INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

Matheus Henrique Cunha Barboza

Análise da matriz origem-destino para a mobilidade urbana em São José dos Campos: subsídios para a ampliação do transporte cicloviário

Trabalho de Graduação
2014

Civil-Aeronáutica

652.8

Matheus Henrique Cunha Barboza

Análise da matriz origem-destino para a mobilidade urbana em São José dos Campos: subsídios para a ampliação do transporte cicloviário

Orientador
Prof. Maryangela Geimba de Lima (ITA)

Engenharia Civil-Aeronáutica

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS
COMANDO-GERAL DE TECNOLOGIA AEROESPACIAL
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

2014

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Divisão de Informação e Documentação

Barboza, Matheus H. C.
Análise da matriz origem-destino para a mobilidade urbana em São José dos Campos: subsídios para a ampliação do transporte cicloviário / Matheus Henrique Cunha Barboza.
São José dos Campos, 2014.
74f.

Trabalho de Graduação – Engenharia Civil-Aeronáutica – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2014.
Orientador: Prof. Dr. Emmanuel Antônio dos Santos.

1. Transporte Cicloviário 2. Preferência Declarada 3. São José dos Campos I. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. II.Título

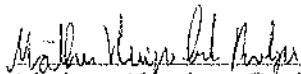
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BARBOZA, Matheus H. C. **Análise da matriz origem-destino para a mobilidade urbana em São José dos Campos: subsídios para a ampliação do transporte cicloviário**. 2014. 74f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Matheus Henrique Cunha Barboza
TÍTULO DO TRABALHO: Análise da matriz origem-destino para a mobilidade urbana em São José dos Campos: subsídios para a ampliação do transporte cicloviário
TIPO DO TRABALHO/ANO: Graduação / 2014

É concedida ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica permissão para reproduzir cópias deste trabalho de graduação e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem a autorização do autor.



Matheus Henrique Cunha Barboza
Rua Visconde de Taunay, 443, Vila Cruzeiro
CEP 04726-010 – São Paulo – SP

ANÁLISE DA MATRIZ ORIGEM-DESTINO PARA A MOBILIDADE URBANA EM SÃO JOSÉ DOS CAMPOS: SUBSÍDIOS PARA A AMPLIAÇÃO DO TRANSPORTE CICLOVIÁRIO

Essa publicação foi aceita como Relatório Final de Trabalho de Graduação

Matheus Henrique Cunha Barboza
Autor

Prof. Dr. Emmanuel Antônio dos Santos (in memoriam)
Orientador

Prof. Maryangela Geimba de Lima (ITA)
Coorientador

Prof. Dr. Eliseu Lucena Neto
Coordenador do Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica

São José dos Campos, 26 de novembro de 2014

Dedico este trabalho à minha família,
por todo o suporte dado.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Maryangela, por toda a ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Emmanuel Antônio dos Santos, por ter guiado o início deste projeto e por toda a ajuda dada ao longo do curso.

Ao relator Wilson, pelo esforço na busca do aprimoramento do trabalho realizado.

Ao IPPLAN, por todos os dados fornecidos, sem os quais não teria sido possível a realização deste trabalho.

Ao pessoal da LOGIT, em especial à minha gerente Juliana Antunes, pelas várias dicas de boas referências e pelas longas conversas sobre a importância do tema deste trabalho.

À minha turma Civil-14, por todo o suporte nestes anos cheios de longas noites de estudo.

“A protected bicycle lane in a city in a developing country is a powerful symbol showing that a citizen in a $30 bicycle is as important as one in a $30.000 car.”

Enrique Peñalosa

RESUMO

Este trabalho de graduação teve como objetivo avaliar a prioridade de implantação das novas ciclovias previstas para a cidade de São José dos Campos – SP, buscando uma ordem na implantação que maximize o número de viagens realizadas com bicicleta.

A partir dos dados de Pesquisa Origem Destino na cidade, conseguiu-se determinar a participação de cada modal em cada zona. Com o tratamento dos dados da Pesquisa de Preferência Declarada através do Modelo Logit Binomial, pode-se estimar o possível aumento na participação das viagens realizadas de bicicleta, devida à migração de usuários de transporte coletivo ou automóvel.

Para chegar à otimização na ordem de implantação das ciclovias, utilizou-se um Algoritmo Genético que encontrou a combinação ideal de ciclovias para cada horizonte de tempo.

Palavras-chaves: transporte cicloviário; preferência declarada; São José dos Campos

ABSTRACT

This graduate work aimed to evaluate the priority on the implementation of the new bike lanes planned for the city of São José dos Campos – SP, seeking an order in the deployment that maximizes the number of trips made by bicycle.

From the data of the Origin-Destination Survey, it was possible to determine the contribution of each modal in each zone. Treated the data from the Stated Preference Survey through the Binomial Logit Model, it was possible to estimate the possible increase in the share of trips made by bicycle, due to the migration of the users of automobiles or collective transport.

To reach the optimization of cycle paths deployment order, it was used a Genetic Algorithm that found the ideal combination of the bikes paths for each time horizon.

Keywords: cycling transportation; stated preference; São José dos Campos

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – A História da Bicicleta 15
Figura 2 – Comparação entre taxas de fatalidades com ciclistas e de uso da bicicleta para ir ao trabalho 18
Figura 3 – Comparação entre indicadores de saúde entre adultos e níveis de uso de bicicletas e de viagens a pé para ir ao trabalho 20
Figura 4 – Comparação entre população com diabetes e níveis de uso de bicicletas e de viagens a pé para ir ao trabalho 20
Figura 5 - Comparação de tempo de viagem por modal 21
Figura 6 - Participação das viagens realizadas com bicicleta em alguns países 21
Figura 7 - Divisão modal de grandes cidades europeias 22
Figura 8 - Divisão modal por classe de população das cidades 23
Figura 9 - Mobilidade total por classe de população das cidades 24
Figura 10 – Motorização por classe de população das cidades 24
Figura 11 - Custos de deslocamento por categoria modal e por classe de população das cidades 25
Figura 12 - Custos de externalidade por categoria modal e por classe de população das cidades 25
Figura 13 - Custos de externalidades por tipo e classe de população das cidades (em Bilhões de R$ por ano) 26
Figura 14 - Custos de externalidades por categoria modal e classe de população das cidades (em Bilhões de R$ por ano) 27
Figura 15 - Divisão urbano/rural 29
Figura 16 - Macrozoneamento de São José dos Campos 30
Figura 17 - Porcentagem de Pessoas de Referência por Classificação ABIMEPE por Setores Socioeconômicos do Município de São José dos Campos - 2003 31
Figura 18 - Fluxograma de Algoritmos Genéticos 35
Figura 19 - Divisão modal 43
Figura 20 - Divisão de viagens quanto à motorização 44
Figura 21 - Divisão de viagens em transporte coletivo e individual 44
Figura 22 - Divisão de viagens de bicicleta por gênero 45
Figura 23 - Participação da faixa etária na população e nos usuários de bicicleta 45

Figura 24 - Concentração de usuários de bicicleta quanto à escolaridade 46
Figura 25 - Concentração de usuários de bicicleta quanto à renda 46
Figura 26 - Destinos das viagens realizadas de bicicleta 47
Figura 27 - Participação do modal cicloviário para cada motivo de viagem 47
Figura 28 - Viagens externas e internas a cada Zona 48
Figura 29 - Estrutura Cicloviária de São José dos Campos 48
Figura 30 - Estrutura Cicloviária em 2011 49
Figura 31 - Carregamento das viagens feitas por bicicleta em 2011 49
Figura 32 - Ciclovia da Av. Andrômeda e Zona 13 53
Figura 33 - Ciclofaixa do Distrito Industrial Chácaras Reunidas 54
Figura 34 - Ciclofaixa na Av. Dr. João Batista de Souza Soares 54
Figura 35 - Estrutura cicloviária criada até 2014 56
Figura 36 - Mapa da rede cicloviária proposta para o curto prazo 63
Figura 37 - Mapa da rede cicloviária proposta para o médio prazo 64
Figura 38 - Gráfico comparativo da ordem proposta por este trabalho e da prevista pela Prefeitura de São José dos Campos 65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Óbitos em acidentes de transporte terrestre 26
Tabela 2 - Quadro Resumo da Infraestrutura no Brasil em Abril de 2007 28
Tabela 3 - Zonas e Macrozonas 37
Tabela 4 - Viagens quanto à Zona de origem 40
Tabela 5 - Macrozonas de origem das viagens 42
Tabela 6 - Viagens internas e externas a cada Macrozona 42
Tabela 7 - Ligações entre zonas possíveis pela malha cicloviária em 2014 56
Tabela 8 – Viagens que passam a ser feitas de bicicleta com adição à rede das ciclovias planejadas para o curto prazo 57
Tabela 9 - Viagens que passam a ser feitas de bicicleta com adição à rede das ciclovias planejadas para o médio prazo 59
Tabela 10 - Ciclovias prioritária no curto prazo 62
Tabela 11 - Ciclovias prioritária no médio prazo 63

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

CTB - Código De Trânsito Brasileiro

ONU - Organização das Nações Unidas

ABRADIBRI - Associação Brasileira dos Fabricantes, Distribuidores, Exportadores e Importadores de Bicicletas, Peças e Acessórios

ABRACICLO - Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas e Bicicletas

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

DCTA - Departamento de Ciência e Tecnologia da Aeronáutica

REVAP - Refinaria Henrique Lage

APA - Área de Proteção Ambiental

IPPLAN - Instituto de Pesquisa, Administração e Planejamento

n - tamanho de amostra;

σ - desvio padrão da população;

E - erro amostral;

Z - parâmetro da curva normal referente ao nível de significância.

U - é o valor da função utilidade;

X_k - valor do atributo k;

β_k - coeficiente do modelo para o atributo k;

K - quantidade de atributos.

Pb_{ij} - probabilidade de uso de bicicleta entre as zonas i e j;

U_{bij} - utilidade do modo bicicleta entre as zonas i e j;

P_{mij} - probabilidade de uso do outro modal, automóvel ou ônibus.

x_{1ij}, x_{2ij}, ..., x_{nij} - variáveis correspondentes aos atributos dos modos;

α_0, α_1, α_2,..., α_n - coeficientes obtidos com calibração.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 15
2. OBJETIVO 16
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 17
3.1 Definições importantes 17
3.2 Ganho urbanístico com utilização do modal cicloviário 18
3.3 Ganho pessoal com utilização de bicicleta 19
3.4 Cenário do uso da bicicleta no mundo 21
3.5 Cenário do uso da bicicleta no Brasil 23
3.6 Caracterização socioeconômica de São José dos Campos 29
3.7 Coleta de Dados e Modelos Comportamentais 31
3.7.1 Pesquisa Origem Destino 31
3.7.2 Preferência Declarada 32
3.7.3 O Modelo Logit Binomial 33
3.8 Algoritmo Genético 34
3.9 Diretrizes 36
3.9.1 Segurança viária 36
3.9.2 Rotas diretas 36
3.9.3 Conforto 36
3.9.4 Atratividade 36
4. MATERIAIS E MÉTODOS 37
4.1 Deslocamentos atuais 37
4.2 Estruturas existente e planejada 48
4.3 Possíveis viagens de bicicleta 50
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 55
5.1 Aumento do uso da bicicleta 55
5.2 Prioridade de implantação das ciclovias 61
5.3 Recomendações 65
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 67
ANEXO A 70
ANEXO B 72

1. INTRODUÇÃO

A forma de se pensar a mobilidade urbana vem se alterando nos últimos anos. Abordagens tradicionais assumiam transporte como tráfego de veículos motorizados. Com esta visão, as medidas que propiciam melhora na velocidade dos carros e aumento do fluxo de automóveis são adotadas como objetivo das intervenções propostas. Por outro lado, uma abordagem mais compreensiva associa o transporte à mobilidade dos indivíduos, o que leva a objetivos não necessariamente iguais - e muitas vezes conflitantes - aos da primeira abordagem (Hook, 2003).

Paralelamente a esta nova visão, surge a ideia de mobilidade urbana, um atributo das cidades que se refere ao deslocamento de pessoas e também de bens no espaço urbano, tendo os veículos, vias e toda a infraestrutura urbana um papel ferramental, não sendo um objetivo.

Diante deste novo panorama, a bicicleta volta a assumir um papel de destaque. Enquanto em Amsterdã as viagens a pé ou de bicicleta correspondem a mais de 60% do total de viagens, em São José dos Campos este número é de 26%.

Na Figura 1, pode-se ver a evolução das bicicletas.

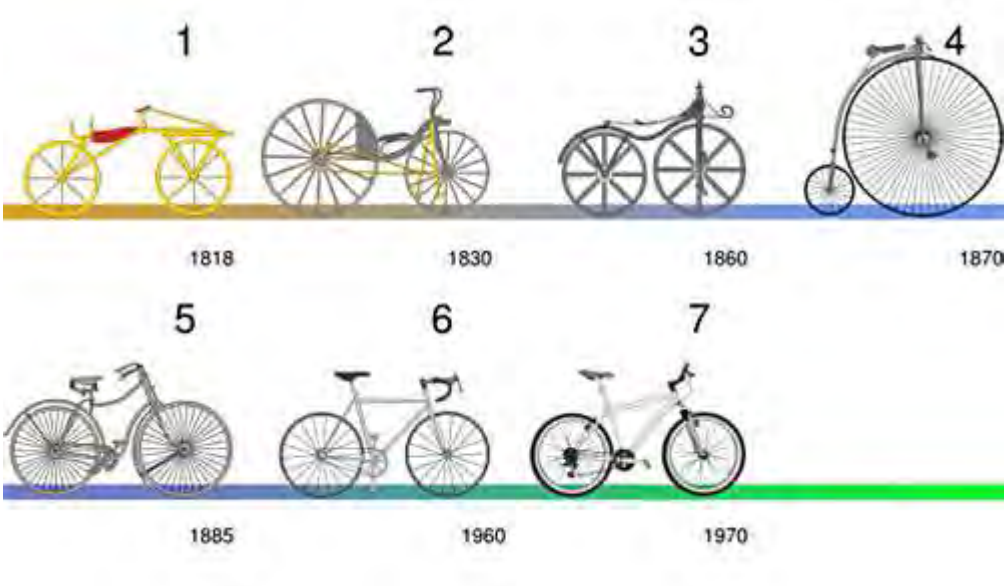


Figura 1 – A História da Bicicleta

Fonte: (Bikemagazine, 2011)

2. OBJETIVO

O presente trabalho tem por objetivo apontar a prioridade na implantação de ciclovias para a cidade, a partir da análise dos deslocamentos de bicicleta em São José dos Campos, da análise da infraestrutura existente e de estimativas de mudança modal. São indicadas ainda atividades que devem ser desenvolvidas para aprimoramento das propostas.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Definições importantes

Adotando a mesma nomenclatura do Código De Trânsito Brasileiro (CTB) (BRASIL, 1997), alguns termos chaves são:

“BICICLETA - veículo de propulsão humana, dotado de duas rodas, não sendo, para efeito deste Código, similar à motocicleta, motoneta e ciclomotor.

BICICLETÁRIO - local, na via ou fora dela, destinado ao estacionamento de bicicletas.

[...]

CALÇADA - parte do sistema viário, normalmente segregada e em nível diferente, não destinada à circulação de veículos e reservada exclusivamente ao trânsito de pedestres e, quando possível, à implantação de mobiliário urbano, sinalização, vegetação e outros fins.

[...]

CICLO - veículo de pelo menos duas rodas a propulsão humana.

CICLOFAIXA - parte da pista de rolamento destinada à circulação exclusiva de ciclos, delimitada por sinalização específica.

[...]

CICLOVIA - pista própria destinada à circulação de ciclos, separada fisicamente do tráfego comum.

[...]

LOGRADOURO PÚBLICO - espaço livre destinado pela municipalidade à circulação, parada ou estacionamento de veículos, ou à circulação de pedestres, tais como calçada, parques, áreas de lazer, calçadões.

[...]

PASSEIO - parte da calçada ou da pista de rolamento, neste último caso, separada por pintura ou elemento físico separador, livre de interferências, destinada à circulação exclusiva de pedestres e, excepcionalmente, de ciclistas.

[...]

SINALIZAÇÃO - conjunto de sinais de trânsito e dispositivos de segurança colocados na via pública com o objetivo de garantir sua utilização adequada, possibilitando melhor fluidez no trânsito e maior segurança dos veículos e pedestres que nela circulam.

[...]

VIA - superfície por onde transitam veículos, pessoas e animais, compreendendo a pista, a calçada, o acostamento, a ilha e o canteiro central."

3.2 Ganho urbanístico com utilização do modal cicloviário

O "PlanMob – Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana" (Ministério das Cidades, 2007) defende que a utilização da bicicleta como meio de locomoção "reduz o nível de ruído no sistema viário; propicia maior equidade na apropriação do espaço urbano destinado à circulação; libera mais espaço público para o lazer; contribui para a composição de ambientes mais agradáveis, saudáveis e limpos; contribui para a redução dos custos urbanos devido à redução dos sistemas viários destinados aos veículos motorizados". Este último ponto fica mais claro quando se tem em conta que ciclistas usam menos de um terço do espaço da via utilizado por alguém num veículo particular (Hook, 2003).

Uma coalizão de mais de 200 grupos que visa fortalecer o papel das viagens a pé e de bicicleta na América do Norte, "The Alliance for Biking & Walking" tem uma grande base de dados mostrando a importância do transporte cicloviário. Na Figura 2, pode-se perceber uma proporção inversa entre a quantidade de pessoas que utilizam bicicleta para ir ao trabalho e a taxa de fatalidade de ciclistas, com dados de grandes cidades da América do Norte.

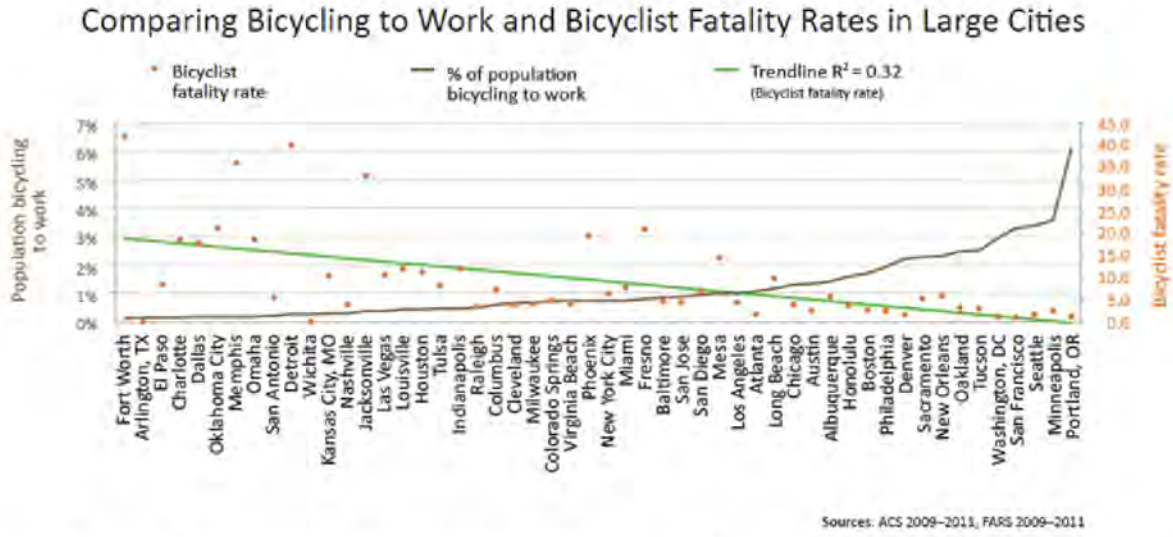


Figura 2 – Comparação entre taxas de fatalidades com ciclistas e de uso da bicicleta para ir ao trabalho

Fonte: (The Alliance for Biking & Walking, 2014)

Já na Alemanha, o número de fatalidades de ciclistas diminuiu 66% entre 1975 e 1998, enquanto as viagens realizadas por bicicletas passaram de 8% para 12% do total de viagens (Purcher, 2001).

Analisando acidentes envolvendo de um lado veículos e do outro, ciclistas ou pedestres, com dados de cidades da Califórnia, de países Europeus e de cidades da Dinamarca, e também com a variação dos dados do Reino Unido e da Holanda, concluiu-se que o motorista é menos propenso a colidir com ciclistas ou pedestres quando mais pessoas passam a se deslocar a pé ou de bicicleta, sugerindo que os motoristas se tornam mais cautelosos, com o aumento da participação do transporte ativo – feito a pé ou de bicicleta. (Jacobsen, 2003)

Em relação aos custos, no estudo “The Economic Significance of Cycling” (VNG; I-ce, 2000), feito com dados de Amsterdã, Bogotá, Morogoro e Deli, é apresentado que os custos de construir vias para bicicletas, manutenção, promoção e campanhas educativas foram de US$ 186 milhões em 10 anos. A redução de custos devida à redução da necessidade de infraestrutura viária, de congestionamentos e da poluição durante estes 10 anos foi de US$ 493 milhões, sendo mais de 50% devido à economia de espaço de estacionamento. O aumento da segurança, por sua vez, gerou uma economia de US$ 643 milhões com a redução de acidentes. O resultado final foi um ganho de US$ 1.302 bilhões, equivalente a 7,3 vezes o valor dos custos.

