UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Nº 069

PRAÇAS DE ESTACIONAMENTOS COMO ESTRATÉGIA PARA MELHORIA NO TRÂNSITO DE ÁREAS CENTRAIS

FLÁVIA BRUNO MENDES

UBERLÂNDIA, 26 DE MARÇO DE 2010.

FECIV

FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

Flávia Bruno Mendes

PRAÇAS DE ESTACIONAMENTOS COMO ESTRATÉGIA PARA MELHORIA NO TRÂNSITO DE ÁREAS CENTRAIS

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Engenharia Urbana.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Faria

UBERLÂNDIA, 26 DE MARÇO DE 2010.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M538p Mendes, Flávia Bruno, 1976-
Praças de estacionamentos como estratégia para melhoria no trânsito de áreas centrais [manuscrito] / Flávia Bruno Mendes. - 2010.
110 f.: il.

Orientador: Carlos Alberto Faria.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.
Inclui bibliografia.

1. Engenharia de tráfego - Uberlândia (MG) - Teses. 2. Estacionamento - Uberlândia (MG) - Teses. 3. Trânsito urbano - Uberlândia (MG) - Teses. 4. Trânsito - Congestionamento - Uberlândia (MG) - Teses. I. Faria, Carlos Alberto. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

CDU: 656.1 (815.1*UDI)

Elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UFU / Setor de Catalogação e Classificação.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ATA Nº: 069/2010

CANDIDATA: Flávia Bruno Mendes

ORIENTADOR: Prof. Dr. Carlos Alberto Faria

TÍTULO: "Praças de estacionamentos como estratégia para melhoria no trânsito de áreas centrais"

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Engenharia Urbana

LINHA DE PESQUISA: Planejamento e Operação de Transportes

DATA DA DEFESA: 26 de março de 2010

LOCAL: Sala de Apoio I da FECIV

HORÁRIO DE INÍCIO E TÉRMINO DA DEFESA: 14:15 17:30

Após avaliação do documento escrito, da exposição oral e das respostas às argüições, os membros da Banca Examinadora decidem que a candidata foi:

(X) APROVADA

( ) REPROVADA

OBS: realizar os títulos dos capítulos, as legendas nas figuras e observações realizadas pelos membros da banca.

Na forma regulamentar, foi lavrada a presente ata que está assinada pelos membros da Banca:

Professor Orientador: **Prof. Dr. Carlos Alberto Faria – FECIV/UFU**

Membro externo: **Prof. Dr. Renato da Silva Lima – UNIFEI**

Membro: **Prof. Dr. José Aparecido Sorratini – FECIV/UFU**

Uberlândia, 26 de março de 2010.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder a capacidade, criatividade e oportunidade de desenvolver este trabalho.

À Universidade Federal de Uberlândia e à Faculdade de Engenharia Civil, que forneceram os recursos necessários para a realização e divulgação da pesquisa. Agradeço também aos profissionais da higienização e técnicos administrativos que proporcionaram um ambiente agradável.

Ao professor Dr. Carlos Alberto Faria, pela orientação fornecida durante a realização deste trabalho, pelas palavras de incentivo, companheirismo e paciência. Ao professor Dr. José Aparecido Sorratini e a Doutoranda Camila Miguel Carrara Lazzarini pelo conhecimento repassado e sugestões.

Agradeço a minha família, em especial ao meu irmão Fabrício B. Mendes. Aos meus amigos, principalmente a Denise B. Melo e Tatiane Pires A. Fonseca pelas sugestões no texto e apoio.

Aos colegas da Pós-graduação em Engenharia Civil, que contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento desta pesquisa. Em especial, a Thais Silva, Miguel A. A. Faria de Paula, Tatiene de Castro Andrade Santos, Elen de Oliveira Mendes, Ana Thereza Barbosa da Silva, Bruno Alexandre Braga e Juliano Ferreira Santos.

Ao Leonardo Rodrigues da Secretária de Planejamento Urbano (SEPLAN) da Prefeitura de Uberlândia.

E por fim, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

MENDES, Flávia B. *Praças de Estacionamentos como Estratégia para Melhoria no Trânsito de Áreas Centrais*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2010.

RESUMO

Os problemas no trânsito são de amplitude geral em diversas cidades mundiais, principalmente na área central, normalmente, mais congestionada. Este trabalho pretende simular uma alternativa operacional que proporcione melhoria do fluxo de veículos na área central. Para isso, propõe-se a retirada dos estacionamentos regulamentados rotativos (Zona Azul) nas ruas e avenidas principais da área de estudo e o atendimento desta necessidade com a implantação de bolsões de estacionamentos em edifícios garagens e/ou garagens subterrâneas em locais próximos a área central. Identificar o melhor local para um empreendimento desta natureza engloba estratégias de localização de instalações com abordagem em logística e de otimização da distância de caminhamento. Destaca-se a importância das políticas urbanas, como o planejamento urbano e a legislação de uso e ocupação do solo. Algumas estratégias de gerenciamento de tráfego adotadas no Brasil, Estados Unidos e países da Europa são abordados juntamente com seus benefícios e limitações. Os locais estratégicos para estacionamento foram selecionados com base nos procedimentos de *Clustering e Facility Location* do *software TransCAD*. Com a retirada das vagas dos estacionamentos rotativos ao longo do meio-fio, obtém-se um aumento na capacidade das vias, devido ao maior número de faixas de tráfego e, portanto, melhor desempenho operacional nas vias da área central. Este benefício é mensurado com abordagem em técnicas de engenharia de tráfego através da simulação no *Traffic Software Integrated System* (TSIS), adotando o caso típico da área central da cidade de Uberlândia. Analisando-se os dois cenários (cenário real e cenário proposto), percebeu-se uma redução do tempo de espera e atraso, aumento da velocidade média, redução do consumo de combustível dos veículos e das emissões de gases poluentes (HC, CO e NO). Os resultados indicaram melhoria do fluxo de veículos e maior aproveitamento do espaço viário na área central. Este trabalho mostrou ainda, que é importante rever a legislação de uso e ocupação do solo, adotando políticas integradas de transporte para melhorar as condições operacionais das vias. A realocação dos estacionamentos é uma alternativa eficaz e imediata, que melhora o fluxo de veículos e a mobilidade na região central da cidade, deslocando a demanda por vagas para locais isolados fora da área densa.

Palavras chave: Realocação de Estacionamentos, Gerenciamento de Tráfego, Congestionamento, Área Central.

MENDES, Flávia B. *Parking Lots as Strategy for Improving Traffic of Downtown*. Msc Dissertation, Faculty of Civil Engineering, Federal University of Uberlândia, 2010.

ABSTRACT

The traffic problems are of general scope in several cities in the world, especially in central area, usually more congested. This work aims to simulate an operational alternative that provides improved flow of vehicles in the central area. It is proposed the elimination of parking lots regulated rotary (called "Blue Zone") on the streets and main avenues in the downtown area and meeting this need with the implementation of parking garages/lots in buildings and / or underground garages in places near the central area. Identify the best location for such a development strategy includes facility location approach to logistics and optimization of the distance pathway. It can be pointed out urban politics for Land Use and Transportation, urban planning and needs applied to determine strategic locations for new enterprises considering the logistics. Some strategies of traffic management adopted in Brazil, United States and Europe are generally discussed with their benefits and limitations. The strategic locations were selected considering Clustering and Facility Location approaches using software TransCAD. Reduction of "blue zones" allows increasing the capacity of lane and therefore, improving the performance in central area. This benefit can be measured through the simulation, using *Traffic Software Integrated System*, taking into account Traffic Engineering. That is the case of downtown in Uberlandia. Comparing the proposed and real scenario it could be reduced delay and waiting time, fuel consumption and greenhouse gas emissions. The results pointed the better scenario of the central area and also showed it is important to review the land use/transportation. It is necessary to adopt integrated politics to improve the performance of the routes due the increased flow vehicles and traffic problems. The relocation of parking lots is a current alternative which improves the vehicles flow and the mobility in downtown.

Keywords: Relocation of Parking Lots, Traffic Management, Congestion, Central Area.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 – NÍVEIS DE SERVIÇO (LOS). 4
FIGURA 1.2 – RELAÇÃO ENTRE VELOCIDADE, VOLUME E DENSIDADE. 5
FIGURA 2.1 - CRESCIMENTO RADIAL E CRESCIMENTO POLICÊNTRICO, RESPECTIVAMENTE..... 16
FIGURA 2.2 – ANEL CENTRAL DE TRÁFEGO LENTO..... 16
FIGURA 2.3 – INDICAÇÃO DA ZONA DE TARIFAÇÃO DE CONGESTIONAMENTO. 26
FIGURA 2.4 – ESTACIONAMENTO PARA CARPOOLERS. 28
FIGURA 2.5 – LOCALIZAÇÃO DO *PARK & RIDE(P&R)*..... 30
FIGURA 2.6 – ESTACIONAMENTO *PARK & RIDE*..... 31
FIGURA 2.7 – CARACTERÍSTICAS E LAYOUT DE ESTACIONAMENTO COM VAGAS EM ÂNGULO. 31
FIGURA 3.1 – ESTACIONAMENTO REGULAMENTADO AO LONGO DO MEIO FIO. 43
FIGURA 4.1 – OFERTA E DEMANDA POR VAGAS DE ESTACIONAMENTO..... 47
FIGURA 4.2 – REPRESENTAÇÃO DA REDE VIÁRIA. 51
FIGURA 4.3 - ESQUEMA ILUSTRATIVO DOS MÉTODOS ADOTADOS..... 52
FIGURA 4.4 – JANELA DE *CLUSTERING*..... 53
FIGURA 4.5 – MATRIZ DE DISTÂNCIA DE CAMINHOS MÍNIMOS..... 55
FIGURA 4.6 – CAIXA DE DIALOGO DO PROCEDIMENTO *FACILITY LOCATION*..... 56
FIGURA 4.7 – AMBIENTE TRAFED NO TSIS. 59
FIGURA 4.8 – CAIXA DE DIÁLOGO DE CADA *LINK* DA REDE. 60
FIGURA 5.1 – POSIÇÃO GEOGRÁFICA DE UBERLÂNDIA..... 64
FIGURA 5.2 – ÁREA DELIMITADA DE ESTUDO..... 65
FIGURA 5.3 – ESTACIONAMENTOS PARTICULARES DISPOSTOS NA ÁREA DE ESTUDO. 66
FIGURA 5.4 – REBOQUE DO VEÍCULO INFRATOR NA ÁREA CENTRAL..... 68
FIGURA 5.5 – ESTACIONAMENTOS ROTATIVOS ZONA AZUL NA ÁREA DE ESTUDO..... 69
FIGURA 5.6 – PONTOS PESQUISADOS. 71
FIGURA 5.7 – PRINCIPAIS POLOS DE ATRAÇÃO DE VIAGENS NA ÁREA DE ESTUDO..... 72
FIGURA 5.8 – FORMAÇÃO DE *CLUSTERS* E QUADRAS DE MAIOR DEMANDA. 75
FIGURA 5.9 – PONTOS CANDIDATOS. 76
FIGURA 5.10 – CENÁRIO 3..... 79
FIGURA 5.11 – VISTA AÉREA DOS LOCAIS ENCONTRADOS. 79
FIGURA 5.12 – REDE DE TRABALHO DO *TRAFED* REPRESENTANDO O CENTRO ATUAL. 80
FIGURA 5.13 – LOCALIZAÇÃO DOS ESTACIONAMENTOS PROPOSTOS. 83
FIGURA 5.14 – ITINERÁRIO DOS ÔNIBUS E OS PONTOS DE PARADA. 84
FIGURA 5.15 – POSSÍVEIS VIAS DE ACESSO AOS ESTACIONAMENTOS..... 88

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1 – ESTACIONAMENTOS EM SÃO PAULO. 9
TABELA 2.1 – VAGAS PARA ESTACIONAMENTO POR TIPO DE ESTABELECIMENTO EM CURITIBA. 18
TABELA 2.2 – VAGAS PARA ESTACIONAMENTO POR TIPO DE ESTABELECIMENTO EM SÃO PAULO. 20
TABELA 2.3 – DIMENSÕES DE VAGAS INCLINADAS. 32
TABELA 3.1 – MODELOS DE LOCALIZAÇÃO ESTÁTICO DETERMINÍSTICO. 36
TABELA 3.2 – MODELO DE LOCALIZAÇÃO DINÂMICA. 38
TABELA 3.3 – CARACTERÍSTICAS DOS ESTACIONAMENTOS. 44
TABELA 4.1 - DISTÂNCIAS DE CAMINHADA DO ESTACIONAMENTO AO DESTINO. 49
TABELA 4.2 – OBJETIVOS UTILIZADOS PARA O PROBLEMA DE LOCALIZAÇÃO. 56
TABELA 5.1 – FROTA DE VEÍCULOS EM UBERLÂNDIA (ABRIL/2006 A ABRIL/2009). 64
TABELA 5.2 – INFORMAÇÕES DOS PONTOS PESQUISADOS. 71
TABELA 5.3 – NÚMERO MÍNIMO DE VAGAS POR ATIVIDADE COMERCIAL. 73
TABELA 5.4 – QUADRAS COM MAIORES NECESSIDADES DE VAGAS. 74
TABELA 5.5 – SOLUÇÕES GERADAS NA SIMULAÇÃO I. (ANEXO A). 77
TABELA 5.6 – SOLUÇÕES GERADAS NA SIMULAÇÃO II. (ANEXO A). 78
TABELA 5.7 – INFORMAÇÕES ADOTADAS NOS *LINKS*. 81
TABELA 5.8 – VAGAS RETIRADAS NA ÁREA DE ESTUDO. 82
TABELA 5.9 – COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS. 86

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO 1

1.1 A MOBILIDADE URBANA 1

1.2 O CONGESTIONAMENTO EM ÁREAS CENTRAIS 3

1.3 OBJETIVO GERAL 7

1.3.1 Objetivos Específicos 8

1.4 JUSTIFICATIVA 8

CAPÍTULO 2 ESTRATÉGIA NO TRÂNSITO 12

2.1 POLÍTICAS URBANAS 12

2.1.1 Planejamento Urbano e de Transportes 13

2.1.2 Plano Diretor 13

2.1.3 Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo 14

2.2 ESTRATÉGIAS DE ALGUMAS CIDADES DO BRASIL 15

2.2.1 O Caso de Curitiba 15

2.2.2 O Caso de São Paulo 19

2.2.3 O Caso de Belo Horizonte 21

2.2.4 O Caso geral do Brasil 23

2.3 ESTRÁTEGIAS NA EUROPA 24

2.4 ESTRATÉGIAS NOS EUA 27

CAPÍTULO 3 LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES 33

3.1 PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO 34

3.2 CRITÉRIOS DE LOCALIZAÇÃO 40

3.3 LOCAIS DE ESTACIONAMENTO 41

3.4 POLOS DE ATRAÇÃO DE VIAGENS 44

CAPÍTULO 4 MODELAGEM COMPUTACIONAL 46

4.1 PROCEDIMENTOS 47

4.2 SOFTWARE TRANSCAD 49

4.2.1 *Clustering* 53
4.2.2 *Facility Location* 55
4.3 TRAFFIC SOFTWARE INTEGRATED SYSTEM (TSIS) 58
CAPÍTULO 5 ESTUDO DE CASO 63
5.1 CARACTERISTICAS DA ÁREA DE ESTUDO 65
5.1.1 Os Estacionamentos 66
5.1.2 Pontos Comerciais 72
5.2 LOCAIS CANDIDATOS 76
5.3 CENÁRIOS NO TSIS 80
5.4 RESULTADOS 85
CAPÍTULO 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 90
6.1 RECOMENDAÇÕES 94
REFERÊNCIAS 96
ANEXOS 102

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O capítulo 1 aborda questões sobre mobilidade urbana em áreas centrais da cidade, apresentando de forma sucinta o tema da dissertação. Contém os objetivos gerais e específicos da pesquisa, bem como a relevância e justificativa da proposta.

1.1 A MOBILIDADE URBANA

A mobilidade é um fator essencial para todas as atividades urbanas e pode influenciar os indivíduos, as atividades comerciais e interferir principalmente nas regiões centrais de uma cidade. Caracteriza-se pela capacidade dos indivíduos se moverem de um lugar para outro e depende do desempenho do sistema de transporte, da hora do dia e da direção na qual o indivíduo pretende viajar. A necessidade de deslocamento está ligada ao desejo de realização das atividades sociais, culturais, políticas e econômicas consideradas essenciais para a sociedade.

Cleps (2005) afirma que a necessidade de consumo fez com que o automóvel se tornasse o produto símbolo do sistema produtivo. De acordo com Castells (2006) a concentração de empregos, as atividades comerciais e serviços aumentam e a taxa de urbanização acelera, ou seja, a cidade se desenvolve. Consequentemente há uma diminuição do conforto e da rapidez, aumento da distância de deslocamento, incentivo ao uso do transporte individual e com isso, prejudica a mobilidade urbana.

As condições de mobilidade podem ser afetadas diretamente pelo espaço urbano, em função das características do uso e ocupação do solo, infra-estrutura do sistema viário,

qualidade dos serviços do transporte público e custo dos investimentos. Vasconcellos (2005) afirma que no trânsito está implícita uma disputa pelo espaço: pedestres, comerciantes e motoristas pleiteiam espaços ao longo da via. O comerciante deseja o máximo de acessibilidade para seu negócio e isto requer estacionamento adequado para seus clientes e/ou ponto de ônibus próximo. Além disso, necessita de condições adequadas de carga/descarga para receberem/enviarem mercadorias. O motorista que passa na via deseja fluidez do tráfego. Existem dois conflitos, um entre necessidades de acessibilidade, como estacionamento, acesso de ônibus e carga/descarga, e o outro a fluidez do tráfego. Sendo assim:

> Se o primeiro conflito é manejado por meio de restrições ao estacionamento e à carga/descarga, isto beneficia a microacessibilidade dos usuários de transporte público ás custas das necessidades de motoristas de auto e caminhão. Ao contrário, se as operações de estacionamento e carga/descarga são facilitadas, a microacessibilidade dos passageiros de ônibus é prejudicada. (VASCONCELLOS, 2005, p.29).

A descaracterização da estrutura física das cidades é um dos principais problemas provocados pelo uso intenso do automóvel devido à grande área consumida pelas vias expressas e espalhamento exagerado das cidades, aumentando o tempo de viagem. Ferraz e Torres (2004) citam sobre a questão da ocupação do espaço urbano pelo transporte, reproduzindo a idéia de Camp Oakley:

> A cidade que quiser resolver o problema da locomoção de seus habitantes com automóveis ampliará cada vez mais as áreas centrais de circulação e estacionamento, até o extremo em que não existirão mais os edifícios; aí, deixará de existir também a cidade. (FERRAZ E TORRES, 2004,p.87).

Buchanan (1963 *apud* CRUZ, 2006) mostra a preocupação com o uso mais equilibrado e eficiente do espaço viário, tendo como aspectos fundamentais: o desenvolvimento de planos de transportes envolvendo transporte público, políticas de estacionamento e medidas de controle de acesso de veículos a determinadas áreas.

As grandes cidades brasileiras, em sua maioria, não têm tido um planejamento adequado nos setores de urbanismo e de transportes. Hoje, não apenas as áreas centrais, mas também

os chamados polos geradores de viagem atraem grande número de viagens diariamente, causando impactos na malha viária e produzindo uma deficiência de vagas em seus pátios de estacionamento.

Quanto mais à cidade depender do automóvel, mais provável a ocorrência da deteriorização das áreas centrais. Se o uso do espaço urbano não for revitalizado, o trânsito na cidade pode se tornar caótico. Além do trânsito absorver a cada ano uma grande quantidade de veículos, tornando a mobilidade ruím, há ainda a questão ambiental. Os carros liberam, pela queima do combustível, o gás carbônico, que traz inúmeros impactos ambientais como o efeito estufa, a chuva ácida e diversos danos à saúde humana e animal. Os principais impactos negativos causados pelo intenso volume de veículos em áreas urbanas são congestionamentos, acidentes de trânsito, poluição sonora e atmosférica, degradação da qualidade de vida e desconforto geral no uso dos espaços públicos pelo pedestre.

Nesse contexto de conflito do espaço urbano, é importante analisar o uso do solo em áreas de grande adensamento, de forma a planejar o sistema viário e urbano das cidades e prevenir conflitos de circulação num horizonte.

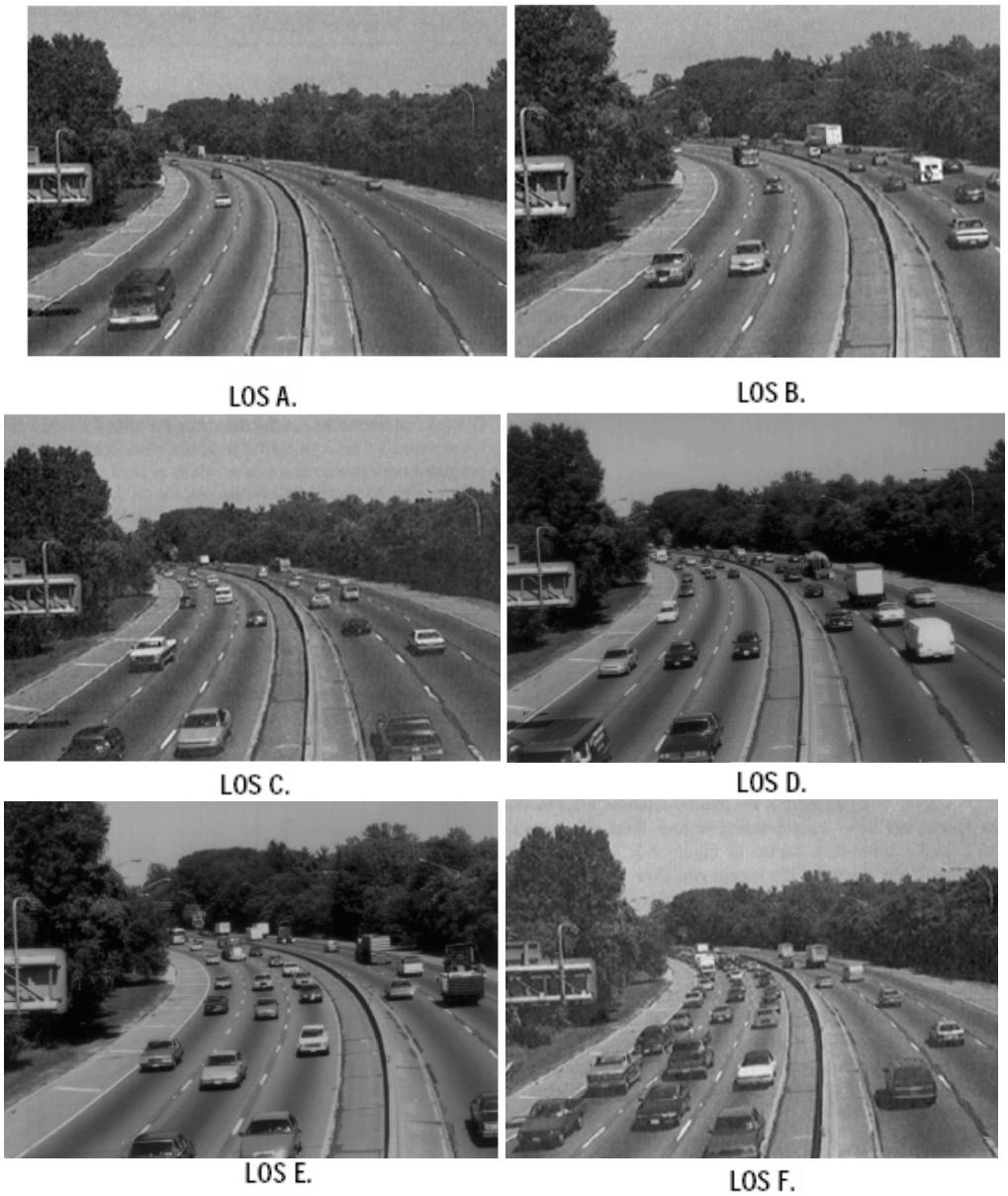
1.2 O CONGESTIONAMENTO EM ÁREAS CENTRAIS

O centro tradicional das principais cidades brasileiras é um dos principais espaços urbanos com maior concentração de lojas, escritórios, serviços e também empregos para onde convergem atividades e serviços diversos. A busca por melhores localizações dos estabelecimentos comerciais na cidade faz com a área central se torne local de bancos, lojas de departamentos, hotéis, comércio e serviços. A grande concentração de atividades comerciais e prestação de serviços na área central dão origem à circulação em massa de veículos e pedestres, principalmente em período críticos causando problemas no trânsito.

O conceito de congestionamento está vinculado à capacidade da via e o nível de serviço. A capacidade da via, segundo o *Highway Capacity Manual* (TRB, 2000) pode ser definida como a taxa máxima aceitável do fluxo de veículos que pode passar por um ponto ou segmento uniforme de uma faixa ou de uma via durante um período de tempo. O

congestionamento ocorre quando uma demanda maior do que a sua capacidade operacional compromete seu funcionamento.

Deste modo, diminuem-se o nível de serviço da via ocasionando longas filas, ou seja, as características operacionais das vias ficam prejudicadas, tais como velocidade, tempo de viagem, densidade, afetando o conforto e segurança dos usuários. Segundo Brasil (2006), o *Highway Capacity Manual* (HCM), adotado nos EUA possibilita a avaliação do grau de eficiência do serviço oferecido pela via desde um volume de tráfego quase nulo até o volume máximo. As condições de fluxos de veículos são classificadas em seis níveis de serviço (LOS) A, B, C, D, E e F conforme Figura 1.1.



Fonte: TRB (2000)

Figura 1.1 – Níveis de Serviço (LOS).

O nível A corresponde à melhor condição de operação com fluxo livre. A velocidade do fluxo livre é caracterizada como a velocidade do tráfego em volume baixo e com baixa densidade, ou seja, velocidade com que motoristas se sentem confortáveis tendo condições de manobras em uma seção não congestionada. O nível B também indica o fluxo livre, embora à presença de outros veículos torna-se perceptível. Velocidades médias são as mesmas do nível A, mas os condutores têm menos liberdade para manobrar. O nível C a capacidade de manobra no fluxo de tráfego é claramente afetada por outros veículos e as velocidades reduzem. Pequenas perturbações podem causar uma deterioração no nível de serviço e formação de filas interrompendo significativamente o tráfego.

No nível D as manobras são severamente comprometidas devido ao congestionamento de veículos, a velocidade de deslocamento é reduzida pelo aumento da densidade ocorrendo pequenas interrupções que podem ser absorvidas sem filas extensas. O nível E representa operações na capacidade, em nível instável. As densidades variam dependendo da velocidade do fluxo livre e os veículos operam com o espaçamento mínimo. Rupturas não podem ser dissipadas rapidamente, muitas vezes provocando filas. E, por fim, o nível F representa o fluxo forçado, e isso ocorre quando a demanda prevista excede a capacidade, há formação de filas e as operações dentro das filas são instáveis, com os veículos experimentando breves períodos de movimentos seguidos de paradas (condição de congestionamento). O comportamento do fluxo de veículos pode ser representado em função das variáveis; volume, velocidade e densidade, indicada na Figura 1.2.

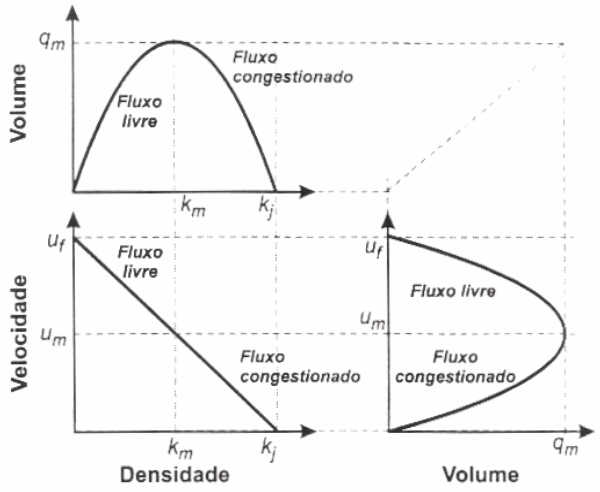


Figura 1.2 – Relação entre velocidade, volume e densidade.

O congestionamento pode ser perceptível quando o volume de tráfego (**q_m**) atinge sua densidade máxima (**k_m**) diminuindo a velocidade livre (**u_f**) dos veículos na faixa da via. Densidade é o número de veículos por unidade de comprimento da via e é um parâmetro crítico dos fluxos contínuos, porque caracteriza a proximidade dos veículos, refletindo o grau de liberdade de manobra do tráfego. Um fluxo livre indica que o nível de serviço e as condições do fluxo da via e densidade são satisfatórios, ou seja, há liberdade na escolha da velocidade e facilidade de efetuar manobras. Um fluxo congestionado indica que a densidade tende a atingir um nível máximo, ocorrendo paradas pontuais e velocidade reduzida.

O aumento do congestionamento em cidades brasileiras é decorrente do crescimento desproporcional do uso de veículos em relação à estrutura viária existente. Com a aquisição do automóvel, o número de viagens aumenta e, conseqüentemente, aumenta o tempo de viagem. Isso dificulta a acessibilidade ao destino dentro de um tempo limite havendo, portanto, atrasos na prestação de serviços e ocorrência de acidentes.

Em áreas urbanas densas, o congestionamento inviabiliza o serviço de ônibus eficaz. Em horários de pico, os automóveis quando estão na mesma via ou faixa, ocupam grandes espaços e ocasiona formação de filas, o que compromete a circulação do transporte público.

O crescimento das cidades, a mobilidade urbana e ocupação do solo estão intensamente vinculados entre si. Os problemas no trânsito relacionados à implantação de empreendimentos geradores de viagens somam-se ao crescimento desordenado das cidades; à falta de um processo integrado de planejamento urbano e de transportes. Dessa forma, a implantação e operação de empreendimentos geradores de viagens acabam por causar impactos negativos, com destaque para a saturação viária, com consequentes congestionamentos e deterioração das condições ambientais urbanas. Segundo Kneib e Silva (2005) esse fato alerta para a necessidade de uma abordagem mais abrangente, com ênfase nos padrões de uso e ocupação do solo, para impedir que a área de inserção do empreendimento perca a acessibilidade e entre em processo de decadência, analogamente ao processo ocorrido em áreas centrais.

Desta forma, as estratégias adotadas, independentemente da região ou país, não são suficientes para um horizonte de longo prazo, quando se trata de transportes.

Constantemente se faz necessário buscar planejamento e medidas de redução da circulação de veículos. Neste aspecto é importante avaliar, periodicamente, o espaço urbano de forma a planejar e estabelecer medidas preventivas a fim de reduzir o número de veículos em áreas densas. Isso permite contribuir para a fluidez da mobilidade urbana e a sustentabilidade.

A crise no transporte urbano, como o aumento do congestionamento e deteriorização da qualidade do serviço dos transportes públicos podem ser revertidos com mudanças na política de transportes e de uso e ocupação do solo. Em decorrência do aumento de veículos nas cidades ao longo dos anos e da preocupação com os problemas de mobilidade na área central, procura-se responder a seguinte questão neste trabalho: Quais as estratégias podem ser adotadas para reduzir o congestionamento de veículos nas áreas centrais da cidade num período de curto prazo?

A construção de grandes áreas de estacionamento e edifícios garagem na área central é uma técnica muito utilizada em diversas cidades do mundo. Com intuito de reduzir o déficit no número de vagas e oferecer condições adequadas aos usuários para o estacionamento de veículos fora das vias, liberando-as apenas ao tráfego e contribuindo, assim, para maior fluidez e menores níveis de emissão de poluentes.

Algumas políticas urbanas de estacionamentos, como redução das vagas de estacionamentos ao longo do meio-fio para aumentar a área de circulação das vias, aumento da oferta de vagas em locais estratégicos de baixa rotatividade, aumento da fiscalização e controle, podem servir como alternativa para o problema de congestionamento em áreas centrais em curto prazo.

1.3 OBJETIVO GERAL

Avaliar os impactos operacionais da retiradas de vagas de estacionamentos rotativos em avenidas e ruas principais no centro da cidade e planejar o atendimento desta necessidade por estacionamentos em locais escolhidos estrategicamente no entorno da área central. Para que seja possível atingir tal objetivo, alguns objetivos específicos foram estabelecidos.

1.3.1 Objetivos Específicos

- Quantificar o número de vagas dos estacionamentos e a rotatividade dos veículos nos estacionamentos da Zona Azul;
- Estabelecer locais para estacionamento (localização estratégica), utilizando o recurso do *software* TransCAD;
- Simular a eliminação dos estacionamentos rotativos Zona Azul e o atendimento em lotes de estacionamento;
- Estabelecer número mínimo de vagas para os estacionamentos estimados, com base na rotatividade e demanda;
- Simular o cenário futuro utilizando a ferramenta computacional *Traffic Software Integrated System* (TSIS) para verificar a fluidez das vias próxima ao local de estacionamentos estimados.

1.4 JUSTIFICATIVA

Cruz (2006) descreve que o número de veículos em circulação está aumentando rapidamente, e isso pode ser comparado ao aumento da população, aumento do poder aquisitivo e ao crescimento da atividade comercial. As taxas de aumento do número de veículos podem ser explicadas pelo fato de que as pessoas preferem a locomoção de automóvel a se deslocarem pelo transporte coletivo urbano, aliada ao crescimento econômico do país.

O aumento do número de vagas nos estacionamentos pode proporcionar mais viagens ao centro, pois quando o sistema de transporte público não é satisfatório, estimulam-se os usuários a utilizarem o automóvel. Isto sem contar que, geralmente, a demanda por estacionamento está mais concentrada onde as vagas são menos dispendiosas (mais barato para estacionar) ou mais convenientemente localizadas, fazendo que os motoristas estacionem em locais próximos ao destino, de modo que facilite seu percurso e ganho de tempo.

Assim, ocorre um crescimento espontâneo ou não orientado dos serviços de estacionamentos privados fora da via, devido a não existência de um controle do poder público. As áreas de estacionamentos particulares se proliferam de modo não planejado, sendo que em alguns casos elas estão muito próximo umas das outras e, às vezes, intercaladas com estacionamentos de lojas que disponibilizam vagas exclusivas para seus clientes.

O tempo de permanência do veículo estacionado e o custo do serviço são fatores relevantes na escolha do motorista ao estacionar. Se a tarifa dos estacionamentos rotativos aumentarem numa área, as pessoas procurarão locais mais distantes e com preços menores. Essa estratégia pode aumentar, sensivelmente, a distância de caminhamento ou, até mesmo, dependendo da diferença da taxa numa mesma área, aumentar a circulação de veículos para encontrarem uma vaga mais próxima do seu destino e com preço menor.

