse item do presente relatório está relacionado ao que foi apresentado no item 3 do relatório do produto 1, expandido a análise já apresentada no produto 1.

2.1 Rede viária

São José dos Campos possui uma vasta infraestrutura viária, com a presença de grandes vias expressa no tecido urbano. Os mapas das figuras 2 e 3 apresentam a hierarquia do viário da cidade, e deixam clara a importância que a Rodovia Dutra possui para o município - servindo para muitos deslocamento como uma via expressa ou arterial.

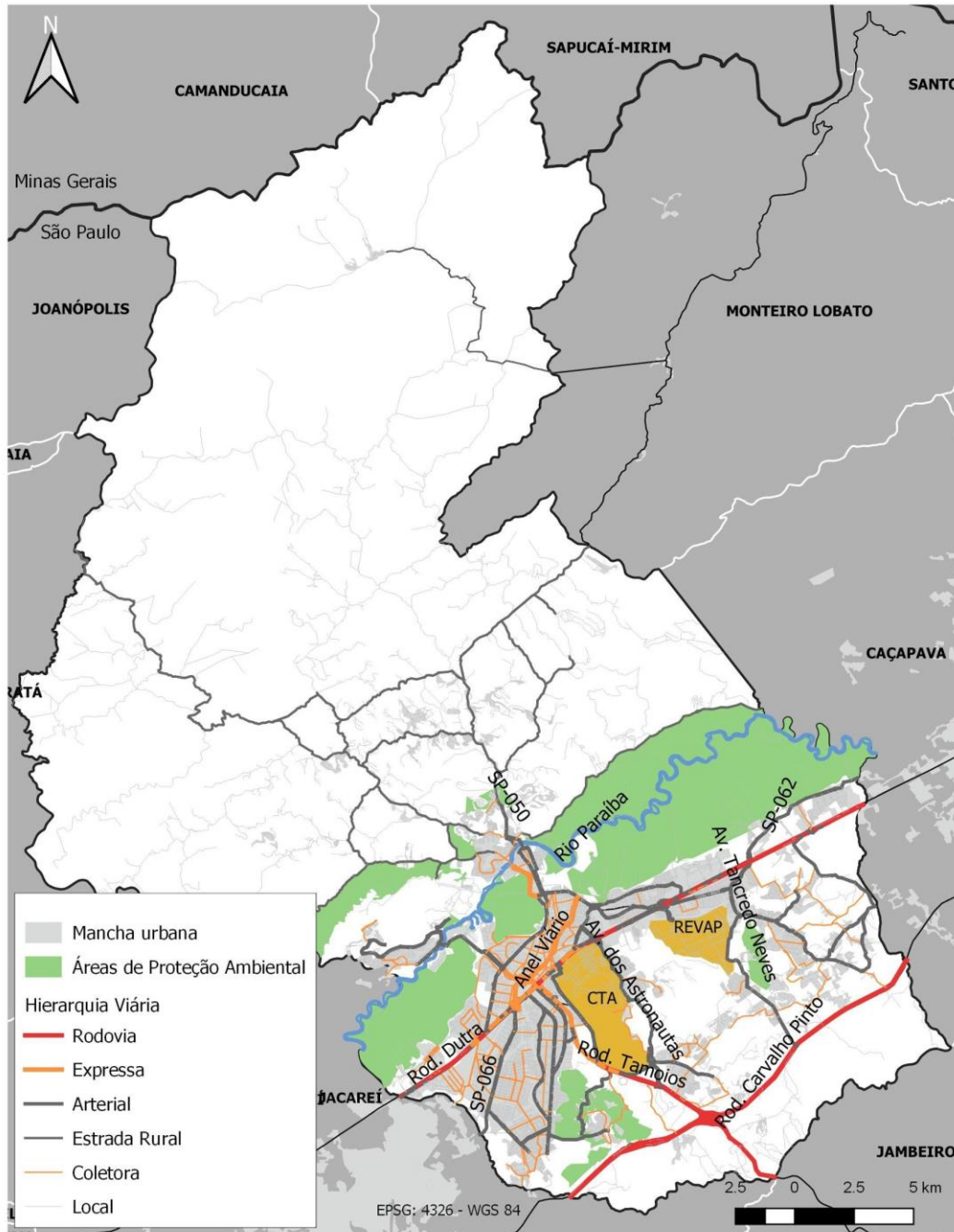


Figura 2: Hierarquia do viário de São José dos Campos

Fonte: Elaboração própria

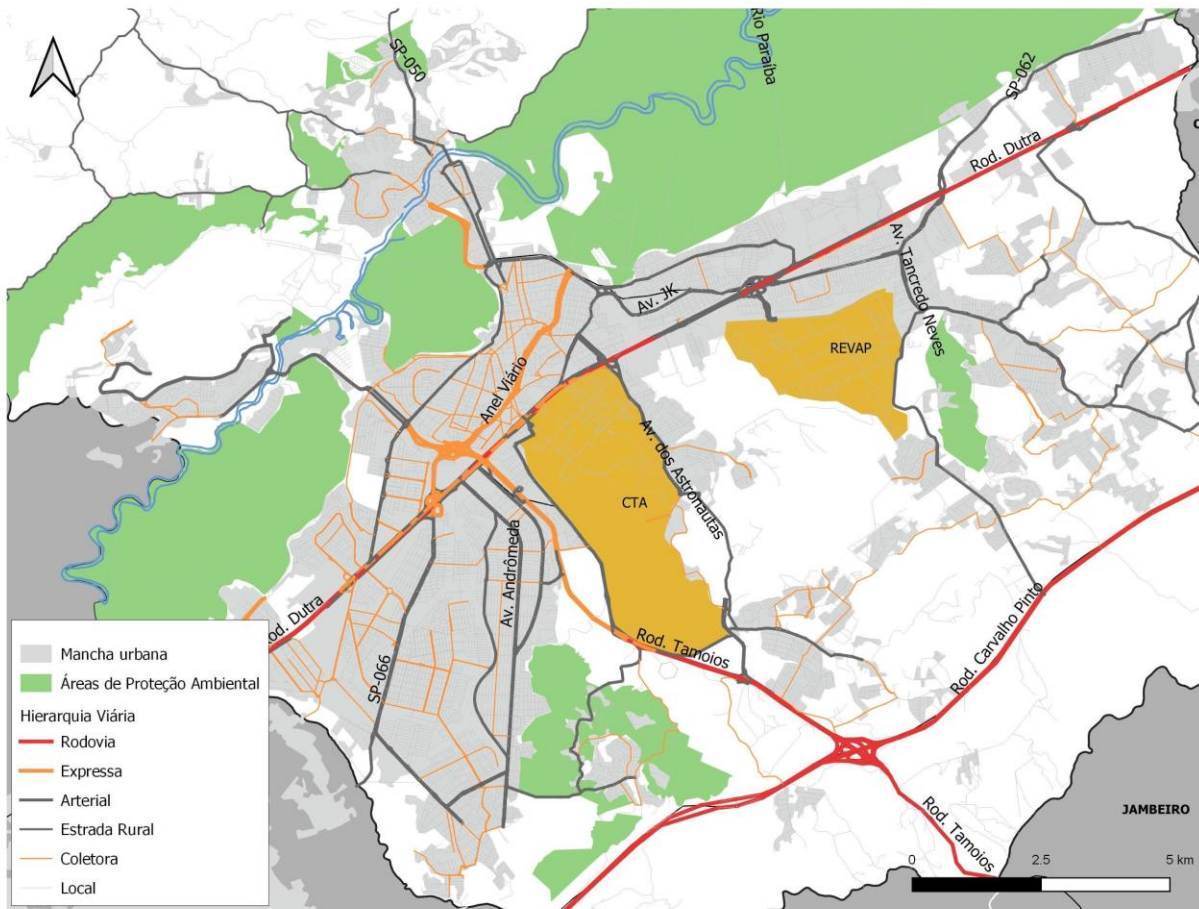


Figura 3: Hierarquia do viário de São José dos Campos (área urbana principal)

Fonte: Elaboração própria

Nas subseções seguintes, será apresentado o viário principal de cada uma das macrozonas do município, para que fique mais claro as principais características de cada macrozona.

Macrozona sul

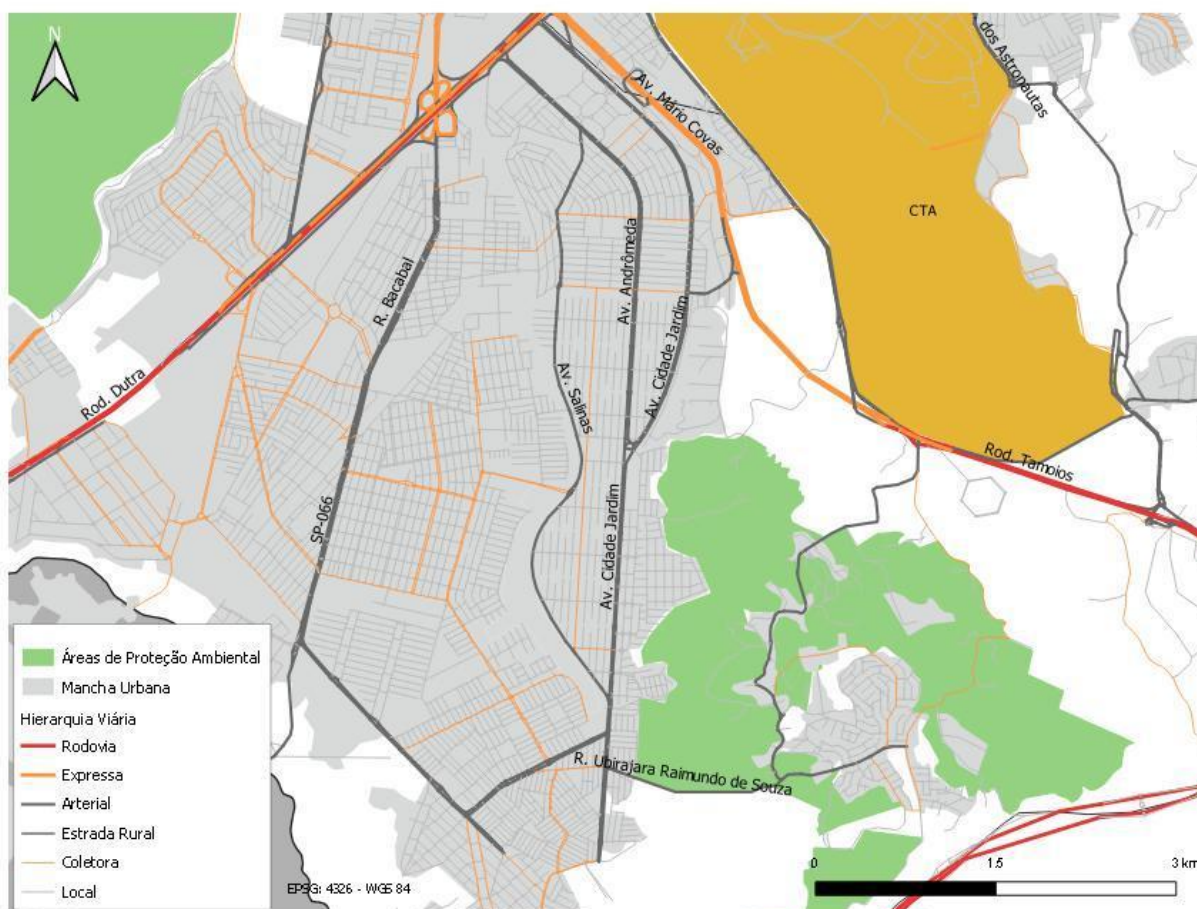


Figura 4: Hierarquia do viário da macrozona sul de São José dos Campos

Fonte: Elaboração própria

Estruturantes dos deslocamentos internos da macrozona sul, os principais eixos são SP-066/ R. Bacabal e Av. Cidade Jardim/ Av. Andrômeda, ambos com direção radial.

Para o acesso a outras regiões da cidade, também são importantes para a zona sul Rod. Dutra e Av. Mário Covas/ Av. Jorge Zarur, além do eixo SP-066/ R. Bacabal já citado, que permite ligação com o Anel Viário por meio do Viaduto Kanebo. A ligação com a Região Oeste é possível também pela Av. George Eastman.

Merecem destaque ainda a Av. Salinas, que margeia o Córrego Senhorinha e serve aos deslocamentos radiais, e a R. Ubirajara Raimundo de Souza, que liga o Parque Interlagos à Av. Cidade Jardim.

A macrozona sul possui um problema de baixa conectividade transversal, com os principais eixos servindo aos deslocamentos em direção ao centro da cidade. Além disso, a região possui uma grande segregação interna (o Córrego Senhorinha age como uma barreira a deslocamentos internos) e em relação às outras regiões (a Rod. Dutra limita conexões com a Zona Oeste).

Macrozona sudeste

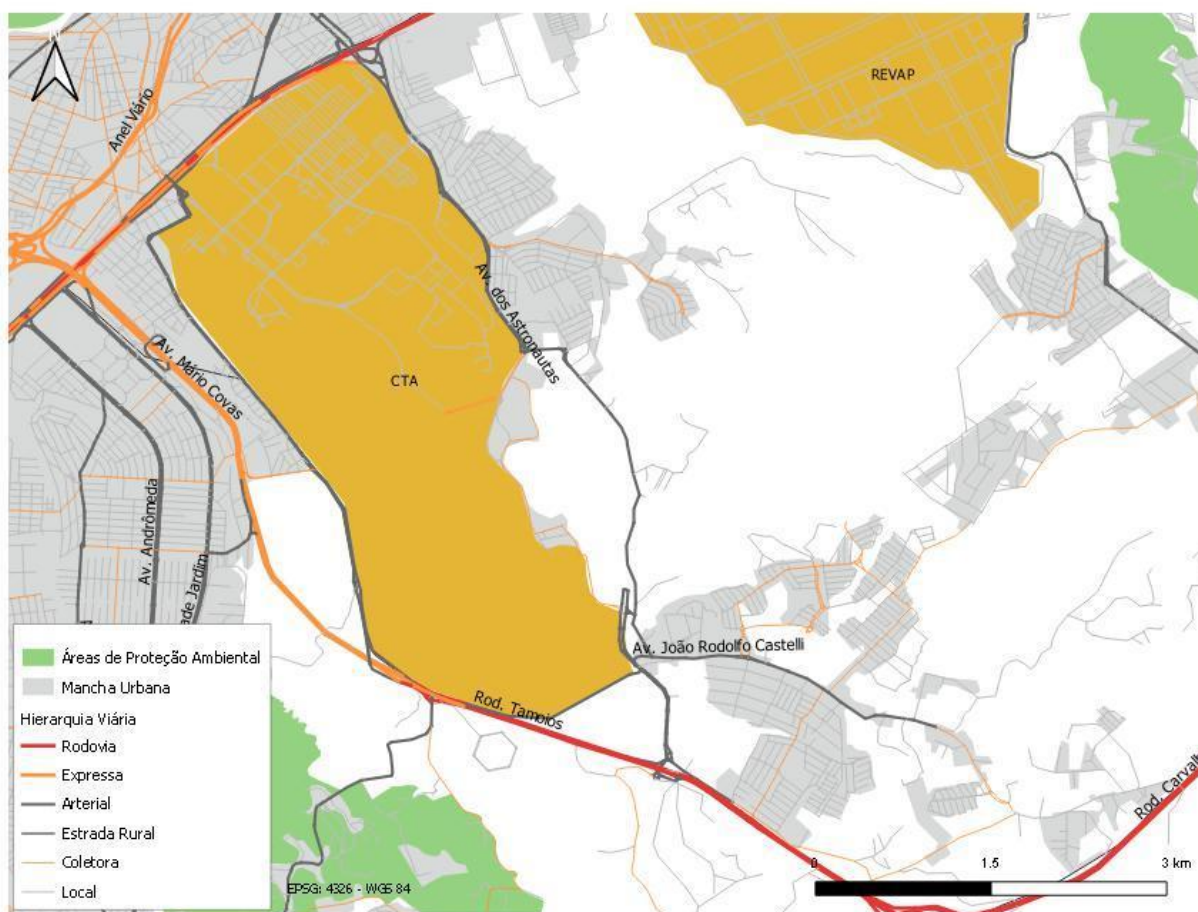


Figura 5: Hierarquia do viário da macrozona sudeste de São José dos Campos

Fonte: Elaboração própria

A macrozona sudeste possui grande parte do seu território ocupada pelo CTA. Como esse possui acesso controlado, a conectividade entre os bairros mais a sul e o Centro fica prejudicada, sendo possível apenas pelo eixo Rod. Tamoios/ Av. Mário Covas ou

pela Av. dos Astronautas. Destaca-se também o papel estruturante interno da Av. João Rodolfo Castelli.

Macrozona leste

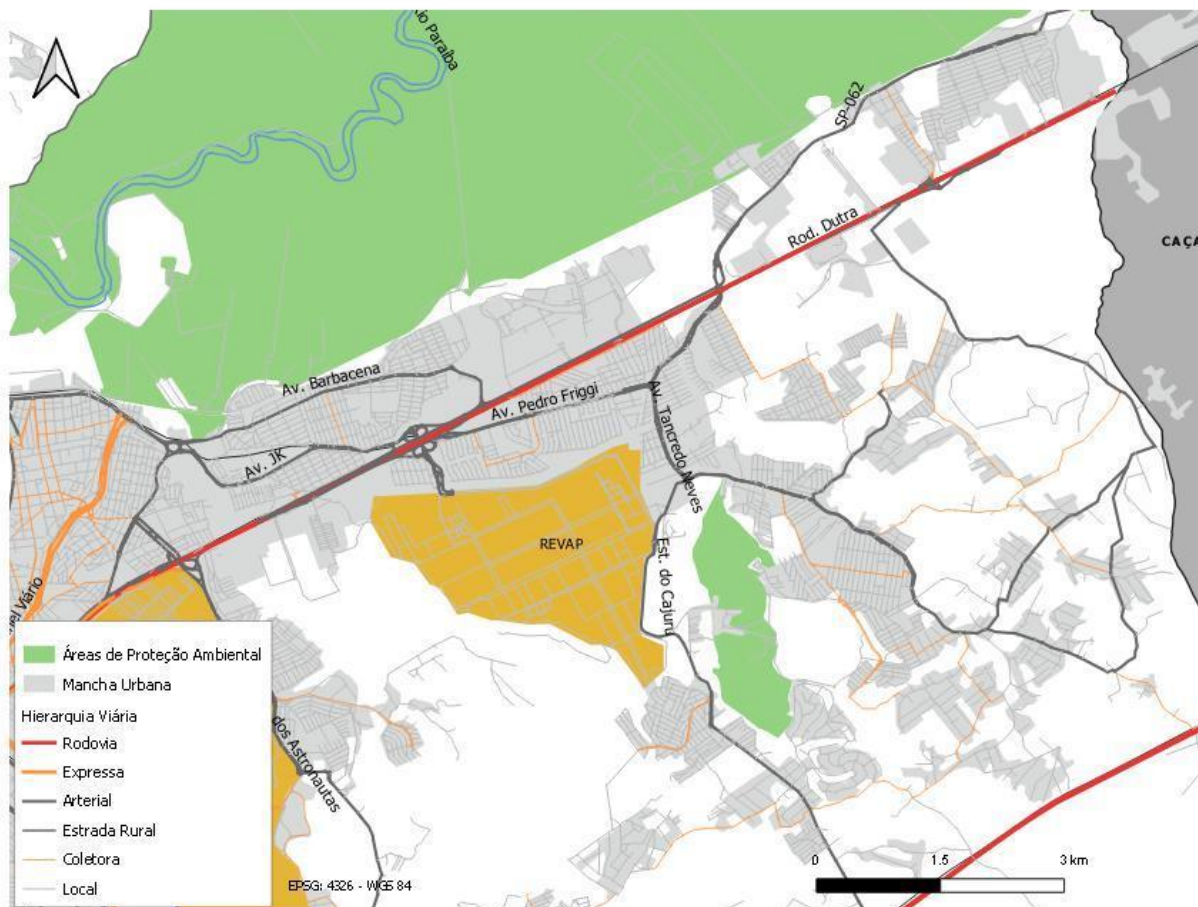


Figura 6: Hierarquia do viário da macrozona leste de São José dos Campos

Fonte: Elaboração própria

Pode-se estabelecer um paralelo entre a relação do CTA com a macrozona sudeste, e da REVAP com a macrozona leste, uma vez que ambos atuam como barreiras urbanas para as diferentes macrozonas. No caso da macrozona leste, a ligação com o centro ocorre pela Rod. Dutra, pela Av. Barbacena ou pela Av. Juscelino Kubitschek. Esta é a principal via arterial integrada ao tecido urbano (já que a Rod. Dutra é uma barreira para pedestres e ciclistas), constituindo um eixo com Av. Pedro Friggi e Av. Tancredo Neves

e dando acesso aos Campos de São José pela Estrada do Cajuru e a Eugênio de Melo pela Av. Benedito Friggi/ SP-062.

Macrozona norte

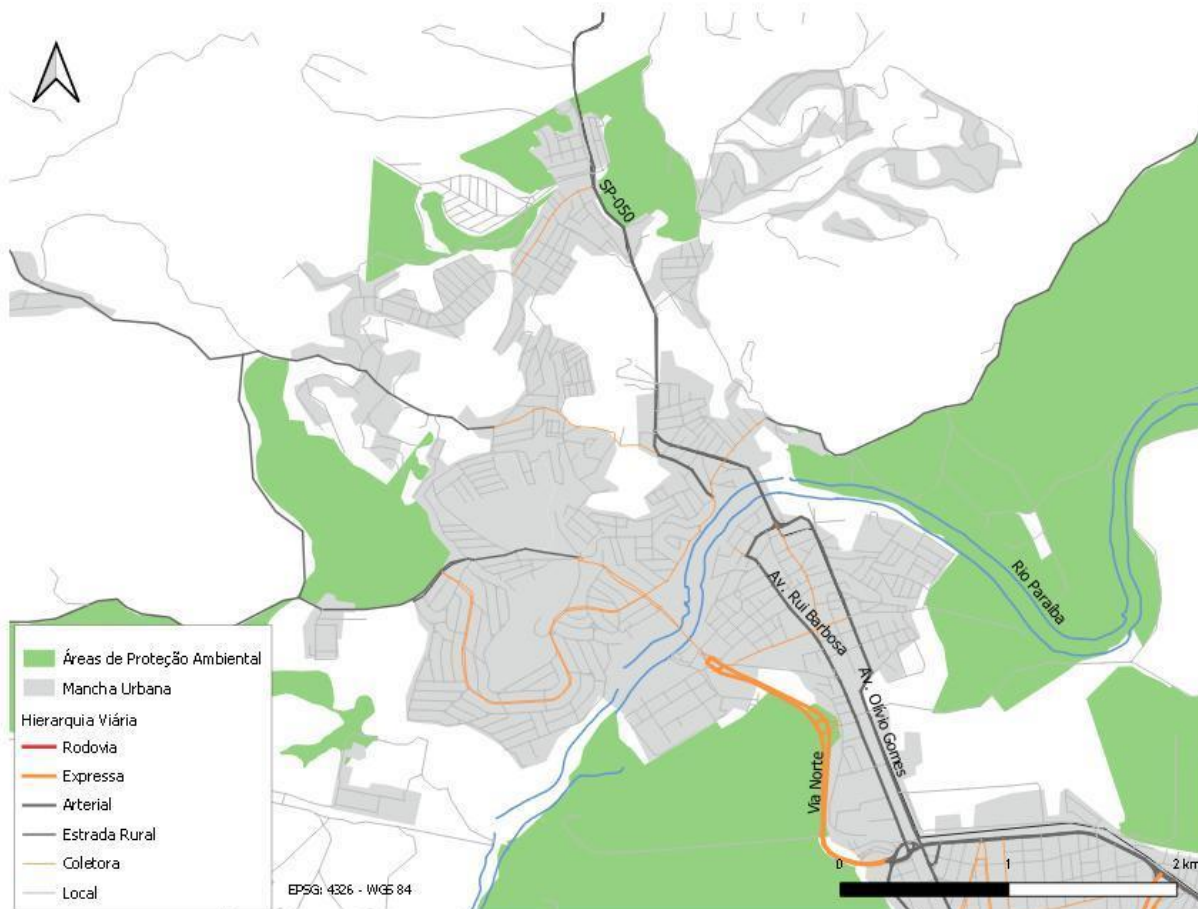


Figura 7: Hierarquia do viário da macrozona norte de São José dos Campos

Fonte: Elaboração própria

Na macrozona norte o acesso ao centro da cidade é possível apenas pelo Binário Av. Olívio Gomes/ Av. Rui Barbosa, que continua na SP-050, ou pela Via Norte. Há uma grande desconexão com as outras zonas da cidade, sendo necessário passar pelo centro, independente do destino.

