

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – IGC
DEPARTAMENTO DE CARTOGRAFIA

MODELAGEM E ANÁLISE ESPACIAL UTILIZADA PARA A AVALIAÇÃO
DO SISTEMA DE TRÁFEGO NO CAMPUS PAMPULHA DA UFMG

VALÉRIA SOARES DE MELO FRANCO

BELO HORIZONTE
2011

Valéria Soares de Melo Franco

Modelagem e análise espacial utilizada para a avaliação
do sistema de tráfego no Campus Pampulha da UFMG

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas
Ambientais do Departamento de Cartografia,
Instituto de Geociências da Universidade Federal
de Minas Gerais / modelagem@igc.ufmg.br.

Orientador:

Prof. Dr. Allaoua Saadi

Co-orientadora:

Prof^a. Dra. Maria Márcia Magela Machado

Belo Horizonte

2011

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores, Profs. Allaoua Saadi e Márcia Machado, pela sabedoria com que me conduziram na elaboração de um trabalho científico.

À diretora do Instituto de Geociências, Profa. Tânia Mara Dussin, pelo apoio ao desenvolvimento do trabalho e pelas palavras animadoras.

Ao Pró-Reitor de Administração, Prof. Márcio Baptista, pelo apoio financeiro na realização das pesquisas de campo.

Ao Prof. Britaldo Soares Filho, pelo incentivo à concretização de mais um projeto de vida.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, pelos valiosos ensinamentos.

Aos amigos e colaboradores, Profa. Ana Clara Moura, Christian Rezende Freitas, Danilo Marques, Christianne Louise e Júnia Borges, pelo conhecimento transmitido e empenho na busca de caminhos, alternativas e soluções.

Aos colegas da Pós-Graduação, pelos palpites, conselhos, boas idéias e momentos de compartilhamento.

Aos meus familiares e amigos, pelo carinho e suporte nos momentos complicados.

*“Não é preciso ter olhos abertos para ver o sol,
nem é preciso ter ouvidos afiados para ouvir o trovão.
Para ser vitorioso você precisa ver o que não está visível.”*

Sun Tzu

RESUMO

A implantação da cidade universitária – Campus Pampulha da UFMG – e seu conseqüente crescimento geraram problemas de infraestrutura de tráfego, como costuma ocorrer em qualquer cidade que tem a sua população acrescida ao longo dos anos. Os estudos sobre o tráfego têm sido fundamentais nas questões de avaliação da estrutura urbana e de planejamento e têm sido abordados de forma integrada entre profissionais de diversas áreas de conhecimento. Este trabalho tem como objetivo a aplicação de métodos de análise espacial como subsídio à avaliação do sistema de tráfego no Campus Pampulha da UFMG e auxílio no estabelecimento de diretrizes para as políticas de planejamento e gestão do território. A metodologia proposta está apoiada nos parâmetros teóricos dos geossistemas e usa como ferramenta as geotecnologias, buscando utilizar softwares gratuitos tais como o SPRING/INPE e o SAGA/UFRJ. Para o desenvolvimento da metodologia foi montado um banco de dados composto por imagens e bases cartográficas, dados populacionais, dados sobre estocagem de veículos, dados gerados de pesquisas em campo – contagem volumétrica de veículos e pesquisa de origem/destino (O/D). Os dados tratados e tabulados possibilitaram a aplicação de um modelo para o cálculo de viagens geradas relativas a cada um dos prédios do Campus. Os resultados associados a um sistema estruturado em uma rede de interações espaciais - uma geo-rede - possibilitaram as análises propostas baseadas na geração de áreas de influência, em aplicativos de rede e de matriz de adjacência. Para geração de áreas de influência utilizamos o método de Polígonos de Thiessen (Voronoi) considerando apenas massa e também considerando massa e atrito. Utilizamos recursos disponíveis em modelos de análise de rede, adotando a função de alocação de recursos do SPRING para análise da relação oferta e demanda nos estacionamentos e a matriz de adjacência com a finalidade de localizar e distribuir o tráfego nas vias. Os resultados das análises permitiram identificar pólos de conflitos e suas interferências no sistema; regiões de disputa por estacionamento; locais com ociosidade de vagas e aqueles onde a demanda é maior que a oferta; vias e trechos de vias com o respectivo volume de tráfego e sua classificação em relação à intensidade de tráfego; determinação de áreas de sobrecarga do sistema viário. A eficiência da metodologia foi constatada por meio dos resultados obtidos que contribuem de maneira efetiva para a avaliação do sistema de tráfego do Campus.

Palavras-Chave: Sistemas de Tráfego, UFMG, Geo-redes, Análises Espaciais.

ABSTRACT

The location of the “University City” –UFMG Campus – and its consequent growth had generated problems of traffic infrastructure, as occurs in any city that has its population increased throughout the years. The studies on traffic have been fundamental in the matters of evaluation of urban structure and planning and its analysis has had an integrated approach among professionals of different knowledge areas. This work aims the application of spatial analysis methods as subsidy to the evaluation of the traffic system in the Campus Pampulha to help establishing direction lines for planning policies and territory management. The proposed methodology is supported by the theoretical parameters of geo-systems and uses geo-technologies as tools and free software such as SPRING/INPE and SAGA/UFRJ. For methodological development a composed data bank was set with images and cartographic bases, population data, vehicles storage data, field research generated data due to volumetric counting of vehicles and origin/destination (O/D) research. The processed data made possible the application of a pattern for calculating generated trips related to each one of the buildings in the Campus. The results associated to a system established upon a spatial interactions mesh - a geo-grid - made possible the proposed analysis based on the generation of influence areas, in geo-grid application and adjacency matrix. For generation of influence areas we use the Thiessen Polygons method considering only mass or considering mass and attrition. We apply available resources in geo-grid analysis models, adopting the function of resources allocation (SPRING) for investigating the relation between supply and demand in parking lots and the adjacency matrix with the purpose of locating and distributing traffic among system lines. The analysis results made possible the identification of antithetical points and their interferences in the system; regions of parking dispute; places with vacancy inoccupation and the ones where demand is greater than the supply; streets or their sections with the traffic contents and its classification related to traffic intensity; determination of areas where the system is overloaded. The efficiency of this methodology was evidenced by the obtained results which effectively contribute for the evaluation of the traffic system of the Campus Pampulha.

Key words: Traffic Systems, UFMG, Geo-grid, Spatial Analysis.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
2 A IMPORTÂNCIA DO PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES EM ESTUDOS URBANOS	24
2.1 O Planejamento de Transportes	24
2.2 Elementos do Processo de Planejamento de Transportes.....	26
2.3 Estudos de Impactos no Tráfego	28
2.3.1 Conceitos Usados em Estudos de Tráfego.....	29
2.4 Metodologias de Análise de Impactos.....	36
2.4.1 Metodologia do USDOT	36
2.4.2 Metodologia do ITE.....	37
2.4.3 Metodologia da CET-SP.....	38
2.4.4 Metodologia Espanhola.....	39
2.4.5 Metodologia de Grandó.....	39
2.4.6 Metodologia de Cybis et al.....	39
2.4.7 Metodologia de Menezes	40
2.4.8 Metodologia de Portugal e Goldner.....	41
2.4.9 Critérios Relevantes Abordados nas Metodologias Estudadas.....	42
3 O SISTEMA VIÁRIO DO CAMPUS UFGM	45
3.1 Descrição e Características das Vias.....	47
3.2 Estacionamentos.....	49
3.3 Estudos Existentes.....	50
3.3.1 Relatórios de Impacto na Circulação – RIC	50
3.3.2 Plano Básico de Circulação	64
3.3.3 Relatórios de Controle Ambiental.....	68
3.3.4 Estudo de Ocupação dos Estacionamentos do Campus da Pampulha.	69
3.3.5 Diretrizes Gerais para as Questões de Trânsito, Transporte e Estacionamentos no Campus da Pampulha.....	78
4 METODOLOGIA	81
4.1 Base de Dados.....	85
4.1.1 Imagens e Bases Cartográficas.....	85
4.1.2 Dados Populacionais	86

4.1.3 Dados Sobre Estacionamentos	86
4.1.4 Contagem Volumétrica de Veículos.....	87
4.1.5 Pesquisa Origem/Destino.....	87
4.2 Tratamento dos Dados.....	88
4.2.1 População.....	88
4.2.2 Estacionamentos.....	91
4.2.3 Contagem Volumétrica.....	93
4.2.4 Pesquisa Origem/Destino.....	95
4.2.5 Cálculo de Geração de Viagens.....	95
4.2.6 Distribuição das Viagens Geradas.....	98
4.2.7 Representação do Sistema em Geo-redes.....	99
4.3 Análises Espaciais	102
4.3.1 Análise de Áreas de Influência	102
4.3.2 Análise de Distribuição de Demanda Utilizando Aplicativos de Rede..	104
4.3.3 Análise de Distribuição de Tráfego Utilizando Matriz de Adjacência....	106
5 RESULTADOS.....	108
5.1 Análise de Áreas de Influência.....	108
5.2 Análise Utilizando Aplicativos de Rede	111
5.3 Análise Utilizando Matriz de Adjacência.....	121
6 DISCUSSÃO DE RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	125
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	130
ANEXO A.....	133
ANEXO B	134

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Proposta de Zoneamento	21
FIGURA 2: Estrutura Global de Análise – Portugal & Goldner	42
FIGURA 3: Localização do Campus Pampulha da UFMG no município de Belo Horizonte.....	45
FIGURA 4: Localização de Estacionamentos.....	49
FIGURA 5: Volume Diário de Entrada de Veículos ao longo do dia segundo cada portaria da UFMG.....	51
FIGURA 6: Volume Diário de Saída de Veículos ao longo do dia segundo cada portaria da UFMG.....	52
FIGURA 7: Distribuição do Volume Diário de Entrada de Veículos segundo cada portaria da UFMG.....	52
FIGURA 8: Distribuição do Volume Diário de Saída de Veículos segundo cada portaria da UFMG.....	53
FIGURA 9: Distribuição diária de fluxo nas entradas do Campus	60
FIGURA 10: Divisão Modal de Transporte do Campus	65
FIGURA 11: Estoque de Veículos no Campus da UFMG	70
FIGURA 12: Ocupação por Faixa Horária – Rua Reitor Pires de Albuquerque.....	71
FIGURA 13: Ocupação das Vias do Campus.....	72
FIGURA 14: Ocupação por Faixa Horária – Estacionamento da Fisioterapia	74
FIGURA 15: Distribuição dos Estacionamentos Controlados e Não Controlados	75
FIGURA 16: Ocupação de Estacionamentos das Unidades	75
FIGURA 17: Estacionamentos Controlados e Não Controlados	76
FIGURA 18: Fluxograma da Metodologia Proposta	84
FIGURA 19: Volume Diário de Entrada de Automóveis por Portaria do Campus	94
FIGURA 20: Volume Diário de Entrada de Automóveis por Portaria no Horário de Pico	94
FIGURA 21: Rede Viária Campus Pampulha UFMG	101
FIGURA 22: Valores de Quebra pelo Método de Jenks.....	104
FIGURA 23: Resultado das Análises Utilizando Voronoi.....	108
FIGURA 24: Análise da Ocupação dos Estacionamentos de Prédios Área A.....	Erro!

Indicador não definido.

FIGURA 25: Análise da Ocupação dos Estacionamentos de Prédios Área B.....	113
FIGURA 26: Análise da Ocupação dos Estacionamentos de Prédios Área C.....	Erro!
Indicador não definido.	
FIGURA 27: Análise da Ocupação dos Estacionamentos de Prédios Área D.....	Erro!
Indicador não definido.	
FIGURA 28: Análise da Ocupação dos Estacionamentos dos Prédios	Erro! Indicador
não definido.	
FIGURA 29: Análise da Ocupação dos Estacionamentos nas Ruas...	Erro! Indicador
não definido.	
FIGURA 30: Distribuição do Tráfego no Horário de Pico - Análise I	122
FIGURA 31: Distribuição do Tráfego no Horário de Pico - Análise II.....	124

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Taxas e Modelos de Geração de Viagens.....	34
TABELA 2: Aspectos Específicos e Comuns de Metodologias Estudadas	44
TABELA 3: Horários-pico dos acessos ao Campus Pampulha da UFMG.....	52
TABELA 4: Impacto do empreendimento em relação ao Campus	54
TABELA 5: Situação Atual x Situação Futura – Volumes de acessos e saídas do Campus.....	54
TABELA 6: Geração de Viagens - Escola de Engenharia.....	56
TABELA 7: Geração de Viagens - FACE	57
TABELA 8: Geração de Tráfego.....	58
TABELA 9: Volume de Viagens Geradas pelo Aumento de Vagas.....	62
TABELA 10: Geração de Viagens Geradas por Modal de Transportes	62
TABELA 11: Volumes de Tráfego Gerados por Automóveis	63
TABELA 12: Demanda de Vagas de Estacionamento	67
TABELA 13: Ocupação das Vias do Campus UFMG.....	73
TABELA 14: Ocupação dos Pátios de Estacionamento	77
TABELA 15: Quantitativo de Vagas nas Vias do Campus.....	78
TABELA 16: Previsão de Crescimento Populacional	80
TABELA 17: Distribuição da População do Campus Pampulha/ Diurno	90
TABELA 18: Estacionamentos de Veículos nos Prédios e Oferta de Vagas.....	91
TABELA 19: Estacionamentos de Veículos nas Vias e Oferta de Vagas.....	93
TABELA 20: Quantitativos de Automóveis no Campus UFMG/2010	93
TABELA 21: Viagens Geradas no Horário de Pico por Edificação.....	97
TABELA 22: Origem e Destino de Automóveis no Horário de Pico.....	98
TABELA 23: Classificação e Notas Atribuídas aos Atritos	104
TABELA 24: Ocupação de Estacionamentos.....	117

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC – Almoxarifado Central
AIA – Avaliação de Impacto Ambiental
ARC – Artes Cênicas
ASSUFEMG – Associação de Servidores da Universidade Federal de Minas Gerais
AV – Departamento de Áreas Verdes
BHTRANS – Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Social
BU – Biblioteca Universitária
C2000 – Escritório Campus 2000
CAD – Centro de Atividades Didáticas
CDTN – Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear
CET-SP – Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo
COLTEC – Colégio Técnico
COMAM – Conselho Municipal de Meio Ambiente
CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente
CP – Centro Pedagógico
CPDEE – Centro de Pesquisas e Desenvolvimento de Engenharia Elétrica
CPH – Centro de Pesquisas Hidráulicas
DAP – Departamento de Administração de Pessoal
DEMAI – Departamento de Manutenção, Operação e Infraestrutura
DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito
DETG – Departamento de Engenharia de Tráfego e Geotecnia
DF – Departamento de Física
DLO – Departamento de Logística de Suprimentos e de Serviços Operacionais
DPFP – Departamento de Planejamento Físico e Projetos
DQU – Departamento de Química
DRCA – Departamento de Registro e Controle Acadêmico
EBA – Escola de Belas Artes
ECI – Escola de Ciências da Informação
ECO – Estação Ecológica
EEFFTO – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional

EIA – Estudo de Impactos Ambientais
EM – Escola de Música
FACE – Faculdade de Ciências Econômicas
FAE – Faculdade de Educação
FAFICH – Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas
FALE – Faculdade de Letras
FAO – Faculdade de Odontologia
FAR – Faculdade de Farmácia
FHP – Fator de Horário de Pico
FUNDEP – Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa
GEPLA – Gerência de Planejamento e Pesquisa
GESEM – Gerência de Sinalização Semafórica
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICB – Instituto de Ciências Biológicas
ICEX – Instituto de Ciências Exatas
IGC – Instituto de Geociências
ITE – *Institute of Transportation Engineers*
IU – Imprensa Universitária
LEAT – Laboratório de Extra Alta Tensão
LEC – Laboratório de Ensaios de Combustíveis
LPOUS – Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo
MIC – Centro de Microscopia
PC – Posto de Combustível
PGT – Pólo Gerador de Tráfego
PGV – Pólo Gerador de Viagens
PRA – Pró-Reitoria de Administração
PROPLAN – Pró-Reitoria de Planejamento
PRPG – Pró-Reitoria de Pós-Graduação
PS – Praça de Serviços
REI - Reitoria
REUNI – Programa de Apoio ao Plano de Reestruturação e Expansão das
Universidades Federais
RCA – Relatório de Controle Ambiental

RIC – Relatório de Impacto na Circulação
RIMA – Relatório de Impacto Ambiental
RS II – Restaurante Setorial II
UA II – Unidade Administrativa II
UA III – Unidade Administrativa III
UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais
UMEI – Unidade Municipal de Ensino Infantil
USDOT – *United States Department of Transportation*
UVP – Unidade de Veículo Padrão
VET – Escola de Veterinária
ZE – Zona de Grandes Equipamentos
ZPAM – Zona de Preservação Ambiental
ZP – Zona de Proteção
ZT – Zona de Tráfego

1 INTRODUÇÃO

A criação da Universidade de Minas Gerais data de sete de setembro de 1927, quando foi sancionada a Lei nº 956 e foram iniciados os primeiros debates em torno de sua implantação. Em maio de 1929 o engenheiro Eduardo Pederneiras, contratado pelo governo para elaboração de um projeto, apresenta para aprovação do Conselho Universitário, um primeiro plano de construção da Cidade Universitária no qual faziam parte a sede da Reitoria e mais sete edifícios.

Já na década de 40, Belo Horizonte passava por grandes transformações no seu território com expansão em direção ao eixo norte, propiciada pela construção do conjunto arquitetônico da Pampulha e abertura de avenidas de acesso. Parte da Fazenda Dalva localizada na Pampulha, a noroeste do centro da cidade, área equivalente a 295 hectares é desapropriada com o objetivo de construção da Universidade de Minas Gerais. A área da fazenda era caracterizada por uma paisagem rural compreendida basicamente por matas ralas. Iniciam-se as obras de terraplanagem (cortes e aterros) e infraestrutura tais como construções de galerias pluviais e canalizações de córregos. A impropriedade do terreno já havia sido registrada em um manifesto do Instituto de Arquitetos do Brasil (1951), no qual era definido como local que demandava “fundações especiais em zonas alagadiças e solos de fraca resistência”.

Segundo Duarte (2009), no início da década de 50, o Plano Pederneiras sofre críticas que levam à paralização das obras de infraestrutura e à recomendação de ampliação dos limites da área original doada pelo Estado. Uma nova comissão é formada para rever os projetos e elaborar um novo Plano para a Cidade Universitária. Em decorrência desses fatos, em agosto de 1956 a área destinada à construção é acrescida para 334 hectares. Em 1957 foi concluído um novo plano para implantação da Cidade Universitária, denominado Plano Eduardo Guimarães Junior, ficando definidos os arruamentos e o zoneamento por áreas de conhecimento e serviços de apoio. O primeiro prédio a ser construído foi o da Reitoria, inaugurado em outubro de 1962.

Em 1968, devido à implantação do Plano de Reestruturação da Universidade, foi elaborado um novo plano com diretrizes que norteariam a implantação do

Campus¹, tanto no seu aspecto urbanístico como no arquitetônico. Esse plano foi complementado ao longo do tempo por políticas específicas e diretrizes que estabeleceram as prioridades de construção e a configuração física do Campus.

Em 1998 sentiu-se a necessidade de atualização do Plano Diretor da UFMG. Este novo Plano, concluído em janeiro de 1999 e revisado em março de 2007, continha princípios norteadores de uma política de uso e ocupação do território e da distribuição espacial das atividades que compõem a vida acadêmica. Além disso, determinava as atividades básicas necessárias ao suporte das discussões para que fosse possível formular propostas quanto ao sistema viário, zoneamento das áreas, diretrizes para ocupação do terreno e localização das futuras edificações. Baseado nos princípios estabelecidos, a Comissão de Obras e Patrimônio formulou propostas e estabeleceu diretrizes para a gestão do espaço físico do Campus da UFMG (Figura 1).

¹O termo “campus”, que no Brasil se alinhou ao conceito de “cidade universitária”, traduz a concepção de se reunir em um território específico, prédios universitários, moradia e serviços que atendam aos estudantes, professores e funcionários.

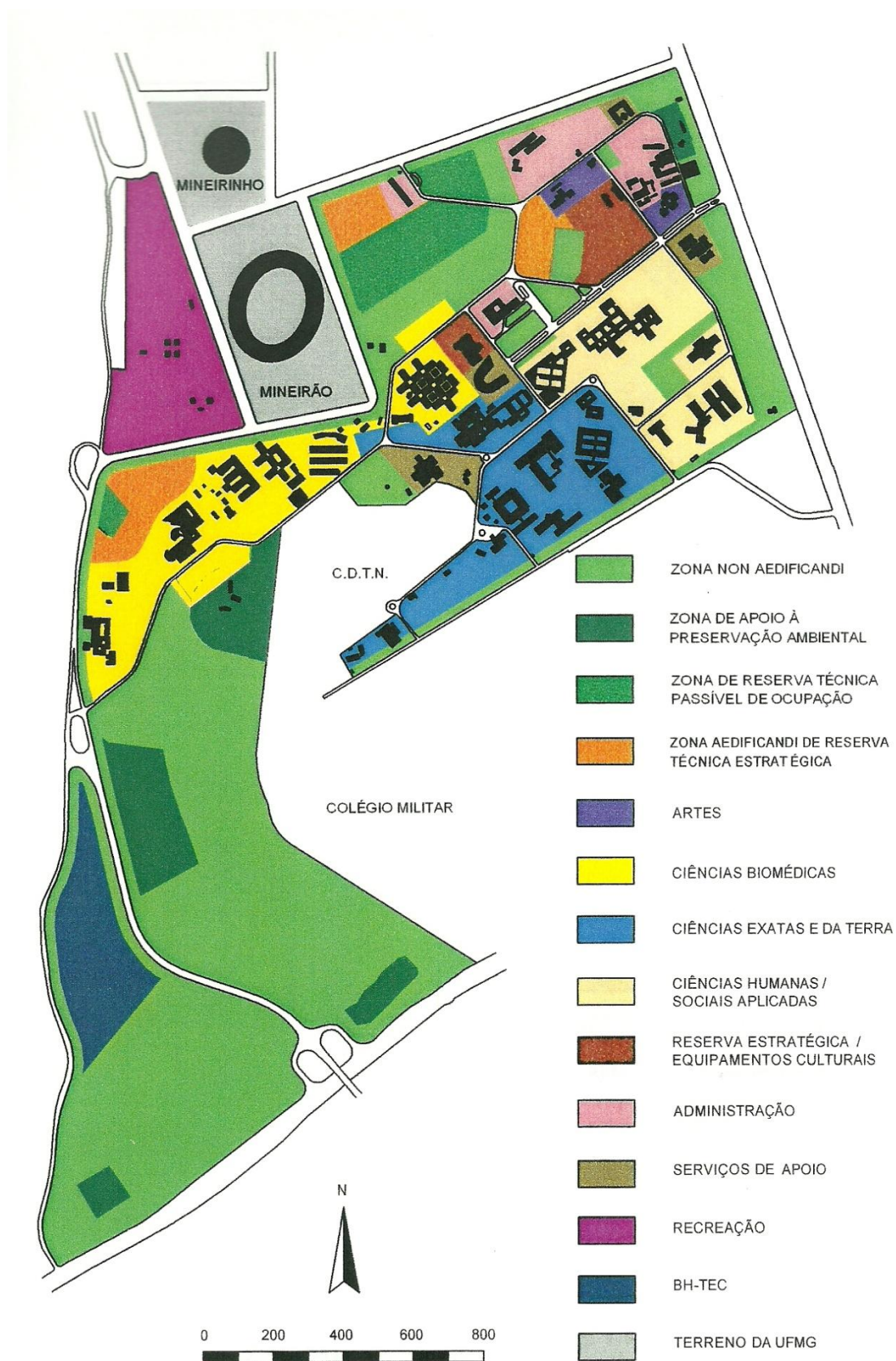


FIGURA 1: Proposta de Zoneamento
 Fonte: Arquivo DPFO/UFMG

Ao longo dos anos, desde a data histórica de sua implantação, o Campus da Pampulha vem sendo acrescido de prédios para comportar unidades acadêmicas, unidades administrativas e para abrigar os serviços de apoio necessários ao funcionamento da Universidade. Em 1970, foi criado o Plano de Implantação do Sistema Básico, fruto da proposta governamental contida na então denominada Reforma Universitária. Assim sendo, foram construídos os prédios das Faculdades de Ciências Humanas, Letras, Biblioteconomia, Instituto de Ciências Exatas, Departamento de Física, entre outros. Escolas que funcionavam, até então, em edifícios na área central da cidade foram transferidos para o Campus Pampulha. Equipamentos urbanos, tais como pequenas praças e abrigos para espera de ônibus, e edificações destinadas a serviços de apoio também foram construídos a partir da implantação dos novos prédios. Como consequência desses fatos, o aumento de fluxo de pessoas e veículos foi inevitável. No entanto, o sistema viário existente parecia comportar o novo tráfego gerado, embora não se tenha conhecimento de técnicas de medição e avaliações quantitativas do fenômeno neste período. No começo da última década (2000-2010), por meio de um convênio estabelecido entre o Ministério da Educação, a Universidade e o BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Social), iniciou-se a implantação do chamado “Projeto Campus 2000”, no qual estava prevista a transferência das Faculdades de Farmácia, de Ciências Econômicas, da Escola de Engenharia para o Campus além da ampliação de várias unidades já instaladas. A instalação efetiva destas escolas representou um aumento significativo da população do Campus por serem Unidades de grande porte com uma estrutura funcional que se reflete em um contingente de pessoas bastante representativo em termos numéricos. Como consequência deste aumento de população obviamente ocorreu um significativo aumento dos fluxos – de pessoas e de veículos automotores. Atualmente no Campus da Pampulha, se convive com problemas de tráfego tais como retenção nas horas de pico (horário de entrada e saída das atividades acadêmicas) e falta de áreas para estacionamento. Encontra-se em processo de implantação os prédios que abrigarão os Centros de Atividades Didáticas – CAD, pertencentes ao projeto de Reestruturação e de Ampliação de Vagas nas Universidades – REUNI, e em fase de execução de projeto arquitetônico para posterior transferência para o Campus Pampulha, a Faculdade de Direito e a Escola de Arquitetura. Pode-se intuir que o sistema viário tende a se

tornar cada vez mais insuficiente em função do aumento do número de pessoas e da circulação de veículos.

O surgimento e a construção das Cidades Universitárias ocorrida no século XX, acabaram por gerar e repetir diversos problemas ambientais urbanos. A expansão de seus limites territoriais, o crescimento da sua população, problemas de infraestrutura de serviços, gerenciamento de áreas verdes, violência urbana e problemas de trânsito são características peculiares a qualquer cidade.

Este trabalho tem como objetivo a aplicação de métodos de análise espacial para um sistema representado em geo-redes, como subsídio à avaliação do sistema de tráfego no Campus Pampulha da UFMG. Para atingir tal objetivo foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos e métodos:

- a) Montar o sistema de rede da malha viária do Campus UFMG, utilizando softwares de livre domínio para aplicação das ferramentas de análise;
- b) Identificar as áreas de sobrecarga, oferta e demanda do sistema;
- c) Fazer um estudo exploratório de investigação de modelos;
- d) Analisar a aplicabilidade da metodologia proposta;
- e) Identificar as limitações e as potencialidades do sistema de tráfego baseado nos resultados encontrados.

A análise do sistema viário do Campus poderá fornecer subsídios para a gestão do tráfego e permitir a viabilização de propostas para solução dos problemas existentes na atualidade e em futuro próximo.

2 A IMPORTÂNCIA DO PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES EM ESTUDOS URBANOS

Atualmente os estudos referentes ao planejamento urbano e suas aplicações tem sido desenvolvidos através de uma abordagem multi e interdisciplinar e fazendo uso de análises espaciais. As análises requerem a utilização de modelos representativos da realidade, cujas relações podem ser estabelecidas e quantificadas matematicamente, ou simplesmente podem ser comprovadas através de uma hipótese ou teoria.

Segundo Freitas (2006),

“nas análises espaciais, os modelos servem para identificar as informações pertinentes, assim como organizar as informações em ordem de importância ou linearidade dos fenômenos. Os modelos podem servir para identificar potenciais e ao mesmo tempo mostrar de forma clara o processo estudado” (FREITAS, 2006)

No decorrer do século XX houve um rápido e crescente aumento na utilização de veículos motorizados, o que ocasionou maior tráfego dentro das cidades, requerendo novas maneiras de equacionar e solucionar as questões referentes à área de transportes, dentro do planejamento urbano.

2.1 O Planejamento de Transportes

Os planejadores de transporte têm trabalhado, cada vez mais, de forma integrada com outros profissionais que atuam no planejamento e estruturação urbana, tratando questões como o uso do solo, acessibilidade e aspectos formais do ambiente urbano. O processo de planejamento de transportes passou a ser considerado não adequado quando abordado de forma isolada e tratado como um processo contínuo que requer constante atualização.

Até o início da década de 50, os problemas de tráfego eram principalmente considerados em termos de tráfego rodoviário. A partir daí, surgiram estudos desenvolvidos em várias universidades nos Estados Unidos com abordagem voltada para o transporte urbano. Nesta mesma década, na Grã-Bretanha, houve um incentivo do Ministério dos Transportes na produção de planos referentes às

questões funcionais de tráfego urbano, datando desta época o Estudo de Tráfego de Londres (1960).

Ao longo da evolução do planejamento de transportes, diferentes enfoques e abordagens foram formulados em contraposição à abordagem funcional de tráfego. Os enfoques mais significativos são a abordagem sistêmica e a abordagem cíclica.

Na abordagem sistêmica, a cidade é vista como um conjunto de partes interconectadas, um sistema de usos do solo conectado por diferentes formas de comunicação, especialmente o tráfego.

Segundo Bruton (1979),

“as vantagens associadas à utilização do enfoque sistêmico são, principalmente, as possibilidades de se usar positivamente a implementação de proposições de transportes como um determinante da forma urbana. Pode ser aplicado para estabelecer os impactos de propostas de transportes tanto sobre os hábitos de movimentos de curto prazo como em relação ao comportamento locacional a longo prazo. Ao mesmo tempo, a abordagem proporciona modificações a serem feitas em demanda da estrutura urbana preferida, em consequência dos impactos da implementação de proposições de transportes”. (BRUTON, 1979)

Objecções a este respeito foram levantadas e, segundo Wingo e Perloff (1961), um sistema de transportes deve ser visto como:

“um conjunto de facilidades e instituições organizado para distribuir seletivamente uma qualidade de acesso em uma área urbana; que os comportamentos locacionais de negócios e indivíduos são afetados pela implementação de propostas de transportes e que essas mudanças locacionais induzidas afetam o sistema de transportes a longo prazo”. (WINGO & PERLOFF, 1961)

A abordagem cíclica formulada por Boyce *et al.* (1970) refere-se ao desenvolvimento de conjuntos alternativos de planos e políticas. A proposta é baseada na adoção de um processo de planejamento cíclico, com cada ciclo começando com a formulação de critérios de planejamento, padrões e políticas propostas para cada alternativa a ser testada.

Ao fim de cada ciclo conclusões são obtidas e decisões tomadas de forma a determinar quais os aspectos das alternativas devem ser considerados em outras etapas. Enquanto os ciclos são atingidos, as metodologias de produção e de avaliação devem ser desenvolvidas. Segundo os autores, essa abordagem tem a vantagem de tornar mais fácil o desenvolvimento de planos e políticas que traduzam alternativas reais e permite a incorporação do enfoque sistêmico como parte do processo.

Esses enfoques conceituais foram adotados na aplicação do processo de planejamento de transportes em diferentes países, no desenvolvimento e avaliação de proposições alternativas de redes viárias.

A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) surgiu no final da década de 60 nos Estados Unidos, como resultado de uma crescente demanda da sociedade por maior participação na gestão ambiental e foi o instrumento mais amplamente discutido e adotado, tanto nos países desenvolvidos quanto nos países em desenvolvimento. A avaliação de impactos vem sendo largamente utilizada em projetos urbanos e em seus desdobramentos, como em estudos de impactos no tráfego e está relacionada à conservação ambiental e ao desenvolvimento sustentável.

2.2 Elementos do Processo de Planejamento de Transportes

Segundo Bruton (1979),

"a estrutura básica para estudos de transportes envolve uma etapa de pesquisas e análises que estabeleça a demanda atual por movimento, seu grau de atendimento, as relações entre essa demanda e o ambiente urbano; uma etapa de previsão e de formulação de um plano que projete a provável demanda por viagens – baseada nos dados coletados e nas relações estabelecidas na etapa de pesquisas e análise, e que formule proposições que venham atender a essa demanda; e uma etapa de avaliação." (BRUTON, 1979)

A fase de pesquisa em um processo de estudos em transportes envolve a coleta de dados, sendo que a quantidade de dados a coletar está vinculada ao propósito e ao tamanho da área de estudos. O objetivo dessa fase do processo é possibilitar, a partir dos dados coletados, a determinação de rotas, a determinação dos fatores que influenciam a geração de viagens e o estabelecimento de locais com diferentes níveis de fluxo de tráfego, chamados de “corredores de movimento”.

