UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA – UFBA

ESCOLA POLITÉCNICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL URBANA

CLÉMENT VIALLE

ANÁLISE DA OCUPAÇÃO DE ESPAÇO VIÁRIO PÚBLICO URBANO PELO AUTOMÓVEL

Salvador

2012

CLÉMENT VIALLE

ANÁLISE DA OCUPAÇÃO DE ESPAÇO VIÁRIO PÚBLICO URBANO PELO AUTOMÓVEL

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana (MEAU) da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (EPUFBA), como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental Urbana.

Orientadora: Prof[a] Dr[a] Cira Souza Pitombo

Salvador

2012

V612 Vialle, Clément
Análise da ocupação de espaço viário público urbano pelo automóvel / Clément Vialle. – Salvador, 2012.
90 f. : il. color.

Orientador: Cira Souza Pitombo

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica, 2012.

1. Trânsito urbano - São Carlos (SP) 2. Automóveis. 3. Politica de transporte urbano 4. Transporte urbano. I. Pitombo, Cira Souza. II. Universidade Federal da Bahia. III. Título.

CDD.: 629.04

LUCAS PIERRE CLÉMENT VIALLE

ANÁLISE DA OCUPAÇÃO DE ESPAÇO VIÁRIO PÚBLICO URBANO PELO AUTOMÓVEL

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Ambiental Urbana.

Salvador, 09 de julho de 2012

Banca Examinadora:

Profª. Drª. Cira Souza Pitombo
Universidade Federal da Bahia – UFBA

Profª. Drª Ilce Marília Dantas Pinto Freitas
Universidade Federal da Bahia – UFBA

Prof. Dr. Marcos Antônio Nunes Rodrigues
Universidade Federal da Bahia – UFBA

Prof. Dr. Antônio Nélson Rodrigues da Silva
Universidade de São Paulo - USP

Seja a mudança que você quer ver no mundo.

Dalai Lama.

AGRADECIMENTOS

Solidariedade e altruísmo. Estas palavras tentam ilustrar o que senti nas pessoas que solicitei e que me acompanharam ou contribuíram de uma forma ou de outra neste trabalho.

Eu queria agradecer sinceramente a Cira Pitombo, minha orientadora, cujas opiniões e dicas nos permitiram debater e ampliar o conhecimento sobre as cidades.

Apesar da distância que nos separa, queria expressar aqui o quanto os cuidados dos meus queridos pais, Philippe e Bernadette, e das minhas irmãs, Corinne e Stéphanie, me deram mais coragem para afrontar as dificuldades múltiplas neste caminho. Minha saudade é grande.

Quem já fez uma pós-graduação deve saber o quanto é necessário ter vários momentos para dedicar-se à pesquisa, deixando muitas vezes de ter disponibilidade para as pessoas de quem a gente gosta. Agradeço muito à minha querida Nanda pelo apoio e a paciência nestes momentos.

Ao Departamento de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos (USP). Agradeço, sobretudo, ao professor Antônio Nelson, ao doutorando Mário, ao doutor Bruno e ao mestre Gustavo Rocha, cujas competências em transportes e SIG foram importantes para realização deste trabalho.

Este trabalho foi viabilizado graças ao apoio da CAPES, que acreditou no tema e viabilizou a pesquisa por meio de apoio financeiro. Obrigado.

Eu queria fazer uma homenagem a Glaucia, Daniel e aos moradores de São Carlos onde fui muito bem recebido durante o período de levantamentos em campo.

Gostaria de destacar a grande ajuda de Francine Gobetti, de Eduardo Gianetti, Regine Romã e de todas as pessoas da prefeitura de São Carlos, que, num momento ou outro, foram solicitadas e nunca deixaram de atender às minhas perguntas e solicitações.

Graças a vocês, sinto que apesar das barreiras administrativas que os pesquisadores conhecem, existe uma solidariedade real que incentiva a contribuição das universidades à sociedade ou a outros setores do conhecimento. "Merci beaucoup" a todos.

RESUMO

Esta pesquisa propõe-se a analisar a ocupação de espaço público urbano pelo automóvel, em circulação e estacionamento, na cidade de São Carlos (SP). É estruturada em três etapas: a primeira trata da oferta por espaço em São Carlos através de ferramentas de apoio à análise tais como Sistemas de Informação Geográfica (SIG). A segunda analisa as ofertas e demandas por espaço dedicado ao automóvel, circulando e em estacionamento, no centro da cidade. Nesta etapa foram utilizados dados de levantamentos de oferta e tempo de uso das vagas da Zona Azul e dados da Pesquisa Origem-Destino, realizada em 2007/2008 na cidade de São Carlos. Na terceira etapa são feitos os cálculos para a demanda em circulação para a área urbana de São Carlos, bem como os cálculos da relação entre demanda e oferta por espaço na área urbana global, em circulação.

Apesar de pouca informação nas referências estudadas, pode-se estimar que a oferta de espaço relativa à área urbana de São Carlos está quase no nível de oferta das cidades europeias ou de São Paulo, porém muito abaixo das norte-americanas, considerando tanto o centro da cidade, quanto a periferia. Observa-se também que, possivelmente, o uso do solo tem um impacto importante na oferta relativa de espaço viário. A oferta de espaço viário por habitante decresce com o aumento da densidade populacional e com a diversificação do uso do solo. Este estudo mostra que a velocidade dos automóveis tem um impacto forte na demanda por espaço.

Conclui-se também que o espaço viário de São Carlos é superdimensionado, com uma ocupação por espaço em circulação muito baixa, onde a ociosidade das vias não é compensada pelo carregamento das vias principais.

A falta de planejamento em São Carlos incentivou o superdimensionamento do espaço viário dedicado ao automóvel, ao invés de valorizar os espaços públicos e as práticas de mobilidade sustentáveis, dentro de políticas que diminuam as demandas por deslocamento ou aumentam o desempenho das vias existentes. O importante alerta deste trabalho é que, fundamentalmente, os espaços viários estão ociosos.

Finalmente, algumas medidas de desenvolvimento urbano que otimizam o uso do espaço viário existente são propostas ao final deste trabalho.

Palavras-chave: Espaço urbano, automóvel, ocupação de espaço público, rede viária, oferta e demanda de espaço público, Sistema de Informação Geográfica.

ABSTRACT

This research proposes to analyze the occupation of public space by car circulating and parking in the city of São Carlos (SP). It is structured in three stages: the first deals with the supply for space related to car usage in São Carlos, using analysis tools such as Geographic Information System (GIS). The second analyzes the supply and demand for space dedicated to car parking and circulating in the city center. In this step we used data from surveys of supply and usage time of parking in the Blue Zone and data from the Origin-Destination survey conducted in 2007/2008 in São Carlos. In the third step the calculations were made for estimating the space demand for circulation in the urban area of São Carlos, and for estimating the relationship between space supply and demand for circulation in the urban area overall.

Although the information in the references studied was insufficient, we can estimate that the space supply in the urban area of São Carlos is close to the level of supply in European cities or in Sao Paulo, but far below that level in the U.S. cities, considering both the city centerand the periphery. It was also noted that the land use is likely to have a major impact on the relative supply of road space. The supply of road space per capita decreases with the increase of population density and the diversification of land use.

The supply and demand for parking space are very high in the center, which is explained by its nature, which attracts trips during the day.

This study shows that the speed of the car has a strong impact on the demand for space: such demand grows with the speed starting from 25 km / h. In the center, it gets to be three times higher than in peripheral areas.

With this work we conclude that the road space in São Carlos is oversized, with the space being occupied by very low traffic flows and where the emptiness of the roads is not compensated by charging the main roads. Thus, some public policies for urban development that optimize the use of existing road space are proposed at the end of the work.

Key words: Urban space, car, consumption of public space, road network, supply and demand for public space, Geographic Information System.

RESUME

Ce travail de recherche propose une analise de l'occupation d'espace publique urbain par l'automobile, em circulation et stationnement, à São Carlos, ville de l'Etat de São Paulo au Brésil. Elle s'organise en trois étapes : la première s'intéresse à l'offre d'espace viaire et s'appuie sur les outils informatique d'aide à l'analyse que sont les Systèmes d'Information Géographique (SIG). La seconde analise les offres et demandes d'espace dédiées à l'automobile, en circulation et stationnement, dans le centre ville. Elle s'appuie sur les données d'offre et d'utilisation des places de stationnement de la Zona Azul, stationnement de courte durée reglementé, et les données de l'Enquête Ménage réalisée en 2007/2008 à São Carlos. La troisième étape s'intéresse aux calculs de demande dans le périmètre urbain de São Carlos, et aux calculs de la relation entre offre et demande en circulation, c'est à dire l'occupation d'espace.

Malgré le peu de références bibliographiques, on peut estimer que la surface d'espace viaire relative à la zone urbaine est équivalente à celle des villes européennes ou São Paulo, mais qu'elle est bien inférieure que celle des villes des Etats Unis, aussi bien en périphérie, que dans le centre ville. On observe également que le type d'usage du sol a un impact important sur l'offre d'espace viaire. En outre, cette dernière, rapportée au nombre d'habitants, a tendance à diminuer avec l'augmentation de la densité de population. Cette étude montre que la vitesse des automobiles a un impact fort sur la demande d'espace.

Un autre résultat de ce travail est que l'espace viaire de São Carlos est surdimensionné, dans la mesure où son occupation est très faible, et que même aux heures de pointe, la forte ocupation des voies principales ne compense pas le vide des rues secondaires.

Le manque de planification de São Carlos a encouragé ce surdimensionnement de l'espace viarie, au lieu de valoriser les espaces publiques et les usages plus durables au sein de politiques qui diminuent les demandes em mobilité ou augmente l'efficacité des voies existentes. La principale alerte de ce travail est que les espaces viaires sont surdimensionés et inadaptés à la demande.

Mots clés: Espace urbain, automobile, ocupação d'espace publique, réseau viaire, offre et demande d'espace publique, système d'information géographique.

SUMARIO

AGRADECIMENTOS **6**

RESUMO **7**

ABSTRACT **8**

RESUME **9**

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS **16**

1.1. INTRODUÇÃO 16
1.2. OBJETIVOS 16
1.3. HIPÓTESES 17
1.4. JUSTIFICATIVA 17
1.5. FLUXOGRAMA 19
1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO 20

2. REFERENCIAL TEÓRICO **21**

2.1. SUSTENTABILIDADE, CIDADE E ESPAÇO PÚBLICO 21
2.2. A OFERTA DE ESPAÇO VIÁRIO NA REGULAMENTAÇÃO URBANA NO BRASIL 23
2.3. REFERÊNCIAS SOBRE A OFERTA DE ESPAÇO PARA O AUTOMÓVEL 24
2.4. MÉTODOS PARA ANÁLISE DA DEMANDA DO ESPAÇO DESTINADO AO AUTOMÓVEL: VANTAGENS E DESVANTAGENS 25

3. REGIÃO DE ESTUDO **31**

3.1. INFORMAÇÕES GERAIS 31
3.2. A REDE VIÁRIA 32
3.3. A PESQUISA ORIGEM DESTINO 32
3.4. A ZONA AZUL DE SÃO CARLOS 34

4. MÉTODO **37**

4.1. DEFINIÇÃO DOS INDICADORES UTILIZADOS NO TRABALHO 37
4.2. PROCEDIMENTOS PARA O CÁLCULO DA OFERTA DE ESPAÇO PÚBLICO PARA O AUTOMÓVEL 43
4.3. PROCEDIMENTOS PARA CÁLCULO DA DEMANDA DE ESPAÇO PÚBLICO RELATIVO AO AUTOMÓVEL 44
4.4. ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE DEMANDA E OFERTA DE ESPAÇO-TEMPO (OCUPAÇÃO POR ESPAÇO) 54
4.5. LIMITAÇÕES DO MÉTODO 55

5. ANÁLISES E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS **56**

5.1. RESULTADOS GERAIS 56
5.2. DETERMINAÇÃO E ANÁLISE DA OCUPAÇÃO DA ZONA 6 68
5.3. DETERMINAÇÃO E ANÁLISE DA OCUPAÇÃO POR ESPAÇO NA ÁREA URBANA EM CIRCULAÇÃO (DEMAIS

ZONAS DE TRÁFEGO) 75

6. CONCLUSÕES 82

6.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS 82

6.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 84

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 86

ANEXO A 89

ANEXO B 95

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Frota de automóveis no Brasil (DENATRAN, 2011).....18

Figura 1.2 Etapas do método.....19

Figura 2.1 Representação do espaço de segurança para um automóvel (RAVALET e HÉRAN, 2008) 28

Figura 3.1 Localização da área de estudo - São Carlos/SP.....31

Figura 3.2 Hierarquização viária de São Carlos. Fonte: SÃO CARLOS, 2005.....32

Figura 3.3 Repartição das viagens por automóvel (motorista) durante 24h.....33

Figura 3.4 Zoneamento da Pesquisa Origem Destino e Zona Azul de São Carlos...35

Figura 3.5 Limites da Zona Azul em São Carlos.....36

Figura 4.1 Síntese do método adotado 37

Figura 4.2 Exemplo de delimitação da oferta por espaço (em branco) definida pelo meio fio das quadras (em preto) em São Carlos.....38

Figura 4.3 Exemplo de delimitação do meio fio e do espaço de drenagem.....38

Figura 4.4 Exemplo de delimitação do meio fio e do espaço de segurança (defensas) 38

Figura 4.5 Exemplo de ilha central incluída na oferta viária 39

Figura 4.6 Superposição da Zona Azul e da Zona 6 44

Figura 4.7 Demanda instantânea por hora, durante 24h.....46

Figura 4.8 Velocidades medidas em campo em 2007.....47

Figura 4.9 Coeficiente de atrito em função da velocidade.....49

Figura 4.10 Exemplo da alocação em tudo/nada (RODRIGUES DA SILVA, 2008) 51

Figura 4.11 Exemplo de aproximação em interseção de uma zona e um tramo.....51

Figura 5.1 Uso do solo predominante em São Carlos em 2000 (Adaptado de ROCHA, 2010).....57

Figura 5.2 Distribuição espacial da oferta relativa de espaço viário.....59

Figura 5.3 Zona 36, USP. Fonte da foto área : Google Earth (2011).....60

Figura 5.4 Zona 3, Jardim Macarengo. Fonte da foto área : Google Earth (2011)....60

Figura 5.5 Zona 8 pouco urbanizada. Fonte da foto área : Google Earth (2011).....61

Figura 5.6 Relação entre oferta de espaço viário por habitante e densidade de população 63

Figura 5.7 Demanda de espaço.tempo para um quilômetro percorrido.....66

Figura 5.8 Evolução da demanda por espaço-tempo horária em estacionamento 71

Figura 5.9 Demanda por espaço-tempo em 24 horas 76

Figura 5.10 Ocupação por espaço-tempo no horário de pico 78

Figura 5.11 Ocupação por espaço.tempo no horário entre-picos 79

Figura 5.12 Ocupação por espaço.tempo durante 24 horas.....80

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 Percentual de espaço viário e densidade de população em três cidades distintas. Fontes: APEL (2000), DELFT (2011), OLDENBOURG (2011), DENVER (2011) 24

Tabela 2.2 Valores adotados pela *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO). Fonte: Pimenta e Oliveira (2004) 29

Tabela 4.1 Elementos considerados como componentes da oferta viária..... 39

Tabela 4.2 Valor do coeficiente de atrito em função do tipo de regressão 49

Tabela 4.3 Exemplo de levantamento do número de automóveis por período. Fonte: ESTAPAR, 2010 52

Tabela 5.1 Limite das faixas de densidade de população e de percentual de oferta por morador 61

Tabela 5.2 Critérios de avaliação cruzada Oferta de espaço X Densidade..... 62

Tabela 5.3 Demanda de espaço.tempo em função da velocidade 66

Tabela 5.4 Estimativa do número de vagas da Zona 6..... 68

Tabela 5.5 Informações gerais de oferta da Zona 6..... 68

Tabela 5.6 Síntese da oferta por espaço-tempo em função do período considerado na Zona 6..... 68

Tabela 5.7 Extratos de resultados de D_{et} por tramo nos três períodos de estudo..... 69

Tabela 5.8 Demanda por espaço-tempo em circulação da zona 6 69

Tabela 5.9 Levantamento de demanda por espaço-tempo das vagas da Zona Azul (Zona 6) 70

Tabela 5.10 Percentual de demanda por espaço-tempo em estacionamento na Zona 6 em relação à demanda global..... 71

Tabela 5.11 Ocupação por espaço em circulação 72

Tabela 5.12 Ocupação por espaço do tramo 3056 (Rua Episcopal) 73

Tabela 5.13 Cálculo de ocupação das vagas da zona 6..... 74

Tabela 5.14 Síntese da oferta por espaço-tempo em função do período 75

Tabela 5.15 Síntese das demandas globais em função do período considerado.....75

Tabela 5.16 Síntese das ocupações em função do período considerado 76

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1. INTRODUÇÃO

Construir cidades sustentáveis se tornou um dos grandes desafios do século XXI, tanto por motivos ambientais, devido à deterioração rápida do planeta, quanto por motivos sociais e econômicos, considerando, por exemplo, as injustiças na distribuição de recursos.

O espaço público, enquanto recurso de uso comum de uma cidade, deve assumir o equilíbrio necessário entre interesses particulares e coletivos. Enquanto público, o espaço viário deve contribuir para uma mobilidade solidária, justa e ecológica. Todavia, percebe-se como a dedicação quase exclusiva deste para o automóvel criou muitos empecilhos para os objetivos de sustentabilidade. Considerando o tema espaço público e espaço viário, são necessárias algumas indagações: Quais as reais necessidades das cidades? Como restringir o uso do automóvel, e assim diminuir as consequências da exclusividade do espaço destinado a este?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do trabalho consiste em analisar a ocupação de espaço público destinado ao automóvel, quantificando as dimensões relacionadas à oferta e demanda de espaço destinado ao automóvel e analisando a relação entre tais grandezas.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Pode-se citar como objetivos específicos deste trabalho:

- Fazer uma análise exploratória espacial entre oferta relativa de espaço destinado ao automóvel e densidade populacional, considerando características específicas de uso do solo;
- Determinar a oferta do espaço destinado ao automóvel;
- Determinar a demanda do espaço destinado ao automóvel e a sua variação tanto no espaço (variação entre zonas e diferentes regiões) quanto no tempo (variação durante o período de um dia).

1.3. HIPÓTESES

A partir da razão entre demanda e oferta de espaço para o automóvel é determinada a ocupação do espaço, objetivo principal do trabalho. Assim, pretende-se demonstrar como as características da oferta de espaço e da demanda atuais são inadequadas às exigências de sustentabilidade urbana. Neste sentido, as hipóteses do presente trabalho são:

1. A oferta de espaço viário por morador decresce com o aumento da densidade de população;
2. A ocupação de espaço cresce com a velocidade e é irregular no tempo e no espaço;
3. A demanda por espaço de estacionamento é muito maior de que a demanda por espaço de circulação;
4. A oferta de espaço público para automóvel é superdimensionada em relação à demanda, ou seja, a ocupação é ineficiente, tanto para o estacionamento, quanto para a circulação.

1.4. JUSTIFICATIVA

A superfície urbana ocupada pelas vias tem um forte impacto ambiental, social e econômico nas cidades. Conforme Litman (2005a), algumas práticas tornam o espaço viário mais acessível de que outras, pois diminuem as distâncias de viagem e têm custos de projeto menores; outras são mais acessíveis para pedestres e ciclistas; outras prejudicam menos os espaços naturais e, consequentemente, contribuem para preservação ambiental.

A quantidade de espaço público urbano utilizado pelo automóvel aliada à baixa qualidade ambiental do mesmo torna o meio urbano cada vez menos adequado para uso de outros modos de transporte (a pé, bicicleta, etc.), lembrando que o espaço urbano é por natureza limitado. Consequentemente, a desvalorização do espaço público pelo crescimento do espaço para o automóvel tem como consequência a degradação da qualidade de vida urbana.

As infraestruturas viárias são geralmente planejadas, inicialmente, favorecendo aos automóveis. As funções dos logradouros evoluem então, deixando cada vez menos espaços urbanos para outros modos de transporte. Segundo a Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico, entre 25% e 30% do espaço urbano

é ocupado pelas infraestruturas de transportes (OCDE, 2001). Segundo Vasconcellos (2008), esta razão seria de 21% na Região Metropolitana de São Paulo, por exemplo.

O consumo excessivo de espaço urbano público pelo automóvel pode ser então considerado como uma fonte de poluição tão nefasta quanto o ruído e a poluição do ar (RAVALET e HÉRAN, 2008).

Além disso, o atual elevado crescimento da frota de modo de transporte particular motorizado no Brasil (automóveis e motocicletas) pode ocasionar o desenvolvimento ainda maior das redes viárias, a fim de atender a uma demanda progressiva. O aumento da frota de automóveis foi de quase 50% em 5 anos, entre 2005 e 2010, conforme a Figura 1.1 (DENATRAN, 2011).

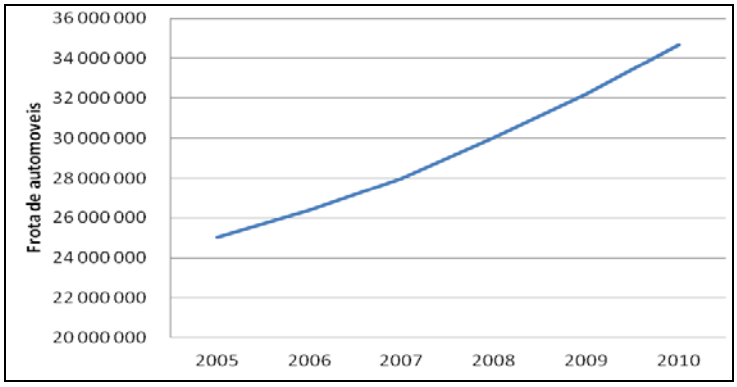


Figura 1.1 Frota de automóveis no Brasil (DENATRAN, 2011)

Numa perspectiva de antecipar estas consequências, torna-se necessário *a priori* quantificar e conhecer as dimensões urbanas destinadas ao uso do automóvel e as relacionar com as características urbanas que são a densidade de população ou as dimensões físicas da rede viária. Isso pode permitir desenvolver políticas para redução, otimização ou compartilhamento do espaço público urbano dedicado ao automóvel.

1.5. FLUXOGRAMA

Para atingir a proposta desse trabalho seguiram-se as etapas representadas na Figura 1.2, descritas nos capítulos subsequentes.

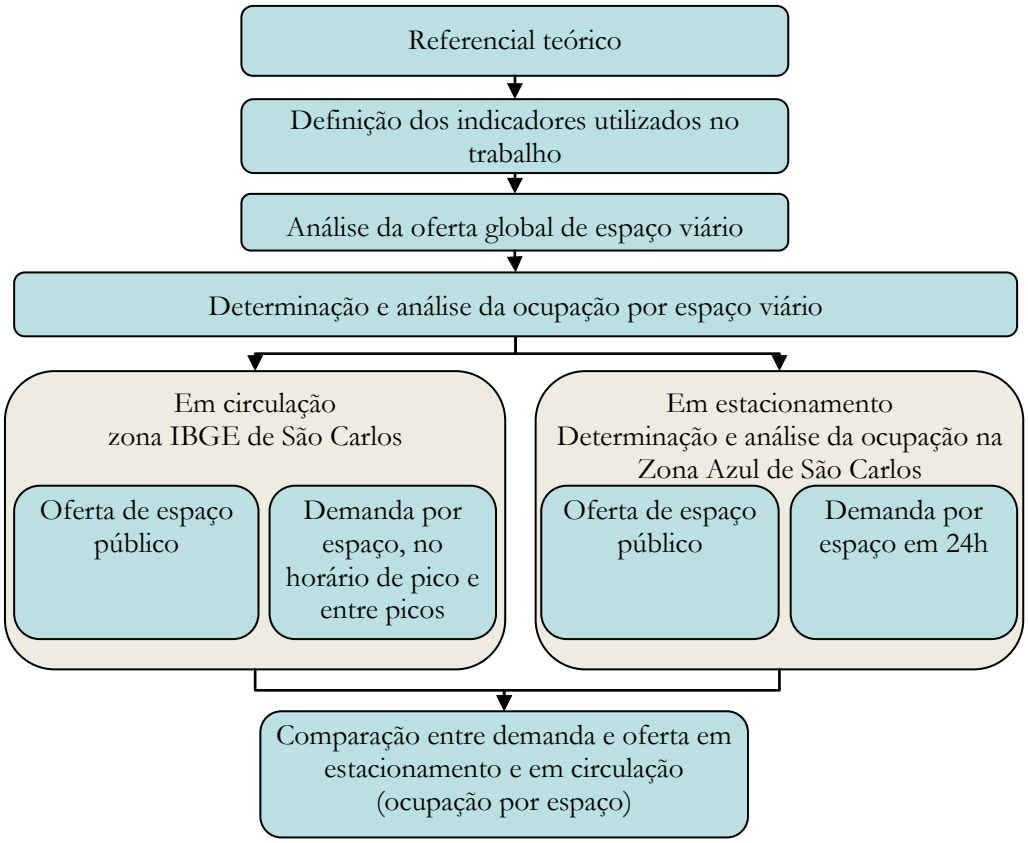


Figura 1.2 Etapas do método

1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO

A pesquisa é estruturada em seis capítulos, incluindo esta introdução. No capítulo 2 apresenta-se o referencial teórico, que pretende esclarecer tanto as relações entre sustentabilidade e espaços viários públicos, quanto os métodos já desenvolvidos para analisar as demandas e ofertas por espaço viário.

Em seguida, o capítulo 3 apresenta a região de estudo, incluindo uma descrição da Pesquisa Origem Destino realizada em 2007-2008 (RODRIGUES DA SILVA, , 2008) e do funcionamento da Zona Azul de São Carlos. O capítulo 4 descreve o método utilizado, com suas definições, etapas e limitações.