Do ponto de vista ambiental, pedestres e ciclistas não geram poluição do ar, gases do efeito estufa ou poluição sonora significativa. A redução destas emissões é crítica para desacelerar o aquecimento global, reduzir ocorrências de asma e outras doenças respiratórias e cardiovasculares. (Hook, 2003)

3.3 Ganho pessoal com utilização de bicicleta

Não é só à cidade que o uso das bicicletas traz vantagens. O cidadão ganha em dois principais pontos ao adotar um transporte ativo sobre rodas. Conforme mostrado na Figura 3, a parcela da população que atinge os valores recomendados de atividade física semanal é diretamente proporcional à parcela da população que faz as viagens para o trabalho a pé ou de bicicleta, sendo esta parcela inversamente proporcional aos índices de diabetes de uma dada cidade, conforme mostrado na Figura 4.

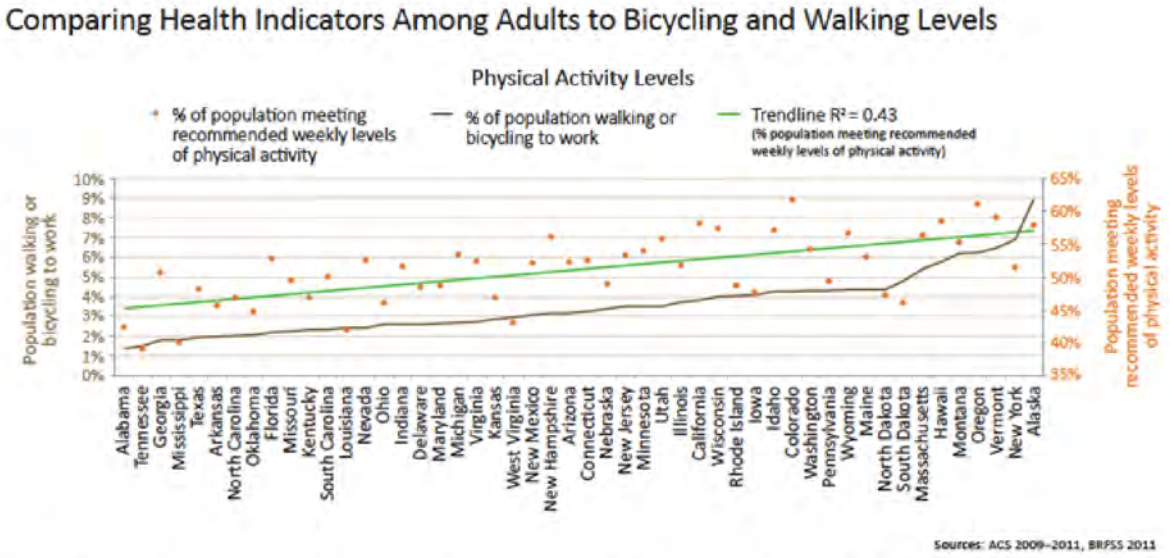


Figura 3 – Comparação entre indicadores de saúde entre adultos e níveis de uso de bicicletas e de viagens a pé para ir ao trabalho

Fonte: (The Alliance for Biking & Walking, 2014)

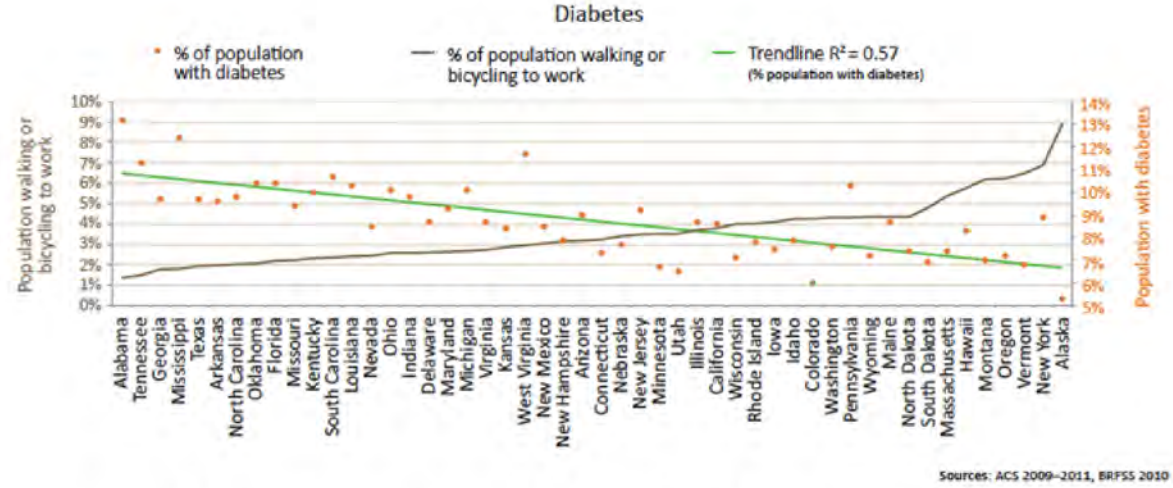


Figura 4 – Comparação entre população com diabetes e níveis de uso de bicicletas e de viagens a pé para ir ao trabalho

Fonte: (The Alliance for Biking & Walking, 2014)

Reduzindo a utilização de meios motorizados, consegue-se uma redução na exposição contínua a poluição do ar, responsável por uma redução média de seis meses na expectativa de vida da população. (British Medical Association Science and Education Department, 2012)

Outra vantagem para os utilizadores de bicicletas está na maior eficiência para viagens de curtas distâncias. Analisando o tempo de viagens porta a porta, conforme mostrado na Figura

5, tem-se que a utilização de bicicletas é mais adequada para viagens de até 5 km, com boa eficiência até 8 km.

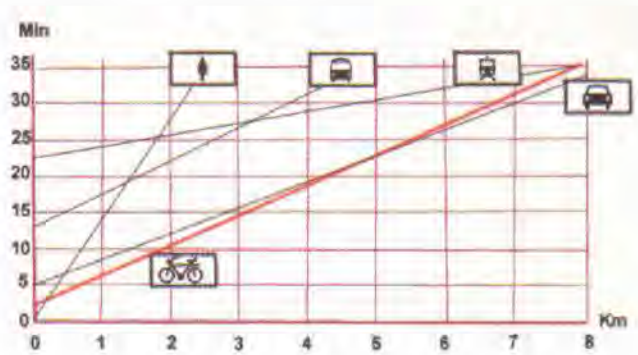


Figura 5 - Comparação de tempo de viagem por modal

Fonte: (Comissão Européia, 2000)

3.4 Cenário do uso da bicicleta no mundo

Na Europa, a bicicleta é tida como um importante elemento na matriz de transporte. A Figura 6 contém a participação das viagens realizadas com bicicleta no total de viagens para alguns países europeus.

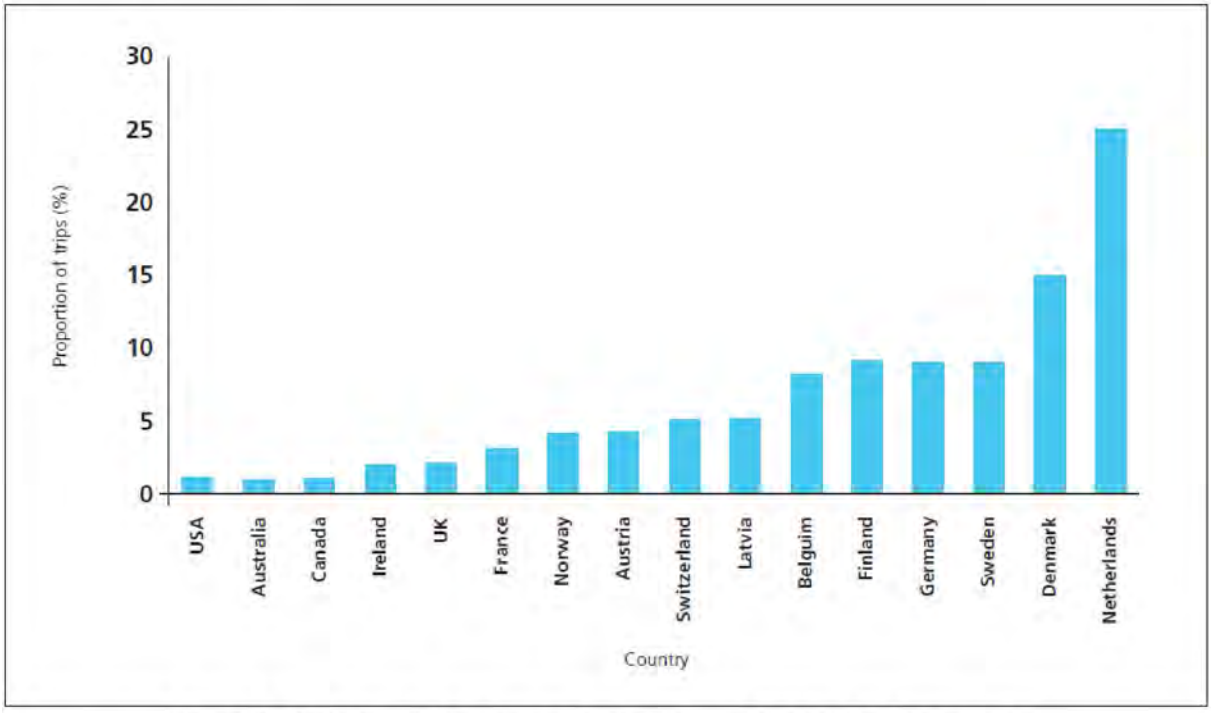


Figura 6 - Participação das viagens realizadas com bicicleta em alguns países

Fonte: (David R. Bassett, et al., 2008)

Credita-se o grande número de ciclistas que possuem Holanda, Dinamarca e Alemanha à existência de estrutura própria para ciclistas em rodovias de grande fluxo e intersecções, além de medidas de *traffic calming* nas áreas residenciais. (Pucher, et al., 2008)

Algumas cidades europeias apresentam mais de 40% das viagens realizadas a pé ou de bicicleta, como mostrado na Figura 7.

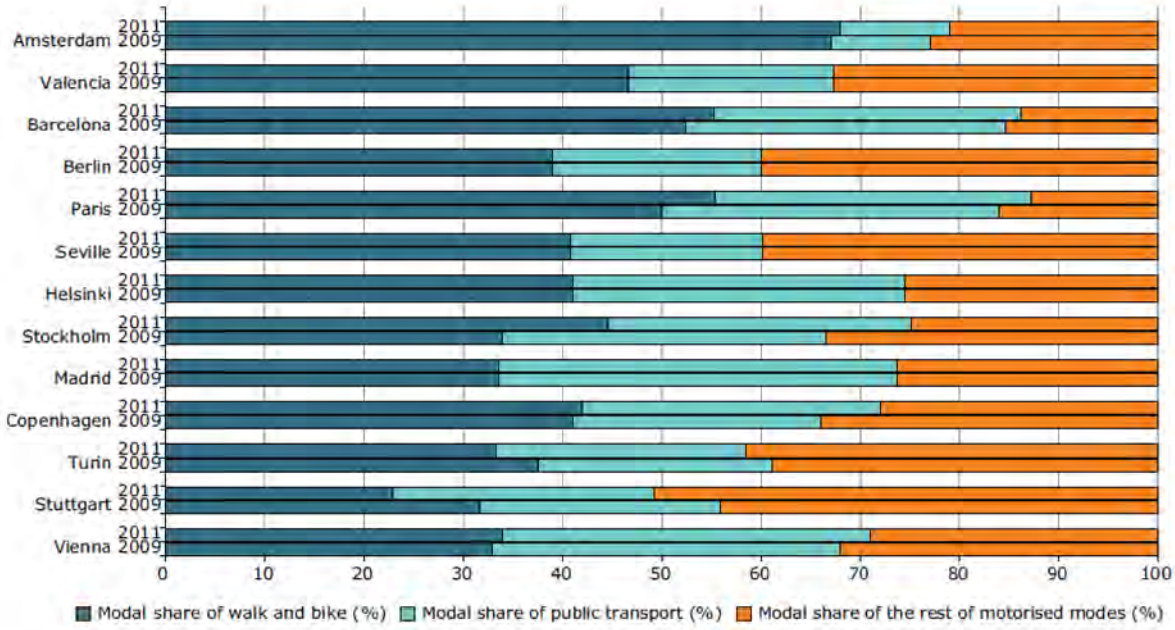


Figura 7 - Divisão modal de grandes cidades europeias

Fonte: (EMTA, 2010) e (EMTA, 2012)

Na Holanda, país com maior participação no uso de bicicleta na Europa, tem-se mais de 16.000 km de estrutura cicloviária nas estradas, com mais de 18.000 km nas cidades (Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana, 2007).

Na Alemanha, Munique contava com 1.400 km em 2007 e Hamburgo, em 2003, com 1.280 km de ciclovias, 30 km de ciclofaixas e 530 km de vias compartilhadas. Na Espanha, Sevilha saiu de 0,5% de participação das viagens feitas de bicicleta em 2006 para 7% em 2013. (EEA, 2013)

Em Bogotá, capital da Colômbia, a construção de uma grande quantidade de ciclovias levou a uma variação na quantidade de viagens realizadas por bicicleta de 0,5% do total para 4% em apenas 3 anos. (Hook, 2003)

Mesmo a bicicleta tendo sido eleita pela Organização das Nações Unidas (ONU) como o meio de transporte ecologicamente mais sustentável do planeta, os ciclistas ainda contam com

pouca infraestrutura em muitos países. (Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana, 2007)

3.5 Cenário do uso da bicicleta no Brasil

Uma análise da importância de cada modal para grupos de municípios com semelhantes populações permite observar que as viagens feitas por bicicleta e a pé passam a ter uma participação menor no total de viagens com o aumento da população da cidade, conforme mostrado na Figura 8, enquanto a fatia referente às viagens feitas de transporte coletivo ou individual motorizado aumenta com o porte da cidade.

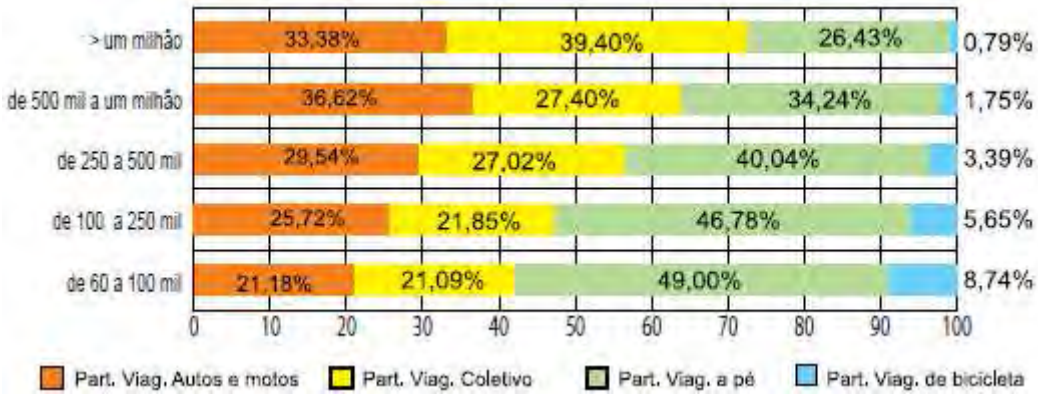


Figura 8 - Divisão modal por classe de população das cidades

Fonte: (Ministério das Cidades, 2007)

Nas cidades grandes, há uma grande oferta de transporte coletivo, associada a um tráfego mais denso e agressivo. Dessa forma, o uso das bicicletas se concentra nas áreas periféricas, com condições semelhantes a cidades de menor porte.

Tem-se que o total de viagens realizadas por habitante tende a aumentar com o incremento da população, porém o número de viagens a pé ou de bicicleta se mantém praticamente constante, conforme Figura 9.

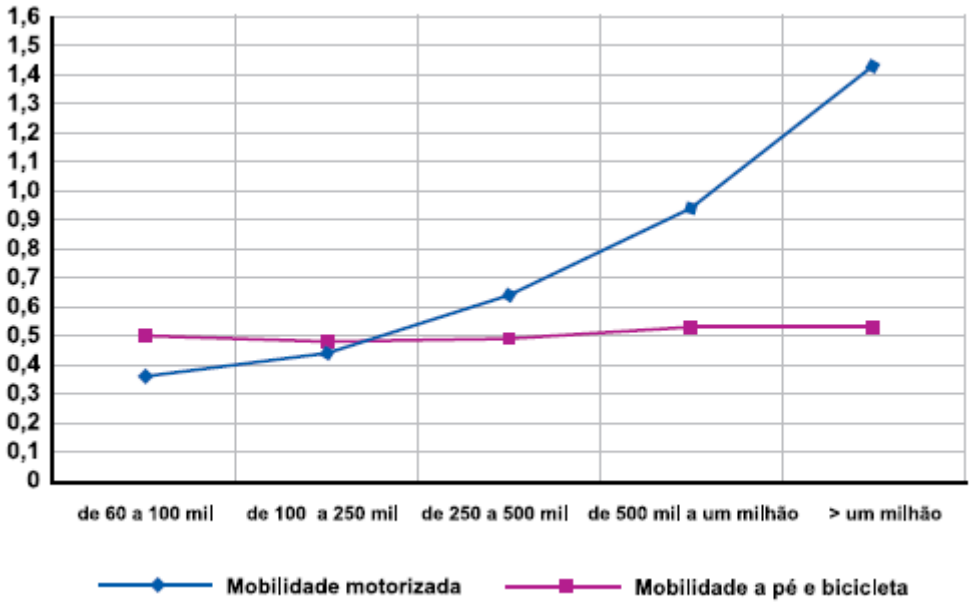


Figura 9 - Mobilidade total por classe de população das cidades

Fonte: (Ministério das Cidades, 2007)

Em consonância com a observação feita acima, constata-se, na Figura 10, que a motorização da população cresce com o aumento do porte da cidade.

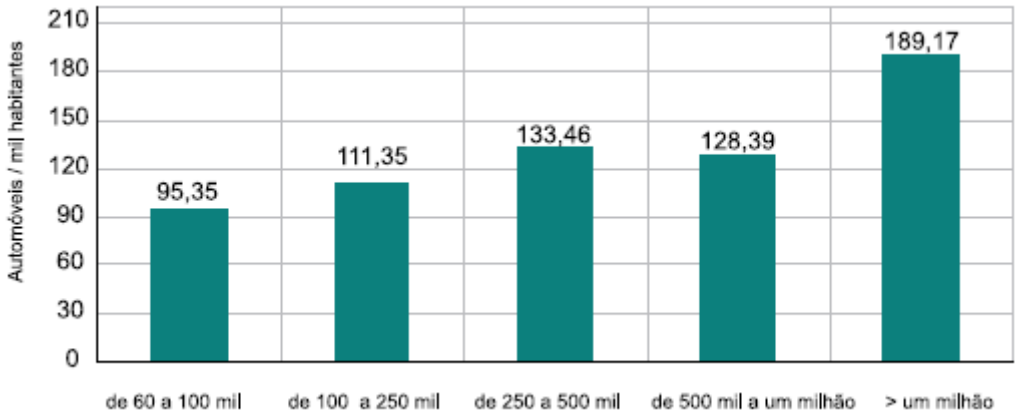


Figura 10 – Motorização por classe de população das cidades

Fonte: (Ministério das Cidades, 2007)

Vale ressaltar que embora percentualmente tenha um valor pequeno para grandes cidades, as viagens a pé e de bicicleta são bastante significativas em valores absolutos, demonstrando a importância de um planejamento adequado.

Analisando os custos envolvidos, da Figura 11, tem-se que o transporte individual custa para a sociedade por habitante quatro vezes mais, sendo responsável por um custo *per capita* das externalidades 3,3 vezes maior, conforme mostrado na Figura 12.