Os estacionamentos rotativos Zona Azul democratizam o acesso, promovem maior rotatividade das vagas existentes, atendendo um número maior de usuários. Por outro lado, em períodos de maior fluxo, a localização e o serviço de estacionamento nas vias principais pode atrapalhar o trânsito, ocasionando formação de filas e congestionamentos. O trânsito pode ficar lento em algumas vias no centro da cidade onde há permissão de estacionamento nas duas faixas laterais ou grande fluxo de saída de veículos nos estacionamentos privados ou particulares em horários de pico.

Sindepark (2008) ressalta que o estacionamento privado ou particular é um serviço complicado em São Paulo, pois dificulta o tráfego e a maior parte está em pequenos empreendimentos clandestinos que proliferaram ao longo dos anos, pois não são bem localizados e há poucas vagas. Justifica-se também pelo fato dos estacionamentos apresentarem um número insuficiente de vagas em relação à frota de veículos que circulam na cidade, conforme revela a Tabela 1.1.

Tabela 1.1 – Estacionamentos em São Paulo.

Estacionamentos	**Vagas**	**Frota de veículos**	**Média de veículos atendidos/mês**
9.000	630.000	6.000.000	60.000.000

Fonte: Diário do Comércio (SP), 29/02/2008.

Um exemplo de que os investimentos em transportes de alta capacidade não resolvem por si só o problema de trânsito, cita-se o caso de São Paulo. Lima Jr. (2007) afirma que o centro de São Paulo é uma das regiões da metrópole mais bem servida pelo transporte de alta capacidade. No entanto, nos últimos anos, os congestionamentos foram ampliados nos principais corredores e a quilometragem média de lentidão nas vias marginais vem aumentando. Atingem médias de extensão anuais de 90 km no pico da manhã e 120 km no pico da tarde segundo apontamentos do Boletim Técnico da Companhia de Engenharia de Tráfego (CET) em 2005.

Uma das possíveis soluções para os problemas no trânsito, devido ao excesso de veículos é a mudança do comportamento de viagens e gerenciamento do tráfego. O programa de gerenciamento de mobilidade (*Mobility Management*) da Europa foi desenvolvido a partir de 1990, e o programa de *Traffic Demand Management (TDM*) nos Estados Unidos a partir de 1970, com políticas de gerenciamento de tráfego para aliviar o congestionamento. Esses programas incentivam o uso do transporte de menor impacto ambiental e viário, restringe o uso do transporte individual, reduz a necessidade e a distância das viagens de automóvel, estimula viagens coletivas com o objetivo de combater os congestionamentos e acidentes, melhorando a qualidade de vida.

No entanto, Roess, Prassas e McShane (2004) ressaltam que o planejamento é a forma de organizar e gerenciar, estabelecendo zonas restritivas para estacionamento no uso público específico e estabelece programas básicos de operação.

O melhor *layout* de um estacionamento depende, principalmente, das características da área disponível, da facilidade de circulação, do tipo de estacionamento (curta ou longa duração) e do tipo de via. A quantidade de vagas dos estacionamentos é influenciada pela demanda, área, vagas dos estacionamentos concorrentes e custos operacionais. A demanda por estacionamento na área central em cidades de porte médio deve seguir a legislação de uso e ocupação do solo, se existir.

Contudo, acredita-se que esta pesquisa é relevante, pois tende a contribuir para o aperfeiçoamento das políticas urbanas de transportes e mobilidade, fornecendo alternativas operacionais para a melhoria do fluxo de veículos.

A estrutura deste trabalho está dividida em capítulos, sendo que no Capítulo 2 apresenta políticas urbanas de gestão no trânsito adotadas em alguns países e em cidades brasileiras. O objetivo é propor uma reflexão sobre as soluções apresentadas no trânsito para gerenciar a mobilidade urbana e reduzir o excesso de veículos nas áreas densas da cidade.

O Capítulo 3 descreve alguns critérios para a localização de instalações abordando conhecimentos em logística, métodos de otimização e heurísticos. Destacam-se a localização dos estacionamentos, bem como os estabelecimentos comerciais e de serviços que tem influência direta no trânsito.

O Capítulo 4 contém os procedimentos e modelagem computacional para o problema de localização de instalações. Apresenta algumas ferramentas computacionais, tais como TransCAD e TSIS. O Capítulo 5 descreve o estudo de caso numa cidade com mais de 600.000 habitantes abordando algumas características da área de estudo, bem como os estacionamentos existentes e os pontos comerciais na área central. Por fim, no Capítulo 6 apresenta conclusões e algumas recomendações.

CAPÍTULO 2

ESTRATÉGIAS NO TRÂNSITO

Este capítulo mostra que é importante levar em consideração as políticas públicas de planejamento de ocupação do solo urbano, bem como de transporte direcionada pelo princípio de desenvolvimento urbano com uma melhor qualidade de vida e a preservação dos recursos naturais expressas no plano diretor de cada município. Por isso, a seguir será mostrada a definição e as implicações de alguns aspectos destas políticas para o planejamento urbano e de transporte aplicadas em alguns municípios com mais de 500.000 habitantes.

O capitulo apresenta, também, algumas medidas e ações de gerenciamento de tráfego nos EUA, Europa e Brasil, propondo reduzir o nível de congestionamento, incentivar o uso do transporte coletivo e reduzir o número de veículos em circulação no centro comercial.

2.1 POLÍTICAS URBANAS

As políticas urbanas têm por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana. Algumas diretrizes norteiam essas políticas tais como:

- Garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as pessoas;
- Planejamento do desenvolvimento das cidades, da distribuição espacial da população e das atividades econômicas do município e do território sob sua área de influência, de modo a evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente.

Neste contexto, a legislação específica foi criada para dar suporte e direcionar o desenvolvimento das cidades, buscando trazer soluções para os problemas e situações inesperadas que surgem durante a urbanização da cidade. Dentre elas, se destacam o Planejamento Urbano e de Transportes, Plano Diretor e Legislação de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo.

2.1.1 Planejamento Urbano e de Transportes

É uma área de estudo que visa adequar as necessidades de transporte de uma região ao seu desenvolvimento, de acordo com as diretrizes do plano diretor de cada município. Isto significa implantar novos sistemas ou melhorar os existentes, levando em conta o planejamento do desenvolvimento urbano que também deve respeitar as políticas de Uso e Ocupação do Solo para o sistema viário, ao contemplar aspectos de acessibilidade e mobilidade.

Neste sentido, acessibilidade se refere à facilidade, em distância, tempo ou custo de se alcançar com autonomia os destinos desejados. A mobilidade está associada à habilidade dos indivíduos se deslocarem de um lugar para outro, em decorrência de condições físicas e econômicas no sistema viário. Depende de dois componentes: das características do sistema de transporte urbano (infraestrutura viária, circulação no trânsito, transporte público) e as características do indivíduo e das suas necessidades.

2.1.2 Plano Diretor

O plano diretor, que é regulamentado pelo Estatuto da Cidade por meio dos artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelecendo as diretrizes que devem orientar o desenvolvimento da cidade e aprovado pela Câmara Municipal, é obrigatório para cidades com mais de vinte mil habitantes. Consiste no instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana e deve orientar as políticas e programas para desenvolvimento e funcionamento da cidade. Devem garantir habitação de qualidade, saneamento ambiental, transporte e mobilidade, trânsito seguro, hospitais e postos de saúde, escolas e equipamentos de lazer, para que todos possam trabalhar e viver com dignidade. Dentre vários instrumentos legais complementares, destacam-se:

- Parcelamento do solo: referente à integração na malha urbana, previsão de diretrizes viárias, reserva de áreas para uso público e garantia de preservação e do meio ambiente, da identidade cultural e da histórica da cidade;
- Zoneamento: referente às normas e padrões de ocupação e utilização do solo urbano, em conformidade com atividades desenvolvidas e previstas.

Deste modo, o Plano Diretor de cada município determina as diretrizes e ações para a implantação de políticas de desenvolvimento urbano, rural e de integração do município na região, buscando melhor qualidade de vida para a população. Trata, também, do sistema de transporte coletivo (linhas, itinerários, passageiros, estação de transbordo), plano geral de circulação e de transporte, estacionamentos, acessibilidade de pedestres e pessoas portadoras de necessidades especiais.

2.1.3 Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo

Segundo Barreiros e Abiko (1998), pela primeira vez em sua história, o Brasil passou a contar com uma legislação de parcelamento do solo urbano que incorporou em seu texto alguns requisitos urbanísticos com objetivo de melhor ordenamento das novas áreas urbanas dos municípios brasileiros. Nesse aspecto, a Lei Federal 6.766/79 apresenta um caráter inovador, demonstrando a preocupação com a ordenação do espaço urbano, através de indicadores de áreas.

A política de Uso do Solo iniciada desde então propõe, para os municípios, diretrizes que organize a ocupação do espaço urbano de forma sistemática considerando os diversos tipos de atividades com intuito de melhorar as condições de mobilidade. Deste modo, o adensamento populacional é condicionado à capacidade de acolhimento sustentável do meio físico; incentiva a implantação de atividades que gerem um processo de renovação e requalificação da área central da cidade; e resguarda a qualidade de vida e do meio ambiente.

Segundo Lemes (2005), a Associação Nacional dos Transportes Públicos (ANTP) publicou, em 2004, uma notificação chamando a atenção para a importância do uso e ocupação do solo, uma vez que as alterações nas condições de uso do solo podem gerar novas demandas de transportes e subsequentes mudanças no uso do mesmo solo.

Os municípios para controlar o desenvolvimento físico territorial da região, utilizam instrumentos legais de organização do uso e de ocupação do solo capazes de reavaliar os planos diretores e as leis de zoneamento, conforme o crescimento da cidade e os problemas no trânsito. Assim, o desafio é repensar as relações entre a infraestrutura urbana e a mobilidade, procurando soluções para responder aos impactos negativos produzidos pelo crescimento do tráfego de veículos.

2.2 ESTRATÉGIAS DE ALGUMAS CIDADES DO BRASIL

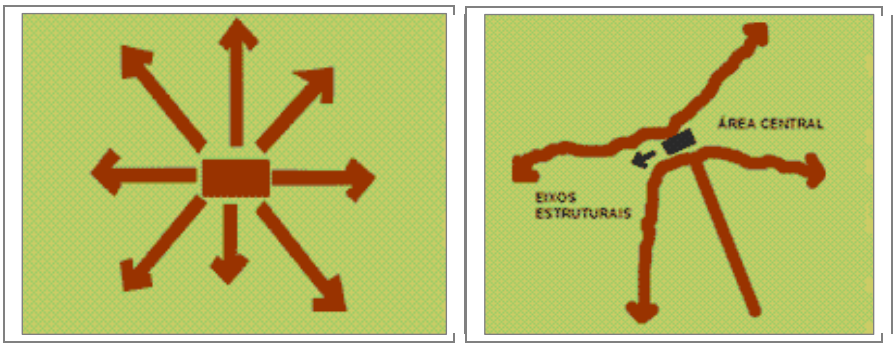
As políticas públicas e o planejamento urbano são essenciais para adotar critérios de dimensionamento de vagas de estacionamento para estabelecimentos geradores de tráfego. Alguns casos que comprovam a importância das políticas públicas de planejamento urbano para a resolução de problemas de trânsito em cidades brasileiras serão apresentados a seguir.

2.2.1 O Caso de Curitiba

Curitiba é a maior cidade da região sul e a sétima mais populosa do Brasil. Apresentou, em 2009, uma população de 1.851.215 habitantes e, em 2008, uma frota de automóveis de 818.104, segundo informações do IBGE.

Em 1965 foi criado o Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC) com intuito de realizar, coordenar e monitorar o planejamento e desenvolvimento urbanístico da cidade, além de articular as políticas e diretrizes para a estruturação urbana e criar soluções integradas que pudessem melhorar as condições sociais e econômicas da população.

As diretrizes do Plano Diretor de Curitiba criadas com base na atuação do IPPUC estavam voltadas para um crescimento radial da cidade, mas em 1966 ele foi alterado para propor um crescimento planejado e policêntrico, conforme mostra Figura 2.1.



Fonte: IPPUC (http://www.ippuc.org.br)

Figura 2.1 - Crescimento radial e crescimento policêntrico, respectivamente.

A nova estrutura policêntrica visava evitar a deteriorização e saturação do centro tradicional, como também obter melhor aproveitamento da infraestrutura de alguns bairros; induziu o crescimento linear da cidade e garantiu o espaço necessário ao transporte de massa, que operava em canaletas exclusivas. O Centro foi circundado por um Anel Central de tráfego lento, conforme Figura 2.2.

Fonte: IPPUC (http://www.ippuc.org.br)

Figura 2.2 – Anel Central de Tráfego Lento.

A política municipal propôs diminuir o número de veículos no Anel Central mediante diminuição do número de ruas com sentido direcionado para o centro da cidade e manutenção de importantes espaços para pedestres, como a Rua XV de Novembro (o calçadão), antes uma das avenidas mais movimentadas da cidade.

No entanto, segundo Oliveira (2002), as vias principais foram gradativamente sendo ocupadas por estabelecimentos comerciais, caracterizando-se por elevado número de

concessões para construção de estacionamentos para veículos e isso começou a comprometer a circulação de veículos.

Para resolver o problema, o Plano Diretor e os regulamentos de Zoneamento e Uso do Solo foram redefinidos e novos parâmetros de ocupação foram propostos para reorientarem os investimentos (públicos e privados) e disciplinarem as atividades da iniciativa privada na cidade. A partir das novas diretrizes de uso do solo propostas pelo Plano Diretor, a cidade foi remodelada através de sucessivos zoneamentos a partir do ano 2000.

O DENATRAN (2001) afirma que a cidade de Curitiba, a partir desse período, foi dividida em zonas e setores de uso, devido à modificação em sua Lei de Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo. As atividades urbanas e os empreendimentos geradores de tráfego de veículos passaram a ser classificados pelos parâmetros de permitidas, toleradas ou proibidas. A Tabela 2.1 mostra tais parâmetros aplicados no município de Curitiba para o dimensionamento do número de vagas de estacionamento associadas com cada tipo de empreendimento.

Tabela 2.1 – Vagas para estacionamento por tipo de estabelecimento em Curitiba.

Categoria	Tipo	Nº de vagas para estacionamento ou garagem
Edificações comerciais e de prestação de serviços	Edifício de escritórios	1 vaga para cada 120 m² de área construída
	Comércio e serviço vicinal	Até 100 m² de área construída não há exigência
	Comércio e serviço de bairro setorial (exceto para os demais usos neste quadro)	Até 100 m² de área construída, não há exigência De 100 m² até 400 m² : 1 vaga / 50 m² de área construída Acima de 400 m² : 1 vaga / 25 m² de área construída
	Comércio e serviço geral	1 vaga para cada 80 m² de área destinada à administração e 1 vaga para cada 25 m² do restante da área construída
	Centro comercial, *shopping center*, supermercado e hipermercado	1 vaga / 12,50 m² de área destinada à venda pátio de carga e descarga com as seguintes dimensões: -até 2.000 m² de área construída: mínimo de 225 m² -acima de 2.000 m² de área construída: 225 m² mais 150 m² para cada 1.000 m² de área construída excedente
	Restaurante, lanchonete, *boite*, casa de *show*	Até 100 m² de área construída, não há exigência Acima de 100 m² : 1 vaga / 25 m² de área construída
Edificações para fins culturais	Auditório, teatro, anfiteatro, cinema, salão de exposições, biblioteca e museu	1 vaga a cada 12,50 m² de área destinada aos espectadores
Edificações para fins recreativos e esportivos	Clube Social / Esportivo, Ginásio de Esportes, Estádio, Academia	1 vaga / 12,50 m² de área construída
Edificações para fins religiosos	Templo, capela, casa de culto e igreja	Atendimento à regulamentação específica
Edificações para fins educacionais	Pré-escolas, jardim de infância, escolas do ensino fundamental	Até 100 m² de área construída, não há exigência Acima de 100 m² de área construída: -área de estacionamento: 1 vaga / 80 m² de área construída -área para ônibus: 30% da área destinada às salas de aula
	Ensino médio	Até 100 m² de área construída, não há exigência; Acima de 100 m² de área construída: 1 vaga / 80 m² de área administrativa e 1 vaga para cada 50 m² de área destinada às salas de aula
	Ensino Superior campus universitário	Cada caso será objeto de estudo pelo órgão competente
Edificações para atividades de saúde	Posto de saúde, centro de saúde, clínica sem internamento, consultório, laboratório de análises clínicas, laboratório de produtos farmacêuticos,	Até 100 m² de área construída, não há exigência De 100 m² a 400 m² , 1 vaga para cada 50 m² de área construída Acima de 400 m² : 1 vaga para cada 25 m² da área construída

Fonte: DENATRAN (2001).

Atualmente, Curitiba é a cidade brasileira que apresenta um planejamento urbano e de transporte que facilita o uso efetivo do transporte coletivo o que garante viagens mais rápidas e confortáveis para a população. Além disso, as campanhas educativas frequentes no trânsito visam mudança de comportamento do cidadão, da necessidade e condição das viagens.

Segundo reportagem do Jornal de Comunicação da UFPR[1],em novembro de 2006, a cidade apresentou alguns problemas no trânsito com o crescimento da frota de veículos nas vias. Uma das medidas de gerenciamento de tráfego foi à retirada das faixas de estacionamento com intuito de diminuir os congestionamentos em horário de pico e reduzir o tempo de deslocamento dos motoristas pelas avenidas. As 400 vagas de estacionamento (361 são vagas de Estacionamento Regulamentado e o restante para motos, paradas de 15 minutos e locais de embarque e desembarque) são proibidos desde a trincheira da Ubaldino do Amaral, na divisa do Alto da XV com o Centro, até a Ângelo Sampaio, no Batel. Os horários de proibição de estacionamento são das 7h às 20h de segunda a sexta-feira, e das 7h às 14h nos sábados.

2.2.2 O Caso de São Paulo

A cidade de São Paulo é o principal centro financeiro, corporativo e mercantil da América Latina. Apresenta uma população de 11.037.593 habitantes segundo estimativa do IBGE em 2009. Em 2008, a frota de automóveis era de 4.251.685.

A cidade enfrenta problemas comuns como o excesso de automóveis que circulam em suas avenidas (média de um veículo para cada dois habitantes). Tem sido bastante conhecida por frequentes engarrafamentos e por previsões de especialistas de trânsito nada animadores.O transporte em São Paulo é caótico, há grande congestionamento de carros em suas principais vias.

Portugal e Goldner (2003) citam a Lei nº. 10.334/87, que define Áreas Especiais de Tráfego, em São Paulo, estabelecendo critérios diferenciados para a exigência mínima de vagas de estacionamento. As Áreas Especiais de Tráfego constituem, basicamente, o centro expandido da cidade, onde o adensamento do fluxo de veículos e pessoas e a verticalização de construções são mais acentuados e o conflito entre o tráfego local é mais intenso.

A Tabela 2.2 apresenta os índices de vagas de estacionamento utilizado para diferentes Polos Geradores de Tráfego, onde “AC” significa área construída computável. Esta área é igual à área construída total menos a área construída de garagem e menos as áreas das caixas d`água.

---

[1] Disponível em:<http://www.jornalcomunicacao.ufpr.br/redacao3/node/68>.

A “ACom” é igual a área comercial do empreendimento e o “NL” representa o número de leitos.

Tabela 2.2 – Vagas para estacionamento por tipo de estabelecimento em São Paulo.

Tipo de pólo gerador de tráfego	Quantidade de vagas
Centro de compras, *shopping center*	A.COM. < 20.000 m² : 1 vaga/ 15 m² A.COM. > 20.000 m² : 1 vaga/ 20 m² A.COM. = área comercial
Supermercado Entreposto, terminal, armazém, depósito	1 vaga/ 35 m² A.COM 1 vaga/ 200 m² A.C. A.C. = área construída computável
Prestação de serviço, escritório	1 vaga/ 35 m² A.C.
Loja de departamento	A.C. < 5.000 m² : 1 vaga/ 45 m² A.C. > 5.000 m² : 1 vaga/ 50 m
Hotel	1 vaga/ 2 aptos até 50 m² + 1 vaga / apto. >50 m² 1 vaga/ 10 m² salão convenção + 1 vaga/ 100 m² área uso público
Hospital, maternidade	NL < 50:1 vaga /leito 50 < NL< 200:1 vaga / 1,5 leitos NL > 200:1 vaga / 2 leitos NL= nº de leitos
Pronto socorro, ambulatório, clínica, consultório, laboratório	1 vaga / 50 m² A.C.
Faculdade, curso preparatório pré-vestibular, supletivo	2.000 < A.C. < 4.000 m²: 1 vaga / 20 m² A.C. > 4.000 m² : 1 vaga / 25 m²
Escola de ensino fundamental e médio, ensino técnico e profissional	1 vaga / 75 m² A.C.
Serviço de educação	2.000 < A.C. < 4.000 m²: 1 vaga / 25 m² A.C. > 4.000 m²: 1 vaga / 30 m²
Restaurante, salão de festa, casa de chá, *drinks*, etc.	1 vaga / 10 m² de área pública
Local de reunião, culto, cinema, teatro, etc.	1 vaga / 40 m² A.C.
Obs.: Área computável (A.C.) = área construída total – área construída de garagens – área de ático e de caixas d'água.	

Fonte: DENATRAN (2001).

As especificações de São Paulo para vagas de estacionamento para Pólos geradores de tráfego por atividade comercial levam a perceber que quanto menor a A.COM. mais vagas se exigem por metro quadrado. Esse fato é identificado no tipo ‘centro de compras’, onde A.COM. menor que 20.000 m^2 estabelece 1vaga para cada 15 m^2. Analogamente, se percebe no tipo ‘loja de departamento’, ‘faculdades’, ‘escolas e serviço de educação’.

Por outro lado, cada vez mais medidas e políticas de restrição ao uso de automóvel particular foram e tem sido adotada para reduzir os congestionamentos nas áreas centrais e também diminuir a concentração de veículos estacionados ao longo das vias destas áreas centrais por grande período de tempo.

Deste modo, em 2004, a Empresa Municipal de Urbanismo de São Paulo (EMURB) apresentou um estudo da viabilidade de implantação de estacionamentos do projeto de reabilitação do centro de São Paulo. Por este projeto seriam disponibilizadas novas vagas de estacionamento com criação de garagens subterrâneas na Área Central da cidade para atender uma parte da demanda na região interna da "Rótula Viária" (Centro Principal), todavia ainda haveria necessidade de usar estacionamento nas regiões vizinhas.

Por isso, propôs-se também a ampliação das calçadas destinadas à circulação de pedestres; regulamentação de novos pontos de táxi; áreas para embarque / desembarque de passageiros e parada rápida dos veículos de atendimento aos turistas; vagas específicas para as operações de carga / descarga, sempre de acordo com a regulamentação geral da região; vagas para estacionamento de motos; vagas para atendimento aos portadores de necessidades especiais etc.

Portanto, várias foram as tentativas de melhoria das condições de trânsito em São Paulo e vale ainda destacar o projeto Plano Integrado de Transportes Urbanos (PITU) para 2020 que propõe políticas de regulamentação tarifas de estacionamento e pedágios; incentivam a integração automóvel com o transporte público coletivo expressa pela implantação de estacionamentos periféricos de veículos que estejam próximos a estações de mêtro. A efetiva retirada de vagas de estacionamento que estão junto ao meio fio das vias e outras áreas restritas do centro expandido, seguida de criação de estacionamentos subterrâneos e introdução de faixas exclusivas para o transporte público coletivo nas vias que, neste caso, não mais terão de servir de estacionamento.

Em suma, o projeto PITU propõe um plano diretor de estacionamento, que busque racionalizar o uso do sistema viário, reduzindo o congestionamento no centro expandido do município de São Paulo.

2.2.3 O Caso de Belo Horizonte

Belo Horizonte, capital do Estado de Minas Gerais, apresentou, em 2009, uma população de 2.452.617 habitantes e em 2008 uma frota de automóveis de 798.171, segundo

informações do IBGE. Segundo dados estatísticos da BHTRANS[2], as frotas de veículos registradas apresentam um crescimento de 35% entre 2004 e 2008, resultando numa relação de um veículo para cada 2,2 habitantes. Deve-se ressaltar, ainda, o avanço do número de motocicletas, que cresceu 75 % no mesmo período, mais que o dobro do crescimento do número total de veículos.

Segundo informações em entrevista com o coordenador da BHTRANS[3]em 2008, os ônibus são responsáveis pelo deslocamento de 40% da população, ao passo que 80% do contingente automotivo são formados por carros, que deslocam 24,5% de pessoas, de acordo com dados extraídos de pesquisa da Fundação João Pinheiro (órgão de pesquisa aplicada do governo de Minas). A razão da escolha pode ser a constatação de que os ônibus são mais lentos, a passagem cobrada é cara, além de grande parcela da população ter de caminhar alguns quarteirões para esperá-lo.

Segundo Hermont (2009), a BHTRANS publicou em dezembro de 2008, o Manual de Práticas de Estacionamento em que se estabelecem regras e critérios para as operações de parada e estacionamento, definindo uma política geral de compartilhamento dos espaços na via pública. As regras consistem, sobretudo, na classificação da via, na condição operacional e nível de serviço, a função real que a via exerce na dinâmica da cidade e do uso do solo predominante no local. As restrições ou proibições de uso e ocupação da via podem ser dinâmicas, e podem variar no espaço e no tempo, o que implica em proibição de estacionamentos e de circulação em trechos de vias por algum período do dia ou por todo o dia. O objetivo é garantir a melhor utilização do espaço público, proporcionando fluxos seguros e harmonizados com as rotinas urbanas. A BHTRANS pretende adotar um plano de Mobilidade Urbana, para mudar a concepção das pessoas em relação à utilização do automóvel e que deverá ser totalmente implantado até 2020.

---

[2] Empresa de Transporte e Trânsito de Belo Horizonte (BHTRANS). Disponível em:<http://bhtrans.pbh.gov.br/portal/page/portal/portalpublico/Estat%C3%ADsticas%20e%20Publica%C3%A7%C3%B5es/Indicadores%20Anuario%20Estatistico/AE%20Tabela%2014>. Acesso em: 12 fev.2010.

[3] Disponível em:< http://noticias.uol.com.br/especiais/transito/2008/06/13/ult5848u32.jhtm>. Acesso em:12 fev.2010.

2.2.4 O Caso geral do Brasil

Algumas ações para reduzir o uso do automóvel e gerenciamento de tráfego estão enquadradas na melhoria do transporte público com faixas prioritárias de tráfego, rodízios de veículos, campanhas educativas no trânsito, dentre outras. Por outro lado, órgãos federais de trânsito incentivam as cidades a adotarem medidas para reduzir o número de veículos em circulação, com preocupação da qualidade de vida.

Em 1997, o Código de Trânsito Brasileiro (CTB) estabeleceu a competência para "planejar e implantar medidas para redução da circulação de veículos e reordenação do tráfego, com o objetivo de diminuir a emissão global de poluentes", aos órgãos e entidades executivas de trânsito dos municípios (Brasil, 1997 apud CRUZ, 2006).

Em 2007, a Confederação Nacional de Transporte (CNT) estabeleceu o Plano de Logística para o Brasil incentivando medidas e políticas de transportes ao levar em conta à preocupação com o meio ambiente e uso do solo. Propõe:

> alternativas à indução do desenvolvimento social, econômico e ambiental, de maneira que o país racionalize o uso da energia no transporte, incremente a multimodalidade e amplie o número de terminais de integração e transbordo. [...] cuidado com o meio ambiente, por meio do respeito às áreas de restrição e controle de uso do solo. (CNT, 2007).

Estas diretrizes devem nortear, portanto, a criação, manutenção e promoção de ações de estruturação do trânsito e transporte que busquem garantir melhor qualidade de vida para a população, em geral, em curtos, médios e longos prazos.

Portanto, no Brasil, leva-se em conta essa preocupação com o uso do solo ao criar políticas urbanas por meio de cada município de forma a melhorar o sistema viário, mobilidade e meio ambiente. E como essa visão de planejamento estratégico de trânsito se dá em outros países? A seguir, apresentam-se algumas estratégias de gerenciamento de mobilidade e de tráfego na Europa e Estados Unidos.

2.3 ESTRÁTEGIAS NA EUROPA

A Europa constitui-se de mais de 27 países politicamente independentes. À medida que a economia cresce, aumenta a procura no setor dos transportes. No entanto, este crescimento significa um congestionamento e um consumo de combustível cada vez maiores que, por sua vez, causam mais poluição. Neste contexto, a Europa busca soluções atráves do desenvolvimento sustentável, constituindo uma das principais prioridades, o que faz com que as questões ambientais sejam tomadas em consideração na elaboração de todas as suas políticas.

Segundo Matos e Silva (2006), o *Mobility Management* (MM) é uma técnica de planejamento que busca influenciar a escolha por modos de transportes ecologicamente sustentáveis, reduzindo a necessidade por viagens em automóveis particulares. O gerenciamento de mobilidade aborda políticas integradas de uso do solo e de transportes tais como o transporte alternativo não motorizado, tarifação de congestionamento *(Congestion Charging/Pricing),* campanhas educativas no trânsito de conscientização sobre o uso do automóvel particular. Alguns exemplos de projetos relacionados a essa política são apresentados a seguir.

➔ *TRANSPLUS e PROPOLIS*

No período de 2000 a 2004, dois projetos *Planning and Research of Policies for Land Use and Transport for Increasing Urban Sustainability* (PROPOLIS[4]) e o *TRANSport Planning, Land Use and Sustainability* (TRANSPLUS[5]) foram ambos desenvolvidos em cidades européias.

---

[4] PROPOLIS - Projeto fundado pela Comissão Européia sobre Energia, Desenvolvimento Sustentável e Ambiental do 5º programa estrutural RTD e desenvolvido nas cidades da Bélgica, Itália, Inglaterra, Alemanha e Finlândia, no período de 2000 a 2004.

[5] TRANSPLUS – Projeto desenvolvido nas cidades de Amsterdam e Groningen/NL; Cologne, Munster, Dresden e Tübingen/D; Brussels e Gent/BE; Merseyside, Croydon e Bristol/UK; Nantes e Orleans/FR; Roma/I; Lisboa/PT; Bilbao e Barcelona/Es; Aalborg/DK; Helsinki/FIN; Vienna/A; Bucharest/RO; Ploiesti/RO; Warsaw/PL; Tri-City/PL; Bratislava/SK, no período de 2000 a 2003.

O TRANSPLUS, coordenado pelo *Istituto di Studi per I'Integrazione dei Sistemi* (ISIS), foi um projeto colaborativo desenvolvido em parceria com toda a Europa e aplicado em 23 cidades européias nos anos entre 2000 e 2003. Enfatiza a necessidade de tratar os problemas de mobilidade existentes no ambiente urbano fazendo uso das políticas de transportes. Assim, afirmam que são necessárias políticas integradas de transportes e usos de solo para:

- Reduzir a necessidade de deslocamentos mantendo a integração espacial e o acesso aos serviços e oportunidades;

- Reduzir a dependência dos automóveis e dos transportes motorizados individuais;

- Reduzir as disparidades de custos de vida, deslocamentos e prestação de serviços públicos, sem dificultar o desenvolvimento das economias urbanas e regionais, dentre outras.

Segundo ISIS (2003), as experiências das cidades analisadas no contexto do projeto TRANSPLUS são consideravelmente diferentes tanto à abordagem do planejamento como ao tipo de medidas aplicadas para resolução dos seus problemas. No entanto, foram identificadas duas abordagens principais para definição e implementação de estratégias integradas de transportes e usos de solo:

- Políticas de uso do solo orientadas para a redução da necessidade de deslocamentos: essencialmente políticas de estruturação do espaço urbano-regional que criam novos centros ou regeneram espaços industriais abandonados, alterando o espaço urbano e limitando a expansão das zonas construídas de residências, locais de trabalho, entre outros;

- Políticas de transportes orientadas para a melhoria da acessibilidade com mais alternativas de transportes. São essencialmente políticas de (re)estruturação do sistema de transportes (transportes públicos, ciclovias para bicicletas, serviços flexíveis de transportes, partilha de automóvel, dentre outros) que incentivam a revitalização da cidade.

Durante a concepção e implementação do projeto TRANSPLUS, diferentes grupos foram envolvidos e participaram nas políticas de transporte e uso do solo como órgãos municipais, federais, universidades, comunidade, empresas privadas da construção civil, turistas, operadores de transportes, dentre outros. Enfim, houve um envolvimento público de grande importância.

O PROPOLIS tinha o intuito de pesquisar, desenvolver e testar a utilização de políticas integradas de uso do solo e transporte, a fim de encontrar estratégias de sustentabilidade urbana de longo prazo e para demonstrar seus efeitos nas cidades européias. Correia (2007) cita que o PROPOLIS foi adotado em sete cidades européias e conseguiu promover a melhoria no serviço de transporte público adotando as políticas integradas do solo.

Os dois projetos testaram políticas integradas de uso do solo e de transportes, definindo estratégias de desenvolvimento urbano sustentável por meio de incentivo à redução da emissão de gases poluentes decorrente da redução da dependência dos transportes motorizados individuais (ISIS, 2003 e LAUTSO *et al.* 2004).

➔ *Congestion Charging/Pricing*

É uma importante estratégia aplicada no centro de Londres e alguns bairros com melhor mobilidade urbana. A zona de tarifação é demarcada e sinalizada conforme Figura 2.3.

Figura 2.3 – Indicação da zona de tarifação de congestionamento.

Esta tarifa refere-se ao custo de circulação nas vias no período de 7 às 18 h, nos dias da semana, exceto fins de semana e feriados. O pagamento da tarifa diária permite circular, sair e voltar a entrar na zona de tarifação quantas vezes se quiser durante o dia.

Em fevereiro de 2007, a zona de tarifação se estendeu para mais 20 bairros[6] de Londres. Segundo Lacerda (2006), a cobrança da tarifa de congestionamento tem como objetivo reduzir o tráfego nas vias mais movimentadas das grandes cidades, nos horários de pico; torna o trânsito mais rápido e permite deslocar a demanda de veículos particulares para o transporte coletivo.

2.4 ESTRATÉGIAS NOS EUA

Os Estados Unidos da América são compostos por 50 Estados e 1 Distrito Federal politicamente independente. Os Estados Unidos possuem uma extensiva malha rodoviária, ferroviária e hidroviária. Para cada 100 habitantes, existem cerca de 75 veículos motorizados (carros, caminhões e ônibus) sendo 56 automóveis. Caminhões transportam cerca de um quarto de toda a carga do país, sendo 15% por meio do transporte hidroviário e 35% por Trens.

Uma importante estratégia no trânsito adotada nos EUA é o gerenciamento da demanda de tráfego, *Traffic Demand Management* (TDM). Caracteriza-se por um conjunto de ações para reduzir a dependência e o uso dos veículos, ou seja, são ações que visem influenciar as viagens de automóveis para reduzir o congestionamento. VTPI (2008a) reforça essa visão dizendo que o TDM é um:

> ...conjunto de estratégias que mudam o comportamento de viagens (no tempo, espaço e modo de transporte), de maneira a aumentar a eficiência do sistema de transporte e alcançar objetivos específicos como redução do congestionamento, economia de custos de estacionamento e de manutenção de vias, aumento da segurança e mobilidade para pedestres e redução na emissão de poluentes. (VTPI 2008a).