Uma discussão sobre os resultados é realizada, tanto em relação à ocupação em estacionamento no centro quanto à ocupação por espaço em circulação na área urbana de São Carlos (Capítulo 5). Finalmente, o capítulo 6 traz as principais conclusões relativas ao presente trabalho.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. SUSTENTABILIDADE, CIDADE E ESPAÇO PÚBLICO

No contexto de espaço público e ocupação do espaço dedicado ao automóvel na escala urbana, é necessário conceitualizar sustentabilidade e cidade. Segundo o relatório Brundtland, o desenvolvimento sustentável "procura satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades" (UNITED NATIONS, 1987). Desta forma, nas cidades, a noção de sustentabilidade se apoia nas questões econômicas, sociais, políticas e ambientais (GROSTEIN e JACOBI, 1998).

Quando se refere à sustentabilidade urbana, Rueda (1999) diferencia dois tipos de cidade: a cidade compacta e a dispersa. O autor defende que as cidades compactas são muito mais sustentáveis do que as cidades dispersas, tanto em relação ao consumo de recursos naturais, quanto em relação ao espaço urbano ou relações sociais. Na busca desta sustentabilidade, procura-se então construir uma cidade "compacta para minimizar os custos de implantação e enriquecer as cenas criadas pelas construções, respeitando o entorno" (SILVA e ROMERO, 2011).

Desta forma, nas cidades compactas, os espaços públicos, a rua e a praça constituem os espaços de contato e de convivência, enquanto que nas cidades dispersas, os espaços públicos são substituídos por espaços privados de grande porte: esportivos, de compras, de transportes, etc. (RUEDA, 1999). O modelo de cidade dispersa tem muitas ruas mortas e sem saídas, componentes de uma oferta viária subutilizada. Conforme Litman (2005b) é possível reduzir pela metade a ocupação de espaço criando conexões na rede viária.

Outro caminho para tornar as cidades mais sustentáveis é a diversificação do uso do solo a favor das pessoas. Conforme Silva e Romero (2011), como "a rua pertence às pessoas", necessita-se valorizar os usos mistos e multifuncionais do solo, para trazer mais vida ao ambiente urbano.

Neste sentido, observa-se o quanto não sustentável encontra-se uma cidade que supervaloriza o uso do automóvel, além do fato de que a "utilização massiva do veículo particular motorizado, na maioria dos casos, ocasiona [...] um consumo excessivo [...] de espaço viário, poluição do ar e a ocorrência de acidentes" (SILVA e ROMERO, 2011).

Seguindo Boareto (2003), a sustentabilidade, para a mobilidade urbana, é uma extensão do conceito utilizado na área ambiental, dada pela "capacidade de fazer as viagens necessárias para a realização de seus direitos básicos de cidadão, com o menor gasto de energia possível e menor impacto no meio ambiente, tornando-a ecologicamente sustentável".

Desta forma, para que o compartilhamento dos espaços viários seja sustentável, compreende-se que ele deve atender às necessidades de todos, não somente dos usuários de automóveis. Portanto, deve-se procurar a melhor adequação entre a necessidade de espaço viário, ou seja, equilíbrio entre demanda e oferta de espaço destinado ao automóvel.

O espaço viário é geralmente pouco valorizado como um espaço público. É considerado, no entanto, como um espaço de passagem em que sua função predominante restringe-se ao transporte das pessoas e cargas. Na literatura, poucos são os trabalhos que tratam destes espaços a partir de indicadores quantitativos, ou para questionar o uso destes (RAVALET e HÉRAN, 2008; LITMAN, 2005a e 2005b; CERTU, 2007). Segundo Jacobs (2000), estes espaços caracterizam-se como "espaços mortos que dividiram áreas vivas da cidade umas das outras, e acabaram com o sentido de urbanidade das cidades".

Vasconcellos (2008) explica que é de grande importância identificar quem causa e quem sofre os impactos de infraestrutura viária, e como o espaço viário está sendo utilizado pelas pessoas.

Assim, "o espaço público é elemento vital na cidade. É ele que possibilita o encontro e a circulação das pessoas de todas as classes, idades e níveis de renda, fazendo de um aglomerado qualquer uma cidade de verdade. É o espaço público que diferencia uma cidade da outra, conferindo-lhe identidade própria" (RECIFE, 2004).

2.2. A OFERTA DE ESPAÇO VIÁRIO NA REGULAMENTAÇÃO URBANA NO BRASIL

No Brasil, o quadro legislativo prevê a definição da oferta de espaço viário e público por habitante que deve ser determinada por lei municipal. A Lei nº 9.785, de 29 de janeiro de 1999, estipula que "*as áreas destinadas a sistemas de circulação [...] bem como a espaços livres de uso público, serão proporcionais à densidade de ocupação prevista pelo plano diretor ou aprovada por lei municipal para a zona em que se situem*.".

Esta lei traz dificuldades de entendimento, pois ela não determina os indicadores a serem utilizados. A "densidade de ocupação" pode ser interpretada de forma diferente: densidade de espaço construído, de população, etc. Enfim, a aplicação de tal critério traz diversas imprecisões, sendo pouco viável.

Como exemplo, no Plano Diretor (PD) de SÃO CARLOS (2005) encontra-se:

> *"Art. 98. do total da área a ser urbanizada, além daquela destinada ao sistema viário, deve-se destinar o mínimo de 18% (dezoito por cento) para áreas públicas."*

Neste caso, constata-se que o espaço viário esta excluído deste percentual (18%), na regulamentação. Porém, não há outro critério, citado no Plano Diretor de São Carlos, permitindo o planejamento deste.

Desta forma, em São Carlos, não existe uma definição das áreas destinadas a sistemas de circulação nos documentos de planejamento urbano em vigor.

2.3. REFERÊNCIAS SOBRE A OFERTA DE ESPAÇO PARA O AUTOMÓVEL

Segundo Vasconcellos (2008), "mesmo nos países em desenvolvimento, as vias ocupam **áreas proporcionalmente grandes** em relação à área total urbana, em torno de 20%".

Outro exemplo destaca que "em um século e meio, em Paris, a oferta de espaço [destinado ao automóvel] passou de 10% a 15% do espaço urbanizado para 25%. Na periferia, no entanto, é de somente 15% do espaço urbanizado" (RAVALET e HÉRAN, 2008). Conforme Apel (2000), o percentual de espaço viário depende do tipo de urbanismo, conforme Tabela 2.1.

Tabela 2.1 Percentual de espaço viário e densidade de população em três cidades distintas. Fontes: APEL (2000), DELFT (2011), OLDENBOURG (2011), DENVER (2011)

Tipo de urbanismo	Cidade da Europa com densidade de população alta: *Delft (Holanda)*	Cidade da Europa com densidade de população média: *Oldenburg (Alemanha)*	Cidade Norte-americana com densidade de população baixa: *(Denver, Estados Unidos)*
% de espaço viário	17%	24%	38%
Densidade de população (hbts / km²)	4 000	1 600	1 500

Outro trabalho de referência defende que "qualquer que seja a fonte usada, as ordens de grandeza são as mesmas: um consumo de espaço de transporte que passa de 10%-25% no centro das cidades a menos de 5% na periferia" (CERTU, 2007).

Conforme Vasconcellos (2008), a maioria dos estudos relativos à oferta de espaço "**ainda está na sua fase inicial do ponto de vista metodológico**, uma vez que se trata de matéria de alta subjetividade, em função dos diferentes pressupostos que podem ser adotados pelos técnicos que fazem os levantamentos e geram hipóteses e

a metodologia de cálculo".

Estes números merecem ser considerados com grande cuidado, na medida em que os métodos são diversos e ainda em fase incipiente. Além disso, os estudos realizados se referem às cidades onde o crescimento do automóvel foi anterior e maior do que no Brasil. Finalmente, pode-se constatar como as cidades europeias, anteriormente, seguiram um crescimento a favor do automóvel, desenvolvendo espaços viários.

Apesar de uma diversidade nos resultados das pesquisas, vários autores (Vasconcellos, 2008, Ravalet e Héran, 2008, CERTU, 2007, OCDE, 2001) mostram que:

- Nos centros urbanos (com densidade proporcionalmente elevada), a oferta de espaço viário chega a 30% do espaço total;
- Nas periferias, o percentual observado encontra-se entre 5% e 10%.

Vale ressaltar que as cidades aqui citadas são de grande porte, com características *a priori* diferentes de São Carlos (cidade média brasileira). Na ausência de pesquisas em cidades similares, ou seja, de porte médio, considera-se, dentro desta pesquisa exploratória, comparações com exemplos encontrados na literatura (cidades de grande porte).

2.4. MÉTODOS PARA ANÁLISE DA DEMANDA DO ESPAÇO DESTINADO AO AUTOMÓVEL: VANTAGENS E DESVANTAGENS

Há alguns anos, a questão do espaço urbano necessário para o automóvel foi objeto de trabalhos diversos (Beauvais, 1998; Héran, 1999; Ravalet e Héran, 2008; Quin, 1998) que procuraram definir a demanda por espaço urbano destinado ao automóvel em circulação. Desta forma, foram desenvolvidos diversos métodos para conhecer a área individual necessária por veículo:

- Fluxo (1)

Um deles, publicado pelo Banco Mundial (1975), considera os fluxos máximos para cada faixa de trânsito.

Conforme Ravalet e Héran (2008), este método tende a desconsiderar que os veículos precisam de um maior espaço quando sua velocidade aumenta, tanto em largura, quanto em comprimento, além do espaço inter veicular.

- Curva Fluxo-Velocidade (2)

Outro método desenvolvido por Ravalet e Héran (2008) levou em consideração a curva velocidade x fluxo veicular, mensurando as respectivas velocidades dos veículos através de sensores de velocidade.

Baseado em levantamentos empíricos em campo do fluxo veicular em função da velocidade, este método, apesar da precisão das informações, desconsidera que nas vias de alta velocidade, as infraestruturas são mais largas do que nas vias de alta acessibilidade e velocidades menores. Porém, nota-se que a velocidade dos veículos é levada em conta.

- Fluxo diário e área individual ocupada pelos veículos e seus arredores (3)

A demanda por espaço urbano é hoje considerada no Brasil, num dado horário, como proporcional ao número de veículos presentes na rede viária pública. Vasconcellos (2002) utilizou este método, para avaliar o espaço "consumido" pelos automóveis da rede viária da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), nos horários de pico, através da Pesquisa Origem Destino de 1997.

O autor somou todos os veículos presentes na rede da RMSP a cada hora e multiplicou este número uma área individual padrão, 30 m², por veículo. Estes resultados foram definidos como espaço consumido por automóvel. Considerando os conceitos a serem adotados neste trabalho, os resultados obtidos por Vasconcellos (2002) representariam a demanda horária por espaço.

O método proposto por Vasconcellos (2002) tem a vantagem de fornecer a demanda instantânea num dado momento do dia. No entanto, este não permite uma análise espacial da ocupação de espaço, em relação às viagens realizadas, e não informa sobre a importância da velocidade. Ele considerou, por exemplo, uma distância fixa de dez metros por veículo (comprimento do veículo somado à distância entre veículos), o que faz mais sentido numa via local do que numa via com velocidade maior. Na via periférica de Paris (Boulevard Périphérique), por exemplo, foram levantados os fluxos veiculares em função da velocidade. A partir destes resultados, Ravalet e Héran (2008) mostraram que, acima de 35 km/h, a distância inter veicular é superior a 10 metros.

Vivier (1999) apud Vasconcellos (2008) define que o espaço.tempo para a circulação é de 18m².hora por veículo, para uma jornada de 9h, indo e voltando num percurso de 10km.

- Demanda dinâmica – demanda de espaço-tempo (4)

Duas hipóteses foram propostas por Ravalet e Héran (2008):

- ✓ Quanto maior a aceleração do automóvel, menor o tempo que o mesmo passa na via e, consequentemente, menor o espaço ocupado (a);
- ✓ As distâncias de segurança entre veículos, e a demanda individual por espaço do veículo (demanda dinâmica) vão crescendo proporcionalmente à velocidade (b).

Segundo as hipóteses anteriores, a velocidade tem efeitos contrários na demanda de espaço. Esta velocidade deve então ser integrada aos cálculos de demanda por espaço.

Considerando a hipótese (a), Marchand (1984) apresenta o conceito de consumo de espaço-tempo levando em conta o tempo decorrido na rede viária. Isso permite avaliar políticas de mobilidade urbana, como a boa rotatividade das zonas azuis, o compartilhamento dos veículos, etc. (Quin, 1998).

Num outro trabalho, Marchand (1984) calculou o "consumo de espaço tempo" por pessoa, da seguinte maneira (m².h):

$$C = \frac{1}{n}\left[\frac{(l.L)}{Q} + S.h\right] \quad (1)$$

Em que: *C : consumo de espaço tempo (m².h)*

n : taxa de ocupação de veículo (número médio de pessoas por automóvel)

l : largura da faixa de tráfego (m)

L : distância do percurso (m)

S : área ocupada pelo veículo estacionado (m²)

h : duração do estacionamento (h)

Q : fluxo teórico da via (veíc/h) – capacidade da via

Pode-se reconhecer nesta equação uma demanda de espaço-tempo em circulação por veículo D_c (m².h/veíc):

$$D_C = \frac{l.L}{Q} \quad (2)$$

E a demanda de espaço-tempo D_E em estacionamento (m².h/veíc):

$$D_E = \mathrm{S.h} \tag{3}$$

Nesta proposta, o fluxo Q, ou capacidade teórica, representa o número máximo de veículos na via, o que não corresponde à realidade fora os horários de pico, por exemplo. Consequentemente, este cálculo não considera a influência da velocidade da hipótese (b). O objetivo de Marchand (1984) é o cálculo deste consumo numa infraestrutura utilizada na sua capacidade máxima.

Para poder levar em consideração a importância da velocidade, Ravalet e Héran (2008) propõem o cálculo da área necessária ao redor do automóvel, ou demanda dinâmica, considerando as distâncias de segurança:

$$\mathrm{DD} = (\mathrm{d} + \mathrm{DV}) \,.\, \mathrm{LM} \tag{4}$$

Em que : *DD : demanda dinâmica por espaço do automóvel (m²)*

d : comprimento do veículo (m)

DV : distância entre os veículos, função da velocidade (m)

LM : largura média por faixa de tráfego, função da velocidade teórica da via (m)

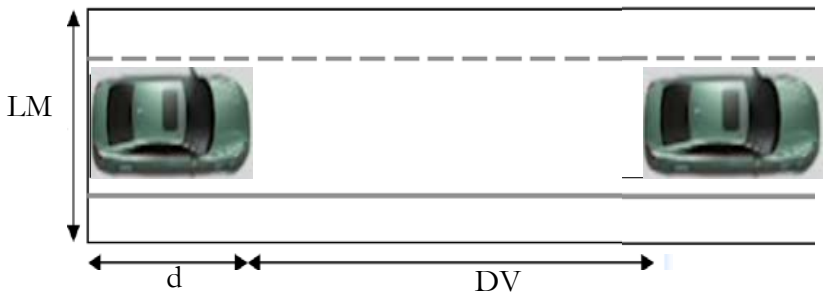


Figura 2.1 Representação do espaço de segurança para um automóvel (RAVALET e HÉRAN, 2008)

A largura média LM é obtida somando todas as larguras dos espaços viários de um tipo de via dado (vias, entroncamentos, acostamentos), e os dividindo pelo número de faixas de tráfego. Devido às infraestruturas maiores em vias rápidas, segundo os mesmos autores, LM cresce com a velocidade de projeto da via, e também depende da frequência dos cruzamentos e das infraestruturas de cada tipo de via. Apesar de ser apresentada com o componente da demanda de espaço, percebe-se que esta largura não representa a demanda, mas a oferta de espaço viário (conforme definições deste trabalho, descritas no item 4.1). Para poder aproximar a demanda real de largura, é necessário estabelecer um critério de erro lateral na trajetória dos veículos. Pimenta e Oliveira (2004) propuseram larguras extras de 0,5 m em cada

lado.

Segundo Ravalet e Héran (2008), a Distância entre os Veículos (DV) é dada a partir de levantamentos realizados em Paris:

$$DV = DF - 0.05\ v^2 \quad (5)$$

Em que: *DF: distância de frenagem do motorista (m)*

v: velocidade média (m/s)

No contexto brasileiro, onde os comportamentos dos motoristas podem ser diferentes, propõe-se voltar ao cálculo teórico da distância entre os veículos, a partir das distâncias de segurança mínimas necessárias. Ou seja, a distância mínima para que um veículo consiga parar antes do choque com um obstáculo na pista. Esta distância e parada é a soma da distância de reação do motorista (antes da frenagem) e da distância de frenagem mecânica (AASHTO, 1994 apud PIMENTA e OLIVEIRA, 2004). Ela é calculada a partir do cálculo de perda de energia cinética de um veículo. Os autores estabelecem que a distância de frenagem global é dada por:

$$D_f = 0.7\ v + \frac{0{,}0039}{f} v^2 \quad (6)$$

Em que: *D_f : distância de frenagem global, reação + frenagem (m)*

v: velocidade média (km/h)

f: coeficiente de atrito longitudinal (m/s²)

Considerando que o coeficiente f varia com a velocidade dos veículos, os mesmos autores apresentam os valores de f em função da velocidade, junto com os valores das distâncias de frenagem:

Tabela 2.2 Valores adotados pela *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO). Fonte: Pimenta e Oliveira (2004)

Velocidade de projeto (km/h)	Vel. média de percurso (km/h)	Tempo de reação (s)	Coef. de atrito (*f*)	Distância de frenagem (m)	
				Desejável*	Mínima**
30	30	2,5	0,40	29,8	29,8
40	40	2,5	0,38	44,4	44,4
50	47	2,5	0,35	62,9	57,5
60	55	2,5	0,33	84,5	74,3
70	63	2,5	0,31	110,6	94,0
80	70	2,5	0,30	139,2	112,7
90	77	2,5	0,30	168,3	131,0
100	85	2,5	0,29	204,5	156,7
110	91	2,5	0,28	245,5	179,0
120	98	2,5	0,28	284,6	202,4

* Valores calculados para $V = Vp$.

** Valores calculados para $V = Vm$, baixo volume de tráfego.

No Brasil, ainda não se encontram na literatura trabalhos onde a velocidade dos automóveis tenha sido considerada como um fator de ocupação e espaço. Porém, propõe-se utilizar a distância inter veicular a partir dos resultados de Pimenta e Oliveira (2004) para calcular as demandas de espaço-tempo para cada veículo em função da velocidade. Propõe-se ajustar o cálculo de demanda dinâmica proposto por Ravalet e Héran (2008) a partir da distância de frenagem proposta levando-se em conta o coeficiente de atrito e velocidade veicular. O presente trabalho baseia-se em tal método.

Os próximos capítulos descrevem respectivamente a região de estudo, o método desenvolvido no trabalho, os resultados e as discussões associadas.

3. REGIÃO DE ESTUDO

3.1. INFORMAÇÕES GERAIS

A região de estudo do presente trabalho é a cidade de São Carlos, localizada no estado de São Paulo. A cidade possui dados recentes (2007/2008), originados da Pesquisa Origem-Destino. A escolha da região de estudo deu-se devido à disponibilidade dos dados necessários.

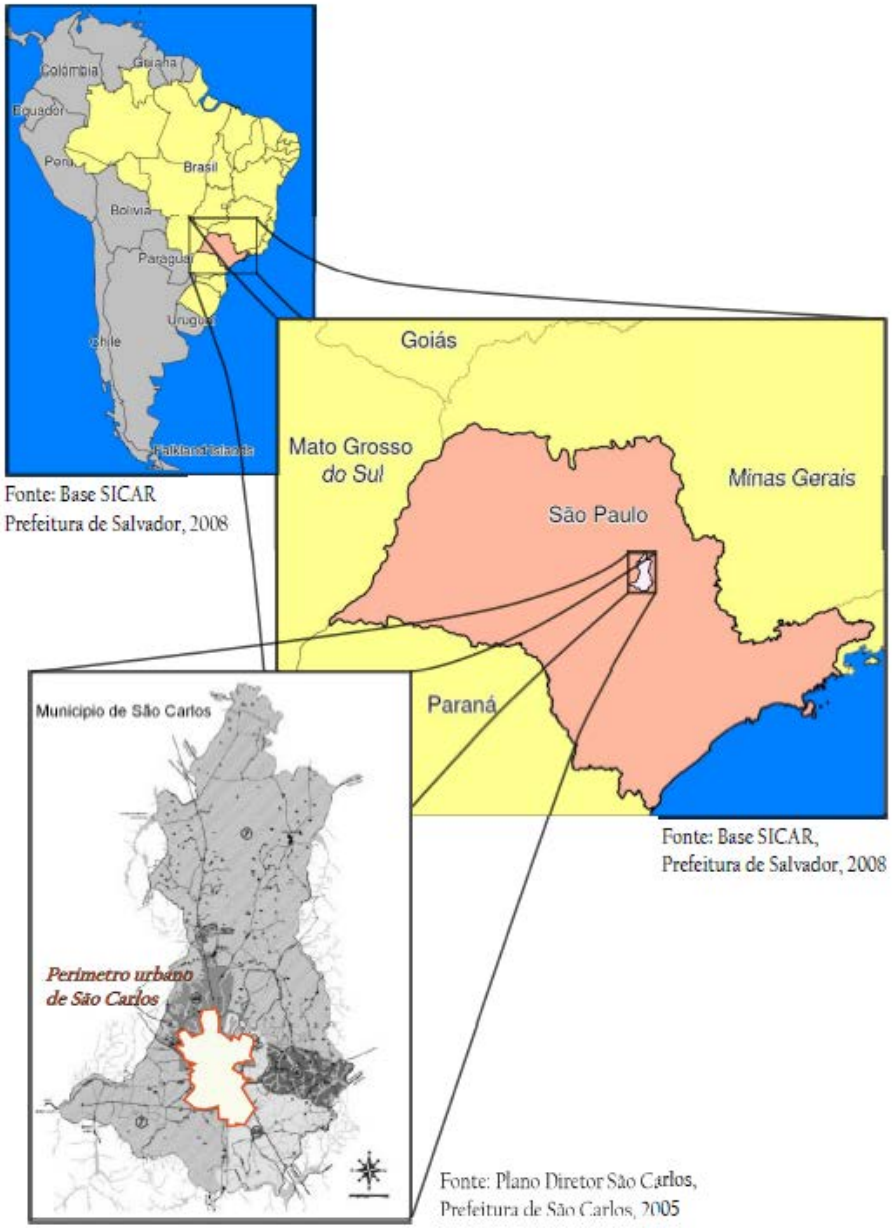


Figura 3.1 Localização da área de estudo - São Carlos/SP

São Carlos possui 220 500 habitantes, com uma frota de 122 mil veículos

motorizados, ou seja, um veículo para 1,8 pessoas em média (DENATRAN, 2011). A cidade apresenta um rápido aumento da frota de automóveis (6,5% por ano). Até abril de 2010, São Carlos apresentou uma frota de aproximadamente 80 000 automóveis (DENATRAN, 2011).

3.2. A REDE VIÁRIA

A rede viária de São Carlos é hierarquizada em seis categorias, conforme Figura 3.3:

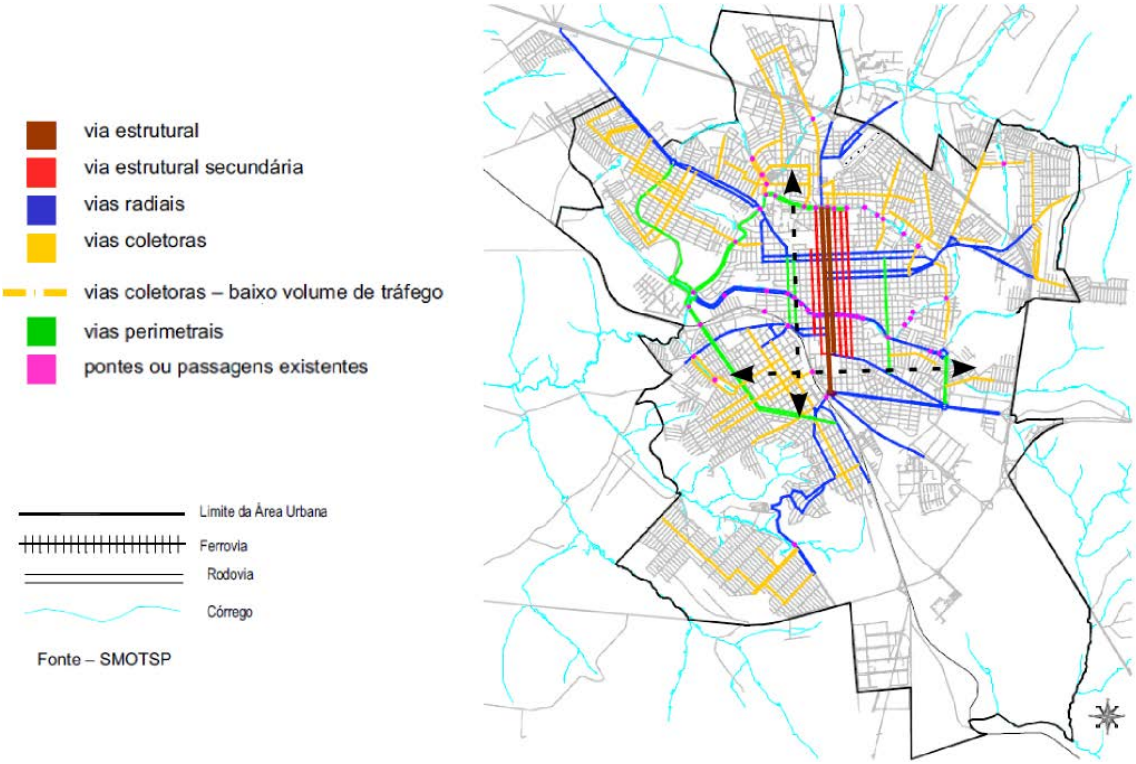


Figura 3.2 Hierarquização viária de São Carlos. Fonte: SÃO CARLOS, 2005.

Observa-se uma malha viária ortogonal no centro da cidade, composta por vias estruturais secundárias Norte/Sul e algumas vias radiais Leste/Oeste.