O movimento de tráfego de uma área, zona ou região, certamente está relacionado com a sua população. Por isso é muito interessante que se estabeleça uma relação das áreas a serem estudadas com setores censitários. Dados de uso e ocupação do solo também estão diretamente associados ao tráfego, principalmente na identificação de áreas populacionais mais e menos densas, assim como características ambientais e legislação.

Segundo Portugal & Goldner (2003), dados sobre o padrão de viagens, dentro de uma área de estudos pré-estabelecida, podem ser obtidos por meio de entrevistas, visando conhecer os fatos básicos relacionados aos movimentos para todas as viagens em um dia típico, ou seja, dados habituais que refletem o comportamento de um indivíduo daquela população estudada. Sendo um hábito, ele é repetitivo e sua repetição ocorre dentro de um padrão definido. Os padrões de movimentos permitem que métodos estatísticos possam ser usados para amostragem de movimentos em uma determinada área urbana. O tamanho da amostra depende da população total da área em estudo e do grau de precisão requerido.

As viagens por meio de transporte público que se originam fora da área estudada, mas que tem seu destino dentro dela, podem ser uma pequena parcela do total de viagens a ser contabilizado, o que justifica a coleta de informações sobre elas.

Contagens volumétricas do tráfego são realizadas visando à comparação entre o número de viagens estimadas a partir de entrevistas ou outros métodos, com o número de viagens realmente observado nas vias. Por meio delas é possível também estabelecer os padrões típicos de variação horária, diária e sazonal no fluxo de tráfego. Estas contagens podem ser efetuadas automática ou manualmente.

De acordo com Bruton (1979),

“um fator importante no processo de coleta de dados básicos é a pesquisa de facilidades de transportes existentes. Esta pesquisa se constitui, em última análise, no cadastramento periódico das vias principais e redes de transporte público, da demanda e oferta de estacionamento e dos volumes de tráfego e tempos de viagem atualizados. Estes dados são usados nas etapas de distribuição e atribuição no processo de planejamento dos transportes”. (BRUTON, 1979)

A descrição das características físicas da rede viária baseia-se no volume e natureza do tráfego e na classificação funcional das vias de acordo com as normas vigentes. O número e frequência dos meios de acessos principais são particularmente importantes, bem como as larguras das vias, as regulamentações do tráfego, as condições de visibilidade, o espaçamento e a capacidade das interseções, especialmente em pontos considerados críticos. A análise dos dados coletados permitirá a identificação dos elementos da rede viária que operam abaixo da capacidade e revelará o número, posição e a extensão de congestionamentos existentes.

Os dados a serem coletados sobre os estacionamentos referem-se à localização, tipo, capacidade, disposição física e características de operação. O número de vagas disponíveis e a demanda por estacionamento são determinados geralmente através de levantamento de campo e/ou por entrevistas sobre destino, tipo de estacionamento e distância de caminhada após estacionar.

Dados socioeconômicos estão ligados aos estudos de transportes já que o tráfego existe em função das atividades urbanas que acontecem em um determinado espaço. As atividades normalmente são realizadas em edifícios, portanto, pode-se dizer, de acordo com Buchanan (1963), que o tráfego é a função dos edifícios. É esta relação que forma a base do planejamento dos transportes e com a qual se estabelece as taxas de geração de viagens para diferentes condições de uso de solo, população e características econômicas. Para se proceder a uma análise socioeconômica, são coletados dados de população e emprego, dados sobre renda, dados sobre estabelecimentos educacionais, dados sobre uso do solo, entre outros.

Antes de se iniciar o processo de análise dos dados coletados, é desejável controlar sua exatidão, comparando-os com dados já conhecidos ou obtidos como parte do processo.

2.3 Estudos de Impactos no Tráfego

Os impactos podem ser de diferentes naturezas e envolver distintos setores, como os relacionados à infraestrutura viária, os transportes, o uso do solo, as questões ambientais, culturais e ao desenvolvimento socioeconômico. Os impactos no tráfego decorrentes da implantação de um empreendimento precisam ser estudados considerando os interesses da sociedade.

No Brasil, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) possui a responsabilidade de fixar critérios básicos para a exigência de Estudo de Impacto Ambiental para fins de licenciamento de projetos e estabelece a relação de atividades e projetos que devem ser submetidos a esta análise, delegando aos órgãos estaduais de meio ambiente, ao IBAMA e aos municípios, responsáveis pela política ambiental, a elaboração dos procedimentos técnicos adequados e o controle de sua implantação.

Os Estudos de Impactos Ambientais (EIAs) são aplicados, no Brasil, aos empreendimentos e atividades impactantes citados no segundo artigo da Resolução CONAMA nº 01/86. O EIA presta-se a análises técnicas e científicas a serem elaboradas pelo órgão licenciador destinadas a identificar a magnitude e valorar os impactos de um projeto considerado potencialmente causador de significativa degradação do meio ambiente. O Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) é um documento em que é apresentado um resumo do EIA de forma objetiva e em linguagem adequada à compreensão do público leigo.

Os estudos para a avaliação de impactos nos sistemas viário e de transportes se fazem necessários quando os empreendimentos se caracterizam por estabelecerem grandes demandas de infraestrutura viária e de transportes por serem atratores de grande quantidade de usuários, tendendo a tornar os espaços urbanos escassos e conturbados. Para a realização de estudos de impactos no sistema viário de maneira apropriada, eles devem estar inseridos num processo mais abrangente de licenciamento ambiental.

O Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN) estabelece duas formas de licenciamento: uma com base nas resoluções do CONAMA e outra com base na legislação urbana de zoneamento e de edificações, considerando aspectos construtivos, urbanísticos e viários do empreendimento.

Dentre as cidades brasileiras, São Paulo foi a primeira a realizar estudos de impactos no tráfego. De acordo com a Rede Ibero-Americana de Estudos em Pólos Geradores de Viagens (2009) constata-se uma diversidade nos parâmetros utilizados nos processos de análise e nas exigências na aprovação de projetos quanto aos impactos viários e sua relação com os aspectos ambientais urbanos nas cidades brasileiras.

2.3.1 Conceitos Usados em Estudos de Tráfego

Em estudos sobre impactos no sistema viário e no tráfego, diversos conceitos já estabelecidos são amplamente utilizados.

2.3.1.1 Pólos Geradores de Tráfego – PGT, ou Pólos Geradores de Viagens – PGV

Os pólos geradores de tráfego são definidos como,

“empreendimentos de grande porte que atraem ou produzem grande número de viagens, causando reflexos negativos na circulação viária em seu entorno imediato” (CET-SP, 1983) e,
“em alguns casos, prejudicando a acessibilidade de toda uma região ou agravando as condições de segurança de veículos e pedestres”. (DENATRAN, 2001).

Portugal e Goldner (2003) consideram PGTs,

“as edificações ou instalações que exercem grande atratividade sobre a população, mediante a oferta de bens ou serviços, gerando elevado número de viagens, com substanciais interferências no tráfego do entorno e a necessidade de grandes espaços para estacionar ou para carga e descarga”.

Um PGT tem como característica a produção de tráfego veicular e pode ser relacionado a um potencial gerador de impactos ambientais no seu entorno tais como congestionamento nas vias e estacionamentos, ruído, poluição do ar, alteração visual da paisagem, degradação, segurança, entre outros. Os impactos provenientes da implantação de um Pólo Gerador de Tráfego dependem da relação entre o tamanho da edificação (área construída) e a sua localização, e da interação entre a demanda de viagens e o tráfego produzidos pelo PGT, e ainda da infraestrutura viária existente.

Os PGTs podem ser classificados de acordo com a natureza e a intensidade das atividades neles desenvolvidas. Combinando esses dois fatores a Companhia de Engenharia de Tráfego/SP (CET-SP) estabeleceu, para cada tipo de instalação, o porte a partir do qual ele é caracterizado como PGT. Para escolas em geral, que são nosso objeto de estudo, o valor definidor de PGT recomendado para o município de São Paulo é de uma área total de construção superior a 2500 m². A CET-SP, pela Lei nº 10.334/87, determinou a oferta de vagas de estacionamento como variável-chave para a geração de viagens e também como critério para classificar uma atividade urbana como PGT, definido como toda edificação com áreas de estacionamento com 200 ou mais vagas.

Em Belo Horizonte é adotada a determinação do DENATRAN (2001) para caracterização de PGT: em áreas residenciais, empreendimentos com área edificada superior a 6.000 m² ou com mais de 150 unidades residenciais são considerados PGT, para áreas de uso misto, quando o somatório da razão entre o número de

unidades residenciais e 150 ou da razão entre a área da parte da edificação destinada ao uso residencial e 6.000 m² seja igual ou superior a 1 (um), são consideradas PGT. O processo de licenciamento ambiental de PGTs em Belo Horizonte ampara-se na legislação federal (resoluções do CONAMA e artigo 93 do Código de Transito Brasileiro) e na legislação urbanística e ambiental em vigor no município.

Segundo o *Institute of Transportation Engineers* (ITE/1989), o fator definidor da necessidade de estudo de impactos ao tráfego é o número de geração de novas viagens veiculares para o ou a partir do empreendimento durante o período de pico nas vias adjacentes. O ITE classifica o porte das atividades em baixo, menos de 500 viagens na hora de pico; moderado, de 500 a 1.000 viagens na hora de pico; e alto, mais de 1.000 viagens na hora de pico.

2.3.1.2 Geração de Viagens

Os estudos e análises relativos ao processo de geração de viagens provêm de dados e estimativas que dizem respeito à movimentação de pessoas ou veículos, por determinado motivo, através de diferentes meios de transporte, em uma determinada hora do dia.

A capacidade de satisfazer as demandas é influenciada pela disponibilidade de meios de transporte alternativos e pela capacidade do sistema viário.

As características socioeconômicas da população analisada, por exemplo, no caso a população de uma instituição federal de ensino ou de suas unidades constituintes, podem produzir características diferentes de demandas.

A produção de viagens, para ser estimada, contempla diferentes dimensões tais como a quantidade, a categoria de viagens e a dimensão temporal. De acordo com o ITE (1994), a estimativa do número de viagens a serem geradas pelo empreendimento pode ser feito de várias maneiras:

- a) Determinando as taxas de geração de viagem em empreendimentos semelhantes;
- b) Usando as taxas de geração de viagem de uma área similar;
- c) Obtendo as taxas de geração de viagem de fontes disponíveis;
- d) Usando técnicas computacionais disponíveis.

Se utilizadas as fontes disponíveis, estas devem ser ajustadas para refletir as condições locais.

No caso de levantamento de dados de geração de viagens, o ITE (1994) sugere as seguintes diretrizes para a realização dessa coleta de dados:

- a) Para obter contagens automáticas diárias, selecionar um local onde elas possam ser feitas sem duplicação de veículos; as contagens direcionais devem ser realizadas em períodos de 15 minutos;
- b) Verificar tendências diárias de volume, considerando contagens realizadas num período de pelo menos três dias;
- c) Se só forem necessários dados da hora de pico, conduzir contagens manuais, durante várias horas em um dia típico da semana, para registrar o tráfego entrando e saindo; comparar esses valores com contagens automáticas correspondentes no mesmo local para determinar um fator de ajuste;
- d) Contagens classificadas e de ocupação veicular podem também ser realizadas, se relevantes para a análise;
- e) Contagens de pedestres, durante quinze minutos para cada faixa de travessia também são indicadas.

Já segundo o “Guia para o estabelecimento do tráfego gerado pela implantação de um PGV” da Rede Ibero-Americana de Estudos em Pólos Geradores de Viagens (2009), há cinco passos a serem considerados:

- a) Levantar as taxas de geração de viagens disponíveis, isto é, viagens de veículos por PGV por dia (útil e de final de semana), por horário de pico da manhã e da tarde, e proporção de entradas e saídas para o local;
- b) Checar a utilização das taxas sugeridas pelo *Transportation Research Record* e suas referências;
- c) Verificar as taxas do ITE no documento “*Trip Generation Guide, 7th Edition, 2003*”;
- d) Desenvolver uma taxa de viagens se as taxas disponíveis não forem compatíveis com as especificidades, pesquisando o local projetado para o horário de pico e o volume diário de tráfego num dia útil e de final de semana típica;

- e) Selecionar a taxa de geração de viagens mais apropriada e aplicar às unidades propostas para encontrar a quantidade de viagens a ser gerada pelo empreendimento.

A principal referência para a geração de viagens é o trabalho desenvolvido pelo *Institute of Transportation Engineers* – ITE (1997), lembrando que esse modelo gera estimativas para uma realidade norte-americana sendo, portanto, recomendável o uso de modelos elaborados em compatibilidade com as condições locais.

Portugal & Goldner (2003) defendem que para melhor caracterizar o pólo gerador é recomendável que sejam feitas entrevistas ou aplicação de questionários para determinar a média de viagens de pessoas por dia e por modalidade de transporte, e o número de viagens gerado. É importante obter informações sobre o maior número possível de variáveis para determinar aquelas que melhor explicam e envolvem a geração de viagens.

A partir dos dados sobre as viagens produzidas pelo pólo gerador (variável dependente) e sobre as variáveis independentes ou explicativas, é possível estabelecer taxas e modelos de previsão de geração de viagens. O ITE estabelece taxas distintas para diferentes categorias de empreendimentos, adotando a análise de regressão, com equações sob a forma linear ou logarítmica. Os resultados produzidos pelo ITE para apenas alguns tipos de uso de solo selecionados são apresentados na Tabela 1. Para cada um deles são fornecidos o número de estudos realizados, a variável explicativa empregada (com seu valor médio observado indicado entre parêntesis abaixo do número de estudos e registrado na coluna anterior), a taxa de variação de viagens (automóveis) por unidade de tempo. Nesse estudo, foram consideradas as viagens produzidas ao longo do dia, que pode ser um dia útil, um sábado ou um domingo, e ao longo da hora de pico, que pode se referir ao pico da manhã ou da tarde. São considerados o tráfego nas vias adjacentes ou o do próprio empreendimento. Para alguns usos de solo, são também registradas as equações econométricas, linear ou logarítmica, sugeridas com os respectivos coeficientes de determinação. Ainda, em alguns casos, são citadas os percentuais de entrada ou saída do tráfego do estabelecimento, normalmente quando elas se afastam da situação de equilíbrio, isto é, 50% entrando e 50% saindo. A tabela 1 do ITE relativa ao ano de 2003 não apresenta modificações quanto às taxas e modelos de geração de viagens referentes à categoria 'Institucional'.

TABELA 1: Taxas e Modelos de Geração de Viagens

TABELA 3.4c Taxas e modelos de geração de viagens, com relação à categoria de empreendimento (alojamento, recreativo, institucional e saúde) (ITE, 1997)

Categoria	Uso do solo	N.º de estudos (X médio)	Unidade ou variável explicativa (X)	Taxa média de viagens geradas por unidade de tempo (Intervalo)	Equação (R ²)
Alojamento	Hotel	3 (250)	N.º de quartos ocupados	0,87/hora de pico do sábado (0,65 – 1,05)	—
		19 (252)	N.º de quartos ocupados	0,71/hora de pico do tráfego dia útil (0,25 – 1,11)	$1,150\ln X - 1,255$ (0,58)
		8 (138)	N.º de empregados	1,10/hora de pico do sábado (0,67 – 1,75)	$0,690 X + 55,734$ (0,55)
	Motel	13 (87)	N.º de empregados	1,24/hora de pico da tarde (0,48 – 4,00)	$0,552\ln X + 2,320$ (0,83)
Recreativo	Parques nacionais	6 (101)	N.º de acres	12,14/sábado (4,04 – 24,74)	$36,307X - 2445,122$ (0,79)
	Teatro sem matinê	1 (1.236)	N.º de assentos	0,32/hora de pico da tarde em dia útil 0,36/hora de pico de sábado	—
	Teatro com matinê	5 (2.539)	1.000 feet ² área bruta construída (= 92,903 m ²)	28,61/hora de pico de sábado (4,75 – 37,95)	—
	Centros recreacionais	2 (89)	1.000 feet ² área bruta construída (= 92,903 m ²)	2,68/hora de pico da manhã	—
Institucional	Colégios de ensino fundamental e ensino médio	34 (558) 18 (761)	N.º de estudantes	0,11 – 0,71/hora de pico da manhã 0,14 – 1,29/hora do pico do tráfego (7 às 9 h)	—
	Universidade	5 (2.463)	N.º de estudantes	0,24/hora de pico da tarde (0,20 – 0,44) (70% saindo)	$0,195X + 100,481$ (0,97)
	Igreja	8 (19)	1.000 feet ² área bruta construída (= 92,903 m ²)	1,4/hora de pico do tráfego – 16 às 18h (0,78 – 4,04)	$0,490\ln X + 1,847$ (0,58)
Saúde	Hospital	14 (332)	N.º de leitos	1,41/hora de pico da tarde (0,80 – 2,38) (64% saindo)	$0,909\ln X + 0,823$ (0,70)
		5 (180)	1.000 feet ² área bruta construída (= 92,903 m ²)	1,75/hora de pico (1,20 – 2,63)	$0,474\ln X + 3,293$ (0,64)
	Clínica	2 (112)	1.000 feet ² área bruta construída (= 92,903 m ²)	31,45/dia útil (23,79 – 50,74)	—

Fonte: Portugal & Goldner (pg. 69, 2003).

2.3.1.3 Distribuição de Viagens

Segundo o conceito de Portugal & Goldner (2003), a distribuição de viagens refere-se às ligações ou fluxos entre as várias vias do sistema a ser analisado, para o qual os cálculos de geração de viagens foram realizados. Em outras palavras, o

quantitativo de viagens geradas é distribuído espacialmente e alocado na rede de transportes, representando assim as complexas interações entre origens e destinos. Diversos métodos são utilizados na distribuição de viagens, entre eles os relacionados a fatores de crescimento, nos quais os fatores de crescimento são aplicados aos movimentos de origem/destino, e os modelos gravitacionais, que são comumente adotados.

Os métodos de fatores de crescimento requerem como dados de entrada, segundo Portugal & Goldner (2003), resultados de uma pesquisa de origem e destino bem abrangente e não podem ser usados para prever os padrões de viagens em áreas onde se espera que haja mudanças no uso do solo. Esses métodos tem sido aplicados com bons resultados para previsões a curto prazo em áreas onde o padrão e a densidade do desenvolvimento são estáveis. Fatores de atrito, também chamados de fatores de resistência à viagem, são considerados nesses métodos.

O modelo gravitacional se baseia na suposição de que as viagens entre pontos (origem/destino) são diretamente proporcionais à atração de cada ponto e inversamente proporcional a uma função de separação espacial entre os pontos. Este modelo acentua a importância dos valores específicos de atratividade e resistência à viagem, podendo levar em conta, neste sentido, as modificações futuras de uso de solo e as melhorias e facilidades dos sistemas de transporte. Os parâmetros de atração ou de resistência podem ser transformados em um único fator que combine todos os aspectos relativos a esses parâmetros.

Várias cidades brasileiras passaram por estudos de planejamento de tráfego nos quais as cidades foram divididas em zonas de tráfego, baseadas na distribuição e movimentação de veículos quando da montagem de suas matrizes origem/destino.

2.3.1.4 Divisão Modal

Portugal & Goldner (2003) definem a divisão modal como a divisão proporcional do total de viagens realizadas pelas pessoas, entre diferentes modos de viagens. É um estudo qualitativo para identificação dos diferentes meios de transporte que servem um PGT. A escolha de um determinado modo de viagem é influenciada por diversos fatores, sendo que os mais significativos, observados em

estudos de escolha modal são a distância da origem ao destino e o propósito da viagem.

Segundo Bruton (1979),

“os modelos de divisão modal são divididos em duas grandes categorias: os modelos aplicados antes da etapa de distribuição de viagens e que atribuem uma parte da demanda total entre os diversos modos de viagem, conhecidos como modelos de pré-distribuição; e os modelos que atribuem porções de determinadas viagens, resultantes da etapa de distribuição de viagens, entre os diversos modos competitivos, conhecidos como modelos de pós-distribuição.” (BRUTON, 1979).

O procedimento adotado para estimar a divisão modal no processo de planejamento de transporte varia de acordo com o tipo de modelo usado.

2.4 Metodologias de Análise de Impactos

Existem vários modelos de avaliação dos impactos causados por pólos geradores de tráfego no sistema viário. Em metodologias brasileiras consultadas, observa-se que existe uma tendência à mudança de parâmetros no que diz respeito às viagens por automóvel, que sofre um crescente aumento a cada ano. Nos itens a seguir, as descrições de processos de algumas metodologias de análise, retiradas de Portugal & Goldner (2003).

2.4.1 Metodologia do USDOT

A metodologia desenvolvida pelo *United States Department of Transportation* (1985) é considerada a mais completa e permite a análise de impactos causados por pólos geradores de tráfego. Na primeira fase do processo é definida a área de estudo e são estabelecidos os parâmetros a serem considerados no projeto. Identifica-se o sistema viário principal e secundário, volume de tráfego, o horário de pico do tráfego existente, as projeções para uso do solo, acessos e restrições de circulação. Logo após estes procedimentos, são estimadas as características futuras do tráfego e da rede viária, sem a presença do PGT e depois são definidas as características do tráfego após a abertura do empreendimento. As taxas de geração de viagens são selecionadas e aplicadas e são determinados os modelos de

distribuição e alocação de viagens para a rede viária. Define-se o horário de pico para a situação futura e compara-se os resultados obtidos nesta configuração com os obtidos nas etapas anteriores, objetivando identificar as mudanças. A partir daí implementa-se o projeto de transporte através do desenvolvimento de planos alternativos para construção de acessos, projetos de sinalização, implementação de melhorias, negociação com órgãos financiadores e planejadores.

2.4.2 Metodologia do ITE

O método desenvolvido pelo ITE (1989) considera dois enfoques principais em relação ao tráfego – a previsão do tráfego não local e a previsão do tráfego gerado pelo PGT ou tráfego local.

O tráfego não local é definido como o fluxo de passagem que atravessa a área de estudo, sem origem ou destino na mesma ou também o fluxo gerado por outros empreendimentos da área de estudo, com origem e destino nessa área. Segundo Portugal & Goldner (2003) são utilizados três métodos para projeção do tráfego não local.

- Método *Build-up*: recomendado para áreas de crescimento moderado e consiste em estimar o horário de pico a ser gerado, a geração de viagens, a distribuição direcional dessas viagens, alocação do tráfego, estimativa de crescimento do tráfego de passagem, somatório do tráfego da área com o tráfego de passagem e por fim, checagem e ajuste dos resultados.
- Método de uso da área ou subárea do plano de transportes: utiliza resultados de estudos de planejamento de transportes para grandes projetos ou de impactos regionais.
- Método de taxas de crescimento: usado para pequenos projetos quando as taxas referentes aos cinco anos anteriores mostraram-se estáveis.

O tráfego local é definido como o fluxo de veículos que tem origem ou destino na área de estudo do PGT. Para a previsão de viagens, o ITE sugere a utilização de modelos específicos para diferentes tipos de uso de solo, constantes no *Trip Generation Guide, 6th Edition* (1997).

Inicialmente é recomendado observar as características locais e particulares de cada caso, definir adequadamente os horários de pico, as variações horárias e sazonais, utilizar dados recentes, observar a escolha modal e as categorias de viagens. A etapa seguinte da metodologia consiste no estudo de distribuição de viagens e alocação do tráfego local considerando o tipo de desenvolvimento proposto e as condições do sistema viário adjacente. Segundo relatório do ITE (1989), há três métodos comumente aceitáveis para estimar a distribuição de viagens. O método por analogia, no qual os dados oriundos de desenvolvimentos de porte semelhante são coletados e adaptados, por analogia, ao desenvolvimento projetado. Os modelos tradicionais de distribuição sendo que, o mais utilizado entre eles, é o modelo gravitacional. E o modelo de origem e distribuição baseado em dados socioeconômicos e demográficos detalhados por zona e disponíveis para o ano de estudo. A distribuição do tráfego local pode ser estimada e representada em porcentagem para cada zona ou direção de viagem.

2.4.3 Metodologia da CET-SP

A metodologia da Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo (CET-SP; 1983/reformulada em 2000), parte da estimativa do número de viagens geradas pelo empreendimento na hora de pico, obtida a partir de modelos econométricos. Estes números são posteriormente utilizados no dimensionamento dos estacionamentos e nas análises de impacto no tráfego. A área de influência é traçada em função da distância. Para cada rota de acesso é feita a alocação do volume gerado que, somado ao volume existente, fornece o tráfego resultante. A relação volume/capacidade do trecho da via é utilizada para análise do grau de impacto, que é feita separadamente para a área de entorno, para as vias de acesso e para áreas de agrupamento de grandes pólos. Observa-se na metodologia que as proposições são apresentadas de forma qualitativa, exigindo um conhecimento específico do assunto; a etapa de distribuição de viagens não é explicitada formalmente; são contempladas somente as viagens de automóvel; apresenta um modelo de dimensionamento do estacionamento, que é obtido pelo valor correspondente ao de geração de viagens multiplicado pelo tempo médio de permanência em horas por automóvel.

2.4.4 Metodologia Espanhola

Esta metodologia foi empregada em estudos de tráfego na região da Catalunha, Espanha, particularmente em Barcelona, na década de 90. Segundo Portugal e Goldner (2003) é uma metodologia baseada nos estudos de Calvet e Borrull (1995). Tem um enfoque geral, no qual se destacam os impactos no sistema viário analisados sob a ótica das quatro etapas tradicionais do planejamento de transportes: geração de viagens, distribuição modal, distribuição de viagens, demanda de veículos e dimensionamento do estacionamento.

2.4.5 Metodologia de Grandó

A metodologia de Grandó (1986) *apud* Portugal & Goldner (2003) se baseia na caracterização do PGT; na delimitação da área de influência; na classificação do sistema viário e de transportes; na utilização de modelos econométricos para a estimativa do número de viagens geradas nos horários de pico; na distribuição de viagens, definidas como porcentagens por zona de tráfego; na delimitação da área de acesso ao pólo; na seleção das vias e demais componentes viários que sofrem impacto direto das viagens ao PGT, denominados pontos críticos; na alocação do tráfego gerado aos pontos críticos; no levantamento do volume do tráfego existente e capacidade de vias e interseções; na determinação dos volumes totais de tráfego – volumes existentes mais volumes gerados; na avaliação da relação volume/capacidade das vias e grau de saturação; no dimensionamento do estacionamento obtido pelo produto entre o volume horário de projeto e o tempo médio de permanência dos veículos no estacionamento.

2.4.6 Metodologia de Cybis et al.

A metodologia desenvolvida por Cybis *et al.* (1999) *apud* Portugal & Goldner (2003) baseia-se no fato de que os estudos de impacto de pólos geradores de tráfego no Brasil tendem a se concentrar no potencial de geração de viagens, no dimensionamento de vagas de estacionamento, na avaliação das condições de

tráfego na rede viária circunvizinha aos empreendimentos e na determinação da capacidade dos acessos. A partir desta consideração, foi desenvolvida uma metodologia que busca determinar o impacto gerado por um complexo de estabelecimentos em uma rede viária abrangente, analisando as possibilidades de cenários futuros caracterizados pelo adensamento urbano.

A metodologia permite que seja verificada a necessidade de realizar melhorias no sistema viário tanto nas regiões adjacentes quanto fora da área de entorno imediata ao empreendimento. A primeira etapa da metodologia refere-se à caracterização da área de abrangência do estudo, subdividida em uma área mais próxima e uma mais distante (área de contribuição de tráfego) do empreendimento, e à caracterização dos padrões atuais de viagens através da construção de matriz de viagens por automóveis. Para o cálculo da geração de viagens são considerados os horários de pico, a influência destes picos na rede viária e a variabilidade de fluxos ao longo do dia visando analisar a pior situação resultante da combinação do tráfego existente mais o tráfego gerado. A etapa de distribuição de viagens geradas pelo empreendimento define as zonas de tráfego (ZT) de origem e destino das viagens e utiliza um modelo gravitacional no qual o potencial de atração de viagens de cada ZT para o empreendimento é proporcional à frota de automóveis da zona e que a incidência de viagens da ZT ao empreendimento é inversamente proporcional ao tempo de viagem entre eles. As outras etapas são dirigidas ao prognóstico do crescimento do tráfego a partir de cenários de adensamento de uso do solo, à alocação de viagens empregando técnicas de planejamento de tráfego e à avaliação dos cenários através de simulação.

2.4.7 Metodologia de Menezes

A metodologia de Menezes (2000) *apud* Portugal & Goldner (2003) incorpora os impactos ambientais ao processo de estudos de impactos de pólos geradores de tráfego. Dessa maneira, introduz como inovação, critérios de avaliação dos impactos do trânsito sobre o meio ambiente urbano, no processo de licenciamento o que inclui, a verificação dos níveis ambientais antes e após a implantação do PGV. É desenvolvido um estudo sobre os impactos que o sistema de transportes causa no meio ambiente, abrangendo emissões de poluentes e ruídos.

2.4.8 Metodologia de Portugal e Goldner

O processo de análise proposto, cuja estrutura é mostrada na Figura 2, reflete uma concepção abrangente, considerando os impactos no sistema viário vinculados ao tráfego de acesso e também as necessidades de armazenamento dos meios de transporte e de circulação de veículos e de pessoas. Segundo Araújo e Portugal (2001) *apud* Portugal e Goldner (2003), *apud*, essa análise deve considerar fatores qualitativos, expressos em termos de qualidade de vida, tais como limites de velocidade e fluxo.

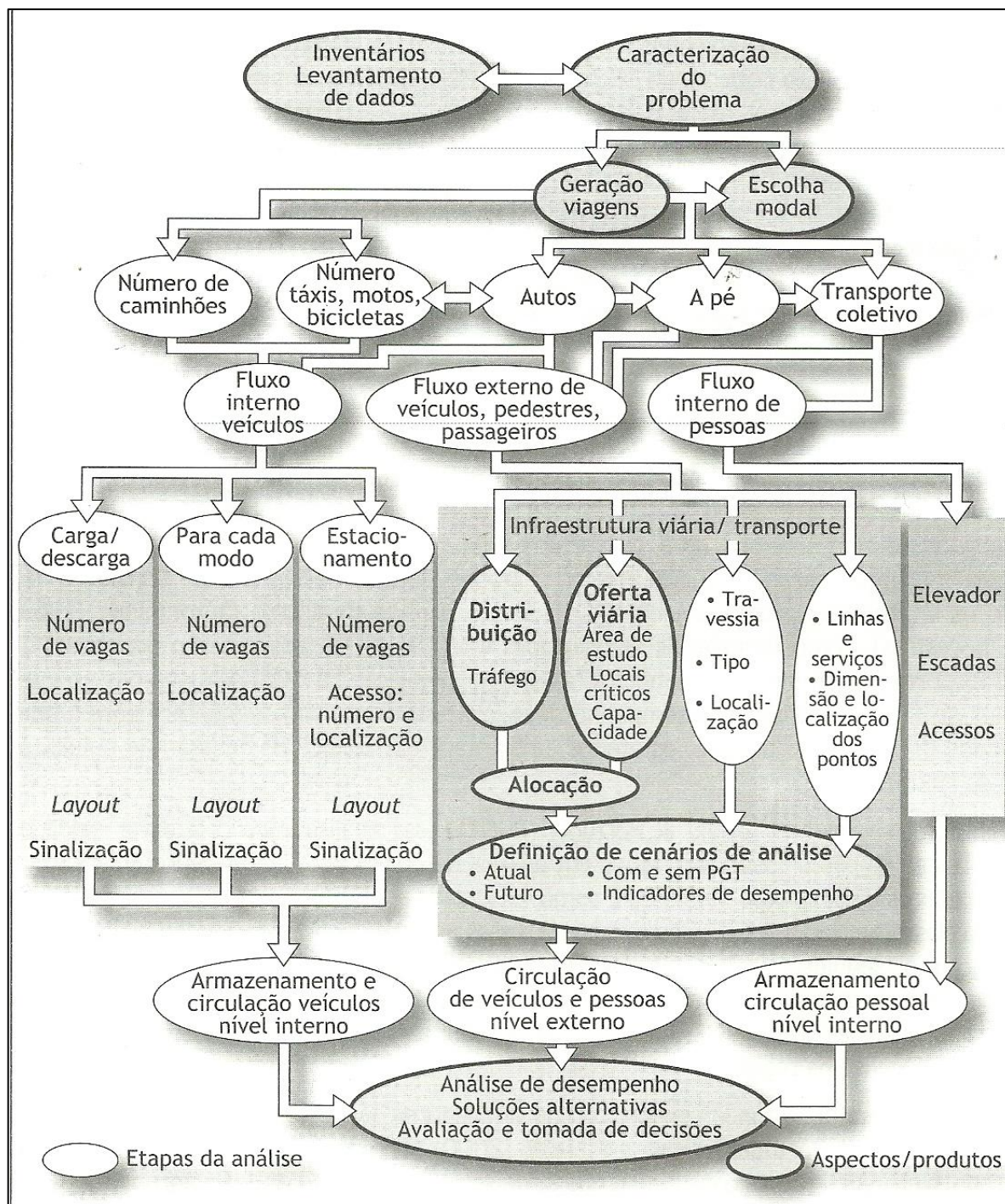


FIGURA 2: Estrutura Global de Análise – Portugal & Goldner
 Fonte: Portugal & Goldner (2003)

2.4.9 Critérios Relevantes Abordados nas Metodologias Estudadas

Como visto, comumente os estudos de impactos nos sistemas viário e de transporte consideram procedimentos e parâmetros similares levando em conta, no entanto, as especificidades do objeto de estudo. As metodologias aqui descritas

apresentam características semelhantes na maneira de compreender e considerar o fenômeno a ser modelado e foram por isso, previamente selecionadas no intuito de contribuir para esta pesquisa.