Existem várias estratégias TDM que usam diferentes programas para influenciar as decisões de viagem. Programas tais como *Rideshare, High Occupancy Vehicle* (HOV) *Priority*, melhoram as opções de transportes alternativos e incentivam às mudanças no modo de viagem, tempo ou de destino. Outra estratégia é *Parking Management* que se

---

[6] Bayswater, Notting Hill, North y South Kensington, Knightsbridge, Chelsea, Brompton, Belgravia, Pimlico, Victoria, St. James's, Waterloo, Borough, City of London, Clerkenwell, Finsbury, Holborn, Bloomsbury, Soho, Mayfair e parte de Marylebone.

propõe a melhorar, principalmente, a acessibilidade no uso do solo envolvendo reformas na política de transportes de forma a gerenciar e organizar as áreas de estacionamento.

➔ *Ridesharing*

O *Ridesharing* consiste em fazer com que um grupo de pessoas que fariam à viagem em vários veículos seja reunido em apenas um, aumentando a ocupação do veículo. É um modo alternativo de custo baixo onde às pessoas dividem as despesas ou pagam um valor pelo transporte. São úteis principalmente em áreas que não são servidas por transporte público. Este programa inclui serviços *ridematching* (que ajudam os viajantes a encontrar parceiros de viagem). Podem ser classificados em V*anpool, Carpool*.

O *Vanpool* é uma alternativa de viagem que reúne cinco a quinze pessoas num veículo alugado e particularmente adequado para trajetos mais longos (16 km ou mais em cada sentido de via), segundo VTPI (2008a). O C*arpool* utiliza um grupo de duas ou mais pessoas que decidem se agrupar para ir trabalhar ou para outros destinos num veículo particular, conforme ilustra a Figura 2.4.

Fonte: www.smartcommute404-7.ca/Commute_Options_RideShare.htm

Figura 2.4 – Estacionamento para Carpoolers.

Algumas vantagens do *carpool* se destacam, tais como: menos *stress* nos deslocamentos para trabalho, baixo custo de serviço, redução da necessidade de estacionamento, redução das emissões de poluentes dos automóveis.

➔ *HOV Priority*

High Occupancy Vehicle (*HOV) Priority* é uma estratégia de prioridade aos veículos de alta ocupação (transporte público, *vanpools* e *carpools)* no tráfego e em áreas de estacionamento. Esta prioridade compreende faixas exclusivas para o tráfego de certos modais de transporte com maior número de passageiros. Segundo VTPI (2008b) as faixas prioritárias proporcionam economia de tempo de viagem, redução de custos operacionais e aumento da confiabilidade de viagens em vias congestionadas, ou seja, melhora o desempenho do trânsito. Essa prioridade para o transporte público pode reverter o cenário criado pela adoção de uma política centrada no automóvel.

➔ *Parking Management*

Parking Management engloba estratégias que incentivam o uso mais eficiente dos lotes de estacionamento, melhorando a qualidade do serviço prestado aos usuários dos estacionamentos. VTPI (2008c) cita algumas medidas:

- Limite de estacionamento na via para veículos de grande porte (veículos com mais de 22 metros de comprimento ou reboques). Isso facilita o fluxo de tráfego e desencoraja o uso de estacionamento público para veículos comerciais;

- Proíbe o estacionamento na via em determinadas rotas e em horários de pico para aumentar as faixas de trânsito;

- Política de preços: incentiva uma tarifa maior de estacionamento em áreas densas da cidade e tarifas menores na periferia. O uso de sistemas eletrônicos (paquímetro) é mais conveniente, preciso, flexível e cada vez mais rentável. Eles podem acomodar várias formas de pagamento (moedas, notas, cartões de crédito e débito, telefone celular);

- Incentiva o *Park & Ride* (normalmente, localizado a poucas quadras de um centro comercial);

O sistema *Park & Ride*[7] consiste em áreas de estacionamentos localizadas próxima as estações de transporte público para integração modal. O veículo particular é deixado no estacionamento e o indivíduo continua a viagem por um modo de transporte de massa. Esses estacionamentos são alternativas de viagem muito utilizadas em diversas cidades do mundo, o que contribui indiretamente para o tráfego de veículos e o uso de *Rideshare* ao disponibilizar vagas de estacionamento.

O estacionamento é geralmente livre ou significativamente menos caro do que nos centros urbanos. A Figura 2.5 mostra a disposição espacial do estacionamento *Park & Ride*.

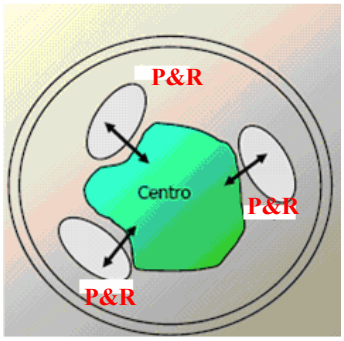


Figura 2.5 – Localização do *Park & Ride(P&R)*.

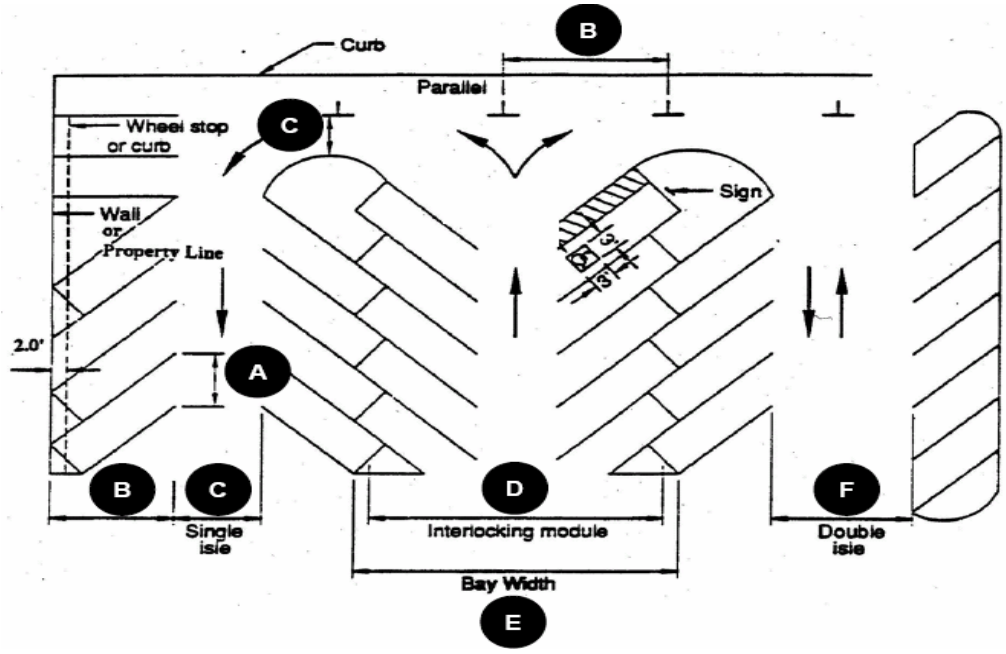
O principal objetivo do sistema *Park & Ride* é a transferência da demanda dos estacionamentos da área central para a periferia e intensificação do uso do transporte público para regiões intermediárias do centro. Essa estratégia se destina principalmente às pessoas que fazem viagens a trabalho (casa/trabalho/casa) periodicamente. Os benefícios são melhorias do nível de serviço e eficácia do transporte público, concentrando a demanda nas principais rotas das linhas. Há redução do tráfego e dos níveis de congestionamento em rotas radiais urbanas e no centro comercial e redução da quantidade de estacionamentos requeridos no centro. A Figura 2.6 mostra uma área próxima ao centro de Winchester onde há *Park & Ride*.

[7] O endereço eletrônico http://www.parkandride.net informa algumas cidades do mundo que adotam essa estratégia.

Fonte: www.winchester.gov.uk

Figura 2.6 – Estacionamento *Park & Ride*.

Por outro lado, para se planejar uma área de estacionamento é importante verificar as dimensões e características dos lotes de estacionamento para análise de capacidade. Para estabelecer o *layout* das vagas de forma a maximizar os espaços ocupados, sugere-se combinar vagas com ângulos de 45º na parte interna e vagas de 60º a 90º nos limites do terreno, conforme apresentado na Figura 2.7 e Tabela 2.3.



Fonte: www.ci.redwood-city.ca.us/cds/planning/pdf/**Parking**%20**Dimensions**.pdf

Figura 2.7 – Características e layout de Estacionamento com vagas em ângulo.

Tabela 2.3 – Dimensões de vagas inclinadas.

TYPICAL PARKING DIMENSIONS (in feet)

Parking Angle	Stall Width	A	B	C	D	E	F
30	7.5	15.0	15.5	11.0	36.2	40.0	21.0
	8.5	17.0	17.3	12.0	39.5	47.0	
	9.0	18.0	17.3	11.0	41.5	46.0	
45	7.5	10.6	17.0	11.0	39.7	45.0	22.0
	8.5	12.0	19.5	13.0	46.0	52.0	
	9.0	12.7	19.5	12.0	44.6	51.0	
60	7.5	8.7	17.7	14.0	45.6	49.4	23.0
	8.5	9.8	20.5	18.0	54.8	59.0	
	9.0	10.4	20.5	16.0	52.5	57.0	
90	7.5	7.5	16.0	20.0	52.0	52.0	25.0
	8.5	8.5	18.5	27.0	64.0	64.0	
	9.0	9.0	18.5	25.0	62.0	62.0	
Parallel	8.0	8.0	22.0	12.0	n/a	n/a	24.0

Essas dimensões para lotes de estacionamento foram adotadas em uma cidade na California. Percebe-se que quanto maior a inclinação angular, maior será a área de circulação da via (F). No entanto, quanto menor a inclinação menos tempo se gasta para manobrar. A disposição angular das vagas é importante levar em consideração, pois pode influenciar no número de vagas e melhor aproveitamento do terreno. Childs (1999) aponta que as vagas inclinadas podem fornecer o dobro do número de vagas do que as paralelas por comprimento de meio fio.

A localização de um empreendimento é um fator importante a ser considerado quando se trata de instalações que atraem viagens ao centro, como por exemplo, lotes de estacionamento. Justifica-se pela interferência no tráfego de veículos no entorno desses locais. O capítulo seguinte engloba à logística destacando a localização de estacionamentos e de algumas atividades comerciais consideradas pólos de atração de viagens geralmente, mais acentuadas na área central da cidade.

CAPÍTULO 3

LOCALIZAÇÃO DE INSTALAÇÕES

Este capítulo apresenta princípios importantes de planejamento que podem ser usados durante o processo de escolha da melhor localização para um estacionamento. Os pontos comerciais e os estacionamentos necessitam adotar estratégias de localização para que as vagas disponíveis possam atender a demanda. Obter a localização ótima com base na logística ou métodos de otimização são ferramentas importantes.

A União Internacional de Transportes Públicos (UITP, 2000) publicou em setembro de 2000 um caderno sobre políticas de estacionamento com algumas recomendações, dentre as quais se destacam:

- Otimizar o uso de estacionamento disponível e forçar o cumprimento das regulamentações;
- Priorizar as pessoas em circulação em detrimento do estacionamento nas vias, por meio de restrições de tempo de estacionamento (zonas azuis);
- Definir as taxas de estacionamento em locais fora da via pública que incentivem a preferência por estacionamento nas residências e em vias públicas movimentadas por curtos períodos de tempo;
- É recomendável definir esquemas de "integração de modos públicos e privados" aumentando utilização do transporte público coletivo.

Essas recomendações são particularmente importantes quando se trata de empreendimentos que costumam tipicamente atrair pessoas levando-as a realizarem viagens até o local de consumo de produtos e serviços por eles oferecidos. Isto porque a necessidade de deslocamento por meio de um automóvel pode gerar engarrafamento e sobrecargas de estacionamento nas vias públicas e superlotação dos estacionamentos particulares.

Logo, surge a necessidade de que os estabelecimentos tanto públicos quanto privados, que se dedicam ao comércio e/ou prestação de serviços, façam um planejamento prévio, envolvendo o atendimento da demanda em relação ao espaço físico, incluindo áreas de estacionamento. Deve-se enfatizar a obtenção do ótimo aproveitamento das vias públicas, espaços privados e de estacionamento oferecidos ao cliente é um dos temas atuais da logística urbana.

Neste aspecto, percebe-se a necessidade de encontrar a localização ótima para os estabelecimentos, conforme sua natureza e com base em conhecimentos estratégicos. Para isso, destacam-se ferramentas de planejamento e simulação computacional tais como o TransCAD, que utiliza métodos de otimização (heurística) para encontrar um local de estacionamento adequado para atender a demanda originada pelos estabelecimentos comerciais e de serviços.

Logística é a ciência cujo objetivo é fazer com que bens e serviços cheguem a menor tempo a seu destino e estejam em locais estratégicos de forma a minimizar os custos, maximizando a eficiência e melhorando o nível do serviço (NOVAES, 2007).

Considerada um elemento-chave na estratégia competitiva de empresas públicas e privadas, ela insere-se no processo de desenvolvimento dos sistemas de transportes no que diz respeito ao planejamento, à otimização e controle de serviços. Encontrar, portanto, a melhor localização de forma a fornecer um alto nível de serviço, minimizando os custos de operação é uma tarefa desafiadora principalmente quando os interesses do empreendedor, da sociedade e dos indivíduos são levados em consideração.

Neste contexto, os problemas de localização envolvem escolher o melhor local para novas instalações (*new facilities)* dentro de um conjunto de locais candidatos, ou seja, deve-se considerar tanto um conjunto de clientes e suas respectivas demandas, quanto um conjunto de locais que se elege como candidatos potenciais e suas ofertas.

3.1 PROBLEMAS DE LOCALIZAÇÃO

O estudo da teoria da localização iniciou-se formalmente em 1909 quando Alfred Weber considerou o modo para posicionar um estabelecimento qualquer para minimizar a

distância entre ele e diversos clientes. (OWEN e DASKIN, 1998). A teoria de localização ganhou novo interesse em 1964 com uma publicação de Hakimi que procurou localizar centros de informações em uma rede de comunicação e estação de polícia para um sistema de auto estrada. Para fazer isso, Hakimi considerou o problema de localizar uma ou mais *facilities* em uma *network* para minimizar a distância total entre os clientes e sua *facility* mais próxima ou para minimizar tal distância máxima.

Desde 1960, o estudo da teoria da localização desenvolveu-se e os problemas de localização de instalações passaram a ser uma área de crescente interesse para planejadores. Alguns grupos de pesquisadores do assunto promovem eventos anuais para discutir problemas de localização, como o *EURO Working Group on Locational Analysis (EWGLA)* e o *Section on Location Analysis (SOLA)*. Neste contexto, várias ferramentas computacionais foram usadas principalmente quando se pode usar uma base de dados com referência geográfica.

Para Ballou (2006) os problemas de localização podem referir-se a uma instalação única, quando há apenas um fator dominante para que se defina a localização; ou a uma instalação múltipla, quando há mais de um fator para ser levado em consideração na tomada de decisão e para isso devem ser adotados procedimentos de otimização, simulação e métodos heurísticos.

De acordo com Fernandes *et al*. (2007), devem-se identificar os problemas de localização existentes numa determinada área e em seguida apresentar uma proposta para resolvê-los da melhor maneira possível, tendo em vista o atendimento às necessidades da comunidade. Owen e Daskin (1998) apresentam uma revisão de literatura sobre os problemas de localização envolvendo o planejamento estratégico para instalações físicas de empreendimentos no setor urbano. Destacam os modelos estocásticos: *Probabilistic models, Scenario planning models*; os modelos estáticos determinísticos de localização: *Median problems, Covering problems, Center problems;* e os modelos dinâmicos de localização de instalação: *Dynamic single, Dynamic multiple, Alternative dynamic approaches*.

As formulações estocásticas são uma tentativa de capturar a incerteza nos parâmetros de entrada do problema, tais como previsão de demanda ou valores de distância. São divididas em duas classes: a que considera explicitamente a distribuição de probabilidade associadas

aos parâmetros incertos (*Probabilistic models*), e a que capta a incerteza através de planejamento de cenários (*Scenario planning model*).

Os modelos estáticos determinísticos envolvem a localização de uma instalação e a distância dessa instalação até os clientes. Podem ser representadas por situações em que se queiram minimizar as distâncias percorridas entre as instalações e as demandas (*Median problems*); minimizar o custo de uma instalação de tal modo que o nível de cobertura especificado seja obtido, isto é, exige que todos os pontos de demanda sejam cobertos, não importando o tamanho da população, quão distante estejam os nós uns dos outros na rede ou quão pequena seja a necessidade de serviços (*Covering problems*); determinar um número mínimo de instalações necessário para cobrir toda a demanda usando uma distância de cobertura especificada, ou seja, minimizar a máxima distância entre nós de demanda e instalação mais próxima (*Center problems).* A Tabela 3.1 mostra esses modelos estáticos determinísticos, seguidos das funções objetivo e as suas variáveis relevantes.

Tabela 3.1 – Modelos de Localização Estático Determinístico.

PROBLEMAS	FUNÇÃO OBJETIVO	VARIÁVEIS DE DECISÃO
P-mediana (*Median*)	Minimize $\sum_i \sum_j h_i d_{ij} Y_{ij}$ subject to: $\sum_j X_j = P,$	$X_j = \begin{cases} 1 & \text{Se localizadas no lugar potencial j} \\ 0 & \text{Se caso contrario} \end{cases}$ $Y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{Se demanda do i sao servidas por uma facility no j} \\ 0 & \text{Se caso contrario} \end{cases}$ $_i$ = nó de demanda; $_j$ = local potencial da instalação (*facility*) h_i = demanda do nó $_i$ d_{ij} = distância entre nó de demanda $_i$ e local potencial da instalação P = número de instalação a ser localizada
Cobertura (*Covering*)	Minimize $\sum_j c_j X_j$ subject to: $\sum_{j \in N_i} X_j \geqslant 1 \quad \forall i,$	N_i = conjunto de locais j dentro da distância aceitável do nó i (i.é., $N_i = \{j / d_{ij} \leq S\}$) S = distância máxima aceitável c_j = custo fixo da localização de uma instalação até nó $_j$
Centro (*Center*)	Minimize D subject to: $\sum_j X_j = P,$	D = distância máxima entre um nó de demanda e instalação mais próxima

Fonte: OWEN e DASKIN (1998).

Os problemas de P-mediana são relevantes para projetos de serviços logísticos e distribuição de cargas. Os problemas de cobertura são tipicamente associados à localização de instalações públicas, tais como centros de saúde, agências postais, bibliotecas e escolas. Os problemas de Centro são usualmente aplicados para empreendimentos de natureza emergencial e que servem com exclusividade uma comunidade, como o caso de hospitais, estações de bombeiros e estações de ambulância.

A restrição do problema P-mediana e do problema de Centro requer que exatamente *P* instalações sejam localizadas, já o problema de Cobertura requer que todas as demandas tenham pelo menos uma instalação dentro da distância aceitável de cobertura.

Uma forma importante de validar a localização de uma instalação é determinar a distância média percorrida por aqueles que a visitam, porque com o aumento da distância média de viagem, diminui-se a acessibilidade às instalações. Esta relação é aplicável no planejamento estratégico para localização de bibliotecas, escolas e centros de atendimento de emergência em que a proximidade é desejável.

Essas metodologias caracterizam a alocação da demanda nas instalações de forma determinística, ou seja, os usuários são direcionados para a unidade mais próxima, sem levar em conta o comportamento dos usuários. Nesse sentido, a escolha do usuário nem sempre está relacionada com a distância que estes precisam percorrer para chegar ao destino. Por isso, têm sugerido que essa hipótese seja substituída por uma regra de alocação probabilística de forma que os deslocamentos sejam também associados com aspectos qualitativos dos destinos e com as opções de transporte. Por exemplo, o congestionamento em serviços de atendimento de emergência pode causar a indisponibilidade de um servidor, mesmo que esteja localizado a menos de uma distância padrão, motivando o desenvolvimento de modelos de localização estocásticos probabilísticos (*Probabilistic models*).

Os modelos dinâmicos, o tempo está envolvido na localização de uma instalação (ou instalações). Os cenários são criados com base em algoritmos e métodos para contemplar tanto as condições reais da demanda quanto a localização espacial dos estabelecimentos num período de tempo. Destacam-se os modelos A*lternative dynamic approaches* no qual a localização dinâmica multiobjetivo se refere ao problema de localização em um horizonte de

planejamento nos quais múltiplos objetivos devem ser considerados. Determina, ao longo de um período de tempo, as localizações de instalações, capacidade e associações entre instalações e a demanda, considerando minimizar custos, maximizar vantagens de localização, minimizar o tempo de acesso à instalação ao cliente e maximizar as localizações centrais. (CORTES e PAULA JR., 2001).

A Tabela 3.2 mostra um modelo de localização de melhoramento dinâmico alternativo (*Alternative dynamic approaches*).

Tabela 3.2 – Modelo de Localização Dinâmica.

PROBLEMA	FUNÇÃO OBJETIVO	VARIÁVEIS DE DECISÃO
Multi-objetivo (*multi-objective maximal cover*)	Maximize $\sum_i h_{it} Y_{it} \quad \forall t = 1, \ldots, T$ subject to: $\sum_{j \in N_{it}} X_{jt} \geqslant Y_{it} \quad \forall i, t,$	$X_{jt} = \begin{cases} 1 & \text{Se uma facility esta operando no local j no periodo t} \\ 0 & \text{De outra maneira} \end{cases}$ $Y_{it} = \begin{cases} 1 & \text{Se i esta coberta no periodo t} \\ 0 & \text{De outra maneira} \end{cases}$ h_{it} = peso da demanda no nó $_i$ no período $_t$

Fonte: OWEN e DASKIN (1998).

As variáveis de decisão apresentadas nos modelos de localização de instalações (Tabela 3.1 e Tabela 3.2), revelam maior importância dada ao nó de demanda expressa pelo índice $_i$ nas formulações matemáticas em detrimento de critérios de localização das instalações $_j$ tais como a menor distância necessária para se ter acesso a uma instalação que abriga algum serviço ou produto que se deseja.

Por outro lado, a abordagem de problemas de localização de instalações tem sido proposta também por meio de ferramentas computacionais, principalmente quando a base de dados georreferenciados se encontra disponível. Uma importante ferramenta de auxilio a decisão espacial que merece destaque é o Sistema de Informações Geográficas (SIG). Relaciona informações espaciais a bancos de dados na forma de textos, tabelas e mapas temáticos constituindo uma poderosa ferramenta de análise e planejamento espacial.

Os dados são representados sob a forma de pontos (nós), linhas (arcos ou *links*) no qual esse conjunto de nós e arcos denotam matematicamente como grafos. Algumas vantagens na utilização do SIG para resolver problemas de localização é a capacidade de integrar

informações relacionadas com a posição geográfica e analisá-las. Alguns exemplos de aplicação em setores públicos e privados são citados:

- Localização de escolas públicas em áreas urbanas, com avaliação da atual localização e uma proposta de realocação utilizando uma ferramenta SIG (Pizzolato *et al.,* 2004);

- Localização de terminais logísticos (Carrara, 2007);

- Localização de usinas termoelétricas (UTEs), aplicando técnicas de análise multicritério no processo de decisão (Zambon *et al,* 2005);

- Rosário *et al.*, 2002 apud Capri e Steiner (2006) propuseram uma metodologia para a distribuição espacial de Unidades de Saúde 24 Horas, com o objetivo de minimizar a distância média de deslocamento dos usuários, desde suas residências até a unidade mais próxima.

- Localização do serviço de corpo de bombeiro, postos de polícia, pontos de ônibus, fabricas, centros de distribuição, lojas de franquias, entre outras.

Neste estudo está direcionado à categoria dos problemas estático determinístico, em que a localização das instalações dá uma idéia do modelo das *p*-medianas, em que pressupõe que o motorista prefere estacionar mais próximo do destino, ou seja, na localização ótima dos estacionamentos que minimizem a distância destino-estacionamento. Para isso, utiliza-se a metodologia heurística de otimização juntamente com algumas ferramentas computacionais do *software* TransCAD.

Segundo Goldbarg e Luna (2000), um significativo conjunto de técnicas e algoritmos computacionais eficientes tem sido desenvolvido de forma a garantir uma solução ótima aos problemas de otimização utilizando programação linear inteira. Esses algoritmos são denominados de heurísticos.

> Uma heurística é uma técnica que busca alcançar uma boa solução utilizando um esforço computacional razoável, sendo capaz de garantir a viabilidade ou a otimalidade da solução encontrada ou, ainda, em muitos casos, ambas, especialmente nas ocasiões em que essa busca partir de

> uma solução viável próxima ao ótimo. (GOLDBARG e LUNA, 2000, p.244).

Dentre os diversos *softwares* SIG disponíveis no mercado, alguns se destacam por incorporar ferramentas interessantes para aplicações em transportes e logística, sobretudo problemas de localização de *facilities*, como o software TransCAD da *Caliper Corporation*. Este software resolve problemas de localização utilizando uma rotina denominada *Facility Location* (FL) que busca a melhor localização possível de uma série de instalações para uma série de clientes, visando minimizar os custos de deslocamentos. Para isso, utiliza-se método de otimização heurístico *greedy*.

A metodologia do TransCAD para encontrar a solução ótima ao problema de localização de instalação é baseada numa heurística *greedy* em que se escolhe o melhor local ao avaliar todos os candidatos e seleciona-se o que melhor alcança a função objetivo.

Mapa (2007) descreve o método *greedy* como sendo aplicado a problemas de localização, e consistindo de duas fases: uma fase de construção na qual uma solução é gerada elemento a elemento e uma fase de busca local na qual um ótimo local na vizinhança da solução é pesquisado. Esta vizinhança é constituída por movimentos de troca de candidatos. A melhor solução encontrada ao longo de todas as iterações realizadas é retornada como resultado.

3.2 CRITÉRIOS DE LOCALIZAÇÃO

Segundo Ballou (2006), a localização da instalação é quase sempre determinada por um fator fundamental. No entanto, há casos em que a localização de serviços e a facilidade de acesso ao local podem revelar-se como o principal fator usado para determinar-se a escolha da melhor localização. Podem existir diversos outros elementos influenciadores na tomada de decisão, tais como a proximidade da concorrência, perfil do cliente, padrões de circulação dos clientes (rotas com maior probabilidade de serem usadas pelos clientes), disponibilidade de vagas de estacionamento, proximidade de rotas de transporte público e outros.

As decisões que buscam a localização do ponto de vista estratégico envolvem basicamente a determinação do número, do local específico e do tamanho das instalações a serem adotadas. No caso da localização de estacionamentos, do ponto de vista do planejamento urbano, podem ser considerados fatores tais como áreas próximas ao centro ou a avenidas principais e locais de fácil acesso aos demais pontos comerciais.

Partindo do pressuposto de que quando se tem serviços indesejáveis à tendência é promover a localização das instalações, preferencialmente, em locais mais afastados das comunidades (aterro sanitário, indústrias), mas quando se tem serviços desejáveis tende-se a promover a localização das instalações o mais próxima possível do público que será alvo de seu atendimento (hospitais, supermercados). Para encontrar a melhor localização dos serviços é necessário minimizar a distância entre serviços desejáveis e a comunidade e maximizar a distância unidade de serviço indesejável e comunidade.

Assim, percebe-se a necessidade de adotar critérios e técnicas de localização de um empreendimento de forma a atender a demanda. Existem muitos problemas de localização que abordam técnicas de otimização e programação matemática.

3.3 LOCAIS DE ESTACIONAMENTO

O estacionamento é um importante elemento no planejamento de transportes nas cidades, pois a sua localização interfere no trânsito e na mobilidade de pessoas. Isto pode implicar em aumento da oferta de estacionamento, causando significativos efeitos diretos e indiretos na demanda de viagens e no desempenho do sistema de transporte.

Geralmente, o comportamento dos motoristas na escolha do local a estacionar se baseia na preferência de locais próximo ao destino. Mas dada à escolha algum irá estacionar mais longe para poupar em taxas de estacionamento. Em alguns locais (aeroportos, centros de entretenimento, grandes centros comerciais), dispõe de maior número de vagas, maior área e atingem maiores distâncias entre os lotes de estacionamento e destinos. Algumas estratégias para um bom funcionamento e localização dos estacionamentos são:

- Informação (sinalização, mapas e folhetos) sobre a disponibilidade de estacionamento;

- Regulamentação e preços que incentivem estacionar a longo prazo em instalações próximas ao centro;
- Serviços de transferência, zonas de livre trânsito de pedestres e facilidades para melhorar o acesso aos lotes de estacionamento *park and ride*.

Neste contexto, acredita-se que os estacionamentos são fundamentais para o bom desempenho do trânsito, entretanto, quando mal projetados e operados contribuem para o agravamento dos congestionamentos. A permissão de estacionar na maioria das vias da área central causa uma situação de congestionamento constante devido a uma elevada demanda por estacionamento.

De acordo com Wright e Ashford (1998), algumas áreas de estacionamento podem impedir seriamente o fluxo do tráfego e causar conflitos entre veículos estacionados e em movimento, principalmente em vias principais. Geralmente, os locais potenciais de estacionamento são maiores em áreas onde as atividades comerciais ou de serviços estão agrupadas. Assim, existem pelo menos duas categorias de estacionamento que podem interferir no trânsito da cidade:

- Os locais de estacionamento de veículos ao longo das vias públicas (livres e regulamentados Zona Azul) e;

- Os locais fora da via pública (comerciais e particulares com serviço rotativo).

Os locais de estacionamentos livres são aqueles dispostos ao longo do meio fio e podem estar afastados da área central e próximos a regiões residenciais onde há baixa demanda. Esse tipo de estacionamento não tem custo ou tarifa para sua utilização, porém são menos convenientes por ocorrerem paradas mais demoradas.

Os estacionamentos regulamentados públicos (Zona Azul, carga/descarga) são fiscalizados pelo órgão público municipal da cidade. Têm como objetivo proporcionar alta rotatividade atendendo um maior número de motoristas com paradas curtas, limitando o tempo de permanência do veículo estacionado na vaga. As vagas estão dispostas em locais específicos da área central. São distribuídos ao longo do meio fio, conforme Figura 3.1.

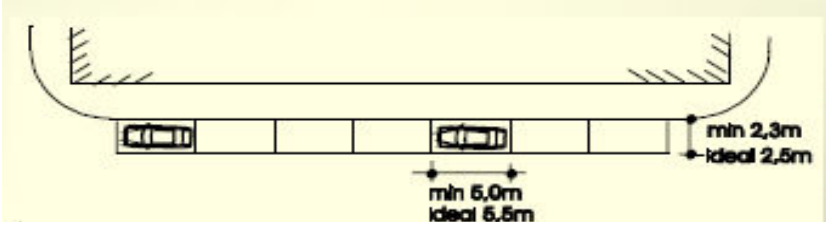


Figura 3.1 – Estacionamento regulamentado ao longo do meio fio.

Neste serviço é cobrada uma taxa de utilização por hora. Os locais de vagas destinados à carga e descarga, deficientes, transportadoras de valores e farmácia fazem parte do sistema rotativo especial, localizado também ao longo do meio fio. São estacionamentos gratuitos, limitados e diferenciados pela sua restrição quanto ao uso. As vagas para carga e descarga são permitidas apenas para entrega e coleta de produtos e, geralmente, se localizam próximas a lojas comerciais e serviços específicos.

Os estacionamentos localizados fora da via estão dispostos em lotes e garagens próprias, conforme a finalidade. Classificam-se em estacionamentos comerciais gratuitos com vagas exclusivas para clientes ou para funcionários e estacionamentos particulares.

Os estacionamentos comerciais gratuitos fazem parte das lojas comerciais, hospitais, hotéis, supermercados, agências bancárias, edifícios comerciais que dispõem de vagas internas e externas restritas para clientes.

Os estacionamentos particulares ou privativos apresentam vagas de estacionamento mais convenientes para determinado local. Eles são usados para atender outras instalações nas proximidades com picos diferentes. Esses estacionamentos estão localizados em áreas centrais da cidade, havendo maior rotatividade e procura. Esses estacionamentos são lotes ou garagens que dispõem de um serviço rotativo cobrando uma tarifa horária, diária ou mensal.

Os usuários mensalistas são os que utilizam o serviço rotativo com maior freqüência como, por exemplo, os que trabalham no comércio local. Os usuários horistas e diaristas são os que utilizam ocasionalmente o serviço, em alguns dias do mês por razão de negócios, compras ou prestação de serviços. Como não existe nenhuma restrição específica para sua localização, eles podem estar próximos uns dos outros ou não.

As principais características de cada tipo de estacionamento estão apresentadas na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Características dos Estacionamentos.

Livre	**Rotativo (via pública)**	**Rotativo (fora da via pública)**	
		Exclusivo para clientes	**Imóvel Particular**
- Ausência de taxas	- Cobrança de taxas	- Ausência de taxas	-Cobrança de taxas
- Pequena demanda	- Alta demanda	- Vagas cativas	- Alta demanda
- Longa duração	- Curta duração	-	-
- Baixa fluidez	- Regiões densas	-	- Regiões densas
- Baixa rotatividade Ex: locais comuns ao longo das vias públicas.	- Alta rotatividade Ex: zona azul.	- Alta rotatividade Ex: de lojas, bancos, hotéis.	- Alta rotatividade Ex: garagens de estacionamentos

3.4 POLOS DE ATRAÇÃO DE VIAGENS

Polo é um ponto de importância geográfica ou comercial que exerce influência sobre outros pontos de uma região. Segundo Portugal e Goldner (2003), os Polos Geradores de Tráfego (PGV) são edificações ou instalações que exercem atratividades sobre a população mediante oferta de bens ou serviços. Gera elevado número de viagens, interfere no tráfego do entorno da área e necessitam de espaços para estacionamento.

São estabelecimentos comerciais e serviços com potencialidade de criar impactos no sistema viário devido ao seu poder de atração de viagens, e com isso aumentam a demanda por vagas de estacionamento. Destacam-se agências bancárias, escolas, terminais de transporte coletivo urbano, *shopping*, correios, casas lotéricas, lojas atacadistas, casas de eletrodomésticos e eletrônicos, Serviço Nacional de Emprego (SINE), Hospitais e outros. Essas construções têm a característica de se concentrar em espaços restritos, um contingente de atividades produzindo viagens que refletem necessidades de infraestrutura viária e sistemas de transportes.

Portugal e Goldner (2003) citam que, em 1997, o Código de Trânsito Brasileiro no art. 93 define que nenhum projeto de edificação pode se transformar em polo atrativo de trânsito sem que, no projeto, constem áreas para estacionamento. A demanda gerada por um

empreendimento é fundamental para dimensionar suas instalações, definir as necessidades de espaço viário e de áreas de estacionamento. A localização de polos de geração de tráfego deve contemplar as diretrizes e as exigências do plano diretor, hierarquização viária, bem como a legislação de uso e ocupação do solo.

