

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

**PROPOSTA DE UM MÉTODO PARA A DEFINIÇÃO DE ROTAS
CICLÁVEIS EM ÁREAS URBANAS**

JANICE KIRNER

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientação: Profa. Dra. Suely da Penha Sanches

São Carlos

2006

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

K59pm

Kirner, Janice.

Proposta de um método para a definição de rotas cicláveis em áreas urbanas / Janice Kirner. -- São Carlos : UFSCar, 2006.

228 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2006.

1. Vias urbanas. 2. Transportes - planejamento. 3. Bicicletas. 4. Ciclistas. I. Título.

CDD: 388.411 (20ª)

Dedico este trabalho aos meus pais e ao Celso

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me proporcionar esta e outras oportunidades de aprendizado;

Aos meus pais, Claudio e Tereza, pelo apoio, pela compreensão e principalmente pelo incentivo para que eu concluísse mais essa etapa dos meus estudos;

Ao Celso, pelo carinho incondicional, pela paciência e pela motivação que me faz tentar ser uma pessoa melhor a cada dia;

À minha orientadora, professora Suely Sanches, pela oportunidade de desenvolver esta pesquisa, além de todos os ensinamentos, do incentivo e da enorme dedicação;

Aos professores do PPGEU, com os quais tive a oportunidade de expandir meus conhecimentos na área da Engenharia Urbana;

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Civil, principalmente à secretária Sonia Guimarães, pela ajuda nos trâmites necessários;

A todos os colegas de mestrado, pela boa convivência e pela troca de conhecimento e experiência. Ao colega Fábio Sanches, pela ajuda com o TransCAD. Às amigas Juliana e Mayara, que dentro e fora do ambiente de mestrado contribuíram, acima de tudo, com a sua amizade;

À Electrolux e ao SENAI, pela disponibilidade em me receber para as entrevistas. À Ivani, do Serviço Social do SENAI, pela gentileza e pelo interesse que demonstrou pela pesquisa. Aos entrevistados, pela paciência e esforço despendidos.

À Secretaria Municipal de Transporte e Trânsito da Prefeitura Municipal de São Carlos, pela disponibilização de informações e pela mediação no contato com os locais onde foram feitas as entrevistas;

Aos professores membros da banca, pela dedicação na avaliação do trabalho e pelos ensinamentos transmitidos através dos comentários e sugestões;

Finalmente, agradeço o apoio financeiro da CAPES na realização desta pesquisa.

RESUMO

Os problemas urbanos causados pelo planejamento de transportes que prioriza o uso do automóvel indicam a inserção da bicicleta como alternativa viável de transporte urbano nas cidades brasileiras. No entanto, constata-se a falta de diretrizes que possam nortear as políticas de estímulo ao transporte cicloviário, dentre as quais se destaca a inserção ou melhoria na infra-estrutura para os ciclistas. O objetivo deste estudo é propor um método para a definição de rotas cicláveis em áreas urbanas que realmente tenham resultados satisfatórios para o incentivo ao transporte cicloviário, enfocando tanto o aspecto da demanda, quanto o aspecto do nível de serviço das vias para viagens de bicicleta em vias compartilhadas em áreas urbanas. O método proposto pode ser dividido nas seguintes etapas: (1) identificação do pólo potencial para geração de viagens por bicicleta; (2) coleta de dados sobre o comportamento de viagem dos usuários do pólo; (3) identificação dos segmentos de vias onde existe maior demanda potencial de viagens por bicicletas; (4) avaliação do nível de serviço dos segmentos de vias selecionados; e (5) priorização dos segmentos de vias com maior necessidade de melhoramentos para definição das rotas cicláveis. Foi realizado um estudo de caso na cidade de São Carlos, onde a metodologia definida foi aplicada em dois pólos geradores de viagens utilitárias por bicicleta. Os dados necessários para o estudo foram obtidos através de 106 entrevistas, que incluíram um questionário e uma pesquisa de preferência declarada. Os dados obtidos na pesquisa de preferência declarada permitiram estimar que a condição do pavimento foi o atributo com maior importância relativa para os entrevistados, em detrimento da velocidade dos veículos motorizados e do tempo de viagem. A identificação e o estudo das vias onde existe maior demanda potencial de viagens por bicicletas incluiu a delimitação da área de influência dos pólos, a definição das linhas de desejo de viagens e o levantamento dos itinerários percorridos pelos entrevistados. Estas etapas foram desenvolvidas com o uso do *TransCAD*. A avaliação do nível de serviço dos segmentos selecionados resultou em medidas de nível de serviço de mesmo valor para todas as vias, o que não permitiu a priorização dos segmentos com maior necessidade de melhoramentos para definição de rotas cicláveis. No entanto, como os valores atribuídos às vias foram considerados inaceitáveis para o transporte cicloviário, uma série de melhorias foi sugerida para amenizar as suas deficiências.

ABSTRACT

Urban problems caused by transportation planning that prioritizes the use of the automobile indicate the inclusion of the bicycle as a viable alternative of urban transport in Brazilian cities. However, it is verified the lack of guidelines that can lead to policies that encourage bicycle transportation, amongst which stands out the insertion or improvement in the infrastructure for cycling. The objective of this study is to propose a method for the definition of cycling routes in urban areas which would have satisfactory results in encouraging bicycle transportation, focusing on the aspects of demand and bicycle level of service in shared roads in urban areas. The proposed method includes the following steps: (1) identification of the potential facility for bicycle trip generation; (2) data collection on the trip behavior of the facility users; (3) identification of the road segments with greater potential demand for bicycle trips; (4) level of service evaluation of the selected road segments; and (5) selection of road segments with greater need of improvement to define cycling routes. A study case was carried out in the city of São Carlos, where the proposed methodology was applied in two utilitarian bicycle trip generation facilities. The necessary data for the study was obtained through 106 interviews, which included a questionnaire and a stated preference survey. The data obtained in the stated preference survey revealed that the pavement condition was the most important attribute in the group's opinion, in comparison to motorized vehicles speed and travel time. The identification and the study of the road segments with greater potential demand for bicycle trips included the demarcation of the influence area of the trip generation facility, the definition of the desire lines and the inventory of the itineraries covered by the interviewed group. These steps were developed with the use of *TransCAD*. The evaluation of the level of service of the selected segments resulted in measures of level of service with the same value for all of the roads, which did not allow us to prioritize the segments with greater need of improvement to define cycling routes. However, since the values attributed to the road segments were considered unacceptable for bicycle transportation, a series of improvements were suggested to reduce their deficiencies.

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 3.1: Modelos para estimativa da demanda de transportes não-motorizados..... | 29 |
| Quadro 4.1: Interpretação Sugerida para Nível de Estresse para Bicicleta..... | 42 |
| Quadro 4.2: Métodos para avaliação do Nível de Serviço das vias para bicicletas..... | 45 |
| Quadro 4.3: Sistema de Pontuação da Medida de Desempenho do Nível de Serviço para Ciclistas..... | 50 |
| Quadro 6.1: Características dos indivíduos entrevistados..... | 78 |
| Quadro 6.2: Características das viagens realizadas..... | 79 |
| Quadro 6.3: Pontos problemáticos para andar de bicicleta – quanto aos problemas..... | 81 |
| Quadro 6.4: Pontos problemáticos para andar de bicicleta – quanto aos locais..... | 82 |
| Quadro 6.5: Definição das unidades de medida e dos níveis dos atributos..... | 83 |
| Quadro 6.6: Combinações possíveis dos atributos..... | 84 |
| Quadro 7.1: Vias mais utilizadas pelos entrevistados das zonas 9, 10 e 12..... | 96 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| Tabela 4.1: Níveis de Estresse x Volume por Faixa..... | 43 |
| Tabela 4.2: Níveis de Estresse x Largura da Faixa..... | 44 |
| Tabela 4.3: Níveis de Estresse x Velocidade do Tráfego..... | 44 |
| Tabela 4.4: Pontuação final do modelo MRI e as categorias de nível de serviço...55 | |
| Tabela 4.5: Pontuação do NS das Interseções para Bicicletas em Movimento..... | 58 |
| Tabela 6.1: Representação numérica dos atributos das alternativas..... | 84 |
| Tabela 6.2: Resultados do teste do chi-quadrado (χ^2)..... | 86 |
| Tabela 6.3: Resultado da calibração do Modelo Logit Multinomial Explodido..... | 87 |
| Tabela 6.4: Resultado da calibração do Modelo Logit Multinomial Explodido, sem as entrevistas discrepantes..... | 88 |
| Tabela 7.1: Resultados da definição da área de influência dos pólos geradores.... | 89 |
| Tabela 7.2: Sistema de pontuação da medida de desempenho do nível de serviço para ciclistas utilizado no estudo de caso em São Carlos..... | 102 |
| Tabela 7.3: Pontuação total de cada via analisada..... | 104 |
| Tabela 7.4: Pontuação da Av. Sallum – trecho único..... | 105 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 2.1: Ciclovia independente do sistema viário em São Paulo..... | 17 |
| Figura 2.2: Esquema de uma ciclovia paralela ao sistema viário..... | 17 |
| Figura 2.3: Esquema de uma ciclofaixa..... | 18 |
| Figura 2.4: Ciclofaixa na zona portuária de Santos..... | 19 |
| Figura 2.5: Rota ciclável em North Andover, MA, Estados Unidos e detalhe da sinalização..... | 20 |
| Figura 6.1: Localização dos pólos geradores de viagens de bicicletas..... | 75 |
| Figura 6.2: Escola SENAI – São Carlos..... | 76 |
| Figura 6.3: Bicicletário da Electrolux..... | 77 |
| Figura 6.4: Distribuição dos domicílios dos entrevistados, de acordo com o modo de transporte utilizado..... | 80 |
| Figura 6.5: Exemplo de cartão utilizado na pesquisa..... | 85 |
| Figura 7.1: Área de influência dos pólos geradores..... | 91 |
| Figura 7.2: Mapa de linhas de desejo para o SENAI..... | 92 |
| Figura 7.3: Mapa de linhas de desejo para a Electrolux..... | 93 |
| Figura 7.4: Zonas selecionadas para levantamento da qualidade das vias..... | 94 |
| Figura 7.5: Localização das vias escolhidas na área urbana de São Carlos..... | 97 |
| Figura 7.6: Vias escolhidas para a análise de nível de serviço e suas vias adjacentes..... | 97 |
| Figura 7.7: Av. Dr. Teixeira de Barros - Rua Larga..... | 98 |
| Figura 7.8: Av. Sallum..... | 99 |
| Figura 7.9: Av. das Torres - Trecho 1..... | 99 |
| Figura 7.10: Av. das Torres - Trecho 2 (esquina com R. Desembargador Julio de Faria)..... | 100 |
| Figura 7.11: Rua República do Líbano..... | 100 |
| Figura 7.12: Av. José Pereira Lopes – Trecho 1..... | 101 |
| Figura 7.13: Av. José Pereira Lopes – Trecho 2..... | 101 |
| Figura 7.14: Av. José Pereira Lopes - Trecho 3..... | 102 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO..... | 11 |
| 1.1 Objetivos..... | 13 |
| 1.2 Contribuição científica..... | 13 |
| 1.3 Estrutura da dissertação..... | 13 |
| | |
| CAPÍTULO 2 O TRANSPORTE CICLOVIÁRIO..... | 15 |
| 2.1 Alternativas de infra-estrutura viária para bicicletas..... | 16 |
| 2.2 Fatores que influenciam o uso da bicicleta..... | 20 |
| 2.3 Panorama atual no Brasil..... | 22 |
| | |
| CAPÍTULO 3 DEMANDA DE VIAGENS PARA O TRANSPORTE CICLOVIÁRIO..... | 26 |
| 3.1 Tipos de modelos para estimar a demanda do transporte cicloviário..... | 28 |
| 3.1.1 Modelos Comparativos..... | 29 |
| 3.1.2 Modelos Comportamentais Agregados..... | 30 |
| 3.1.3 Modelos Simplificados..... | 32 |
| 3.1.4 Modelos de Escolha Discreta..... | 33 |
| 3.1.5 Modelos Tradicionais para Estimativa da Demanda de Viagens..... | 34 |
| 3.1.6 Modelos de Análise de Mercado..... | 35 |
| 3.1.7 Modelos de Demanda Potencial para Facilidades..... | 36 |
| 3.2 Análise comparativa dos modelos..... | 37 |
| | |
| CAPÍTULO 4 QUALIDADE DAS VIAS PARA O TRANSPORTE CICLOVIÁRIO..... | 40 |
| 4.1 Nível de Estresse para Ciclistas..... | 41 |
| 4.2 Nível de Serviço para Bicicletas..... | 45 |
| 4.2.1 Índice de Segurança para Bicicletas de Davis..... | 46 |
| 4.2.2 Índice de Condição das Vias do Estado da Flórida – ICV Epperson- Davis..... | 48 |
| 4.2.3 Método de Dixon para o Plano de Mobilidade de Gainesville..... | 50 |
| 4.2.4 Medida de Risco da Interação (MRI)..... | 54 |
| 4.2.5 Nível de Serviço para Bicicletas de Landis (NSB)..... | 55 |

| | | |
|---|--|-----------|
| 4.2.6 | Nível de Serviço das Interseções para Bicicletas em Movimento..... | 56 |
| 4.2.7 | Método do HCM – <i>Highway Capacity Manual</i> | 58 |
| 4.3 | Análise comparativa dos modelos..... | 60 |
| CAPÍTULO 5 METODOLOGIA..... | | 63 |
| 5.1 | Identificação do pólo a ser analisado..... | 64 |
| 5.2 | Coleta de dados sobre as características dos usuários do pólo e sobre as viagens realizadas..... | 64 |
| 5.3 | Pesquisa de Preferência Declarada..... | 65 |
| 5.3.1 | Montagem do experimento..... | 66 |
| 5.3.2 | A função utilidade e a calibração dos modelos..... | 67 |
| 5.3.3 | Avaliação da qualidade do modelo calibrado..... | 69 |
| 5.3.4 | Tratamento das entrevistas discrepantes..... | 70 |
| 5.4 | Identificação dos segmentos de vias onde existe maior demanda potencial de viagens por bicicletas..... | 70 |
| 5.5 | Avaliação do nível de serviço dos segmentos de vias selecionados..... | 71 |
| 5.6 | Priorização dos segmentos de vias com maior necessidade de melhoramentos para definição das rotas cicláveis..... | 72 |
| CAPÍTULO 6 ESTUDO DE CASO: PESQUISA NOS PÓLOS GERADORES DE VIAGENS DE BICICLETA..... | | 74 |
| 6.1 | Identificação dos pólos geradores de viagens..... | 74 |
| 6.1.1 | SENAI – São Carlos..... | 76 |
| 6.1.2 | Electrolux do Brasil S/A..... | 76 |
| 6.2 | Entrevista com os usuários dos pólos geradores..... | 77 |
| 6.2.1 | Perfil dos entrevistados..... | 78 |
| 6.2.2 | Comportamento de viagens..... | 78 |
| 6.2.3 | Identificação das origens das viagens..... | 79 |
| 6.2.4 | Pontos problemáticos para andar de bicicleta..... | 81 |
| 6.2.5 | Pesquisa de preferência declarada..... | 82 |
| 6.3 | Verificação das opiniões de grupos distintos de entrevistados..... | 86 |
| 6.4 | Calibração dos modelos..... | 86 |
| 6.4.1 | Tratamento das entrevistas discrepantes..... | 87 |

| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO 7 ESTUDO DE CASO: NÍVEL DE SERVIÇO DAS VIAS..... | 89 |
| 7.1 Delimitação da área de influência dos pólos geradores para as viagens de bicicleta..... | 89 |
| 7.2 Definição das linhas de desejo de viagens e identificação dos itinerários percorridos pelos entrevistados..... | 91 |
| 7.3 Avaliação do Nível de Serviço das vias..... | 102 |
| 7.4 Análise dos resultados do estudo de caso..... | 107 |
| CAPITULO 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 110 |
| REFERÊNCIAS..... | 116 |
| APÊNDICES..... | 120 |

1. INTRODUÇÃO

Os grandes centros urbanos apresentam, atualmente, sérios problemas de transporte e qualidade de vida, como a queda da mobilidade e da acessibilidade, a degradação das condições ambientais, congestionamentos crônicos e altos índices de acidentes de trânsito. Tais problemas decorrem, principalmente, de decisões relativas às políticas urbanas, de transporte e de trânsito, que, nas últimas décadas, priorizaram o uso do automóvel em detrimento ao uso de outros modos de transporte. Com o acentuado crescimento da frota de automóveis, as cidades brasileiras de maior porte foram adaptadas para o uso desses veículos, através de medidas que incluíram a ampliação do sistema viário, a utilização de técnicas de garantia de boas condições de fluidez, além do direcionamento prioritário de recursos para este setor.

O uso do automóvel dominou também o pensamento urbanístico desde o crescimento dos subúrbios das cidades industrializadas, após a Segunda Guerra Mundial. O resultado foi a desumanização das comunidades, com a falta de escala humana nos espaços livres e a baixa densidade de ocupação. Até mesmo em cidades de porte médio, os problemas causados pelo aumento da motorização individual têm levado ao re-exame do modelo atual de transporte e circulação.

Uma revisão do processo de desenvolvimento urbano e políticas de transporte e trânsito, na tentativa de garantir melhor qualidade de vida e maior eficiência e qualidade ambiental, indica a opção por um sistema de transporte urbano mais sustentável, no qual a cultura do automóvel dá lugar a um balanceamento adequado entre os vários modos de transporte (PIRES et al., 1997). Neste contexto, a utilização dos modos de transporte não motorizados, particularmente a bicicleta, torna-se essencial.

O ciclismo apresenta vários benefícios, sejam eles pessoais, sociais, ou ambientais. Entre eles destacam-se: o exercício físico, a preservação dos espaços públicos, a necessidade de menores áreas para estacionamento, em relação ao automóvel, o baixo

nível de ruído, a não utilização de combustível fóssil, além de ser economicamente acessível a uma grande parcela da população (FHWA, 1993).

A bicicleta pode funcionar como alternativa para o automóvel, tanto nas cidades de porte médio quanto nas de maior porte. O uso da bicicleta é eficiente para viagens curtas e com paradas, enquanto que, se associado ao transporte público, torna-se adequado também para viagens médias e longas, inclusive passando por barreiras e dificuldades como túneis e rodovias. (LITMAN et al., 2000)

Apesar de todas as características positivas relacionadas ao uso da bicicleta, percebe-se uma falta de investimentos e projetos incluindo este modo como alternativa viável de transporte urbano nas cidades brasileiras. Uma das principais razões para este quadro é a escassez de diretrizes, principalmente nacionais, para nortear as políticas de estímulo aos modos não-motorizados.

Um dos fatores que pode aumentar a utilização da bicicleta é a existência de infraestrutura adequada para o transporte cicloviário. No entanto, para que a implantação de facilidades para o transporte cicloviário funcione como um incentivo para a utilização da bicicleta, é necessário que estas liguem os pontos potenciais de origem e destino das viagens por bicicleta. Para incentivar o uso da bicicleta para viagens utilitárias, por exemplo, deve-se garantir que o sistema atenda às linhas de desejo de movimentação dos potenciais usuários em suas viagens para o trabalho e para a escola (PEZZUTO, 2002).

Existem diferentes tipos de infra-estrutura para o transporte cicloviário, como por exemplo: ciclovias, ciclofaixas e rotas cicláveis. Sabe-se também que diferentes tipos de ciclistas preferem tipos distintos de infra-estrutura cicloviária. Desta forma, a solução mais recomendada consiste na implantação de uma rede cicloviária composta por diferentes alternativas de facilidades, garantindo conforto e segurança para os ciclistas (LITMAN et al., 2000).

No entanto, uma solução que permite a redução dos custos de implantação dos sistemas cicloviários é a construção de rotas cicláveis, retomando o conceito de compartilhamento e recuperando parte das caixas de algumas vias urbanas para o uso preferencial das bicicletas (AFFONSO et al., 2003).

Assim sendo, torna-se imprescindível definir diretrizes para que a implantação de infraestrutura para o transporte cicloviário resulte em rotas bem sucedidas, que atendam à demanda de viagens existente e estimulem a demanda potencial, além de apresentarem características que garantam a segurança e o conforto da população.

1.1 Objetivos da pesquisa

O objetivo desta pesquisa é propor um método para a definição de rotas cicláveis em áreas urbanas, utilizando como aspectos principais: a necessidade de viagens (demanda) e a qualidade das vias (nível de serviço). O método proposto poderá ser adotado para auxiliar no planejamento de transporte cicloviário, enfocando, prioritariamente, as viagens utilitárias.

1.2 Contribuição científica

De maneira geral, o resultado final do trabalho busca colaborar para o desenvolvimento das pesquisas na área e principalmente auxiliar planejadores de transporte na inserção do transporte cicloviário, através da definição de rotas cicláveis, como uma forma de contribuir para o planejamento de cidades brasileiras mais sustentáveis e com maior qualidade de vida para a sua população.

1.3 Estrutura da dissertação

Esta dissertação foi estruturada em sete capítulos, incluindo este capítulo introdutório.

Os capítulos 2, 3 e 4 são de abordagem teórica e têm como objetivo fundamentar a pesquisa realizada. O capítulo 2 aborda uma visão geral do transporte cicloviário,

apresentando as alternativas de infra-estrutura viária para bicicletas e os fatores que influenciam o seu uso, traçando um panorama atual brasileiro neste assunto e, finalmente, identificando as características necessárias para a definição de rotas cicláveis. No capítulo 3 são apresentados e analisados alguns modelos e métodos utilizados para estimar a demanda de viagens para o transporte ciclovitário. O capítulo 4 apresenta e analisa alguns modelos disponíveis na literatura da área para medir a qualidade do serviço das vias para o transporte ciclovitário.

O capítulo 5 descreve o método proposto para definição de rotas cicláveis em áreas urbanas, considerando a realidade das cidades brasileiras de porte médio.

Os capítulos 6 e 7 apresentam uma aplicação do método proposto através de um estudo de caso realizado na cidade de São Carlos, SP. Os resultados obtidos nesta aplicação são apresentados e discutidos, permitindo uma análise crítica do método.

No capítulo 8 são feitas algumas considerações finais sobre o trabalho desenvolvido, incluindo também sugestões para pesquisas a serem realizadas no futuro.

2 O TRANSPORTE CICLOVIÁRIO

O planejamento dos sistemas de transportes começou a ser desenvolvido nos anos 50 e 60 do século passado, nos Estados Unidos e Inglaterra, como uma resposta aos impactos nas vias urbanas causados pelo uso crescente dos veículos motorizados. As metodologias utilizadas para o planejamento nesta época, em geral ignoravam o transporte público, o transporte de carga e o transporte não-motorizado. Assim, os planos de transporte desenvolvidos com a utilização dessas metodologias, associados à falta de informações sobre a demanda de viagens por estes modos, priorizavam o automóvel e eram muitas vezes prejudiciais aos usuários do transporte público aos pedestres e ciclistas.

Atualmente, a preocupação com o transporte não-motorizado começa a aparecer nos planos de transporte e existe inclusive um debate entre os planejadores sobre qual a melhor abordagem a ser utilizada para a inclusão das bicicletas no tráfego urbano (HOOK, 2003).

Alguns planejadores defendem a idéia de que devem ser implantadas facilidades de transporte por bicicletas em todas as vias urbanas onde elas se justificam, seja pela alta velocidade dos veículos naquela via (velocidade máxima prevista maior que 50 ou 60 km/h) ou por fatores de conveniência. Exemplos de tais fatores são: a existência de espaço suficiente na via para inclusão de uma ciclofaixa sem que esta atrapalhe o tráfego existente de veículos e pedestres, ou a disponibilidade de um canal ou um parque, onde a inclusão da ciclofaixa também não influenciaria negativamente o tráfego de veículos motorizados.

Outros planejadores, no entanto, insistem que a implantação de novas facilidades deve ser baseada em metodologias de planejamento mais racionais, desenvolvidas a partir de estudos e levantamentos técnicos. Esta abordagem procura priorizar os investimentos em facilidades que são realmente necessárias.

De qualquer forma, o planejamento de transporte cicloviário requer um envolvimento entre as agências de planejamento, municipais ou regionais. Durante a coleta de dados para o planejamento de transporte não-motorizado, as agências podem estar trabalhando simultaneamente nas mesmas áreas de projeto, com propostas de foco diferente, e que muitas vezes causam impactos sobre o modo não-motorizado. Dessa forma, desde o início do processo de planejamento, outras agências relacionadas devem ser contatadas e convidadas para participar dos comitês técnicos, consultadas em assuntos que provocam impactos em ambos os lados, e autorizadas a acompanhar o andamento dos planos.

Segundo Litman et al. (2000), por tratarem de viagens de comprimento relativamente pequeno, os melhoramentos para pedestres são, em geral, planejados em nível mais local, e são localizados ao redor de pólos geradores de viagens a pé, como áreas escolares, residenciais, comerciais e de alta densidade de ocupação. O planejamento para ciclistas, por outro lado, tem uma dimensão um pouco mais ampla pela possibilidade de alcançar maiores distâncias. Por este motivo, o planejamento para ciclistas pode exigir uma integração entre jurisdições, com o objetivo de criar uma rede regional de transporte cicloviário.

A participação da sociedade também é fundamental em várias etapas do processo de planejamento de transporte cicloviário. O envolvimento da comunidade permite uma melhor visão do problema e de suas soluções e ajuda a conseguir suporte para a implementação do plano. Algumas técnicas para promover o envolvimento da comunidade no processo de planejamento são: inclusão de lideranças comunitárias no comitê de planejamento; reuniões públicas; publicidade; pesquisas e questionários; workshops públicos (HOOK, 2003).

2.1 Alternativas de infra-estrutura viária para bicicletas

Ciclofaixas, ciclovias e rotas cicláveis são os três tipos de infra-estrutura para bicicletas que podem ser implantados em áreas urbanas (LITMAN et al., 2000). Cada um desses três tipos apresenta suas particularidades, e, portanto, deve ser analisado no

planejamento do transporte cicloviário. A seguir, são apresentadas as principais características de cada um deles.

As ciclovias (vias para ciclistas segregadas do tráfego geral) podem seguir paralelas ao sistema viário geral ou de forma independente. São separadas fisicamente das faixas de tráfego por um meio-fio ou canteiro, que só é excluído em raras interseções. Normalmente são exclusivas para a circulação de bicicletas, mas, por apresentarem menos obstáculos e mais segurança são, muitas vezes, utilizadas também por pedestres, tornando-se assim vias multiuso. A Figura 2.1 mostra um exemplo de ciclovia independente do sistema viário e a Figura 2.2 mostra um esquema de ciclovia paralela ao sistema viário.



Figura 2.1: Ciclovia independente do sistema viário em São Paulo - Fonte: Geipot, 2001b

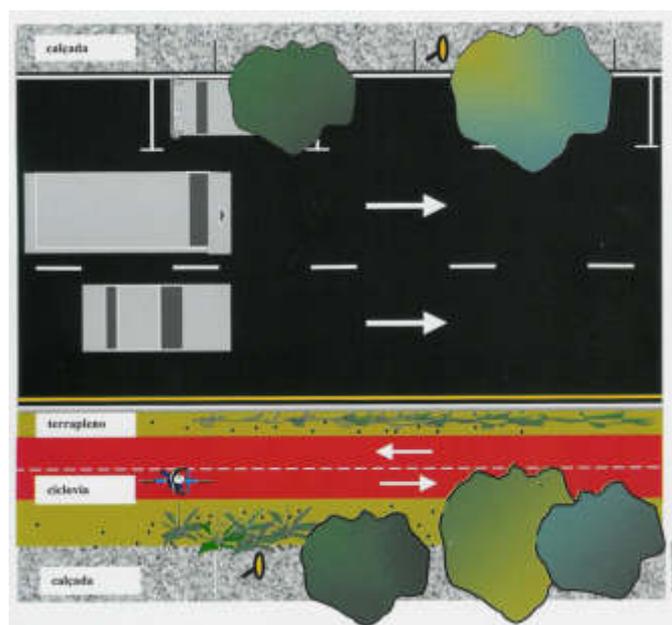


Figura 2.2: Esquema de uma ciclovia paralela ao sistema viário – Fonte: Geipot, 2001a

As ciclovias podem ser tanto unidirecionais quanto bidirecionais. As unidirecionais são comuns em países onde o planejamento ciclovitário é mais tradicional, nos quais os ciclistas seguem regras semelhantes à do tráfego geral. No Brasil, o mais comum são ciclovias bidirecionais (GEIPOT, 2001a).

A principal vantagem do uso de ciclovias é o fato de impossibilitarem a invasão por parte de veículos motorizados, devido à segregação da via. As principais desvantagens são relacionadas ao fato de que a segregação dificulta ou mesmo impede o acesso de veículos aos lotes, os problemas de conflito como o tráfego motorizado em interseções e a maior dificuldade de transposição de obstáculos, como, por exemplo, as rotatórias.

As ciclofaixas, por sua vez, são contíguas à via, podendo ser separadas por meio de pintura, blocos ou ambos. Geralmente são unidirecionais, no mesmo sentido de fluxo de veículos na via. As ciclofaixas apresentam as seguintes vantagens: a sensação de prioridade no tráfego, por parte do ciclista, a noção de melhor fluidez por parte dos motoristas (ciclistas não mais o atrapalham), os baixos custos de implantação e a fácil manutenção. A Figura 2.3 mostra o esquema de uma ciclofaixa e a Figura 2.4 apresenta uma ciclofaixa construída na cidade de Santos, SP.

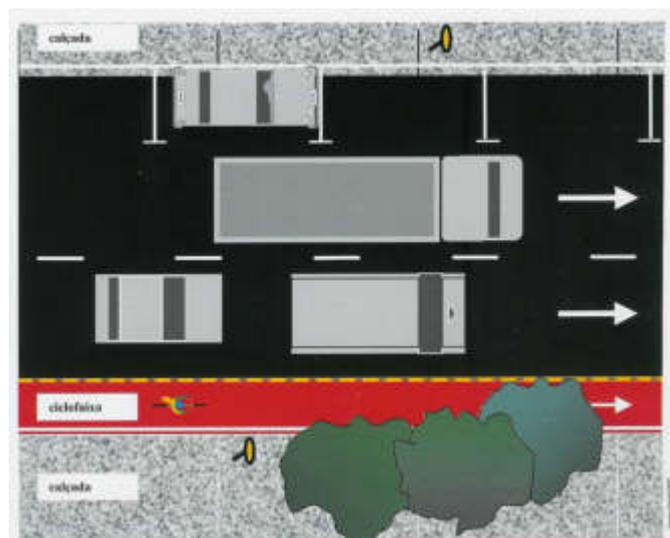


Figura 2.3: Esquema de uma ciclofaixa – Fonte: Geipot, 2001a

Hook (2003) indica o uso de ciclofaixas em vias congestionadas, nas quais as velocidades dos veículos estejam entre 12 e 16 km/h. Neste caso, a adição de faixa para bicicletas, mesmo com o estreitamento das demais faixas, proporciona um aumento na velocidade das bicicletas sem o prejuízo da velocidade do tráfego motorizado.



Figura 2.4: Ciclofaixa na zona portuária de Santos – Fonte: Geipot, 2001b

As rotas cicláveis, indicadas através de sinalização adequada ou mapas distribuídos aos ciclistas, definem os caminhos mais convenientes para os ciclistas que trafegam nas vias de tráfego compartilhado, desviando-os de vias congestionadas ou de conflitos em interseções (Figura 2.5). Segundo Litman et al. (2000), estas rotas são indicadas para vias que apresentam baixos volumes de tráfego de veículos motorizados (menos de 3000 veículos por dia) e baixas velocidades (menores que 40 km/h).

Affonso et al. (2003) ressaltam que a construção de rotas cicláveis pode incluir ciclovias, ciclofaixas, calçadas compartilhadas e outras modalidades de espaços destinados à circulação das bicicletas, embora seja fundamental retomar o conceito de vias compartilhadas para a construção de um espaço mais humano de circulação. Neste contexto, a Geipot (2001a) cita ainda outro tipo de infra-estrutura para bicicletas em áreas urbanas que pode ser incorporado às rotas cicláveis: a via ciclável, ou seja, uma via de tráfego compartilhado, tratada para o uso seguro da bicicleta.



Figura 2.5: Rota ciclável em North Andover, MA, Estados Unidos e detalhe da sinalização.

A identificação de rotas cicláveis deve sugerir aos ciclistas que existem vantagens na utilização de tais vias, em detrimento de outros caminhos alternativos. Assim, a definição de rotas cicláveis deve ter o apoio das agências responsáveis, garantindo que as rotas são compatíveis com o tráfego de bicicletas e que será realizada uma manutenção contínua para que estas não se deteriorem (FHWA, 2003).

2.2 Fatores que influenciam o uso da bicicleta

Diversos fatores como as características do indivíduo, da viagem que irá realizar e dos outros sistemas de transporte disponíveis influenciam na opção pela bicicleta, estimulando e restringindo o uso da mesma como modo de transporte.

Segundo FHWA (1992), os fatores que, nas condições americanas, influenciam a decisão de um indivíduo para utilizar os modos não-motorizados para viagens utilitárias, podem ser classificados em: subjetivos ou pessoais, e objetivos ou ambientais. Os fatores subjetivos estão relacionados com a percepção e as atitudes pessoais, enquanto que os objetivos são aspectos físicos comuns para todos, embora não sejam ponderados igualmente por todos. Entre os fatores subjetivos destacam-se: o comprimento da viagem, a segurança no tráfego, a conveniência (conforto, confiabilidade, tempo de viagem e facilidade de acesso), o valor atribuído ao tempo, o

custo da viagem, a valorização dos exercícios físicos, a aceitabilidade social. Os fatores objetivos englobam: os fatores ambientais (como clima e topografia), e as características da infra-estrutura (como existência de ciclovias, calçadas, acessibilidade e continuidade das rotas).

Pezzuto (2002) pesquisou os fatores que influenciam o uso da bicicleta nas condições de uma cidade brasileira de porte médio. Em um estudo realizado na cidade de Araçatuba, SP, com dados obtidos a partir da aplicação de questionários, foram analisadas as respostas de ciclistas que utilizam a bicicleta para viagens utilitárias, de ciclistas casuais (que utilizam a bicicleta para lazer e exercício), e de não ciclistas. A autora verificou que os fatores que interferem no uso da bicicleta variam entre os três grupos, mas, de um modo geral, coincidem nos aspectos que dizem respeito ao conforto e segurança, às vantagens oferecidas pelos modos motorizados e a valores e preferências pessoais. Por fim, com base nos dados obtidos, são propostas algumas políticas de transporte para incentivar o uso das bicicletas como modo de transporte para viagens utilitárias nas cidades médias brasileiras.

As características da infra-estrutura para bicicletas, em especial a necessidade de vias para ciclistas, foi identificada como uma variável importante para os ciclistas, na pesquisa feita por Pezzuto (2002). Nesta pesquisa, os fatores relacionados à infra-estrutura, que influenciam na utilização da bicicleta são: a existência de vias para ciclistas, a acessibilidade e continuidade das rotas, e a existência de facilidades no destino (como chuveiro, armário e bicicletário).

Segundo Litman et al. (2000), algumas pessoas preferem vias separadas para ciclistas, pois consideram que, nestas vias, as viagens são mais agradáveis e seguras. Desta forma, muitos vêem a ausência de vias para ciclistas como um dos principais impedimentos para o aumento do ciclismo. Outros preferem uma infra-estrutura integrada com o restante do tráfego, pela maior acessibilidade disponível e pela possibilidade de viajar com maior rapidez.

Assim sendo, a solução que se mostra mais adequada é a implantação de uma rede cicloviária, contendo todos os tipos de infra-estrutura já citados, com o objetivo de propiciar um acesso seguro dos ciclistas para todos os destinos, sem interrupções e barreiras. Para que isso seja possível, deve haver uma definição das vias que irão compor a rede cicloviária, acomodando os ciclistas nestas vias da maneira mais segura possível. Paralelamente às vias diretas, caminhos alternativos podem ser criados, dotados de um número significativo de atrativos. Assim, estarão sendo criados diferentes tipos de rotas, tanto para os ciclistas que preferem a menor distância, mesmo com maior declividade e tráfego intenso, quanto para os que priorizam a menor declividade e o menor volume de tráfego (LITMAN et al., 2000).

2.3 Panorama atual no Brasil

Em países da Europa, como Dinamarca, Alemanha, Suécia e Holanda, a bicicleta já é utilizada há algum tempo, e várias políticas de incentivo ao ciclismo vêm sendo implementadas desde os anos 80. O transporte por bicicleta também é muito empregado em países da Ásia, tais como China, Índia e Japão. Nos EUA, muitos projetos de incentivo ao uso da bicicleta para viagens utilitárias diárias estão sendo desenvolvidos com enfoque no planejamento, na coleta de dados e na divulgação do uso da bicicleta (PEZZUTO, 2002).

O uso da bicicleta no Brasil teve uma expressiva expansão com a crise do petróleo em meados dos anos 70 do século passado, decaindo logo em seguida, nos anos 80 e início dos anos 90. Após 1994, houve uma nova perspectiva para esse modo de transporte devido à mudança das políticas públicas em alguns municípios (AFFONSO et al., 2003).

O Código de Trânsito Brasileiro (Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997) recolocou a bicicleta como veículo protegido no tráfego urbano, sendo dever dos municípios planejar e assegurar a sua circulação segura. Além disso, o Código de Trânsito Brasileiro trouxe a perspectiva de receitas oriundas das multas e cobranças de serviços

que antes eram realizados pelos Departamentos Estaduais de Trânsito, podendo estes recursos serem aplicados na infra-estrutura viária (BRASIL, 1997).

Segundo a ANTP, a frota brasileira de bicicletas é a maior da América do Sul, com 48 milhões de unidades, número que se destaca até no cenário mundial. No entanto, boa parte dessa frota não circula, principalmente pela falta de segurança do ciclista inserido no trânsito violento das cidades grandes, e também pela falta de políticas de apoio a esse tipo de transporte (AFFONSO et al., 2003).

Vários pesquisadores ressaltam a falta de informações disponíveis e a necessidade de estudos sobre transporte sustentável por bicicleta no Brasil. Affonso et al. (2003) afirma que 7% do total das viagens são realizadas por bicicletas. No entanto, as informações sobre o uso da bicicleta no Brasil ainda são incompletas, sendo que apenas algumas capitais estaduais realizam estudos sobre a demanda de viagens por bicicletas, ainda assim pontualmente e normalmente vinculados a projetos específicos. Dentre as poucas fontes de dados sobre este assunto, disponíveis no país, estão os dois relatórios publicados em 2001 pela Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes – Geipot.

O primeiro documento, intitulado “Planejamento Ciclovitário: Diagnóstico Nacional” (GEIPOT, 2001b), foi publicado em julho de 2001 e reúne resultados de um amplo levantamento da utilização das bicicletas no território nacional, destacando informações sobre o uso, a infra-estrutura, procedimentos e caminhos favoráveis aos ciclistas. A coleta das informações foi realizada por pesquisadores em visita a quase 60 municípios brasileiros, através de questionários, relatórios técnicos, fotografias e relatórios estatísticos.

O resultado deste relatório serviu como base para a publicação, em dezembro de 2001, do “Manual do Planejamento Ciclovitário” (GEIPOT, 2001a), que consiste da atualização de um documento elaborado em 1976 e reeditado em 1980. O manual apresenta bases para uma política nacional direcionada ao incentivo ao uso da bicicleta, além de enfatizar algumas abordagens práticas sobre o planejamento ciclovitário no

Brasil, fundamentos técnicos e elementos essenciais para a elaboração de projetos cicloviários.

Os documentos da Geipot revelaram que boa parte das autoridades públicas dos municípios pesquisados não tratava a bicicleta com o mesmo grau de interesse da sua população. Recentemente, o Brasil apresentou um avanço no que se refere às políticas de apoio ao transporte cicloviário. Em 22 de setembro de 2005 foi assinada a portaria que criou o Programa Brasileiro de Mobilidade por Bicicleta - Bicicleta Brasil, cuja proposta básica é estimular governos municipais a implantar sistemas cicloviários que direcionem ações para a segurança de ciclistas nos deslocamentos urbanos, segundo o Ministério das Cidades (2005).

A ANTP (AFFONSO et al., 2003) indica duas principais ações necessárias para promover o transporte por bicicletas: a instalação de paraciclos (estacionamentos para bicicletas) simples e de baixo custo, a serem colocados em áreas com grande atração de viagens; e a adoção de novas alternativas de infra-estrutura para bicicletas. A segunda ação citada inclui a retomada de parte do leito das vias urbanas para uso preferencial das bicicletas, solução que permite a redução dos custos de implantação dos sistemas cicloviários.

Dessa forma, o planejamento cicloviário atual busca o fortalecimento da estratégia de construção de rotas cicláveis, retomando o conceito de compartilhamento. Juntamente com esta estratégia, aplicam-se ações que favorecem a diminuição da velocidade dos modos motorizados para níveis compatíveis com a segurança e a acomodação de todos os usuários das vias. Alguns exemplos de ações desse tipo são os arranjos geométricos do tipo *traffic calming* e a diminuição de áreas de estacionamento de automóveis lindeiras nas vias públicas (AFFONSO et al., 2003).

Em suma, a revisão da literatura sugere a necessidade de estudos que contribuam para a ampliação do transporte sustentável por bicicleta no Brasil. Além disso, os estudos já realizados, nacional e internacionalmente, representam um ponto de partida para a realização de novas pesquisas sobre o assunto.

Com base nas questões colocadas, constata-se a necessidade de um método que possa orientar a elaboração dos planos cicloviários, indicando diretrizes para a inserção de rotas cicláveis nas cidades brasileiras.

3. DEMANDA DE VIAGENS POR TRANSPORTE CICLOVIÁRIO

Assim como há a necessidade de estudos que contribuam para o incentivo ao transporte utilitário por bicicleta, existe também a falta de instrumentos de análise, ou modelos, que possam subsidiar propostas de novas alternativas para o transporte urbano que incorporem este modo de transporte, além de avaliar os possíveis impactos destas soluções.

Os modelos tradicionais para estimativa da demanda de transporte, desenvolvidos nos Estados Unidos, nos anos 50 do século XX, são baseados em viagens de veículos e não incorporam, em geral, os modos não-motorizados. Assim, as políticas e planos de transporte que utilizam tais modelos resultam em uma análise incompleta da situação atual. Desta forma, torna-se necessário buscar modelos e ferramentas que auxiliem o processo de planejamento dos modos não-motorizados de transporte.

A maior relevância atribuída, nos últimos anos, aos modos não-motorizados, como alternativa de transporte nas cidades, levou à necessidade de se alterar os procedimentos tradicionais para planejamento de transportes. Conseqüentemente, a demanda de viagens não-motorizadas tornou-se um dado fundamental na formulação de propostas para os sistemas urbanos de transporte. O conhecimento do número de viagens que se realizam a pé e por bicicleta também permite comprovar que os benefícios atingidos por intervenções que priorizem estes modos, compensam os custos e pode direcionar os investimentos no setor.

A estimativa da demanda de viagens não-motorizadas deve responder às seguintes perguntas: (1) quantas pessoas irão utilizar uma nova facilidade a ser construída?; (2) qual será o aumento no uso de uma facilidade se esta for melhorada?; (3) que combinação de intervenções terá maior impacto no aumento desse tipo de viagens?; (4) como a melhoria das condições dos modos não-motorizados irá influenciar o transporte motorizado? (CAMBRIDGE SYSTEMATICS INC. et al., 1999a).

Melhorias nas condições de transportes não-motorizados afetam as viagens por estes modos, de várias maneiras (CAMBRIDGE SYSTEMATICS INC. et al.,1999a):

- No número de viagens realizadas a pé e por bicicleta
Um ambiente de qualidade para pedestres e ciclistas aumenta o número total de viagens, enquanto que um ambiente não qualificado tende a diminuir a realização das mesmas;
- No destino das viagens
Um ambiente de qualidade para o transporte não-motorizado pode influenciar na escolha dos destinos, desviando viagens de destinos mais afastados, atingidos somente por meios motorizados, para locais mais próximos da origem, providos de infra-estrutura para pedestres e ciclistas;
- Na escolha modal
Melhorias na qualidade do ambiente para pedestres e ciclistas podem impulsionar a mudança das viagens realizadas por outros modos de transporte (como o automóvel particular e o transporte público) para os modos não-motorizados.
- Na escolha das rotas
Melhorias na qualidade do ambiente para pedestres e ciclistas também podem aumentar o uso de caminhos e rotas específicos, desviando estas viagens dos caminhos tradicionais;
- No horário das viagens
A qualidade do ambiente de transportes varia de acordo com o horário das viagens (com restrições em certos horários ou congestionamentos durante os horários de pico, por exemplo). Os ciclistas podem optar por viajar em horários no quais fluxo de veículos é menor;

- No uso do solo

Mudanças no ambiente de transportes podem provocar mudanças, a médio e longo prazos, no uso do solo de uma região, fazendo com que ele seja mais ou menos desejável para certos tipos de usos;

- Na distribuição dos efeitos

Mudanças no ambiente de transportes não-motorizados podem afetar diferentes segmentos da população. Alguns tipos de melhorias poderão beneficiar os usuários que utilizam a bicicleta para fins recreativos, enquanto que outros tipos beneficiarão usuários para os quais o transporte não-motorizado se caracteriza como modo de transporte principal.

3.1 Tipos de modelos para estimar a demanda do transporte cicloviário

A demanda de viagens está relacionada à decisão de milhares de indivíduos sobre como, onde e quando devem fazer uma viagem. Vários fatores podem influenciar tais decisões, como, por exemplo: as características do indivíduo que realiza a viagem; sua situação familiar; e as opções (destino, caminho, modo) disponíveis para a viagem. O comportamento das pessoas ao executarem essas opções pode ser representado por relações matemáticas também chamadas de modelos (SANCHES, 2004).

Os modelos para a previsão de demanda de transportes, incluindo os não-motorizados, são geralmente baseados em modelos teóricos, verificados através de estudos empíricos. Vários modelos têm sido desenvolvidos para estimar a demanda de viagens cicloviárias.

Os dois volumes do “FHWA Guidebook on Methods to Estimate Non-Motorized Travel” (CAMBRIDGE SYSTEMATICS INC. et al., 1999a e 1999b) descrevem e comparam qualitativamente diversos modelos para estimar a demanda de viagens de pedestres e ciclistas, citando exemplos de aplicações realizadas e discutindo ferramentas de apoio para a previsão da demanda. Estas publicações classificam os modelos disponíveis para estimar a demanda do transporte não-motorizado em dois grupos: (1) modelos para estimativa da demanda existente e (2) modelos para estimativa da demanda potencial (Quadro 3.1).

Quadro 3.1: Modelos para estimativa da demanda de transportes não-motorizados

| Grupo | Tipo de Modelo |
|--|---|
| Modelos para estimativa da demanda existente | Modelos Comparativos Modelos Comportamentais Agregados Modelos Simplificados Modelos de Escolha Discreta Modelos Tradicionais para Estimativa da Demanda de Viagens |
| Modelos para estimativa da demanda potencial | Modelos de Análise de Mercado Modelos de Demanda Potencial para Facilidades |

Fonte: Cambridge Systematics Inc. et al. (1999a e 1999b).

A seguir são descritos, resumidamente, os modelos listados no Quadro 3.1. Uma descrição mais detalhada dos exemplos destes modelos é apresentada no Apêndice II desta dissertação.

3.1.1 Modelos Comparativos

Os modelos comparativos consistem em uma análise de dados agregados, buscando identificar as variáveis que contribuem para diferentes intensidades de uso do transporte cicloviário, comparando duas áreas de características similares ou dois momentos diferentes da mesma área. Caracterizam-se como a forma mais simples de estimativa da demanda cicloviária. São modelos agregados que podem ser classificados em dois tipos: estudos do tipo “antes e depois” e estudos de condições similares (CAMBRIDGE SYSTEMATICS INC. et al., 1999b).

Os estudos do tipo “antes e depois” são baseados em contagens do número de usuários de uma facilidade para bicicletas antes e depois de uma intervenção, deduzindo-se que a alteração nesse número está relacionada à intervenção. Estes estudos são muito utilizados para analisar o impacto de programas de melhoramento de facilidades para ciclistas na mudança da escolha modal dos usuários.

Os estudos de condições similares, por sua vez, utilizam informações como contagens e dados populacionais já disponíveis para uma facilidade existente, como base para

estimar o número potencial de usuários em uma facilidade com condições e características similares, seja ela já existente ou proposta.

Um exemplo de estudo em que se utilizou um modelo comparativo foi desenvolvido na Austrália, comparando as características dos usuários de duas trilhas na cidade de Melbourne e identificando fatores que poderiam explicar as diferenças nos níveis de uso da bicicleta entre as duas facilidades (WIGAN et al., 1998). Para isto, foram examinados os padrões de demanda das duas trilhas, utilizando questionários e modelos estatísticos. Um Sistema de Informações Geográficas (SIG) foi utilizado para a análise das características dos dois mercados e a estimativa da demanda. Segundo os autores a aplicação deste modelo a outras trilhas em Melbourne, Austrália, poderia fornecer uma estimativa do potencial de desenvolvimento destas trilhas, direcionando investimentos e financiamentos para esta área. Além disso, o modelo também poderia ser usado para estimar o número de vagas de estacionamentos necessárias para atender aos usuários que utilizam veículos motorizados para acessar as trilhas.

Embora sejam relativamente fáceis de aplicar, os modelos comparativos fornecem apenas uma estimativa aproximada da demanda, e os resultados podem ser distorcidos pela dificuldade de encontrar facilidades realmente similares e comparáveis.

3.1.2 Modelos Comportamentais Agregados

Modelos comportamentais agregados procuram relacionar as características das viagens por bicicleta às características agregadas de uma área de estudo, normalmente através de análise de regressão. Tais modelos podem ser utilizados para: (1) identificar os fatores que influenciam o uso do transporte cicloviário de uma região; (2) prever mudanças nos níveis de utilização da bicicleta causadas pela variação de algum destes fatores; (3) prever os níveis de utilização do modo cicloviário em outras áreas, baseando-se nos dados coletados em uma área específica; (4) adquirir dados para serem posteriormente utilizados em outro modelo de demanda de viagens (CAMBRIDGE SYSTEMATICS INC. et al., 1999b).

Com base em procedimentos de regressão, os modelos comportamentais agregados têm como resultado final uma equação que relaciona uma variável dependente (por exemplo, a porcentagem de ciclistas no total das viagens realizadas ou o número de viagens de bicicletas) com uma ou mais variáveis independentes (características dos indivíduos e da área).

Um exemplo da utilização deste tipo de modelo é descrito por Ridgway (1995). Com o objetivo de estimar a demanda de viagens por bicicletas em escala municipal, Ridgway (1995) desenvolveu uma metodologia de três etapas, similar ao modelo tradicional de 4 etapas para estimativa da demanda de viagens, com a exclusão da etapa da divisão modal. Assim, a metodologia consiste em: (1) geração de viagens; (2) distribuição de viagens; e (3) alocação dos fluxos. Para testar a viabilidade de aplicação do modelo, foi realizado um estudo de caso na cidade norte-americana de Berkeley, onde o uso do transporte cicloviário é intenso. Posteriormente, o modelo de Ridgway foi aplicado também em outras 17 cidades da Califórnia. Verificou-se que os resultados obtidos foram adequados para a previsão da divisão modal das 18 cidades. Por outro lado, os resultados não foram tão apropriados quando o modelo foi utilizado para prever a divisão modal em nível de setores censitários na cidade de Berkeley, o que indica uma perda de precisão causada pela mudança de escala da análise (CAMBRIDGE SYSTEMATICS INC. et al., 1999b e TURNER et al., 1997a).

Outro exemplo de utilização de um modelo do tipo comportamental agregado é um estudo de demanda de viagens de bicicletas realizado no condado de Dade, Flórida, Estados Unidos, para verificar se existia mercado para um programa de integração entre bicicletas e transporte coletivo na região. A metodologia utilizada para estimar a demanda é descrita em detalhes no relatório do projeto (CUTR, 1995).

Três variáveis independentes foram utilizadas no modelo para previsão da demanda de viagens por bicicleta em uma determinada zona: a parcela da população desprovida de transporte, a parcela da população que usa a bicicleta por motivo de trabalho e as características demográficas dos moradores. A população desprovida de transporte foi definida no estudo como sendo as pessoas com baixa renda familiar, (excluindo os

deficientes físicos e idosos) que são incapacitados para pagar pelo transporte, dependendo assim de ajuda alheia para ter acesso à saúde, emprego, educação, compras, atividades sociais e outras atividades básicas. As características dos moradores incluíram fatores que influenciam na opção pelo ciclismo como idade, raça (branco e não-branco) e gênero.

Os modelos comportamentais agregados, no entanto, apresentam algumas deficiências (TURNER et al., 1997a): não consideram se existe ou não infra-estrutura para ciclismo nas diversas zonas e também não levam em consideração o clima e a topografia de cada região.

3.1.3 Modelos Simplificados

Os modelos simplificados são modelos agregados baseados em cálculos simples sobre aspectos do comportamento das viagens, usados para estimar o número de ciclistas que usam uma facilidade ou área. Assim como os estudos comportamentais agregados, estes modelos também dependem de dados já existentes ou que podem ser coletados com facilidade. A diferença é que, neste caso, tais dados, normalmente provenientes do censo e de estudos de uso do solo, são combinados a suposições referentes ao comportamento dos usuários, derivadas de outros estudos já existentes (CAMBRIDGE SYSTEMATICS INC. et al., 1999b).

Um exemplo de modelo simplificado foi usado por Goldsmith (1997) para estimar os impactos que a implantação de ciclofaixas em uma via na região de Seattle, Estados Unidos, traria para a quilometragem total de viagens motorizadas e a emissão de poluentes. Os dados utilizados neste modelo incluíram dados do censo, dados obtidos de pesquisas de preferência declarada e outras informações sobre usuários e viagens de bicicleta. A metodologia incluiu a utilização de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) e de uma planilha computadorizada.

O modelo utilizado considerou dois tipos de viagens: viagens para o trabalho e viagens não relacionadas ao trabalho. Para estimar as viagens para o trabalho foram utilizados

dados do censo, enquanto que, para estimar as viagens não relacionadas ao trabalho, foi realizada uma pesquisa de preferência declarada por telefone, na área estudada.

O modelo de Goldsmith assume a hipótese de que somente a presença de facilidades para bicicletas pode gerar um aumento significativo no uso deste modo de transporte. Isto pode ser coerente em curto prazo, no entanto, ignora as mudanças possíveis em longo prazo, que podem ser impulsionadas por variações no uso do solo e na rede de transportes como um todo (TURNER et al., 1997a).

Os modelos simplificados são facilmente utilizáveis porque partem de suposições referentes ao comportamento dos usuários derivadas de estudos já existentes. No entanto, estes modelos podem ser imprecisos porque são baseados nas condições específicas de cada local.

3.1.4 Modelos de Escolha Discreta

Os modelos de escolha discreta são modelos desagregados que permitem prever decisões individuais sobre viagens com base nas características dos indivíduos e das alternativas de transporte disponíveis. Podem ser utilizados na previsão de escolha modal e de escolha da rota.

O resultado da aplicação destes modelos pode ser, tanto a probabilidade de escolha de um indivíduo, ou, se os resultados da pesquisa forem agregados a uma população, o número total e porcentagem de indivíduos com potencial para realizar tal escolha.

O modelo desenvolvido por Hunt e Abraham (*apud* ABRAHAM et al., 2002) é um exemplo de modelo de escolha discreta, utilizado para a escolha de rotas de ciclistas. O estudo, realizado na cidade de Edmonton, Canadá, utilizou um modelo *logit* para prever a escolha de rotas pelos ciclistas em função das características das rotas e outros fatores relacionados às viagens.