3.3. A PESQUISA ORIGEM DESTINO

A área urbanizada da cidade de São Carlos, região do estudo, foi objeto de uma pesquisa Origem Destino (RODRIGUES DA SILVA, 2008), realizada em 2007/2008, com o objetivo de conhecer e avaliar as características da mobilidade urbana. As formas de pesquisa adotadas foram: a entrevista domiciliar, a de cordão externo (*Cordon-line*), a de cordão interno (*Screenline*), bem como a pesquisa baseada em atividades diárias. Para a entrevista domiciliar e a pesquisa baseada em atividades diárias, foram obtidas informações cadastrais junto ao Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) da cidade, contendo uma base de dados de pontos com os endereços

dos domicílios.

A cidade foi dividida em 41 zonas, a partir da subdivisão do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010). Foram pesquisados 3.614 domicílios, 11.803 indivíduos e 19.784 viagens. Tanto a confiabilidade do método, quanto a representatividade da amostra permitem utilizar esta pesquisa para analisar a ocupação de espaço pelo automóvel.

Além da Pesquisa O/D, foi realizado um levantamento de informações no local em Novembro de 2010. Tal levantamento de dados permitiu coletar boa parte das informações necessárias, tais como:

- Os dados gerais sobre São Carlos e o planejamento urbano;
- Os limites da rede viária georreferenciados (meio fios);
- As fotos em campo das vias mais representativas da cidade.

De acordo com a Figura 3.4, a representação do número de viagens por automóveis durante o dia mostra claramente três períodos de pico: entre 6h e 9h, entre 11h e14h, e 17h e 19h. Na Figura 3.4 mencionada, as viagens são filtradas pela condição de "motorista". Desta forma, viagens classificadas como "automóvel – passageiro" não são consideradas. Para a análise global, considera-se 6 horas de pico, que são 6h30-8h30, 11h30-13h30 e 17-19h, estimando uma evolução contínua do volume de veículos no tempo.

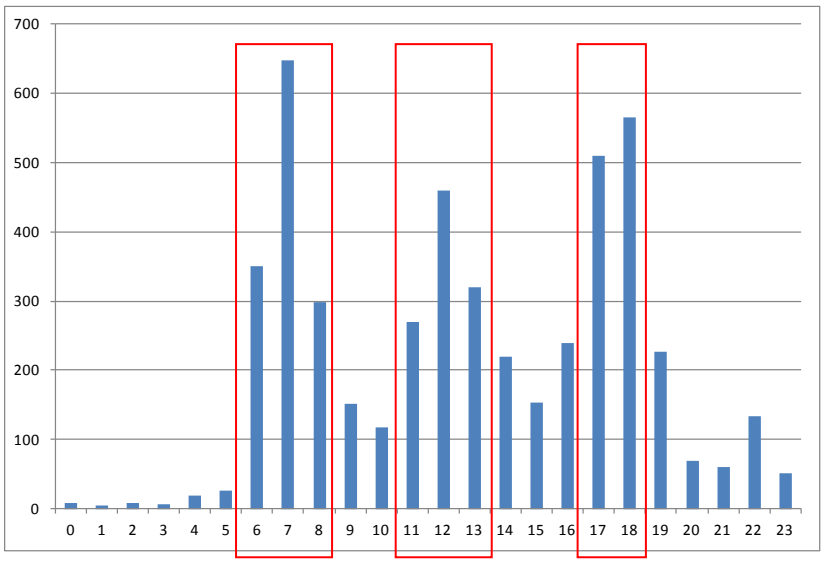


Figura 3.3 Repartição das viagens por automóvel (motorista) durante 24h

3.4. A ZONA AZUL DE SÃO CARLOS

O estacionamento rotativo regulamentado público da Zona Azul de São Carlos é uma medida para disciplinar o uso do espaço na via pública, e tem por objetivo democratizar e racionalizar o uso das suas vagas, estimulando a rotatividade e assim o compartilhamento do espaço público.

O estacionamento público na zona é regulamentado da seguinte forma:

- 9h às 18h de Segunda-feira à Sexta-feira, e
- 9h às 13h no Sábado.

A Zona Azul de São Carlos possui hoje 1.242 vagas, divididas em 17 setores de operação de estacionamento rotativo, mais 512 para motos, 31 áreas brancas (estacionamento gratuito por 15 minutos para qualquer motorista), além de vagas para estacionamento de idosos e deficientes físicos.

A concessionária do sistema é a empresa privada ESTAPAR. Ela tem por obrigação manter o funcionamento do sistema e a transparência junto ao poder concedente.

Orientadoras da concessionária realizam rotas durante o dia para informar, controlar, e emitir um aviso de cobrança de tarifa aos veículos estacionados nos trechos do estacionamento rotativo de forma irregular segundo a legislação, ou seja, sem o comprovante de pagamento da tarifa ou com o comprovante vencido. São realizadas rotas às 9h, 10h, 12h, 14h e 16h.

A Figura 3.5 ilustra a área urbana da cidade, bem como as zonas estudadas na Pesquisa O-D e a zona de localização da Zona Azul. Já a Figura 3.6, em seguida, mostra os limites da Zona Azul estudada no trabalho.

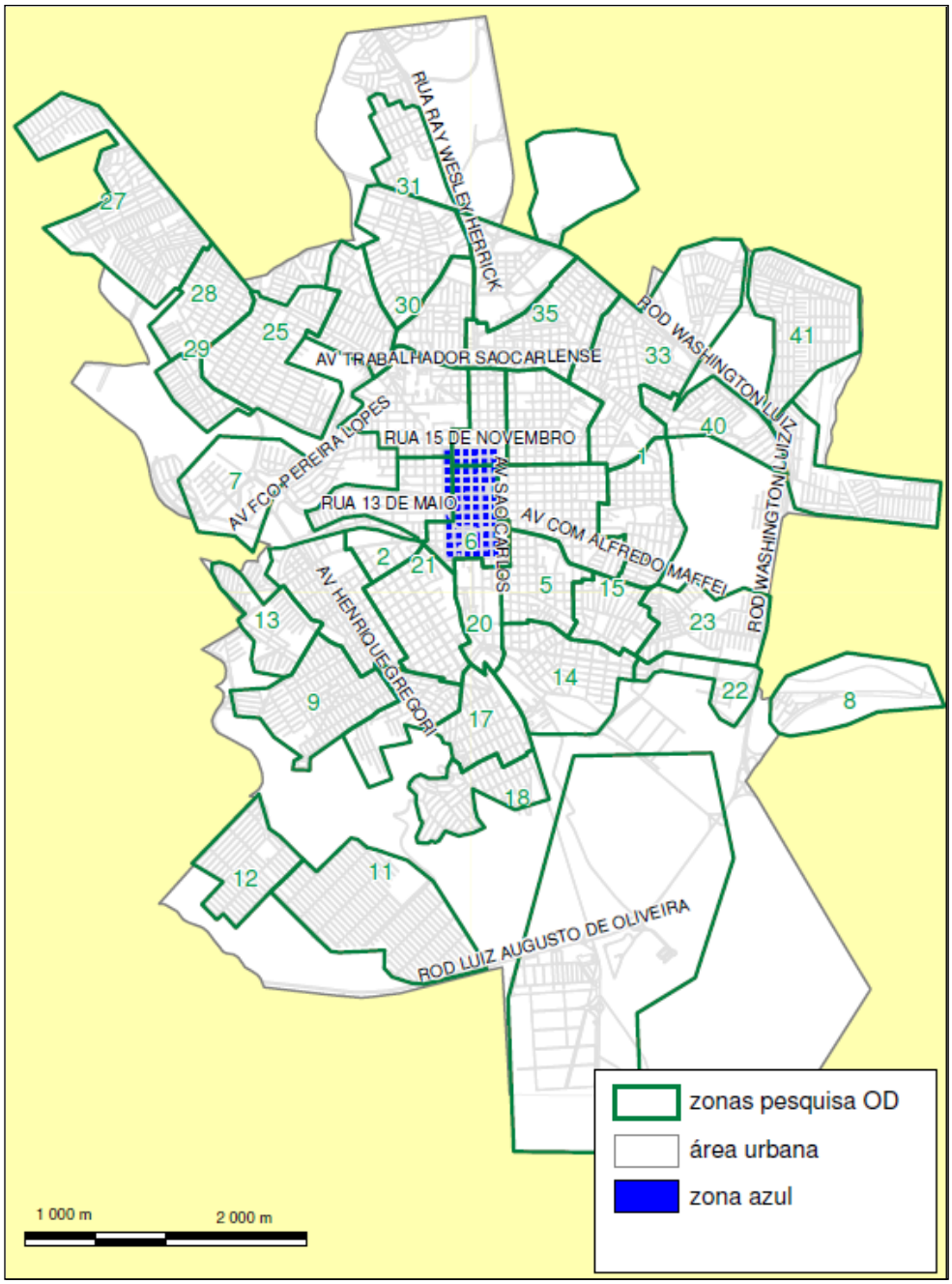


Figura 3.4 Zoneamento da Pesquisa Origem Destino e Zona Azul de São Carlos.

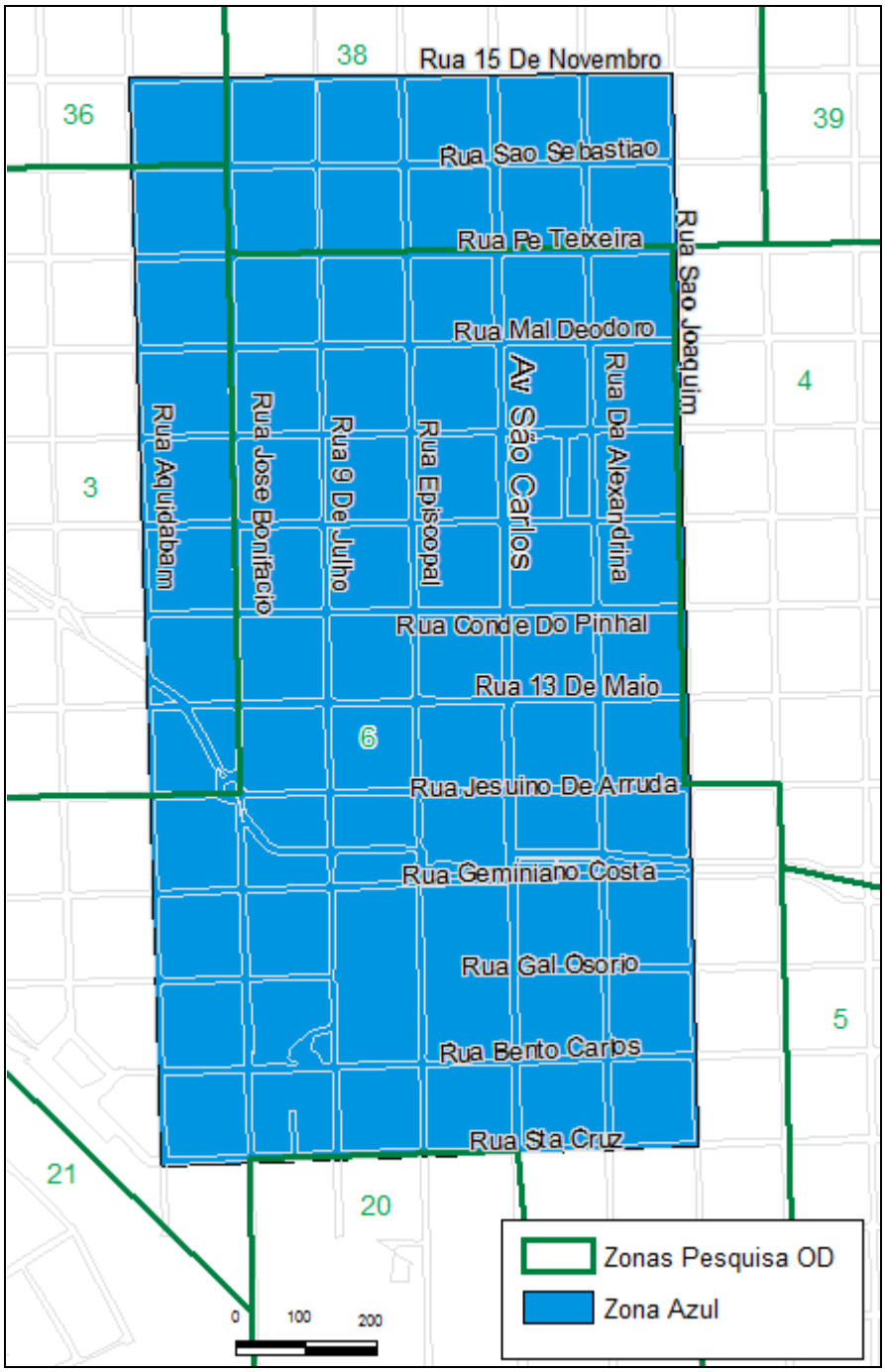


Figura 3.5 Limites da Zona Azul em São Carlos.

4. MÉTODO

A Figura 4.1 ilustra sucintamente as etapas do método, que são descritas nas próximas seções do presente capítulo.

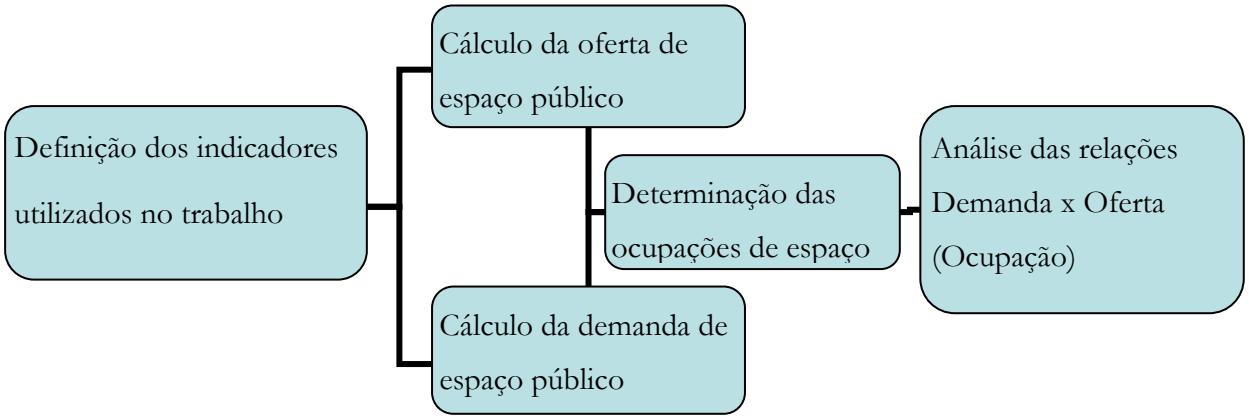


Figura 4.1 Síntese do método adotado

4.1. DEFINIÇÃO DOS INDICADORES UTILIZADOS NO TRABALHO

4.1.1. DEMANDA POR ESPAÇO PÚBLICO URBANO DESTINADO AO AUTOMÓVEL

A demanda de espaço destinado ao automóvel é o espaço viário mínimo necessário para a circulação e estacionamento dos veículos, incluindo os espaços de segurança nos arredores dos veículos (no caso da circulação) e os espaços para as manobras (no caso do estacionamento).

4.1.2. OFERTA DE ESPAÇO PÚBLICO URBANO DESTINADO AO AUTOMÓVEL

A oferta de espaço destinada ao automóvel é equivalente à área do espaço viário global dedicada ao automóvel, ou seja, as vias de circulação, as infraestruturas de troca de fluxos (interseções, rotatórias, trevos, etc.) e espaços de estacionamento laterais.

Desta forma, a oferta ou espaço viário é dimensionada para atender a uma demanda máxima de espaço utilizado pelos veículos, devido a rigidez da infraestrutura, independentemente do número de veículos ou dos tempos de uso.

Considera-se como oferta o espaço entre as quadras, delimitadas pelo meio fio. Este é representado em branco na Figura 4.2.

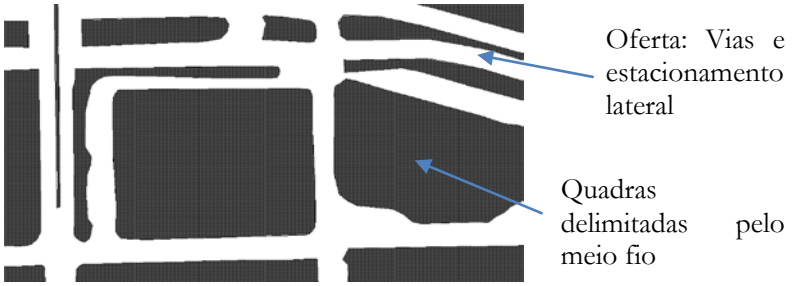


Figura 4.2 Exemplo de delimitação da oferta por espaço (em branco) definida pelo meio fio das quadras (em preto) em São Carlos

Os objetos delimitados em preto são os limites das quadras. Dependendo do meio (urbano ou periférico), nota-se a existência de espaços laterais que não são diretamente viários, mas necessários para o automóvel.

Em meio urbano estes espaços são, por exemplo, as obras de drenagem, como ilustrado na Figura 4.3:

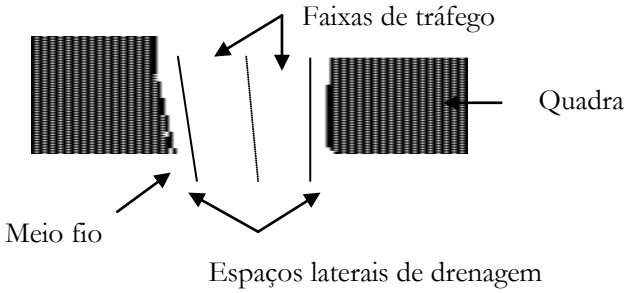


Figura 4.3 Exemplo de delimitação do meio fio e do espaço de drenagem

Neste caso, o uso do meio fio no cálculo da oferta por espaço aumenta o espaço diretamente destinado para a circulação ou estacionamento do automóvel.

Ao contrario, em regiões periféricas, sem calçada, pode-se encontrar espaços fora o limite do meio fio, como as defensas de segurança (Figura 4.4).

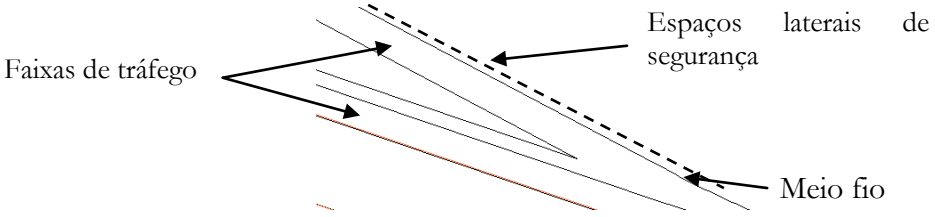


Figura 4.4 Exemplo de delimitação do meio fio e do espaço de segurança (defensas)

Neste caso, o uso do meio fio no cálculo da oferta por espaço subestima o espaço diretamente destinado para a circulação ou estacionamento do automóvel.

A falta de dados sobre estes espaços faz com que se considere a oferta de espaço

igual à largura contida entre os meio fios existentes.

As ilhas cuja presença é justificada somente pela geometria da via serão também consideradas como parte da oferta de espaço viário (ilha na entrada de uma rotatória, por exemplo) e representam cerca de 0,1% do espaço viário global na área urbana de São Carlos (Figura 4.5).

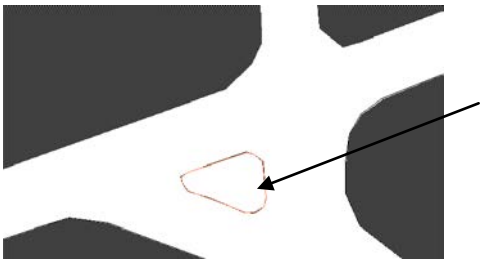


Figura 4.5 Exemplo de ilha central incluída na oferta viária

Apesar do desperdício de espaço produzido pela criação de canteiros centrais, estes elementos não serão considerados como parte da oferta de espaço viário, devido às funções ecológicas do gramado e vegetação plantada. Tais canteiros podem também trazer maior segurança nas travessias em dois tempos para os pedestres.

Tabela 4.1 Elementos considerados como componentes da oferta viária

Elementos viários	Considerados no cálculo da oferta
Faixas de tráfego	Sim
Vagas de estacionamento lateral	Sim
Meio fio	Sim
Defensas	Não (fora da oferta definida pelo meio fio)
Drenagem	Sim (dentro da oferta definida pelo meio fio)
Ilhas	Sim
Canteiros Centrais	Não

4.1.3. DEFINIÇÃO DE OUTROS PARÂMETROS RELATIVOS À OFERTA, DEMANDA E OCUPAÇÃO DE ESPAÇO POR AUTOMÓVEL

4.1.3.1. Oferta de espaço absoluta (m²)

A oferta absoluta Of_A é definida como o espaço total (m^2) ocupado pela rede viária,

seja por zona da pesquisa Origem Destino (OD), seja para o perímetro urbano de São Carlos.

No caso do estacionamento, este espaço é equivalente à área de estacionamento lateral nas vias de circulação, ou seja, o produto da área de uma vaga A pelo número de vagas.

$$Of_A = n.A \tag{7}$$

Em que: Of_A *: Oferta absoluta de espaço em estacionamento (m²)*

n: número de vagas da zona

A: área de uma vaga de estacionamento (m²)

4.1.3.2. Oferta de espaço-tempo (m².h)

A oferta de espaço-tempo O_{et} é definida como o produto da oferta de espaço absoluta por um tempo considerado. Esta dimensão é utilizada para o cálculo da ocupação por espaço.

$$O_{et} = Of_A.\delta t \tag{8}$$

Em que: O_{et} *: Oferta de espaço tempo (m².h)*

Of_A *: Oferta absoluta de espaço (m²)*

δt: Intervalo de tempo considerado na rede viária (h)

Por exemplo, durante duas hora de pico, a oferta de espaço-tempo de um quilômetro de faixa de tráfego de 3.5 m de largura (definida pelo meio fio) é igual a:

$$O_{et} = Of_A \,.\, \delta t = 1000 \text{ x } 3.5 \text{ x } 2 = 7.000 \text{ m}^2.\text{h} \tag{9}$$

4.1.3.3. Oferta de espaço relativa (%)

A oferta relativa, ou percentual de espaço viário, é definida como a razão da oferta absoluta Of_A pela área total da cidade de São Carlos ou pela área da zona da pesquisa OD:

$$Of_R = 100 . \frac{Of_A}{S} \tag{10}$$

Em que: Of_R *: Oferta relativa de espaço (%)*

Of_A *: Oferta absoluta de espaço (m²)*

S: Área total da cidade de São Carlos ou de cada zona da pesquisa OD (m²)

Existem poucos dados sobre o espaço urbano ocupado pelo automóvel, neste

trabalho chamado de oferta de espaço relativa. Os resultados apresentados por Vasconcellos (2008) mostram que nas cidades de países em desenvolvimento, incluindo São Paulo, cerca de 20% do espaço urbano é dedicado às vias e que este nível é similar às cidades de países desenvolvidos.

4.1.3.4. Oferta relativa por habitante (%/habs)

A oferta relativa de espaço viário por morador é definida como a razão entre a oferta relativa e o número de moradores (ou habitantes) para cada zona da pesquisa OD.

$$Of_{RH} = \frac{Of_R}{Habs} \tag{11}$$

Em que: Of_{RH} *: Oferta relativa de espaço por habitantes (% / hab)*

Of_R *: Oferta relativa de espaço (%)*

Habs : Número de habitantes de São Carlos ou de cada zona da pesquisa OD

4.1.3.5. Demanda dinâmica em circulação (m²)

A demanda dinâmica em circulação, DD é definida como sendo a área necessária ocupada pelo veículo, inclusive ao seu redor, para garantir as condições de segurança. Estabelece-se esta área como equivalente a um retângulo cuja largura é a largura do veículo mais os espaços laterais de segurança, e o comprimento é o comprimento do veículo mais a distância de frenagem mínima necessária, ou seja:

$$DD = (d + DV) . LM \tag{12}$$

Em que : *DD : demanda dinâmica por espaço e por automóvel (m²)*

d : comprimento do veículo (m)

DV : distância entre os Veículos, ou distância de frenagem (m)

LM : largura necessária para um veículo (m)

4.1.3.6. Demanda de espaço-tempo em circulação (m².h)

A demanda de espaço-tempo para a circulação D_{et} é definida como o produto da demanda dinâmica e do tempo percorrido no espaço viário (equação 13). Tal grandeza é utilizada para cálculo da ocupação de espaço do automóvel em circulação.

$$D_{et} = DD.\delta t \tag{13}$$

Em que: D_{et} *: demanda de espaço-tempo, por veículo (m².h)*

DD: demanda dinâmica (m²)

δt: Intervalo de tempo considerado (h)

Desta forma, a demanda de espaço-tempo expressa o espaço realmente utilizado pelos veículos durante o tempo de circulação, enquanto a oferta por espaço-tempo expressa o espaço total disponível durante o mesmo tempo.

4.1.3.7. Demanda de espaço-tempo em estacionamento (m².h)

Analogamente à circulação, a demanda de espaço-tempo para o estacionamento D_{et} é definida como o produto da área de estacionamento usada e do tempo de uso (equação 14). Tal grandeza é utilizada para o cálculo da ocupação por espaço do automóvel estacionado.

$$D_{et} = n.A.\delta t \tag{14}$$

Em que: *D_{et}: demanda de espaço-tempo, por veículo (m².h)*

A: Área de uma vaga de estacionamento (m²)

n: Número de vagas ocupadas

δt: Intervalo de tempo considerado (h)

4.1.3.8. Ocupação (%)

A ocupação do espaço público O_c, é calculada pela razão entre Demanda de espaço tempo D_{et} e Oferta de espaço tempo O_{et}:

$$Oc = 100 . \frac{D_{et}}{O_{et}} \tag{15}$$

Esta razão é interpretada da seguinte maneira:

- A rigidez da rede viária e a grande variabilidade da demanda obrigam a superdimensionar a oferta (absoluta). Consequentemente, esta razão só pode, por definição, ser menor do que 100% (RAVALET e HÉRAN, 2008);
- Quanto menor esta razão, mais superdimensionado é o espaço viário, em relação à demanda por espaço;
- Em caso de congestionamento, a demanda em circulação é grande demais para a oferta, ou seja, esta razão aumenta com o nível de congestionamento. Neste caso as vias operam na sua capacidade.