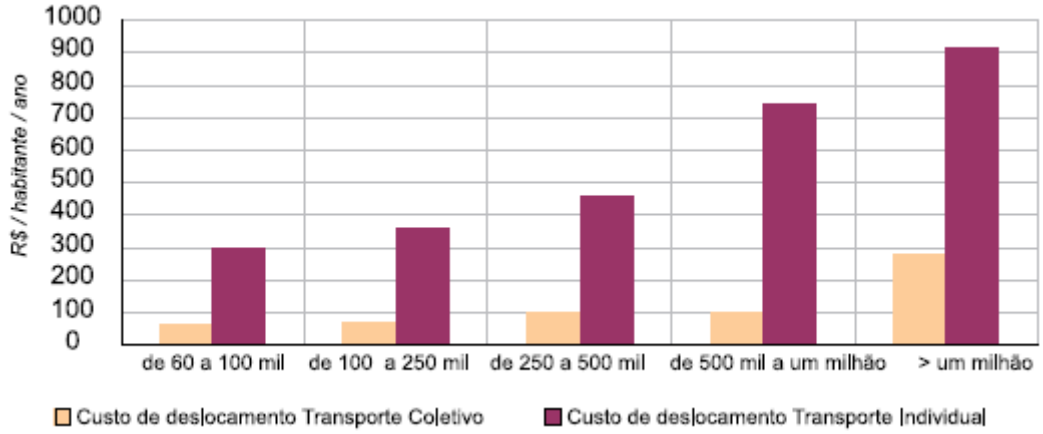


Figura 11 - Custos de deslocamento por categoria modal e por classe de população das cidades

Fonte: (Ministério das Cidades, 2007)

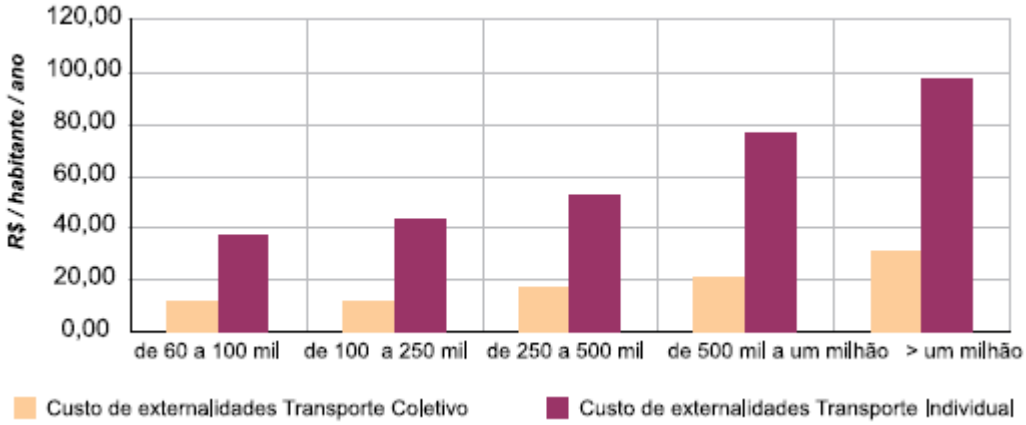


Figura 12 - Custos de externalidade por categoria modal e por classe de população das cidades

Fonte: (Ministério das Cidades, 2007)

Esmiuçando as externalidades relacionadas à poluição e aos acidentes, percebe-se, na Figura 13, que a poluição passa a ter um custo maior para cidades com mais de 500 mil habitantes.

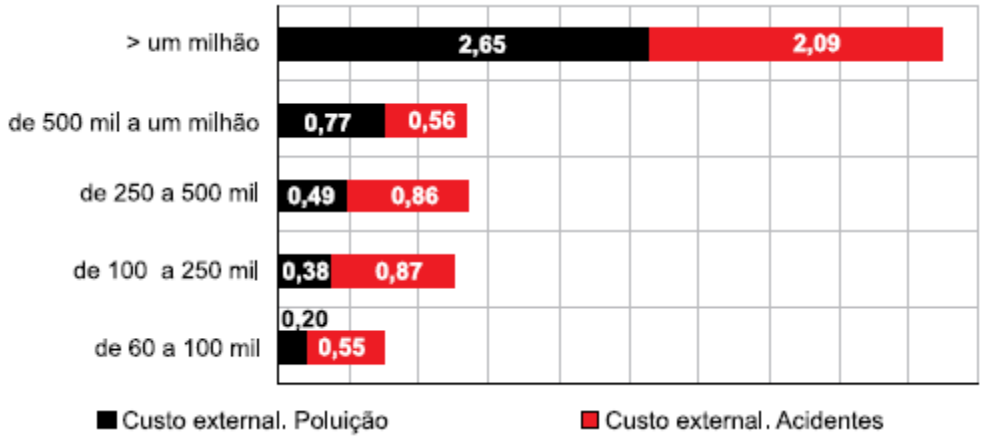


Figura 13 - Custos de externalidades por tipo e classe de população das cidades (em Bilhões de R$ por ano)
Fonte: (Ministério das Cidades, 2007)

No Brasil, em 2012, foram 44.812 mortes devidas a acidentes de transporte, sendo destes 1.492 ciclistas (MS/SVS/CGIAE, 2012). Na Tabela 1, são detalhadas as causas de mortes devidas a acidentes de transporte.

Tabela 1 - Óbitos em acidentes de transporte terrestre

Ano do Óbito	Pedestre	Ciclista	Motociclista	Ocupante automóvel	Outros acidentes de transporte terrestre	Total
1996	12.952	326	725	3.778	473	18.276
1997	12.500	426	956	3.812	451	18.162
1998	11.227	396	1.028	3.663	451	16.784
1999	9.886	555	1.583	4.637	530	17.207
2000	8.696	789	2.465	5.266	791	18.034
2001	9.720	1.008	3.100	5.847	795	20.500
2002	9.947	1.240	3.744	6.290	909	22.159
2003	9.991	1.263	4.271	6.402	985	22.933
2004	10.166	1.389	5.042	7.188	1.199	25.009
2005	10.320	1.523	5.974	7.035	1.204	26.077
2006	10.147	1.668	7.162	7.639	1.285	27.937

Ano do Óbito	Pedestre	Ciclista	Motociclista	Ocupante automóvel	Outros acidentes de transporte terrestre	Total
2007	9.657	1.649	8.078	7.982	1.241	28.647
2008	9.474	1.615	8.898	8.120	1.164	29.312
2009	8.799	1.573	9.268	8.133	1.235	29.046
2010	9.944	1.513	10.825	9.059	1.282	32.692
2011	9.244	1.475	11.433	9.733	1.421	33.358
2012	8.819	1.492	12.480	10.154	1.427	34.436
Total	171.489	19.900	97.032	114.738	16.843	420.569

Da Figura 14, retira-se a informação de que o transporte individual é responsável pela maior parte das externalidades geradas, independentemente do porte da cidade analisado.

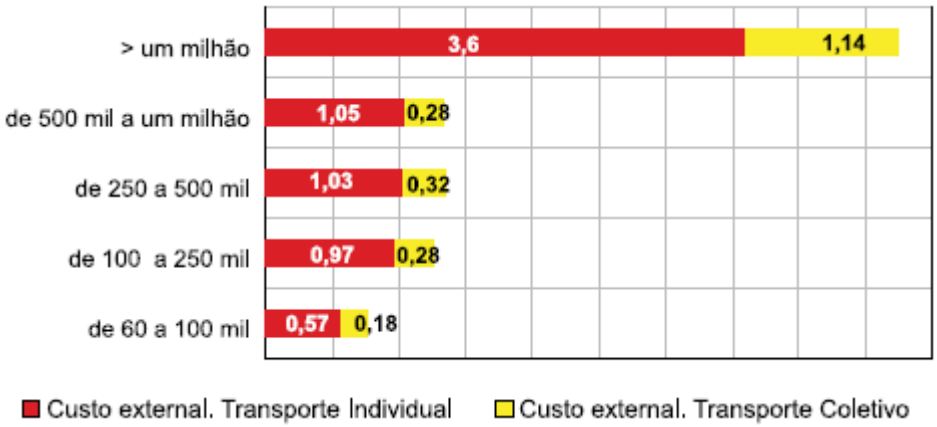


Figura 14 - Custos de externalidades por categoria modal e classe de população das cidades (em Bilhões de R$ por ano)
Fonte: (Ministério das Cidades, 2007)

Segundo estimativas (ABRADIBRI - Associação Brasileira dos Fabricantes, Distribuidores, Exportadores e Importadores de Bicicletas, Peças e Acessórios; ABRACICLO - Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas e Bicicletas, 2005), a frota de bicicletas estimada no final de 2005 era de 60 milhões, colocando o Brasil como o país com a sexta maior frota do planeta, atrás de Alemanha, China, EUA, Índia e Japão,

sendo o terceiro maior produtor (Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana, 2007).

Toda a apresentação do cenário da mobilidade realizada permite concluir a importância dos investimentos que deem suporte aos deslocamentos por bicicleta. Atualmente, enquanto os tributos correspondem em média a 32% do valor dos carros, para bicicletas este valor é em média de 40,5% (Aliança Bike, 2013).

Levantamento realizado pela Diretoria de Mobilidade Urbana do Ministério das Cidades em 2005 buscou dados sobre a infraestrutura à disposição dos ciclistas em mais de 400 municípios. O resultado, mostrado na Tabela 2, mostra que ainda há muito a ser feita no quesito infraestrutura.

Tabela 2 - Quadro Resumo da Infraestrutura no Brasil em Abril de 2007

População	Quant. Municípios	Extensão (km)	Extensão média (km)
2.500 a 60.000	108	464,85	4,30
60.000 a 250.000	106	867,01	8,18
250.000 a 500.000	37	486,11	13,14
500.000 a 1.000.000	16	204,50	12,78
≥ 1.000.000	12	483,40	40,28
Total	279	2.505,87	8,98

Uma análise em escala municipal revela que são poucos os bons exemplos na priorização do transporte cicloviário no Brasil.

Sorocaba, no interior de São Paulo – com população similar à de São José dos Campos – possui 115 km de infraestrutura cicloviária, sendo que 110 km referem-se a ciclovias, 3 km são de ciclofaixas e 2 km de faixas compartilhadas com os ônibus. (URBES)

Rio Branco é vista como outro exemplo. A capital do Acre possui a maior malha cicloviária *per capita* do país, com 160 km de vias cicláveis para uma população de 300.000 habitantes. (Prefeitura de Rio Branco, 2013)

O Rio de Janeiro é atualmente a cidade no Brasil com maior malha cicloviária, sendo considerada uma das cidades mais amigáveis ao ciclista em todo o mundo. (Copenhagenize, 2013)

A atual prefeitura de São Paulo adotou o incentivo ao transporte cicloviário como uma de suas marcas e tem como meta adicionar aos 63 km de ciclovias existentes em 2012, 400 km até 2016, já tendo sido entregues mais de 100 km desta meta. (Companhia de Engenharia de Tráfego, 2014)

3.6 Caracterização socioeconômica de São José dos Campos

São José dos Campos é um importante centro regional e essa posição vem se consolidando nos últimos anos. Em 1980, o município tinha 287.513 habitantes e em 2000, passou a ter 539.313 habitantes (Fundação IBGE, 1980) e (Fundação IBGE, 2000).

Além da sede municipal, São José dos Campos possui o núcleo urbano do Distrito de São Francisco Xavier, numa região serrana a cerca de 50 km, conforme mostrado na Figura 15.

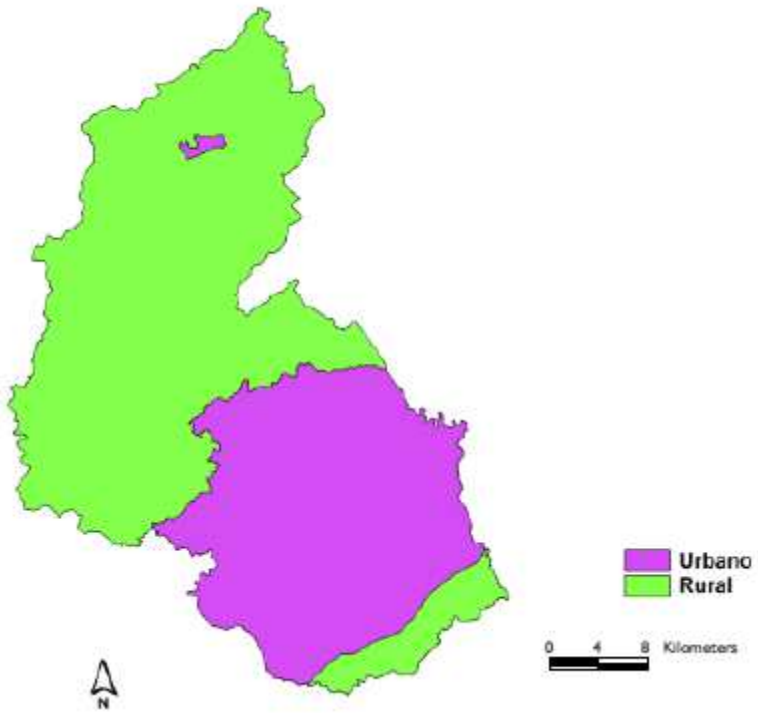


Figura 15 - Divisão urbano/rural

O território do município é cortado por três importantes rodovias - Presidente Dutra, Carvalho Pinto e Tamoios – possui duas grandes áreas dedicadas ao Departamento de Ciência e Tecnologia da Aeronáutica (DCTA) e à Refinaria Henrique Lage (REVAP) e ainda possui grande parte do território com restrições de ocupação por pertencerem a Áreas de Proteção Ambiental (APAs), conforme mostrado na Figura 16.

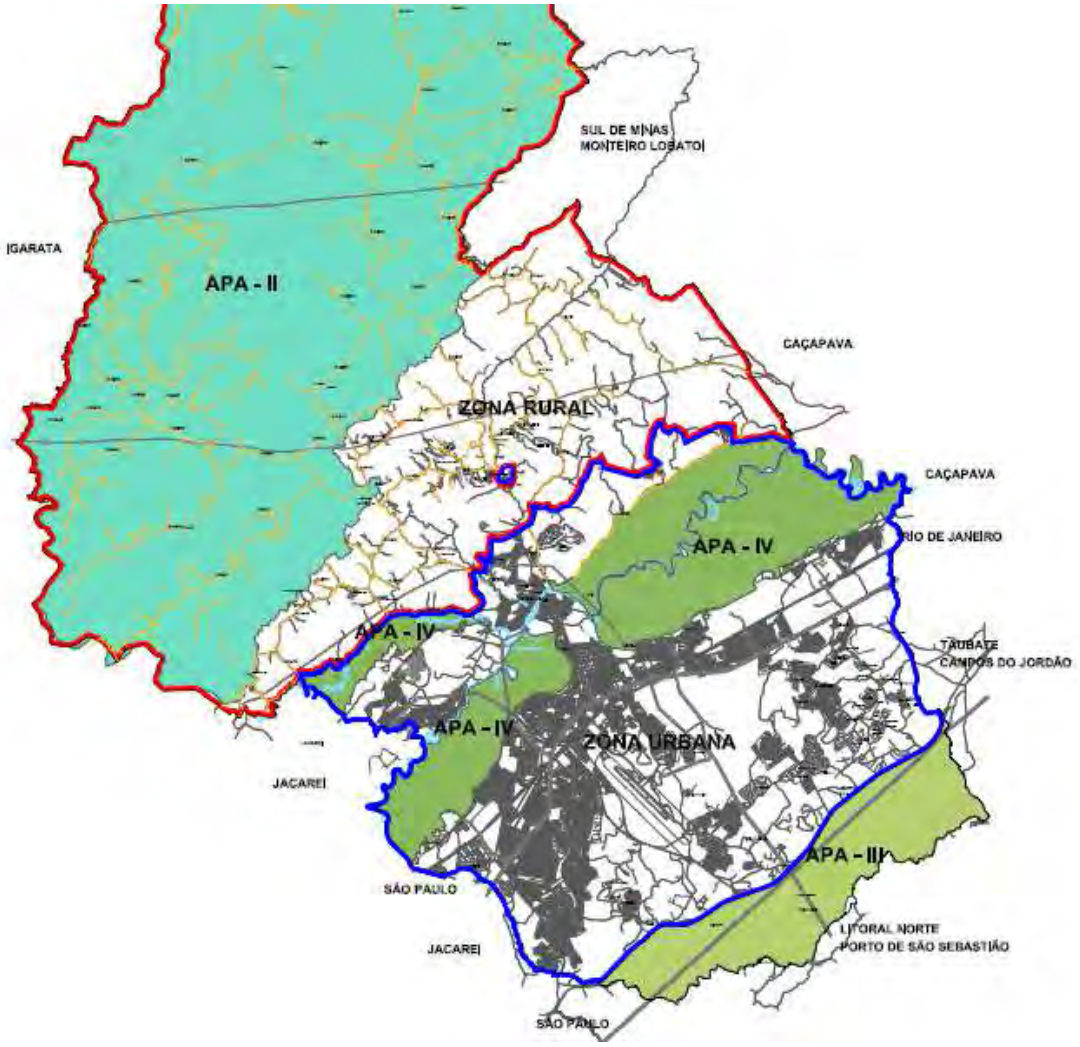
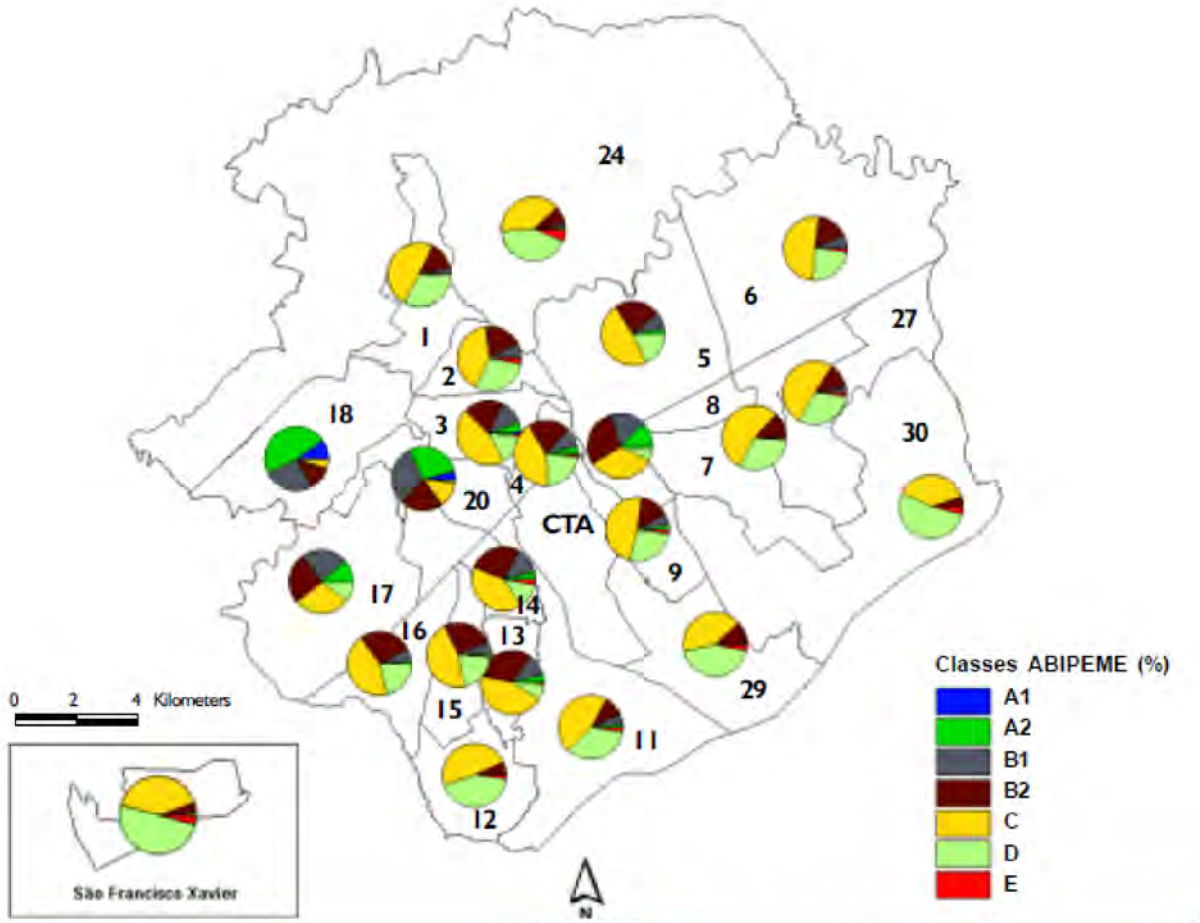


Figura 16 - Macrozoneamento de São José dos Campos

Em São José dos Campos, a maioria da população residentes nos domicílios urbanos pertence às classes C (42%) e D (23%) (NEPO/UNICAMP/PMSJC, 2003). Na Figura 17, é mostrada a participação em cada setor.



LEGENDA			
1 - Alto da Ponte	7 - Pararangaba/Campos de S. José	14 - Jd. Satélite	21 - São Francisco Xavier
2 - Santana	8 - Vista Verde	15 - Jd. Oriente/Morumbi	24 - Freitas/Sertãozinho
3 - Centro	9 - Jd. da Granja	16 - Parque Industrial	27 - Novo Horizonte
4 - Jd. Paulista	11 - Vl. S. Bento/Torrão de Ouro	17 - Jd. das Indústrias	29 - Putim
5 - Vl. Industrial	12 - Campo dos Alemães	18 - Urbanova/Aquárius	30 - Capão Grosso/Bom Retiro/Serrote
6 - Eugênio de Melo	13 - Bosque dos Eucaliptos	20 - Vl. Adyanna/Esplanada	

Figura 17 - Porcentagem de Pessoas de Referência por Classificação ABIMEPE por Setores Socioeconômicos do Município de São José dos Campos - 2003

Fonte: (NEPO/UNICAMP/PMSJC, 2003)

3.7 Coleta de Dados e Modelos Comportamentais

3.7.1 Pesquisa Origem Destino

Em geral, a representação das demandas de viagens se dá através da utilização de uma matriz origem destino, em que cada célula da matriz corresponde à demanda de viagens entre uma dada origem e um dado destino.