Os coeficientes de cada uma das características, resultantes da calibração do modelo, indicam a importância relativa destas características. Na aplicação realizada, os autores verificaram que o tempo gasto em uma viagem de bicicleta no tráfego compartilhado é considerado mais incômodo e oneroso do que o mesmo tempo gasto em ciclovias e ciclofaixas. Outra constatação da pesquisa é que a disponibilidade de locais para estacionamento de bicicletas é mais importante para os ciclistas do que a presença de vestiários com chuveiros localizados nos destinos das viagens. Em relação ao nível de experiência dos ciclistas, pode-se perceber que o incômodo causado pelas viagens realizadas tende a diminuir para os ciclistas mais experientes (ABRAHAM et al., 2002).

Os Modelos de Escolha Discreta possuem uma base teórica bem desenvolvida e podem ser aplicados a várias situações reais ou hipotéticas. No entanto, para a calibração dos modelos, é necessária uma extensa coleta de dados, através de pesquisas de preferência, o que pode inviabilizar sua aplicação em alguns locais.

3.1.5 Modelos Tradicionais para Estimativa da Demanda de Viagens

Os modelos tradicionais de quatro etapas foram desenvolvidos nos anos 1950 para prever viagens motorizadas e são atualmente aplicados em áreas urbanas do mundo todo.

As quatro etapas do modelo, desenvolvidas de forma sequencial, são as seguintes: geração de viagens (atração e produção); distribuição de viagens; divisão modal; e alocação dos fluxos à rede de transportes. Os dados de entrada para o modelo são informações sobre o sistema de transporte, padrões de uso do solo e características socioeconômicas da população das zonas de análise. Os dados de saída consistem em informações qualitativas (velocidade) e quantitativas (volume) dos fluxos de tráfego nas vias.

Os modelos de quatro etapas são frequentemente utilizados para prever a demanda de viagens motorizadas. No entanto, vários esforços têm sido feitos recentemente para incluir o transporte cicloviário neste tipo de modelo de previsão de demanda, através da

definição de uma rede viária para bicicletas ou da inclusão da bicicleta entre os modos disponíveis na etapa referente à repartição modal (CAMBRIDGE SYSTEMATICS INC. et al., 1999a).

No caso do planejamento cicloviário, a alocação dos fluxos à rede de transportes ou a escolha de rotas para os ciclistas é uma etapa particularmente importante. A inadequação destas rotas pode resultar na ausência de viagens ou na mudança para outro modo de transportes. Assim, a má alocação dos fluxos em rotas inadequadas pode causar efeitos indesejáveis, muitas vezes não considerados no modelo tradicional de quatro etapas (KATZ, 1995).

3.1.6 Modelos de Análise de Mercado

Os modelos do tipo análise de mercado identificam o número médio ou máximo esperado de ciclistas, dada uma rede de facilidades ideal. As estimativas são feitas com base em: (1) distribuição atual da extensão das viagens, por motivo de viagem; (2) estimativas da porcentagem máxima de viagens de bicicleta por distância e motivo; (3) porcentagem da população propensa a migrar para o modo cicloviário, baseada no mercado alvo, de acordo com as distâncias de viagens e características demográficas. O modelo prevê quantas viagens seriam feitas se a qualidade das facilidades não fosse considerada (CAMBRIDGE SYSTEMATICS INC. et al., 1999b).

Cambridge Systematics Inc. et al. (1999b) cita como exemplo de modelo de análise de mercado o modelo de Clark (1997), que ajusta tabelas de viagens de veículos de um modelo de demanda tradicional para contabilizar futuros aumentos nas viagens de ciclistas e pedestres, através das características das viagens atuais e previstas para a região. Para isto, as viagens existentes são estratificadas por distância e motivo de viagem. Também são aplicados fatores de ajuste que representam um aumento potencial nas viagens não-motorizadas, como resultado de melhorias futuras, para reduzir o número de viagens motorizadas entre cada par origem-destino.

O modelo de Clark foi aplicado nas cidades de Bend e Pendleton, ambas localizadas no estado de Oregon, Estados Unidos, sendo utilizado como uma ferramenta para identificar alguns corredores a serem melhorados para acomodar adequadamente ciclistas e pedestres no futuro.

O modelo de Clark, assim como outros modelos de análise de mercado, pressupõe que uma porcentagem dos indivíduos irá mudar para a nova opção colocada no mercado. Assim sendo, o modelo considera que uma parcela das viagens (por tipo e distância) será convertida para viagens de bicicleta ou a pé. No entanto, estes resultados são baseados em especulações e existe pouca evidência sobre a veracidade das conclusões (CAMBRIDGE SYSTEMATICS INC. et al., 1999b).

3.1.7 Modelos de Demanda Potencial para Facilidades

Os modelos de demanda potencial, também chamados de análise da demanda latente, são baseados nos modelos gravitacionais, que pressupõem que o número de viagens entre duas áreas, independente do modo de transporte, está diretamente relacionado ao volume de viagens produzidas em uma área (origem) e ao volume de viagens atraídas para a outra área (destino). Além disso, a impedância (distância, tempo ou custo da viagem entre as áreas) possui um papel importante na redução da quantidade de viagens realizadas entre tais áreas (VDOT, 2003). No caso de viagens por bicicletas, a influência dos fatores da impedância torna-se ainda mais significativa, podendo determinar, dependendo do motivo da viagem, até mesmo se esta irá ou não ocorrer.

Um exemplo deste tipo de modelo foi desenvolvido por Landis (1996) para calcular a probabilidade de atividade cicloviária em uma via ou segmento de via com base na proximidade, frequência e tamanho dos pólos geradores de viagens adjacentes à via.

O modelo inclui duas das quatro etapas que configuram o modelo tradicional para estimativa da demanda de viagens: geração e distribuição de viagens. A etapa de alocação das viagens não faz parte do modelo, pois este funciona como um modelo de

localização de atividades, considerando que as facilidades sejam o destino das viagens (TURNER et al., 1997a).

A modelagem é realizada considerando quatro motivos de viagens: viagens ao trabalho; viagens pessoais ou a negócios; viagens de lazer; e viagens à escola (LANDIS, 1996). Os pólos geradores de viagens se constituem na base para o cálculo da demanda de viagens por bicicleta. Alguns pólos geradores de viagens por bicicleta são pontuais e podem ser identificados individualmente através da sua localização, como é o caso de escolas, indústrias e parques. Por outro lado, alguns pólos geradores são mais difusos, como as zonas residenciais e devem ser modeladas através de dados agregados em nível de zona. As ferramentas computacionais utilizadas são planilhas e Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

Segundo Landis (1996), os modelos de Demanda Latente, se utilizados em conjunto com uma análise do nível de serviço das vias para bicicletas, podem se constituir em um modelo simples e de custo relativamente baixo para determinar quais vias são melhores candidatas para a melhoria ou para a implantação de infra-estrutura para bicicletas.

3.2 Análise comparativa dos modelos

A análise de alguns tipos de modelos utilizados para estimar a demanda e calcular a demanda potencial relativa do transporte cicloviário enfatizou a diversidade de metodologias disponíveis e de aplicações realizadas.

Os modelos estudados neste capítulo foram propostos inicialmente para aplicações em cidades norte-americanas e australianas. Muitos deles exigem dados de pesquisas de transporte que, em sua maioria, não são disponíveis nas cidades brasileiras.

Os modelos comparativos, os modelos comportamentais agregados e os modelos simplificados são relativamente simples e fáceis de aplicar, considerando que estejam disponíveis os dados agregados necessários para a sua aplicação. No entanto, além da

possibilidade da falta destes dados, estes modelos podem ser imprecisos, pois fornecem apenas estimativas aproximadas de demanda.

Os modelos de escolha discreta, por sua vez, têm uma base teórica bem desenvolvida. Por outro lado, o seu uso pode ser inviabilizado pela necessidade de vastas pesquisas de preferência, imprescindíveis na previsão de decisões individuais sobre viagens que o modelo propõe.

Para que os modelos tradicionais para a estimativa da demanda de viagens sejam adaptados para a previsão de viagens de bicicletas, torna-se necessária uma coleta de dados complementar, além de uma adequação na estrutura dos sub-modelos utilizados. Outro tipo de modelo que necessita de uma série de informações que não são usualmente disponíveis no Brasil são os modelos de demanda potencial das facilidades, baseados na geração de viagens por bicicletas.

Por fim, apesar de permitirem a realização de uma avaliação contínua do sistema de transportes para identificar locais com potencial para melhoria, os modelos de análise de mercado, têm seus resultados baseados em especulações ainda não comprovadas, pois são construídos a partir de suposições quanto à porcentagem dos indivíduos que irão mudar para a nova opção colocada no mercado.

Apesar de suas vantagens e deficiências, acredita-se que os modelos apresentados aqui constituem fontes importantes para a condução de pesquisas na área e para o planejamento e implantação de facilidades que incentivem o transporte urbano por bicicletas. Desta forma, a análise destes modelos serviu como base para a definição da etapa de previsão de demanda do método proposto, que será apresentado no capítulo 5.

Os segmentos das vias identificadas como vias de maior demanda para viagens de bicicleta, juntamente com as vias adjacentes a ela, serão analisados de acordo com o seu nível de serviço. Desta forma, o resultado do nível de serviço poderá ser utilizado para priorizar os segmentos de vias com maior necessidade para melhoramentos, além de

permitir propostas de mudança de rotas das vias mais utilizadas para as suas adjacentes, em alguns casos.

4. QUALIDADE DAS VIAS PARA O TRANSPORTE CICLOVIÁRIO

Diversos modelos têm sido propostos na tentativa de quantificar a qualidade do serviço oferecido aos ciclistas que viajam pelas vias urbanas. Os fatores comumente usados para descrever estas condições são: a velocidade ou o tempo de viagem, a liberdade de manobra, as interrupções do tráfego, o conforto, a conveniência e a segurança. Todos estes fatores eram usados também, até os anos 80, para avaliar a qualidade operacional de uma via em relação aos veículos motorizados (EPPERSON, 1994).

Alguns métodos para avaliação da qualidade das vias propõem que a avaliação seja diferenciada por tipo de ciclista, para que a experiência do ciclista possa ser considerada. A classificação proposta por Sorton e Walsh (1994) é a seguinte:

- Ciclista criança: são crianças de até 12 anos de idade que freqüentam a escola primária e têm pouco conhecimento sobre as leis de trânsito. Devem sempre viajar com a supervisão de um adulto ou em vias próximas à sua residência. Geralmente utilizam a bicicleta por motivos de lazer.
- Ciclista jovem: são jovens entre 13 e 17 anos, cujos níveis de experiência em ciclismo podem variar muito. Muitos deles possuem grande experiência em trafegar de bicicleta nas vias urbanas.
- Ciclista casual: utilizam a bicicleta, eventualmente, por motivos de lazer, trabalho, compras, entre outros. Tendem a evitar vias mais congestionadas e com tráfego de veículos mais intenso, a não ser que estas tenham facilidades específicas para bicicletas, como ciclofaixas ou ciclovias.
- Ciclista experiente: o nível de habilidade desse tipo de ciclista permite que eles utilizem rotas mais diretas e convenientes, o que normalmente inclui vias arteriais e coletoras.

A maior parte dos modelos permite avaliar o nível de serviço oferecido pelas vias para a circulação de ciclistas. No entanto, uma abordagem diferente foi utilizada por Sorton e Walsh (1994), que propuseram um modelo para avaliar o nível de estresse a que o ciclista é submetido quando trafega pela via. Estas duas abordagens são descritas a seguir.

4.1 Nível de Estresse para Ciclistas

O conceito de Nível de Estresse a que os ciclistas são submetidos ao trafegarem por uma via foi desenvolvido pelo grupo Geelong *Bikeplan*, na Austrália, no final dos anos 1970. O conceito surgiu a partir da constatação de que muitos ciclistas, ao circularem pela cidade, além de escolhem rotas que exigem o menor esforço físico, procuram rotas que permitam evitar os conflitos com veículos motorizados, as preocupações geradas pelo tráfego intenso e o esforço de concentração necessário para trafegar durante um longo período em vias estreitas, com alta velocidade de tráfego e grande volume de veículos. Pode-se dizer, assim, que os ciclistas procuram minimizar não somente o esforço físico, mas também a tensão mental, ou o nível de estresse (SORTON e WALSH, 1994).

No entanto, a análise feita pelos pesquisadores australianos não conseguiu fornecer um panorama geral do tráfego de bicicletas segundo a visão dos ciclistas, pois a avaliação final resultava simplesmente em “adequada” ou “não-adequada”, tornando-se assim impossível de verificar qual era o grau da dificuldade percebido pelos ciclistas ao circularem pelas vias. Além disso, a metodologia australiana não apresentava claramente os diferentes níveis de estresse associados a cada característica da via, nem considerava os diferentes tipos de ciclistas existentes (SORTON E WALSH, 1994). Mesmo assim, a premissa de minimizar ao mesmo tempo o esforço físico e a tensão mental tornou-se um conceito básico para o desenvolvimento de outros estudos, realizados em seguida (PHILLIPS e GUTTENPLAN, 2003).

Em 1994, utilizando o mesmo conceito de Nível de Estresse, Sorton e Walsh (1994) publicaram um modelo para avaliar a compatibilidade de vias para a circulação de bicicletas, baseado em três variáveis principais: (1) o volume de tráfego em horário de pico; (2) a largura da via e (3) a velocidade dos veículos motorizados na via. Os pesquisadores ressaltaram que, numa segunda fase de avaliação, poderiam ser utilizadas algumas variáveis secundárias, como: o número de entradas comerciais por milha; a presença de estacionamento ao longo da via; e a porcentagem de veículos pesados que utilizam a via. No entanto, pela limitação do orçamento, o estudo realizado para a validação do modelo considerou somente as variáveis primárias.

Foram utilizados 5 níveis (de 1 a 5) para indicar o nível de estresse, sendo que quanto maior o valor, maior o estresse a que o ciclista é submetido. O Quadro 4.1 mostra a interpretação global dos Níveis de Estresse sugerida pelos autores.

Quadro 4.1: Interpretação Sugerida para Nível de Estresse para Bicicleta

| Nível de Estresse | Interpretação |
|--------------------------|--|
| 1 (Muito Baixo) | A via é razoavelmente segura para todos os tipos de ciclistas (exceto crianças com idade inferior a 10 anos) |
| 2 (Baixo) | A via pode acomodar ciclistas experientes e casuais, e/ou podem precisar de alterações* ou ter condições compensatórias** de ajuste para comportar ciclistas jovens. |
| 3 (Moderado) | A via pode acomodar ciclistas experientes e/ou incluir condições compensatórias** para acomodar ciclistas casuais. Não é recomendada para ciclistas jovens. |
| 4 (Alto) | A via pode precisar de alterações* e/ou ter condições compensatórias** para acomodar ciclistas experientes. Não é recomendada para ciclista casual ou jovem. |
| 5 (Muito Alto) | A via pode não ser apropriada para o uso de bicicleta. |

* “Alterações”: alargamento de vias, inserção de vias pavimentadas, etc.

** “Condições Compensatórias”: alargamento de faixas, pavimentação, ciclofaixas, diminuição do volume de tráfego, etc.

Após esta avaliação, deve-se calcular a média dos três fatores primários, que irão resultar na medida de Nível de Estresse da via analisada. Descreve-se a seguir a maneira como as variáveis principais foram associadas à qualidade das vias.

a) Volume do Tráfego x Nível de Estresse

O volume de tráfego de veículos motorizados é um dos principais indicadores da compatibilidade do uso da bicicleta na via. Como existe uma grande oscilação do volume de veículos em um período de 24 horas, duas medidas podem ser utilizadas: o volume diário médio (VDM) e o volume no horário de pico (VHP). Uma vez que os piores níveis de estresse para ciclistas ocorrem durante os períodos de pico, o VHP foi utilizado para o desenvolvimento do modelo.

O volume de veículos por faixa de tráfego é determinado dividindo o VHP pelo número de faixas contínuas na via, considerando-se uma divisão de 50/50 em vias de mão dupla.

Os níveis de estresse associados a cada volume de tráfego na faixa são mostrados na Tabela 4.1. Cabe destacar que, segundo as tabelas apresentadas pelo autor, as faixas de volume são muitas vezes representadas por números absolutos. No entanto, imagina-se que o correto seria que estas faixas fossem definidas por valores mínimos e máximos. A mesma observação vale para as tabelas 4.2 e 4.3.

Tabela 4.1: Níveis de Estresse x Volume por Faixa

| Nível de Estresse | Volume por Faixa (v/f/h) |
|-------------------|--------------------------|
| 1 | <50 |
| 2 | 150 |
| 3 | 250 |
| 4 | 350 |
| 5 | >450 |

b) Largura da Faixa Externa x Nível de Estresse

A largura da faixa externa (junto à guia) é uma variável crítica, pois delimita o espaço de circulação dos ciclistas. Quando é permitido o estacionamento na via, a largura da faixa é medida a partir do veículo estacionado ou da faixa de estacionamento. A Tabela 4.2 mostra os de níveis de estresse associados à largura da faixa junto à guia.

Tabela 4.2: Níveis de Estresse x Largura da Faixa

| Nível de Estresse | Largura da Faixa (m) |
|-------------------|----------------------|
| 1 | >4,6 |
| 2 | 4,3 |
| 3 | 4,0 |
| 4 | 3,7 |
| 5 | <3,3 |

c) Velocidade do Tráfego x Nível de Estresse

Veículos motorizados trafegando em alta velocidade ao lado de bicicletas, em uma faixa estreita, provocam uma movimentação do ar e podem fazer com que o ciclista perca o controle. O efeito da velocidade sobre as bicicletas depende da velocidade e do porte dos veículos. Numa velocidade de 75 km/h, a turbulência de grandes veículos motorizados começa a afetar a estabilidade dos ciclistas que usam a via. A relação entre velocidade do tráfego e nível de estresse para bicicleta é apresentada na Tabela 4.3.

Tabela 4.3: Níveis de Estresse x Velocidade do Tráfego

| Nível de Estresse | Velocidade do Tráfego (km/h) |
|-------------------|------------------------------|
| 1 | <40 |
| 2 | 50 |
| 3 | 60 |
| 4 | 65 |
| 5 | >75 |

Para a avaliação global do nível de estresse, deve-se calcular a média dos três fatores primários, que irá resultar na medida de Nível de Estresse da via analisada.

O modelo foi criticado por alguns autores por não incluir outras variáveis importantes para a avaliação da qualidade da via, como a condição do pavimento, a presença de ciclofaixas e o volume e a densidade de tráfego nas interseções (PHILLIPS e GUTTENPLAN, 2003).

4.2 Nível de Serviço para Bicicletas

O conceito de nível de serviço surgiu em meados dos anos 60 do século XX, a partir da análise da capacidade das vias para suportar os volumes de tráfego. De lá pra cá, este conceito evoluiu e tornou-se mais abrangente, incluindo vários fatores indicadores da qualidade do serviço fornecido pela via. O nível de serviço (NS) pode ser definido como uma medida qualitativa, que descreve as condições operacionais dentro do fluxo de tráfego e a percepção destas condições pelos motoristas e/ou passageiros (EPPERSON, 1994).

Inicialmente o cálculo do nível de serviço enfocava apenas os veículos motorizados. O primeiro passo para a consideração dos modos não-motorizados na análise do nível de serviço aconteceu em 1985, com a inclusão de capítulos específicos sobre pedestres e ciclistas no *Highway Capacity Manual* (HCM). No entanto, estes capítulos tinham uma preocupação maior com os efeitos das bicicletas no tráfego, em especial nos cruzamentos, do que com a capacidade das vias em contribuir para a segurança, o conforto e a conveniência dos ciclistas (EPPERSON, 1994). Na edição do HCM, publicada no ano 2000, no entanto, já existe um capítulo definindo um método específico para avaliação do Nível de Serviço das vias para ciclistas (TRB, 2000).

Segundo Turner et al. (1997b), os métodos utilizados para medir o nível de serviço para bicicletas podem ser classificados em duas categorias, conforme mostrado no Quadro 4.2.

Quadro 4.2 – Métodos para avaliação do Nível de Serviço das vias para bicicletas

| Categoria | Critérios de avaliação | Exemplos |
|--|--|--|
| Métodos baseados na adequação das vias | volume de tráfego largura das vias limite de velocidade fatores de caracterização da condição do pavimento fatores de caracterização da localização da via | Modelo de Davis (EPPERSON, 1994) Modelo do Estado da Flórida (EPPERSON, 1994) Modelo de Gainesville (DIXON, 1996) Medida de Risco de Interação (LANDIS, 1994, 1996) Nível de Serviço para Bicicletas (LANDIS et al., 1997) Nível de Serviço das Interseções para Bicicletas (LANDIS et al., 2003) |
| Método baseados na capacidade das vias | critérios volumétricos | Método do Highway Capacity Manual (TRB, 2000). |

Os modelos citados como exemplos, no Quadro 4.2, são descritos resumidamente a seguir. Uma descrição mais detalhada destes modelos está apresentada no Apêndice 2 desta dissertação.

4.2.1 *Índice de Segurança para Bicicletas de Davis*

O Índice de Segurança para Bicicletas, proposto por Davis em 1987, foi a primeira tentativa sistemática de desenvolver um modelo para medir as condições das vias para o ciclismo. Este modelo matemático pretendia avaliar a segurança dos ciclistas a partir das características físicas das vias e outros fatores pertinentes. Davis procurava um método para relacionar o nível de segurança das vias com a ocorrência de acidentes envolvendo ciclistas. Assim, o objetivo original para o qual o índice foi desenvolvido era a previsão de acidentes de trânsito com ciclistas (EPPERSON, 1994).

O Índice de Segurança para Bicicletas prevê a divisão de uma via em segmentos com condições homogêneas de geometria e tráfego. Cada segmento deve ser avaliado usando-se um Índice de Segmento de Via (ISV). As interseções mais importantes ao longo da via também devem ser avaliadas, utilizando-se um Índice de Avaliação de Interseções (IAI).

a) **Índice de Segmento de Via (ISV)**

O Índice de Segmento de Via pode ser calculado pela Equação 4.1. Quanto menor o valor do ISV, melhores as condições para o tráfego de bicicletas.

$$ISV = \left[\frac{VMD}{(f \times 2500)} \right] + \left(\frac{V}{56} \right) + [(4,25 - L) \times 1,635] + \sum FP + \sum FL \quad (4.1)$$

Onde:

VMD = volume médio diário de tráfego na via (veículos/hora)

f = número de faixas de tráfego

V = limite de velocidade (km/h)

L = largura da faixa de tráfego externa (metros)

FP = fatores de pavimento

FL = fatores de localização

Fatores de pavimento são pontos atribuídos a condições da superfície que apresentam perigo para os ciclistas, como buracos, rachaduras, bueiros ou até mesmo cruzamentos com ferrovias. Fatores de localização, por sua vez, são pontos atribuídos às características que podem prejudicar ou facilitar a qualidade da via para o transporte cicloviário. As características positivas prejudicam os ciclistas, gerando tráfego transversal, limitando o campo de visibilidade ou restringindo a operação de bicicletas, enquanto que as características negativas contribuem para a segurança e o conforto dos ciclistas, como a presença de canteiro central (que restringe as conversões à esquerda e o tráfego que cruza a via) e dos acostamentos pavimentados.

b) Índice de Avaliação de Interseções (IAI)

O Índice de Avaliação de Interseções avalia as principais interseções semaforizadas ao longo da via. Quanto menor o valor do Índice de Avaliação de Interseções, melhores as condições para o tráfego de bicicletas. O índice é expresso através da Equação 4.2.

$$IAI = \left[\frac{VT + VV}{10000} \right] + \left[\frac{VV \times 2}{VT + VV} \right] + \sum FG + \sum FS \quad (4.2)$$

Onde:

VT = volume médio diário de tráfego na via transversal (veículos/hora)

VV = volume de tráfego na via que está sendo avaliada (veículos/hora)

FG = fatores geométricos

FS = fatores de sinalização

Os fatores geométricos e os fatores de sinalização, para o IAI, são equivalentes aos fatores de pavimento e os fatores de localização para o ISV. Dentre as características que definem os fatores geométricos pode-se citar a restrição da distância de visibilidade e o subdimensionamento do raio de curvatura da guia. Os fatores de sinalização incluem características como sinalização que permite conversões à esquerda ou à direita e tempo verde do semáforo subdimensionado.

Para calcular o valor de Índice para Segurança para Bicicletas (ISB), o método de Davis prevê a combinação dos resultados do Índice de Segmento de Via e do Índice de Avaliação de Interseções, usando a média ponderada dos valores destes dois índices ao longo da via que está sendo avaliada. Se uma via, por exemplo, tem três segmentos com valores de ISV iguais a 5,4, 4,8 e 6,1 e duas interseções semaforizadas com valores de IAI iguais a 6,8 e 4,6, a média dos valores dos três ISV é 5,4 e a média dos valores dos IAI é 5,7. O ISB seria, então, igual a $(5,4 \times 3 + 5,7 \times 2)/5 = 27,6/5 \approx 5,5$.

O valor do ISB é classificado em 4 categorias, para a avaliação final:

- ISB entre 0 e 4 → excelente
- ISB entre 4 e 5 → bom
- ISB entre 5 e 6 → aceitável
- ISB \geq 6 → ruim

Segundo Turner et al. (1997b), as principais críticas referentes a este modelo foram as seguintes: o sistema de avaliação não considerava a frequência das interseções semaforizadas, somente a intensidade das mesmas; os fatores de pavimento e de localização podem dominar a avaliação, ofuscando a contribuição do volume e velocidade de veículos e da largura da faixa; o sistema de avaliação não foi validado com a percepção real dos ciclistas ou com estatísticas reais de acidentes.

No entanto, o método proposto por Davis pode ser visto como um avanço conceitual significativo, identificando pela primeira vez os três fatores críticos que afetam o conforto, a conveniência e a percepção de segurança de grande parte dos usuários de bicicletas, ou seja, o volume de tráfego por faixa, a velocidade do tráfego e a largura das faixas (EPPERSON, 1994; LANDIS, 1996).

4.2.2 Índice de Condição das Vias do Estado da Flórida – ICV Epperson-Davis

Este modelo é uma variação do Índice de Segurança para Bicicletas (ISB), com as seguintes alterações:

- Exclusão do Índice de Avaliação das Interseções
- Avaliação de cada segmento de via isoladamente
- Modificação nos Fatores de Localização e nos Fatores de Pavimento de modo que eles tivessem menor influência na pontuação dos segmentos
- Maior penalização dos segmentos de via onde ocorresse simultaneamente menor largura de via e alta velocidade de veículos (multiplicando o termo referente à largura da via pelo termo referente ao limite de velocidade).

Após a realização de todas estas modificações, o modelo passou a ser chamado de ICV Epperson-Davis.

O Índice de Condição da Via (ICV) Epperson-Davis é calculado pela Equação 4.3.

$$ICV = \left[\frac{VMD}{(f \times 3100)} \right] + \left(\frac{V}{48} \right) + \left\{ \left(\frac{V}{48} \right) \times [(4,25 - L)] \times 1,635 \right\} + \sum FP + \sum FL \quad (4.3)$$

Onde:

VMD = volume de tráfego médio diário (veículos/hora)

f = número de faixas de tráfego

V = limite de velocidade (km/h)

L = largura da faixa externa (metros)

FP = fatores de pavimento

FL = fatores de localização

O resultado final é classificado em quatro categorias:

- ICV entre 0 e 3 → excelente
- ICV entre 3 e 4 → bom
- ICV entre 4 e 5 → regular
- ICV ≥ 5 → ruim

4.2.3 Método de Dixon para o Plano de Mobilidade de Gainesville

O método de avaliação de nível de serviço desenvolvido por Dixon para a cidade de Gainesville, Flórida, Estados Unidos (DIXON, 1996) é mais abrangente e representa um avanço em relação aos modelos anteriores (PHILLIPS e GUTTENPLAN, 2003).

O objetivo do modelo era avaliar a acomodação dos ciclistas em corredores de transporte, em vias arteriais e coletoras, em áreas urbanas e suburbanas. Foi desenvolvido um sistema de pontuação para avaliar corredores de tráfego, cujo resultado pode ser transformado em uma medida de Nível de Serviço variando entre A e F. Além disso, as medidas foram graduadas de acordo com o conforto e a segurança de diferentes tipos de ciclistas.

O modelo baseia-se na premissa de que existe um conjunto de variáveis que precisa estar presente em um corredor viário para atrair viagens não motorizadas. O Quadro 4.3 mostra as variáveis consideradas e o sistema de pontuação adotado pela pesquisadora. Uma explicação mais detalhada sobre cada um dos critérios está incluída após o quadro.

Após a soma dos pontos nas seis categorias, gerando o índice do segmento, é feito o ajuste da nota do segmento. O índice ajustado do segmento é obtido pela multiplicação do índice do segmento com o seu peso no corredor (comprimento do segmento/comprimento do corredor). A soma dos índices ajustados de todos os segmentos do corredor resulta, então, no índice do corredor.

Quadro 4.3: Sistema de Pontuação da Medida de Desempenho do Nível de Serviço para Ciclistas

| Variáveis | Crítérios | Pontos |
|--|--|--------|
| Facilidades para bicicletas (Valor máximo = 10) | Ciclofaixa - faixa externa $\leq 3,66\text{m}$ | 0 |
| | Ciclofaixa - faixa externa 3,66m a 4,27m | 5 |
| | Ciclofaixa - faixa externa $> 4,27\text{m}$ | 6 |
| | Ciclovía | 4 |
| Conflitos (Valor máximo = 4) | Entradas de garagem e cruzamentos | 1 |
| | Ausência de barreiras | 0,5 |
| | Ausência de estacionamento lateral | 1 |
| | Presença de canteiros centrais | 0,5 |

| | | |
|---|--|---------|
| | Distância de visibilidade não obstruída | 0,5 |
| | Melhorias das interseções para o ciclismo | 0,5 |
| Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas (Valor máximo = 2) | >48 km/h | 0 |
| | 32 a 48 km/h | 1 |
| | 24-32 km/h | 2 |
| Nível de Serviço para veículos motorizados (Valor máximo = 2) | NS = E ou F (ou 6 ou mais faixas de rodagem) | 0 |
| | NS = D (e menos que 6 faixas de rodagem) | 1 |
| | NS = A, B ou C (e menos que 6 faixas de rodagem) | 2 |
| Manutenção das vias (Valor máximo = 2) | Problemas freqüentes ou graves | -1 |
| | Problemas pouco freqüentes ou simples | 0 |
| | Sem problemas | 2 |
| Programas específicos para melhorar o transporte ciclovitário (Valor máximo = 1) | Sem programas | 0 |
| | Programas existentes | 1 |
| Cálculos (ajuste da nota dos segmentos) | Índice dos segmentos ^o | 21 |
| | Peso dos segmentos ¹ | 1 |
| | Índice ajustado dos segmentos ² | 21 |
| | Índice do corredor ³ | NS = 21 |

^o Índice dos Segmentos = soma dos pontos nas seis categorias

¹ Peso dos Segmentos = comprimento do segmento/comprimento do corredor

² Índice Ajustado dos Segmentos Ajustados = Índice dos Segmentos x Peso dos Segmentos

³ Índice dos Corredores = Soma dos Índices Ajustados dos Segmentos no corredor

A seguir é apresentada uma explicação para cada um dos itens considerados.

▪ **Presença de facilidades para ciclistas:**

No caso de existirem facilidades para ciclistas nas vias (ciclovias ou ciclofaixas), estas são incluídas na avaliação pela sua grande influência no transporte ciclovitário. No caso das ciclovias, elas devem ter largura mínima de 2,44m e estarem localizadas à, no máximo, 400 da via de tráfego que está sendo analisada.

▪ **Conflitos:**

Esta variável avalia a facilidade de ciclistas e motoristas se observarem e preverem suas ações no sistema viário, aumentando assim a segurança e o conforto dos ciclistas que utilizam as vias em questão. São consideradas as seguintes situações:

- **Entradas de garagem e cruzamentos de vias**

Se qualquer um dos lados da via apresentar um número de entradas ou cruzamentos maior que 22 por 1,6km (1 milha), o segmento inteiro deixa de ser pontuado neste aspecto.

- **Ausência de barreiras na facilidade para bicicletas**

São consideradas barreiras os elementos físicos ou operacionais (elementos de drenagem, paradas de ônibus, interseções com grande número de conversões à direita) que provocam uma descontinuidade da facilidade para bicicletas, forçando o ciclista a invadir a via em algum trecho específico do segmento. No caso de não existirem facilidades para bicicletas, o segmento analisado não deverá ser avaliado neste aspecto.

- **Ausência de estacionamento lateral**

A existência de estacionamento lateral na via pode desencorajar o uso deste corredor pelos ciclistas, além de criar problemas de segurança. Desta forma, mesmo a existência de uma pequena faixa de estacionamento lateral na via analisada deverá ser considerada neste critério.

- **Presença de canteiros centrais**

Os canteiros centrais são considerados benéficos para o transporte ciclovitário porque diminuem os conflitos causados por cruzamentos de automóveis à esquerda. Para este fator, considera-se a presença dominante de canteiros centrais no segmento analisado, ou pelo menos nos locais mais problemáticos.

- **Distância de visibilidade não obstruída**

A distância de visibilidade de parada é a distância mínima de que necessita o condutor de um veículo que se move a uma dada velocidade, para fazê-lo parar antes de atingir um obstáculo (DNER, 1997). A obstrução da distância de visibilidade ocorre normalmente por aclives acentuados e curvas fechadas, mas também pode ser provocada por estacionamento lateral ou outras obstruções físicas. Deve ser considerada a medida padrão recomendada pelo FHWA (2004) que é igual a 38,7m (para um ciclista circulando na velocidade de 30km/h, em pista molhada).

- **Melhorias das interseções para o ciclismo**

Para adquirir pontuação neste fator, a maioria das interseções da via avaliada deve apresentar melhorias como marcações de piso e variações de projeto, para aumentar a segurança dos ciclistas.

- **Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas**

O diferencial de velocidade é calculado comparando a velocidade média dos ciclistas (24 km/h) com a velocidade máxima para automóveis permitida na via.

- **Nível de Serviço (NS) da via para veículos motorizados**

O Nível de Serviço para os veículos motorizados afeta o Nível de Serviço para bicicletas, pois o volume de veículos motorizados e o congestionamento influenciam no conforto e na segurança dos ciclistas que trafegam por uma via. O modelo considera, também que, independentemente do NS da via, a presença de um grande número de faixas de tráfego desestimula o ciclismo.

- **Manutenção das vias**

Este fator avalia as condições que refletem o abandono e a falta de manutenção da superfície da via ou deficiências construtivas que criam problemas crônicos de manutenção. Portanto, não estão incluídos neste fator os problemas temporários como falhas temporárias na pavimentação devido a serviços de manutenção de redes ou acúmulo temporário de materiais, como folhas, etc.

- **Programas específicos para melhorar o transporte cicloviário**

A existência de programas específicos para melhorar o transporte cicloviário define a pontuação deste fator. Este critério procura acrescentar à avaliação das características físicas da via, programas que podem estimular o ciclismo, como por exemplo a inserção de bicicletários, programas de suporte ao usuário, construção de vestiários para ciclistas ou medidas de integração da bicicleta com o transporte coletivo.

O modelo foi aplicado em nove vias arteriais e três vias coletoras da cidade de Gainesville, mas não houve tentativa de relacionar as medidas de nível de serviço do modelo com a percepção real dos ciclistas (TURNER et al., 1997b).

4.2.4 Medida de Risco da Interação (MRI)

A Medida de Risco de Interação (LANDIS, 1994 e 1996) quantifica a percepção do ciclista com relação ao grau de risco proveniente da sua interação com veículos motorizados. Para isto, leva em consideração as interações longitudinais e transversais que ocorrem na via.

Os fatores de interação longitudinal entre bicicletas e automóveis que afetam a percepção de risco do ciclista incluem: o volume e a velocidade do tráfego motorizado; as características do tráfego; a proximidade entre o ciclista e o tráfego motorizado; e as condições do pavimento. A interação transversal é caracterizada por movimentos veiculares não controlados, como acesso a garagens e manobras de estacionamento, que causam uma turbulência ou risco de conflito com o ciclista.

A Medida de Risco de Interação é calculada pela Equação 4.4. Os coeficientes das variáveis dessa equação foram alterados, em relação ao modelo original, para adequá-la ao sistema métrico.

$$MRI = \left\{ \frac{VMD}{f} \times \left(\frac{4.3}{L} \right)^2 \times \left[0,01 \frac{V}{48} \times (1 + VP)^2 + 0,01FP \right] + 0,024US \times 0,62AV \right\} \times \frac{1}{10} \quad (4.4)$$

Onde:

VMD = volume de tráfego médio diário na via (veículos/dia)

f = número de faixas de tráfego

L = largura da faixa externa (metros)

US = tipo de uso do solo adjacente ao segmento (uso comercial = 15 e uso não comercial = 1)

AV = presença de guias rebaixadas ou estacionamento na via (número de acessos não controlados por quilômetro)

FP = fator de pavimento

V = limite de velocidade (km/h)

VP = parcela de veículos pesados no fluxo de veículos

O fator de pavimento considerado no modelo é equivalente ao fator *PAVECOM* nº 7, do Sistema de Monitoramento de Desempenho de Rodovias (HPMS) da FHWA (*apud* LANDIS, 1994).

O valor final calculado pode ser convertido em categorias de nível de serviço classificadas de A a F (Tabela 4.4).

Tabela 4.4: Pontuação final do modelo MRI e as categorias de nível de serviço

| Pontuação | Nível de Serviço |
|------------------|-------------------------|
| 0 a 2 | A |
| 3 a 5 | B |
| 6 a 8 | C |
| 9 a 11 | D |
| 12 a 18 | E |
| < 19 | F |

Apesar do modelo não ter sido validado estatisticamente, várias cidades americanas utilizaram a Medida de Risco da Interação para o planejamento de facilidades para bicicletas, o que comprovou a aceitação da percepção do risco como uma medida de nível de serviço válida (PHILLIPS e GUTTENPLAN, 2003).

4.2.5 *Nível de Serviço para Bicicletas de Landis (NSB)*

O Nível de Serviço para Bicicletas (NSB) proposto por Landis et al. (1997), diferencia-se dos modelos descritos anteriormente porque é baseado na percepção dos ciclistas sobre a qualidade das vias.

Para a calibração do modelo foram utilizados dados de uma pesquisa com cerca de 150 ciclistas, na cidade de Tampa, Flórida, Estados Unidos. Foram consideradas as seguintes variáveis: volume do tráfego, velocidade do tráfego, composição do tráfego, condição da superfície do pavimento e largura da ciclovia. Como o objetivo da pesquisa não incluía a avaliação da qualidade das interseções, os participantes foram instruídos a desconsiderar os pontos finais dos segmentos. Para classificar as vias, os

ciclistas utilizaram uma escala de pontuação de A (mais segura ou confortável) a F (mais insegura ou desagradável).

Para a calibração do modelo foi utilizada a técnica da análise de regressão com base nas respostas dos participantes. A expressão matemática definida pelos autores é apresentada na Equação 4.5.

$$NSB = 0,607 \ln \left(\frac{Vol_{15}}{F} \right) + 0,901 \ln [LV(1 + VP)] + 6,510(CP_5) - 0,005(L_e)^2 - 1,833 \quad (4.5)$$

Onde:

Vol_{15} = volume do tráfego no sentido avaliado em um período de 15 minutos

F = número total de faixas

LV = limite de velocidade (km/h)

VP = porcentagem de veículos pesados, como definido em TRB (2000)

AV = número por km de acesso veicular não controlado (áreas de estacionamento na via e entradas para carros)

CP_5 = avaliação (de cinco pontos) da condição da superfície do pavimento, através do Sistema de Monitoramento de Desempenho de Rodovia (HPMS), da FHWA (*apud* LANDIS, 1994)

L_e = largura média da faixa externa (metros)

Durante o processo de desenvolvimento do modelo, os autores confirmaram a hipótese de que diferentes tipos de ciclistas têm diferentes percepções do risco das viagens de bicicletas. Outra hipótese confirmada durante o estudo foi a importância das condições do pavimento no Nível de Serviço para bicicletas.

4.2.6 Nível de Serviço das Interseções para Bicicletas em Movimento

O modelo do Nível de Serviço para Bicicletas (LANDIS et al., 1997) é voltado estritamente para a avaliação dos segmentos viários, desconsiderando, assim, a qualidade das interseções. Desta forma, o próximo passo para um modelo de nível de serviço mais abrangente foi a definição do Nível de Serviço das Interseções para

Bicicletas em Movimento (LANDIS et al., 2003). Também baseado na percepção do usuário, este modelo foi desenvolvido para funcionar como um complemento para o Nível de Serviço para Bicicletas, avaliando somente as interseções semaforizadas. A utilização, em conjunto, do Nível de Serviço para Bicicletas e do Nível de Serviço das Interseções para Bicicletas em Movimento funciona similarmente à análise de nível de serviço separada em segmentos e interseções, realizada pelo *Highway Capacity Manual* (TRB, 2000).

Para avaliar a qualidade das interseções semaforizadas, o estudo colocou 59 participantes em vias reais, atravessando interseções semaforizadas em condições normais de tráfego, durante um evento especial realizado na cidade de Orlando, na Flórida, Estados Unidos. Dados foram coletados no local com o uso de câmeras de vídeo e de observações. Além disso, cada ciclista participante foi solicitado a dar uma nota de A a F para cada interseção percorrida.

Para a definição do modelo, foi organizada uma lista de possíveis variáveis que influenciariam a sensação de segurança e conforto dos ciclistas durante a travessia de uma interseção. Após o teste, as variáveis escolhidas para serem utilizadas no modelo foram: volume de veículos motorizados, largura da faixa e distância de travessia da interseção. O Nível de Serviço das Interseções para Bicicletas em Movimento foi definido pela Equação 4.6.

$$NS_I = -0,2144L_t + 0,0153DT + 0,0066(Vol_{15}F) + 4,1324 \quad (4.6)$$

Onde:

L_t = largura total da faixa (metros)

DT = distância de travessia (largura da via transversal) (metros)

Vol 15 = volume do tráfego direcional em um período de 15 minutos

F = número total de faixas na chegada da interseção

A tabela 4.5 mostra a associação entre o valor obtido e o Nível de Serviço em categorias de A a F.

Tabela 4.5: Pontuação do NS das Interseções para Bicicletas em Movimento

| Nível de Serviço | Pontuação |
|------------------|-----------|
| A | 1,5 |
| B | >1,5-2,5 |
| C | >2,5-3,5 |
| D | >3,5-4,5 |
| E | >4,5-5,5 |
| F | >5,5 |

Segundo o autor, os próximos modelos a serem desenvolvidos incluem avaliações de outros movimentos nas interseções, faixas de uso misto e os impactos do atraso e da conveniência das rotas, ou seja, quanto um indivíduo é capaz de desviar do seu caminho para utilizar uma rota para bicicletas.

4.2.7 Método do HCM – Highway Capacity Manual

O *Highway Capacity Manual – HCM* (TRB, 2000) é uma referência tradicional de engenharia de tráfego utilizada por engenheiros e planejadores para avaliar a operação de vias e interseções. A metodologia do *HCM* permite avaliar a capacidade e o nível de serviço das facilidades para bicicletas. Através dela, torna-se possível investigar os efeitos dos pedestres, da sinalização de trânsito e da interação entre ciclistas no nível de serviço de uma facilidade para bicicletas, que é medido em termos de eventos ocorridos (encontros e ultrapassagens).

O método considera tanto as facilidades para bicicletas com fluxo ininterrupto (ciclovias exclusivas, ciclovias compartilhadas ou ciclofaixas), como as facilidades com fluxo interrompido (ciclofaixas que passam por interseções, semaforizadas ou não, e ciclofaixas em vias urbanas).

As ciclovias exclusivas não permitem a utilização por outros usuários que não sejam ciclistas. Assim sendo, o nível de serviço para estas facilidades considera apenas o fluxo de ciclistas. Nas ciclovias compartilhadas é permitida a circulação de outros modos de transporte não motorizados, incluindo pedestres, deficientes com cadeiras de

rodas, patinadores e outros, o que pode prejudicar a capacidade e o nível de serviço para bicicletas. Desta forma, o cálculo do nível de serviço destas facilidades inclui, além das variáveis utilizadas para as ciclovias exclusivas, também o fluxo dos outros modos de transporte.

As ciclofaixas, por sua vez, são faixas designadas exclusivamente para bicicletas, contíguas à via e geralmente adjacentes às faixas para veículos motorizados, separadas do tráfego geral por pintura no pavimento ou obstáculos. As facilidades contíguas à via estão submetidas a inúmeros fatores que afetam o seu nível de serviço, como o tráfego de veículos motorizados, o tráfego de veículos pesados, as entradas de veículos e estacionamento adjacente à via.

Sendo assim, o nível de serviço das ciclofaixas pode ser obtido através da quantificação do impacto da geometria predominante e das condições do tráfego na média e no desvio padrão da velocidade dos ciclistas na via. A expectativa é que o atrito com o tráfego de veículos motorizados, os veículos estacionados e a densidade de entradas para veículos resulte em uma média de velocidade mais baixa e com maior desvio padrão nas ciclofaixas, se comparado com as ciclovias. Nota-se então uma relação onde, conforme aumenta o número de eventos, diminui a velocidade média e aumenta o desvio padrão de velocidade.

As interseções semaforizadas consideradas nestes procedimentos são aquelas onde existe uma ciclofaixa em pelo menos uma das aproximações. A capacidade de uma ciclofaixa em uma interseção semaforizada pode ser calculada utilizando-se as seguintes variáveis: a capacidade da ciclofaixa; o fluxo de saturação da ciclofaixa; o tempo verde efetivo do semáforo; e o tempo de ciclo do semáforo.

As interseções não semaforizadas de que tratam este procedimento são aquelas onde existe uma ciclofaixa em pelo menos uma das aproximações controladas por um sinal de “Pare”. O método do *HCM* não especifica um procedimento para estimar o nível de serviço deste tipo de facilidades para bicicletas, no entanto, sugere que a metodologia para veículos motorizados em interseções não semaforizadas seja aplicada a estes casos.

As ciclofaixas em vias urbanas incluem tanto elementos de fluxos ininterruptos como elementos de fluxo interrompido. Para medir a eficiência deste tipo de facilidade é utilizada a média da velocidade dos ciclistas, incluindo suas paradas. O cálculo desta média é baseado na distância entre dois pontos (segmento) e o tempo necessário para um ciclista chegar de um ponto ao outro, incluindo as eventuais paradas realizadas. Desta forma, as variáveis consideradas no cálculo da velocidade de viagem para bicicletas são: extensão total da via urbana analisada; extensão do segmento; velocidade do percurso da bicicleta no segmento; e média de atraso da bicicleta na interseção.

Apesar do método do *HCM* considerar abordagens diferentes para cada tipo de facilidade e contabilizar a qualidade das interseções, ressaltam-se algumas limitações do método proposto (TRB, 2000). Em primeiro lugar, o método não considera a redução da largura de uma via ou ciclofaixa causada pela presença de objetos fixos adjacentes às mesmas. Além disso, o método também não considera os efeitos dos veículos motorizados que cruzam as facilidades para bicicletas para virar à direita, nas interseções ou para acessar uma entrada no meio de um quarteirão. Outro fator que deixou de ser considerado é a declividade longitudinal da via. O *HCM* recomenda que esta metodologia seja utilizada para declividades entre -3% e +3%, já que os efeitos gerados pela aplicação da mesma no caso de desníveis mais acentuados são desconhecidos.

4.3 Análise comparativa dos modelos

Vários modelos utilizados para medir a qualidade do serviço das vias para o transporte cicloviário foram analisados neste capítulo com o objetivo de mostrar a diversidade de modelos disponíveis, principalmente no que diz respeito aos dados e à metodologia utilizados. Outro objetivo deste trabalho foi descrever a evolução deste tipo de modelos através de exemplos propostos desde o início da década de 1980, até modelos mais recentes.

Além disso, através da análise destes modelos, pode-se perceber alguns problemas a serem enfrentados na sua utilização em cidades brasileiras de porte médio.

O modelo do HCM não trata de vias compartilhadas, então não poderia ser utilizado neste estudo.

Alguns modelos analisados não consideram os efeitos das interseções e outras discontinuidades presentes nas vias urbanas. É o caso do Modelo de Sorton e Walsh, do ICV Epperson-Davis, da Medida de Risco das Interações e do Nível de Serviço para Bicicletas de Landis (que precisa ser utilizado em conjunto com o Nível de Serviço das Interações para Bicicletas em Movimento). No entanto, este fator é especialmente importante na análise das vias das cidades médias brasileiras, cuja configuração tende a apresentar um número grande de interseções, muitas vezes causadoras de uma série de conflitos viários.

Outros deles não incluem todos os fatores relevantes para medir a qualidade do serviço das vias para o transporte cicloviário, fornecendo assim um resultado apenas aproximado. Este problema foi apontado no Modelo de Sorton e Walsh, no Índice de Segurança para Bicicletas de Davis e no Método do HCM.

Além disso, alguns modelos não refletem uma percepção real, por não serem validados com os próprios ciclistas. É o caso do Modelo de Sorton e Walsh, do Índice de Segurança para Bicicletas de Davis, do ICV Epperson-Davis e do Método de Dixon.

Por outro lado, verifica-se que os modelos mais complexos, que muitas vezes consideram os efeitos das interseções, incluem a maioria dos fatores relevantes e são validados através de testes reais com ciclistas, como o Nível de Serviço para Bicicletas de Landis, exigem coletas de dados extensas e procedimentos complicados e custosos, que podem tornar a aplicação do modelo inviável em determinadas situações.

Assim, pela falta de dados disponíveis, comum nas cidades médias brasileiras, além das restrições que são colocadas no caso de um estudo de mestrado, o modelo utilizado para

a etapa de avaliação das vias da metodologia proposta deve ser simples e funcionar dentro do contexto em que ele está inserido. A metodologia proposta para a definição de rotas cicláveis em áreas urbanas será apresentada no capítulo 5.

Uma descrição mais detalhada dos modelos analisados neste capítulo está apresentada no Apêndice III desta dissertação.

5 METODOLOGIA

Para a definição de rotas cicláveis que realmente tenham resultados satisfatórios para o incentivo ao transporte cicloviário, é preciso que estas rotas atendam à demanda existente e estimulem a demanda potencial de viagens por bicicleta. Além disso, as rotas devem manter um padrão de qualidade quanto ao serviço oferecido aos ciclistas que as utilizam. Assim sendo, o método proposto deve focar tanto o aspecto da demanda, quanto o aspecto do nível de serviço das vias para viagens de bicicleta em vias compartilhadas em áreas urbanas.

A análise dos métodos para estimativa da demanda de viagens por bicicleta (conforme apresentado no Capítulo 3) permitiu verificar que todos eles utilizam dados de pesquisas de transporte que não são, usualmente, disponíveis no Brasil. Poucas são as cidades brasileiras que realizam regularmente pesquisas domiciliares para levantamento da demanda de viagens, que poderiam subsidiar o desenvolvimento de modelos de demanda para o transporte cicloviário. Assim sendo, para que o método proposto pudesse ser empregado em qualquer cidade brasileira, optou-se por uma abordagem alternativa, que não exige um esforço muito grande de coleta de dados, focalizando os pólos geradores de viagens por bicicletas.

Para a escolha do modelo de avaliação do nível de serviço das vias, considerou-se, principalmente, a facilidade de utilização do modelo e a viabilidade de aplicação do mesmo em uma cidade média brasileira. Assim, o modelo escolhido deveria ser simples e fácil de usar, além de empregar dados normalmente já disponíveis para os planejadores das cidades médias brasileiras, ou que pudessem ser obtidos facilmente, através de coleta de dados. Além disso, outro aspecto determinante na escolha do modelo para avaliação da qualidade das vias deve ser a presença de variáveis que caracterizem a qualidade das interseções, um fator importante quando se trata de vias compartilhadas em áreas urbanas.

Desta forma, o método proposto para a definição de rotas cicláveis em áreas urbanas pode ser dividido nas seguintes etapas:

1. Identificação do pólo potencial para geração de viagens por bicicleta a ser analisado;
2. Coleta de dados sobre o comportamento de viagem dos usuários do pólo, visando a obtenção de informações sobre o comportamento de viagens, o perfil e a opinião desses usuários sobre as características das viagens por bicicleta;
3. Identificação dos segmentos de vias onde existe maior demanda potencial de viagens por bicicletas;
4. Avaliação do nível de serviço dos segmentos de vias selecionados;
5. Priorização dos segmentos de vias com maior necessidade de melhoramentos para definição das rotas cicláveis.

5.1 Identificação do pólo a ser analisado

A identificação de pólos geradores de viagens por bicicletas deve ser baseada no uso do solo existente, além de enfatizar alguns usos específicos, que são mais propensos à atração destas viagens, como: escolas (principalmente faculdades e universidades), parques, praias, bibliotecas, áreas verdes, rios, lagos e outras instalações recreativas (FHWA, 2003).

Além disso, Pezzuto (2002) afirma que, para incentivar a utilização da bicicleta para viagens utilitárias, deve-se atender as linhas de desejo de movimentação dos potenciais usuários em suas viagens para trabalho e escola, destacando, portando, as escolas e locais de trabalho como pólos geradores em potencial.

5.2 Coleta de dados sobre as características dos usuários do pólo e sobre as viagens realizadas

A coleta de dados nos pólos geradores tem como objetivo, levantar as seguintes informações sobre os usuários do pólo:

- Características socioeconômicas (informações pessoais)
- Características das viagens realizadas para acesso ao pólo
- Origem da viagem realizada (para definição das linhas de desejo das viagens)
- Opinião dos usuários com relação às características das viagens por bicicleta

Para tanto, propõe-se a utilização de um questionário, conforme o modelo mostrado no Apêndice IV, através do qual podem ser obtidas as seguintes informações:

- Informações pessoais que permitiram traçar um perfil dos entrevistados (gênero, idade, rendimento mensal do responsável pelo domicílio, endereço do domicílio e posse de automóvel);
- Informações sobre as viagens de ida e volta de casa para a escola ou trabalho (modo de transporte utilizado, motivo da viagem, duração da viagem e trajeto)
 - Para os usuários de bicicleta, acrescenta-se uma pergunta a respeito dos pontos do percurso que são considerados problemáticos para andar de bicicleta.
 - Para os usuários de transporte coletivo, acrescenta-se uma pergunta a respeito da linha de ônibus utilizada.

Para o levantamento da opinião dos usuários do pólo gerador, com relação às características das viagens por bicicleta, visando subsidiar a determinação da demanda potencial, propõe-se a realização de uma pesquisa de preferência declarada.

5.3 Pesquisa de Preferência Declarada

Em uma pesquisa de preferência declarada, os indivíduos são questionados sobre o que eles fariam (ou como eles ordenariam certas opções), dadas uma ou mais situações reais ou hipotéticas (ORTÚZAR e WILLUMSEN, 1994). Sendo assim, este tipo de técnica pode fornecer informações sobre as preferências potenciais dos indivíduos, avaliando serviços ainda não existentes. A técnica de preferência declarada é adequada para a pesquisa porque permite identificar quais os atributos do transporte cicloviário mais importantes do ponto de vista dos usuários dos pólos geradores. Assim sendo, os resultados da pesquisa fornecem subsídios para proposta de medidas visando incentivar o uso da bicicleta. Descreve-se a seguir como pode ser montada a pesquisa de preferência declarada.

5.3.1 Montagem do experimento

A montagem do experimento é realizada através das seguintes etapas, descritas por Hensher (*apud* LIMA E GONÇALVES, 1999):

a) Identificação do conjunto de atributos que necessita ser considerado

Os atributos a serem incluídos na pesquisa devem ser selecionados de modo a incluir todos os aspectos que possam ser relevantes para os entrevistados, e podem ser identificados a partir de revisão bibliográfica ou através de pesquisa com técnicos e pesquisadores da área.

b) Seleção da unidade de medida para cada atributo considerado

Para cada atributo considerado, deve ser definida uma unidade de medida que pode ser quantitativa ou qualitativa.

c) Especificação do número e grandeza dos níveis dos atributos e identificação das alternativas geradas pelas combinações dos níveis dos atributos

O número de alternativas geradas a partir do número de atributos (a) e do número de níveis definidos para cada atributo (n), é igual a n^a (ORTÚZAR E WILLUMSEN, 1994).