Geralmente, na área central da cidade há uma grande concentração de empreendimentos atraindo os cidadãos a compras, serviços e trabalho. Alguns desses polos de atração de viagem disponibilizam vagas de estacionamento exclusivas para seus clientes, podendo ser considerado um investimento de atratividade e *marketing*. Alguns serviços demandam maior tempo que os outros, neste caso os estacionamentos de imóveis particulares é o mais adequado.

No entanto, nem todos apresentam um número suficiente de vagas, tornando as vagas ociosas ou insuficientes. Os empreendimentos localizados no centro comercial da cidade que não dispõem de vagas de estacionamento contribuem para um crescimento espontâneo progressivo de estabelecimentos particulares com serviços de estacionamento rotativo.

Em suma, a localização dos estacionamentos, em geral, é de fundamental importância para a mobilidade urbana das áreas comerciais. O crescimento dos polos de atração de viagens nessas regiões proporciona, muitas vezes, a saturação dos serviços de estacionamento e alta rotatividade na área regulamentada (Zona Azul), principalmente nas primeiras semanas do mês.

A partir deste contexto, o capítulo 4 refere-se aos procedimentos adotados para análise da localização de estacionamentos na área central da cidade. Utiliza-se, para isso, as ferramentas computacionais do TransCAD e TSIS para geração de cenários.

CAPÍTULO 4

MODELAGEM COMPUTACIONAL

Este capítulo descreve os passos e instrumentos para fundamentar uma alternativa operacional que retira os espaços reservados de estacionamento regulamentado (zona azul) na área central da cidade e estabeleça locais estratégicos com base no *software* TransCAD. Por meio da legislação de uso do solo, estabelece vagas para veículos em pontos comerciais e de serviços, e assim tornar-se possível determinar os locais ou setores que mais necessitam de vagas de estacionamento. Os softwares TSIS e TransCAD auxiliam neste trabalho de escolha do melhor local para estacionamento e simulam o tráfego na área de estudo.

O motorista ao escolher o local para estacionar seu veículo sofre influência de alguns aspectos relevantes. Dentre eles, a facilidade de acesso, condições do trânsito, atratividade do local, proximidade das áreas comerciais, número de vagas disponíveis, dimensão da área para estacionar, bem como as características socioeconômicas dos usuários.

Enfim, os problemas de localização normalmente envolvem a avaliação de vários fatores que interferem no processo da tomada de decisão. A fim de cumprir o objetivo deste trabalho e apresentar uma proposta, optou-se por estabelecer alguns critérios de análise espacial dos estacionamentos (comerciais, regulamentados Zona Azul e de imóveis particulares) e principais pontos comerciais considerados polos de geração de viagens.

Diante disso, as variáveis associadas neste trabalho são as ofertas de vagas dos estacionamentos particulares e regulamentados Zona Azul, a rotatividade dos estacionamentos rotativos Zona Azul, oferta de vagas dos principais polos de viagens e vagas necessárias de estacionamento nos pontos comerciais, conforme a legislação de Uso

e Ocupação do Solo. A seguir apresentam-se os passos preliminares para identificar os locais candidatos de estacionamento.

4.1 PROCEDIMENTOS

As etapas para se estimar os locais candidatos são:

- Delimitar a área de estudo;

- Relação dos locais e número de vagas existentes nos estacionamentos: localizar e quantificar a oferta de vagas nos estacionamentos rotativos regulamentados (Zona Azul) e particulares (garagens/lotes). Faz-se necessário compreender o sistema de estacionamento rotativo inserido na área em estudo, mapear os estacionamentos existentes e verificar sua localização e rotatividade;

- Obter ou estimar a demanda por vagas de estacionamento: encontrar os locais que tem maior procura por estacionamento na área em estudo, maior potencial de atração de pessoas. Observar a demanda e a oferta de vagas para estacionamento por quadras e verificar onde é mais significativa. A demanda gerada por estacionamento depende da intensidade do uso do solo em cada quarteirão;

- Estabelecer os parâmetros para encontrar os possíveis locais potenciais de estacionamento, que estejam próximos da área central e que não contribuem para o congestionamento.

De forma sucinta, o esquema da Figura 4.1 apresenta os passos para o levantamento de variáveis para o problema de localização de estacionamento.

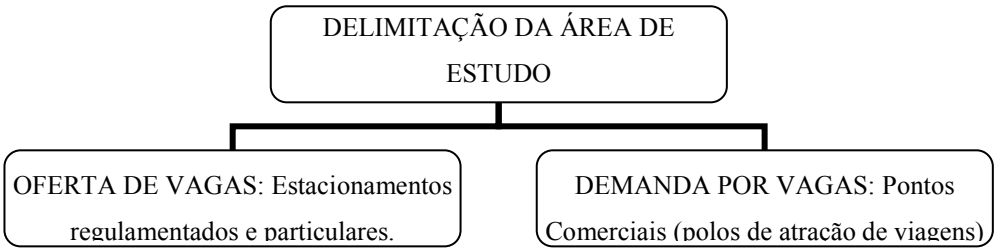


Figura 4.1 – Oferta e demanda por vagas de estacionamento.

A demanda por estacionamento particular e rotativo (zona azul) é atribuída aos pontos comerciais ou polos de atração de viagens, que geralmente não dispõe de um número suficiente de vagas para atender seus clientes. Assim, são considerados apenas os principais polos de atração de viagens e verifica-se a oferta de vagas nesses estabelecimentos.

Com base na Lei Municipal de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo que estabelece especificamente o número de vagas de estacionamento em um empreendimento, sejam por área construída ou total, verifica-se se os estabelecimentos dispõem de vagas de estacionamentos suficientes atendendo a legislação. E ainda, se há necessidade de mais vagas naqueles locais. A partir daí, é possível estimar a demanda por vagas em cada ponto comercial.

Na área de estudo, identificam-se as quadras pela natureza comercial, pelo número de vagas existentes e necessárias de estacionamento (demanda necessária), bem como as vagas dos serviços Zona Azul e nos estacionamentos particulares no entorno dessas quadras. Com isso, são encontradas as quadras com maior necessidade de vagas de estacionamento, ao computar a oferta e a demanda de vagas.

Em seguida, para encontrar os locais candidatos de estacionamento, algumas características dos estacionamentos *Park & Ride* e ferramentas do *software* TransCAD podem ser possíveis soluções para o procedimento de escolha da localização estratégica dos novos estacionamentos propostos.

Os estacionamentos *Park & Ride* são localizados, geralmente, ao longo da periferia da região central de uma cidade. Encontrar boas localizações para os estacionamentos *Park & Ride* é uma etapa essencial de se planejar esse tipo de serviço, pois é considerada a distância real de caminhada e os padrões de cobertura que devem ser planejados para uma distância máxima aceitável.

A distância aceitável é afetada pela qualidade das pistas de caminhada, clima, dentre outras variantes. A Tabela 4.1 mostra as distâncias aceitáveis por tipo de estabelecimento comercial ou de serviço.

Tabela 4.1 - Distâncias de caminhada do estacionamento ao destino.

Distâncias próximas (menos de 30 m)	Distâncias pequenas (menos de 250 m)	Distâncias médias (menos de 400 m)	Distâncias longas (menos de 500 m)
- Pessoas com necessidades especiais; - Entregadores e Carregadores; - Serviços de emergências; - Lojas de conveniências.	- mercearias; - serviços profissionais; - Clínicas; - Residência	- Varejo em geral; - Restaurantes; - Instituição Religiosa; - Comércio; - Centro de Entretenimento.	- Estacionamento do aeroporto; - Estacionamento saturado.

Fonte: VTPI (2008 d)

As distâncias maiores a estas podem ser aceitáveis, se as pessoas vêem o seu destino. Diante disso, será utilizado o parâmetro de distância máxima de caminhada menor ou igual a 500 metros. Para encontrar os locais estratégicos propostos, adotam-se algumas ferramentas de logística do *software* TransCAD.

4.2 SOFTWARE TRANSCAD

O programa TransCAD desenvolvido pela *Caliper Corporation,* caracteriza-se por ser um aplicativo computacional em transportes, trabalha com um sistema de informação geográfica (SIG) cujo objetivo é armazenar, mostrar e analisar dados de transporte. Destacam-se as aplicações em:

- Análise de rede: caminhos mínimos, tornando o serviço mais rápido e com menor custo, entre outros;
- Planejamento de transportes e análise das demandas de viagens: geração/ distribuição de viagens, modelos de escolha modal e alocação do tráfego;
- Roteirização e logística: operações de coleta/entrega, planejamento de distribuição e localização de instalações.

Exibe informação na tela do computador em cinco tipos de janelas:

- Mapa – características geográficas são exibidas, ou seja, o mapa caracteriza-se por dados geográficos compostos em camadas de informação;

- *Dataview* – exibe informações de arquivos geográficos e base de dados (*database*) em formato de tabelas. Editam dados, cria e imprime registros. Pode também ser usado para unir dados pessoais ou dados incorporados às características do mapa;

- *Matrix* – são utilizadas para exibir dados de transporte, múltiplos caminhos mínimos e outras informações que são armazenadas nas matrizes;

- Figuras – mostram dados tabulares em forma de prisma, mapas 3D e gráficos. Podem-se criar figuras dos mapas e *dataviews;*

- *Layers* – trazem consigo um número de mapas, *dataviews*, *matrix views*, e figuras em uma única apresentação e permitem adicionar textos e desenhos à mão livre. Podem ser de ponto, área ou linha.

O banco de dados geográficos é armazenado em camadas (*layers)* de linha, ponto ou área, sendo necessário criar uma rede (*network)*. A *network* é uma representação da malha viária com base na teoria dos grafos, formada por um conjunto de pontos (nós) e um conjunto de linhas (arcos). Cada arco representa um trecho de via e cada nó um cruzamento.

É um dado estrutural do TransCAD que armazena características dos sistemas de transporte e de instalações. Arquivos geográficos são usados pelo TransCAD para criar mapas de sistemas de transportes, e o *network* é fundamental para se usar a capacidade analítica avançada do programa (CARRARA, 2007).

Os modelos de rede permitem que atributos caracterizem determinado trecho, como o número de vias, o fluxo médio de veículos, o nome do logradouro, dentre outras. Associam características da rede viária como comprimento (*length*), sentido de fluxo, velocidade, longitude e latitude. É utilizado para encontrar rotas, calcular distâncias, tempo de viagem, dentre outras análises e aplicações de modelagem. A Figura 4.2 apresenta a malha viária contendo arcos e nós no ambiente TransCAD.

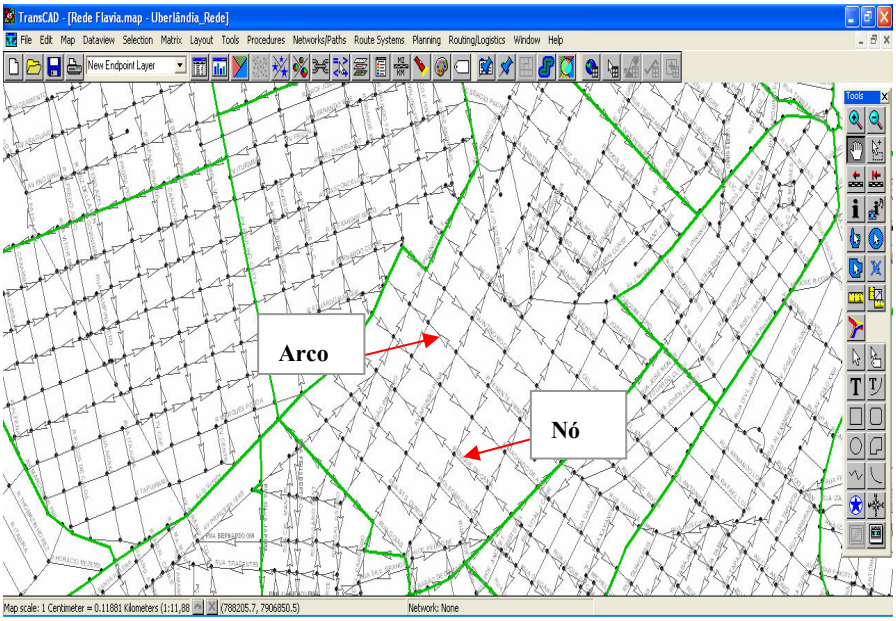


Figura 4.2 – Representação da rede viária.

Para configurar a rede viária no TransCAD é necessário, inicialmente, um arquivo de extensão *.dxf que contenha o mapa georrefenciado da cidade. A partir daí, inserem-se as demais informações para melhor caracterizar a rede de estudo como sentido e velocidade das vias, dentre outras. Os dados de entrada para o problema de localização de estacionamentos consistem em criar um *layer* de ponto contendo instalações (estacionamentos existentes e locais candidatos) e outro *layer* de ponto para os clientes (neste caso, localizam-se na rede os pontos comerciais que mais atraem viagens). Cada camada (*layer)* criada contém o ID (identificador de nós), longitude, latitude expressos no *dataview* de cada camada, além de outros atributos que podem ser considerados conforme o problema abordado.

Para o problema de localização de instalações (*Facility Location*), a meta é localizar uma ou mais instalações que atendam determinado objetivo. Neste estudo, os locais para estas instalações são escolhidos dentre o conjunto de locais candidatos, desde que atendam a uma distância considerável de caminhada.

No entanto, para este estudo o programa *TransCAD* tem a finalidade de estabelecer os locais potenciais de estacionamento. Para isso, foram utilizadas três ferramentas: *Cost Matrix, Clustering* e *Facility Location Model* por meio do comando do *menu Routing/Logistics.* A *cost matrix* representa a matriz de caminhos mínimos entre os nós das

instalações e os nós dos clientes (nós de demanda). Para o procedimento *Clustering* a matriz tem o papel de estabelecer os caminhos mínimos entre os nós de clientes (pontos comerciais representado pela demanda por vagas). A ferramenta de agrupamento (*Clustering)* seleciona grupos de elementos numa camada baseada na proximidade, identificando os nós que representam os centróides *(seeds). Facility Location Models* apresentam as funções objetivas que podem ser usadas para encontrar as instalações potenciais, com o fim de otimizar algum critério adotado. A Figura 4.3 mostra um esquema apontando os passos para se chegar aos locais potenciais de estacionamento.

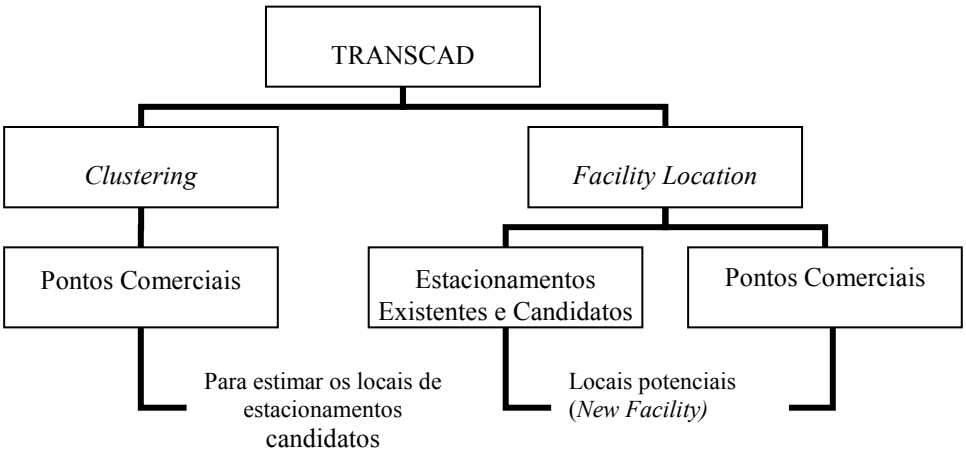


Figura 4.3 - Esquema ilustrativo dos métodos adotados.

A ferramenta *Clustering* tem a finalidade neste estudo de estimar os locais candidatos de estacionamento, adotando como referência de demanda os locais de pontos comerciais. Com isso, essa ferramenta seleciona os agrupamentos de pontos comerciais apresentando os centróides de cada agrupamento formado. Daí, os locais candidatos são criados para atender certa demanda com base na localização dos centróides, representando os pontos centrais de cada grupo.

A ferramenta *Facility Location* foi utilizada para encontrar a melhor localização de estacionamento (denominados *new facility*) dentre os locais candidatos criados. Para isso, estabeleceram os estacionamentos existentes e candidatos como origem e pontos comerciais como destino. Isto significa dizer que as pessoas saem do estacionamento e vão até os pontos comerciais. A partir da matriz de distância entre os *layer* de estacionamentos

e *layer* de pontos comerciais; e a função objetivo adotada na caixa de diálogo da ferramenta *Facility Location,* pode indicar dentre os locais potenciais a melhor localização (*new facilities).*

4.2.1 *Clustering*

Para criar grupos, devem-se escolher a camada e o conjunto de seleção dos elementos a agrupar, identificar o tamanho de cada elemento e a capacidade do grupo, além de preparar uma matriz de custos indicando a distância de viagem entre cada par de elementos. Neste estudo, a matriz criada pelo comando *Routing/Logistics-Cost Matrix* é quadrada representando o caminho mínimo entre os nós de pontos comerciais.

A meta do *Clustering* é selecionar grupos que são os mais semelhantes possíveis, adotando o critério de distância entre os grupos. Este método se encontra no *menu Routing/Logistics-Clustering.* A Figura 4.4 mostra a caixa de diálogo considerando um número limitado de *cluster* (5) e sem restrição de capacidade.

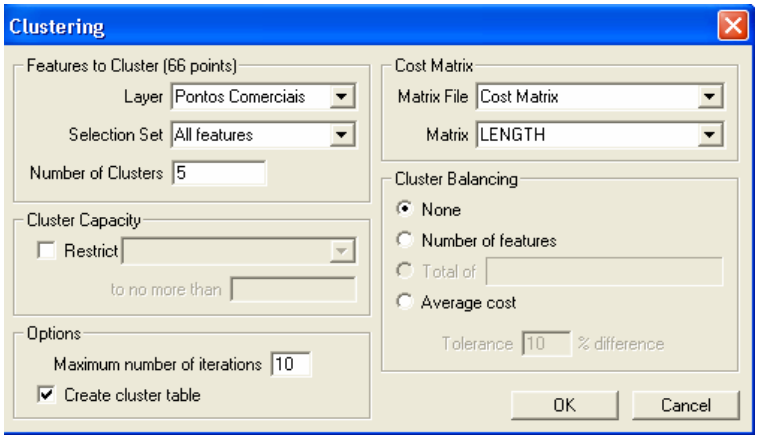


Figura 4.4 – Janela de *Clustering*.

O procedimento C*lustering* divide os grupos de elementos no *layer* chamado pontos comerciais baseado na proximidade ou em medidas de similaridade e seleciona os grupos formados, destacando em cada grupo os respectivos centróides (*cluster seed*). Esses centróides são definidos como um conjunto de seleção contendo elementos mais centralmente localizados em cada grupo e fazem parte da saída primária do procedimento de agrupamento.

A saída do procedimento *clustering* é uma tabela de alocações indicando o grupo ao qual cada elemento (ponto comercial) é alocado. A tabela de alocações contém três campos: o *ID* do ponto comercial, o *ID* da origem do ponto ao qual ele é alocado e a distância entre o elemento e sua origem. O *software* apresenta um arquivo de relatório sistemático contendo informações de parâmetros adotados e os resultados e erros de discrepâncias nos dados de entrada, caso existirem.

O método *Clustering* do TransCAD é uma heurística interativa onde seleciona grupos num *layer* e o procedimento é interrompido quando o número máximo de iterações é alcançado atingindo-se assim a solução ótima. O algoritmo é uma heurística gulosa (*greedy heuristic*) iniciando com um conjunto aleatório de *seeds*. Mulvey e Crowder (1979 *apud* Klose e Drexl, 2005) citam que o modelo de análise de *clustering* é caracterizado como um problema de *P*-mediana.

Em suma, o procedimento *Clustering* é considerado como uma ferramenta para identificar os locais candidatos (através da análise espacial dos grupos formados). A partir do conjunto de seleção contendo os nós de pontos comerciais que estão mais centralmente localizados em cada grupo, em seguida, criam-se os nós de locais candidatos de estacionamento.

E para localizar mais de uma instalação, emerge a necessidade de atribuir localizações (candidatos) arbitrárias. Para a construção dos locais candidatos, alguns critérios são considerados, dentre eles: admiti-se que cada local candidato esteja fora da área central ou próxima ao setor residencial desde que a distância de caminhada entre o ponto comercial mais próximo e o estacionamento candidato não ultrapasse 500 metros. Os centróides de cada grupo pelo *clustering* serviram como referência para posicionar esses locais candidatos ao verifica-se a distância aceitável máxima do centróide ao local candidato mais próximo.

Posteriormente, com os critérios dispostos na janela *Facility Location,* o *software* seleciona o melhor local de estacionamento dentre os locais candidatos.

4.2.2 *Facility Location*

Este procedimento resolve diferentes tipos de problemas de localização de instalações, onde a meta é localizar uma ou mais instalações. Esta ferramenta inclui a possibilidade de abertura e fechamento de instalações, buscando a melhor localização de uma série de instalações para o atendimento de uma série de clientes, visando minimizar os custos de deslocamentos. E procede a alocação entre demanda e oferta, porém sem levar em consideração a capacidade máxima de operação das instalações. Os dados de entrada para o problema de localização de instalações consistem em:

- Uma camada (*layer*) de pontos (nós) contendo as instalações existentes e os locais candidatos, ou seja, deve conter um conjunto de seleção identificando os locais de instalações candidatas (renomeada candidatos) e cria-se um conjunto de seleção contendo instalações existentes (renomeada existente);
- Uma camada (*layer*) de pontos (nós) contendo os principais pontos comerciais e crie um campo *Weight* indicando o peso (demanda) a ser aplicado ao custo ou à distância;
- E uma matriz de custos baseada na distância de caminhamento para que cada combinação de uma instalação e um cliente seja medida.

A Figura 4.5 mostra a janela *cost matrix.*

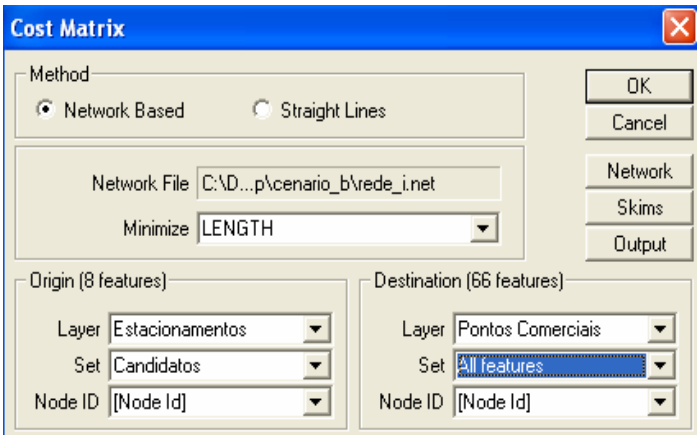


Figura 4.5 – Matriz de distância de caminhos mínimos.

A matriz de custo é um dado básico de entrada para o procedimento *Facility Location.* Ela representa os caminhos mínimos baseados na *network*, entre os nós de estacionamentos e

os nós de pontos comerciais, por exemplo. Deve incluir todas as instalações existentes e candidatas e todos os clientes (pontos comerciais) a serem servidos pelas instalações.

No *menu Routing/logistics/Facility Location* apresenta-se a caixa de diálogo para o procedimento de *Facility Location* destacando os objetivos a serem adotados neste estudo, bem como alguns dos critérios de *Facility Settings e client settings,* conforme Figura 4.6.

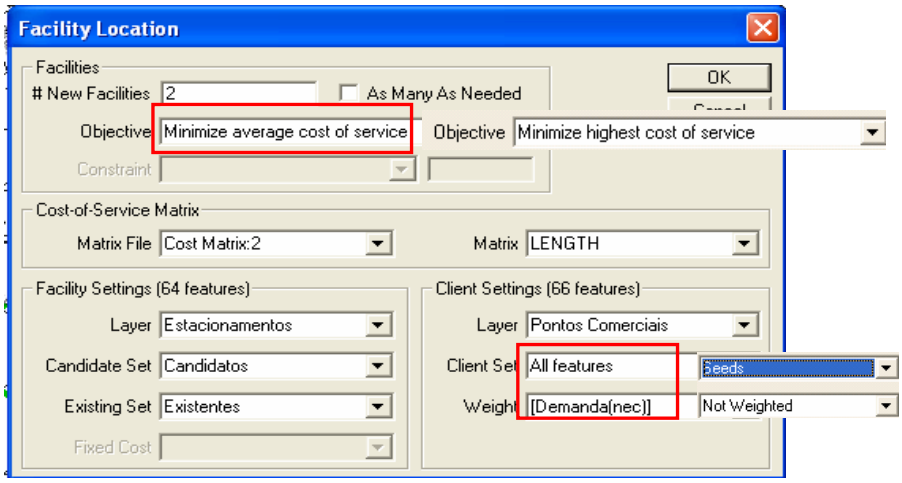


Figura 4.6 – Caixa de dialogo do procedimento *Facility Location*.

Desta forma, para estabelecer o critério de localização de *facility* escolhem-se para este estudo, dois objetivos, conforme Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Objetivos utilizados para o problema de localização.

OBJETIVO	DESCRIÇÃO	CONDIÇÕES
Minimizar o custo médio de serviço ***(minimize average cost of service)***	Fornece o melhor nível de serviço total aos clientes, sem preocupar se o serviço a um cliente particular é pior que a média.	- permitem localizar *p* instalações ou o software decide o nº necessário com alguma restrição; - permite fator peso.
Minimizar o custo alto de serviço ***(minimize highest cost of service)***	Fornece o melhor serviço possível ao cliente que é o mais afastado do conjunto de instalações. Ex.: serviços de emergências.	- permitem localizar *p* instalações ou o *software* decide o nº necessário com alguma restrição; - não permite fator peso.

Fonte: CALIPER (1998).

Essas metas podem indicar tanto o número de instalações (estacionamentos) que se deseja localizar quanto determinar o número necessário para se alcançar um objetivo

especificado. A função objetivo minimizar o custo médio de serviço (*minimize average cost of service)* permite localizar um número *p* de instalações ou deixar que o *software* decida a quantidade necessária (*as many as needed*). Desta forma, fornece o melhor nível de serviço aos pontos comerciais, com base no custo médio (distância média) e pode ser atribuído um fator peso (*weight*), por exemplo, a demanda necessária de vagas. O que pode caracterizar um problema de localização de cobertura, segundo Mapa (2007).

O objetivo minimizar o custo maior de serviço (*minimize highest cost of service)* não permite considerar o fator peso *(weight)* ao estabelecer o número de instalações desejadas (*as many as needed*). No entanto, pode-se escolher o número de instalações desejadas e adotar outros critérios no campo *client settings* escolhendo centróides de pontos comerciais (*seeds)* como um parâmetro.

O TransCAD fornece como resultado duas saídas primárias do procedimento de localização de instalações: a localização de novas instalações e a tabela de alocação de clientes ordenando-os em relação às instalações. A localização de novas instalações cria um novo conjunto de seleções (*new facilities)* na camada de instalações e é sempre um subconjunto dos elementos que foram incluídos no conjunto de locais candidatos. Este conjunto é automaticamente mostrado no mapa.

A tabela de alocação de clientes contém uma gravação para cada cliente, e indica a instalação à qual cada um deve atender. Esta tabela é mostrada no *dataview* e pode ser usada para criar mapas temáticos ilustrando a alocação de clientes a instalações. Dependendo das configurações do procedimento, este pode também produzir um arquivo de relatório que contém informações resumidas sobre o problema e um arquivo de erros, que contém uma lista de algumas discrepâncias nos dados de entrada.

Quando se usa o modelo de localização de instalação para adicionar um número fixo de instalações, o algoritmo trabalha em dois estágios:

- Identifica o conjunto de locais iniciais de instalações usando uma *greedy heuristic;*
- Melhora o conjunto inicial de locais ao trocar candidatos com instalações escolhidas.

Por fim, propõe-se verificar se os locais de estacionamentos encontrados (*new facilities*) representam a melhor situação, analisando as quadras de maior necessidade de vagas de estacionamento e se esses novos estacionamentos (*new facilities)* atendem a demanda nas quadras. Com base na localização, leva-se em conta a natureza comercial nessas quadras, quantificando o número de vagas existentes e necessárias.

A partir da escolha dos melhores locais de estacionamento simula-se a nova situação utilizando as ferramentas do *software Traffic Software Integrated System* (TSIS). Esta nova situação engloba a retirada das faixas de estacionamentos rotativos Zona Azul para análise da melhoria do fluxo de veículos e a inserção dos novos estacionamentos localizados estrategicamente para atender a demanda por estacionamento regulamentado Zona Azul.

4.3 TRAFFIC SOFTWARE INTEGRATED SYSTEM (TSIS)

A simulação de tráfego é uma ferramenta que ajuda a alcançar decisões sobre planejamento em transportes, conduzir pesquisas, determinar pontos de congestionamento na atual rede viária, analisar melhorias das alternativas viárias para a fluidez do tráfego e pode desenvolver testes de controle de tráfego.

O *Traffic Software Integrated System* (TSIS) desenvolvido pela *Center for Microcomputers in Transportation* (Mc*Trans)* da Universidade da Florida. É um pacote integrado para modelagem de rede, simulação e animação de tráfego. Para a configuração da rede viária o programa usa recursos da teoria dos grafos (nós e arcos) e os parâmetros de engenharia de tráfego. Segundo Moreira (2005), o TSIS utiliza um editor com entrada gráfica para edição da rede e janelas para a entrada das características físicas e operacionais (TRAFED). Este arquivo contendo os parâmetros da rede viária é codificado e o programa faz a simulação com animação dinâmica (CORSIM-TRANSLATOR) e gera um arquivo com os resultados operacionais de engenharia de tráfego e de emissão de poluentes. A simulação realizada pode ser visualizada com o recurso de animação no *TRAF Visualization Utility* (TRAFVU).

O CORSIM (*CORridor SIMulation)* é um modelo de simulação microscópica ou seja, leva em conta os movimentos individuais de cada veículo que compõe o fluxo de tráfego, descrevendo características do fluxo de veículos a partir das relações estabelecidas entre os

veículos, por exemplo, formação de filas, mudanças de faixa, velocidades etc. É projetado para simular em redes de rodovias e em áreas urbanas.

O programa mostra uma interface gráfica em que os veículos deslocam-se e realizam as manobras em uma dada área urbana ajustada com as fases dos semáforos como se estivessem operando em tempo real, ou seja, quando executado permite visualizar a animação do trânsito.

Para a execução da simulação através do TSIS, primeiramente cria-se a rede viária (representada pelo conjunto de nós e *links*). A rede deve estar ajustada sob a imagem do mapa da região de estudo na escala real para edição e configuração da rede. A Figura 4.7 mostra uma rede viária construída com base no mapa da cidade.

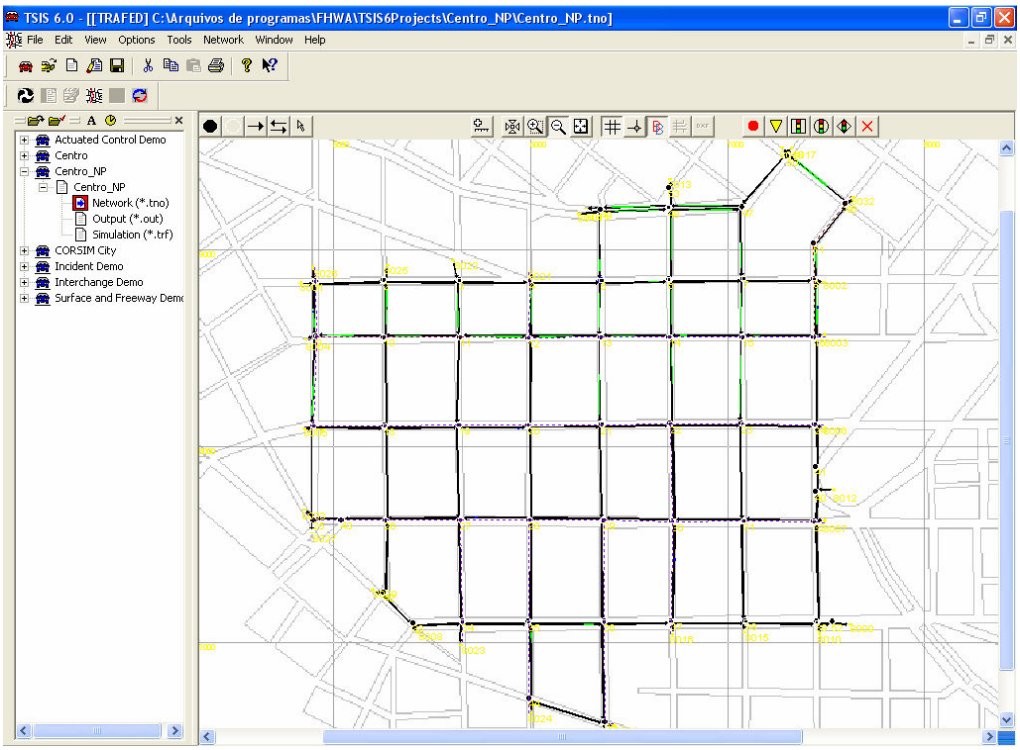


Figura 4.7 – Ambiente Trafed no TSIS.

Diversos dados de entrada são inseridos na rede, através do editor TRAFED, de forma a adequar ao modelo microscópico de simulação, dentre eles:

- *Menu Network/Properties:* há a caixa de diálogo contendo informações a serem especificadas como, por exemplo, período de tempo pesquisado (*time periods*), *vehicle types* (carros de passeio, caminhão, ônibus convencional etc) em circulação contendo suas dimensões, percentual de fluxo nas vias por tipo de veículo, dentre outras;

- *Menu Network/Bus Routes:* especifica-se as rotas de ônibus na área em estudo, bem como as estações ou pontos de ônibus que são servidas pelas rotas. Lista-se o nó de entrada até o nó de saída. A taxa de fluxo de ônibus a partir de uma rota é definida em termos de *mean headway* entre os ônibus na rota. Valores menores que 30 segundos podem causar erro no procedimento CORSIM;

- Em cada nó da interseção da via são editados os movimentos permitidos, tempos de semáforos, o fluxo de veículos nas conversões;

- Em cada *link* de trecho de via (caixa de diálogo *surface link*) são inseridos dados sobre comprimento e largura das vias, número de faixas de tráfego, velocidade de fluxo livre, atraso médio, comprimento das faixas de estacionamentos à direita e esquerda, duração e freqüência média dos estacionamentos, quantidades e comprimento de faixas, capacidade das estações de ônibus, dentre outras conforme Figura 4.8.