O relevo atua como grande condicionante da ocupação, o que explica a sinuosidade das vias, e o Rio Paraíba do Sul separa a zona em duas partes, com apenas três pontes ligando os dois lados - duas destas para veículos motorizados.

Macrozona oeste

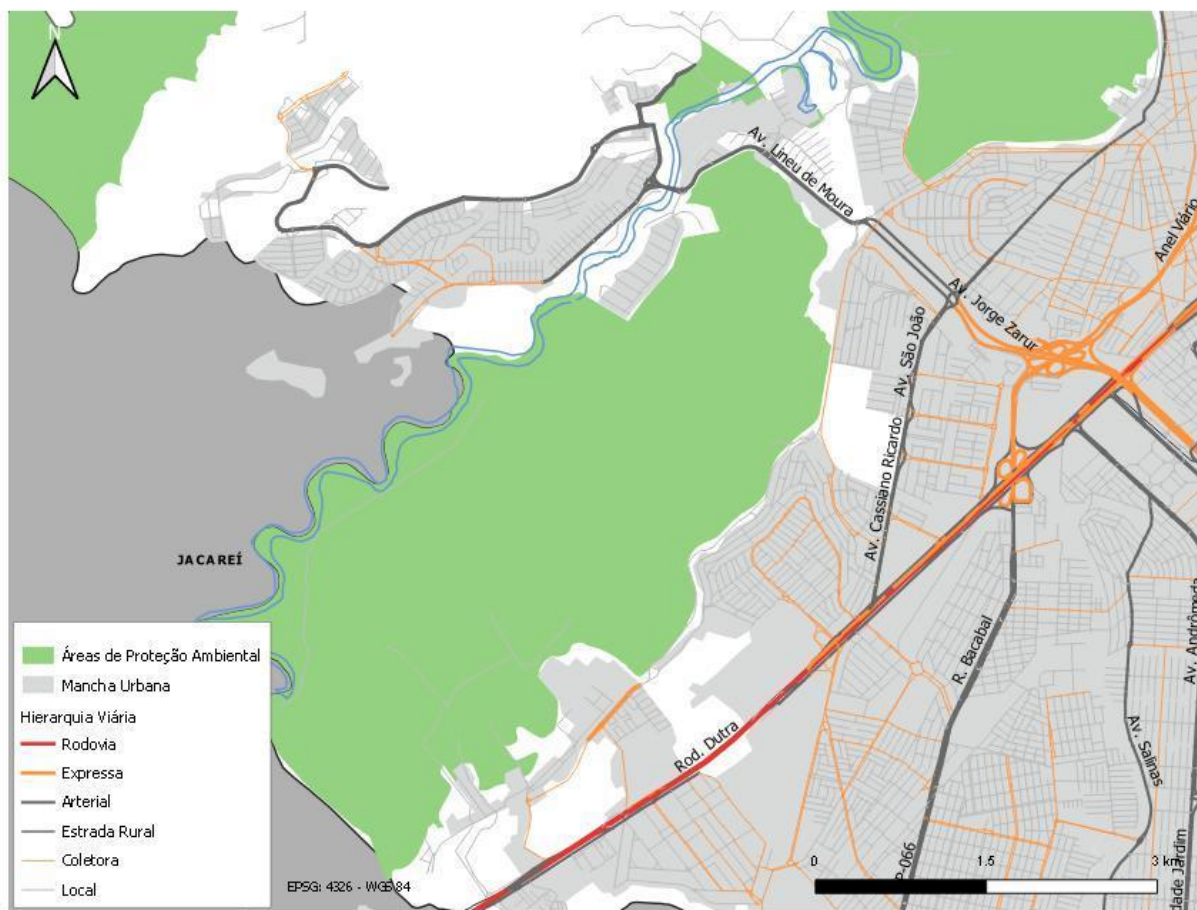


Figura 8: Hierarquia do viário da macrozona oeste de São José dos Campos

Fonte: Elaboração própria

A macrozona oeste tem duas regiões que se conectam à cidade de formas claramente distintas. Enquanto o acesso à Urbanova é dado pela Av. Lineu de Moura, o eixo Av. Cassiano Ricardo/ Av. São João é o principal responsável pela ligação do Aquarius com o Centro.

Também é importante o eixo Av. Eduardo Cury/ Av. Jorge Zarur, que permite ligação com o Anel Viário e com a Rod. Tamoios. Por fim, a Rod. Dutra atua como via expressa ao mesmo tempo em que age como barreira para o acesso à Zona Sul.

Para os deslocamentos que partem ou têm destino no Jardim das Indústrias e no Jardim Pôr do Sol, a via Oeste é uma nova alternativa à Rod. Dutra.

Macrozona centro

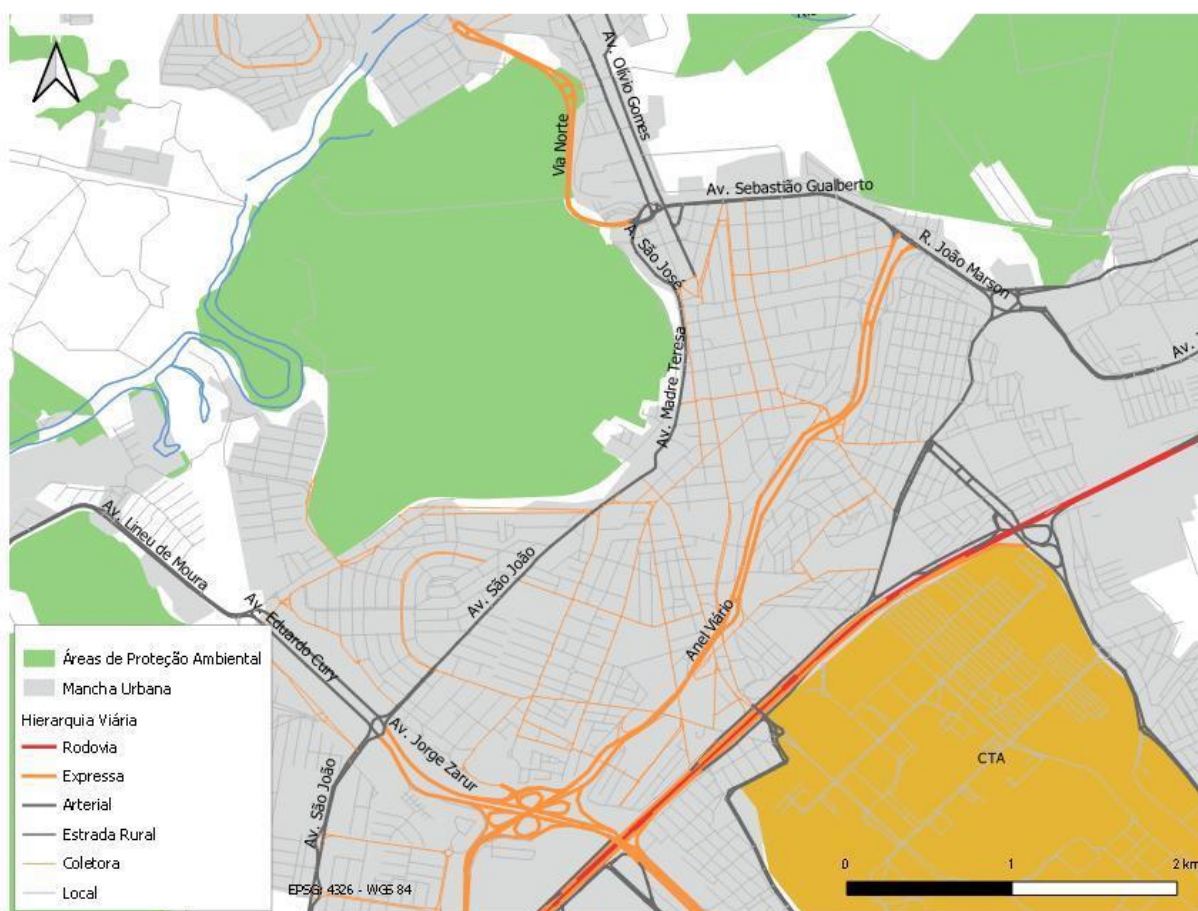


Figura 9: Hierarquia do viário do Centro de São José dos Campos

Fonte: Elaboração própria

Limitando o centro de São José dos Campos, está a sudoeste Av. Dr. Eduardo Cury/ Av. Jorge Zarur, a leste a Rod. Dutra e a norte R. João Marson/ Av. Sebastião Gualberto,

facilitando o acesso à região por meios motorizados, ao mesmo tempo em que diminuem a conectividade urbana.

Interior à zona, a Av. Presidente Juscelino Kubitschek permite a ligação com a Zona Leste. R. Paraibuna, Av. Dr. Nelson D'Ávila, Av. Eng. Francisco José Longo, Av. Dr. Adhemar de Barros, Av. Nove de Julho e Av. São João/ R. Luis Jacinto/ Av. Madre Teresa/ Av. São José são as principais vias para as viagens que cruzam o centro.

Por fim, permitindo ligação com outras zonas e separando o centro em duas partes pouco conectadas, está a via expressa Anel Viário.

2.2 Rede de transporte coletivo

A rede de transporte público coletivo de São José dos Campos é composta por 103 linhas de ônibus, conforme descrito no relatório “Diagnóstico das Limitações Estruturais para Implementação de um Novo Modelo”. Esse sistema é responsável pelo atendimento da população da cidade, conectando os diversos bairros com os principais destinos, em uma malha predominantemente radial, ou seja, com linhas que interligam os bairros com o centro em detrimento de ligações transversais ou perimetrais entre regiões ou centralidades secundárias.

Para avaliar a cobertura da rede de transporte público, é feita a seguir uma análise da cobertura do sistema por macrozona do município, a partir da informação de traçado obtida a partir do GTFS¹ do sistema de transporte público coletivo municipal, mostrada no mapa da figura 10, abaixo.

¹ Segundo a página de desenvolvimento do Google: “A Especificação Geral de Feeds de Transporte Público (GTFS) define um formato comum para horários de transportes públicos e informações geográficas associadas. Os feeds GTFS permitem que as agências de transporte público publiquem suas informações e que os desenvolvedores criem aplicativos que consumam esses dados com interoperabilidade. Um feed GTFS é composto de uma série de arquivos de texto recolhidos em um arquivo ZIP. Cada arquivo modela um aspecto específico das informações sobre o transporte público: paradas, trajetos, viagens e outros dados relativos a horário. A agência de transporte público pode produzir um feed GTFS para compartilhar suas informações sobre transporte público com desenvolvedores, que criam ferramentas que consomem feeds GTFS para incorporar informações de transporte público em seus aplicativos. A GTFS pode ser usada para oferecer recursos mais poderosos a planejadores de viagens, publicadores de tabelas e uma

ampla variedade de aplicativos que usam informações sobre transporte público de alguma forma.
(<https://developers.google.com/transit/gtfs/?hl=pt-br>)

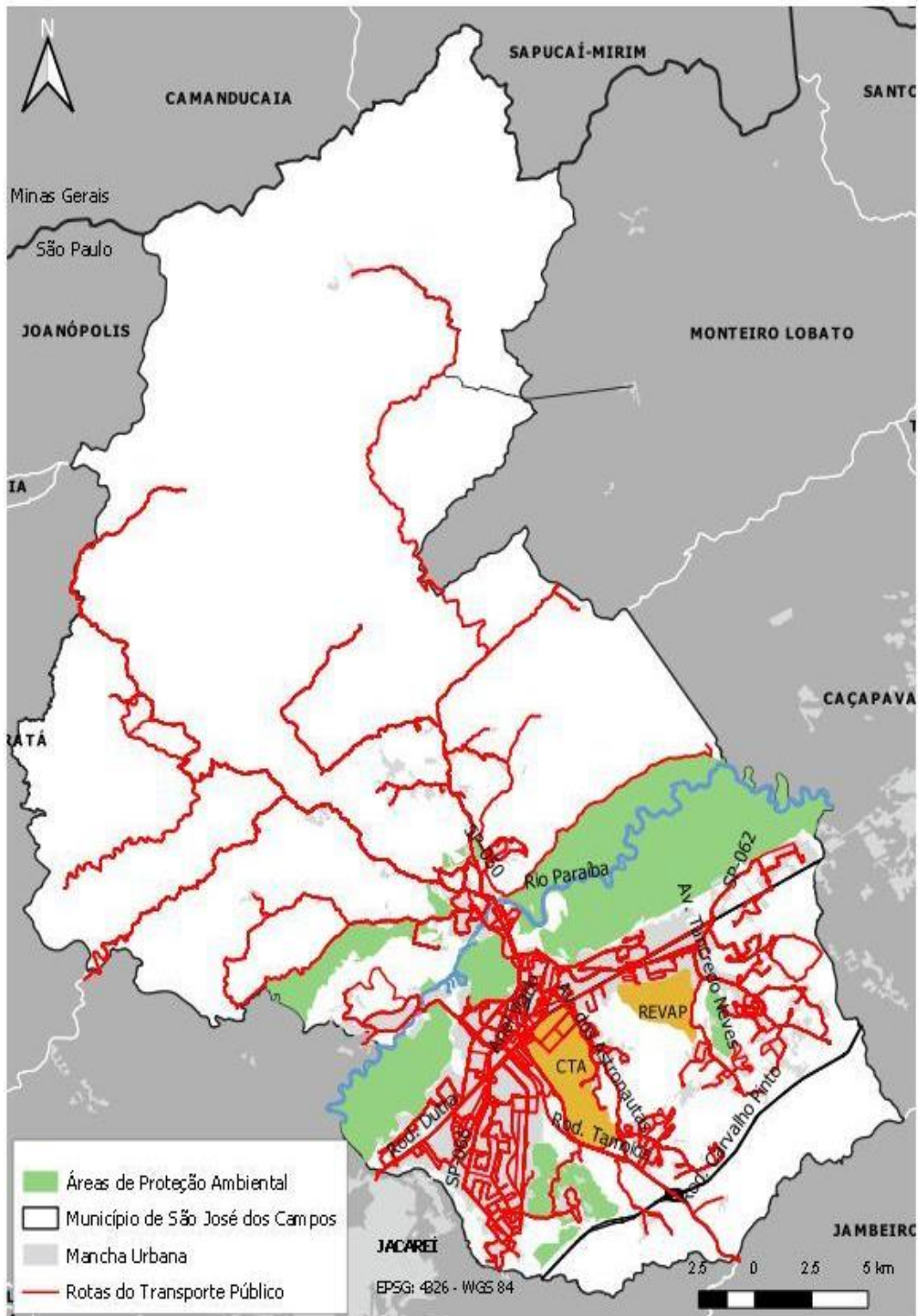


Figura 10: Rotas do Transporte Público Coletivo Municipal

Fonte: Elaboração própria

Cabe ressaltar que os sistemas GTFS foram desenvolvidos com base em um padrão de organização de dados que permitiu sua crescente adoção no mundo todo, o que facilita e dá eficiência às análises, processamentos e compartilhamento de informações e ferramentas. Os arquivos de GTFS das linhas de ônibus municipal de São José dos Campos recebidos pela equipe continham informações extremamente úteis para a elaboração do projeto, porém em alguns pontos diferem da documentação oficial do formato, o que gerou a necessidade de processamentos adicionais e aumento da probabilidade de inconsistências nas bases de dados. Por esse motivo recomenda-se a revisão dos processos de geração e atualização desses arquivos para facilitar e ganhar eficiência no futuro em aplicações de transporte público no município.

A avaliação apenas a partir do traçado, no entanto, mostra-se frágil por não considerar o tempo de espera dos usuários. Linhas com frequência muito baixa não seriam consideradas como uma fragilidade na cobertura do sistema se fosse avaliada apenas a cobertura espacial. Para resolver esse problema, a análise será feita também com a informação de frequência das linhas, como mostrado no mapa da figura 11, seguinte.

A frequência é representada pela transparência da rota, de forma que a sobreposição de rotas num mesmo corredor - o que aumenta a frequência ofertada - consegue ser representada por um tom mais intenso de vermelho. O dado de frequência foi retirado do GTFS, contando o número de partidas entre 7h e 8h nas segundas-feiras para cada atendimento e sentido.

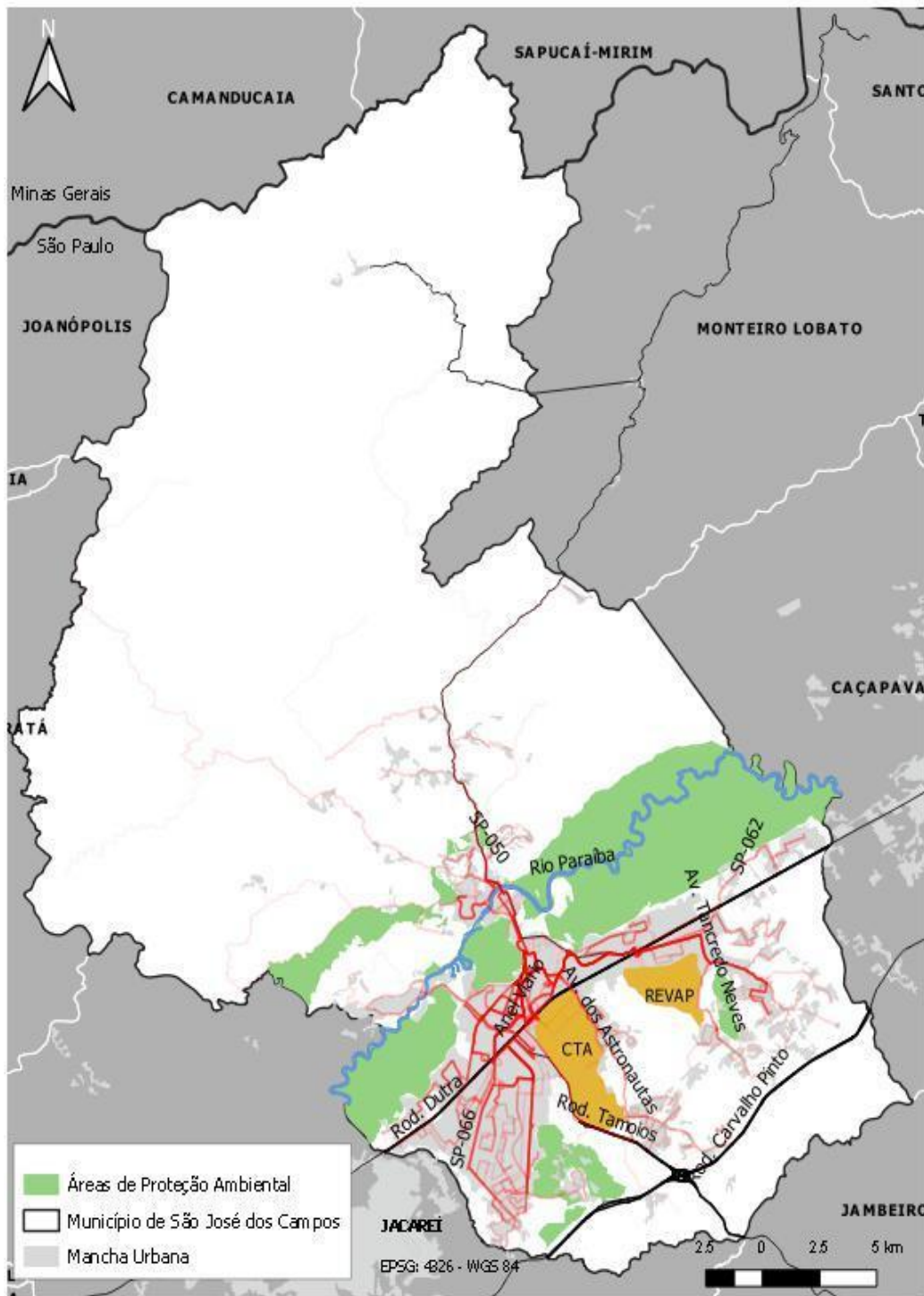


Figura 11: Frequência das rotas do Transporte Público Coletivo Municipal - indicada pela transparência

Fonte: Elaboração própria

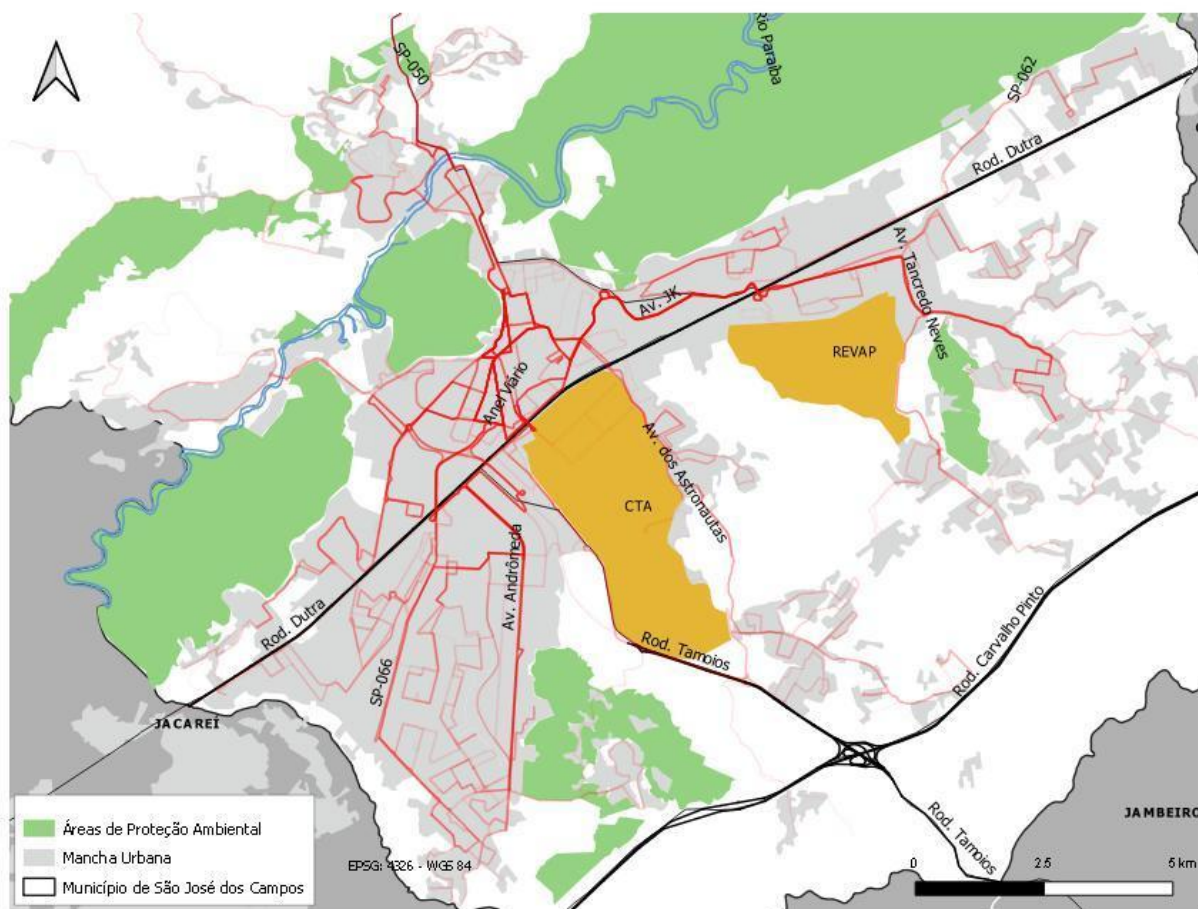


Figura 12: Frequência das rotas do Transporte Público Coletivo Municipal - detalhe na mancha urbana

Fonte: Elaboração própria

Macrozona sul

No mapa da figura 13, abaixo, além de mostrar a frequência das linhas a partir da transparência do traçado, separa as linhas alimentadoras, estando estas na cor azul.