A metodologia do ITE considera como tráfego local, o fluxo de veículos que tem origem e destino na área de estudo e utiliza o modelo gravitacional para estimar a distribuição de viagens. Utilizamos como conceito de origem e destino dos fluxos no nosso processo, as entradas do Campus classificadas como principais e de uso representativo segundo pesquisas realizadas, e que possuem interface com a malha urbana de Belo Horizonte, e também as unidades prediais que compõem o território do Campus. As rotas de entrada e saída estão contidas nesta área e juntamente com as áreas de estocagem de veículos, compõem o tráfego local. A metodologia do ITE é bastante abrangente e incorpora etapas importantes, porém é necessário que se faça algumas adaptações para aplicação à nossa realidade.

Pontos importantes foram observados na metodologia utilizada pela CET-SP e adotados neste trabalho devido à adaptabilidade às características do fenômeno a ser modelado. A metodologia da CET-SP parte da estimativa do número de viagens geradas na hora do pico e estes números são posteriormente utilizados no dimensionamento dos estacionamentos e nas análises do tráfego. A área de influência é traçada em função da distância, o que faz parte das nossas propostas de análises através de modelos gravitacionais.

Associadas às metodologias apresentadas e ao cálculo de geração de viagens, estão disponíveis na bibliografia existente, as respectivas tabelas com equações de estimativas de modelos, fator de hora do pico e taxas de geração de viagens. Para diferentes usos de solo, são registradas estas equações com os respectivos coeficientes de determinação. Torna-se necessário procedimentos para estimar o volume de veículos atraídos na hora de pico, o volume estimado para um dia e o fator hora de pico (FHP) estabelecendo assim, as taxas e equação/modelo de produção de viagens. Estes parâmetros comuns presentes nas metodologias estudadas foram considerados nas análises desenvolvidas neste trabalho.

A seguir, na Tabela 2, são mostrados os aspectos mais relevantes e específicos encontrados em cada uma das metodologias e os critérios pertinentes à análise aqui desenvolvida.

TABELA 2: Aspectos Específicos e Comuns de Metodologias Estudadas

METODOLOGIAS	ASPECTOS RELEVANTES ESPECÍFICOS	SIMILARIDADES / CRITÉRIOS PERTINENTES À ANÁLISE DESENVOLVIDA
USDOT	Considerada a mais completa; permite a análise de impactos causados por pólos geradores em geral.	<p>Similaridade na compreensão do fenômeno a ser modelado.</p> <p>Utilização do conceito de origem e destino dos fluxos no processo, como locais contidos na área na área de estudo.</p> <p>Utilização de procedimentos e parâmetros comuns, considerando as especificidades dos objetos em estudo.</p> <p>Utilização de tabelas e equações de estimativas de modelos, fator de horário de pico e taxas de geração de viagens.</p> <p>Estimativa do número de viagens geradas considerando o horário de pico.</p> <p>Área de influência do pólo traçada em função da distância – análise através de modelos gravitacionais.</p>
ITE	Considera a previsão do tráfego não local e a previsão do tráfego gerado pelo PGT.	
CET-SP	Considera a estimativa do número de viagens geradas pelo empreendimento na hora do pico e contempla somente as viagens por automóvel.	
ESPANHOLA	Os impactos são analisados sob a ótica das quatro etapas tradicionais do planejamento de transportes: geração de viagens, distribuição modal, distribuição de viagens e demanda de estacionamentos.	
CYBIS ET AL.	Determinação do impacto gerado por um complexo de estabelecimentos em uma rede viária abrangente, e análise de cenários futuros.	
MENEZES	Incorpora os impactos ambientais ao processo, introduzindo critérios de avaliação dos impactos do trânsito sobre o meio ambiente urbano, no processo de licenciamento.	
PORTUGAL & GOLDNER	O processo de análise reflete uma concepção abrangente, considerando os impactos no sistema viário vinculados ao tráfego de acesso e também às necessidades de armazenamento dos meios de transporte e de circulação de veículos e de pessoas; considera também fatores qualitativos.	

3 O SISTEMA VIÁRIO DO CAMPUS UFMG

De acordo com a Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo, o território do município de Belo Horizonte é dividido em zonas que se diferenciam segundo os potenciais de adensamento e as demandas de preservação e proteção ambiental, histórica, cultural, arqueológica ou paisagística. O Campus da Pampulha está inserido no município (Figura 3) e seu território está subdividido nas classes descritas a seguir.

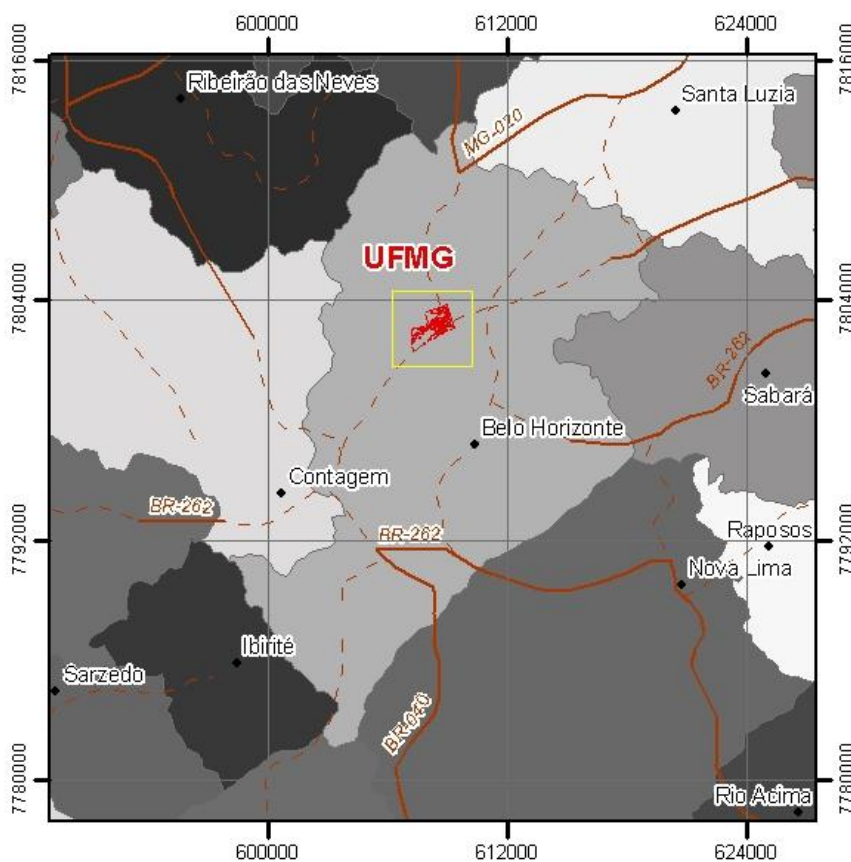


FIGURA 3: Localização do Campus Pampulha da UFMG no município de Belo Horizonte (Coordenadas UTM/Datum SAD-69)

- a) Zona de Preservação Ambiental – ZPAM: são regiões que, por suas características e pela tipicidade da vegetação, destinam-se à preservação e à recuperação de ecossistemas, visando garantir espaço para a manutenção da diversidade das espécies, propiciar refúgio à fauna, proteger as nascentes, as cabeceiras de cursos

d'água e evitar riscos geológicos. Na zona de preservação ambiental é vedada a ocupação do solo, exceto por edificações destinadas exclusivamente ao seu serviço de apoio e manutenção.

- b) Zona de Proteção 1 – ZP-1: são regiões sujeitas a critérios urbanísticos especiais, que determinam a ocupação com baixa densidade e maior taxa de permeabilidade, tendo em vista o interesse público na proteção ambiental e na preservação do patrimônio histórico, cultural, arqueológico ou paisagístico.
- c) Zona de Grandes Equipamentos – ZE: são regiões ocupadas por grandes equipamentos de interesse municipal ou a eles destinados. A maior parte do território do Campus se encontra nesta zona de classificação.

A presença nas áreas de entorno do Campus de importantes vias de tráfego e do Anel Rodoviário, possibilitou a preservação do Campus aos possíveis atravessamentos da rede viária, que certamente viriam a prejudicá-lo.

O Campus da Pampulha é delimitado a leste pela Avenida Presidente Antônio Carlos, ao norte pela Avenida Abraão Caram, a oeste pela Avenida Presidente Carlos Luz e ao sul pelo Anel Rodoviário e parte das avenidas Perimetral Sul e Espiridião Rosas. As principais vias de conexão do Campus com o contexto metropolitano de trânsito e transportes de Belo Horizonte são as avenidas Antônio Carlos e Carlos Luz.

A Av. Antônio Carlos é classificada como via arterial² e é operada em pistas duplas centrais e pistas marginais, com interseções controladas por semáforos. Esta via se constitui no principal eixo de ligação da área central à região norte do município. Localiza-se nesta avenida a principal portaria de acesso a UFMG, na interseção com a Av. Reitor Mendes Pimentel.

As avenidas Carlos Luz e Abraão Caram são também classificadas como vias arteriais. Em cada uma dessas vias está localizada uma portaria de acesso ao Campus. A avenida Marechal Espiridião Rosas (Perimetral Sul) é classificada

² Segundo o Plano Municipal de Classificação Viária e nos termos da Lei de Uso e Ocupação do Solo, via arterial é aquela via pública que apresenta significativo volume de tráfego, utilizada nos deslocamentos urbanos de maior distância, com acesso às vias lindeiras devidamente sinalizado.

como via local³ e ali se encontram duas portarias do Campus. O Anel Rodoviário / BR 262 caracteriza-se como via de ligação regional, o que contribui para a intensificação de conflitos entre o tráfego urbano e o interurbano.

Conforme mencionado, atualmente existem quatro portarias principais de acesso à área interna do Campus: a da Av. Carlos Luz (Catalão), da Av. Abraão Caram, da Av. Antônio Carlos e da Av. Perimetral Sul. Além dessas portarias, o Campus possui uma portaria de acesso exclusivo à Escola de Veterinária, que não permite aos veículos o acesso direto à área interna do Campus e uma portaria situada próxima ao Departamento de Química e ao CDTN. A partir das portarias de acesso encontram-se as vias internas do Campus que compõem sua rede viária.

3.1 Descrição e Características das Vias

O sistema viário interno do Campus foi concebido pelo Plano Diretor aprovado em 1968. As ruas possuem pista de rolamento com 10 metros de largura, em calçamento poliédrico, com calçadas de 5 metros. A Av. Reitor Mendes Pimentel possui duas pistas de rolamento com 9 metros de largura cada e canteiro central com 9 metros de largura, calçamento poliédrico e calçadas laterais de 5 metros de largura.

Há predomínio de mão dupla nas vias do Campus, exceto na parte que circunda o Quarteirão VII. As interseções viárias internas são feitas por rotatórias. Não há semáforos e nem sinais para travessia de pedestres. O sistema de circulação de pedestres constitui-se basicamente de calçadas pavimentadas ao longo das ruas e avenidas e de algumas travessias.

As propostas relativas ao sistema viário constantes no Plano Diretor de 1998 dizem respeito à implantação e ao tratamento de vias e estabelece diretrizes básicas para o gerenciamento de estacionamentos no Campus. As principais proposições são a complementação da Av. Perimetral Sul visando um acesso mais rápido e seguro a partir do Anel Rodoviário; a utilização do estacionamento do Estádio Magalhães Pinto (Mineirão); a criação de novas possibilidades de

³ Via local é aquela via pública com reduzido volume de tráfego, utilizada nos deslocamentos urbanos de curta distância.

acesso centro-campus pela Av. Antônio Carlos; o tratamento da Av. Mendes Pimentel por meio de medidas paisagísticas, alterações das pistas de rolamento, alargamento de calçadas; a ampliação dos estacionamentos existentes em no mínimo dois pisos; entre outras medidas propostas.

O Regulamento de Uso e Ocupação do Campus Pampulha (2009) consagra os seguintes princípios para o sistema viário:

Art. 1º O sistema viário do Campus da Pampulha deve manter o seu caráter local, privilegiando o trânsito de pedestres, de bicicletas e de veículos automotores de transporte coletivo interno.

Art. 2º Somente poderão ser acrescentadas ao atual sistema viário, vias para uso exclusivo de pedestres e vias para a circulação de bicicletas.

Parágrafo único Qualquer alteração nesse sistema viário deverá ser aprovada pelo Conselho Universitário, pelo voto favorável da maioria absoluta de seus membros.

Art. 3º O sistema viário já consolidado deverá receber tratamento urbanístico adequado e controle para tráfego calmo, circulação de pedestres, circulação de bicicletas e acessibilidade ambiental para todos.

O Campus da Pampulha é atendido por diversas linhas de ônibus do sistema de transporte urbano metropolitano, além de duas linhas próprias que circulam internamente: linha A, com 13 km de extensão e linha B, com 10 km de extensão. Os horários de pico dos transportes coletivos e do individual por automóvel, segundo pesquisas realizadas em trabalhos anteriores, ocorrem no início da manhã, no horário de almoço, no final da tarde e no início do horário noturno, coincidindo com o início e término dos turnos de aulas. Conseqüência da superposição de picos, a eficiência do transporte coletivo é prejudicada pelo tráfego intenso de automóveis, reduzindo a velocidade de percurso e, conseqüentemente, aumentando o tempo de viagem.

Segundo o que consta no regulamento de uso do solo da UFMG (2009), os estacionamentos nas vias em locais proibidos reduzem a largura e capacidade das pistas de rolamento, comprometem a segurança de pedestres e prejudicam o embarque e desembarque dos ônibus.

Devido à precariedade e ineficiência dos meios de transporte público ocorre a transferência de usuários para o transporte privado. Acredita-se que, existindo maior eficiência e melhor gerenciamento do sistema de transporte coletivo, um maior número de pessoas poderia utilizá-lo evitando o excesso de automóveis, o que poderia aliviar o sistema de tráfego como um todo, propiciando uma melhor mobilidade no Campus Pampulha.

3.2 Estacionamentos

Os estacionamentos no Campus se encontram localizados conforme os atratores de veículos que são as unidades administrativas, acadêmicas e de serviços de apoio, distribuídas em edifícios pelo território do Campus. A Figura 4 mostra a localização dos estacionamentos do Campus.

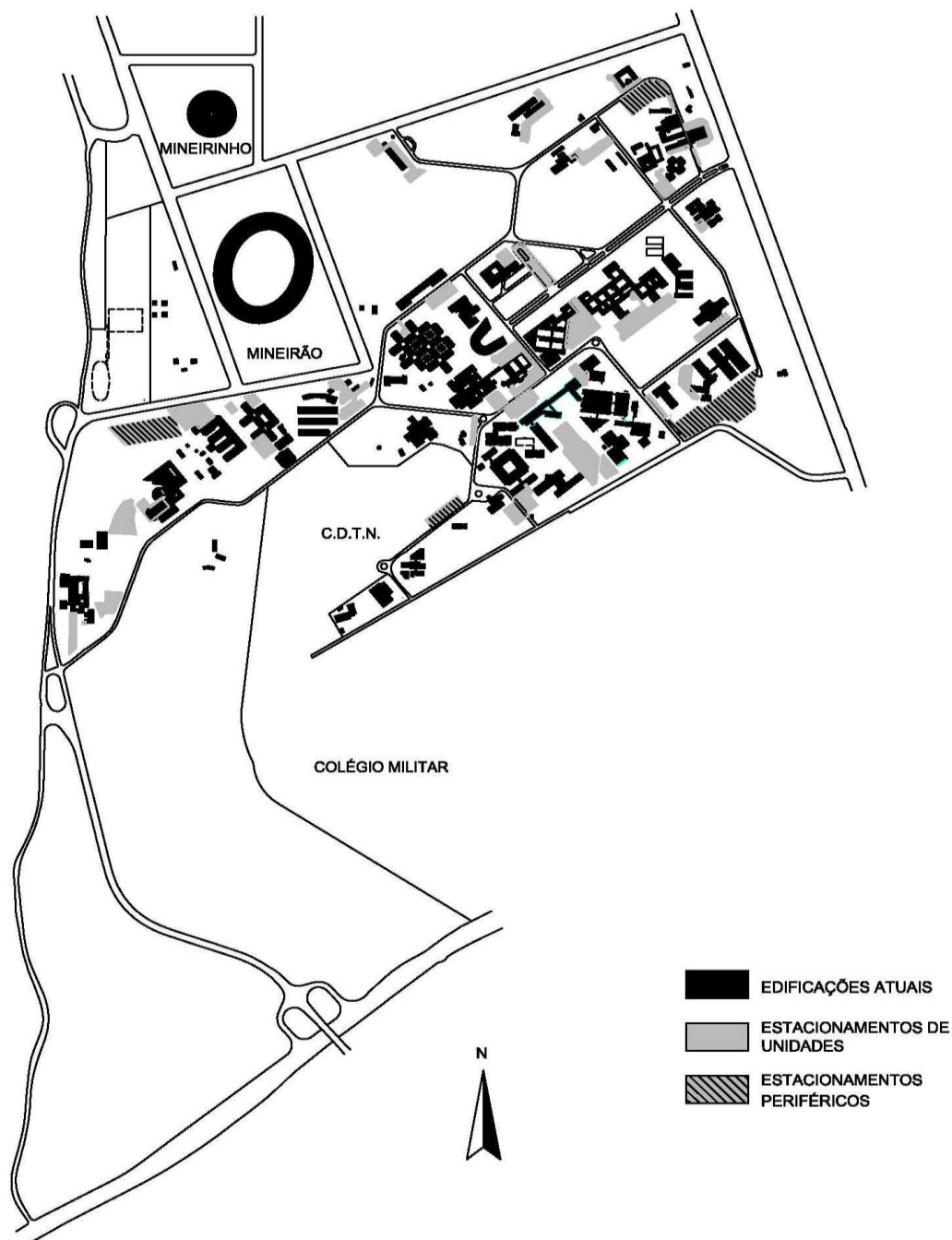


FIGURA 4: Localização de Estacionamentos

Fonte: Arquivo DPFO/UFMG

Observam-se no Campus vários pontos de concentração de fluxo, com aglomeração de pessoas e veículos, decorrentes da distribuição espacial das atividades e de prédios, o que provoca a existência de diferentes demandas por áreas para estacionamentos de veículos.

Atualmente, o gerenciamento dos estacionamentos é de responsabilidade de cada unidade, sendo que algumas delas optam pelo controle de acesso dos veículos como forma de reservar as vagas para seus usuários. São comuns estacionamentos controlados com vagas ociosas enquanto as vias estão superlotadas com veículos estacionados.

3.3 Estudos Existentes

Com a Lei 7277 de 1977, outorgada pelo Conselho Municipal de Meio Ambiente (COMAM), que instituiu o Licenciamento Ambiental e definiu os empreendimentos considerados 'de impacto', houve uma mudança na política de gestão ambiental dos municípios, com a implantação de medidas de controle e conservação do meio ambiente e da melhoria da qualidade de vida. Em decorrência desta política de proteção e do surgimento de normas e instrumentos para fins de licenciamento ambiental, a UFMG, em cumprimento às exigências vigentes, iniciou os processos de licenciamento para implantação (LI) das construções com área superior a 6000 m² no Campus. Conseqüentemente, foram executados os devidos Relatórios de Impacto na Circulação (RIC), o Plano Básico de Circulação e Relatórios de Controle Ambiental (RCA).

3.3.1 Relatórios de Impacto na Circulação – RIC

A partir do ano 2000, a Universidade iniciou um processo de ocupação planejada do Campus da Pampulha com a mudança de diversas faculdades que funcionavam em edificações antigas na região central de Belo Horizonte para o Campus. Assim sendo, fez-se necessária a contratação de Relatórios de Impacto na Circulação, parte integrante do RCA para o Licenciamento Ambiental, com o objetivo de viabilizar junto aos órgãos financiadores, a implantação dos citados

empreendimentos. O Relatório de Impacto na Circulação é um instrumento de análise que permite ao empreendedor, assim como à comunidade e aos agentes públicos envolvidos no processo de licenciamento, conhecer e avaliar o alcance e a intensidade dos impactos potenciais no sistema viário, no sistema de trânsito e transporte, na área de influência do empreendimento. Permite ainda orientar decisões concernentes às medidas mitigadoras e ou compensatórias, caso tais impactos sejam capazes de reduzir, de forma indesejável, a qualidade da circulação urbana.

A seguir são apresentados alguns resultados dos estudos realizados.

3.3.1.1 RIC Faculdade de Farmácia (Nov/2001)

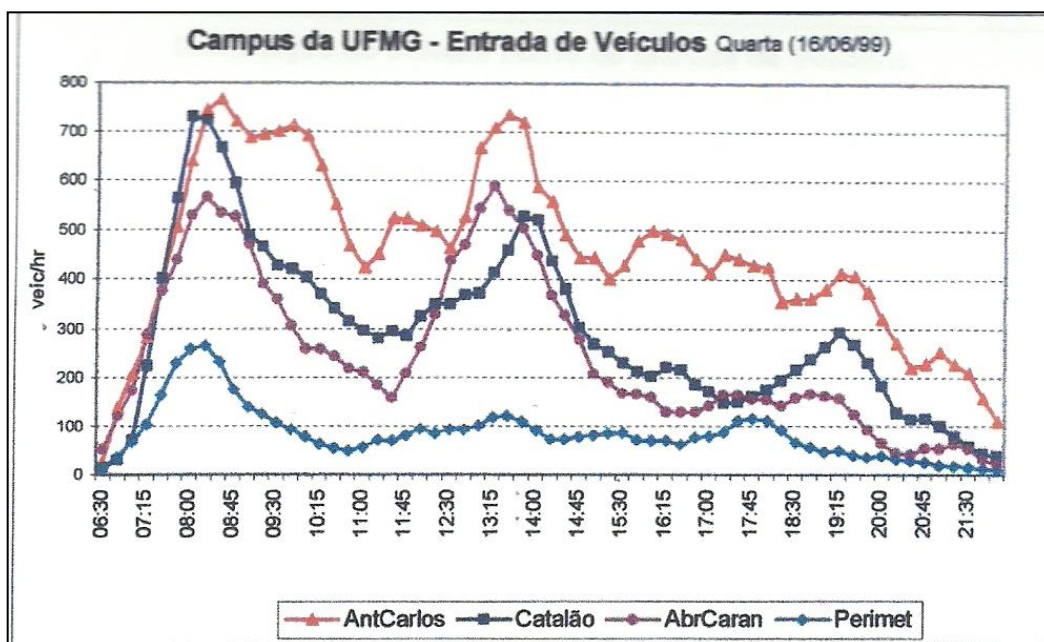


FIGURA 5: Volume Diário de Entrada de Veículos ao longo do dia segundo cada portaria da UFMG

Fonte: RIC FAFAR, 2001.

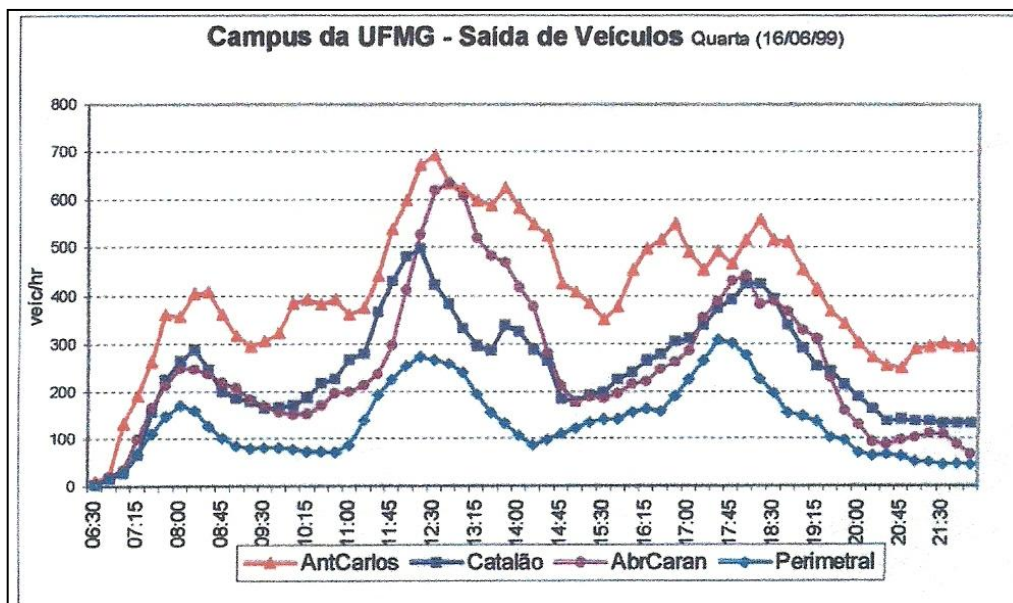


FIGURA 6: Volume Diário de Saída de Veículos ao longo do dia segundo cada portaria da UFMG

Fonte: RIC FAFAR, 2001.

TABELA 3: Horários-pico dos acessos ao Campus Pampulha da UFMG

Portarias	Entrada		Saída	
	Volume	Horário	Volume	Horário
Av. Antônio Carlos	1.029	07:15 08:15	691	11:30 12:30
Av. Carlos Luz	926	07:00 08:00	498	11:15 12:15
Av. Abraão Caram	591	12:15 13:15	633	11:45 12:45
Av. Perimetral	266	07:15 08:15	309	16:30 17:30

Fonte: RIC FAFAR, 2001.

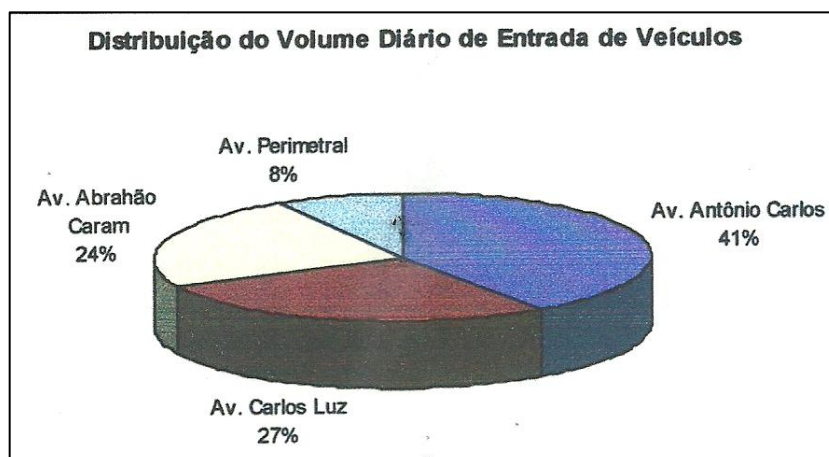


FIGURA 7: Distribuição do Volume Diário de Entrada de Veículos segundo cada portaria da UFMG

Fonte: RIC FAFAR, 2001.

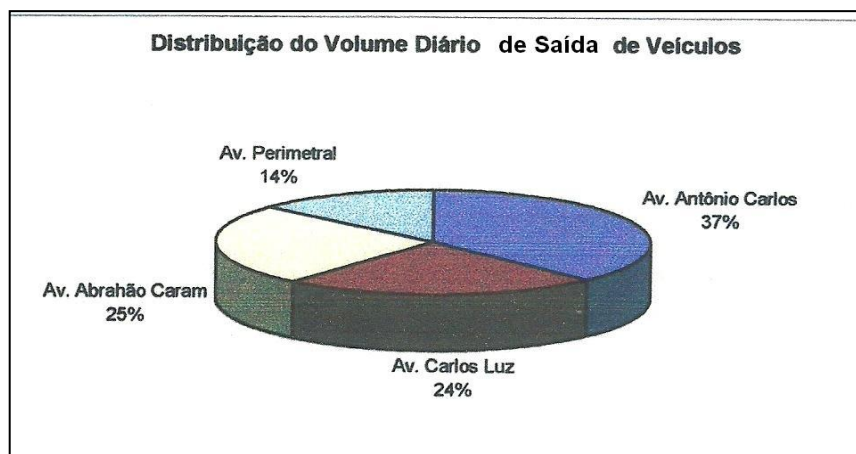


FIGURA 8: Distribuição do Volume Diário de Saída de Veículos segundo cada portaria da UFMG

Fonte: RIC FAFAR, 2001.

Como resultado da análise das figuras e tabela acima, foi concluído em relação às entradas do Campus:

- a) A Avenida Carlos Luz é responsável por um volume diário de entrada equivalente a 65% do volume diário da Avenida Antônio Carlos, entretanto apresenta um fluxo-pico de entrada igual à cerca de 90% do fluxo-pico da Avenida Antônio Carlos.
- b) A Avenida Abraão Caram apresenta um fluxo-pico de saída equivalente a 92% do respectivo fluxo da Avenida Antônio Carlos e um volume diário de saída da ordem de 68% do volume diário de saída da Avenida Antônio Carlos.
- c) A Avenida Perimetral Sul é responsável por um volume diário de saída 75% maior do que o seu volume diário de entrada. Este acréscimo pode ser causado pela maior facilidade de reingresso do fluxo na Avenida Antônio Carlos no sentido UFMG - Centro.

Nas avaliações realizadas levou-se em consideração, para cálculo de impacto da implantação da Faculdade de Farmácia em relação ao trânsito, o número de pessoas que seria acrescido à população já existente no Campus. Sendo assim, a demanda futura gerada foi considerada com base no percentual médio de acréscimo de pessoas que passariam a fazer uso da edificação depois de construída.

TABELA 4: Impacto do empreendimento em relação ao Campus

Item	Faculdade de Farmácia	UFMG	% de acréscimo	Média 1	Média 2
Professores	66	2.496	2,64%	1,99%	2,41%
Funcionários	89	4.354	2,04%		
Alunos de graduação	270	19.016	1,42%		
Alunos de pós graduação	82	4.437	1,85%		
Área Construída (m ²)	14.495	510.721	2,84%	2,84%	

Fonte: RIC FAFAR, 2001.

Para a realização do RIC da Faculdade de Farmácia foram realizadas contagens volumétricas de veículos e considerados dados de volumes veiculares fornecidos pela Gerência de Planejamento e Pesquisa (GEPLA) e pela Gerencia de Sinalização Semafórica (GESEM), ambas da BHTRANS, para o procedimento de análise das viagens geradas pela Faculdade de Farmácia. A Tabela 5 a seguir apresenta uma previsão de geração de viagens, considerando a taxa de crescimento da demanda apresentada na Tabela 4 e o resultado das contagens feitas para o Campus como um todo.

TABELA 5: Situação Atual x Situação Futura – Volumes de acessos e saídas do Campus

Portarias	Volume Atual		Volume Previsto		Incremento	
	Entrada	Saída	Entrada	Saída	Entrada	Saída
Av. Antônio Carlos	1.029	691	1.054	708	25	17
Av. Carlos Luz	926	498	948	510	22	12
Av. Abrahão Caram	591	633	605	648	14	15
Av. Perimetral	266	309	272	316	6	7

Fonte: RIC FAFAR, 2001.

Pelo estudo foi concluído que o empreendimento geraria baixo acréscimo percentual no volume de viagens atraídas e, conseqüentemente, baixo impacto no território do Campus. Assim, as viagens ocasionadas pela Faculdade de Farmácia deveriam ser absorvidas naturalmente pelo sistema existente.

3.3.1.2 RIC Escola de Engenharia e Faculdade de Ciências Econômicas

(Março/2003)

Para análise dos impactos gerados pela implantação da Escola de Engenharia e da Faculdade de Ciências Econômicas foram identificadas as rotas principais de chegada e de saída, a análise da capacidade das vias e o Nível de

Serviço⁴ das interseções contidas dentro da área de influência das edificações, considerando o ano cenário de 2006 e o horário de pico de 07h15min às 08h15min.