Neste sentido, entende-se que um espaço viário sustentável oferece um espaço mínimo necessário para o automóvel, atendendo a uma demanda também mínima, e

que a ocupação por espaço deve ser máxima, para ser considerada como otimizada.

4.2. PROCEDIMENTOS PARA O CÁLCULO DA OFERTA DE ESPAÇO PÚBLICO PARA O AUTOMÓVEL

Esta análise é realizada a partir do desenho dos meio-fios e do zoneamento da Pesquisa Origem-Destino de 2007/2008, conforme apresentado anteriormente.

4.2.1. NA ÁREA URBANA DE SÃO CARLOS

Esta abordagem visa um entendimento macroscópico da oferta de espaço para circulação e estacionamento, relacionando-a ao uso do solo de São Carlos.

Na ausência de informação precisa sobre estacionamento lateral na área urbana, e para fins de comparação entre a oferta de espaço para a circulação e a demanda, o espaço para estacionamento não pode ser separado do espaço de circulação. Portanto, o espaço para circulação é superdimensionado nos cálculos.

Com poucas informações sobre as configurações das vias (simples ou duplo sentido, número de faixas, etc.), não se pode utilizar os perfis padrão do Plano Diretor de São Carlos.

Consequentemente, dentro deste trabalho e para a área urbana, associa-se o espaço para a circulação à oferta absoluta.

Na sequência são calculadas a oferta de espaço absoluta, relativa por zona, e relativa por habitante para o automóvel em circulação.

A oferta de espaço-tempo O_{et} é calculada como o produto da oferta de espaço absoluta pelo tempo considerado, conforme equação (8).

4.2.2. NA ZONA AZUL

A empresa ESTAPAR, concessionária do sistema de estacionamento rotativo da Zona Azul de São Carlos, disponibilizou os seguintes dados de estacionamento nesta área para esta pesquisa: (1) o número de vagas e, (2) os levantamentos do número de veículos estacionados, realizados em 2007.

Como a zona azul e a zona 6 da pesquisa OD têm praticamente a mesma posição geográfica e tamanho (Figura 4.6). Este trabalho irá tratar o cálculo de ocupação de espaço em estacionamento relativo à Zona 6. É possível realizar uma estimação por proporcionalidade do número de vagas da Zona 6.

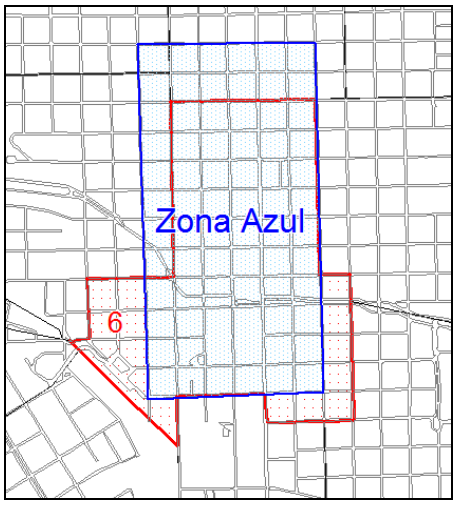


Figura 4.6 Superposição da Zona Azul e da Zona 6

Conhecendo o dimensionamento padrão de uma vaga de 11,7m² (4,5m x 2,6m), a partir do dimensionamento das vias do Plano Diretor de São Carlos (PREFEITURA DE SÃO CARLOS, 2005), a oferta absoluta em estacionamento é calculada como sendo o produto da área de uma vaga pelo número total de vagas estimado anteriormente.

A partir do conhecimento da oferta absoluta por espaço da Zona 6, este valor é subtraído para obter a oferta absoluta em circulação. Isso permite o cálculo independente da ocupação em estacionamento e circulação, para esta zona específica.

Da mesma forma que para a área urbana, a oferta de espaço-tempo O_{et} é finalmente calculada como o produto da oferta de espaço absoluta pelo tempo considerado, conforme equação (8).

4.3. PROCEDIMENTOS PARA CÁLCULO DA DEMANDA DE ESPAÇO PÚBLICO RELATIVO AO AUTOMÓVEL

4.3.1. DEMANDA EM CIRCULAÇÃO

Os procedimentos propostos são compostos pelas etapas seguintes:

- Cálculo da demanda dinâmica de um automóvel;
- Cálculo da demanda de espaço-tempo teórica, a partir da demanda dinâmica;
- Cálculo das demandas de espaço-tempo por zona:

  a) Para as viagens interzonais, em cada tramo do modelo de alocação;

  b) Para as viagens intrazonais, a partir de uma aproximação das distâncias internas percorridas.

4.3.1.1. Demanda dinâmica em função da velocidade DD

A demanda dinâmica é calculada a partir da demanda teórica individual para um automóvel. Utilizam-se os conceitos de demanda de Marchand (1984) e Ravalet e Héran (2008), onde a demanda dinâmica é dada pela equação (4).

Conforme Vasconcellos (2008) considera-se que um automóvel tem uma largura constante e igual a 1,6m e um comprimento de 4,5 m. Além disso, propõe-se considerar um aumento da largura de 0,5 m por lado, o que corresponde aos espaços de segurança para um automóvel (AASHTO, 1994 apud PIMENTA e OLVEIRA, 2004). Finalmente, escolha-se uma largura L de 2,6 metros e comprimento de 4,5 metros, ou seja, uma área de 11,7m².

Considera-se que um critério satisfatório para mensurar a demanda de espaço pelo automóvel é a distância de segurança na frente do veículo ou obstáculo a frente do automóvel. A distância entre os veículos DV é então calculada a partir da distância de frenagem mínima necessária para garantir a segurança dos passageiros.

Com base na literatura, estabelece-se que a distância entre os veículos é equivalente à distância de frenagem estabelecida pela equação (6).

Conforme definições apresentadas, a demanda dinâmica DD é dada pela combinação das equações (6) e (12):

$$DD = (4{,}5 + 0.7\ v + \frac{0{,}0039}{f} v^2) . 2{,}6 \qquad (16)$$

Que pode ser também assim reescrita:

$$DD = 11{,}7\ + 1{,}82\ v + \frac{1{,}014.10^{-2}}{f} v^2 \qquad (17)$$

Por exemplo, a uma velocidade de 22,6 km/h (média em 24h), um motorista de automóvel precisa de um espaço de 64 m² ao seu redor, para garantir a sua segurança.

Vasconcellos (2008) considerou que esta área é constante, estática e igual a 30 m² (3 x 10 metros). Observa-se que este valor é cerca de duas vezes menor do que o acima calculado e parece não considerar a distância de segurança necessária entre dois veículos.

A Figura 4.7 apresenta a evolução destas demandas instantâneas, a cada hora do dia, multiplicando a demanda individual pela quantidade de automóveis presentes na rede viária (dados da Pesquisa Origem Destino).

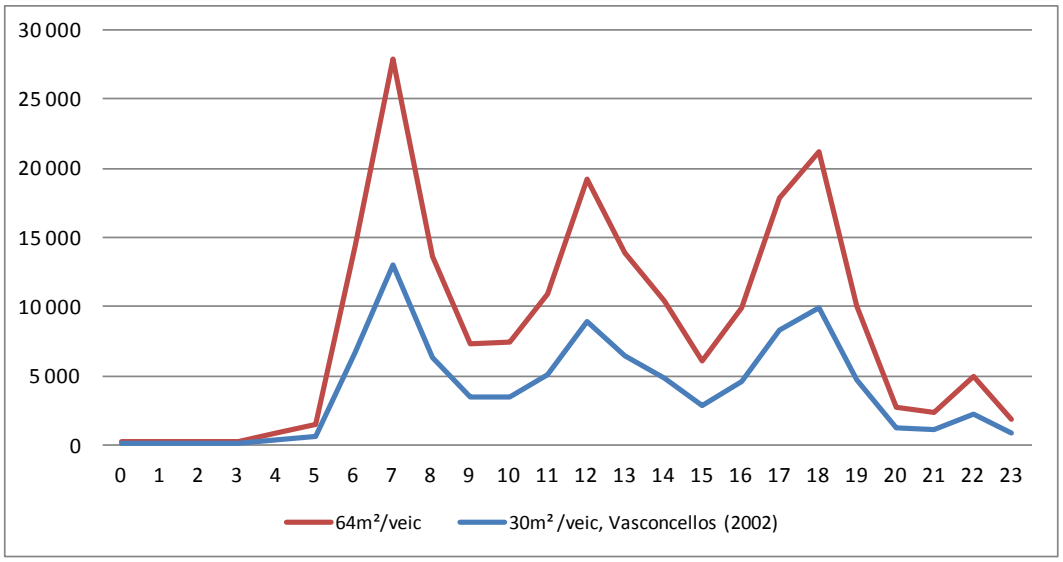


Figura 4.7 Demanda instantânea por hora, durante 24h

Infelizmente, este método não leva em consideração o tempo passado na rede viária, somente permite uma visualização instantânea, como se os veículos fossem parados.

4.3.1.2. Demanda de espaço-tempo teórica

Para levar em consideração que uma velocidade alta permite reduzir o tempo na rede viária, e então a demanda de espaço, esta demanda dinâmica é multiplicada pelo tempo percorrido na rede viária. Ou seja, utiliza-se o conceito de espaço-tempo (Marchand, 1984). Assim, a demanda por espaço.tempo em função da velocidade do automóvel é dada pela equação (13), considerando que (utilizando a velocidade em km/h):

$$\delta t = \frac{\delta x}{10^3.v} \tag{18}$$

Em que: *δt : tempo de circulação na rede viária (h)*

δx : distância do percurso realizado (m)

v: velocidade média no trecho (km/h)

Obtém-se:

$$D_{et} = DD.\frac{\delta x}{10^3.v} \tag{19}$$

Em que: *D_{et} : demanda de espaço-tempo por veículo (m².h)*

DD: demanda dinâmica de um veículo (m²)

δx : comprimento do trecho de análise (m)

v: velocidade média no trecho (km/h)

As variáveis necessárias para o cálculo da demanda de espaço tempo D_{et} por automóvel são então, para cada tramo:

- a velocidade média v dos veículos,
- os comprimentos δx de cada tramo,
- A velocidade média dos automóveis é calculada a partir de levantamentos realizados em campo em 2007 em 265 trechos da área urbana.

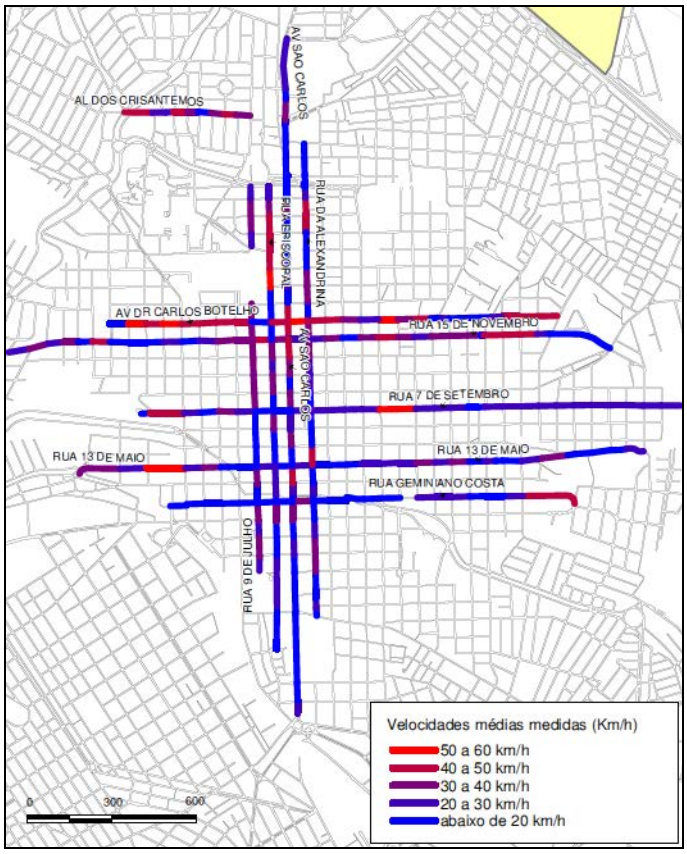


Figura 4.8 Velocidades medidas em campo em 2007.

O tipo de alocação de trânsito realizado (tudo/nada) não permite conhecer as velocidades para cada tramo da rede. Portanto, utiliza-se:

- Para os horários de picos, os levantamentos realizados em 2007: velocidade média de 15,5 km/h, calculada como sendo a razão entre a soma dos comprimentos e os tempos percorridos nos tramos.
- Para os horários fora de pico, considera-se uma velocidade de 30km/h, correspondendo às medições realizadas em São Paulo (SÃO PAULO,1993).
- Durante 24 horas, considera-se a velocidade de 22,6 km/h, sendo uma

ponderação entre a velocidade de pico durante 6 horas e a velocidade livre durante 18 horas.

O comprimento de cada tramo da rede viária é calculado a partir das ferramentas de medições do SIG Mapinfo.

A demanda de espaço-tempo é obtida a partir das equações 17 (DD) e 19 (Det):

$$D_{et} = \left[\frac{11,7}{v} + 1,82 + \frac{1,014.10^{-2}}{f} v \right] . \frac{\delta x}{10^3} \qquad (20)$$

Em que: *Det : demanda de espaço-tempo de um veículo (m².h)*

δx : comprimento do tramo (m)

v: velocidade média no trecho (km/h)

f: coeficiente de atrito longitudinal (m/s²)

Não são disponibilizados os valores de f para velocidades abaixo de 30 km/h na literatura. Portanto, propõem-se duas aproximações, baseadas no princípio de continuidade do coeficiente de atrito nas baixas velocidades:

A primeira a partir de uma regressão linear, dada por:

$$f = -0,0013\, v + 0,4211 \qquad (21)$$

Em que: *f: coeficiente de atrito longitudinal*

v: velocidade média (km/h)

A segunda, a partir de uma regressão polinomial, dada por:

$$f = 0.4993 - 0.0038v + 2.10^{-5} v^2 \qquad (22)$$

Em que: *f: coeficiente de atrito longitudinal*

v: velocidade média (km/h)

Desta forma, obtém-se as curvas da Figura 4.9:

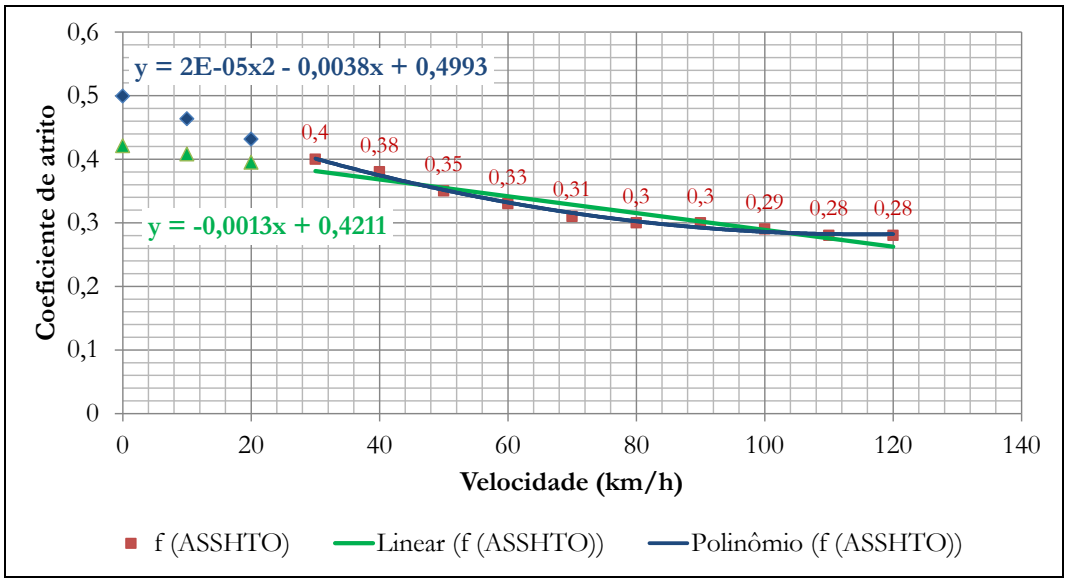


Figura 4.9 Coeficiente de atrito em função da velocidade

Os valores destas duas regressões são dados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 Valor do coeficiente de atrito em função do tipo de regressão

V (km/h)	f (ASSHTO)	f1 (lin.)	f2 (polin.)
0	/	0,42	0,50
10	/	0,41	0,46
20	/	0,40	0,43
30	0,4	0,38	0,40
40	0,38	0,37	0,38
50	0,35	0,36	0,36
60	0,33	0,34	0,34
70	0,31	0,33	0,33
80	0,3	0,32	0,32
90	0,3	0,30	0,32
100	0,29	0,29	0,32
110	0,28	0,28	0,32
120	0,28	0,27	0,33

O erro gerado no cálculo da demanda por espaço é apresentado no Capítulo 5.

4.3.1.3. Cálculo das demandas de espaço-tempo por zona

O cálculo das demandas de espaço-tempo é realizado nos períodos seguintes:

- No horário de pico da manhã (7-8h);
- Fora do horário de pico (10h);
- Durante 24h, somando as viagens durante este mesmo período.

O modelo de alocação de tráfego não permite conhecer as distâncias das viagens internas as zonas. Portanto, estabelecem-se dois procedimentos de cálculo das demandas de espaço-tempo distintos.

4.3.1.4. Viagens interzonais

A demanda de espaço-tempo para cada zona é igual a:

$$D_X = \sum_0^p D_p \quad (23)$$

Em que: D_X*: demanda de espaço-tempo da zona X (m².h)*

D_p*: demanda de espaço-tempo do tramo p (m².h)*

Neste trabalho, utilizam-se velocidades médias, considerando a grande dificuldade em obter as velocidades praticadas por cada veículo. Desta forma, utiliza-se uma demanda por espaço tempo média, função desta velocidade.

Calcula-se, então, a demanda de espaço-tempo média por automóvel D_p, para cada tramo "p", como sendo:

$$D_p = n.D_m \quad (24)$$

Em que: Dp: demanda global de espaço-tempo média do tramo p (m².h)

n: fluxo de automóveis no tramo p (veíc./h)

D_m*: demanda de espaço-tempo média por automóvel do tramo p (m².h)*

Os fluxos de automóveis "n" por tramo da rede viária são estabelecidos a partir dos dados da Pesquisa Origem Destino de 2008 de São Carlos e do modelo de alocação de tráfego Tudo/Nada nos horários de pico e fora de pico realizados através do software Transcad (versão 4.5) (RODRIGUES DA SILVA, 2008).

Apesar de não considerar as capacidades das vias e então fornecer uma alocação real do tráfego, a alocação Tudo/nada permite obter uma precisão de distâncias melhor do que considerando as distâncias euclidianas entre os centroídes das zonas de tráfego.

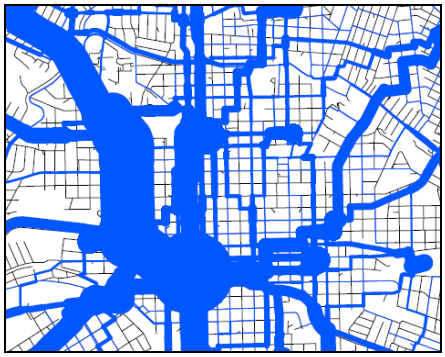


Figura 4.10 Exemplo da alocação em tudo/nada (RODRIGUES DA SILVA, 2008)

Quando os limites das zonas dividem os tramos, considera-se que as duas partes de tramo assim definidas têm os mesmos valores de fluxo n que o tramo original. Por exemplo, na Figura 4.11, estabelece-se que:

$$n(ab) = n(ax) = n(xb) \quad (25)$$

Em que: *n(ax): fluxo de veículos no tramo ax*

n(bx): fluxo de veículos no tramo xb

Os comprimentos dos tramos assim criados são medidos através do software SIG Mapinfo.

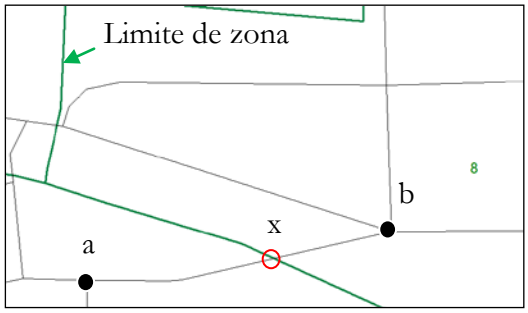


Figura 4.11 Exemplo de aproximação em interseção de uma zona e um tramo

4.3.1.5. Viagens intrazonais

O número de viagens internas às zonas é obtido a partir dos dados da Pesquisa Origem Destino de 2008.

Propõe-se aproximar a distância média percorrida para cada zona, a partir da equação seguinte (SMEED, 1967 apud ROCHA, 2010)

$$d = 0.87\sqrt{A} \quad (26)$$

Em que: *d: distância média das viagens (m)*

A : Área da zona considerada (m²)

A demanda de espaço-tempo para cada zona é igual a:

$$D_X = p \cdot D_p \quad (27)$$

Em que: *D_X: demanda interna de espaço-tempo da zona X (m².h)*

p: Número de viagens internas na zona

Dp: Demanda de espaço-tempo do tramo médio de comprimento "d" (m².h)

Analogamente à equação (20), D_p é dada por:

$$D_p = DD.\frac{d}{10^3.v} \quad (28)$$

Em que: D_p *: demanda de espaço-tempo de um veículo (m².h)*

DD: demanda dinâmica de um veículo (m²)

d: distância média das viagens (m)

v: velocidade média no trecho (km/h)

A partir de (21) e (22), obtém-se que:

$$D_X = DD.\frac{p.d}{10^3.v} \quad (29)$$

Em que: D_X*: demanda interna de espaço-tempo da zona X (m².h)*

DD: demanda dinâmica de um veículo (m²)

p: número de viagens internas na zona

d: distância média das viagens (m)

v: velocidade média no trecho (km/h)

4.3.1.6. Total das viagens

As demandas de espaço nas viagens intrazonais e interzonais são somadas para obter a demanda final por zona.

4.3.2. DEMANDA EM ESTACIONAMENTO

A demanda em estacionamento é calculada a partir do levantamento do número de automóveis estacionados nas vagas regulamentadas por setor (ver Anexo B), realizado pela concessionária da Zona Azul. Estes levantamentos permitem obter o número de veículos presentes na zona:

- Entre 9h e 10h
- Entre 10h e12h
- Entre 12h e 14h
- Entre 14h e16h
- Entre 16h e18h

Tabela 4.3 Exemplo de levantamento do número de automóveis por período. Fonte: ESTAPAR, 2010

SETOR 02				
HORÁRIO INICIAL	HORÁRIO FINAL	CARRO COM TIQUETE	CARRO SEM TIQUETE	CARRO NOTIFICADO
1º hora	9:37	7	11	0
10:00	10:31	19	10	1
12:00	12:38	24	12	2
14:00	14:41	27	14	0
16:00	16:33	27	10	1
TOTAL DE CARROS		104	57	4
TOTAL GERAL		165		

Estes levantamentos são realizados em dias úteis. Para este trabalho, o dia escolhido foi o dia 4 de outubro de 2007, uma sexta-feira, considerando este dia como representativo do funcionamento normal da Zona Azul, dentro do horário considerado.

A partir destes resultados são maximizados os tempos de estacionamento dos veículos. Devido à ausência de informação mais detalhada, considera-se que se o veículo esteve presente no momento do levantamento, o mesmo ficou estacionado durante todo o intervalo de tempo considerado (ele pode ter estacionado somente 10' ao invés de 2h).

A demanda por espaço-tempo é calculada multiplicando o tempo máximo do período considerado (1 hora ou 2 horas) pelo número de automóveis presentes.

4.4. ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE DEMANDA E OFERTA DE ESPAÇO-TEMPO (OCUPAÇÃO POR ESPAÇO)

As ofertas e a demandas de espaço-tempo, tanto em circulação quanto em estacionamento, calculadas anteriormente, são analisadas com o objetivo de destacar eventuais desequilíbrios entre estas duas grandezas. Para a área urbana de São Carlos, os cálculos são realizados considerando apenas a ocupação do espaço dedicado ao automóvel em circulação, enquanto que para a Zona Azul (Zona 6) especificamente, os dois tipos de uso, estacionamento e circulação, são analisados.

O cálculo da ocupação é realizado a partir da equação (15), e tem como objetivo:

- Conhecer a relação entre demanda e oferta por espaço para automóvel na cidade de São Carlos;
- Conhecer a relação entre demanda e oferta por espaço por regiões de São Carlos, assim como na Zona Azul (Zona 6);
- Comparar o equilíbrio oferta-demanda de espaço do centro para a periferia da cidade;
- Propor uma análise comparativa entre a ocupação em estacionamento e circulação na Zona Azul (Zona 6)

A questão principal é analisar a ocupação do espaço atual, concluindo, por exemplo, se muitos espaços hoje dedicados apenas ao uso do automóvel poderiam ser compartilhados, tanto no tempo (modificando os horários de pico para poder reduzir o crescimento do espaço viário, por exemplo) quanto no espaço físico, para uso de pedestres ou demais modos de transporte a fim de democratizar o uso do espaço público urbano.

4.5. LIMITAÇÕES DO MÉTODO

De caráter exploratório, esta pesquisa necessitou realizar algumas aproximações que mereceriam aprofundamentos futuros. Esta seção traz uma explanação sobre as limitações do método adotado

Primeiramente, devido à ausência de dados relativos às velocidades inferiores a 30km/h, foi feita uma estimação dos valores do coeficiente de atrito para tais velocidades através da regressão linear e polinomial.

O método de alocação de tráfego escolhido baseia-se no modelo de alocação tudo/nada disponível no momento da pesquisa. Assim, trata-se de uma aproximação da ocupação de espaço pelo automóvel. A realização de um modelo de alocação de tráfego com o método de equilíbrio das demandas permitiria aproximar-se melhor das condições reais de circulação. Para isso, é necessário conhecer as capacidades de cada via da rede, ou seja, o número máximo teórico de automóveis que pode passar em cada via por hora, o controle de tráfego nas aproximações (semaforizadas ou não) e os volumes de tráfego atuais.