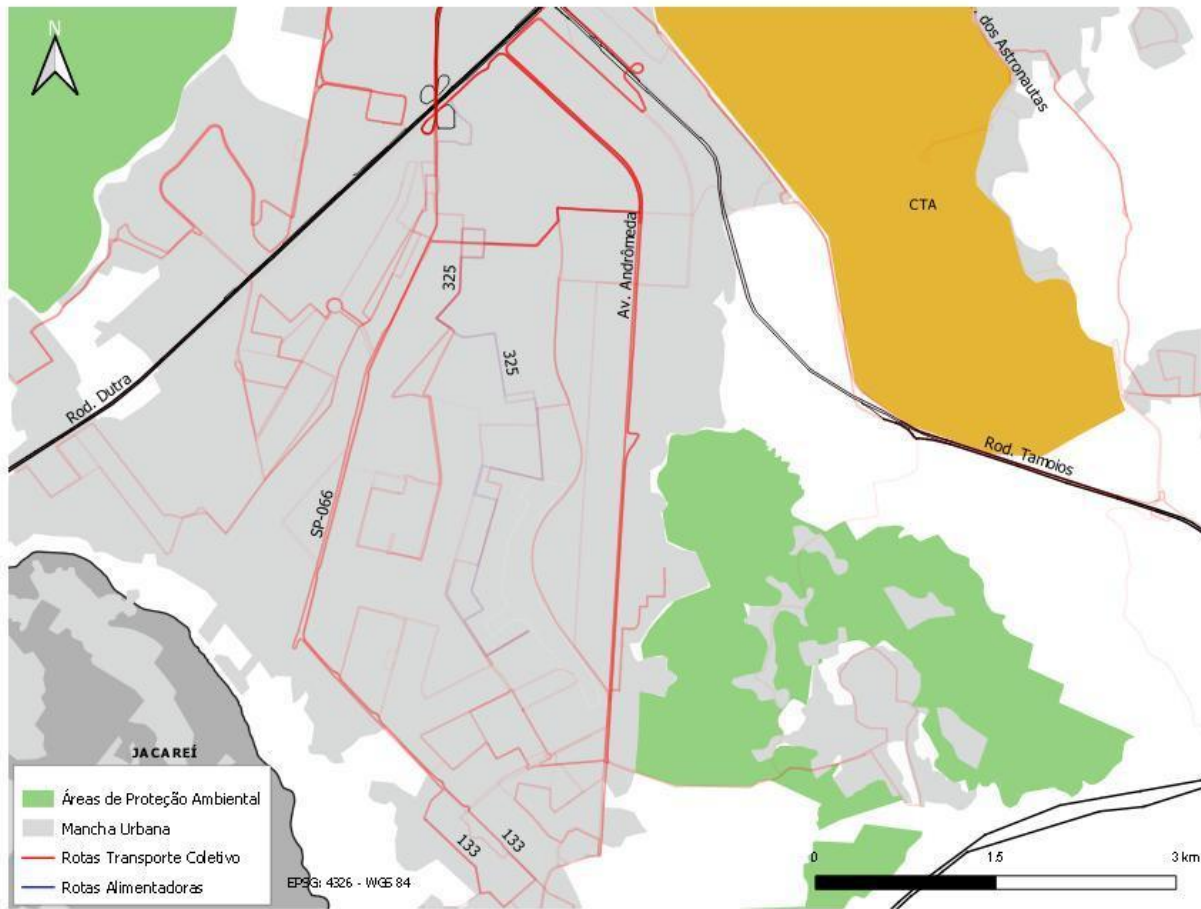


Figura 13: Frequência das rotas do Transporte Público Coletivo Municipal - detalhe na macrozona sul

Fonte: Elaboração própria

Como as alimentadoras possuem frequências muito baixas, o que é um problema para a ideia de alimentação, o mapa seguinte mostra apenas essas rotas.

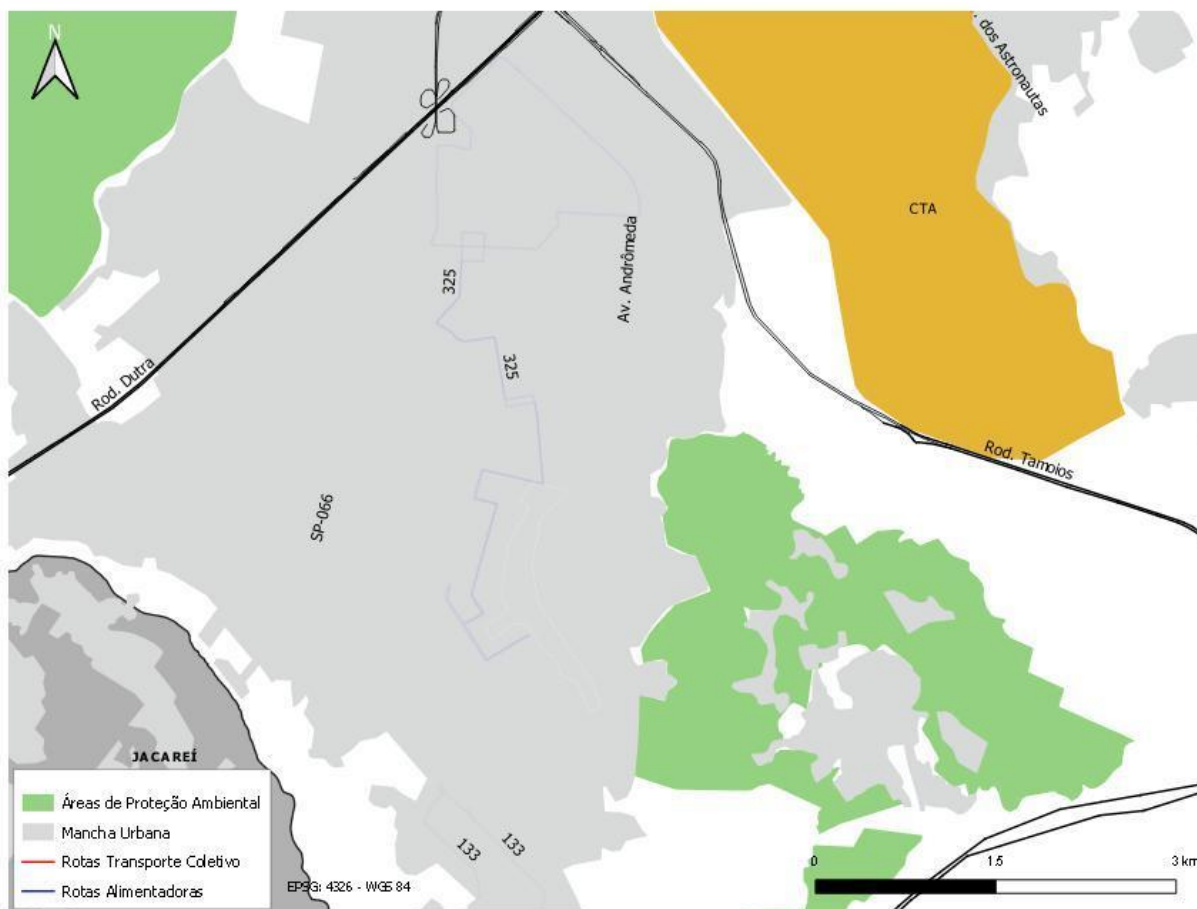


Figura 14: Frequência das rotas alimentadoras do Transporte Público Coletivo Municipal - detalhe na macrozona sul

Fonte: Elaboração própria

Na macrozona sul são consideradas como alimentadoras apenas as linhas 325 e 133 - com rótulos no mapa da figura 14, mas com traçado pouco visível devido à baixa frequência. A rota 133 cobre o extremo sul, em bairros como Jardim dos Bandeirantes, Jardim Nova República e Jardim Colonial.

Já a linha 325 atua como ligação da região que engloba Jardim Oriente e Bosque dos Ipês à centralidade próxima ao Vale Sul, dessa forma, além de servir como alimentadora para as rotas que passam nos corredores da Av. Andrômeda e da R. Bacabal, a linha serve como ligação para a centralidade no entorno do shopping Vale Sul.

A Estrada Velha (SP-066) e Av. Andrômeda/ Cidade Jardim são os principais eixos do transporte público na Zona Sul, servindo para viagens interiores à macrozona, mas também sendo as únicas alternativas para viagens em direção ao centro. Para as linhas que seguem pela Av. Andrômeda, é imposto um grande percurso improdutivo, até chegar ao ou voltar do centro.

No espaço entre os dois principais eixos, existem diversas linhas que percorrem alguns bairros e na sequência entram nos corredores. A grande diversidade de traçados, no entanto, diminui a frequência dos atendimentos, o que abre a possibilidade de uma tronco-alimentação com os eixos existentes ou de criar um novo eixo entre os dois atuais.

Cabe ressaltar uma deficiência na conectividade transversal da macrozona sul, com os traçados das rotas pensados para atender deslocamentos radiais. A exceção fica para o eixo Av. Cassiopéia/ Av. Guadalupe, transversal, mas com boa frequência.

Por fim, como observação geral, tem-se uma grande presença de traçados pouco retilíneos, o que torna a competição com outros modos muito desfavorável para o transporte público. A linha 30 do transporte alternativo, por exemplo, percorre um longo caminho negativo - trajeto em direção contrária à da linha - no Jardim Portugal, até chegar à Av. Andrômeda e seguir em direção ao centro.

Macrozona sudeste



Figura 15: Frequência das rotas do Transporte Público Coletivo Municipal - detalhe na macrozona sudeste

Fonte: Elaboração própria

A macrozona sudeste possui dois grandes eixos para o transporte público: Av. dos Astronautas e Rod. Tamoios, com trecho urbano margeando o CTA. Os dois eixos possuem rotas originadas em bairros distantes do centro, como Putim e Jardim Jatobá, e que passam pela Av. João Rodolfo Castelli. Além disso, Av. dos Astronautas possui ainda rotas que atendem bairros em suas imediações, como Jardim da Granja e Jardim Uira.

Não há linhas alimentadoras na macrozona sudeste e é precária a ligação com outras regiões que não o centro, sendo importante fortalecer a ligação sudeste - leste para crescimento das centralidades locais.

Macrozona leste

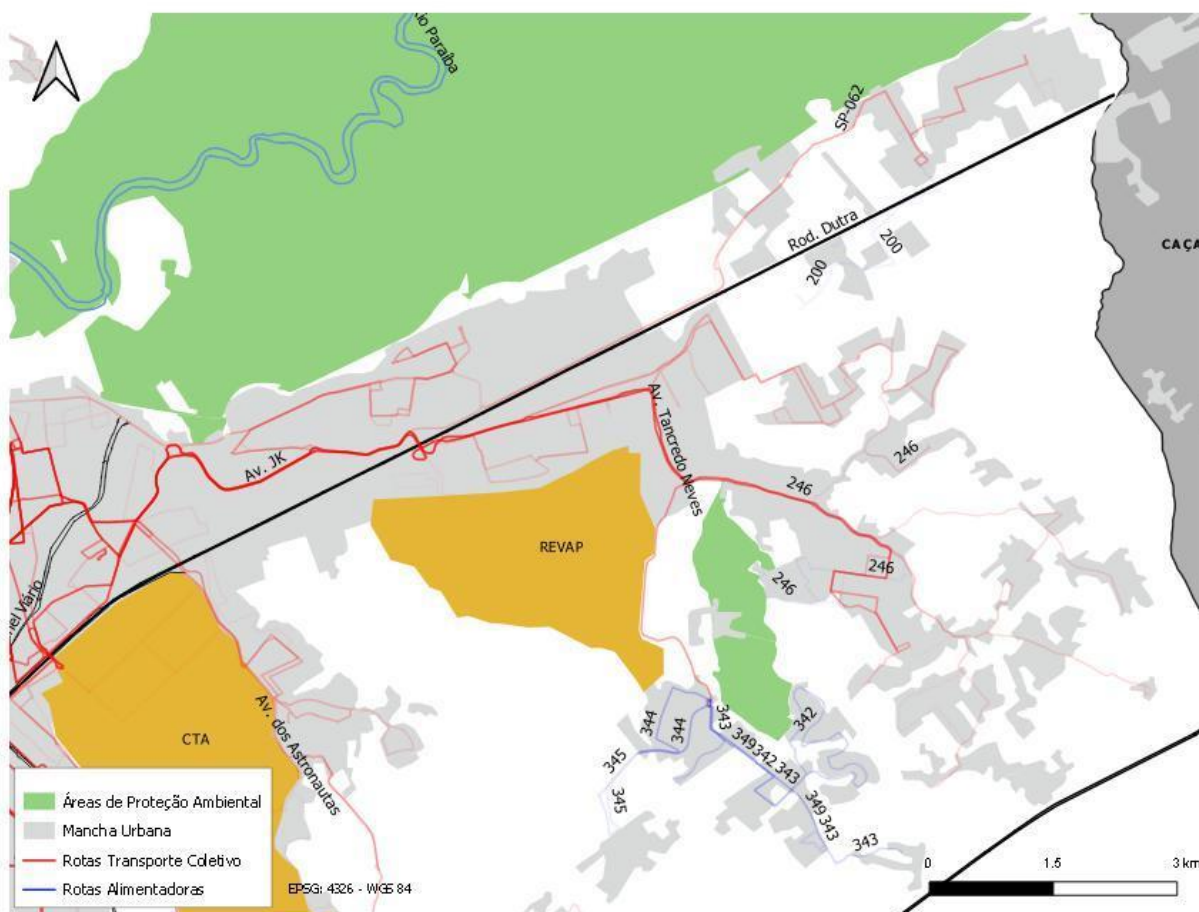


Figura 16: Frequência das rotas do Transporte Público Coletivo Municipal - detalhe na macrozona leste

Fonte: Elaboração própria

A macrozona leste possui um grande eixo para o transporte público - formado por Av. Juscelino Kubitschek, Av. Pedro Friggi e Av. Tancredo Neves - servindo como vetor de demanda concentrada que atende a localidades próximas, com menor demanda de viagens e destino à área central.

Os bairros próximos ao Jardim Ismênia e à Vila Tesouro são atendidos pelo eixo da Av. Barbacena, que se junta à Av. Juscelino Kubitschek. A região de Eugênio de Melo é atendida pelo eixo da SP-062, que se junta ao eixo principal no encontro da Av. Pedro Friggi com a Av. Tancredo Neves. Os bairros Jardim Santa Inês e Jardim São José são atendidos por rotas que partem da Av. Benedito Friggi. A região do Novo Horizonte é parte do eixo principal, concentrando maior parte da oferta e, por fim, um eixo parte da Av. Tancredo Neves pela Estrada do Cajuru, atendendo a região dos Campos de São José.

Esse último eixo, da Estrada do Cajuru, é onde o sistema por ônibus se configura mais claramente como tronco-alimentado na cidade de São José. Como mostrado no mapa anterior, as linhas 342, 343, 344, 345 e 349 circulam entre os bairro da região e o ECO Campos São José, de onde saem linhas com veículos de maior capacidade em direção ao centro.

Outras regiões com alimentação é no Parque Novo Horizonte, em que a linha 246 percorre bairros próximos passando pela Av. Tancredo Neves e na ligação entre Eugênio de Melo e o Parque Tecnológico, feita pela linha 200.

Macrozonas norte e extremo-norte

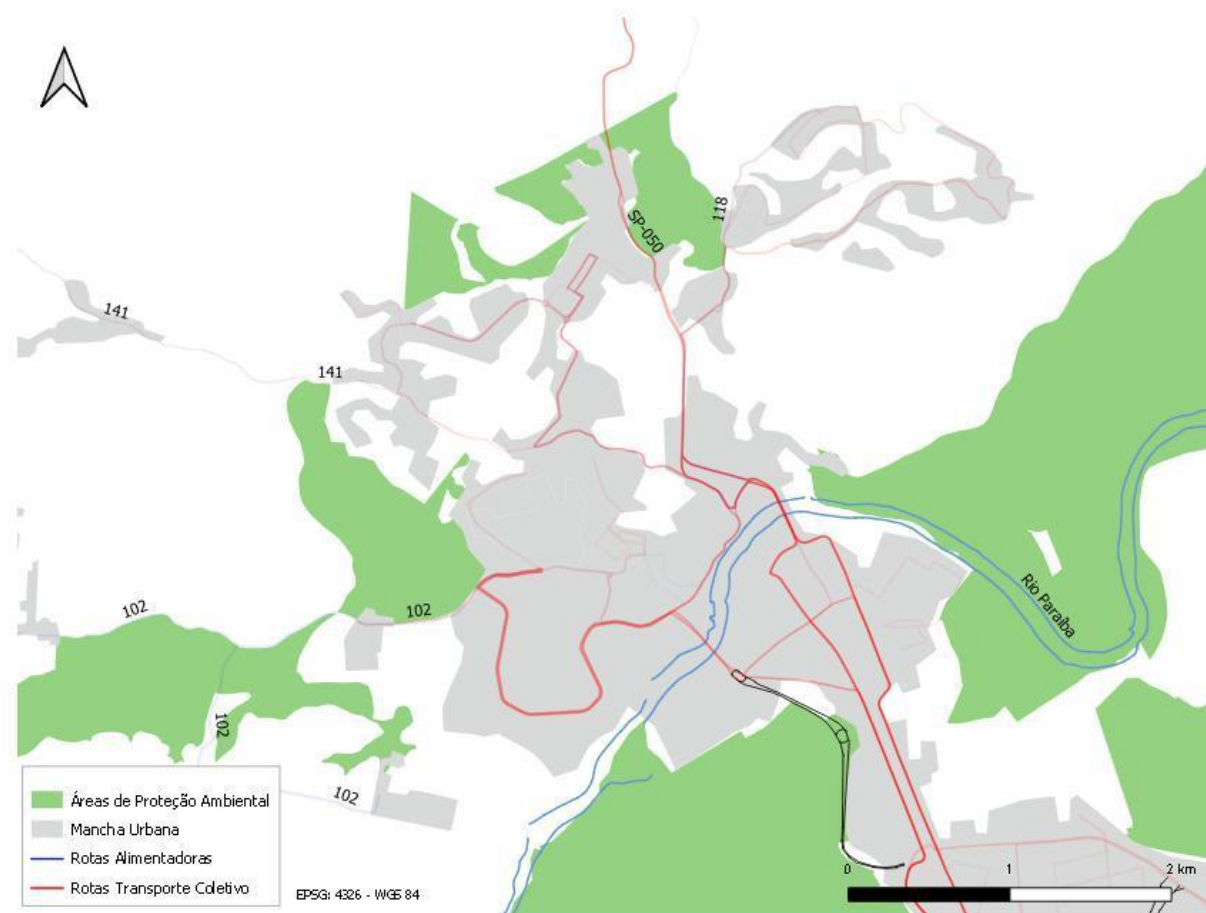


Figura 17: Frequência das rotas do Transporte Público Coletivo Municipal - detalhe na macrozona norte

Fonte: Elaboração própria

O binário da Av. Olívio Gomes com a Av. Rui Barbosa é o principal eixo de ligação com o centro da cidade para o transporte público, concentrando linhas que atendem as diversas regiões da macrozona norte.

Na macrozona extremo-norte, as áreas urbanas são esparsas e distribuídas, na maioria, no entorno da SP-050.

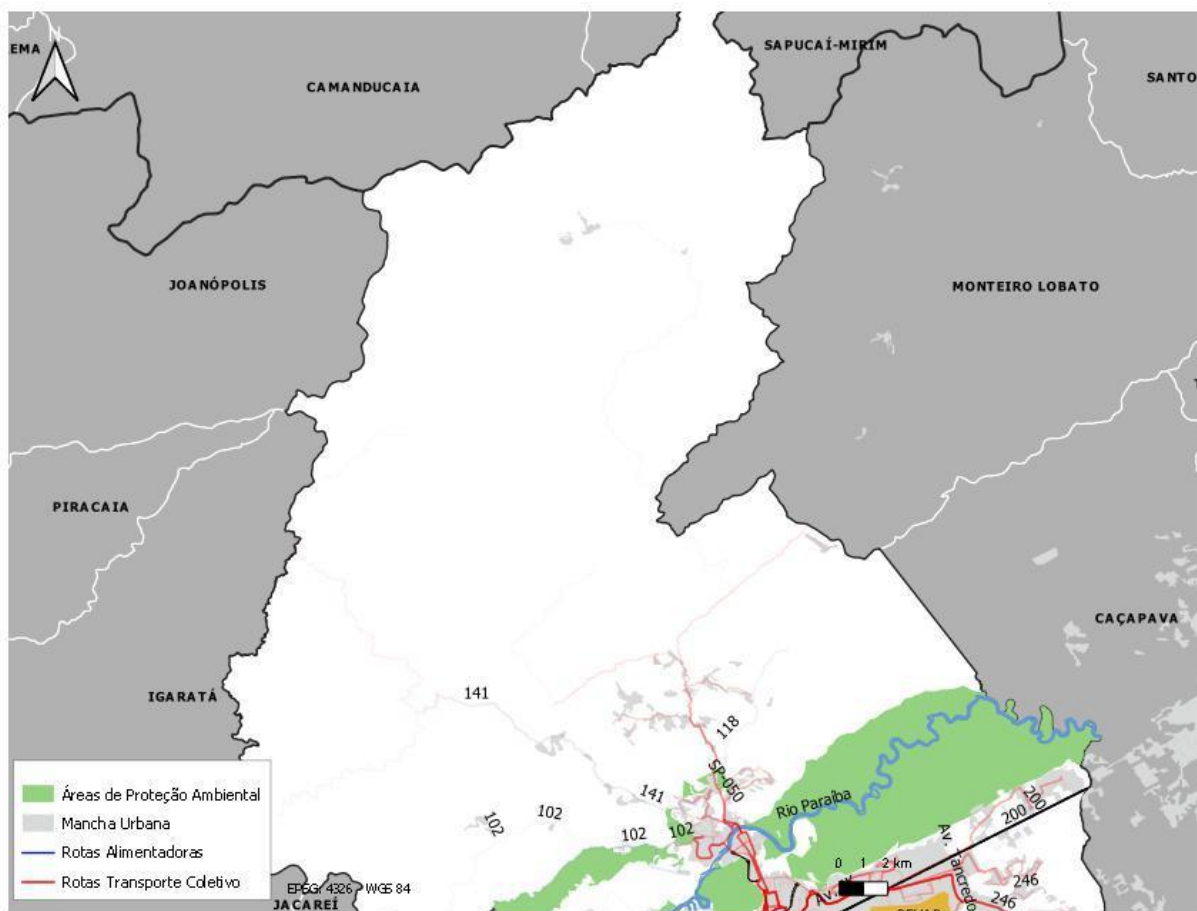


Figura 18: Frequência das rotas do Transporte Público Coletivo Municipal - detalhe na macrozona extremo-norte

Fonte: Elaboração própria

Por isso, é na SP-050 que ocorre a maior oferta de transporte público na região, com as linhas 102, 118 e 141 fazendo a alimentação de áreas mais distantes (Estr. Petybom, Estr. Jucá Carvalho e o bairro Águas de Canindu) para pontos mais consolidados com maior oferta de transporte público.