Este número total de alternativas (fatorial completo) pode ser muito grande, dificultando o discernimento por parte dos entrevistados. Neste caso, pode ser adotado um conjunto menor de alternativas (fatorial parcial) obtido a partir do conjunto completo, com exclusão de algumas alternativas (SOUZA, 1999). Devem ser também eliminadas as alternativas: dominante (com todos os atributos nos melhores níveis) e dominada (com todos os atributos nos piores níveis).

d) Escolha da técnica de ordenação adotada

Segundo Ortúzar e Willumsen (1994), existem três maneiras principais de coletar informações sobre a preferência do entrevistado: ordenação ou *ranking*, avaliação ou *rating* e escolha discreta ou *choice*. A ordenação ou *ranking* consiste em apresentar todas as alternativas simultaneamente ao entrevistado e pedir para ele ordená-las em

ordem de preferência. A avaliação ou *rating* é uma forma de avaliação métrica, onde o entrevistado deve expressar o seu grau de preferência por cada alternativa utilizando uma escala. A escolha discreta ou *choice* exige que o entrevistado escolha uma dentre as alternativas disponíveis.

A técnica de ordenação das alternativas ou *ranking* tem a vantagem de que um único entrevistado faz várias escolhas, que podem ser consideradas escolhas distintas, aumentando o número de casos disponíveis para a calibração dos modelos. Por outro lado, também limita o número de alternativas possíveis de serem avaliadas sem que o entrevistado se canse ou não consiga discernir entre uma alternativa e outra.

5.3.2 A função utilidade e a calibração dos modelos

Para caracterizar a atratividade de uma alternativa em relação às outras, utiliza-se o conceito de utilidade, definida como uma combinação de variáveis que representam as características da alternativa. Um modelo linear aditivo é normalmente adotado para representar a função de utilidade:

$$U_{in} = \sum_{k=1}^K \beta_k X_{ink} \quad (5.1)$$

Onde:

U_{in} = utilidade da alternativa i para o indivíduo n

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

β_k = coeficiente do modelo para o atributo k (os coeficientes β_k representam o peso relativo de cada um dos atributos na escolha do entrevistado)

K = quantidade de atributos das alternativas

As técnicas analíticas para calibração do modelo (obtenção dos valores dos coeficientes β_k) variam em função da técnica de ordenação adotada: *rating* (avaliação) *ranking* (ordenação) ou *choice* (escolha), sendo as mais comuns: a análise de regressão múltipla e os modelos logit multinomial.

Os modelos logit multinomiais podem ser utilizados para calibrar qualquer um dos tipos de medida de preferência. Sua formulação matemática é dada por:

$$P_n(i) = \frac{e^{U_{in}}}{\sum_{j \in C_n} e^{U_{jn}}} \quad (5.2)$$

Onde:

$P_n(i)$ é a probabilidade do indivíduo n escolher a alternativa i

C_n é o conjunto de escolhas possíveis para um indivíduo n

U_{in} é a utilidade.

Para ajustar os dados coletados, quando o método de pesquisa envolve o ordenamento das alternativas (*ranking*), usa-se o Modelo Logit Multinomial Explodido. Neste caso, se o conjunto de escolha C_n possui J alternativas, o processo escolha desdobra-se em $J-1$ decisões por parte do entrevistado, que podem ser consideradas como escolhas feitas por diferentes entrevistados. A formulação do Modelo Logit Multinomial Explodido é a seguinte:

$$P_n(1,2,\dots,J) = \prod_{i=1}^{J-1} \frac{e^{\beta_x X_{jnk}}}{\sum_{i \in C} e^{\beta_x X_{jnk}}} \quad (5.3)$$

Onde:

$P_n(1,2,\dots,J)$ expressa a probabilidade de observar uma ordem de classificação para a alternativa 1 ser preferida a 2, a alternativa 2 a 3, e assim por diante

C é o conjunto de escolha explodido

Quando se utiliza o modelo logit multinomial, o procedimento de estimação dos coeficientes dos atributos baseia-se, geralmente, no princípio estatístico da máxima verossimilhança (ORTÚZAR e WILLUMSEM, 1994), sendo que a ordenação deve ser

construída em ordem decrescente de preferência para cada entrevistado. Falhas nesse sentido podem invalidar os resultados do modelo.

5.3.3 Avaliação da qualidade do modelo calibrado

Dois parâmetros estatísticos são utilizados, geralmente, para avaliar a qualidade do modelo ajustado: o Teste da Razão de Verossimilhança e o teste ρ^2 .

a) Teste da Razão de Verossimilhança (LR)

$$LR = -2\{L(0) - L(\beta)\} \quad (5.4)$$

$L(0)$ = valor da função de verossimilhança com todos os parâmetros iguais a zero

$L(\beta)$ = valor da função de verossimilhança com os valores estimados para os parâmetros.

O Teste da Razão de Verossimilhança tem distribuição de chi-quadrado (χ^2) com r graus de liberdade, onde r é o número de restrições lineares (parâmetros β). Testa a hipótese de nulidade de todos os parâmetros simultaneamente. Adotando-se um nível de significância (por exemplo, 95%), calcula-se o valor do χ^2 crítico (r , 95%). Se o valor LR for maior que o valor χ^2 crítico, então se rejeita a hipótese de nulidade de todos os parâmetros simultaneamente.

b) Teste da estatística ρ^2 (Pseudo Coeficiente de Determinação):

$$\rho^2 = 1 - \frac{L(\beta)}{L(0)} \quad (5.5)$$

A estatística ρ^2 avalia o ajuste do modelo. É, de certo modo, equivalente à estatística R^2 (Coeficiente de Determinação) que varia de 0 (nenhum ajuste) até 1 (ajuste perfeito). A estatística ρ^2 tem seu valor teórico também limitado de 0 a 1, mas um valor acima de 0,2 e próximo a 0,4 indica um ajuste considerado excelente para o modelo logit multinomial (ORTÚZAR e WILLUMSEN, 1994).

5.3.4 Tratamento das entrevistas discrepantes

Em qualquer pesquisa, é comum existirem entrevistas com comportamentos acentuadamente diferentes em relação ao comportamento médio da população amostrada. Estas entrevistas fornecem dados discrepantes, que podem comprometer a análise dos dados, provocando resultados não compatíveis com a tendência natural da população amostrada (SOUZA, 1999).

Como não é possível identificar as entrevistas discrepantes durante a aplicação da pesquisa, Souza (1999) sugere um procedimento que leva em conta o valor da probabilidade da utilidade individual de cada entrevista para determinar, por métodos descritivos, os dados que destoam do conjunto amostrado:

- a) Estimam-se valores dos parâmetros β_k , utilizando-se todas as entrevistas disponíveis
- b) De posse das estimativas dos parâmetros β_k , calcula-se o valor da probabilidade da utilidade de cada entrevista, conforme a equação 5.3.
- c) Adota-se o percentil 10 (P10) como limite do valor discrepante, ou seja, consideram-se como entrevistas discrepantes aquelas cujos valores de probabilidade estiverem abaixo do percentil 10.
- d) Com a identificação das entrevistas discrepantes, estas são excluídas e é feita nova estimativa dos parâmetros β_k .

5.4 Identificação dos segmentos de vias onde existe maior demanda potencial de viagens por bicicletas

A determinação da área de influência dos pólos para as viagens de bicicleta pode servir como uma primeira abordagem para a identificação dos segmentos de vias onde existe maior demanda potencial destas viagens. A área de influência é a região sobre a qual o pólo exerce atração e se constitui no espaço geográfico mais propício para originar as viagens de bicicleta com destino ao pólo.

Os critérios para delimitação da área de influência, em geral consideram três categorias: área primária, área secundária e área terciária. Os limites dessa área são determinados por fatores como: natureza e porte do pólo, acessibilidade, densidade e características

socioeconômicas da população, barreiras físicas, limitações de tempo e distância de viagem. Em geral, considera-se como área primária o limite de 10 minutos de viagem até o pólo, como área secundária o limite de 20 minutos e como área terciária o limite de 30 minutos de viagem até o pólo (PORTUGAL e GOLDNER, 2003).

Pode-se presumir que, excluindo a restrição da distância, os ciclistas queiram ir aos mesmos lugares que as pessoas que se locomovem com o uso dos modos motorizados de transporte. Assim, o fluxo das viagens de bicicleta pode ser bem representado pelo fluxo de veículos motorizados no sistema viário existente. Além disso, a maioria dos adultos tem um mapa mental da sua região, baseado nas suas experiências de viagens em veículos motorizados, orientando-se pela localização das vias principais da cidade (FHWA, 2003). Desta forma, segundo o FHWA (2003), a análise das linhas de desejo, juntamente com o tráfego de veículos motorizados pode ser uma boa maneira de identificar os segmentos de vias com maior potencial para atrair as viagens por bicicleta.

Após a coleta de dados sobre o comportamento de viagem dos usuários dos pólos geradores, a proposta inclui a determinação das áreas de influência dos pólos, a definição das linhas de desejo de viagens e a identificação dos segmentos de vias com maior demanda potencial de viagens por bicicleta, através da análise dos itinerários dos entrevistados.

5.5 Avaliação do nível de serviço dos segmentos de vias selecionados

Tendo em vista os fatores citados anteriormente a respeito da escolha do modelo de avaliação do nível de serviço das vias, o modelo sugerido para avaliação do nível de serviço das vias é o modelo de Dixon para o Plano de Mobilidade de Gainesville (DIXON, 1996), detalhado no Apêndice III. Considerou-se que, dentre os modelos estudados, este atende melhor aos critérios considerados. Apesar de não haver tentativa de relacionar as medidas de nível de serviço do modelo com a percepção real dos ciclistas, o modelo de Dixon emprega dados passíveis de serem coletados com certa facilidade em cidades médias brasileiras.

Esta etapa consiste na aplicação do modelo de Dixon nos segmentos das vias selecionadas na etapa anterior, onde se acredita existir maior demanda potencial de viagens por bicicletas. O resultado é uma classificação destes segmentos de acordo com o seu nível de serviço para o transporte cicloviário.

5.6 Priorização dos segmentos de vias com maior necessidade de melhoramentos para definição das rotas cicláveis

A classificação dos segmentos das vias selecionadas quanto ao seu nível de serviço para o transporte cicloviário tem como objetivo a priorização daqueles com maior necessidade de melhoramentos, servindo como diretriz para a definição de rotas propícias para a atividade cicloviária.

No entanto, outras diretrizes precisam ser consideradas na definição de rotas cicláveis em áreas urbanas. FHWA (2003) e Geipot (2001a) sugerem uma série de princípios norteadores de um sistema cicloviário. Acredita-se que alguns destes critérios necessários para a caracterização de uma rede de transporte cicloviário funcional podem também ser considerados na definição de rotas cicláveis bem sucedidas.

▪ Acessibilidade:

A acessibilidade pode ser medida pela distância que a infra-estrutura para bicicletas está localizada dos pontos de origem e destino considerados, pela facilidade que esta distância pode ser percorrida por bicicleta e pela abrangência de origens e destinos que esta infra-estrutura vai atender. No caso de pólos geradores de viagens por bicicleta, considerados destinos de alta prioridade, deve-se garantir um nível de acessibilidade adequado para bicicletas.

▪ Viagens diretas:

Na maioria dos casos, os ciclistas não estão dispostos a mudarem suas rotas usuais para rotas alternativas, se isto for aumentar muito a distância ou o tempo de viagem aos quais eles estão acostumados. No entanto, a preferência dada ao conforto e segurança, em detrimento de viagens mais diretas, depende do comportamento dos ciclistas usuários e potenciais de cada caso estudado.

- **Continuidade das rotas:**

A continuidade física é um fator muito importante na definição de rotas cicláveis. As rotas propostas devem, então, apresentar o mínimo de interrupções possíveis.

- **Viabilidade econômica:**

A viabilidade econômica diz respeito aos custos de implantação e manutenção das facilidades. No caso das rotas cicláveis, os custos principais são referentes à sinalização adequada e à adequação e manutenção do pavimento das vias.

- **Implementação das propostas:**

O grau de dificuldade ou facilidade de implementação das propostas depende, principalmente, do espaço físico disponível nas vias e da configuração do sistema viário existente.

O método proposto para a definição de rotas cicláveis em áreas urbanas tentou abranger a maioria das questões necessárias para que estas rotas realmente tenham resultados satisfatórios para incentivar o transporte cicloviário.

As questões principais consideradas neste método foram a adequação à demanda existente e potencial de viagens por bicicleta e a garantia de um nível de serviço das vias adequado às viagens de bicicleta em vias compartilhadas em áreas urbanas. Além disso, outros critérios apresentados acima precisam ser considerados, incluindo a acessibilidade, a distância e o tempo de viagem, a continuidade das rotas, os custos de implantação e manutenção e a facilidade de implementação das propostas.

Para testar e avaliar a aplicabilidade da metodologia proposta, foi realizado um estudo de caso, apresentado nos Capítulos 6 e 7.

6 ESTUDO DE CASO: PESQUISA NOS PÓLOS GERADORES DE VIAGENS DE BICICLETA

Com o objetivo de testar a metodologia proposta e avaliar a sua aplicabilidade através dos resultados alcançados, foi realizado um estudo de caso na cidade de São Carlos, SP.

São Carlos é uma cidade de porte médio, com aproximadamente 200.000 habitantes (IBGE, 2000). A cidade de São Carlos, como a maioria das cidades brasileiras, não possui uma extensão significativa de ciclovias e/ou ciclofaixas.

A escolha de São Carlos como objeto do estudo de caso deve-se, principalmente, à facilidade de obtenção das informações necessárias, muitas das quais estão disponíveis no Núcleo de Estudos sobre Mobilidade Sustentável (NEMS) da Universidade Federal de São Carlos, em formato digitalizado, o que facilita o uso de um Sistema de Informações Geográficas como ferramenta na manipulação dos dados coletados. O SIG disponível no Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana da UFSCar e utilizado no estudo é o TransCAD (CALIPER, 1996).

As bases de dados disponíveis, utilizadas neste estudo de caso, incluem: o sistema viário urbano, as quadras, os setores censitários, os setores e quadras do Cadastro Municipal e os pontos de conexão de água e esgoto do cadastro do SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto de São Carlos).

6.1 Identificação dos pólos geradores de viagens

Os pólos geradores foram escolhidos tendo como critério a constatação do uso atual do transporte ciclovitário ou a verificação do potencial dos pólos para estas viagens, além de sua localização geográfica. Os pólos geradores de viagens de bicicletas a serem analisados deveriam estar localizados dentro da mesma região da cidade para que a área de influência dos dois fosse coincidente (o que facilitaria a coleta de dados sobre as características físicas das vias). Além disso, como o método proposto visa estimar as

viagens utilitárias (por motivos de trabalho e estudo), estes pólos poderiam ser escolas e indústrias.

Com base nestes critérios, os pólos geradores escolhidos para o estudo de caso foram: a unidade do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI de São Carlos e uma das unidades da indústria Electrolux do Brasil S/A de São Carlos. A localização desses pólos é mostrada na Figura 6.1.

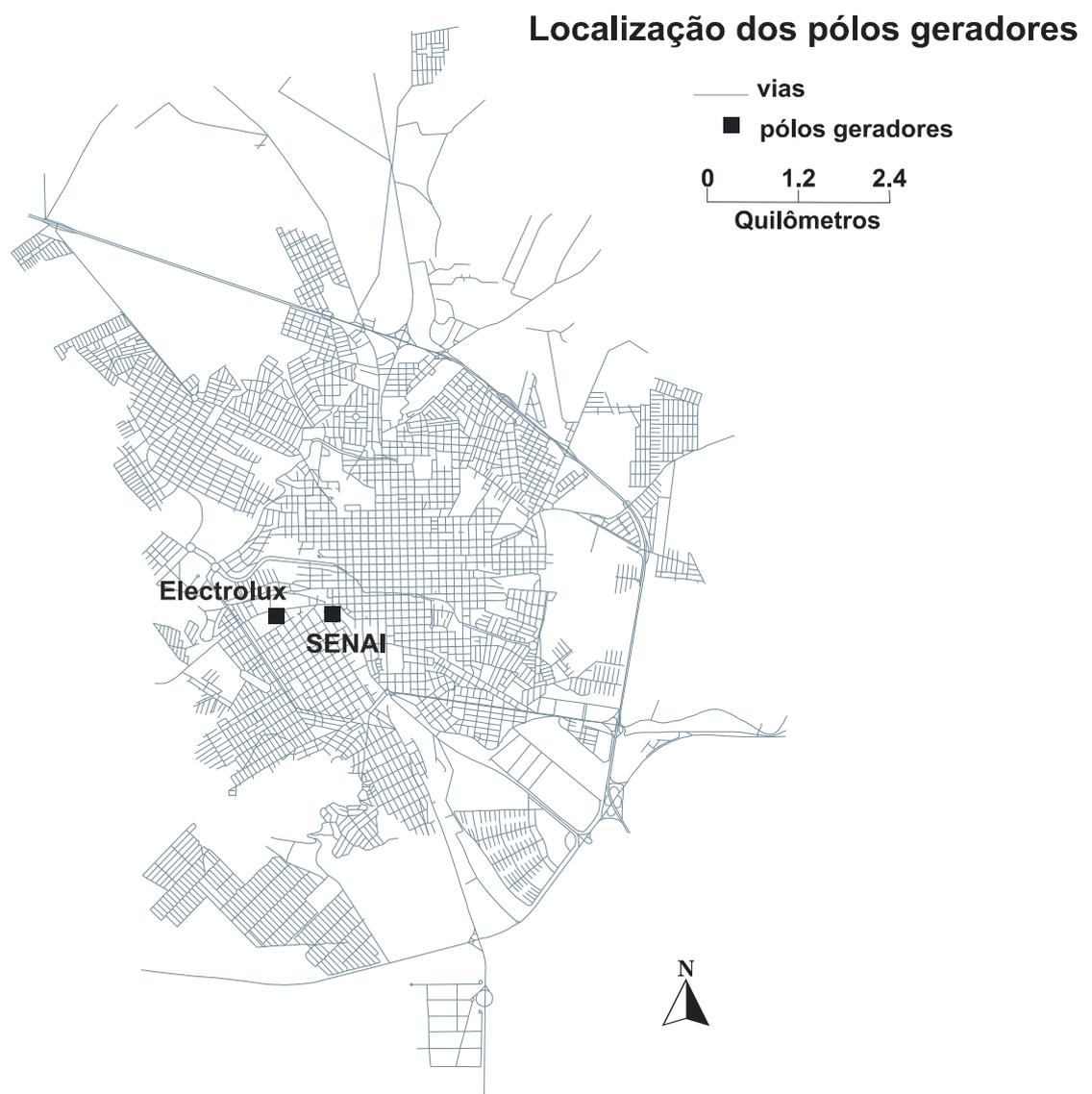


Figura 6.1: Localização dos pólos geradores de viagens de bicicletas

6.1.1 SENAI – São Carlos

A unidade do SENAI de São Carlos está localizada à Rua Cândido Padim, 25. Oferece cursos de aprendizagem industrial para jovens de no mínimo 14 anos, que tenham concluído o ensino fundamental, além de cursos técnicos para alunos que já concluíram o ensino médio. Os cursos de aprendizagem industrial são divididos em quatro turmas no período da manhã e cinco turmas no período da tarde, totalizando 260 alunos. Existe um bicicletário nas instalações da escola, e o Serviço Social do SENAI – São Carlos estima que cerca de 100 alunos utilizam a bicicleta para ir à escola diariamente. Para este estudo, foram escolhidos os alunos dos cursos de aprendizagem industrial, por estarem em uma faixa etária diferente dos funcionários da indústria que também fazem parte da pesquisa. A Figura 6.2 mostra uma vista da Escola SENAI – São Carlos.



Fonte: Acervo pessoal (2005)

Figura 6.2: Escola SENAI – São Carlos.

6.1.2 Electrolux do Brasil S/A

A unidade da Electrolux do Brasil S/A de São Carlos, escolhida para este estudo, fica localizada à Avenida José Pereira Lopes, 250. A unidade possui um bicicletário que se destaca pelo volume de bicicletas que abriga diariamente (Figura 6.3). Para esta pesquisa, foram selecionados os funcionários da Escola de Manufatura, ou seja, a linha de produção da fábrica. Acredita-se que estes funcionários têm um perfil com maior

possibilidade para o uso da bicicleta como modo de transporte para viagens utilitárias, seja por uma questão cultural ou, principalmente por uma questão de renda familiar.



Fonte: Acervo pessoal (2005)
Figura 6.3: Bicicletário da Electrolux.

6.2 Entrevista com os usuários dos pólos geradores

Com o objetivo de avaliar o instrumento de pesquisa a ser utilizado nas entrevistas (tanto em termos de qualidade do questionário, quanto da qualidade intuitiva das respostas obtidas dos entrevistados), foi realizada uma pesquisa-piloto com cinco alunos dos Cursos Técnicos do SENAI no dia 20/06/2005, no período da manhã. A avaliação comprovou a aplicabilidade do questionário e do experimento de preferência declarada.

As entrevistas com os funcionários da Electrolux foram realizadas no dia 25/06/2005. Foram entrevistados 52 funcionários da Escola de Manufatura, no período da manhã. No SENAI, a pesquisa foi aplicada no dia 04/08/2005, quando foram entrevistados 54 alunos, metade no período da manhã e a outra metade no período da tarde. Assim sendo, foram realizadas, no total, 106 entrevistas. Todos os entrevistados foram selecionados aleatoriamente, dentre os alunos e funcionários que estavam presentes no momento das entrevistas.

6.2.1 Perfil dos entrevistados

Os dados coletados possibilitaram traçar um perfil socioeconômico dos entrevistados, levando em conta gênero, idade, renda familiar e posse de automóvel. Todas essas informações, exceto a posse de automóvel, foram classificadas em faixas. A renda familiar considerada foi a renda mensal do responsável pelo domicílio, variável utilizada no Censo de 2000 (IBGE, 2000). As principais características socioeconômicas da amostra levantada são mostradas no Quadro 6.1:

Quadro 6.1: Características dos indivíduos entrevistados

| | |
|--|---|
| Gênero Homens = 95 (89,6%) Mulheres = 11 (10,4%) | Propriedade de automóvel Nenhum = 28 (26,4%) Ao menos um = 78 (73,6%) |
| Renda (salários mínimos) 1 a 2 = 11 (10,4%) 2 a 3 = 42 (39,6%) 3 a 5 = 31 (29,6%) 5 a 10 = 17 (16,0%) Mais de 10 = 4 (3,8%) Não sabe = 1 (1,0%) | Faixa etária Até 18 anos = 50 (47,2%) 18 a 24 anos = 17 (16,0%) 25 a 29 anos = 12 (11,3%) 30 a 39 anos = 18 (17,0%) 40 a 49 anos = 9 (8,5%) Mais de 50 anos = 0% |

Verifica-se que a maioria dos entrevistados são homens e a faixa etária predominante é a dos indivíduos com até 18 anos, refletindo o grande peso dos estudantes na pesquisa.

6.2.2 Comportamento de viagens

A pesquisa permitiu também a identificação das características das viagens que os entrevistados realizam para se locomoverem de seus domicílios até o local de trabalho ou estudo (Quadro 6.2).

Quadro 6.2: Características das viagens realizadas

| | |
|--|--|
| <p>Modo de transporte Ônibus = 33 (31,1%) Bicicleta = 30 (28,3%) A pé = 17 (16,0%) Automóvel = 15 (14,2%) Outros = 11 (10,4%)</p> <p>Motivo Trabalho = 52 (49,1%) Estudo = 54 (50,9%)</p> | <p>Duração da viagem Até 10 minutos = 26 (24,4%) 11 a 19 minutos = 30 (28,3%) 20 a 29 minutos = 29 (27,4%) 30 e 39 minutos = 13 (12,3%) 40 a 49 minutos = 7 (6,6%) Mais que 50 minutos = 1 (1,0%)</p> |
|--|--|

Apesar da maioria dos indivíduos que participaram da pesquisa possuir pelo menos um automóvel em seu domicílio, o modo de transporte mais utilizado pelos entrevistados foi o ônibus, seguido pela bicicleta. Estes dados confirmam a observação inicial referente à grande quantidade de viagens por bicicletas relacionadas aos dois locais estudados, reforçando a classificação dos mesmos como pólos geradores de viagens de bicicleta.

Quanto à duração das viagens realizadas do domicílio até a escola ou trabalho, verifica-se que a maior parte dos indivíduos entrevistados faz viagens com até 30 minutos de duração. Estes dados indicam que as viagens realizadas para os pólos analisados são de curta e média duração.

Os resultados detalhados da pesquisa se encontram no Apêndice IV.

6.2.3 Identificação das origens das viagens

Os locais de moradia dos entrevistados foram cadastrados no mapa da cidade de São Carlos, com o uso do *TransCAD*. Para isso, foi utilizado o arquivo de ligações de pontos de água e esgoto do SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto de São Carlos). Do total de 106 entrevistas, 96 pontos foram cadastrados. Dos 10 pontos não cadastrados, 9 endereços não foram encontrados no cadastro do SAAE, enquanto que um deles já havia sido cadastrado, indicando provavelmente que foram entrevistados dois moradores da mesma residência. Além destes 96 locais de residência, foram cadastrados também os dois pontos de destino (SENAI e Electrolux).

O cadastro destes pontos permitiu identificar a distribuição geográfica dos domicílios dos entrevistados na cidade de São Carlos, de acordo com o modo de transporte utilizado por eles (Figura 6.4). Pode-se verificar que os entrevistados residem, na maioria dos casos, nas áreas mais periféricas da cidade. Também se percebe que os entrevistados que utilizam o modo à pé e bicicleta residem, de maneira geral, em setores mais próximos dos pólos geradores ou em áreas de maior concentração de população de baixa renda (segundo os dados do Diagnóstico do Plano Diretor da Prefeitura Municipal de São Carlos - PMSC, 2005).

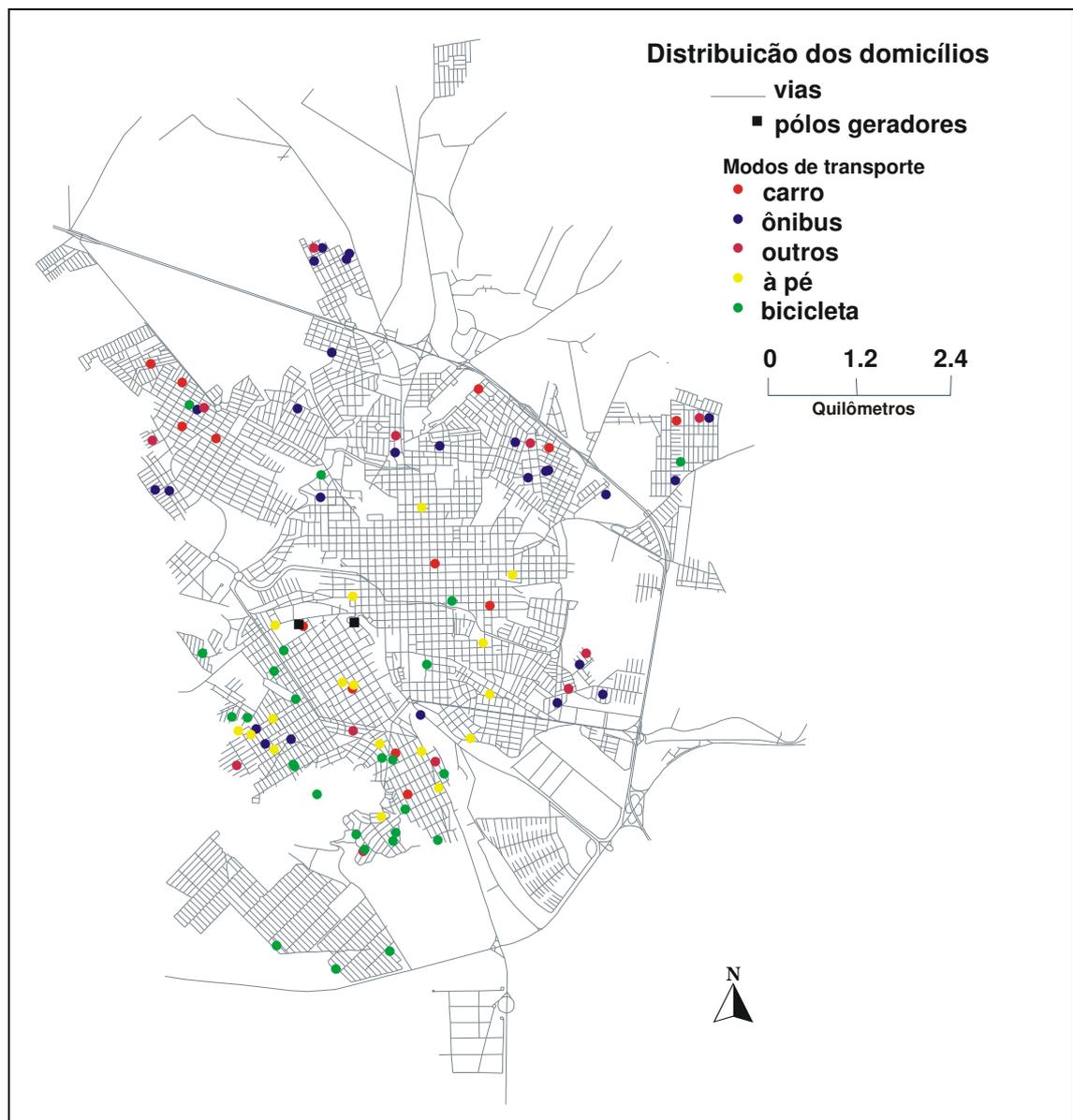


Figura 6.4: Distribuição dos domicílios dos entrevistados, de acordo com o modo de transporte utilizado.

6.2.4 Pontos problemáticos para andar de bicicleta

Os entrevistados que utilizam a bicicleta como principal modo de transporte para suas viagens de casa ao trabalho também deram sua opinião a respeito dos pontos mais problemáticos para andar de bicicleta em seus trajetos. As respostas recebidas permitem dois tipos de análise: pontos problemáticos para andar de bicicleta quando aos tipos de problemas existentes (Quadro 6.3) e quanto aos locais indicados (Quadro 6.4).

Quanto aos tipos de problemas existentes, destacaram-se os problemas relacionados a conflitos viários (em rotatórias e cruzamentos). Outros problemas muito citados também foram o grande volume de tráfego de veículos motorizados e os problemas na condição de pavimento das vias. Por outro lado, alguns problemas que receberam menos destaque, mas ainda foram apontados são: a presença de veículos pesados, a declividade acentuada e a largura da via, considerada estreita. Dos 30 ciclistas entrevistados, apenas três afirmaram não existir nenhum ponto problemático para andar de bicicleta no seu trajeto diário.

Quadro 6.3: Pontos problemáticos para andar de bicicleta – quanto aos problemas

| Problemas | Número de vezes que foram citados |
|------------------------------|--|
| Conflitos* | 17 |
| Volume de tráfego | 12 |
| Pavimento ruim | 8 |
| Presença de veículos pesados | 4 |
| Nenhum | 3 |
| Declividade | 1 |
| Largura da via | 1 |

* Rotatórias (12); Cruzamentos (5)

Quanto aos locais indicados como pontos problemáticos para o tráfego de bicicletas, a opinião dos ciclistas foi variada. Pode-se identificar, no entanto, o destaque da rotatória em frente à Escola Estadual de Primeiro e Segundo Graus Jesuíno de Arruda, localizada no início da Av. Dr. Teixeira de Barros, na confluência com a Rua Cel. Leopoldo Prado

e a Av. Pádua Salles. Esta região já havia sido detectada com a presença de conflitos viários pelo Diagnóstico do Plano Diretor de São Carlos (PMSC, 2005). A própria Av. Dr. Teixeira de Barros, conhecida como Rua Larga, também foi citada como um local problemático para andar de bicicleta, juntamente com a Av. das Torres.

Quadro 6.4: Pontos problemáticos para andar de bicicleta – quanto aos locais

| Locais | Número de vezes que foram citados |
|--|--|
| Rotatória – E.E.P.S.G. Jesuíno de Arruda | 4 |
| Av. das Torres | 4 |
| Rua Larga | 3 |
| Balão do bonde da Vila Nery | 2 |
| Rotatória – final da Av. Grécia | 2 |
| Viaduto do Jockey Clube com Rodovia Washington Luis | 2 |
| Av. Sallum | 2 |
| Rua Riachuelo | 1 |
| Rua Major José Inácio | 1 |
| Travessa Sete | 1 |
| Rua Marechal Deodoro | 1 |
| Rua Santa Madre Cabrini | 1 |
| Rotatória da Av. Parque Faber – Av. Bruno Ruggiero Filho | 1 |
| Rua Gastão de Sá | 1 |
| Av. São Carlos | 1 |
| Av. José Pereira Lopes | 1 |
| Rua Cândido Padim | 1 |
| Vila Carmem (Bicão) | 1 |

6.2.5 Pesquisa de preferência declarada

A pesquisa de preferência declarada foi montada conforme as etapas descritas no Capítulo 5.

a) Identificação do conjunto de atributos que necessita ser considerado

Os atributos a serem incluídos na pesquisa foram selecionados a partir da revisão bibliográfica, conforme descrito nos capítulos 3 e 4. Para evitar que o conjunto de alternativas ficasse muito grande, o que dificultaria a escolha por parte dos entrevistados, optou-se por utilizar apenas 3 atributos: o tempo de viagem, a condição do pavimento e a velocidade do fluxo de veículos motorizados ao longo das vias percorridas.

b) Seleção da unidade de medida para cada atributo considerado e especificação do número e grandeza dos níveis dos atributos

Para cada atributo considerado, definiu-se uma unidade de medida, quantitativa ou qualitativa. No caso do tempo de viagem e da velocidade dos veículos motorizados, utilizaram-se unidades de medida quantitativas (minutos e km/h, respectivamente). A condição do pavimento, por sua vez, foi avaliada por uma unidade de medida qualitativa (bom e ruim). Foram definidos dois níveis para cada um dos atributos (Quadro 6.5), considerando principalmente as características de viagens realizadas em cidades de porte médio.

Quadro 6.5: Definição das unidades de medida e dos níveis dos atributos

| Atributos | Unidade de medida | Níveis |
|-------------------------|------------------------|--|
| Tempo de viagem | Quantitativa (minutos) | bom - até 30 min ruim - mais de 30 min |
| Condição do pavimento | Qualitativa | bom ruim |
| Velocidade dos veículos | Quantitativa (km/h) | bom - até 40 km/h ruim - acima de 40 km/h |

c) Combinações dos níveis dos atributos e especificação do número de alternativas

O número de alternativas geradas a partir do número de atributos (a) e do número de níveis definidos para cada atributo (n), é igual a n^a (ORTÚZAR E WILLUMSEN, 1994). No caso desta pesquisa, o número de alternativas é igual a 2^3 , resultando em 8 combinações possíveis. Deste número total de alternativas, duas foram eliminadas (alternativa dominante e alternativa dominada), conforme mostrado no Quadro 6.6. Verifica-se, neste quadro, que a alternativa 1 é dominante porque inclui os melhores

níveis de todos os atributos e a alternativa 8 é dominada porque inclui os piores níveis. A montagem do experimento resultou, portanto, em 6 alternativas hipotéticas a serem apresentadas aos entrevistados.

Quadro 6.6: Combinações possíveis dos atributos

| Combinações | Atributos | | | Alternativas |
|-------------|-----------------|----------------|-----------|--------------|
| | Velocidade | Tempo | Pavimento | |
| 1 | até 40km/h | até 30 min | bom | --- |
| 2 | até 40km/h | até 30 min | ruim | A |
| 3 | até 40km/h | mais de 30 min | bom | B |
| 4 | até 40km/h | mais de 30 min | ruim | C |
| 5 | mais de 40 km/h | até 30 min | bom | D |
| 6 | mais de 40 km/h | até 30 min | ruim | E |
| 7 | mais de 40 km/h | mais de 30 min | bom | F |
| 8 | mais de 40 km/h | mais de 30 min | ruim | --- |

A Tabela 6.1 mostra a representação numérica dos atributos das alternativas (0 = ruim, 1 = bom)

Tabela 6.1: Representação numérica dos atributos das alternativas

| Alternativas | Velocidade | Tempo | Pavimento |
|--------------|------------|-------|-----------|
| 1 | 1 | 1 | 0 |
| 2 | 1 | 0 | 1 |
| 3 | 1 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 1 | 1 |
| 5 | 0 | 1 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 1 |

Para auxiliar no entendimento dos entrevistados e garantir respostas mais realistas, foram montados cartões, incluindo material gráfico para facilitar a visualização e a interpretação do entrevistado, como ilustrado na Figura 6.5. Os outros cartões podem ser vistos no Apêndice V.

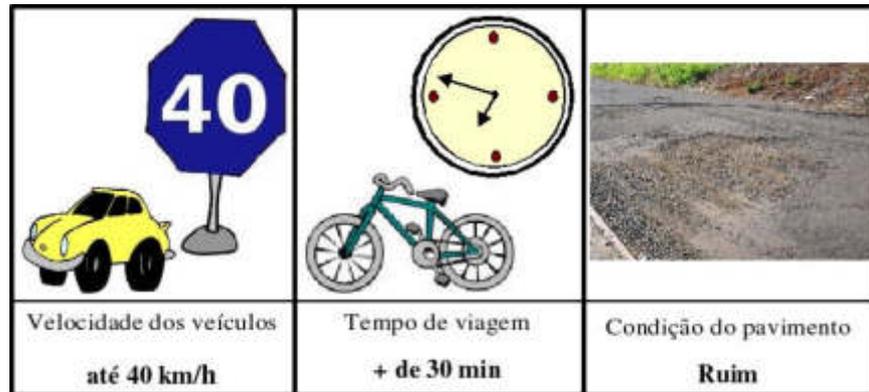


Figura 6.5: Exemplo de cartão utilizado na pesquisa

d) Escolha da técnica de ordenação adotada

Nesta pesquisa foi utilizada a técnica de ordenação das alternativas ou *ranking*. Esta técnica tem como vantagem o fato de que um único entrevistado faz várias escolhas, que podem ser consideradas escolhas distintas, aumentando o número de casos disponíveis para a calibração dos modelos. Por outro lado, também limita o número de alternativas possíveis de serem avaliadas sem que o entrevistado se canse ou não consiga discernir entre uma alternativa e outra.

Das 106 entrevistas realizadas nos dois pólos geradores de viagens de bicicleta, puderam ser aproveitadas 105 entrevistas para a pesquisa de preferência declarada. Apenas uma das entrevistas foi descartada por um erro relacionado à coleta de dados.

Cada entrevista demorou, em média, 8 minutos, sendo mais da metade deste tempo utilizado para a explicação da pesquisa de preferência declarada pela entrevistadora e para a ordenação das alternativas pelos entrevistados. Os alunos que foram entrevistados no SENAI, de forma geral, tiveram uma facilidade maior para entender o objetivo da pesquisa (ordenar as alternativas), conseguindo assim completar as entrevistas em cerca de 6 a 8 minutos. Os funcionários entrevistados na Electrolux, por sua vez, tiveram mais dificuldade, chegando a demorar até 15 minutos para completar a entrevista, em alguns casos. Nestes casos, pôde-se perceber que a maior dificuldade enfrentada pelos entrevistados foi o entendimento do conceito de ordenação das alternativas e a percepção da diferença entre elas.

6.3 Verificação das opiniões de grupos distintos de entrevistados

Para verificar se existe diferença de comportamento entre os usuários de grupos distintos, foi feito um teste estatístico (teste de chi-quadrado χ^2).

O teste do chi-quadrado (χ^2) é utilizado para verificar se existe diferença de opinião entre grupos distintos de entrevistados, ou seja, se a opinião depende ou não de alguma característica que descreve o grupo analisado. Após a aplicação do teste, se o valor do chi-quadrado da amostra for menor que o valor crítico, conclui-se que o grupo não interfere na opinião.

A amostra foi estratificada em função do gênero, do modo de transporte utilizado, da idade e do local onde foi feita a entrevista. Os resultados das entrevistas, estratificados por grupo, assim como o procedimento detalhado para cálculo do χ^2 são mostrados no Apêndice V e resumidos na Tabela 6.2.

Tabela 6.2: Resultados do teste do chi-quadrado (χ^2)

| Estratificação | χ^2 | χ^2 crítico (5%) | Conclusão |
|---------------------|-------------|-----------------------|-------------------------------|
| Local da entrevista | 28,85026 | 49,80183 | A opinião independe do local |
| Gênero | 42,90025 | 49,80183 | A opinião independe do gênero |
| Idade | 139,98646 | 190,5164155 | A opinião independe da idade |
| Modo de transporte | 89,186724 | 155,4047377 | A opinião independe do modo |
| Renda | 172,8483949 | 190,5164155 | A opinião independe da renda |

Com base nos valores apresentados, pode-se concluir que não há diferença de opinião entre os diversos grupos e, portanto, não há necessidade de estratificação da amostra, para se obter a opinião dos entrevistados. Assim sendo, foi calibrado apenas um Modelo Logit Multinomial, para o total dos dados.

6.4 Calibração dos modelos

Os dados obtidos da pesquisa de preferência declarada permitiram calibrar modelos do tipo Logit Multinomial Explodido para estimar a importância relativa de cada atributo (velocidade dos veículos motorizados, tempo de viagem e condições do pavimento)

para os entrevistados. Para a calibração dos modelos foi utilizada a ferramenta Solver do programa Excel. A qualidade dos modelos ajustados foi avaliada através dos parâmetros estatísticos: χ^2 (qui-quadrado) e ρ^2 .

Os resultados da calibração do Modelo Logit Multinomial Explodido, com base nas 105 entrevistas de preferência declarada estão apresentados na Tabela 6.3.

Tabela 6.3: Resultado da calibração do Modelo Logit Multinomial Explodido

| Atributo | β |
|------------|---------|
| Velocidade | 0,797 |
| Tempo | 0,547 |
| Pavimento | 2,729 |

Número de entrevistas = 105
 Número de casos = 525
 $L(0) = -690,821$ $L(\beta) = -515,126$
 $LR = -2[L(0)-L(\beta)] = 351,39$
 $\rho^2 = 1-[L(\beta)/L(0)] = 0,254$

A estatística ρ^2 que indica a qualidade do ajuste do modelo calibrado, apresenta um valor aceitável. Para um nível de significância igual a 99%, o valor do (2 crítico (com 3 graus de liberdade) é igual a 11,345. Como o valor de LR é maior que o valor do (2 crítico, então se rejeita a hipótese de nulidade de todos os parâmetros simultaneamente. Os valores positivos dos coeficientes indicam um aumento da utilidade à medida que um atributo passa do nível 0 (ruim) para o nível 1 (bom).

Pode-se verificar que o atributo “pavimento” (condição do pavimento) tem o coeficiente de maior valor, sendo, portanto o mais importante para os entrevistados. A velocidade dos veículos motorizados e o tempo de viagem apresentam coeficientes de magnitudes semelhantes.

6.4.1 Tratamento das entrevistas discrepantes

Os valores das probabilidades das entrevistas variaram entre 0,000059 e 0,037726. O cálculo do percentil 10 levou à identificação de 12 entrevistas discrepantes (cujas probabilidades variaram entre 0,000059 e 0,000454) e 93 entrevistas não discrepantes.

Excluindo-se as entrevistas consideradas discrepantes (7, 19, 24, 32, 34, 39, 43, 66, 79, 80, 91, 102), calibrou-se novamente o Modelo Logit Multinomial Explodido. A Tabela 6.4 apresenta o resultado da calibração dos modelos sem as entrevistas discrepantes.

Tabela 6.4: Resultado da calibração do Modelo Logit Multinomial Explodido, sem as entrevistas discrepantes

| Atributo | β |
|------------|---------|
| Velocidade | 0,883 |
| Tempo | 0,397 |
| Pavimento | 3,475 |

Número de entrevistas = 93
 Número de casos = 465
 $L(0) = -611,87$ $L(\beta) = -398,929$
 $LR = -2[L(0)-L(\beta)] = 425,882$
 $\rho^2 = 1-[L(\beta)/L(0)] = 0,348$

Comparando os resultados apresentados na Tabela 6.3 (amostra total) com os resultados apresentados na Tabela 6.4 (excluindo as entrevistas discrepantes), nota-se que o valor do ρ^2 aumentou de 0,254 para 0,348, o que indica uma melhoria nos ajustes do modelo. Além disso, a diferença de valores entre os três atributos ficou mais acentuada, embora sem alteração na ordem dos mesmos.

Assim sendo, considera-se que o modelo logit multinomial calibrado para todos os entrevistados, com exclusão das entrevistas discrepantes, pode ser utilizado para representar o comportamento dos freqüentadores dos dois pólos geradores analisados.

A primeira parte do estudo de caso enfocou a pesquisa nos pólos geradores de viagens por bicicletas. Os resultados obtidos incluíram a identificação do perfil dos entrevistados, a distribuição geográfica de seus domicílios na cidade de São Carlos, os pontos mais problemáticos do seu trajeto para andar de bicicleta e a estimativa da importância relativa dos atributos escolhidos para os entrevistados. Estas informações servirão para nortear a identificação das vias mais utilizadas pelos usuários do pólo e a avaliação do Nível de Serviço das vias escolhidas.

7 ESTUDO DE CASO: NÍVEL DE SERVIÇO DAS VIAS

A coleta de dados sobre o comportamento de viagem dos usuários do pólo potencial para geração de viagens por bicicleta resultou em informações sobre o comportamento de viagens dos usuários do pólo, o seu perfil e a sua opinião sobre as características das viagens por bicicleta.

O próximo passo da metodologia proposta (capítulo 5) inclui a identificação e o estudo das vias onde existe maior demanda potencial de viagens por bicicletas, para a definição das rotas cicláveis.

7.1 Delimitação da área de influência dos pólos geradores para as viagens de bicicleta

Para a delimitação da área de influência, neste estudo de caso, as faixas de tempo de viagem foram convertidas em faixas de distância percorrida, presumindo que a velocidade média do ciclista em vias urbanas seja de 15 km/h (ALLEN et al., 1998).

Os ciclistas entrevistados cujos domicílios foram cadastrados no mapa da cidade de São Carlos foram distribuídos nas diversas faixas de distância. Como mostra a Tabela 7.1, cerca de 92% das origens dos ciclistas se encontram incluídas nas três categorias de áreas de influência, ou seja, percorrem uma distância de, no máximo, 7,5 km.

Tabela 7.1: Resultados da definição da área de influência dos pólos geradores

| Faixa de Tempo (t) | Faixa de Distância (d) | Número de ciclistas | % | % acumulada |
|--|--|---------------------|-------|-------------|
| $t \leq 10 \text{ min}$ | $d \leq 2,5 \text{ km}$ | 6 | 23,1% | 23,1 |
| $10 \text{ min} < t \leq 20 \text{ min}$ | $2,5 \text{ km} < d \leq 5,0 \text{ km}$ | 11 | 42,3% | 65,4 |
| $20 \text{ min} < t \leq 30 \text{ min}$ | $5,0 \text{ km} < d \leq 7,5 \text{ km}$ | 7 | 26,8% | 92,3 |
| $30 \text{ min} < t \leq 40 \text{ min}$ | $7,5 \text{ km} < d \leq 10,0 \text{ km}$ | 1 | 3,9% | 96,1 |
| $40 \text{ min} < t \leq 50 \text{ min}$ | $10,0 \text{ km} < d \leq 12,5 \text{ km}$ | 1 | 3,9% | 100,0 |
| $t > 50 \text{ min}$ | $d > 12,5 \text{ km}$ | 0 | 0,00% | - |

Uma forma básica de expressar a distância entre dois pontos é a através da Métrica Euclidiana, isto é ligando os pontos através de uma linha reta. Outra métrica bastante utilizada é a chamada Métrica Retangular, que pode ser uma aproximação para a distância através do sistema viário. A distância entre dois pontos seguindo uma métrica retangular é, em média, 27,3% mais extensa do que o equivalente na Métrica Euclidiana (NOVAES, 1993).

Assim sendo, no sentido de facilitar o estudo de caso, a área de influência de cada pólo gerador foi mapeada (considerando a distância em linha reta), como uma área circular ao redor do pólo, com raio igual a 1,8 km (para a área de influência primária), 3,5 km (para a área de influência secundária) e 5,3 km (para a área de influência terciária). As áreas de influência são mostradas na Figura 7.1, desenvolvida com o uso do *TransCAD*.

Também se pode verificar na Figura 7.1 que, ao contrário dos resultados da Tabela 7.1, as origens de todos os ciclistas entrevistados estão localizadas nas três categorias de área de influência. Este fato pode ser decorrente da informação fornecida pelos ciclistas entrevistados quanto ao seu tempo de viagem, que talvez não tenha sido tão consistente. Outra explicação cabível é que algum tipo de barreira acaba diminuindo o tempo médio de viagem destes ciclistas, como por exemplo, a declividade de alguns trajetos. No entanto, a distribuição geográfica das origens dos ciclistas, juntamente com a ilustração das categorias de área de influência, comprova que a maioria destes domicílios se localiza nas áreas de influência primária e secundária.

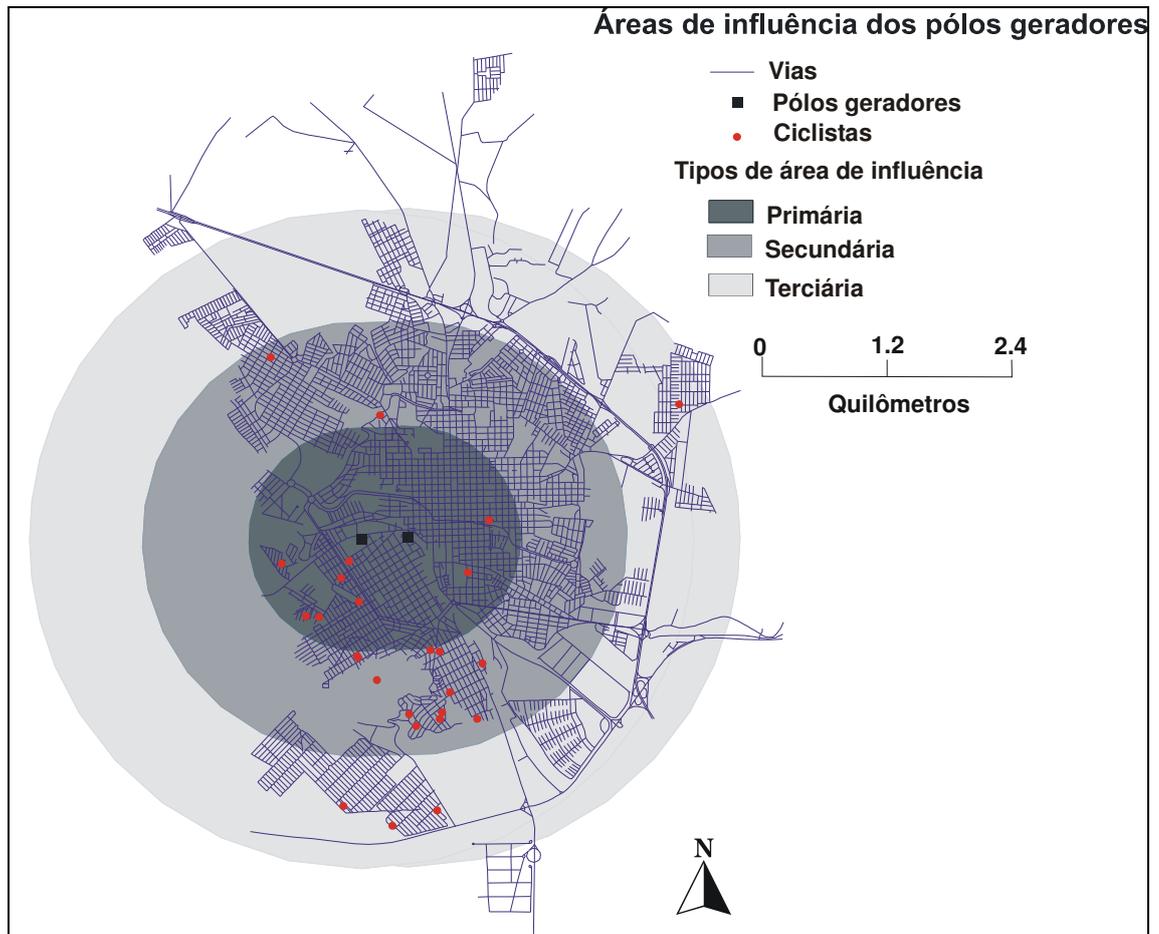


Figura 7.1: Área de influência dos pólos geradores

De maneira geral, a Figura 7.1 mostra que a totalidade da área de influência dos pólos geradores de viagens por bicicletas é bem abrangente, incluindo tanto a parte central quanto algumas regiões mais periféricas da cidade.

7.2 Definição das linhas de desejo de viagens e identificação dos itinerários percorridos pelos entrevistados

A partir do cadastro dos pontos de origem e destino das viagens (Capítulo 6), também foram elaborados mapas de linhas de desejo, que ilustram graficamente os fluxos entre cada zona de origem das viagens (zonas de tráfego) e ponto de destino (pólo gerador).

Para a determinação das linhas de desejo de viagens, a área urbana de São Carlos foi dividida em 16 zonas de tráfego. Estas zonas resultaram do agrupamento de setores

censitários relativamente homogêneos em termos das características da sua ocupação e população residente. Considerou-se que todas as viagens com origem em uma determinada zona tenham como ponto de origem o centróide desta zona.

Os mapas de linhas de desejo, desenvolvidos usando o *TransCAD*, são apresentados nas Figuras 7.2 e 7.3.

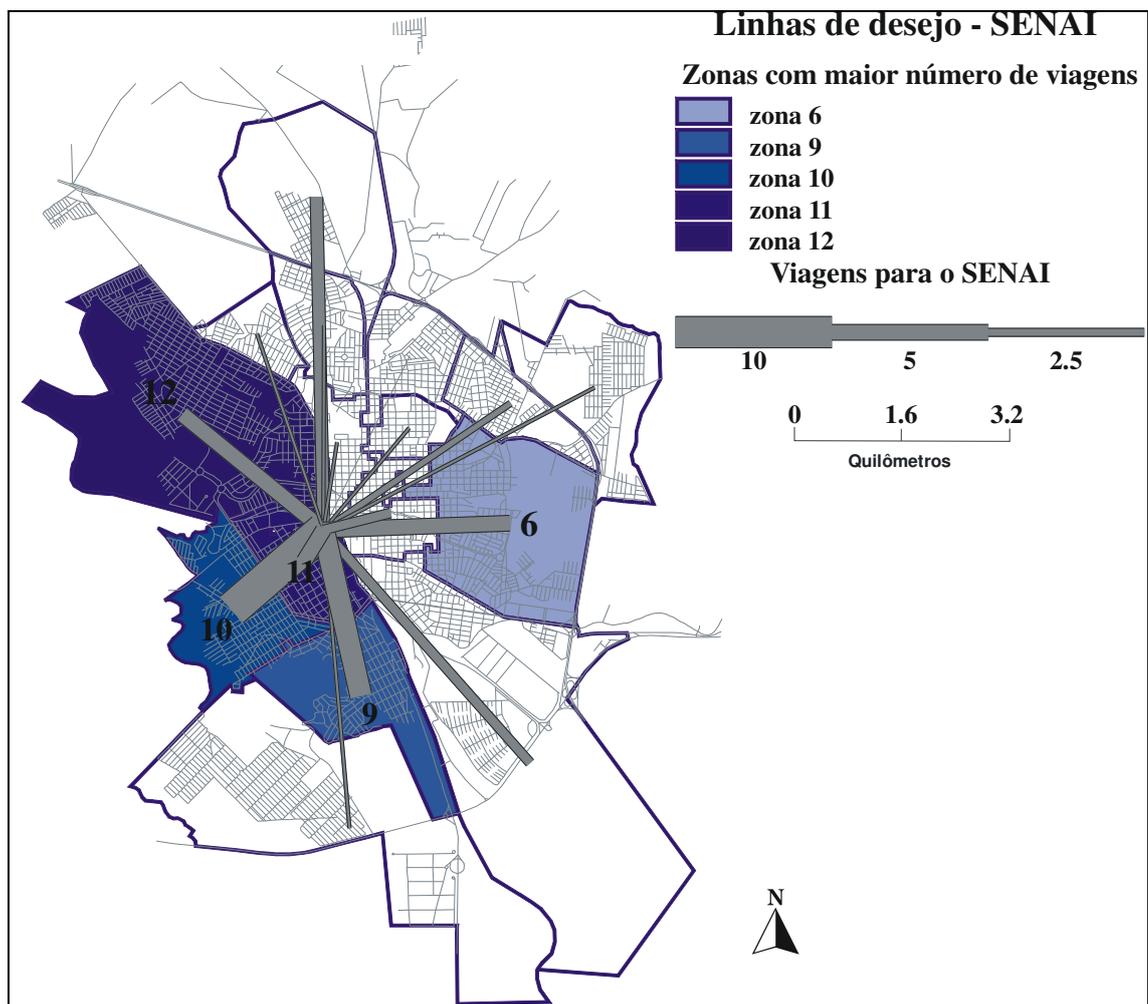


Figura 7.2: Mapa de linhas de desejo para o SENAI

O mapa de linhas de desejo para o SENAI destaca como áreas com maior número de viagens para este destino às zonas 6, 9, 10, 11 e 12.