Para estimar os valores desta matriz, a forma mais utilizada é a expansão dos dados de uma Pesquisa Origem Destino Domiciliar. Nesta pesquisa, os moradores do domicílio informam sobre as viagens realizadas na área adotada, sendo coletados também dados socioeconômicos dos entrevistados.

O domicílio é definido com a unidade amostral básica, sendo a amostragem feita por zonas de tráfego – divisões homogêneas na região analisada – conforme a Equação 1.

$$n = \frac{\sigma . Z}{E} \tag{1}$$

em que,

- n: tamanho de amostra;
- σ: desvio padrão da população;
- E: erro amostral;
- Z: parâmetro da curva normal referente ao nível de significância.

3.7.2 Preferência Declarada

Dados obtidos através de pesquisas de Preferência Declarada são um modo de se conhecer o comportamento de pessoas quando elas se defrontam com um problema em que precisam decidir a respeito de diversas alternativas. (Joaquim, et al.)

Uma das principais características da Pesquisa de Preferência Declarada é trabalhar com a expectativa de comportamento do entrevistado, e não com seu comportamento real. Para tal, os entrevistados são questionados sobre como se comportariam frente a diversos cenários possíveis propostos, buscando com isto se determinar o valor monetário atribuído pelos usuários às variáveis do transporte. (Gwiliam, 1997)

As Pesquisas de Preferência Declarada são menos apropriadas do que as Pesquisas de Preferência Revelada – que trabalham com as opções realmente adotadas pelos usuários – para se obter utilidades e modelos para estimar a demanda de viagens. Porém estas apresentam algumas desvantagens: (Stated Preference Methods: An Introduction)

- Para obter a variação desejada nas variáveis escolhidas, pode ser necessária uma amostra muito grande;
- É comum que haja uma grande correlação entre variáveis adotadas – comumente custo e tempo de viagem -, o que dificulta a correta estimativa da ponderação da importância de cada uma;

- Não podem ser utilizadas de forma direta para determinar a demanda em condições propostas.

3.7.3 O Modelo Logit Binomial

Os modelos de demanda na área de transporte devem ser capazes de prever como os usuários mudam suas escolhas com a mudança de certas características.

A análise das escolhas feitas é baseada na Teoria da Utilidade, que busca modelar as preferências de um indivíduo, quantificando a satisfação de um indivíduo. A teoria diz que as pessoas buscam sempre maximizar a utilidade tendo em vista a restrição de alguns recursos. (Joaquim, et al.)

Esta função permite que sejam analisadas as escolhas dos indivíduos frente às situações analisadas. A forma mais utilizada da função utilidade é a linear aditiva, expressa na Equação 2. (Ortúzar, et al., 2011)

$$U = \sum_{k=1}^{n} \beta_k . X_k \tag{2}$$

em que U: é o valor da função utilidade;

X_k: valor do atributo k;

β_k : coeficiente do modelo para o atributo k;

K : quantidade de atributos.

O modelo de escolha discreta mais utilizado para estimar os parâmetros da função utilidade em pesquisas de transportes é o Logit (Ben-Akiva & Lerman, 1985).

No modelo Logit Binomial, consegue-se a probabilidade de mudança de modal através da medição da utilidade de cada modal, conforme dado nas equações 3 e 4.

$$Pb_{ij} = \frac{e^{Ub_{ij}}}{1+e^{Ub_{ij}}} \tag{3}$$

$$Pm_{ij} = 1 - Pb_{ij} \tag{4}$$

Nas equações, tem-se:

- Pb_{ij} é a probabilidade de uso de bicicleta entre as zonas i e j;
- Ub_{ij} é a utilidade do modo bicicleta entre as zonas i e j;
- Pm_{ij} é a probabilidade de uso do outro modal, automóvel ou ônibus.

A função utilidade, por sua vez, é calculada através da fórmula dada na Equação 5.

$$U_{ij} = \propto_0 + \propto_1 x_{1ij} + \propto_2 x_{2ij} + \cdots + \propto_n x_{nij} \tag{5}$$

Em que:

- x_{1ij}, x_{2ij}, ..., x_{nij} são as variáveis correspondentes aos atributos dos modos;
- α_0, α_1, α_2,…, α_n são coeficientes obtidos com calibração.

3.8 Algoritmo Genético

Para a busca de otimização em problemas muito difíceis de se programar a mão, a exploração simultânea das várias possíveis soluções e uma estratégia inteligente para determinar quais as seguintes possíveis soluções avaliadas explicam a utilização de Algoritmos Genéticos. (Melanie, 1999)

Nos algoritmos genéticos, cada uma das possíveis soluções é referida como um cromossomo. Cada cromossomo contém genes, que estão associados a certo elemento da possível solução e cada gene possui alelos, que estão associados aos valores que o gene pode assumir.

A população inicial consiste de um conjunto de possíveis soluções, geradas aleatoriamente ou através de alguma heurística. Para gerar a próxima geração, a maioria dos algoritmos genéticos utilizam em comum ao menos os seguintes elementos: (Melanie, 1999)

- Seleção de acordo com aptidão: quanto melhor avaliada a solução, maior a chance de ela ser utilizada para gerar novas possíveis soluções;
- Crossover: para produzir um indivíduo novo, seus genes são produzidos a partir dos genes dos seus pais;
- Mutação aleatória: durante a formação de novos indivíduos, é aplicada uma taxa baixa de mutação que altera alguns genes aleatórios. Isso garante que o método possa fugir de ótimos locais.

Na Figura 18, é mostrado o fluxo básico utilizado em Algoritmos Genéticos.

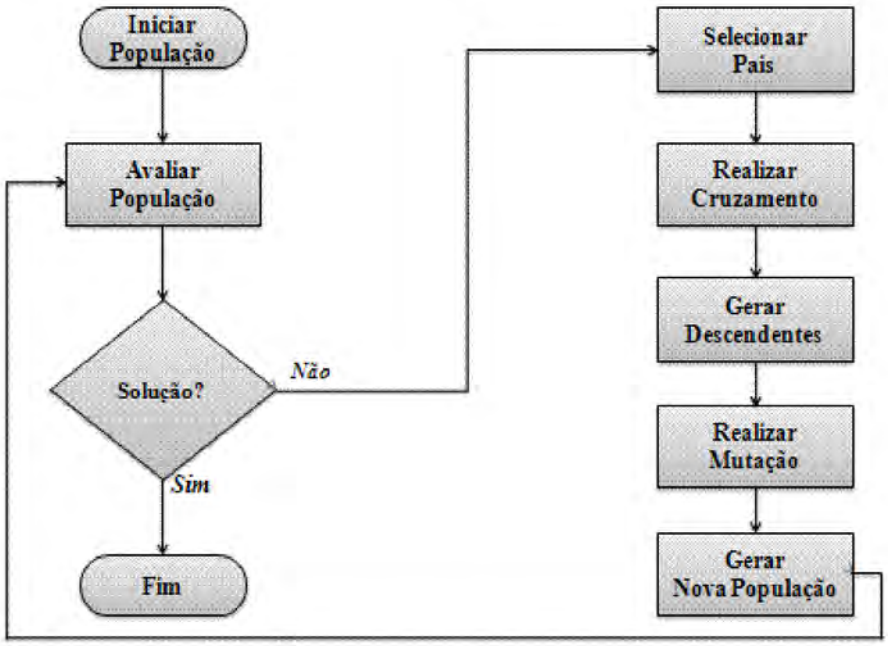


Figura 18 - Fluxograma de Algoritmos Genéticos

3.9 Diretrizes

O design das vias na Alemanha segue o conceito do “Sustainable Safe Traffic”, que considera o ser humano como o padrão de referência e se baseia em três princípios:

- uso funcional da rede viária para evitar uso não intencional;

- uso homogêneo, garantindo um uso não díspar quanto a massa, velocidade e direção;

- uso previsível, de forma que o usuário saiba com antecedência o que fará e o que os outros usuários farão (Kray, 1999).

O Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade por Bicicleta nas Cidades (Ministério das Cidades, 2007) prevê como diretrizes para o caso específico do planejamento cicloviário os pontos listados a seguir.

3.9.1 Segurança viária

É necessário garantir não só a segurança dos ciclistas, mas também dos outros usuários das vias. Para tal, medidas de moderação de tráfego, sinalização, fiscalização, proteção física para ciclistas e pedestres, etc. contribuem para a redução de acidentes.

3.9.2 Rotas diretas

Para reduzir o tempo de viagem, os ciclistas sempre buscam o caminho mais próximo de uma linha reta. Dessa forma, uma estrutura que não se adeque ao melhor caminho para o usuário aumentará o tempo gasto por este, podendo acabar sendo subutilizada.

3.9.3 Conforto

A superfície das ciclovias e ciclofaixas deve ser regular, impermeável e antideslizante, sendo também importante que as larguras sejam adequadas.

3.9.4 Atratividade

Para que as viagens de bicicleta sejam mais agradáveis, elas devem passar por ambientes atrativos e variados e que coincidam o mínimo possível com vias de trânsito de grande fluxo. Além disso, sombra e pavimento que não irradiem calor atraem usuários num tempo mais quente (Hook, 2003).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Deslocamentos atuais

Para a compreensão das viagens realizadas em São José dos Campos, foi utilizada a Pesquisa Origem Destino Domiciliar de 2011. Para processamento da pesquisa realizada em 3.948 domicílios, as viagens foram englobadas em 56 Zonas de Tráfego, contidas em 8 macrozonas, Centro, Leste, Oeste, Sudeste, Sul, Norte e Extremo Norte – além da Macrozona Externa, que engloba toda área exterior ao município. Na Tabela 3, são listadas as Zonas e as Macrozonas a que estas pertencem, ilustrando-as no mapa do Anexo A.

Tabela 3 - Zonas e Macrozonas

Zona	Denominação	MACROZONA
1	Centro	Centro
2	Bela Vista	Centro
3	J. Paulista	Centro
4	Vl. São Pedro e J. Paulista	Centro
5	V. Piratininga	Centro
6	V. Adyanna	Centro
7	V. Ema e Maringá	Centro
8	Santana	Norte
9	V. Industrial	Leste
10	J. da Granja	Sudeste
11	CTA	Sudeste
12	V. das Acácias (CTA) V. Letônia	Sul
13	J. Satélite	Sul
14	J. Aquarius	Oeste
15	Cond. Esplanada do Sol	Centro
16	J. Telespark	Norte

Zona	Denominação	MACROZONA
17	Santana e Alto da Ponte	Norte
18	V. Tesouro	Leste
19	J. Motorama	Leste
20	J. Americano e V. Verde	Leste
21	Pousada do Vale	Leste
22	Flamboyant	Sudeste
23	São Judas Tadeu	Sudeste
24	Pq. Interlagos	Sul
25	Cid. Jardim e Bosque	Sul
26	D. Pedro	Sul
27	Campo dos Alemães	Sul
28	Res. Gazzo	Sul
29	Res. União	Sul
30	Pq. Industrial	Sul
31	Palmeiras de São Jose	Sul
32	J. Alvorada	Oeste
33	Limoreiro	Oeste
34	Urbanova	Oeste
35	J. Maringá e V. Ema	Centro
36	Altos de Santana	Norte
37	Altos da V. Paiva e V. S. Geraldo	Norte
38	J. Boa Vista	Norte
39	Freitas	Extremo Norte
40	J. Ismênia	Leste

Zona	Denominação	MACROZONA
41	Vazio - Rural	Leste
42	Eugenio de Melo	Leste
43	J. Pararangaba e Detroit	Leste
44	Pq. Novo Horizonte	Leste
45	J. São Jose II	Leste
46	Cajuru	Sudeste
47	J. Colonial	Sul
48	São Francisco Xavier	Extremo Norte
49	J. Diamante	Leste
50	Vazio - Urbano	Leste
51	Santa Cecilia	Leste
52	Vazio - Urbano	Oeste
53	Área Rural	Extremo Norte
54	Águas de Canidu	Norte
55	Vazio - Urbano	Extremo Norte
---	Externa	Externa

Através da Pesquisa de Origem e Destino Domiciliar, chegou-se ao valor de 1.652.710 viagens realizadas diariamente no município de São José dos Campos. Excluindo-se as 33.353 viagens com origem exterior à cidade, tem-se 1.619.357 viagens realizadas pelos 627.727 habitantes de todas as Zonas, excluindo-se por dificuldades amostrais as Zonas 36, 41, 50, 52 e 55. Somando os 2.194 habitantes destas, tem-se 629.921 habitantes, valor fornecido pelo Censo 2010. Assim, a mobilidade geral do município corresponde a 2,54 viagens/ pessoa/ dia.

Verificando como as viagens se distribuem quanto à Zona em que se originam, tem-se a Tabela 4.

Tabela 4 - Viagens quanto à Zona de origem

Zona Origem	Nome da Zona	Viagens	%
1	Centro	143.184	8.7%
2	Bela Vista	43.276	2.6%
3	J.Paulista	27.832	1.7%
4	Vl.São Pedro e J.Paulista	11.885	0.7%
5	V.Piratininga	23.028	1.4%
6	V.Adyanna	52.171	3.2%
7	V.Ema e Maringá	60.313	3.6%
8	Santana	41.853	2.5%
9	V.Industrial	60.637	3.7%
10	J.da Granja	23.316	1.4%
11	CTA	14.083	0.9%
12	V.das Acacias (CTA) V.Letonia	18.238	1.1%
13	J.Satélite	93.312	5.6%
14	J.Aquarius	57.703	3.5%
15	Cond. Esplanada do Sol	4.338	0.3%
16	J.Telespark	31.288	1.9%
17	Santana e Alto da Ponte	16.159	1.0%
18	V.Tesouro	36.922	2.2%
19	J.Motorama	31.073	1.9%
20	J.Americano e V.Verde	32.700	2.0%
21	Pousada do Vale	22.933	1.4%
22	Flamboyant	40.507	2.5%
23	São Judas Tadeu	34.079	2.1%
24	Pq.Interlagos	15.365	0.9%

Zona Origem	Nome da Zona	Viagens	%
25	Cid.Jardim e Bosque	97.287	5.9%
26	D.Pedro	32.564	2.0%
27	Campo dos Alemães	18.529	1.1%
28	Res.Gazzo	41.812	2.5%
29	Res.União	42.438	2.6%
30	Pq.Industrial	60.751	3.7%
31	Palmeiras de São Jose	56.133	3.4%
32	J.Alvorada	54.307	3.3%
33	Limoreiro	5.060	0.3%
34	Urbanova	22.411	1.4%
35	J.Maringá e V.Ema	1.349	0.1%
36	Altos de Santana	1.184	0.1%
37	Altos da V.Paiva e V.S.Geraldo	7.857	0.5%
38	J.Boa Vista	10.201	0.6%
39	Freitas	10.449	0.6%
40	J.Ismenia	2.849	0.2%
42	Eugenio de Melo	60.350	3.7%
43	J.Pararangaba e Detroit	34.282	2.1%
44	Pq.Novo Horizonte	73.356	4.4%
45	J.São Jose II	8.070	0.5%
46	Cajuru	1.612	0.1%
47	J.Colonial	16.680	1.0%
48	São Francisco Xavier	10.167	0.6%
49	J.Diamante	5.488	0.3%

Zona Origem	Nome da Zona	Viagens	%
51	Santa Cecilia	2.284	0.1%
53	Área Rural	2.452	0.1%
54	Águas de Canidu	3.237	0.2%
Externa	Externa	33.353	2.0%

Quanto às Macrozonas, as viagens se distribuem conforme mostrado na Tabela 5.

Tabela 5 - Macrozonas de origem das viagens

Macrozona	Viagens	%
Centro	367.378	22,2%
Externa	33.353	2,0%
Extremo Norte	23.068	1,4%
Leste	370.945	22,4%
Norte	111.779	6,8%
Oeste	139.481	8,4%
Sudeste	113.596	6,9%
Sul	493.111	29,8%

Para verificar a participação de viagens internas e externas a cada Macrozona, tem-se a Tabela 6.

Tabela 6 - Viagens internas e externas a cada Macrozona

Macrozona	internas	externas
Centro	41,0%	59,0%
Extremo Norte	63,8%	36,2%
Leste	67,7%	32,3%
Norte	56,5%	43,5%
Oeste	33,3%	66,7%

Macrozona	internas	externas
Sudeste	42,8%	57,2%
Sul	69,7%	30,3%

Na Figura 19, é mostrada a participação de cada modal no número de viagens realizadas em São José.

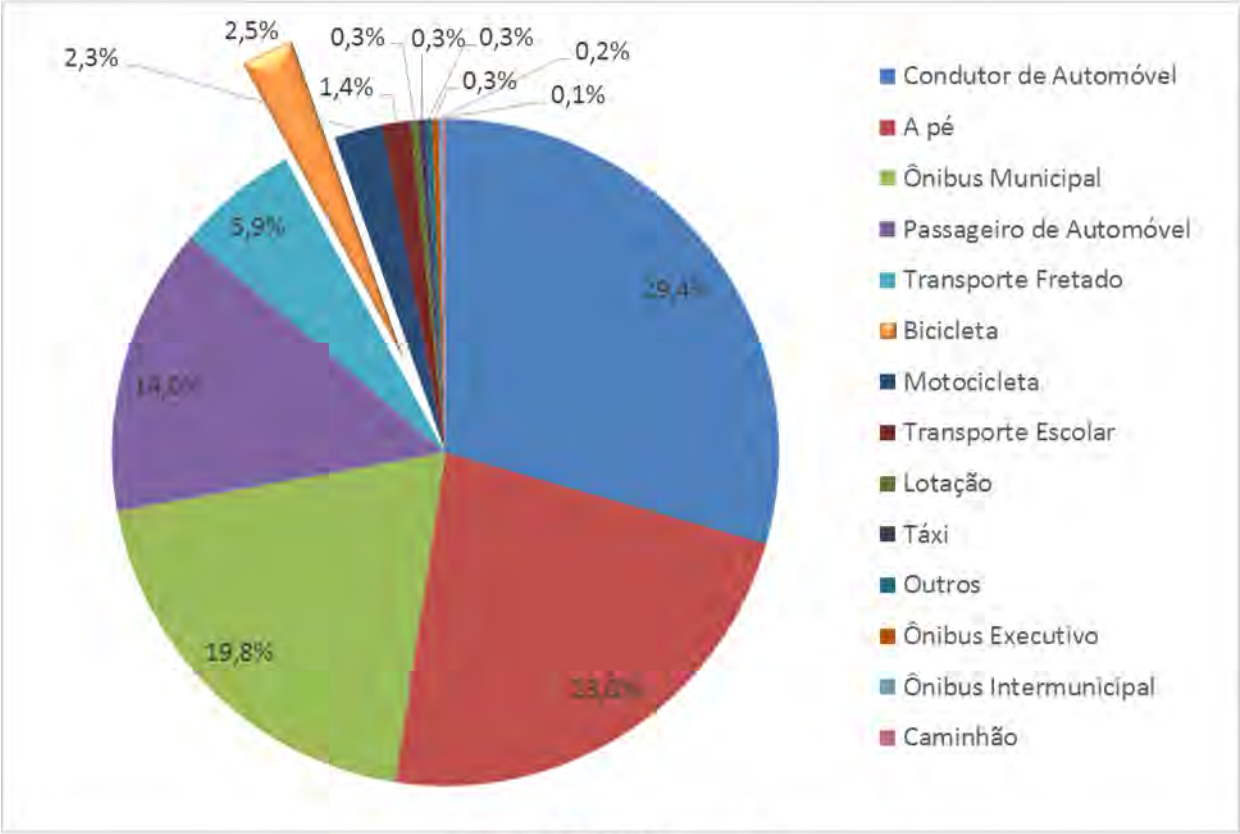


Figura 19 - Divisão modal

Agrupando os modais quanto à propulsão utilizada, vê-se na Figura 20 que a grande maioria das viagens é realizada com transporte motorizado.

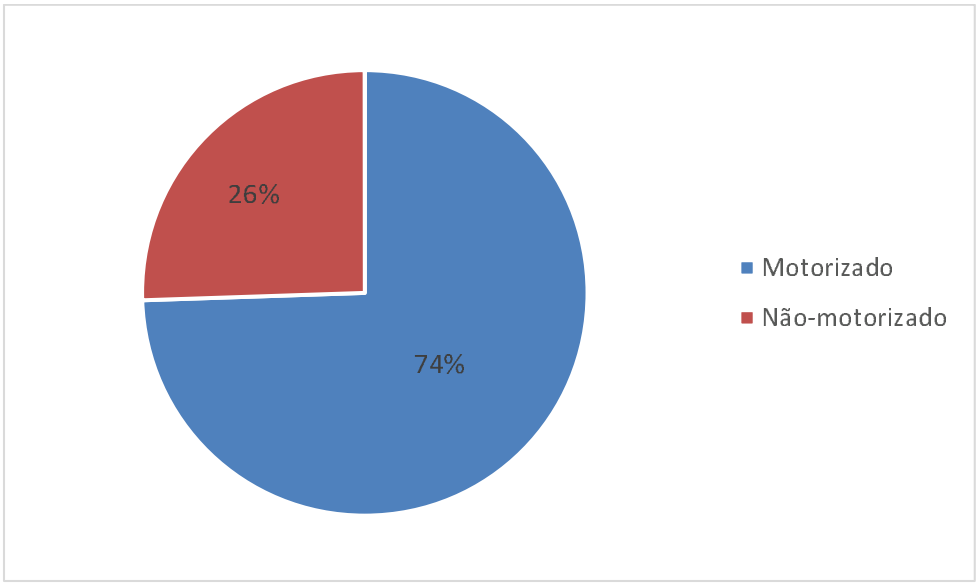


Figura 20 - Divisão de viagens quanto à motorização

Quando analisada a classe do transporte, vê-se a predominância do transporte individual sobre o coletivo, conforme Figura 21.