Macrozona oeste

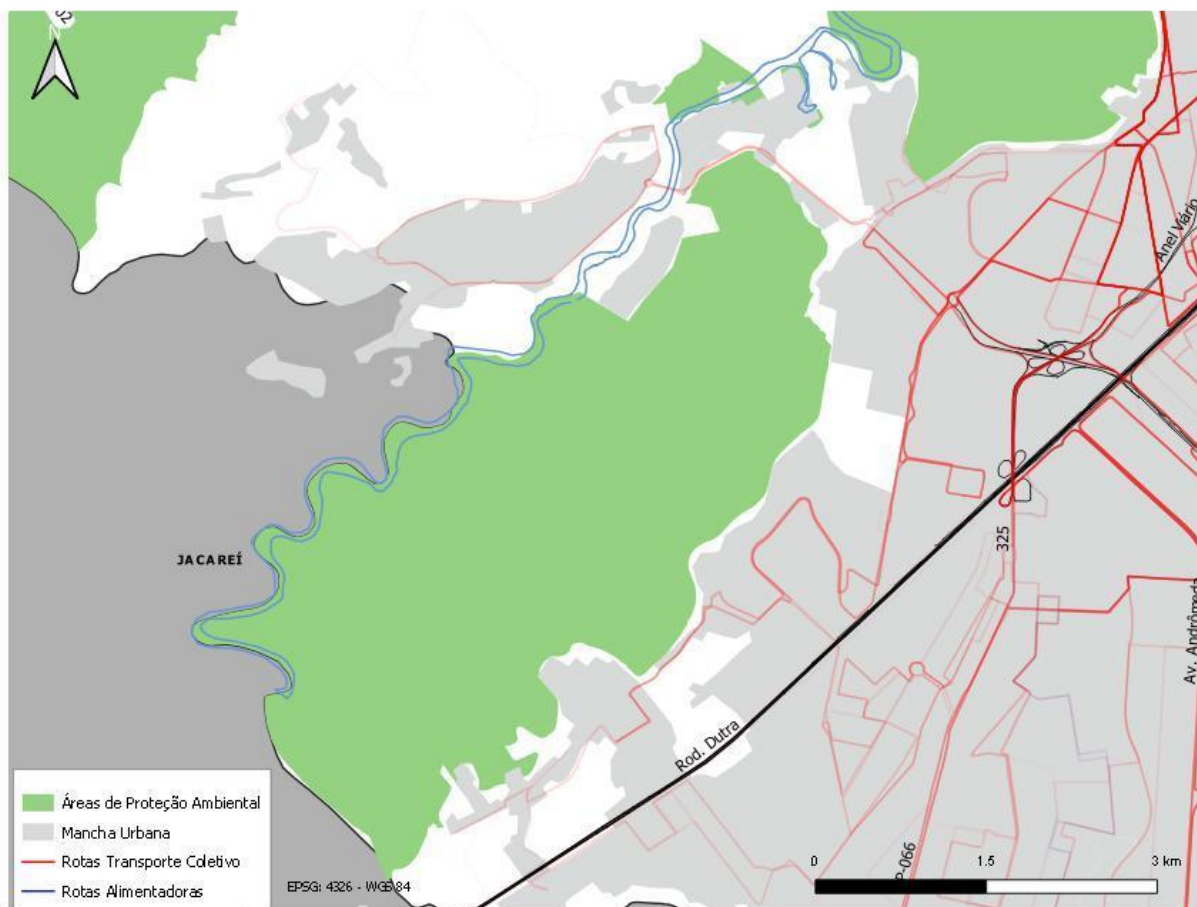


Figura 19: Frequência das rotas do Transporte Público Coletivo Municipal - detalhe na macrozona oeste

Fonte: Elaboração própria

Na macrozona oeste o principal eixo é formado pela Av. Cassiano Ricardo, atendendo o Parque Residencial Aquarius, e continua na Av. Dr. João Batista Soares de Queiroz Júnior, servindo ao Parque das Indústrias.

A Urbanova, por sua vez, é atendida pelo eixo da Av. Linneu de Moura, não havendo linhas alimentadoras na macrozona oeste.

3. Estimação da matriz de viagens do ano base

Este capítulo discute como as mudanças vividas recentemente na gestão dos sistemas de transporte derivadas das tecnologias que revolucionaram os métodos convencionais de controle da operação - custosos, pouco eficientes e de difícil fiscalização - geraram, como resultado adicional, um volume nunca antes visto de informações para o planejamento e a análise da demanda e do desempenho dessas redes. A partir disso, apresenta-se a abordagem metodológica proposta para a utilização dos dados de bilhetagem e AVL para estimar a matriz de viagens do sistema de transporte coletivo, lançando mão de séries históricas muito mais abrangentes e detalhadas que as tradicionais pesquisas de campo, e obter a demanda do ano base a ser usada nas seguintes etapas, descritas nos capítulos 4 e 5 (como parte do processo ilustrado na figura 1).

3.1. Tecnologia e oportunidades no planejamento de transportes

A digitalização que transformou a forma de se administrar frotas de ônibus também revolucionou a cobrança pelo serviço de transporte público a partir da introdução de sistemas de bilhetagem eletrônica. Esses sistemas são geralmente compostos de cartões de tecnologias variadas, nos quais são carregados os créditos dos passageiros, e validadores, equipamentos de leitura dos cartões que efetuam o débito do valor da passagem e liberam a entrada do passageiro no ônibus.

Os sistemas de bilhetagem eletrônica se expandiram rapidamente no Brasil por uma razão fundamental: com a utilização de cartões para pagamento das viagens foi possível reduzir a quantidade de transações em dinheiro vivo e conseqüentemente aumentar a segurança de motoristas, cobradores e passageiros, uma vez que assaltos a ônibus eram um problema frequente nas grandes cidades brasileiras. Com a quantidade de numerário reduzido, tornou-se pouco atrativo o assalto a ônibus e o número de ocorrências desse tipo foi bastante reduzido.

Além disso, a bilhetagem eletrônica tem outras vantagens que possibilitam a estruturação de uma rede de transportes mais eficiente pois permite que não se penalize (ou se penalize menos) os passageiros que sejam obrigados a fazer viagens com transbordos. Antes da introdução da bilhetagem eletrônica cada passageiro era obrigado a pagar o preço da passagem a cada vez que entrava em um ônibus, mesmo que esses embarques fizessem parte de uma mesma viagem. Como consequência, a fim de não penalizar financeiramente moradores de regiões mais afastadas da cidade, as linhas de ônibus eram concebidas de forma a minimizar a quantidade de transbordos, com linhas longas e de baixa frequência. A bilhetagem eletrônica permite que se identifique embarques que façam parte de uma mesma viagem e que seja cobrada uma tarifa diferenciada de transbordo, reduzindo o custo financeiro de uma viagem com diversos embarques. Dessa forma se torna possível a criação de redes de transporte tronco-estruturadas, com linhas mais curtas e com maior frequência servindo os principais eixos de uma cidade, onde outras linhas realizam o transporte mais longo.

Os dados gerados pelo sistema de bilhetagem eletrônica permitem não apenas uma operação e uma gestão mais eficiente do sistema de transporte público, mas também fornecem informações valiosas para o planejamento e desenho de redes de transporte.

Tradicionalmente, a obtenção de dados para planejamento e dimensionamento de redes de transporte é realizada através de pesquisas de campo, que demandam um grande esforço de coleta, e conseqüentemente altos custos com pessoal. Em particular a pesquisa de embarque/desembarque, fundamental para o dimensionamento da demanda de um sistema de transporte público, pode ser substituída pela análise conjunta dos dados de bilhetagem e dos dados de posicionamento dos veículos. O conjunto de equipamentos que permite o registro e a concatenação das informações de localização dos veículos, registro de viagens por tipo de cartão, posição geográfica, horário é dado o nome de AVL - Automatic Vehicle Location, Localização Automática de Veículos.

3.2. Metodologia

A metodologia para esse tipo de análise, e sua aplicação para os dados da cidade de Santiago/Chile, foi inicialmente descrita em Munizaga (2012). Arbex (2017) adapta essa metodologia para as especificidades dos sistemas de transporte brasileiros e aplicada aos dados de bilhetagem eletrônica da cidade de São Paulo para a estimação do carregamento dos ônibus ao longo do viário percorrido por transporte público na cidade. Será apresentado um resumo dos principais pontos dessa metodologia.

O objetivo da análise dos dados de bilhetagem eletrônica é o de caracterizar as viagens dos passageiros do sistema de transporte público coletivo em termos de inícios e terminos das viagens, além de identificar os pontos exatos de embarque e desembarque ao longo da viagem de cada passageiro. Essas informações possibilitam a identificação do padrão espacial da demanda por transporte público por toda a cidade e são fundamentais para gerar a matriz semente e a expansão da mesma para dimensionar a rede de transporte de acordo com as necessidades reais da população.

A análise desses dados, entretanto, apresenta diversas dificuldades. Inicialmente, é preciso separar os dados de bilhetagem que não são exploráveis para a finalidade dessa análise. Motivos para descarte dos dados são variados, como por exemplo inconsistência entre a linha informada no registro da bilhetagem e a linha informada no registro de dados de GPS, informações relacionadas a bilhetes especiais como os utilizados pelos cobradores para liberar a entrada de passageiros que pagam a passagem com dinheiro, registros de passageiros que fizeram apenas uma viagem no dia e que não podem ter identificadas as viagens de ida e volta, entre outros. Como exemplo, cerca de 23% dos registros do município de São Paulo são descartados após essa análise preliminar de qualidade dos dados.

Depois de excluídos os dados não exploráveis, é estimada a posição de embarque do passageiro. Para isso, são combinados os dados de bilhetagem, que contém o horário em que o bilhete foi validado e em qual linha, com os dados de localização que determinam a posição do ônibus daquela mesma linha naquele horário. Assim, é possível estimar a localização do passageiro quando foi feita a validação do bilhete, ainda que a

posição onde o bilhete foi validado não seja exatamente a posição de embarque. Estima-se como posição de embarque o ponto de ônibus mais próximo do local de validação de um bilhete, como mostra a figura 20, abaixo. A análise de diversos registros de validação de um mesmo bilhete ao longo do tempo fornece uma maior precisão na estimativa do local de embarque.

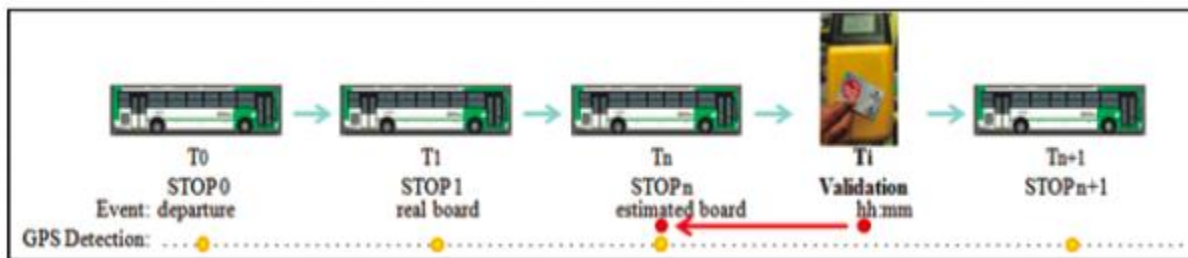


Figura 20: Modelo de associação de validação a pontos de ônibus correspondente

Fonte e elaboração: Arbex e Torres, 2017

Depois disso é estimado o local de desembarque do passageiro. No Brasil normalmente o passageiro não gera um registro de uma transação no desembarque, ou seja, não é exigido que o passageiro valide o bilhete antes de desembarcar. Dessa forma, nos dados analisados não existe o registro correspondente ao desembarque do passageiro.

Para o desembarque considera-se o local de embarque do passageiro na viagem de volta. Esse dado é validado de duas formas: o tempo entre as transações determina se uma transação seguinte consiste de uma transferência ou de uma viagem de volta. Se o tempo entre as duas validações for curto, considera-se que a viagem de ida envolveu uma transferência e o local de desembarque é considerado como a posição da transação seguinte. Além disso, verifica-se a consistência da posição considerada como desembarque com a viagem realizada pelo passageiro. Caso o embarque da transação seguinte não tenha relação com a viagem anterior, esse par é descartado para a análise.

Após gerar essa matriz semente, é preciso expandi-la de forma a representar adequadamente o universo de viagens realizadas em um dia útil típico (hora pico). Essa expansão utiliza uma combinação de dados complementares, conforme ilustrado na Figura 1, incluindo, entre outros: perfis horários de demanda total por linha gerados a partir de séries históricas mais extensas da própria bilhetagem, dados de AVL para

validação e interpolação de eventuais lacunas de dados de bilhetagem para determinadas viagens, dados operacionais com totais diários por linha, resultados de pesquisas de fluxos (FOV) para expansão e validação de volumes agregados para os principais corredores.

O resultado desta etapa é a matriz de demanda de transporte público coletivo (TPC) da hora pico de um dia útil típico no ano base. Esse resultado é utilizado no modelo de alocação para o cenário base, e serve de insumo para a projeção da demanda para os horizontes futuros.

4. Variáveis socioeconômicas para a análise de demanda

Este capítulo apresenta a caracterização do Município em termos de sua população, empregos e matrículas de ensino, principais variáveis explicativas da demanda de viagens. Essas variáveis estimadas para as zonas de tráfego para o ano base servirão de insumo inicial para as atividades de projeção para os horizontes futuros descritas no capítulo 5.

Os dados da Pesquisa OD (2011) deixam claro que residência, locais de trabalho e de estudo são os principais pontos de atração de viagem no município. Quando retirada a residência como motivo de deslocamento, trabalho e estudo ainda representam 55% das viagens (IPPLAN, 2014).

Tabela 1: Motivos de deslocamento no destino

Motivo do deslocamento	Participação
Residência	46,60%
Trabalho	20,28%
Estudo	8,99%
Assuntos pessoais	6,12%
Outros	5,52%
Transportar passageiros para trabalho/estudo	3,62%
Compras	3,27%
Lazer	3,03%
Saúde	2,58%
Total	100%

Fonte e elaboração: Pesquisa OD de São José dos Campos 2011 (IPPLAN 2014, tabela 18)

Cada uma das três seções seguintes descrevem o resultado das bases de dados desenvolvidas para o estudo para cada uma das variáveis, com a estimativa para o ano base no nível de zonas de tráfego. No relatório do produto 1 foi feita a apresentação das variáveis de população, emprego e matrículas para o ano mais recente disponível. O objetivo do presente relatório é ter essas atualizar essas variáveis para o ano base do projeto.

4.1 População

Para a construção da matriz de demanda de viagens por transporte público, um dos primeiros insumos do lado da demanda a ser considerado é a distribuição da população do município pelas zonas de tráfego em 2018 - ano base. Visto que este grau de desagregação só se recupera a partir dos dados disponíveis no Censo Populacional de 2010, fez-se necessário estimar a evolução da população de cada zona para o ano base de 2018.

As estatísticas oficiais da Fundação SEADE estimam a população total dos municípios e regiões paulistas, de forma que é possível ter um número oficial do total de habitantes em São José dos Campos no ano de 2018. Dado o total, foi preciso criar uma metodologia para estimar de que maneira o crescimento se distribuiu nas zonas da cidade.

Para realizar esta estimação, o primeiro passo foi a elaboração de um levantamento das mudanças significativas observadas na área urbana do município entre 2010 e 2018. A partir da mancha urbana do município em 2015 disponibilizada pelo IBGE, verificou-se por meio da análise de imagens de satélite as alterações na mancha urbana do município tanto entre 2010 e 2015 como entre 2015 e 2018.

Mapeou-se, então, as áreas em que houve expansão da mancha urbana e também aquelas que sofreram um processo de verticalização neste período de tempo. Tal procedimento permite que a distribuição espacial do crescimento populacional entre 2010 e 2018 tenha um refinamento maior, conferindo taxas de crescimento maiores naquelas áreas em que houve adensamento populacional. Os mapas seguintes apresentam o resultado deste mapeamento, primeiro para todo o município e depois com enfoque na região em que se concentra sua mancha urbana.

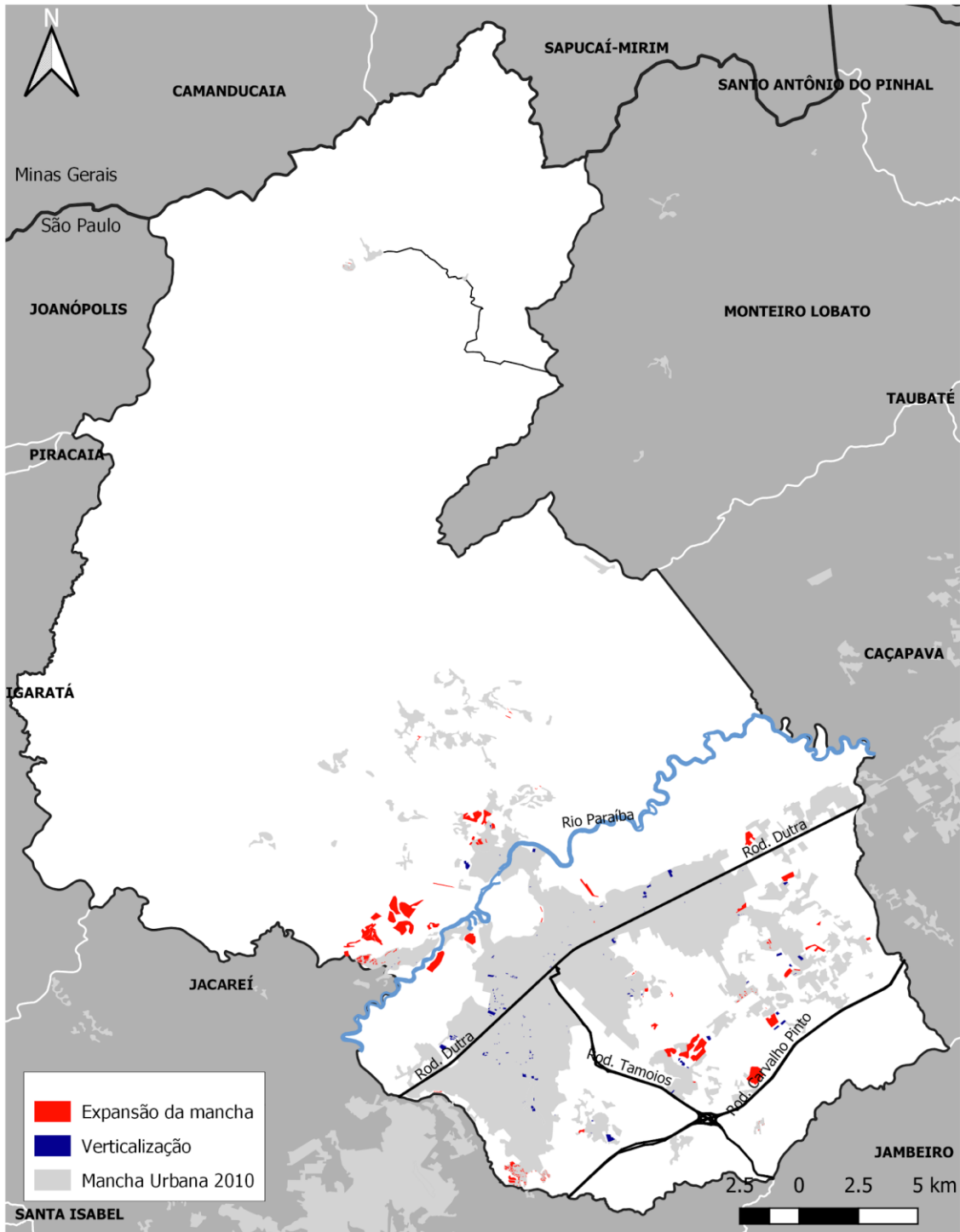


Figura 21: Evolução Urbana 2010-2018

Fonte: IBGE. Elaboração própria

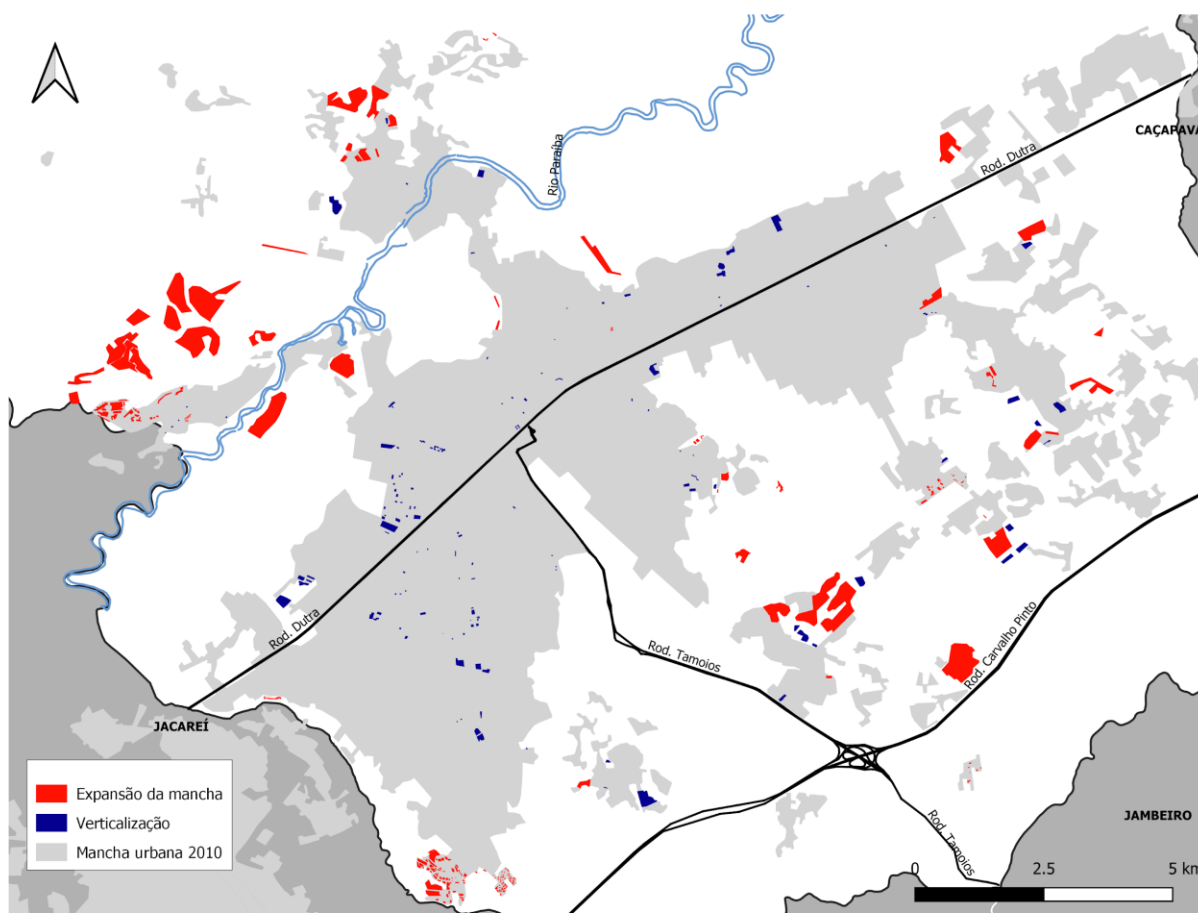


Figura 22: Evolução Urbana 2010-2018

Fonte: IBGE. Elaboração própria

Como se percebe nos mapas das figuras 21 e 22, a expansão da mancha urbana do município se deu basicamente a partir do surgimento de novos loteamentos nas extremidades de quase todas as regiões da cidade. Cabe destacar, no entanto, os loteamentos particulares implantados acima do rio Paraíba e àqueles próximos da conexão entre as rodovias Tamoios e Carvalho Pinto, na região Sudeste do município. Nesta mesma região, mais especificamente no Jardim Jatobá, também se destaca a construção de um grande conjunto habitacional destinado principalmente a receber as famílias que anteriormente viviam na ocupação Pinheirinho.