Foram realizadas pesquisas de contagem volumétrica de veículos nas portarias do Campus e pesquisa de origem / destino com os usuários de cada unidade. Os dados resultantes foram utilizados para a determinação do volume de viagens geradas pelo empreendimento. Da pesquisa de origem e destino realizada em novembro de 2002 no Campus da UFMG pela TECTRAN, obteve-se em relação à divisão modal das viagens que 39,3% das viagens eram por automóvel⁵, 49,9% por ônibus e 10,8% a pé e por outros modos. Considerando o total de viagens atraídas⁶, pelo Campus e o total de usuários diretos entre alunos, professores e funcionários, chegou-se à taxa de 1,71 viagens atraídas por usuário por dia e conseqüentemente, à seguinte metodologia de geração de viagens:

$$V = 1,710 \times NU$$

$$V_{\text{atraídas no pico}} = V \times FHP_{\text{chegada}}$$

$$V_{\text{produzidas no pico}} = V \times FHP_{\text{saída}}$$

Onde:

V = número de viagens atraídas e produzidas pela unidade no dia;

NU = total de usuários da unidade;

$V_{\text{atraídas no pico}}$ = número de viagens atraídas pela unidade no horário de pico

$V_{\text{produzidas no pico}}$ = número de viagens produzidas pela unidade no horário de pico;

FHP = fator de hora de pico⁷.

Para o cálculo de demanda neste RIC, considerou-se o volume total de usuários por dia e a taxa de 1,71 viagens atraídas por usuário por dia, estimando-se assim um volume médio de viagens atraídas por dia, conforme Tabelas 6 e 7, da Escola de Engenharia e FACE respectivamente.

⁴ O indicador usual para avaliar as condições operacionais de tráfego em um sistema viário é o Nível de Serviço – o qual se desdobra em seis faixas, delimitados por valores crescentes do grau de saturação da via, expresso pela relação entre o volume de tráfego e a capacidade viária (relação V/C).

⁵ Dentre os usuários deste modo de transporte, 31,5% utilizavam automóvel próprio, 5,4% pegavam carona com colegas e 2,4% eram passageiros em veículos conduzidos por familiares.

⁶ No caso das viagens atraídas adotou-se um FHP de 21,3%, correspondente à relação entre os 2.927 automóveis que chegavam pelas diversas portarias na hora de pico e o total de 13.734 automóveis que entravam diariamente no Campus da UFMG. O FHP das viagens produzidas corresponde a 4,6%, ou seja, 627 automóveis saíam do Campus da UFMG no período de 07h15min às 08h15min. Cf. Relatório de Impacto na Circulação. EE e FACE da UFMG, março de 2003.

TABELA 6: Geração de Viagens - Escola de Engenharia

Parâmetros básicos								
Usuários	Taxa de Geração de Viagens	FHP		Divisão Modal			Taxa de Ocupação	
		Atração	Produção	Automóvel	Ônibus	À Pé / Outros	Auto	Ônibus
2.575	1,710	0,213	0,046	0,393	0,499	0,108	1,16	47,62
(viagens atraídas / dia / usuário)								

Indicadores Principais		Viagens	Veículos (em UVP)
NMV auto	dia	1.730	1.493
	hora - atraídas	369	318
	hora- produzidas	80	69
NMV ônibus	dia	2.197	103,81
	hora - atraídas	468	22,11
	hora- produzidas	101	4,78
NMV a pé/outros	dia	476	
	hora - atraídas	101	
	hora- produzidas	22	

Nº Viagens Atraídas (por dia)	4.403
----------------------------------	-------

1 auto = 1 UVP

1 ônibus = 2,25 UVP

NMV = nº médio de viagens

Fonte: RIC EE/FACE,2003

TABELA 7: Geração de Viagens - FACE

Parâmetros básicos								
Usuários	Taxa de Geração de Viagens	FHP		Divisão Modal			Taxa de Ocupação	
		Atração	Produção	Automóvel	Ônibus	À Pé / Outros	Auto	Ônibus
2.235	1,710	0,213	0,046	0,393	0,499	0,108	1,16	47,62

(viagens atraídas / dia / usuário)

Indicadores Principais		Viagens	Veículos (em UVP)
NMV auto	dia	1.502	1.296
	hora - atraídas	320	276
	hora- produzidas	69	60
NMV ônibus	dia	1.907	90,10
	hora - atraídas	406	19,19
	hora- produzidas	88	4,14
NMV a pé/outros	dia	413	
	hora - atraídas	88	
	hora- produzidas	19	

Nº Viagens Atraídas (por dia)	3.822
-------------------------------	-------

1 auto = 1 UVP

1 ônibus = 2,25 UVP

NMV = n° médio de viagens

Fonte: RIC EE/FACE,2003

*UVP = Unidade de Veículo Padrão

Na Tabela 8 são mostrados os volumes de viagens geradas por automóveis, pelas unidades, no horário de pico de um dia típico, medidos em unidades de veículo padrão UVP / hora.

TABELA 8: Geração de Tráfego

E.ENG / FACE: Geração de Tráfego na Hora de Pico			
Fluxo em UVP / Hora	Cenário em 2006		
	E.ENG	FACE	TOTAL
Atraído ("chega")	318	276	594
Produzido ("sai")	69	60	129

Fonte: RIC EE/FACE,2003

O dimensionamento de vagas para estacionamento de veículos foi calculado de acordo com a Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo (LPOUS) que exige o mínimo de uma vaga de estacionamento para cada 50m² de área líquida construída do empreendimento, mais o adicional de uma vaga para cada 300 m² de área líquida, por se tratar de empreendimentos atratores de veículos (conforme artigo 99 da Lei nº 8.137 / 2000). Assim, conhecendo as áreas líquidas das duas unidades, chegou-se ao número mínimo de vagas exigidas pela legislação.

A demanda real de vagas para estacionamento foi calculada considerando os resultados da pesquisa de origem e destino dos usuários e da contagem classificada volumétrica de veículos nas portarias do Campus, realizadas em novembro de 2002. De acordo com a pesquisa OD e com a divisão modal das viagens geradas pela UFMG, o total das viagens por automóvel é de 39,3%. Desse total, o percentual de usuários que utilizam automóvel próprio, ou seja, que realmente demandam vaga para estacionar (desta maneira foram considerados os caronas) corresponde a 31,5% do total de viagens geradas.

A relação entre o estoque de veículos no período de maior concentração, de acordo com a contagem classificada volumétrica de veículos e o volume total de veículos que entram no Campus durante todo o dia, é igual a 0,307.

Desta forma estimou-se que o número de vagas de estacionamento efetivamente necessário em cada unidade, é da ordem de 30,7% do volume total de viagens por automóvel:

$$NV = (V_{\text{atraídas no dia}} * 0,315) * 0,307$$

$$NV = 0,0967 * V_{\text{atraídas no dia}}$$

Onde

NV = número de vagas necessário em cada unidade

$V_{\text{atraídas no dia}}$ = número de viagens atraídas pela unidade no dia.

Neste Relatório de Impacto na Circulação foram considerados aspectos relativos a vagas para carga e descarga, embarque e desembarque de passageiros, adequações no sistema viário e de circulação, dentre outros e, nele consta um item relativo à proposição de medidas mitigadoras.

3.3.1.3 RIC Centros de Atividades Didáticas (2008)

Conforme já mencionado, encontra-se em processo de implantação no Campus da UFMG, os prédios que abrigarão os Centros de Atividades Didáticas – CADs, pertencentes ao projeto de reestruturação e de ampliação de vagas nas Universidades – REUNI.

Cabe aqui tratar separadamente o Relatório de Impacto na Circulação referente ao Centro de Atividades Didáticas das Ciências Humanas e ao das Ciências Naturais, por terem sido feitos em setembro de 2008 e, por isso, nele constarem dados mais recentes a respeito do sistema viário do Campus. Os dois edifícios terão capacidade para atender a um total de 4.640 pessoas, sendo 4.521 alunos, 84 professores e 35 funcionários. Parte destes usuários atualmente utilizam prédios já existentes, não constituindo, portanto, demanda adicional para o território do Campus. O dimensionamento do número de vagas de estacionamento considerou os valores estabelecidos pela Legislação Municipal. Para o CAD Ciências Naturais estão previstas 445 vagas dispostas no pilotis e no subsolo. Para o CAD Ciências Humanas foi reservada uma área descoberta para a construção de 120 vagas de estacionamento.

Foram consideradas como acessos ao Campus que farão a ligação com o município, as quatro portarias principais, citadas anteriormente no item 3.1.

A partir das pesquisas de contagem volumétrica nos acessos ao Campus e de origem/destino, realizadas pela TECTRAN em 2002, foi obtida a distribuição de fluxo nas entradas e saídas do Campus ao longo do dia conforme Figura 9.

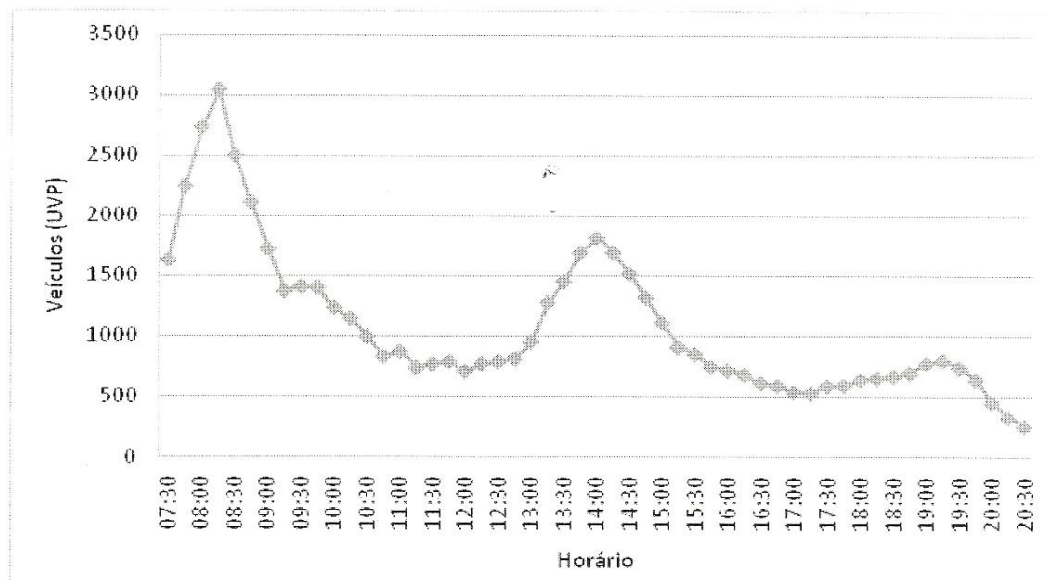


FIGURA 9: Distribuição diária de fluxo nas entradas do Campus

Fonte: RIC CAD, 2008

A partir da análise do gráfico concluiu-se que o período crítico de operação do Campus é pela manhã, onde há maior concentração de viagens. O período de 7:15 às 8:15 hs, identificado como hora de pico de acesso ao Campus, foi utilizado como horário de análise do tráfego.

Os fluxos de tráfego relacionados à entrada e saída do Campus foram expandidos proporcionalmente ao aumento do número de usuários da Universidade. Com base em dados obtidos junto à UFMG, houve um acréscimo de 58,1% de usuários, de 2003 a 2008, taxa de crescimento vinculada à transferência de unidades para o Campus e à geração de vagas universitárias.

Foi considerado o fato de que a Universidade dispõe de três linhas internas de transporte coletivo, que atendem gratuitamente aos usuários do Campus, garantindo assim a interação destes com todo o sistema de transporte do entorno.

Para este RIC foi utilizado o modelo de geração de viagens desenvolvido pela TECTRAN, em 2002, que considerou os seguintes parâmetros para determinação do índice de viagens atraídas por usuário:

- a) 39,3% dos usuários utilizando o modal automóvel para acessar o Campus;
- b) taxa média de ocupação dos automóveis de 1,16 passageiros/veículo;
- c) 13.734 automóveis acessando o Campus diariamente;
- d) 23.695 usuários entre alunos, professores e funcionários.

O emprego de uma metodologia própria para a UFMG justificou-se pelo perfil diferenciado dos usuários da Universidade. Os cálculos de geração de viagens foram feitos considerando o aumento do número de usuários no Campus relacionados ao aumento de vagas criado pelo Programa REUNI, o qual justificou a construção dos prédios aqui tratados. Foi considerado o aumento gradual do número de usuários ao longo dos anos, que se estabiliza somente em 2014, quando o acréscimo de usuários chegará a 5.804, conforme previsão.

A partir do modelo de geração de viagens utilizado, foram efetuados os cálculos de estimativas de viagens:

$$V_{ger}^d = 1,71 \times NU$$

$$V_{atr}^h = V_{ger}^d \times PHP_{cheg}$$

$$V_{prod}^h = V_{ger}^d \times FHP_{saida}$$

Onde:

V_{ger}^d = viagens geradas ao longo do dia;

NU = número de usuários;

V_{ger}^d = viagens atraídas no horário de pico;

V_{prod}^h = viagens produzidas no horário de pico;

PHP_{cheg} = percentual de viagens atraídas no horário de pico;

PHP_{saida} = percentual de viagens produzidas no horário de pico.⁸

Considerou-se que o acréscimo do número de usuários será maior à noite do que de dia, devido ao aumento de vagas e abertura de cursos noturnos, portanto os percentuais de viagens na hora do pico da manhã tendem a estabilizar. Utilizando os valores obtidos em 2002, o trabalho foi realizado com certa margem de segurança. A partir do acréscimo de 5.804 usuários ao longo do dia e os percentuais de hora de pico de chegada e de saída iguais a 20,6% e 5,1% respectivamente, obteve-se a geração de viagens apresentada na Tabela 9.

⁸ Viagens *atraídas* são viagens geradas na chegada dos veículos/usuários ao Campus; Viagens *produzidas* são viagens geradas na saída dos veículos/usuários do Campus; As viagens geradas podem ser por automóvel, ônibus, a pé e outros modos de transporte.

TABELA 9: Volume de Viagens Geradas pelo Aumento de Vagas

Período	Volume de Viagens Geradas (1,71*NU)		
	CAD C. Naturais	CAD C. Humanas	Total
por dia	4771	5154	9.925
chegada na hora de pico	982	1.061	2.044
saída na hora de pico	242	262	504

Fonte: RIC CAD, 2008

Para a definição da divisão modal foram utilizadas informações retiradas do estudo de tráfego realizado pela TECTRAN (2003) no qual, através da realização de entrevistas com os usuários do Campus, obteve-se que 39,3% dos usuários faziam uso de automóvel, 49,9% de ônibus e 10,8% a pé /outros. Aplicando-se estes percentuais aos valores de geração de viagens resultou, para o horário de pico na Universidade, a condição de geração de viagens mostrada na Tabela 10. Como pode ser observado, a maior parte dos deslocamentos gerados ocorre utilizando os modais automóvel e ônibus.

TABELA 10: Geração de Viagens Geradas por Modal de Transportes

Modo de Transporte	CAD Ciências Naturais		CAD Ciências Humanas		Total	
	Atraídas	Produzidas	Atraídas	Produzidas	Atraídas	Produzidas
Automóvel	386	95	417	103	803	198
Ônibus	490	121	530	131	1.020	252
A pé / outros	106	26	115	28	221	54

Fonte: RIC CAD, 2008

Considerando a taxa média de ocupação dos automóveis de 1,16 passageiros/veículo, foi calculado o valor real do aumento de tráfego gerado pela ampliação do número de vagas na universidade, utilizando-se a seguinte equação:

$$NV_{\text{autos}} = V_{\text{autos}} / T$$

Onde:

NV_{autos} = volume de veículos;

V_{autos} = viagens realizadas em automóvel;

T = taxa de ocupação veicular.

Os valores determinados para o volume adicional de veículos gerado no modal automóvel para o horário de pico é apresentado na Tabela 11.

TABELA 91: Volumes de Tráfego Gerados por Automóveis

Prédio	Tráfego Gerado (auto/hora)	
	Atraído	Produzido
CAD Ciências Naturais	336	82
CAD Ciências Humanas	359	89
Total	692	171

Fonte: RIC CAD, 2008

A este valor foi somado o aumento de tráfego gerado por ônibus, a fim de proceder à análise do impacto do empreendimento no trânsito. Foi feita uma comparação entre a demanda gerada pelo empreendimento e a oferta ociosa do sistema de transporte público, concluindo-se que não havia necessidade de oferta adicional de transporte público. Assim, os valores apresentados na Tabela 12 foram considerados como o volume total de viagens adicionais, em unidade de veículo padrão (UVP).

O dimensionamento da demanda por vagas em estacionamentos foi tratado de duas maneiras, de acordo com a Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo (LPOUS) e de acordo com as recomendações da BHTRANS para elaboração de RIC.

A LPOUS exige o mínimo de uma vaga para cada 75 m² de área líquida construída mais o adicional de uma vaga para cada 450 m², no caso de empreendimentos “atratores de veículos”⁹. Para o CAD Ciências Naturais seria necessário 133 vagas e para o CAD Ciências Humanas, 120 vagas.

O dimensionamento de acordo com a BHTRANS considerou os estudos específicos efetuados em 2002 e os seguintes aspectos relacionados aos estacionamentos no Campus:

- a) o pico de estocagem de veículos ocorre próximo às 10:30 hs, onde 30,7% dos veículos que acessam diariamente o Campus, encontram-se em suas dependências;
- b) embora 39,3% das viagens ocorra pelo modal automóvel, apenas 31,5% ocorre em veículo próprio.

Considerando-se as observações anteriores,

$$V = NU \times 1,71 \times 0,307 \times 0,315$$

$$V = NU \times 0,165$$

⁹ Conforme Artigo 99 da Lei nº 8.137 de 21/12/2000.

Onde:

V = número de vagas necessárias

NU = número de usuários.

De acordo com o acréscimo de usuários estabelecidos para 2014 igual a 2.790 usuários no CAD Ciências Naturais e 3.014 no CAD Ciências Humanas (total de 5.804, conforme calculado anteriormente), seriam necessárias, para atender à demanda nesse ano, 461 e 498 vagas de estacionamento, respectivamente. Foi considerado que qualquer demanda não atendida será absorvida pelas ruas locais próximas aos edifícios e internas ao Campus, caracterizadas neste estudo como área disponível de acumulação de veículos.

3.3.2 Plano Básico de Circulação

O planejamento de transporte define a infraestrutura necessária para assegurar a circulação de pessoas e mercadorias, dando acesso às edificações situadas junto ao sistema viário. A elaboração de um projeto viário tem como objetivo possibilitar ao usuário melhores condições de deslocamentos/mobilidade, acessibilidade, conforto e segurança. Tais fatores associados determinam a eficiência do sistema.

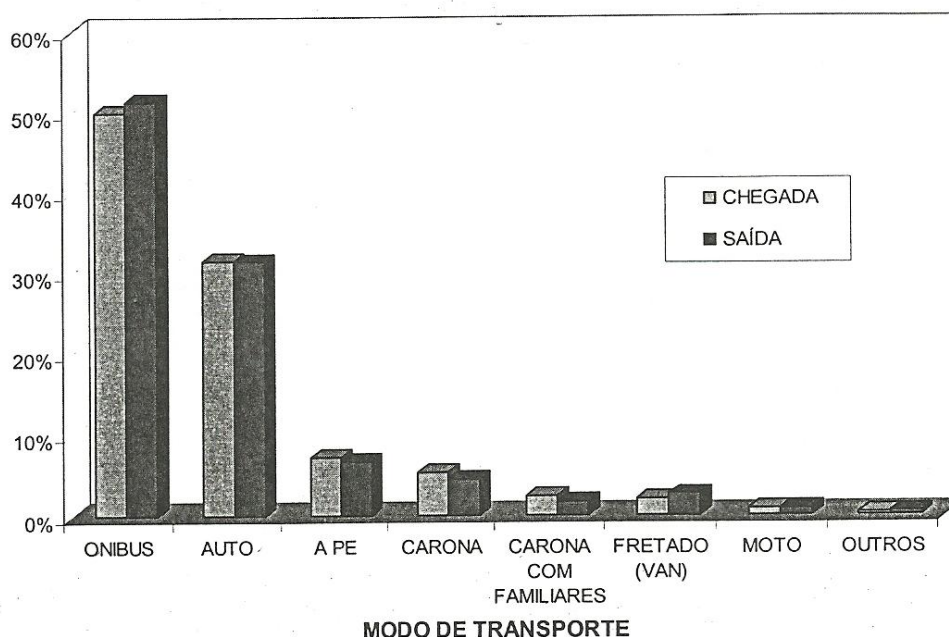
No plano básico de circulação do Campus foi desenvolvido pela TECTRAN, um estudo da funcionalidade do sistema viário, de trânsito e de transporte, considerando os fatores acima mencionados. O trabalho buscou identificar os diversos conflitos e propor um plano de circulação que tivesse como prioridade o conforto e segurança dos usuários da UFMG.

Foram executados levantamentos e cadastros de sinalização e uso do solo, cadastro fotográfico, pesquisa de origem e destino – OD, contagem classificatória de veículos e pesquisa de uso das vias.

Em relação aos modos de transporte utilizados, o mais representativo dos usuários do Campus constatado foi o ônibus, independentemente da unidade para a qual se dirige, ficando o automóvel em segundo lugar (Figura 10).

FIGURA 10: Divisão Modal de Transporte para Acesso ao Campus

Fonte: TECTRAN / 2003



Para a realização dos estudos de tráfego interno, foram utilizados os dados do horário de pico da manhã, 07h15min às 08h15min, por ter sido verificado ser este o responsável pela maior movimentação do tráfego na área de estudo.

Verificou-se que em algumas unidades do Campus, as áreas destinadas aos estacionamentos não estavam sendo capazes de absorver toda a demanda de veículos.

A demanda real de vagas para estacionamento em cada unidade foi identificada a partir dos resultados das pesquisas de origem e destino e da contagem volumétrica de veículos realizada. Esta metodologia estabelece uma relação entre o número de usuários por unidade, o modo de transporte utilizado e o estoque de veículos no Campus, de acordo com as seguintes premissas:

- o número de usuários (professores, alunos e funcionários) por unidade;
- a taxa de geração de viagens de 1,71 viagens atraídas por usuário por dia ao Campus, conforme a metodologia descrita no item 2.3.1.2 e considerando que cada usuário pode se deslocar no Campus mais de uma vez por dia, e também a entrada de usuários esporádicos em um dia típico;
- o percentual de usuários que se deslocam ao Campus utilizando veículo próprio e que realmente demandam vaga para estacionamento;

- d) a relação entre o estoque de veículos no horário mais carregado de acordo com a contagem classificada volumétrica de veículos e o volume total de veículos que entram no Campus durante todo o dia, igual a 0,307.

A estimativa de vagas de estacionamento foi assim formulada:

$$NV = NU * 1,71 * \%A * 0,307$$

$$NV = 0,525 * NU * \%A$$

Onde:

NV = número de vagas necessário em cada unidade

NU = número de usuários da unidade

%A = percentual de usuários com automóvel próprio por unidade.

Entretanto, devido à existência de visitantes/público externo que diariamente transitam pelo Campus, para a identificação mais precisa da demanda em cada unidade, levou-se em consideração também a contagem realizada de veículos que se encontravam no estacionamento e no sistema viário em seu entorno. Assim, em locais onde a demanda calculada foi inferior ao número de veículos estacionados, foi considerado o maior valor para efeito de demanda real (Tabela 12).

TABELA 12: Demanda de Vagas de Estacionamento

(continua)

Unidade	Usuários	Divisão Modal (Veículos)	Demanda Estimada ¹	Demanda Pesquisada em Campo	Vagas ofertadas	Necessidade de vagas	Vagas a acrescentar	Área (m ²)
1 Belas Artes	538	43,2%	122	80	42	SIM	80	2.000
1.1 Belas Artes (estacionamento)	538	43,2%	122	42	42			
1.2 Av. Reitor Mendes Pimentel (Belas Artes)				9				
1.3 Rua Eduardo Afonso Moraes (Belas Artes)				19				
1.4 Rua sem nome (Belas Artes e DSG)				10				
2 Escola de Música	383	27,9%	56	90	120	NÃO	-	-
3 DM	239	9,6%	12	20	25	NÃO	-	-
4 DSG	299	24,8%	39	27	42	SIM	8	200
5 ICB Estacionamento pago, Rua Baeta Viana e Rua "E"	3.089	33,7%	600	527	520	SIM	80	2.000
5.1 Instituto de Ciências Biológicas	2.950	37,3%	578	322	487			
5.1.1 Estacionamento				182	187			
5.1.2 Estacionamento Pago				140	300			
5.2 Rua Professor Baeta Viana				160				
5.3 Biblioteca Central	139	30,1%	22					
5.4 Rua "E" (Reitoria e Biblioteca Central)				45	33			
6 Escola de Educação Física	1.178	49,0%	164	115	94	SIM	70	1.750
6.1 Escola de Educação Física	638	49,0%	164	115	94			
6.1.1 Estacionamento				84	94			
6.1.2 Estacionamento (grama)				27				
6.1.3 Estacionamento (grama-Centro de excelência)				4				
7 Terapia Ocupacional e Fisioterapia	540	48,0%	136				136	3.400
8 Escola de Odontologia	801	44,2%	186	188	382	NÃO	-	-
8.1 Estacionamento Alunos				121	239			
8.2 Estacionamento Professores				67	143			
9 ICEX, PCA, Pça de Serviços, Mecânica, Química	5.048	34,2%	857	714	573	SIM	284	7.100
9.1 ICEX - C.Exatas	3.695	29,5%	573	281	363			
9.1.1 Estacionamento Professores				61	140			
9.1.2 Estacionamento Professores Dep. Física				38	41			
9.1.3 Estacionamento Alunos - Reitor Pires Albuquerque				102	102			
9.1.4 Estacionamento Alunos - Prof. Eduardo Frieiro				80	80			
9.2 Rua Reitor Pires Albuquerque (ICEX e PCA)				35				
9.3 PCA	880	44,6%	206	290	192			
9.3.1 Estacionamento Professores				18	22			
9.3.2 Estacionamento Alunos - Reitor Pires Albuquerque				170	170			
9.3.3 Estacionamento Alunos - Reitor Pires Albuquerque				60				
9.3.4 Estacionamento Alunos - Prof. Eduardo Frieiro				42				
9.4 Galpão Mecânica	180	36,0%	34					
9.5 Departamento de Química	100	36,2%	19					
9.6 Rua Samuel Caetano (Dep. Física e LEC Química)				27				
9.7 Estacionamento em frente ao ICEX				20				
9.8 Praça de Serviços	193	24,7%	25					
9.9 Rua Professor Eduardo Frieiro (Icex e FACE)				35	18			
9.10 Rua Galpão da Mecânica				6				
9.11 Rua Prof. Giorgio Shreiber (Setoria II Dep. Física)				20				
10 Instituto de Geociências	723	25,6%	97	65	70	SIM	27	683
11 FAFICH, LETRAS, Ciência Da Informação	4.379	24,3%	653	575	440	SIM	213	5.325
11.1 FAFICH	2.956	32,2%	500	276	286			
11.1.1 Estacionamento Av. Mendes Pimentel				85	87			
11.1.2 Estacionamento Rua Reitor Pires Albuquerque				191	199			
11.2 Escola de Ciência da informação	444	19,7%	46					
11.3 Letras	979	20,8%	107	150	154			
11.4 Rua Eduardo Mendes Guimarães				14				
11.5 AV. Reitor Mendes Pimentel (Reitoria e FALE)				135				
12 FAE com a Rua Professor Eduardo Alonso Moraes	535	32,8%	92	108	173	NÃO	-	-
12.1 FAE	535	32,8%	92	98	107			
12.2 Rua Professor Eduardo Alonso Moraes				10	66			
13 Centro Pedagógico	110	52,0%	30	29	43	NÃO	-	-
14 Centro de desenvolvimento da criança	62	49,2%	16	8	26	NÃO	-	-
15 Colégio Técnico	150	50,8%	40	39	80	NÃO	-	-
16 Imprensa Universitária	53	39,5%	11	8	16	NÃO	-	-
17 Restaurante Setorial II	130	19,0%	13	39	50	NÃO	-	-
18 Unidade Administrativa II	316	39,8%	66	125	174	NÃO	-	-
19 Unidade Administrativa III	190	34,1%	34	44	103	NÃO	-	-

(conclusão)

Unidade	Usuários	Divisão Modal (Veículos)	Demanda Estimada ¹	Demanda Pesquisada em Campo	Vagas ofertadas	Necessidade de vagas	Vagas a acrescentar	Área (m ²)
20 LEAT com a Rua Mário Werneck e Rua C				86	80	SIM	21	516
20.1 LEAT/Centro de Pesquisa e des. Eng. Elétrica				27	80			
20.2 Rua Mário Werneck e Rua C (LEAT)				59				
21 Reitoria	486	32,9%	84	121	179	NÃO	-	-
22 Escola de Veterinária	808	43,8%	186	246	353	NÃO	-	-
22.1 Estacionamento Catalão-Alunos				69	142			
22.2 Estacionamento Catalão-Clientes				11	11			
22.3 Estacionamento Catalão-Visitantes				8	8			
22.4 Estacionamento Catalão-Professores (superior)				34	40			
22.5 Estacionamento Catalão-Professores (inferior)				46	74			
22.6 Estacionamento interno UFMG-Alunos				78	78			
23 FACE - C. Econômicas			370	a construir	395		-	
24 Escola de Engenharia			426	a construir	909		-	
25 Faculdade de Farmácia			151	a construir	244		-	

¹Demanda Estimada = Usuários 1,71 * Divisão Modal de Veículos(%) * 0,307

Fonte: TECTRAN, 2003

Dentre as intervenções propostas com objetivo de melhoria das condições operacionais do sistema viário estão a reorientação de acesso aos pólos geradores de tráfego, a intensificação da sinalização indicativa, novas alternativas de circulação interna, alterações na geometria do sistema viário, novos projetos de acesso nas quatro portarias, o tratamento da Av. Reitor Mendes Pimentel com medidas de *traffic calming* privilegiando os deslocamentos dos pedestres, modificações operacionais nos estacionamentos, implantação de rotas de acessibilidade para portadores de necessidades especiais.

3.3.3 Relatórios de Controle Ambiental

Os estudos constantes nos Relatórios de Controle Ambiental – RCA, centram-se basicamente na avaliação da situação ambiental na área de influencia do empreendimento, assim como na proposição de medidas mitigadoras dos possíveis efeitos adversos decorrentes da implantação e/ou operação do referido empreendimento, subsidiando o processo de licenciamento, ao possibilitar ao órgão ambiental a análise das condições atual e futura.

Em 2003 na UFMG, foram contratados RCA's para a implantação das obras da Escola de Engenharia e da Faculdade de Ciências Econômicas. Este trabalho foi desenvolvido pela empresa ESSE Engenharia e Consultoria Ltda.

Nestes relatórios são avaliados aspectos dos meios físico, biótico e socioeconômico com o objetivo de se fazer um diagnóstico ambiental. No

diagnóstico do meio físico/biótico foram considerados aspectos geológico-geotécnicos, aspectos do clima, características morfológicas e topográficas e outros julgados relevantes.

Faz parte do processo, a análise dos impactos ambientais que o empreendimento poderá ocasionar nas fases de implantação e de operação, considerando as peculiaridades do projeto e o diagnóstico ambiental desenvolvido nas áreas de influencia do empreendimento. Os resultados da análise são apresentados em matrizes de avaliação dos impactos, nas quais é possível visualizar de uma forma global, todas as relações das ações com os fatores ambientais do meio no qual se pretende a implantação do empreendimento.

Dentre as recomendações e medidas propostas, está a implementação das intervenções constantes no RIC para minimizar os impactos sobre o tráfego local.

3.3.4 Estudo de Ocupação dos Estacionamentos do Campus da Pampulha

Este estudo, de autoria de Nunes *et al.* (2010), realizado por professores do Departamento de Transportes e Geotecnia da Escola de Engenharia em parceria com a Pró-Reitoria de Administração da UFMG (PRA) durante o ano de 2009, teve por objetivo diagnosticar o uso e a ocupação dos pátios de estacionamento internos aos prédios, bem como os estacionamentos ao longo das vias. Foram executados levantamentos nos locais de estacionamentos, em intervalos de 60 minutos, procedendo-se à contagem de veículos ali estacionados.

Segundo os dados constantes no trabalho, foi observado um total de aproximadamente 38.000 veículos em circulação por dia distribuídos na área do Campus. O estoque médio de automóveis varia ao longo do período de funcionamento, apresentando dois picos, um pela manhã e um à tarde, com valores muito próximos, conforme Figura 11.