Além disso, no cálculo da demanda por espaço-tempo, não se considera a demanda de espaço-tempo pelo ônibus, devido à ausência de informações confiáveis e exaustivas. Verifica-se, entretanto, que o transporte público ocupa o mesmo espaço viário do que os automóveis.

Outra limitação do método, é que não foi levado em conta o espaço ocupado pelo estacionamento fora da Zona Azul (Zona 6), o que deve ser relevante na medida em que os veículos ficam parados uma grande parte do dia. Nota-se que dentro da Zona Azul, zona limitada ao hiper centro de São Carlos, tais informações existem e foram utilizadas.

Apesar da grande riqueza de informações da Zona Azul assim coletadas, estas não permitem distinguir a rotatividade dos veículos, ou seja, o tempo de uso por automóvel. Somente identifica-se a presença ou não de veículos. Além disso, o método não permite identificar os momentos vazios quando um veículo sai e outro chega, devido à frequência dos levantamentos (um por período de uma ou duas horas).

5. ANÁLISES E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

Visando proceder de forma mais sistemática e clara, demonstra-se neste capítulo a validação ou não refutação das quatro hipóteses que sustentam este trabalho:

1. **A oferta de espaço viário por morador decresce com o aumento da densidade populacional**. Isto é confirmado por uma parte representativa das zonas da Pesquisa OD (seção 5.1.3). Além disso, o uso do solo possivelmente tem um impacto na oferta relativa de espaço viário. Como é o caso do uso de tipo comercial, que têm a tendência a oferecer mais espaço viário.
2. **A ocupação de espaço cresce com velocidade e é irregular no tempo e no espaço.** A uma velocidade de 100 km/h, por exemplo, um automóvel precisa do dobro de espaço quando está a uma velocidade de 20 km/h.
3. **A demanda de espaço em estacionamento é muito maior de que a demanda em circulação**. Observa-se uma variação de 83% da demanda global fora o horário de pico e 68% no horário de pico.
4. **A oferta de espaço público para automóvel é superdimensionada em relação à demanda.** Observa-se que a ocupação por espaço-tempo é muito baixa (entre 0,19% e 0,84%), ou seja, ela é ineficiente, tanto para o estacionamento, quanto para a circulação. O espaço ocioso representa cerca de 13% do espaço urbano.

Outros resultados importantes são apresentados ao longo deste capítulo.

5.1. RESULTADOS GERAIS

5.1.1. ANÁLISE DO USO DO SOLO

O desenho das ruas de São Carlos forma uma grelha ortogonal, cujas quadras vêm do padrão urbanístico dos primeiros traçados viários da freguesia de Campinas, realizado em 1774 (LIMA, 2007).

Em função do tipo de uso do solo, a rede viária pode ter características especiais. Infelizmente, os dados disponíveis no Plano Diretor da cidade são parciais, pois não informam sobre o tipo de uso do solo das zonas (residencial, comercial, industrial, etc.).

Contudo, Rocha (2010) realizou uma descrição do uso do solo dominante em São Carlos. A Figura 5.1 ilustra a ocupação do uso do solo no zoneamento da pesquisa

Origem Destino. Observa-se que:

- A grande maioria das zonas é de tendência residencial;
- As duas zonas do centro, 6 e 38, têm uma característica mista entre comércio e residências, assim como as zonas 12, 14 e 20;
- Duas zonas têm um uso do solo específico: a zona 16, não ocupada em boa parte da sua área, apresentando características industriais e a zona 32, onde se localiza a Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR).

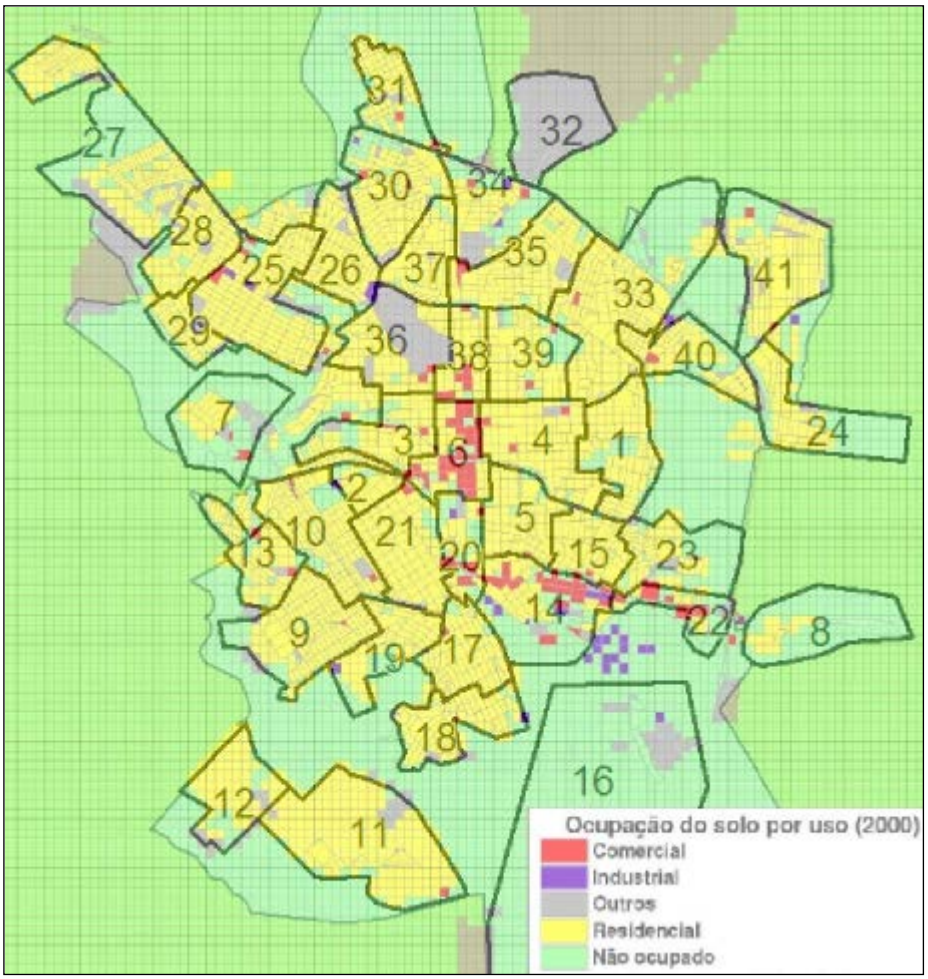


Figura 5.1 Uso do solo predominante em São Carlos em 2000 (Adaptado de ROCHA, 2010)

5.1.2. OFERTA DE ESPAÇO RELATIVA

Definida como a relação entre a área viária e a área total por zona da Pesquisa OD, a oferta de espaço relativa é calculada com auxílio das fermentas de cálculo de área dos polígonos do SIG MapInfo.

Dentro desta oferta viária, somente a Avenida São Carlos tem um corredor exclusivo de 3,5 m de largura e 800 m de comprimento, entre a Ruas Geminiano Costa e a Rua São Sebastião (Figura 5.2). Dentro dos conceitos de oferta de espaço viário das referências, não são discriminados os espaços para automóvel e os espaços exclusivos para ônibus, ou bicicleta. Portanto, neste trabalho, possíveis espaços viários exclusivos para outros modos de viagem foram considerados no cálculo da oferta viária.

A partir do método proposto de cálculo da oferta relativa por espaço viário, aplicando a equação (10) à área urbana, a oferta relativa é de 13%, ou seja, a cidade oferece em média bem menos espaço viário relativo quando comparada às cidades de São Paulo (21%, VASCONCELLOS, 2008) ou norte-americanas (38%, APEL, 2000), por exemplo. Nas cidades europeias, existe uma grande diversidade de valores propostos, nas áreas urbanas de 17-24% (APEL, 2000) ou 25-30% (OCDE, 2001) e nos subúrbios de 5-10% (APEL, 2000).

São Carlos, no entanto, aproxima-se de características europeias quando as densidades populacionais são consideradas, em torno de 3 300 hab/km² (IBGE, 2010). Desta forma, a sua oferta de espaço viário de 13% situa-se perto da oferta das cidades europeias mais densas (17-24%), e é muito menor de que a oferta das cidades norte-americanas (30-40%).

Considerando agora a distribuição espacial desta oferta, na Figura 5.2, pode-se observar que, contrariamente aos resultados obtidos em Paris (RAVALET e HÉRAN, 2008), a oferta relativa máxima é baixa (17% do espaço urbano).

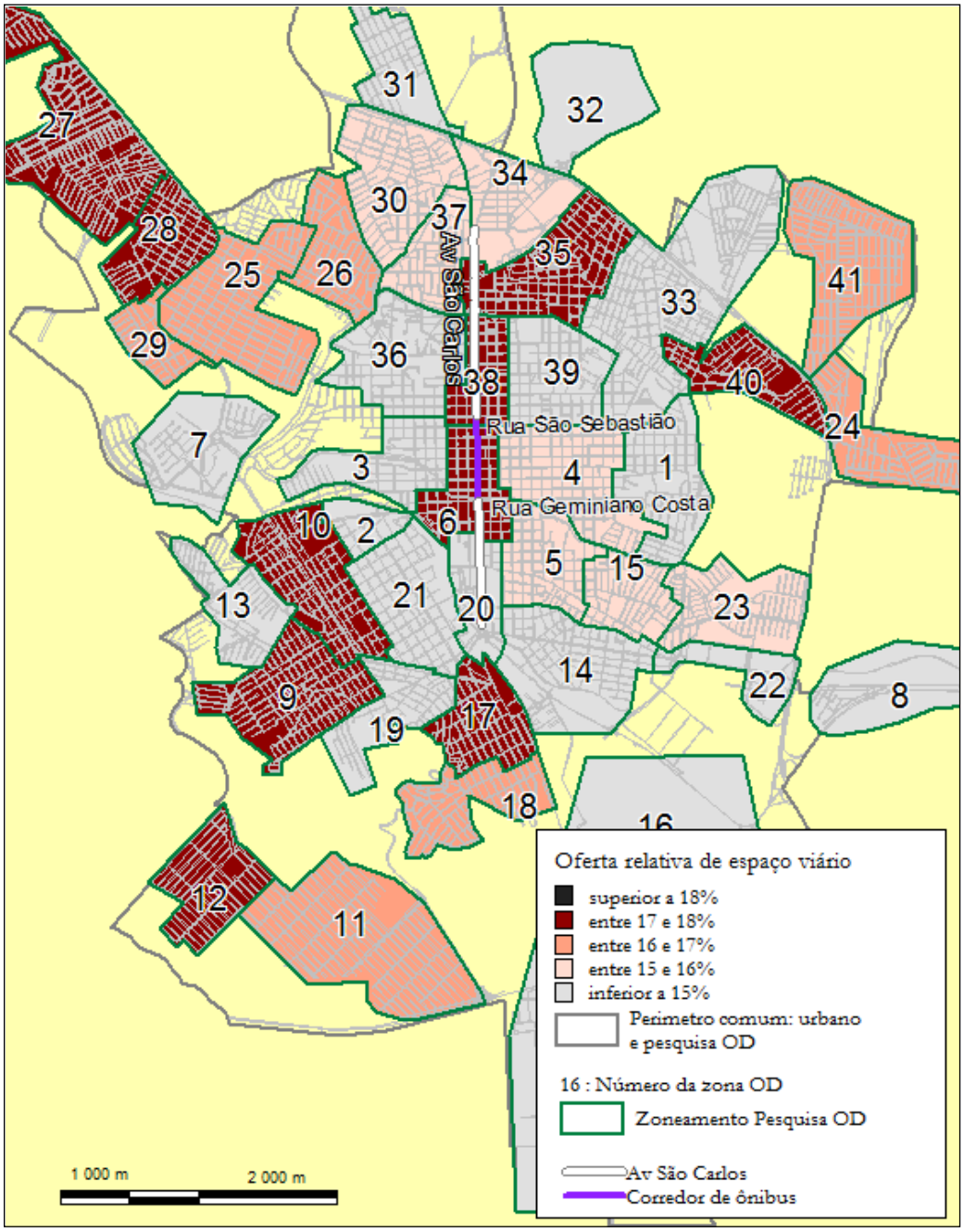


Figura 5.2 Distribuição espacial da oferta relativa de espaço viário

Pode observar-se que as zonas 6, 35 e 38, zonas centrais, têm uma oferta relativamente grande, entre 17% e 18%. As necessidades de acessibilidade deste centro justificam uma oferta importante, o que se ilustra na zona 38, pela presença da rodoviária.

Nos arredores destas zonas centrais, observa-se uma oferta relativa menor, entre 14% e 16% (zonas 2, 3, 4, 5, 20, 21, 33, 36, 39). Efetivamente, nestes bairros existem vários espaços com poucas vias, como o campus universitário da Universidade de São Paulo, por exemplo, (zona 36) ou parques urbanos (zona 3), conforme as Figuras

5.3 e 5.4, respectivamente:

Figura 5.3 Zona 36, USP. Fonte da foto área : Google Earth (2011)

Figura 5.4 Zona 3, Jardim Macarengo. Fonte da foto área : Google Earth (2011)

Fora desta região (zonas centrais e arredores), encontram-se novamente ofertas relativas superiores a 17%, sobretudo nas zonas de condomínios residenciais (zona 9, 10, 27, 28, etc.). Existem várias zonas pouco ocupadas (como o campus universitário da Universidade Federal de São Carlos, por exemplo, zona 32), pouco urbanizadas como a zona 8 (Figura 5.5), , as zonas 22 ou 24, ou com atividades industriais (zona 16) que têm uma oferta viária relativamente baixa (inferior a 14%).

Figura 5.5 Zona 8 pouco urbanizada. Fonte da foto área : Google Earth (2011)

Finalmente, considerando os cálculos obtidos para a cidade de São Carlos, pode-se afirmar que o tipo de uso do solo possivelmente tem um impacto na oferta relativa de espaço viário. As zonas com comércios têm a tendência a oferecer mais espaço viário. Nas zonas residenciais o impacto é menos claro, pois existem tanto zonas residenciais com oferta alta, quanto zonas residenciais com oferta baixa.

São Carlos apresenta zonas com oferta relativa ainda abaixo da oferta das cidades densas europeias (APEL, 2000), mesmo no centro, onde a densidade de população é maior. Além disso, existem disparidades nas zonas periféricas, dependendo do uso do solo.

5.1.3. OFERTA DE ESPAÇO RELATIVA POR HABITANTE

Para analisar a relação entre oferta de espaço viário e densidade de população são propostas quatro faixas de valores das densidades de população (hab/ha) e do percentual de espaço viário por 1000 habitantes, a partir da média e dos 1º e 3º quartis da análise estatística descritiva das variáveis densidade populacional e percentual de espaço viário por 1000 habitantes das zonas da Pesquisa OD. Estes resultados são apresentados na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 Limite das faixas de densidade de população e de percentual de oferta por morador

Quartis	25%	50%	75%
Densidade (hab/ha)	25,35	37,41	51,45
Oferta relativa 1000 hab (‰)	2,76	4,69	7,25

Foram então determinadas quatro classes de valores:

- Abaixo de 25,35 hab/ha: Densidade baixa;
- Entre 25,35 e 37,41 hab/ha: Densidade média baixa;

- Entre 37,41 e 51,45 hab/ha: Densidade média alta;
- Acima de 51,45 hab/ha: Densidade alta.

Vale ressaltar que as classes "baixa", "média baixa", "média alta" e "alta", mencionadas acima, se referenciam ao conjunto de valores utilizados neste trabalho (variabilidade dos dados), e não quantifica exatamente zonas com alta ou baixa densidade demográfica.

A mesma análise descritiva foi realizada com o percentual de espaço viário por 1000 habitantes:

- Abaixo de 2,76‰: Oferta relativa de espaço por morador baixa;
- Entre 2,76 e 4,69‰: Oferta relativa de espaço por morador média baixa;
- Entre 4,69‰ e 7,25‰: Oferta relativa de espaço por morador média alta;
- A partir de 7,25‰: Oferta relativa de espaço por morador alta.

O cruzamento destes dois indicadores procura verificar a hipótese que o percentual de espaço viário por habitante decresce com a densidade, para cada uma das zonas de estudo (Tabela 5.2).

Tabela 5.2 Critérios de avaliação cruzada Oferta de espaço X Densidade

Classificação	Densidade (hab./ha)	Oferta relativa 1000 hab	Confirma hipótese?
1	BAIXA (<25,35)	ALTA (>7,25)	ok
2	ALTA (>51,45)	BAIXA (<2,76)	ok
3	BAIXA (<25,35)	MEDIA ALTA (entre 4,69 e 7,25)	ok
4	MEDIA BAIXA (entre 25,35 e 37,41)	ALTA (>7,25)	ok
5	ALTA (>51,45)	MEDIA BAIXA (entre 2,76 e 4,69)	ok
6	MEDIA ALTA (entre 37,41 e 51,45)	BAIXA (<2,76)	ok
7	MEDIA ALTA (entre 37,41 e 51,45)	MEDIA BAIXA (entre 2,76 e 4,69)	ok
8	MEDIA BAIXA (entre 25,35 e 37,41)	MEDIA ALTA (entre 4,69 e 7,25)	ok
10	ALTA (>51,45)	ALTA (>7,25)	Não
11	BAIXA (<25,35)	BAIXA (<2,76)	Não
12	MEDIA BAIXA (entre 25,35 e 37,41)	BAIXA (<2,76)	Não
13	MEDIA ALTA (entre 37,41 e 51,45)	ALTA (>7,25)	Não
14	BAIXA (<25,35)	MEDIA BAIXA (entre 2,76 e 4,69)	Não
15	ALTA (>51,45)	MEDIA ALTA (entre 4,69 e 7,25)	Não
16	MEDIA ALTA (entre 37,41 e 51,45)	MEDIA ALTA (entre 4,69 e 7,25)	Não
17	MEDIA BAIXA (entre 25,35 e 37,41)	MEDIA BAIXA (entre 2,76 e 4,69)	Não

A Figura 5.6 ilustra estes resultados por zona.

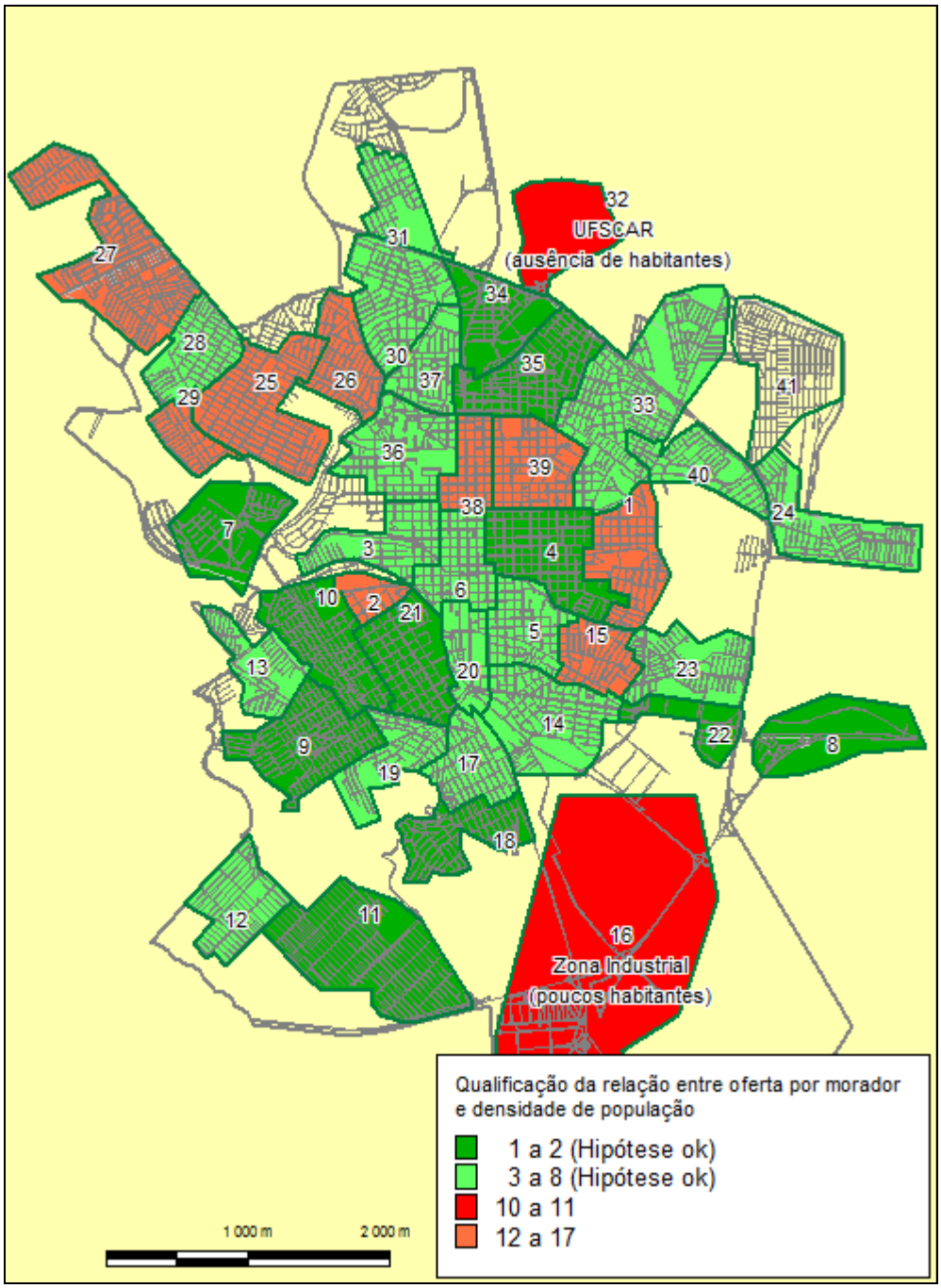


Figura 5.6 Relação entre oferta de espaço viário por habitante e densidade de população

Observa-se que:

- 29 zonas (73%) não refutam a hipótese (em verde), são 4 zonas com densidade de população baixa e oferta relativa por morador alta (classificação 1); e 7 zonas com densidade de população alta e oferta relativa por morador baixa (classificação 2);

- 11 zonas (27%) refutam a hipótese, das quais:
    - 2 zonas com oferta relativa por morador baixa e densidade populacional baixa (classificação 11). Não há zonas com oferta relativa por morador alta e densidade populacional baixa alta (classificação 10). A zona 16 tem características industriais, enquanto que a zona 32 é composta principalmente pela UFSCAR conforme análise do uso solo anterior.
    - 9 zonas correspondendo às classificações 12 a 17, conforme descrito abaixo:

As 4 zonas com classificação 17 são todas de tendência residencial. São zonas que contem algumas indústrias ou espaços verdes. A observação da renda média domiciliar destas zonas mostra que nestes setores, elas são abaixo da média em São Carlos (3 salários mínimos), o que poderia justificar uma demanda por espaço viário menor.

As 3 zonas com classificação 13 são diversas:

- A zona 38 inclui a rodoviária, o que justifica uma oferta por espaço viário alta;
- A zona 29, periférica, é cercada por vias de acesso local, o que aumenta a oferta por morador;
- A zona 2 tem um espaço grande ainda não construído, o que pode trazer modificações nos resultados.

Finalmente, zonas com usos do solo específicos, com espaços verdes ou industriais e baixas densidades populacionais não significam necessariamente que terão altas ofertas de espaço viário.

Segundo dados deste trabalho, pode-se considerar a hipótese (1) como não refutada: A oferta de espaço viário por morador decresce com o aumento da densidade populacional.

5.1.4. DEMANDA DE ESPAÇO-TEMPO POR VEÍCULO

5.1.4.1. Em estacionamento

Aplicando o cálculo de D_{et} para um veículo em estacionamento, é possível realizar alguns cálculos representativos:

Conforme equação (14) e o dimensionamento de 11,7 m² para uma vaga (subseção

4.3), durante 8 horas de estacionamento, um veículo demanda

- D_{et} = 1 (vaga) x 11,7 (m²) x 8 (h) = 93,6 m².h

Um veículo sem uso que estaciona no espaço público durante o período de um mês precisa de

- D_{et} = 1 (vaga) x 11,7 (m²) x 30 (dias) x 24 (h) = 8 424 m².h

Assim, por mês, a demanda de espaço é equivalente ao espaço necessário para um campo de futebol de 7000 m² durante 90 minutos (10500 m².h) ou 6 vagas para bicicletas durante um mês.