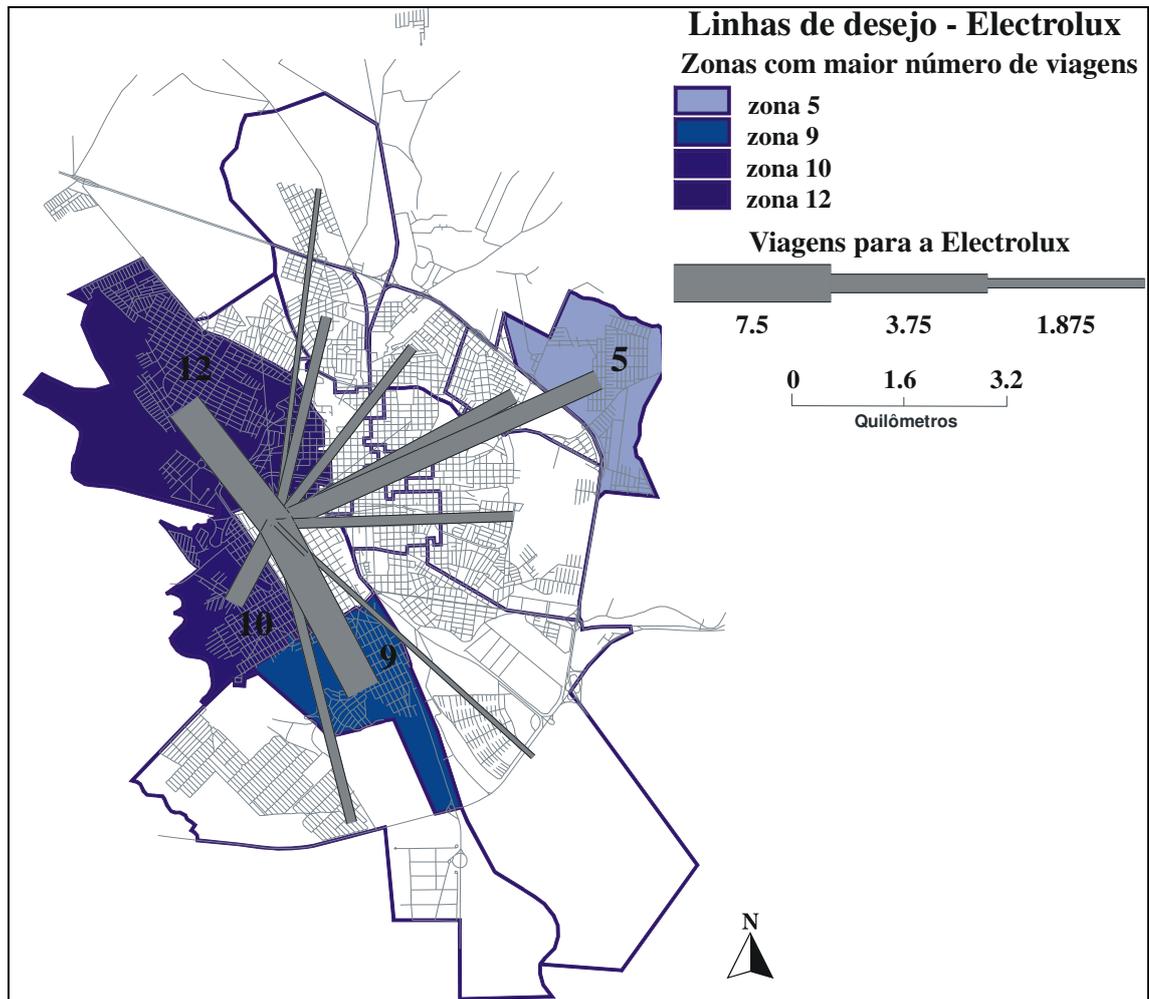


Figura 7.3: Mapa de linhas de desejo para a Electrolux

Por sua vez, o mapa de linhas de desejo para a Electrolux destaca as zonas 5, 9, 10 e 12, como origem do maior número de viagens.

Assim, analisando os dois mapas de linhas de desejo, pode-se identificar as zonas 9, 10 e 12, coincidentes em ambos os mapas. Além disso, estas três zonas de tráfego são adjacentes à zona 11, que contém os pólos geradores estudados. Quanto às áreas de influência, boa parte das zonas de tráfego 9, 10 e 12 está contida nas áreas de influência primária e secundária. Com isso, estas três zonas foram escolhidas para a verificação do nível de serviço das vias (Figura 7.4).

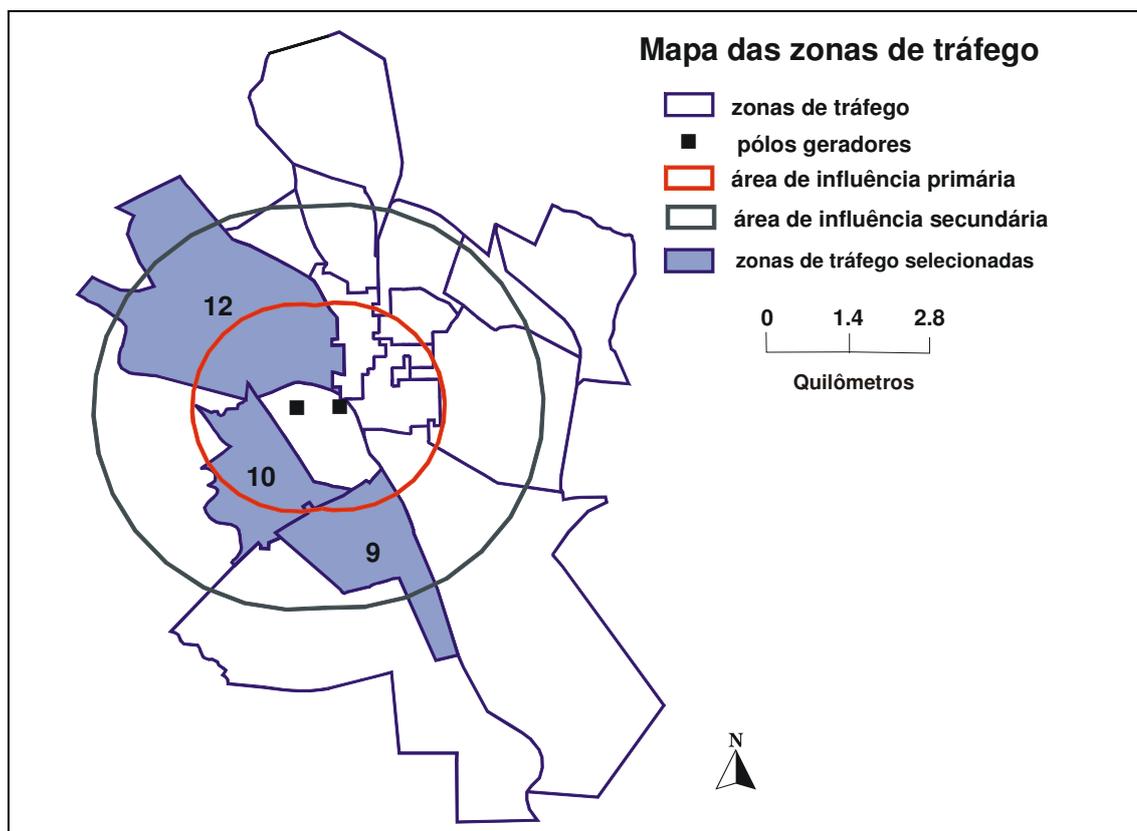


Figura 7.4: Zonas selecionadas para levantamento da qualidade das vias

Grande parte da área ocupada pelas zonas 9, 10 e 12 foi identificada como área de ocupação condicionada pelo Diagnóstico do Plano Diretor da Prefeitura Municipal de São Carlos (PMSC, 2005), contendo Áreas de Especiais Interesses (AEIs) na macrozona urbana, do tipo AEI Social e AEI Ambiental.

Segundo a Prefeitura Municipal de São Carlos (2005), no ano 2000 as três áreas selecionadas apresentaram a maior densidade demográfica do município, inclusive sofrendo acréscimo populacional de mais de 80% em relação ao período de 1991-2000. Outro dado fornecido pela PMSC é que estas zonas se destacam na concentração de população de baixa renda e, conseqüentemente, na concentração de edificações populares e de padrões baixo e médio.

Estes dados ajudam a explicar a concentração de viagens por bicicleta com origem nas zonas selecionadas e justificam também que estas áreas sejam objeto de estudo sobre a

definição de rotas cicláveis que possibilitem a ligação dessas áreas da cidade com outras áreas mais centrais.

Os principais bairros da cidade de São Carlos que estão incluídos nas zonas 9, 10 e 12 são:

- **Zona 9:** Jardim Monte Carlo, Vila Conceição, Jardim Cruzeiro do Sul, Vila Morumbi, Pacaembu, Jardim Belvedere, entre outros;
- **Zona 10:** Redenção, Boa Vista II, Boa Vista, Jardim Medeiros, Jardim das Torres, Vila Carmem, Botafogo, entre outros;
- **Zona 12:** Vila Pureza, Santa Felícia, Residencial Monsenhor Romeu Tortorelli, São Carlos IV, São Carlos I, Santa Angelina, entre outros.

Após a escolha das três zonas de tráfego a serem estudadas, foram analisados os itinerários seguidos pelos moradores destas zonas, com o objetivo de identificar quais as vias mais utilizadas por eles para chegarem até o seu destino.

Para isso, foi empregado o trajeto informado pelos entrevistados, considerando que as vias mais citadas seriam as vias mais utilizadas pelos mesmos (ver Tabela IV.3 do Apêndice IV). O trajeto dos moradores que utilizam o ônibus como modo de transporte não foi considerado, já que o trajeto do ônibus é definido com base em fatores específicos relacionados a este modo de transporte e independe da opção do usuário.

A partir desses dados foram identificadas as vias que se destacam pelo número de pessoas que as utilizam (Quadro 7.1).

Quadro 7.1: Vias mais utilizadas pelos entrevistados das zonas 9, 10 e 12

| Via | Número de entrevistados que utilizam |
|--|--------------------------------------|
| Av. Dr. Teixeira de Barros (conhecida como Rua Larga) | 13 |
| Av. Sallum | 12 |
| Av. das Torres* | 8 |
| Rua República do Líbano | 6 |
| Av. Dr. José Pereira Lopes | 6 |
| Av. Bruno Ruggiero Filho | 5 |
| Rua Dr. Duarte Nunes | 4 |
| Rua Dr. Gastão de Sá | 4 |
| Rua Des. Júlio de Faria (conhecida como Travessa Sete) | 4 |
| Rua Cel. Domingos Marinho de Azevedo | 3 |
| Av. Paulo VI | 3 |
| Av. Grécia | 3 |
| Rua Francisco Marigo | 3 |
| Rua Hermírio Bernasconi | 2 |
| Av. Sta. Madre Cabrini | 2 |
| Av. Morumbi | 2 |
| Rua Miguel Petroni | 2 |
| Rua Basílio Dibbo | 2 |

(*) nomenclatura popular das avenidas Tancredo de Almeida Neves e Henrique Grégori

Assim, foram selecionadas as cinco vias mais utilizadas pelos entrevistados, consideradas representativas do trajeto realizado pelos moradores das zonas analisadas. As vias selecionadas foram objeto de análise do nível de serviço oferecido para o transporte ciclovitário.

Além das vias mais utilizadas, a análise também incluiu as vias adjacentes de cada uma delas. Turner et al. (1998) afirmam que a área de influência ao longo de um corredor para viagens de bicicleta pode variar de 3,2 km a 4,8 km para cada lado da via estudada. No entanto, para efeito de aplicação do modelo, escolheu-se pelo menos uma via adjacente para cada lado da via principal analisada, desde que houvesse uma continuidade no sistema viário que permitisse que as vias adjacentes pudessem

substituir a via principal no trajeto dos potenciais usuários. As Figuras 7.5 e 7.6 mostram a localização das vias selecionadas para a análise de nível de serviço.

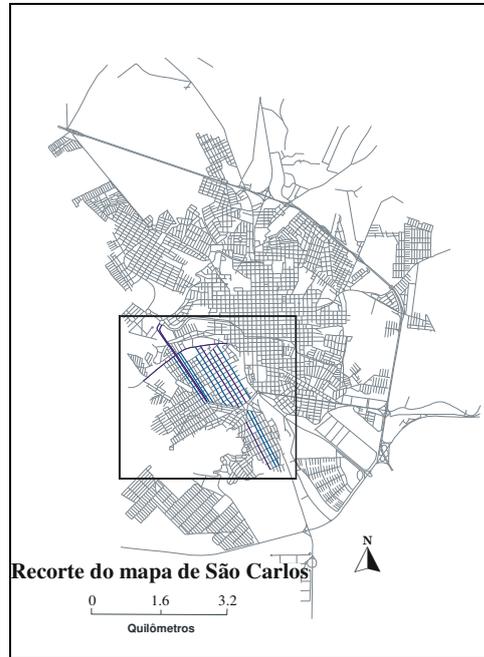


Figura 7.5: Localização das vias escolhidas na área urbana de São Carlos

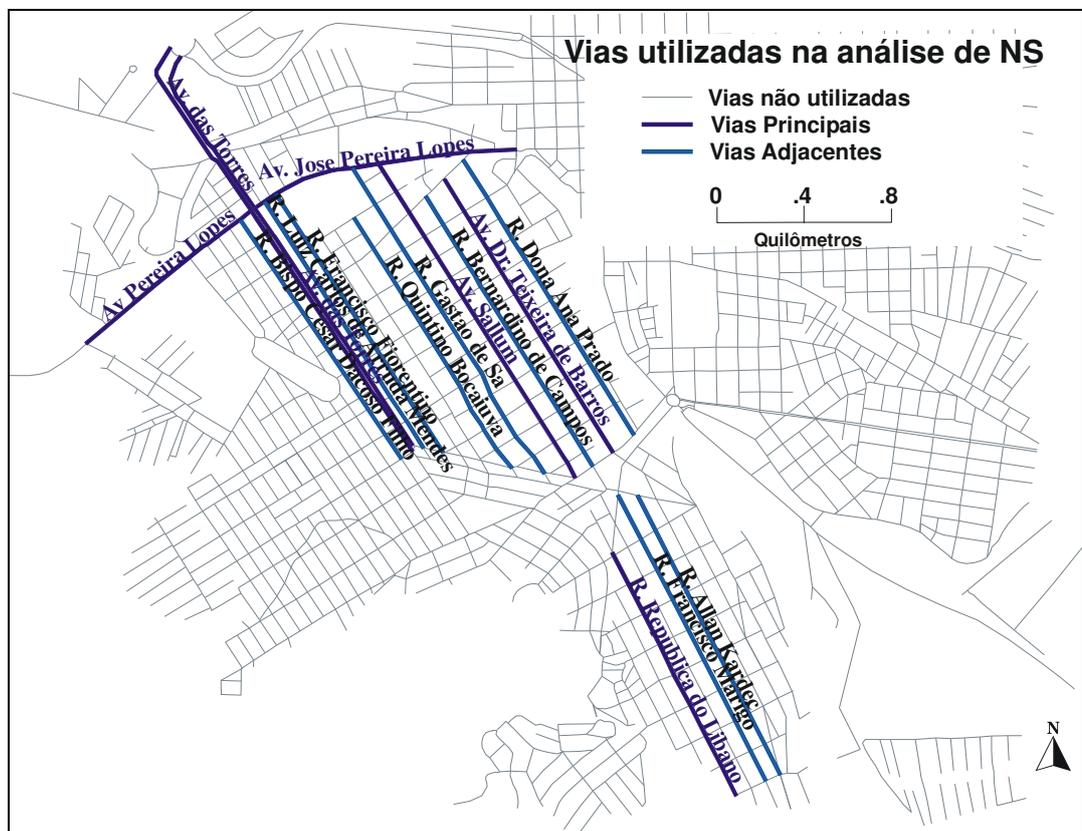


Figura 7.6: Vias escolhidas para a análise de nível de serviço e suas vias adjacentes

Por apresentarem variações em termos de configuração ao longo de sua extensão, algumas destas vias foram divididas em segmentos homogêneos, para facilitar a avaliação. No entanto, a grande maioria das vias escolhidas apresenta características comuns ao longo de toda a sua extensão, dispensando assim a divisão em segmentos.

As principais características das vias escolhidas, segundo o Diagnóstico do Município para o Plano Diretor de São Carlos (PMSC, 2005), são apresentadas a seguir.

▪ **Av. Dr. Teixeira de Barros (conhecida como Rua Larga):**

Via coletora, paralela à via férrea, que atravessa o bairro da Vila Prado. Os seus dois extremos estão situados em áreas de conflito urbano, que incluem a travessia da via férrea e o encontro de vias coletoras, perimetrais e radiais (Figura 7.7). As vias adjacentes analisadas foram: Rua Dona Ana Prado e Rua Bernardino de Campos.



Fonte: Acervo pessoal (2005)

Figura 7.7: Av. Dr. Teixeira de Barros - Rua Larga.

▪ **Av. Sallum:**

Única via coletora diretamente paralela à Av. Dr. Teixeira de Barros, que, por ser mais distante da via férrea, não participa dos mesmos conflitos viários desta. Apesar disso, também tem importância significativa na distribuição das viagens no bairro (Figura 7.8). As vias adjacentes analisadas foram: Rua Dr. Gastão de Sá e Rua Quintino Bocaiúva.



Fonte: Acervo pessoal (2005)

Figura 7.8: Av. Sallum.

▪ **Av. das Torres:**

Nome popularmente utilizado para identificar o corredor que inclui as vias Av. Tancredo de Almeida Neves e a Av. Henrique Grégori. Trata-se de um corredor de vias perimetrais, que fazem parte do trecho executado do anel viário previsto em 1970, com base na implantação de avenidas marginais. Devido a sua grande extensão e configuração heterogênea, este corredor foi dividido em dois segmentos: (1) Av. Tancredo de Almeida Neves e Av. Henrique Grégori, até o cruzamento com a Av. José Pereira Lopes (Figura 7.9) e (2) Av. Henrique Grégori, desde a Av. José Pereira Lopes até a Rua Theodoro de Camargo (Figura 7.10). As vias adjacentes analisadas foram: Rua Bispo César Dacoso Filho, Rua Luiz Carlos de Arruda Medeiros e Rua Francisco Fiorentino.



Fonte: Acervo pessoal (2005)

Figura 7.9: Av. das Torres - Trecho 1.



Fonte: Acervo pessoal (2005)

Figura 7.10: Av. das Torres - Trecho 2 (esquina com R. Des. Julio de Faria).

- **Rua República do Líbano:**

Via coletora localizada em uma área de grande crescimento populacional, onde ainda existe descontinuidade do sistema viário (Figura 7.11). As vias adjacentes analisadas foram: Rua Francisco Marigo e Rua Allan Kardec.



Fonte: Acervo pessoal (2005)

Figura 7.11: Rua República do Líbano.

- **Av. José Pereira Lopes:**

Única via radial analisada nesse estudo, tem grande importância na distribuição das viagens dos bairros mais periféricos em direção à região da Vila Prado e do centro comercial da cidade. Sua extremidade próxima à linha férrea faz parte de uma região de conflitos viários, que inclui também insuficiência quanto à capacidade viária.

Devido à sua configuração esta via foi dividida em três segmentos de características distintas: 1) Rua 24 de maio (próxima à via férrea) até entroncamento com Av. Duarte Nunes e Rua João Ribeiro de Barros (Figura 7.12); 2) Entroncamento com Av. Duarte Nunes e Rua João Ribeiro de Barros até Av. Henrique Gregori (Figura 7.13); e 3) Av. Henrique Grégori até Rua Dr. Gipsy Garcia Ferreira (Figura 7.14). Os três trechos apresentam diferenças quanto à largura, presença ou não de canteiros centrais, condição de pavimento e uso do solo do entorno. Devido à descontinuidade da malha urbana ao redor da Av. José Pereira Lopes, não foi considerada nenhuma via adjacente que pudesse ser utilizada para a avaliação de nível de serviço.



Fonte: Acervo pessoal (2005)

Figura 7.12: Av. José Pereira Lopes – Trecho 1.



Fonte: Acervo pessoal (2005)

Figura 7.13: Av. José Pereira Lopes – Trecho 2.



Fonte: Acervo pessoal (2005)

Figura 7.14: Av. José Pereira Lopes - Trecho 3.

7.3 Avaliação do Nível de Serviço das vias

A análise do nível de serviço das vias foi realizada através do modelo de Dixon (Dixon, 1996). Para a aplicação deste modelo na cidade de São Carlos, cada fator considerado foi estudado levando em conta a realidade da cidade. Desta forma, alguns fatores incluídos no modelo foram suprimidos ou simplificados por não se aplicarem à cidade de São Carlos (Tabela 7.2).

Tabela 7.2: Sistema de pontuação da medida de desempenho do nível de serviço para ciclistas utilizado no estudo de caso em São Carlos

| Categoria | Crítérios | Pontos |
|---|--|--------|
| Facilidades para bicicletas (Valor máximo = 0) | Ciclovia Ciclofaixa | 0 |
| Conflitos (Valor máximo = 3) | Entradas de garagem e cruzamentos (1) | — |
| | Ausência de barreiras | 0 |
| | Ausência de estacionamento lateral (1) | — |
| | Presença de canteiros centrais (0,5) | — |
| | Distância de visibilidade não obstruída (0,5) | — |
| | Melhorias das interseções para o ciclismo (0,5) | 0 |
| Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas (Valor máximo = 2) | >48 km/h = velocidade máx. > 72km/h(0) 32-48 km/h = velocidade máx. de 56 a 72km/h(1) 24-32 km/h = velocidade máx. de 48 a 56km/h(2) | — |
| Nível de Serviço para veículos motorizados (Valor máximo = 2) | NS = A, B ou C (e menos que 6 faixas de rodagem) | 2 |
| Manutenção das vias (Valor máximo = 2) | Problemas freqüentes ou graves (-1) | — |
| | Problemas sem muita freqüência ou pequenos (0) | — |
| | Sem problemas (2) | — |

| | | |
|--|---|--------|
| Programas específicos para melhorar o transporte cicloviário (Valor máximo = 0) | Sem programas | 0 |
| Cálculo do NS | Índice dos segmentos ^o | — |
| | Peso dos segmentos ¹ | — |
| | Índice dos segmentos ajustados ² | — |
| | Índice dos corredores ³ | — = NS |

^o Índice dos Segmentos = soma dos pontos nas seis categorias

¹ Peso dos Segmentos = comprimento do segmento/comprimento do corredor

² Índice dos Segmentos Ajustados = Índice dos Segmentos x Peso dos Segmentos

³ Índice dos Corredores = Soma dos Índices dos Segmentos Ajustados no corredor

Os fatores adaptados para este estudo de caso foram os seguintes:

▪ **Presença de facilidades para ciclistas:**

Nas vias selecionadas para análise do nível de serviço não existem facilidades para ciclistas. Assim, este fator foi suprimido da análise.

▪ **Conflitos:**

- **Ausência de barreiras na facilidade para bicicletas:**

Da mesma forma que o primeiro fator, foi suprimido pela ausência de facilidades para bicicletas nas vias analisadas.

- **Melhorias das interseções para o ciclismo:**

Estas intervenções também não são aplicadas na cidade de São Carlos.

▪ **Nível de Serviço para veículos motorizados:**

Tratando-se de uma cidade média onde as vias têm poucas faixas de rodagem e problemas de capacidade viária de pequena ou média magnitude, pode-se considerar que a cidade de São Carlos não apresenta vias onde o nível de serviço seja D, E ou F. Assim sendo, adotou-se, para todas as vias analisadas, um nível de serviço nas categorias A, B ou C.

▪ **Programas específicos para melhorar o transporte cicloviário:**

Esses programas também não são existentes nas vias selecionadas para a análise.

A adaptação dos fatores para este estudo de caso acabou provocando uma diminuição da pontuação máxima que as vias podem obter, que passou de 21 pontos (modelo original) para 9 pontos (modelo adaptado para a cidade de São Carlos). Esta diferença ocorre pelo peso que o modelo de Dixon dá para a presença de facilidades para ciclistas. A falta de facilidades para ciclistas nas vias analisadas acarreta em uma diminuição de

10,5 pontos no total do índice dos segmentos. Outros fatores que também diminuem a pontuação máxima das vias no modelo adaptado são a falta de programas específicos para melhorar o transporte cicloviário (1 ponto) e a ausência de melhorias nas interseções para o ciclismo (0,5 ponto). Por outro lado, o nível de serviço para veículos motorizados adotado garante 2 pontos na pontuação global. Com isso, as vias analisadas no estudo de caso já estão, automaticamente, classificadas com nível de serviço máximo “D”.

O modelo de Dixon foi aplicado nas cinco vias mais utilizadas pelos entrevistados e em dez vias adjacentes. A aplicação foi feita nos dias 10/12/2005 e 27/12/2005. Todos os trechos das vias foram percorridos enquanto eram coletadas as informações.

Após a inserção dos dados no sistema de pontuação do nível de serviço para ciclistas utilizado no estudo de caso em São Carlos (Tabela 7.2) foi obtida a pontuação total de cada via, como mostra a Tabela 7.3.

Tabela 7.3: Pontuação total de cada via analisada

| Vias analisadas | Pontuação obtida | Nível de Serviço |
|---|------------------|------------------|
| Av. Dr. Teixeira de Barros (Rua Larga) | 4,0 | E |
| <i>Rua Dona Ana Prado</i> | 3,5 | E |
| <i>Rua Bernardino de Campos</i> | 3,5 | E |
| Av. Sallum | 3,5 | E |
| <i>Rua Dr. Gastão de Sá</i> | 3,5 | E |
| <i>Rua Quintino Bocaiúva</i> | 3,5 | E |
| Av. das Torres | 3,4 | E |
| <i>Rua Bispo César Dacoso Filho</i> | 3,5 | E |
| <i>Rua Luiz Carlos de Arruda Medeiros</i> | 3,5 | E |
| <i>Rua Francisco Fiorentino</i> | 3,5 | E |
| Rua República do Líbano | 3,5 | E |
| <i>Rua Francisco Marigo</i> | 3,5 | E |
| <i>Rua Allan Kardec</i> | 3,5 | E |
| Av. Dr. José Pereira Lopes | 4,0 | E |

Segundo as definições de pontuação do NS para ciclistas determinadas por Dixon (1996), as vias que obtiverem a pontuação entre 3 e 7 seriam enquadradas no nível de serviço “E”. O estudo descreve as vias com nível de serviço “E” da seguinte maneira:

- Alto índice de interação com veículos motorizados;

- Conservação regular;
- Via inadequada para ciclistas novatos e inexperientes.
- Requer cuidado redobrado até para ciclistas adultos e experientes.

Para que ciclistas adultos e experientes possam compartilhar a via com veículos motorizados é necessário que esta apresente duas ou mais das seguintes características: baixa velocidade de veículos motorizados, baixo volume diário médio de veículos, baixo índice de conflitos ou boas condições de pavimento.

Para exemplificar o cálculo do nível de serviço, a Tabela 7.4 apresenta a pontuação da Av. Sallum. As tabelas com o sistema de pontuação de cada uma das vias são apresentadas no Apêndice VI.

Tabela 7.4: Pontuação da Av. Sallum – trecho único

| Categoria | Crítérios | Pontos |
|---|---|---------------|
| Facilidades para bicicletas (Valor máximo = 0) | Ciclovia Ciclofaixa | 0 |
| Conflitos (Valor máximo = 3) | Entradas de garagem e cruzamentos (1) | 0 |
| | Ausência de barreiras | 0 |
| | Ausência de estacionamento lateral (1) | 0 |
| | Presença de canteiros centrais (0,5) | 0 |
| | Distância de visibilidade não obstruída (0,5) | 0,5 |
| Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas (Valor máximo = 2) | Melhorias das interseções para o ciclismo (0,5) | 0 |
| | >48 km/h = velocidade máx. > 72km/h(0) | 2 |
| | 32-48 km/h = velocidade máx. de 56 a 72km/h(1) | |
| 24-32 km/h = velocidade máx. de 48 a 56km/h(2) | | |
| Nível de Serviço para veículos motorizados (Valor máximo = 2) | NS = A, B ou C (e menos que 6 faixas de rodagem) | 2 |
| Manutenção das vias (Valor máximo = 2) | Problemas freqüentes ou graves (-1) | -1 |
| | Problemas sem muita freqüência ou pequenos (0) | |
| | Sem problemas (2) | |
| Programas específicos para melhorar o transporte ciclovitário (Valor máximo = 0) | Sem programas | 0 |
| Cálculo do NS | Índice dos segmentos | 3,5 |
| | Peso dos segmentos | 1 |
| | Índice dos segmentos ajustados | 3,5 |
| | Índice do corredor | 3,5 |

Extensão do trecho = 1,72 km

Pode-se observar que os principais fatores que contribuem para uma avaliação de NS tão baixa estão relacionados aos conflitos e à manutenção das vias. Dos conflitos avaliados no estudo de caso, os que receberam menos pontos em praticamente todas as vias analisadas foram: entradas de garagem e cruzamentos e estacionamento lateral.

Como foi apresentado no Capítulo 4, o critério do modelo de Dixon para entradas de garagem e cruzamentos exige que o número de ocorrências destes seja menor que 22 por 1,6 km (1 milha). No entanto, pode-se considerar que um loteamento brasileiro padrão, (supondo quadras de aproximadamente 100 m de comprimento, tangenciadas por uma via em cada extremidade, divididas em 8 lotes de cerca de 12m de frente, cada um com uma entrada de garagem) tenha aproximadamente 161 acessos veiculares a cada 1,61 km. Segundo Dixon (1996), este critério foi formulado com base no preceito que deve haver, no mínimo, 74,7 m de distância entre os acessos para que o ciclista tenha conforto e segurança em vias onde a velocidade dos veículos é de 72 km/h ou menos. Sendo que a maior parte das vias analisadas no estudo de caso tem velocidade máxima de 40 km/h, pode-se concluir que este critério do modelo não foi formulado para o tipo de configuração urbana analisada neste estudo de caso.

Nenhuma das vias analisadas recebeu pontuação pela ausência de estacionamentos laterais, sendo que muitas delas apresentam estacionamentos dos dois lados da via.

A manutenção das vias foi outro fator que contribuiu para os níveis de serviço alcançados. O modelo de Dixon classifica os problemas de manutenção em: sem problemas (nenhum problema de manutenção); problemas sem muita frequência ou pequenos (1 problema de manutenção para cada 1,6 km ou menos, ou quando a magnitude dos problemas é considerada pequena); e problemas frequentes (mais de 1 problema de manutenção por 1,6 km ou quando os problemas são considerados graves). Nas vias analisadas, de maneira geral, foram detectados de 5 a 20 problemas de manutenção a cada 100 m, ou seja, de 80,5 a 322 problemas para cada 1,6 km. Estes resultados indicam a necessidade de melhoramento da condição de pavimento das vias analisadas para que estas possam ter resultados satisfatórios como rotas cicláveis, garantindo segurança e conforto aos ciclistas.

7.4 Análise dos resultados do estudo de caso

A análise dos resultados do estudo de caso pode subsidiar uma série de conclusões. Primeiramente, os critérios de escolha dos pólos geradores de viagens por bicicleta foram confirmados pelo número significativo de entrevistados que utilizam este modo para suas viagens nos pólos selecionados para o estudo de caso. Além disso, a coleta de dados nos pólos atingiu o objetivo pretendido, ou seja, a obtenção de informações sobre o comportamento de viagens, o perfil e a opinião dos usuários dos pólos sobre as características das viagens por bicicleta.

Os dados coletados possibilitaram traçar um perfil socioeconômico dos entrevistados, levando em conta gênero, idade, renda familiar e posse de automóvel. A pesquisa permitiu também a identificação das características das viagens que os entrevistados realizam para se locomoverem de seus domicílios até o local de trabalho ou estudo. O cadastro dos domicílios dos entrevistados no mapa da cidade de São Carlos permitiu identificar a distribuição geográfica destes pontos, de acordo com o modo de transporte utilizado por eles. A análise destes resultados também contribuiu para o maior conhecimento do comportamento de viagens dos entrevistados.

O levantamento dos pontos problemáticos para andar de bicicleta, juntamente com a pesquisa de preferência declarada teve resultados interessantes quanto à opinião dos entrevistados sobre as características das viagens por bicicleta, sendo assim considerados metodologias adequadas. Na pesquisa de preferência declarada, apesar de todos os esforços realizados para facilitar o entendimento dos entrevistados, alguns deles ainda tiveram certa dificuldade na realização da pesquisa. Isto pôde ser observado durante a própria aplicação da pesquisa e comprovado na calibração dos modelos, quando foram identificadas 12 entrevistas consideradas discrepantes.

A identificação dos segmentos de vias onde existe maior demanda potencial de viagens por bicicletas também foi uma etapa realizada com sucesso no estudo de caso, através

da determinação da área de influência dos pólos geradores de viagens, pela definição das linhas de desejo e pela identificação dos itinerários percorridos pelos entrevistados.

A avaliação do nível de serviço dos segmentos de vias selecionados, com o uso do modelo de Dixon, teve um resultado inesperado. Como todas as vias analisadas tiveram nota “E” na análise do Nível de Serviço, pode-se considerar que, apesar de parecer que o modelo utilizado não se adequou à configuração e à realidade das cidades brasileiras, todas estas vias realmente precisam de melhorias para funcionar como rotas cicláveis.

A análise da aplicação do modelo nas vias escolhidas indica que os principais fatores que contribuíram para os baixos níveis de serviço estão relacionados aos conflitos e à manutenção das vias. Estes mesmos fatores já haviam sido citados pelos ciclistas durante as entrevistas, no tópico sobre os pontos problemáticos para andar de bicicleta. Quanto aos tipos de problemas existentes, destacaram-se os problemas relacionados aos conflitos viários em rotatórias e cruzamentos, ao grande volume de tráfego de veículos motorizados e aos problemas na condição de pavimento das vias. Quanto aos locais indicados como pontos problemáticos para o tráfego de bicicletas, algumas das vias mais citadas estavam dentre as vias analisadas no estudo de caso, o que reforça a necessidade de melhorias nestas vias para o transporte cicloviário.

No entanto, para conseguir uma priorização das vias a serem melhoradas, seria interessante a utilização de um modelo de avaliação de Nível de Serviço que permitisse especificar melhor a condição do pavimento. O Nível de Serviço dos veículos motorizados é outro fator que poderia ser mais bem especificado no modelo. Apesar de classificadas no mesmo patamar de nível de serviço, a observação das vias principais analisadas em relação às suas adjacentes indica que as primeiras têm volumes de tráfego bem maiores do que as segundas. Além disso, a largura dessas vias também é variável, o que pode ser um fator importante para o transporte cicloviário.

Outro aspecto que pode ser destacado com relação ao modelo de Dixon é que a declividade das vias não é considerada na definição do nível de serviço para o transporte cicloviário. No caso das vias estudadas, esse fator não foi um problema, já

que nenhuma delas apresenta desníveis significativos. Em outras aplicações, no entanto, deve-se considerar a declividade como fator restritivo e complementar ao modelo. Desta forma, no caso de alguma das vias estudadas apresentar trechos com declividade maior do que a considerada adequada para viagens de bicicleta ela seria classificada como inviável para este modo de transporte e, portanto, excluída de uma eventual rota para ciclistas. Segundo a AASHTO (1999), vias com declividades de até 5% são consideradas ideais para o uso de bicicletas. Na impossibilidade de cumprir este padrão, são recomendadas extensões máximas para os trechos, de acordo com a sua declividade. Por exemplo, trechos com declividades maiores que 11% devem ter, no máximo, 15m de extensão para serem considerados adequados para o transporte cicloviário.

De maneira geral, o estudo de caso comprovou a aplicabilidade do método proposto, que, após alguns ajustes, poderá ser adotado por planejadores brasileiros para auxiliar no planejamento do transporte cicloviário das nossas cidades.

No Capítulo 8 serão apresentadas algumas considerações finais deste trabalho, além de sugestões de intervenções viáveis nas vias avaliadas, com base nos critérios considerados na definição de rotas cicláveis bem sucedidas.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os problemas urbanos causados pelo planejamento de transportes que prioriza o uso do automóvel em detrimento a outros modos de transporte indicam a inserção da bicicleta como alternativa viável de transporte urbano nas cidades brasileiras. No entanto, boa parte da frota brasileira de bicicletas não circula, principalmente pela falta de segurança do ciclista inserido no trânsito das cidades e pela falta de políticas de apoio a esse tipo de transporte.

No entanto, conforme foi descrito no Capítulo 2, verifica-se que existe, no Brasil, uma carência de diretrizes que possam nortear as políticas de estímulo ao transporte cicloviário, dentre as quais se destaca a inserção ou melhoria na infra-estrutura para os ciclistas.

De acordo com a revisão bibliográfica realizada, constatou-se que os diferentes tipos de ciclistas preferem tipos distintos de infra-estrutura cicloviária, indicando que a melhor solução seria uma rede integrada de transporte cicloviário. Por outro lado, uma solução para sistemas cicloviários que implica em baixos custos de implantação é a retomada de parte da largura das vias urbanas para uso preferencial das bicicletas, através da definição de rotas cicláveis.

Com base nestas questões, assumiu-se a necessidade de um estudo que indicasse diretrizes para a inserção de rotas cicláveis nas cidades brasileiras. Desta forma, o método precisava garantir que as rotas atendessem a demanda existente e estimulassem a demanda potencial de viagens por bicicleta, além de manterem um padrão de qualidade quanto ao serviço oferecido aos ciclistas que as utilizam.

Assim sendo, esta pesquisa teve como objetivo geral propor um método para a definição de rotas cicláveis em áreas urbanas, utilizando como fatores principais: a necessidade de viagens (demanda) e a qualidade das vias (nível de serviço).

Com este objetivo em mente, foram estudados alguns modelos e métodos para estimar a demanda de viagens e avaliar a qualidade das vias para o transporte cicloviário.

O estudo dos métodos para estimativa da demanda de viagens por bicicleta (Capítulo 3) serviu como base para a proposta de um método baseado em estudos realizados em pólos geradores de viagens por bicicleta. Para que pudesse ser aplicado em qualquer cidade média brasileira, o método proposto não poderia exigir um esforço muito grande em termos de coleta de dados. Para o levantamento da opinião dos usuários do pólo gerador com relação às características das viagens por bicicleta, foi proposta a realização de uma pesquisa de preferência declarada.

Para avaliar a qualidade das vias para o transporte cicloviário (Capítulo 4), foi escolhido, dentre os modelos estudados, o modelo de Dixon, considerado o mais apropriado pela facilidade de sua utilização e por empregar dados normalmente já disponíveis para os planejadores das cidades médias brasileiras, ou que pudessem ser obtidos facilmente, através de coleta de dados.

A proposta do método para definição de rotas cicláveis em áreas urbanas foi apresentada no Capítulo 5, e pode ser dividida nas seguintes etapas: 1) identificação dos potenciais pólos geradores de viagens por bicicleta; 2) coleta de dados sobre o comportamento de viagem dos usuários desses pólos, visando à estimativa da demanda existente e potencial para viagens por bicicleta; 3) identificação dos segmentos de vias com maior demanda potencial de viagens por bicicletas; 4) avaliação do nível de serviço dos segmentos de vias selecionados; e 5) priorização dos segmentos de vias com maior necessidade de melhoramentos para definição das rotas cicláveis.

O estudo de caso foi realizado na cidade de São Carlos. O Capítulo 6 enfoca a primeira parte do estudo de caso, que compreende a pesquisa nos pólos geradores de viagens por bicicleta, enquanto que o Capítulo 7 abrange todo o processo da avaliação do nível de serviço das vias para o transporte cicloviário.

O método proposto foi aplicado em dois pólos geradores de viagens utilitárias por bicicleta: a unidade do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI de São Carlos e uma das unidades da indústria Electrolux do Brasil S/A de São Carlos. Foram realizadas, no total, 106 entrevistas, que incluíram o questionário para levantamento das características dos entrevistados e das viagens realizadas e a pesquisa de preferência declarada.

A análise do perfil dos entrevistados indicou que a maioria deles são homens e a faixa etária predominante é dos indivíduos com até 18 anos, refletindo o grande peso dos estudantes na pesquisa. Quanto às características das viagens que os entrevistados realizam para se locomoverem de seus domicílios até o local de trabalho ou estudo, apesar da maioria dos entrevistados possuir pelo menos um automóvel em seu domicílio, o modo de transporte mais utilizado foi o ônibus, seguido pela bicicleta. Além disso, a maioria destas viagens tem duração de até 30 minutos.

O cadastro dos pontos de origem das viagens no mapa, com o uso do *TransCAD*, permitiu identificar a distribuição geográfica dos domicílios dos entrevistados na cidade de São Carlos, verificando-se que a maioria dos entrevistados reside nas áreas mais periféricas da cidade.

Os ciclistas também identificaram, na pesquisa, quais os pontos mais problemáticos do seu trajeto para andar de bicicleta. Dentre os resultados alcançados, destacaram-se os problemas relacionados a conflitos viários, como o tráfego de bicicletas em rotatórias e cruzamentos.

Os dados obtidos na pesquisa de preferência declarada permitiram calibrar modelos do tipo Logit Multinomial Explodido para estimar a importância relativa de cada atributo escolhido (velocidade dos veículos motorizados, tempo de viagem e condições do pavimento) para os entrevistados. Os resultados indicaram que o atributo “pavimento” (condição do pavimento) teve o coeficiente de maior valor, sendo, portanto o mais importante para os entrevistados. A velocidade dos veículos motorizados e o tempo de viagem apresentaram coeficientes de magnitudes semelhantes.

A identificação e o estudo das vias onde existe maior demanda potencial de viagens por bicicletas incluiu a delimitação da área de influência dos pólos estudados, a definição das linhas de desejo de viagens e identificação dos itinerários percorridos pelos entrevistados, etapas desenvolvidas com o uso do *TransCAD*.

A delimitação da área de influência dos pólos geradores foi feita a partir das faixas de tempo de viagem dos ciclistas entrevistados, convertidas em faixas de distância percorrida. Usando a Métrica Euclidiana, foram definidas três categorias de área de influência: primária, secundária, e terciária. A distribuição dos domicílios dos ciclistas no mapa da cidade de São Carlos com as categorias de área de influência permitiu visualizar que a maioria destes pontos está localizada nas áreas de influência primária e secundária.

Para a definição das linhas de desejo de viagens, o mapa da cidade de São Carlos foi dividido em 16 zonas de tráfego, tratadas como zonas de origem das viagens, que tinham como destino os dois pólos geradores. Foram gerados dois mapas de linhas de desejo, cada um ilustrando o fluxo de viagens para um dos pólos (SENAI ou Electrolux).

Analisando os dois mapas de linhas de desejo, foram detectadas três zonas de tráfego que se destacaram pelo grande fluxo de viagens que elas geravam para ambos os pólos, além de estarem localizadas, quase que totalmente, dentro das áreas de influência primária e secundária. Finalmente, o estudo dos itinerários seguidos pelos entrevistados moradores destas zonas permitiu identificar quais eram as vias mais utilizadas por eles para chegarem até o seu destino.

Após a identificação das cinco vias mais utilizadas pelos usuários dos pólos, estas foram avaliadas quanto ao seu nível de serviço para viagens por bicicleta, juntamente com nove vias adjacentes.

Esta avaliação resultou em medidas de nível de serviço de mesmo valor para todas as vias, o que não permitiu a priorização dos segmentos com maior necessidade de melhoramentos para definição de rotas cicláveis. No entanto, como estes níveis de serviço foram considerados inaceitáveis para o transporte cicloviário, algumas melhorias puderam ser sugeridas para amenizar as deficiências das vias analisadas.

Os fatores que mais contribuíram para a avaliação do nível de serviço resultar em medidas tão baixas foram os conflitos viários (grande número de entradas de garagem e cruzamentos e presença de estacionamento lateral) e a manutenção das facilidades (condição do pavimento). Estes fatores também foram bastante comentados quando os ciclistas indicaram os pontos problemáticos para andar de bicicleta. Também nos resultados da pesquisa de preferência declarada realizada nos pólos, a condição do pavimento foi considerada o fator mais importante pelos entrevistados.

As melhorias sugeridas para amenizar as deficiências das vias consideram os critérios para a definição de rotas cicláveis bem sucedidas, detalhadas no Capítulo 5. Estes critérios estão relacionados a: acessibilidade, viagens diretas, continuidade das rotas, viabilidade econômica e implementação das propostas.

O próprio método proposto e testado através do estudo de caso já garante a acessibilidade das rotas a partir do momento em que considera a área de influência dos pólos geradores de viagens por bicicleta. Já os resultados da pesquisa de preferência declarada indicam que os usuários dos pólos estudados não dão muita importância para a distância ou tempo de viagem, em relação à velocidade dos veículos motorizados e à condição do pavimento. Desta forma, pode-se concluir que estes ciclistas em potencial preferem o conforto e a segurança das rotas em detrimento de viagens mais diretas. A continuidade física das rotas, por sua vez, não pode deixar de nortear as propostas.

Considerando a viabilidade econômica (baixos custos de implantação e manutenção) e a facilidade de implementação das propostas (de acordo com o espaço físico disponível nas vias e configuração do sistema viário existente), fica claro que as melhorias

sugeridas devem ser pontuais para que sua implantação em cidades brasileiras seja viável.

Com base em todas as informações já citadas, as sugestões de melhoria para as vias analisadas são listadas a seguir:

- Melhorar as condições do pavimento;
- Reduzir o número de conflitos viários nas interseções e rotatórias (através da implementação de propostas que priorizem a segurança do ciclista nestes locais, juntamente com fiscalização apropriada);
- Proibir o estacionamento (pelo menos de um dos lados da via).

De maneira geral, o objetivo principal da pesquisa foi atingido, e o método proposto, a partir de alguns ajustes, poderá ser adotado por planejadores brasileiros, para auxiliar no planejamento do transporte ciclovitário das cidades brasileiras.

Em termos de recomendações para trabalhos futuros, sugere-se a aplicação dos outros modelos estudados para avaliar o nível de serviço das vias para o transporte ciclovitário, analisando a sua facilidade de aplicação e a qualidade dos seus resultados. Assim, se algum outro modelo for mais adequado à realidade das cidades brasileiras, este poderá substituir o modelo de Dixon, utilizado nesta metodologia. Sugere-se também, o desenvolvimento de novos modelos para avaliar o nível de serviço das vias adequados à situação urbana brasileira, que podem utilizar como ponto de partida os modelos estudados nesta dissertação.

Por fim, este trabalho buscou colaborar para o desenvolvimento das pesquisas na área e principalmente auxiliar planejadores de transporte na inserção do transporte ciclovitário como uma forma de contribuir para o planejamento de cidades mais sustentáveis e com maior qualidade de vida para a sua população.

REFERÊNCIAS

- AASHTO. **Guide for the Development of Bicycle Facilities**. Washington DC: Association of State Highway and Transportation Officials, 1999. Disponível em: <www.bikefed.org>. Acesso em: 10 nov. 2005.
- ABRAHAM, J. E.; McMILLAN, S.; BROWNLEE, A. T.; HUNT, J. D. Investigation of Cycling Sensitivities. In: Annual Meeting of the Transportation Research Board, 81, 2002, Washington, D.C. **CD-ROM...** Washington, D.C., 2002.
- AFFONSO, N.S.; BADINI, C.; GOUVEA, F. (Coords). **Mobilidade e cidadania**. São Paulo: ANTP, 2003. 256 p.
- ALLEN, D., ROUPHAIL, N., HUMMER, J. e MILAZZO, J. II. Operational Analysis of Uninterrupted Bicycle Facilities. **Transportation Research Record**, 1636, p.29-36, 1998.
- BRASIL. Ministério da Justiça. Lei Nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 24 setembro 1997. p. 21201.
- CALIPER. **TransCAD: Transportation GIS Software**, “User’s Guide Version 3.0 for Windows”. Newton, MA, Caliper Corporation, 1996.
- CAMBRIDGE SYSTEMATICS, INC.; BICYCLE FEDERATION OF AMERICA e REPLOGLÉ, M. **Guidebook on Methods to Estimate Non-Motorized Travel: Overview of Methods**. Washington, D.C: Federal Highway Administration, 1999a.
- CAMBRIDGE SYSTEMATICS, INC.; BICYCLE FEDERATION OF AMERICA e REPLOGLÉ, M. **Guidebook on Methods to Estimate Non-Motorized Travel: Supporting Documentation**. Washington, D.C: Federal Highway Administration, 1999b.
- CLARK, D. E. Estimating future bicycle and pedestrian trips from a travel demand forecasting model. In: Annual Meeting of the Institute of Transportation Engineers, 67, 1997, Washington, D.C., USA. **Compendium of Technical Papers...** Washington, D.C., 1997, p. 407-414.
- CUTR - Center for Urban Transportation Research. **Bikes-On-Bus Service Delivery in Dade County: Suitability and Feasibility**. Miami, FL: Metro-Dade Transit Agency, 1995. Disponível em: <<http://www.lib.usf.edu/cgi-bin/Ebind2h3.pl/cutr0024>> Acesso em: 27 jan. 2005.
- DIXON, L. B. Bicycle and Pedestrian Level of Service Performance Measures and Standards for Congestion Management Systems. **Transportation Research Record**, 1538, p. 01-09, 1996.
- DNER. **Glossário de termos técnicos rodoviários**. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, 1997.

EPPERSON, B. Evaluating Suitability of Roadways for Bicycle Use: Toward a Cycling Level of Service Standard. **Transportation Research Record**, 1438, p. 09-16, 1994.

EPPERSON, B.; HENDRICKS, S. J. e YORK, M. Estimation of Bicycle Transportation Demand from Limited Data. In: Annual Meeting of the Institute of Transportation Engineers, 65, 1995, Denver, Colorado, USA. **Compendium of Technical Papers...** Denver, 1995, p. 436-440.

FHWA. **Characteristics of Emerging Road and Trail Users and Their Safety**. McLean, VA: Federal Highway Administration, US Department of Transportation, 2004.

FHWA. **FHWA's Course on Bicycle & Pedestrian Transportation**. McLean, VA: Federal Highway Administration, US Department of Transportation, 2003.

FHWA. **Reasons why bicycling and walking are and are not being used more extensively as travel modes**. National Bicycling and Walking Study - Case Study n° 1. McLean, VA: Federal Highway Administration, US Department of Transportation, 1992.

FHWA. **The Environmental Benefits of Bicycling and Walking**. National Bicycling and Walking Study - Case Study n° 15. McLean, VA: Federal Highway Administration, US Department of Transportation, 1993.

GEIPOT. **Manual de Planejamento Ciclovário**. Brasília: GEIPOT – Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes, Ministério dos Transportes, 2001a.

GEIPOT. **Planejamento Ciclovário: Diagnóstico Nacional**. Brasília: GEIPOT – Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes, Ministério dos Transportes, 2001b.

GOLDSMITH, S. **Draft: Estimating the Effect of Bicycle Facilities on VMT and Emissions**. Seattle, WA: Seattle Engineering Department, 1997.

HOOK, W. Preserving and Expanding the Role of Non-motorized Transport. In: **Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities**. Eschborn, Alemanha: GTZ - Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, 2003.

IBGE. **Censo de 2000**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?0>>. Acesso em: 02/04/2004.

KATZ, R. Modeling Bicycle Demand as a Mainstream Transportation Planning Function. **Transportation Research Record**, 1502, p. 22-28, 1995.

LANDIS, B. W. Bicycle Interaction Hazard Score: A Theoretical Model. **Transportation Research Record**, 1438, p. 03-08, 1994.

LANDIS, B. W. Bicycle System Performance Measures. **ITE Journal**, V. 66, N. 2, p. 18-26, 1996.

LANDIS, B. W. et al. Intersection Level of Service: The Bicycle Through Movement. **Transportation Research Record**, 1828, p. 101-106, 2003.

LANDIS, B. W.; VATTICUTI, V. R. e BRANNICK, M. T. Real Time Human Perceptions: Toward a Bicycle Level of Service. **Transportation Research Record**, 1578, p. 119-126, 1997.

LIMA, M. L. P.; GONÇALVES, M. B. Determinação dos atributos mais relevantes para os usuários de um corredor de transporte usando a técnica de preferência declarada. In: ANPET – Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, XIII, 1999, São Carlos. **Anais...** São Carlos: EESC-USP, 1999. p. 615-626.

LITMAN, T. et al. **Pedestrian and bicycle planning: a guide to best practices**. Victoria, BC, Canadá: Victoria Transport Policy Institute, 2000. Disponível em: <<http://www.vtpi.org>> Acesso em: 27 mar. 2000.

MELLO, J. C. **Planejamento dos Transportes**. São Paulo: Editora MacGraw-Hill do Brasil, 1975.

Ministério das Cidades. **Ministério das Cidades vai investir R\$ 62 milhões no Programa Brasileiro de Mobilidade por Bicicleta - Bicicleta Brasil**. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br>>. Acesso em: 10 dez. 2005.

NOVAES, A.G.N. Relações métricas e aproximações em redes logísticas. In: ANPET – Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, VII, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: POLI/USP, 1993. vol. 2, p. 580-591.

ORTÚZAR, J. de D. e WILLUMSEM, L. G. **Modelling Transport**. 2. ed. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd., 1994.

PEZZUTO, C. C. **Fatores que influenciam o uso da bicicleta**. 2002. 146 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Centro de Ciências Exatas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

PHILLIPS, R e M. GUTTENPLAN. A Review of Approaches for Assessing Multimodal Quality of Service. **Journal of Public Transportation**, V. 6, N. 4, p. 69-87, 2003.

PIRES, A.B.; VASCONCELOS, E. A.; SILVA, A.C (Coords). **Transporte humano: Cidades com Qualidade de Vida**. São Paulo: ANTP, 1997. 312 p.

PMSC - Prefeitura Municipal de São Carlos, Secretaria de Habitação e Desenvolvimento Urbano. **Diagnóstico do Plano Diretor da Prefeitura Municipal de São Carlos**. Disponível em: <www.saocarlos.sp.gov.br>. Acesso em: 10 dez. 2005.

PORTUGAL, L.S. e GOLDNER, L. G. **Estudo de Pólos Geradores de Tráfego e de seus Impactos nos Sistemas Viários e de Transportes**. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2003. 334 p.

RIDGWAY, M. D. Projecting Bicycle Demand: An Application of Travel Demand Modelling Techniques to Bicycles. In: Annual Meeting of the Institute of Transportation Engineers, 65, 1995, Denver. **Compendium of Technical Papers...** Denver, 1995, p. 755-761.