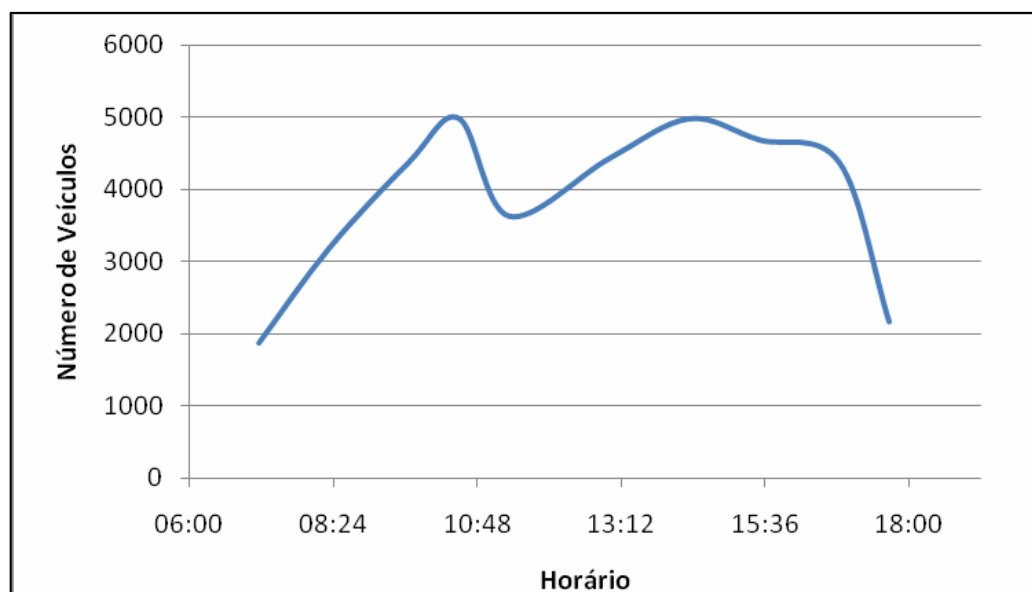


FIGURA 11: Estoque de Veículos no Campus da UFMG

Fonte: Nunes *et al.*(2010)

As diversas vias que compõem o sistema viário do Campus são distintas no que diz respeito ao volume de tráfego e à capacidade de estacionamento ao longo de seu traçado. A pesquisa realizada levantou a ocupação média das vagas disponíveis para cada via ou trecho de via. Foi verificado em várias dessas vias que, durante os horários de pico identificados na pesquisa – de 09h40min às 10h30min e de 14h20min às 15h30min, a taxa de ocupação superou 100%, considerando os inúmeros veículos estacionados irregularmente, isto é, em locais com regulamentação de estacionamento proibido. Foram construídos gráficos para visualização da taxa de ocupação das vias ao longo do dia. Para exemplificar é apresentado, na Figura 12, o gráfico referente ao trecho da Rua reitor Pires de Albuquerque no quarteirão do IGC. Verifica-se neste caso, uma ocupação média de 98%, apresentando picos entre 10h30min e 11h20min e de 15h30min às 16h50min. Salienta-se que ao longo do dia o trecho não apresenta ocupação inferior a 75%, atingindo nos picos acima mencionados, ocupação superior a 100%.

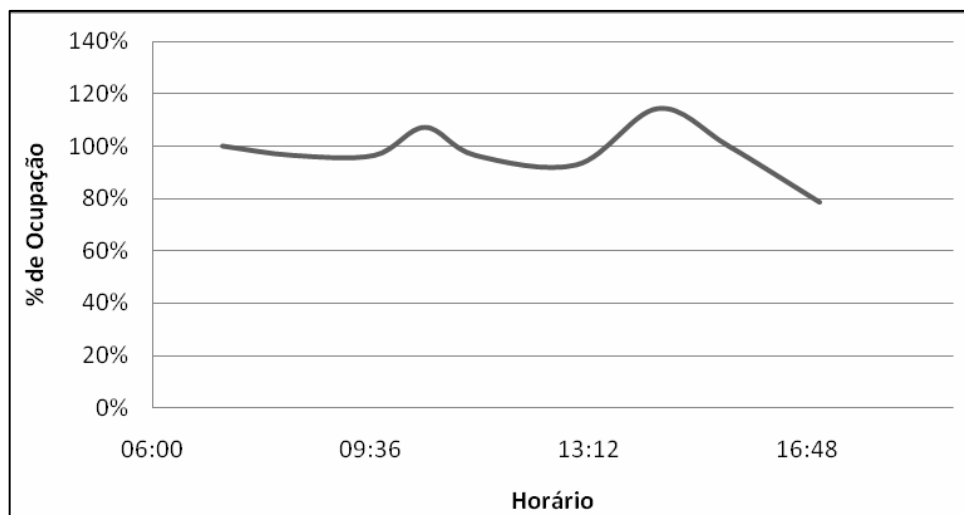


FIGURA 12: Ocupação por Faixa Horária – Rua Reitor Pires de Albuquerque
Fonte: Nunes *et al.*(2010)

A ocupação das vias do Campus na pior situação, denominada demanda crítica, observada durante a pesquisa realizada, é apresentada na Figura 13. A terminologia “via subocupada” significa via com disponibilidade de vagas de estacionamento, ou seja, oferta maior que a demanda crítica e “via superocupada”, aquela cuja demanda crítica por vagas de estacionamento em locais regulamentados supera a oferta de vagas. Na época da pesquisa o trecho da rua Prof. Eduardo Frieiro localizado em frente ao edifício da Biblioteca Universitária se encontrava em obras e foi por este motivo, classificado como via subocupada.

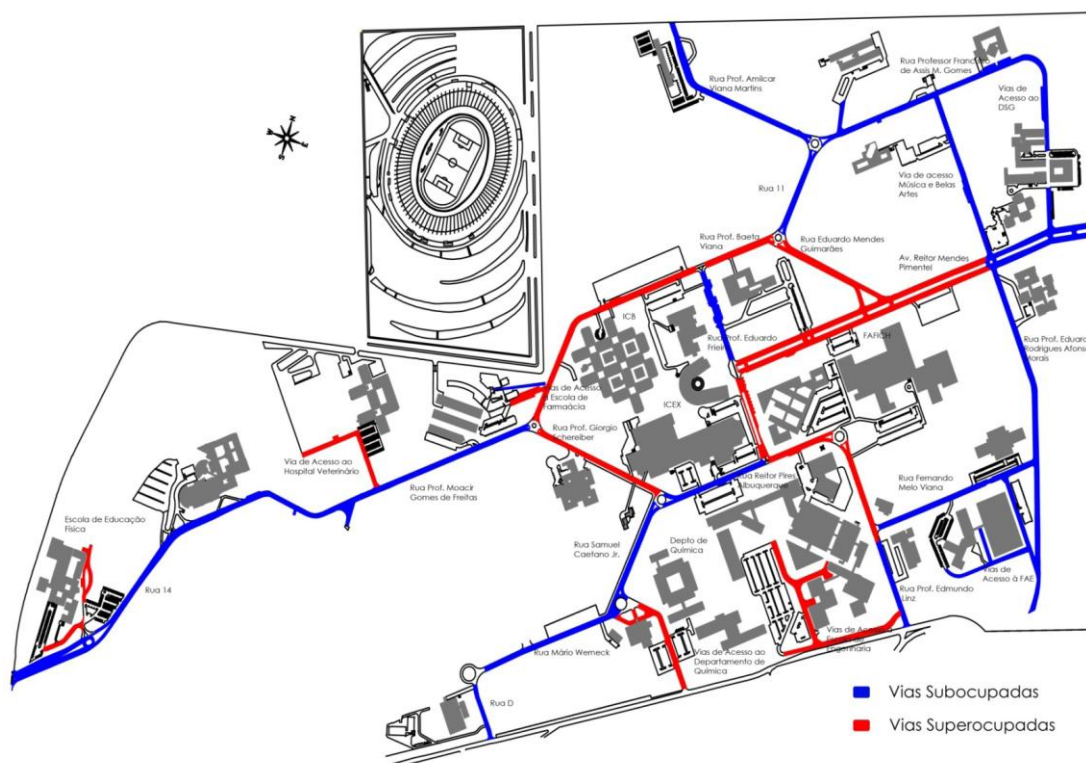


FIGURA 13: Ocupação das Vias do Campus

Fonte: Nunes *et al.*(2010)

A demanda crítica que representa o maior número de veículos estacionados observado durante a pesquisa, as vagas regulares disponíveis e o percentual de ocupação calculado em função da demanda crítica e da oferta das vias consideradas na pesquisa, são apresentadas na Tabela 13. De todas as 25 vias analisadas no Campus da UFMG, apenas seis apresentam ocupação menor que 50% ; seis vias apresentam estacionamento irregular ou seja, demanda em local com vagas ofertadas igual a zero. As vias com percentual de ocupação superior a 100% estão localizadas na região central do Campus, exceto as vias de acesso à Faculdade de Farmácia e Escola de Engenharia.

TABELA 103: Ocupação das Vias do Campus UFMG

ID	Trechos	Demanda Crítica	Vagas Ofertadas	% Vagas Ocupadas
A	Rua 14	0	0	
B	Via de acesso - Ed. Física e Fisioterapia	13	0	
C	Via de acesso - Fisioterapia	24	0	
D	Rua Moacir Gomes de Freitas	2	0	
E	Via de Acesso - Hospital Veterinário	45	0	
F	Via de Acesso - Farmácia	13	7	186%
G	Via de Acesso - Farmácia	9	23	39%
H	Rua Professor Giorgio Schereiber	69	56	123%
I	Rua Samuel Caetano Júnior	33	49	67%
J	Vias de acesso ao estacionamento do Dep. Química e L.E.A.T.	56	0	
K	Rua D / Rua Mário Werneck	14	63	22%
L	Vias de acesso à Escola de Engenharia	115	26	442%
M	Rua Professor Edmundo Linz	46	39	118%
N	Rua Reitor Pires Albuquerque	53	57	93%
O	Rua Professor Eduardo Frieiro	139	131	106%
P	Rua Professor Baeta Viana	243	166	146%
Q	Rua Professor Eduardo Mendes Guimarães	56	55	102%
R	Avenida Reitor Mendes Pimentel	371	338	110%
S	Rua Professor Eduardo Rodrigues Afonso Morais	11	227	5%
T	Rua Fernando Melo Viana	10	70	14%
U	Vias de acesso ao estacionamento da FAE	47	87	54%
V	Via de acesso Música e Belas Artes	34	70	49%
X	Via de acesso DSG	73	87	84%
Y	Rua Prof. Francisco de Assis M. Gomes	6	25	24%
Z	Rua Professor Amilcar Viana Martins	11	62	18%

Fonte: Nunes *et al.*(2010)

Assim como foi para os estacionamentos nas vias, a ocupação média das vagas disponíveis para cada pátio de estacionamento das diversas unidades do Campus também foi pesquisada e calculada. Na Figura 14, podemos observar a ocupação média encontrada de 73%, para o estacionamento da Fisioterapia. Nesta área foi constatada, durante a pesquisa, baixa ocorrência de estacionamento em áreas irregulares. No entanto, é importante enfatizar que esses estacionamentos irregulares acarretam uma ocupação de até 108% no horário de pico compreendido entre 9h40min e 10h30min, e superior a 90% no horário compreendido entre 14h20min e 15h30min.

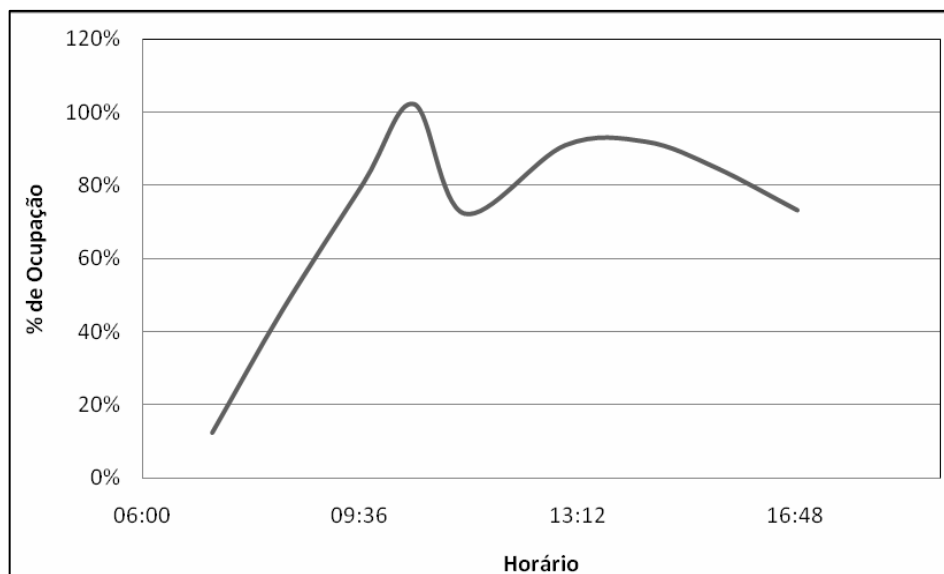


FIGURA 14: Ocupação por Faixa Horária – Estacionamento da Fisioterapia
Fonte: Nunes *et al.*(2010)

Cabe ressaltar que cada estacionamento vinculado às unidades foi classificado segundo a modalidade de acesso: livre e controlado. Foi verificada baixa taxa de ocupação em alguns setores enquanto outros setores da mesma unidade se encontravam com superlotação, no mesmo período de tempo. Na FACE, por exemplo, foi calculada uma ocupação média de 42%, com picos que não atingiram 60%, nos setores de estacionamento controlado. O estacionamento de livre acesso do ICEX apresentou uma ocupação média de 111%, taxa que revela a super ocupação da área e a existência de veículos estacionados irregularmente. O estacionamento controlado do ICEX apresentou uma ocupação média de 73%.

Nas Figuras 15, 16 e 1723 são mostradas a ocupação de cada pátio de estacionamento das diversas unidades do Campus apontando pátios com vagas disponíveis – subocupados, e com falta de vagas – super ocupados, bem como os estacionamentos com livre acesso e com acesso controlado.

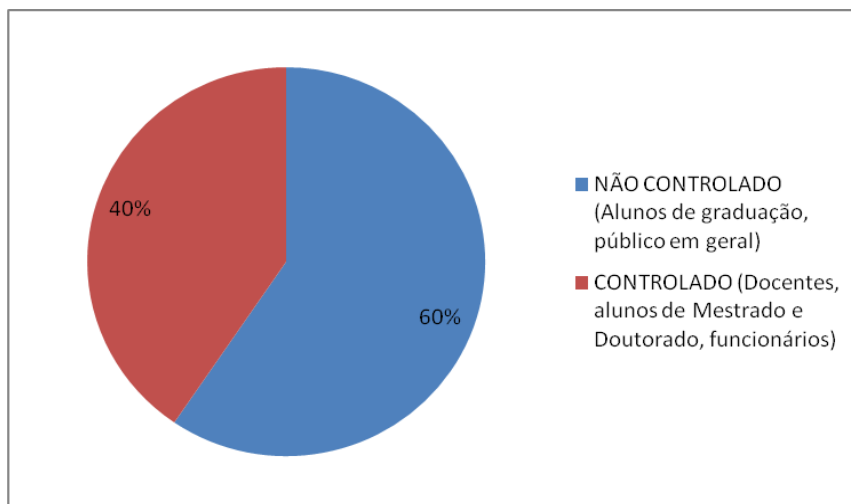


FIGURA 15: Distribuição dos Estacionamentos Controlados e Não Controlados

Fonte: Nunes *et al.*(2010)

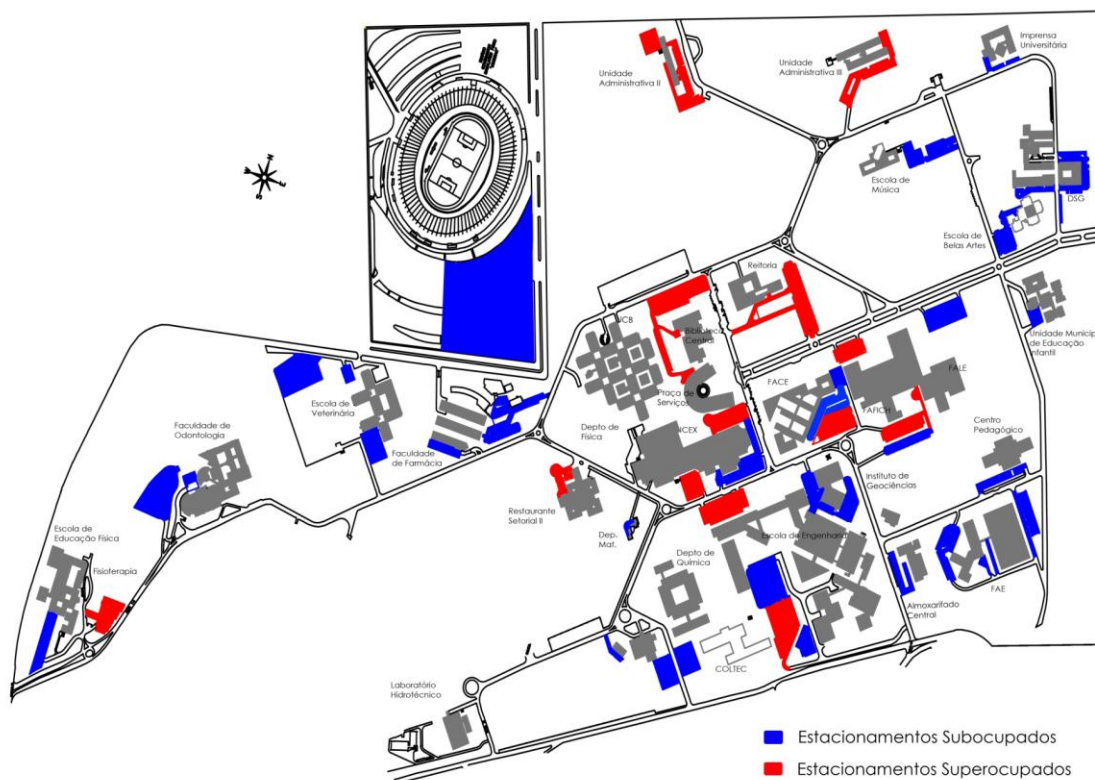


FIGURA 16: Ocupação de Estacionamentos das Unidades

Fonte: Nunes *et al.*(2010)

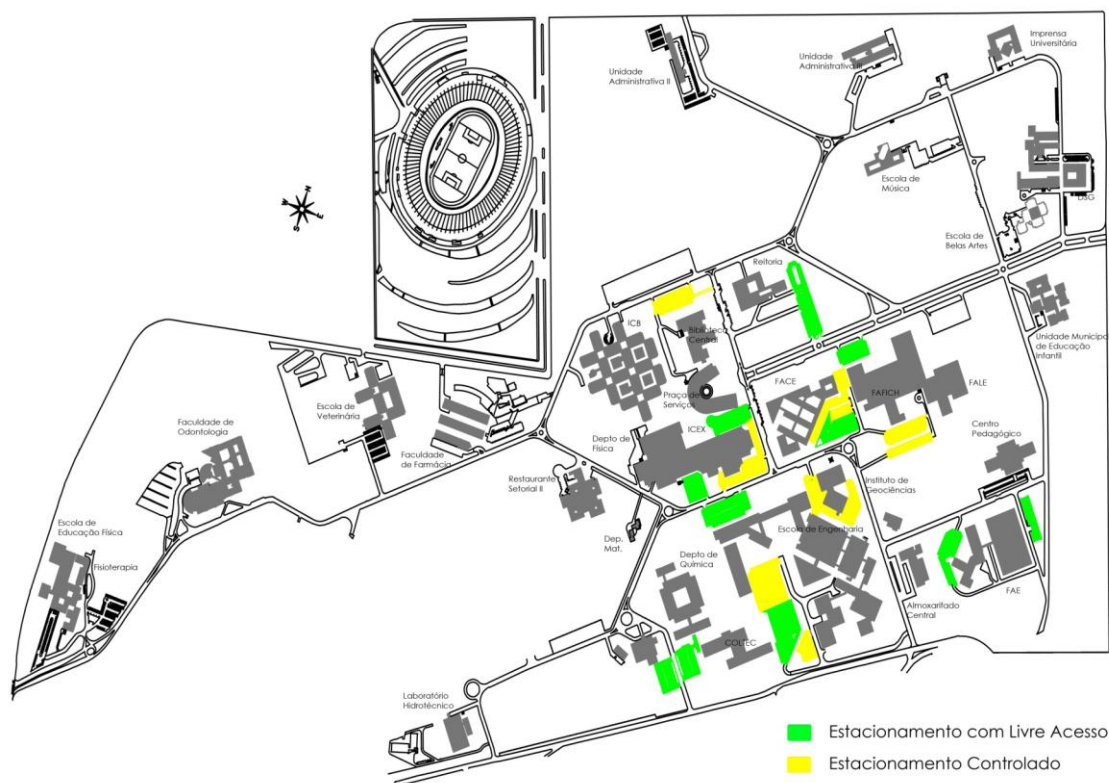


FIGURA 17: Estacionamentos Controlados e Não Controlados

Fonte: Nunes *et al.*(2010)

Considerando todos os pátios de estacionamento nas Unidades foi encontrada uma ocupação média de 91% do total de vagas disponíveis. Contudo, foi identificada a existência de algumas unidades com excedente e, outras, com falta de vagas, segundo o percentual de vagas ocupadas mostrado na Tabela 14. Ressalta-se que, conforme utilizado na análise do estacionamento em vias, as informações apresentadas nesta tabela se referem à demanda crítica que representa o maior número de veículos estacionados observado durante a pesquisa, as vagas regulares disponíveis e o percentual de ocupação calculado em função da demanda crítica e da oferta.

TABELA 114: Ocupação dos Pátios de Estacionamento

ID	Local	Demanda Crítica	Vagas Ofertadas	% Vagas Ocupadas
1	Educação Física	83	94	88%
2	Fisioterapia	116	107	108%
3	Odontologia	261	379	69%
4	Hospital Veterinário	57	57	100%
5	Farmácia - Alunos	174	136	128%
6	Farmácia - Professores	13	58	22%
7	Mineirão	430	455	95%
8	Restaurante Setorial II	30	23	130%
9	Dep. Mat/L.A.C.	22	22	100%
10	Departamento de Química	139	146	95%
11	C.D.C.T.D.A	13	15	87%
12	EE – Alunos *	190	162	117%
13	EE - Professores e Funcionários	173	274	63%
14	Almoxarifado Central	22	45	49%
15	FAFICH - Professores II	13	57	23%
16	FAFICH - Professores I	101	89	113%
17	FACE - Alunos	175	160	109%
18	FACE - Professores	95	116	82%
19	IGC	81	159	51%
20	PCA **	84	83	101%
21	ICEEx - Alunos	85	67	127%
22	ICEEx- Professores	120	126	95%
23	ICEEx /Praça de Serviços	139	126	110%
24	ICB - Professores	116	108	107%
25	Reitoria	306	287	107%
26	FAFICH - Alunos	91	78	117%
27	Letras	154	156	99%
28	Unidade Municipal de Educação Infantil (UMEI)	13	23	57%
29	Centro Pedagógico	53	71	75%
30	FAE	109	170	64%
31	Escola de Belas Artes	62	65	95%
32	Teatro Universitário	37	32	116%
33	Escola de Música	73	82	89%
34	Departamento de Serviços Gerais (DSG)	95	110	86%
35	Imprensa Universitária	22	57	39%
36	Unidade Administrativa III	117	110	106%
37	Unidade Administrativa II	222	171	130%

* área liberada provisoriamente para alunos

**contíguo ao novo PCA em construção à época da pesquisa

Fonte: Nunes *et al.*(2010)

As conclusões desta pesquisa, relativas às condições de estocagem de veículos no Campus da Pampulha da UFMG, subsidiaram o trabalho de definição de diretrizes para as questões de trânsito e estacionamentos realizado em maio de 2010.

3.3.5 Diretrizes Gerais para as Questões de Trânsito, Transporte e Estacionamentos no Campus da Pampulha

O trabalho elaborado pelo Comitê de Planejamento e Gestão / UFMG (maio de 2010) apresenta um diagnóstico das atuais condições de trânsito, transporte e estacionamentos no Campus, e os princípios norteadores e diretrizes gerais para o estabelecimento de uma política nesse setor.

Para diagnóstico da situação existente nos estacionamentos no Campus, foi considerado que a demanda por estacionamento está ligada ao tipo de ocupação e à natureza da atividade desenvolvida em um determinado local. Sendo assim, os estacionamentos foram setorizados de acordo com os prédios denominados “atratores de veículos”, por sua vez agrupados em áreas de conhecimentos, a seguir: Administração, Artes, Ciências Biomédicas I, Ciências Biomédicas II, Ciências Exatas e da Terra, Ciências Humanas e Sociais, Serviços de Apoio. Embora não haja no trabalho uma explicitação a respeito da causa desses agrupamentos, conclui-se que a proximidade física de prédios com atividades afins (pré-determinada pelas diretrizes de implantação física segundo os planos diretores existentes), gerou a divisão destas áreas. Isto pode ser confirmado por meio do mapeamento das áreas de influência apresentado no referido trabalho.

No estudo, foram consideradas a existência de pontos de concentração de fluxo de veículos e a existência de estacionamentos de três tipos: vinculados aos prédios, situados nas vias e estacionamentos em locais inadequados.

No primeiro grupo – estacionamentos vinculados aos prédios, foram contabilizados quarenta e seis estacionamentos que somam 4.380 vagas. Os estacionamentos situados nas vias somam 1.072 vagas, distribuídas conforme apresentado na Tabela 15.

TABELA 125: Quantitativo de Vagas nas Vias do Campus

(continua)

Vias	Área influência	Nº vagas
Av. Reitor Mendes Pimentel	HUM	307
Rua Prof. Francisco de Assis Gomes	ADM	63
Via de acesso a UAIII	ADM	19

(conclusão)

Vias	Área influência	Nº vagas
Rua Prof. Amílcar de Castro	ADM	15
Rua Prof. Eduardo Mendes Guimarães	HUM	60
Rua Prof. Baeta Viana	BIO I	140
Rua Prof. Eduardo Frieiro	ADM	64
Vias de acesso à reitoria	ADM	80
Rua Prof. Moacir Gomes de Freitas	BIO II	Zero
Via de acesso à Veterinária	BIO II	16
Rua Prof. Giorgio Schreiber	EXT	42
Rua Samuel Caetano Jr.	EXT	20
Rua C	EXT	28
Rua Mário Werneck	EXT	Zero
Rua D	EXT	Zero
Rua Reitor Pires de Albuquerque	EXT	36
Rua prof. Edmundo Linz	EXT	45
Rua Fernando Melo Viana	HUM/REITORIA	44
Rua Prof. Eduardo Afonso Morais	ARTES	93
Total Geral de Vagas nas Vias		1.072

Fonte: PROPLAN / 2010

Foi constatada a existência de 5452 vagas implantadas atualmente, grande parte delas, correspondente a 54%, situadas nas áreas das Ciências Humanas, Exatas e Praça de Serviços. As vagas de estacionamentos que serão construídas juntamente com os prédios dos CADs, somando 670 novas vagas, não foram computadas por estarem ainda em processo de implantação.

Segundo consta no estudo, 40% das vagas estão situadas em estacionamentos não controlados, ocupados por alunos de graduação e público em geral, e 60% em estacionamentos controlados, destinados aos docentes, alunos de pós-graduação e funcionários.

Foi considerado para fins de análise da situação futura em 2014, o acréscimo populacional decorrente do programa REUNI, correspondente a 8.320 usuários no Campus, sendo 7.860 alunos e 460 funcionários e professores. Este crescimento

populacional no Campus Pampulha devido ao programa REUNI é apresentado a seguir na Tabela 16.

TABELA 136: Previsão de Crescimento Populacional

Síntese dos dados	Dados sobre a expansão da UFMG (nº de pessoas)					
	2008			2014		
	Diurno	Noturno	Total	Diurno	Noturno	Total
Alunos mestrado	3201		3.201	4.161		4.161
Alunos doutorado	2378		2.378	3.091		3.091
Alunos graduação	14026	3603	17.629	20.634	5.764	26.398
Alunos especialização	406	2739	3.145	456	3.030	3.486
Docentes	1707	421	2.128	1.912	475	2.387
Técnicos Administrativos	1845	237	2.082	2.095	441	2.536
Totais	23563	7.000	30.563	32.349	9.710	42.059

Fonte: REUNI / 2008

O estudo apresenta cenários de expansão de vagas para estacionamento, considerando a reformulação dos projetos de estacionamentos existentes e a construção de novos estacionamentos situados nas regiões mais periféricas do Campus, totalizando um acréscimo de 2.135 vagas, correspondente a 48% de acréscimo à capacidade instalada atual.

4 METODOLOGIA

Um modelo pode ser compreendido como uma representação simplificada da realidade através da qual podemos descrever, com aproximações subjetivas, aspectos e processos complexos do mundo real. Segundo Berry (1995) *apud* Christofolletti (1999), é uma representação da realidade sob uma forma material, simbólica, abstrata.

O desenvolvimento de um modelo requer o conhecimento do fenômeno ou processo a ser estudado, sendo necessária a visão conceitual do comportamento dinâmico do sistema a ser modelado. Desta maneira, é possível decidir quais características considerar e quais ignorar, é possível selecionar as características necessárias e suficientes para descrever o processo com precisão satisfatória.

Segundo Christofolletti (1999), modelos mais simples que consideram os fatores primordiais do sistema produzem resultados menos precisos. À medida que se tornam inadequados, faz-se necessário a inclusão de variáveis com o objetivo de melhorar e aproximar os resultados do comportamento real. O bom desempenho dos modelos está estritamente relacionado com a qualidade e clareza dos dados de entrada, que são dados que não sofrem influência do sistema e podem modificar, de forma significativa ou não, o estado do sistema. Os dados de saída são informações que correspondem às mudanças de valores das variáveis ou às variações dos parâmetros usados para descrever o sistema, caracterizando o estado do sistema. As variáveis de um sistema podem ser qualitativas ou quantitativas. Variáveis qualitativas podem ser determinísticas, locais, nominais, ou ordinais. Variáveis quantitativas podem ser discretas (podem ser contadas) ou contínuas (podem ser medidas em um intervalo de tempo, de medida, de escala).

Para o desenvolvimento das análises espaciais deste estudo foram utilizados aplicativos de SIG – Sistemas de Informações Geográficas. SIG é um sistema que processa dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos) com ênfase a análises espaciais e modelagens de superfícies. Integra numa única base de dados informações espaciais provenientes de dados cartográficos e outros como dados de censo e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes, modelos numéricos de terreno e outros, oferecendo mecanismos para combinar as várias informações

através de algoritmos de manipulação e análise, para consultar, recuperar e visualizar o conteúdo da base de dados e gerar mapas-resultado.

A metodologia aplicada neste trabalho baseia-se nos conceitos de Análise Sistêmica Ambiental apoiada por ferramentas que permitem ordenar e apresentar as informações espacializadas, suas relações entre si e com o meio onde ocorrem.

As análises espaciais propostas baseiam-se no conceito de um sistema representado em geo-redes, ou seja, estruturado em uma rede de interações espaciais. Segundo Freitas (2003), nesta forma de representação dos fenômenos é possível identificar os agentes e suas relações distribuídas no espaço, explicitando sua densidade ou mesmo demonstrando suas preferências ou fragilidades. No conceito de rede, dois elementos básicos formam sua representação física: os fixos, representados pelos objetos componentes do espaço ou fenômeno, materializados em forma de vértices (ou nós), e os fluxos, que representam as relações entre elementos, materializados em forma de arestas ou linhas. No modelo de tráfego, os fixos representam a oferta, e os fluxos, a demanda. A demanda representa a quantidade de fluxo que é retida por um determinado ponto.

Aplicativo de rede é uma metodologia de tratamento e simulação de dados espaciais que ocorrem dentro de um determinado sistema de fluxos, no estudo em questão o fenômeno de fluxos de trânsito.

A rede é uma abstração para representação da realidade e traz, em sua configuração, aspectos próprios capazes de levar novas informações ao pesquisador, enriquecendo a análise e denotando novas características dos fenômenos.

Segundo Freitas (2006),

“nenhum modelo de representação de fenômenos fluidos é mais eficiente que a representação em rede. Isso ocorre pela possibilidade de inserção de um novo conceito na relação dos elementos dispostos na rede. O conceito é denominado de impedância ou atrito. O atrito está associado às arestas da rede e pode estar relacionado a um fator de distância ou mesmo a fatores logísticos e/ou ambientais, que bloqueiam ou retardam a fluidez”.

De acordo com as metodologias estudadas e os conceitos nelas abordados, consideramos como um pólo gerador de viagens, cada unidade institucional instalada em um prédio do Campus Pampulha. Cada um desses pólos é caracterizado com seus atributos particulares nas análises espaciais e é

representado como um nó ou ponto gerador pertencente a uma rede de tráfego, a partir do qual são considerados o volume de tráfego gerado na área.

Conforme o objetivo proposto, utilizando tecnologias de geoprocessamento, foi necessária a criação de um modelo que representasse o sistema a ser analisado. As etapas da metodologia aplicada neste trabalho são apresentadas a seguir na Figura 18.

A primeira etapa do trabalho se caracteriza por uma extensa pesquisa de dados baseada em seleção das informações disponíveis e coleta de dados em campo por meio de pesquisas direcionadas ao público, contagens e levantamentos. Esta etapa da metodologia possibilitou a implementação da segunda etapa que consta do tratamento dos dados alfanuméricos.