5.1.4.2. Em circulação

D_{et} é calculada para os dois valores do coeficiente de atrito f1(regressão linear) e f2 (regressão polinomial)

Combinando (19) e (21), obtém-se, para f1 :

$$D_{et} = \left[\frac{11,7}{v} + 1,82 + \frac{1,014.10^{-2}}{-0,0013\,v + 0,4211}\,v \right] . \frac{\delta x}{10^3} \qquad (30)$$

Combinando (19) e (22), obtém-se, para f2 :

$$D_{et} = \left[\frac{11,7}{v} + 1,82 + \frac{1,014.10^{-2}}{0.4993 - 0.0038v + 2.10^{-5}v^2}\,v \right] . \frac{\delta x}{10^3} \qquad (31)$$

A Tabela 5.3 apresenta resultados relativos à velocidade média, coeficiente de atrito e demanda espaço tempo para um quilômetro percorrido:

Tabela 5.3 Demanda de espaço.tempo em função da velocidade

Vmédia (km/h)	f1	f2	Det 1 (linear)	Det 2 (polinomial)
5	0,41	0,48	4,3	4,3
10	0,41	0,46	3,2	3,2
20	0,40	0,43	2,9	2,9
30	0,38	0,40	3,0	3,0
40	0,37	0,38	3,2	3,2
50	0,36	0,36	3,5	3,5
60	0,34	0,34	3,8	3,8
70	0,33	0,33	4,1	4,1
80	0,32	0,32	4,5	4,5
90	0,30	0,32	5,0	4,8
100	0,29	0,32	5,4	5,1
110	0,28	0,32	5,9	5,4
120	0,27	0,33	6,5	5,6

De forma gráfica, estabelece-se a evolução da demanda de espaço.tempo por quilômetro percorrido (Figura 5.7):

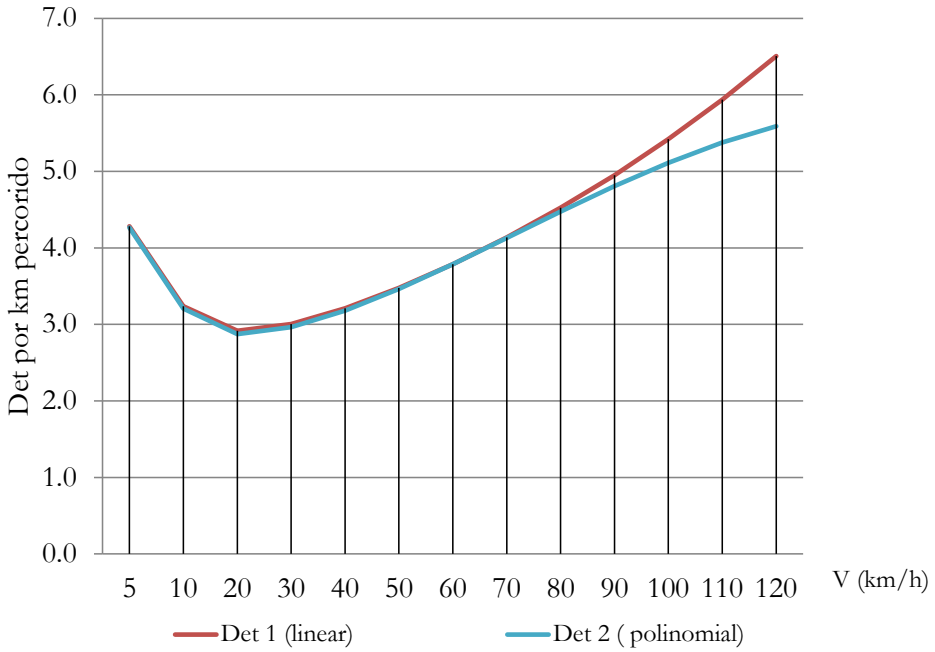


Figura 5.7 Demanda de espaço.tempo para um quilômetro percorrido

Observa-se que abaixo de 80 km/h, o tipo de regressão não influencia os resultados

de demanda por espaço-tempo. Portanto, propõe-se adotar o valor de regressão linear para o coeficiente de atrito f.

Finalmente, a demanda dinâmica varia com a velocidade e é mínima em torno de 20km/h. Observando a Figura 5.7, verifica-se que:

- A 20 km/h, um automóvel precisa da metade de espaço em relação a outro automóvel a 100 km/h;
- Nas velocidades baixas, menos de 10 km/h, um automóvel tem uma demanda 50% maior do que a 20 km/h, devido ao tempo parado na rede viária.
- Considerando agora uma ida e volta a 10km de distância no horário de pico (por exemplo ida no pico da manhã e volta no pico da tarde) a uma velocidade de 15,5 km/h, a demanda por espaço em circulação seria de 58m².h, mais de 3 vezes o valor de 18m².h, calculado por Vasconcellos (2008).

A partir destes cálculos individuais, é possível estabelecer algumas comparações entre as demandas em estacionamento e circulação:

- Estacionar 8 horas é equivalente a circular 3,5km a 50km/h;
- Circular 2 km a 100km/h é equivalente a estacionar durante uma hora;
- Circular 1 hora a 15,5km/h é equivalente a estacionar durante 3,5h (45 m².h);
- Considerando uma ida e volta para o trabalho, a 10 km de distância, e com 8 horas de estacionamento, a demanda global é de 122,6 m².h, com 76% do espaço-tempo destinado para o estacionamento.

Desta forma, pode-se observar que a demanda em estacionamento é muito alta em relação à demanda em circulação, sobretudo levando-se em conta as velocidades médias em zonas urbanas, que são relativamente baixas.

5.2. DETERMINAÇÃO E ANÁLISE DA OCUPAÇÃO DA ZONA 6

Conforme o método deste trabalho, realiza-se o estudo da Zona 6, onde são conhecidas as ofertas e demandas, tanto em circulação quanto em estacionamento.

5.2.1. OFERTA POR ESPAÇO-TEMPO

Para determinar a distribuição entre a oferta para circulação e estacionamento, utilizam-se as informações georreferenciadas sobre oferta global de espaço viário, e os dados de estacionamento da Zona Azul.

Na zona 6, estima-se por proporcionalidade com a área e o número de vagas da Zona Azul, 2100 vagas de estacionamento lateral, conforme Tabela 5.4.

Tabela 5.4 Estimativa do número de vagas da Zona 6

	Area (m²)	Num. vagas
Area Azul	767 867	2 023
Zona 6 (centro)	739 888	2 100

Considerando o dimensionamento padrão de 11,7 m² por vaga, obtém uma oferta absoluta de 26 244 m², conforme Tabela 5.5.

Tabela 5.5 Informações gerais de oferta da Zona 6

Area total (m²)	739 889 m²	
Area Viária (m²)	127 582 m²	
Area estacionamento (m²)	24 564 m²	19,3% da área viária
Area circulação (m²)	103 018 m²	80,7% da área viária

Observe-se que quase $^{1}/_{5}$ deste espaço é destinado ao estacionamento público. O restante é destinado à circulação.

Este espaço grande para o estacionamento no centro explica-se por conter zonas de grande atração de viagens durante o dia. Apresenta-se o resultado do cálculo da oferta por espaço tempo na Tabela 5.6.

Tabela 5.6 Síntese da oferta por espaço-tempo em função do período considerado na Zona 6

	Circulação	Estacionamento
Oferta absoluta (m²)	103 018 m²	24 564 m²
Pico 7-8h	103 018 m².h	24 564 m².h
Fora Pico 10-11h	103 018 m².h	24 564 m².h
24 horas	2 472 428 m².h	589 540 m².h

5.2.2. DEMANDA POR ESPAÇO- TEMPO DA ZONA 6

5.2.2.1. Demanda em circulação da zona 6

A partir dos resultados da alocação do tráfego e do uso da ferramenta "Overlay" do SIG Mapinfo (agrupamento dos tramos por zona), constrói-se então a tabela das demandas por espaço-tempo para as viagens interzonais, nos 3 períodos identificados: 7-8h, 10-11h e 24h (Tabela 5.7). A Tabela 5.7 apresenta as características dos tramos (comprimento), as velocidades médias nos três períodos, os valores de coeficientes de atrito, os valores das demandas dinâmicas, fluxos por tramo e valores das demandas por espaço.tempo (exemplo para quatro tramos).

Tabela 5.7 Extratos de resultados de D_{et} por tramo nos três períodos de estudo

Características físicas tramos			Velocidade média (km/h)			Coeficiente Atrito f1		
ID_tramo	ID_Zona	L (m)	V pico	V fora pico	V24h	f pico	f fora pico	f 24h
1	5	50,4	15,5	30	22,6	0,40	0,38	0,39
2	5	99,4	15,5	30	22,6	0,40	0,38	0,39
3	5	89,6	15,5	30	22,6	0,40	0,38	0,39
3	6	11,1	15,5	30	22,6	0,40	0,38	0,39

Demanda Dinâmica 1 (m².h)			Fluxos por tramo			Demanda por Espaço-tempo(m².h)		
DD pico	DD fora pico	DD 24h	7h	10h	24h	7h	10h	24h
46	90	66	46		409	7		60
46	90	66	17		147	5		43
46	90	66	17		147	5		39
46	90	66	17		147	1		5

Conforme os cálculos teóricos do Coeficiente de atrito e da Demanda Dinâmica, a cada velocidade média correspondem valores diferentes de f e DD, e então da Demanda por espaço-tempo D_{et}. Nota-se que nos tramos que não recebem fluxos no modelo de alocação, D_{et} é nula.

Somando estes resultados ao cálculo das D_{et} intrazonais, na escala da área urbana de São Carlos, obtém-se os valores de Det totais, apresentados na Tabela 5.8.

Tabela 5.8 Demanda por espaço-tempo em circulação da zona 6

Periodo	Det Intra (m².h)	Det Inter (m².h)	Det total (m².h)
Pico 7-8h	4 m².h	3 758 m².h	3 762 m².h
Fora Pico 10-11h	4 m².h	1 275 m².h	1 279 m².h
24 horas	54 m².h	27 109 m².h	27 162 m².h

Observe-se que no horário de pico, a demanda por espaço em circulação chega a quase 1/8 das demandas durante um dia inteiro, o que corresponde ao percentual de

viagens numa hora de pico em relação às viagens diárias. Por outro lado, a demanda por espaço no horário de pico chega a quase 3 vezes a demanda fora do horário de pico, em coerência também com a repartição dos volumes diários de tráfego.

Tais resultados demonstram a relação direta entre volume de tráfego e demanda por espaço-tempo em circulação.

Outro resultado é que as demandas intrazonais são fracas (54m².h em 24h) em relação às demandas interzonais (27109m².h em 24h). Certamente por que as distâncias menores (internas às zonas) em São Carlos são realizadas com outro modo de transporte (a pé ou bicicleta, por exemplo).

5.2.2.2. Demanda em estacionamento da zona 6

Em estacionamento, analisa-se o tempo de uso das vagas de estacionamento da Zona Azul, conforme procedimento mencionado no capítulo anterior. Por proporcionalidade com as áreas da Zona Azul e da zona 6, somando todas as demandas por espaço-tempo em estacionamento, obtém-se os resultados apresentados na Tabela 5.9.

Tabela 5.9 Levantamento de demanda por espaço-tempo das vagas da Zona Azul (Zona 6)

HORÁRIO	Tempo	Núm. carros com tiquete	Núm. carros sem tiquete	Núm de caros total	Det Zona Azul (m².h)	Det Zona 6 (m².h)
9h-10h	1 h	366	180	546	6 388	6 155
10h-12h	2 h	378	146	524	12 262	11 815
12h-14h	2 h	335	222	557	13 034	12 559
14h-16h	2 h	420	213	633	14 812	14 272
16h-18h	2 h	439	236	675	15 795	15 219
	Total	**1938**	**997**	**2 935**	**62 291**	**60 021 m².h**

Para poder comparar o período de uma hora com os períodos de 2 horas, apresentam-se na Figura 5.8 as demandas horárias por espaço:

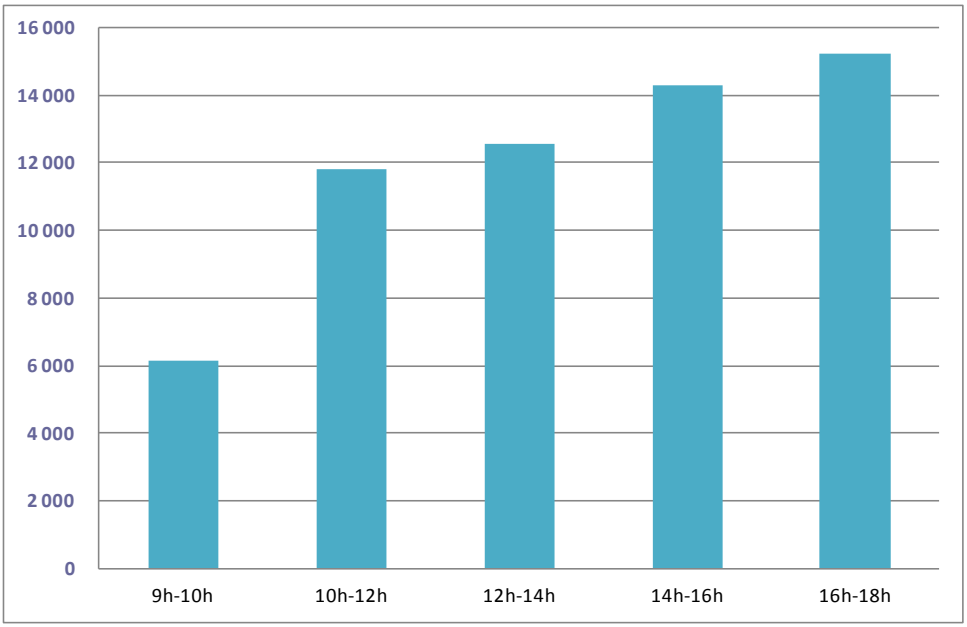


Figura 5.8 Evolução da demanda por espaço-tempo horária em estacionamento

Pode-se observar uma demanda por espaço globalmente crescente durante o dia. É provável que as atividades comerciais de proximidade, os locais de trabalho (escritórios), serviços públicos, junto com a rotatividade do estacionamento durante o dia inteiro incentivem este tipo de funcionamento.

Tal uso misto permite manter um uso do estacionamento racional durante o dia, considerando que os motivos citados gerem demandas em horários distintos e complementares (escritórios e serviços públicos no meio do dia, atividades comerciais no início e no fim do dia).

5.2.2.3. Comparação entre as demandas em circulação e estacionamento da zona 6

A partir das informações coletadas e das análises realizadas, estabelece-se a comparação entre as demandas espaço.tempo em estacionamento e circulação, conforme Tabela 5.10.

Tabela 5.10 Percentual de demanda por espaço-tempo em estacionamento na Zona 6 em relação à demanda global

Periodo	Det estac.	Det circ.	Det total	% estac.
fora de pico	6 131 m²	1 279 m²	7 410 m²	83%
hora de pico	7 898 m²	3 762 m²	11 659 m²	68%

Observe-se, conforme hipótese (2), que no centro (zona 6), a demanda de espaço em

estacionamento é muito maior do que a demanda em circulação. O cálculo do percentual de Det em estacionamento em relação à Det global apresentado na última coluna (% estac.) mostra que a demanda Det em estacionamento varia de 83% da demanda global fora o horário de pico a 68% no horário de pico.

Nota-se que, por ser de uso do solo predominantemente comercial, a zona 6 cria uma grande demanda em estacionamento, o que explica tal valores de demanda por espaço-tempo.

5.2.3. OCUPAÇÃO POR ESPAÇO DA ZONA 6

Conforme definição dos indicadores, a Ocupação por espaço Oc é definida com sendo a razão entre a Demanda (D_{et}) e a Oferta (O_{et}) por espaço-tempo.

5.2.3.1. Ocupação em circulação da zona 6

A partir dos resultados de Oet e Det é apresentada uma síntese dos resultados. A Tabela 5.11 traz uma síntese dos resultados para a zona 6 de São Carlos. Oet ociosa representa a oferta subtraída da demanda, as colunas "Equiv Estac", "Equiv Fut" e "Equiv bici" mostram respectivamente a sua equivalência em número de vagas de estacionamento (12,5 m²), de campos de futebol (7000 m²) e de vagas para bicicletas de 2m².

Tabela 5.11 Ocupação por espaço em circulação

Periodo	Oet (m².h)	Det (m².h)	Oc (%)	Oet ociosa (m².h)	Equiv Estac	Equiv Fut	Equiv bici
Pico 7-8h	103.018 m².h	3.762 m².h	**3.7%**	99.256	7.940	14	49.628
Fora Pico 10-11h	103.018 m².h	1.279 m².h	**1.2%**	101.739	8.139	15	50.869
24 horas	2.472.428 m².h	27.162 m².h	**1.1%**	2.445.266	8.151	15	50.943

Observa-se primeiro que a Ocupação por espaço é muito baixa (entre 1,1% e 3,7%), mais especificamente considerando horários com menos trânsito (fora de pico: 1,3%, e 24h: 1,1%)

Isso significa um grande desequilíbrio entre a demanda por espaço-tempo ($2{,}7 \times 10^4$ m².h) e a oferta por espaço ($2{,}5 \times 10^6$ m².h).

Efetivamente, o espaço ocioso (O_{et} ociosa) ilustra o espaço que não está sendo utilizado para cada período. Desta forma, qualquer que seja o horário, fica sem uso um espaço equivalente a pelo menos:

- **8 000 vagas** de estacionamento;
- **14 campos de futebol**;

- **50 000 vagas para bicicletas**;
- **13,5%** da Zona 6.

A ocupação no horário de pico é, conforme a quantidade de viagens realizadas, quase 3 vezes maior que a ocupação fora do horário de pico.

Analisando o resultado no período de 24 horas, observe-se que a ocupação é equivalente à ocupação do horário fora de pico, devido ao número de viagens menor durante 18h deste período.

Como o trânsito por automóvel de São Carlos é de forma geral fluido, mesmo nos horários de pico, a ocupação é fraca, mesmo nestes horários.

Olhando detalhadamente o tramo mais carregado da zona 6 (tramo 3056), pode-se entender melhor este resultado. O tramo 3056 situa-se na Rua Episcopal, tem uma área para circulação de 400m². Os resultados de Oferta, Demanda e Ocupação são descritos da Tabela 5.12:

Tabela 5.12 Ocupação por espaço do tramo 3056 (Rua Episcopal)

Periodo	Fluxo veículos	Oet (m².h)	Det (m².h)	Oc (%)
Pico 7-8h	399	400 m².h	117 m².h	29,3%
Fora Pico 10-11h	207	400 m².h	54 m².h	13,5%
24 horas	3577	9 600 m².h	964 m².h	10,0%

Observa-se que, mesmo sendo o tramo mais carregado da rede viária, conforme o modelo Tudo/Nada, a ocupação por espaço-tempo fica relativamente baixa (29,3%). No horário fora de pico, a ocupação chega a ser metade deste valor.

Finalmente, considerando a zona 6 do centro da cidade, apesar dela ser mais densa, identifica-se como pouco sustentável em termos de uso do espaço viário. Se algumas vias são pontualmente carregadas em termos de fluxo veicular (congestionamentos), a análise do espaço viário global mostra um espaço viário superdimensionado, onde a ociosidade das vias não é compensada pelo carregamento das vias principais.

Finalmente, confirma-se a hipótese (2) que a ocupação de espaço cresce com a velocidade e é irregular no tempo e no espaço.

5.2.3.2. Ocupação em estacionamento da zona 6

A Tabela 5.13 apresenta os resultados de ocupação para estacionamento na zona 6, por proporcionalidade com a Zona Azul.

Tabela 5.13 Cálculo de ocupação das vagas da zona 6

HORÁRIO	Tempo	Núm de caros total	Oet (m².h)	Det (m².h)	Oc (%)
9h-10h	1 h	546	14 742	6 388	**43%**
10h-12h	2 h	524	29 484	12 262	**42%**
12h-14h	2 h	557	29 484	13 034	**44%**
14h-16h	2 h	633	29 484	14 812	**50%**
16h-18h	2 h	675	29 484	15 795	**54%**
	Total	**2 935**	**132 678**	**62 291**	**47%**

O significado das colunas é o seguinte:

- *Horário e tempo*: os horários e os intervalos de tempo respectivamente considerados nos levantamentos de ocupação
- *Núm de caros total*: Número de carros estacionados na Zona Azul
- *Oet*: O produto entre o número total de vagas da Zona 6 e o tempo considerado, ou seja, a oferta por espaço-tempo
- *Det*: O produto entre o número de vagas ocupadas da Zona 6 e o tempo considerado, ou seja, a demanda por espaço-tempo
- *Oc*: Relação entre Demanda e Oferta, ou seja, a Ocupação por espaço-tempo em estacionamento. O total corresponde à ocupação média.

Observe-se que menos da metade do espaço-tempo é usado. Esta ocupação baixa explica-se pelo funcionamento rotativo da Zona 6 com muitas vagas livres, devido às saídas e entradas de veículos frequentemente.

Observe-se, então, que o fato do estacionamento ser regulamentado cria um uso racional do estacionamento, e garante ao cidadão a possibilidade de estacionar sem procurar muito tempo uma vaga, limitando assim o impacto no trânsito.

Lembrando que este resultado de 47% superestima a ocupação por espaço, nota-se que o número de vagas é certamente superdimensionado em relação à demanda, dentro das condições tarifárias atuais.

Desta forma, é possível, a partir de um espaço desvalorizado de estacionamento gratuito, onde os veículos estacionam o dia todo, disponibilizar aos poucos espaços de estacionamento para espaços públicos com impactos mais sustentáveis, tal como melhoria das calçadas, dos pontos de ônibus, das ciclofaixas, etc.

De forma progressiva, o funcionamento rotativo permite tais benefícios, se regulado e fiscalizado de maneira eficiente. No caso de São Carlos, a cobrança do

estacionamento parece viabilizar esta fiscalização, através da contratação de funcionários. Isso tudo, mantendo-se o direito de estacionar no centro da cidade.

5.3. DETERMINAÇÃO E ANÁLISE DA OCUPAÇÃO POR ESPAÇO NA ÁREA URBANA EM CIRCULAÇÃO (DEMAIS ZONAS DE TRÁFEGO)

5.3.1. OFERTA POR ESPAÇO-TEMPO DA ÁREA URBANA

Conforme mencionado anteriormente, devido à ausência de informação sobre o espaço dedicado ao estacionamento na área urbana de São Carlos, define-se, nesta seção, a oferta de espaço viário como a oferta em circulação.

Portanto, a oferta por espaço-tempo durante uma hora é igual à oferta absoluta por espaço viário, e a oferta por espaço-tempo durante um dia inteiro é igual ao produto do mesmo valor por 24 horas.

A partir do procedimento de cálculo da área viária explícito no método (seção 4.2) apresenta-se o resultado do cálculo da oferta por espaço tempo na Tabela 5.14.

Tabela 5.14 Síntese da oferta por espaço-tempo em função do período

Oferta absoluta (m²)	6 031 501 m²
Pico 7-8h	6 031 501 m².h
Fora Pico 10-11h	6 031 501 m².h
24 horas	144 756 034 m².h

5.3.2. DEMANDA POR ESPAÇO-TEMPO EM CIRCULAÇÃO DA ÁREA URBANA

Aplicando a mesma técnica desenvolvida para a zona 6, os 3 períodos estudados (7h, 10h, e 24h) mostraram resultados diferentes, conforme a Tabela 5.15.

Tabela 5.15 Síntese das demandas globais em função do período considerado

Periodo	Det Intra (m².h)	Det Inter (m².h)	Det total (m².h)
Pico 7-8h	38 m².h	50 820 m².h	50 858 m².h
Fora Pico 10-11h	7 m².h	11 493 m².h	11 500 m².h
24 horas	525 m².h	376 221 m².h	376 746 m².h

Este resultado significa que no horário de pico (7h, 50858 m².h), a demanda por espaço é quase 5 vezes maior do que a demanda fora do horário de pico (10h, 11 500 m².h). O mapa de distribuição espacial da demanda em 24 horas (Figura 5.9) mostra que:

- As maiores demandas por espaço acontecem nas zonas centrais de São Carlos, em coerência com a presença de pólos de produção e atração de viagens;

- No centro (6, 20, 38 etc.), a demanda por espaço chega a ser 3 vezes maior do que nas zonas periféricas (11, 12, 31,41, etc.).

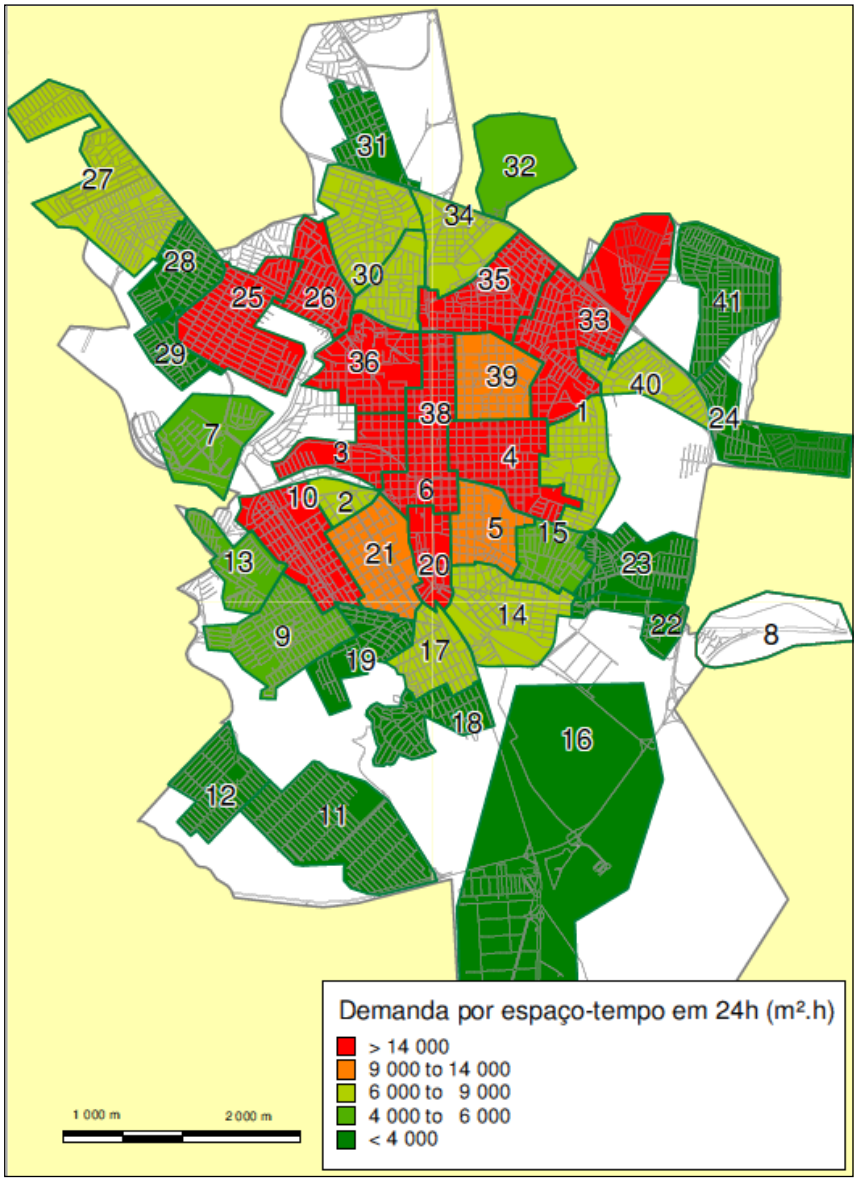


Figura 5.9 Demanda por espaço-tempo em 24 horas

Estes resultados aplicam-se também no horário de pico e fora de pico, conforme os mapas apresentados nos anexos deste documento.