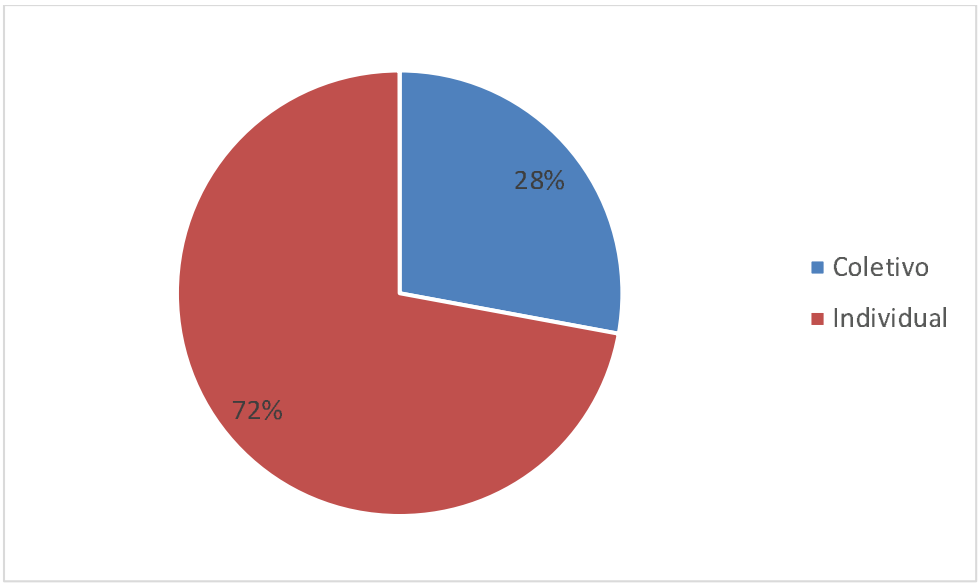


Figura 21 - Divisão de viagens em transporte coletivo e individual

Analisando apenas as viagens realizadas de bicicleta, tem-se que a grande maioria é realizada por homens, como mostrado na Figura 22.

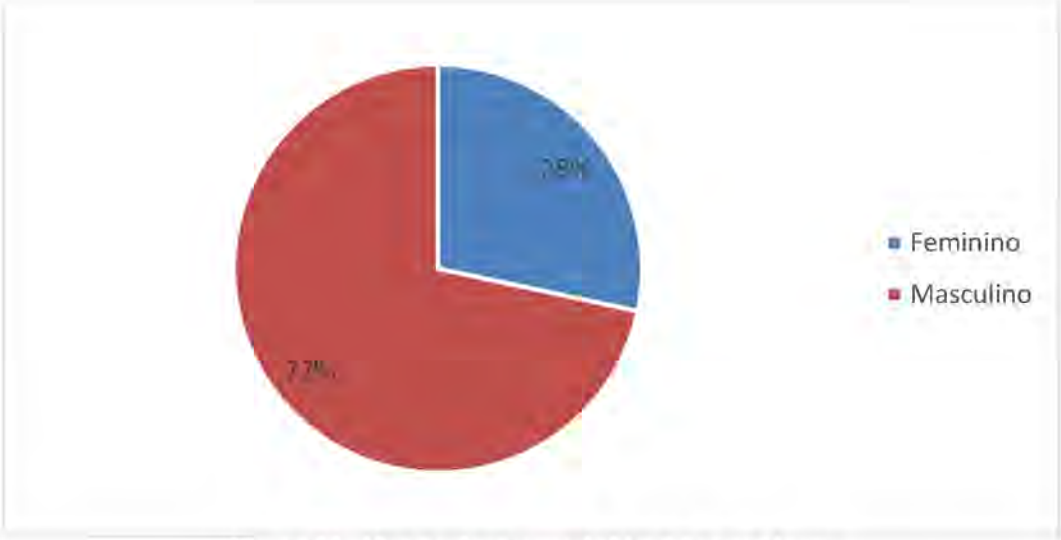


Figura 22 - Divisão de viagens de bicicleta por gênero

Analisando a distribuição da idade dos usuários de bicicleta, tem-se que há uma concentração de usuários superior à fatia correspondente da população na faixa que vai de 10 a 19 anos e na que vai de 30 a 39 anos. Nas faixas até 9 anos e de 60 anos ou mais, o uso da bicicleta é baixo, o que fica claro ao compara a fatia da população e a que usa bicicleta, como mostrado na Figura 23.

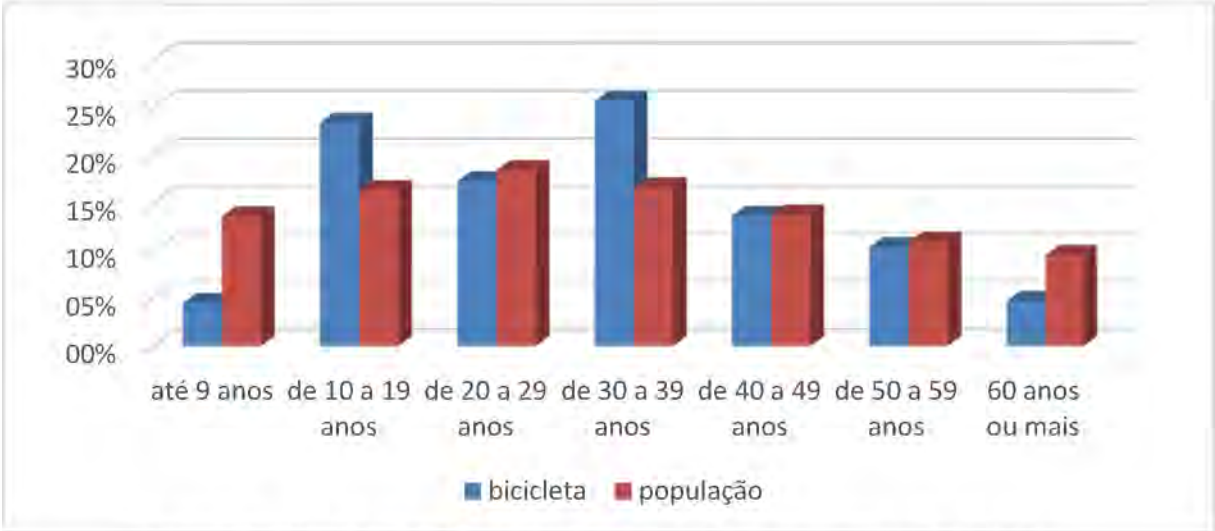


Figura 23 - Participação da faixa etária na população e nos usuários de bicicleta

Analisando a participação de ciclistas em cada um dos diferentes graus de escolaridade, percebe-se que há um aumento na utilização da bicicleta com a escolaridade, até o 2º grau incompleto. A partir do 2º grau completo, a tendência se inverte, como mostrado na Figura 24.

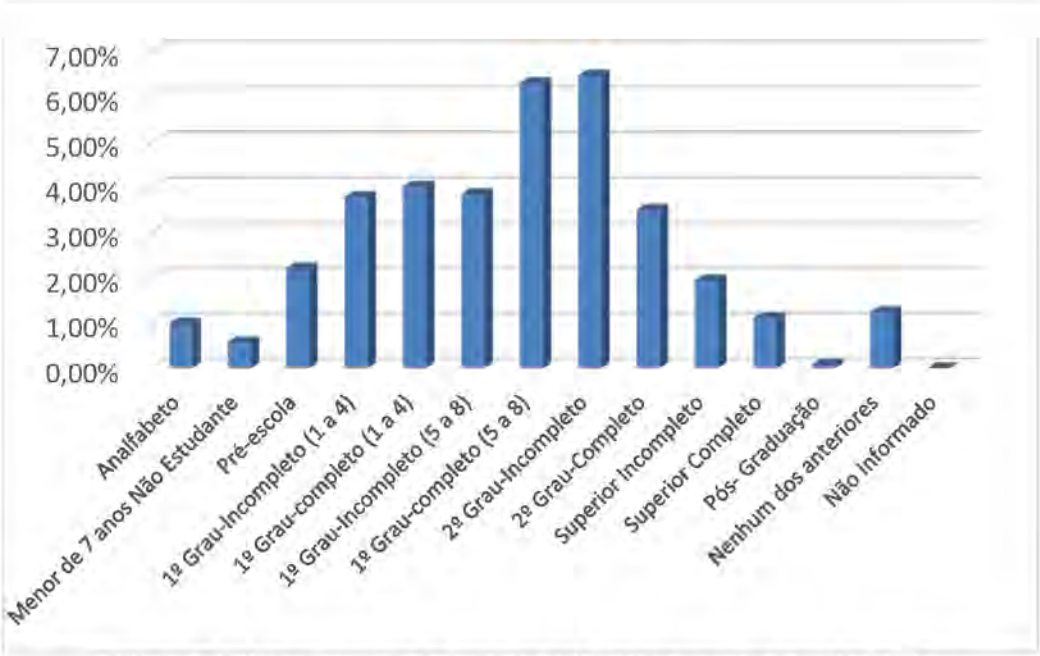


Figura 24 - Concentração de usuários de bicicleta quanto à escolaridade

Analisando a concentração de usuários em cada faixa de renda, percebe-se uma tendência de diminuição da fatia de usuários de bicicleta com um aumento da renda, mostrada na Figura 25.

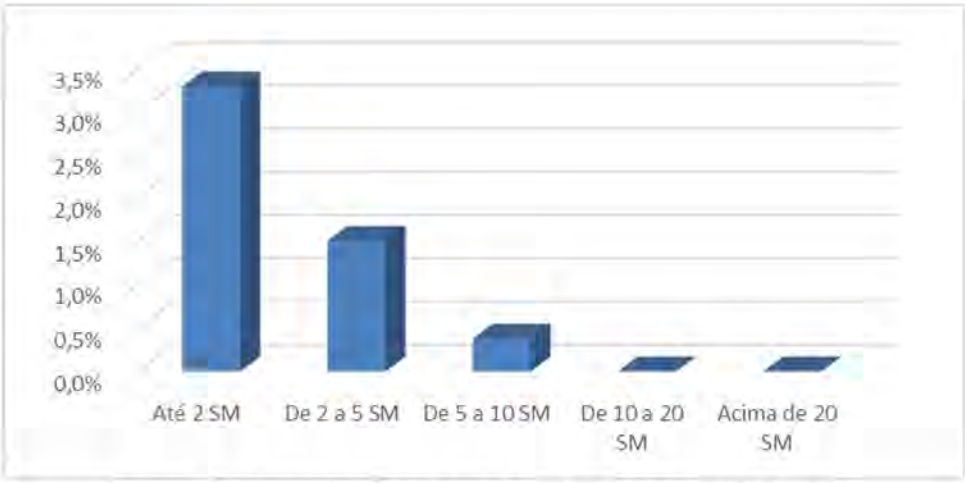


Figura 25 - Concentração de usuários de bicicleta quanto à renda

As viagens feitas de bicicleta têm como principal destino a residência, seguido por trabalho, como mostrado na Figura 26. Quando analisada a importância do uso da bicicleta para cada motivo de deslocamento, percebe-se que os motivos Trabalho e Estudos (Outros) são os que tem maior importância, como mostrado na Figura 27.

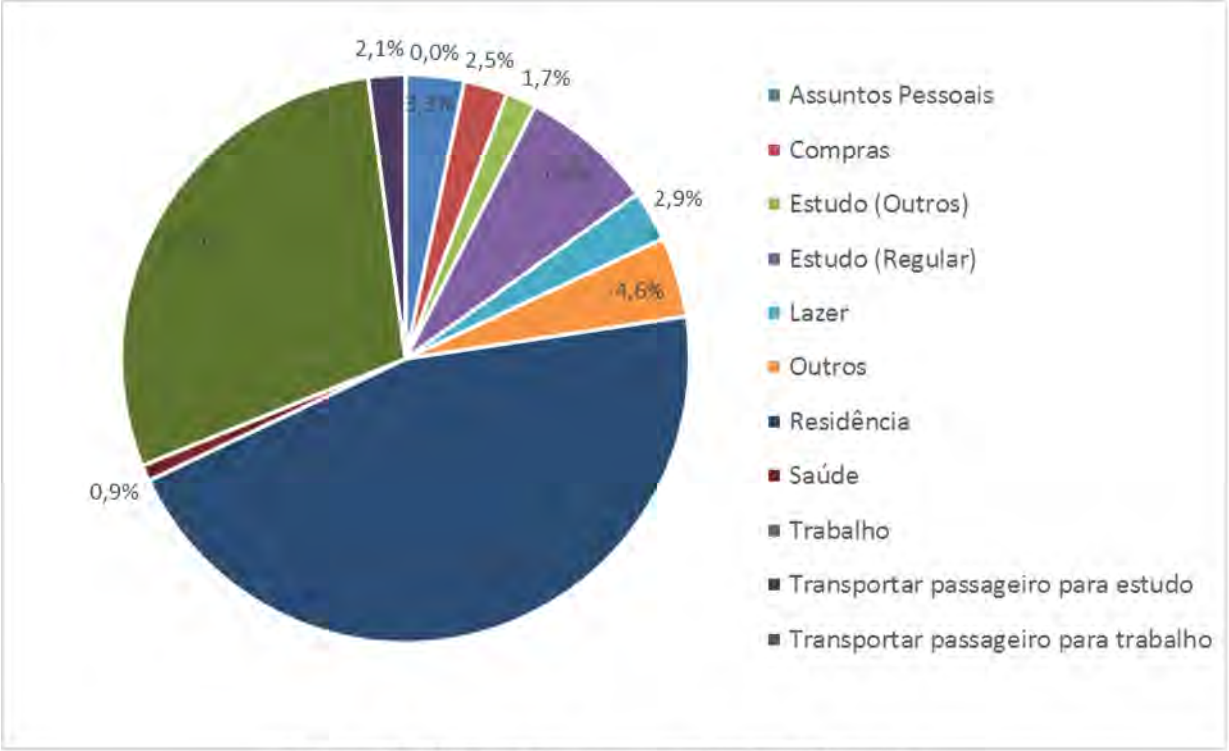


Figura 26 - Destinos das viagens realizadas de bicicleta

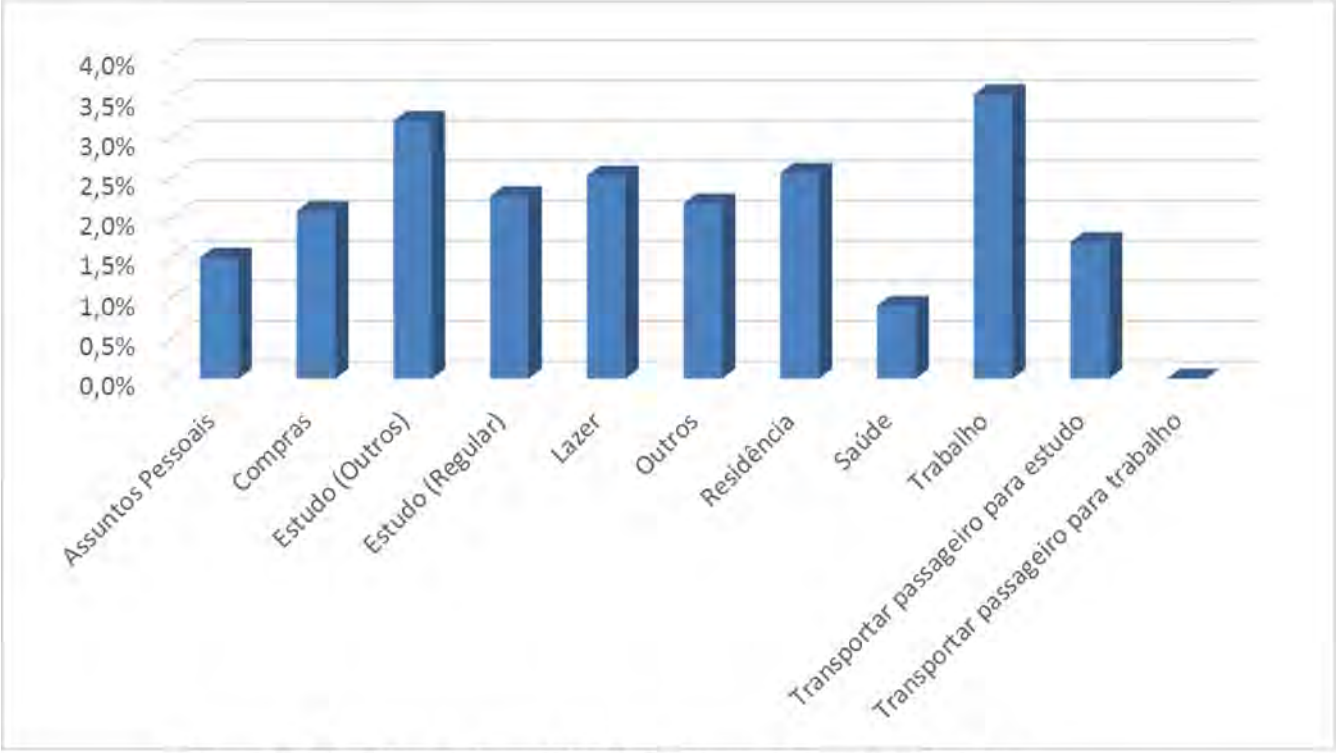


Figura 27 - Participação do modal cicloviário para cada motivo de viagem

As viagens de bicicleta têm um papel maior em viagens de curta distância. Metade das viagens - 50,1% - ocorre dentro da própria Zona de tráfego e 86,7% ocorre internamente à Macrozona. Na Figura 28, estão indicadas as viagens internas e externas a cada zona.

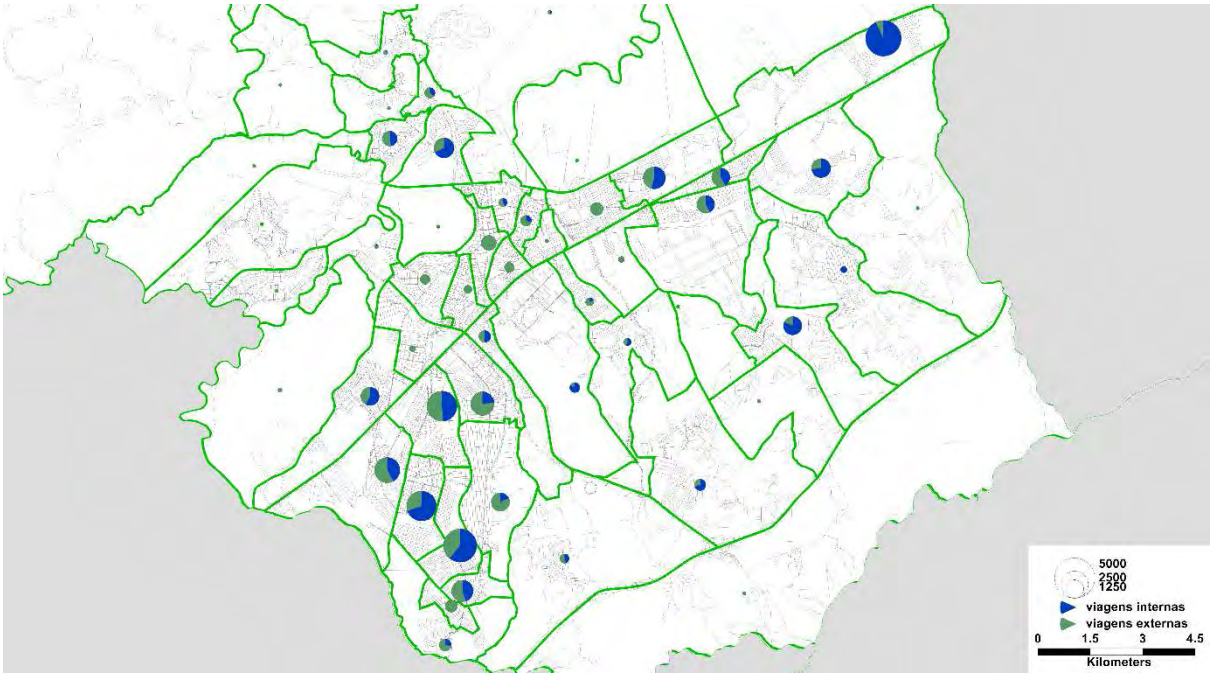


Figura 28 - Viagens externas e internas a cada Zona

4.2 Estruturas existente e planejada

A cidade de São José dos Campos conta com 64,7 km de infraestrutura cicloviária, distribuída entre ciclovias, ciclofaixas, calçadas compartilhadas, vias compartilhadas e, funcionando apenas aos domingos, ciclofaixas de lazer.