Os dados foram tabulados e os resultados aplicados para obtenção do cálculo das viagens geradas, variável que foi utilizada em todas as análises executadas nesta pesquisa.

O sistema viário a ser analisado foi representado sobre bases cartográficas selecionadas na primeira etapa e a estes mapas foram associadas as tabelas resultantes da tabulação dos dados. O sistema representado em geo-redes foi a base para a etapa das análises que foram desenvolvidas e que possibilitaram os estudos sobre as áreas de influência do tráfego, relação de oferta e demanda de estacionamentos, alocação e distribuição do tráfego.

As etapas finais da metodologia se referem à análise dos resultados e conclusões da pesquisa.

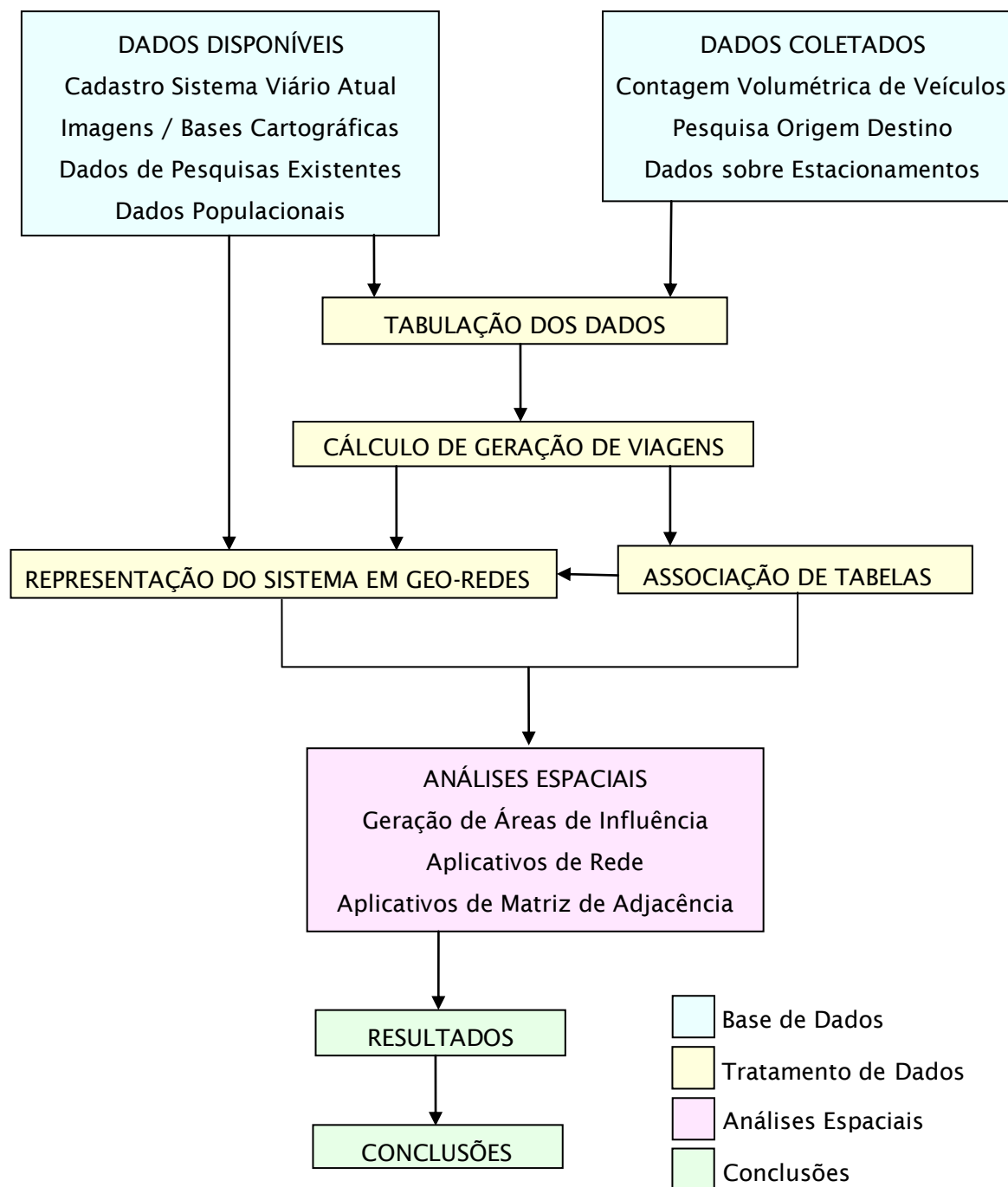


FIGURA 18: Fluxograma da Metodologia Proposta

4.1 Base de Dados

Os dados utilizados nesta pesquisa advêm de dados disponíveis obtidos em diversas fontes e dados coletados por meio de pesquisas e levantamentos *in loco*. Para determinação de parâmetros atualizados trabalhamos com dados populacionais referentes ao primeiro semestre de 2010 e com dados de pesquisas realizadas em novembro de 2010: contagem volumétrica executada nas portarias do Campus e de origem/destino (O/D) considerando como origem as portarias do Campus e como destino as diversas unidades localizadas no território.

4.1.1 Imagens e Bases Cartográficas

Inicialmente, objetivou-se caracterizar e identificar o território do Campus e cadastrar o sistema viário existente. Para o cadastro foram utilizadas bases disponibilizadas pela UFMG, desenhos existentes desenvolvidos em *Autocad* nos quais estavam registrados os elementos do sistema viário tais como ruas, avenidas, portarias de acesso, pátios de estacionamento e outros elementos como edifícios e quadras. As informações tinham como referência espacial uma malha ortogonal de 100 x 100 metros que continha também dados sobre as coordenadas geográficas, o que permitiu posteriormente a associação dessas informações com as imagens georreferenciadas do território, para utilização nas análises espaciais propostas. Foram usados os desenhos do arquivo do Departamento de Projetos da UFMG (DPFP), registrados com os números 41900 – Plano Geral do Campus, nº 40589 e 40590 – Projetos de Proposta de Estacionamentos Periféricos I e II.

As imagens de satélite utilizadas foram imagens de alta resolução *IKONOS* com composição RGB, referentes ao ano 2006, obtidas junto à Prefeitura de Belo Horizonte.

Para se obter uma única imagem do território do Campus, as imagens *IKONOS* foram agrupadas (ou mosaicadas) utilizando-se o software *ArcGis*.

4.1.2 Dados Populacionais

Os dados sobre a população do Campus Pampulha foram coletados objetivando obter informações do usuário por tipo – professor, aluno e funcionário, distribuídos por prédio. Os dados coletados são referentes ao ano base de 2010 e foram obtidos junto aos seguintes departamentos da universidade:

- a) Dados sobre alunos de graduação: Departamento de Registro e Controle Acadêmico (DRCA)
- b) Dados sobre alunos de pós-graduação: Pró-Reitoria de Pós-Graduação (PRPG)
- c) Dados sobre docentes e funcionários técnicos e administrativos: Departamento de Administração de Pessoal (DAP) e Pró-Reitoria de Planejamento (PROPLAN)
- d) Dados sobre funcionários terceirizados: Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa (FUNDEP), Departamento de Manutenção, Operação e Infraestrutura (DEMAI) e Departamento de Logística de Suprimentos e de Serviços Operacionais (DLO).

Com o intuito de confirmação das informações obtidas (dados numéricos), alguns dados sobre a população foram coletados por meio de levantamento feito diretamente nos setores competentes de algumas unidades institucionais da UFMG situadas no Campus Pampulha. Foram elas: Instituto de Geociências, Almoxarifado Central, Departamento de Química, Centro de Pesquisas Hidráulicas, Centro de Microscopia, Restaurante Setorial II, Biotério Central, Praça de Serviços, Divisão de Áreas Verdes, Estação Ecológica, Departamento de Física e Instituto de Ciências Exatas. Foram constatadas algumas divergências e nesses casos foram usados os dados levantados em campo.

4.1.3 Dados Sobre Estacionamentos

Os dados sobre capacidade e utilização de estacionamentos foram obtidos no estudo de Nunes *et al.* (2010) e no estudo sobre as diretrizes para as questões de

trânsito, elaborado pelo Comitê de Planejamento e Gestão da UFMG (2010). Os dados sobre localização e dimensões foram pesquisados em arquivos do Departamento de Projetos da UFMG e confirmados em levantamentos de campo.

4.1.4 Contagem Volumétrica de Veículos

Os dados referentes à contagem volumétrica de veículos foram coletados em um dia típico da semana, no período de aulas, no horário compreendido entre 07h00min e 19h00minhs. A contagem foi realizada simultaneamente nas cinco portarias do Campus: Avenida Antônio Carlos, Av. Abraão Caram, Av. Carlos Luz, Av. Perimetral Sul/entrada da Engenharia e entrada do Depto. Química. A contagem foi efetuada também na portaria recém instalada nas imediações do estádio Mineirão, porém estes dados foram considerados apenas nas análises sobre os estacionamentos pelo fato de que estes automóveis não circulam pelas vias do Campus, não interferindo portanto nos fluxos.

4.1.5 Pesquisa Origem/Destino

A pesquisa origem/destino foi realizada na mesma data da pesquisa de contagem volumétrica feita nas portarias e os dados foram coletados em cada um dos quarenta e cinco prédios do Campus, no horário determinado em pesquisas anteriores como sendo o horário de pico, de 07h00min as 09h00min. A pesquisa O/D considerou como origem as portarias e como destino as diversas unidades/prédios do Campus e foram entrevistados em cada local 5% da população. A taxa de amostragem que normalmente é usada em pesquisas desta natureza é de 3%.

Integraram a pesquisa perguntas que permitiram estabelecer o perfil do usuário quanto ao modo de transporte utilizado, categoria/ocupação, renda e preferência de local para estacionar veículos. Tais dados podem ser utilizados na complementação das análises e caracterização de fenômenos. Os formulários elaborados para utilização nas pesquisas encontram-se nos Anexos A e B.

4.2 Tratamento dos Dados

4.2.1 População

A população do Campus, para efeito das nossas análises, foi distribuída por edificação a fim de que se pudesse, a partir dela, calcular o número de veículos que se destinam ao local e que utilizam os seus pátios de estacionamento.

Para o cálculo do número de alunos de graduação foi utilizado o modelo constante no Estudo Populacional da UFMG (2002), que considera a flexibilização curricular ocorrida na Universidade como fator relevante para consideração do tempo de permanência do aluno na Instituição e consequente previsão da população das diversas Unidades Acadêmicas. Foi considerado, para cada Unidade, o número de estudantes matriculados e o número de créditos¹⁰ totais cursados pelos estudantes de cada curso nas disciplinas ofertadas. Esse estudo foi baseado em ampla pesquisa de dados junto aos órgãos competentes de registro de matrículas e controle acadêmico (DRCA / PRPG e CECOM) o que resultou no estabelecimento de uma média de 24 créditos cursados por semestre para cada aluno de graduação e 12 créditos por semestre para aluno de pós-graduação.

A partir destes quantitativos estabelecidos, determinou-se o número de alunos de graduação e pós-graduação equivalentes a alunos em tempo integral (8 horas diárias), estabelecendo dessa maneira, a mesma unidade de medida para alunos, funcionários e professores no cálculo do número total de usuários por edificação. Para transformar o número de alunos que normalmente frequentam o Campus em horários variados em alunos em tempo integral foi utilizada a relação número de créditos / hora aula.

A média de 24 créditos cursados por semestre correspondem a seis disciplinas de 60 horas, logo 360 horas é o total de horas cursadas por aluno de graduação por semestre. Para um total de 100 alunos de graduação, em uma determinada Unidade Acadêmica, temos então 36.000 horas cursadas em um semestre.

¹⁰ Cada crédito corresponde a 15 horas/aula semestrais, ou uma hora/aula semanal.

O semestre é composto, em média, por 16 semanas letivas de 40 horas cada (8 horas diárias x 5 dias letivos), assim um aluno que permanecesse 8 horas/dia na UFMG somaria 640 horas semestrais, ou seja, 640 horas equivale à permanência de um aluno de graduação por semestre no período de 8 horas/dia (tempo integral).

Dividindo o valor total de horas cursadas/semestre pelo total de horas por aluno-integral/semestre, obtivemos o valor de 56,25 que equivale ao número de alunos em tempo integral, em relação ao número de 100 alunos considerados inicialmente. Este fator de 56,25% foi utilizado no cálculo das populações de alunos de graduação, constantes na Tabela 16.

Os mesmos critérios foram utilizados para determinação do número de alunos de pós-graduação equivalente a tempo integral, levando-se em consideração uma população total de 100 alunos e a carga horária de 12 créditos cursados por semestre correspondentes a três disciplinas, e o valor encontrado foi 28,12 alunos equivalentes.

Para o cálculo da população total de professores, o número de professores com dedicação de 20 horas semanais foi multiplicado por um fator igual a 0,5 e o número de professores com dedicação de 40 horas semanais, inclusive os professores de dedicação exclusiva (DE), foi relacionado a um fator igual a 1 correspondendo a uma pessoa tempo integral, mesmo critério de horas que foi adotado para alunos e funcionários. Os funcionários do quadro da Universidade ou terceirizados trabalham todos em regime de 40 horas semanais. Ainda em relação aos alunos de graduação e pós-graduação, foram considerados apenas os matriculados em cursos diurnos visto que as análises propostas foram realizadas considerando-se o período diurno como o de maior incidência de circulação de veículos no Campus.

Para efeito das análises de tráfego não foram consideradas as edificações com população inferior a cinco pessoas, no caso, o Centro de Bioterismo e o Centro de Musicalização Infantil com cinco e quatro funcionários respectivamente.

Os usuários discriminados por categoria e o total de pessoas por prédio são apresentados na Tabela 17.

TABELA 147: Distribuição da População do Campus Pampulha/ Diurno

(continua)

UNIDADES / PREDIOS	AG	AGI	APG	APGI	FUNC	F.TERC	PROF	TOTAL
Artes Cênicas / TU	175	98	0	0	3	1	6	108
Biblioteca Universitária	0	0	0	0	108	98	0	206
CDTN	0	0	40	11	391	4	0	406
Centro de Bioterismo	0	0	0	0	0	5	0	5
Centro de Microscopia	0	0	0	0	6	12	1	19
Centro de Musicalização Infantil	0	0	0	0	1	3	0	4
Centro de Pesquisas Hidráulicas	0	0	0	0	6	12	6	24
Centro Pedagógico	0	0	0	0	30	18	58	106
Colégio Técnico	0	0	0	0	46	15	74	135
CPDEE	0	0	0	0	9	35	1	45
Departamento de Física	220	124	154	43	22	11	70	270
Departamento de Logística SO	0	0	0	0	144	25	0	169
Departamento de Química	241	136	169	48	40	24	94	342
Divisão de Áreas Verdes	0	0	0	0	6	12	0	18
DPPF / DEMAI / ASSUFEMG	0	0	0	0	68	112	0	180
Escola de Belas Artes	460	259	127	36	61	12	89	457
Escola de Ciências da Informação	346	195	52	15	48	10	32	300
Escola de EEFETO	1200	675	173	49	61	44	72	901
Escola de Engenharia	4042	2274	1000	281	150	75	270	3050
Escola de Música	236	133	47	13	47	31	57	281
Escola de Veterinária / Hospital / LAQUA	70	39	373	105	113	41	95	393
Escritório Campus 2010	0	0	0	0	2	38	0	40
Estação Ecológica	0	0	0	0	4	21	2	27
Faculdade de Ciências Econômicas	594	334	317	89	73	39	102	637
Faculdade de Educação	580	326	386	109	58	93	113	699
Faculdade de Farmácia	649	365	134	38	90	40	55	588
Faculdade de Letras	733	412	518	146	60	81	127	826
Faculdade de Odontologia	584	328	104	29	82	45	95	579
Faculdade Filosofia e Ciências Humanas	2006	1128	599	168	100	50	170	1616
Imprensa Universitária	0	0	0	0	14	14	0	28
Instituto de Ciências Biológicas	405	228	976	274	187	77	229	995
Instituto de Ciências Exatas	950	534	329	93	77	49	134	887
Instituto de Geociências	723	407	173	49	58	14	70	598
Lab. Ensaio de Combustíveis	0	0	0	0	1	15	1	17
Lab. Extra Alta Tensão	0	0	0	0	5	35	0	40
Posto de Gasolina	0	0	0	0	1	6	0	7
Praça de Serviços	0	0	0	0	0	278	0	278
Reitoria	0	0	0	0	287	153	3	443
Restaurante Setorial II	0	0	0	0	0	75	0	75

(conclusão)

UNIDADES / PREDIOS	AG	AGI	APG	APGI	FUNC	F.TERC	PROF	TOTAL
Serralheria / Pintura / Vidraçaria	0	0	0	0	5	21	0	26
UMEI	0	0	0	0	59	2	0	61
Unidade Administrativa II	0	0	0	0	37	334	0	371
Unidade Administrativa III	0	0	0	0	124	41	0	165
TOTAL	14214	7995	5671	1596	2684	2121	2026	16422

*AG - Alunos de Graduação**AGI - Alunos Graduação correspondentes a Tempo Integral**APG - Alunos de Pós-Graduação**APGI - Alunos Pós-Graduação correspondentes a Tempo Integral**FUNC – Funcionários**F. TERC - Funcionários Terceirizados.**PROF – Professores*

4.2.2 Estacionamentos

Os estacionamentos existentes no Campus foram classificados em duas categorias: vinculados aos prédios e disponíveis ao longo das vias públicas. Os primeiros podem ser controlados ou não pela administração de cada Unidade/prédio e, geralmente, se localizam próximos ou contíguos às edificações. Os estacionamentos ao longo das vias se referem às vagas em locais permitidos para este uso. Os dados obtidos sobre estacionamentos foram tabulados e são apresentados nas Tabelas 18 e 19, nas quais está indicada a capacidade de vagas referente a cada área de estacionamento localizada no Campus Pampulha da UFMG.

TABELA 158: Estacionamentos de Veículos nos Prédios e Oferta de Vagas

(continua)

LOCAÇÃO DE ESTACIONAMENTOS	CAPACIDADE	TIPO
Almoxarifado Central	40	NC
Artes Cênicas	16	NC
Assufemg	22	NC
CDTN	300	C
Centro de Microscopia	12	C
Centro Pedagógico	60	NC
CPDEE	15	C
CPH	12	NC
Departamento de Química	70	C/NC

(conclusão)

LOCAÇÃO DE ESTACIONAMENTOS	CAPACIDADE	TIPO
Departamento de Física	45	C
Departamento de Logística	75	C/NC
Departamento de Química / Coltec	66	C/NC
DPFP / DEMAI	30	C/NC
Escola de Belas Artes	73	NC
Escola de EEFFTO	192	C/NC
Escola de Engenharia	629	C/NC
Escola de Musica	81	NC
Escola de Veterinária	327	NC
Escritório Campus 2010	22	C
Estação Ecológica	12	C
Faculdade de Ciências Econômicas	275	C/NC
Faculdade de Educação	241	NC
Faculdade de Farmácia	265	NC
Faculdade de Letras	150	NC
Faculdade de Odontologia	381	C/NC
FAFICH	80	NC
FAFICH / E. Ciências da Informação	147	C
ICB / Biblioteca Universitária	145	C
ICB / Mineirão	500	NC
Imprensa Universitária	24	NC
Instituto de Ciências Exatas	205	C/NC
Instituto de Geociências	163	C
Lab. Ensaio de Combustíveis	20	C
Praça de Serviços	73	NC
Reitoria	195	C/NC
Restaurante Setorial II	31	NC
UMEI	24	NC
Unidade Administrativa II	145	NC
Unidade Administrativa III	91	NC
TOTAL	5254	
NC - Não Controlado C - Controlado C/NC - parte controlado, parte não controlado.		

TABELA 169: Estacionamentos de Veículos nas Vias e Oferta de Vagas

LOCAÇÃO DE ESTACIONAMENTOS	CAPACIDADE
Av. Reitor Mendes Pimentel	330
Rua Prof. Francisco de Assis Gomes	147
Via de acesso a UA III	20
Rua Prof. Amilcar Viana Martins	70
Rua Prof. Eduardo Mendes Guimarães	54
Rua Prof. Baeta Viana	122
Rua Prof. Eduardo Frieiro	81
Vias de acesso a Reitoria	76
Via de acesso a Veterinária	16
Rua Prof. Giorgio Schereiber	38
Rua Samuel Caetano Jr	46
Rua C	40
Rua Mario Werneck	54
Rua D	10
Rua Reitor Pires Albuquerque	29
Rua Prof. Edmundo Linz	50
Rua Fernando Melo Viana	40
Rua Prof. Eduardo Rodrigues Morais	122
TOTAL	1345

4.2.3 Contagem Volumétrica

A partir da pesquisa de contagem volumétrica executada foi possível obter quantitativos referentes ao volume de entrada e saída de veículos em cada portaria no período total de contagem ou frações de tempo em que foi feito o levantamento. Assim foi identificado o horário de pico de acesso ao Campus como sendo de 07h00min às 09h00min, confirmando estudos anteriores, intervalo que foi utilizado como horário para análise de tráfego neste trabalho. Os dados brutos da contagem volumétrica foram tabulados originando a tabela resumo apresentada a seguir (Tabela 20):

TABELA 20: Quantitativos de Automóveis no Campus UFMG/2010

PORTARIAS	VDE	VEHP	VSHP
Abraão Caram	3690	1375	314
Antonio Carlos	6347	1663	441

(continua)

(conclusão)

PORTARIAS	VDE	VEHP	VSHP
Carlos Luz	5346	1522	398
Perimetral Sul / ENG	2050	598	127
Perimetral Sul/ QUI	741	271	81
TOTAL	18174	5429	1361

VDE - Volume Diário de Entrada
VEHP - Volume Entrada Horário de Pico 07h00min às 09h00min
VSHP - Volume Saída Horário de Pico 07h00min às 09h00min

Os volumes de entrada de veículos no Campus, diário e no horário de pico, são mostrados em porcentagens respectivamente nas Figuras 19 e 20.

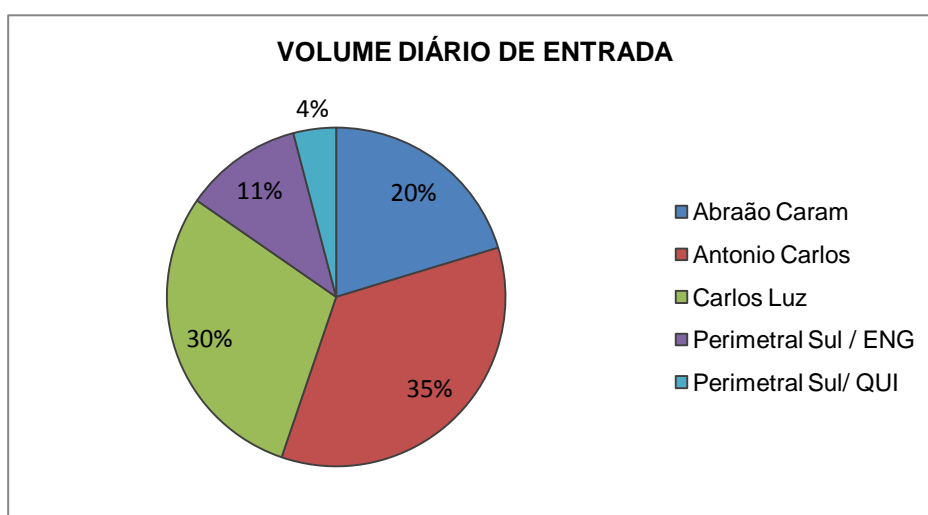


FIGURA 19: Volume Diário de Entrada de Automóveis por Portaria do Campus

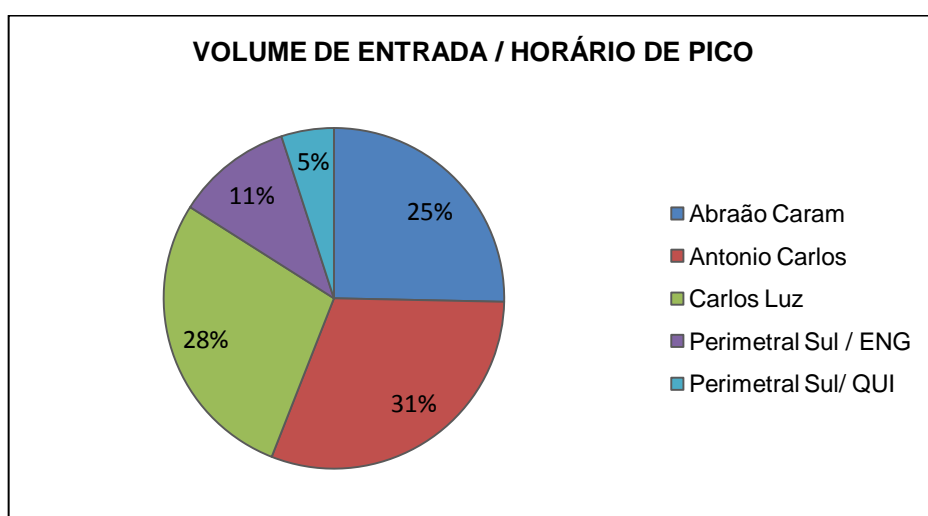


FIGURA 210: Volume de Entrada de Automóveis por Portaria no Horário de Pico

Comparando as duas imagens produzidas, podemos constatar que o volume de veículos apresenta pouca variação se considerarmos cada portaria separadamente. A Av. Antonio Carlos é responsável pelo maior fluxo de veículos tanto diário como no horário de pico, com uma variação de 4% entre as duas situações observadas. A portaria de menor movimentação, Av. Perimetral Sul apresenta uma variação de 1% para os dois horários. Similarmente, observa-se resultados com pequenas variações nas outras quatro portarias pesquisadas.

4.2.4 Pesquisa Origem/Destino

Os dados levantados na pesquisa de origem e destino dos usuários possibilitaram estabelecer, por prédio, os quantitativos e porcentagens referentes aos veículos e sua distribuição em relação à portaria de origem. Os resultados da tabulação de dados permitiram também o cálculo das porcentagens em relação à divisão modal e sua utilização por categoria, a utilização de caronas em automóveis alheios, além de dados do perfil do usuário.

4.2.5 Cálculo de Geração de Viagens

Com base nas metodologias estudadas para cálculo de geração de viagens, definimos como o modelo a ser incorporado na nossa metodologia de trabalho o desenvolvido pela Tectran para estudos do RIC da Escola de Engenharia e da Faculdade de Ciências Econômicas, realizado em 2003 e com considerações para o ano cenário de 2006. A utilização deste modelo é justificada pela especificidade dos usuários do Campus da UFMG e também pela avaliação dos resultados obtidos nos estudos mais recentes de impactos na circulação relativos aos Centros de Atividades Didáticas, realizados em 2008. A opção adoção deste modelo também permitiu a consideração de especificidades da UFMG no que diz respeito ao estabelecimento de índices e taxas, resultantes de levantamentos "*in loco*". Os resultados da pesquisa de contagem volumétrica de veículos nas portarias do Campus e da pesquisa de origem/destino (OD) realizada com os usuários de cada unidade possibilitaram a atualização destes parâmetros.

- a) Taxa de viagens atraídas por usuário por dia (TA), considerando o total de viagens atraídas por dia e o total de usuários por dia (quantidade de viagens / quantidade de usuários) = 1,10.
- b) Fator Horário de Pico (FHP) significa o percentual de viagens neste intervalo de tempo, considerando o total de automóveis no período de pico e o total de viagens atraídas por dia (quantidade de viagens no pico / quantidade de viagens ao dia) = 0,30.
- c) Taxa de rotatividade de usuários no horário de pico (TU), significa o percentual de viagens considerando o total de viagens atraídas (VEHP) e o total de viagens produzidas (VSHP) no intervalo de tempo de pico. Este percentual se refere ao somatório de automóveis cujos usuários utilizam o território do Campus como passagem para outros destinos, estão apenas transportando um usuário e vão embora ou se caracterizam como público externo que é o usuário que vem ao Campus em situações não cotidianas para atividades de caráter particular = 0,25.

$$V_{ger}^d = TA \times NU$$

$$V_{atr}^h = V_{ger}^d \times FHP$$

Onde:

V_{ger}^d = viagens geradas ao longo do dia;

NU = número de usuários;

V_{atr}^h = viagens atraídas no horário de pico;

TA = taxa de viagens atraídas por usuário por dia;

FHP = percentual de viagens no horário de pico.

O modelo utilizado para cálculo de Geração de Viagens no Horário de Pico, decorrente da aplicação desses parâmetros básicos traduz-se na seguinte equação:

$$V_g = TA \times NU \times FHP \times (1-TU)$$

Para fins das análises, foram calculados separadamente para cada unidade do Campus, o número de viagens geradas no horário de pico. Os resultados destes cálculos são apresentados na Tabela 21.

TABELA 217: Viagens Geradas no Horário de Pico por Edificação

(continua)

UNIDADES / PREDIOS	VG/HP
Artes Cênicas	28
Biblioteca Universitária	52
CDTN	104
Centro de Microscopia	6
Centro de Pesquisas Hidráulicas	6
Centro Pedagógico	28
Colégio Técnico	36
CPDEE	12
Departamento de Física	70
Departamento de Logística	44
Departamento de Química	88
Divisão de Áreas Verdes	6
DPFP / DEMAI / ASSUFEMG	45
Escola de Belas Artes	115
Escola de Ciências da Informação	77
Escola de EEEFTO	228
Escola de Engenharia	765
Escola de Musica	74
Escola de Veterinária	99
Escritório Campus 2010	10
Estação Ecológica	8
Faculdade de Ciências Econômicas	162
Faculdade de Educação	176
Faculdade de Farmácia	148
Faculdade de Letras	210
Faculdade de Odontologia	145
Faculdade Filosofia e Ciências Humanas	406
Imprensa Universitária	8
Instituto de Ciências Biológicas	252
Instituto de Ciências Exatas	224
Instituto de Geociências	150
Lab. Ensaios de Combustíveis	6
Lab. Extra Alta Tensão	11
Posto de Gasolina	3
Praça de Serviços	70
Reitoria	112

(conclusão)

UNIDADES / PREDIOS	VG/HP
Restaurante Setorial II	20
Serralheria	7
UMEI	16
Unidade Administrativa II	94
Unidade Administrativa III	43
TOTAL	4164
<i>VG/HP - Viagens Geradas no Horário de Pico</i>	

4.2.6 Distribuição das Viagens Geradas

O número de viagens geradas no horário de pico, para cada destino separadamente, foi distribuída utilizando as porcentagens apuradas na pesquisa origem/destino para os dados referentes à portaria de origem. A distribuição e origem das viagens geradas por prédio são mostradas na Tabela 22.