SANCHES, S. **Planejamento dos Transportes Urbanos**. São Carlos: UFSCar/Departamento de Engenharia Civil, 2004. 55 p. Notas de Aula.

SORTON, A. e WALSH, T. Bicycle Stress Level as a Tool to Evaluate Urban and Suburban Bicycle Compatibility. **Transportation Research Record**, 1438, p. 17-24, 1994.

SOUZA, O. A. **Delineamento experimental em ensaios fatoriais utilizados em preferência declarada**. 1999. 204 p. Dissertação (Doutorado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

TRB - Transportation Research Board. **Highway Capacity Manual**. Washington, D.C.: National Research Council, 2000.

TURNER, S.; HOTTENSTEIN, A. e SHUNK, G. **Bicycle and Pedestrian Travel Demand Forecasting: Literature Review**. College Station, TX: Texas Transportation Institute, 1997a.

TURNER, S.; SHAFER, C. e STEWART, W. **Bicycle Suitability Criteria: Literature Review and State-of-the-Practice Survey**. Dallas, TX: Texas Transportation Institute, 1997b.

TURNER, S.; SHUNK, G. e HOTTENSTEIN, A. **Development of a Methodology to Estimate Bicycle and Pedestrian Travel Demand**. College Station, TX: Texas Transportation Institute, 1998.

VDOT. **Northern Virginia Regional Bikeway and Trail Network Study: Final Report**. Chantilly: Virginia Department of Transportation, 2003. Disponível em: <<http://www.fhiplan.com/novabike/documents/NoVABike-FinalReport-November2003.pdf>> Acesso em: 20 set. 2004.

WIGAN, M.; RICHARDSON, A. J. e BRUNTON, P. Simplified Estimation of Demand for Nonmotorized Trails Using Geographic Information Systems. **Transportation Research Record**, 1636, p. 47-55, 1998.

APÊNDICES

| | |
|---|-----|
| APÊNDICE I | 121 |
| Etapas do planejamento do transporte cicloviário | |
| APÊNDICE II | 129 |
| Principais modelos para estimar a demanda do transporte cicloviário | |
| APÊNDICE III | 152 |
| Principais modelos para medir a qualidade do serviço das vias para o transporte cicloviário | |
| APÊNDICE IV | 191 |
| Pesquisa nos pólos geradores | |
| APÊNDICE V | 204 |
| Pesquisa de preferência declarada | |
| APÊNDICE VI | 218 |
| Avaliação do nível de serviço | |

APÊNDICE I

ETAPAS DO PLANEJAMENTO DO TRANSPORTE CICLOVIÁRIO

Hook (2003) aponta sete etapas para o planejamento do transporte não-motorizado. Estas etapas são: (1) formação da equipe de planejamento; (2) seleção da área para estudo; (3) levantamento das condições atuais e regulamentações existentes; (4) mapeamento dos dados; (5) desenvolvimento e priorização das propostas; (6) seleção e projeto das facilidades; (7) revisão das propostas e implantação da infra-estrutura. Considerando somente o transporte cicloviário, tais etapas são descritas a seguir.

I.1 Formação da equipe de planejamento

Segundo Hook (2003), a formação da equipe de planejamento de transporte cicloviário deve incluir: profissionais e técnicos da área de planejamento e engenharia, parceiros locais com influência e contatos na cidade, como por exemplo, agências governamentais, além de ONGs locais, universidades ou firmas de planejamento com experiência na área de pesquisa e contato com a população.

Uma das primeiras tarefas da equipe deve ser a formação de um comitê, que teria como membros os indivíduos responsáveis por cada agência governamental envolvida no processo de planejamento, como agências de planejamento municipais, departamento de polícia, departamento de trânsito e autoridades públicas relevantes. Este comitê seria responsável pela organização de audiências públicas nas fases mais avançadas do processo, pela supervisão da implementação dos planos e pela defesa dos planos no âmbito da administração. Todas estas medidas têm como objetivo principal a inclusão e a participação das agências governamentais no processo de planejamento desde o seu início, além de ajudar a evitar obstáculos de implementação em fases avançadas dos planos.

I.2 Seleção da área de planejamento

A metodologia de planejamento e a seleção da área de intervenção dependem da abrangência do projeto proposto, que pode ser um projeto piloto para uma região específica da cidade ou um plano de ação global para a cidade. As diferenças estão nas escalas administrativas interessadas, de nível local e muitas vezes comunitário, no primeiro caso, ou municipal, no segundo. Além disso, algumas características são muito importantes, como o número de viagens de bicicleta existente e potencial, e número de acidentes envolvendo usuários deste modo de transportes. Tais características podem ser significativas na cidade de maneira geral, ou mais relevantes em algumas regiões, o que ajuda a definir a escala da intervenção proposta.

O número de viagens existente ou potencial, ou seja, a demanda destas viagens, é considerado um indicador importante na escolha da área de planejamento. Alguns tipos de centros de atividades são conhecidos como pólos atratores de viagens não-motorizadas e tendem a atrair maiores números de viagens não-motorizadas. A presença de escolas e universidades, mercados populares e shopping centers, indústrias e outras instalações de trabalho com grande número de pessoas que não têm acesso aos veículos motorizados, pela alta frequência de visitas, também podem nortear o planejamento de transportes.

I.3 Levantamento das condições atuais e da regulamentação existente

Após a seleção da área a ser trabalhada, o próximo passo é fazer um levantamento das condições atuais daquela região, na maioria das vezes por meio de coleta de dados. Os dados necessários para o processo de planejamento estão espalhados por várias agências. Como muitas vezes as informações não são divulgadas e disponibilizadas entre as agências, o levantamento da disponibilidade de dados existentes é fundamental nesta etapa do processo. Informações adicionais necessárias e não disponíveis devem ser coletadas utilizando-se as metodologias adequadas. Uma revisão das leis, regulamentação e modelos de desenho existentes também são necessários, para subsidiar as medidas de planejamento.

Os dados coletados através do levantamento das condições existentes têm também um papel educacional, servindo como base para justificar e ressaltar a importância e a necessidade dos projetos a serem propostos.

▪ **Divisão da área de projeto em zonas**

Para a realização do levantamento e mapeamento dos dados a serem coletados, as áreas de projeto devem ser divididas em zonas. Hook (2003) sugere para o planejamento de transporte por bicicletas, a utilização de uma escala de, inicialmente, 1:10.000.

▪ **Levantamento da demanda existente**

Segundo Pires et al. (1997), para o desenvolvimento de planos de transportes é necessário conhecer os deslocamentos de pessoas e mercadorias no espaço, que expressam o que é chamado de “demanda de transporte”. O levantamento da demanda pode ser realizado por meio de vários procedimentos, que variam de acordo com seu tipo e os objetivos do analista. Alguns destes procedimentos compatíveis com o planejamento de transporte cicloviário são:

→ *Pesquisa Origem-Destino (OD) Domiciliar*

A pesquisa OD domiciliar é o instrumento mais completo de identificação do sistema de transportes de uma cidade. Registra o padrão atual de deslocamento das pessoas em conjunto com suas características socioeconômicas, por meio de entrevistas domiciliares. A realização da pesquisa deve ser periódica e aplicada a uma amostra estatisticamente significativa dos domicílios de cada zona estudada.

No caso da disponibilidade de pesquisas domiciliares já existentes que não incluam dados sobre viagens e posse de bicicletas, pesquisas complementares devem ser realizadas para a inclusão de tais dados. Pesquisas OD domiciliares devem incluir dados socioeconômicos, origem e destino das viagens, horário e motivo da viagem.

→ *Pesquisa OD Não Domiciliar*

O objetivo desta pesquisa é verificar o padrão de origem e destino de pessoas a partir de um determinado ponto, de onde elas são entrevistadas. Trata-se de uma pesquisa bem mais simples do que a domiciliar, consistindo do levantamento de dados estritamente sobre origem e destino das viagens. Esta informação é usada para complementar a pesquisa OD domiciliar e para capturar as viagens originárias de regiões fora da área de estudo. A pesquisa OD de ciclistas é realizada nas interseções das vias ou nos bicicletários.

→ *Contagem de ciclistas*

A maioria das contagens de veículos realizadas não inclui viagens de bicicletas, portanto torna-se necessário coletar estes dados. Para caracterizar com mais precisão a divisão entre os modos de transporte, recomenda-se realizar simultaneamente a contagem de veículos motorizados no mesmo local. Normalmente, esta pesquisa é realizada nos horários de pico e no meio do dia. Outra informação importante que pode ser coletada neste procedimento é o número de pessoas que atravessam ruas principais e cruzamentos críticos.

→ *Acidentes de trânsito envolvendo ciclistas*

Apesar dos levantamentos não conseguirem abranger todos os acidentes de trânsito envolvendo ciclistas, tais informações são usualmente obtidas junto à Polícia Militar, enquanto que dados adicionais podem ser obtidos em hospitais e no Instituto Médico Legal. Os dados devem ser classificados em acidentes em cruzamentos e fora de cruzamentos.

▪ **Previsão da demanda potencial**

Muitas comunidades têm um nível significativo de demanda latente para as viagens de bicicleta. Isto significa que um maior número de pessoas usariam este tipo de transporte se existisse melhor infra-estrutura e incentivos. Atualmente existem várias tecnologias utilizadas para prever a demanda potencial de viagens de pedestres e bicicletas, algumas delas baseadas em modelos computacionais.

Existem vários fatores que podem afetar a demanda potencial por transporte cicloviário de uma região. Alguns deles são: presença de pólos geradores de viagens; distância das viagens; fatores demográficos; padrões de uso do solo (densidade e uso); condições das viagens; topografia e clima; comportamento da comunidade; contexto histórico e geográfico.

▪ **Avaliação das condições das facilidades existentes**

A coleta de dados para a avaliação das condições das facilidades existentes deve incluir informações como: volume e velocidade do tráfego; volume e velocidade do tráfego não-motorizado; condições das vias e calçadas (largura, pavimento, etc.); condições dos cruzamentos (semáforos, sinalização, etc.); iluminação; presença de estacionamento adjacente nas vias; presença de estacionamento para bicicletas; seguridade, limpeza e condições estéticas; banheiros e vestiários públicos e outros serviços próximos às rotas. Para avaliar a condição das facilidades, podem ser utilizados modelos para medir o Nível de Serviço ou o Nível de Estresse das facilidades.

I.4 Mapeamento dos dados

Após a coleta de dados, as informações adquiridas devem ser mapeadas, resultando na espacialização das informações e caracterizando também o início da análise dos dados. Alguns tipos de mapas resultantes de levantamento de dados estão listados a seguir.

▪ **Mapeamento de origem-destino**

O mapeamento OD consiste em identificar todos os pares OD das viagens não-motorizadas para viagens de até 10 km, distância máxima considerada viável para viagens de bicicletas segundo Hook (2003), e localizá-los no mapa da área de estudo. Os pares OD atualmente feitos por transporte cicloviário devem ser coloridos de verde, enquanto que os feitos por transporte público devem ser pintados de amarelo. Por fim, os pares feitos por qualquer tipo de transporte motorizado individual devem receber a cor vermelha. O resultado deste procedimento permite visualizar as viagens que poderiam ser feitas por transporte não-motorizado, mas estão sendo realizados por outro

modo de transporte. Além disso, este mapeamento indica a proporção de cada tipo de viagem realizado na área.

▪ **Mapeamento de rotas**

O mapa de rotas indica o caminho entre cada par de OD na área de projeto. A aplicação mais importante deste tipo de mapa é o cálculo do fator de desvio, ou seja, a distância que o ciclista ou pedestre precisa desviar do seu caminho para chegar até o seu destino, em relação ao menor caminho possível (linha reta). O fator de desvio é um indicativo de problemas causados por vias perigosas, com alta velocidade de veículos, com restrições a este modo de transporte, além de barreiras como canais, rodovias, linhas férreas, entre outras.

▪ **Mapeamento das facilidades existentes e da qualidade do transporte**

Consiste no mapeamento das rotas de transporte não-motorizado, existente e em potencial, classificadas por cor, de acordo com a sua qualidade para seu uso. Dessa forma, a cor vermelha indica uma rota muito perigosa e desconfortável; a cor amarela indica algum perigo; e a verde indica que a rota é considerada adequada. Tais mapas são de grande auxílio no processo de priorização das propostas de melhoramento.

▪ **Mapeamento dos fluxos de transporte não-motorizado**

As informações obtidas pelas pesquisas de OD e pela contagem de pedestres e bicicletas podem ser mapeadas para gerar um mapa indicando o número de viagens não-motorizadas nas principais vias estudadas. Esta análise mostra os locais de concentração de viagens existentes e pode justificar intervenções nas áreas.

▪ **Mapeamento de acidentes de trânsito**

O mapeamento dos acidentes de trânsito constatados ajuda a identificar regiões e cruzamentos considerados perigosos para ciclistas.

I.5 Desenvolvimento e priorização das propostas

A partir de toda a informação adquirida até este ponto, a equipe de planejamento, juntamente com o comitê de transporte cicloviário, deve identificar as áreas e corredores específicos que precisam de melhoramentos.

O critério de seleção a ser utilizado para a identificação das áreas inclui: alto nível de consenso político; alto nível de apoio da comunidade da área em questão; possibilidade de diminuição expressiva nos acidentes de trânsito envolvendo usuários vulneráveis; possibilidade de aumento significativo da eficiência das viagens não-motorizadas pela diminuição do fator de desvio e pela diferença de nível; possibilidade de completar ou conectar redes ou corredores de viagens já existentes; custo e facilidade de implementação.

I.6 Seleção e projeto das facilidades

Nesta fase é necessário promover a discussão do tipo de facilidades para bicicletas a serem oferecidas. Para tal, deve-se ter em vista as vantagens e desvantagens que cada alternativa representa, considerando-se, inclusive, os custos de implantação de cada uma delas.

De qualquer modo, é consenso afirmar que em vias onde as velocidades vão até 40 km/h não são necessárias grandes intervenções para a circulação de bicicletas. Nestas vias locais, que representam a maior parte das vias no tecido urbano, medidas simples e de baixo custo são suficientes para manter a segurança na circulação de ciclistas: redesenho de valas e bueiros, passeios com alturas uniformes, manutenção das vias cicláveis livres de obstáculos como galhos, óleo, areia e outros.

Outra medida interessante a se realizar é a determinação de rotas mais amigáveis para ciclistas que se desviem do tráfego intenso, sendo necessária a divulgação através de mapas e sinalização indicativa destas rotas. Outro ponto a ser destacado é a necessidade

de facilidades de estacionamento como paraciclos e bicicletários ao longo das rotas e nos destinos, visando garantir proteção contra os possíveis roubos de bicicletas.

A priorização e segregação do tráfego de bicicletas, cujo objetivo é garantir melhor fluidez e maior segurança aos ciclistas, pode ser obtida através da implantação de vias ou faixas exclusivas ou preferenciais para bicicletas: as ciclovias e ciclofaixas.

Deve-se ter clara a idéia de que a priorização das bicicletas no tráfego através de ciclovias ou ciclofaixas deve contemplar projetos de sinalização indicativa e específica para ciclistas, bem como travessias seguras no caso do cruzamento com vias/ faixas de transporte motorizado. Estes projetos incluem medidas como a indicação e sinalização clara dos trechos de início e fim de ciclovias e ciclofaixas.

I.7 Revisão das propostas e manutenção da infra-estrutura

Após a escolha das facilidades a serem implementadas, assim como em todo processo de planejamento, devem estar previstos testes e revisões das propostas implementadas. O planejamento deve traçar as diretrizes de avaliação dos equipamentos implantados e sua operação, revisando as infra-estruturas quando necessário. Além disto, no mesmo contexto, devem estar previstos os procedimentos de manutenção e conservação dos equipamentos, bem como os responsáveis e os recursos necessários.

Desta forma, as etapas propostas por Hook (2003) podem ser vistas como diretrizes para nortear o planejamento do transporte cicloviário, que devem ser adaptadas para cada caso estudado.

APÊNDICE II

PRINCIPAIS MODELOS PARA ESTIMAR A DEMANDA DO TRANSPORTE CICLOVIÁRIO

II.1 Modelo de Wigan et al.

O modelo de Wigan et al. é um estudo australiano em que se utilizou um modelo comparativo, ou seja, que comparou características dos usuários de duas trilhas existentes, identificando fatores que poderiam explicar as diferenças nos níveis de uso da bicicleta das duas facilidades (WIGAN et al., 1998).

O modelo tem como objetivo principal definir um meio simples e eficaz para estimar o uso de ciclovias voltadas para o lazer, utilizando dados já disponíveis. Para isto, foram examinados os padrões de demanda de duas trilhas existentes em Melbourne, Austrália, utilizando questionários e modelos estatísticos. As duas trilhas diferiam em dois aspectos principais: a trilha Lower Yarra, com mais de 30 km de extensão ao longo do rio Yarra, era bem conectada com a cidade de Melbourne e recebia uma significativa promoção de eventos e atividades; a trilha Lower Maribyrnong apresentava potencial similar, no entanto, não usufruía nenhuma destas duas vantagens. Um Sistema de Informações Geográficas (SIG) foi utilizado para a análise das características dos dois mercados e a estimativa da demanda.

Os autores indicam a escassez de dados sobre o uso de ciclovias voltadas para o lazer. Assim, os dados utilizados na pesquisa foram provenientes de um sistema de pesquisas chamado VITAL (*Victoria Transportation and Activity*), que produziu pesquisas de transporte para apontar origens e destinos de viagens de bicicleta para vários tipos de destinos, dentre eles parques e equipamentos de lazer. Os resultados incluíam o motivo de cada viagem, o destino e as características do usuário, que abrangiam características pessoais e domiciliares.

Outra pesquisa utilizada foi realizada por uma agência governamental de Melbourne (*Melbourne Parks and Waterways*), em agosto de 1994 e janeiro de 1995, englobando os principais parques e trilhas da cidade. Foram considerados os usuários maiores de 15 anos de idade, que totalizaram 4.535 entrevistas. Contabilizou-se o modo de transporte de chegada aos parques e o tempo de permanência nos mesmos. Os resultados da pesquisa indicaram que os equipamentos localizados nas áreas mais urbanizadas tinham maior número de acesso pelos modos à pé e de bicicleta, o que indica a influência da variação da densidade populacional das áreas ao redor dos parques e trilhas e dos diferentes níveis de atratividade que estes ofereciam na demanda de viagens de bicicleta.

Finalmente, foi realizada uma pesquisa nas duas trilhas (Lower Yarra e Lower Maribyrnong) em 1994, que analisou dados de usuários maiores de 15 anos de idade presentes nas trilhas. Esta restrição de idade foi criticada por ter gerado uma análise superestimada do papel dos ciclistas utilitários na região, ao excluir os dados referentes aos ciclistas pré-adolescentes. As características dos usuários questionadas foram: frequência de visitas à trilha; modo de transporte utilizado para chegar à trilha; tempo de permanência na trilha; e distância percorrida.

A construção do modelo empregou os seguintes dados: (1) distribuição das distâncias das viagens; (2) números de usuários de diferentes áreas de estudo (definidas por regiões de código de endereçamento postal); (3) população nas áreas de estudo (regiões de código de endereçamento postal) de diferentes distâncias da trilha; e (4) distâncias da trilha até os pontos centrais das áreas de estudo (regiões de código de endereçamento postal).

O primeiro passo foi gerar o número de pessoas que acessam cada uma das trilhas de diferentes distâncias. A distribuição da população pela distância de cada uma das trilhas foi derivada dos centróides de cada uma das áreas. A combinação das informações sobre distância das viagens com a probabilidade de cada pessoa realizar esta viagem por um modo de transporte específico resulta na probabilidade de viagens à trilha por um modo de transporte em função da distância. Dessa forma, aplicam-se as probabilidades

derivadas da trilha Lower Yarra à população do entorno da trilha Maribyrnong. O resultado da aplicação do modelo é, portanto, a previsão do número de visitas semanais (visitas potenciais) à trilha Maribyrnong, baseada nos níveis de atratividade derivados da trilha Lower Yarra.

Segundo Wigan et al. (1998), a aplicação deste modelo a outras trilhas em Melbourne, Austrália, poderia fornecer uma estimativa do potencial de desenvolvimento destas trilhas, direcionando investimentos e financiamentos para esta área. Além disso, o modelo também pode ser usado para estimar o número de estacionamentos necessários para atender aos usuários que utilizam veículos motorizados para acessar as trilhas.

II.2 Modelo de Ridgway

O modelo descrito por Ridgway (RIDGWAY, 1995) pode ser classificado como um exemplo da utilização de um modelo comportamental agregado.

Diversas MPOs (Metropolitan Planning Organizations) americanas desenvolveram modelos de previsão de demanda com abrangência de caráter regional. Neste tipo de modelos, a escala das zonas de análise de tráfego não permite a projeção da demanda em vias ou corredores individuais. Assim, com o objetivo de estimar a demanda de viagens de bicicletas em uma escala municipal, Ridgway (1995) desenvolveu uma metodologia de três etapas, similar ao modelo tradicional, com a exclusão da etapa da divisão modal. A metodologia consiste em: (1) geração de viagens; (2) distribuição de viagens; e (3) alocação dos fluxos.

A cidade americana de Berkeley, onde o uso do transporte ciclovitário é grande, foi considerada como estudo de caso para testar a viabilidade de se definir um modelo municipal de estimativa da demanda para viagens de bicicletas.

As etapas do modelo são apresentadas a seguir.

▪ **Geração de viagens**

O processo tem início com a geração de viagens a partir de um conjunto de determinados tipos de uso do solo ou de dados socioeconômicos. As viagens são classificadas em diferentes motivos de viagem. No caso da cidade de Berkeley, os motivos utilizados foram: domicílio-trabalho; domicílio-outro; e não domiciliar. O processo de geração de viagens é obtido através de equações simples ou de modelos complexos, que consideram vários fatores influenciadores nas viagens. As viagens classificadas por motivos distintos são então geradas para cada zona considerada. Esta etapa resulta em uma tabela de produção e atração de viagens.

▪ **Distribuição de viagens**

Após a geração das viagens, estas devem ser distribuídas entre zonas de análise, com a ajuda de um modelo gravitacional tradicional. O modelo gravitacional utiliza um fator de probabilidade, em função da distância, que deve ser calibrado para condições locais de viagens. O produto desta etapa é uma matriz de viagens zona a zona.

▪ **Alocação dos fluxos**

A etapa final da metodologia consiste da alocação dos fluxos origem-destino a uma rede de transportes modificada com as informações relativas ao transporte cicloviário, como a identificação de vias onde o tráfego de bicicletas é proibido, além da indicação de ciclofaixas, ciclovias e rotas cicláveis. O tráfego de veículos motorizados é alocado de acordo com o tempo mais curto entre pares de zonas. No caso das viagens de bicicletas, no entanto, a variável utilizada passa a ser a distância entre estes pares, presumindo-se que o tipo de facilidade não influencia a velocidade dos ciclistas. Além disso, os autores destacaram que vários outros atributos podem ser relacionados à viagem de bicicletas, que possibilitariam a alocação dos fluxos de acordo com a adequação das vias. Alguns destes atributos são: tipo de facilidade, volumes de tráfego motorizado e velocidade do tráfego. O resultado desta última etapa é uma rede cicloviária carregada com volumes de bicicletas em cada um dos seus segmentos.

O modelo de Ridgway foi aplicado em 18 cidades da Califórnia. O autor utilizou dados do Censo de 1990 para executar uma análise de regressão entre vários fatores e a

porcentagem da divisão modal para estas cidades. Quanto ao seu funcionamento, o modelo de Ridgway obteve resultados adequados para a previsão da divisão modal das 18 cidades. Por outro lado, os resultados não foram tão apropriados quando o modelo foi utilizado para prever a divisão modal dos setores censitários da cidade de Berkeley, o que indica uma perda de precisão causada pela mudança de escala da análise (CAMBRIDGE SYSTEMATICS INC. et al., 1999b e TURNER et al., 1997a).

II.3 Modelos de demanda do condado de Dade, Flórida

Outro exemplo de utilização de um modelo do tipo comportamental agregado é um estudo de demanda de viagens de bicicletas realizado no condado de Dade, Flórida, Estados Unidos, para verificar se existia mercado para um programa de integração entre bicicletas e transporte coletivo na região. Os resultados deste estudo indicaram que este mercado era significativo e a metodologia utilizada para estimar a demanda consta do relatório “*Bikes-On-Bus Service Delivery in Dade County: Suitability and Feasibility*” (CUTR, 1995).

Além de comprovar a existência da demanda para o programa, a análise também apontou áreas onde as viagens de bicicletas ocorriam com maior concentração, comparativamente. Para detectar estas áreas, considerou-se que três fatores poderiam ser utilizados para estimar a demanda de viagens por bicicleta para acesso ao transporte coletivo:

- **Localização da população desprovida de transporte**

O NPTS (*Nationwide Personal Transportation Study*) define a população desprovida de transporte como pessoas que, por motivos de deficiência física, renda ou idade, são incapacitados para se transportar ou pagar pelo seu transporte, dependendo assim de ajuda alheia para ter acesso à saúde, emprego, educação, compras, atividades sociais e outras atividades básicas. A categoria 1 da população desprovida de transporte inclui uma população com baixa renda familiar, que não inclui deficientes ou idosos.

Segundo Epperson et al. (1995), a utilização desta categoria de população permite uma medida conveniente de demanda para viagens de bicicleta, pois combina elementos

relacionados ao empobrecimento e à falta de disponibilidade de automóveis, ao mesmo tempo que garante a possibilidade física de utilizar a bicicleta como modo de transporte.

O Center for Urban Transportation Research (CUTR, 1995) também destaca que esta categoria da população tem um grande potencial para participar de um programa de integração entre bicicletas e transporte coletivo, considerando-se que a população com baixa renda familiar é elegível para receber um auxílio do governo para utilizar o transporte coletivo. Assim, estas pessoas têm a possibilidade de se beneficiar com a combinação dos dois modos de transporte.

Desta forma, o mapeamento das áreas onde reside a categoria 1 da população desprovida de transporte foi realizado através de dados de pesquisas de transportes regionais. A proporção de pessoas nesta classificação por setor censitário variou de 93 a 899 para cada 1000, com média de 416 e desvio padrão de 138.

▪ **Localização da população que usa a bicicleta por motivo de trabalho**

A localização dos usuários de bicicleta para viagens a trabalho foi baseada nos dados do Censo de 1990. O número total de ciclistas foi baseado em pessoas com mais de 16 anos que indicaram a bicicleta como seu principal meio de transporte para o trabalho na primeira semana de abril de 1990. É importante ressaltar que o censo inclui somente viagens a trabalho que, segundo o NPTS de 1990, representam somente 9,6% de todas as viagens de bicicleta (EPPERSON et al., 1995). O número de ciclistas por setor censitário variou de 0 a 31,2 para cada 1000 habitantes, com média de 2,3 e desvio padrão de 3,2. Somente 26 dos 256 setores censitários possuíam mais do que 5,6 ciclistas para cada 1000 habitantes.

▪ **Características demográficas**

Este fator combina dados do NPTS e do Censo, ambos de 1990. O Nationwide Personal Transportation Study (NPTS) coletou dados demográficos e socioeconômicos de pessoas que realizam viagens, por todos os motivos e por todos os modos de transporte, incluindo bicicletas, com uma amostragem de 21.869 domicílios. Através destes dados, o NPTS constatou diferenças no índice de viagens de bicicletas realizadas por pessoas

de diferentes idades, raças e gênero. De forma geral, os homens jovens e brancos tendem a utilizar mais a bicicleta como modo de transporte.

Assim, os dados do NPTS de 1990, classificados por gênero, raça e idade, permitiram o cálculo de um índice de geração de viagens nacional para doze categorias. Este índice de geração de viagens calculado foi então multiplicado pelo número de pessoas dentro de cada categoria presente em cada setor censitário do condado de Dade, usando dados do Censo de 1990. As viagens de bicicletas estimadas variaram de 8,2 a 35,3 viagens diárias por 1000 habitantes, com uma média de 14,2 e desvio padrão de 3,0. Metade dos setores censitários do condado geraram entre 12,6 e 15,9 viagens para cada 1000 habitantes.

Segundo os autores, a estimativa da demanda segundo este terceiro modelo foi considerada a mais confiável das três, por incorporar dados de pesquisas e fatores significativos que influenciam o ciclismo como idade, raça (branco e não-branco) e gênero. No entanto, esta técnica possui também algumas falhas (TURNER et al., 1997a). Em primeiro lugar, algumas discrepâncias entre o NPTS e o Censo não permitiram que a faixa de renda familiar fosse considerada no modelo. Além disso, as viagens de bicicleta não foram ajustadas por características específicas das facilidades, como a presença de ciclofaixas. Por fim, a frequência de realização de viagens apresentada pelo NPTS não foi ajustada para o clima ou geografia de cada região.

Segundo Epperson et al. (1995), a principal diferença entre este modelo e os outros dois citados anteriormente é a inclusão das viagens por motivos de lazer. Estas viagens, apesar de representarem mais de 55% de todas as viagens de bicicleta, não foram incorporadas nos outros modelos.

Após a aplicação dos três modelos, todos foram utilizados qualitativamente para identificarem locais com maior demanda de viagens de bicicletas, de acordo com os setores censitários por onde passavam as rotas de ônibus existentes. Foram então selecionadas três rotas de ônibus para que fosse demonstrado o programa de integração entre bicicletas e transporte coletivo no condado de Dade.

II.4 Modelo de Goldsmith

Um exemplo de um modelo simplificado foi usado por Goldsmith (1997) para estimar os impactos que a implantação de ciclofaixas em uma via na região de Seattle, Estados Unidos, traria para a quilometragem total de viagens e a emissão de poluentes. Os dados utilizados neste modelo incluíram dados do censo, pesquisas de preferência declarada e outras hipóteses sobre usuários e viagens de bicicleta. A metodologia inclui a utilização de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) e de uma planilha computadorizada.

Foram definidas áreas de influência das novas facilidades, ou seja, áreas paralelas às facilidades a serem implantadas, que apresentam maior probabilidade de utilizá-las. A abordagem padrão usada para delimitar as áreas de influência consiste em demarcar um espaço de 0,8 km de comprimento para cada lado da via. No entanto, além de considerar um tamanho padrão, outros critérios devem ser considerados, como a proximidade de rotas cicláveis alternativas e presença de barreiras físicas (montanhas ou vias expressas).

Assim, para a aplicação do modelo na *Pine Street*, Seattle, foram consideradas áreas de influência diferenciadas para cada um dos seus lados. A área de influência para o lado norte da via foi aumentada devido à ausência de facilidades para bicicletas naquela região, enquanto que a área de influência do lado sul foi diminuída para compensar a grande quantidade destas facilidades próximas (CAMBRIDGE SYSTEMATICS INC. et al., 1999b).

O modelo utilizado definiu dois tipos de viagens: viagens para o trabalho e não relacionadas ao trabalho. Para estimar as viagens para o trabalho foram utilizados dados do Censo de 1990, enquanto que, para estimar as viagens não relacionadas ao trabalho, foi realizada uma pesquisa de preferência declarada por telefone, na área estudada.

O modelo de Goldsmith assume a hipótese de que somente a presença de facilidades para bicicletas pode gerar um aumento significativo no uso deste modo de transporte. Isto pode ser coerente em curto prazo, no entanto, ignora as mudanças possíveis em

longo prazo, que podem ser impulsionadas por variações no uso do solo e na rede de transportes como um todo (TURNER et al., 1997a).

A estrutura da aplicação do modelo consiste nas seguintes etapas:

- Determinar a área de influência da facilidade;
- Determinar a população dos setores censitários dentro da área;
- Estimar o número de viagens de bicicletas existente: (1) utilizar dados do censo ou de questionários para determinar a porcentagem da população que realiza viagens diariamente e multiplicar pela população da área estudada; (2) multiplicar o resultado pela porcentagem da escolha modal para bicicletas para cada setor censitário da área;
- Estimar o número de ciclistas em potencial: usar dados de pesquisas que indicam a porcentagem dos moradores que já utilizaram a bicicleta como modo de transporte em algum momento da suas vidas e subtrair desta porcentagem os atuais ciclistas da área;
- Determinar o número esperado de novas viagens de bicicletas: multiplicar o número de ciclistas em potencial pelo número de pessoas que realizam viagens na área e, depois, pelo número de pessoas que viajariam de bicicleta se houvesse facilidades adequadas;
- Determinar, através de dados pesquisados, qual é a proporção destas viagens que vieram de veículos ocupados por uma pessoa;
- Determinar a extensão média das viagens (em milhas) convertidas de viagens feitas por veículos ocupados por uma pessoa: usar a média da cidade ou uma média calculada da região central dos setores censitários até os pontos de maior geração de viagens, convertendo minutos para km, presumindo que a velocidade de um ciclista comum é de 16 km/h;
- Calcular o número estimado de quilômetros que deixaram de ser percorridas por veículos motorizados e de emissões de poluentes evitadas.

A aplicação do modelo desenvolvido gera como dados de saída o novo número de viagens de bicicletas por dia no local e o índice de redução no uso dos veículos motorizados, medida através de três indicadores: extensão das viagens de automóveis (em milhas), veículos ocupados por uma pessoa e emissões de poluentes. No caso de Seattle, a implantação das novas facilidades para bicicletas deveria gerar 288 novas

viagens de bicicletas para o trabalho e 762 viagens de bicicletas com outras finalidades. Além disso, estimou-se que o uso das novas facilidades eliminaria 398 viagens motorizadas individuais por dia e reduziria 742 km de viagens motorizadas por dia.

II.5 Modelo de Hunt e Abraham

O modelo desenvolvido por Hunt e Abraham (*apud* ABRAHAM et al., 2002) é um exemplo de modelo de escolha discreta, utilizado para a escolha de rotas de ciclistas.

Um estudo de preferência declarada foi executado na cidade de Edmonton, Canadá, com dois objetivos básicos: (1) avaliar a natureza de vários fatores que influenciam no uso da bicicleta e (2) obter razões entre os valores dos parâmetros para serem empregados no desenvolvimento de uma simulação mais abrangente do comportamento de viagens domiciliares. Foi utilizado um modelo *logit* para prever a escolha de rotas como uma função das características das rotas e outros fatores. Os coeficientes resultantes das características das rotas são usados para comparar a importância relativa destas características.

A cidade de Edmonton é a principal central metropolitana das regiões central e nordeste da Província de Alberta, no Canadá. A população desta região metropolitana era de aproximadamente 866.000 habitantes em 1994. A cidade já apresentava, na mesma época, uma rede conectada de rotas para bicicletas em vias compartilhadas, ciclovias, ciclofaixas e trilhas para lazer.

No final de setembro de 1994, um total de 1128 questionários foram preenchidos e devolvidos pelos ciclistas que participaram do estudo. Os questionários incluíam questões pessoais e relacionadas ao comportamento dos ciclistas, como: gênero, idade, renda familiar, custo da bicicleta no momento da compra, nível de experiência como ciclista no tráfego compartilhado e nível de conforto como ciclista no tráfego compartilhado.

Além disso, cada questionário continha uma série de questões sobre o uso real da bicicleta e um exercício de preferência declarada. Este exercício apresentava duas

alternativas hipotéticas para o uso da bicicleta e perguntava qual delas era a preferida para ser utilizada em uma viagem social ou de trabalho. As alternativas eram descritas pela especificação da quantidade de tempo gasto em três diferentes tipos de facilidades para ciclistas e pela presença ou não de vestiários com chuveiros e bicicletários no destino das viagens. Assim, as observações obtidas foram usadas para estimar os valores dos parâmetros para uma série de funções em modelos *logit*, representando o comportamento destas escolhas.

Os resultados indicaram que o tempo gasto em uma viagem de bicicleta no tráfego compartilhado é considerado mais incômodo e oneroso do que o mesmo tempo gasto em ciclovias e ciclofaixas. Outra constatação da pesquisa é que a disponibilidade de locais de estacionamento para bicicletas é mais importante para os ciclistas do que a presença de vestiários com chuveiros localizados nos destinos das viagens. Em relação ao nível de experiência dos ciclistas, pode-se perceber que o incômodo causado pelas viagens realizadas tende a diminuir para os ciclistas mais experientes.

Por ser baseado em características hipotéticas de rotas, este modelo pode ser aplicado a várias localizações. No entanto, as questões abordadas nos questionários podem precisar de alguns ajustes para adaptar o modelo para algumas possíveis condições particulares de cada localização.

II.6 Inclusão do Modo Ciclovário nos Modelos Tradicionais para Estimativa da Demanda de Viagens

Além de sua grande difusão mundial como auxiliares no planejamento de transportes, os modelos tradicionais de quatro etapas destacam-se pelo seu potencial para a integração de pedestres e ciclistas com automóveis e transporte coletivo na previsão de viagens. A incorporação dos modos não-motorizados neste modelo pode ocorrer de várias maneiras, seja através da definição de uma rede viária para pedestres ou bicicletas ou da inclusão destes modos nos modelos da etapa referente à repartição modal (CAMBRIDGE SYSTEMATICS INC. et al., 1999a).

A seguir são apresentadas as quatro etapas deste modelo.

▪ **Etapa 1: Geração de viagens**

Na primeira etapa, a área urbana é dividida em zonas de análise de tráfego e a cada uma atribuem-se características homogêneas referentes à situação socioeconômica, de transportes e uso do solo. O modelo de geração é formado por uma ou mais equações que têm como objetivo mostrar o número de viagens por unidade de tempo geradas (produzidas e atraídas) em uma determinada zona.

▪ **Etapa 2: Distribuição de viagens**

Após estimar o número de viagens geradas, a segunda etapa consiste em prever para quais zonas se destinam estas viagens, ou seja, é feita a distribuição dos volumes de tráfego entre cada zona de origem e as demais. Vários modelos podem ser utilizados para estimar a distribuição de viagens. Dentre eles destacam-se os modelos baseados em Fatores de Expansão ou Crescimento, que incluem os modelos Fratar, Detroit, Fator Médio e Fator Uniforme, além dos modelos mais convencionais, como o modelo de gravidade (MELLO, 1975).

▪ **Etapa 3: Divisão modal**

Na terceira etapa são definidos os modos utilizados para a realização das viagens e determinadas suas proporções entre cada par de zonas de origem e destino. Nos modelos de divisão ou repartição modal são empregadas as funções *logística* e *logit*, além dos coeficientes obtidos por Regressão Múltipla (MELLO, 1975).

Segundo Katz (1995), um dos aspectos normalmente negligenciados nesta etapa é a interação de padrões de atividades individuais ou domiciliares que impõem restrições na escolha modal e em outras características de viagens. Restrições causadas por atividades como a necessidade de transportar crianças para a escola, por exemplo, podem prejudicar o objetivo de aumentar o uso dos transportes não-motorizados.

▪ **Etapa 4: Alocação dos fluxos à rede de transportes**

A última etapa, depois de definida a geração de viagens em cada zona, sua distribuição entre todas elas e a divisão modal das viagens, é a alocação dos fluxos à rede de transportes. Esta etapa pretende definir por quais caminhos as viagens são realizadas, considerando basicamente duas variáveis: o tempo e/ou custo de deslocamento para cada caminho e a capacidade das ligações.

No caso do planejamento cicloviário, a alocação dos fluxos à rede de transportes ou a escolha de rotas para os ciclistas é particularmente importante. A inadequação destas rotas pode resultar na ausência de viagens ou na mudança para outro modo de transportes. Assim, a alocação dos fluxos em rotas inadequadas pode causar efeitos indesejáveis, muitas vezes não considerados no modelo tradicional de quatro etapas (KATZ, 1995).

II.7 Modelo de Clark

O modelo de Clark (1997) pode ser citado como um exemplo de modelos do tipo análise de mercado. A metodologia proposta ajusta tabelas de viagens de veículos de um modelo de demanda tradicional para contabilizar futuros aumentos nas viagens de ciclistas e pedestres, através de características de viagens atuais e previstas da região.

Para isto, as viagens existentes são estratificadas por distância e motivo de viagem. Também são aplicados fatores de ajuste que representam um aumento potencial nas viagens não-motorizadas, como resultado de melhorias futuras, para reduzir o número de viagens motorizadas entre cada par de origem-destino.

O modelo de Clark foi aplicado nas cidades de Bend e Pendleton, ambas localizadas no estado de Oregon, Estados Unidos. As duas cidades tinham, na época da pesquisa, 35.000 e 18.000 habitantes, respectivamente, e utilizaram este modelo como uma ferramenta para identificar alguns corredores a serem melhorados para acomodar adequadamente ciclistas e pedestres no futuro.

Os fatores de ajuste foram definidos por representantes locais, e variam por: motivo de viagem (viagem de trabalho com base domiciliar, outra viagem com base domiciliar e viagem com base não-domiciliar); por distância de viagem (menos que 0,8km, de 0,8 a 4,0km, e de 4,0 a 8,1km); e modo (à pé ou ciclovitário) (CAMBRIDGE SYSTEMATICS INC. et al., 1999b).

Devido à dependência das duas cidades pelo transporte motorizado, não existiam dados sobre viagens a pé ou de bicicleta fora dos estudos do Censo americano. Assim, para determinar a magnitude da redução de viagens motorizadas que ocorreria caso o sistema de transportes voltado para pedestres e ciclistas fosse melhorado, utilizou-se a opinião de profissionais da área e o modelo da demanda de transportes. Primeiramente, profissionais da área, em conjunto com vários grupos de interesse, identificaram as distâncias máximas de viagens adequadas para pedestres e ciclistas em condições normais que poderiam substituir viagens motorizadas. A partir das distâncias determinadas, os resultados do modelo da demanda de transportes foram usados para identificar quais viagens se encaixavam nas categorias de distância.

Com base nas tabelas de viagens geradas, foram identificados os corredores que tinham maior potencial para a implantação de projetos para os modos não-motorizados de transporte. Esta priorização partiu do conceito de que corredores com maior número de viagens curtas (em distância) teriam maior impacto na redução do uso do transporte motorizado, se a infra-estrutura para os transportes não-motorizados fosse considerada adequada.

Após a criação das tabelas de viagens potenciais para cada distância e motivo de viagem, foram desenvolvidos fatores de ajuste da redução de viagens motorizadas para testar o impacto dos melhoramentos propostos. Devido à variação do impacto das melhorias no transporte não-motorizado na realização de viagens motorizadas entre uma comunidade e outra, a aplicação destes fatores de ajuste deve considerar fatores econômicos, sociais, políticos e ambientais da comunidade onde estes estão sendo aplicados. Dessa forma, o resultado da aplicação dos fatores de ajuste foi uma tabela de viagens revisada, ajustada para o aumento potencial de viagens de bicicleta.

As viagens da tabela revisada foram então novamente alocadas ao modelo de demanda de viagens. A partir desta etapa, o modelo pode ser usado para avaliar a capacidade de novas melhorias, como é feito tradicionalmente neste tipo de modelo.

Assim, através da aplicação dos fatores de ajuste aos resultados do modelo tradicional de quatro etapas, os corredores que apresentam um número significativo de viagens curtas podem ser rapidamente identificados com potencial para a implantação de novos projetos de melhorias para o transporte cicloviário. Além disso, a metodologia sugerida permite a realização de uma avaliação contínua do sistema de transportes, para identificar locais com potencial para melhorias mesmo depois que a transição de viagens motorizadas para o modo cicloviário já tiver ocorrido (CLARK, 1997).

No entanto, este modelo, como o restante das análises de mercado, pressupõe que uma certa porcentagem do mercado irá mudar de modo de transporte. Além disso, o modelo considera que uma certa porcentagem das viagens, por tipo e distância, irá ser convertida para viagens de bicicleta ou a pé. Estas afirmações foram desenvolvidas por especulações, ou seja, existe pouca evidência sobre a veracidade das mesmas (CAMBRIDGE SYSTEMATICS INC. et al., 1999b).

II.8 Nível da Demanda Latente

O Nível da Demanda Latente é um modelo de demanda potencial desenvolvido por Landis (1996) para estimar a demanda latente para viagens de bicicletas. Este modelo calcula a probabilidade de atividade cicloviária em uma via ou segmento de via com base na proximidade, frequência e magnitude dos pólos geradores de viagens adjacentes. O Nível da Demanda Latente é aplicado em cada segmento de via, e, se utilizado em conjunto com uma análise de nível de serviço para bicicletas, funciona como um modelo simples e de custo relativamente baixo para determinar quais vias são melhores candidatas para a melhoria ou para a implantação de infra-estrutura para bicicletas.

O modelo consiste em duas das quatro etapas que configuram o modelo tradicional: geração de viagens e distribuição de viagens. A etapa de alocação das viagens não faz parte do modelo, pois este funciona como um modelo de localização de atividades, considerando que as facilidades sejam o destino das viagens (TURNER et al., 1997a). São empregadas técnicas de modelo gravitacional e algoritmos para simular viagens entre os produtores e atratores.

A expressão matemática do Nível da Demanda Latente está descrita a seguir (LANDIS, 1996).

$$NDL = \sum_{n=1}^4 TTS_n \times \frac{\sum_{n=1}^4 (GA_n \times \overline{TG_n})}{(GA_n \times \overline{TG_n})} \times \left[\overline{TG_n} \sum_{d=1}^l P_{nd} \times ga_n \right] \quad (1)$$

Onde:

n = motivo de viagem por bicicleta (trabalho, pessoal ou negócios, lazer ou estudo);

TTS = percentual do motivo de viagem (n) no total de viagens por bicicleta;

GA = número de geradores de viagens por motivo de viagem;

TG = geração média de viagens dos pólos geradores;

P = efeito da distância na realização da viagem (probabilidade);

ga = número de pólos geradores dentro da área de abrangência (d);

d = área de abrangência definida pela distância a partir dos pólos geradores;

l = distância máxima de viagem a partir do pólo gerador

Segundo Landis (1996), o funcionamento do modelo se resume em três passos:

- **1º Passo.** Identificar os geradores de viagens por bicicletas e estabelecer sua área de influência.
- **2º Passo.** Mapear os pólos detectados com o uso de softwares SIG ou CAD, além de classificar cada segmento de acordo com a proximidade dos pólos geradores de viagens por bicicletas.

- **3º Passo.** Calcular a soma da probabilidade de realização de viagens para cada segmento viário, usando a expressão matemática do Nível da Demanda Latente.

Os pólos geradores de viagens por bicicletas representam os pontos de origem e de destino de cada viagem de bicicleta. Os produtores destas viagens correspondem à sua origem, e são representados pelas residências na área de estudo. Os pólos atratores são o ponto de destino das viagens, e podem incluir locais de trabalho, escolas, parques e estabelecimentos de serviço. Os pólos geradores de viagens compõem a base do cálculo da demanda de viagens por bicicleta.

A modelagem é realizada considerando quatro motivos de viagens. Alguns dos pólos geradores de viagens por bicicleta são identificados individualmente através da sua localização, como é o caso de escolas e parques. Por outro lado, outros motivos de viagens são modelados através de dados agregados. Neste caso, o Nível da Demanda Latente quantifica a geração de viagens de cada residência dentro da área de estudo usando dados agregados daquela população, não precisando utilizar a localização física destas residências.

Nas viagens de trabalho, a densidade populacional da área de estudo é responsável pela produção de viagens, enquanto que a atração das mesmas é representada pela taxa total de emprego na área. As viagens de bicicleta para faculdades ou universidades, que poderiam ser classificadas como viagens por motivo de estudo, são, na realidade, classificadas como viagens de trabalho, devido à sua extensão e regularidade. Neste caso, a produção também é a densidade populacional, enquanto que o pólo atrator seria a localização da faculdade ou universidade. No entanto, a principal diferença entre as viagens para faculdades ou universidades das demais viagens de trabalho é que elas são baseadas em um pólo atrator, em contraponto com as viagens baseadas em segmentos de via. Isto significa que as pesquisas devem focalizar a faculdade ou universidade em si, em detrimento do corredor de viagens.

As viagens por motivos de compras ou tarefas, como nas viagens de trabalho, têm sua geração nos dados agregados da população da área de estudo, considerando como

variável a taxa total de emprego. Este tipo de viagem pode ser dividido em duas categorias: (1) tarefas com base no trabalho, ou aquelas que ocorrem a partir de locais de trabalho, como realizar alguma tarefa no horário de almoço do emprego; e (2) tarefas com base residencial, como sair de casa e ir às compras. As pesquisas para este tipo de viagens são baseadas em segmentos de via.

Para as viagens escolares, as localizações das escolas são os pólos atratores de viagens. Para determinar o índice de viagens escolares é utilizado como variável o índice de matrículas da área. Como nas viagens para faculdades e universidades, as pesquisas para as viagens escolares são baseadas no pólo atrator.

Os pólos atratores considerados nas viagens de lazer são parques públicos e trilhas. Os parques são classificados em três categorias, de acordo com seu tamanho e influência. Esta divisão considera que os parques equipados com piscinas e quadras esportivas atraem um maior número de pessoas do que os parques de mesmo tamanho, mas que não oferecem tantos equipamentos. Desta forma, os parques podem ser classificados em: (1) Parques principais, definidos pela disponibilidade de um grande número de equipamentos e maior quantidade de eventos; (2) Parques de porte médio, que possuem menor número de equipamentos e eventos intermitentes; e (3) Parques pequenos, que não possuem equipamentos ou eventos importantes, servindo apenas uma região pequena da cidade. As pesquisas para as viagens de lazer são baseadas no pólo atrator.

Os fatores de impedância podem ser utilizados de diferentes maneiras, conforme o caso, de acordo com as condições locais de cada região. A cidade de Birmingham, Alabama, por exemplo, acrescentou uma variável de impedância relacionada com a declividade do terreno.

As ferramentas computacionais utilizadas são planilhas e Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

O resultado da aplicação do modelo permite, assim, uma classificação comparativa das vias entre si. Quando usado em conjunto com o nível de serviço, as vias com maior

prioridade de intervenção serão aquelas com baixo nível de serviço e alta demanda potencial.

Desta forma, segundo Landis (1996), a combinação do Nível da Demanda Latente com os modelos de nível de serviço funciona tanto para o planejamento do sistema cicloviário quanto como ferramenta de priorização de facilidades a serem melhoradas, apresentando como principais vantagens: adaptabilidade para uma variedade de softwares; utilização de dados disponíveis em grande parte das regiões metropolitanas (americanas); objetividade da coleta de dados em campo; facilidade de atualização; possibilidade de outras utilizações; geração de resultados de fácil entendimento.

II.9 Análise comparativa dos modelos

O Quadro II.1 apresenta um resumo da análise comparativa dos modelos para estimar a demanda do transporte cicloviário analisados neste apêndice.

Quadro II.1: Análise comparativa dos principais modelos para estimar a demanda do transporte cicloviário

| Modelo | Descrição | Locais de aplicação | Dados de entrada | Processo | Resultado (Dados de saída) | Ferramentas / recursos necessários | Pontos positivos | Pontos negativos / dificuldades |
|---|--|--------------------------------------|---|---|---|--|--|---|
| Modelo de Wigan et al. (WIGAN et al., 1998) | Estudo comparativo que estimou o uso de ciclovias voltadas para o lazer através da comparação das características dos usuários de duas trilhas existentes. | Melbourne, Australia | Distribuição das distâncias das viagens; Números de usuários de diferentes áreas de estudo; População nas áreas de estudo de diferentes distâncias da trilha; Distâncias da trilha até os pontos centrais das áreas de estudo. | Gerar o número de pessoas que acessam cada uma das trilhas; Calcular a probabilidade de viagens à trilha por um modo de transporte em função da distância; Aplicar as probabilidades derivadas desta trilha à população do entorno da outra trilha. | Previsão do número de visitas semanais (visitas potenciais) à nova trilha. | Aplicação de questionários; Modelos estatísticos; SIG. | Forma simples de estimativa da demanda; Pode ser aplicado em outras trilhas da região, auxiliando o direcionamento de investimentos. | A estimativa alcançada é meramente aproximada. |
| Modelo de Ridgway (RIDGWAY, 1995) | Metodologia de três etapas, similar ao modelo tradicional, com a exclusão da etapa da divisão modal. Tem como objetivo estimar a demanda de viagens de bicicletas em uma escala municipal. | Berkeley, Califórnia, Estados Unidos | Dados socioeconômicos e de uso do solo; Rede com informações relativas ao transporte cicloviário; Atributos relacionados à viagem de bicicletas. | Geração de viagens; Distribuição de viagens; Alocação dos fluxos. | Rede cicloviária carregada com volumes de bicicletas em cada um dos seus segmentos. | Modelos estatísticos. | O modelo obteve resultados adequados para a previsão da divisão modal das 18 cidades estudadas, utilizando dados do Censo de 1990 para executar uma análise de regressão entre vários fatores e a porcentagem da divisão modal para estas cidades. | O modelo não obteve resultados adequados para a previsão da divisão modal dentro dos setores censitários da cidade de Berkeley, o que indica uma perda de precisão causada pela mudança de escala da análise. |

Continuação

| Modelo | Descrição | Locais de aplicação | Dados de entrada | Processo | Resultado (Dados de saída) | Ferramentas / recursos necessários | Pontos positivos | Pontos negativos / dificuldades |
|---|---|--|---|---|--|--|--|--|
| Modelos de demanda do condado de Dade, Flórida (CUTR, 1995) | Para verificar a presença de mercado para um programa de integração entre bicicletas e transporte coletivo, foram detectadas áreas com maior concentração de viagens de bicicleta a partir de 3 fatores: localização da população desprovida de transporte; localização da população que usa a bicicleta para viagens por motivo de trabalho; e características demográficas. | Condado de Dade, Flórida, Estados Unidos | Dados de pesquisas de transportes regionais; Características da população (Censo); Dados de pesquisas de transportes (<i>Nationwide Personal Transportation Study</i> - NPTS). | Calcular a concentração da população desprovida de transporte em cada setor censitário; Calcular o número total de ciclistas em cada setor censitário que utilizam a bicicleta para o trabalho; Calcular um índice de geração de viagens e multiplicá-lo pelo nº de pessoas dentro de cada categoria da população de cada setor censitário. | Identificação dos setores censitários do condado que apresentam maior demanda de viagens de bicicleta. | Modelos estatísticos. | Combinados, os três modelos permitem uma medida conveniente de demanda para viagens de bicicleta, pois incluem elementos relacionados ao empobrecimento e à falta de disponibilidade de automóveis com dados de pesquisas e fatores significativos que influenciam o ciclismo, como: idade, raça e gênero. | A faixa de renda familiar não é considerada; Características específicas das facilidades não são utilizadas para ajustar as viagens de bicicleta; A frequência de realização de viagens não foi ajustada para o clima ou geografia de cada região. |
| Modelo de Goldsmith (GOLDSMITH, 1997) | Modelo desenvolvido para estimar os impactos causados pela implantação de ciclofaixas em uma determinada via na redução do uso dos veículos motorizados e nas emissões de poluentes. | Via Pine Street em Seattle, Washington, Estados Unidos | Características da população (Censo); Pesquisas de preferência declarada; Hipóteses sobre usuários e viagens de bicicleta. | Determinar a área de influência da facilidade; Estimar o número de viagens existentes; Estimar o número de ciclistas em potencial; Determinar o número de novas viagens de bicicletas; Calcular o número estimado de milhas eliminadas e emissões de poluentes evitadas. | O novo número de viagens de bicicletas por dia no local e o índice de redução no uso dos veículos motorizados. | Modelos estatísticos; SIG; Planilha computadorizada. | O modelo incluiu dois tipos de viagens: viagens para o trabalho e não relacionadas ao trabalho; Permite alcançar não só o número de novas viagens de bicicletas, mas também o impacto que estas viagens causarão no ambiente de transportes. | A metodologia assume a hipótese de que somente a presença de facilidades para bicicletas pode gerar um aumento significativo no uso deste modo de transporte, ignorando as mudanças possíveis a longo prazo (variações no uso do solo e na rede de transportes). |

Continuação

| Modelo | Descrição | Locais de aplicação | Dados de entrada | Processo | Resultado (Dados de saída) | Ferramentas / recursos necessários | Pontos positivos | Pontos negativos / dificuldades |
|---|--|-----------------------------|--|---|---|---|---|--|
| Modelo de Hunt e Abraham (<i>apud</i> ABRAHAM et al., 2002) | Modelo que avalia a escolha de rotas como uma função das características das rotas e outros fatores que influenciam no uso da bicicleta. | Edmonton, Alberta, Canadá | Questões pessoais e relacionadas ao comportamento dos ciclistas; Questões sobre o uso real da bicicleta; Exercício de preferência declarada. | Aplicação dos questionários; Aplicação do modelo <i>logit</i> . | Importância relativa das características das rotas. | Aplicação de questionários (estudo de preferência declarada); Modelos estatísticos (<i>logit</i>). | Por ser baseado em características hipotéticas de rotas, pode ser aplicado a várias localizações. | Necessidade de extensa coleta de dados, realizada a partir de estudos de preferência declarada. |
| Inclusão do modo ciclovitário no modelo tradicional de quatro etapas (WEINER, 1997) | O modelo tradicional de quatro etapas é constituído por quatro sub-modelos, que são aplicados sequencialmente: geração de viagens (atração e produção); distribuição de viagens; divisão modal; e alocação dos fluxos à rede de transportes. | Áreas urbanas do mundo todo | Características do sistema de transportes; Características de uso do solo; Características da população. | Geração de viagens; Distribuição de viagens; Divisão modal; Alocação de viagens. | Fluxos de tráfego: Quantidade (volume); Qualidade (velocidade). | Modelos estatísticos. | O transporte ciclovitário pode ser incorporado neste modelo através da definição de uma rede viária para bicicletas ou da inclusão deste modo na etapa referente à divisão modal. | Para que o modelo de quatro etapas seja adaptado para a previsão de viagens de bicicletas, torna-se necessária uma coleta de dados complementar e uma adequação na estrutura dos sub-modelos utilizados. |

Continuação

| Modelo | Descrição | Locais de aplicação | Dados de entrada | Processo | Resultado (Dados de saída) | Ferramentas / recursos necessários | Pontos positivos | Pontos negativos / dificuldades |
|---|--|---|--|--|--|--|--|---|
| Modelo de Clark (CLARK, 1997) | Esta metodologia ajusta tabelas de viagens de veículos de um modelo de demanda tradicional para contabilizar futuros aumentos nas viagens de ciclistas e pedestres, considerando uma facilidade ideal. | Cidades de Bend e Pendleton, Oregon, Estados Unidos | Características sobre motivos de viagens; Características sobre distância de viagens. | Definição dos fatores de ajuste; Distribuir as viagens de acordo com a distância; Aplicar fatores de ajuste da redução das viagens motorizadas; Alocar viagens ajustadas para o aumento do potencial de viagens de bicicleta. | Distribuição das viagens potenciais e redução das viagens motorizadas. | Consulta a profissionais da área e grupos interessados; Modelos estatísticos; Planilhas. | A metodologia permite a realização de uma avaliação contínua do sistema de transportes para identificar locais com potencial para melhorias. | O modelo considera que uma certa porcentagem das viagens, por tipo e distância, irá ser convertida para viagens de bicicleta ou a pé, o que não passa de uma especulação. |
| Nível da Demanda Latente (LANDIS, 1996) | Modelo utilizado para estimar a demanda latente ou potencial para viagens de bicicletas e, assim, priorizar projetos baseados no potencial relativo para o seu uso. | Destaque para: Tampa, Vera Beach e St. Lucie, na Flórida; Birmingham, Alabama; e Philadelphia, Pennsylvania, Estados Unidos | Dados de uso do solo; Características da população (Censo); Dados de pesquisas de transportes. | Estabelecer as áreas de influência dos pólos geradores de viagens por bicicletas; Mapear os pólos detectados e classificar cada segmento de acordo com a proximidade do pólo gerador; Calcular a soma da probabilidade de realização de viagens para cada segmento viário. | Um valor total do Nível da Demanda Latente para cada segmento de via. | Modelos estatísticos (análise de regressão); SIG; Planilhas. | Se utilizado em conjunto com uma análise de nível de serviço para bicicletas, funciona como um modelo simples e de custo relativamente baixo para determinar quais vias são melhores candidatas para a melhoria ou para a implantação de infraestrutura para bicicletas. | Analisa somente a demanda potencial relativa para cada facilidade, não fornecendo uma medida quantitativa da demanda; Não considera viagens sem um destino específico. |

APÊNDICE III

PRINCIPAIS MODELOS PARA MEDIR A QUALIDADE DO SERVIÇO DAS VIAS PARA O TRANSPORTE CICLOVIÁRIO

III.1 Modelo de Sorton e Walsh

Utilizando o conceito de Nível de Estresse do Geelong *Bikeplan*, Sorton e Walsh (1994) desenvolveram um modelo para determinar o Nível de estresse dos ciclistas e a compatibilidade de vias para a utilização de bicicletas como modo de transporte. O modelo era baseado em três variáveis principais: (1) volume de tráfego em horário de pico; (2) largura da via e (3) velocidade de veículos na via. A abordagem destas três variáveis possibilitaria determinar a compatibilidade das vias com os diferentes grupos de ciclistas.