Diferente da expansão urbana, as áreas de adensamento (aumento da verticalização) encontram-se, em sua maioria, dentro da mancha urbana já consolidada, principalmente

no vetor sudoeste. No entanto, deve-se ressaltar também alguns pontos mais distantes do centro da cidade em que houve verticalização por conta da intervenção do poder público com a construção de conjuntos habitacionais, como o CDHU Altos de Santana localizado na região Norte e o CDHU do Parque Interlagos localizado na região Sul.

Com este estudo da evolução da mancha urbana do município em mãos, o passo seguinte para a estimação da população de cada zona de tráfego em 2018 consistiu em recuperar os dados populacionais do Censo de 2010 e a população municipal projetada pela Fundação Seade para o ano de 2018. Os dados do Censo de 2010 possibilitam identificar a distribuição dos munícipes em cada uma das 113 zonas de tráfego, enquanto a população projetada para 2018 indica o crescimento pelo qual o município como um todo passou neste período.

Tendo como base estas três fontes de dados, a estratégia utilizada no cálculo do crescimento populacional por zona de tráfego entre 2010 e 2018 foi categorizar as zonas de tráfego em 3 tipos:

1. aquelas em que houve expansão significativa da mancha urbana sem adensamento - baixo crescimento da densidade;
2. aquelas em que ocorreu adensamento (verticalização significativa) - alto crescimento da densidade;
3. aquelas em que não houve expansão da mancha urbana nem um processo de verticalização - não houve crescimento da densidade.

Com base nestas três classes, estimou-se o crescimento da densidade de cada zona. A partir do crescimento da densidade, foi feita a projeção da população para cada uma das zonas para o ano de 2018. O crescimento populacional observado entre 2010 e 2018 pode ser observado no mapa da figura 23, seguintes.

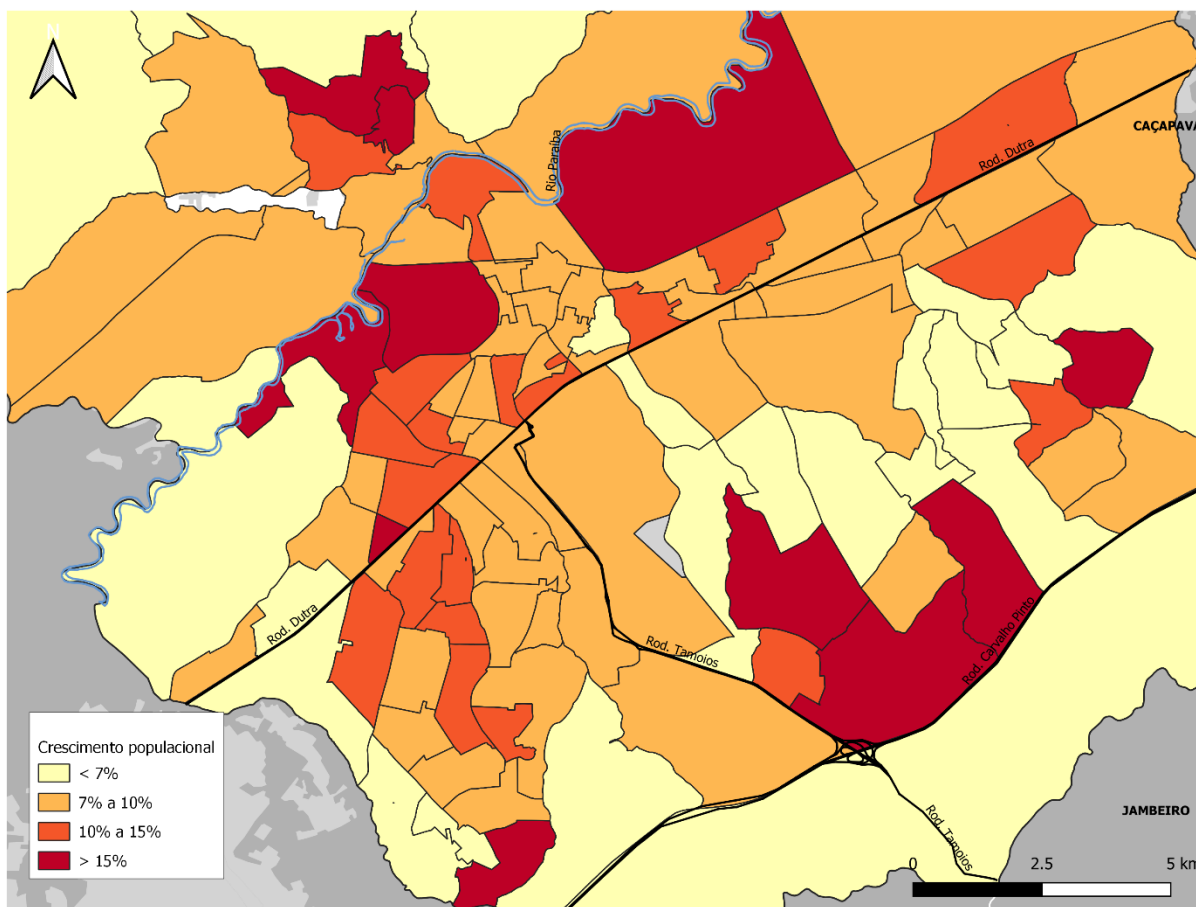


Figura 23: Crescimento populacional por zona de tráfego entre 2010 e 2018

Fonte: IBGE; Seade. Elaboração própria

Visto que o crescimento populacional médio estimado de todo o município foi de 9,4%, torna-se evidente que as zonas em que houve crescimento populacional acima da média são justamente aquelas em que houve um processo de verticalização ou a implantação de conjuntos habitacionais e novos loteamentos. As três zonas com maior crescimento populacional são as que contemplam os bairros Jardim Jatobá, Jardim Santa Júlia e Aquarius. O primeiro recebeu a construção de um grande conjunto habitacional; no segundo houve grande expansão de loteamentos privados e no terceiro aconteceu um significativo processo de verticalização.

No entanto, para fins da construção da matriz de demanda por viagens, mais importante do que o crescimento populacional ou o total de habitantes é a densidade de cada zona de tráfego, pois a área das zonas distorcem a informação relativa ao número total de habitantes por zona. Os mapas da figura 24, abaixo, demonstram as densidades populacionais tanto em 2010 como as estimadas para 2018.

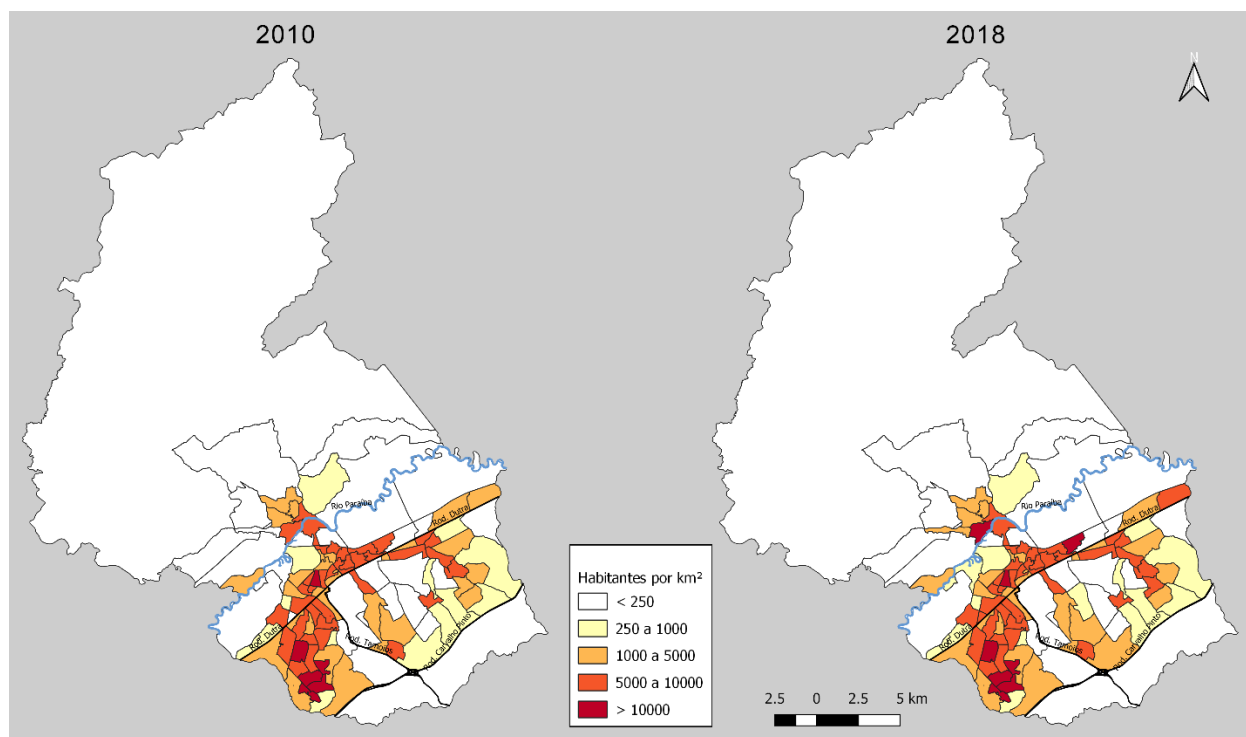


Figura 24: Densidade populacional por zona de tráfego em 2010 e 2018

Fonte: IBGE; Seade e cálculos próprios. Elaboração Própria

A partir dos mapas da figura 24, acima, fica evidente que o padrão de adensamento não se alterou no período analisado. A maior concentração de habitantes por km² continua situada nas regiões mais consolidadas do município, que são as zonas norte, centro e sul. Deve-se destacar, no entanto, um aumento do adensamento na zona leste seguindo o eixo da Rodovia Dutra (próximo ao Parque Tecnológico), e também na zona sudeste, próximo à conexão entre as Rodovias Tamoios e Carvalho Pinto, muito por conta da expansão urbana ocorrida lá, já destacada em parágrafos anteriores.

4.2 Empregos

A localização dos postos formais de emprego é um dos principais dados no que diz respeito a demanda por transporte público, por se tratar de uma fonte constante e diária. Grande parte das viagens em uma cidade acontecem no trajeto casa-trabalho. O governo federal disponibiliza para pesquisas a Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), que traz todos os postos de trabalho formais CLT e na administração pública no Brasil.

A pesquisa do ano de 2017, mais recente disponível, aponta que 25.147 empresas estavam ativas ao longo do ano no município de São José dos Campos, ofertando 187.441 postos de emprego². Esse total de vagas de trabalho no mercado de trabalho formal corresponde a 26,25% da população total. Como no mesmo ano a proporção de pessoas ocupadas em relação à população total era de 31,3%, pode-se concluir que o total de pessoas ocupadas fora do mercado de trabalho formal fica em torno de 5% da população total, pouco mais de 35 mil pessoas. Esse é um grau de formalidade alto, o que torna bastante precisa a análise do emprego a partir dos dados da RAIS.

Como emprego não se distribui de forma homogênea no espaço, é importante georreferenciar os postos de trabalho formal para entender quais áreas da cidade concentram trabalhadores e, conseqüentemente, atraem mais viagens do sistema de transporte público. A RAIS traz o CEP da localização das firmas empregadoras do mercado de trabalho formal, de forma que é possível georreferenciar tais firmas com base nessa informação.

Para realizar a análise espacial para o ano base (2018), os dados georreferenciados de 2017 foram projetados por zona de tráfego para o ano de 2018. Para isso, utilizou-se os dados por zona para os anos de 2016 e 2017. Para cada uma das 113 zonas foi calculada a respectiva taxa de crescimento, considerada constante entre os anos de 2017 e 2018. Tendo a distribuição dos empregos em 2017 e a taxa de crescimento dos postos de emprego esperada entre 2017 e 2018, foi possível calcular o total de postos de trabalho

² Na RAIS as empresas são classificadas como ativas e não ativas. Se uma empresa tinha algum empregado em dezembro do ano da pesquisa é considerada ativa naquele ano, caso contrário é inativa.

para 2018 em cada zona de tráfego. Da mesma forma que para população, será apresentada a densidade de empregos km².

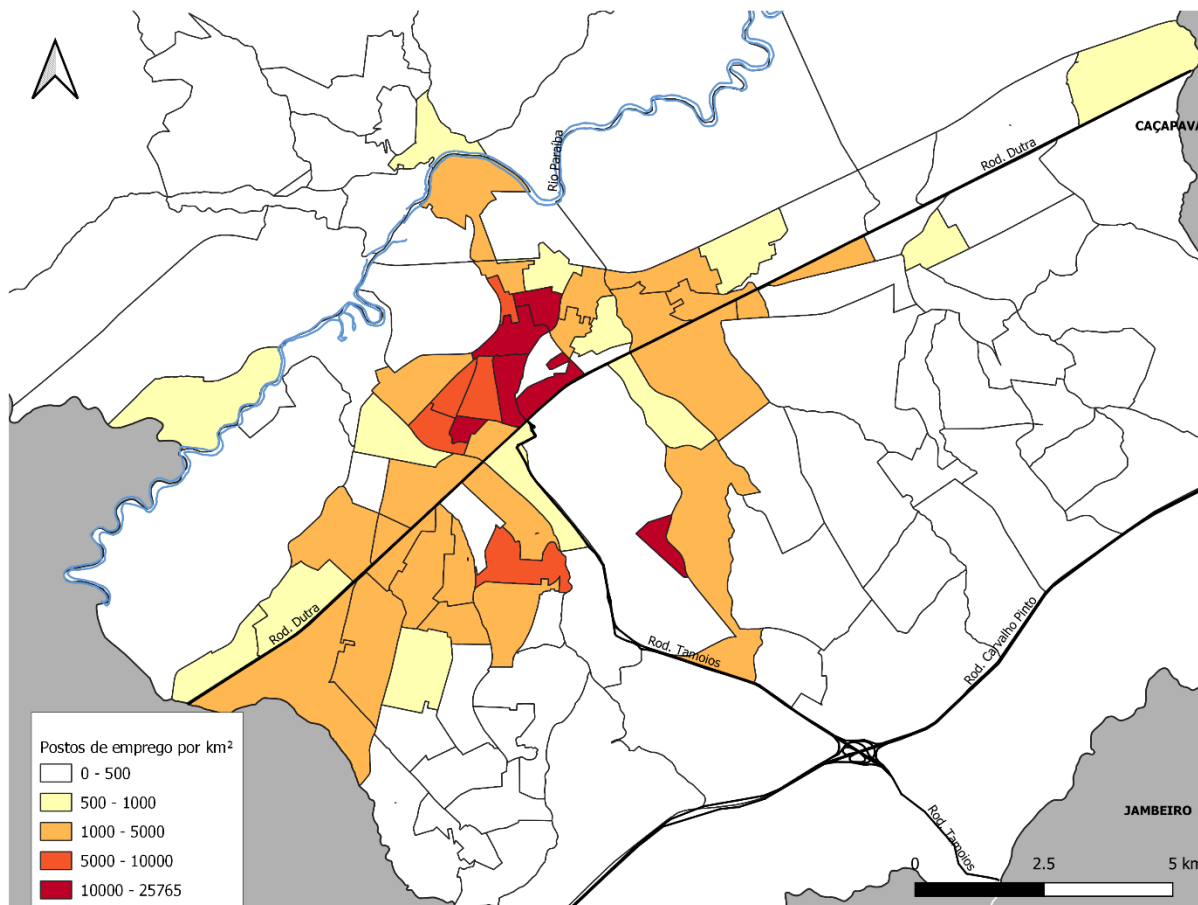


Figura 25: Densidade de empregos por zona de tráfego – estimativa para 2018

Fonte: RAIS. Elaboração Própria

O georreferenciamento dos postos de emprego nas zonas de tráfego mostra que há uma grande concentração na zona central do município e ao longo da Rodovia Presidente Dutra (BR-116) e da Rodovia Henrique Eroles (SP-066).

4.3 Ensino

Os dados referentes ao número de estudantes matriculados no município de São José dos Campos foram obtidos de duas grandes fontes. A primeira delas é o Censo escolar³, que fornece dados de todas as crianças e adolescentes matriculadas em escolas da rede pública e privada dos municípios brasileiros. A segunda é o Censo do Ensino Superior⁴, que oferece informações sobre todos os alunos de nível superior do Brasil. A partir dos microdados dessas duas fontes, é possível entender como se dá a distribuição dos alunos.

Primeiro, serão apresentados os dados para o Censo Escolar de 2018, que trata do ensino básico. Nesse ano, 156.496 alunos estavam matriculados nas instituições de ensino básico, tanto públicas como privadas do município de São José dos Campos.

Ao georreferenciar as escolas e calcular a densidade de matrículas por zona de tráfego nota-se que o padrão de concentração é muito similar ao observado para a população. Ainda que haja uma oferta menor de escolas, o que gera dados mais esparsos, o padrão

³ O Censo Escolar é o principal instrumento de coleta de informações da educação básica e o mais importante levantamento estatístico educacional brasileiro nessa área. É coordenado pelo Inep e realizado em regime de colaboração entre as secretarias estaduais e municipais de educação e com a participação de todas as escolas públicas e privadas do país. Ele abrange as diferentes etapas e modalidades da educação básica e profissional: Ensino regular (educação infantil, ensino fundamental e médio); Educação especial – modalidade substitutiva; Educação de Jovens e Adultos (EJA); Educação profissional (cursos técnicos e cursos de formação inicial continuada ou qualificação profissional).

A coleta de dados das escolas tem caráter declaratório e é dividida em duas etapas. A etapa 1 consiste no preenchimento da Matrícula Inicial, quando ocorre a coleta de informações sobre os estabelecimentos de ensino, turmas, alunos e profissionais escolares em sala de aula. A etapa 2 ocorre com o preenchimento de informações sobre a Situação do Aluno, e considera os dados sobre o movimento e rendimento escolar dos alunos, ao final do ano letivo. O Censo Escolar é regulamentado por instrumentos normativos, que instituem a obrigatoriedade, os prazos, os responsáveis e suas responsabilidades, bem como os procedimentos para realização de todo o processo de coleta de dados. Toda a legislação relativa ao Censo Escolar está disponível para consulta no menu Documentos e Legislação. <<http://inep.gov.br/censo-escolar>>

⁴ O Censo do Ensino Superior é um levantamento realizado anualmente pelo Inep e configura a pesquisa mais completa do Brasil sobre as instituições de ensino superior. Trata-se de uma base de contém informações de cursos de graduação e pós-graduação. Ele oferece informações como vagas oferecidas, matrículas, dados sobre docentes e informações administrativas. Os dados são coletados a partir do preenchimento de questionários por parte das instituições e por importação de dados do Sistema e-MEC. <<http://portal.inep.gov.br/censo-da-educacao-superior>>

espacial é semelhante. Há uma grande concentração dos alunos na região urbana no eixo centro-sul do município ao longo da Rodovia Presidente Dutra (BR-116) e da Rodovia Henrique Eroles (SP-066). Em outras palavras, a distribuição de matrículas segue essencialmente a densidade populacional. Assim, os dados indicam que os deslocamentos por motivo de estudo no ensino básico, potencialmente de menor distância, tendem a pressionar menos o sistema de transporte por ônibus do que os deslocamentos por motivo trabalho. Observando os dados da pesquisa OD 2011 (IPPLAN, 2014, tabelas 29, 41, 53, 66, 78, 90, 102) é possível ver que a participação do modo “a pé” nas viagens por motivo estudo é muito superior do que nas viagens por motivo trabalho.

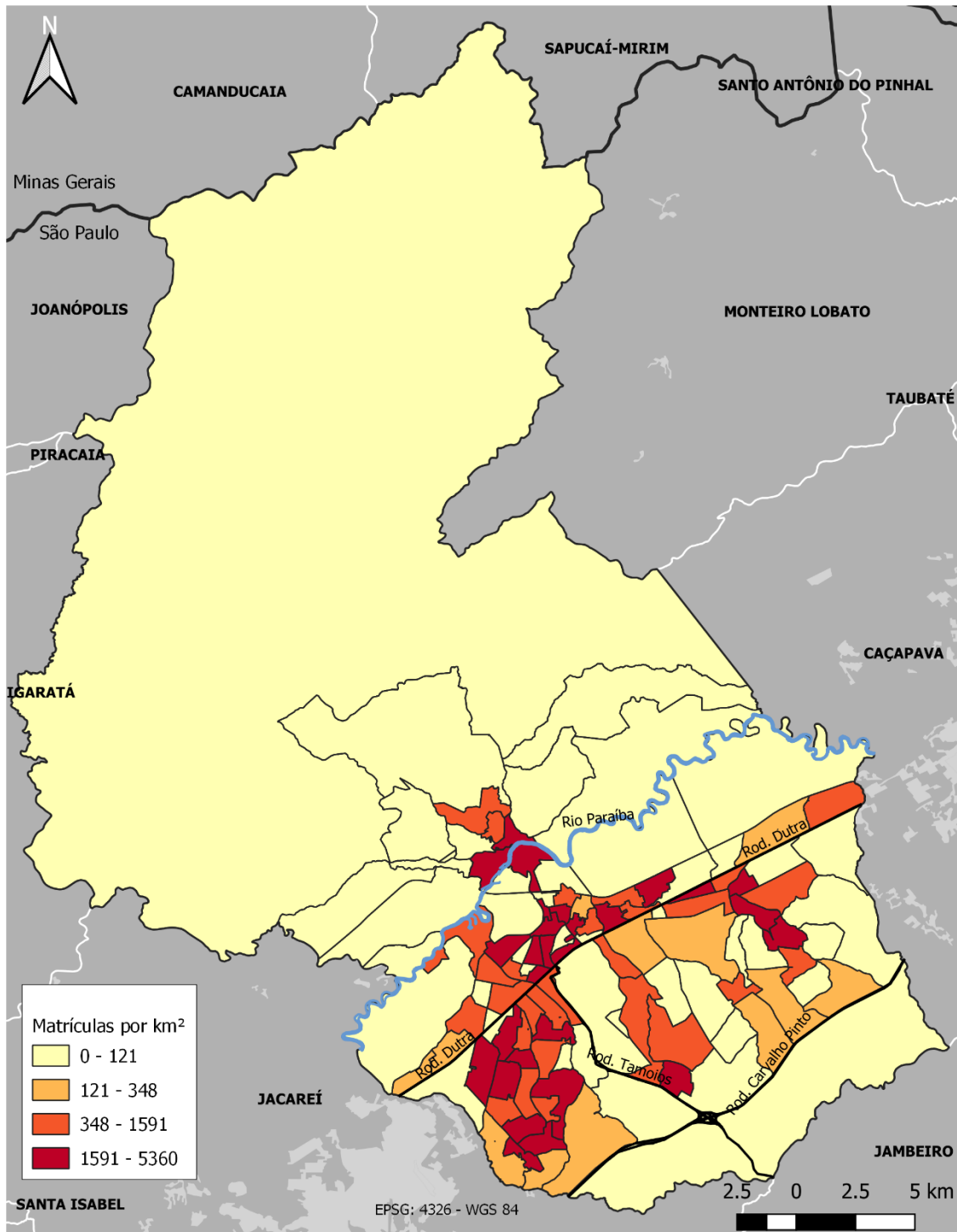


Figura 26: Densidade de matrículas no ensino básico por zona de tráfego – estimativa para 2018

Fonte: INEP. Elaboração Própria

Mais uma vez a concentração das matrículas de ensino básico fica mais clara quando consideramos apenas a região da mancha urbana, como pode ser visto no mapa da figura 27.