TABELA 182: Origem e Destino de Automóveis no Horário de Pico

(continua)

		PORTARIAS / ORIGENS					TOTAL
		A CARLOS	CATALAO	A CARAM	ENG	QUIM	
PRÉDIOS / DESTINOS	Artes Cênicas / TU	14	5	9	0	0	28
	Biblioteca Universitária	33	19	0	0	0	52
	CDTN	8	32	16	16	32	104
	Centro de Microscopia	0	2	2	0	2	6
	Centro de Pesquisas Hidráulicas	0	0	0	3	3	6
	Centro Pedagógico	9	5	14	0	0	28
	Colégio Técnico	4	4	4	0	24	36
	CPDEE	0	6	0	0	6	12
	Departamento de Física	14	32	19	5	0	70
	Departamento de Logística SO	10	5	29	0	0	44
	Departamento de Química	15	29	15	0	29	88
	Divisão de Áreas Verdes	4	0	2	0	0	6
	DPPF / DEMAI / ASSUFEMG	18	0	27	0	0	45
	Escola de Belas Artes	70	10	25	10	0	115
	Escola de Ciências da Informação	36	14	18	9	0	77
	Escola de EEEFTO	43	174	11	0	0	228
	Escola de Engenharia	191	341	62	150	21	765
Escola de Musica	41	11	22	0	0	74	
Escola de Veterinária / Hospital	0	99	0	0	0	99	

(conclusão)

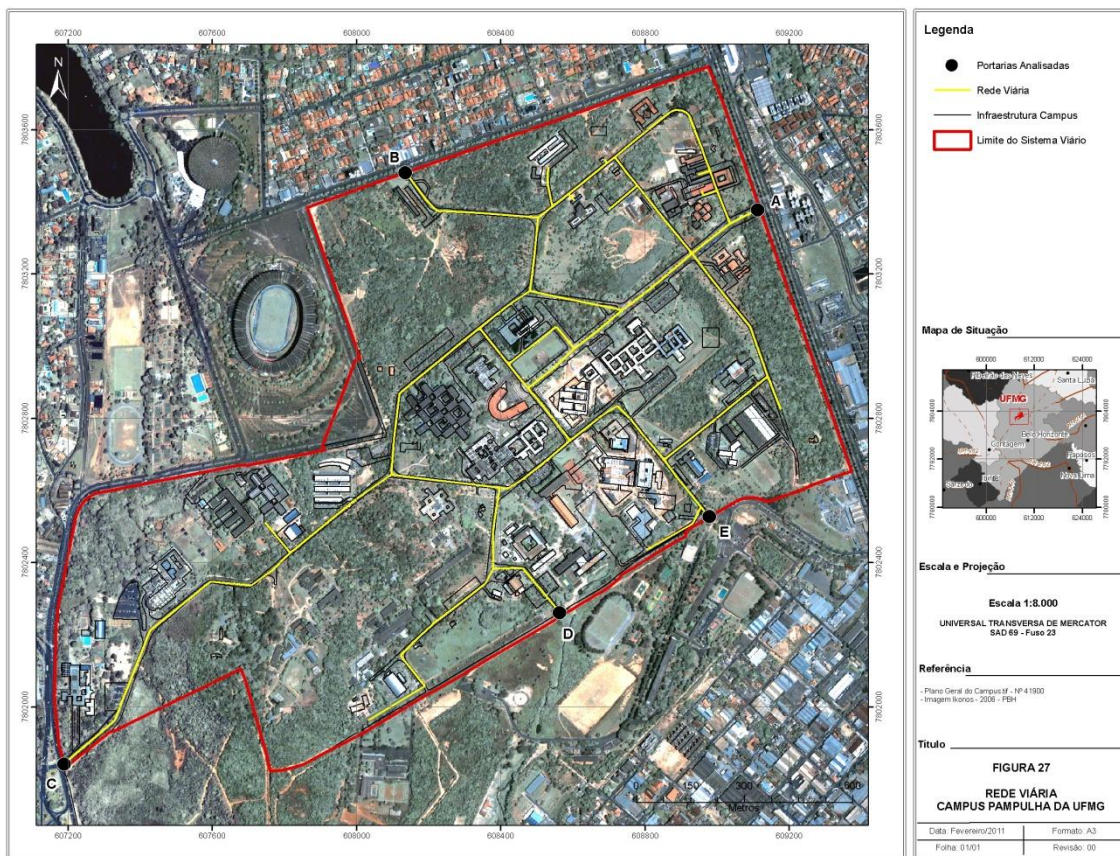
		PORTARIAS / ORIGENS					TOTAL
		A CARLOS	CATALAO	A CARAM	ENG	QUIM	
PRÉDIOS / DESTINOS	Escritório Campus 2010	5	5	0	0	0	10
	Estação Ecológica	3	5	0	0	0	8
	Faculdade de Ciências Econômicas	39	30	20	73	0	162
	Faculdade de Educação	90	57	10	19	0	176
	Faculdade de Farmácia	38	87	19	4	0	148
	Faculdade de Letras	66	66	66	12	0	210
	Faculdade de Odontologia	25	110	5	5	0	145
	Faculdade Filosofia C. Humanas	177	133	51	45	0	406
	Imprensa Universitária	3	0	5	0	0	8
	Instituto de Ciências Biológicas	59	30	53	22	0	164
	Instituto de Ciências Exatas	55	84	30	25	30	224
	Instituto de Geociências	45	65	20	15	5	150
	Lab. Ensaio de Combustíveis	2	0	4	0	0	6
	Lab. Extra Alta Tensão	0	7	4	0	0	11
	Posto de Gasolina	2	0	1	0	0	3
	Praça de Serviços	10	45	5	5	5	70
	Reitoria	56	24	32	0	0	112
	Restaurante Setorial II	13	7	0	0	0	20
	Serralheria / Pintura / Vidraçaria	6	0	1	0	0	7
	UMEI	16	0	0	0	0	16
	Unidade Administrativa II	33	5	42	14	0	94
Unidade Administrativa III	14	0	19	10	0	43	
TOTAL	1267	1548	662	442	157	4076	
<p style="text-align: right;">A CARLOS - portaria da Av. Antônio Carlos CATALÃO - portaria da Av. Carlos Luz A CARAM - portaria da Av. Abraão Caram ENG - portaria da Av. Perimetral Sul próxima à Escola de Engenharia QUIM - portaria da Av. Perimetral Sul próxima ao Depto. de Química</p>							

4.2.7 Representação do Sistema em Geo-redes

A rede composta de linhas e nós foi vetorizada no software *ArcGis* sobre bases georreferenciadas: Imagem *Ikonos* e imagem *geotiff* do Campus Pampulha. Na geração da rede correspondente ao sistema viário do Campus, cada via do sistema foi representada e composta por vários segmentos de linhas interceptados por nós que representam os cruzamentos de vias, as entradas para os prédios e as

divisões da via em trechos estacionáveis. Esta representação permite conectar na rede todos os elementos do sistema e estabelecer relações entre os elementos fixos (nós) e os fluxos (linhas ou arcos). A representação da rede viária do Campus, vetorizada segundo as características acima descritas é mostrada na Figura 21. A esta rede foram associadas todas as tabelas de atributos resultantes das tabulações de dados apresentadas nos itens anteriores.

FIGURA 21: Rede Viária do Campus Pampulha UFMG



O tratamento dos dados obtidos e coletados nesta pesquisa e a associação das tabelas geradas à geo-rede criada possibilitaram o desenvolvimento das análises espaciais oriundas da aplicação de modelos, descritas a seguir.

4.3 Análises Espaciais

As análises baseiam-se na geração de áreas de influência, em aplicativos de rede e de matriz de adjacência. Foram utilizados os softwares *ArcGis*, *Saga/UFRJ*, *Spring/INPE* e *Transcad*.

4.3.1 Análise de Áreas de Influência

Com o objetivo de avaliar a situação de estacionamentos de veículos, a geração de áreas de influência foi executada utilizando o Diagrama (ou Polígono) de Voronoi¹¹. O princípio do Polígono de Voronoi também conhecido como *Polígonos de Thiessen* considera a proximidade do ponto às fontes geradoras para gerar um polígono cujas distâncias entre fonte e ponto são sempre as menores possíveis. Os polígonos resultantes podem ser deformados por características ambientais que são o atrito e a influência das massas de seus pontos geradores. Deformado ordenadamente, o espaço geográfico passa a representar, em sua estruturação, as duas tendências que normalmente ocorrem neste processo: a organização do espaço segundo a ocorrência de centros de influência – a polarização do território; e a presença de características ambientais dominantes, indicadoras das possibilidades da ocupação humana e definidoras de certa regularidade paisagística – o conceito de região, zona ou área homogênea.

Em uma primeira análise, utilizamos os recursos do *SAGA/Voronoi* e consideramos cada unidade predial como fonte geradora e a massa como a

¹¹ MOURA (2009) define o Polígono de Voronoi como “um modelo de análise que permite o estudo das áreas de influência de pontos de interesse definidas por suas posições em relação ao conjunto de dados. O princípio é que estas manchas não sejam compostas pela simples distribuição euclidiana, mas sejam deformadas pela influência do meio - atrito ambiental, barreiras à expansão urbana, e pela massa de seus pontos geradores”.

quantidade de viagens geradas que representa a demanda por estacionamento, fatores determinantes na conformação de suas áreas de influência.

Na segunda análise consideramos a mesma massa em cada ponto gerador e como atrito a disponibilidade de vagas em áreas para estacionamentos – pátios e vias. Foram estabelecidos critérios para atribuição de pesos/notas aos atritos agrupando os estacionamentos de acordo com a capacidade de vagas. Assim, locais com maior capacidade receberam nota menor significando baixo atrito e maior atratividade. Conforme descrito anteriormente, no Princípio de Polígonos de Voronoi são considerados a distância da fonte geradora de massa e também os atritos, definindo desta maneira a área de influência do ponto. Nas análises de Voronoi a massa referente a cada ponto (demanda) sempre prevalece. O atrito restringe ou favorece a ocupação da área para atender a essa demanda.

No procedimento de classificação dos atritos utilizamos o método de *Jenks* também chamado de *Natural Breaks*, com recursos do *ArcGis*, que é um método para determinar o melhor arranjo de valores para diferentes classes. O método procura reduzir a variação dentro das classes e maximizar a variação entre classes identificando pontos de quebra de classes que agrupam da melhor maneira os valores similares e as diferenças entre classes. As fronteiras são estabelecidas onde existem saltos relativamente grandes nos valores dos dados que representam as mudanças ou quebras de padrão de comportamento da variável (frequência/quantidade de vagas).

Na Figura 22 são mostrados os valores de quebra determinados pelo método de *Jenks*.

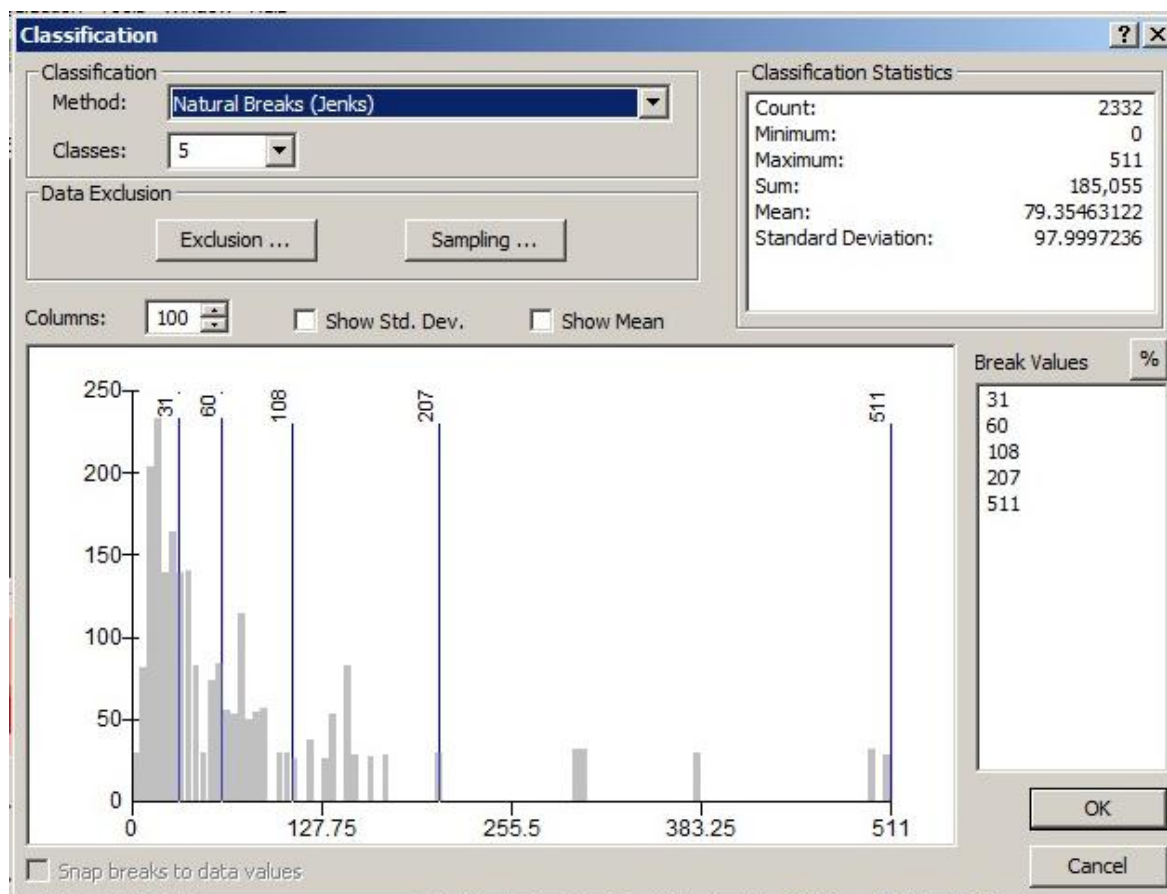


FIGURA 22: Valores de Quebra pelo Método de Jenks

Na Tabela 23 são mostrados os agrupamentos segundo a classificação e a atribuição de notas utilizada para os atritos.

TABELA 193: Classificação e Notas Atribuídas aos Atritos

CLASSIFICAÇÃO E NOTAS DOS ATRITOS			
	Capacidade	Nota	Atrito
Estacionamentos nos prédios e nas vias	0 a 31	10	alto
	32 a 60	7	médio alto
	61 a 108	5	médio
	109 a 207	3	médio baixo
	208 a 511	1	baixo

4.3.2 Análise de Distribuição de Demanda Utilizando Aplicativos de Rede

Os aplicativos de rede baseados em modelos de dados orientados a objetos são muito empregados nas análises sistêmicas em estudos espaciais. Para sua

utilização é necessário a compreensão dos elementos e processos que compõem a metodologia característica de aplicativos de rede, descritos a seguir.

Um *grafo* consiste em um conjunto de objetos chamados vértices ou *nós* e outro conjunto de arestas ou arcos. Pode ser identificado por uma figura onde os vértices sejam designados por pontos e as arestas por linhas que interliguem os vértices a elas associados. Esta estrutura, correspondente à de uma rede, possibilita simulações entre vértices e arestas¹².

Outro conceito importante nos fluxos de rede, quando analisamos os processos de formação do “caminho ótimo”, é o denominado “impedância”. Davis (1997) define o problema de encontrar o caminho mais curto entre dois nós de um grafo ou de uma rede como o de encontrar o caminho de menor custo entre dois nós, considerando a soma dos custos associados aos arcos percorridos. Em outras palavras, os custos a serem associados aos arcos de um *grafo* qualquer, serão considerados impedâncias. Em redes de transporte estas impedâncias podem ser representadas pelas mais variadas grandezas, seja pela distância linear dos arcos ou por valores específicos relacionados aos atributos de cada trecho em particular. É a partir das impedâncias que os algoritmos realizam os cálculos na procura do caminho de menor custo, otimizando assim os fluxos da rede.

Utilizando recursos disponíveis em modelos de análise de rede adotamos a função de alocação de recursos do Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas – *Spring*, para proceder à análise da relação de oferta e demanda nos estacionamentos. A alocação de recursos é uma função que identifica uma zona de influência de um centro ou objeto pontual. Este centro fornecedor ou receptor tem um valor de demanda associado. Para esse tipo de aplicação os parâmetros modelados na geo-rede foram os seguintes:

¹² A *Teoria de Grafos* reside no fato de cada ponto ser um ponto de partida, de chegada ou de passagem, dependendo se o ponto tem um número ímpar ou par de caminhos associados a ele. A partir deste tipo de aplicação, os grafos passaram a ser utilizados em questões relativas à identificação de caminhos entre vértices, que podem ser representações de diferentes objetos de estudo. Segundo FREITAS (2003), a resolução de problemas de caminhos entre vértices, nas aplicações em rede, apresentam como elemento essencial a chamada Matriz de Adjacência, que consiste em relacionar todos os vértices do grafo e organizá-los de maneira a obter um cruzamento que forneça a forma mais otimizada possível do relacionamento entre os mesmos.

- a) O centro corresponde a um objeto pontual que representa o prédio e que possui um atributo – número de viagens geradas (número de veículos) usado como demanda.
- b) Cada representação linear da rede que correspondente a locais com possibilidade de estacionamento tem um valor de demanda associado que é o número de vagas disponíveis.
- c) Assim como na aplicação de caminho ótimo, as direções de fluxo na rede são modeladas e os fluxos especificados a partir do nó inicial.

A alocação de recursos foi calculada a partir do objeto de referência – o prédio, e as direções de fluxos consideradas foram as que partem da fonte para distribuição da demanda através da rede. Os locais para estacionamentos localizados ao longo da rede recebem uma demanda a ser alocada. Neste caso, o recurso disponível – quantidade de veículos, é transportado através da rede, partindo do prédio, para satisfazer a demanda por estacionamento. Na modelagem da rede, a impedância associada a cada elemento linear para mover-se na rede foi a distância em metros.

4.3.3 Análise de Distribuição do Tráfego Utilizando Matriz de Adjacência

Um dos recursos disponíveis em modelos de análises de rede é a matriz de adjacência que, estabelecendo relações entre os nós da matriz, encontra o caminho mínimo no sistema. Adotamos a matriz de alocação de tráfego do *software Transcad* utilizando como dados de entrada os gerados pela pesquisa de origem/destino, identificando assim, os nós de origem e os nós de destino na rede.

O sistema viário do Campus apresenta nos elementos que o compõem, características similares tais como largura de pista de rolamento e calçamento poliédrico, com exceção da Av. Reitor Mendes Pimentel que possui pista dupla. Também não possui vias com grandes declividades que representem fatores inibidores do tráfego. Por esta impossibilidade de diferenciação, e portanto de classificação, não consideramos na análise a existência de atritos inerentes ao sistema viário e consideramos a opção da menor distância como característica prioritária. Através dos dados de origem/destino inseridos na matriz foram

processados os caminhos mínimos para cada trecho e assim foi possível localizar e distribuir o volume de tráfego no horário de pico. Com a finalidade de classificar as vias em relação à intensidade de tráfego definimos seis intervalos para este volume de tráfego. Como alternativa para a análise de distribuição do tráfego utilizamos o método de *Natural Breaks* do *ArcGis* para nova classificação das vias em relação à intensidade de tráfego.

5 RESULTADOS

5.1 Análise de Áreas de Influência

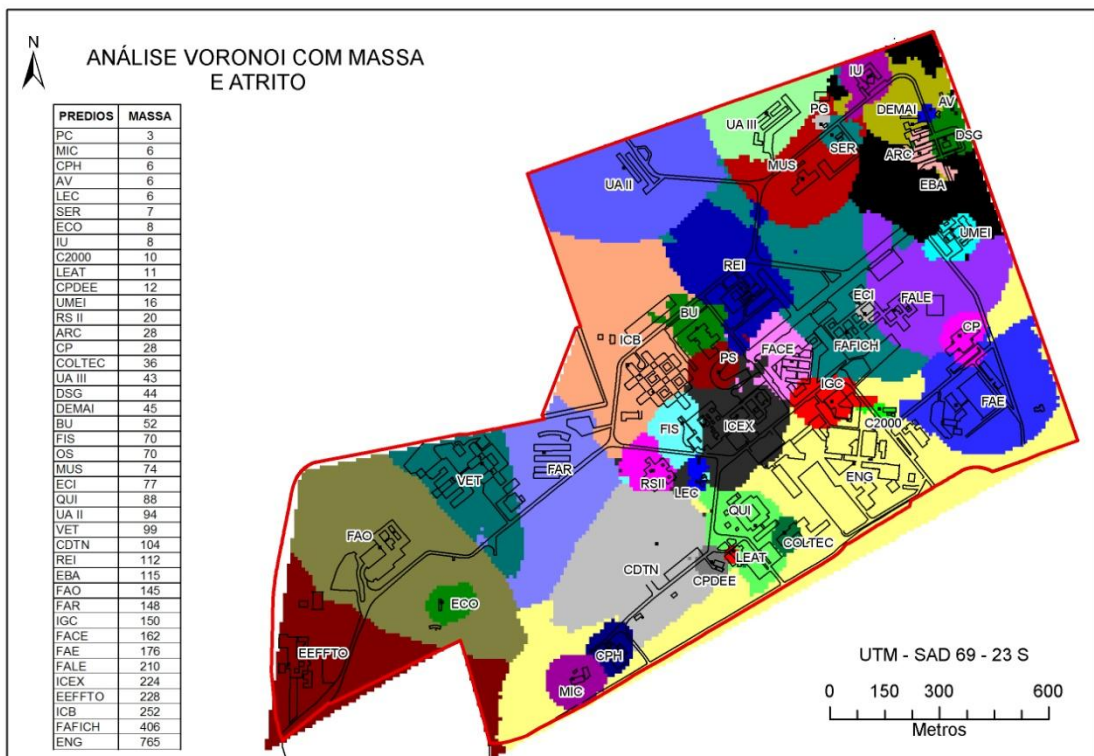
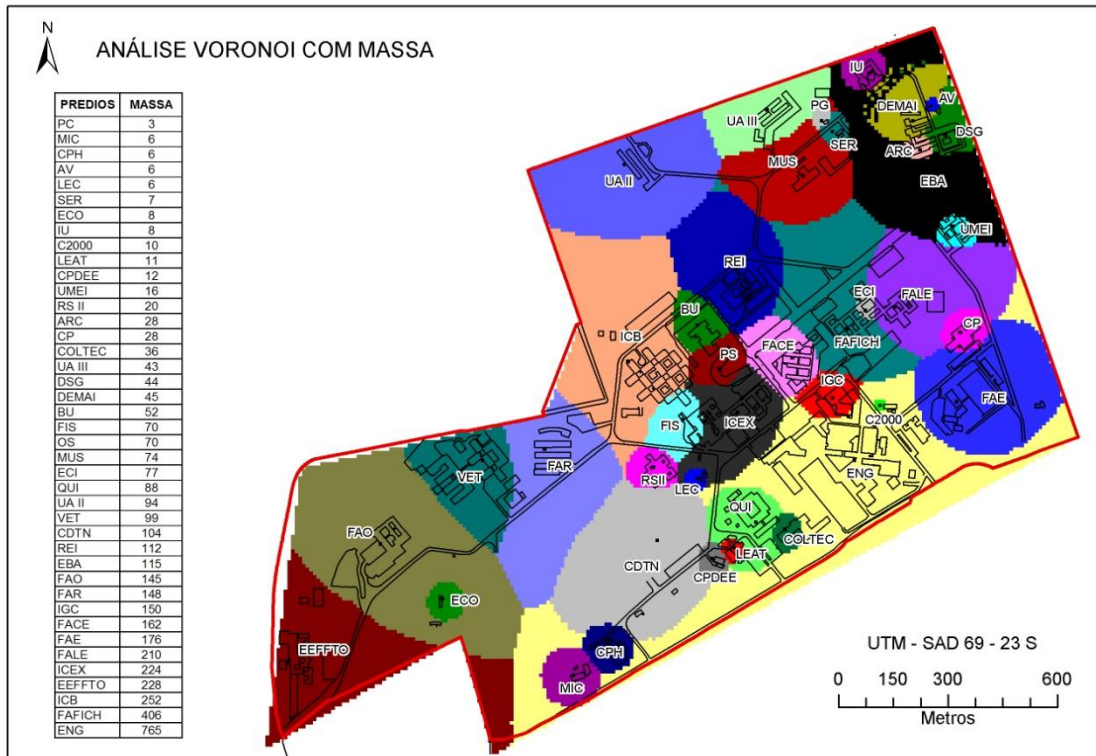
Os resultados das análises pelo método de Voronoi considerando apenas massa e Voronoi considerando massa e atrito são mostrados na Figura 23.

Na aplicação de Voronoi somente considerando massa (quantidade de viagens geradas) é esperado que as áreas de influência sejam proporcionais às massas respectivas de seus pontos geradores. As mudanças ocorridas em relação às expectativas destes resultados devem ser observadas pois possuem um significado. Massa pequena e área de influência grande em relação aos demais pontos geradores significa que neste local existe pouca concorrência para ocupação de vagas para estacionamento. Massa grande com área de influência pequena significa que o espaço está sendo disputado com os outros pontos da vizinhança.

Verificamos que na área central existe uma disputa por espaço pois apesar de grandes massas em alguns pontos, a área de influência correspondente é pequena. É o caso da Faculdade de Ciências Humanas (FAFICH) que juntamente com a Escola de Engenharia se caracterizam como exportadores de veículos uma vez que as suas respectivas áreas de influência estão segmentadas e ocupando locais onde há concorrência. O resultado nos dois casos demonstra insuficiência do seu espaço próprio ocasionando disputa por espaço, impacto em relação aos concorrentes e redução da influência territorial dos outros.

Faculdade de Letras (FALE) e Instituto de Ciências Exatas (ICEX) possuem massas similares, respectivamente 210 e 224 no entanto, a área de influência do ITEX é menor pois a área disputada em seu entorno é menos favorável à expansão. O mesmo resultado pode ser observado comparando-se os pares Faculdade de Ciências Econômicas (FACE) e Faculdade de Educação (FAE), Reitoria e Escola de Belas Artes (EBA), Escola de Ciências da Informação (ECI) e Escola de Música, que também possuem massas similares sendo que a área de influência das primeiras é sempre menor.

Artes Cênicas e Centro Pedagógico (CP) possuem mesmo valor de massa porém o primeiro apresenta menos possibilidade de expansão (área de influência menor) devido à EBA que possui massa e área de influência bem maiores gerando conflito.



Instituto de Geociências (IGC) e CP possuem áreas de influência de tamanho similar porém o primeiro tem uma massa bem mais significativa (150 e 28), devido ao fato do IGC se encontrar localizado em região de grande concorrência.

Instituto de Ciências Biológicas (ICB) e Escola de Educação Física e Fisioterapia (EEFFTO) possuem massas e áreas de influência grandes. O ICB se situa numa região de grande concorrência e, por causa do alto valor de sua massa, as áreas de influência de seus concorrentes são inibidas, exercendo um predomínio sobre a vizinhança. A mesma situação ocorre com a Faculdade de Farmácia (FAFAR) e Faculdade de Odontologia (FAO) que possuem praticamente a mesma massa porém a primeira disputa área com seu vizinho ICB tendo em consequência disso uma área de influência bem menor que a segunda, que se encontra numa região menos concorrida.

Concluindo, é evidente a grande disputa entre as unidades que se localizam na parte central do Campus e algumas disputas setoriais, sendo que a mais notória é a da Escola de Belas Artes com a sua vizinhança.

De acordo com Xavier (2001), em resultados de Voronoi com massa e atrito há um favorecimento ou uma restrição relativos à ocupação ou seja, quando não existe atrito, há expansão. Devido às possibilidades de estacionar representadas pela classificação dos atritos, ainda que a massa de um ponto gerador seja pequena, a sua área de influência poderá ser aumentada em relação à análise anterior (Voronoi com massa). Verificamos que nas áreas onde não há conflito, as áreas de influência permaneceram similares às anteriores, nota-se que há expansão onde há pouca concorrência mesmo em locais com pouca massa como, por exemplo, na Estação Ecológica. Ali houve um aumento da ocupação devido à existência de áreas de baixo atrito, que é representado pela expansão de sua área de influência.

Nota-se que em locais onde existe conflito a área de influência se expande em direção às áreas de menor atrito nas quais se estabelece uma disputa pelo território. A direção referente às deformações das áreas de influência de uma unidade geradora de massa, indica pouco atrito ou seja, a possibilidade de estacionar. Segundo a classificação dos atritos decorrente das notas atribuídas e da distancia, que é fator inerente ao algoritmo de Voronoi, as deformações indicam a possível ocupação de áreas/vagas naquele sentido.

Desta maneira nota-se que a FAFICH ocupa áreas anteriormente destinadas à Reitoria, à FALE e à EBA. A área de influência da EBA por sua vez é invadida e sofre influências da FAFICH, Artes Cênicas, DSG e DEMAI, seus vizinhos que disputam vagas para estacionar.

Do mesmo modo, a Reitoria invade a área de influência da FAFICH e da Praça de Serviços, enquanto o ICEX invade a área da FACE e Escola de Engenharia.

Áreas de influência que na análise anterior ocupavam apenas o entorno do ponto gerador de massa, apresentam-se deformadas demonstrando ocupação de locais onde há menor atrito e disputa pelo território.

Nota-se que em regiões próximas aos limites do Campus (fora da área central), a situação permaneceu a mesma em relação à análise de Voronoi somente considerando a massa.

Foi detectada a existência de três pólos de conflitos que sofrem grandes interferências entre si, um na região central do Campus, outro na região da EBA e vizinhança e outro representado pela Escola de Engenharia, que tem sua área de influência expandida em todas as direções de baixo atrito.

5.2 Análise Utilizando Aplicativos de Rede

Os resultados da análise foram tratados no *ArcGis* e, para melhor visualização, o mapa do Campus Pampulha foi dividido em quatro áreas – A, B, C e D, levando em consideração as relações de influência verificadas. Nas Figuras 24, 25, 26 e 27 a seguir são mostrados os resultados encontrados.