5.3.3. OCUPAÇÃO POR ESPAÇO DA ÁREA URBANA

A Tabela 5.16 traz uma síntese dos resultados para a zona urbana de São Carlos.

Tabela 5.16 Síntese das ocupações em função do período considerado

Periodo	Oet (m².h)	Det (m².h)	Oc (%)	Oet ociosa (m².h)	Equiv Estac	Equiv Fut	Equiv bici
Pico 7-8h	6.031.501 m².h	50.858 m².h	**0.84%**	5.980.643	478.451	854	2.990.322
Fora Pico 10-11h	6.031.501 m².h	11.500 m².h	**0.19%**	6.020.001	481.600	860	3.010.001
24 horas	144.756.034 m².h	376.746 m².h	**0.26%**	144.379.288	481.264	859	3.007.902

Assim, da mesma forma que na zona 6, observa-se primeiro que a Ocupação por espaço é muito baixa (entre 0,19% e 0,84%).

Isso significa um grande desequilíbrio entre a demanda por espaço-tempo ($51x10^3$ m².h no pico 7-8h) em relação a grande oferta por espaço ($6x10^6$ m².h no pico 7-8h). Independente do horário fica sem uso um espaço equivalente a:

- **480 000 vagas** de estacionamento;
- **860 campos de futebol**;
- **3 000 000 vagas para bicicletas;**
- **12,7% da área urbana**.

A ocupação no horário de pico é, conforme a quantidade de viagens realizadas, quase 3 vezes maior que a ocupação fora do horário de pico.

O trânsito por automóvel de São Carlos é predominantemente fluido, mesmo nos horários de pico, explicando uma ocupação baixa, mesmo no horário de pico.

Conforme o mapa da ocupação por espaço tempo no horário de pico (Figura 5.10) observe-se que:

- As maiores ocupações por espaço acontecem nas zonas centrais de São Carlos, em coerência com a presença de pólos de atração e produção de viagens, como também na zona 32, onde a UFSCAR atrai uma grande demanda por espaço no horário de pico;
- No centro (6, 20, 38, etc.), a ocupação por espaço chega a ser 5 a 15 vezes maior do que nas zonas periféricas (11, 24, 27, 28, 29, etc.).

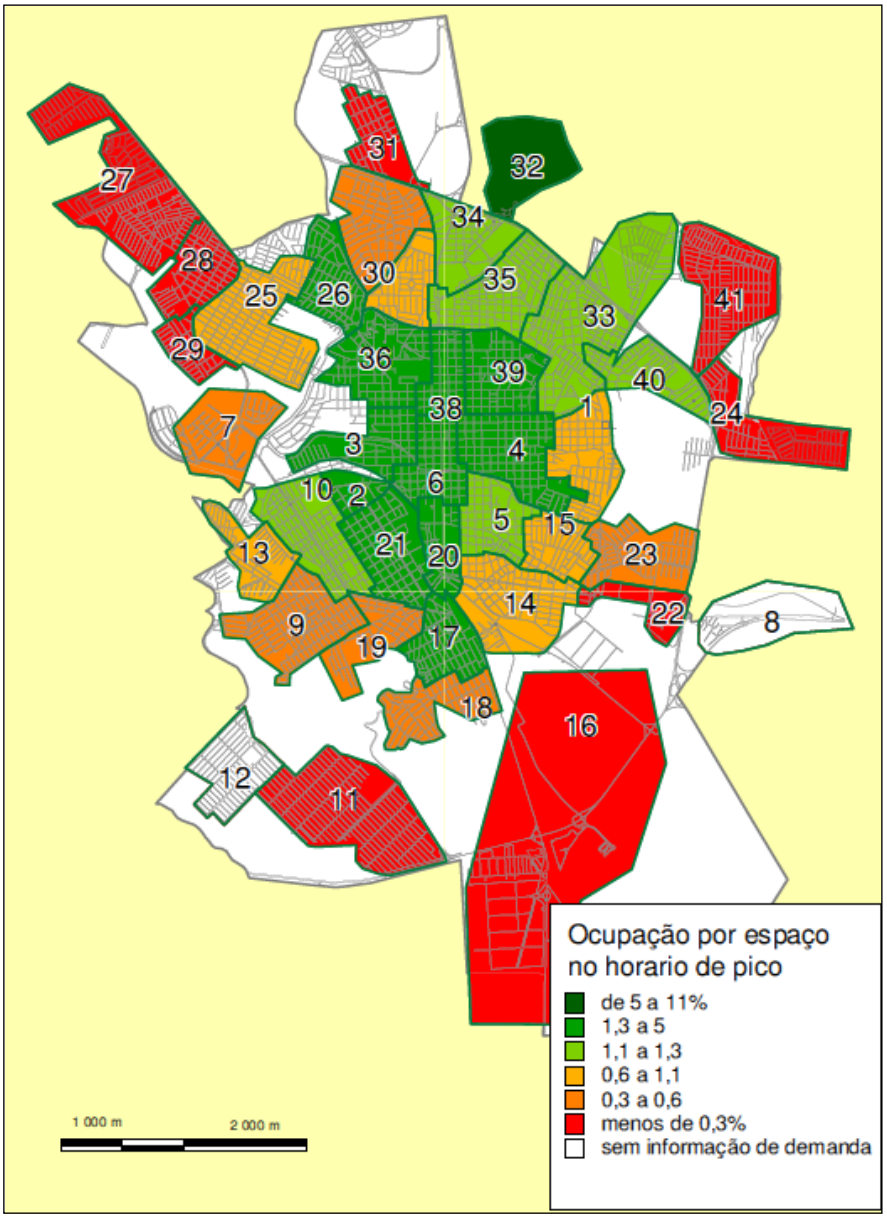


Figura 5.10 Ocupação por espaço-tempo no horário de pico

Analisando estes resultados no horário fora de pico, na Figura 5.11, confirma-se que a ocupação é muito menor (máximo de 1,3%), e que as baixas ocupações acontecem não somente nas zonas periféricas, mas em zonas mais próximas ao centro (zonas laranjas e vermelhas: 1, 5, 14, 15, etc.).

A zona 32 da UFSCAR apresenta uma ocupação 20 vezes menor no horário de pico, devido ao volume muito menor de viagens neste horário.

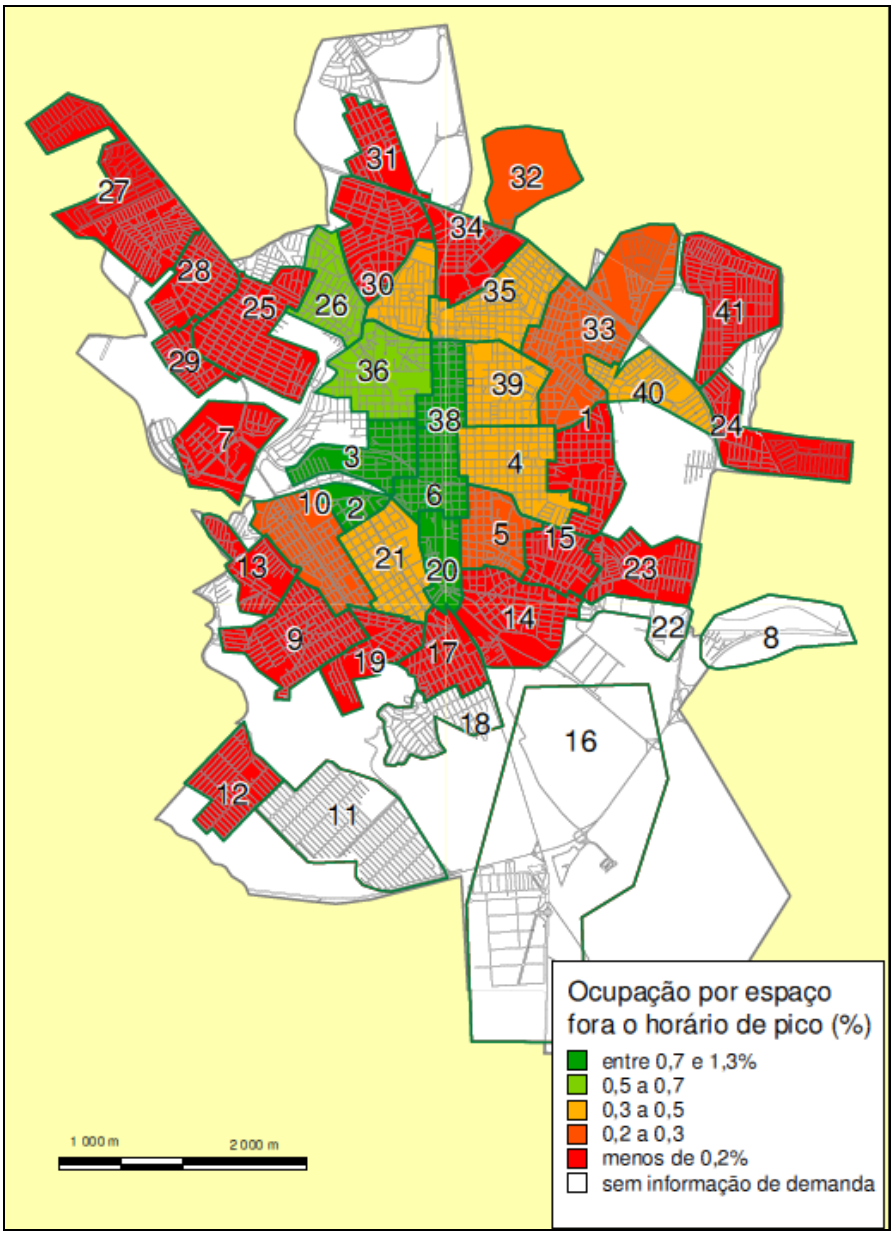


Figura 5.11 Ocupação por espaço.tempo no horário entre-picos

Num período de 24 horas, conforme Figura 5.12 observe-se que a ocupação por espaço tem valores similares ao horário fora de pico.

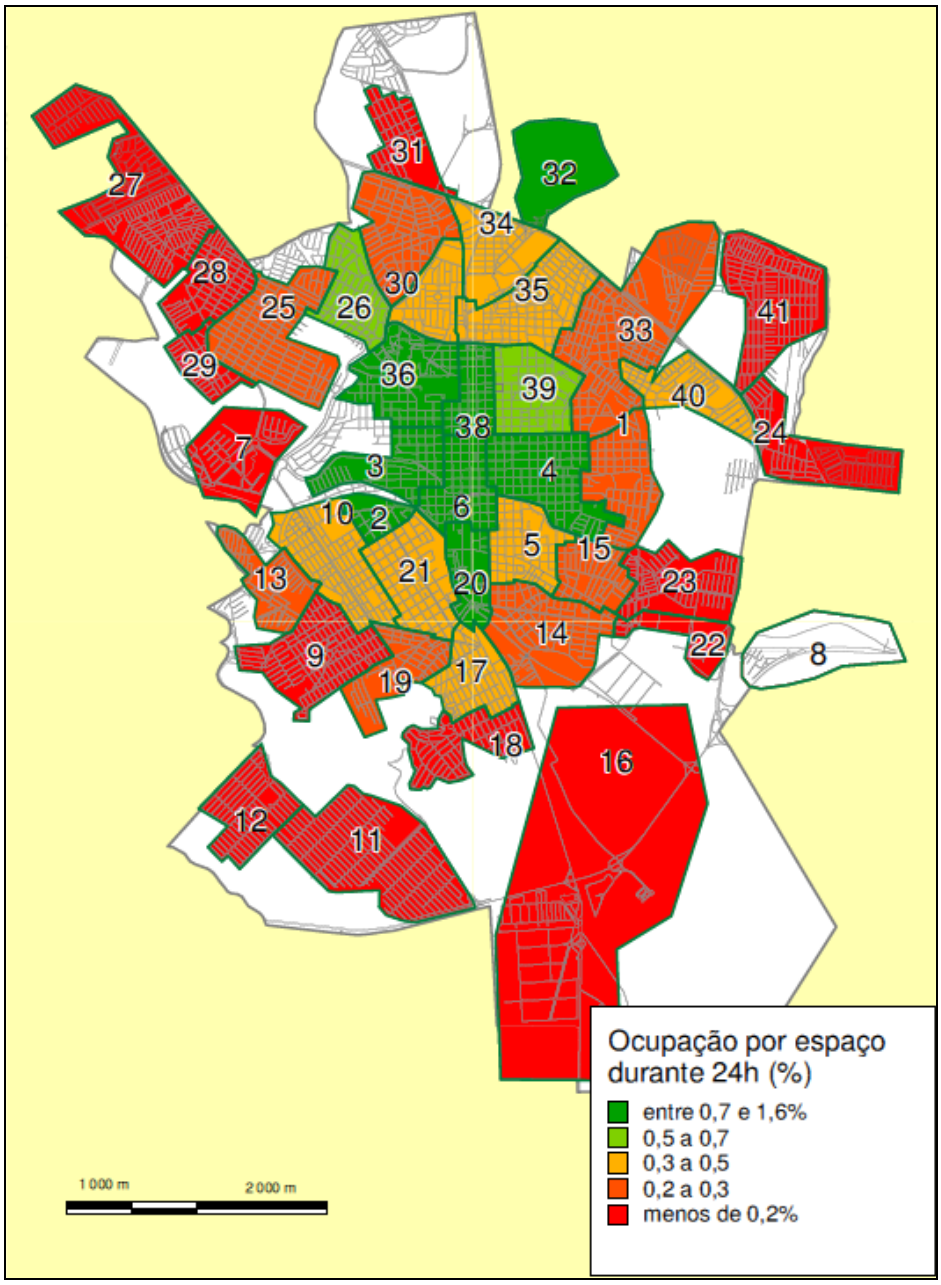


Figura 5.12 Ocupação por espaço.tempo durante 24 horas

Finalmente, nas vias que não recebem os grandes fluxos da cidade, identifica-se uma grande ociosidade do espaço público dedicado ao automóvel em circulação, independente do horário. A necessidade de conexões viárias na cidade cria um superdimensionamento do espaço viário global. O dimensionamento das vias secundárias é padrão e realizado com a largura de um veículo (até o ponto de saturação do trânsito numa faixa, raramente atingido em São Carlos), boa parte das vias deste tipo é subocupada. A rigidez física das vias e seu necessário dimensionamento no horário de pico dificulta a adequação da oferta com a demanda por espaço.

Desta forma, a hipótese (4) não pode ser refutada. A oferta de espaço público para automóvel é superdimensionada em relação à demanda, ou seja, a ocupação é ineficiente, tanto para o estacionamento, quanto para a circulação.

6. CONCLUSÕES

6.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho, de caráter exploratório e inédito, trata do desenvolvimento de um método para analisar a ocupação de espaço dedicado ao automóvel. O método proposto permite uma análise detalhada da ocupação de espaço, podendo ser empregado como auxiliar ao planejamento urbano.

Este tema de estudo ainda está em fase inicial, considerando o número reduzido de estudos de caso analisados pelo mundo e no Brasil, o que sugere certo cuidado na análise dos resultados.

Apesar de pouca informação nas referências estudadas, pode-se estimar que a oferta de espaço relativa ao espaço urbano está quase no nível de oferta das cidades europeias ou de São Paulo, porém muito abaixo das cidades norte-americanas, considerando tanto o centro da cidade, quanto a periferia.

Observe-se que o tipo de uso do solo possivelmente tem um impacto na oferta relativa de espaço viário. As zonas centrais oferecem um espaço viário maior, em coerência com as necessidades de mobilidade devido à localização central de diversas atividades. No caso estudado, a oferta de espaço viário por morador decresce com o aumento da densidade de população e com a diversificação do uso do solo, conforme hipótese (1) enunciada. A maior parte das zonas vizinhas ao centro oferece menos espaço viário, contudo as zonas mais distantes têm espaços viários maiores.

As maiores demandas por espaço acontecem nas zonas centrais de São Carlos, em coerência com a presença de pólos de produção e atração de viagens. No centro, a demanda por espaço chega a ser 3 vezes maior do que nas zonas periféricas.

Mostra-se que a velocidade dos automóveis tem um impacto forte na demanda por espaço, que é mínima em torno de uma velocidade de 20 km/h. A 100 km/h, um automóvel precisa do dobro de espaço em relação a 20 km/h (hipótese 2).

A demanda por espaço em estacionamento é muito alta em relação à demanda em circulação, nas velocidades médias em zonas urbanas, o que valida a hipótese (3). Por outro lado, a oferta por espaço em estacionamento é muito grande no centro, o que se explica por sua natureza de atração de viagens durante o dia.

A ocupação por espaço também é alta nas baixas ou altas velocidades. Conforme hipótese (2), a ocupação por espaço cresce com velocidade, a partir de 20km/h, e é irregular no tempo e no espaço.

Em circulação, observa-se que a ocupação por espaço é muito baixa na área urbana de São Carlos (entre 1,1% e 3,7%), mais especificamente considerando horários com menos trânsito (fora de pico: 1,3%, e em 24h: 1,1%).

Apesar da existência de algumas vias pontualmente carregadas em termo de fluxo veicular, a análise do espaço viário global mostra um espaço viário superdimensionado, onde a ociosidade das vias não é compensada pelo carregamento das vias principais. A necessidade de conexões viárias na cidade juntamente com a rigidez física das vias cria um superdimensionamento do espaço viário global.

Desta forma, a hipótese (4) também não é refutada: A oferta de espaço público para automóvel é superdimensionada em relação à demanda, ou seja, a ocupação é ineficiente, tanto para o estacionamento, quanto para a circulação.

Independentemente do tempo considerado, são cerca de 12,7% da área urbana e mais de 99% do espaço-tempo viário que ficam sem uso. Isso se traduz por um espaço ocioso equivalente ao estacionamento de cerca de três milhões de bicicletas, pressupondo que o custo para a cidade desta baixa ocupação seja grande em relação aos benefícios para todos os moradores.

Em termos de sustentabilidade, o espaço viário unifuncional se justifica cada vez menos nas cidades, onde as pessoas têm o direito a espaços públicos de qualidade e democráticos.

A falta de planejamento do espaço viário impediu a criação de espaços para modos de transporte sustentáveis, menos consumidores de espaço, que são, por exemplo, a bicicleta o a caminhada.

Este desperdício de espaço urbano pode ser reduzido com modelos de desenvolvimento urbano que diminuam as demandas por deslocamento ou aumentem o desempenho das vias existentes, sobretudo nos horários de pico, graças a medidas de operação de trânsito, por exemplo. Isso permite sair da lógica sistemática de aumento da oferta viária e de degradação do espaço urbano. Políticas urbanas poderiam ser implementadas para melhor ocupação da rede viária:

- O estacionamento rotativo eficiente permite, a partir de um espaço

desvalorizado de estacionamento gratuito, facilitar o desenvolvimento de espaços públicos com impactos mais sustentáveis, de forma progressiva, e mantendo-se o direito de estacionar no centro da cidade.

- A partir de modelos de desenvolvimento urbano que aumentem o desempenho das vias existentes, com adensamento equilibrado da população, promoção dos modos de transporte alternativos ao automóvel, aproximação dos pólos de geração viagens, e diminuição dos valores de velocidades regulamentares e praticadas, é possível manter um serviço de transporte satisfatório respondendo às demandas.

- Existem também técnicas em fase de estudo que reduzem a demanda dinâmica por veículo, como o sistema de trem de automóveis, onde o controle da distância entre os veículos é automatizado, mantendo boas condições de segurança.

- Outra proposta é a diminuição da amplitude dos picos de demanda e assim repartição das demandas em períodos maiores, para evitar um superdimensionamento das infraestruturas (ligado à consideração exclusiva dos horários de pico). Isso seria possível modificando os horários de trabalho, por exemplo, adiantando / atrasando os horários de setores administrativos que podem gerar muitas viagens sem necessidade de atender clientes.

6.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugerem-se, finalmente, algumas contribuições futuras para este tipo de trabalho.

- A equação da distância Inter veicular, estabelecida para projetos rodoviários, poderia ser melhor desenvolvida considerando critérios específicos do meio urbano (interações com usuários não motorizados, coeficiente de atrito em baixas velocidades, etc.). Por outro lado, esta equação admite que os motoristas tenham um conhecimento e respeitem as distâncias de segurança, o que, na prática, é pouco provável.

- No que tange à velocidade dos automóveis, seria pertinente pesquisar uma possível velocidade urbana ideal, considerando diversas variáveis, como por exemplo, o nível de serviço, a ocupação por espaço ou a segurança.

- Uma análise que levasse em conta as demandas de espaço por indivíduo em

função do modo de transporte usado deveria mostrar resultados ainda mais interessantes, considerando a taxa de ocupação muito baixa dos automóveis.

- Em relação ao estacionamento, seria necessário realizar um levantamento de todas as vagas nas ruas da cidade, e também prever pesquisas de rotatividade em estacionamento com levantamento das placas de identificação dos automóveis a cada 10 ou 15 minutos. Isso permitiria também uma aproximação melhor da oferta por espaço em circulação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO. **A Policy on Geometric Design of Highways and Streets**. Washington: AASHTO, 1994.

APEL, D. **Traffic system, space demand and urban structure**. Velomondial, Amsterdã, 2000. Disponível em: <http://www.velomondial.net/velomondiall2000/PDF/APEL.PDF>. Acesso em: 5 Junho 2012.

BEAUVAIS, J. M. **Consommation d'espace des différents modes de transport urbain**. Paris: SAEP, 1998.

BOARETO, R. A mobilidade urbana sustentável. **Revista dos Transportes Públicos**, São Paulo, n. ANTP, ano 25, n. 100, p. 49-56, 2003..

CERTU. **Quelle consommation d'espace par les transports et par l'urbanisation?** CERTU. Lyon, p. 64. 2007.

DELFT, PREFEITURA DE. **Delft Creating History**. Disponível em: <http://www.delft.nl>. Acesso em: Julho 2011.

DENATRAN. **Frota de veículos**, 2011. Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/frota.htm>. Acesso em: Outubro 2011.

DENVER, P. D. **Denver, the mile high city**. Disponível em: <http://www.denvergov.org>. Acesso em: Julho 2011.

GROSTEIN, M. D., JACOBI, P. Cidades Sustentáveis. Falta de Planejamento Urbano gera impactos socioambientais. **Revista Debates Sócio-ambientais – CEDEC. Ano III**, v. 9, p. 26, mar/abr/mai/jun 1998.

HERAN, F. **Recherche documentaire sur la monetarisation de certains effets externes des transports en milieu urbain : effets de coupure effets sur l'affectation des espaces publics effets sur les paysages - Artigo de síntese**. Lille, p. 12. 1999.

IBGE, **Censo Demográfico 2010**, resultados do universo, 2010. Acesso em: 20 out. 2011.

JACOBS, J. **Morte e vida de grandes cidades**. São Paulo: [s.n.]. ISBN 85-336-1218-4. Copyright 1961 by Jane Jacobs, 2000.

LIMA, R. **O processo e o (des)controle da expansão urbana de São Carlos (1857-1977)**. Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 193 p, 2007..

LITMAN, T. **Evaluating transportation and land use impacts**. VTPI, 2005a. Disponível em: <http://www.vtpi.org>. Acesso em: Fevereiro 2011.

LITMAN, T. **Land use impacts on transport**. VTPI, 2005b. Disponível em: <http://www.vtpi.org/landtravel.pdf>. Acesso em: Julho 2011.

MARCHAND, L. Un concept fécond, la consommation d'espace temps. **Les cahiers scientifiques de la revue Transport**, Paris, 1984.

OCDE. **OECD Environmental Outlook**. Paris: [s.n.], 2001.

OLDENBURG, PREFEITURA DE. **Stadt Oldenburg**. [S.l.]: [s.n.]. Disponível em: <http://www.oldenburg.de/stadtol/index.php?id=1>. Acesso em: Julho 2011.

PIMENTA C.R.T., OLIVEIRA P. M. **Projeto Geométrico de Rodovias**. São Carlos: [s.n.], 2004.

QUIN, C. **Compte national du transports de voyageurs 1998. Tome 2 - Les coûts externes du transport de voyageurs**. Lyon: CERTU, 1998.

RAVALET E., HÉRAN, F. **Consommation d'espace-temps des divers modes de déplacement en milieu urbain – Application au cas de l'Ile de France**. Lille: [s.n.], 2008.

RECIFE, PREFEITURA DE. **Plano Diretor e de Desenvolvimento Urbano de Recife**. [S.l.]: SEPLAN, 2004.

ROCHA, G. R. **Análise de ferramentas computacionais para planejamento estratégico do uso do solo e transportes**. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, (113 p.), 2010.

RODRIGUES DA SILVA, A. N. **Elaboração de um Banco de Dados de Viagem para Auxílio ao Desenvolvimento de Pesquisas na Área de Planejamento dos Transportes. Relatório FAPESP, Processo n° 04/15843-4**. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade Federal de São Paulo. ed. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2008.

RUEDA, S. P. **Modelos e indicadores para ciudades más sostenibles**. Barcelona: [s.n.], 1999.

SÃO CARLOS, PREFEITURA DE. **Plano Diretor de São Carlos**. São Carlos: [s.n.], 2005.

SAO PAULO, PREFEITURA DE. **Variação da Velocidade Média no Trânsito de São Paulo**. São Paulo: Companhia de Engenharia de Trafego, 1993.

SILVA, G. J. A., ROMERO, M. A. B. O urbanismo sustentável no Brasil. **Vitruvius**, São Paulo, Acesso em 2011. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/11.129/3499>. Acesso em: fevereiro 2012. http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/11.128/3724.

SMEED, R. J. **The road capacity of city centers**. Washington: Transportation Research Board Business Office, 1967.

UNITED NATIONS. **Report of the World Comission on Environment and Development**. UNITED NATIONS. [S.l.]. 1987. http://ambiente.files.wordpress.com/2011/03/brundtland-report-our-common-future.pdf. Acesso em Dezembro de 2011.