Sorton e Walsh (1994) ressaltam que, numa segunda fase de avaliação, podem ser utilizadas algumas variáveis secundárias, como: número de entradas comerciais por milha; presença de estacionamento ao longo da via; e porcentagem de veículos pesados que utilizam a via. No entanto, pela limitação do orçamento, o estudo realizado para a validação do modelo considerou somente as variáveis primárias.

O modelo foi criticado por deixar de fora outras variáveis importantes, como condição do pavimento, presença de ciclofaixas e volume e densidade de tráfego nas interseções (PHILLIPS e GUTTENPLAN, 2003).

▪ Volume do Tráfego x Nível de Estresse

O volume e o tipo do tráfego de veículos motorizados na faixa são os principais indicadores da compatibilidade do uso da bicicleta na via. Como existe uma grande oscilação do volume de automóveis em um período de 24 horas, duas medidas importantes podem ser utilizadas: o volume médio diário (VMD) e o volume no horário de pico (VHP).

A relação direta entre o VMD e o VHP pode ser determinada aplicando-se um fator k , que é a proporção do VMD que ocorre durante o horário de pico. Para vias urbanas, k é de normalmente 10%. Sabendo-se que os piores níveis de estresse para ciclistas ocorrem durante os períodos de pico, o VHP teve grande importância neste modelo. Assim, o volume no horário de pico é calculado da seguinte forma:

$$VHP(\text{veículos / hora}) = VMD \times k \quad (1)$$

O volume por faixa é determinado dividindo o VHP pelo número de faixas contínuas na via e aceita uma divisão de 50/50 em vias de mão dupla. Por exemplo, se uma via urbana de duas faixas (mão dupla) apresentar um VMD = 10.000 veículos e for considerado um fator $k = 0,10$, então: $VHP = 10.000 \times 0,10$; assim, o volume da faixa seria: $1.000/2$ faixas = 500 veículos/h. Com este resultado, a via analisada teria uma pontuação de nível de estresse 5, de acordo com as sugestões de níveis de estresse para o volume na faixa ilustradas na Tabela III.1. Cabe destacar que, segundo as tabelas apresentadas pelo autor, as faixas de volume são muitas vezes representadas por números absolutos. No entanto, imagina-se que o correto seria que estas faixas fossem definidas por valores mínimos e máximos. A mesma observação vale para as tabelas III.2 e III.3.

Tabela III.1: Níveis de Estresse x Volume por Faixa

| Nível de Estresse | Volume por Faixa (v/f/h) |
|-------------------|--------------------------|
| 1 | <50 |
| 2 | 150 |
| 3 | 250 |
| 4 | 350 |
| 5 | >450 |

Fonte: Sorton e Walsh (1994)

▪ Largura da Faixa Externa x Nível de Estresse

A largura da faixa externa (junto à guia) é uma variável crítica, pois delimita o espaço de circulação dos ciclistas. Ela pode ser medida como a distância entre o meio-fio ou a sarjeta e a primeira pista de viagem adjacente a eles. Quando há estacionamento na via, a largura da faixa é medida a partir do veículo estacionado ou da faixa de estacionamento até a primeira linha da pista de viagem.

Pesquisas do Departamento de Transportes de Maryland (SORTON e WALSH, 1994) mostram que, para acomodar ciclistas e veículos motorizados, uma faixa deverá ter largura mínima de 4,6 m, incluindo 0,3 m a partir da sarjeta, para o ciclista circular com sua bicicleta. Assim, a Tabela III.2 mostra sugestões de níveis de estresse para a largura da faixa junto à guia.

Tabela III.2: Níveis de Estresse x Largura da Faixa

| Nível de Estresse | Largura da Faixa (m) |
|-------------------|----------------------|
| 1 | >4,6 |
| 2 | 4,3 |
| 3 | 4,0 |
| 4 | 3,7 |
| 5 | <3,3 |

Fonte: Sorton e Walsh (1994)

▪ **Velocidade do Tráfego x Nível de Estresse**

A alta velocidade de veículos motorizados ao lado de bicicletas numa passagem estreita causa efeito de perda de controle para o ciclista. O efeito da velocidade sobre bicicletas viajando em vias estreitas depende da velocidade e do porte dos veículos. Numa velocidade de 75 km/h, a turbulência de grandes veículos motorizados começa a afetar a estabilidade dos ciclistas que usam a via. A relação entre velocidade do tráfego e nível de estresse para bicicleta é apresentada na Tabela III.3.

Tabela III.3: Níveis de Estresse x Velocidade do Tráfego

| Nível de Estresse | Velocidade do Tráfego (km/h) |
|-------------------|------------------------------|
| 1 | <40 |
| 2 | 50 |
| 3 | 60 |
| 4 | 65 |
| 5 | >75 |

Fonte: Sorton e Walsh (1994)

Após esta avaliação, deve-se calcular a média dos três fatores primários, que irão resultar na medida de Nível de Estresse da via analisada. O Quadro III.1 mostra uma interpretação global dos Níveis de Estresse sugeridos pelos autores.

Quadro III.1: Interpretação Sugerida para Nível de Estresse para Bicicleta

| Nível de Estresse | Interpretação |
|--------------------------|--|
| 1 (Muito Baixo) | A via é razoavelmente segura para todos os tipos de ciclistas (exceto crianças com idade inferior a 10 anos). |
| 2 (Baixo) | A via pode acomodar ciclistas experientes e casuais, e/ou podem precisar de alterações* ou ter condições compensatórias** de ajuste para comportar ciclistas jovens. |
| 3 (Moderado) | A via pode acomodar ciclistas experientes e/ou incluir condições compensatórias** para acomodar ciclistas casuais. Não é recomendada para ciclistas jovens. |
| 4 (Alto) | A via pode precisar de alterações* e/ou ter condições compensatórias** para acomodar ciclistas experientes. Não é recomendada para ciclista casual ou jovem. |
| 5 (Muito Alto) | A via pode não ser apropriada para o uso de bicicleta. |

* “Alterações”: alargamento de vias, inserção de vias pavimentadas, etc.

** “Condições Compensatórias”: alargamento de faixas, pavimentação, ciclofaixas, diminuição do volume de tráfego, etc.

Fonte: Sorton e Walsh (1994)

A validação do modelo foi realizada pelos autores na cidade de Madison, Wisconsin. Foram escolhidos 23 segmentos de via para serem analisados. O procedimento escolhido para analisar os segmentos de via incluiu a filmagem dos mesmos com a utilização de uma câmera de vídeo, para que o movimento e a velocidade dos veículos pudessem ser registrados.

Para analisar tais vias, desenvolveu-se um questionário dividido em duas partes, que foi aplicado em 61 ciclistas. A primeira parte do questionário continha questões sobre os próprios ciclistas, a fim de determinar a idade, o sexo e o grupo ao qual o ciclista pertencia: jovem, casual ou experiente. A segunda parte do questionário tratava das imagens dos segmentos de via analisados. Para cada segmento de via, os participantes eram instruídos para avaliarem o conforto das vias de acordo com as variáveis estabelecidas, através de uma pontuação entre 1 e 5.

As avaliações feitas pelos entrevistados foram combinadas e obteve-se uma média para cada categoria de ciclistas. As diferenças nas médias gerais de nível de estresse entre as três categorias estão na Tabela III.4.

Tabela III.4: Valores médios de Níveis de Estresse para as três categorias de ciclistas

| Nível de Estresse | Valor Médio |
|-----------------------|-------------|
| Proposto pelo modelo | 2,61 |
| Ciclistas experientes | 2,54 |
| Ciclistas casuais | 2,82 |
| Ciclistas jovens | 2,82 |

Fonte: Sorton e Walsh (1994)

Pode-se observar que o nível de estresse proposto pelo modelo é mais baixo que a média obtida pelos ciclistas casuais e jovens, e, no entanto, é um pouco mais alto do que a média dos ciclistas experientes. Estes dados sugerem que a média de nível de estresse proposta para cada uma das variáveis primárias deve ser modificada para cada categoria de ciclistas. Além disso, os ciclistas casuais e jovens parecem ter a mesma percepção das variáveis primárias.

De forma geral, a amostragem para cada categoria de ciclistas foi muito baixa para validar o modelo estatisticamente, bem como o número de segmentos analisados para avaliar as três variáveis principais.

III.2 Índice de Segurança para Bicicletas de Davis

O Índice de Segurança para Bicicletas foi proposto por Davis, em 1987, na Universidade de Auburn. Foi a primeira tentativa sistemática de desenvolver um modelo para medir as condições das vias para o ciclismo. Este modelo matemático pretendia relacionar a segurança das bicicletas com as características físicas das vias e outros fatores pertinentes. Davis procurava um método para relacionar o nível de segurança das vias com a ocorrência de acidentes envolvendo ciclistas. Assim, o objetivo original para o qual o índice foi desenvolvido era a previsão de acidentes de trânsito com ciclistas (EPPERSON, 1994).

O Índice de Segurança para Bicicletas prevê a divisão de uma via em segmentos com condições homogêneas de geometria e tráfego. Cada segmento deve ser avaliado usando-se um Índice de Segmento de Via (ISV). As interseções mais importantes ao longo da via também devem ser avaliadas, utilizando-se um Índice de Avaliação de Interseções (IAI).

▪ **Índice de Segmento de Via (ISV)**

O Índice de Segmento de Via considera fatores como o volume médio diário de tráfego, o número de faixas de tráfego, o limite de velocidade, a largura da faixa de tráfego externa (junto à guia) e a somatória dos fatores de pavimento e de localização das vias. Para avaliar os segmentos de vias, Davis calibrou a seguinte função matemática para calcular o ISV:

$$ISV = \left[\frac{VMD}{(f \times 2500)} \right] + \left(\frac{V}{56} \right) + [(4,25 - L) \times 1,635] + \sum FP + \sum FL \quad (2)$$

Onde:

VMD = Volume Médio Diário (veículos/hora)

f = Número de faixas de tráfego

V = Limite de velocidade (km/h)

L = Largura da faixa de tráfego externa (m)

□ FP = Somatória dos fatores de pavimento

□ FL = Somatória dos fatores de localização

Fatores de pavimento são pontos atribuídos a condições da superfície que apresentam perigo para os ciclistas, como cruzamento de ferrovias, buracos ou bueiros. Fatores de localização, por sua vez, são pontos atribuídos aos segmentos de vias que apresentam características que podem contribuir para a geração de tráfego transversal, limitar o campo de visibilidade ou restringir a operação de bicicletas. Os valores dos fatores de pavimento usados no ISV são mostrados na Tabela III.5.

Tabela III.5: Fatores de Pavimento

| Fator | Valor |
|-------------------------------|--------------|
| Rachaduras | 0,50 |
| Remendos | 0,25 |
| Desgaste pelo uso | 0,25 |
| Buracos | 0,75 |
| Acostamento ruim | 0,75 |
| Meio-fio e sarjeta | 0,25 |
| Cruzamento de ferrovia | 0,50 |
| Grelhas de drenagem (bueiros) | 0,75 |

Fonte: Epperson (1994)

Os fatores de localização, diferentemente dos fatores de pavimento, podem ser tanto positivos como negativos. Os Fatores de Localização negativos indicam uma característica que melhora a qualidade da via para os ciclistas, como a presença de canteiro central (que restringe as conversões à esquerda e o tráfego que cruza a via) e dos acostamentos pavimentados.

Os fatores de localização usados no ISV são mostrados na Tabela III.6.

Tabela III.6: Fatores de Localização

| Fator | Valor |
|------------------------------------|--------------|
| Estacionamento em ângulo | 0,75 |
| Estacionamento paralelo | 0,25 |
| Faixas de conversão à direita | 0,25 |
| Canteiro central | -0,25 |
| Faixa central para conversão | -0,25 |
| Acostamento pavimentado | -0,75 |
| Declividade acentuada | 0,50 |
| Declividade moderada | 0,25 |
| Curvas freqüentes | 0,25 |
| Distância de visibilidade restrita | 0,50 |
| Diversas entradas de garagem | 0,50 |
| Uso do solo industrial | 0,50 |
| Uso do solo comercial | 0,25 |

Fonte: Epperson (1994)

Quanto menor o valor do Índice de Segmento de Via, melhores as condições para o tráfego de bicicletas.

▪ Índice de Avaliação de Interseções (IAI)

O Índice de Avaliação de Interseções é utilizado para avaliar as principais interseções semaforizadas ao longo da via. Para isso, são considerados os seguintes fatores: volume médio diário de tráfego na via transversal, volume de tráfego na via que está sendo avaliada, somatória dos fatores geométricos e somatória dos fatores de sinalização. Quanto menor o valor do Índice de Avaliação de Interseções, melhores as condições para o tráfego de bicicletas.

O índice é expresso através da seguinte função matemática:

$$IAI = \left[\frac{(VMD + VT)}{10000} \right] + \left[\frac{(VT \times 2)}{(VMD + VT)} \right] + \sum FG + \sum FS \quad (3)$$

Onde:

VMD = Volume médio diário de tráfego na via transversal

VT = volume de tráfego na via que está sendo avaliada

□ FG = somatória dos fatores geométricos

□ FS = somatória dos fatores de sinalização

Os itens que compõem os Fatores Geométricos e de Sinalização, e suas respectivas pontuações, são mostrados nas Tabelas III.7 e III.8.

Tabela III.7: Fatores Geométricos

| Fator | Valor |
|---|--------------|
| Sem faixa de conversão à esquerda | 0,50 |
| Com faixa dupla de conversão à esquerda | 0,50 |
| Com faixa de conversão à direita | 0,75 |
| Duas faixas na via transversal | 0,25 |
| Três ou mais faixas na via transversal | 0,50 |
| Raio de curvatura da guia subdimensionado | 0,25 |
| Distância de visibilidade restrita | 0,50 |

Fonte: Epperson (1994)

Tabela III.8: Fatores de Sinalização

| Fator | Valor |
|--|--------------|
| Semáforo ativado pelo tráfego | 0,50 |
| Tempo de verde subdimensionado | 0,75 |
| Sinalização que permite conversão à esquerda | 0,25 |
| Sinalização que permite conversão à direita | 0,50 |

Fonte: Epperson (1994)

▪ Índice para Segurança para Bicicletas (ISB)

Para calcular o valor de Índice para Segurança para Bicicletas (ISB), o método de Davis prevê a combinação dos resultados do Índice de Segmento de Via e do Índice de Avaliação de Interseções, usando a média ponderada dos valores destes dois índices, ao longo da via que está sendo avaliada. Se uma via, por exemplo, tem três segmentos com valores de ISV iguais a 5,4, 4,8 e 6,1 e duas interseções semaforizadas com valores de IAI iguais a 6,8 e 4,6, a média dos valores dos três ISV é 5,4 e a média dos valores dos IAI é 5,7. O ISB seria, então, igual a $(5,4 \times 3 + 5,7 \times 2)/5 = 27,6/5 \approx 5,5$.

O critério de classificação das vias para a circulação de bicicletas divide o resultado final em quatro categorias: o valor do índice de 0 a 4 é classificado como excelente; 4 a 5, bom; 5 a 6, aceitável; igual ou maior que 6, ruim.

O modelo foi testado em sete vias da cidade de Chattanooga, na Flórida, Estados Unidos. Esta aplicação indicou que os valores dos Fatores de Localização e dos Fatores de Pavimento significaram em média 30 % da avaliação total, sendo que alguns segmentos de via receberam até 53 % de seu total em FL e FP. Desta forma, o foco da avaliação do modelo nas três variáveis primárias acabou sendo diluído. O mesmo acontece com os Fatores Geométricos e Fatores de Sinalização do IAI (EPPERSON, 1994).

Além da constatação de algumas falhas técnicas, observou-se que o Índice de Segurança para Bicicletas de Davis não alcançou o objetivo para o qual foi desenvolvido: a previsão de acidentes com ciclistas. Segundo Landis (1996), o objetivo não foi alcançado por sua incapacidade de incorporar volumes de tráfego de bicicletas como uma variável e não considerar o erro do condutor, o fator mais determinante em acidentes deste tipo.

Segundo Turner et al. (1997b), as principais críticas referentes a este modelo foram: o sistema de avaliação não considerava a frequência das interseções semaforizadas, somente a intensidade das mesmas; os fatores de pavimento e de localização podem dominar a avaliação, ofuscando a contribuição do volume e velocidade de veículos e da

largura da faixa; o sistema de avaliação não foi validado com a percepção real dos ciclistas ou com estatísticas reais de acidentes.

No entanto, o método proposto por Davis pode ser visto como um avanço conceitual significativo (EPPERSON, 1994; LANDIS, 1996). Pela primeira vez, foram identificados os três fatores críticos que afetam o conforto, a conveniência e a percepção de segurança de grande parte dos usuários de bicicletas, ou seja, o volume de tráfego por faixa, a velocidade do tráfego e a largura das faixas.

III.3 Índice de Condição das Vias do Estado da Flórida – ICV Epperson-Davis

Em 1991, os programas voltados ao planejamento cicloviário do Condado de Broward e da cidade de Hollywood, na Flórida, Estados Unidos, coordenaram uma aplicação conjunta de duas variações do índice de Davis. Os dois projetos possuíam esferas de ação bem contrastantes, devido à diferença em termos de população, área e número de segmentos de vias das duas regiões (EPPERSON, 1994).

Nos dois projetos, foram utilizadas variações similares do índice de Davis, que não utilizam o Índice de Avaliação das Interseções e não combinam a pontuação obtida pelos segmentos individuais para uma avaliação global da via. Assim, cada segmento é avaliado isoladamente. Além disso, os valores dos Fatores de Localização e dos Fatores de Pavimento também foram modificados, de modo que eles tivessem menor influência na determinação da pontuação dos segmentos.

A cidade de Hollywood, ainda, modificou o índice de Davis colocando maior peso nos segmentos onde ocorressem, simultaneamente, a menor largura de via e a alta velocidade de veículos, multiplicando o termo referente à largura da via pelo termo referente ao limite de velocidade. O efeito alcançado foi a penalização dupla de segmentos de via que continham ambas características. Após a realização de todas estas modificações, o modelo passou a ser chamado de ICV Epperson-Davis.

Dessa forma, as duas versões do índice de Davis apresentaram algumas diferenças. De maneira geral, a versão menos alterada, utilizada pelo Condado de Broward, parece adequar-se melhor para situações nas quais não existem medidas exatas da largura das vias, ou seja, em pesquisas de maior porte com áreas de análise extensas ou em pesquisas com recursos limitados. Em áreas menores, onde as mudanças nas características das vias são mais freqüentes, a versão da cidade de Hollywood, ou seja, o ICV Epperson-Davis pode capturar melhor os efeitos de pequenas mudanças em duas ou mais variáveis viárias, simultaneamente (EPPERSON, 1994).

O Índice de Condição da Via (ICV) Epperson-Davis é calculado pela seguinte função matemática:

$$ICV = \left[\frac{VMD}{(f * 3100)} \right] + \left(\frac{V}{48} \right) + \left\{ \left(\frac{V}{48} \right) \times [(4.25 - L) \times 1.635] \right\} + \sum FP + \sum FL \quad (4)$$

Onde:

VMD = volume médio diário de tráfego (veículos/hora)

f = número de faixas de tráfego

V = limite de velocidade (km/h)

L = largura da faixa externa (metros)

FP = fator de pavimento

FL = fator de localização

Os valores dos fatores de pavimento e dos fatores de localização utilizados na formulação são mostrados nas Tabelas III.9 e III.10. A Tabela III.11 mostra a classificação das vias, segundo o ICV Epperson-Davis.

Tabela III.9: Fatores de Pavimento ICV Epperson-Davis

| Fator | Valor |
|-------------------------------|--|
| Rachaduras | 0,50 |
| Remendos | 0,25 |
| Desgaste pelo uso | 0,25 |
| Buracos | 0,25 a 0,50 (dependendo da gravidade) |
| Acostamento irregular | 0,25 a 0,50 (dependendo da gravidade) |
| Cruzamento de ferrovia | 0,25 |
| Grelhas de drenagem (bueiros) | 0,50 |

Fonte: Epperson (1994)

Tabela III.10: Fatores de Localização ICV Epperson-Davis

| Fator | Valor |
|--|--------------|
| 1. Geração de movimento transversal à via | |
| • Estacionamento em ângulo | 0,75 |
| • Estacionamento paralelo | 0,25 |
| Faixa de conversão à direita (toda a extensão) | 0,25 |
| • Canteiro central (sem interrupção) | 0,50 |
| • Canteiro central (com baias para conversão à esquerda) | 0,35 |
| • Faixa central para conversão (reversível) | 0,20 |
| • Acostamento pavimentado ou ciclovia | 0,75 |
| 2. Alinhamento | |
| • Declividade acentuada | 0,50 |
| • Declividade moderada | 0,20 |
| • Curvas horizontais frequentes | 0,35 |
| • Distância de visibilidade reduzida | 0,50 |
| 3. Ambiente | |
| • Muitas entradas de garagem | 0,25 |
| • Uso do solo predominantemente comercial | 0,25 |
| • Uso do solo predominantemente industrial | 0,25 |

Fonte: Epperson (1994)

Tabela III.11: Classificação das vias segundo o ICV Epperson-Davis

| Valor do Índice | Classificação |
|-----------------|---------------|
| 0 a 3 | Excelente |
| 3 a 4 | Bom |
| 4 a 5 | Regular |
| > 5 | Ruim |

Fonte: Epperson (1994)

A aplicação do ICV Epperson-Davis em Hollywood, na Flórida, tentou identificar locais com incidência de acidentes entre bicicletas e veículos motorizados. Durante um período de 20 meses, entre 1990 e 1991, todos os acidentes deste tipo ocorridos na cidade eram localizados por segmento de via. Cada acidente recebia um peso de 1 a 5, referente à gravidade do ferimento (5 indicando um falecimento). Estes índices foram totalizados para cada segmento e convertidos proporcionalmente para uma base em milhas, para compensar as diferenças de extensão dos segmentos. Então, o índice de acidentes dos segmentos foi comparado ao seu ICV através de análise de regressão linear. No entanto, esta aplicação revelou que o modelo conseguiu explicar somente 18% da variação dos acidentes entre os diferentes segmentos de via (EPPERSON, 1994).

Segundo Landis (1996), a metodologia utilizada para designar valores às variáveis foi falha, principalmente na estimativa do pavimento e localização. Conseqüentemente, se a mesma pessoa não for responsável continuamente pela análise das condições das vias, diferentes resultados do modelo irão ocorrer, distorcendo assim a priorização de projetos e outras aplicações que o modelo possibilita.

III.4 Método de Dixon para o Plano de Mobilidade de Gainesville

O protótipo do Plano de Mobilidade de Gainesville foi desenvolvido como plano de gerenciamento de congestionamentos em Gainesville, Flórida, Estados Unidos, e incorporou as medidas de desempenho de nível de serviço (NS) para todos os modos de transportes, inclusive para ciclistas e pedestres. A avaliação foi utilizada como uma ferramenta do sistema de controle do congestionamento para auxiliar a elaboração de

recomendações de projetos e priorizações. No entanto, pode também ser usado em concorrências e em planos de transportes a longo prazo (DIXON, 1996).

Segundo Phillips e Guttenplan (2003), o método de avaliação de nível de serviço desenvolvido e implementado por Dixon para a cidade de Gainesville (DIXON, 1996) é mais abrangente do que os trabalhos anteriores, representando um avanço em relação aos trabalhos de Davis, de 1987 (EPPERSON, 1994), Epperson (1994) e Sorton e Walsh (1994).

O objetivo do modelo era avaliar a acomodação dos ciclistas em corredores de transporte, em vias arteriais e coletoras, em áreas urbanas e suburbanas. Foi desenvolvido um sistema de pontuação para avaliar corredores de tráfego, então transformado em uma medida de NS que varia de A até F.

Este modelo baseia-se na premissa de que existe um conjunto de fatores que precisam estar presentes em um corredor viário para atrair viagens não motorizadas. Vários dos fatores considerados derivam do Índice de Condições de Vias do Estado da Flórida (EPPERSON, 1994), além de incorporar outras pesquisas e as necessidades específicas do plano em questão. Os fatores considerados no modelo de Dixon são:

- **Presença de facilidades para ciclistas:** No caso de existirem facilidades para ciclistas nas vias, estas são incluídas na avaliação pela sua grande influência no transporte cicloviário. Neste caso, considera-se a presença de ciclofaixas, cuja pontuação varia de acordo com a sua largura da faixa de tráfego contendo a ciclofaixa (até 3,66m; de 3,66 até 4,27m; e maior que 4,27m); ou a presença de ciclovias com medida mínima de 2,44m e localizada à, no máximo, 0,40km da via de tráfego veicular.
- **Conflitos:** Este fator mede a facilidade de ciclistas e motoristas se observarem e preverem suas ações no sistema viário, aumentando assim a segurança e o conforto dos ciclistas que utilizam as vias em questão. Desta forma, são observados os seguintes critérios:

– *Menos de 22 entradas de garagem e cruzamentos perpendiculares de vias por 1,61km*: Assim, considera-se o número de entradas de garagem e cruzamentos perpendiculares de vias, cuja pontuação é obtida se este número for menor que 22 entradas ou cruzamentos a cada 1,61km, para cada lado da via. Se qualquer um dos lados apresentar um número maior do que o critério apresentado, o segmento inteiro deixa de ser pontuado neste fator.

– *Ausência de barreiras na facilidade para bicicletas*: São consideradas barreiras os objetos ou instalações que provocam uma descontinuidade da facilidade para bicicletas, forçando o ciclista a invadir a via em algum momento específico do segmento. Como exemplos podem ser citados: invasão de instalações de drenagem na facilidade, paradas de ônibus e interseções com alto índice de conversões à direita. No caso de não existirem facilidades para bicicletas, o segmento analisado não deverá ser avaliado neste fator.

– *Ausência de estacionamento lateral*: A existência de estacionamento lateral na via pode desencorajar o uso deste corredor pelos ciclistas, além de criar problemas de segurança. Desta forma, mesmo a existência de uma pequena faixa de estacionamento lateral na via analisada deverá ser considerada neste critério.

– *Presença de canteiros centrais*: Os canteiros centrais são considerados benéficos para o transporte cicloviário porque diminuem os conflitos causados por cruzamentos de automóveis à esquerda. Para este fator, considera-se a presença dominante de canteiros centrais no segmento analisado, ou pelo menos nos locais mais problemáticos.

– *Distância de visibilidade não obstruída*: A distância de visibilidade de parada é a distância mínima de que necessita o condutor de um veículo que se move a uma dada velocidade, para fazê-lo parar antes de atingir um obstáculo (DNER, 1997) A obstrução da distância de visibilidade ocorre normalmente por aclives acentuados e curvas fechadas, mas também podem ser provocada por estacionamento lateral ou outras obstruções físicas. De acordo com o modelo de Dixon, deve ser considerada a medida padrão recomendada pela AASHTO (Associação Norte-Americana de especialistas rodoviários e de transportes), que segundo FHWA (2004) é de 38,7m para um ciclista

viajando em velocidade média recomendada de 30km/h, em pista molhada.

– *Melhorias das interseções para o ciclismo:* Podem ser implantadas algumas intervenções, que incluem marcações de piso e variações de desenho, para aumentar a segurança dos ciclistas nas interseções. Para adquirir uma pontuação neste fator, a maioria das interseções da via avaliada deve ser caracterizada com estas melhorias.

- **Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas:** O diferencial de velocidade é calculado comparando a velocidade média dos ciclistas – 24km/h, segundo Dixon (1996) – com a velocidade máxima para automóveis permitida na via. Este diferencial é classificado segundo as seguintes categorias de pontuação: 24km/h a 32km/h (ou velocidade máxima permitida de 48km/h a 56km/h); 32km/h a 48km/h (ou velocidade máxima permitida de 56km/h a 72km/h); e maior que 48km/h (ou velocidade máxima permitida maior que 72km/h).

- **Nível de Serviço para veículos motorizados:** O Nível de Serviço para os veículos motorizados afeta o Nível de Serviço para bicicletas, pois o volume de veículos motorizados e o congestionamento influenciam no conforto e na segurança dos ciclistas que trafegam por uma via. Dixon acredita que, independente do NS da via, a presença de um grande número de faixas de tráfego desestimula o ciclismo. Assim, no modelo de Dixon é utilizado o modelo de Nível de Serviço para veículos motorizados da cidade de Gainesville (Dixon, 1996), combinado com o número de faixas de tráfego, resultando nas categorias de pontuação: NS = E, F (ou 6 ou mais faixas de rodagem); NS = D (e menos que 6 faixas de rodagem); NS = A, B ou C (e menos que 6 faixas de rodagem).

- **Manutenção das vias:** Este fator mede certas condições que refletem o abandono e a falta de manutenção da superfície da via ou deficiências construtivas que criam problemas crônicos de manutenção. Portanto, não estão incluídos neste fator os problemas temporários como falhas temporárias na pavimentação devido a intervenções dos órgãos de água e esgoto ou acúmulo temporário de materiais, como folhas, entre outros. Desta forma, as categorias de pontuação são: sem problemas (0 problemas de manutenção); problemas sem muita frequência ou menores (1 problema de manutenção

para cada 1,61km ou menos, ou quando a magnitude dos problemas é considerada leve); problemas freqüentes (mais de 1 problema de manutenção por 1,61km ou quando os problemas são considerados severos).

▪ **Programas específicos para melhorar o transporte cicloviário:** A existência ou não de programas específicos para melhorar o transporte cicloviário define a pontuação deste fator. Assim, Dixon tentou complementar a avaliação das características físicas da via, considerando também programas que podem estimular o uso do ciclismo no local, como por exemplo a inserção de bicicletários, programas de suporte ao usuário, construção de vestiários para ciclistas ou medidas de integração da bicicleta com o transporte coletivo.

A Tabela III.12 mostra o sistema de pontuação da medida de desempenho do nível de serviço dos ciclistas usado pela pesquisadora.

Tabela III.12: Sistema de Pontuação da Medida de Desempenho do Nível de Serviço para Ciclistas

| Categoria | Crítérios | Pontos |
|---|--|--------|
| Facilidades para bicicletas (Valor máximo = 10) | Ciclofaixa - faixa externa 3,66m | 0 |
| | Ciclofaixa - faixa externa >3,66m-4,27m | 5 |
| | Ciclofaixa - faixa externa >4,27m | 6 |
| | Ciclovia | 4 |
| Conflitos (Valor máximo = 4) | Entradas de garagem e cruzamentos | 1 |
| | Ausência de barreiras | 0,5 |
| | Ausência de estacionamento lateral | 1 |
| | Presença de canteiros centrais | 0,5 |
| | Distância de visibilidade não obstruída | 0,5 |
| | Melhorias das interseções para o ciclismo | 0,5 |
| Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas (Valor máximo = 2) | >48 km/h | 0 |
| | 32 a 48 km/h | 1 |
| | 24 a 32 km/h | 2 |
| Nível de Serviço para veículos motorizados (Valor máximo = 2) | NS = E, F (ou 6 ou mais faixas de rodagem) | 0 |
| | NS = D (e menos que 6 faixas de rodagem) | 1 |
| | NS = A, B ou C (e menos que 6 faixas de rodagem) | 2 |
| Manutenção das vias (Valor máximo = 2) | Problemas freqüentes ou maiores | -1 |
| | Problemas sem muita freqüência ou menores | 0 |
| | Sem problemas | 2 |
| Programas específicos para melhorar o transporte cicloviário (Valor máximo = 1) | Sem programas | 0 |
| | Programas existentes | 1 |

| | | |
|--|--|--------|
| Cálculos (ajuste da nota dos segmentos) | Índice dos segmentos ^o | 21 |
| | Peso dos segmentos ¹ | 1 |
| | Índice ajustado dos segmentos ² | 21 |
| | Índice do corredor ³ | 21= NS |
| Programas específicos para melhorar o transporte ciclovitário (Valor máximo = 1) | Sem programas | 0 |
| | Programas existentes | 1 |

^o Índice dos Segmentos = soma dos pontos nas seis categorias

¹ Peso dos Segmentos = comprimento do segmento/comprimento do corredor

² Índice Ajustado dos Segmentos Ajustados = Índice dos Segmentos x Peso dos Segmentos

³ Índice dos Corredores = Soma dos Índices Ajustados dos Segmentos no corredor

Fonte: Dixon (1996)

A pontuação dos segmentos pode parecer um tanto quanto exagerada quando comparado às definições das taxas de NS em geral, mas são moderados pela aplicação de médias ponderadas para alcançar as taxas de NS dos corredores estudados. Enquanto isso, a pontuação individual dos segmentos identifica as partes mais problemáticas de cada corredor (DIXON, 1996).

O modelo foi aplicado em nove vias arteriais e três vias coletoras da cidade de Gainesville. Os resultados alcançados variaram entre B, C, D e E. Três comitês consultores, que incluíam técnicos da área e cidadãos locais, foram responsáveis pela revisão dos resultados. Os comitês produziram uma lista com projetos prioritários para facilidades ciclísticas, que foi então comparada aos resultados da aplicação do modelo. Constatou-se uma correspondência entre as vias que apresentaram baixo NS e as vias identificadas com necessidade de melhorias.

No entanto, não houve tentativa de relacionar as medidas de nível de serviço do modelo com a percepção real dos ciclistas (TURNER et al., 1997b).

Ao término da pesquisa, determinaram-se as definições de pontuação do NS para ciclistas, mostradas na Tabela III.13.

As medidas foram graduadas de acordo com o conforto e a segurança de ciclistas de diferentes níveis, classificados em grupos (A, B e C), de acordo com seus níveis de habilidade. Em geral, os ciclistas do grupo A são adultos experientes e seguros quanto às regras de trânsito. Os do grupo B são novatos e adolescentes, que preferem a

separação das vias de rodagem para bicicleta dos veículos motorizados. Os ciclistas do grupo C são pré-adolescentes e crianças que estão sob a supervisão de adultos andando em áreas residenciais, com separação bem definida das pistas de rodagem dos veículos.

Tabela III.13: Definições de pontuação de NS para Ciclistas

| Pontuação | Nível de Serviço | Descrição das vias |
|------------------|-------------------------|---|
| 17 a 21 | A | Vias seguras e atrativas; crianças podem usufruir sem a necessidade da supervisão de um adulto. Baixo índice de interação com veículos motorizados em facilidades para ciclistas contíguas à via ou segregadas. Bom nível de estrutura funcional e ótimas condições de pavimento. |
| 14 a 17 | B | Adequadas para qualquer classe de ciclistas; crianças podem usufruir sem a necessidade da supervisão de um adulto. Baixo índice de interação com veículos motorizados em facilidades para ciclistas contíguas à via ou segregadas. Bom nível de estrutura funcional e boas condições de conservação. |
| 11 a 14 | C | Adequadas para a maioria dos ciclistas. Nível moderado de interação com veículos motorizados. Presença de facilidades para ciclistas, na maioria das vezes, contíguas à via, sendo que em locais menos amigáveis para ciclistas, ao longo do corredor, podem existir facilidades segregadas para ciclistas. A via é normalmente caracterizada pela combinação de baixa velocidade, baixo volume de tráfego motorizado, rara ocorrência de conflitos e boas condições de superfície. |
| 7 a 11 | D | Adequadas para ciclistas experientes (grupo A). Estas vias podem não dispor de estruturas funcionais voltadas ao ciclismo. Interação com veículos motorizados considerada de moderada a alta. Podem ou não apresentar facilidades para ciclistas. No caso da falta de facilidades para ciclistas a via deve apresentar cinco ou mais características que permitem que os ciclistas do grupo A compartilhem a via com os veículos motorizados (baixa velocidade e volume de veículos motorizados, poucos conflitos ou boas condições de pavimento). Se houver uma facilidade para ciclistas contígua à via, a via apresentará características que tornam esta via inadequada para ciclistas do grupo B, como alto volume e alta velocidade de veículos motorizados e conflitos frequentes. |
| 3 a 7 | E | Requer cuidado redobrado até para ciclistas do grupo A. Alto índice de interação com veículos motorizados. Podem ou não apresentar facilidades para ciclistas. No caso da falta de facilidades para ciclistas a via deve apresentar duas ou mais características que permitem que os ciclistas do grupo A compartilhem a via com os veículos motorizados (baixa velocidade e volume de veículos motorizados, poucos conflitos ou boas condições de pavimento). Conservação regular. Inadequadas para ciclistas do grupo B e níveis menos experientes. |
| < 3 | F | Inadequada para o ciclismo, de maneira geral. Alto índice de tráfego de automóveis. Oferece risco iminente para todos os grupos de ciclistas. |

Fonte: Dixon (1996)

Cabe destacar que nem todas as vias urbanas precisam apresentar uma medida de NS entre A e B. Estas medidas podem ficar reservadas para locais especiais, onde o fluxo de bicicletas e pedestres é maior (DIXON, 1996). Desta forma, vias classificadas com NS de C e D são muitas vezes consideradas adequadas, dependendo da situação na qual elas estão inseridas.

III.5 Medida de Risco da Interação

O modelo da Medida de Risco da Interação foi desenvolvido para fornecer uma medida de serviço para o ambiente ciclístico das vias (LANDIS, 1994 e 1996). Para isto, o modelo utiliza dados e variáveis relacionados ao tráfego e às vias para estimar a percepção de risco da interação entre bicicletas e veículos motorizados. Segundo Phillips e Guttenplan (2003), o IHS foi proposto para suprir as deficiências dos modelos anteriores, como o Índice de Segurança para Bicicletas de Davis, de 1987 e o Índice de Condição das Vias Epperson-Davis, de 1994.

Landis (1996) afirma que a base teórica deste modelo inclui porções de modelos anteriores. Este modelo foi proposto principalmente para eliminar os aspectos subjetivos de modelos como o Índice de Condição das Vias do Estado da Flórida (EPPERSON, 1994), através da utilização de dados padronizados e coletados com economia e objetividade.

O modelo da Medida de Risco da Interação quantifica a percepção do ciclista ao grau de risco proveniente da sua interação com veículos motorizados. Para isto, leva em consideração as interações longitudinais e transversais que ocorrem na via. Os fatores presentes na interação longitudinal entre bicicletas e automóveis que afetam a percepção de risco do ciclista incluem: volume do tráfego motorizado; velocidade do tráfego motorizado; características do tráfego; proximidade entre o ciclista e o tráfego motorizado; e condições do pavimento. A interação transversal, por sua vez, é caracterizada principalmente por movimentos veiculares não controlados, como acesso a construções e manobras de estacionamento, que causam uma turbulência ou risco de conflito ao ciclista. Assim, os principais fatores da interação transversal que influenciam na percepção de risco do ciclista são entradas de garagens e vagas para estacionamentos nas vias.

Com base nos fatores citados acima, o modelo da Medida de Risco da Interação compreende a seguinte formulação:

$$IHS = \left\{ \frac{(VMD)}{f} \times \left(\frac{14}{L} \right)^2 \times \left[0.01 \frac{V}{30} \times (1 + \%VP)^2 + 0.01FP \right] + 0.024US \times AV \right\} \times \frac{1}{10} \quad (5)$$

Onde:

VMD = volume médio diário de tráfego (veículos/hora)

f = número de faixas de tráfego

L = largura da faixa externa (metros)

US = intensidade de uso do solo adjacente ao segmento (uso comercial = 15 e uso não comercial = 1)

AV = presença de guias rebaixadas ou estacionamento na via (número de acessos não controlados por milha)

FP = fator de pavimento

V = limite de velocidade (km/h)

VP = veículos pesados

O valor final calculado pode ser convertido em categorias de nível de serviço de A a F, como ilustra a Tabela III.14.

Tabela III.14: Relação da pontuação final do modelo da Medida de Risco da Interação com as categorias de nível de serviço

| Pontuação | Nível de Serviço |
|-----------|------------------|
| 0 a 2 | A |
| 3 a 5 | B |
| 6 a 8 | C |
| 9 a 11 | D |
| 12 a 18 | E |
| < 19 | F |

Fonte: Landis (1994)

Alguns ajustes não estatísticos foram realizados durante o desenvolvimento inicial do modelo. Estes ajustes foram baseados em reuniões de grupos e entrevistas com ciclistas que abrangessem todos os tipos de ciclistas existentes (LANDIS, 1996).

Apesar do modelo não ter sido validado estatisticamente, várias cidades americanas utilizaram o IHS para o planejamento de facilidades para bicicletas, o que comprovou a

aceitação da percepção do risco como uma medida de nível de serviço válida (PHILLIPS E GUTTENPLAN, 2003). Algumas das regiões americanas que utilizam o IHS como ferramenta de planejamento são: Birmingham, Alabama; Charlotte-Mecklenburg; e Tampa, Flórida.

III.6 Nível de Serviço para Bicicletas de Landis

A validação do IHS levou ao desenvolvimento do modelo do Nível de Serviço para Bicicletas (NSB), que também tinha como objetivo quantificar o nível de conforto ou segurança nas vias. A principal diferença entre este e os outros métodos disponíveis é a presença de uma base teórica para testes. O NSB é baseado estritamente em respostas humanas a estímulos mensuráveis de vias e tráfego, contrapondo-se assim a estimativas e aproximações utilizadas por outros modelos disponíveis (PHILLIPS e GUTTENPLAN, 2003).

Para o desenvolvimento do modelo e do software, que segundo Landis et al. (1997) podem ser aplicados à maioria das vias dos Estados Unidos, foram utilizados dados de um estudo que mediu as respostas de ciclistas em Tampa, Flórida. O método foi aplicado num percurso fechado (circuito) com aproximadamente 27 km de comprimento, subdividido em 30 “segmentos de via”, na cidade de Tampa. Esses segmentos tinham comprimentos iguais, mas variavam quanto às condições do tráfego e das vias. Aproximadamente 150 ciclistas com mais de 13 anos participaram da pesquisa. Primeiro, eles preencheram formulários que foram distribuídos pelos pesquisadores em universidades, escolas públicas, museus, repartições governamentais e lojas de bicicletas. Os formulários continham uma série de questões sobre os ciclistas, a fim de avaliar o perfil individual de cada um.

Dentro do processo de desenvolvimento do modelo, foram consideradas as seguintes variáveis: volume do tráfego, velocidade do tráfego, composição do tráfego, condição da superfície do pavimento e largura da via disponível para andar de bicicleta (ciclovia). Como o objetivo da pesquisa era avaliar a qualidade ou nível de serviço das vias e não das interseções, os participantes foram instruídos a desconsiderar os pontos finais dos segmentos. Para classificar tais vias, os ciclistas foram instruídos também a usarem uma

escala de pontuação de “A” a “F”, onde o nível “A” era para a via considerada como a “mais segura ou confortável” e o nível “F” para a via considerada como a “mais insegura ou desagradável”.

Os autores usaram, para a definição do modelo, a técnica da análise de regressão, com base nas respostas dos participantes, que totalizaram em aproximadamente 4300 observações. A expressão matemática definida pelos autores é apresentada a seguir:

$$NSB = 0,607 \ln\left(\frac{Vol_{15}}{F}\right) + 0,901 \ln[LV(1 + \%VP)] + 6,510(PC_5) - 0,005(L_e)^2 - 1,833 \quad (6)$$

Onde:

Vol 15 = Volume do tráfego direcional em um período de 15 minutos

F = número total de faixas

LV = limite de velocidade (km/h)

% VP = Porcentagem de veículos pesados (definidos no Manual de Capacidade de Rodovias - HCM)

AV = Frequência por milha de acesso veicular não controlado (áreas de estacionamento na via e entradas para carros)

PC₅ = avaliação (de cinco pontos) da condição da superfície do pavimento, através do Sistema de Monitoramento de Desempenho de Rodovia (HPMS), da FHWA (*apud* LANDIS, 1994)

L_e = Largura média da faixa externa (metros)

Durante o processo de desenvolvimento do modelo, os autores confirmaram a hipótese de que diferentes tipos de ciclistas têm diferentes percepções do risco das viagens de bicicletas. O resultado que surpreendeu, no entanto, foi que os ciclistas menos experientes tiveram uma percepção menor do risco que corriam do que os ciclistas mais experientes. Uma das explicações possíveis é que os ciclistas menos experientes podem não estar tão atentos à situação de perigo em que se encontram.

Outra hipótese confirmada durante o estudo é a importância das condições do pavimento no Nível de Serviço para bicicletas. Muitas vezes considerada como insignificante, as respostas humanas aos estímulos em tempo real, capturadas neste estudo, comprovaram que esta variável tem um papel muito importante na análise do ambiente cicloviário. Desta forma, pode-se concluir que a utilização de realidade virtual ou outras simulações de ambiente, muitas vezes utilizadas para estimar a percepção do

ciclista quanto à qualidade das vias pode deixar de fora um fator significativo. Assim, coloca-se em cheque a afirmação de Epperson (1994), que sugeriu que as simulações em vídeo podem ser usadas, isoladamente, para calibrar um modelo de nível de serviço (LANDIS et al., 1997).

Através dos resultados obtidos, os pesquisadores concluíram que o resultado inicial da pesquisa foi o desenvolvimento de um modelo calibrado, estatisticamente apropriado e altamente confiável para ser aplicado na maioria das vias urbanas. Assim, foi proposta uma pontuação geral para classificar os diferentes Níveis de Serviço para bicicleta, mostrada na Tabela III.15.

Tabela III.15: Pontuação do Nível de Serviço

| Nível de Serviço | Pontuação |
|------------------|---------------|
| A | < 1,5 |
| B | > 1,5 e < 2,5 |
| C | > 2,5 e < 3,5 |
| D | > 3,5 e < 4,5 |
| E | > 4,5 e < 5,5 |
| F | > 5,5 |

Fonte: Landis et al. (1997)

O modelo do Nível de Serviço para Bicicletas é voltado estritamente para a avaliação dos segmentos viários, desconsiderando, assim, a qualidade das interseções. Desta forma, o próximo passo para um modelo de nível de serviço mais abrangente foi a definição do Nível de Serviço das Interseções para Bicicletas em Movimento (LANDIS et al., 2003). Também baseado na percepção do usuário, este modelo foi desenvolvido para funcionar como um complemento para o Nível de Serviço para Bicicletas, avaliando somente as interseções semaforizadas. Desta forma, a utilização, em conjunto, do Nível de Serviço para Bicicletas e do Nível de Serviço das Interseções para Bicicletas em Movimento funciona similarmente à análise de nível de serviço separada em segmento e interseção realizada pelo *Highway Capacity Manual* (TRB, 2000).

Para avaliar a qualidade das interseções semaforizadas, o estudo colocou seus participantes em vias reais, atravessando interseções semaforizadas em condições normais de tráfego. Um evento especial foi criado para inserir um número significativo de ciclistas em um percurso que incluía uma variedade grande de configurações de

interseções e condições de tráfego. O percurso tinha cerca de 27 km e continha 21 interseções, sendo 19 semaforizadas, na cidade de Orlando, na Flórida, Estados Unidos. As vias inseridas neste percurso variavam de vias locais até arteriais de grande porte. O pavimento ao longo do percurso foi considerado em boas condições. Além disso, a rota escolhida procurou abranger variados usos do solo e configurações de rede viárias tipicamente encontradas nas regiões metropolitanas das cidades americanas.

O evento organizado para a coleta de dados ocorreu durante o primeiro final de semana de abril de 2002, na cidade de Orlando. Os cinquenta e nove ciclistas que completaram o percurso representaram uma boa amostragem de idade, gênero e origem geográfica. Os participantes tinham entre 14 a 71 anos, sendo que 34% eram mulheres e 66%, homens. A heterogeneidade dos participantes no que diz respeito à origem geográfica e à experiência como ciclista também foi garantida com facilidade pela realização da pesquisa em uma região tão significativa em termos de imigração e diversidade como a região de Orlando, Flórida.

Dados foram coletados no local com o uso de câmeras de vídeo e de observações. Além disso, cada ciclista participante foi solicitado a dar uma nota de A a F para cada interseção percorrida. Segundo Landis et al. (2003), as respostas dos participantes indicaram uma gama variada de NS para as interseções.

Para a definição do modelo, foi organizada uma lista de possíveis variáveis que influenciariam a sensação de segurança e conforto dos ciclistas durante a travessia de uma interseção. Após o teste, as variáveis escolhidas para serem utilizadas no modelo foram: volume de veículos motorizados, largura da faixa e distância de travessia da interseção. O Nível de Serviço das Interseções para Bicicletas em Movimento pode ser definido pela seguinte equação:

$$NS_i = -0,2144L_i + 0,0153DT + 0,0066\left(\frac{Vol_{15}}{F}\right) + 4,1324 \quad (7)$$

Onde:

L_t = largura total da faixa

DT = distância de travessia (largura da via perpendicular)

Vol 15 = Volume do tráfego direcional em um período de 15 minutos

F = número total de faixas na chegada da interseção

A relação entre a pontuação geral e os diferentes valores de Nível de Serviço das Interseções para Bicicletas em Movimento está apresentada na Tabela III.16.

Tabela III.16: Pontuação do NS das Interseções para Bicicletas em Movimento

| Nível de Serviço | Pontuação |
|------------------|-----------|
| A | 1,5 |
| B | >1,5-2,5 |
| C | >2,5-3,5 |
| D | >3,5-4,5 |
| E | >4,5-5,5 |
| F | >5,5 |

Fonte: Landis et al. (2003)

Os próximos passos a serem desenvolvidos, indicados por Landis et al. (2003), incluem avaliações de outros movimentos pelas interseções, faixas de uso misto e os impactos do atraso e da conveniência das rotas, ou seja, quanto um indivíduo é capaz de desviar do seu caminho pra utilizar uma rota para bicicletas.

III.7 Método do HCM – Highway Capacity Manual

O *Highway Capacity Manual* (TRB, 2000) é uma referência tradicional de engenharia de tráfego utilizada por engenheiros e planejadores para avaliar a operação de estradas, vias e suas interseções. A metodologia proposta pelo *Highway Capacity Manual* pode ser usada para analisar a capacidade e o nível de serviço das facilidades para bicicletas. Através dela, torna-se possível investigar os efeitos dos pedestres, da sinalização de trânsito e da interação entre ciclistas no nível de serviço de uma facilidade para bicicletas, que é medido em termos de eventos ocorridos (encontros e ultrapassagens).

O método apresentado considera tanto as facilidades para bicicletas com fluxo ininterrupto como as facilidades com fluxo ininterrupto.

▪ **Facilidades para bicicletas com fluxo ininterrupto:** Este tipo de facilidade inclui tanto as vias segregadas quanto as compartilhadas, separadas do tráfego veicular, sem interrupções além dos pontos terminais.

→ *Facilidades segregadas exclusivas para bicicleta:* São facilidades separadas do tráfego motorizado, que não permitem como usuários pedestres ou outros que não sejam ciclistas. Também chamadas de ciclovias exclusivas, estas facilidades são normalmente localizadas em áreas desprovidas de vias urbanas, sendo utilizadas muitas vezes para fins recreativos. Acomodam os maiores volumes de bicicletas dentre as facilidades com fluxo ininterrupto, além de apresentar melhores níveis de serviço, dado que as bicicletas não são forçadas a dividir a facilidade com outros modos de transporte trafegando em diferentes velocidades.