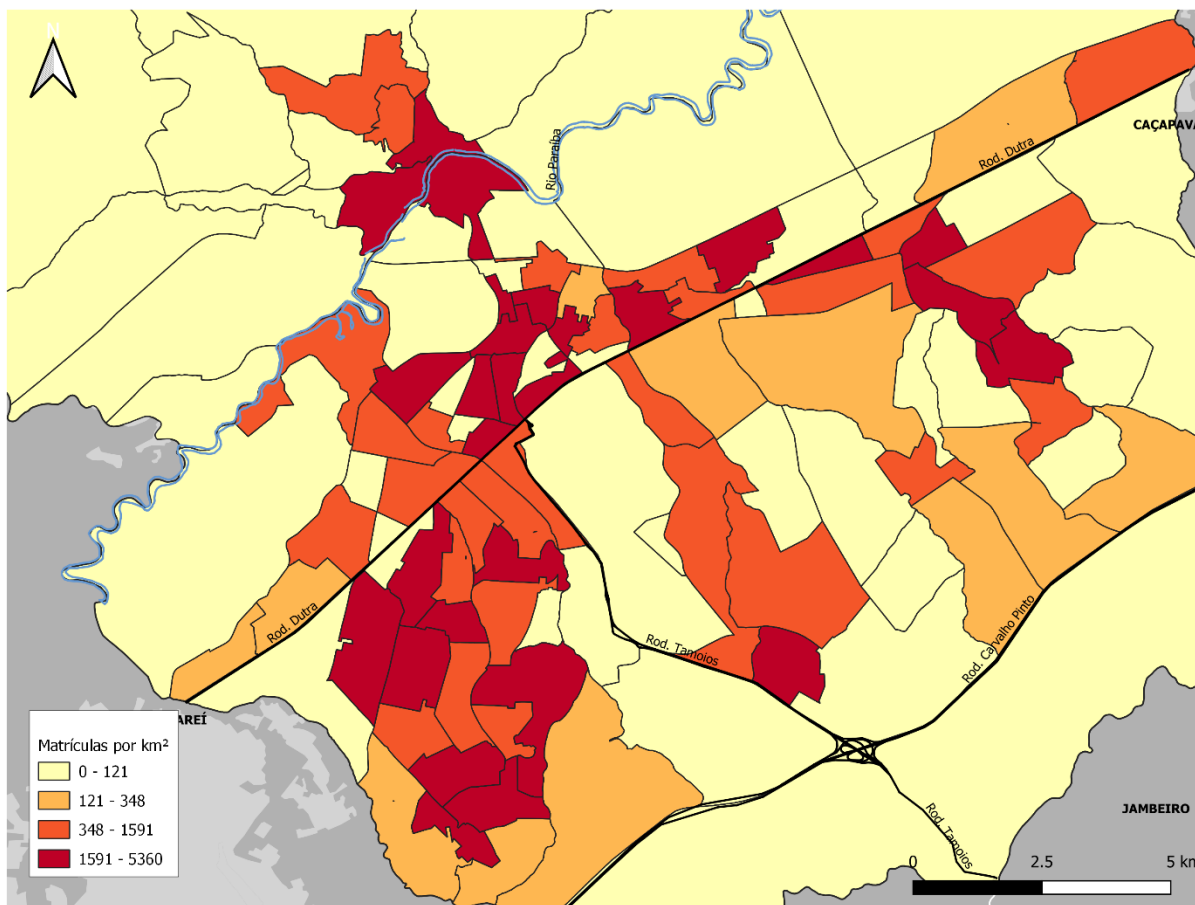


Figura 27: Densidade de matrículas no ensino básico por zona de tráfego – estimativa para 2018

Fonte: INEP. Elaboração própria

Os dados de matrículas no ensino superior tem como fonte de dados o Censo da Educação Superior de 2017, informações mais recentes disponibilizadas pelo INEP. Assim como com os dados de emprego foi preciso projetar as matrículas do ano de 2017 para o ano de 2018. Utilizou-se, portanto o mesmo método de cálculo: aplicou-se a taxa de variação observada entre 2016 e 2017 sobre os dados de 2018, gerando a densidade de matrículas por zona de tráfego.

O mapa de matrículas no Ensino Superior por zona de tráfego, figura 28 abaixo, permite notar que os dados são extremamente concentrados em poucas zonas, no centro do município e ao longo das principais rodovias.

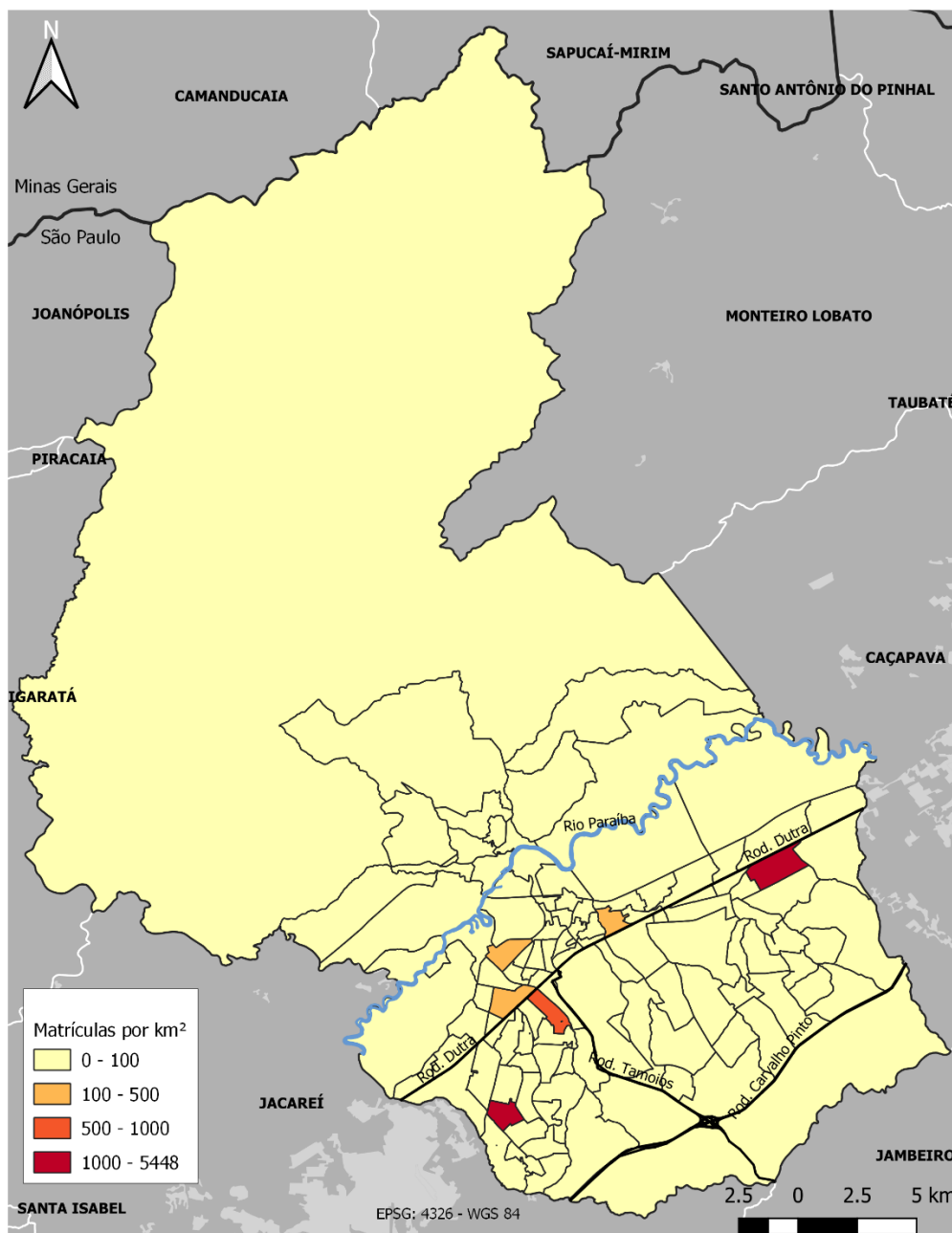


Figura 28: Densidade de matrículas no ensino superior por zona de tráfego – estimativa para 2018

Fonte: INEP. Elaboração própria

4.4 Considerações gerais

As análises realizadas para população, emprego e matrículas do município de São José dos Campos para o ano de 2018 destacam centralidades importantes para a construção da matriz de demanda de viagens.

Tomando como ponto de partida os polos produtores de viagens, percebe-se que a zona sul concentra a maior parte das zonas de tráfego com alta densidade populacional, seguida pelo centro, e pelas zona leste e norte. Cabe destaque que as áreas de maior densidade populacional são concentradas espacialmente na zona norte, diferentemente das zonas sul e centro. Na zona leste, há de se atentar para as áreas de grande densidade populacional próximas à Rodovia Dutra e à Refinaria Henrique Lage (REVAP).

Em relação aos polos atratores de viagens, os dados estimados de emprego para 2018 apontam as zonas de tráfego do centro da cidade e aquela que envolve a Embraer (maior empregadora do município) como as zonas com maior densidade de postos de trabalho no mercado formal, enfatizando a importância dessas regiões na elaboração do novo sistema de transporte público. Para além dessas centralidades principais, vale ressaltar um padrão de ocupação dos empregos no entorno da Rodovia Dutra, principalmente nas zonas sul e leste do município.

Além dos postos de trabalho formal outro motivo de atração de viagens é o estudo. Os dados do ensino básico do município mostraram que a densidade de matrículas no território é mais dispersa, seguindo um padrão parecido ao encontrado nos dados populacionais. Situação bem diferente do ensino superior para os quais algumas zonas de tráfego específicas concentram a maior parte da oferta de vagas. A Faculdade Anhanguera localizada na Av. Dr. João Batista de Souza Soares e as Faculdades de Tecnologia do Parque Tecnológico são as principais instituições de ensino do município no que tange à quantidade de alunos matriculados. Resultado este, que indica a necessidade de dar maior enfoque à estas zonas na análise da matriz de demanda de viagens.

Por fim, cabe uma ressalva em relação aos dados necessários para a elaboração da matriz de viagens. Para a elaboração da matriz final serão necessários, além dos dados já estimados e apresentados aqui, informações sobre o sistema de transporte coletivo público atual do município: localização dos veículos por GPS, validações do sistema de bilhetagem eletrônica e frequência e ocupação observada dos veículos.

5. Metodologia de análise de oferta e demanda

Este capítulo descreve a metodologia proposta para a análise de oferta que vai subsidiar a modelagem do novo sistema de transporte coletivo para o município do São José dos Campos.

É apresentada, primeiro, a abordagem a ser utilizada na concepção dos cenários futuros e, em seguida, a projeção de variáveis explicativas correspondentes, usando como insumo inicial as bases de dados apresentadas no capítulo 4 que representam a situação do ano base. Na sequência, é descrita a metodologia para projeção da demanda de viagens para os horizontes futuros utilizando a matriz de viagens do ano base (capítulo 4) e as variáveis explicativas baseadas nos cenários. Por último, é tratada a abordagem da etapa de alocação de viagens, na qual são gerados os carregamentos na rede de transporte e os indicadores de oferta e demanda que servirão de insumos para as próximas etapas do projeto, incluindo a projeção da oferta para a rede proposta, a avaliação econômica e a modelagem da concessão.

Para facilitar o acompanhamento do processo de modelagem, é apresentado novamente abaixo o diagrama já apresentado na figura 1, que ilustra de forma esquemática as etapas de trabalho, com os respectivos insumos, atividades e produtos.

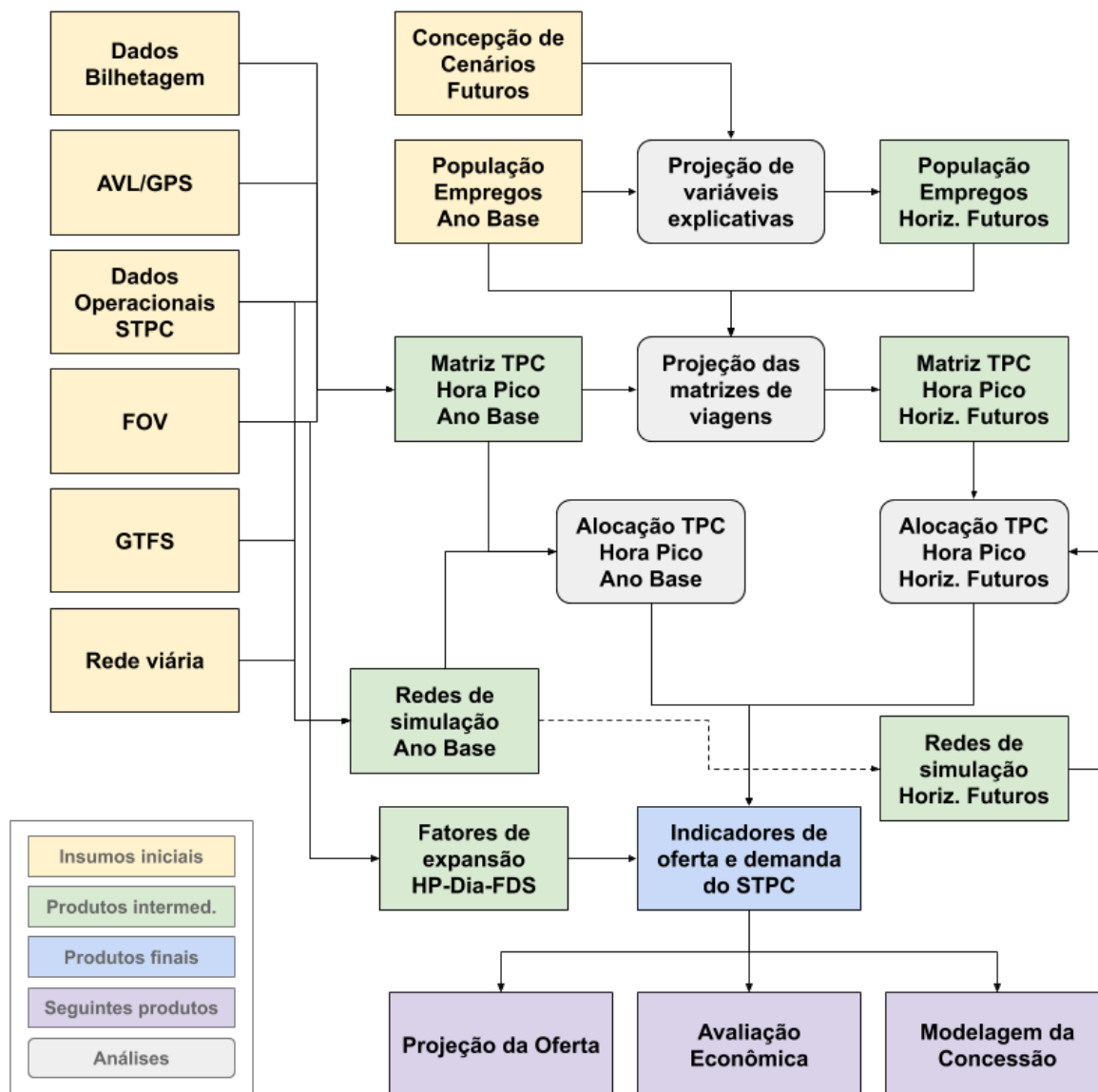


Figura 29: Diagrama de processo das atividades de análise de oferta e demanda

Fonte: Elaboração própria

5.1. Cenários futuros e projeções de variáveis

A construção de cenários futuros pressupõe uma compreensão das principais dinâmicas urbanas, econômicas e sociais de São José dos Campos. A seção 4 fornece as bases para a definição do quadro atual relativamente à distribuição populacional e das principais variáveis socioeconômicas que determinam a realização de viagens, como os empregos e as matrículas de ensino no ano base.

Esses insumos permitirão identificar os vetores de desenvolvimento urbano esperados para os horizontes futuros, possibilitando a construção de um cenário provável que subsidiará a elaboração de um prognóstico da situação futura. O cenário futuro dará suporte à análise de alternativas de rede para o sistema de transporte público coletivo de São José dos Campos.

5.1.1. Concepção de cenários

A construção de cenários consiste em descrições hipotéticas de eventos a se concretizarem no médio e longo prazo, traçando possíveis trajetórias futuras da realidade social e econômica de uma sociedade, podendo ter diferentes naturezas:

- Cenários normativos: quando configuram futuros idealizados ou desejados;
- Cenários extrapolativos: assumem o futuro como continuidade do passado recente, assumindo como baixos os riscos de transformações significativas na realidade;
- Cenários exploratórios: caracterizam situações futuras possíveis, mediante simulação e encadeamento de eventos de provável ocorrência e possíveis rupturas de tendências;
- Cenários referenciais: quando caracterizam a evolução futura como a mais provável, tendo em vista os consensos sobre mudanças e tendências dominantes a se processarem no médio e longo prazos.

Para efeito da presente análise, que consiste em um exercício para a construção de um cenário urbanístico, demográfico e socioeconômico de São José dos Campos para os horizontes futuros, será elaborado um *Cenário Referencial*, inicialmente estruturado a partir de um cenário extrapolativo que considera dados de população, empregos e matrículas disponíveis, acrescido de informações sobre grandes empreendimentos previstos e seus possíveis impactos, bem como da experiência dos técnicos de planejamento, que darão suporte à identificação dos vetores de crescimento e potencial de implantação desses empreendimentos.

A metodologia para a construção do *Cenário Referencial* é apresentada esquematicamente no diagrama da figura seguinte.

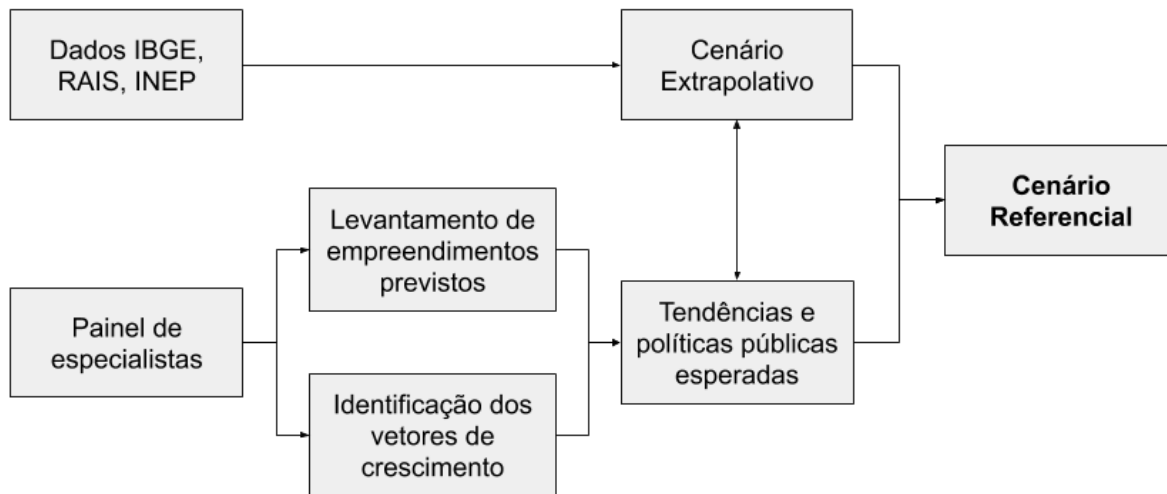


Figura 30: Diagrama com metodologia para construção do Cenário Referencial

Fonte: Elaboração própria

Inicialmente é construído um cenário extrapolativo, com base nas projeções populacionais do IBGE e nas séries históricas e projeções de crescimento de PIB. Esse cenário servirá de base comparativa para a elaboração do *Cenário Referencial*, estabelecendo parâmetros de crescimento demográfico e de empregos na situação hipotética de evolução demográfica e socioeconômica sem quebras de tendências.

Paralelamente a essa atividade, iniciam-se as discussões sobre os potenciais vetores de crescimento urbano, tendo como base as informações obtidas na montagem dos bancos de dados das variáveis explicativas para o ano base, que permitem traçar um panorama de tendências gerais de crescimento difuso, considerando tanto as limitações impostas pela legislação como as barreiras físicas existentes.

Outro importante dado para complementar o exercício é o mapeamento dos grandes empreendimentos previstos, que impactam nas tendências de crescimento e na potencialização de vetores, podendo definir áreas de crescimento concentrado, o que não seria possível identificar em um cenário exclusivamente extrapolativo. A natureza

dos empreendimentos, ou seja, se são habitacionais, comerciais, mistos, etc. também é importante para a definição desses impactos, indicando os potenciais vetores para o crescimento de empregos e matrículas, além da população.

Definido os vetores e identificados os empreendimentos de grande porte e seus possíveis impactos, é feito um exercício de comparação com o cenário extrapolativo, o qual consiste na determinação de pesos para cada uma das regiões da cidade, centralidades e polos de atividades. Assim, regiões onde se identificam maiores tendências de crescimento ou para as quais estão previstos grandes empreendimentos terão maior peso que aquelas que não possuem potencial de atração de investimentos ou que se encontram estagnadas. Esses pesos serão, então, aplicados sobre os resultados do cenário extrapolativo e resultarão no *Cenário Referencial*, indicando maiores taxas para as Regiões Administrativas onde há crescimento concentrado. Observa-se que essas taxas podem variar ao longo dos anos-horizonte, em função da expectativa de implantação de cada um dos empreendimentos previstos, resultando em tendência de convergência com o grupo de regiões ou zonas que acompanham a tendência geral do município, aquelas com crescimento significativamente menor, as de crescimento consideravelmente mais elevado, e até mesmo aquelas com crescimento muito acelerado em um determinado período devido a investimentos elevados.

5.1.2. Construção do Cenário Referencial

Conforme mencionado anteriormente, para a construção de um *Cenário Referencial*, as tendências de crescimento são avaliadas inicialmente de forma extrapolativa, ou seja, sem a consideração e mudanças significativas na evolução observada no passado. Com base nisso, tem início o processo de formulação de hipóteses e formação de consensos sobre mudanças e tendências dominantes a se processarem no médio e longo prazos.

Para dar suporte à formulação de hipóteses é necessário que se tenha o conhecimento das transformações urbanas em processo, dos planos existentes para o território e, o tanto quanto possível, dos investimentos e novos empreendimentos passíveis de causar impactos na cidade, estimulando novos vetores de expansão da malha urbana, adensamento populacional ou alteração na dinâmica de relações econômicas.