Na Figura 29, está o mapa da infraestrutura atual.

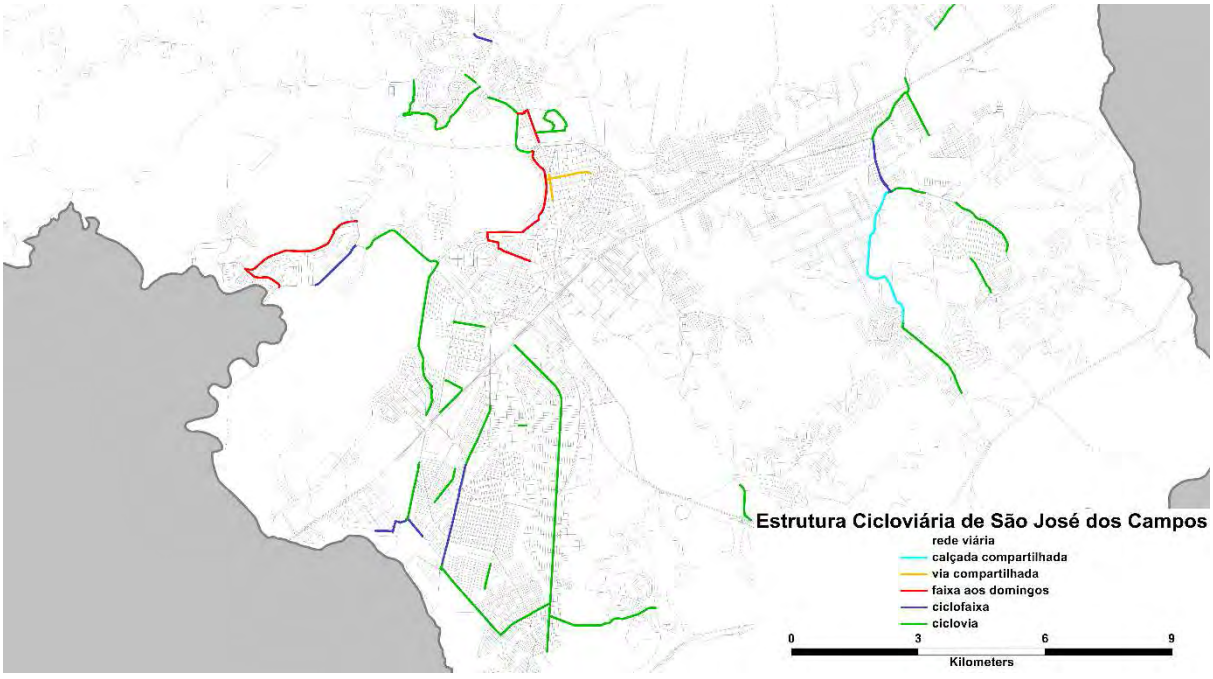


Figura 29 - Estrutura Cicloviária de São José dos Campos

Em 2011, época em que foram realizadas a Pesquisa de Origem Destino e a Pesquisa de Preferência Declarada, a estrutura era a mostrada na Figura 30.

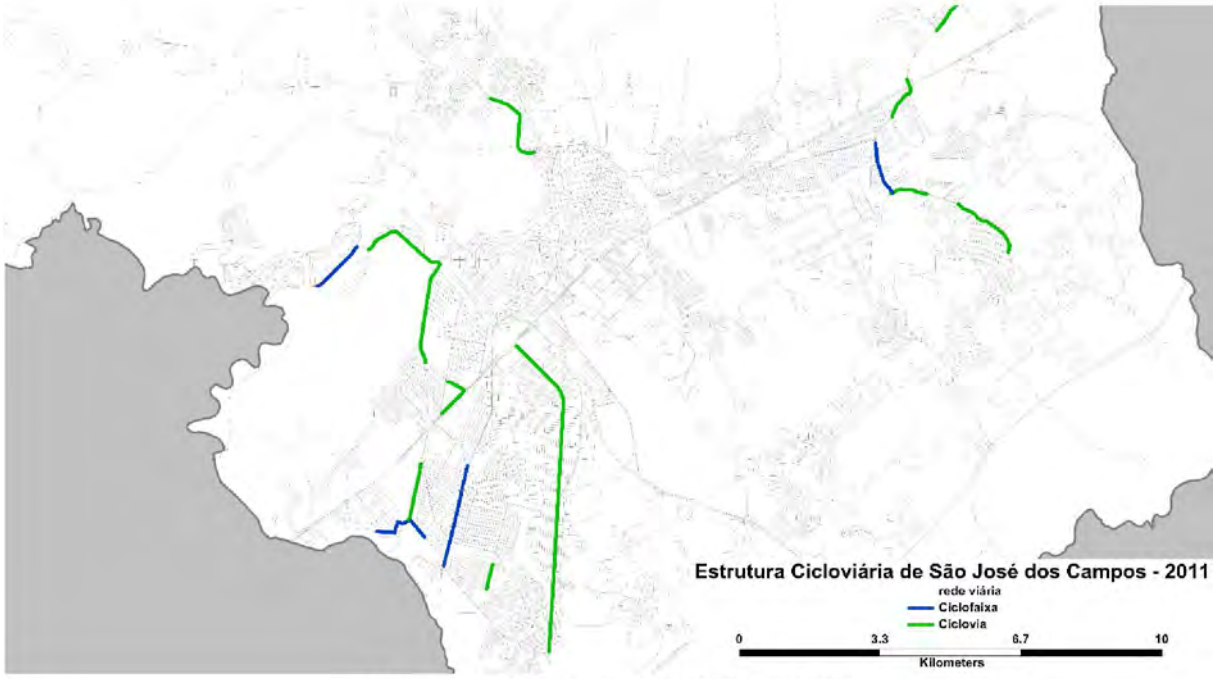


Figura 30 - Estrutura Cicloviária em 2011

Alocando as viagens pelo método do caminho mínimo, o carregamento obtido é o mostrado na Figura 31.

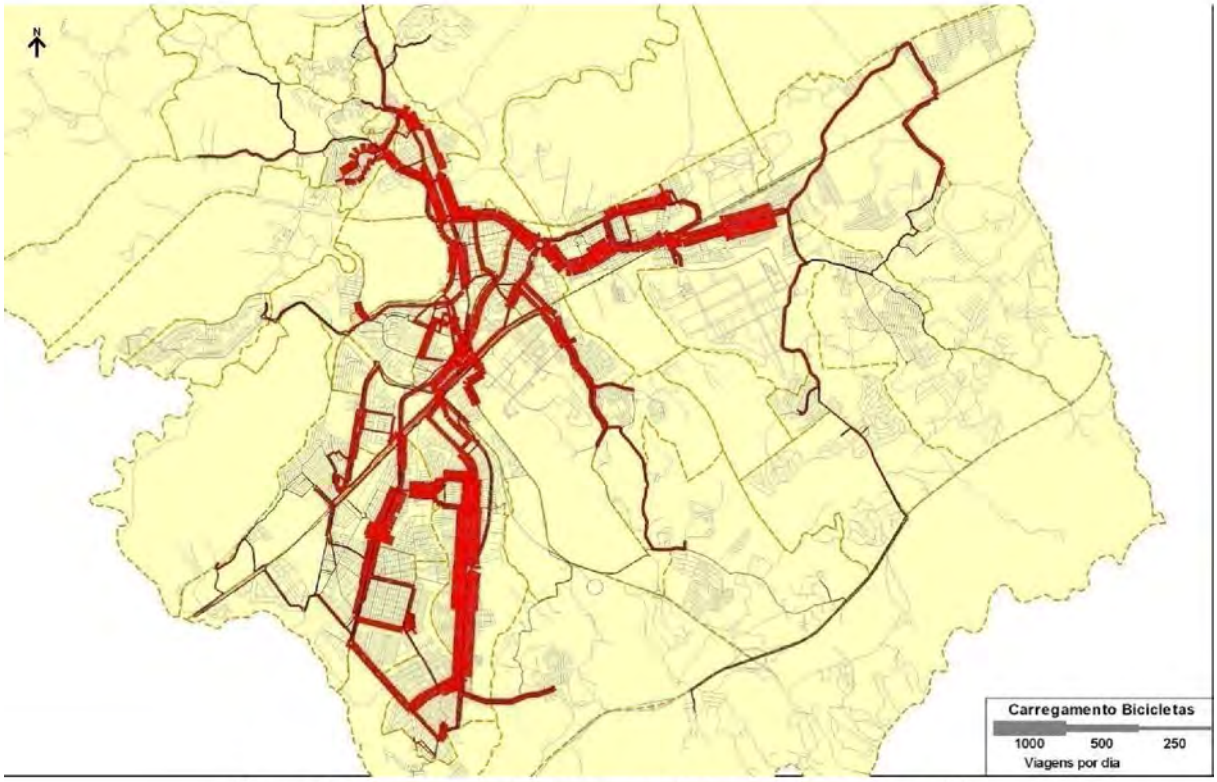


Figura 31 - Carregamento das viagens feitas por bicicleta em 2011

Foi fornecido pelo Instituto de Pesquisa, Administração e Planejamento (IPPLAN) um mapa com todos os projetos de ciclovias de São José dos Campos, mostrado no Anexo B, contendo a numeração de cada projeto, adotada também neste trabalho.

4.3 Possíveis viagens de bicicleta

Para se estimar a parcela de viagens que pode passar a ser realizada de bicicleta, utilizou-se a Pesquisa de Preferência Declarada realizada em 2011 pela empresa Oficina Engenheiros Consultores Associados Ltda., contratada pelo Instituto de Pesquisa, Administração e Planejamento - IPPLAN.

A pesquisa foi feita com usuários do transporte coletivo por ônibus em 15 pontos espalhados pela cidade e em 16 para os usuários de automóvel, para determinar como se dá a influência de custos, infraestrutura e de características do próprio usuário para a mudança para o modal cicloviário.

Para as duas classes de usuários, foram feitas perguntas gerais para classificá-lo:

- Gênero
- Faixa etária;
- Faixa de renda;
- Motivo do deslocamento.

Para os usuários de ônibus, foram feitas 15 perguntas que variavam os atributos:

- Tempo de viagem (em minutos para ônibus e bicicleta);
- Tarifa de ônibus (em reais);
- Intervalo entre ônibus (em minutos);
- Existência de paraciclos (sim ou não).

Para os usuários de automóveis, as 15 perguntas variavam os atributos:

- Tempo de viagem (em minutos para automóvel e bicicleta);
- Custo da viagem (em reais para automóvel);
- Existência de paraciclos (sim ou não).

Para que os dados sobre a possível migração medida na pesquisa possam ser utilizados, é condição fundamental que a estrutura cicloviária exista na viagem assim como informado ao entrevistado. Desta forma, para que a possibilidade de migração possa ser considerada, deve haver previsão de ciclovias em grande parte do trajeto – principalmente em trechos com viário de velocidades mais altas.

Para se estimar o aumento do uso da bicicleta nas viagens feitas entre cada par de zonas foi utilizado o modelo Logit Binomial.

Um ajuste linear das probabilidades de mudança de modal apontadas pela Pesquisa de Preferência Declarada levaram à determinação dos coeficientes da utilidade que determina a escolha modal. Para o par ônibus-bicicleta, a utilidade é dada pela Equação 6.

$$U_{ij} = \propto_0 + \propto_1 x_{1ij} + \propto_2 x_{2ij} + \propto_3 x_{3ij} + \propto_4 x_{4ij} + \propto_5 x_{5ij} \quad (6)$$

Na Equação 6, para cada par de zonas i-j, tem-se:

- x_1 = tempo de viagem por bicicleta (min);
- x_2 = tempo de viagem por ônibus (min);
- x_3 = tarifa de ônibus (R$);
- x_4 = intervalo entre ônibus (min);
- x_5 = presença de bicicletário.

Para o par automóvel-bicicleta, a utilidade é dada pela Equação 7.

$$U_{ij} = \propto_0 + \propto_1 x_{1ij} + \propto_2 x_{2ij} + \propto_3 x_{3ij} + \propto_4 x_{4ij} \quad (7)$$

Nesta equação, para cada par de zonas i-j, tem-se:

- x_1 = tempo de viagem por bicicleta (min);
- x_2 = tempo de viagem por automóvel (min);
- x_3 = custo de viagem por automóvel (R$);
- x_4 = presença de bicicletário.

Para a determinação das variáveis utilizadas entre cada par de zonas, foram feitas as seguintes considerações.

- A distância entre as zonas corresponde à distância entre os centroides;
- Para viagens internas, a distância média é de 1 km;
- A velocidade média dos ônibus é de 18 km/h;
- O tempo de viagem quando utilizando ônibus possui também uma parcela representando o tempo de espera, dada pela metade do intervalo de passagem entre os ônibus;
- A velocidade média dos automóveis é de 25 km/h;
- A velocidade média das bicicletas é de 10 km/h;
- Os custos adotados na época da pesquisa foram mantidos nesta análise;

- O custo do automóvel é fixo por quilômetro, sendo de R$ 0,376;
- A tarifa média final do ônibus adotada foi de R$ 2,63, dada a percepção na redução do custo da passagem gerada pela utilização de vale-transporte.

Para determinar a frequência com que passam os ônibus entre cada par de zonas, foram somadas as frequências de todas as rotas que passam entre estas zonas na hora pico manhã. Esta consideração leva a um valor maior do que o que de fato está disponível para o usuário, uma vez que rotas que passam em posições diferentes, mas na mesma zona, têm suas frequências somadas deste modo.

A Pesquisa de Preferência Declarada informava ao entrevistado que a viagem de bicicleta seria feita toda em ciclovias, sinalizadas e com tratamento especial em cruzamentos. Tendo em conta também de que as ciclovias não podem estar presentes em todo o trajeto, para determinar se uma dada zona possui infraestrutura cicloviária - ou virá a possuir com os projetos -, foi considerado que é necessário que haja uma malha na zona que cubra boa parte de seu território e que não seja necessário ao usuário da bicicleta percorrer vias com velocidades elevadas.

Isto posto, algumas zonas não foram classificadas como tendo infraestrutura cicloviária, mesmo tendo alguns trechos com ciclovia. Por exemplo, na zona 13, onde estão Jardim Satélite e Floradas de São José, há uma ciclovia que corta a zona ao meio, mostrada na Figura 32. No entanto, na falta de uma forma de ponderar quanto da migração modal aferida pela Pesquisa de Preferência Declarada esta ciclovia é capaz de atender, considerou-se que esta não é suficiente para toda a zona.

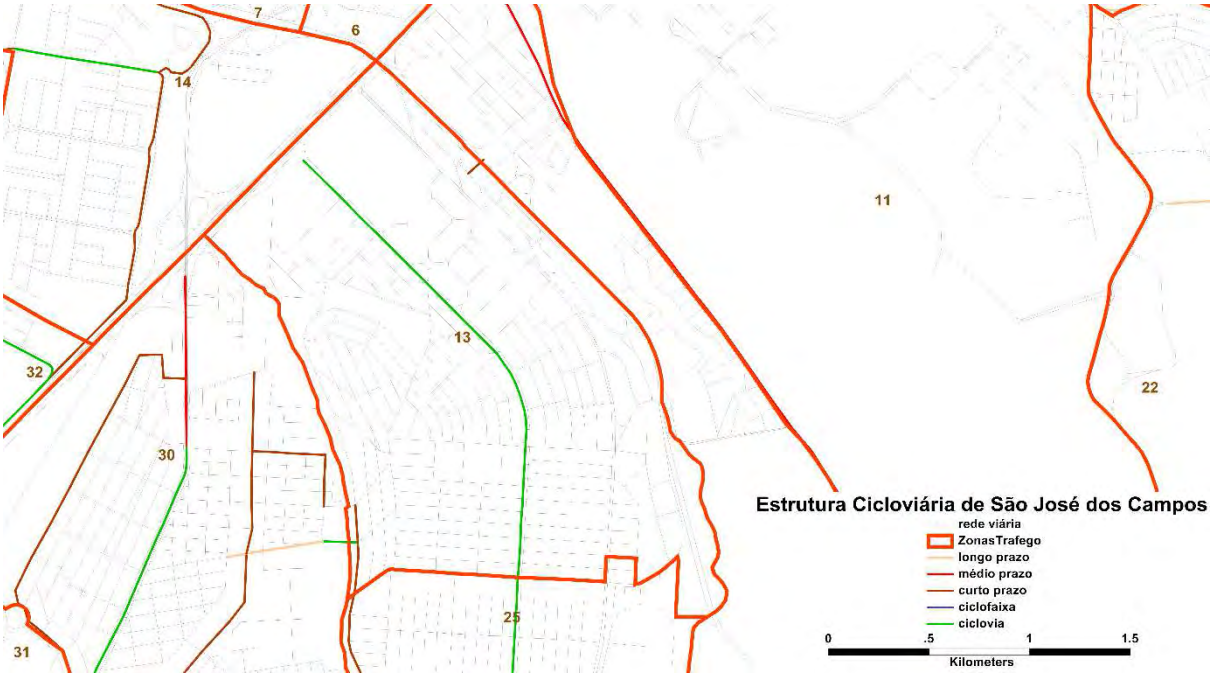


Figura 32 - Ciclovia da Av. Andrômeda e Zona 13

As ciclofaixas, por não apresentarem a estrutura conforme apresentado aos entrevistados, não foram consideradas como constituintes da malha cicloviária. A única exceção é a ciclofaixa do Distrito Industrial Chácaras Reunidas – mostrada na Figura 33 –, que foi considerada por apresentar uma largura maior do que as outras – permitindo uma segregação adequada do trânsito de veículos motorizados.

Na Figura 34, é mostrada uma outra ciclovia, localizada na Av. Dr. João Batista de Souza Soares. Fica claro que a segregação não é ideal, havendo inclusive uma motocicleta circulando na estrutura.

Figura 33 - Ciclofaixa do Distrito Industrial Chácaras Reunidas

Fonte: (Google)

Figura 34 - Ciclofaixa na Av. Dr. João Batista de Souza Soares

Fonte: (Google)

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Aumento do uso da bicicleta

Na Equação 6, para cada par de zonas i-j, tem-se:

- α_0 = -15,970;
- x_1 = tempo de viagem por bicicleta (min); α_1 = -0,014;
- x_2 = tempo de viagem por ônibus (min); α_2 = 0,150;
- x_3 = tarifa de ônibus (R$); α_3 = 4,116;
- x_4 = intervalo entre ônibus (min); α_4 = 0,080;
- x_5 = presença de bicicletário; α_5 = 2,125.

O ajuste linear apontou R^2 = 0,865.

Na Equação 7, para cada par de zonas i-j, tem-se:

- α_0 = -4,490;
- x_1 = tempo de viagem por bicicleta (min); α_1 = -0,192;
- x_2 = tempo de viagem por automóvel (min); α_2 = 0,125;
- x_3 = custo de viagem por automóvel (R$); α_3 = 1,373;
- x_4 = presença de bicicletário; α_4 = 2,722.

O ajuste linear apontou R^2 = 0,812.

O alto valor no coeficiente relativo à presença de bicicletário demonstra a importância da existência destes. Assim sendo, todas as análises seguintes consideram que estes serão implantados.

A primeira estimativa do impacto da implantação de novas ciclovias consistiu na projeção da fatia no total de viagens realizadas em São José dos Campos realizadas por bicicletas para o ano de 2014. Na Figura 35, pode-se ver a diferença na estrutura cicloviária desde a realização da Pesquisa de Preferência Declarada até 2014.

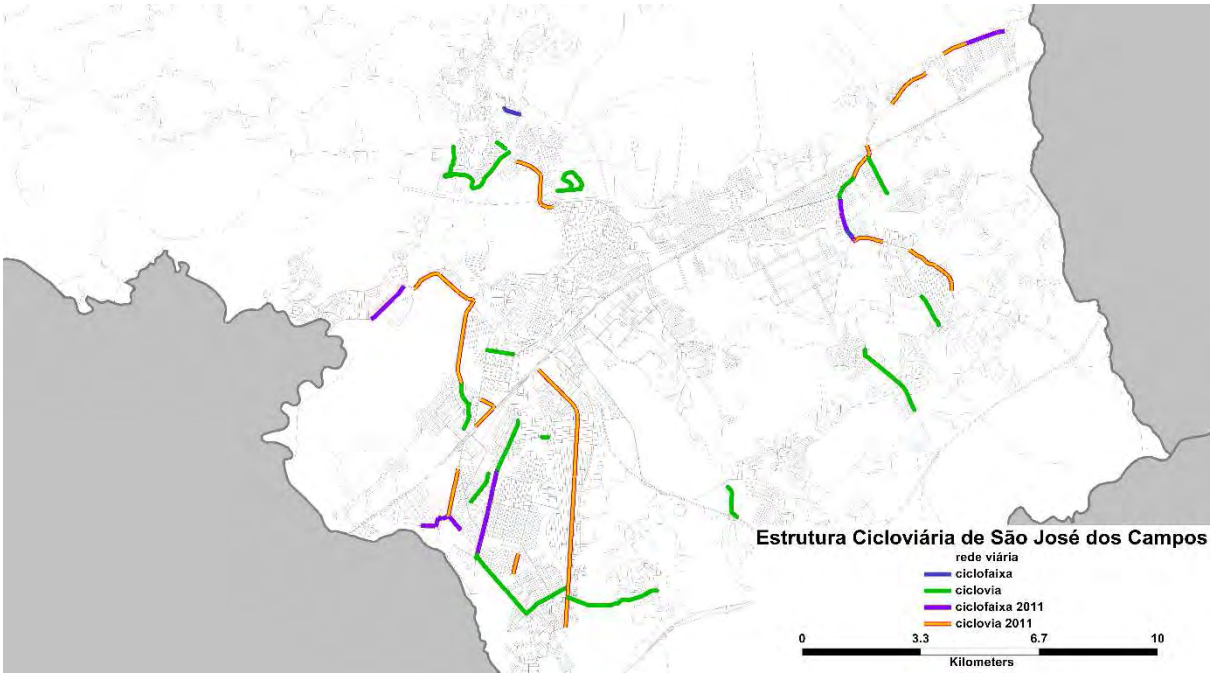


Figura 35 - Estrutura cicloviária criada até 2014

A estrutura criada permitiu poucas novas ligações, como mostrado na Tabela 7. A única variação no número de viagens de bicicleta apontada pelo modelo se dá pela nova conexão que permite viagens internas na zona 51. Como a Pesquisa Origem-Destino aponta que esta zona apresenta apenas 15 viagens, sendo todas realizadas com automóvel, a criação da ciclovia na região levou à criação estimada de 1,64 viagem de bicicleta.