Três equações foram estabelecidas para prever o número de eventos que os ciclistas enfrentam em uma facilidade segregada de mão dupla exclusiva para bicicletas:

$$F_p = 0,188v_s \quad (8)$$

$$F_m = 2v_o \quad (9)$$

$$F = 0,5F_m + F_p \quad (10)$$

Onde:

F_p : número de ultrapassagens (ultrapassagens/h);

F_m : número de eventos de encontro com ciclistas em direções opostas (eventos/h);

F : número total de eventos na ciclovias (eventos/h), com um fator de influência de 0,5 para eventos de encontro;

v_s : fluxo de ciclistas na direção considerada (ciclistas/h);

v_o : fluxo de ciclistas na direção oposta (ciclistas/h).

Essas equações também podem ser aplicadas para facilidades cicloviárias de mão única, com V_0 valendo zero. As equações são baseadas em uma velocidade média dos ciclistas de 18 km/h, com desvio padrão de 3 km/h. O número de eventos calculado por estas equações pode ser utilizado para determinar o fluxo total de ciclistas, através de uma quarta equação, dada a seguir:

$$v = \frac{F}{1 - 0,812p} \quad (11)$$

Onde:

v: Fluxo total de ciclistas em ambas as direções;

p: Proporção do fluxo total, viajando na mesma direção do ciclista.

A Tabela III.17 mostra os critérios de NS para ciclovias exclusivas para bicicletas. O critério foi desenvolvido usando os conceitos de interferências e de eventos. O evento é definido como o número de vezes que a bicicleta é envolvida em manobras de ultrapassagens ou manobras de cruzamento, que é muito relacionado à dificuldade de circulação na via, também definida como perturbação. Desta forma, perturbação é a fração de usuários que, ao percorrerem um trecho de 1 km, são submetidos a interferências devidas a cruzamentos ou ultrapassagens. Nota-se através dos critérios da Tabela III.17 que as facilidades para bicicletas com três faixas resultarão em um número maior de frequência de eventos para qualquer NS, indicando que uma quantidade maior de eventos pode ocorrer neste tipo de facilidade, sem que ocorra um impedimento para os ciclistas.

Tabela III.17: Critérios de NS para ciclovias exclusivas

| Nível de Serviço | Frequência de Eventos – mão dupla, facilidades com duas faixas (evento/h) | Frequência de Eventos – mão dupla, facilidades com três faixas (evento/h) |
|------------------|---|---|
| A | ≤40 | ≤90 |
| B | >40-60 | >90-140 |
| C | >60-100 | >140-210 |
| D | >100-150 | >210-300 |
| E | >150-195 | >300-375 |
| F | >195 | >375 |

Fonte: TRB (2000)

→ *Facilidades segregadas compartilhadas:* Também são facilidades separadas do tráfego de veículos motorizados, mas que permitem o uso de outros modos de transporte não motorizados, incluindo pedestres, deficientes com cadeiras de rodas, patinadores e outros.

As ciclovias compartilhadas têm os mesmos objetivos das ciclovias exclusivas, ou seja, atender áreas fora das vias urbanas e oferecer oportunidades de recreação para o público. Assim, os caminhos são comuns em campi universitários, onde o tráfego de veículos motorizados e o estacionamento são muitas vezes restritos.

Quanto ao compartilhamento, a presença de pedestres pode ser ruim para a capacidade e para o nível de serviço para bicicletas, já que os pedestres se movimentam numa velocidade inferior à do ciclista. Assim, as equações utilizadas para prever o total de eventos em situações compartilhadas por ciclistas e pedestres (equações 12, 13 e 14) foram desenvolvidas com base numa velocidade de 18 km/h para os ciclistas e 4,5 km/h para os pedestres.

$$F_p = 3v_{ps} + 0,188v_{bs} \quad (12)$$

$$F_m = 5v_{po} + 2v_{bo} \quad (13)$$

$$F = 0,5F_m + F_p \quad (14)$$

Onde:

F, F_p, F_m: foram definidas anteriormente;

v_{ps}: Fluxo de pedestres na direção considerada (p/h)

v_{bs}: Fluxo de ciclistas na direção considerada (ciclistas/h)

v_{po}: Fluxo de pedestres na direção oposta (p/h)

v_{bo}: Fluxo de ciclistas na direção oposta (ciclistas/h)

Se v_p é o tráfego total de pedestres em mão dupla e v_b é o tráfego total de ciclistas em mão dupla, o número de eventos (p) pode ser considerado na equação 15.

$$F = v_p (2,5 + 0,5p) + v_b (1 - 0,0812p) \quad (15)$$

A Tabela III.18 mostra critérios de NS para ciclovias compartilhadas.

Tabela III.18: Critérios de NS para ciclovias compartilhadas

| Nível de Serviço | Frequência de Eventos – mão dupla, caminhos com duas faixas (evento/h) | Frequência de Eventos – mão dupla, caminhos com três faixas (evento/h) |
|-------------------------|---|---|
| A | ≤40 | ≤90 |
| B | >40-60 | >90-140 |
| C | >60-100 | >140-210 |
| D | >100-150 | >210-300 |
| E | >150-195 | >300-375 |
| F | >195 | >375 |

Nota:

Foram considerados caminhos com:

- 2,4 m de largura
- 3,0 m de largura

Fonte: TRB (2000)

→ *Ciclofaixas*: São faixas designadas exclusivamente para bicicletas, contíguas à via e geralmente adjacentes às faixas para veículos motorizados. Estas faixas são separadas do tráfego de veículos motorizados por pintura no pavimento e geralmente estão localizadas em vias onde o fluxo das bicicletas varia de moderado a alto e a separação dos ciclistas dos veículos motorizados pode ser garantida. As ciclofaixas geralmente são de mão única, com a presença de uma faixa para cada lado da via.

Quando há acostamentos pavimentados que não fazem parte das vias de rodagem dos veículos motorizados, os ciclistas costumam usá-los. Desta forma, este tipo de facilidade é enquadrada nesta metodologia dentro da categoria “ciclofaixa”.

Uma diferença importante entre facilidades contíguas à via e facilidades fora da via (faixas exclusivas) é a existência de inúmeros fatores que afetam o NS do primeiro tipo de facilidades, incluindo o tráfego de veículos motorizados, o tráfego de veículos pesados, as entradas residenciais e comerciais de carros e o estacionamento adjacente à via. Estes fatores, aliados a obstruções laterais e grandes extensões de vias em declividade considerável, podem reduzir a qualidade do serviço das ciclofaixas.

Sendo assim, o NS pode ser obtido através da quantificação do impacto da geometria predominante e das condições do tráfego na média e no desvio padrão da velocidade dos ciclistas na via. A expectativa é que o atrito com o tráfego de veículos motorizados, os veículos estacionados e a densidade de entradas para veículos resulte em uma média de velocidade mais baixa e com maior desvio padrão nas ciclofaixas, se comparado com as ciclovias. Nota-se então uma relação onde, conforme aumenta o número de eventos, diminui a velocidade média e aumenta o desvio padrão de velocidade. Assim, o número de eventos pode ser calculado pela equação 16 e inserido na tabela III.18 para encontrar o nível de serviço da ciclofaixa.

$$\text{Número de Eventos} = \frac{2 \times \text{Fluxo de Bicicletas (bicicletas/h)} \times \text{Desvio Padrão (km/h)}}{\text{Velocidade Média das Bicicletas (km/h)} \times \sqrt{\pi}} \quad (16)$$

Se os parâmetros de velocidade não forem conhecidos, deve-se considerar a velocidade média dos ciclistas igual a 18 km/h e os seguintes desvios-padrão:

- 1,5 km/h para facilidades utilizadas principalmente por trabalhadores;
 - 3,0 km/h para facilidades utilizadas por vários tipos de usuários;
 - 4,5 km/h para facilidades utilizadas principalmente para lazer.
- **Facilidades para bicicletas com fluxo interrompido:** Este tipo de facilidades inclui as ciclofaixas que passam por interseções, sejam estas semaforizadas ou não.

→ *Interseções Semaforizadas:* As interseções semaforizadas às quais se aplicam estes procedimentos são aquelas onde existe uma ciclofaixa em pelo menos uma das aproximações. O índice médio de saturação do fluxo de bicicletas nas interseções considerado nesta metodologia é de 2.000 bicicletas/h. Usando este valor, a capacidade da ciclofaixa em uma interseção semaforizada pode ser calculada usando a equação 17.

$$C_c = S_c \frac{g}{C} = 2000 \frac{g}{C} \quad (17)$$

Onde:

C_c = Capacidade da ciclofaixa (bicicletas/h);

S_c = Fluxo de saturação do fluxo da ciclofaixa (bicicletas/h);

g = Tempo verde efetivo (semáforo) para a ciclofaixa (s);

C = Tempo de ciclo do semáforo (s).

Para estimar o atraso do ciclista, em relação a interseções semaforizadas, usa-se a equação 18:

$$db = \frac{0,5C \left(1 - \frac{g}{C}\right)^2}{1 - \left[\frac{g}{C} \min\left(\frac{v_b}{c_b}, 1,0\right)\right]} \quad (18)$$

Onde:

d_b = atraso (s/bicicleta);

v_b = Fluxo de ciclistas em ciclofaixa de mão única (bicicletas/h).

A Tabela III.19 exibe o critério de nível de serviço para ciclistas em interseções semaforizadas, com base no atraso.

Tabela III.19: NS para Ciclistas em Interseções Semaforizadas

| Nível de Serviço | Atraso (bicicleta/s) |
|------------------|----------------------|
| A | < 10 |
| B | 10-20 |
| C | > 20-30 |
| D | > 30-40 |
| E | > 40-60 |
| F | > 60 |

Fonte: TRB (2000)

→ *Interseções Não Semaforizadas:* As interseções de que trata este procedimento são aquelas onde existe uma ciclofaixa em pelo menos uma das aproximações secundárias controladas por um sinal de “Pare”. O método do HCM não especifica um procedimento para estimar o nível de serviço deste tipo de facilidades para bicicletas. No entanto, sugere que a metodologia para veículos motorizados em interseções não semaforizadas seja aplicada a estes casos, utilizando-se posteriormente o critério de NS indicado na tabela 4.20.

→ *Vias Urbanas:* Consideram-se aqui as faixas designadas para bicicletas, ou ciclofaixas, em vias urbanas, incluindo tanto elementos de fluxos ininterruptos como elementos de fluxo interrompido.

Para medir a eficiência deste tipo de facilidade é utilizada a média de velocidade dos ciclistas, incluindo suas paradas. O cálculo desta média é baseado na distância entre

dois pontos e o tempo necessário para um ciclista chegar de um ponto ao outro, incluindo as eventuais paradas realizadas.

O primeiro passo para a análise de uma via urbana é a definição de seus limites. A extensão a ser analisada é, em seguida, dividida em segmentos. Cada segmento consiste em uma interseção semaforizada e um trecho de via à montante desta interseção. A média da velocidade de viagem para bicicletas no segmento é calculada pela equação 19.

$$S_{ats} = \frac{L_t}{\left(\sum \frac{L_i}{S_i} + \frac{\sum D_j}{3600} \right)} \quad (19)$$

Onde:

S_{ats} : velocidade de viagem para bicicletas (km/h)

L_t : extensão total da via urbana analisada (km)

L_i : extensão do segmento i (km)

S_i : velocidade do percurso da bicicleta no segmento i (km/h)

D_j : média de atraso da bicicleta na interseção j (s)

Para analisar o fluxo de bicicletas, é recomendado que a média da velocidade da bicicleta em vias arteriais (entre interseções semaforizadas) seja considerada igual a 25 km/h.

Os critérios de nível de serviço baseados na média da velocidade de viagem das bicicletas são geralmente baseados nos critérios de NS para veículos motorizados em vias arteriais. Estes critérios estão apresentados na Tabela III.20.

Tabela III.20: Critério de NS para ciclovias em vias urbanas

| Nível de Serviço | Velocidade de Viagem de Bicicleta (km/h) |
|-------------------------|---|
| A | > 22 |
| B | > 15-22 |
| C | > 11-15 |
| D | > 8-11 |
| E | > 7-8 |
| F | < 7 |

Fonte: TRB (2000)

Como considerações finais a respeito do método HCM, resalta-se algumas limitações do método proposto. Em primeiro lugar, o método não considera a redução da largura de uma via ou ciclofaixa causada pela presença de objetos fixos adjacentes às mesmas. Além disso, o método também não considera os efeitos dos veículos motorizados que cruzam as facilidades para bicicletas para virar à direita, nas interseções ou para acessar uma entrada no meio de um quarteirão. Outro fator que deixou de ser considerado é a declividade da via. O HCM recomenda que esta metodologia seja utilizada para declividades entre -3% e +3%, já que os efeitos gerados pela aplicação da mesma no caso de desníveis mais acentuados são desconhecidos.

III.8 Análise comparativa dos modelos

O Quadro III.2 apresenta uma análise comparativa dos principais modelos utilizados para medir a qualidade do serviço das vias para o transporte ciclovitário.

Quadro III.2: Análise comparativa dos principais modelos para medir a qualidade do serviço das vias para o transporte cicloviário

| Modelo | Descrição | Locais de aplicação | Dados de entrada | Processo | Resultado – Dados de saída | Ferramentas / recursos necessários | Pontos positivos | Pontos negativos / dificuldades |
|---|--|--------------------------------------|--|--|---|--|---|---|
| Modelo de Sorton e Walsh (SORTON e WALSH, 1994) | Determina o Nível de Estresse dos ciclistas e a compatibilidade das vias para a utilização de bicicletas como modo de transporte baseando-se em três variáveis principais: velocidade de veículos na via, largura da via e volume de tráfego em horário de pico. | Madison, Winsconsin, Estados Unidos | Volume de tráfego em horário de pico; Largura da faixa; Velocidade de veículos na via. | Analisar cada variável primária; Relacionar cada resultado ao seu índice de Nível de estresse correspondente; Achar a média dos resultados das três variáveis primárias; Relacionar o resultado final ao Nível de estresse correspondente da via. | Nível de estresse, que varia de 1 a 5, para cada segmento de via. | Aplicação de questionários (por telefone); Filmagem dos segmentos; Métodos estatísticos. | Simplicidade das variáveis de entrada; Determina a compatibilidade das vias com os diferentes grupos de ciclistas. | O modelo deixa de fora variáveis importantes (condição do pavimento, presença de ciclofaixas e volume e densidade de tráfego nas interseções); A amostragem para cada categoria de ciclistas e o número de segmentos analisados foram muito baixos para validar o modelo estatisticamente. |
| Índice de Davis para Avaliação de Segurança de Bicicletas - 1987 (EPPERSON, 1994) | Modelo matemático para relacionar a segurança das bicicletas com as características físicas das vias e outros fatores relacionados. | Chattanooga, Flórida, Estados Unidos | Volume médio diário de tráfego; Largura da faixa; Limite de velocidade; Fator de pavimento; Fator de localização; Fator geométrico; Fator de sinalização (interseção). | Calcular o Índice de Segmento de Via; Calcular o Índice de Avaliação de Interseções; Combinar os resultados das duas etapas anteriores, usando a média ponderada dos valores destes dois índices, ao longo da via que está sendo avaliada. | Nível de serviço classificado em quatro categorias. | Aplicação de questionários; Métodos estatísticos. | Pela primeira vez, identifica os três fatores críticos que afetam o conforto, a conveniência e a percepção de segurança dos usuários de bicicletas (volume de tráfego por faixa, velocidade do tráfego e largura das faixas). | Não considera a frequência das interseções semaforizadas, somente a sua severidade; Os fatores de pavimento e de localização podem dominar a avaliação; O sistema de avaliação não foi validado com a percepção real dos ciclistas ou com estatísticas reais de acidentes. |

Continuação

| Modelo | Descrição | Locais de aplicação | Dados de entrada | Processo | Resultado – Dados de saída | Ferramentas / recursos necessários | Pontos positivos | Pontos negativos / dificuldades |
|---|--|--------------------------------------|--|---|---|--|---|---|
| Índice de Condição das Vias do Estado da Flórida (EPPERSON, 1994) | Adaptação do índice proposto por Davis (Epperson, 1994). O ICV não utiliza o Índice de Avaliação das Interseções (IAI) de Davis e não combina a pontuação obtida pelos segmentos individuais para uma avaliação global da via. | Hollywood, Flórida, Estados Unidos | Volume médio diário de tráfego; Largura da faixa; Limite de velocidade; Fator de pavimento; Fator de localização. | Somar as variáveis para adquirir o Fator de Pavimento e o Fator de Localização; Calcular o ICV a partir da função matemática apresentada; Converter a pontuação final em valores de nível de serviço. | Nível de serviço classificado em quatro categorias. | Aplicação de questionários; Métodos estatísticos. | Não realiza uma avaliação global aproximada da via, sendo que cada segmento é avaliado isoladamente; O modelo é capaz de capturar os efeitos de pequenas mudanças nos fatores das vias. | Não considera os conflitos causados pelas interseções, já que avalia os segmentos isoladamente; Explica somente 18 % da variação em acidentes entre diferentes segmentos de via. |
| Plano de Mobilidade de Gainesville (DIXON, 1996) | Avaliação da acomodação dos ciclistas em corredores de tráfego através de um sistema de pontuação, então transformado em uma medida de NS. | Gainesville, Flórida, Estados Unidos | Facilidades ciclísticas (largura da via, facilidades segregadas); Conflitos (entradas de garagens, barreiras, entre outros); Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas; NS de veículos motorizados; Manutenção das facilidades; Existência de programas de gerenciamento da demanda de transportes. | Analisar cada segmento, aplicando o sistema de pontuação; Realizar ajuste na nota dos segmentos; Converter a pontuação final em valores de nível de serviço. | Medida de NS que varia de A a F. | Pesquisas de opinião com consultores; Métodos estatísticos. | Simplicidade de uso e de coleta de dados; As medidas foram graduadas de acordo com o conforto e a segurança de ciclistas de diferentes níveis; Considera a qualidade das interseções. | Não houve tentativa de relacionar as medidas de nível de serviço do modelo com a percepção real dos ciclistas. |

Continuação

| Modelo | Descrição | Locais de aplicação | Dados de entrada | Processo | Resultado – Dados de saída | Ferramentas / recursos necessários | Pontos positivos | Pontos negativos / dificuldades |
|--|---|--|---|---|---|---|---|---|
| Medida de Risco da Interação (LANDIS, 1994 e 1996) | Utiliza dados e variáveis relacionados ao tráfego e às vias para estimar a percepção de risco da interação entre bicicletas e veículos motorizados através da avaliação das interações longitudinais e transversais que ocorrem na via. | Birmingham, Alabama; Charlotte-Mecklenburg, North Carolina; Philadelphia, Pennsylvania; Tampa, Flórida, Estados Unidos | Interações longitudinais; Volume do tráfego; Velocidade do tráfego; Características do tráfego; Proximidade do ciclista ao tráfego motorizado; Condições do pavimento; Interações transversais; Entradas de garagens; Presença de estacionamentos nas vias. | Calcular a Medida de Risco da Interação a partir da função matemática apresentada; Converter a pontuação final em valores de nível de serviço. | Pontuação final que pode ser convertida em valores de nível de serviço, de A a F. | Aplicação de questionários; Filmagem dos segmentos; Testes reais com ciclistas; Métodos estatísticos (análise de regressão). | Utilização de dados padronizados e coletados com economia e objetividade; Considera as interações longitudinais e transversais que ocorrem na via. | Não considera os conflitos causados pelas interseções; O modelo não foi validado estatisticamente. |
| Nível de Serviço para Bicicletas – NSB (LANDIS et al., 1997) | Modelo matemático para relacionar a percepção do ciclista com a qualidade do serviço ou nível de acomodação. | Tampa, Flórida, Estados Unidos | Volume do tráfego; Limite de velocidade; Presença de veículos pesados; Largura e nº de faixas; Condições do pavimento; Acesso veicular não controlado; Intensidade de geração de viagens da região contígua à via. | Calcular o NSB a partir da função matemática apresentada; Converter a pontuação final em valores de nível de serviço. | Pontuação final que pode ser convertida em valores de nível de serviço, de A a F. | Aplicação de questionários; Filmagem dos segmentos; Testes reais com ciclistas; Métodos estatísticos (análise de regressão). | É baseado estritamente em respostas humanas a estímulos mensuráveis de vias e tráfego, contrapondo-se assim a estimativas e aproximações utilizadas por outros modelos disponíveis. | O objetivo do modelo é avaliar a qualidade das vias e não das interseções, desconsiderando-se, assim, os pontos finais dos segmentos. |

Continuação

| Modelo | Descrição | Locais de aplicação | Dados de entrada | Processo | Resultado – Dados de saída | Ferramentas / recursos necessários | Pontos positivos | Pontos negativos / dificuldades |
|---|--|----------------------------------|--|---|---|---|--|---|
| Nível de Serviço das Interseções para Bicicletas em Movimento (LANDIS et al., 2003) | Modelo desenvolvido para funcionar como um complemento para o Nível de Serviço para Bicicletas (Landis, 1997), avaliando somente as interseções semaforizadas. | Orlando, Flórida, Estados Unidos | Volume de veículos motorizados; Largura da faixa; Distância de travessia da interseção. | Calcular o NS_i a partir da função matemática apresentada; Converter a pontuação final em valores de nível de serviço. | Pontuação final que pode ser convertida em valores de nível de serviço, de A a F. | Testes reais com ciclistas; Métodos estatísticos (análise de regressão). | É baseado em respostas humanas a estímulos mensuráveis de vias e tráfego. | Avalia somente as interseções, devendo ser utilizado em conjunto com outro modelo de avaliação de NS para segmentos. |
| Método do <i>Highway Capacity Manual</i> (HCM, 2000) | Investiga os efeitos dos pedestres, da sinalização de trânsito e da interação entre ciclistas no nível de serviço de uma facilidade para bicicletas, que é medido em termos de eventos ocorridos (encontro e ultrapassagem). | Áreas urbanas do mundo todo | Em vias urbanas: Velocidade de viagem para bicicletas; Extensão total de vias urbanas analisadas; Extensão do segmento i; Velocidade corrente da bicicleta no segmento i; Média de atraso da bicicleta na interseção j. | Calcular a velocidade de viagem de bicicleta; Converter em valores de nível de serviço. | Medida de NS que varia de A a F. | Métodos estatísticos. | O método considera abordagens diferentes para cada tipo de facilidade diferente; Considera a qualidade das interseções. | Não contabiliza a redução da largura de uma via causada pela presença de objetos; Não considera os efeitos dos veículos motorizados que cruzam as facilidades para bicicletas para virar à direita; Não considera a declividade da via. |

APÊNDICE IV

PESQUISA NOS PÓLOS GERADORES

A) Questionário aplicado

| | | |
|---|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sexo | <input type="checkbox"/> masculino | <input type="checkbox"/> feminino |
| 2. Idade | | |
| 3. Rendimento mensal do responsável pelo seu domicílio | | |
| 4. Possui automóvel? | <input type="checkbox"/> sim | <input type="checkbox"/> não |

Responda as seguintes questões sobre a sua ida e volta de casa para a escola ou trabalho:

| | | |
|---|-----------------------------------|--|
| 5. Modo de transporte <u>mais utilizado</u> | <input type="checkbox"/> Carro | <input type="checkbox"/> Ônibus (<i>pergunta 7</i>) |
| | <input type="checkbox"/> À pé | <input type="checkbox"/> Bicicleta (<i>pergunta 6</i>) |
| | <input type="checkbox"/> Outro | |
| 6. Motivo da viagem | <input type="checkbox"/> Trabalho | <input type="checkbox"/> Estudo |
| 7. Endereço do domicílio | | |
| 8. Duração da viagem | | |
| 9. Trajeto | | |
| 10. Pontos problemáticos para andar de bicicleta | | |
| 11. Linha de ônibus | | |

12. Preferência declarada

Imagine que você está realizando uma viagem para o trabalho (ou escola) de bicicleta pelas ruas (vias compartilhadas) da cidade.

1.[] 2.[] 3.[] 4.[] 5.[] 6.[]

B) Resultados das entrevistas

Tabela IV.1: Resultado das entrevistas – Parte 1

| ID | Sexo | Idade | Renda | Automóvel | Modo de Transporte | Motivo da Viagem |
|----|-----------|-------|-------|-----------|--------------------|------------------|
| 0 | masculino | 3 | 1 | não | ônibus | trabalho |
| 1 | masculino | 4 | 2 | não | bicicleta | trabalho |
| 2 | masculino | 4 | 1 | sim | ônibus | trabalho |
| 3 | feminino | 5 | 1 | não | ônibus | trabalho |
| 4 | feminino | 4 | 2 | sim | carro | trabalho |
| 5 | masculino | 5 | 1 | não | a pe | trabalho |
| 6 | masculino | 3 | 1 | sim | carro | trabalho |
| 7 | masculino | 4 | 1 | sim | a pe | trabalho |
| 8 | masculino | 3 | 2 | sim | carro | trabalho |
| 9 | masculino | 4 | 1 | sim | outros | trabalho |
| 10 | masculino | 4 | 1 | sim | outros | trabalho |
| 11 | masculino | 4 | 1 | não | ônibus | trabalho |
| 12 | masculino | 4 | 1 | não | bicicleta | trabalho |
| 13 | masculino | 2 | 1 | sim | ônibus | trabalho |
| 14 | masculino | 5 | 2 | sim | carro | trabalho |
| 15 | masculino | 2 | 2 | sim | bicicleta | estudo |
| 16 | masculino | 5 | 2 | sim | bicicleta | trabalho |
| 17 | feminino | 3 | 0 | sim | ônibus | estudo |
| 18 | feminino | 1 | 1 | sim | a pe | trabalho |
| 19 | masculino | 4 | 1 | sim | bicicleta | trabalho |
| 20 | masculino | 5 | 1 | sim | outros | trabalho |
| 21 | feminino | 3 | 2 | sim | ônibus | trabalho |
| 22 | feminino | 5 | 1 | não | ônibus | trabalho |
| 23 | masculino | 4 | 1 | sim | ônibus | trabalho |
| 24 | feminino | 2 | 1 | não | outros | trabalho |
| 25 | masculino | 4 | 1 | sim | carro | trabalho |
| 26 | masculino | 5 | 1 | sim | bicicleta | trabalho |
| 27 | masculino | 3 | 1 | sim | bicicleta | trabalho |
| 28 | masculino | 3 | 4 | sim | a pe | trabalho |
| 29 | masculino | 2 | 2 | sim | bicicleta | trabalho |
| 30 | masculino | 1 | 1 | sim | bicicleta | estudo |
| 31 | masculino | 2 | 2 | não | outros | trabalho |
| 32 | masculino | 2 | 1 | não | a pe | trabalho |
| 33 | masculino | 5 | 3 | sim | outros | trabalho |
| 34 | feminino | 2 | 1 | sim | ônibus | trabalho |
| 35 | masculino | 5 | 2 | sim | ônibus | trabalho |
| 36 | masculino | 4 | 2 | sim | bicicleta | trabalho |
| 37 | masculino | 4 | 2 | sim | bicicleta | trabalho |
| 38 | masculino | 2 | 2 | sim | carro | trabalho |
| 39 | masculino | 2 | 1 | não | bicicleta | trabalho |
| 40 | masculino | 4 | 3 | sim | outros | trabalho |
| 41 | masculino | 1 | 0 | não | ônibus | estudo |
| 42 | masculino | 3 | 1 | sim | carro | trabalho |
| 43 | masculino | 4 | 2 | não | outros | trabalho |
| 44 | masculino | 3 | 1 | sim | carro | trabalho |
| 45 | masculino | 3 | 1 | sim | carro | trabalho |
| 46 | masculino | 4 | 1 | sim | bicicleta | trabalho |
| 47 | masculino | 2 | 3 | não | outros | trabalho |
| 48 | masculino | 3 | 1 | sim | ônibus | trabalho |
| 49 | masculino | 2 | 2 | sim | carro | trabalho |
| 50 | masculino | 4 | 2 | sim | outros | trabalho |

Continuação

| | | | | | | |
|-----|-----------|---|---|-----|-----------|----------|
| 51 | masculino | 4 | 2 | sim | carro | trabalho |
| 52 | masculino | 2 | 1 | não | a pe | trabalho |
| 53 | masculino | 3 | 1 | não | ônibus | trabalho |
| 54 | masculino | 1 | 1 | sim | outros | trabalho |
| 55 | feminino | 2 | 1 | sim | ônibus | trabalho |
| 56 | masculino | 0 | 2 | sim | ônibus | estudo |
| 57 | masculino | 0 | 2 | sim | a pe | estudo |
| 58 | masculino | 0 | 1 | sim | ônibus | estudo |
| 59 | masculino | 0 | 1 | sim | a pe | estudo |
| 60 | masculino | 0 | 1 | sim | ônibus | estudo |
| 61 | masculino | 0 | 0 | sim | ônibus | estudo |
| 62 | masculino | 0 | 3 | não | ônibus | estudo |
| 63 | masculino | 0 | 2 | não | bicicleta | estudo |
| 64 | masculino | 0 | 4 | sim | bicicleta | estudo |
| 65 | masculino | 0 | 3 | sim | bicicleta | estudo |
| 66 | masculino | 0 | 2 | sim | bicicleta | estudo |
| 67 | masculino | 0 | 3 | sim | bicicleta | estudo |
| 68 | masculino | 0 | 0 | não | bicicleta | estudo |
| 69 | masculino | 0 | 0 | sim | bicicleta | estudo |
| 70 | masculino | 0 | 2 | não | bicicleta | estudo |
| 71 | masculino | 0 | 0 | sim | bicicleta | estudo |
| 72 | masculino | 0 | 1 | sim | bicicleta | estudo |
| 73 | masculino | 0 | 1 | sim | ônibus | estudo |
| 74 | masculino | 0 | 2 | sim | a pe | estudo |
| 75 | masculino | 0 | 3 | sim | a pe | estudo |
| 76 | masculino | 0 | 3 | sim | carro | estudo |
| 77 | masculino | 0 | 2 | sim | a pe | estudo |
| 78 | feminino | 0 | 2 | sim | ônibus | estudo |
| 79 | masculino | 0 | 2 | sim | carro | trabalho |
| 80 | masculino | 0 | 3 | sim | carro | estudo |
| 81 | masculino | 0 | 3 | não | ônibus | estudo |
| 82 | masculino | 0 | 0 | sim | ônibus | estudo |
| 83 | masculino | 0 | 3 | sim | ônibus | estudo |
| 84 | masculino | 0 | 5 | sim | ônibus | estudo |
| 85 | masculino | 0 | 2 | não | ônibus | estudo |
| 86 | masculino | 0 | 3 | sim | bicicleta | estudo |
| 87 | masculino | 0 | 0 | sim | bicicleta | estudo |
| 88 | masculino | 0 | 0 | sim | outros | estudo |
| 89 | masculino | 0 | 2 | não | bicicleta | estudo |
| 90 | masculino | 0 | 3 | sim | a pe | estudo |
| 91 | masculino | 0 | 3 | sim | ônibus | estudo |
| 92 | masculino | 0 | 2 | sim | bicicleta | estudo |
| 93 | masculino | 0 | 1 | não | ônibus | estudo |
| 94 | masculino | 0 | 4 | sim | carro | estudo |
| 95 | masculino | 0 | 2 | sim | a pe | estudo |
| 96 | feminino | 0 | 0 | não | a pe | estudo |
| 97 | masculino | 0 | 4 | sim | ônibus | estudo |
| 98 | masculino | 0 | 3 | sim | a pe | estudo |
| 99 | masculino | 0 | 1 | sim | a pe | estudo |
| 100 | masculino | 0 | 0 | sim | bicicleta | estudo |
| 101 | masculino | 0 | 3 | sim | ônibus | estudo |
| 102 | masculino | 0 | 1 | não | a pe | estudo |
| 103 | masculino | 0 | 2 | sim | bicicleta | estudo |
| 104 | masculino | 0 | 2 | sim | bicicleta | estudo |
| 105 | masculino | 0 | 3 | sim | ônibus | estudo |

Tabela IV.2: Resultado das entrevistas – Parte 2

| ID | Modo de Transporte | Destino | Duração |
|-----------|---------------------------|----------------|----------------|
| 0 | ônibus | Electrolux | 0 |
| 1 | bicicleta | Electrolux | 2 |
| 2 | ônibus | Electrolux | 2 |
| 3 | ônibus | Electrolux | 5 |
| 4 | carro | Electrolux | 2 |
| 5 | à pé | Electrolux | 3 |
| 6 | carro | Electrolux | 1 |
| 7 | à pé | Electrolux | 2 |
| 8 | carro | Electrolux | 1 |
| 9 | outros | Electrolux | 0 |
| 10 | outros | Electrolux | 0 |
| 11 | ônibus | Electrolux | 4 |
| 12 | bicicleta | Electrolux | 2 |
| 13 | ônibus | Electrolux | 1 |
| 14 | carro | Electrolux | 0 |
| 15 | bicicleta | Senai | 2 |
| 16 | bicicleta | Electrolux | 2 |
| 17 | ônibus | Senai | 3 |
| 18 | à pé | Electrolux | 4 |
| 19 | bicicleta | Electrolux | 2 |
| 20 | outros | Electrolux | 0 |
| 21 | ônibus | Electrolux | 2 |
| 22 | ônibus | Electrolux | 1 |
| 23 | ônibus | Electrolux | 2 |
| 24 | outros | Electrolux | 3 |
| 25 | carro | Electrolux | 1 |
| 26 | bicicleta | Electrolux | 3 |
| 27 | bicicleta | Electrolux | 1 |
| 28 | à pé | Electrolux | 2 |
| 29 | bicicleta | Electrolux | 2 |
| 30 | bicicleta | Senai | 1 |
| 31 | outros | Electrolux | 0 |
| 32 | à pé | Electrolux | 2 |
| 33 | outros | Electrolux | 1 |
| 34 | ônibus | Electrolux | 1 |
| 35 | ônibus | Electrolux | 3 |
| 36 | bicicleta | Electrolux | 2 |
| 37 | bicicleta | Electrolux | 1 |
| 38 | carro | Electrolux | 0 |
| 39 | bicicleta | Electrolux | 2 |
| 40 | outros | Electrolux | 1 |
| 41 | ônibus | Senai | 4 |
| 42 | carro | Electrolux | 0 |
| 43 | outros | Electrolux | 0 |
| 44 | carro | Electrolux | 0 |
| 45 | carro | Electrolux | 0 |
| 46 | bicicleta | Electrolux | 1 |

Continuação

| | | | |
|----|-----------|------------|---|
| 47 | outros | Electrolux | 0 |
| 48 | ônibus | Electrolux | 1 |
| 49 | carro | Electrolux | 1 |
| 50 | outros | Electrolux | 0 |
| 51 | carro | Electrolux | 1 |
| 52 | à pé | Electrolux | 1 |
| 53 | ônibus | Electrolux | 4 |
| 54 | outros | Electrolux | 2 |
| 55 | ônibus | Electrolux | 2 |
| 56 | ônibus | Senai | 3 |
| 57 | à pé | Senai | 1 |
| 58 | ônibus | Senai | 2 |
| 59 | à pé | Senai | 3 |
| 60 | ônibus | Senai | 2 |
| 61 | ônibus | Senai | 2 |
| 62 | ônibus | Senai | 2 |
| 63 | bicicleta | Senai | 3 |
| 64 | bicicleta | Senai | 1 |
| 65 | bicicleta | Senai | 1 |
| 66 | bicicleta | Senai | 1 |
| 67 | bicicleta | Senai | 0 |
| 68 | bicicleta | Senai | 2 |
| 69 | bicicleta | Senai | 4 |
| 70 | bicicleta | Senai | 1 |
| 71 | bicicleta | Senai | 0 |
| 72 | bicicleta | Senai | 0 |
| 73 | ônibus | Senai | 2 |
| 74 | à pé | Senai | 1 |
| 75 | à pé | Senai | 3 |
| 76 | carro | Senai | 0 |
| 77 | à pé | Senai | 0 |
| 78 | ônibus | Senai | 1 |
| 79 | carro | Senai | 0 |
| 80 | carro | Senai | 0 |
| 81 | ônibus | Senai | 1 |
| 82 | ônibus | Senai | 1 |
| 83 | ônibus | Senai | 4 |
| 84 | ônibus | Senai | 0 |
| 85 | ônibus | Senai | 3 |
| 86 | bicicleta | Senai | 0 |
| 87 | bicicleta | Senai | 0 |
| 88 | outros | Senai | 4 |
| 89 | bicicleta | Senai | 1 |
| 90 | à pé | Senai | 1 |
| 91 | ônibus | Senai | 3 |
| 92 | bicicleta | Senai | 0 |
| 93 | ônibus | Senai | 2 |
| 94 | carro | Senai | 0 |

Continuação

| | | | |
|-----|-----------|-------|---|
| 95 | à pé | Senai | 2 |
| 96 | à pé | Senai | 1 |
| 97 | ônibus | Senai | 2 |
| 98 | à pé | Senai | 2 |
| 99 | à pé | Senai | 3 |
| 100 | bicicleta | Senai | 1 |
| 101 | ônibus | Senai | 3 |
| 102 | à pé | Senai | 2 |
| 103 | bicicleta | Senai | 1 |
| 104 | bicicleta | Senai | 1 |
| 105 | ônibus | Senai | 2 |

Tabela IV.3: Resultado das entrevistas – Parte 3

| ID | Trajetos |
|----|---|
| 0 | Av. Morumbi, Pádua Sales, Teixeira de Barros |
| 1 | Major J. Inácio, posto de saúde, balão Pq Itália |
| 2 | Antonio Blanco, Alexandrina, Bento Carlos, viaduto |
| 3 | Larga, estação, Av São Carlos, Rodoviária, Antonio Blanco, Antártica, Intersom, Skol |
| 4 | Bruno Ruggiero, Marginal |
| 5 | Av. Sta. Madre Cabrini, Rua República do Líbano, Rua Dr. Gastão de Sá |
| 6 | Marginais |
| 7 | via Bicão |
| 8 | Rua Larga ou Av. Sallum |
| 9 | Av. Getulio Vargas e Larga |
| 10 | Rua República do Líbano, Av. Sallum |
| 11 | Maria Estela Fagá, Vila Nery, Jacobucci, garagem, Tijuco, rodoviária, centro, estação |
| 12 | rua do SESI |
| 13 | Antonio Blanco, rodoviária, centro, estação |
| 14 | Rua República do Líbano, Rua Larga, Av. Sallum |
| 15 | USP, Rua Riachuelo |
| 16 | Av. Paulo VI, Rua República do Líbano, Av. Grécia, Av. Sallum |
| 17 | Rua Miguel João, Rua XV de Novembro, Rua Dona Alexandrina, Rua Santa Cruz |
| 18 | Rua Basílio Dibbo, Av. Sallum, Av. Pereira Lopes |
| 19 | Av. Sta Madre Cabrini, Av. Paulo XI, Rua Francisco Marigo, Av. Grécia, Rua Dr. Gastão de Sá |
| 20 | Rua Bruno Ruggiero, Av. Henrique Grégori, Av. Pereira Lopes |
| 21 | Antonio Blanco, rodoviária, Alexandrina, estação, pontilhão, diocesano, Av Sallum |
| 22 | Rua Miguel Petroni, Rua XV, Rua Alexandrina, Rua Santa Cruz, Estação, pontilhão, Av. Pereira Lopes |
| 23 | |
| 24 | rua do União Serve (atrás da FADISC) |
| 25 | Rua Bruno Ruggiero, Av. das Torres, Av. Pereira Lopes |
| 26 | 7 de setembro, Alexandrina, General, atravessa linha do trem |
| 27 | Rua Basílio Dibbo, rotatória do Jesuíno, Rua Larga |
| 28 | não sabe |
| 29 | Av. Paulo VI, Rua Francisco Marigo, Av. Sallum |
| 30 | Av. Morumbi, Rua Larga |
| 31 | 9 de julho, XV, Riachuelo, General Osório, rua do diocesano |
| 32 | Bicão, Av. das Torres |
| 33 | José Lemos Marques, Monteiro Lobato, Carlos Botelho, Riachuelo, General, linha do trem, Pereira Lopes |
| 34 | |
| 35 | Fagá, Av. São Carlos |
| 36 | Bruno Ruggiero, Rua das Torres |
| 37 | Leopoldo Prado, Rua das Torres |
| 38 | Carlos Botelho, Aquidabam, estação, cruza linha do trem, rua do diocesano |

Continuação

| | |
|----|--|
| 39 | sobe morro, Madre Cabrini, mercado rati, Jesuíno, paralela à Salum |
| 40 | Padre Teixeira |
| 41 | Av. São Carlos, Tijuco Preto, Jardim Nossa Senhora de Fátima, Jardim Jacobuci |
| 42 | Av Bruno Ruggiero, Marginal Shopping, Rua das Torres |
| 43 | Rua Benjamim Constant, Rua Itália, Rua Gastão de Sa |
| 44 | |
| 45 | Av Bruno Ruggiero, Av. Parque Faber (marginal shopping), Av. das Torres |
| 46 | Rua Coronel Leopoldo Prado, Av. Henrique Grégori, Rua Dr. Gastão de Sá |
| 47 | Av. Morumbi, rotatória do Jesuíno, Rua Larga, Av. Sallum |
| 48 | Antonio Blanco, Alexandrina, Bento Carlos, Salum |
| 49 | João Lourenço, Washington Luis, Getúlio Vargas, Larga, Salum |
| 50 | Travessa Sete, Av. das Torres, Av Pereira Lopes |
| 51 | Rua Miguel Petroni, Av. Bruno Ruggiero, Av. das Torres, Av. Sallum |
| 52 | |
| 53 | |
| 54 | Marginais |
| 55 | Alexandrina, Estação, Viaduto, Salum |
| 56 | Rua Miguel João, Rua XV de Novembro, Rua Dona Alexandrina, Estação |
| 57 | rua da Discasa, rua do Hotel Toscano |
| 58 | balão da Vila Nery, Alexandrina (a partir do Álvaro Guião), Estação |
| 59 | Rua Larga |
| 60 | pista, Av São Carlos, Alexandrina, estação |
| 61 | pista, Avenida São Carlos, Alexandrina, estação, pontilhão |
| 62 | pista, Avenida São Carlos, Alexandrina, Estação |
| 63 | sobe o morro, Madre Cabrini, Jesuíno de Arruda, Rua Larga |
| 64 | Rua República do Líbano, Rua Larga |
| 65 | Av. José Pereira Lopes, Estação |
| 66 | pela Faber, rua do pontilhão |
| 67 | Travessa Sete, Rua Larga |
| 68 | Av. Bruno Ruggiero, Rua das Torres, Av. Pereira Lopes |
| 69 | sobe morro, Madre Cabrini, Jesuíno, Rua Larga |
| 70 | rotatória do Jesuíno, Rua Larga |
| 71 | Rua República do Líbano, Rua Larga |
| 72 | Rua Geminiano Costa, atravessa a linha do trem |
| 73 | Tecumseh 2, Washington Luis, Av. São Carlos, Alexandrina, Bento Carlos, Estação, pontilhão |
| 74 | até fim da Av Pereira Lopes (cruzamento com linha do trem), Senai |
| 75 | Rua Santa Gertrudes até a Praça Itália, rua do laticínio, auto-escola Mazola, estação, pontilhão |
| 76 | Travessa 9, Rua Larga, rua do senai |
| 77 | atravessa pontilhão pela rua da cancela |
| 78 | Av. Pereira Lopes |
| 79 | Gastao de Sá, Duarte Nunes, rua de baixo da oficina cultural, rua do senai |
| 80 | General Osório, Av São Carlos, estação, pontilhão |
| 81 | Raimundo Corrêa, vira duas ruas depois do Forum, rua do varejão, estação, sobe o pontilhão (à pé) |
| 82 | Av. Sallum, Av. Pereira Lopes, Cândido Padim |
| 83 | Miguel Petroni, XV de novembro, Alexandrina, Bento Carlos (desce a estação), ônibus sobe pontilhão |
| 84 | Av. Grécia, Av. Pereira Lopes, Cândido Padim |
| 85 | Antonio Blanco, Alexandrina, Estação, Rua Larga |
| 86 | Duarte Nunes, Rua Larga |
| 87 | Rua Dr. Duarte Nunes, Rua Larga |
| 88 | Rua Miguel Petroni, Rua XV de novembro, Estação |
| 89 | Bicão, Rua Dr. Duarte Nunes, Av. Sallum |
| 90 | Raimundo Correa, em frente a Faber Castel, sobe rua do Mazola, vira a direita, Estação, sobe o viaduto |
| 91 | Conde do Pinhal, Alexandrina, Santa Cruz, pontilhão, Rua Larga |
| 92 | Av. das Torres, Travessa Sete, Av. Sallum |
| 93 | Raimundo Corrêa, rua do sacolão, estação, pontilhão à pé |

Continuação

| | |
|-----|--|
| 94 | Dom Pedro, estação, pontilhão |
| 95 | Travessa Sete, Rua Larga |
| 96 | Rua Larga |
| 97 | Miguel João, Miguel Petroni, Santa Casa, XV, Alexandrina, Bento Carlos, Estação, pontilhão |
| 98 | Jesuíno de Arruda, Alexandrina, calçada, passa por baixo do pontilhão |
| 99 | passa em frente ao Jesuíno, Rua Larga |
| 100 | Rua Hermírio Bernasconi, cemitério, Av Grécia, Rua Quintino Bocaiúva, Rua Dr. Gastão de Sá, Av. Sallum |
| 101 | Av Regite Arabe, sobe o morro, Madre Cabrini, Jesuíno, Sallum, rua do diocesano |
| 102 | Alexandrina até catedral, Nove de Julho, calçada, General, por baixo do pontilhão |
| 103 | Rua Francisco Marigo, rotatória do Jesuíno, Rua Ana Prado |
| 104 | Rua Hermírio Bernasconi, Av. Sallum, Rua José Benetti |
| 105 | Raimundo Corrêa, rua do Varejão da Qualidade, estação, à pé por baixo do pontilhão |

Tabela IV.4: Resultado das entrevistas – Parte 4

| ID | Linha(s) de Ônibus | Pontos Críticos |
|----|----------------------------------|---|
| 0 | Sta Maria | |
| 1 | | final da Rua XV (balão do bonde da Vila Nery) |
| 3 | Volkswagen -São Rafael | |
| 12 | | rotatórias (Jesuíno) |
| 15 | | Riachuelo (buracos), Cruzamentos (descidas) |
| 16 | | final da Av. Grécia (rotatória) |
| 17 | Romeu Tortorelli, M. Estela Fagá | |
| 19 | | rotatória do começo da Sallum (trânsito) |
| 21 | Jardim Maracanã ou Vila São José | |
| 22 | Cidade Aracy, Santa Felícia | |
| 23 | Cidade Aracy - Santa Felícia | |
| 24 | Santa Casa, Azulville | |
| 26 | | Major J. Inácio e balão da Vila Nery (trânsito) |
| 27 | | rotatória do Jesuíno (trânsito) |
| 29 | | rotatória do Jesuíno (trânsito) |
| 30 | | rotatória do Jesuíno (tráfego intenso), Rua Larga (ônibus) |
| 34 | Bela Vista | |
| 35 | Sesi, Maria Estela Fagá | |
| 36 | | rotatória marginal - Bruno Ruggiero (trânsito) |
| 37 | | nenhum |
| 39 | | entre Madre Cabrini e Jesuíno (tráfego) |
| 41 | Estação, Jardim Jacobucci | |
| 46 | | nenhum |
| 48 | VI São José - Jd Maracanã | |
| 49 | | Retorno da Washington Luís |
| 50 | | farol da Sete |
| 53 | Volkswagen | |
| 54 | | Viaduto do Jóquei, asfalto ruim depois do cristo (Av. das Torres) |
| 56 | Maria Estela Fagá | |
| 58 | Vila Prado | |
| 60 | Centro Comunitário | |
| 61 | Centro Comunitário | |
| 62 | Centro Comunitário | |
| 63 | | nenhum - talvez Rua Larga (mais movimento) |
| 64 | | rotatórias (confusão no trânsito) |
| 65 | | rotatórias |
| 66 | | pontilhão (falta de espaço) |
| 67 | | Rua Sete (falta de espaço, ônibus) |

Continuação

| | |
|-----|--|
| 68 | Rua das Torres (movimento, buracos) |
| 69 | morro (subida) |
| 70 | nenhum |
| 71 | Rua Larga (movimento - ônibus) |
| 72 | atravessar a avenida São Carlos e centro (não respeitam semáforo) |
| 73 | Centro Comunitário |
| 78 | Santa Felícia |
| 81 | Santa Casa ou Redenção |
| 82 | Vila São José |
| 83 | Jardim Maracanã + Bela Vista |
| 84 | UFSCar |
| 85 | Volkswagen |
| 86 | Av. P. Lopes (estacionamentos Electrolux/buracos/caminhões), cruz. com Av. Torres (valetas) |
| 87 | Rua das Torres (tráfego), Cândido Padim c/ Rua Larga (carros por todos os lados) |
| 88 | Especial |
| 89 | bairro perto do bicão - Vila Carmem (asfalto irregular) |
| 91 | SESI |
| 92 | Rua das Torres (tráfego intenso) |
| 93 | Santa Casa |
| 97 | Centro Comunitário |
| 100 | faz caminho tentando desviar do tráfego - Sallum (tráfego), Gastão de Sá (buracos) |
| 101 | Santa Felícia |
| 103 | rotatórias (tráfego), rua de baixo da Padre Teixeira (buracos) |
| 104 | paralela à Candido Padim (buracos), Sallum (carros não respeitam bicicletas) |
| 105 | Santa Casa - volta Azulville |

C) Perfil dos entrevistados

Tabela IV.5: Resumo da pesquisa – Total=106 entrevistados

| SEXO | | |
|------------------|----|--------|
| <i>Masculino</i> | 95 | 89,62% |
| <i>Feminino</i> | 11 | 10,38% |

| IDADE | | |
|---------------------------|----|--------|
| <i>0. até 18 anos</i> | 50 | 47,17% |
| <i>1. de 18 a 19 anos</i> | 4 | 3,77% |
| <i>2. de 20 a 24 anos</i> | 13 | 12,26% |
| <i>3. de 25 a 29 anos</i> | 12 | 11,32% |
| <i>4. de 30 a 39 anos</i> | 18 | 16,98% |
| <i>5. de 40 a 49 anos</i> | 9 | 8,49% |
| <i>6. de 50 a 59 anos</i> | 0 | 0,00% |
| <i>7. mais de 60 anos</i> | 0 | 0,00% |

| RENDA | | |
|----------------------------|----|--------|
| <i>0. de 1 a 2 S. M.</i> | 11 | 10,38% |
| <i>1. de 2 a 3 S. M.</i> | 42 | 39,62% |
| <i>2. de 3 a 5 S. M.</i> | 31 | 29,25% |
| <i>3. de 5 a 10 S. M.</i> | 17 | 16,04% |
| <i>4. mais de 10 S. M.</i> | 4 | 3,77% |
| <i>5. não sabe</i> | 1 | 0,94% |

| AUTOMÓVEL | | |
|------------------|----|--------|
| <i>Sim</i> | 78 | 73,58% |
| <i>Não</i> | 28 | 26,42% |

| MODO DE TRANSPORTE | | |
|---------------------------|----|--------|
| <i>Carro</i> | 15 | 14,15% |
| <i>Onibus</i> | 33 | 31,13% |
| <i>À pé</i> | 17 | 16,04% |
| <i>Bicicleta</i> | 30 | 28,30% |
| <i>Outros</i> | 11 | 10,38% |

| MOTIVO DA VIAGEM | | |
|-------------------------|----|--------|
| <i>Trabalho</i> | 52 | 49,06% |
| <i>Estudo</i> | 54 | 50,94% |

| DURAÇÃO DA VIAGEM | | |
|--------------------------|----|--------|
| <i>0. até 10 min</i> | 26 | 24,53% |
| <i>1. de 11 a 19 min</i> | 30 | 28,30% |
| <i>2. de 20 a 29 min</i> | 29 | 27,36% |
| <i>3. de 30 a 39 min</i> | 13 | 12,26% |
| <i>4. de 40 a 49 min</i> | 7 | 6,60% |
| <i>5. mais de 50 min</i> | 1 | 0,94% |

A seguir, são apresentados os gráficos que ilustram os dados referentes ao perfil dos entrevistados.