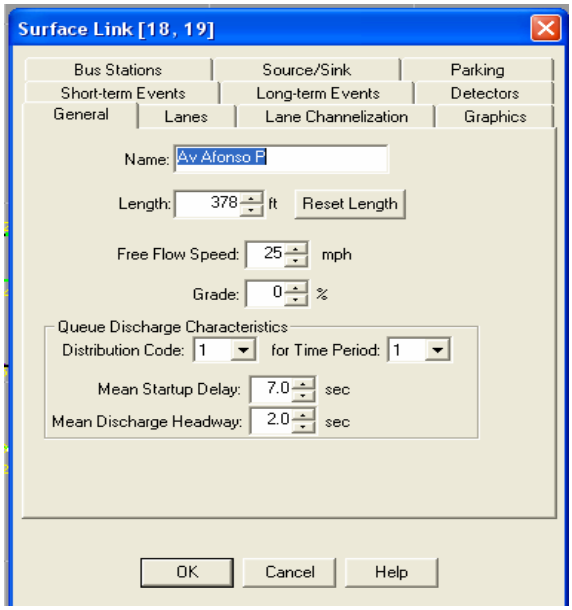


Figura 4.8 – Caixa de diálogo de cada *link* da rede.

Para o estudo de estacionamentos, cria-se um *link* especificando os estacionamentos ao longo das vias, tanto os estacionamentos rotativos regulamentados, particulares quanto nos locais propostos como alternativos (*new facilities*). Segundo Moreira (2005), no caso do estacionamento na via, a faixa utilizada para o estacionamento não é computada como faixa de tráfego, e sim como *lane channelization closed*. São necessários, por exemplo, dados como o tempo e freqüência de manobra distribuída uniformemente no trecho com estacionamento regulamentado e o fluxo de veículos que entram e saem do estacionamento no período estudado.

Papacostas e Prevedouros (2001) ressaltam que ao investigar os estacionamentos rotativos é importante calcular a ocupação e duração média dos veículos estacionados. A rotatividade é caracterizada como a frequência média de veículos por hora que utilizam o estacionamento regulamentado, representada pelo modelo matemático:

$$meanfrequency = \frac{T_{pesquisado}}{t_{estacionado}} \times V_{existentes} \tag{1}$$

$t_{estacionado}$ = tempo de permanência do veículo na vaga;
$T_{pesquisado}$ = duração do horário pesquisado;
$V_{existentes}$ = total de vagas existentes

A partir dessa equação é possível estimar a rotatividade nas vagas existentes no sistema de estacionamento regulamentado, a ser inserido nos *links* da rede da situação atual. Por outro lado, com base no número de vagas a serem retiradas dos estacionamentos regulamentados (zona azul) e no tempo médio de permanência do veículo estacionado na área em estudo, encontra-se a rotatividade e o número mínimo de vagas para os estacionamentos *new facilities*, distribuindo-as ao longo dos mesmos. Portanto, toda a oferta de vagas dos estacionamentos regulamentados que foram retiradas serão remanejadas para os novos estacionamentos propostos.

Após a configuração da rede executa-se o *Translator*, designado para assimilar os arquivos de dados do *TRAFED*. O programa faz a leitura e processamento das informações para gerar o arquivo de simulação (CORSIM). Em seguida, abre-se a simulação pelo TRAFVU.

Moreira (2005) ainda afirma que as manobras de estacionamento em qualquer das formas geram uma obstrução temporária do tráfego, ocorrendo atraso. Com isso, podem-se estudar os impactos da concessão de estacionamento em determinada via ou da aprovação de um empreendimento gerador de tráfego.

Por fim, comparam-se a variável velocidade, consumo de combustíveis, atraso, formação de filas, índice de congestionamento, emissão de poluentes no cenário atual e proposto. Avaliam-se os possíveis benefícios do cenário proposto para melhoria do fluxo viário das avenidas e ruas dentro da área de estudo.

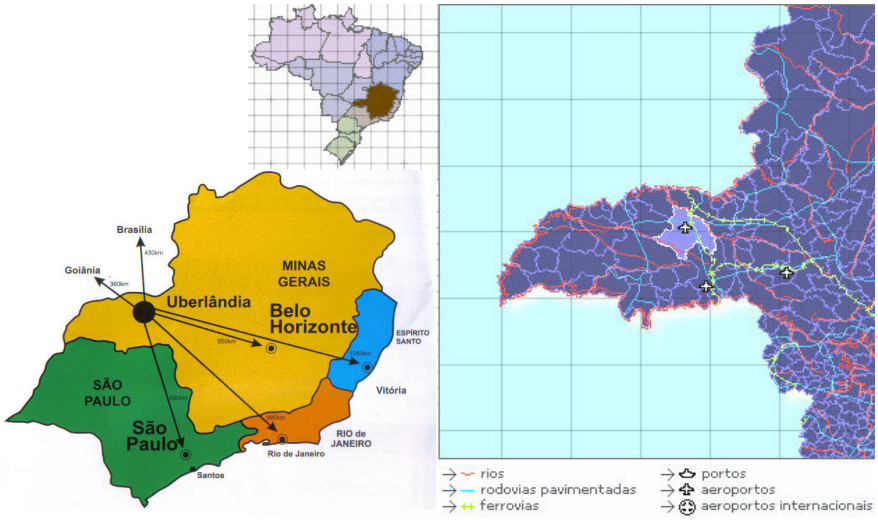
Para melhor compreender esses procedimentos, como se daria na prática analisa-se o caso da cidade de Uberlândia/MG, no capítulo 5, no qual são descritas as características do trânsito no centro comercial, estacionamentos rotativos e pontos comerciais considerados na área delimitada em estudo. São abordadas diretrizes que especificam dimensionamento das vagas de estacionamento para cada tipo de estabelecimento, bem como a rotatividade dos estacionamentos zona azul e as vagas disponíveis em cada lote de estacionamento rotativo particular.

CAPÍTULO 5

ESTUDO DE CASO

Este capítulo descreve um estudo de caso realizado na cidade de Uberlândia no Estado de Minas Gerais. Este estudo baseia-se em uma pesquisa de campo realizada no segundo semestre de 2008 e primeiro semestre de 2009 na área central. É importante na prática saber a viabilidade e eficácia de realocação de estacionamentos rotativos no entorno da área central. Para isso, selecionou-se uma cidade de mais de 500.000 habitantes com características de importante centro de distribuição, urbanização e desenvolvimento econômico, presença de estacionamentos regulamentados, privativos e de pontos comerciais que demandam considerável mobilidade na área central. É importante conhecer o cotidiano do centro de uma cidade, sua infraestrutura, legislação de uso do solo, fluxo de veículos, problemas no trânsito para se implantar alternativas operacionais que melhorem a qualidade de vida das pessoas através da fluidez do tráfego.

A cidade de Uberlândia é um importante centro urbano regional do Triângulo Mineiro. Sua localização é estratégica fazendo interligação entre os Estados de São Paulo, Mato Grosso, Distrito Federal e Goiás, conforme mostra Figura 5.1.



Fonte: IBGE.

Figura 5.1 – Posição geográfica de Uberlândia.

A Tabela 5.1 mostra estimativas no período de 2006 a 2009.

Tabela 5.1 – Frota de Veículos em Uberlândia (abril/2006 a abril/2009).

Anos	População	Automóveis	Total de Veículos
2006	600.368	113.792	203.227
2007	608.369	118.406	215.865
2008	622.444	125.092	234.917
2009	-	136.951	260.751

Fonte: DENATRAN e IBGE.

Em 2008, dividindo a população da cidade pelo total de veículos tem-se uma média de 2.65 habitante por veículo ou 4,97 habitantes por automóvel. No periodo de 2006 – 2008, o número de automóveis em Uberlândia tem crescido em média 3,21 % ao ano e a taxa anual de crescimento médio da população é de 1,21%.

Ferreira (2002) comenta que o comércio atacadista e varejista destaca-se na economia uberlandense, principalmente em decorrência da diversidade e da atratividade do setor, no qual se encontra empresas distribuidoras, lojas de departamentos, hipermercados, centros comerciais e *shopping centers*. O acentuado crescimento populacional tem gerado problemas relacionados ao intenso processo de depreciação do espaço público das ruas na área central.

5.1 CARACTERISTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

O centro da cidade é composto em maior parte do comércio varejista e serviços em geral, podendo não disponibilizar vagas suficientes de estacionamento para seus clientes, que procuram estacionar em locais próximos ao destino. O uso indiscriminado do automóvel gera uma demanda crescente por áreas de estacionamento no centro da cidade, onde a capacidade das vias fica comprometida.

A área delimitada de estudo faz parte do setor central da cidade, constituída de cinco avenidas paralelas[8] na direção norte/sul, que são as principais vias da cidade e oito ruas transversais[9] conforme indica Figura 5.2.

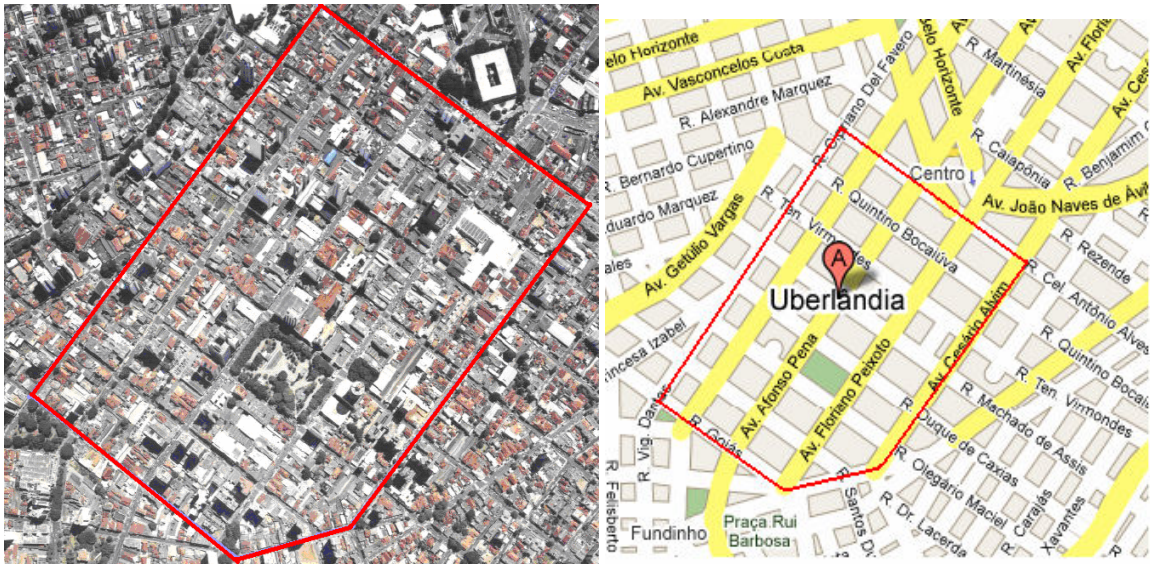


Figura 5.2 – Área delimitada de estudo.

A região é caracterizada por várias lojas, edifícios comerciais e residenciais, bancos, shopping popular etc. Apresenta áreas de estacionamento rotativo privado, e estacionamento regulamentado zona azul. Caracteriza-se como uma área de grande mobilidade e conturbações no trânsito. Por outro lado, as quadras que fazem parte da Av.

---

[8] Avenida Afonso Pena (Av. A.Pena), Floriano Peixoto (Av. F.Peixoto), Cipriano Del Fávero (Av. C.D.Fávero), João Pinheiro (Av. J.Pinheiro) e Cesário Alvim (Av. C.Alvim).

[9] Rua Cel. Antônio Alves Pereira (R. Cel.A.Alves), Quintino Bocaiúva (R. Q.Bocaiúva), Tenente Virmondes (R. T.Virmondes), Machado de Assis (R. M.Assis), Duque de Caxias (R. D.Caxias), Olegário Maciel (R. O.Maciel), Santos Dumont (R. S.Dumont) e Goiás (R. Goiás).

C.D.Fávero e Av. C.Alvim apresentam menor concentração de atividades comerciais e de lotes exclusivos de estacionamento. A maioria as atividades comerciais e de serviços estão localizados nas mediações da Praça Tubal Vilela (de cor verde da área delimitada na Figura 5.2 à direita).

5.1.1 Os Estacionamentos

- **Estacionamento Particular (lotes exclusivos para serviço de estacionamento)**

No final de 2008 havia 2203 vagas para automóveis nos 56 estacionamentos particulares analisados na área delimitada, sem contar com os estacionamentos rotativos zona azul. As ruas transversais, como R.Cel.A.Alves, R. T.Virmondes, R. M.Assis, R. D.Caxias, R.Goiás e algumas avenidas principais (Av. J.Pinheiro e Av. A.Pena) apresentam-se maior concentração de lotes de estacionamento e oferta de vagas, interferindo negativamente no trânsito. A Figura 5.3 representa a localização dos estacionamentos particulares e a oferta de vagas para automóveis na área de estudo.

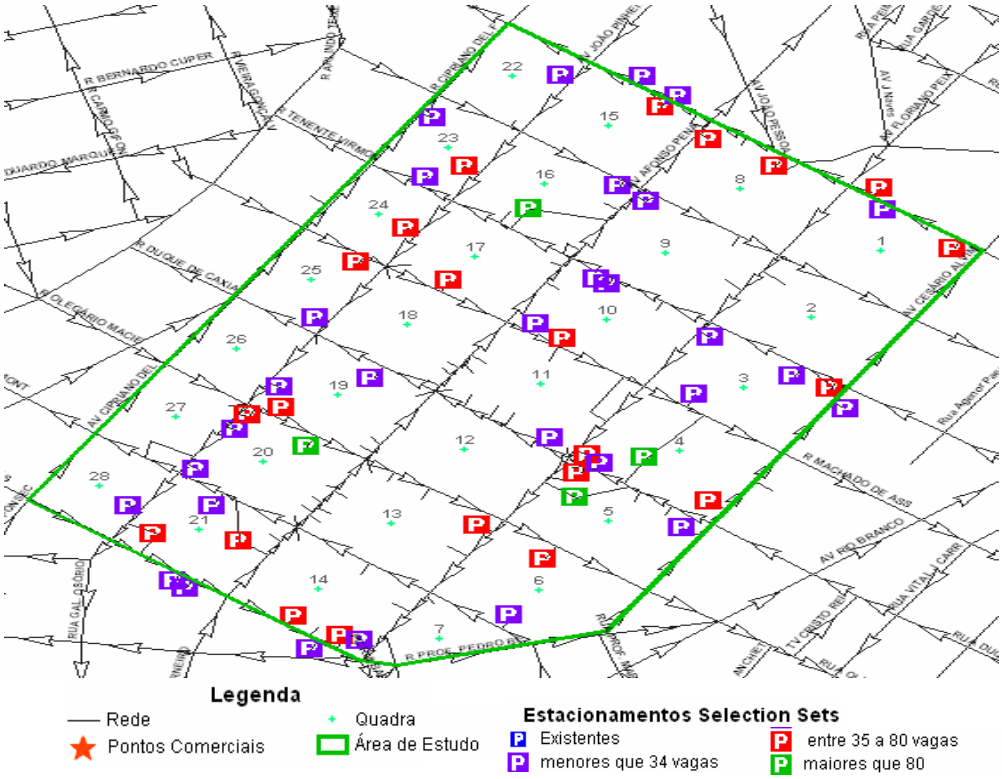


Figura 5.3 – Estacionamentos particulares dispostos na área de estudo.

Nas Av. C.Alvim e Av. C.D.Fávero há pouca oferta de vagas, devido à baixa rotatividade e ao fato de estarem mais afastadas do centro comercial em si. A oferta de vagas de veículos nos estacionamentos particulares varia entre 9 a 100 vagas. A maioria dos estacionamentos particulares dispõe entre 22 a 34 vagas para automóveis. Destacam-se dois lotes de estacionamento por apresentarem maiores vagas. O primeiro, localizado na quadra 5 na Av. F.Peixoto entre R. D.Caxias e R. O.Maciel com 100 vagas para automóveis, sem contar com vagas para motocicletas. Contém duas entrada/saída para veículos na Av. F.Peixoto e R. D.Caxias. O segundo lote de estacionamento se encontra na quadra 20 na R. O.Maciel com 93 vagas.

Os estacionamentos com menor número de vagas são mais usados para mensalistas e também os menos procurados, por causa do menor espaço para manobras, o que consequentemente gera maior tempo ao estacionar. A maioria deles dispõe apenas certa porcentagem de vagas para os mensalistas, afirmando que é mais vantajoso ter clientes horistas.

Grande parte dos estacionamentos no centro faz parte de um monopólio de 3 a 4 empresários que dominam os serviços de estacionamento, oferecendo maior número de vagas, comodidade e segurança aos usuários. Nos primeiros quinze dias de cada mês, percebe-se uma grande procura por esses estacionamentos, principalmente entre os horários de 10h e 16 h. Alguns estacionamentos particulares dispõem de serviços de lavação de veículos (lava-jato), a maioria não tem sistema de monitoramento de segurança e alguns dispõem de mais de uma entrada/ saída de veículos em vias diferentes.

Segundo Uberlândia (2000), a Lei Complementar Municipal nº. 245 art. 95 § 1º e § 2º sobre o Uso e Ocupação do Solo especificam a área mínima de vagas de estacionamento de acordo com os setores de serviços prestados.

> as dimensões mínimas de uma vaga de estacionamento são de 2,4 m por 5,0 m com área mínima de 12,0 m^2, despendida para manobras. A área a ser considerada para cálculo do número de vagas de estacionamento é a área total construída da edificação. (UBERLÂNDIA, 2000, p.8)

Para o comércio varejista diversificado, a área mínima de estacionamento deve ser uma vaga para cada 50 m^2 de área construída, segundo a legislação.

- **Estacionamentos Regulamentados (Zona Azul)**

Consideram-se vagas da Zona Azul, os espaços entre as placas sinalizadas e fixadas nos logradouros públicos. Os estacionamentos regulamentados (Zona Azul) buscam facilitar o estacionamento de veículos para motoristas no centro da cidade. Utiliza-se cartão/talão Zona Azul para identificar o tempo do veículo estacionado (máximo 2h.), se adquirirem 2 cartões.

O sistema Zona Azul em Uberlândia foi implantado em 2001, nas principais vias do setor central da cidade. A área destinada à Zona Azul está localizada, quase que na sua totalidade, na região central da cidade e era composta de 140 trechos demarcados – 140 jovens (guarda – mirim) selecionados entre a faixa etária de 16 e 24 anos. Estes, por sua vez, foram divididos em dois turnos, de acordo com período de funcionamento (2ª a 6ª – 8h às 18h e aos sábado das 8h às 13h). Quando o veículo está em lugar proibido, não apresentar o cartão Zona Azul ou venceu o prazo de 2 horas de estacionamento, o veículo comete irregularidade e o motorista do veículo é comunicado mediante notificação no local, sujeito o veículo ser removido. No procedimento de remoção do veículo irregular, o tráfego de veículos é comprometido, ocorrendo interrupção de uma faixa da via, atrasos e formação de fila. A Figura 5.4 mostra o veículo sendo rebocado numa área de estacionamento zona azul em uma das principais avenidas do centro num dia típico.

Figura 5.4 – Reboque do veículo infrator na área central.

Em 2004, houve algumas alterações em relação à localização dos estacionamentos e as áreas foram reduzidas, passando a ter 100 guarda mirins, divididos em dois turnos, para trabalhar no campo, vendendo talonário e fiscalizando os 100 trechos do centro de Uberlândia. Em 2008, o núcleo Zona Azul dispôs 1190 vagas para veículos em todo o setor central da cidade. Na área de estudo são 965 vagas para automóveis, além de outras vagas destinadas a motos, carga/descarga, deficientes físicos, transportadoras de valores, autarquias governamentais e farmácias. A Figura 5.5 mostra, em destaque (cor vermelho), as vias que apresentam vagas Zona Azul dentro da área em estudo.

Figura 5.5 – Estacionamentos rotativos Zona Azul na área de estudo.

O segmento, em negrito, apresenta uma faixa exclusiva à direita para o transporte coletivo urbano e a faixa esquerda para os estacionamentos livres ao longo do meio fio com 41 vagas, sendo que 10 vagas são para carga/descarga, 4 vagas para portadores de necessidades especiais e demais vagas são livres - alguns anos atrás, havia duas faixas laterais de estacionamento Zona Azul nessa avenida. Por fim, em destaque (cor verde), outras vagas são destinadas a estacionamentos livres ao longo do meio fio.

As avenidas principais do centro da cidade apresentam quatro faixas, sendo duas para estacionamento rotativo (Zona Azul) e duas de circulação de veículos. As vias transversais apresentam três faixas, uma para estacionamento Zona Azul e demais para circulação de veículos. Segundo informações da Central de Atendimento da Zona Azul, os locais com maior rotatividade estão próximos à Praça Tubal Vilela, Avs. A.Pena, F.Peixoto e

J.Pinheiro, onde há concentração de bancos, grandes lojas, escolas, enfim, locais com grande mobilidade de pessoas.

Segundo Ferreira (2002), as áreas de estacionamento no centro de Uberlândia acarretam uma constante conturbação na circulação viária e a tendência do órgão público responsável é sempre de proibir tal estacionamento, já que a permissão indiscriminada geraria um número de viagens indesejáveis.

> As avenidas principais da área central possuem estacionamento rotativo nos dois lados [...], acarretam nos movimentos de entrada e saída, a formação de comboios de veículos parados nos corredores. Isso atrapalha sobremaneira o fluxo do tráfego de veículos, reduzindo a velocidade operacional da via, com isto expondo os usuários de veículos a atrasos desnecessários. Essa situação afeta principalmente a operação dos serviços de Transporte Coletivo. (FERREIRA, 2002, p. 158).

Percebe-se que os estacionamentos de carga descarga também são insuficientes em alguns pontos da cidade ou não estão bem localizados para atender a demanda. Foram observados por Carrara (2007), alguns problemas nos estacionamentos destinados para carga/descarga:

> [...] dos 17 pontos comerciais, 70,59%, ou seja, 12 afirmaram que o estacionamento destinado para carga/descarga não é suficiente e que têm dificuldade para estacionar. Observa-se que somente dois pontos comerciais apresentam terminal de carga próprio, e que todos utilizam o meio fio como estacionamento para a operação de carga/descarga. (CARRARA, 2007, p.93).

Em 13 e 14 de março de 2008, a Secretaria de Trânsito e Transporte investigou o sistema Zona Azul em alguns pontos do centro, com o intuito de propor medidas de requalificação da área central. A Figura 5.6 aponta os locais pesquisados, nos quais se analisou a rotatividade de veículos num período de dois dias (quinta-feira e sexta-feira), entre os horários de 06h30min. à 18h 30 min.

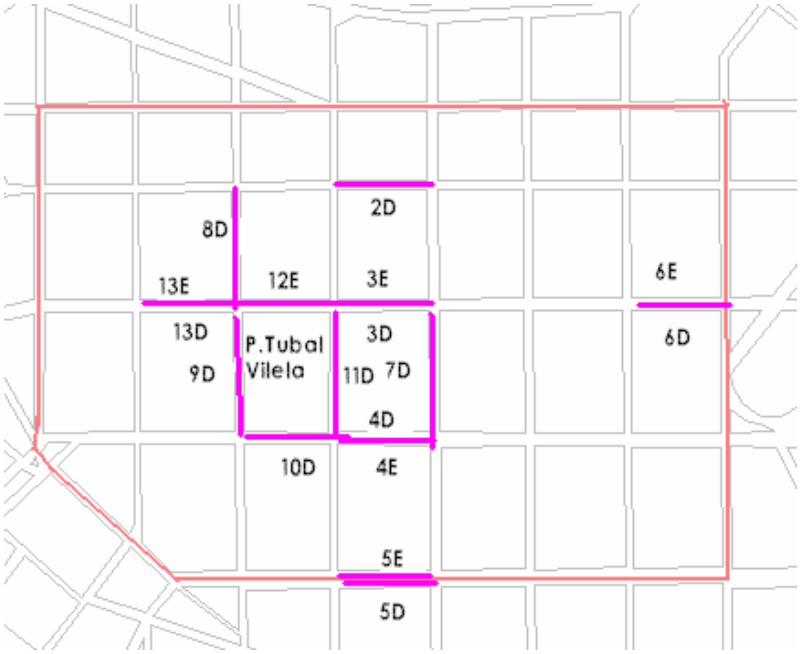


Figura 5.6 – Pontos pesquisados.

De acordo com os dados fornecidos pela Secretaria de Planejamento Urbano (SEPLAN) em cada segmento de via foi anotado o tipo de veículo, a placa e os horários de entrada e saída ao longo do meio fio. A Tabela 5.2 mostra algumas informações relevantes sobre a rotatividade de veículos na Zona Azul.

Tabela 5.2 – Informações dos pontos pesquisados.

Trechos Pesquisados	Vagas Oferecidas	Veículos que entraram e saíram	Tempo Médio de permanência (min)	Turno de maior Rotatividade (h)	Veículos que ultrapassaram limite (%)	Tempo máx. veíc. estac.(h)
2D	5	78	50	6:30 - 12:30	8,97	10:43
3D	13	242	27	12:31 - 18:30	3,30	3:52
3E	12	117	50	12:31 - 18:30	5,13	3:47
4D	13	196	48	12:31 - 18:30	4,59	8:12
4E	13	106	37	12:31 - 18:30	5,66	7:57
5D	11	144	24	6:30 - 12:30	2,78	3:47
5E	10	130	33	12:31 - 18:30	4,62	3:27
6D	12	230	29	6:30 - 12:30	4,78	6:04
6E	12	158	28	12:31 - 18:30	1,90	4:30
7D	9	156	36	12:31 - 18:30	6,41	4:31
8D	8	136	30	6:30 - 12:30	2,95	11:28
9D	17	123	33	12:31 - 18:30	3,25	7:34
10D	8	242	24	12:31 - 18:30	3,72	4:27
11D	17	162	26	12:31 - 18:30	3,08	3:49
12E	9	71	27	6:30 - 12:30	1,41	7:49
13D	12	148	32	12:31 - 18:30	2,02	5:56
13E	13	285	25	12:31 - 18:30	3,86	10:15

Fonte: SEPLAN – Projeto de Requalificação da Área Central. (adaptado pelo autor)

Os trechos analisados são locais de grande mobilidade de veículos e pedestres, tais como as principais quadras de comércios e serviços da área central. O fluxo de veículos de entrada e saída nas vagas de estacionamento nos trechos 3D, 10D, 13E são os mais destacados, principalmente, depois de 12:31h. Constata-se que nessa região há maior presença de agências bancárias, dentre outras atividades de atração de viagens.

Por outro lado, o trecho 6D há também alta rotatividade no período de 6:30 às 12:30h. Esse trecho de via se destaca pela presença de um shopping popular (Camelódromo). Em todos os pontos pesquisados houve ocorrência do veículo extrapolar o limite de tempo permitido, em destaque, os trechos 2D, 8D com menor número de vagas. O trecho 3E, 2D e 4D se destacam dos demais quanto ao maior tempo médio de permanência do veículo estacionado.

5.1.2 Pontos Comerciais

A Figura 5.7 mostra a localização dos principais estabelecimentos comerciais e de serviços na área de estudo que atraem pessoas para a utilização de compras, negócios e de serviços.

Figura 5.7 – Principais polos de atração de viagens na área de estudo.

Nota-se que em alguns trechos de vias há maior concentração de atividades comerciais, conforme se percebe nas quadras 11,13 e 20. Com isso, pressupõe haver grande mobilidade de pessoas e veículos. No centro há grande concentração de estabelecimentos com poder de atrair pessoas, dentre eles, agências bancárias, clínicas e laboratórios médicos, hospitais, restaurantes, hotéis, faculdades, escolas de línguas e profissionalizantes, edifícios comerciais, rede de lojas de eletrônicos e eletrodomésticos, lojas de confecções e *shopping*.

É importante citar que a maioria das agências bancárias, grandes lojas de eletrodomésticos e confecções não dispõem de vagas de estacionamento exclusivo para clientes. Este fato pode estimular o cidadão a utilizar o serviço de estacionamento rotativo, devido à falta ou baixa oferta de vagas nos estabelecimentos de destino. Esta condição pode aumentar a circulação de veículos à procura de um lugar para estacionar.

Segundo Uberlândia (2000), a Lei n° 245/2000 regulamenta critérios de parcelamento do solo, integrada à política de uso e ocupação do solo. Classifica o comércio e serviços em categorias e por meio da área construída, atribui o número mínimo de vagas de estacionamento, conforme Tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Número mínimo de vagas por atividade comercial.

	Categorias	Natureza Comercial	Vagas/m2 de área construída
S1	**Serviço local**	Ag. Bancárias (filial)	1 para cada 100 m^2
S2	**Serviço diversificado**	Imobiliárias, bancos, clínicas, laboratório ap. elétricos, rep. comercial, Sine, ag. financeiras.	1 para cada 50 m^2
E2E	**Educação**	Cursos preparatórios, Escolas Profissionalizantes, Escolas.	1 para cada 100 m^2
E3	**Saúde e Educação**	Hospital, Faculdade	2 para cada 50 m^2
C1	**Comércio varejista local**	lotéricas	1 para cada 100 m^2
C2	**Comércio varejista diversificado**	Restaurantes, supermercados, lojas de móveis, eletrônicos, confecções, equip. informática	1 para cada 50 m^2
C3	**Comércio especial**	Comércio atacadista	1 para cada 50 m^2
$E2_{up}$	**Utilidade Pública**	Repartições públicas, federais e estaduais.	1 para cada 50 m^2

A natureza comercial é classificada em categorias que, por sua vez, a legislação estabelece a área mínima de estacionamento em cada lote de estabelecimento comercial e de serviços.

Essas informações serviram de parâmetro para estimar a demanda de vagas de estacionamento necessária. Assim, com base no mapa de loteamentos disponibilizado pela Secretaria de Planejamento Urbano de Uberlândia (SEPLAN), encontra-se a área construída desses pontos comerciais e a partir daí, o número necessário de vagas que deveriam estar disponibilizada, conforme as diretrizes da Lei de Uso e Ocupação do Solo (Lei nº. 245/2000).

Ao analisar cada quadra da área de estudo, identificou-se a natureza comercial dos principais pontos comerciais, a quantidade de vagas existentes de estacionamento particular e zona azul no entorno das quadras, bem como o número de vagas necessárias nos pontos comerciais. A Tabela 5.4 mostra as quadras que tiveram uma demanda por vagas superior ao número de vagas existentes.

Tabela 5.4 – Quadras com maiores necessidades de vagas.

Quadras	**Natureza Comercial**	**Vagas Existentes (E)**			**Vagas (N) conf. Lei 245**	**Saldo de vagas (N – E)**
		Pontos comerciais	**Estac. Z.Azul**	**Estac. Partic.**		
5	Lojas e ag. bancária	40	33	149	330	108
7	Supermercado	-	-	-	28	28
8	Ag.banc.,Ed.com.	30	32	113	267	92
11	Lojas Eletrodom., confecção, ag. banc, shop. pop., Rec.Est.	90	50	29	348	179
14	Ed. Com.	47	38	69	297	143
16	Ag.banc.,restaurantes escolas	15	12	39	76	10
17	Ag. banc., faculdade	6	13	39	154	96
18	Rest., ag.banc., loja eletrodom.	-	18	-	61	43
19	Ag. Emprego, lojas eletrodom., escolas	6	20	77	323	220
27	Hospital, faculdade, escola.	14	20	-	142	108

O número de vagas nos estacionamentos particulares e os regulamentados (zona azul) em cada quadra não atendem os locais de demanda das quadras. Ou seja, o número de estacionamentos particulares no entorno das quadras é insuficiente para atender os

indivíduos que utilizam as atividades comerciais e de serviços naquela quadra, pois a oferta de vagas é menor que as vagas necessárias.

As quadras 5, 8, 11, 14, 17, 19 e 27 se destacaram em relação às demais, pelo fato dessas atividades demandarem um número maior de vagas de estacionamento. (Figura 5.8).

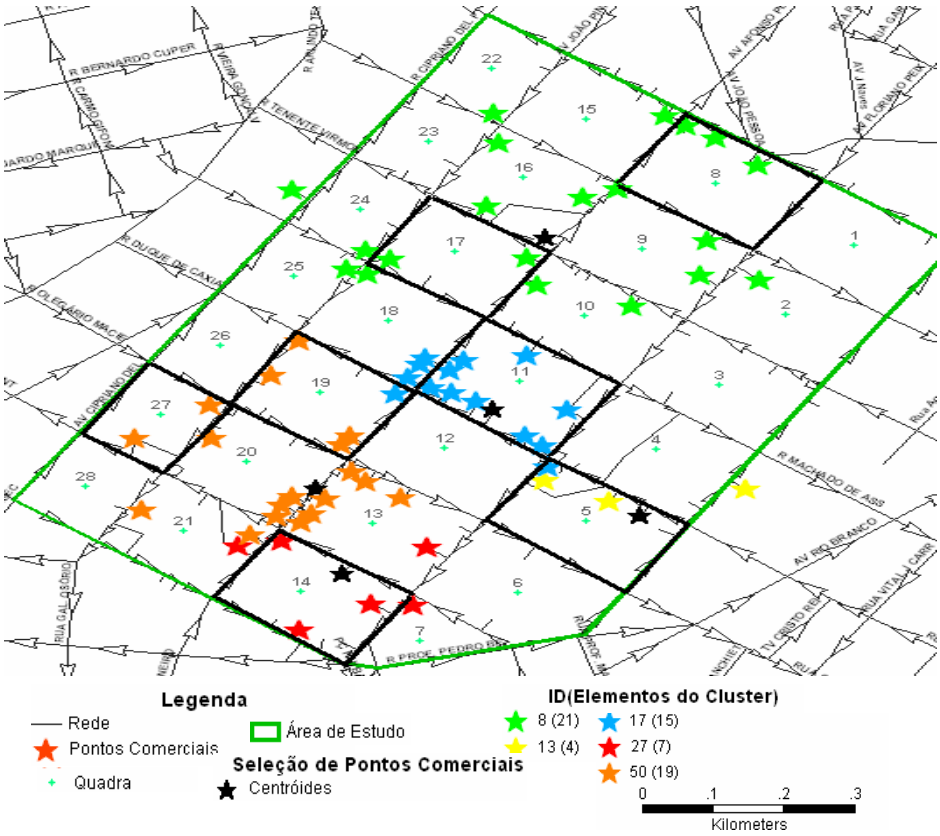


Figura 5.8 – Formação de *Clusters* e quadras de maior demanda.

Selecionou-se 5 agrupamentos de pontos comerciais dos quais foram identificados os *cluster* e os centróides (*seed*). Ao comparar as vagas existentes e as vagas necessárias nos pontos comerciais analisados, percebe-se que o comércio, em geral, não disponibiliza um número adequado de vagas de estacionamento.