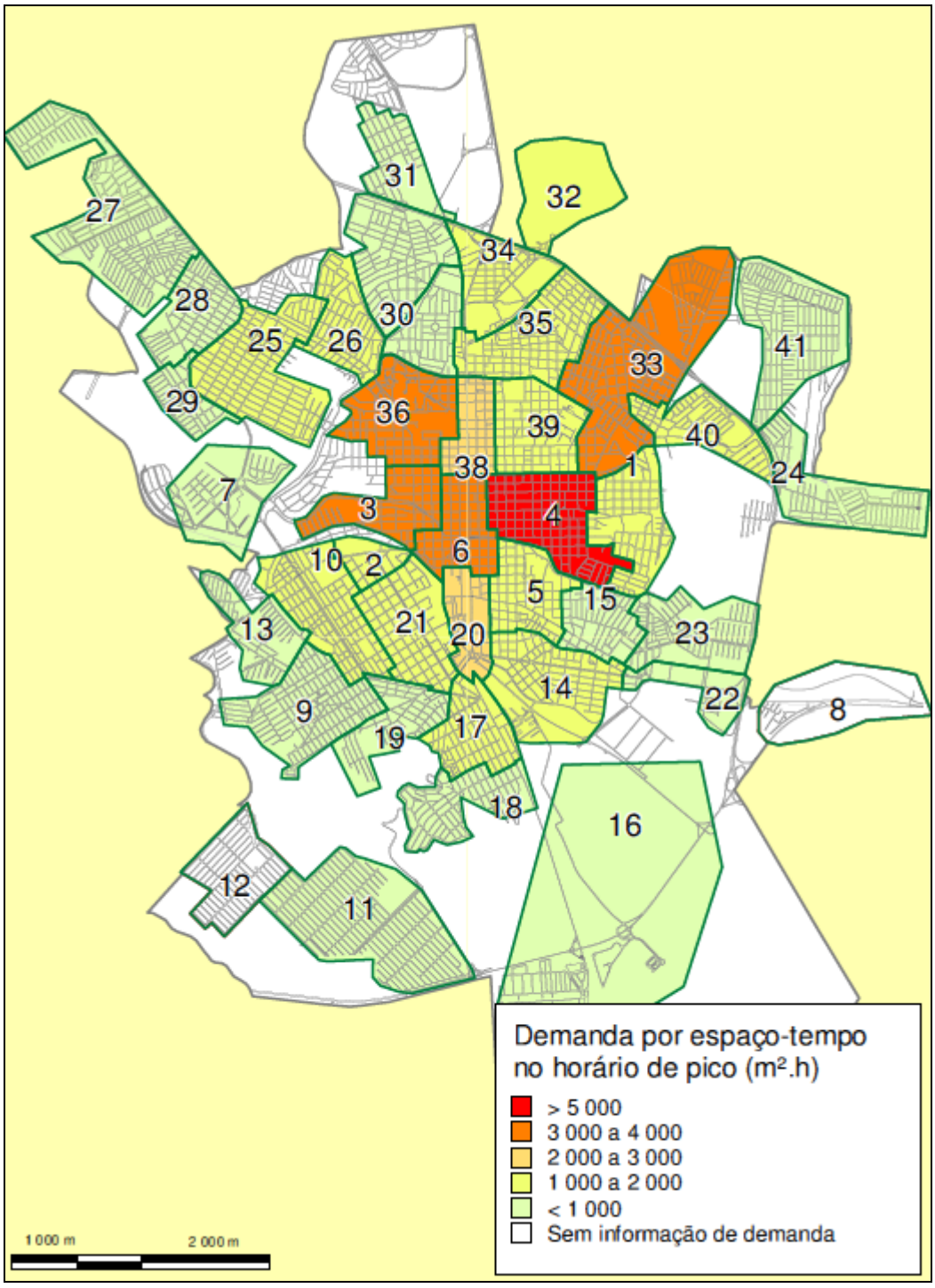
VASCONCELLOS, E. **Transporte e meio Ambiente**. São Paulo: ANABLUME Editora, 2008.

VASCONCELLOS, E. A. Sociedade, mobilidade e eqüidade na RMSP. **Revista da ANTP**, São Paulo, p. 7-33, 1o trimestre 2002.

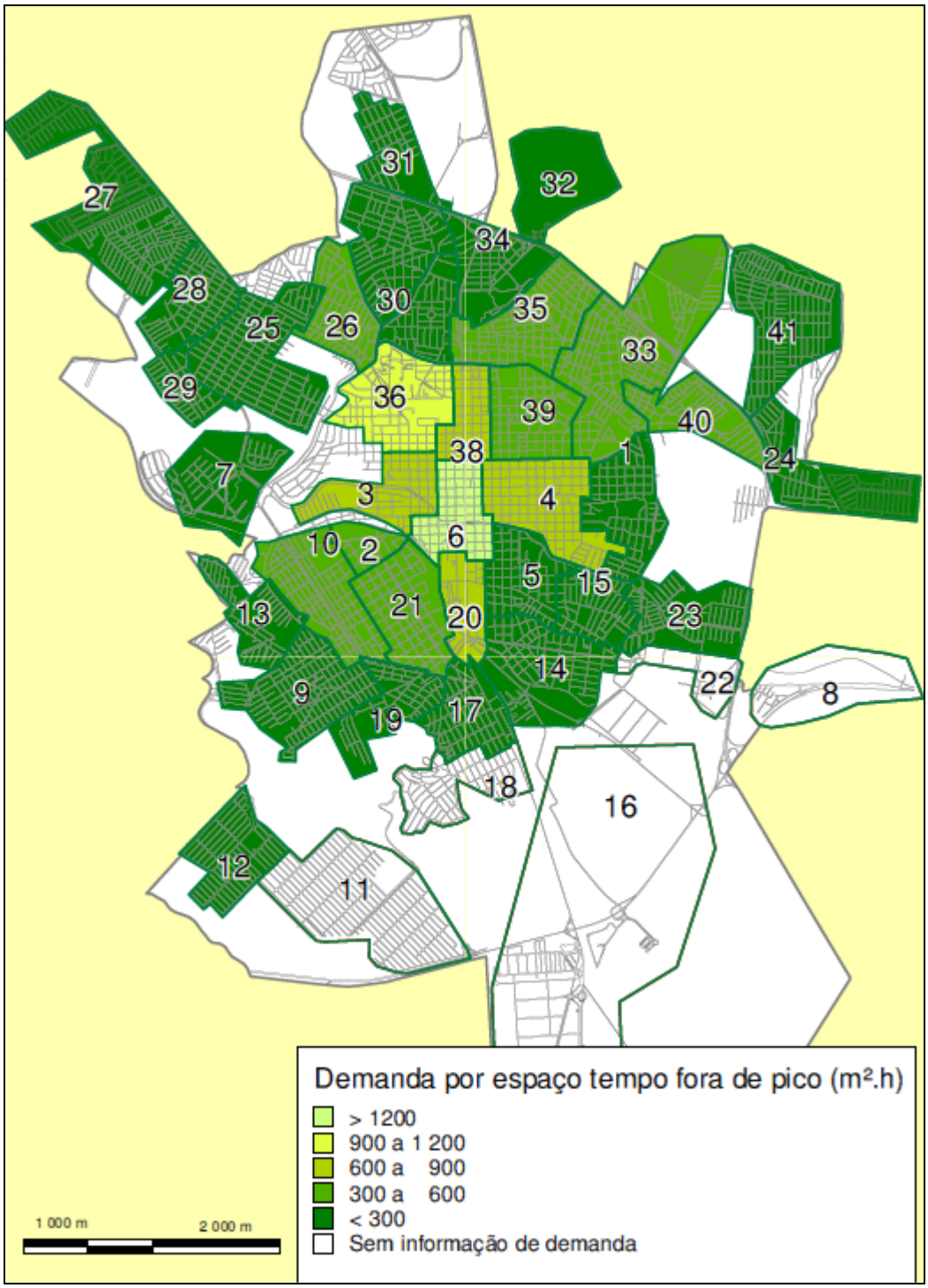
VIVIER, J. **Comparaison des coûts externes du transport public et l'automobile em milieu urbain**. Transport Public International. [S.l.], p. 36-39. 1999.

ANEXO A

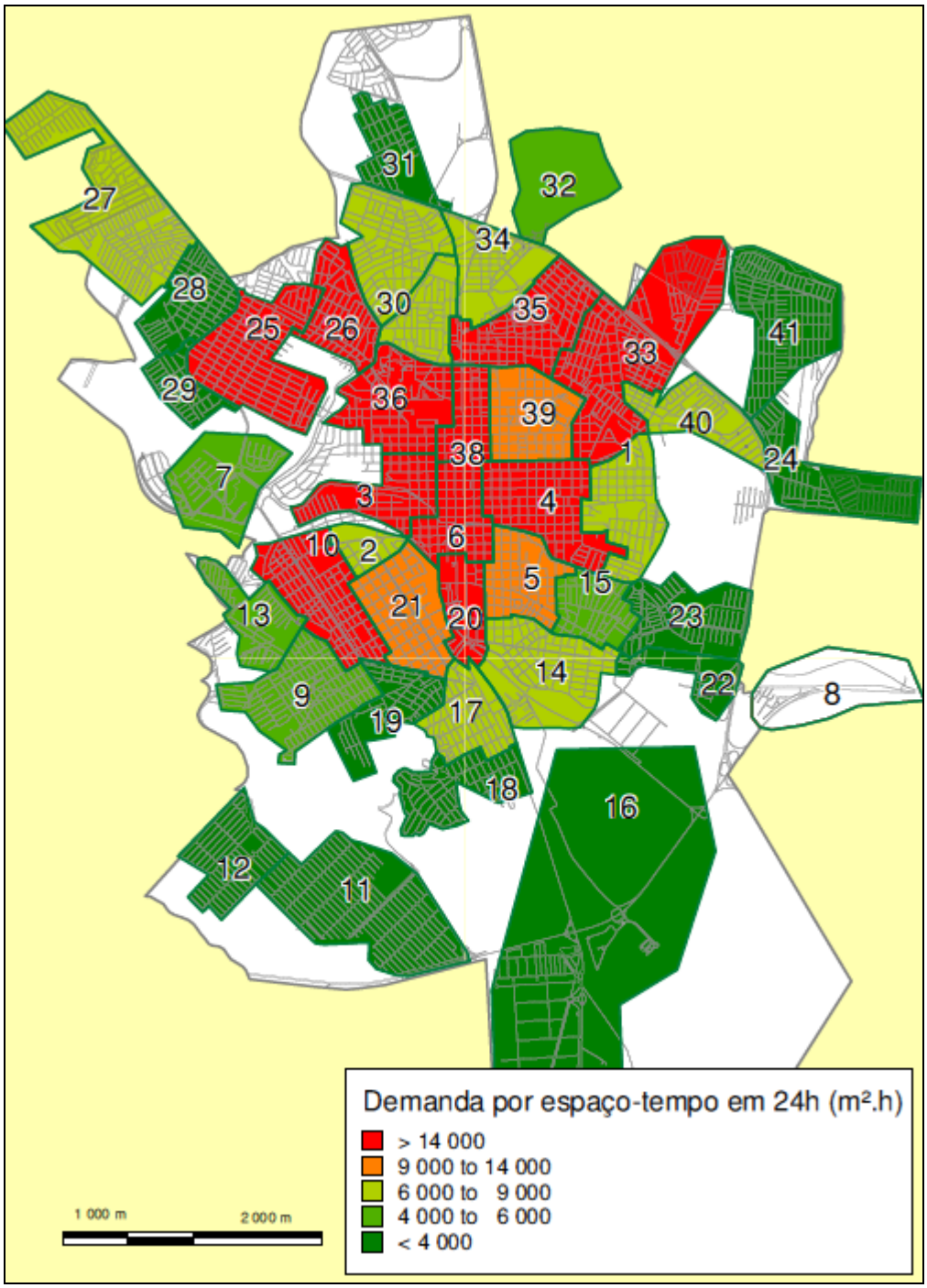
DEMANDA POR ESPAÇO EM CIRCULAÇÃO: HPM



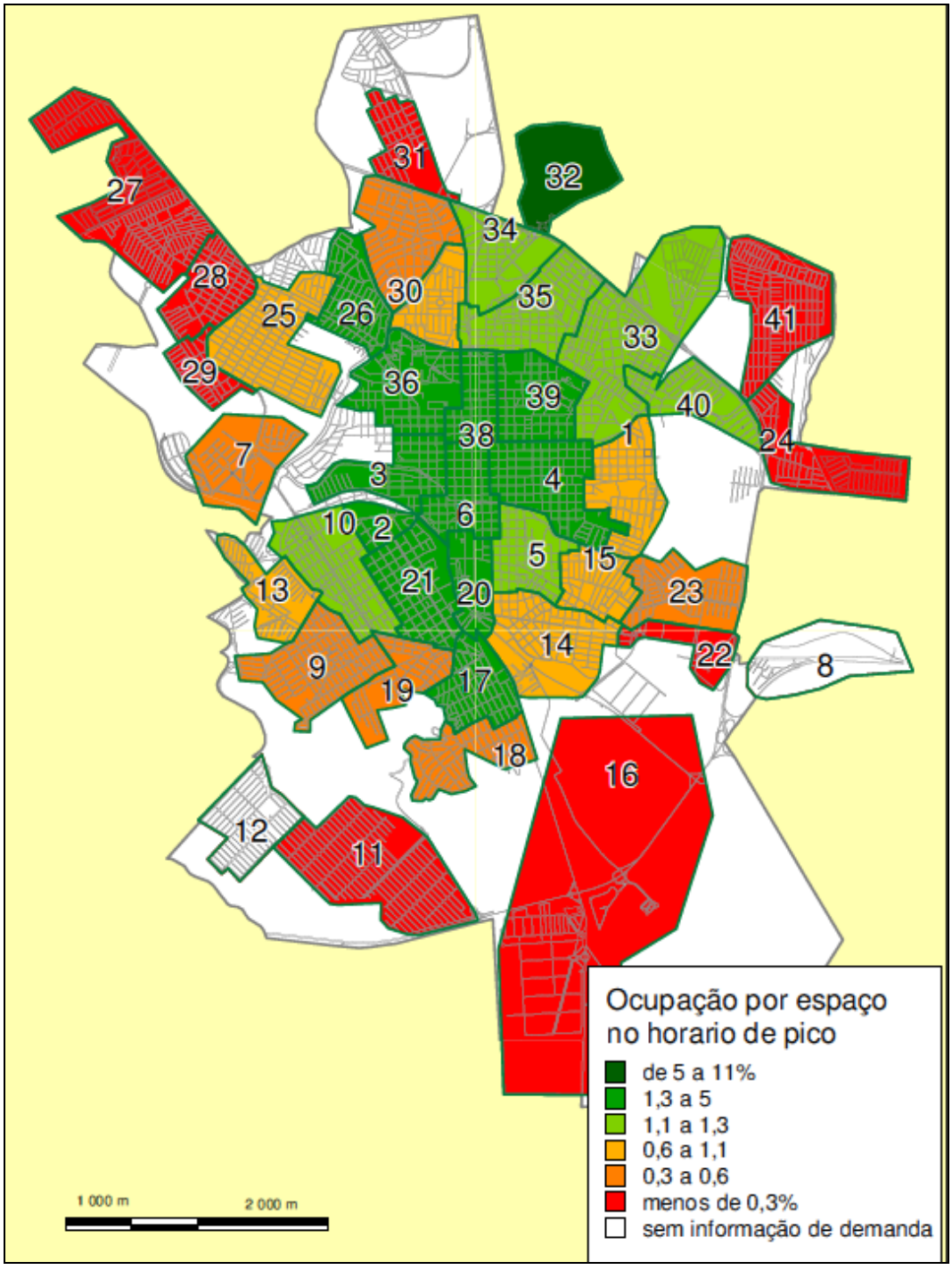
DEMANDA POR ESPAÇO EM CIRCULAÇÃO: FORA DE PICO



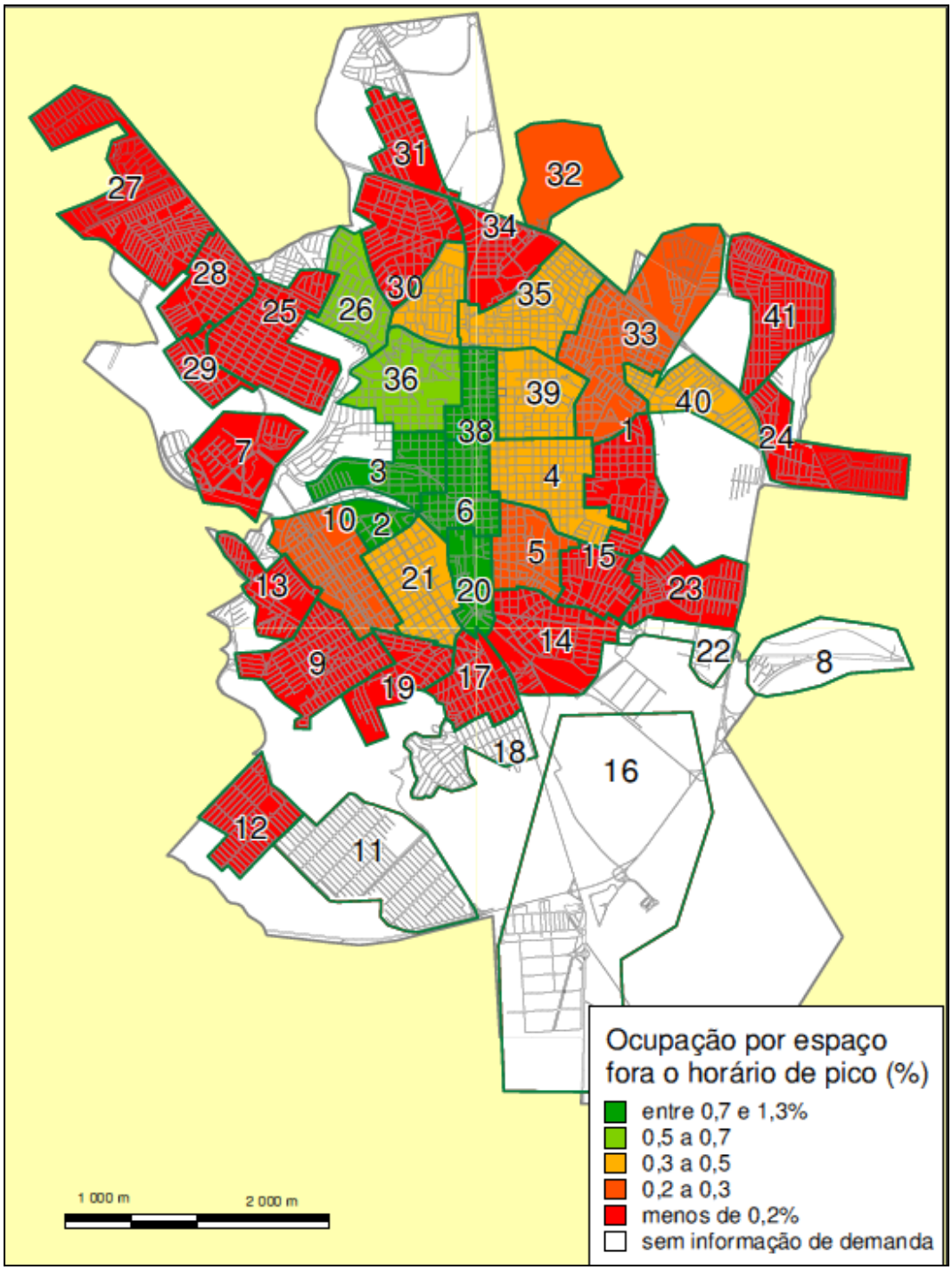
DEMANDA POR ESPAÇO EM CIRCULAÇÃO: 24H



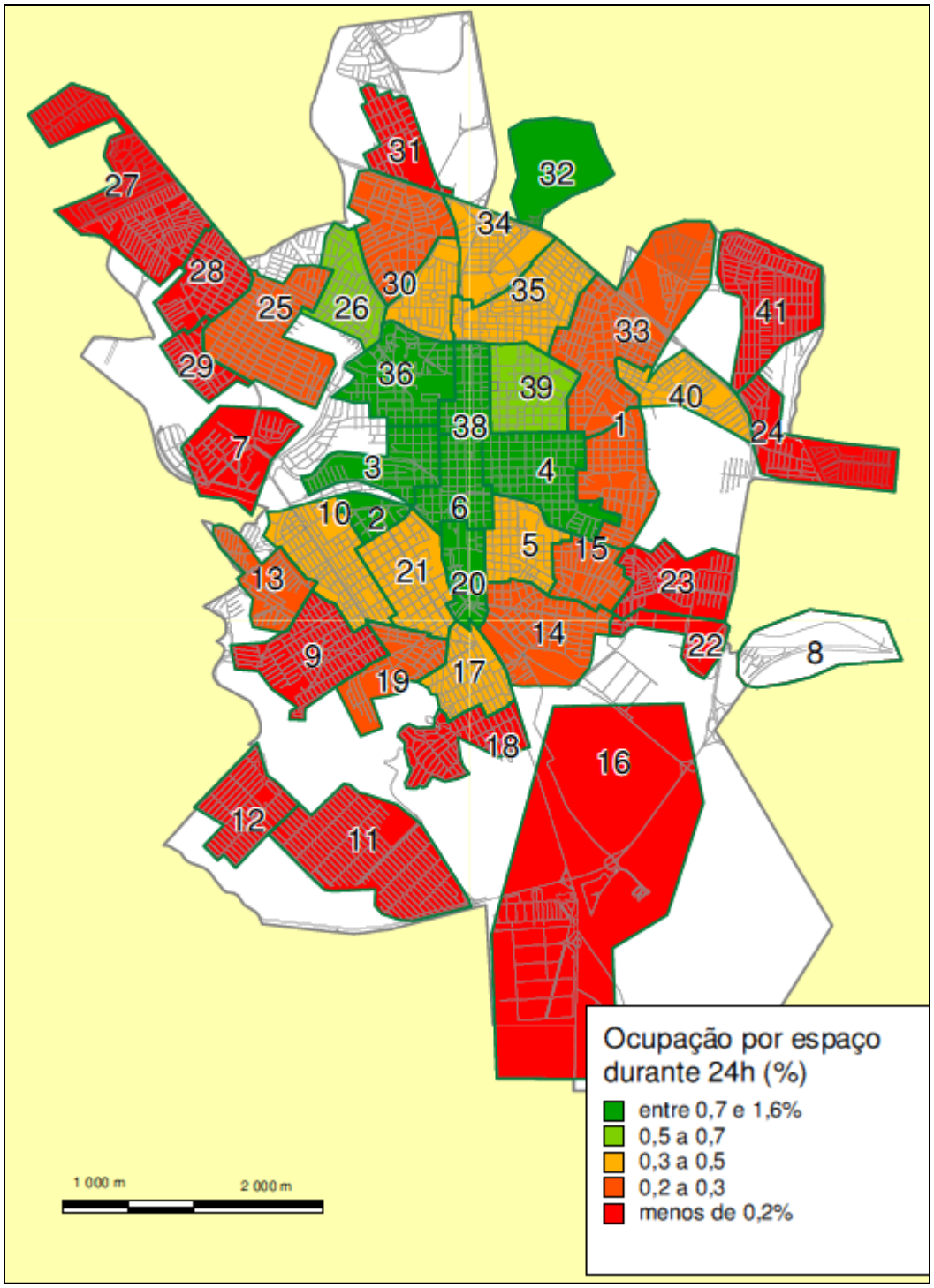
OCUPAÇÃO POR ESPAÇO EM CIRCULAÇÃO: HPM

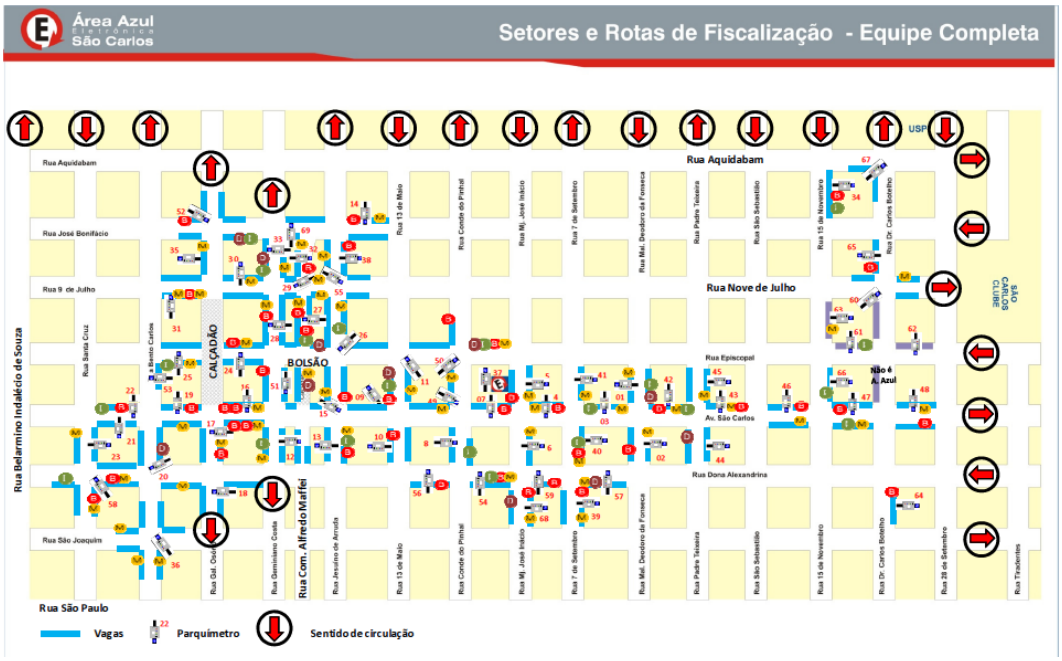


OCUPAÇÃO POR ESPAÇO EM CIRCULAÇÃO: FORA DE PICO



OCUPAÇÃO POR ESPAÇO EM CIRCULAÇÃO: 24H



ANEXO B

Vagas da Zona Azul. Fonte: ESTAPAR, 2010