Gráfico IV.1: Número de entrevistados por gênero

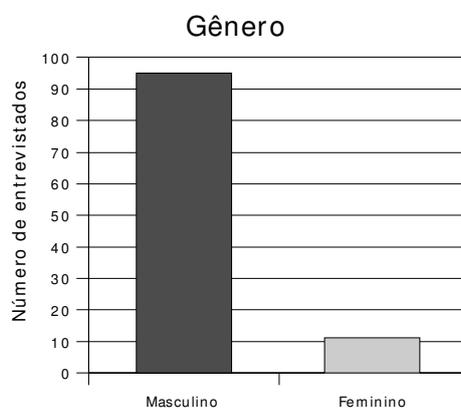


Gráfico IV.2: Número de entrevistados por faixas etárias

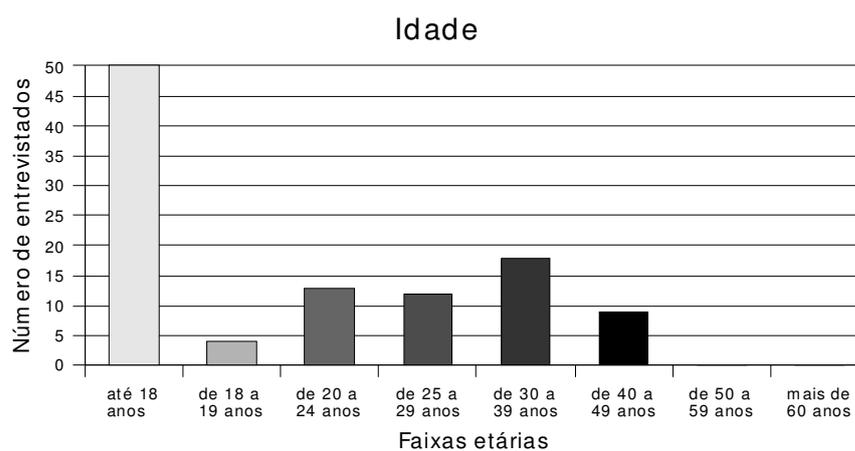


Gráfico IV.3: Número de entrevistados por faixa de renda familiar

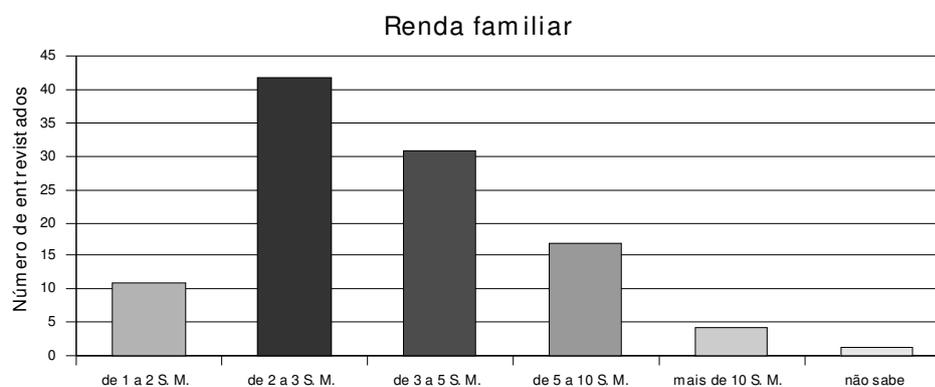
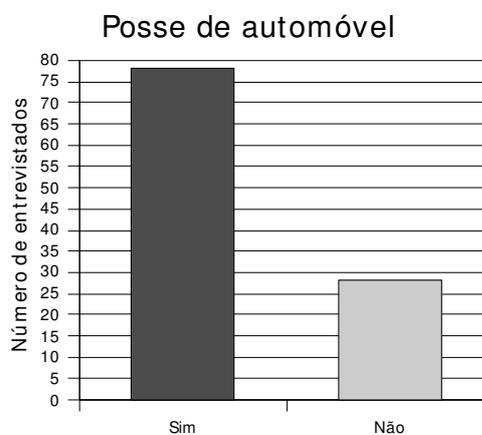
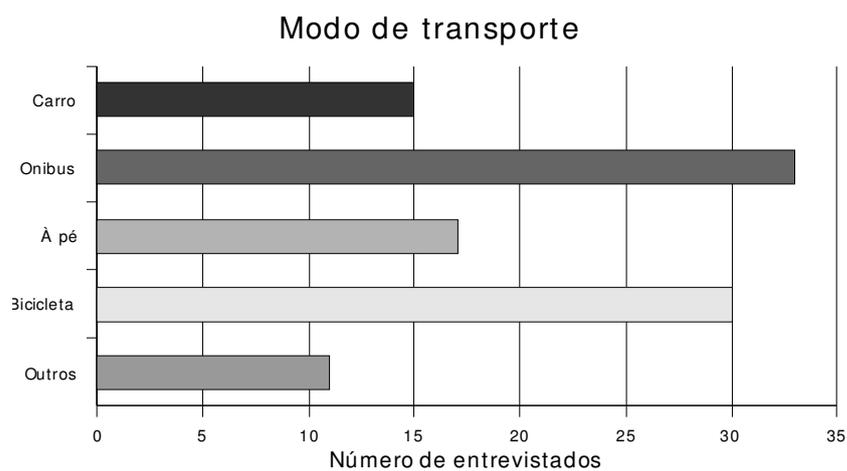
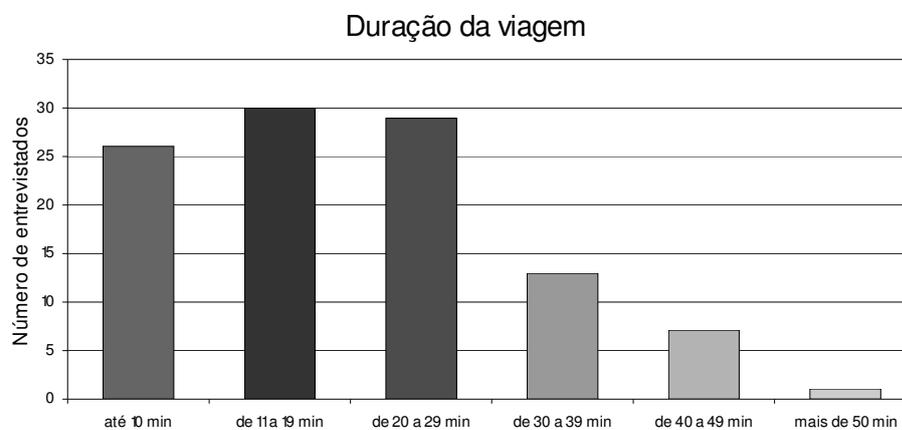
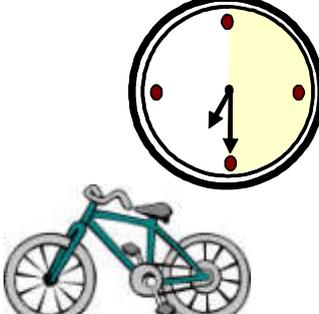
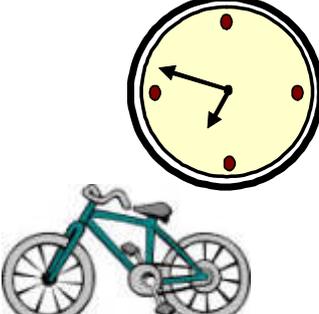
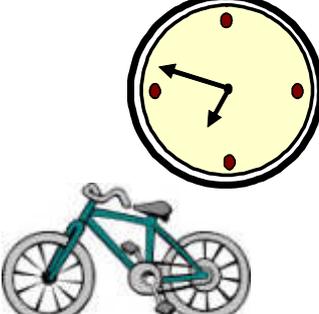


Gráfico IV.4: Número de entrevistados que possuem ou não automóvel**Gráfico IV.5:** Número de entrevistados por modo de transporte utilizado**Gráfico IV.6:** Número de entrevistados por faixa de duração de viagem

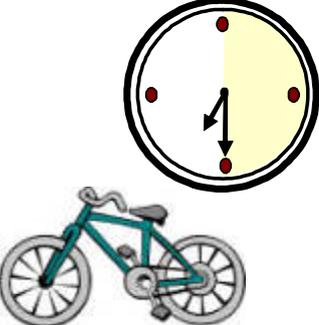
APÊNDICE V

PESQUISA DE PREFERÊNCIA DECLARADA

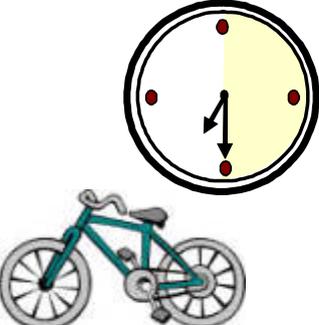
A) Cartões utilizados na pesquisa

| | | |
|--|--|---|
| <p>A</p>  |  |  |
| <p>Velocidade dos veículos até 40 km/h</p> | <p>Tempo de viagem até 30 min</p> | <p>Condição do pavimento Ruim</p> |
| <p>B</p>  |  |  |
| <p>Velocidade dos veículos até 40 km/h</p> | <p>Tempo de viagem + de 30 min</p> | <p>Condição do pavimento Bom</p> |
| <p>C</p>  |  |  |
| <p>Velocidade dos veículos até 40 km/h</p> | <p>Tempo de viagem + de 30 min</p> | <p>Condição do pavimento Ruim</p> |

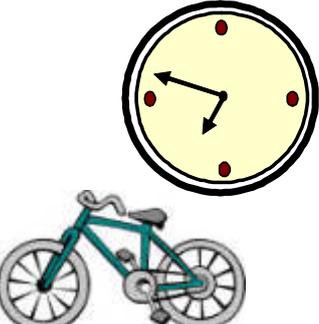
D

| | | |
|---|--|---|
|  |  |  |
| <p>Velocidade dos veículos de 40 km/h a 60 km/h</p> | <p>Tempo de viagem até 30 min</p> | <p>Condição do pavimento Bom</p> |

E

| | | |
|--|---|--|
|  |  |  |
| <p>Velocidade dos veículos de 40 km/h a 60 km/h</p> | <p>Tempo de viagem até 30 min</p> | <p>Condição do pavimento Ruim</p> |

F

| | | |
|---|--|---|
|  |  |  |
| <p>Velocidade dos veículos de 40 km/h a 60 km/h</p> | <p>Tempo de viagem + de 30 min</p> | <p>Condição do pavimento Bom</p> |

B) Resultados das entrevistas

A Tabela V.1 mostra o resultado da pesquisa de preferência declarada, com as 105 entrevistas consideradas.

Tabela V.1: Resultado da Pesquisa de Preferência Declarada

| ID | Ordem de preferência | ID | Ordem de preferência | ID | Ordem de preferência |
|----|----------------------|----|----------------------|-----|----------------------|
| 0 | D, F, B, A, E, C | 35 | F, D, B, C, A, E | 70 | D, F, B, C, A, E |
| 1 | D, B, F, A, C, E | 36 | B, D, F, A, C, E | 71 | B, D, F, C, A, E |
| 2 | F, B, A, D, E, C | 37 | B, D, F, C, E, A | 72 | F, D, B, A, C, E |
| 3 | F, D, B, C, E, A | 38 | D, F, B, C, A, E | 73 | B, F, D, C, A, E |
| 4 | F, B, D, C, A, E | 39 | D, A, E, B, F, C | 74 | D, B, F, A, C, E |
| 5 | B, F, D, E, C, A | 40 | D, B, F, C, E, A | 76 | D, B, A, F, C, E |
| 6 | B, F, D, C, A, E | 41 | B, F, C, D, A, E | 77 | D, B, F, E, A, C |
| 7 | D, C, B, A, E, F | 42 | B, A, C, D, F, E | 78 | F, B, D, A, E, C |
| 8 | D, B, F, A, E, C | 43 | D, E, C, B, A, F | 79 | D, E, A, B, F, C |
| 9 | F, B, A, D, E, C | 44 | D, F, B, E, A, C | 80 | A, B, E, D, F, C |
| 10 | B, D, F, C, A, E | 45 | B, A, C, D, F, E | 81 | D, F, B, C, E, A |
| 11 | B, F, D, A, C, E | 46 | D, B, F, E, A, C | 82 | D, B, F, A, C, E |
| 12 | D, F, B, A, C, E | 47 | B, F, D, A, C, E | 83 | D, F, B, A, E, C |
| 13 | D, B, F, A, E, C | 48 | F, D, B, C, A, E | 84 | B, F, C, A, D, E |
| 14 | B, F, D, A, C, E | 49 | B, D, F, A, E, C | 85 | D, B, F, C, A, E |
| 15 | B, D, F, A, C, E | 50 | B, F, D, E, A, C | 86 | D, B, F, A, E, C |
| 16 | D, A, B, C, F, E | 51 | D, B, F, C, A, E | 87 | B, D, F, C, E, A |
| 17 | F, B, D, C, E, A | 52 | B, F, D, C, A, E | 88 | B, A, C, D, F, E |
| 18 | B, C, A, D, F, E | 53 | B, D, F, E, C, A | 89 | B, F, D, E, A, C |
| 19 | B, C, A, D, E, F | 54 | F, B, D, C, A, E | 90 | D, B, F, C, A, E |
| 20 | D, B, F, E, A, C | 55 | B, F, D, C, E, A | 91 | D, E, A, F, B, C |
| 21 | B, F, D, C, A, E | 56 | B, F, D, A, C, E | 92 | D, E, F, B, A, C |
| 22 | D, B, F, C, E, A | 57 | D, B, F, A, E, C | 93 | D, B, F, E, A, C |
| 23 | B, D, F, A, C, E | 58 | D, A, F, B, E, C | 94 | D, F, B, E, C, A |
| 24 | D, A, E, B, F, C | 59 | B, D, F, C, A, E | 95 | D, B, F, E, A, C |
| 25 | B, D, F, C, A, E | 60 | B, D, F, C, A, E | 96 | B, D, F, A, C, E |
| 26 | B, D, F, C, A, E | 61 | B, D, F, A, C, E | 97 | B, A, C, D, F, E |
| 27 | D, B, A, F, C, E | 62 | D, B, E, A, F, C | 98 | D, B, F, E, A, C |
| 28 | B, F, D, C, A, E | 63 | B, F, D, C, A, E | 99 | D, B, A, F, E, C |
| 29 | F, B, D, E, C, A | 64 | B, D, F, A, E, C | 100 | A, B, C, D, E, F |
| 30 | D, F, B, E, A, C | 65 | B, D, F, A, C, E | 101 | D, F, B, E, A, C |
| 31 | B, F, D, C, A, E | 66 | A, B, C, D, E, F | 102 | D, E, A, F, B, C |
| 32 | B, F, A, E, D, C | 67 | B, F, D, C, A, E | 103 | B, F, D, A, C, E |
| 33 | F, D, B, C, A, E | 68 | B, D, F, A, E, C | 104 | B, D, F, C, A, E |
| 34 | D, E, A, F, B, C | 69 | D, B, F, E, A, C | 105 | D, F, B, E, A, C |

A Tabela V.2 mostra os resultados das entrevistas, agrupados por ordem de preferência.

Tabela V.2: Resumo dos resultados das entrevistas – todos os entrevistados

| Classificação | Alternativas | | | | | | Total |
|---------------|--------------|----|----|----|----|----|------------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 1 | 3 | 45 | 0 | 45 | 0 | 12 | 105 |
| 2 | 8 | 33 | 3 | 25 | 6 | 30 | |
| 3 | 13 | 17 | 9 | 21 | 4 | 41 | |
| 4 | 29 | 6 | 34 | 12 | 18 | 6 | |
| 5 | 41 | 3 | 22 | 2 | 26 | 11 | |
| 6 | 11 | 1 | 37 | 0 | 51 | 5 | |

LOCAL

As Tabelas V.3 e V.4 mostram os resultados das entrevistas estratificados por local da entrevistas.

Tabela V.3: Entrevistas - Electrolux

| Classificação | Alternativas | | | | | | Total |
|---------------|--------------|----|----|----|----|----|-----------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 1 | 0 | 24 | 0 | 19 | 0 | 9 | 52 |
| 2 | 5 | 14 | 3 | 13 | 2 | 15 | |
| 3 | 7 | 10 | 3 | 13 | 2 | 17 | |
| 4 | 12 | 3 | 21 | 6 | 8 | 2 | |
| 5 | 20 | 1 | 11 | 1 | 13 | 6 | |
| 6 | 8 | 0 | 14 | 0 | 27 | 3 | |

Tabela V.4: Entrevistas – SENAI

| Classificação | Alternativas | | | | | | Total |
|---------------|--------------|----|----|----|----|----|-----------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 1 | 3 | 21 | 0 | 26 | 0 | 3 | 53 |
| 2 | 3 | 19 | 0 | 12 | 4 | 15 | |
| 3 | 6 | 7 | 6 | 8 | 2 | 24 | |
| 4 | 17 | 3 | 13 | 6 | 10 | 4 | |
| 5 | 21 | 2 | 11 | 1 | 13 | 5 | |
| 6 | 3 | 1 | 23 | 0 | 24 | 2 | |

IDADE

As Tabelas V.5 A V.10 mostram os resultados das entrevistas estratificados por idade dos entrevistados.

Tabela V.5: Entrevistas – até 18 anos

| Classificação | Alternativas | | | | | | Total |
|---------------|--------------|----|----|----|----|----|-----------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 1 | 3 | 19 | 0 | 25 | 0 | 2 | 49 |
| 2 | 3 | 18 | 0 | 11 | 4 | 13 | |
| 3 | 6 | 6 | 5 | 7 | 2 | 23 | |
| 4 | 16 | 3 | 12 | 5 | 9 | 4 | |
| 5 | 19 | 2 | 10 | 1 | 12 | 5 | |
| 6 | 2 | 1 | 22 | 0 | 22 | 2 | |

Tabela V.6: Entrevistas – 18 a 19 anos

| Classificação | Alternativas | | | | | | Total |
|---------------|--------------|---|---|---|---|---|----------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 1 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 4 |
| 2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | |
| 4 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 0 | |
| 5 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| 6 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | |

Tabela V.7: Entrevistas – 20 a 24 anos

| Classificação | Alternativas | | | | | | Total |
|---------------|--------------|---|---|---|---|---|-----------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 1 | 0 | 7 | 0 | 5 | 0 | 1 | 13 |
| 2 | 2 | 2 | 0 | 2 | 1 | 6 | |
| 3 | 2 | 1 | 0 | 5 | 2 | 3 | |
| 4 | 4 | 2 | 4 | 0 | 2 | 1 | |
| 5 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 2 | |
| 6 | 2 | 0 | 6 | 0 | 5 | 0 | |

Tabela V.8: Entrevistas – 25 a 29 anos

| Classificação | Alternativas | | | | | | Total |
|---------------|--------------|---|---|---|---|---|-----------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 1 | 0 | 6 | 0 | 4 | 0 | 2 | 12 |
| 2 | 2 | 3 | 0 | 2 | 0 | 5 | |
| 3 | 1 | 3 | 2 | 4 | 0 | 2 | |
| 4 | 2 | 0 | 5 | 2 | 2 | 1 | |
| 5 | 5 | 0 | 2 | 0 | 3 | 2 | |
| 6 | 2 | 0 | 3 | 0 | 7 | 0 | |

Tabela V.9: Entrevistas – 30 a 39 anos

| Classificação | Alternativas | | | | | | Total |
|---------------|--------------|---|---|---|---|----|-----------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 1 | 0 | 9 | 0 | 6 | 0 | 3 | 18 |
| 2 | 0 | 7 | 2 | 6 | 1 | 2 | |
| 3 | 3 | 1 | 1 | 3 | 0 | 10 | |
| 4 | 6 | 1 | 6 | 3 | 2 | 0 | |
| 5 | 7 | 0 | 5 | 0 | 6 | 0 | |
| 6 | 2 | 0 | 4 | 0 | 9 | 3 | |

Tabela V.10: Entrevistas – 40 a 49 anos

| Classificação | Alternativas | | | | | | Total |
|---------------|--------------|---|---|---|---|---|----------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 1 | 0 | 2 | 0 | 4 | 0 | 3 | 9 |
| 2 | 1 | 2 | 0 | 4 | 0 | 2 | |
| 3 | 0 | 5 | 0 | 1 | 0 | 3 | |
| 4 | 1 | 0 | 6 | 0 | 2 | 0 | |
| 5 | 4 | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 | |
| 6 | 3 | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 | |

MODO DE TRANSPORTE

As Tabelas V.11 A V.15 mostram os resultados das entrevistas estratificados por modo de transporte utilizado pelos entrevistados.

Tabela V.11: Entrevistas - carro

| Classificação | Alternativas | | | | | | Total |
|---------------|--------------|---|---|---|---|---|-----------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 1 | 1 | 5 | 0 | 8 | 0 | 1 | 15 |
| 2 | 2 | 5 | 0 | 2 | 1 | 5 | |
| 3 | 2 | 4 | 2 | 2 | 1 | 4 | |
| 4 | 4 | 1 | 4 | 3 | 2 | 1 | |
| 5 | 5 | 0 | 4 | 0 | 2 | 4 | |
| 6 | 1 | 0 | 5 | 0 | 9 | 0 | |

Tabela V.12: Entrevistas – ônibus

| Classificação | Alternativas | | | | | | Total |
|---------------|--------------|----|----|----|----|----|-----------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 1 | 0 | 12 | 0 | 14 | 0 | 6 | 32 |
| 2 | 2 | 9 | 0 | 7 | 2 | 12 | |
| 3 | 4 | 7 | 3 | 7 | 1 | 10 | |
| 4 | 11 | 1 | 11 | 3 | 4 | 2 | |
| 5 | 10 | 2 | 6 | 1 | 11 | 2 | |
| 6 | 5 | 1 | 12 | 0 | 14 | 0 | |

Tabela V.13: Entrevistas – à pé

| Classificação | Alternativas | | | | | | Total |
|---------------|--------------|---|---|---|---|---|-----------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 1 | 0 | 7 | 0 | 9 | 0 | 0 | 16 |
| 2 | 0 | 7 | 2 | 2 | 1 | 4 | |
| 3 | 4 | 1 | 0 | 3 | 0 | 8 | |
| 4 | 4 | 0 | 4 | 1 | 5 | 2 | |
| 5 | 7 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | |
| 6 | 1 | 0 | 7 | 0 | 7 | 1 | |

Tabela V.14: Entrevistas – bicicleta

| Classificação | Alternativas | | | | | | Total |
|---------------|--------------|----|----|----|----|----|-------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 1 | 2 | 16 | 0 | 10 | 0 | 2 | 30 |
| 2 | 2 | 8 | 1 | 12 | 1 | 6 | |
| 3 | 2 | 4 | 2 | 5 | 1 | 16 | |
| 4 | 9 | 2 | 10 | 3 | 5 | 1 | |
| 5 | 12 | 0 | 8 | 0 | 8 | 2 | |
| 6 | 3 | 0 | 9 | 0 | 15 | 3 | |

Tabela V.15: Entrevistas – outros

| Classificação | Alternativas | | | | | | Total |
|---------------|--------------|---|---|---|---|---|-------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 1 | 0 | 5 | 0 | 4 | 0 | 3 | 12 |
| 2 | 2 | 4 | 0 | 2 | 1 | 3 | |
| 3 | 1 | 1 | 2 | 4 | 1 | 3 | |
| 4 | 1 | 2 | 5 | 2 | 2 | 0 | |
| 5 | 7 | 0 | 1 | 0 | 2 | 2 | |
| 6 | 1 | 0 | 4 | 0 | 6 | 1 | |

RENDA FAMILIAR

Tabela V.16: Entrevistas – 1 a 2 salários mínimos

| Classificação | Alternativas | | | | | | Total |
|---------------|--------------|---|---|---|---|---|-------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 1 | 1 | 7 | 0 | 2 | 0 | 1 | 11 |
| 2 | 1 | 4 | 0 | 5 | 0 | 1 | |
| 3 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | 7 | |
| 4 | 4 | 0 | 3 | 3 | 1 | 0 | |
| 5 | 3 | 0 | 3 | 0 | 4 | 1 | |
| 6 | 2 | 0 | 2 | 0 | 6 | 1 | |

Tabela V.17: Entrevistas – 2 a 3 salários mínimos

| Classificação | Alternativas | | | | | | Total |
|---------------|--------------|----|----|----|----|----|-------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 1 | 0 | 19 | 0 | 16 | 0 | 6 | 41 |
| 2 | 5 | 10 | 3 | 11 | 2 | 10 | |
| 3 | 9 | 7 | 2 | 7 | 2 | 14 | |
| 4 | 7 | 3 | 13 | 6 | 8 | 4 | |
| 5 | 15 | 2 | 7 | 1 | 11 | 5 | |
| 6 | 5 | 0 | 16 | 0 | 18 | 2 | |

Tabela V.18: Entrevistas – 3 a 5 salários mínimos

| Classificação | Alternativas | | | | | | Total |
|---------------|--------------|----|----|----|----|----|-----------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 1 | 1 | 12 | 0 | 15 | 0 | 4 | 32 |
| 2 | 1 | 12 | 0 | 6 | 3 | 10 | |
| 3 | 1 | 5 | 2 | 10 | 0 | 14 | |
| 4 | 11 | 3 | 12 | 1 | 5 | 0 | |
| 5 | 16 | 0 | 8 | 0 | 6 | 2 | |
| 6 | 2 | 0 | 10 | 0 | 18 | 2 | |

Tabela V.19: Entrevistas – 5 a 10 salários mínimos

| Classificação | Alternativas | | | | | | Total |
|---------------|--------------|---|---|----|---|---|-----------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 1 | 1 | 3 | 0 | 11 | 0 | 1 | 16 |
| 2 | 0 | 7 | 0 | 2 | 1 | 6 | |
| 3 | 3 | 4 | 0 | 2 | 2 | 5 | |
| 4 | 5 | 0 | 5 | 1 | 3 | 2 | |
| 5 | 6 | 1 | 3 | 0 | 4 | 2 | |
| 6 | 1 | 1 | 8 | 0 | 6 | 0 | |

Tabela V.20: Entrevistas – mais de 10 salários mínimos

| Classificação | Alternativas | | | | | | Total |
|---------------|--------------|---|---|---|---|---|----------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 1 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 |
| 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | |
| 3 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | |
| 4 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | |
| 5 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | |
| 6 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | |

Tabela V.21: Entrevistas – não sabe

| Classificação | Alternativas | | | | | | Total |
|---------------|--------------|---|---|---|---|---|----------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | |

Os resultados obtidos com a amostra estratificada por gênero são mostrados a seguir, juntamente com uma explicação detalhada das etapas para cálculo da estatística χ^2 .

TESTE CHI-QUADRADO (χ^2)

Este teste é utilizado para verificar se existe diferença de opinião entre grupos distintos de entrevistados, ou seja, se a opinião depende ou não de alguma característica que descreve o grupo analisado.

A hipótese H0 é que não existe diferença entre as frequências (contagens) dos grupos. A hipótese alternativa é que existe diferença.

A seguir, a título de exemplo é mostrado o procedimento para verificar se existe diferença entre a opinião de homens e mulheres com relação às características do transporte ciclovitário. As Tabelas V.22 e V.23 mostram os resultados das entrevistas com a amostra estratificada em dois grupos: homens e mulheres.

Tabela V.22: Resultados das entrevistas - mulheres

| Classificação | Alternativas | | | | | | Total |
|---------------|--------------|---|---|---|---|---|-------|
| | A | B | C | D | E | F | |
| 1 | 0 | 4 | 0 | 3 | 0 | 4 | 11 |
| 2 | 1 | 4 | 1 | 2 | 1 | 2 | |
| 3 | 2 | 1 | 0 | 5 | 1 | 2 | |
| 4 | 2 | 1 | 6 | 1 | 0 | 1 | |
| 5 | 2 | 1 | 1 | 0 | 5 | 2 | |
| 6 | 4 | 0 | 3 | 0 | 4 | 0 | |

Tabela V.23: Resultados das entrevistas - homens

| Classificação | Alternativas | | | | | | Total |
|---------------|--------------|----|----|----|----|----|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| 1 | 3 | 41 | 0 | 42 | 0 | 8 | 94 |
| 2 | 7 | 29 | 2 | 23 | 5 | 28 | |
| 3 | 11 | 16 | 9 | 16 | 3 | 39 | |
| 4 | 27 | 5 | 28 | 11 | 18 | 5 | |
| 5 | 39 | 2 | 21 | 2 | 21 | 9 | |
| 6 | 7 | 1 | 34 | 0 | 47 | 5 | |

Verifica-se que o número total de mulheres entrevistadas é diferente (inferior) do número de homens entrevistados. Assim sendo, para que a análise estatística não fique prejudicada, a primeira coisa a fazer é analisar as estruturas percentuais, ou seja retirar a influência da amostragem.

De acordo com as Tabelas V.22 e V.23, observa-se que cerca de 90% da amostra é constituída por homens. Se a opinião sobre as características do ciclismo independe do gênero, espera-se que a estrutura percentual para cada alternativa ficasse em torno de 90% para os homens e 10% para as mulheres. Grandes desvios desses percentuais mostram evidências de que existe alguma relação entre o gênero e a opinião.

Assim sendo, o resultado da pesquisa deve ser comparado com o que seria obtido se não houvesse diferença entre os grupos, ou seja, se as opiniões fossem iguais para os dois grupos (Tabela V.24).

Tabela V.24: Cálculo dos valores totais e esperados – Gênero

| Célula | Valor obtido Mulheres | Valor obtido Homens | Total | Valor esperado Mulheres | Valor esperado Homens |
|--------|-----------------------|---------------------|-------|-------------------------|-----------------------|
| 11 | 0 | 3 | 3 | 0,31429 | 2,68571 |
| 12 | 4 | 41 | 45 | 4,71429 | 40,28571 |
| 14 | 3 | 42 | 45 | 4,71429 | 40,28571 |
| 16 | 4 | 8 | 12 | 1,25714 | 10,74286 |
| 21 | 1 | 7 | 8 | 0,83810 | 7,16190 |
| 22 | 4 | 29 | 33 | 3,45714 | 29,54286 |
| 23 | 1 | 2 | 3 | 0,31429 | 2,68571 |
| 24 | 2 | 23 | 25 | 2,61905 | 22,38095 |

Continuação

| | | | | | |
|--------------|----|-----|-----|---------|----------|
| 25 | 1 | 5 | 6 | 0,62857 | 5,37143 |
| 26 | 2 | 28 | 30 | 3,14286 | 26,85714 |
| 31 | 2 | 11 | 13 | 1,36190 | 11,63810 |
| 32 | 1 | 16 | 17 | 1,78095 | 15,21905 |
| 33 | 0 | 9 | 9 | 0,94286 | 8,05714 |
| 34 | 5 | 16 | 21 | 2,20000 | 18,80000 |
| 35 | 1 | 3 | 4 | 0,41905 | 3,58095 |
| 36 | 2 | 39 | 41 | 4,29524 | 36,70476 |
| 41 | 2 | 27 | 29 | 3,03810 | 25,96190 |
| 42 | 1 | 5 | 6 | 0,62857 | 5,37143 |
| 43 | 6 | 28 | 34 | 3,56190 | 30,43810 |
| 44 | 1 | 11 | 12 | 1,25714 | 10,74286 |
| 45 | 0 | 18 | 18 | 1,88571 | 16,11429 |
| 46 | 1 | 5 | 6 | 0,62857 | 5,37143 |
| 51 | 2 | 39 | 41 | 4,29524 | 36,70476 |
| 52 | 1 | 2 | 3 | 0,31429 | 2,68571 |
| 53 | 1 | 21 | 22 | 2,30476 | 19,69524 |
| 54 | 0 | 2 | 2 | 0,20952 | 1,79048 |
| 55 | 5 | 21 | 26 | 2,72381 | 23,27619 |
| 56 | 2 | 9 | 11 | 1,15238 | 9,84762 |
| 61 | 4 | 7 | 11 | 1,15238 | 9,84762 |
| 62 | 0 | 1 | 1 | 0,10476 | 0,89524 |
| 63 | 3 | 34 | 37 | 3,87619 | 33,12381 |
| 65 | 4 | 47 | 51 | 5,34286 | 45,65714 |
| 66 | 0 | 5 | 5 | 0,52381 | 4,47619 |
| Total | 66 | 564 | 630 | | |

Os valores esperados para cada célula são obtidos multiplicando o percentual da coluna pelo total da linha, isto é, total da linha x (total coluna / total). Por exemplo: 0,31429 = 3 x (66/630).

Para se verificar se o valor obtido é significativamente diferente do esperado, calcula-se a estatística χ^2 (chi-quadrado):

$$\chi^2 = \sum \frac{(\text{observado} - \text{esperado})^2}{\text{esperado}}$$

O valor calculado tem uma distribuição χ^2 com v graus de liberdade onde:

$$v = (\text{número de células} - 1) \times (\text{número de classes} - 1)$$

$$\text{No caso em estudo } v = (36 - 1) \times (2 - 1) = 35$$

O valor do χ^2 calculado deve ser comparado com o valor do χ^2 crítico. Para obter o valor de χ^2 crítico, deve-se escolher o valor do nível de significância adequado para o estudo que está sendo realizado. Se o valor do χ^2 calculado for menor que o valor crítico, conclui-se que o gênero não interfere na opinião.

O valor do χ^2 calculado para a amostra é igual a 42,900 e o valor do χ^2 crítico é igual a 49,802 (para um nível de significância de 95% - $\alpha = 0,05$).

Assim sendo, pode-se concluir que a opinião dos entrevistados independe do gênero.

APÊNDICE VI

AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE SERVIÇO

A) Checklist utilizado para a coleta de dados

AVALIAÇÃO – NÍVEL DE SERVIÇO

FORMULÁRIO N^o: _____ DATA: _____ HORÁRIO: _____

VIA: _____

SEGMENTO ANALISADO: _____

COMPRIMENTO DO SEGMENTO: _____

| Categoria | Variáveis | Respostas |
|--|--|---|
| <i>Conflitos</i> | Número de entradas de garagem e | Total = _____ |
| | Presença de estacionamento lateral | <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não |
| | Presença de canteiros centrais | <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não |
| | Obstrução da visão (caracterizada por 38,7 m) | <input type="checkbox"/> sim _____ <input type="checkbox"/> não |
| <i>Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas</i> | Limite de velocidade | _____ km/h |
| <i>Manutenção das facilidades</i> | Quantidade de problemas de manutenção* por 1,6 km | Total = _____ |
| <i>Observações</i> | | |

B) Pontuação das vias

▪ VIA 1: Av. Dr. Teixeira de Barros (Rua Larga)

Tabela VI.1: Pontuação da Av. Dr. Teixeira de Barros – trecho único

| Categoria | Critérios | Pontos |
|--|--|--------|
| Facilidades para bicicletas (Valor máximo = 0) | Ciclovia Ciclofaixa | 0 |
| Conflitos (Valor máximo = 3) | Entradas de garagem e cruzamentos (1) | 0 |
| | Ausência de barreiras | 0 |
| | Ausência de estacionamento lateral(1) | 0 |
| | Presença de canteiros centrais (0,5) | 0,5 |
| | Distância de visibilidade não obstruída (0,5) | 0,5 |
| | Melhorias das interseções para o ciclismo (0) | 0 |
| Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas (Valor máximo = 2) | >48 km/h (0) | 2 |
| | 32-48 km/h (1) | |
| | 24-32 km/h (2) | |
| Nível de Serviço para veículos motorizados (Valor máximo = 2) | NS = A, B ou C (e menos que 6 faixas de rodagem) | 2 |
| Manutenção das vias (Valor máximo = 2) | Problemas freqüentes ou maiores (-1) | -1 |
| | Problemas sem muita freqüência ou menores (0) | |
| | Sem problemas (2) | |
| Programas específicos para melhorar o transporte cicloviário (Valor máximo = 0) | Sem programas | 0 |
| Cálculos | Índice do corredor | 4 |

Extensão do trecho (km) = 1,5

Tabela VI.2: Pontuação da via adjacente 1: Rua Dona Ana Prado– trecho único

| Categoria | Critérios | Pontos |
|--|--|--------|
| Facilidades para bicicletas (Valor máximo = 0) | Ciclovia Ciclofaixa | 0 |
| Conflitos (Valor máximo = 3) | Entradas de garagem e cruzamentos (1) | 0 |
| | Ausência de barreiras | 0 |
| | Ausência de estacionamento lateral(1) | 0 |
| | Presença de canteiros centrais (0,5) | 0 |
| | Distância de visibilidade não obstruída (0,5) | 0,5 |
| | Melhorias das interseções para o ciclismo (0) | 0 |
| Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas (Valor máximo = 2) | >48 km/h (0) | 2 |
| | 32-48 km/h (1) | |
| | 24-32 km/h (2) | |
| Nível de Serviço para veículos motorizados (Valor máximo = 2) | NS = A, B ou C (e menos que 6 faixas de rodagem) | 2 |
| Manutenção das vias (Valor máximo = 2) | Problemas freqüentes ou maiores (-1) | -1 |
| | Problemas sem muita freqüência ou menores (0) | |
| | Sem problemas (2) | |
| Programas específicos para melhorar o transporte cicloviário (Valor máximo = 0) | Sem programas | 0 |
| Cálculos | Índice do corredor | 3,5 |

Extensão do trecho (km) = 1,5

Tabela VI.3: Pontuação da via adjacente 2: Rua Bernardino de Campos – trecho único

| Categoria | Critérios | Pontos |
|--|--|---------------|
| Facilidades para bicicletas (Valor máximo = 0) | Ciclovia Ciclofaixa | 0 |
| Conflitos (Valor máximo = 3) | Entradas de garagem e cruzamentos (1) | 0 |
| | Ausência de barreiras | 0 |
| | Ausência de estacionamento lateral(1) | 0 |
| | Presença de canteiros centrais (0,5) | 0 |
| | Distância de visibilidade não obstruída (0,5) | 0,5 |
| | Melhorias das interseções para o ciclismo (0) | 0 |
| Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas (Valor máximo = 2) | >48 km/h (0) | 2 |
| | 32-48 km/h (1) | |
| | 24-32 km/h (2) | |
| Nível de Serviço para veículos motorizados (Valor máximo = 2) | NS = A, B ou C (e menos que 6 faixas de rodagem) | 2 |
| Manutenção das vias (Valor máximo = 2) | Problemas freqüentes ou maiores (-1) | -1 |
| | Problemas sem muita freqüência ou menores (0) | |
| | Sem problemas (2) | |
| Programas específicos para melhorar o transporte cicloviário (Valor máximo = 0) | Sem programas | 0 |
| Cálculos | Índice do corredor | 3,5 |

Extensão do trecho (km) = 1,48

- **VIA 2: Av. Sallum**

Tabela VI.4: Pontuação da Av. Sallum – trecho único

| Categoria | Critérios | Pontos |
|--|--|---------------|
| Facilidades para bicicletas (Valor máximo = 0) | Ciclovia Ciclofaixa | 0 |
| Conflitos (Valor máximo = 3) | Entradas de garagem e cruzamentos (1) | 0 |
| | Ausência de barreiras | 0 |
| | Ausência de estacionamento lateral(1) | 0 |
| | Presença de canteiros centrais (0,5) | 0 |
| | Distância de visibilidade não obstruída (0,5) | 0,5 |
| | Melhorias das interseções para o ciclismo (0) | 0 |
| Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas (Valor máximo = 2) | >48 km/h (0) | 2 |
| | 32-48 km/h (1) | |
| | 24-32 km/h (2) | |
| Nível de Serviço para veículos motorizados (Valor máximo = 2) | NS = A, B ou C (e menos que 6 faixas de rodagem) | 2 |
| Manutenção das vias (Valor máximo = 2) | Problemas freqüentes ou maiores (-1) | -1 |
| | Problemas sem muita freqüência ou menores (0) | |
| | Sem problemas (2) | |
| Programas específicos para melhorar o transporte cicloviário (Valor máximo = 0) | Sem programas | 0 |
| Cálculos | Índice do corredor | 3,5 |

Extensão do trecho (km) = 1,72

Tabela VI.5: Pontuação da via adjacente 1: Rua Dr. Gastão de Sá – trecho único

| Categoria | Crítérios | Pontos |
|--|--|---------------|
| Facilidades para bicicletas (Valor máximo = 0) | Ciclovía Ciclofaixa | 0 |
| Conflitos (Valor máximo = 3) | Entradas de garagem e cruzamentos (1) | 0 |
| | Ausência de barreiras | 0 |
| | Ausência de estacionamento lateral(1) | 0 |
| | Presença de canteiros centrais (0,5) | 0 |
| | Distância de visibilidade não obstruída (0,5) | 0,5 |
| Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas (Valor máximo = 2) | Melhorias das interseções para o ciclismo (0) | 0 |
| | >48 km/h (0) | 2 |
| | 32-48 km/h (1) | |
| 24-32 km/h (2) | | |
| Nível de Serviço para veículos motorizados (Valor máximo = 2) | NS = A, B ou C (e menos que 6 faixas de rodagem) | 2 |
| Manutenção das vias (Valor máximo = 2) | Problemas freqüentes ou maiores (-1) | -1 |
| | Problemas sem muita freqüência ou menores (0) | |
| | Sem problemas (2) | |
| Programas específicos para melhorar o transporte cicloviário (Valor máximo = 0) | Sem programas | 0 |
| Cálculos | Índice do corredor | 3,5 |

Extensão do trecho (km) = 1,67

Tabela VI.6: Pontuação da via adjacente 2: Rua Quintino Bocaiúva – trecho único

| Categoria | Crítérios | Pontos |
|--|--|---------------|
| Facilidades para bicicletas (Valor máximo = 0) | Ciclovía Ciclofaixa | 0 |
| Conflitos (Valor máximo = 3) | Entradas de garagem e cruzamentos (1) | 0 |
| | Ausência de barreiras | 0 |
| | Ausência de estacionamento lateral(1) | 0 |
| | Presença de canteiros centrais (0,5) | 0 |
| | Distância de visibilidade não obstruída (0,5) | 0,5 |
| Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas (Valor máximo = 2) | Melhorias das interseções para o ciclismo (0) | 0 |
| | >48 km/h (0) | 2 |
| | 32-48 km/h (1) | |
| 24-32 km/h (2) | | |
| Nível de Serviço para veículos motorizados (Valor máximo = 2) | NS = A, B ou C (e menos que 6 faixas de rodagem) | 2 |
| Manutenção das vias (Valor máximo = 2) | Problemas freqüentes ou maiores (-1) | -1 |
| | Problemas sem muita freqüência ou menores (0) | |
| | Sem problemas (2) | |
| Programas específicos para melhorar o transporte cicloviário (Valor máximo = 0) | Sem programas | 0 |
| Cálculos | Índice do corredor | 3,5 |

Extensão do trecho (km) = 1,39

▪ **VIA 3: Av. das Torres**

Tabela VI.7: Pontuação da Av. das Torres – Trecho 1: Av. Tancredo de Almeida Neves e Av. Henrique Grégori (até o cruzamento com a Av. José Pereira Lopes)

| Categoria | Crítérios | Pontos |
|--|--|---------------|
| Facilidades para bicicletas (Valor máximo = 0) | Ciclovía Ciclofaixa | 0 |
| Conflitos (Valor máximo = 3) | Entradas de garagem e cruzamentos (1) | 1 |
| | Ausência de barreiras | 0 |
| | Ausência de estacionamento lateral(1) | 0 |
| | Presença de canteiros centrais (0,5) | 0,5 |
| | Distância de visibilidade não obstruída (0,5) | 0,5 |
| Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas (Valor máximo = 2) | Melhorias das interseções para o ciclismo (0) | 0 |
| | >48 km/h (0) | 1 |
| | 40-48 km/h (1) | |
| Nível de Serviço para veículos motorizados (Valor máximo = 2) | 24-32 km/h (2) | |
| | NS = A, B ou C (e menos que 6 faixas de rodagem) | 2 |
| Manutenção das vias (Valor máximo = 2) | Problemas freqüentes ou maiores (-1) | -1 |
| | Problemas sem muita freqüência ou menores (0) | |
| | Sem problemas (2) | |
| Programas específicos para melhorar o transporte cicloviário (Valor máximo = 0) | Sem programas | 0 |
| Cálculos | Extensão do trecho (km) | 0,9 |
| | Extensão total (km) | 2,22 |
| | Índice do segmento ^o | 4 |
| | Peso do segmento ¹ | 0,4054 |
| | Índice do segmento ajustado ² | 1,6216 |

Tabela VI.8: Pontuação da Av. das Torres – Trecho 2: Av. Henrique Grégori (Av. José Pereira Lopes até Rua Theodoro de Camargo)

| Categoria | Crítérios | Pontos |
|--|--|---------------|
| Facilidades para bicicletas (Valor máximo = 0) | Ciclovía Ciclofaixa | 0 |
| Conflitos (Valor máximo = 3) | Entradas de garagem e cruzamentos (1) | 0 |
| | Ausência de barreiras | 0 |
| | Ausência de estacionamento lateral(1) | 0 |
| | Presença de canteiros centrais (0,5) | 0,5 |
| | Distância de visibilidade não obstruída (0,5) | 0,5 |
| Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas (Valor máximo = 2) | Melhorias das interseções para o ciclismo (0) | 0 |
| | >48 km/h (0) | 1 |
| | 40-48 km/h (1) | |
| Nível de Serviço para veículos motorizados (Valor máximo = 2) | 24-32 km/h (2) | |
| | NS = A, B ou C (e menos que 6 faixas de rodagem) | 2 |
| Manutenção das vias (Valor máximo = 2) | Problemas freqüentes ou maiores (-1) | -1 |
| | Problemas sem muita freqüência ou menores (0) | |
| | Sem problemas (2) | |
| Programas específicos para melhorar o transporte cicloviário (Valor máximo = 0) | Sem programas | 0 |
| Cálculos | Extensão do trecho (km) | 1,32 |
| | Extensão total (km) | 2,22 |
| | Índice dos segmento ^o | 3 |
| | Peso do segmento ¹ | 0,5945 |
| | Índice do segmento ajustado ² | 1,7837 |
| | Índice do corredor ³ | 3,4054 |

^o Índice dos Segmentos = soma dos pontos nas seis categorias

¹ Peso dos Segmentos = comprimento do segmento/comprimento do corredor

² Índice dos Segmentos Ajustados = Índice dos Segmentos x Peso dos Segmentos

³ Índice dos Corredores = Soma dos Índices dos Segmentos Ajustados no corredor

Tabela VI.9: Pontuação da via adjacente 1: Rua Bispo César Dacoso Filho – trecho único

| Categoria | Crítérios | Pontos |
|--|--|---------------|
| Facilidades para bicicletas (Valor máximo = 0) | Ciclovía Ciclofaixa | 0 |
| Conflitos (Valor máximo = 3) | Entradas de garagem e cruzamentos (1) | 0 |
| | Ausência de barreiras | 0 |
| | Ausência de estacionamento lateral(1) | 0 |
| | Presença de canteiros centrais (0,5) | 0 |
| | Distância de visibilidade não obstruída (0,5) | 0,5 |
| | Melhorias das interseções para o ciclismo (0) | 0 |
| Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas (Valor máximo = 2) | >48 km/h (0) | 2 |
| | 32-48 km/h (1) | |
| | 24-32 km/h (2) | |
| Nível de Serviço para veículos motorizados (Valor máximo = 2) | NS = A, B ou C (e menos que 6 faixas de rodagem) | 2 |
| Manutenção das vias (Valor máximo = 2) | Problemas freqüentes ou maiores (-1) | -1 |
| | Problemas sem muita freqüência ou menores (0) | |
| | Sem problemas (2) | |
| Programas específicos para melhorar o transporte cicloviário (Valor máximo = 0) | Sem programas | 0 |
| Cálculos | Índice do corredor | 3,5 |

Extensão do trecho (km) = 1,33

Tabela VI.10: Pontuação da via adjacente 2: Rua Luiz Carlos de Arruda Medeiros – trecho único

| Categoria | Crítérios | Pontos |
|--|--|---------------|
| Facilidades para bicicletas (Valor máximo = 0) | Ciclovía Ciclofaixa | 0 |
| Conflitos (Valor máximo = 3) | Entradas de garagem e cruzamentos (1) | 0 |
| | Ausência de barreiras | 0 |
| | Ausência de estacionamento lateral(1) | 0 |
| | Presença de canteiros centrais (0,5) | 0 |
| | Distância de visibilidade não obstruída (0,5) | 0,5 |
| | Melhorias das interseções para o ciclismo (0) | 0 |
| Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas (Valor máximo = 2) | >48 km/h (0) | 2 |
| | 32-48 km/h (1) | |
| | 24-32 km/h (2) | |
| Nível de Serviço para veículos motorizados (Valor máximo = 2) | NS = A, B ou C (e menos que 6 faixas de rodagem) | 2 |
| Manutenção das vias (Valor máximo = 2) | Problemas freqüentes ou maiores (-1) | -1 |
| | Problemas sem muita freqüência ou menores (0) | |
| | Sem problemas (2) | |
| Programas específicos para melhorar o transporte cicloviário (Valor máximo = 0) | Sem programas | 0 |
| Cálculos | Índice do corredor | 3,5 |

Extensão do trecho (km) = 1,35

Tabela VI.11: Pontuação da via adjacente 3: Rua Francisco Fiorentino – trecho único

| Categoria | Crítérios | Pontos |
|--|--|---------------|
| Facilidades para bicicletas (Valor máximo = 0) | Ciclovía Ciclofaixa | 0 |
| Conflitos (Valor máximo = 3) | Entradas de garagem e cruzamentos (1) | 0 |
| | Ausência de barreiras | 0 |
| | Ausência de estacionamento lateral(1) | 0 |
| | Presença de canteiros centrais (0,5) | 0 |
| | Distância de visibilidade não obstruída (0,5) | 0,5 |
| | Melhorias das interseções para o ciclismo (0) | 0 |
| Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas (Valor máximo = 2) | >48 km/h (0) | 2 |
| | 32-48 km/h (1) | |
| | 24-32 km/h (2) | |
| Nível de Serviço para veículos motorizados (Valor máximo = 2) | NS = A, B ou C (e menos que 6 faixas de rodagem) | 2 |
| Manutenção das vias (Valor máximo = 2) | Problemas freqüentes ou maiores (-1) | -1 |
| | Problemas sem muita freqüência ou menores (0) | |
| | Sem problemas (2) | |
| Programas específicos para melhorar o transporte cicloviário (Valor máximo = 0) | Sem programas | 0 |
| Cálculos | Índice do corredor | 3,5 |

Extensão do trecho (km) = 1,43

- **VIA 4: Rua República do Líbano**

Tabela VI.12: Pontuação da Rua República do Líbano – trecho único

| Categoria | Crítérios | Pontos |
|--|--|---------------|
| Facilidades para bicicletas (Valor máximo = 0) | Ciclovía Ciclofaixa | 0 |
| Conflitos (Valor máximo = 3) | Entradas de garagem e cruzamentos (1) | 0 |
| | Ausência de barreiras | 0 |
| | Ausência de estacionamento lateral(1) | 0 |
| | Presença de canteiros centrais (0,5) | 0 |
| | Distância de visibilidade não obstruída (0,5) | 0,5 |
| | Melhorias das interseções para o ciclismo (0) | 0 |
| Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas (Valor máximo = 2) | >48 km/h (0) | 2 |
| | 32-48 km/h (1) | |
| | 24-32 km/h (2) | |
| Nível de Serviço para veículos motorizados (Valor máximo = 2) | NS = A, B ou C (e menos que 6 faixas de rodagem) | 2 |
| Manutenção das vias (Valor máximo = 2) | Problemas freqüentes ou maiores (-1) | -1 |
| | Problemas sem muita freqüência ou menores (0) | |
| | Sem problemas (2) | |
| Programas específicos para melhorar o transporte cicloviário (Valor máximo = 0) | Sem programas | 0 |
| Cálculos | Índice do corredor | 3,5 |

Extensão do trecho (km) = 1,27

Tabela VI.13: Pontuação da via adjacente 1: Rua Francisco Marigo – trecho único

| Categoria | Crítérios | Pontos |
|--|--|---------------|
| Facilidades para bicicletas (Valor máximo = 0) | Ciclovía Ciclofaixa | 0 |
| Conflitos (Valor máximo = 3) | Entradas de garagem e cruzamentos (1) | 0 |
| | Ausência de barreiras | 0 |
| | Ausência de estacionamento lateral(1) | 0 |
| | Presença de canteiros centrais (0,5) | 0 |
| | Distância de visibilidade não obstruída (0,5) | 0,5 |
| | Melhorias das interseções para o ciclismo (0) | 0 |
| Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas (Valor máximo = 2) | >48 km/h (0) | 2 |
| | 32-48 km/h (1) | |
| | 24-32 km/h (2) | |
| Nível de Serviço para veículos motorizados (Valor máximo = 2) | NS = A, B ou C (e menos que 6 faixas de rodagem) | 2 |
| Manutenção das vias (Valor máximo = 2) | Problemas freqüentes ou maiores (-1) | -1 |
| | Problemas sem muita freqüência ou menores (0) | |
| | Sem problemas (2) | |
| Programas específicos para melhorar o transporte cicloviário (Valor máximo = 0) | Sem programas | 0 |
| Cálculos | Índice do corredor | 3,5 |

Extensão do trecho (km) = 1,51

Tabela VI.14: Pontuação da via adjacente 2: Rua Allan Kardec – trecho único

| Categoria | Crítérios | Pontos |
|--|--|---------------|
| Facilidades para bicicletas (Valor máximo = 0) | Ciclovía Ciclofaixa | 0 |
| Conflitos (Valor máximo = 3) | Entradas de garagem e cruzamentos (1) | 0 |
| | Ausência de barreiras | 0 |
| | Ausência de estacionamento lateral(1) | 0 |
| | Presença de canteiros centrais (0,5) | 0 |
| | Distância de visibilidade não obstruída (0,5) | 0,5 |
| | Melhorias das interseções para o ciclismo (0) | 0 |
| Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas (Valor máximo = 2) | >48 km/h (0) | 2 |
| | 32-48 km/h (1) | |
| | 24-32 km/h (2) | |
| Nível de Serviço para veículos motorizados (Valor máximo = 2) | NS = A, B ou C (e menos que 6 faixas de rodagem) | 2 |
| Manutenção das vias (Valor máximo = 2) | Problemas freqüentes ou maiores (-1) | -1 |
| | Problemas sem muita freqüência ou menores (0) | |
| | Sem problemas (2) | |
| Programas específicos para melhorar o transporte cicloviário (Valor máximo = 0) | Sem programas | 0 |
| Cálculos | Índice do corredor | 3,5 |

Extensão do trecho (km) = 1,45

▪ **VIA 5: Av. Dr. José Pereira Lopes**

Tabela VI.15: Pontuação da Av. Dr. José Pereira Lopes– Trecho 1: Rua 24 de maio (via férrea) até entroncamento com Av. Duarte Nunes e Rua João Ribeiro de Barros

| Categoria | Critérios | Pontos |
|--|--|---------------|
| Facilidades para bicicletas (Valor máximo = 0) | Ciclovía Ciclofaixa | 0 |
| Conflitos (Valor máximo = 3) | Entradas de garagem e cruzamentos (1) | 0 |
| | Ausência de barreiras | 0 |
| | Ausência de estacionamento lateral(1) | 0 |
| | Presença de canteiros centrais (0,5) | 0 |
| | Distância de visibilidade não obstruída (0,5) | 0,5 |
| | Melhorias das interseções para o ciclismo (0) | 0 |
| Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas (Valor máximo = 2) | >48 km/h (0) | 2 |
| | 32-48 km/h (1) | |
| | 24-32 km/h (2) | |
| Nível de Serviço para veículos motorizados (Valor máximo = 2) | NS = A, B ou C (e menos que 6 faixas de rodagem) | 2 |
| Manutenção das vias (Valor máximo = 2) | Problemas freqüentes ou maiores (-1) | -1 |
| | Problemas sem muita freqüência ou menores (0) | |
| | Sem problemas (2) | |
| Programas específicos para melhorar o transporte cicloviário (Valor máximo = 0) | Sem programas | 0 |
| Cálculos | Extensão do trecho (km) | 0,21 |
| | Extensão total (km) | 2,25 |
| | Índice do segmento ^o | 3,5 |
| | Peso do segmento ¹ | 0,09333 |
| | Índice do segmento ajustado ² | 0,3266 |

Tabela VI.16: Pontuação da Av. Dr. José Pereira Lopes– Trecho 2: Entroncamento com Av. Duarte Nunes e Rua João Ribeiro de Barros até Av. Henrique Grégori

| Categoria | Critérios | Pontos |
|--|--|---------------|
| Facilidades para bicicletas (Valor máximo = 0) | Ciclovía Ciclofaixa | 0 |
| Conflitos (Valor máximo = 3) | Entradas de garagem e cruzamentos (1) | 0 |
| | Ausência de barreiras | 0 |
| | Ausência de estacionamento lateral(1) | 0 |
| | Presença de canteiros centrais (0,5) | 0,5 |
| | Distância de visibilidade não obstruída (0,5) | 0,5 |
| | Melhorias das interseções para o ciclismo (0) | 0 |
| Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas (Valor máximo = 2) | >48 km/h (0) | 2 |
| | 32-48 km/h (1) | |
| | 24-32 km/h (2) | |
| Nível de Serviço para veículos motorizados (Valor máximo = 2) | NS = A, B ou C (e menos que 6 faixas de rodagem) | 2 |
| Manutenção das vias (Valor máximo = 2) | Problemas freqüentes ou maiores (-1) | -1 |
| | Problemas sem muita freqüência ou menores (0) | |
| | Sem problemas (2) | |
| Programas específicos para melhorar o transporte cicloviário (Valor máximo = 0) | Sem programas | 0 |
| Cálculos | Extensão do trecho (km) | 1,06 |
| | Extensão total (km) | 2,25 |
| | Índice do segmento ^o | 4 |
| | Peso do segmento ¹ | 0,4711 |
| | Índice do segmento ajustado ² | 1,8844 |

Tabela VI.17: Pontuação da Av. Dr. José Pereira Lopes– Trecho 3: Av. Henrique Grégori até R. Dr. Gipsy Garcia Ferreira

| Categoria | Crítérios | Pontos |
|--|--|---------------|
| Facilidades para bicicletas (Valor máximo = 0) | Ciclovia Ciclofaixa | 0 |
| Conflitos (Valor máximo = 3) | Entradas de garagem e cruzamentos (1) | 0 |
| | Ausência de barreiras | 0 |
| | Ausência de estacionamento lateral(1) | 0 |
| | Presença de canteiros centrais (0,5) | 0,5 |
| | Distância de visibilidade não obstruída (0,5) | 0,5 |
| | Melhorias das interseções para o ciclismo (0) | 0 |
| Diferencial de velocidade entre veículos e bicicletas (Valor máximo = 2) | >48 km/h (0) | 2 |
| | 32-48 km/h (1) | |
| | 24-32 km/h (2) | |
| Nível de Serviço para veículos motorizados (Valor máximo = 2) | NS = A, B ou C (e menos que 6 faixas de rodagem) | 2 |
| Manutenção das vias (Valor máximo = 2) | Problemas freqüentes ou maiores (-1) | -1 |
| | Problemas sem muita freqüência ou menores (0) | |
| | Sem problemas (2) | |
| Programas específicos para melhorar o transporte cicloviário (Valor máximo = 0) | Sem programas | 0 |
| Cálculos | Extensão do trecho (km) | 0,98 |
| | Extensão total (km) | 2,25 |
| | Índice do segmento ⁰ | 4 |
| | Peso do segmento ¹ | 0,4355 |
| | Índice do segmento ajustado ² | 1,7422 |
| | Índice do corredor ³ | 3,9533 |

⁰ Índice dos Segmentos = soma dos pontos nas seis categorias

¹ Peso dos Segmentos = comprimento do segmento/comprimento do corredor

² Índice dos Segmentos Ajustados = Índice dos Segmentos x Peso dos Segmentos

³ Índice dos Corredores = Soma dos Índices dos Segmentos Ajustados no corredor