Dessa forma, esta atividade contemplará duas frentes de ação. A primeira consiste no levantamento de informações disponíveis sobre novos empreendimentos comerciais e habitacionais junto aos órgãos responsáveis por essas atribuições e a fontes disponíveis online, permitindo a identificação de pólos de crescimento concentrado de população e empregos, ou mesmo de mudanças de padrão de ocupação. Essa coleta de informações inclui uma variedade de formas de crescimento da ocupação:

- Projetos de parcelamento do solo, desde aqueles em etapa de estudo ou projeto por parte de empreendedores que sejam de conhecimento dos técnicos locais, os processos em andamento ou em vias de aprovação por parte do poder público, até aqueles aprovados ou em implantação. Interessa conhecer algumas características básicas como a dimensão dos mesmos (número de unidades), o público alvo (renda alta, média ou baixa), e o padrão de ocupação, junto com a localização para inserção na base de dados do estudo.
- Empreendimentos residenciais previstos (em estudo, em projeto, em processo de aprovação, ou em implementação), incluindo também suas principais características de dimensão, renda, padrão de ocupação e localização, para serem incluídos na base de dados georreferenciada.
- Iniciativas existentes ou previstas que impliquem em investimentos por parte do setor privado em estabelecimentos (novos ou ampliações) com geração de número significativos de empregos, sobre os quais interessa compilar informações sobre os tipos de vagas e o setor econômico (indústria, serviço, comércio, etc.), bem como a localização. Dada a incerteza desse tipo de informação, é útil registrar a percepção, mesmo que qualitativa e naturalmente sujeita a um grau de subjetividade, sobre a probabilidade de ocorrência desses investimentos, pois esse insumo pode ser considerado na identificação de tendências durante a formulação do *Cenário Referencial*.
- Iniciativas do poder público de ampliação ou instalação de novos escritórios ou estabelecimentos concentradores de empregos, seja como parte de políticas deliberadas de descentralização geográfica e criação de novas centralidades, ou

simplesmente fruto de ações específicas, porém relevantes em termos de mudanças na distribuição espacial das atividades vinculadas ao governo municipal, estadual, aeronáutica ou outras instituições públicas.

Conforme mencionado acima, todos os dados quantitativos serão consolidados em bases de dados georreferenciadas, com a localização dos estabelecimentos e empreendimentos e os respectivos atributos de número e tipo de unidades, população potencial prevista e público alvo para a parte residencial, e número de empregos ou matrículas de ensino, setor econômico, etc. Esses dados servirão como insumo para a formulação do *Cenário Referencial* e como parte dos parâmetros para projeção das variáveis explicativas, para o que serão agregados em zonas de tráfego, permitindo sua aplicação aos modelos de transporte.

A segunda frente consiste em sessões de trabalho conjuntas com técnicos de planejamento da Prefeitura para discutir as hipóteses e premissas de crescimento que apresentem grau considerável de consenso que devam ser contempladas na concepção do *Cenário Referencial*. A discussão nesse painel de especialistas tem por objetivo formar uma melhor compreensão sobre as características e os potenciais de ocupação do território, e identificar tendências recentes, incipientes ou esperadas para os horizontes futuros.

Ao associar os dados descritos acima, de empreendimentos e investimentos previstos, com o conhecimento empírico dos técnicos locais, é possível avaliar o conjunto de informações para conformar um quadro geral de tendências de maior probabilidade de ocorrência e sua distribuição geográfica, resultando em cenários consensuais esperados para os horizontes futuros. Cabe destacar a importância de, nesta atividade, discutir não somente os dados concretos obtidos descritos acima, mas também aspectos qualitativos (e até mesmo subjetivos), como condicionantes geográficos e urbanísticos, comportamento do mercado imobiliário, práticas estabelecidas do poder público e padrões de ocupação formal e informal existentes no município. Esses elementos também devem ser levados em conta para a definição de diferentes pesos de cada região da cidade, que permitem capturar o crescimento difuso e o informal, que do contrário

podem ser deixados de fora se fossem utilizados exclusivamente dados oficiais, comprometendo a identificação de demandas de viagens relevantes.

A partir disso, definem-se os vetores de crescimento da cidade, tanto residenciais quanto de atividades econômicas, que servem de insumo para a projeção da população e de empregos e matrículas, respectivamente.

5.2. Projeção de variáveis no *Cenário Referencial*

Uma vez formulado o *Cenário Referencial*, as diretrizes de crescimento são utilizadas para a definição dos parâmetros de projeção das variáveis explicativas para os horizontes futuros. A evolução esperada das características socioeconômicas e de ocupação no cenário de referência deve resultar na projeção das variáveis independentes que servirão de entrada para os modelos de demanda de viagens para os referidos horizontes temporais. Para tanto, se estima o crescimento das variáveis em cada zona de tráfego que, posteriormente, são aplicadas nos modelos para gerar as matrizes de viagens sintéticas para os períodos futuros de interesse.

A projeção da população tem particular importância no estudo em função da necessidade de dimensionamento da rede de transporte público e atualização das frequências das linhas de ônibus municipal. Nesse nível, o surgimento de novos bairros e expansão da mancha urbana para locais previamente sem consolidação urbana pode ser determinante para o desenho de linhas que atendam essa nova demanda. Por esse motivo, a projeção da população deverá ser feito no nível de zona de transporte, incluindo a identificação de áreas onde estejam previstas esse tipo de crescimento que representam quebras de tendências e, portanto, dependem da adoção de técnicas que permitam o incremento discreto dessa variável e não somente técnicas extrapolativas.

Programas habitacionais como os implantados pela CDHU no Estado de São Paulo ou Minha Casa Minha Vida em todo o Brasil são tipicamente outros exemplo da necessidade de adoção de técnicas que permitam incorporar crescimento concentrado da população em determinadas áreas derivados de políticas públicas, que também podem representar

quebras de tendências, muitas vezes alterando drasticamente o padrão de ocupação de regiões previamente pouco ou nada urbanizadas.

A projeção dos empregos, além de utilizar variáveis como o crescimento previsto do PIB, também deve considerar a possibilidade de saltos discretos no número de vagas, derivados de investimentos concentrados, em determinadas áreas que anteriormente possuíam densidade baixa de atividades geradoras de destinos de viagens. A distribuição espacial dos empregos nas cidades apresenta um padrão de concentração muito maior no principal centro urbano (comumente desenvolvido a partir do centro histórico), enquanto nas demais regiões encontram-se estabelecimentos comerciais mas com densidade muito menor, como observado em seção anterior.

Essa característica de estrutura predominantemente monocêntrica é um dos fatores críticos para o desenho dos sistemas de transporte, já que produz uma alta concentração de destinos de viagens no tempo (hora pico) e no espaço (centro). Sendo assim, a projeção permite traduzir possíveis alterações nesse padrão espacial (identificados no *Cenário Referencial*) em variáveis de empregos para os horizontes futuros, que por sua vez atuam como insumos para a geração das respectivas matrizes de demanda de viagens.

Diferentemente da variável população, que em geral representa o principal fator de expansão do perímetro urbano, no caso dos empregos também é menos frequente a presença de vetores que criem centralidades totalmente novas. Entretanto, o município de São José tem uma série de polos de atividades econômicas fora do centro da cidade, sejam já desenvolvidos ou com potencial de crescimento, como o Parque Industrial, o CTA ou os setores no extremo sudoeste do município, junto à divisa com Jacareí.

5.3. Projeção da matriz de viagens horizontes futuros

As matrizes de viagens dos horizontes futuros são geradas a partir da matriz do ano base e das variáveis explicativas projetadas com base no *Cenário Referencial*. Uma característica importante para este estudo é a preservação de grau de detalhamento da distribuição espacial da demanda no nível de zonas de tráfego que permita o

dimensionamento das linhas de ônibus. Os modelos estratégicos utilizados tipicamente em planos de longo prazo muitas vezes sacrificam parte desse detalhamento em função da identificação de mudanças mais estruturais nos padrões de viagens, restringindo a análise em níveis mais agregados, como corredores ou regiões. A abordagem proposta para este estudo procura compatibilizar os dois níveis de análise conforme a questão que se queira responder. A modelagem de um novo sistema de transporte público coletivo requer detalhes e desagregações, mas também deve aproveitar as propostas estratégicas existentes para São José dos Campos nos estudos anteriores de reestruturação do sistema de transporte público, tal como discutido na próxima seção.

5.3.1. Projeção dos vetores de origens e de destinos

O primeiro passo para a obtenção das matrizes futuras é a projeção do número total de origens e de destinos para cada zona. A matriz expandida a partir dos dados de bilhetagem fornece a totalidade das viagens de transporte público, porém sem uma desagregação por propósito, o que não permite desenvolver modelos independentes para cada motivo (trabalho, estudo, outros) nem desagregar entre as viagens de base domiciliar e de base não domiciliar. Entretanto, a abordagem proposta para este estudo permite o uso das principais variáveis explicativas como população, empregos e matrículas como parâmetros para projeção dos vetores de viagens (totais de origens e de destinos por zona).

A Pesquisa Origem-Destino oferece os insumos para estimar a porcentagem de cada motivo nos totais de origens e de destinos em cada zona. Seguindo as premissas básicas dos modelos de planejamento de transporte, assume-se que esse padrão estrutural dos deslocamentos - a relação entre as variáveis explicativas como população e empregos e o número de viagens produzidas e atraídas - varia pouco ao longo tempo. Dessa forma, é possível estimar a relação entre tais variáveis independentes e os vetores de origem e de destinos de viagens por zona de todos os motivos, seja por meio de regressões lineares multivariadas ou pelo cálculo de fatores de ponderação pela proporção e cada motivo de viagem para agregações de zonas com suficiente homogeneidade.

Para modelos de regressão linear múltipla (ORTUZAR e WILLUMSEN, 2001), a formulação matemática para estimar o número de viagens para um horizonte futuro é dada por:

$$O_i^h = a + b_1 * X_{1i}^h + b_2 * X_{2i}^h + \dots + b_k * X_{ki}^h$$

$$D_i^h = c + d_1 * X_{1i}^h + d_2 * X_{2i}^h + \dots + d_k * X_{ki}^h$$

Onde:

O_i^h : Número total de viagens com origem na zona i no ano h ;

D_i^h : Número total de viagens com destino na zona i no ano h ;

a, c : constantes para cada função;

b_k, d_k : coeficientes de cada variável k para cada função;

X_{ki}^h : valor da variável explicativa k (população, empregos, matrículas) para a zona i no ano h .

Para abordagens de fatores de ponderação, a formulação matemática para estimar o número de viagens para um horizonte futuro pode ser representada por:

$$O_i^h = O_i^0 * f(X_{1i}, X_{2i}, \dots, X_{ki})$$

$$D_i^h = D_i^0 * g(X_{1i}, X_{2i}, \dots, X_{ki})$$

Onde:

O_i^h : Número total de viagens com origem na zona i no ano h ;

D_i^h : Número total de viagens com destino na zona i no ano h ;

O_i^0 : Número total de viagens com origem na zona i no ano base;

D_i^0 : Número total de viagens com destino na zona i no ano base;

$f(X_{1i}, X_{2i}, \dots, X_{ki}), g(X_{1i}, X_{2i}, \dots, X_{ki})$: funções de ponderação das variáveis explicativas X_k para as zonas i ;

X_{ki}^h : variável explicativa k (população, empregos, matrículas) para a zona i no ano h .

O resultado desta etapa são os vetores com o total de viagens com origem e com destino em cada zona para os horizontes futuros obtidos com base na projeção das variáveis explicativas, que servem de insumo para a seguinte etapa de distribuição de viagens. Dessa forma, aquelas zonas que tiverem um aumento mais expressivo de população e/ou de empregos produzirão ou atrairão mais viagens comparativamente ao cenário base.

5.3.2. Distribuição das matrizes futuras

A obtenção das matrizes de viagens dos horizontes futuros a partir dos vetores de origens e de destinos é resultado da aplicação dos chamados *métodos de distribuição de viagens* típicos dos modelos de planejamento de transportes. Existe uma variedade de abordagens, desde os fatores de crescimento até os métodos gravitacionais. Conforme mencionado anteriormente, para este estudo é desejável preservar um nível de detalhe considerável da matriz da situação atual obtida a partir dos dados de bilhetagem, de forma a não perder informações relevantes nas zona de tráfego compatível com o dimensionamento do sistema no nível das linhas. Complementarmente, dado que a matriz de bilhetagem não oferece a priori insumos para o desenvolvimento de modelos para cada motivo de viagem separadamente, a estimação de uma matriz agregada representa uma desvantagem clara para a utilização de modelos gravitacionais, que dependem de calibração via curvas de distâncias para cada tipo de viagem.

Dessa forma, será utilizado um método iterativo tipo Fratar ou tipo Furness. Essas abordagens empregam a matriz do ano base como ponto de partida para aplicação sucessiva de etapas onde se calculam fatores para as origens e em seguida para os

destinos para que as somas das linhas e das colunas da matriz convirjam aos vetores de origens e destinos do horizonte futuro desejado.

A formulação matemática básica (ORTUZAR e WILLUMSEN, 2001), aplicada iterativamente até a convergência da função, pode ser representada por:

$$T_{ij} = t_{ij} * f^{O_i} * f^{D_j} * A_i * B_j$$

Onde:

T_{ij} : número de viagens resultante com origem na zona i e destino na zona j ;

t_{ij} : número de viagens resultante com origem na zona i e destino na zona j ;

f^{O_i} e f^{D_j} : fatores de crescimento para origens e destinos respectivamente;

A_i e B_j : fatores de balanceamento para origens e destinos respectivamente.

Sujeito à condição:

$$\sum_i f^{O_i} \sum_j t_{ij} = \sum_j f^{D_j} \sum_i t_{ij} = T$$

Onde:

T : número de viagens total da matriz resultante.

O método é aplicado iterativamente, aplicando a condição $f^{O_i} * A_i = 1$ (origens) e $f^{D_j} * B_j = 1$ (destinos) alternadamente a cada iteração. A cada par de iterações é verificado se o erro total está dentro do aceitável, onde o erro é dado por:

$$E = \sum_i |O_i - O^1_i| + \sum_j |D_j - D^1_j|$$

Onde:

O_i : número total inicial de origens na zona i ;

O^1_i : número total final de origens na zona i ;

D_j : número total inicial de destinos na zona j ;

D^1_j : número total final de destinos na zona j .

Essa técnica tem a característica de preservar a estrutura geral da matriz inicial, ou seja, mantendo os pares origem-destino com maior número de viagens inicial entre os de maior demanda no horizonte futuro e os de menor número de viagens inicial entre os de menor demanda no horizonte futuro. Essa propriedade atende a uma premissa conservadora de não haver mudanças muito significativas de uso do solo que alterariam fundamentalmente os padrões de viagens da cidade, criando no longo prazo novas conexões estruturantes da cidade comparativamente ao ano base. Para tanto, seria necessário a utilização de modelos estratégicos, como o gravitacional, que por sua vez impõe a condição de distorção da distribuição observada desde o curto com a subsequente perda de detalhe desejada neste estudo para o dimensionamento do sistema para a nova concessão. Entretanto, dado o objetivo principal deste estudo, preferiu-se adotar o método tipo Furness para preservar o detalhamento espacial da matriz gerada a partir dos dados de bilhetagem, mais adequado para o dimensionamento de redes no nível de bacias de demanda.

5.4. Alocação de viagens e carregamento da rede

A etapa de alocação de viagens, conhecida também como carregamento da rede de transporte coletivo aponta, para cada par ij da matriz de viagens, as melhores estratégias para efetivação do deslocamentos. Esta etapa está fortemente ligada à descrição do sistema de transportes em estudo, ou seja, a rede matemática de transportes, seus parâmetros operacionais e os custos generalizados, determinantes na escolha destas estratégias.

Utiliza-se uma representação matemática do sistema viário e dos diversos subsistemas de transporte coletivo que operam conjuntamente na área de estudo, a fim de se obter indicadores de desempenho destes sistemas, tais como passageiros transportados por subsistema (ônibus municipais, ônibus intermunicipais, vans), relação de passageiros por quilômetro, passageiros por hora, índices operacionais (quilometragem, quantidade

de veículos), tempos de espera, tempos de viagem, transferências entre modos, linhas e/ ou subsistemas entre outros.

A rede de transporte coletivo baseia-se em uma representação detalhada do sistema viário e das rotas e serviços existentes na área de estudo. A base de simulação é composta por segmentos viários, representados por links e as intersecções viárias, representadas por nós de conexão entre dois ou mais links.

A conexão entre os centroides, elementos que representam matematicamente as zonas de tráfego é a rede viária é representada através de links específicos, denominados conectores. Nestes links de conexão, são permitidos apenas deslocamentos a pé, que na verdade representam a distância média de acesso entre as origens e destinos e os pontos de parada e estações dos serviços de transporte.

A codificação das linhas é realizada através da identificação da sequência de segmentos utilizados em cada itinerário e dos parâmetros de oferta de cada serviço - tarifa, intervalo, modo, velocidade por segmento, tipo capacidade dos veículos, tempos de retorno operacional, tempo de parada em estações.

O modelo matemático total de viagens da matriz ij de viagens, determinando basicamente o total de embarques em cada linha e serviço representados no modelo. Estes resultados decorrem das estratégias escolhidas pelo algoritmo do modelo de alocação, que procura reduzir o custo generalizado para cada deslocamento entre as zonas de tráfego.

São considerados os parâmetros operacionais de todos os subsistemas de transporte, além da representação temporal dos custos de transferência e embarque em cada linha/ subsistema, consolidados na forma de custo generalizado.

Os resultados da alocação permitem a avaliação operacional e econômica dos sistemas de transporte existentes e daqueles propostos, dentro de diversos cenários socioeconômicos de estudo e dentro de diferentes perspectivas de tempo, permitindo avaliações de projeto detalhadas ao longo dos períodos de amortização dos

investimentos a serem realizados, bem como a estimativa do fluxo de caixa de um projeto de concessão ou parceria público privada.

Os modelos de alocação para transporte coletivo atuais trabalham com o conceito de múltiplos caminhos (*multipaths*, utilizados na quase totalidade dos programas disponíveis no mercado. Este conceito procura representar matematicamente o comportamento dos usuários em relação a 1) a disponibilidade de alternativas de deslocamento entre suas origens e destinos e 2) as condições de oferta, nível de serviço, custo, tempo de espera e em alguns modelos, lotação dos veículos.

Assim, é esperado que nem todos os usuários que deslocam de i a j utilizem, necessariamente, a mesma estratégia de viagem. como forma de simular o comportamento dos usuários, os algoritmos de alocação trabalham da forma ilustrada na figura 31, seguinte, considerando:

- o conjunto de alternativas de deslocamento entre os pontos A e B, representados no gráfico através das cinco linhas, seus tempos de deslocamento e seus intervalos;
- uma tarifa única de acesso ao sistema de transportes, independente das linhas escolhidas ou do número de transferências realizadas, e;
- tempo de espera médio correspondente a 50% do intervalo de cada linha.

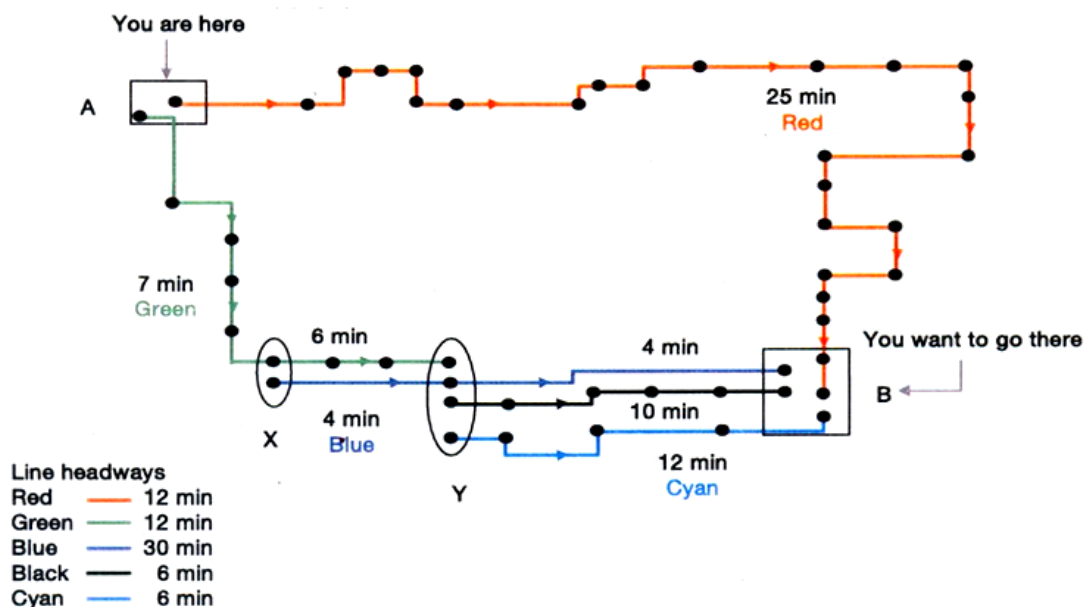


Figura 31: Esquema de alternativas de oferta de transporte coletivo para deslocamento entre origem A e destino B

Fonte e elaboração própria

Calculados os tempos resultantes de todas as alternativas disponíveis, incluindo os tempos de espera e percurso com uma tarifa única igual em todas estratégias, teremos o seguinte resultado.

Tabela 2: Comparativo entre os tempos, por estratégia de viagem

ESTRATÉGIA	TEMPOS						
	ESPERA	PERCURSO	ESPERA	PERCURSO	ESPERA	PERCURSO	TOTAL
LARANJA	6	25	-	-	-	-	31
VERDE + AZUL TRECHO 1	6	7	15	8	-	-	36
VERDE + AZUL TRECHO 2	6	13	15	4	-	-	38
VERDE + PRETA	6	13	3	10	-	-	32
VERDE + CIAN	6	13	3	12	-	-	34
VERDE + AZUL TRECHO 1 + PRETA	6	7	15	4	3	10	45
VERDE + AZUL TRECHO 1 + CIAN	6	7	15	4	3	12	47

Fonte e elaboração própria

A alternativa de utilização direta da linha laranja apresentou o melhor desempenho, resultando no tempo total de 31 minutos. Tomando como referência este limite, o algoritmo compara este valor com os tempos de todas as demais estratégias possíveis, levando em conta o tempo de deslocamento - descontado tarifas, tempo em

transferências e tempos de espera - igual ou inferior a este valor, definindo assim o conjunto de caminhos competitivos entre cada par ij de viagens da rede de simulação.

Tabela 3: Comparativo entre os tempos totais e os tempos despendidos nos veículos

ESTRATÉGIA	TEMPOS	
	TOTAL	PERCURSO
LARANJA	31	25
VERDE + AZUL TRECHO 1	36	15
VERDE + AZUL TRECHO 2	38	17
VERDE + PRETA	32	23
VERDE + CIAN	34	25
VERDE + AZUL TRECHO 1 + PRETA	45	21
VERDE + AZUL TRECHO 1 + CIAN	47	23

Fonte e elaboração própria

No exemplo analisado, todas as alternativas atendem a este critério, portanto o total de viagens entre A e B seria dividido proporcionalmente entre todos os caminhos disponíveis. Este é basicamente o método utilizado pela grande maioria dos softwares de alocação.

6. Análise das propostas de rede de transporte

Este capítulo apresenta uma análise preliminar sobre os projetos de infraestrutura voltada ao sistema de ônibus disponíveis na SEMOB.

Ainda que o objetivo deste contrato seja a formulação de um modelo de delegação dos serviços por ônibus, é necessário considerar a possibilidade de implantação de infraestruturas que permitam um desempenho superior do sistema, o que representa uma maior racionalidade e eficiência tanto operacional quanto financeira, influenciando assim nas condições de contorno da delegação dos serviços.

Foram analisados dois conjuntos de propostas. O primeiro conjunto resultou de um diagnóstico conduzido pela Logit Engenharia, que se configurou como uma rede de BRT's com a respectiva reorganização na oferta do sistema.