Tabela 7 - Ligações entre zonas possíveis pela malha cicloviária em 2014

O	D	distância (km)	tempo ônibus (min)	intervalo ônibus (min)	tempo carro (min)	custo carro (R$)	tempo bicicleta (min)	custo ônibus (R$)	existia em 2012	existe agora
15	15	1,00	4,91	3,16	2,40	0,38	6,00	2,63	1	1
16	16	1,00	4,53	2,40	2,40	0,38	6,00	2,63	0	1
21	21	1,00	4,12	1,58	2,40	0,38	6,00	2,63	0	1
51	21	2,35	11,17	6,67	5,65	0,88	14,11	2,63	1	1
26	26	1,00	4,10	1,54	2,40	0,38	6,00	2,63	0	1
21	51	2,35	11,17	6,67	5,65	0,88	14,11	2,63	1	1
51	51	1,00	6,67	6,67	2,40	0,38	6,00	2,63	0	1

Foram avaliados também o impacto da implantação de ciclovias, seguindo a sequência pensada pela prefeitura, conforme mostrado no Anexo B. Numa primeira fase, apenas com a

implantação das ciclovias pensadas para o curto prazo, que totalizam 20 trechos e 32,71 km, a migração estimada é de 3797,8 viagens, conforme detalhado na Tabela 8.

Tabela 8 – Viagens que passam a ser feitas de bicicleta com adição à rede das ciclovias planejadas para o curto prazo

O	D	distância (km)	tempo ônibus (min)	intervalo ônibus (min)	tempo carro (min)	custo carro (R$)	tempo bicicleta (min)	custo ônibus (R$)	Viagens novas de bicicleta
4	4	1,00	3,58	0,48	2,40	0,38	6,00	2,63	94,98
5	4	1,31	4,73	0,71	3,15	0,49	7,87	2,63	7,53
4	5	1,31	4,73	0,71	3,15	0,49	7,87	2,63	12,06
5	5	1,00	3,59	0,52	2,40	0,38	6,00	2,63	126,45
8	8	1,00	3,63	0,60	2,40	0,38	6,00	2,63	0,00
14	14	1,00	3,68	0,70	2,40	0,38	6,00	2,63	943,89
15	14	3,09	14,06	7,50	7,42	1,16	18,55	2,63	53,42
14	15	3,09	14,06	7,50	7,42	1,16	18,55	2,63	27,12
15	15	1,00	4,91	3,16	2,40	0,38	6,00	2,63	0,00
16	16	1,00	4,53	2,40	2,40	0,38	6,00	2,63	0,00
42	16	14,39	62,97	30,00	34,54	5,41	86,35	2,63	191,51
42	17	13,06	58,52	30,00	31,33	4,91	78,33	2,63	49,00
20	20	1,00	3,74	0,82	2,40	0,38	6,00	2,63	95,83
21	21	1,00	4,12	1,58	2,40	0,38	6,00	2,63	0,00
51	21	2,35	11,17	6,67	5,65	0,88	14,11	2,63	128,50
25	25	1,00	4,40	2,14	2,40	0,38	6,00	2,63	1614,55
26	25	2,75	10,29	2,22	6,61	1,04	16,52	2,63	0,00
25	26	2,75	10,29	2,22	6,61	1,04	16,52	2,63	0,00
26	26	1,00	4,10	1,54	2,40	0,38	6,00	2,63	0,00

O	D	distância (km)	tempo ônibus (min)	intervalo ônibus (min)	tempo carro (min)	custo carro (R$)	tempo bicicleta (min)	custo ônibus (R$)	Viagens novas de bicicleta
34	34	1,00	5,83	5,00	2,40	0,38	6,00	2,63	159,50
42	34	18,77	77,57	30,00	45,05	7,06	112,62	2,63	8,76
42	36	18,34	76,14	30,00	44,02	6,90	110,05	2,63	0,00
42	37	14,27	62,57	30,00	34,25	5,37	85,63	2,63	0,00
42	38	14,24	62,46	30,00	34,17	5,35	85,43	2,63	0,00
42	39	16,53	70,09	30,00	39,66	6,21	99,15	2,63	0,01
20	41	6,87	37,90	30,00	16,49	2,58	41,23	2,63	0,00
16	42	14,39	62,97	30,00	34,54	5,41	86,35	2,63	63,16
17	42	13,06	58,52	30,00	31,33	4,91	78,33	2,63	57,99
34	42	18,77	77,57	30,00	45,05	7,06	112,62	2,63	8,71
36	42	18,34	76,14	30,00	44,02	6,90	110,05	2,63	0,00
37	42	14,27	62,57	30,00	34,25	5,37	85,63	2,63	0,00
38	42	14,24	62,46	30,00	34,17	5,35	85,43	2,63	0,00
39	42	16,53	70,09	30,00	39,66	6,21	99,15	2,63	0,01
21	51	2,35	11,17	6,67	5,65	0,88	14,11	2,63	153,16
51	51	1,00	6,67	6,67	2,40	0,38	6,00	2,63	1,64

No segundo estágio, com a implantação das ciclovias planejadas para o médio prazo, são adicionados mais 13 trechos de ciclovias, que equivalem a 33,05 km. Desta forma, a rede passa a servir a mais 1587,97 viagens, como detalhado na Tabela 9.

Tabela 9 - Viagens que passam a ser feitas de bicicleta com adição à rede das ciclovias planejadas para o médio prazo

O	D	distância (km)	tempo ônibus (min)	intervalo ônibus (min)	tempo carro (min)	custo carro (R$)	tempo bicicleta (min)	custo ônibus (R$)	Viagens novas de bicicleta
14	8	5,79	23,57	8,57	13,89	2,18	34,71	2,63	95,84
15	8	3,40	26,34	30,00	8,17	1,28	20,41	2,63	0,30
35	8	2,25	22,50	30,00	5,40	0,85	13,51	2,63	10,27
12	12	1,00	3,77	0,87	2,40	0,38	6,00	2,63	0,00
8	14	5,79	23,57	8,57	13,89	2,18	34,71	2,63	59,27
35	14	3,55	26,83	30,00	8,52	1,33	21,29	2,63	13,47
8	15	3,40	26,34	30,00	8,17	1,28	20,41	2,63	0,33
35	15	1,86	13,69	15,00	4,46	0,70	11,15	2,63	0,00
19	19	1,00	3,76	0,85	2,40	0,38	6,00	2,63	0,00
20	19	0,88	3,35	0,85	2,10	0,33	5,26	2,63	0,00
42	19	6,11	35,36	30,00	14,66	2,30	36,65	2,63	719,62
19	20	0,88	3,35	0,85	2,10	0,33	5,26	2,63	0,00
42	20	6,94	38,12	30,00	16,65	2,61	41,61	2,63	0,00
50	21	3,32	26,06	30,00	7,97	1,25	19,91	2,63	0,00
30	25	3,20	12,81	4,29	7,68	1,20	19,19	2,63	1,94
29	26	2,69	11,96	6,00	6,45	1,01	16,12	2,63	37,47
30	26	5,29	18,89	2,50	12,70	1,99	31,76	2,63	21,00
26	29	2,69	11,96	6,00	6,45	1,01	16,12	2,63	21,26
29	29	1,00	4,40	2,14	2,40	0,38	6,00	2,63	0,00
30	29	2,90	10,74	2,14	6,96	1,09	17,41	2,63	13,71
25	30	3,20	12,81	4,29	7,68	1,20	19,19	2,63	20,86
26	30	5,29	18,89	2,50	12,70	1,99	31,76	2,63	43,22

O	D	distância (km)	tempo ônibus (min)	intervalo ônibus (min)	tempo carro (min)	custo carro (R$)	tempo bicicleta (min)	custo ônibus (R$)	Viagens novas de bicicleta
29	30	2,90	10,74	2,14	6,96	1,09	17,41	2,63	0,00
30	30	1,00	3,80	0,94	2,40	0,38	6,00	2,63	0,00
8	35	2,25	22,50	30,00	5,40	0,85	13,51	2,63	9,54
14	35	3,55	26,83	30,00	8,52	1,33	21,29	2,63	1,40
15	35	1,86	13,69	15,00	4,46	0,70	11,15	2,63	0,00
35	35	1,00	10,83	15,00	2,40	0,38	6,00	2,63	0,00
19	41	6,00	34,98	30,00	14,39	2,25	35,97	2,63	0,00
42	41	1,89	21,31	30,00	4,54	0,71	11,36	2,63	0,00
19	42	6,11	35,36	30,00	14,66	2,30	36,65	2,63	518,49
20	42	6,94	38,12	30,00	16,65	2,61	41,61	2,63	0,00
42	42	1,00	5,48	4,29	2,40	0,38	6,00	2,63	0,00
21	50	3,32	26,06	30,00	7,97	1,25	19,91	2,63	0,00
50	50	1,00	18,33	30,00	2,40	0,38	6,00	2,63	0,00
51	50	3,55	26,82	30,00	8,51	1,33	21,27	2,63	0,00
50	51	3,55	26,82	30,00	8,51	1,33	21,27	2,63	0,00

No último estágio, com a implantação das ciclovias planejadas para o longo prazo, são adicionados mais 28 trechos de ciclovias, que equivalem a 86,42 km. Desta forma, a rede passa a servir a mais 374 pares de zonas, resultando na adição de 16.743,38 viagens feitas por bicicleta.

Tem-se então, totalizando as três etapas de implantação de ciclovias, a adição de 61 trechos que implicam em 152,18 novos quilômetros de ciclovias, resultando no atendimento a 444 pares de zonas com 22.129,12 viagens migrando para o modal cicloviário, o que representa um aumento de 53,08%.

Uma análise por macrozona aponta um crescimento maior na macrozona Oeste, com o número de viagens realizadas por bicicleta passando de 1651,68 para 3903,91 - um aumento de 236,36%. Isto se deve ao fato de esta ser a macrozona que ganhará maior conectividade, com as ciclovias adicionadas ligando-a às outras macrozonas de forma direta e também ao fato de a Zona 14, passar a ter uma rede completa, gerando muitas viagens de bicicleta.

5.2 Prioridade de implantação das ciclovias

Buscando otimizar a implantação das ciclovias, buscou-se determinar qual a prioridade para a implantação destas. Assim, para garantir uma comparação com a proposta de implantação apontada pela prefeitura, foram adotadas duas etapas intermediárias de implantação, uma de curto prazo, com 32,71 km, e uma segunda de médio prazo, com 33,05 km.

Para escolher as ciclovias que teriam maior impacto, foi utilizado um Algoritmo Genético. Neste, buscava-se maximizar a participação das viagens realizadas por bicicleta e cada combinação de ciclovias era um indivíduo, com cada ciclovia sendo um gene.

De uma geração inicial criada aleatoriamente, cada geração seguinte foi formada a partir da anterior substituindo o indivíduo menos apto da geração por outro, que combina aleatoriamente os genes de dois outros indivíduos – escolhidos aleatoriamente, com maior chance de ser escolhido quanto maior a aptidão. Há ainda a aplicação de uma taxa de mutação de 1%, que altera alguns dos genes aleatoriamente.

Para cada indivíduo, é calculada a porcentagem das viagens realizadas de bicicleta. A este valor, para definir a Função Objetivo, é subtraído um fator proporcional – num fator de 5%/117km, determinado com testes - à diferença entre o comprimento do indivíduo em questão e o comprimento proposto para todas as ciclovias a se implantar, quando este é menor do que aquele. Desta forma, penalizam-se os indivíduos com comprimento maior do que o desejado. A aptidão de um indivíduo é então calculada a partir da divisão do valor da Função Objetivo do indivíduo pela soma das Funções Objetivos dos outros indivíduos da geração.

Foram adotados neste algoritmo genético 1.000 gerações e uma população de 100 indivíduos em cada uma destas.

Como resultado do Algoritmo Genético implantado, foi calculada como melhor configuração para o curto prazo a utilização das ciclovias mostradas na Tabela 10.

Tabela 10 - Ciclovias prioritária no curto prazo

Prazo inicial apontado pela Prefeitura	ID	Comprimento (km)
Curto Prazo	2	2,11
	13	5,10
	15	0,62
	17	1,40
	18	1,10
	3	0,83
	6	0,75
Médio Prazo	11	0,56
	13	4,14
	2	0,84
	5	3,03
	8	1,33
Longo Prazo	1	1,43
	25	0,78
	4	2,19
	8	5,48

A adição destes 16 trechos de ciclovia – totalizando novos 31,70 km - gera a rede cicloviária apontada na Figura 36, num aumento de 7.802,02 viagens, passando para 3,12% a parcela das viagens feitas de bicicleta em relação ao total.

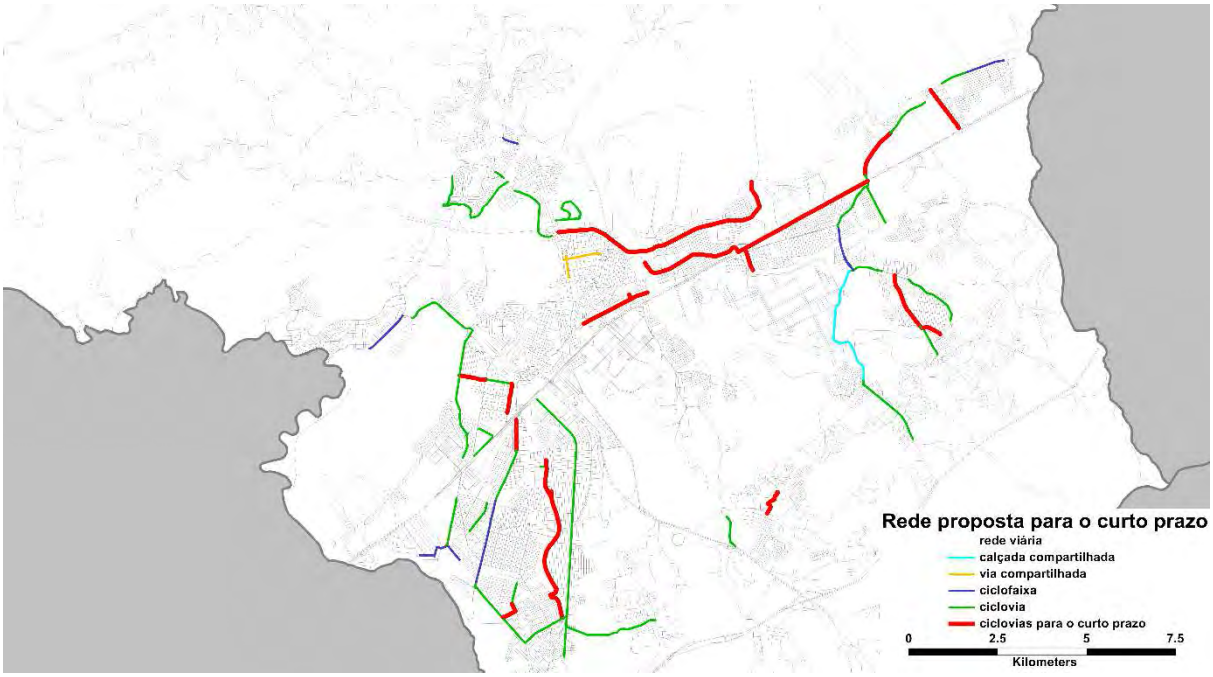


Figura 36 - Mapa da rede cicloviária proposta para o curto prazo

Já no médio prazo, o modelo de maximização da parcela das viagens realizadas de bicicleta passou a considerar como genes as ciclovias ainda não implantadas no curto prazo. Gerou-se a proposta de adição das ciclovias mostradas na Tabela 11.

Tabela 11 - Ciclovias prioritária no médio prazo

Prazo inicial apontado pela Prefeitura	ID	Comprimento (km)
Curto Prazo	1	0,67
	11	0,74
	16	2,65
	7	1,72
Médio Prazo	1	5,17
	12	3,25
	6	4,37
Longo Prazo	11	0,76
	12	6,11
	13	2,09
	17	0,72

Prazo inicial apontado pela Prefeitura	ID	Comprimento (km)
	5	0,39
	6	2,65
	9	1,43

Na Figura 37, está a nova configuração que seria adquirida pela rede cicloviária. Esta passaria a servir mais 14.485,15 viagens em relação ao valor atual, fazendo com que as viagens feitas de bicicleta correspondam a 3,54% do total de viagens.

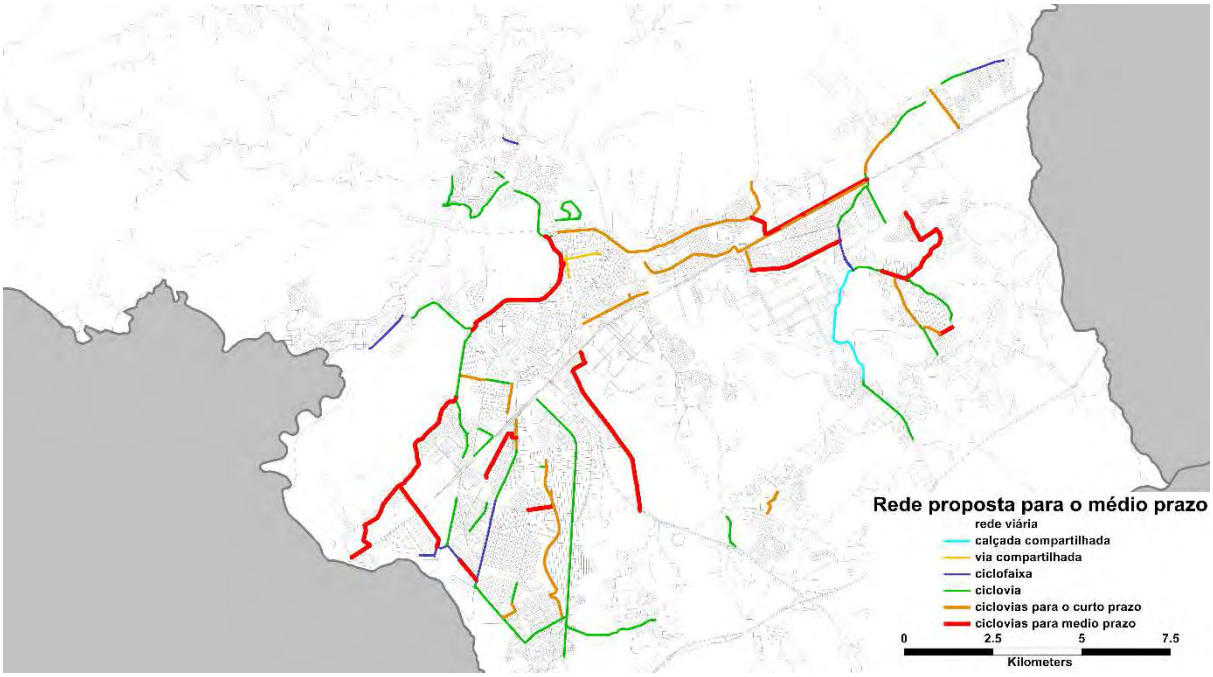


Figura 37 - Mapa da rede cicloviária proposta para o médio prazo

A vantagem da implantação das ciclovias conforme método proposto neste trabalho fica mais clara quando comparada a evolução da participação das viagens realizadas de bicicleta nos dois cenários, como exposto na Figura 38.

Figura 38 - Gráfico comparativo da ordem proposta por este trabalho e da prevista pela Prefeitura de São José dos Campos

5.3 Recomendações

Ressalta-se novamente a importância de ser ter uma boa infraestrutura cicloviária nas regiões de tráfego mais intenso. Não havendo esta infraestrutura, os riscos envolvidos na utilização da bicicleta aumentam muito, afastando possíveis usuários. Isto posto, é fundamental a presença de ciclovias nas pontes sobre o Rio Paraíba do Sul para a Zona Norte e para Urbanova – já que não há projetos ligando estas regiões à malha da cidade.