Dentre as 17 agências bancárias, 14 não dispõem de nenhuma área de estacionamento para seus clientes. Outros pontos comerciais e serviços de maior mobilidade de pessoas como o Serviço Nacional de Emprego (SINE), hospital e escolas também não dispõem vagas de estacionamento. Com a estimativa do número de vagas necessárias para cada ponto

comercial computado, 77,27% não atendem a legislação. Este fato pode revelar que a procura por estacionamentos é mais acentuado próximo a esses locais.

5.2 LOCAIS CANDIDATOS

A partir do diagnóstico da necessidade de vagas nas quadras e a localização dos centróides foi escolhido os locais candidatos de estacionamento para atender a demanda. Adotou-se também como parâmetro a distância aceitável de caminhada (menor que 500 metros) de cada local candidato até o ponto comercial. Os locais candidatos são caracterizados por regiões de baixo fluxo de veículos, próximo à região residencial, no entanto, são estabelecimentos comerciais (clube, clínica, hotel, escola de línguas, praças, lojas, posto de combustível). A partir desses critérios, inserem-se oito locais candidatos no entorno da área central, conforme Figura 5.9.

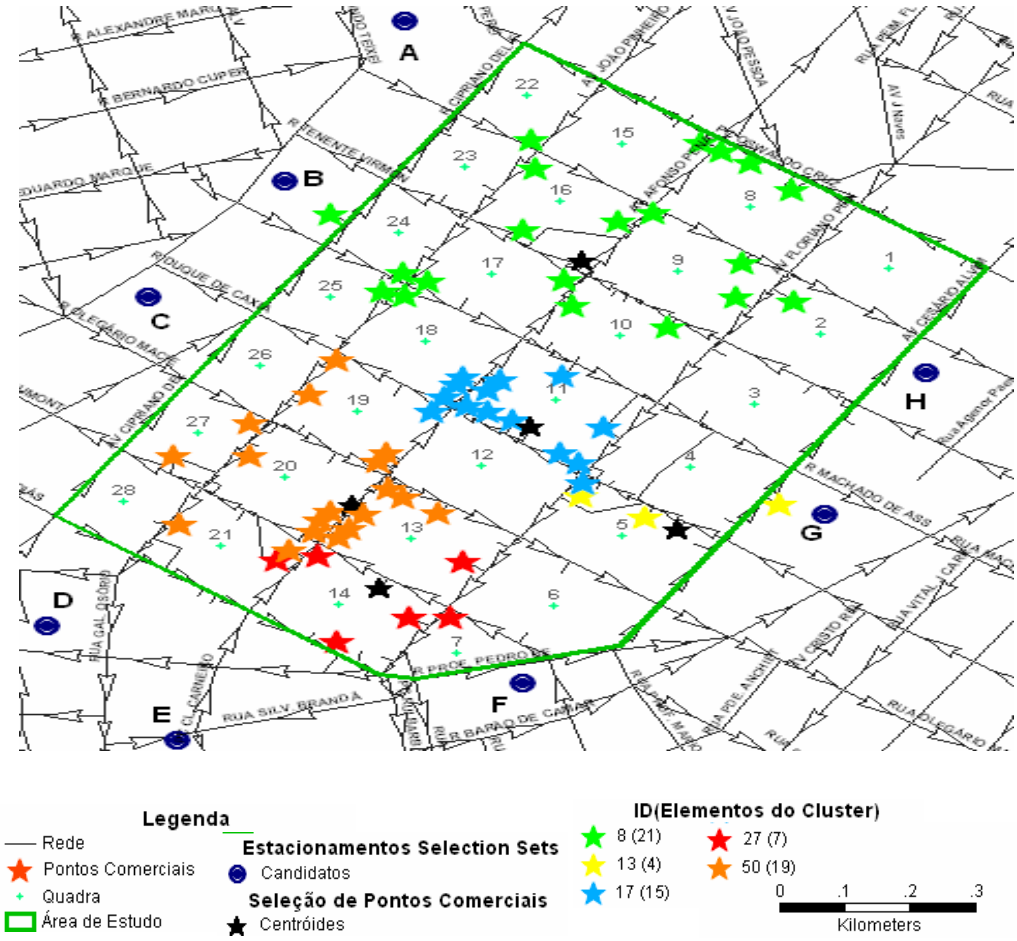


Figura 5.9 – Pontos Candidatos.

A partir dos locais candidatos estabelecidos, criam-se alguns cenários para identificação da melhor localização dos *new facilities.* A Tabela 5.5 mostra os resultados do problema de localização com o critério de fornecer o melhor nível de serviço aos pontos comerciais.

Tabela 5.5 – Soluções geradas na Simulação I. (Anexo A).

Facility Location: Minimizar o Custo Médio de Serviço.						
Cenários	**Matriz de Custo**	***Estacionamentos (new facilities)***	**Distância média (D) gerada(m)**	**Restrição *(constraint)***	**Peso (*weight)***	**Pontos Comerciais servidos**
1	Locais candidatos x p.comerciais	(B, F, H)*	449	D ≤ 500 m	Dem. (nec.)	66
2	Locais candidatos x centróides	F*	418	D ≤ 500 m	*Seeds*	5
3	Estac. e locais candidatos x p.comerciais	B, G	116	-	Dem. (nec.)	66
4	locais candidatos x p.comerciais	F, H	507	-	Dem. (nec.)	66

* O *Sofware* determinou o número de *facilities*.

Os cenários encontrados refletem uma gama de aplicações para o problema de localização de instalação. Ao comparar esses cenários percebe-se que a distância gerada atende a distância máxima aceitável menor ou igual a 500 metros, assim o cenário escolhido para simulação é o de número 3, por apresentar menor distância.

No cenário 3, a matriz de custo foi elaborada com base na distância entre os estacionamentos (8 candidatos e 56 existentes) e os pontos comerciais (66 pontos). No campo *Facility* da caixa de diálogo *Facility Location* estabeleceram-se os estacionamentos candidatos e existentes e no campo *Client* os pontos comerciais com fator peso (demanda necessária). Isso significa dizer que ao estabelecer a restrição do número fixo de 2 *new facilities* dentre os locais candidatos e a demanda como peso, a distância média encontrada entre *new facilities* está em torno de 116 metros.

Por outro lado, ao estabelecer o objetivo de oferecer o melhor serviço aos pontos comerciais que são os mais afastados do conjunto de estacionamentos foram propostos mais 2 cenários, conforme Tabela 5.6.

Tabela 5.6 – Soluções geradas na simulação II. (Anexo A).

Facility Location: Minimizar o Maior Custo de Serviço.					
Cenários	**Matriz de Custo**	***Estacionamentos (new facilities)***	**Distância média (D) gerada(m)**	**Peso (*weight*)**	**Pontos Comerciais servidos**
5	Estac. e locais candidatos. x centróides	A, G	205	*Seeds*	5
6	Locais candidatos x centróides	F, G	550	*Seeds*	5

No cenário 5 considerou-se a matriz de distância entre os estacionamentos e pontos comerciais identificados como centróides *(cluster seed)*. Na caixa de diálogo *Facility location* escolheram-se 2 *new facilities*, no campo *Facility* selecionaram-se os estacionamentos candidatos e existentes e no campo *Client* os centróides da camada pontos comerciais.

Dentre os cenários apresentados, escolhe-se o cenário 3, por apresentar menor distância dos *new facilities* aos pontos comerciais com pesos na demanda. Além disso, esses novos estacionamentos estão localizados próximos às quadras identificadas de maior demanda. Isso reflete que quanto maior a demanda por vagas, maior o poder de atração para se localizar os estacionamentos, isto é; mais próximo deverão ser as *facilities* para atendimento dessa demanda. A diversidade e a proximidade entre os estacionamentos rotativos na área central ocasionam conflitos na circulação de veículos principalmente em horários de pico.

Os lotes de estacionamentos localizados fora da área congestionada devem atender as necessidades de qualquer usuário, dentre eles, pessoas com necessidades especiais, idosos, dentre outros. A distancia entre os dois locais estratégicos encontrados pelo TransCAD e os pólos de atração de viagens (pontos comerciais) esta em torno de 400 metros. A Figura 5.10 mostra este cenário, resultando numa distância média de 116 metros dos *new facilities* e pontos comerciais.

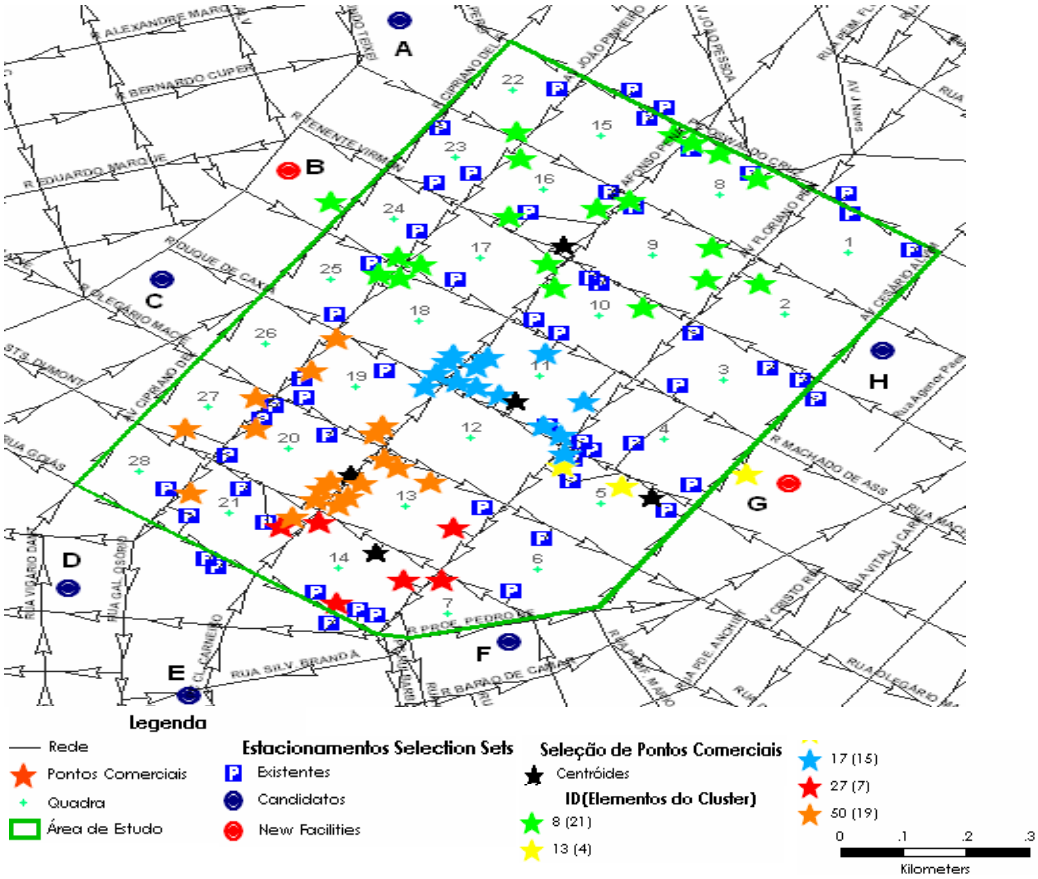


Figura 5.10 – Cenário 3.

Os locais identificados estão localizados em áreas com baixos níveis de mobilidade por não apresentarem um número acentuado de pontos comerciais e de serviços (Figura 5.11).

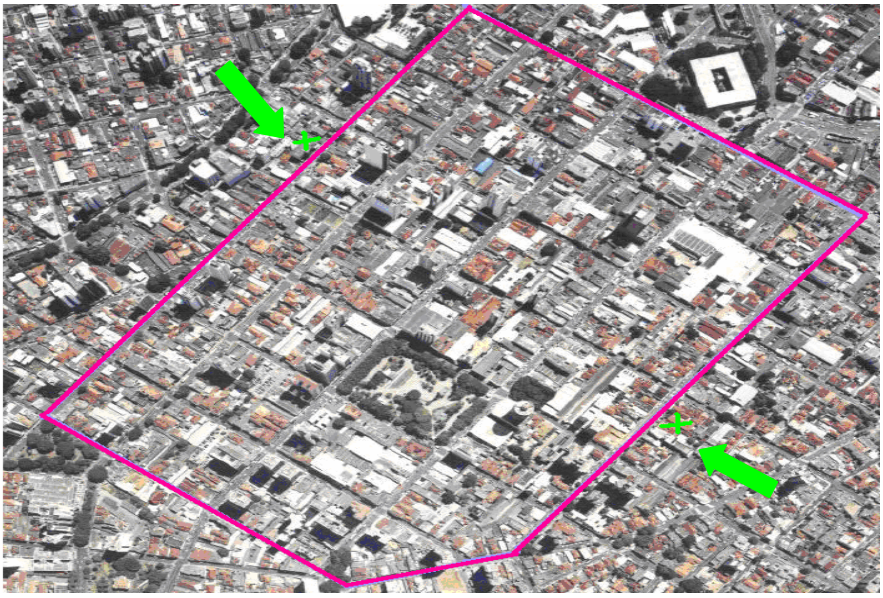


Figura 5.11 – Vista aérea dos locais encontrados.

Os locais encontrados pelo *software* TransCAD neste cenário tem a finalidade de atender a demanda por vagas de estacionamento e suprir as vagas retiradas dos estacionamentos regulamentados (zona azul). Para isso, utilizam-se os recursos do TSIS para a simulação da nova situação, configurando a rede viária da área de estudo, de forma a analisar os benefícios dos *new facilities* no fluxo de veículos na área de estudo.

5.3 CENÁRIOS NO TSIS

A rede do centro comercial de Uberlândia, com as vagas de estacionamento regulamentado é configurada. Em cada *link* a rotatividade das vagas de estacionamento ao longo do meio fio foi encontrada com base no número de vagas existentes e o tempo de permanência de algumas vias (pesquisa realizada em 2008 pelo SETTRAN). A Figura 5.12 mostra a rede no ambiente *Trafed,* destacando (em verde) os *links* com os estacionamentos regulamentados (zona azul).

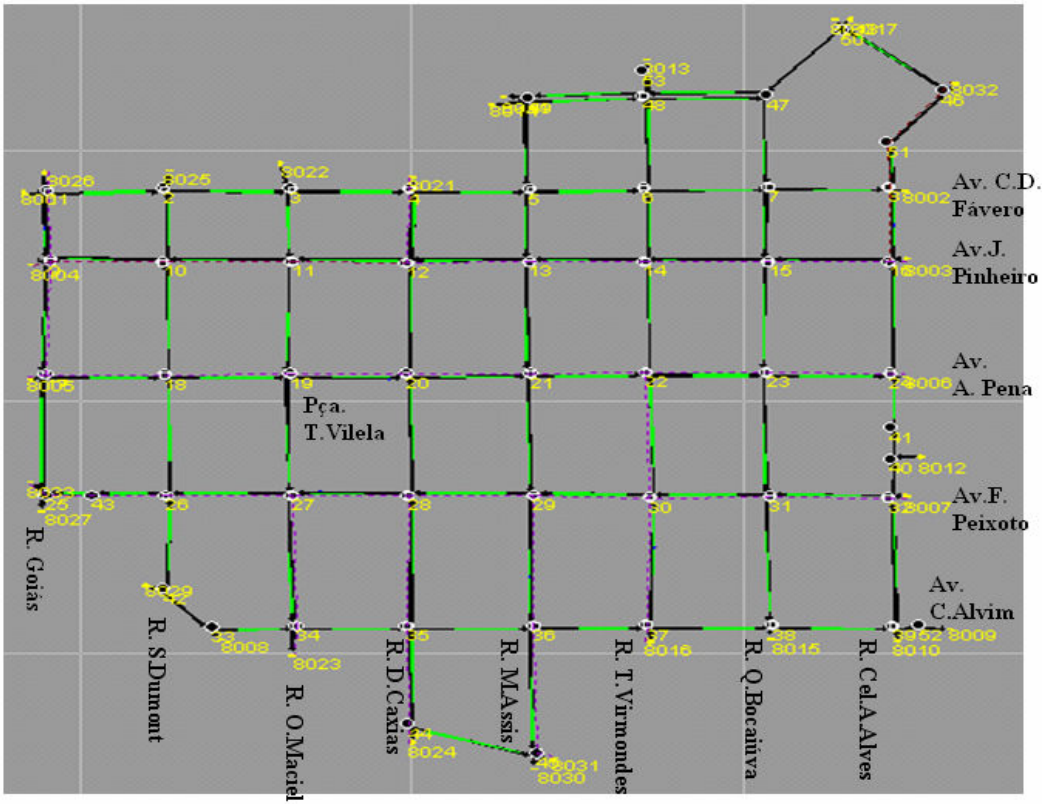


Figura 5.12 – Rede de trabalho do *Trafed* representando o centro atual.

Em cada nó da rede configurou-se o tempo de semáforo, sentido dos movimentos e fluxo de entrada e saída de cada nó de acordo com dados da SETTRAN de 2002. Atualmente, o

sentido dos movimentos e tempo de semáforo são os mesmos, no entanto, utilizaram-se os dados do fluxo de veículos de 2002, devido a não estarem atualizados.

Em cada *link* da rede foram inseridos dados e informações para melhor caracterizar as vias em estudo. Alguns parâmetros foram encontrados e estimados, conforme Tabela 5.7.

Tabela 5.7 – Informações adotadas nos *links*.

Características			Avenidas	Ruas
GENERAL	*Name*		-	-
	Lenght		-	-
	Queue Discharge Characteristics	*Mean Startup Delay*	7 seg.	7 seg.
		Mean discharge headway	2 seg.	2 seg.
LANES	*# of full lanes*		4	3
	Width		3,6 m	2,7 m
LANE CHANNELIZATION			2 *closed*	1 *closed*
PARKING	*left/right curb parking*	*Distance from DS node*	8 m	8 m
		Lenght	-	-
	Maneuvers	*mean duration*	30 seg.	30 seg.
		mean frequency	-	-

No tópico *general* especificou-se o nome da via, comprimento de cada *link* ajustada com as medidas do mapa (autoCAD). No item *Queue Discharge Characteristics,* adotou-se um atraso médio de 7 segundos e o intervalo médio de eliminação de fila de 2 seg. Em *lanes*, indicou a quantidade de faixas nas vias e a largura de cada faixa, sendo nas avenidas 3,6 m e ruas transversais 2,7 m. *Lane channelization* selecionou-se as faixas laterais ao longo do meio fio de *closed*, indicando que são faixas de estacionamento regulamentado (zona azul) em cada *link*/segmento da via, considerando duas faixas *closed* para avenida e uma faixa *closed* para ruas, exceto Av. J.Pinheiro com 1 *closed*.

Em *Parking*, identificou-se a lateral da faixa ao longo do meio fio como área de estacionamento, especificando a distância da linha de parada/retenção no cruzamento até a vaga de estacionamento no meio fio de 8m, incluindo a faixa de pedestre em cada *link* de via na área de estudo. O comprimento da zona de estacionamento foi calculado, baseando no número de vagas existente na faixa lateral e comprimento do automóvel de 5 m.

Em relação às manobras para estacionar, adotou-se a duração média (*mean duracion*) de 30 seg. e a freqüência média (*mean frequency*), ou seja, a rotatividade em cada *link* foi

calculada com base no tempo médio de permanência dos veículos no estacionamento e o número de vagas disponíveis.

Para efeito de simulação, foi considerado o mesmo tempo médio estacionado ao longo das vias, em seguida, calculou-se a frequência média em veículos por hora (vph) ou a rotatividade, baseando-se no número de vagas existentes. Na Av. J.Pinheiro adotou-se freqüência média de 15 vph devido à baixa rotatividade e ao número reduzido de vagas. Assim, estimou-se a rotatividade das avenidas e ruas transversais da área em estudo, bem como o tempo médio de permanência de forma a deslocar a demanda por vagas para os locais de estacionamentos propostos. A Tabela 5.8 mostra resumidamente a análise obtida em cada avenida e rua.

Tabela 5.8 – Vagas retiradas na área de estudo.

	Rotatividade (vph)	**Vagas (un)**	**Tempo médio de permanência (min.)**
Avenidas	1029	527	30,74
Ruas	652	272	25,05
Total	**1680**	**799**	**-**

A rotatividade e o tempo médio de permanência foram calculados no período de uma hora (17 h – 18 h), através da média do tempo de permanência dos veículos nas vias pesquisadas pelo SETTRAN em 2008. Assim, a rotatividade das vagas retiradas foi remanejada para os estacionamentos propostos, bem como o número de vagas. A Figura 5.13 identifica, em destaque, os estacionamentos propostos, com a retirada das vagas de estacionamento regulamentado (zona azul).

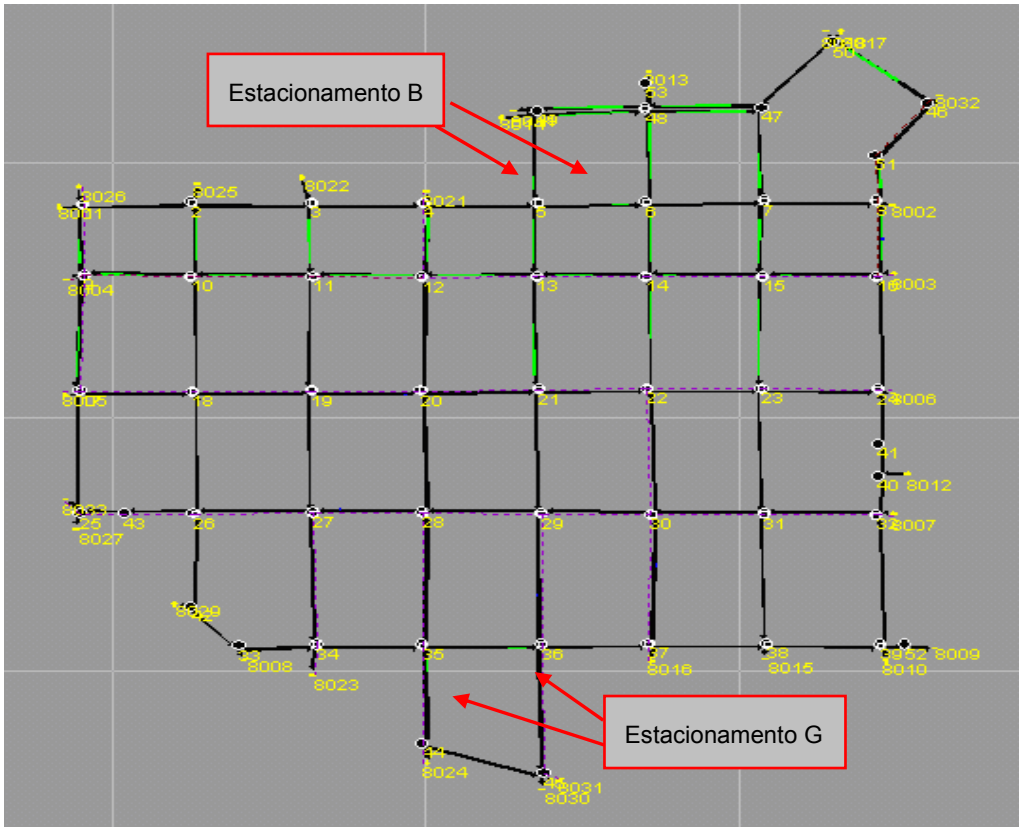
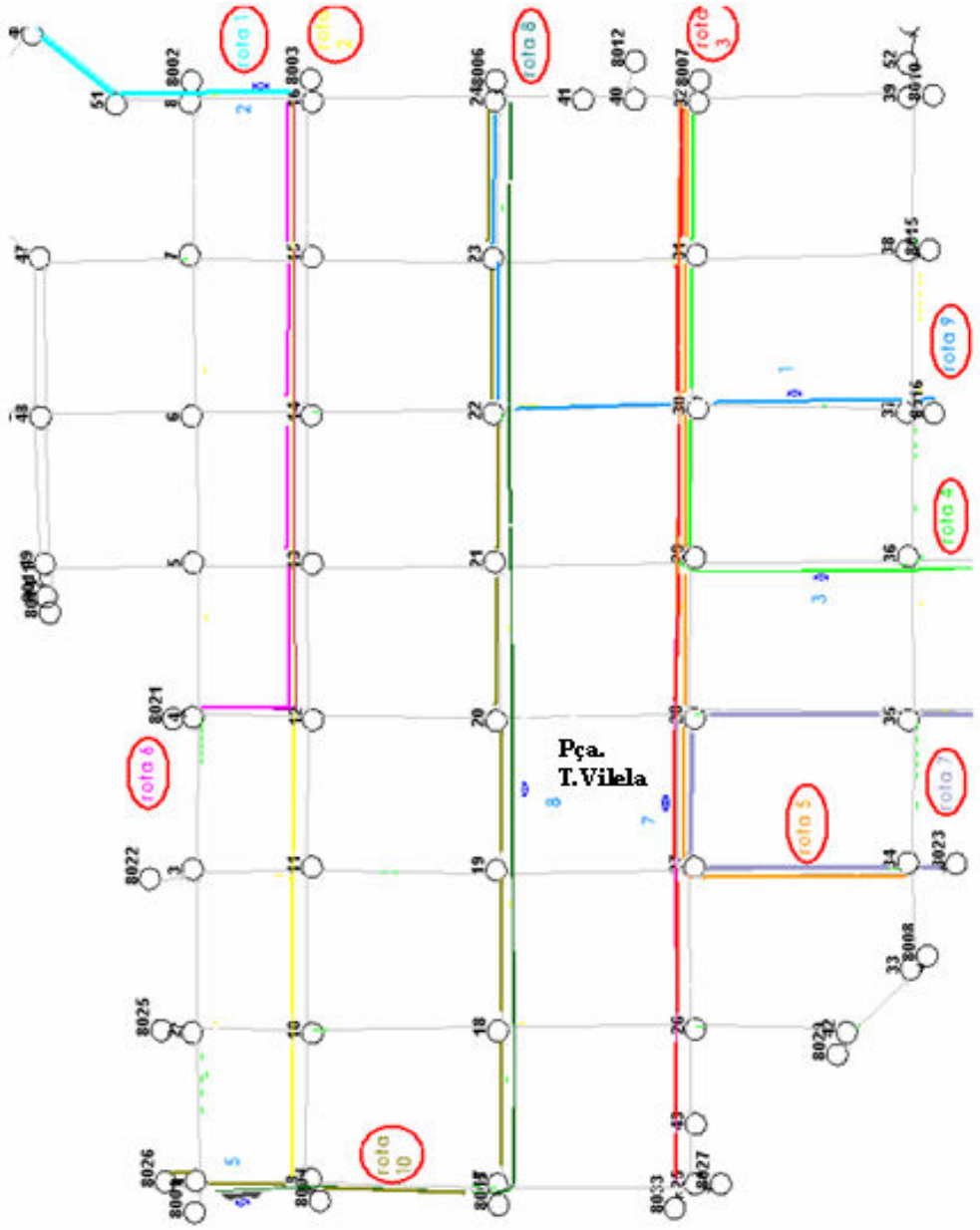


Figura 5.13 – Localização dos estacionamentos propostos.

Cada estacionamento pressupõe terem 2 entradas/saídas de veículos em vias diferenciadas, de forma a distribuir o fluxo de veículos e facilitar as manobras dentro dos estacionamentos. A rotatividade encontrada foi de 420 vph em cada entrada/saída de estacionamento, sendo 400 vagas em cada estacionamento – atualmente o máximo de vagas em um estacionamento particular é de 100 vagas.

O tráfego de transporte coletivo na área em estudo foi investigado. Existem 10 rotas diferentes nos quais 38 linhas (em torno de 160 veículos tipo *padron* e articulado) circulam e param nas 6 estações no horário pesquisado (17 h – 18 h). Segundo FHWA (2001), as taxas de fluxo de ônibus para uma rota são definidas em termos de intervalo médio (*mean headway).* A Figura 5.14 mostra os itinerários e as estações existentes na área de estudo.



Fonte: http://www.uberlandia.mg.gov.br/secretaria.php?id_cg=1935&id=22

Figura 5.14 – Itinerário dos ônibus e os pontos de parada.

Cada itinerário foi configurado atribuindo o *mean headway* como a frequência com que os ônibus param nas estações num período de tempo, variando entre 3 min. a 30 min., com base nos dados da SETTRAN. Em cada estação de ônibus considerou-se um tempo médio (*mean dwell time*) em que o ônibus estaciona para embarque e/ou desembarque de passageiros, estimados entre 10 seg. e 40 seg. Adotou-se o número de veículos que podem parar num tempo em cada estação, isto é, a capacidade de cada estação.

A nova proposta estabelece uma faixa prioritária para o transporte público em torno da Av. F.Peixoto (sequência de nós 32 a 25 – Figuras 5.13). O intuito é melhorar operacionalmente as vias proporcionando aumento da velocidade média, redução do tempo de viagem e tempo de espera na estação de número 7, além de aumentar a segurança e conforto no trânsito.

5.4 RESULTADOS

O relatório do TSIS forneceu alguns indicativos de melhoria no sistema viário ao comparar as duas situações adotadas com os fluxos de veículos no período de 17h às 18h do ano de 2002. (Anexo B e C). A Tabela 5.9 apresenta os resultados obtidos ao comparar o cenário do centro atual (Centro) e o proposto (centro NP).

Tabela 5.9 – Comparação dos resultados.

	Link	Delay Time (sec/veh)	Average Values Stop (%)	Vol VPH	Speed (km/h)	Congestion Storage (%)	Average Queue (veh) Lane 1	Lane 2	Lane 3	Lane 4	Fuel Consumption km/l Auto 1	Auto 5	Transit	Vehicle Emissions (Grams/km) HC Auto 1	Auto 5	CO Auto 1	Auto 5	NO Auto 1	Auto 5
Centro	Av	16,04	41,02	16.772	19,37	5,06	0	1	1	0	4,94	3,18	1,08	0,18	0,14	12,80	8,19	0,68	0,81
	Rua	18,29	61,88	8.851	19,61	5,23	0	1	1	0	5,12	3,48	0,46	0,19	0,15	13,69	8,52	0,71	0,86
	Total			24.423															
Centro	Av	12,36	38,14	16.886	20,44	5,43	0	0	0	1	5,15	3,42	1,09	0,17	0,14	12,51	7,98	0,66	0,79
NP	Rua	18,24	61,42	8.795	19,76	5,12	0	1	0	0	5,10	3,49	0,48	0,19	0,15	13,98	8,50	0,73	0,86
	Total			24.475															
Benefícios (%)																			
	Avenidas	-22,90	-2,88	0,68	5,53	0,37	-	-100	-100	100	4,19	7,33	1,37	-2,70	-	-2,28	-2,54	-2,43	-3,11
	Ruas	-0,26	-0,45	-0,63	0,76	-0,11	-	-	-	-	-0,25	0,32	2,78	-	-	2,13	-0,15	2,86	-

Em relação às avenidas, percebe-se que o atraso reduziu significativamente na ordem de 22,9 %. Houve uma redução da fila na faixa 2 e 3 de tráfego, em contrapartida com aumento do fluxo de veículos, houve redução do consumo de combustível dos automóveis (km/l). Constata-se que as emissões de poluentes (gramas por km) tiveram pequena redução.

Analisando os benefícios nas ruas transversais, percebe-se que foram menos significativos. Por ter eliminado apenas uma faixa de estacionamento regulamentado, o índice de congestionamento reduziu em 2,10 %. As ruas mais beneficiadas foram a R. T.Virmondes, R. O.Maciel e R. S.Dumont com a redução do índice de congestionamento e atrasos, e aumento de velocidade.

Contudo, verificou-se o desempenho operacional de cada avenida e rua na área de estudo e constatou-se que algumas delas se destacam mais. (Anexo D). As Av. A.Pena, Av. F.Peixoto, Av. C.Alvim tiveram uma porcentagem de melhoria nos parâmetros atrasos, paradas e velocidade média.

Os atrasos foram reduzidos em todas, principalmente Av. A.Pena, Av. F.Peixoto e Av. C.Alvim com redução de 11,03 %, 19,09 % e 40,13 % respectivamente. Já para as paradas houve redução de 2,6 %, 3,42 % e 6,17 % nas Av. A.Pena, Av. F.Peixoto e Av. C.Alvim, as demais tiveram menores percentuais de redução. Com isso, a velocidade média aumentou na Av. A.Pena (4,08 %), Av. F.Peixoto (7,37 %) e Av. C.Alvim (10,9 %). No entanto, o *congestion storage* reduziu em 0,64 % na Av. F.Peixoto e 0,3 % na Av. C.D.Fávero, piorando em 2,94 % na R. C.Alvim. E por fim, no item emissão de gases poluentes (HC + CO + NO), as Av. A.Pena e Av. F.Peixoto apresentaram redução de 4,93% e 13,24 % respectivamente de partículas de gases poluentes e houve um aumento de 0,8 % de poluentes na Av. C.D.Fávero. (Anexo D).

A Av. F.Peixoto teve uma redução maior da *congestion storage* e assim teve maior redução também das emissões de poluentes. Nesta avenida foi proposta na simulação uma faixa exclusiva para ônibus, além da retirada das duas faixas de estacionamento rotativo. Com isso proporcionou uma melhora no nível de serviço com a redução dos atrasos, paradas, *congestion storage* e aumento da velocidade média dos veículos.

A análise das ruas transversais direção leste-oeste, na simulação foi obtido uma melhora razoável para o período de uma hora de tráfego. Em relação ao parâmetro atrasos, as ruas que mais sofreram reduções foram R. T.Virmondes com 12,58 %, R. O.Maciel com 7,85 % e R. S.Dumont com 6,65 %. Nas paradas, a R. T.Virmondes foi a que mais reduziu em relação às demais com 5,27 %. A velocidade média dos veículos nas R. T.Virmondes, R. S.Dumont e R. O.Maciel aumentaram 8,47 %, 4,33 % e 3,39 % respectivamente. A *congestion storage* nas R. T.Virmondes, R. D.Caxias e R. Q.Bocaiúva foram as que mais se destacaram com 0,63 %, 0,3 % e 0,25 % de redução no período de simulação. As Emissões de poluentes reduziram na R. T.Virmondes com 1,78 %, R. O.Maciel com 4,09 % e R. M.Assis com 2,29 %. (Anexo D).

Por outro lado, ao analisar as entradas/saídas dos estacionamentos A e B propostos, as suas localizações entre a R. M.Assis e Av. C.Alvim /Av. C.D.Fávero e a rotatividade de 420 vph, apresentada na simulação, pressupõe afirmar que os motoristas percorrerem o trajeto destacado na Figura 5.15 para terem acesso aos estacionamentos.