O segundo conjunto, apresentado no final do capítulo, foi desenvolvido internamente à SEMOB durante o ano de 2018, procurando adequar o nível de intervenção à capacidade de investimentos do poder público, priorizando a intervenção em trechos prioritários e naqueles locais onde houvesse disponibilidade de áreas que permitissem a implantação de paradas em canteiros centrais, com ou sem ultrapassagens, e faixas exclusivas sem a necessidade de alterações significativas no alinhamento viário, desapropriações ou implantação de obras de arte.

Tratam-se de dois conjuntos de propostas bastante distintos, inclusive do ponto de vista das alterações decorrentes de suas implantação na forma de operação do sistema.

Finalizado em Dezembro de 2014, o projeto “Estudo, Diagnóstico Operacional do Sistema de Transportes existente no município de São José dos Campos e Elaboração do Projeto de Reestruturação e Modernização do Sistema de Transporte Público de Passageiros”, que será tratado a seguir de forma reduzida como Reestruturação, propôs para a cidade um sistema de transporte público com corredores de BRT, como mostrado no mapa da figura 32, seguinte.

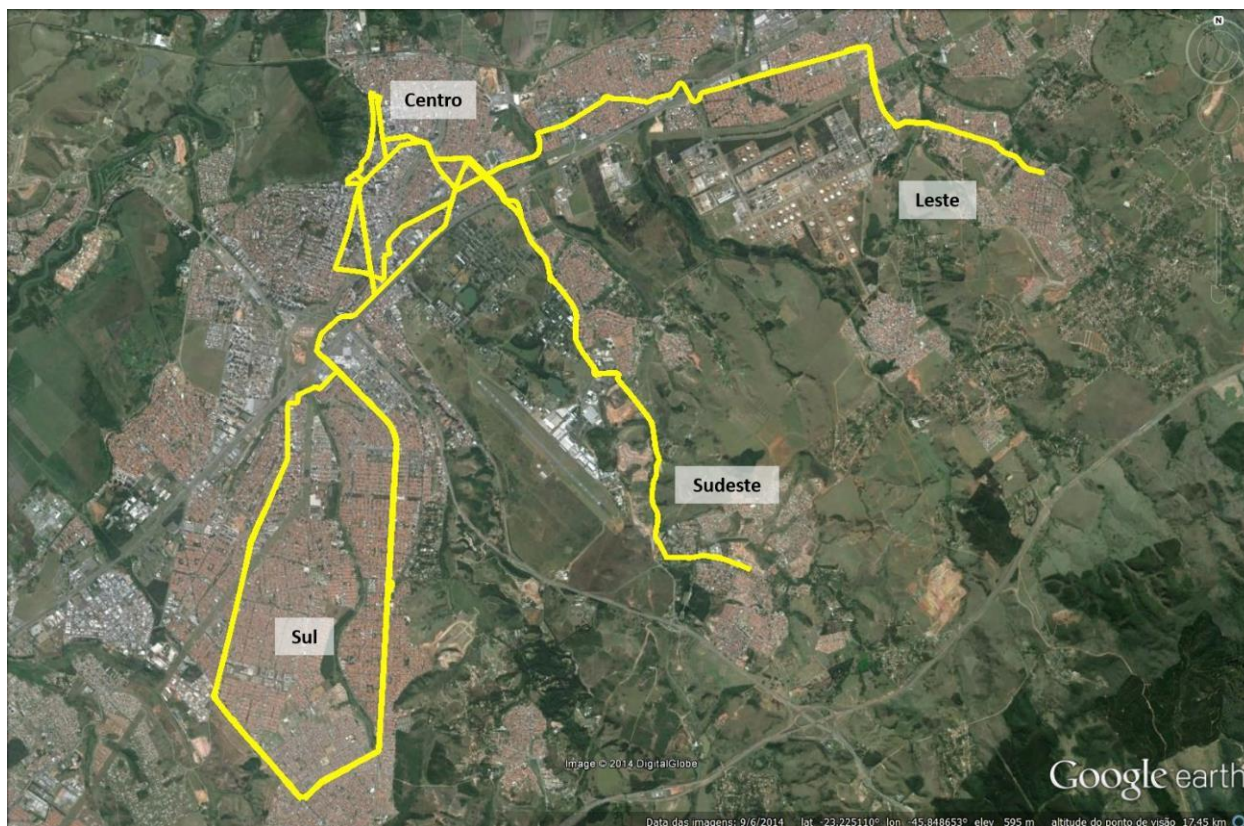


Figura 32: Proposta de corredores de BRT do Projeto de Reestruturação

Fonte: Relatório Final Tomo I do Projeto de Reestruturação

Ao todo, a proposta possui 53,5 quilômetros de corredores de BRT:

- Corredor Leste: eixo das avenidas Josefina Pozzi Bondesan, Tancredo Neves, Pedro Friggi e Juscelino Kubitschek;
- Corredor Sul Andrômeda: eixo das avenidas Cidade Jardim e Andrômeda;
- Corredor Sul Estrada Velha: eixo do trecho da SP-066 em São José dos Campos;
- Corredor Sudeste: eixo da Estr. Mun. Glaudiston P. de Oliveira e Av. dos Astronautas.

Como características propostas para os corredores, são listadas:

- Faixa segregada;
- Faixa de ultrapassagem em determinadas estações;
- Embarques e desembarques à esquerda;
- Estações de piso baixo;

- Cobrança externa;
- Frota mista;
- Sistema de controle da operação e informação ao usuário.

A proposta da Reestruturação oferecia grandes ganhos em relação ao sistema atual, porém com impactos e restrições. Tais restrições podem ser superadas pelo uso de integração tarifária, composição adequada de frota (de forma a atender às diversas necessidades de frequências e capacidades de cada região) e priorização do transporte coletivo no viário.

Pode-se aumentar o nível de troncalização da rede sem adotar o modelo de corredores fechados com terminais. Uma opção para aumentar o nível de troncalização seria preservar algumas linhas que atendem os bairros mais populosos nas pontas (bairros mais distantes do centro) e fazer com que essas linhas entrem nos corredores virando parte dos serviços troncais a partir de parte de seu trajeto. O serviço troncal seria complementado por outros serviços troncais que não saíssem dos corredores. Uma proposta como essa aproveitaria a versatilidade que os sistemas sobre pneus oferecem.

Atualmente não há como implementar algumas das obras especiais essenciais ao funcionamento dos corredores Leste e Sul Andrômeda, uma vez que não chegam ao centro sem essas novas transposições. Portanto, é preciso flexibilizar o modelo operacional, não adotando corredores fechados como estruturantes da nova concessão e considerando, dessa forma, veículos com porta em ambos lados, para que possam operar parte do roteiro fora dos corredores.

Ressalta-se que é importante desenvolver um modelo operacional que permita adaptações no futuro com a implantação gradual de novos corredores de infraestrutura pesada, possibilitando a integração da rede à medida que as mudanças forem sendo feitas.

Nesse sentido, a equipe interna da SEMOB desenvolveu um conjunto de propostas de priorização para a circulação dos ônibus, buscando adequar intervenções possíveis com demandas operacionais do sistema de transporte.

No estudo da SEMOB foram contemplados os corredores Pedro Friggi, Juscelino Kubitscheck e o sistema de corredores de acesso à área central, compostos pelas Avenidas Adhemar de Barros, Engº Francisco José Longo e Heitor Villa Lobos.

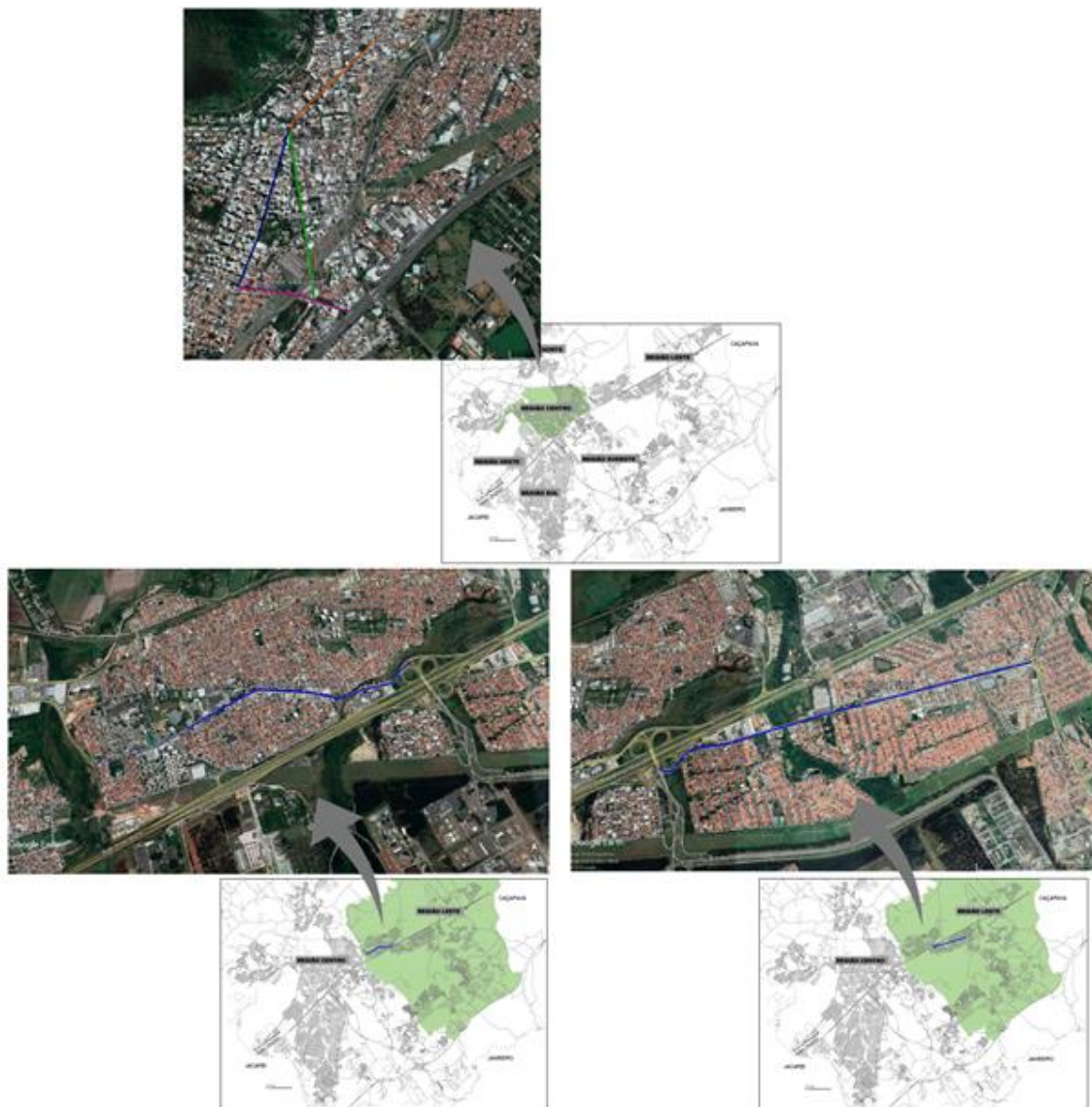


Figura 33: Localização dos corredores com proposta de projeto funcional: Centro (superior), JK (inferior esquerdo) e Pedro Friggi (inferior direito).

Fonte: SEMOB

As propostas desenvolvidas internamente pela SEMOB representam um ponto de partida importante para a conformação de corredores prioritários de transporte público. Elas permitem implantar corredores centrais nas principais vias estruturantes do transporte

coletivo da região leste com modelos operacionais de priorização mais flexíveis que um BRT exclusivo tradicional (em que as linhas troncais operam unicamente dentro dos corredores e no qual se exige um modelo operacional mais restrito, com a necessidade de implantação, e operação, de uma série de terminais de integração e estações de transferência).

O modelo físico-funcional do BRT procura, no limite, eliminar serviços que entrem e saiam do trecho segregado do corredor, aumentando o volume de transferências a favor do desempenho operacional e dos tempos de percurso. Tal concepção, adaptada de sistemas metroferroviários, do BRT como sistema em via permanente, permite atender demandas acima de 25 mil passageiros /hora/ sentido - como no caso do Transmilênio, na cidade de Bogotá.

Certamente em São José a perspectiva é a de atendimento a faixas de demanda inferiores às de um sistema de BRT, compatíveis com corredores em faixa segregada à esquerda ou mesmo em alguns casos, faixas exclusivas ou preferenciais à direita, por horário ou período. Segundo o BRT Standard, estudo desenvolvido pelo ITDP - Institute for Transportation Development Policy e instituições parceiras em 2016, que estabelece parâmetros de hierarquização BRT's, muitos destes sistemas intermediários podem ser considerados BRT em níveis diferentes, desde os sistemas conhecidos como BRS - Bus Rapid Service - até o BRT tradicional.

A adoção de modelos intermediários é importante para obter ganhos de eficiência na operação e economia de tempo para usuários sem depender da construção de obras especiais, como o viaduto proposto pelo Plano de Reestruturação - 2014, que permitiria a transposição da avenida JK sobre um córrego, facilitando o acesso à área central. Ainda que esta seja uma obra importante para o tráfego em geral, vincular a reorganização do sistema de transporte público por ônibus a obras desta complexidade tem representado, de maneira recorrente, mais um problema do que uma solução. Sistemas sobre pneus são, por definição, mais flexíveis e, portanto, mais adaptáveis às condições operacionais. Admitir modelos operacionais menos complexos, desde que

compatíveis com as faixas de demanda a serem atendidas, tem-se mostrado a melhor estratégia nas cidades brasileiras.

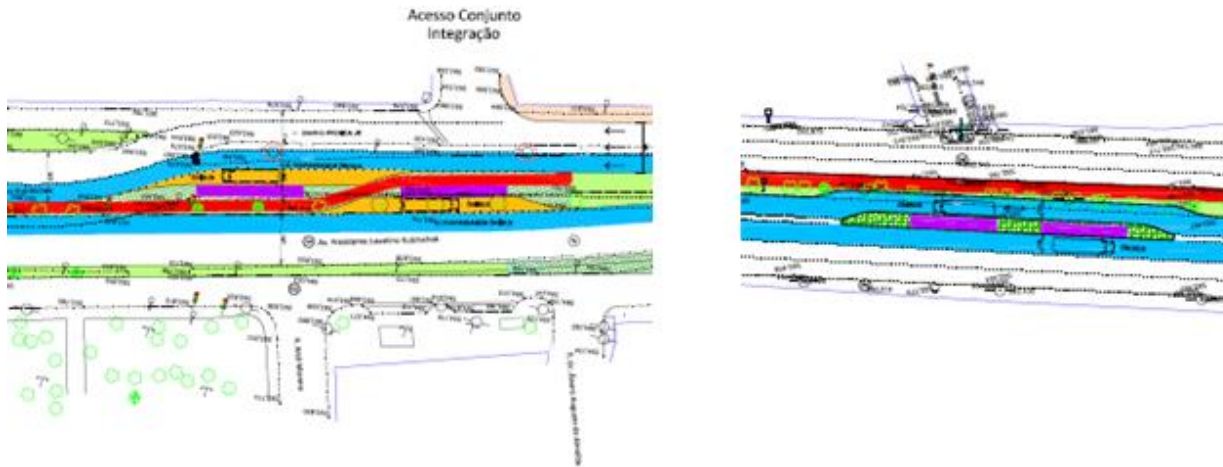


Figura 34: Estações com e sem ultrapassagem no Corredor JK

Fonte: SEMOB

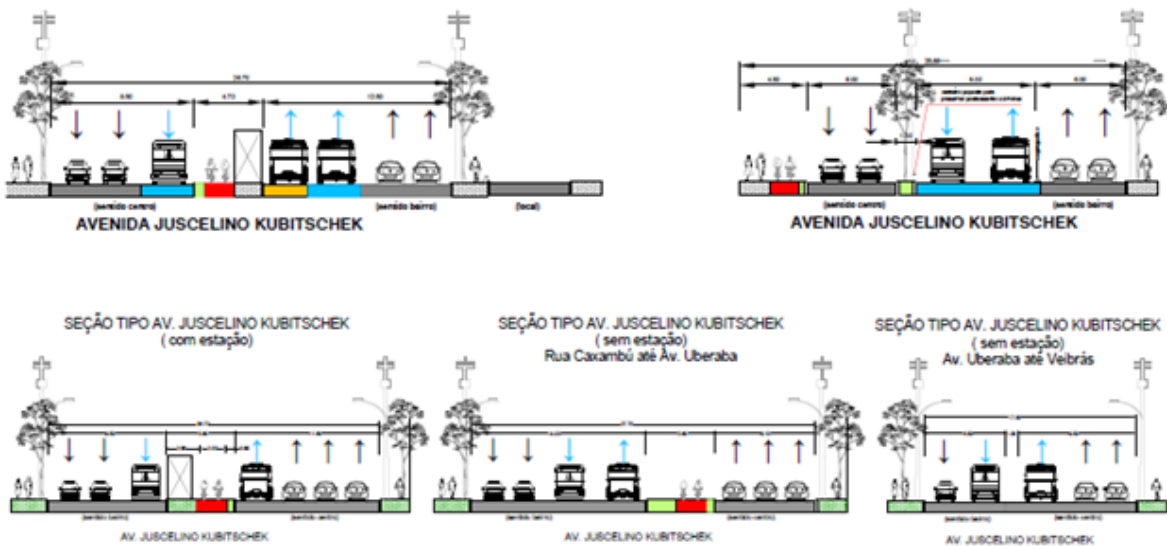


Figura 35: Configurações de seção transversal do Corredor JK (estações com e sem ultrapassagem)

Fonte: SEMOB

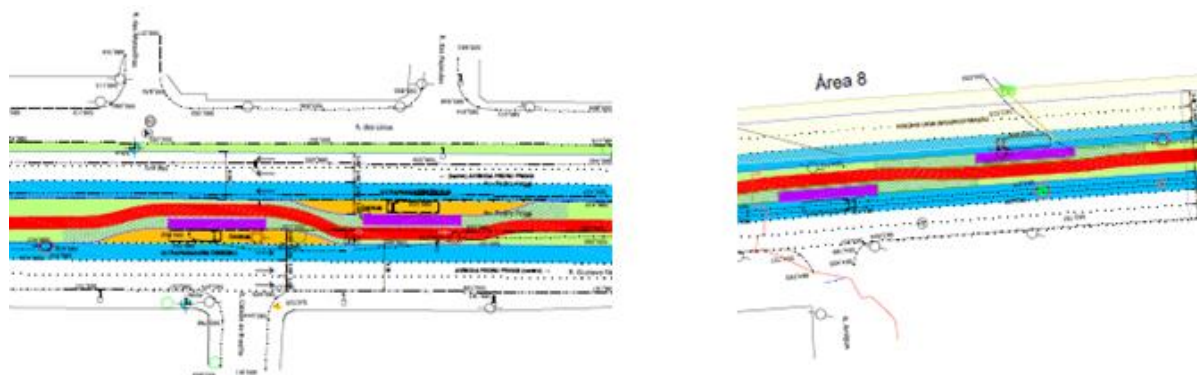


Figura 36: Estações com e sem ultrapassagem no Corredor Pedro Friggi

Fonte: SEMOB

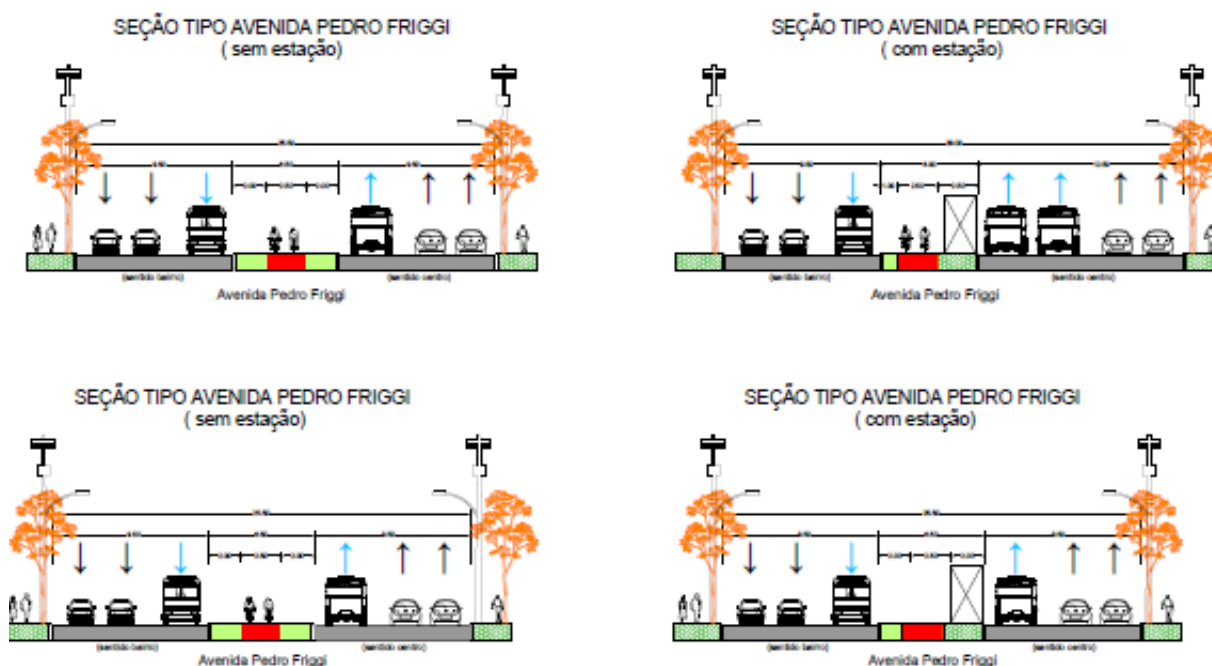


Figura 37: Configurações de seção transversal do Corredor Pedro Friggi (estações com e sem ultrapassagem)

Fonte: SEMOB

As propostas incluem várias estações com possibilidade de ultrapassagem, o que permite a adoção de serviços expressos ou semi-expressos, um recurso relevante na otimização da oferta e no aproveitamento do material rodante, com economia de frota e consequentemente, mão de obra de operadores - que representa parcela significativa do custo operacional de sistemas de ônibus.

Outra decorrência é a necessidade de adaptação da frota, que deverá ser necessariamente equipada com portas à esquerda e à direita, exatamente por conta da flexibilidade do modelo operacional. Este aspecto tem implicações diretas na construção da engenharia financeira da delegação, exigindo que, de maneira escalonada, seja prevista aquisição de veículos corretamente equipados para operar no viário priorizado.

Também será necessário avançar na avaliação das propostas desenvolvidas, incluindo a avaliação dos benefícios de sua implantação ao longo do período de projeto, a matriz energética a ser adotada, as formas de financiamento e o dimensionamento do sistema, com base nas matrizes atualizadas de bilhetagem eletrônica.

Questões como o volume de integrações, dimensionamento de frota e toda sua implicação no arcabouço econômico-financeiro da delegação justificam o aprofundamento dos estudos - inclusive considerando-se a possibilidade de ampliar as intervenções para outros corredores, dentro da mesma estratégia de adoção de modelos operacionais flexíveis.

7. Referências

ARBEX, R., e TORRES, S. Variabilidade da demanda e da oferta do transporte coletivo. Revista Engenharia, 72–79. 2017

BRT STANDARD. Institute for Transportation Development Policy, 2016.

IPPLAN. INSTITUTO DE PESQUISA, ADMINISTRAÇÃO E PLANEJAMENTO. Atlas da pesquisa origem e destino: panorama da mobilidade em São José dos Campos. São Carlos: Editora Cubo, 2014.

MUNIZAGA, M.; 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

ORTUZAR, Juan de Dios; WILLUMSEN, Luis G. Modelling Transport, Fourth Edition. John Wiley & Sons, Ltd. 2011