Outra grande barreira às viagens de bicicleta são as travessias sobre a Dutra. Para os veículos motorizados, as travessias são feitas por viadutos – alguns com projeto para implantação de infraestrutura cicloviária -, mas estes estão muito distantes uns dos outros, tornando a distância percorrida um fator impeditivo para as viagens de bicicleta.

Atualmente, ciclofaixas fazem importantes ligações entre zonas, mas são estruturas muito precárias, que não oferecem a segregação adequada ao tráfego de veículos motorizados. Recomenda-se assim a adição aos projetos cicloviários da transformação destas ciclofaixas em ciclovias.

Na principal Zona de Tráfego da cidade – que representa a origem de 8,7% das viagens – não há planos de instalação de ciclovias. Com a criação da Via Banhado, que prevê uma ciclovia em seu traçado, as viagens que passam ao norte da Zona Centro estarão providas de estrutura adequada. No entanto, esta não é suficiente para as viagens com destino ou origem no Centro, uma vez que as vias têm tráfego muito intenso – impeditivo ao uso de bicicletas. Dada a prioridade que os modais não motorizados devem possuir no planejamento urbano, a ausência

de planos de implantação de uma ciclovia atendendo o Centro, aliados a medidas de *traffic calming*, pode ser considerada a principal falha nas propostas de novas ciclovias.

Por fim, para trazer maior segurança em zonas que não contenham ciclovias, as medidas de *traffic calming* são fundamentais, tornando o tráfego de veículos motorizados menos perigoso para as bicicletas, reduzindo a violência dos acidentes.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRADIBRI - Associação Brasileira dos Fabricantes, Distribuidores, Exportadores e Importadores de Bicicletas, Peças e Acessórios; ABRACICLO - Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas e Bicicletas. 2005. *O Mercado de Bicicletas no Brasil.* 2005.

Aliança Bike. 2013. *Análise Econômica do Setor de Bicicletas e suas Regras Tributárias.* 2013.

Bikemagazine. 2011. http://www.bikemagazine.com.br/2011/03/historia-da-bicicleta/. *Bikemagazine.* [Online] 09 de Março de 2011. [Citado em: 06 de Agosto de 2014.]

BRASIL. 1997. Lei Nº 9503. *Código de Trânsito Brasileiro.* 1997.

British Medical Association Science and Education Department. 2012. *Healthy Transport = Healthy Lives.* s.l. : British Medical Association, 2012.

Comissão Européia. 2000. *Cidades para Bicicletas, Cidades de Futuro.* Luxemburgo : Serviço das Publicações Oficiais das Comunidades Europeias, 2000. 92-828-5738-7.

Companhia de Engenharia de Tráfego. 2014. Bicicleta: um meio de transporte. *Companhia de Engenharia de Tráfego.* [Online] 2014. [Citado em: 09 de Novembro de 2014.] http://www.cetsp.com.br/consultas/bicicleta/bicicleta-um-meio-de-transporte.aspx.

Copenhagenize. 2013. The Copenhagenize Index. *Copenhagenize.* [Online] 2013. [Cited: Novembro 09, 2014.] http://copenhagenize.eu/index/16.html.

David R. Bassett, Jr., John Pucher, et al. 2008. Walking, Cycling, and Obesity Rates in Europe, North America, and Australia. *Journal of Physical Activity and Health.* 2008, Vol. 5.

EEA. 2013. *A closer look at urban transport. TERM 2013: transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe.* 2013. ISSN 1725-9177.

EMTA. 2010. *EMTA Barometer of Public Transport in the European Metropolitan Areas.* 2010.

—. 2012. *EMTA Barometer of Public Transport in the European Metropolitan Areas.* 2012.

Fundação IBGE. 1980. *Censo Demográfico 1980.* 1980.

—. 2000. *Censo Demográfico 2000.* 2000.

Google. Google Street View. [Online] [Citado em: 17 de Novembro de 2014.] https://www.google.com.br/maps/@-23.2550288,-45.9184805,3a,90y,135.66h,86.31t/data=!3m4!1e1!3m2!1skgo-CyWSpk1gVrqwqexR-w!2e0.

—. Google Street View. [Online] [Citado em: 18 de Novembro de 2014.] https://www.google.com.br/maps/@-23.2584741,-45.9106244,3a,90y,352.78h,69.63t/data=!3m4!1e1!3m2!1sFFD-hJv3eat5N7pRcTrM3Q!2e0.

Gwiliam, Kenneth M. 1997. *The Value of Time In Economic Evaluation of Transport Projects: Lessons from Recent Research.* Washington DC : World Bank, 1997.

Hook, Walter. 2003. Preserving and Expanding the Role of Non-motorised Transport. [book auth.] GTZ Transport and Mobility Group. *Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities.* Eschborn : s.n., 2003.

Jacobsen, Peter Lyndon. 2003. Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. *Injury Prevention.* 2003, Vol. 9.

Joaquim, João Paulo Cardoso e Albano, João Fontini. Utilização da Técnica da Preferência Declarada para Avaliação do Comportamento dos Usuários da Rodovia BR-116 Considerando a Existência de Tarifas Diferenciadas de Acordo com o Nível de Congestionamento.

Joaquim, João Paulo Cardoso e Albano, João Fortini. Utilização da Técnica de Preferência Declarada para Avaliação do Comportamentos dos Usuários da Rodovia BR-116 Considerando a Existência de Tarifas Diferenciadas de Acordo com o Nével de Congestionamentos.

Kray, Joop H. 1999. *Dutch approaches to a sustainable safe road traffic system.* Pretoria : Ministry of Transport, Public Works and Water Management, 1999.

Melanie, Mitchell. 1999. *An Introduction to Genetic Algorithms.* Cambridge, Massachusetts • London, England : A Bradford Book The MIT Press, 1999. ISBN 0−262−13316−4 (HB), 0−262−63185−7 (PB).

Ministério das Cidades. 2007. *PlanMob – Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana.* 2007.

MS/SVS/CGIAE. 2012. *Sistema de Informações sobre Mortalidade - SIM.* 2012.

NEPO/UNICAMP/PMSJC. 2003. *Pesquisa de Instrumentação do Planejamento Urbano e Avaliação do Déficit Habitacional em São José dos Campos.* 2003.

Ortúzar, Juan de Dios and Willumsen, Luis G. 2011. *Modelling Transport.* Santiago : John Wiley and Sons, Ltd., 2011.

Prefeitura de Rio Branco. 2013. Rio Branco possui um sistema de ciclovias abrangente, funcional e em expansão. *Prefeitura de Rio Branco.* [Online] 22 de Julho de 2013. [Citado em: 09 de Novembro de 2014.] http://www.riobranco.ac.gov.br/index.php/noticias/noticias-itens/ultimas-noticias/5629-rio-branco-possui-um-sistema-de-ciclovias-abrangente,-funcional-e-em-expans%C3%A3o.html.

Pucher, John e Buehler, Ralph. 2008. Making cycling irresistible: Lessons from The Netherlands, Denmark and Germany. *Transport Reviews.* 2008, Vol. 28.

Purcher, J. 2001. The role of public policies in promoting the safety, convenience & popularity of bicycling. *World Transport Policy & Practice, Volume 7.* 2001.

Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana. 2007. *Caderno de referência para elaboração de Plano de Mobilidade por Bicicleta nas Cidades.* Brasília : s.n., 2007. 978-85-60133-47-5.

Sousa, Eric. 2014. www.ta.org.br/sjc/index.html. *www.ta.org.br.* [Online] Transporte Ativo, 05 de 10 de 2014. [Citado em: 05 de 10 de 2014.] http://www.ta.org.br/sjc/index.html.

Stated Preference Methods: An Introduction. **Kroes, Eric P. e Sheldon, Robert J.** s.l. : Journal of Transport Economics and Policy.

The Alliance for Biking & Walking. 2014. *Alliance Benchmarking Report.* 2014.

URBES. Trânsito - Ciclovias. [Online] [Citado em: 09 de Novembro de 2014.] http://www.urbes.com.br/transito-ciclovias.

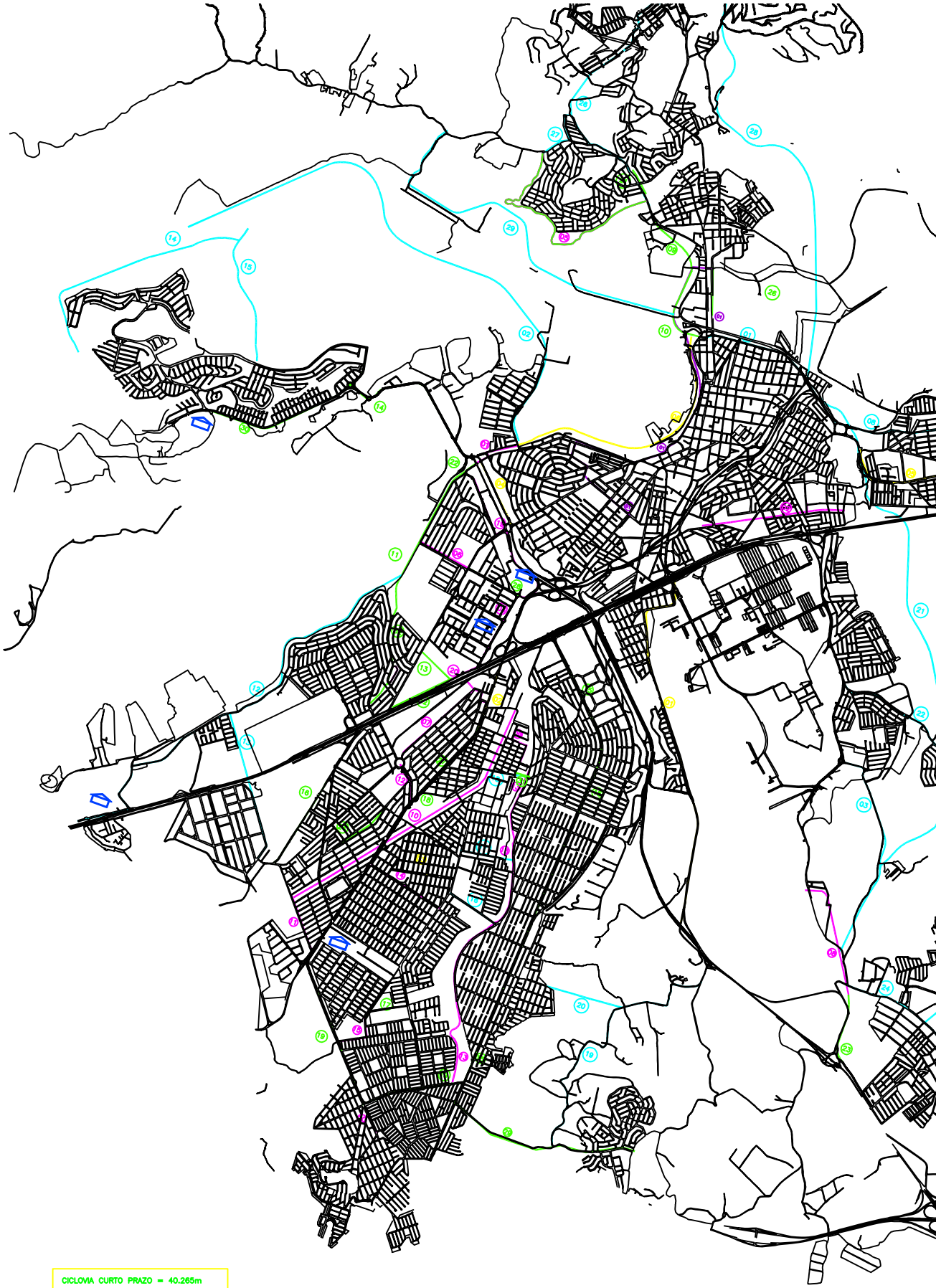
VNG; I-ce. 2000. *The Economic Significance of Cycling.* Utrecht : s.n., 2000.

ANEXO A

ZONAS DE TRÁFEGO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

ANEXO B

MAPA DE PROJETOS CICLOVIÁRIOS AVALIADOS



CICLOVIA CURTO PRAZO = 40.265m

CICLOVIA MÉDIO PRAZO = 34.110m

CICLOVIA LONGO PRAZO = 89.230m

CICLOVIA EXISTENTE

CICLOVIAS

ITEM	VIA	TRECHO	EXTENSÃO	REGIÃO	STATUS
01	Av. Pres. Tancredo Neves – Fase 2	Est. Mun. Dom José Antônio Couto x R. Josefina P. Bondensan	820 m	LESTE	100% Concluído
02	Av. Pres. Tancredo Neves – Fase 3	R. João Bassi x R. 23 de Novembro	720 m	LESTE	100% Concluído
03	Av. Pres. Tancredo Neves	R. 23 de Novembro x R. dos Ceramistas	1.280 m	LESTE	100% Concluído
04	SP-62	Jd. das Flores x Rua Júlio Prestes	1.350 m	LESTE	100% Concluído
05	SP-062 / Galo Branco	R. Sete de Setembro x R. Antônio Galvão Júnior	780 m	LESTE	100% Concluído
06	Av. Benedito Friggi	Vd. Santa Inês x R. Benedito G. dos Santos	880 m	LESTE	100% Concluído
07	Viaduto Santa Inês	Viaduto Santa Inês x Av. General Motors	400 m	LESTE	100% Concluído
08	Av. Benedito Friggi	R. Benedito G. dos Santos x Av. Tancredo Neves	620 m	LESTE	100% Concluído
09	Via Norte – Fase 1	Ponte Maria Peregrina x R. Carlos da Costa	870 m	NORTE	100% Concluído
10	Via Norte – Fase 2	R. Carlos da Costa x R. Pe. Antônio Vieira	1.440 m	NORTE	100% Concluído
11	Via Oeste – Av. Prof. Alfredo Fernandes de Almeida	Av. Major Miguel Nakad x Av. Eng. Francisco P. Maia	2.300 m	OESTE	100% Concluído
12	Av. Dep. Benedito Matarazzo – Telha Norte	R. Carlos Maria Auricchio (Royal Park) x Av. Cassiano Ricardo	900 m	OESTE	100% Concluído
13	R. Carlos Maria Auricchio (Royal Park)	Av. Dep. Benedito Matarazzo x Av. Cassiano Ricardo	570 m	OESTE	100% Concluído

CICLOVIA EXISTENTE

CICLOVIAS

ITEM	VIA	TRECHO	EXTENSÃO	REGIÃO	STATUS
14	Av. Lineu de Moura	Av. Dr. Eduardo Cury x Av. Shishima Hifumi	2.500 m	OESTE	100% Concluído
15	Av. Andrômeda / Av. Cidade Jardim / Av. Adilson J. Cruz	Av. Dr. Sebastião H. C. Pontes x R. Lúcio Alves de Almeida	7.760 m	SUL	100% Concluído
16	Av. George Eastman	Estr. do Imperador x Rua Itabatana	1.320 m	SUL	100% Concluído
17	Rua Arcílio Moreira da Silva trecho 1	Rua Francisco Rosa Marques x R. Maria A. P. Dias	600 m	SUL	100% Concluído
18	Estr. Velha Rio-São Paulo (em frente a COOP)	R. Mar Del Plata x R. Itumbiara	400 m	SUL	100% Concluído
19	Estrada do Imperador / Av. Angelo Belmiro Pintus	Av. Dr. João Batista S. Soares x Av. Adilson José da Cruz	3.500 m	SUL	100% Concluído
20	Est. Municipal Dom José Antônio Couto (Est. do Cajuru)	Av. Pres. Tancredo Neves x Jd. Helena	6.330 m	LESTE	100% Concluído
21	Av. Conde Francisco Matarazzo	Ponte Maria Peregrina x R. Taquaral	250 m	NORTE	100% Concluído
22	Av. Profª Alfredo F. de Almeida	Av. Dr. Eduardo Cury x Av. Major Miguel Nakad	855 m	OESTE	100% Concluído
23	Ligação Aeroporto/Tamoios (Fase 1)	Estr. Glaudiston P. de Oliveira x Rod. dos Tamoios	850 m	SUDESTE	100% Concluído
24	Praça Aldo Pires	R. Angelo M. Auricchio x R. Penedo	940 m	SUL	100% Concluído
25	Palmeiras - Estr. do Mato Dentro	R. Vitor Machado de Carvalho x R. 8 de Dezembro	890 m	LESTE	100% Concluído
26	Parque da Cidade	Parque da Cidade	2.600 m	NORTE	100% Concluído
27	Av. Dr. João Batista S. Soares	COOP e Rua Arequipa	1.100 m	SUL	100% Concluído

CICLOVIA EXISTENTE

					STATUS
28	Av. Armando D´Oliveira Cobra	Av. Cassiano Ricardo e Av. Com. Vicente P. Penido	795 m	OESTE	100% Concluído
29	Rua João Macci	Av. Adilson José da Cruz e Rua Waldemar Teixeira	2.650 m	SUL	100% Concluído
30	Av. Shishima Hifumi	Univap até Rua José Possidonio e Freitas	2.670 m	OESTE	100% Concluído
31	Rua Rosário/ Rua Lira	Rua Rosário/ Rua Lira	400 m	SUL	100% Concluído
32	Av. Campos Elíseos/ R. São Caetano do Sul/ Praça Profª Hélio Augusto de Souza	Via Oeste e Av. Dr. João Batista S. de Queiroz Jr	1.320 m	OESTE	100% Concluído
33	Av. Constancia da Cunha Paiva	Av. Prof. Milton Santos até Av. Benedito Friggi	1.170 m	LESTE	100% Concluído

FAIXA DE DOMINGO EXISTENTE

CICLOFAIXA

ITEM	VIA	TRECHO	EXTENSÃO	REGIÃO
01	Diversos	Pq.Santos Dumont x Pq. da Cidade	6.000 m	CENTRO

CURTO PRAZO

CICLOVIAS

ITEM	VIA	TRECHO	EXTENS
01	Rua Manoel Saldanha	Av. Dr. Eduardo Cury e Rua Henrique Mudat	710 m
02	R. Roma, R. Água Marinha e R. Pernambuco	R. Copenhague e R. Maranhão (Faixa de Domínio da CTEEP)	2.000
03	Av. Com. Vicente P. Penido	Av. Armando D´Oliveira Cobra até Av. Balmito	1.650
04	Av. Campos Elíseos/ R. São Caetano do Sul/ Praça Profª Hélio Augusto de Souza	Via Oeste e Av. Dr. João Batista S. de Queiroz Jr	1.320
05	Av. Alto do Rio Doce	Rua Serra do Japi e Jd.-Telespark	3.500
06	Rua João Batista O. Monteiro	Via Oeste e Av. São João	760 m
07	Rua Santarem	Praça Natal e Rua Alvaro Junior	2.150
08	Ligação Aeroporto/Tamoios (Fase 2)	Rua Amim Simão e Rua João Rodolfo Castelli	1.820
09	Rua Arequipa / Rua Haiti	Linha de Transmissão e Av. Guadalupe	580 m
10	Linha de Transmissão	Rua Caravelas e Rua Koichi Matsumura	4.100
11	Rua Caravelas	Linha de Transmissão e Rua Candelas	810 m
12	Av. Goiânia	Rua Bacabal e Praça Natal	570 m

FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO

1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO	2. DATA	3. REGISTRO N°	4. N° DE PÁGINAS
TC	21 de novembro de 2014	DCTA/ITA/TC-085/2014	74

5. TÍTULO E SUBTÍTULO:

Análise da matriz origem-destino para a mobilidade urbana em São José dos Campos: subsídios para a ampliação do transporte cicloviário.

6. AUTOR(ES):

Matheus Henrique Cunha Barboza

7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES):

Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA

8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR:

1. Transporte Cicloviário 2. Preferência Declarada 3. São José dos Campos.

9.PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO:

Bicicletas; Pavimentos; Estruturas (construção); Rodovias; Mecanica dos solos; Engenharia civil.

10. APRESENTAÇÃO: **X Nacional** **Internacional**

ITA, São José dos Campos. Curso de Graduação em Engenharia Civil-Aeronáutica. Orientadora: Maryangela Geimba de Lima. Publicado em 2014.

11. RESUMO:

Este trabalho de graduação teve como objetivo avaliar a prioridade de implantação das novas ciclovias previstas para a cidade de São José dos Campos – SP, buscando uma ordem na implantação que maximize o número de viagens realizadas com bicicleta.

A partir dos dados de Pesquisa Origem Destino na cidade, conseguiu-se determinar a participação de cada modal em cada zona. Com o tratamento dos dados da Pesquisa de Preferência Declarada através do Modelo Logit Binomial, pode-se estimar o possível aumento na participação das viagens realizadas de bicicleta, devida à migração de usuários de transporte coletivo ou automóvel.

Para chegar à otimização na ordem de implantação das ciclovias, utilizou-se um Algoritmo Genético que encontrou a combinação ideal de ciclovias para cada horizonte de tempo.

12. GRAU DE SIGILO:

(X) OSTENSIVO **( ) RESERVADO** **( ) CONFIDENCIAL** **( ) SECRETO**