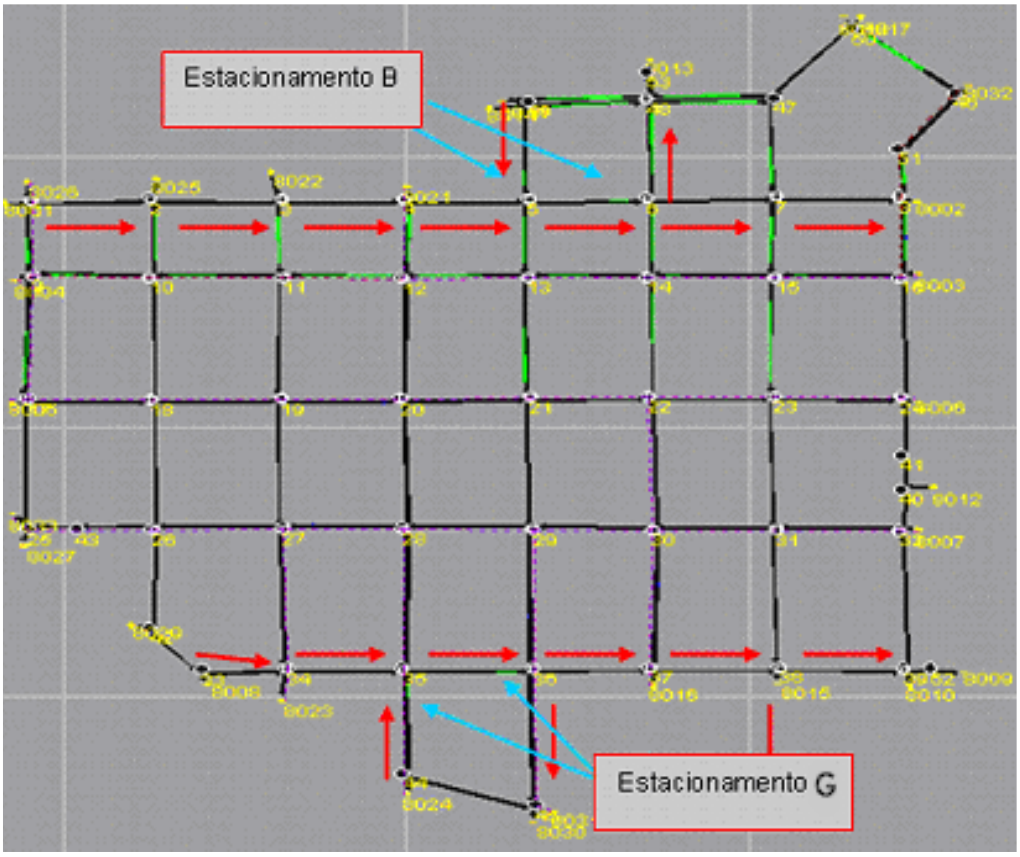


Figura 5.15 – Possíveis vias de acesso aos estacionamentos.

Assim, as R. T.Virmondes, R. D.Caxias e R. M.Assis e as Av. C.Alvim e Av. C.D.Fávero são as mais prováveis ao acesso aos estacionamento. Desta forma, conforme os parâmetros analisados nos resultados acima, a R. T.Virmondes apresentou melhora no desempenho dentre as demais nos parâmetros de redução de atrasos, paradas, emissão de poluentes e *congestion storage*, obtendo uma velocidade média maior. A R. M.Assis e R. D.Caxias reduziram em menos de 0,5 % o *congestion storage.* A Av. C.Alvim, os atrasos e paradas sofreram maior redução proporcionando uma velocidade média dos veículos maior.

Apesar dos dados do fluxo de veículos serem do ano de 2002, o cenário proposto apresenta resultados que comprova a melhoria no tráfego de veículos, redução das emissões de poluentes, aumento da velocidade dos veículos, redução do tempo de parada e atrasos. Esses indicativos confirmam os benefícios da proposta de reorganização de estacionamentos regulamentados, principalmente nas avenidas, onde há ocorrência de maior mobilidade de pessoas e veículos.

Num horizonte mensal, os benefícios serão mais relevantes e produzirão uma melhor eficiência, pois haveria uma economia significativa de gastos com combustíveis, redução do tempo de viagem, entre outras.

A seguir, no capítulo 6 encontram-se algumas considerações e recomendações relevantes para reflexão sobre este trabalho.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O gerenciamento de tráfego é essencial para otimizar o uso do espaço viário nas áreas mais demandadas, como a área central. As áreas de estacionamento ao longo das vias podem trazer transtornos para o trânsito em locais onde há grande fluxo de veículos, principalmente em vias principais. A velocidade dos veículos fica reduzida, pode haver formação de filas, conflito de veículos que saem dos lotes de estacionamento e/ou estacionamento regulamentado (zona azul) com os veículos em trânsito.

Os pontos comerciais com maior poder de atração de viagens devem contemplar as diretrizes e exigências das políticas públicas, expressa na legislação de uso e ocupação do solo. A fiscalização pelos órgãos de trânsito municipais deve ser eficiente, de modo que os estabelecimentos que oferecem vagas de estacionamento não negligenciam a legislação, o que contribui para um crescimento progressivo de lotes de estacionamento e gera conturbações no trânsito principalmente em horários de pico.

Por outro lado, se o número de vagas for aumentado nos estacionamentos nesta área, mais pessoas serão estimuladas a utilizarem o automóvel particular. Com isso, a mobilidade pode ficar mais comprometida causando deterioração no nível de serviço e ineficácias no transporte coletivo. Neste contexto, deveria ter uma estratégia especial com objetivo exatamente oposto, ou seja, de maior incentivo ao uso do transporte coletivo. Estacionar em um local escolhido estrategicamente e, em seguida, caminhar até o destino ao invés de dirigir e circular nas imediações procurando uma vaga para estacionar, pode produzir resultado global melhor operacionalmente e impactar menos o meio ambiente nesta região.

A proposta da modelagem da localização de estacionamentos estratégicos pode ser testada em cidades urbanizadas com características de grande concentração de atividades comerciais, de serviços e de áreas de estacionamento público e privado. Sugere-se investigar cidades de pequeno e médio porte com problemas no trânsito e que necessitem de um gerenciamento de tráfego na área central. Desta forma, a reorganização do espaço viário e políticas operacionais no trânsito podem melhorar a mobilidade urbana. A investigação da área central deve atender aos seguintes requisitos:

- O número de vagas dos estacionamentos rotativos (zona azul) e particulares;
- Níveis de congestionamento e/ou padrões de mobilidade;
- Vagas nos pontos comerciais conforme legislação de uso e ocupação do solo;
- Levantamento das condições operacionais da área de entorno dos locais candidatos.

Nas grandes cidades com uma infraestrutura viária mais desenvolvida e características policêntricas, os problemas devem ser maiores e talvez a estratégia de novos estacionamentos e eliminação de outros rotativos ao longo da via não traria grandes benefícios. Neste caso, o sistema *Park & Ride* poderia ser proposto, caso houvesse um transporte público de alta capacidade e eficiente, em conjunto com outras estratégias que englobe um gerenciamento de tráfego de maneira a sanar os problemas de trânsito.

O sistema *Park & Ride* pode ser implantado em cidades de porte médio em conjunto com outras estratégias de incentivo ao uso do transporte coletivo para produzir mudanças no comportamento de viagens (usuários do automóvel para os modos de transporte coletivo de maior capacidade de atendimento). A estrutura viária pode favorecer o uso destas alternativas de transportes dispondo parques de estacionamentos em locais adequados e com segurança para a transferência dos passageiros que pretendem chegar à área central. Os locais de estacionamentos devem ser amplos para usuários que ocuparão em períodos curtos (0-3 horas) e longos (4 – 8 horas). Esta estratégia deve ser complementada com incentivo para integrar e promover o uso do transporte público em maior intensidade na área central substituindo o automóvel (transporte particular).

Sugere-se estudar e verificar primeiramente às características da região central e os problemas decorrentes/existentes. É importante também a conscientização e participação

efetiva dos órgãos públicos municipais para mais investimentos, propondo mudanças na estrutura viária (se for necessário), bem como mudanças de comportamento do uso do solo e uso do automóvel com campanhas educativas no trânsito.

Em relação ao estudo na cidade de Uberlândia, os resultados da simulação revelaram alguns benefícios operacionais considerados relevantes. Ao se deslocarem constantemente na área central, essa estratégia de locais restritos de estacionamento favorece o tráfego mais rápido nas vias do centro, condiciona a mudança de comportamento dos usuários como, por exemplo, estacionar em um local estratégico e caminhar até o destino final. E ainda, proporcionou melhoria nas condições viárias no sentido de incentivar o uso do transporte coletivo por meio de faixas prioritárias em algumas vias principais, incentivo a implantação estratégica de lotes de estacionamento, redução das emissões de poluentes e ruídos.

Esta proposta de praças de estacionamentos localizados estrategicamente com pelo menos duas entradas/saídas facilitou a circulação dos veículos naquela região, direcionando os veículos para as vias de trânsito mais rápido como avenidas próximas e fora da região central. Os impactos são mais localizados nos horários de pico, porém em menor intensidade do que se os veículos estivessem estacionados na área central.

As retiradas do estacionamento ao longo do meio fio devem vir com melhoria no sistema de transporte público, para estimular o usuário do automóvel a usar o transporte público. Além disso, pode favorecer as condições operacionais do transporte coletivo na região central, quando se estabelecem faixas prioritárias, podendo atrair mais viagens ao transporte coletivo. Assim, os estacionamentos teriam menores demanda e não precisariam ser tão próximos da área central, pois deveria haver conexões do transporte público com os estacionamentos *Park & Ride.*

Após quantificar a rotatividade das vagas retiradas do estacionamento regulamentado (zona azul) e verificar o número de vagas a serem remanejadas para locais *new facilities* encontrados pelo *software* TransCAD (caracterizados pelo cenário 3), constatou-se que o fluxo de veículos teria melhor beneficio se fosse estabelecido mais locais de estacionamento. A retirada das vagas da zona azul nas vias principais do centro de Uberlândia e inserção de faixa prioritária para o transporte público aonde fosse possível, na

simulação, proporcionaria uma redução no tempo médio de espera e aumento da velocidade média dos veículos. Essa medida pode ser melhorada com incentivo a sinalização semafórica prioritária para o transporte público.

O *software* TransCAD apresenta várias ferramentas importantes na área de transportes, contribui para o planejamento e busca soluções interativas aos problemas atuais. O *software* TSIS desenvolvido para o padrão norte-americano apresenta algumas restrições para configuração, no entanto, quando ajustado convenientemente pode proporcionar bons resultados. Estes dois programas foram utilizados para orientarem a escolha do melhor local candidato para as praças de estacionamentos e a simulação operacional dos fluxos com a estratégia proposta nesta pesquisa.

As vagas de estacionamento regulamentado (zona azul) é uma medida adotada em vários municípios brasileiros atribuindo a rotatividade na ocupação das vagas como forma de atender uma demanda crescente. O trânsito em áreas mais densas como o centro comercial torna-se forçado porque quando alguém não acha uma vaga próximo ao local desejado, fica circulando na vizinhança produzindo uma sobrecarga desnecessária no fluxo de veículos.

Esta situação impede que o trânsito seja mais eficaz. A fiscalização e controle também não são eficazes e alguns veículos ultrapassam o limite do tempo regulamentado. Além disso, o procedimento de retirada do veículo infrator gera transtornos no trânsito, com o fechamento parcial da via.

Os comerciantes poderiam ser beneficiados, pois os clientes estariam mais concentrados em suas compras ou serviços, não se preocupando excessivamente com o veículo estacionado, ao contrário de usarem o sistema regulamentado (zona azul) cujo limite máximo é de 2 horas.

As vagas para portadores de necessidades especiais, as vagas reservadas para clientes de farmácia e vagas de carga/descarga restritas de transporte de valores estariam condicionadas a mudanças de horários (de preferência fora da hora-pico) ou permaneceriam no mesmo local até terem nova regulamentação de acessibilidade na área central. As vagas reservadas para carga e descarga em certos horários seriam proibidas,

podendo se tornar uma estratégia para diminuição do conflito entre pedestres e transporte coletivo.

Uma proposta de organizar e gerenciar os estacionamentos são por meio de planejamento, estabelecendo zonas restritas para estacionamento, fornecer estacionamento para uso público específico e estabelecer programas básicos de operação. É importante tornar o planejamento urbano e de transporte eficaz ao longo do tempo e propor modificações em algumas diretrizes da legislação de uso e ocupação do solo, sempre que necessário para adequar às condições da infraestrutura viária. Diante deste contexto de intervenção do tráfego em regiões centrais da cidade, algumas sugestões de curto prazo podem melhorar o fluxo de veículos, dentre elas estão:

- Mudança dos horários de carga /descarga dos veículos de serviços para os horários pré-pico ou pós-pico;
- Efetivar campanhas educativas de conscientização sobre as conseqüências da escolha do modo de transporte;
- Incentivar o uso de automóveis com maior taxa de ocupação (pass/veículo), dentre outras.

Segundo Matos e Silva (2006), a redução do congestionamento, dada pelo aumento da infraestrutura, passa a concorrer com o gerenciamento de tráfego que busca otimizar o espaço viário, reduzir o uso do transporte individual e estimular o uso do transporte coletivo. Essa medida, como parte de uma estratégia de mobilidade, deve atuar em processo contínuo e consistente para satisfazer à característica do trânsito.

6.1 RECOMENDAÇÕES

A construção de um empreendimento com potencial de atração de viagens gera impactos na comunidade local e deveria ter medidas compensatórias, ou seja, devem ser compensadas com ações que melhore algum problema na região do empreendimento proposto, como, por exemplo, implantação de parques, ciclovia, reposição de árvores, mais iluminação ao longo da via.

Assim, para pesquisas futuras sugere-se uma análise de sensibilidade dos impactos ambientais e sociais com a proposta de mudança dos estacionamentos na área central. E, ainda, fazer uma avaliação custo benefício do cenário proposto neste trabalho, verificando a área do terreno, o investimento necessário, manutenção e operação dos estacionamentos e os benefícios proporcionados com a implantação do projeto.

Por outro lado, pode-se investigar o número eficaz de imóveis para os estacionamentos da área central, de forma a estimar um número mínimo suficiente para atender a demanda que não congestione o trânsito. Ou seja, estudar a capacidade da área central de suportar certo número de serviços de estacionamentos particulares.

Outro tópico a ser abordado em estudos futuros é investigar até que ponto o transporte público urbano pode incentivar o funcionamento desses estacionamentos localizados estrategicamente fora da área central. E como se daria a mudança de comportamento do usuário, quais as variáveis de decisão relevantes ao aderir essa política de transferência dos estacionamentos rotativos para outros locais fora da área central. E ainda, pode-se avaliar a sinalização e implantação de faixas prioritárias para o transporte coletivo com integração nos lotes de estacionamentos estrategicamente localizados e ecologicamente sustentáveis e sua influência no fluxo de veículos em áreas mais demandadas.

As estratégias abordadas neste trabalho para resolver os problemas no trânsito como o sistema *Park & Ride*, programas de gerenciamento de tráfego, políticas públicas de incentivo ao transporte público e políticas de integração do uso do solo e transportes devem ser revistas pelos órgãos públicos para buscar melhor atender às necessidades da população.

Portanto, este trabalho é importante para promover reflexão à sociedade quanto à mudança de comportamento de viagens e ao uso do transporte alternativo. Apesar de a pesquisa ser empírica numa cidade com características monocêntricas (centralizada), acredita-se que pode contribuir para as políticas urbanas e de transportes para melhoria operacional do fluxo nas vias na área central. O gerenciamento e reorganização dos estacionamentos podem proporcionar novos rumos às pesquisas no âmbito científico e operacional.

REFERÊNCIAS

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial**. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 616p.

BARREIROS, M.A.F; ABIKO,A.K. Reflexões sobre Parcelamento do Solo Urbano. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**. BT/PCC/201, São Paulo, 29 p. 1998.

BRASIL: Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes (DNIT). Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de estudos de tráfego**. Rio de Janeiro, 2006. 384 p. (IPR. Publ., 723).

CAPRI, M. A. V; STEINER, M. T. A. Otimização no Serviço do Estacionamento Rotativo Regulamentado utilizando Técnicas da Pesquisa Operacional. In: **XXXVIII SBPO SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL**, 2006, Goiânia, GO. 12 a 15 set. 2006. p. 1413- 1423. 2006.

CALIPER CORPORATION. **Routing and Logistics with TransCAD 4.5.** Newton (MA), 764p. 1998.

CARRARA, C. M. **Uma aplicação do SIG para a localização e alocação de terminais logísticos em áreas urbanas congestionadas.** 2007. 224 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

CASTELLS, M. **A Questão Urbana**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra S/A, 2006.

CHILDS, M. **Parking Spaces: a design, implementation, and use manual for architects, planners, and engineers.** New York: McGraw-Hill, 1999, 290p.

CLEPS, G. D. G. **Estratégias de reprodução do capital e as novas espacialidades urbanas: o comércio de auto - serviço em Uberlândia.** 2005. 317F. Tese (Doutorado) – Unesp, Rio Claro, 2005.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE (CNT). Plano de Logística para o Brasil. 2007. Disponível em: <http: //www.cnt.org.br/informacoes/pesquisas/splb/2007/oplb.asp>. Acesso em: 26 mar. 2008.

CORREIA, D. M. S. **Análise Espacial da Mobilidade Sustentável em Centros Urbanos.** 2007. 184 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2007.

CORTES, J. M.R.; PAULA JR, G.G. Uma Abordagem Estratégica para Localização de Facilidades. In: **XXI ENEGEP**, Salvador/BA, 2001. Disponível em: < http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2001_TR62_0747.pdf>. Acesso em: 25 fev.2010.

CRUZ, M. M. L. **Avaliação dos Impactos de Restrições ao transito de veículos.** 2006. 159 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Campinas, Campinas, 2006.

DENATRAN (Departamento Nacional de Trânsito). **Manual de Procedimentos para o Tratamento de Pólos Geradores de Tráfego.** Brasília: DENATRAN/FGV, 2001. 84f .

FERRAZ, A. C. P; TORRES, I. G. E **Transporte Público Urbano**. 2ª Ed. São Carlos: Rima, 2004. 428p.

FEDERAL HIGHWAY W. ADMINISTRATION (FHWA). **Traffic Simulation Integrated System (TSIS)** User-s Guide. Mclean (VI). v. I, II e III. 2001.

FERNANDES, S; CAPTIVO, M. E.; CLÍMACO, J. SABILOC – Um Sistema de Apoio à Decisão para Análise de Problemas de Localização Bicritério. **Pesquisa Operacional, v.27, n.3, p.607-628, Rio de Janeiro. Set. a Dez. 2007.**

FERREIRA, W. R. O **Espaço Público nas Áreas Centrais: a rua como referência – um Estudo de Caso em Uberlândia, MG**. 2002. 324f. Tese (Doutorado) – FFLCH, USP, São Paulo, 2002. CD ROM.

GOLDBARG, M. C.; LUNA, H. P. L. **Otimização Combinatória e Programação Linear: modelos e algoritmos,** Rio de Janeiro: Campus, 2000, p. 650.

HERMONT, L. D. Manual de Práticas de Estacionamento da Cidade de Belo Horizonte. In: **17º Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito.** Curitiba, 28 set a 02 out. 2009 p.2139-2148.

ISIS ISTITUTO DI STUDI PER I'INTEGRAZIONE DEI SISTEMI. EUROPEAN COMMISSION. **TRANSPLUS Alcançar a Sustentabilidade através de Políticas Integradas de Transportes e Usos de Solo**. Dec. 2003. 44 p. Relatório. Disponível em: <http://www.transplus.net>. Acesso em: 02 abr. 2008.

KNEIB, E.C.; SILVA, P.C.M. Caracterização de Empreendimentos Geradores de Viagens: Contribuição Conceitual à Análise de seus Impactos no Uso e Ocupação do Solo Urbano. In: **XIX ANPET**, Recife, 13 jul. 2005.

KLOSE, A.; DREXL,A. Facility Location models for distribution system design. **European Journal of Operational Research** n.162. 2005. p. 4–29.

LACERDA, S. M. Precificação de Congestionamento e Transporte Coletivo Urbano. **BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 23, p. 85-100, mar.2006**.

LAUTSO, K.; SPIEKERMANN, K.;WEGENER, M.; SHEPPARD, I.; STEADMAN, P.; MARTINO, A.; DOMINGO, R.; GAYDA, S. **PROPOLIS Planning and Research of Policies for Land Use and Transport for Increasing Urban Sustainability.** 369 p. Final Report. Second Edition. Fev. 2004. Disponível em: <http://www.tcon.fi/propolis/PROPOLIS_Abstract_Summary.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2008.

LEMES, D. C.S.S. **Geração e análise do cenário futuro como um instrumento do planejamento urbano e de Transportes.** 2005. 126 f. Dissertação (Mestrado) - FECIV, UFU, Uberlândia, 2005.

LIMA JR., A. B. **Viagens Park & Ride por motivo trabalho: estudo de caso na cidade de São Paulo.** 2007. 100 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MAPA, S.M. S; LIMA, R. S; Análise do Desempenho de um Sistema de Informações Geográficas em Problemas de Localização de Instalações In: **XXI ANPET**, Rio de Janeiro, RJ, 20-24 nov. 2007.

MATOS, K.G.; SILVA, P.C.M. Sobre a Aplicabilidade e Aceitabilidade das Medidas de Gerenciamento de Tráfego e Demanda de Viagens pelos Órgãos de Trânsito Municipais do Brasil. In: **XX ANPET**, Brasília 06 a 10 nov. 2006. p.198-209.

MOREIRA, R.B. **Uma Contribuição para avaliação do Modelo "Corsim" em Simulações de Tráfego Urbano no Rio de Janeiro.** 2005. 139f. Dissertação (Mestrado) – COPPE – UFRJ, Rio de Janeiro, 2005.

NOVAES, A. G. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007, 400 p.

OLIVEIRA, D. **Curitiba e o mito da Cidade Modelo**. Ed. UFPR, 2002, 204p.

OWEN, S. H.; DASKIN, M. S. Strategic Facility Location: a review. **European Journal of Operational Research** n.111 . 1998. P. 423 – 447.

PAPACOSTAS, C. S e PREVEDOUROS, P. D. **Transportation Engineering & Planning**, Third Edition, Prentice Hall: New Jersey, 2001. 686p.

PIZZOLATO, N.D.; BARROS, A.G.; BARCELOS, F. B; CANEN, A. G. Localização de escolas públicas: síntese de algumas linhas de experiências no Brasil. **Pesquisa Operacional, v.24, n.1, p.111-131, jan. a abr. 2004.**

PORTUGAL, L. S; GOLDNER, L. G. **Estudo de Pólos Geradores de Tráfego e de seus Impactos nos Sistemas Viários e de Transportes.** 1ª Ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2003.325p.

ROESS, R.P.; PRASSAS, E.S.; McSHANE,W.R. **Traffic Engineering**. 3th ed. New Jersey: Pearson Prentice-Hall, 2004. 800 p.

SINDEPARK Sindicato das Empresas de Garagens e Estacionamentos do Estado de São Paulo. **Estacionamento, um serviço cada vez mais complicado (29/02/2008**), São Paulo, 04 mar. 2008. Disponível em:<http://www.sindepark.org.br/parkingnews/ler_noticia_1.asp?texto=1530> Acesso em: 29 jul. 2008.

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD (TRB). **Highway Capacity Manual (HCM)**. National Research Council, 2000.

UBERLÂNDIA: Lei Complementar nº. 245. Dispõe sobre o Parcelamento e Zoneamento do Uso e Ocupação do Solo do município de Uberlândia, ano XIII, nº. 1313, p.20, dez. 2000.

UNIÃO INTERNACIONAL DE TRANSPORTES (UITP) **Parking Policies** set. 2000. Disponível em: <http://uitp.org/mos/focus/parking-en.pdf>. Acesso em: jan. 2009.

VASCONCELLOS, E.A. **A Cidade, o Transporte e o Trânsito**. São Paulo: Prolivros, 2005. 128p.

VICTORIA TRANSPORT POLICY IINSTITUTE (VTPI) Ridesharing Carpooling and Vanpooling **On line TDM Encyclopedia**. 2008a. Disponível em<http://www.vtpi.org/tdm/tdm34.htm> Acesso em: 14 ago. 2009.

VICTORIA TRANSPORT POLICY IINSTITUTE (VTPI) HOV Priority Strategies to improve transit and Ridesharing Speed and Convenience **On line TDM Encyclopedia**. 2008b. Disponível em<http://www.vtpi.org/tdm/tdm19.htm> Acesso em: 14 ago. 2009.

VICTORIA TRANSPORT POLICY IINSTITUTE (VTPI) Parking Management Strategies for More Efficient Use of Parking Resources **On line TDM Encyclopedia**. 2008c. Disponível em<http://www.vtpi.org/tdm/tdm28.htm> Acesso em: 14 ago. 2009.

VICTORIA TRANSPORT POLICY IINSTITUTE (VTPI) Shared Parking Sharing Parking Facilities among multiple users **On line TDM Encyclopedia**. 2008d. Disponível em<http://www.vtpi.org/tdm/tdm89.htm> Acesso em: 14 ago. 2009.

ZAMBON, K. L.; CARNEIRO, A.A.F.M. ; SILVA, A. N. R. ; NEGRI, J. C. Análise de decisão multicritério na localização de usinas termoelétricas utilizando SIG. **Pesquisa Operacional, v.25, n.2, p.183-199, Maio a Agosto de 2005.**

WRIGHT, P. H.; ASHFORD, N.J. **Transportation Engineering: Planning and Design**. 4th ed. New York: John Wiley & Sons, 1998. 680 p.

ANEXOS

ANEXO A – Relatório gerado dos cenários do TransCAD versão 4.5

Cenário 1

```
Cost Matrix File      : C:\Documents and Settings\flavia\Desktop\cenario_b\matriz cand pcom.mtx

Facility View         : Estacionamentos
Candidate Set         : Candidatos (8 features)
Existing Facility Set : None

Client View           : Pontos Comerciais
Client Set            : All features (66 features)
Client Weight         : [Demanda(nec)]

          ----------------------------------------------------------------------
          Starting Procedure Facility Location on September 01, 2009 (09:56 AM)
Model                 : Facility Location

************* INPUT *************

# New Facilities      : As many as needed

Objective             : Minimize average cost of service
Constraint            : Average cost of service <= 0.500

Cost Matrix File      : C:\Documents and Settings\flavia\Desktop\cenario_b\matriz cand pcom.mtx

Facility View         : Estacionamentos
Candidate Set         : Candidatos (8 features)
Existing Facility Set : None

Client View           : Pontos Comerciais
Client Set            : All features (66 features)
Client Weight         : [Demanda(nec)]

************* OUTPUT *************

Assignment Table      : C:\Documents and Settings\flavia\Desktop\cenario_b\LOCATION1A.BIN
Chosen Location Set   : New Facilities :10 (# chosen locations = 3)
Average Cost          : 0.449
Total Cost            : 1357.352
# Clients Served      : 66
# Clients Not Served  : 0
               Chosen locations are in set New Facilities :10. Execution Time was  00:00:00.047.
```

Cenário 2

```
          ----------------------------------------------------------------------
          Starting Procedure Shortest Path Cost Matrix on September 01, 2009 (10:06 AM)
Model                  : Cost Matrix

************* INPUT *************

Method                 : Network based

Network File           : C:\Documents and Settings\flavia\Desktop\cenario_b\rede_i.net
Minimize               : LENGTH

Origin View            : Estacionamentos
Origin Selection       : Candidatos (#features = 8)
Node ID Field          : [Node Id]

Destination View       : Pontos Comerciais
Destination Selection  : Seeds (#features = 5)
Node ID Field          : [Node Id]

************* OUTPUT *************

Matrix File            : C:\Documents and Settings\flavia\Desktop\cenario_b\matriz cand seed pcom.mtx
               Cost matrix in file C:\Documents and Settings\flavia\Desktop\cenario_b\matriz cand seed pcom.mtx. 00:00:00.094.
          ----------------------------------------------------------------------
          Starting Procedure Facility Location on September 01, 2009 (10:07 AM)
Model                  : Facility Location

************* INPUT *************

# New Facilities       : As many as needed

Objective              : Minimize average cost of service
Constraint             : Average cost of service <= 0.500

Cost Matrix File       : C:\Documents and Settings\flavia\Desktop\cenario_b\matriz cand seed pcom.mtx

Facility View          : Estacionamentos
Candidate Set          : Candidatos (8 features)
Existing Facility Set  : None

Client View            : Pontos Comerciais
Client Set             : Seeds (5 features)
Client Weight          : [Demanda(nec)]

************** OUTPUT **************

Assignment Table       : C:\Documents and Settings\flavia\Desktop\cenario_b\LOCATION2A.BIN
Chosen Location Set    : New Facilities :11 (# chosen locations = 1)
Chosen Location        : 62
Average Cost           : 0.418
Total Cost             : 35.133
# Clients Served       : 5
# Clients Not Served   : 0
                Chosen locations are in set New Facilities :11. Execution Time was  00:00:00.046.
```

Cenário 3

```
          Starting Procedure Shortest Path Cost Matrix on September 01, 2009 (10:17 AM)
Model                 : Cost Matrix

************* INPUT *************

Method                : Network based

Network File          : C:\Documents and Settings\flavia\Desktop\cenario_b\rede_i.net
Minimize              : LENGTH

Origin View           : Estacionamentos
Node ID Field         : [Node Id]

Destination View      : Pontos Comerciais
Node ID Field         : [Node Id]

************* OUTPUT *************

Matrix File           : C:\Documents and Settings\flavia\Desktop\cenario_b\matriz esta pcom.mtx
             Cost matrix in file C:\Documents and Settings\flavia\Desktop\cenario_b\matriz esta pcom.mtx. 00:00:00.375.
          ---------------------------------------------------------------------
          Starting Procedure Facility Location on September 01, 2009 (10:19 AM)
Model                 : Facility Location

************* INPUT *************

# New Facilities      : 2

Objective             : Minimize average cost of service

Cost Matrix File      : C:\Documents and Settings\flavia\Desktop\cenario_b\matriz esta pcom.mtx

Facility View         : Estacionamentos
Candidate Set         : Candidatos (8 features)
Existing Facility Set : Existentes (56 features)

Client View           : Pontos Comerciais
Client Set            : All features (66 features)
Client Weight         : [Demanda(nec)]

************* OUTPUT *************
```

```
Assignment Table      : C:\Documents and Settings\flavia\Desktop\cenario_b\LOCATION3A.BIN
Chosen Location Set   : New Facilities :12 (# chosen locations = 2)
                        30 following facilities were not assigned any clients:
                        Existing Facility 1
                        Existing Facility 2
                        Existing Facility 3
                        Existing Facility 5
                        Existing Facility 7
                        Existing Facility 9
                        Existing Facility 15
                        Existing Facility 16
                        Existing Facility 19
                        Existing Facility 23
                        Existing Facility 25
                        Existing Facility 26
                        Existing Facility 28
                        Existing Facility 29
                        Existing Facility 30
                        Existing Facility 32
                        Existing Facility 34
                        Existing Facility 36
                        Existing Facility 37
                        Existing Facility 38
                        Existing Facility 40
                        Existing Facility 43
                        Existing Facility 46
                        Existing Facility 47
                        Existing Facility 49
                        Existing Facility 51
                        Existing Facility 52
                        Existing Facility 53
                        Existing Facility 55
                        Existing Facility 56
Average Cost          : 0.116
Total Cost            : 351.549
# Clients Served      : 66
# Clients Not Served  : 0
                 Chosen locations are in set New Facilities :12. Execution Time was  00:00:00.078.
```

Cenário 4

```
          ----------------------------------------------------------------------
          Starting Procedure Facility Location on September 01, 2009 (10:28 AM)
Model                  : Facility Location

************** INPUT **************

# New Facilities       : 2

Objective              : Minimize average cost of service

Cost Matrix File       : C:\Documents and Settings\flavia\Desktop\cenario_b\matriz esta pcom.mtx

Facility View          : Estacionamentos
Candidate Set          : Candidatos (8 features)
Existing Facility Set  : None

Client View            : Pontos Comerciais
Client Set             : All features (66 features)
Client Weight          : [Demanda(nec)]

************** OUTPUT **************

Assignment Table       : C:\Documents and Settings\flavia\Desktop\cenario_b\LOCATION4A.BIN
Chosen Location Set    : New Facilities :13 (# chosen locations = 2)
Average Cost           : 0.507
Total Cost             : 1534.248
# Clients Served       : 66
# Clients Not Served   : 0
               Chosen locations are in set New Facilities :13. Execution Time was  00:00:00.062.
```

Cenário 5

```
          Starting Procedure Facility Location on September 01, 2009 (10:33 AM)
Model                  : Facility Location

************** INPUT **************

# New Facilities       : 2

Objective              : Minimize highest cost of service

Cost Matrix File       : C:\Documents and Settings\flavia\Desktop\cenario_b\matriz esta pcom.mtx

Facility View          : Estacionamentos
Candidate Set          : Candidatos (8 features)
Existing Facility Set  : Existentes (56 features)

Client View            : Pontos Comerciais
Client Set             : Seeds (5 features)

************** OUTPUT **************

Assignment Table       : C:\Documents and Settings\flavia\Desktop\cenario_b\LOCATION5A.BIN
Chosen Location Set    : New Facilities :14 (# chosen locations = 2)
                         53 following facilities were not assigned any clients:
                         Existing Facility 1
                         Existing Facility 2
                         Existing Facility 3
                         Existing Facility 5
                         Existing Facility 6
                         Existing Facility 7
                         Existing Facility 8
                         Existing Facility 9
                         Existing Facility 10
                         Existing Facility 11
                         Existing Facility 12
                         Existing Facility 14
                         Existing Facility 15
                         Existing Facility 16
                         Existing Facility 17
                         Existing Facility 18
```

```
                        Existing Facility 22
                        Existing Facility 23
                        Existing Facility 24
                        Existing Facility 25
                        Existing Facility 26
                        Existing Facility 27
                        Existing Facility 28
                        Existing Facility 29
                        Existing Facility 30
                        Existing Facility 31
                        Existing Facility 32
                        Existing Facility 33
                        Existing Facility 34
                        Existing Facility 36
                        Existing Facility 37
                        Existing Facility 38
                        Existing Facility 39
                        Existing Facility 40
                        Existing Facility 41
                        Existing Facility 42
                        Existing Facility 43
                        Existing Facility 44
                        Existing Facility 46
                        Existing Facility 47
                        Existing Facility 48
                        Existing Facility 49
                        Existing Facility 51
                        Existing Facility 52
                        Existing Facility 53
                        Existing Facility 54
                        Existing Facility 55
                        Existing Facility 56
                        Candidate Facility 57
                        Candidate Facility 59
Highest Cost          : 0.205
# Clients Served      : 5
# Clients Not Served  : 0
                Chosen locations are in set New Facilities :14. Execution Time was  00:00:00.062.
```

Cenário 6

```
          Starting Procedure Facility Location on September 01, 2009 (10:35 AM)
Model                  : Facility Location

************** INPUT **************

# New Facilities       : 2

Objective              : Minimize highest cost of service

Cost Matrix File       : C:\Documents and Settings\flavia\Desktop\cenario_b\matriz esta pcom.mtx

Facility View          : Estacionamentos
Candidate Set          : Candidatos (8 features)
Existing Facility Set  : None

Client View            : Pontos Comerciais
Client Set             : Seeds (5 features)

************** OUTPUT **************

Assignment Table       : C:\Documents and Settings\flavia\Desktop\cenario_b\LOCATION6A.BIN
Chosen Location Set    : New Facilities :15 (# chosen locations = 2)
Highest Cost           : 0.550
# Clients Served       : 5
# Clients Not Served   : 0
                Chosen locations are in set New Facilities :15. Execution Time was  00:00:00.046.
```

ANEXO B – Planilha Cenário Centro

	Link	Delay Time (sec/veh)	Average Values			Congestion Storage (%)	Average Queue (veh)				Fuel Consumption km/l			Vehicle Emissions (Grams/km)					
			Stop (%)	Vol VPH	Speed (km/h)		Lane 1	Lane 2	Lane 3	Lane 4	Auto 1	Auto 5	Transit	HC Auto 1	HC Auto 5	CO Auto 1	CO Auto 5	NO Auto 1	NO Auto 5
Av.Cipriano del Fávero	(1, 2)	5,8	11	489	25,1	3,0	0	0	1	0	4,92	3,02	0,00	0,19	0,17	12,77	8,92	0,79	0,99
	(2, 3)	34,7	78	310	9,2	4,9	0	1	2	0	2,80	2,55	0,00	0,20	0,14	14,71	8,18	0,75	0,77
	(3, 4)	25,8	64	644	11,1	8,0	0	0	4	0	3,32	2,32	0,00	0,21	0,17	14,63	9,43	0,85	1,01
	(4, 5)	23,9	80	344	11,7	4,3	0	1	1	0	3,43	2,55	0,00	0,23	0,17	16,39	9,79	0,86	0,94
	(5, 6)	29,2	57	342	9,8	5,2	0	1	1	0	3,29	2,25	0,00	0,22	0,18	15,98	10,08	0,88	1,04
	(6, 7)	19,1	41	317	13,8	3,5	0	1	1	0	4,06	3,00	0,00	0,19	0,13	13,40	7,49	0,68	0,78
	(7, 8)	7,0	21	342	23,7	2,4	0	0	0	0	5,71	3,75	0,00	0,15	0,11	10,87	6,69	0,59	0,68
	MÉDPON	20,40	49,49	2.788	15,12	4,78	0	0	2	0	3,93	2,74	0,00	0,20	0,15	14,09	8,77	0,78	0,91
Av.João Pinheiro Left Curb Parking	(16, 15)	8,5	35	493	21,9	3,9	0	1	0	0	4,96	3,09	1,48	0,22	0,17	16,10	10,18	0,78	0,91
	(15, 14)	5,5	16	506	26,1	3,4	0	0	0	0	6,43	3,92	1,85	0,12	0,11	8,35	6,63	0,48	0,68
	(14, 13)	19,3	55	452	13,2	5,5	0	1	1	0	4,51	3,82	2,16	0,10	0,07	7,46	4,29	0,37	0,40
	(13, 12)	7,6	20	411	23,0	3,3	0	0	0	0	5,95	3,91	1,38	0,14	0,11	10,31	6,09	0,54	0,63
	(12, 11)	17,6	55	447	14,5	5,0	0	1	1	0	5,39	3,49	3,02	0,11	0,09	7,67	5,47	0,40	0,53
	(11, 10)	5,1	15	417	27,2	2,7	0	0	0	0	6,72	3,77	1,56	0,14	0,12	10,59	7,11	0,53	0,72
	(10, 9)	12,3	39	469	17,7	4,4	0	1	1	0	5,42	3,92	2,86	0,09	0,09	7,07	5,25	0,40	0,51
	MÉDPON	10,82	33,67	3.195	20,51	4,04	0	1	0	0	5,61	3,70	2,05	0,13	0,11	9,68	6,48	0,50	0,63
Av.Afonso Pena	(17, 18)	12,6	62	252	17,5	2,9	0	0	0	0	3,72	2,64	1,09	0,27	0,20	19,62	11,37	0,99	1,11
	(18, 19)	6,6	27	333	24,6	2,6	0	0	0	0	4,94	3,22	1,40	0,22	0,16	16,14	9,04	0,81	0,91
	(19, 20)	15,6	43	308	15,9	3,8	0	1	0	0	5,77	3,63	1,96	0,13	0,11	9,66	6,44	0,48	0,60
	(20, 21)	8,8	26	327	23,5	2,8	0	0	0	0	4,73	3,08	0,94	0,23	0,19	17,73	12,41	0,76	0,99
	(21, 22)	3,6	13	351	33,0	2,1	0	0	0	0	6,13	4,12	1,39	0,18	0,13	13,60	8,43	0,62	0,68
	(22, 23)	11,9	39	639	19,6	5,3	0	1	1	0	3,99	2,75	2,02	0,29	0,21	21,72	12,55	0,98	1,10
	(23, 24)	4,1	10	616	32,2	3,3	0	0	0	0	6,16	3,81	1,33	0,18	0,14	13,71	8,89	0,66	0,76
	MÉDPON	8,65	29,02	2.826	24,47	3,48	0	0	0	0	5,10	3,33	1,50	0,22	0,16	16,34	10,04	0,77	0,89
Av.Floriano Peixoto	(32, 31)	2,2	6	274	33,6	1,7	0	0	0	0	5,64	3,39	1,94	0,20	0,16	14,57	9,30	0,73	0,93
	(31, 30)	5,7	19	392	26,7	2,8	0	0	0	0	6,51	4,19	1,65	0,13	0,11	9,31	6,16	0,46	0,58
	(30, 29)	8,9	40	514	21,2	4,1	0	0	1	0	5,31	3,58	1,75	0,14	0,12	9,62	6,87	0,52	0,70
	(29, 28)	15,7	49	492	15,4	5,0	0	1	1	0	5,03	3,43	1,90	0,13	0,11	9,40	6,31	0,50	0,64
	(28, 27)	13,0	56	776	16,6	6,9	0	1	1	0	4,34	2,90	1,49	0,19	0,16	13,22	8,92	0,77	0,95
	(27, 26)	13,0	46	658	17,4	5,6	0	1	0	0	5,12	3,43	0,92	0,14	0,12	10,16	6,62	0,54	0,69
	(26, 43)	1,0	0	552	34,9	3,0	0	0	0	0	5,68	3,23	1,96	0,21	0,17	14,24	9,70	0,76	1,01
	(43, 25)	0,5	0	554	35,6	3,0	0	0	0	0	12,62	7,50	2,53	0,01	0,02	1,60	1,94	0,07	0,16
	MÉDPON	8,07	30,27	4.212	24,10	4,39	0	0	0	0	6,21	3,57	1,72	0,14	0,12	10,19	6,96	0,55	0,71
Av.Cesário Alvim	(33, 34)	18,5	65	543	11,4	7,1	0	1	2	0	3,16	2,24	0,00	0,27	0,21	20,79	11,66	1,02	1,18
	(34, 35)	25,9	58	705	10,8	9,2	0	1	4	0	3,21	2,39	0,00	0,20	0,16	13,86	9,00	0,83	0,97
	(35, 36)	32,0	84	751	9,7	10,6	0	2	4	0	2,92	2,14	0,00	0,25	0,20	17,20	10,86	0,97	1,10
	(36, 37)	24,4	48	745	11,3	9,2	0	1	4	0	3,45	2,56	0,00	0,19	0,15	13,57	8,16	0,78	0,89
	(37, 38)	17,4	73	662	14,6	6,5	0	2	1	0	4,26	3,03	0,00	0,16	0,12	10,65	7,16	0,63	0,72
	(38, 39)	8,7	28	345	21,6	2,5	0	0	0	0	5,52	3,15	0,00	0,17	0,15	12,18	8,30	0,66	0,89
	MÉDPON	31,74	62,12	3.751	12,42	8,08	0	1	3	0	3,59	2,54	0,00	0,21	0,17	14,75	9,20	0,83	0,96
R.Cel. A.Alves	(39, 32)	19,1	61	236	17,2	3,1	0	0	1	0	4,51	3,25	0,00	0,17	0,12	12,97	7,56	0,62	0,71
	(32, 40)	0,0	0	159	52,9	1,0	0	0	0	0	3,63	2,29	0,00	0,41	0,26	30,68	13,88	1,53	1,64
	(40, 41)	0,0	0	219	46,3	1,5	0	0	0	0	6,13	3,89	0,00	0,16	0,12	11,94	7,87	0,77	0,80
	(41, 24)	20,5	79	216	8,9	5,2	0	1	1	0	4,23	3,48	0,00	0,04	0,04	2,77	2,85	0,20	0,23
	(24, 16)	33,5	79	255	10,1	4,9	0	1	1	0	3,74	2,56	0,00	0,17	0,14	12,77	8,62	0,63	0,83
	(16, 8)	12,9	35	143	15,1	2,4	0	0	0	0	3,83	2,64	1,22	0,24	0,19	16,55	10,11	0,88	1,10
	(8, 51)	1,1	0	118	33,3	1,0	0	0	0	0	6,04	3,45	0,77	0,16	0,15	10,36	8,25	0,71	0,94
	MÉDPON	14,45	42,06	1.346	24,68	3,01	0	0	1	0	4,54	3,10	0,20	0,18	0,14	13,37	8,13	0,72	0,84
R.Qui.Bocaiúva	(47, 7)	7,0	34	206	23,7	2,2	0	0	0	0	6,43	4,81	0,00	0,07	0,07	4,98	4,64	0,31	0,43
	(7, 15)	10,6	44	182	16,9	2,5	0	0	0	0	4,14	3,00	0,00	0,24	0,16	16,39	8,82	0,87	0,89
	(15, 23)	15,0	43	167	18,0	2,2	0	0	0	0	5,40	3,56	0,00	0,12	0,11	8,73	6,46	0,47	0,63
	(23, 31)	15,6	77	194	18,7	2,2	0	0	0	0	5,58	3,82	0,00	0,13	0,11	9,91	6,13	0,47	0,58
	(31, 38)	23,9	79	79	14,5	1,3	0	0	0	0	5,25	3,50	0,00	0,10	0,11	7,36	6,29	0,42	0,59
	MÉDPON	13,03	52,38	828	18,99	2,18	0	0	0	0	5,40	3,80	0,00	0,13	0,11	9,63	6,43	0,51	0,62
R.Ten. Virmondes	(37, 30)	20,8	87	551	15,9	6,5	0	1	1	0	4,36	3,00	1,06	0,17	0,14	12,51	7,85	0,68	0,81
	(30, 22)	15,8	64	416	18,5	4,5	0	1	0	0	5,00	3,46	1,12	0,15	0,12	10,69	6,93	0,57	0,70
	(22, 14)	21,7	71	126	14,3	2,0	0	0	0	0	4,82	3,29	0,00	0,16	0,11	12,11	6,89	0,51	0,63
	(14, 6)	11,2	41	180	16,1	2,6	0	0	0	0	3,65	2,34	0,00	0,32	0,24	22,49	13,46	1,11	1,31
	(6, 48)	16,9	46	204	15,0	3,0	0	1	0	0	4,87	3,27	0,00	0,12	0,11	9,13	6,57	0,50	0,66
	MÉDPON	17,76	67,89	1.477	16,41	4,59	0	1	0	0	4,56	3,11	0,71	0,18	0,14	12,71	8,00	0,66	0,80
R.Mach.Assis	(29, 36)	16,8	63	176	18,2	2,2	0	1	0	0	5,59	3,67	1,22	0,12	0,10	8,83	5,81	0,46	0,60
	(21, 29)	23,5	66	155	14,5	2,3	0	0	0	0	5,75	3,60	0,00	0,10	0,09	7,37	5,54	0,35	0,51
	(13, 21)	11,5	43	178	20,6	2,0	0	0	0	0	4,83	3,42	0,00	0,19	0,13	13,96	7,63	0,68	0,78
	(5, 13)	13,8	66	135	14,3	2,1	0	0	0	0	3,51	2,72	0,00	0,28	0,17	20,14	9,25	0,96	0,97
	(49, 5)	11,0	48	136	19,0	1,8	0	0	0	0	4,57	3,24	0,00	0,21	0,14	16,52	8,49	0,73	0,78
	MÉDPON	15,39	56,94	780	17,47	2,09	0	0	0	0	4,91	3,36	0,27	0,18	0,12	13,01	7,24	0,62	0,72
R.Duque Cx.	(35, 28)	19,0	68	580	17,1	6,3	0	0	2	0	4,71	3,18	1,12	0,15	0,12	10,17	7,11	0,61	0,76
	(28, 20)	18,9	59	292	16,6	3,5	0	1	1	0	4,90	3,31	0,00	0,15	0,12	11,24	7,23	0,55	0,71
	(20, 12)	10,2	29	272	21,9	2,7	0	0	0	0	6,03	3,89	0,00	0,13	0,11	9,73	6,13	0,48	0,62
	(12, 4)	5,8	23	235	23,2	2,5	0	0	0	0	6,18	3,75	0,95	0,13	0,12	9,32	6,90	0,49	0,70
	MÉDPON	14,99	50,73	1.379	18,95	4,35	0	0	1	0	5,26	3,44	0,63	0,14	0,12	10,16	6,91	0,55	0,71
R.Ol. Maciel	(3, 11)	9,9	41	148	17,4	2,2	0	0	0	0	3,90	2,51	0,00	0,32	0,22	24,57	13,18	1,04	1,21
	(11, 19)	12,1	50	179	20,0	2,1	0	0	0	0	4,95	3,72	0,00	0,17	0,11	12,81	6,36	0,58	0,63
	(19, 27)	26,8	76	197	13,2	3,1	0	1	0	0	4,19	3,24	0,00	0,20	0,11	14,68	6,70	0,66	0,62
	(27, 34)	17,6	65	322	17,9	3,6	0	0	1	0	5,03	3,40	1,28	0,16	0,12	11,50	6,78	0,58	0,69
	MÉDPON	17,23	60,19	846	17,14	2,92	0	0	0	0	4,62	3,28	0,49	0,20	0,13	14,80	7,79	0,68	0,75
R.Stos. Dum.	(42, 26)	25,2	81	261	12,2	4,4	0	1	1	0	3,88	2,82	0,00	0,17	0,12	13,85	8,03	0,62	0,73
	(26, 18)	19,5	65	370	16,1	4,4	0	1	1	0	4,41	3,00	0,00	0,19	0,16	13,35	8,76	0,66	0,85
	(18, 10)	12,7	31	286	19,3	3,1	0	0	0	0	5,20	3,60	0,00	0,15	0,11	10,74	6,52	0,55	0,66
	(10, 2)	13,4	61	235	14,6	3,5	0	1	0	0	4,62	3,38	0,00	0,15	0,11	10,69	5,86	0,55	0,60
	MÉDPON	17,86	59,37	1.152	15,72	3,89	0	1	1	0	4,53	3,19	0,00	0,17	0,13	12,27	7,45	0,60	0,73
R.Goiás	(1, 9)	22,9	79	769	10,3	14,8	0	2	2	0	2,89	2,04	0,84	0,27	0,21	19,73	11,94	1,04	1,25
	(9, 17)	28,9	86	616	11,6	10,4	0	3	2	0	3,67	2,58	1,05	0,17	0,16	11,86	8,59	0,71	0,91
	(17, 25)	5,0	0	438	29,6	3,0	0	0	0	0	7,47	4,31	0,00	0,10	0,10	7,15	5,64	0,39	0,60
	MÉDPON	20,63	62,38	1.823	15,37	10,48	0	2	2	0	4,25	2,77	0,71	0,20	0,17	14,05	9,29	0,77	0,98

ANEXO C – Planilha Cenário Centro NP

	Link	Delay Time (sec/veh)	Average Values			Congestion Storage (%)	Average Queue (veh)				Fuel Consumption Km/litro			Vehicle Emissions (Grams/km) HC		CO		NO	
			Stop (%)	Vol VPH	Speed (km/h)		Lane 1	Lane 2	Lane 3	Lane 4	Auto 1	Auto 5	Transit	Auto 1	Auto 5	Auto 1	Auto 5	Auto 1	Auto 5
Av.Cipriano del Fáxero	(1, 2)	5,9	13	489	25,1	2,9	0	0	0	0	4,57	2,79	0,00	0,22	0,19	15,63	10,59	0,94	1,15
	(2, 3)	27,1	68	319	11,1	4,0	0	0	0	1	3,24	2,78	0,00	0,21	0,14	15,58	8,15	0,74	0,76
	(3, 4)	29,9	71	646	10,0	8,4	0	0	0	5	3,07	2,32	0,00	0,22	0,16	14,84	8,71	0,86	0,91
	(4, 5)	21,4	73	345	12,7	3,9	1	0	0	0	3,69	2,67	0,00	0,22	0,16	16,22	9,53	0,77	0,91
	(5, 6)	21,7	49	338	12,2	4,0	1	0	1	0	3,63	2,58	0,00	0,22	0,12	15,50	9,25	0,78	0,96
	(6, 7)	17,9	42	309	14,5	3,2	1	0	0	0	4,37	3,16	0,00	0,16	0,10	11,73	6,97	0,62	0,71
	(7, 8)	6,7	20	335	24,1	2,1	0	0	0	0	5,82	4,06	0,00	0,15	0,17	10,73	5,86	0,57	0,58
	MÉD.PON.	19,2	48,7	2781	15,6	4,5	0	0	0	1	4,0	2,8	0,0	0,2	0,2	14,5	8,6	0,8	0,9
Av.João Pinheiro Left Curb Parking	(16, 15)	8,3	35	496	22,0	3,8	0	1	0	0	4,90	3,09	1,47	0,22	0,17	16,74	10,09	0,80	0,91
	(15, 14)	5,5	18	510	25,9	3,2	0	0	0	0	6,44	3,91	1,82	0,12	0,11	8,19	6,67	0,50	0,68
	(14, 13)	18,4	52	447	13,7	5,1	0	1	1	0	4,70	3,89	2,17	0,09	0,07	7,14	4,24	0,35	0,39
	(13, 12)	7,1	19	403	23,8	3,0	0	0	0	0	6,37	4,04	1,38	0,14	0,10	9,94	5,76	0,50	0,59
	(12, 11)	17,3	55	433	14,6	4,6	0	1	1	0	5,38	3,61	2,72	0,09	0,09	6,62	5,24	0,37	0,50
	(11, 10)	5,0	14	408	27,5	2,5	0	0	0	0	6,56	3,83	1,59	0,15	0,12	11,10	6,99	0,57	0,70
	(10, 9)	13,2	43	468	17,1	4,3	0	1	1	0	5,60	3,89	2,49	0,08	0,08	6,31	5,05	0,34	0,50
	MÉD.PON.	10,7	33,8	3165	20,7	3,8	0	1	0	0	5,7	3,7	2,0	0,1	0,1	9,5	6,4	0,5	0,6
Av.Afonso Pena	(17, 18)	11,3	56	274	18,5	3,0	0	0	0	0	3,86	2,77	1,05	0,26	0,18	18,86	10,41	0,98	1,06
	(18, 19)	5,8	25	347	25,7	2,6	0	0	0	0	4,95	3,28	1,63	0,22	0,16	16,00	9,02	0,81	0,89
	(19, 20)	14,4	35	326	16,6	3,9	0	0	0	0	6,35	3,86	1,97	0,11	0,10	8,43	5,95	0,44	0,58
	(20, 21)	8,2	26	343	24,5	2,8	0	0	0	0	4,99	3,21	0,89	0,22	0,18	17,01	12,22	0,75	0,91
	(21, 22)	3,4	12	369	33,5	2,2	0	0	0	0	6,50	4,32	1,52	0,16	0,12	12,66	7,62	0,55	0,63
	(22, 23)	9,3	34	652	22,5	4,6	0	0	0	0	4,64	2,92	2,37	0,26	0,20	20,03	12,26	0,87	1,05
	(23, 24)	4,2	10	614	32,0	3,2	0	0	0	0	6,25	3,91	1,51	0,17	0,14	13,12	8,85	0,63	0,73
	MÉD.PON.	7,70	26,4	2925	25,5	3,3	0	0	0	0	5,41	3,47	1,65	0,2	0,2	15,4	9,7	0,7	0,8
Av.Floriano Peixoto	(32, 31)	2,1	6	275	33,5	1,6	0	0	0	0	5,57	3,30	1,87	0,20	0,17	14,40	9,75	0,75	0,98
	(31, 30)	4,8	16	387	27,4	2,5	0	0	0	0	6,48	4,25	1,77	0,13	0,11	9,26	6,15	0,50	0,59
	(30, 29)	7,8	36	534	21,9	3,9	0	0	0	0	5,69	3,73	1,59	0,12	0,11	8,55	6,42	0,49	0,67
	(29, 28)	11,3	44	501	19,2	4,0	0	0	0	0	5,53	3,73	2,61	0,12	0,11	9,00	6,14	0,52	0,63
	(28, 27)	11,2	52	781	18,7	6,1	0	0	0	1	4,71	3,19	1,30	0,17	0,14	12,25	8,08	0,70	0,86
	(27, 26)	9,1	37	669	21,7	4,6	0	0	0	0	5,37	3,72	0,98	0,15	0,17	10,68	6,65	0,59	0,68
	(26, 43)	0,8	0	556	36,0	2,7	0	0	0	0	5,67	3,58	1,68	0,21	0,15	14,11	8,35	0,78	0,86
	(43, 25)	0,5	0	556	35,9	2,9	0	0	0	0	13,38	8,21	2,66	0,01	0,02	1,31	1,53	0,06	0,11
	MÉD.PON.	6,5	27	4259	25,9	3,8	0	0	0	0	6,5	4,2	1,7	0,1	0,1	9,8	6,5	0,5	0,7
Av.Cesário Alvim	(33, 34)	18,2	63	543	11,6	6,7	0	0	1	2	3,14	2,26	0,00	0,28	0,20	21,05	11,64	1,02	1,18
	(34, 35)	22,8	52	701	11,7	7,8	0	0	1	3	3,60	2,49	0,00	0,20	0,16	13,50	8,87	0,81	0,95
	(35, 36)	24,2	77	758	11,7	8,2	0	1	1	3	3,42	2,44	0,00	0,23	0,18	16,24	10,13	0,86	1,01
	(36, 37)	18,4	36	746	13,7	7,3	0	0	0	3	3,81	2,73	0,00	0,18	0,15	12,22	8,10	0,77	0,91
	(37, 38)	16,4	70	660	15,3	5,9	2	1	0	0	4,32	2,94	0,00	0,16	0,14	10,91	7,82	0,65	0,80
	(38, 39)	7,5	23	348	23,0	2,3	0	0	0	0	5,42	3,10	0,00	0,18	0,16	12,62	8,98	0,70	0,94
	MÉD.PON.	19,0	55,9	3756	13,8	11,0	0	0	1	2	3,8	2,6	0,0	0,2	0,2	14,4	9,2	0,8	1,0
R.Cel. A.Alves	(39, 32)	20,5	65	241	15,6	3,1	0	0	1	0	4,07	3,16	0,00	0,17	0,13	12,68	8,07	0,69	0,76
	(32, 40)	0,0	0	152	52,0	1,0	0	0	0	0	3,34	2,30	0,00	0,51	0,28	39,49	15,29	1,67	1,63
	(40, 41)	0,0	0	212	47,0	1,4	0	0	0	0	7,09	4,32	0,00	0,10	0,11	7,09	6,69	0,60	0,66
	(41, 24)	20,7	74	212	8,9	5,0	0	0	0	0	4,10	3,50	0,00	0,05	0,03	3,86	2,72	0,24	0,20
	(24, 16)	34,1	79	256	10,3	4,6	0	1	1	0	3,63	2,54	0,00	0,18	0,14	13,33	8,59	0,65	0,85
	(16, 8)	13,8	37	140	14,6	2,3	0	0	0	0	3,83	2,64	1,30	0,24	0,18	16,37	9,94	0,88	1,06
	(8, 51)	0,8	0	114	35,1	0,9	0	0	0	0	6,22	3,59	0,75	0,19	0,15	13,33	8,48	0,69	0,87
	MÉDIA	15,1	42,8	1327	24,3	2,9	0	0	0	0	4,5	3,2	0,2	0,2	0,1	14,0	8,2	0,7	0,8
R.Qui.Bocaúva	(47, 7)	7,5	35	196	22,9	2,0	0	0	0	0	7,25	4,95	0,00	0,05	0,07	4,31	4,28	0,20	0,38
	(7, 15)	9,0	39	173	18,5	2,1	0	0	0	0	4,28	2,98	0,00	0,22	0,17	16,08	9,32	0,77	0,95
	(15, 23)	14,5	44	157	18,2	1,9	0	0	0	0	4,79	3,75	0,00	0,14	0,11	10,13	6,28	0,53	0,61
	(23, 31)	14,3	79	187	19,3	2,1	0	0	0	0	5,34	3,63	0,00	0,15	0,11	10,81	6,78	0,57	0,65
	(31, 38)	23,6	79	78	14,6	1,2	0	0	0	0	4,76	3,46	0,00	0,12	0,10	8,98	6,13	0,50	0,58
	MÉD.PON.	12,4	52,4	791	19,3	1,9	0	0	0	0	5,4	3,8	0,0	0,1	0,1	10,0	6,6	0,5	0,6
R.Ten. Virmondes	(37, 30)	17,5	82	558	17,7	5,5	1	0	1	0	4,66	3,16	0,84	0,17	0,14	12,43	7,69	0,66	0,78
	(30, 22)	12,1	50	409	21,1	3,7	1	0	0	0	5,42	3,60	1,61	0,15	0,12	10,73	6,85	0,58	0,70
	(22, 14)	20,0	68	119	15,1	1,8	0	0	0	0	5,13	3,49	0,00	0,13	0,10	10,50	6,28	0,45	0,57
	(14, 6)	10,5	41	180	16,7	2,4	0	0	0	0	3,71	2,30	0,00	0,30	0,25	20,85	14,02	1,09	1,37
	(6, 48)	19,0	51	206	14,0	3,0	0	1	0	0	4,69	3,26	0,00	0,12	0,11	9,16	6,44	0,49	0,63
	MÉD.PON.	15,6	62,6	1472	17,8	4,0	1	0	0	0	4,8	3,2	0,8	0,2	0,1	12,4	7,9	0,7	0,8
R.Mach.Assis	(29, 36)	16,7	66	181	18,2	2,1	0	0	0	0	5,91	3,67	1,59	0,11	0,10	7,95	5,87	0,41	0,61
	(21, 29)	21,0	62	150	15,6	2,0	0	0	0	0	5,51	3,71	0,00	0,12	0,09	8,52	5,41	0,43	0,52
	(13, 21)	12,3	46	175	19,8	1,9	0	0	0	0	4,60	3,45	0,00	0,18	0,13	12,98	7,69	0,67	0,76
	(5, 13)	12,9	62	132	14,8	2,0	0	0	0	0	3,44	2,62	0,00	0,30	0,18	21,39	10,13	1,09	1,06
	(49, 5)	10,5	48	127	19,5	1,5	0	0	0	0	4,73	3,26	0,00	0,17	0,13	13,06	8,29	0,65	0,78
	MÉD.PON.	14,9	57,0	765	17,7	1,9	0	0	0	0	4,9	3,4	0,4	0,2	0,1	12,4	7,3	0,6	0,7
R.Duque Cx.	(35, 28)	18,5	67	571	17,4	5,7	0	0	2	0	4,70	3,19	1,28	0,15	0,12	10,28	7,04	0,60	0,75
	(28, 20)	16,1	47	289	18,2	3,1	0	0	0	0	5,68	3,41	0,00	0,14	0,12	10,76	7,31	0,51	0,70
	(20, 12)	12,8	36	273	19,5	2,8	0	0	0	0	5,65	3,80	0,00	0,12	0,10	9,06	5,96	0,47	0,60
	(12, 4)	5,5	22	242	23,5	2,4	0	0	0	0	5,88	3,72	0,96	0,15	0,12	9,94	7,08	0,60	0,72
	MÉD.PON.	14,6	48,7	1375	19,0	4,0	0	0	1	0	5,3	3,5	0,7	0,1	0,1	10,1	6,9	0,6	0,7
R.Ol. Macial	(3, 11)	9,9	51	158	16,9	2,3	0	0	0	0	3,61	2,58	0,00	0,30	0,21	22,61	11,80	1,05	1,14
	(11, 19)	11,2	48	184	20,6	1,9	0	0	0	0	5,18	3,49	0,00	0,17	0,12	12,25	7,20	0,59	0,73
	(19, 27)	22,7	75	199	14,8	2,7	0	0	0	0	4,58	3,40	0,00	0,19	0,11	13,78	6,51	0,63	0,60
	(27, 34)	17,2	65	321	18,2	3,4	0	0	1	0	5,14	3,42	1,04	0,15	0,12	10,72	6,72	0,58	0,68
	MÉD.PON.	15,9	61,1	862	17,7	2,7	0	0	0	0	4,7	3,3	0,4	0,2	0,1	13,9	7,7	0,7	0,8
R.Stos. Dum.	(42, 26)	23,7	77	261	12,7	4,0	0	0	1	0	4,10	3,00	0,00	0,16	0,12	12,53	7,42	0,53	0,67
	(26, 18)	18,0	64	379	16,9	4,1	1	0	0	0	4,60	3,06	0,00	0,18	0,15	12,91	8,62	0,65	0,83
	(18, 10)	13,0	30	298	19,3	3,1	0	0	0	0	4,98	3,62	0,00	0,16	0,11	11,36	6,51	0,58	0,66
	(10, 2)	11,7	61	242	15,9	3,2	0	0	0	0	4,78	3,48	0,00	0,18	0,11	12,41	5,90	0,63	0,61
	MÉD.PON.	16,7	57,7	1180	16,4	3,6	0	0	0	0	4,6	3,3	0,0	0,2	0,1	12,3	7,3	0,6	0,7
R.Goiás	(1, 9)	31,1	86	772	8,0	17,4	0	4	2	0	2,44	1,83	0,86	0,29	0,21	20,80	11,64	1,12	1,25
	(9, 17)	28,1	86	606	11,9	9,5	2	2	0	0	3,52	2,53	0,93	0,21	0,16	14,10	8,90	0,83	0,94
	(17, 25)	4,5	0	410	30,3	2,5	0	0	0	0	7,09	4,29	0,00	0,12	0,11	9,11	5,91	0,47	0,62
	MÉD.PON.	24,0	86,3	1788	14,4	11,3	1	2	1	0	3,9	2,6	0,7	0,2	0,2	15,8	9,4	0,9	1,0

ANEXO D – Planilha de Análise por Avenida/Rua

Centro

Avenida/Rua			Av.Cip	Av.J.P	Av.AP	Av.FP	Av.CA	R.Cel.A	R.Quint	R.Ten.V	R.Mac.	R.Duq.	R.Oleg.	R.Stos	R.Go.
Delay Time (sec/veh)			20,4	10,8	8,7	8,1	31,7	14,5	13,0	17,8	15,4	15,0	17,2	17,9	20,6
Average Values	Stop (%)		49,5	33,7	29,0	30,3	62,1	42,1	52,4	67,9	56,9	50,7	60,2	59,4	62,4
	Vol VPH		2788	3195	2826	4212	3751	1346	828	1477	780	1379	846	1152	1823
	Speed		15,1	20,5	24,5	24,1	12,4	24,7	19,0	16,4	17,5	19,0	17,1	15,7	15,4
Congestion Storage (%)			4,8	4,0	3,5	4,4	8,1	3,0	2,2	4,6	2,1	4,3	2,9	3,9	10,5
Average Queue (veh)		Lane 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Lane 2	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	2
		Lane 3	2	0	0	0	3	1	0	0	0	1	0	1	2
		Lane 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fuel Consumption	km/l	Auto 1	3,9	5,6	5,1	6,2	3,6	4,5	5,4	4,6	4,9	5,3	4,6	4,5	4,3
		Auto 5	2,7	3,7	3,3	3,6	2,5	3,1	3,8	3,1	3,4	3,4	3,3	3,2	2,8
		Transit	0,0	2,1	1,5	1,7	0,0	0,2	0,0	0,7	0,3	0,6	0,5	0,0	0,7
Vehicle Emissions (Grams/km)	HC	Auto 1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2
		Auto 5	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
	CO	Auto 1	14,1	9,7	16,3	10,2	14,8	13,4	9,6	12,7	13,0	10,2	14,8	12,3	14,0
		Auto 5	8,8	6,5	10,0	7,0	9,2	8,1	6,4	8,0	7,2	6,9	7,8	7,4	9,3
	NO	Auto 1	0,8	0,5	0,8	0,5	0,8	0,7	0,5	0,7	0,6	0,6	0,7	0,6	0,8
		Auto 5	0,9	0,6	0,9	0,7	1,0	0,8	0,6	0,8	0,7	0,7	0,8	0,7	1,0

Centro NP

Avenida/Rua			Av.Cip	Av.J.P	Av.AP	Av.FP	Av.CA	R.Cel.A	R.Quint	R.Ten.V	R.Mac.	R.Duq.	R.Oleg.	R.Stos	R.Go.
Delay Time (sec/veh)			19,2	10,7	7,7	6,5319	19,00	15,133	12,413	15,556	14,852	14,576	15,851	16,706	23,994
Average Values	Stop (%)		48,7	33,8	26,4	26,878	55,934	42,771	52,402	62,625	56,962	48,721	61,114	57,674	66,28
	Vol VPH		2781	3165	2925	4259	3756	1327	791	1472	765	1375	862	1180	1788
	Speed		15,6	20,7	25,5	25,872	13,774	24,257	19,33	17,798	17,679	19,042	17,685	16,384	14,448
Congestion Storage (%)			4,5	3,8	3,3	3,76	11,041	2,91	1,95	3,97	1,92	4,00	2,72	3,64	11,306
Average Queue (veh)		Lane 1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
		Lane 2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
		Lane 3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
		Lane 4	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Fuel Consumption	km/l	Auto 1	4,0	5,7	5,4	6,5	3,8	4,5	5,4	4,8	4,9	5,3	4,7	4,6	3,9
		Auto 2	2,8	3,7	3,5	4,2	2,6	3,2	3,8	3,2	3,4	3,5	3,3	3,3	2,6
		Transit	0,0	2,0	1,7	1,7	0,0	0,2	0,0	0,8	0,4	0,7	0,4	0,0	0,7
Vehicle Emissions (Grams/km)	HC	Auto 1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2
		Auto 2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
	CO	Auto 1	14,5	9,5	15,4	9,8	14,4	14,0	10,0	12,4	12,4	10,1	13,9	12,3	15,8
		Auto 2	8,6	6,4	9,7	6,5	9,2	8,2	6,6	7,9	7,3	6,9	7,7	7,3	9,4
	NO	Auto 1	0,8	0,5	0,7	0,5	0,8	0,7	0,5	0,7	0,6	0,6	0,7	0,6	0,9
		Auto 2	0,9	0,6	0,8	0,7	1,0	0,8	0,6	0,8	0,7	0,7	0,8	0,7	1,0