Figura 24: Análise da Ocupação dos Estacionamentos de Prédios Área A

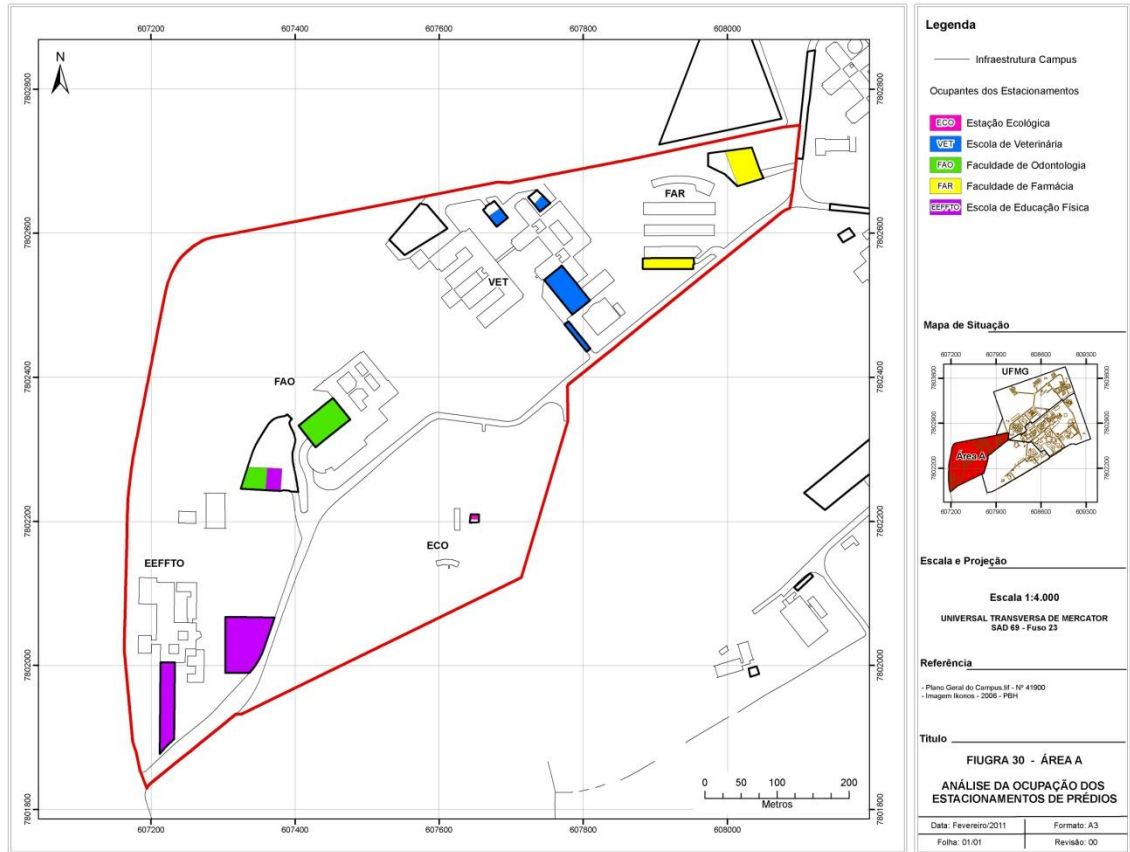


Figura 25: Análise da Ocupação dos Estacionamentos de Prédios Área B

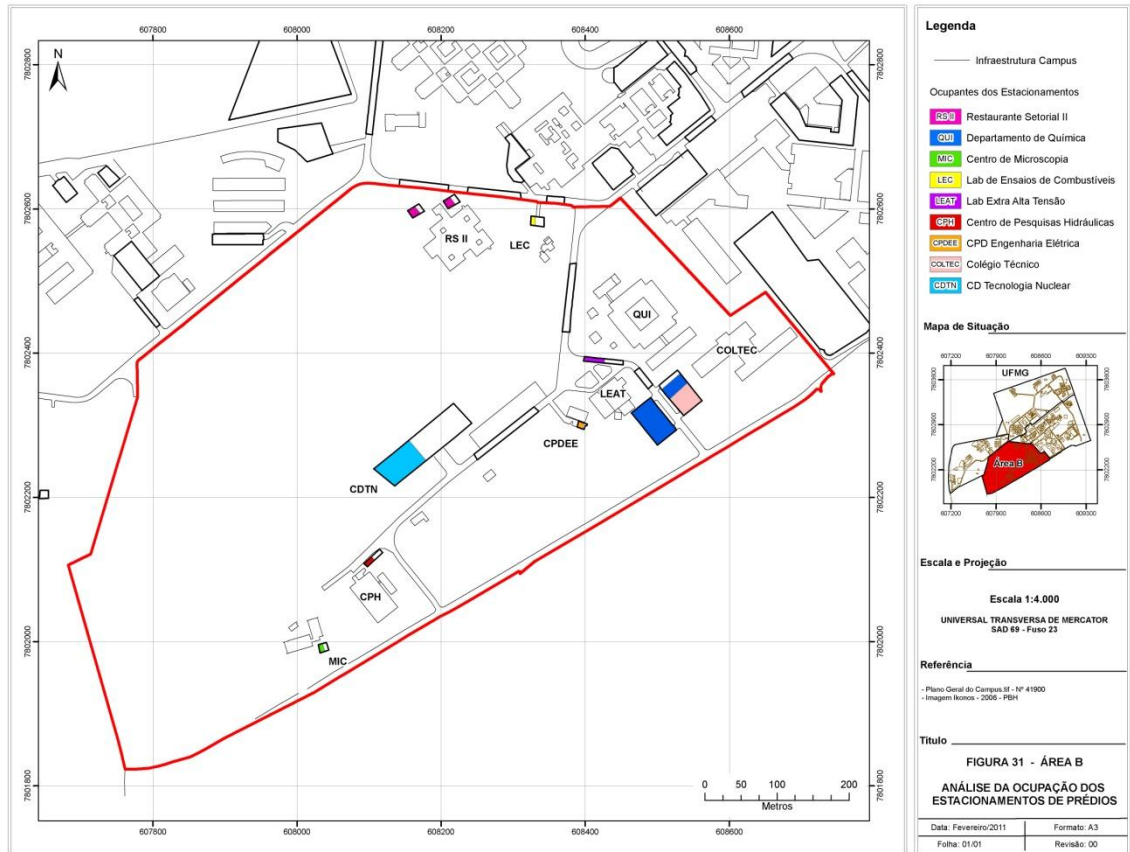


Figura 26: Análise da Ocupação dos Estacionamento de Prédios Área C

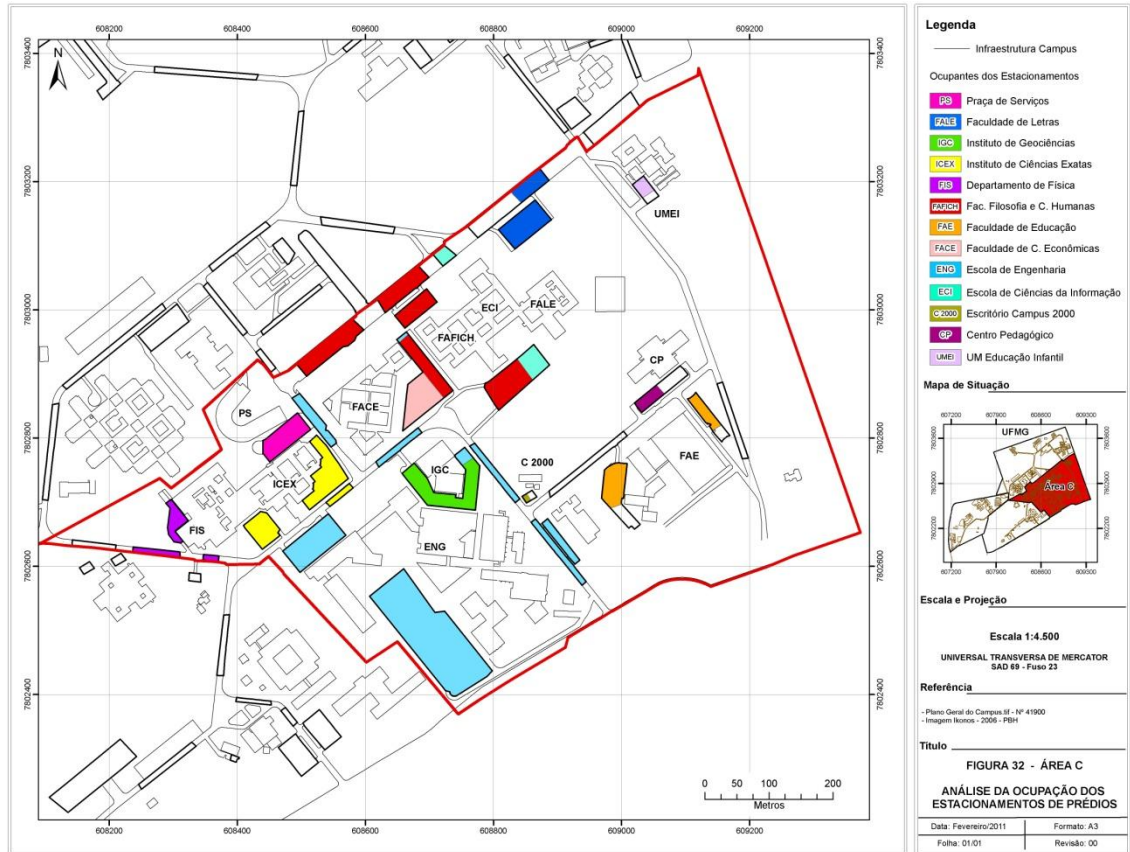
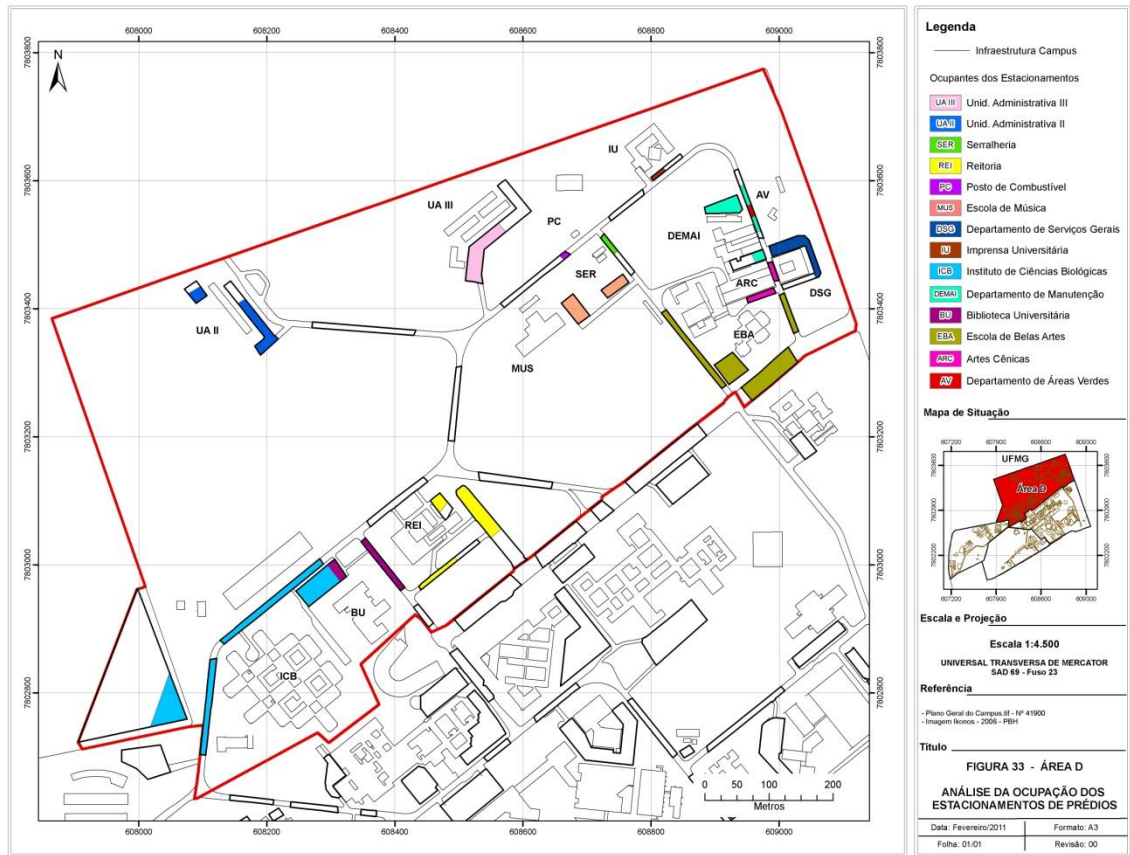


Figura 27: Análise da Ocupação dos Estacionamentos de Prédios Área D



O resultado da análise espacial de alocação da demanda de estacionamento permite identificar locais no Campus onde há ociosidade de vagas para estacionar e outros onde a demanda é maior que a oferta de vagas. Consideramos a oferta de vagas referente a um determinado prédio ou Unidade aquela que corresponde à capacidade ou número de vagas do(s) seu(s) estacionamento(s). Vagas ociosas referem-se às vagas que sobram e vagas pendentes às que faltam. Vagas pendentes implicam na utilização de outro local fora do estacionamento do prédio para estacionar, podendo ser uma via ou o estacionamento de outro prédio. Conforme descrito na página 103, o aplicativo utiliza o caminho mínimo para mover-se na rede e fazer a alocação das vagas logo, as vagas são ocupadas para suprir a demanda de acordo com a distância que se encontram da origem. As mais próximas são ocupadas prioritariamente, independente se estão na via ou em um pátio de estacionamento e desde que já não estejam ocupadas em atendimento a uma demanda de uma origem mais próxima a elas.

Na área "A" verificamos que existem vagas pendentes (demanda maior que a oferta) apenas na EEFETO que foram alocadas no estacionamento da FAO onde existem vagas ociosas. Na área "B" não foi verificada a pendência de vagas em nenhum local. Na área "C" verifica-se pendência na FALE, ECI, FAFICH, ICEX, Escola de Engenharia e Departamento de Física. Na área "D" verifica-se pendência no ICB, Biblioteca Universitária (BU), EBA, Departamento de Manutenção (DEMAI), Departamento de Áreas Verdes, Artes Cênicas, Serralheria e Posto de Combustível.

Na Tabela 24, retirada do *ArcGis*, encontramos as informações acima descritas e a discriminação da alocação de vagas pendentes nos estacionamentos e nas vias. É importante salientar que a coluna referente às vagas ociosas, quando diferente de zero, significa que existe uma ociosidade em relação à unidade de origem da demanda. Estas vagas ociosas podem ou não estar sendo ocupadas por usuários de outros prédios. Portanto, o somatório de vagas ociosas apresentada na tabela não significa a situação real de ocupação dos estacionamentos conforme representado nos mapas. Outra colocação importante a ser feita é que a demanda por estacionamento advinda do público externo não foi considerada nesta pesquisa. É fato que esse público utiliza os estacionamentos em vias ou em prédios quando estes não são controlados por cancelas. Em decorrência disso, há uma diminuição significativa do total de vagas ociosas.

TABELA 204: Ocupação de Estacionamentos

(continua)

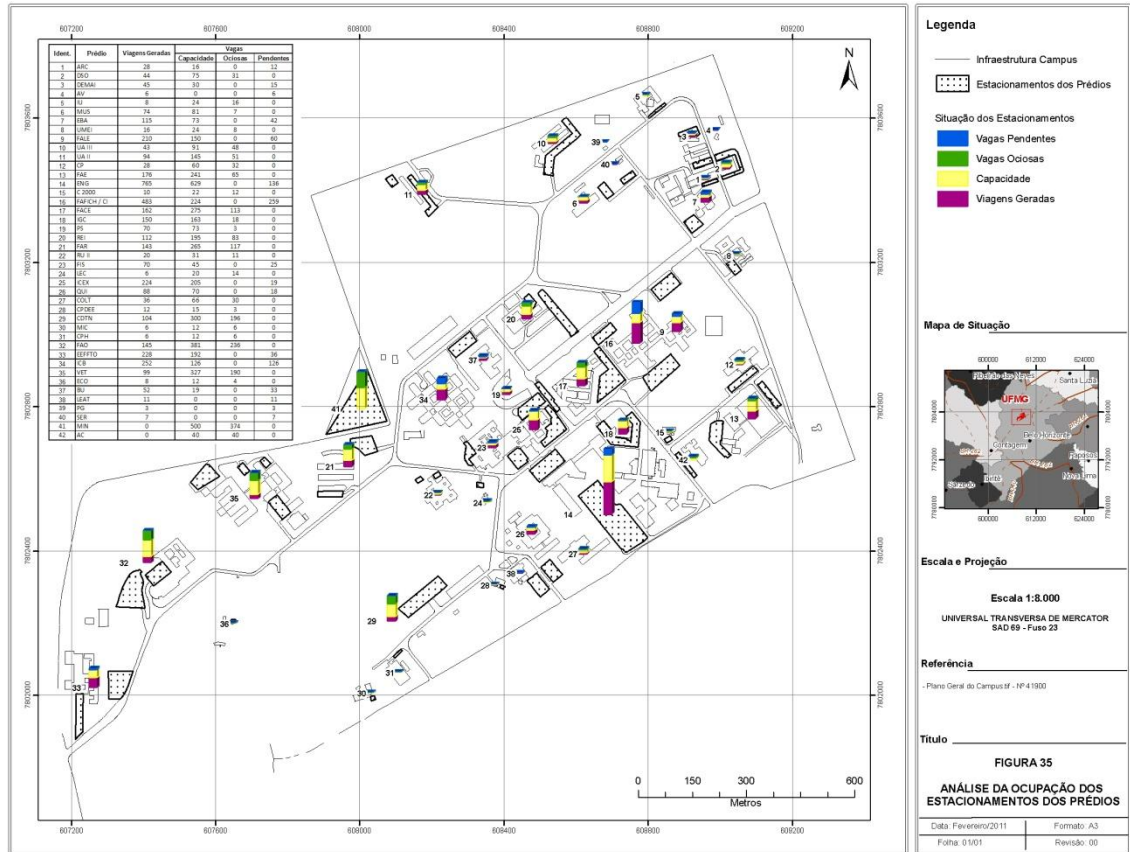
LOCAÇÃO DE ESTACIONAMENTOS	CAP	VO	VO %	VP	VP	ALOC_VP
Almoxarifado Central - AC	40	0	0%	0	-	
Artes Cênicas - ARC	16	0	0%	12	-	Rua Prof. Francisco de Assis
Assufemg - ASS	22	0	0%	0	-	
CDTN	300	196	65%	0	-	
Centro de Microscopia - MIC	12	6	50%	0	-	
Centro Pedagógico - CP	60	32	53%	0	-	
CPDEE	15	3	20%	0	-	
CPH	12	6	50%	0	-	
Dep. Química - QUI	70	0	0%	0	-	
Departamento de Física - FIS	45	0	0%	25	-	Rua Prof. Giorgio Schreiber
Departamento de Logística - DSG	75	31	41%	0	-	
Departamento de Química / COLTEC	66	12	18%	0	-	
Divisão de Áreas Verdes - AV	0	0	0%	6	-	Rua Prof. Francisco de Assis
DPFP / DEMA	30	0	0%	15	-	Rua Prof. Francisco de Assis
Esc. Veterinária / Hospital - VET	327	190	65%	0	-	
Escola de Belas Artes - EBA	73	0	0%	42	15	Av. Reitor Mendes Pimentel
					9	Rua Prof. Francisco de Assis
					18	Rua Prof. Eduardo Rodrigues
Escola de EEEFTO	192	0	0%	36		Fac. Odontologia
Escola de Engenharia - ENG	629	0	0%	136	50	Rua Prof. Edmundo Linz
					25	Rua Prof. Eduardo Frieiro
					40	Almoxarifado Central
					13	IGC
					8	FACE
Escola de Musica - MUS	81	7	1%	0	-	
Escritório Campus 2010	22	12	54%	0	-	
Estação Ecológica - ECO	12	4	33%	0	-	
Fac. de Ciências Econômicas - FACE	275	113	41%	0	-	
Faculdade de Educação - FAE	241	65	27%	0	-	
Faculdade de Farmácia - FAR	265	117	44%	0	-	
Faculdade de Letras - FALE	150	0	0%	60	-	Av. Reitor Mendes Pimentel
Faculdade de Odontologia - FAO	381	236	52%	0	-	

(conclusão)

LOCAÇÃO DE ESTACIONAMENTOS	CAP	VO	VO %	VP	VP	ALOC_VP
FAFICH / EC. da Informação - ECI	227	0	0%	259	154	Av. Reitor Mendes Pimentel
					105	FACE
ICB / Biblioteca Universitária - BU	145	0	0%	152	33	Rua Prof. Eduardo Frieiro
					126	Rua Prof. Baeta Viana
ICB / Mineirão - MIN	500	374	74%	0	-	
Imprensa Universitária - IU	24	16	66%	0	-	
Instituto de Ciências Exatas - ICEX	205	0	0%	19	-	Rua Reitor Pires de Albuquerque
Instituto de Geociências - IGC	163	18	11%	0	-	
Lab. Ensaios de Combustíveis - LEC	20	14	70%	0	-	
Lab. Extra Alta Tensão - LEAT	0	0	0%	11	-	Rua C
Posto de Combustível - PC	0	0	0%	3	-	Rua Prof. Francisco de Assis
Praça de Serviços - OS	73	0	0%	0	-	
Reitoria - REI	195	83	42%	0	-	
Restaurante Setorial II - RS II	31	11	35%	0	-	
Serralheria - SER	0	0	0%	7	-	Rua Prof. Eduardo Rodrigues
UMEI	24	8	33%	0	-	
Unidade Administrativa II - UA II	145	51	35%	0	-	
Unidade Administrativa III - UA III	91	48	52%	0	-	
TOTAL	5254	1653	21%	783	-	
CAP - Capacidade, número de vagas VO - Vagas ociosas VO % - Vagas ociosas em porcentagem VP - Vagas pendentes (demanda menos capacidade) ALOC_VP - Alocação das vagas pendentes						

A seguir apresentamos a síntese da análise da ocupação dos estacionamentos nos prédios e nas ruas, respectivamente nas figuras 28 e 29. Na localização de cada estacionamento no mapa foram apresentadas colunas para visualização da demanda (viagens geradas), capacidade, vagas pendentes (demanda maior que a capacidade) e vagas ociosas (capacidade maior do que a demanda).

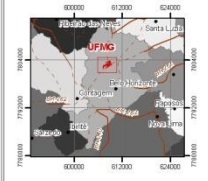
Figura 28: Análise da Ocupação dos Estacionamentos de Prédios



Legenda

- Infraestrutura Campus
 - ▤ Estacionamentos dos Prédios
- Situação dos Estacionamentos
- Vagas Pendentes
 - Vagas Ocupadas
 - Capacidade
 - Viagens Geradas

Mapa de Situação



Escala e Projeção

Escala 1:8.000
UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
SAD 69 - Fuso 23

Referência

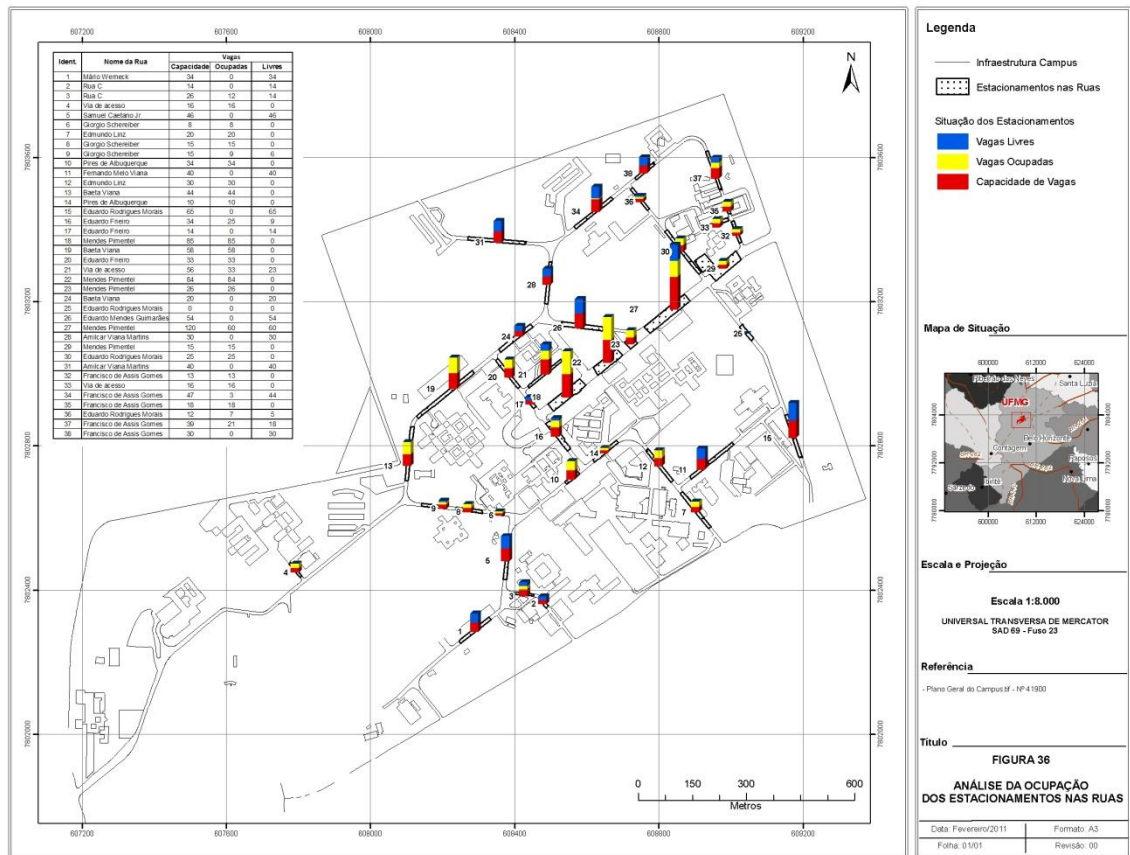
Plano Geral do Campus UFPA - IFPA 1980

Título

FIGURA 35
ANÁLISE DA OCUPAÇÃO DOS ESTACIONAMENTOS DOS PRÉDIOS

Data: Fevereiro/2011 Formato: A3
Folha: 01/01 Revisão: 00

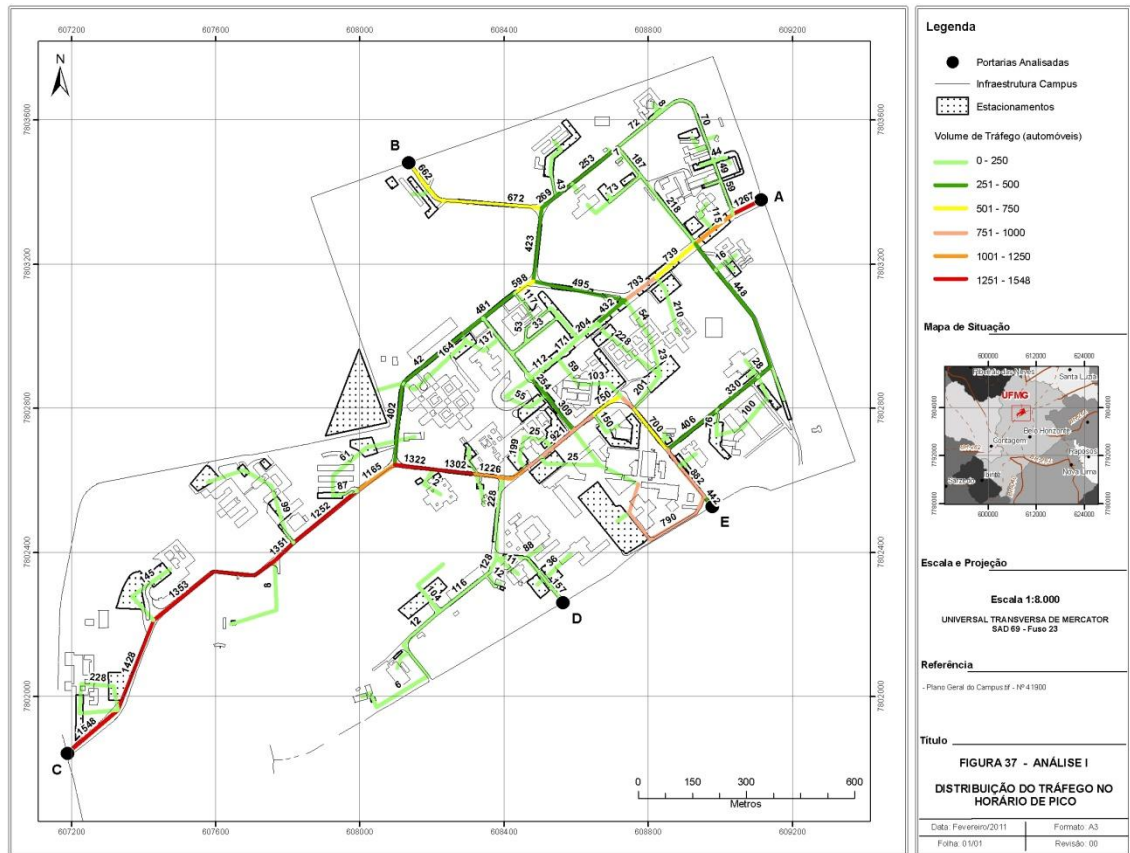
Figura 29: Análise da Ocupação dos Estacionamento nas Ruas



5.3 Análise Utilizando Matriz de Adjacência

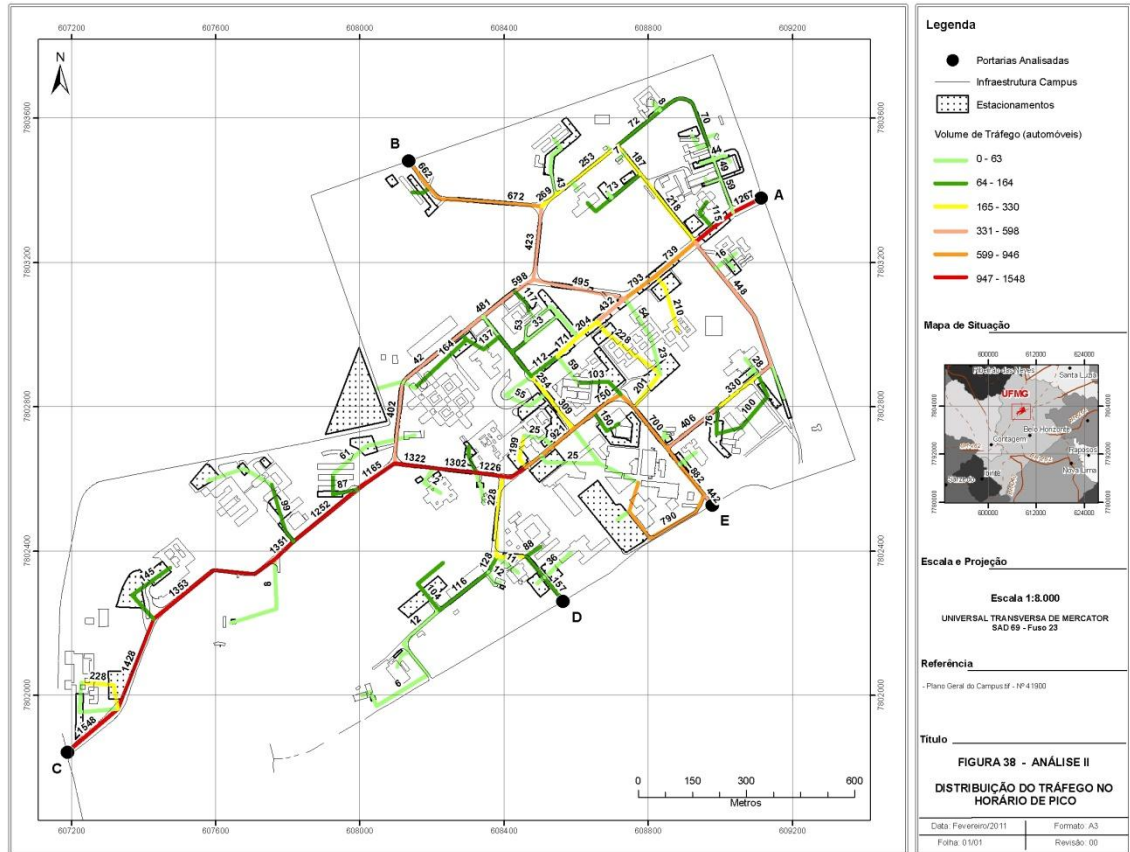
No mapa apresentado na Figura 30 estão indicados as vias e trechos de vias com o respectivo volume de tráfego. Observamos um acúmulo de veículos nas entradas da Av. Antônio Carlos e da Av. Carlos Luz (Catalão). A conformação do sistema viário do Campus conforme projetada para o Plano Diretor Eduardo Guimarães Junior sugeria a existência de um eixo central que atravessava o território no sentido leste oeste. Observa-se que apesar das mudanças executadas em relação ao plano original, o sistema viário se caracteriza pela presença de um eixo de tráfego mais intenso que, embora segmentado, aponta nitidamente a tendência como eixo principal de distribuição de tráfego para outros eixos secundários. A Escola de Engenharia se apresenta como o maior pólo atrator de veículos e, por essa razão, as vias em seu entorno recebem uma quantidade de veículos muito grande. Nota-se que os outros trechos onde também se verifica volume de tráfego intenso possuem características que, de certa maneira, favorecem o trânsito de veículos: a Av. Mendes Pimentel (acesso pela Av. Antônio Carlos) possui pista de rolamento dupla e a Rua Moacir Gomes de Freitas (acesso pela Av. Carlos Luz) na qual não é permitido estacionar em toda a sua extensão. As ruas que levam ao centro do Campus e à Escola de Engenharia, por serem vias com pista de rolamento única e com permissão para estacionar, certamente se caracterizam como as de maior foco de problemas de tráfego merecendo, portanto, maior atenção na busca de soluções.

Figura 30: Distribuição do Tráfego no Horário de Pico - Análise I



No mapa representado na Figura 31 podemos verificar os locais de concentração de tráfego de acordo com a classificação utilizando o método de *Natural Breaks*. Observamos que as regiões de maior tráfego correspondem às verificadas no mapa anterior: entrada da Av. Carlos Luz e da Av. Antônio Carlos. Em seguida, em decréscimo de intensidade de tráfego temos as vias de acesso à Escola de Engenharia e a entrada da Av. Abraão Caram. Podemos verificar que as menores concentrações se referem aos acessos a estacionamentos com pouca capacidade de vagas ou subocupados.

FIGURA 31: Distribuição do Tráfego no Horário de Pico - Análise II



6 DISCUSSÃO DE RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta do trabalho aqui apresentado foi desenvolver e aplicar uma metodologia para análises espaciais dentro de critérios reproduzíveis e direcionada à questão da avaliação do sistema de tráfego no Campus Pampulha da UFMG. Dentro desta lógica de trabalho foram pontos fundamentais o uso de ferramentas de SIG que possibilitaram a caracterização do fenômeno urbano estudado e uma complexa análise espacial, além da elaboração de diagnósticos. Os recursos disponíveis de SIG possibilitaram o gerenciamento e a conversão de dados, o gerenciamento de variáveis e a construção de mapas, imprescindíveis aos objetivos e análises propostas.

A contribuição que se buscou fazer encontra-se fundamentalmente na perspectiva metodológica adotada para análise que possibilitou um olhar sistêmico na avaliação dos resultados. É fundamental que sejam considerados aqueles aspectos que caracterizam o sistema de tráfego na área para que possa subsidiar a elaboração de propostas de intervenções e melhorias. Através deste olhar sistêmico é possível analisar sob um ponto de vista global os problemas identificados no território e principalmente, analisar a influência de um em relação ao outro. Desta maneira foram estudados neste trabalho os problemas de demanda por estacionamento, disputa por espaço, sobrecarga, concentração e outros conflitos de tráfego.

Neste estudo pretendeu-se contribuir também no que diz respeito aos métodos utilizados para cálculos de dados populacionais e cálculo de geração de viagens para fins de distribuição de tráfego. Consideramos a frequência diária da população – alunos, professores e funcionários, utilizando fatores de equivalência no que diz respeito à permanência destes usuários no Campus, o que nos possibilitou utilizar a mesma unidade de medida para toda a população. Para o cálculo de geração de viagens, consideramos cada prédio como um pólo gerador e utilizamos o resultado destes cálculos como dados nas análises de distribuição do volume de tráfego, especificamente na matriz de origem/destino. Em estudos existentes analisados o cálculo de geração de viagens é utilizado com outros enfoques. A nossa proposta pretende contribuir neste caso, como uma inovação nos métodos de se analisar o fenômeno.

As etapas iniciais do processo metodológico se caracterizaram por uma longa fase de coleta e tratamento de dados. Os dados tabulados apresentados no trabalho representam a síntese de uma longa etapa de compilação.

A representação do sistema viário em geo-rede atendeu de maneira muito adequada aos propósitos de análise de dados para fenômenos urbanos, especialmente para análises de sistemas de tráfego. Neste trabalho o volume de veículos de entrada e saída no Campus correspondente à circulação, e o número de veículos correspondente à demanda por estacionamento foram distribuídos e alocados através da geo-rede que representa espacialmente o sistema viário existente.

Os recursos visuais utilizados na apresentação de resultados permitiram a verificação do nível de ociosidade e de demanda de vagas nas análises espaciais para alocação de vagas para estacionamento, e a verificação do nível de concentração de tráfego nas análises referentes à alocação e distribuição do tráfego.

A partir de uma visão geral do processo estudado cabem algumas conclusões. Primeiramente foi confirmada a aplicabilidade da metodologia com a finalidade de identificação de limitações e potencialidades do sistema de tráfego da UFMG. Em segundo lugar, os resultados das análises realizadas quando comparados convergem para alguns pontos importantes. A existência de regiões de conflito de tráfego e de áreas de insuficiência de estacionamentos foi confirmada por meio dos resultados apresentados. Tais resultados espacializados permitem a determinação dos locais onde a situação é mais crítica e a priorização de intervenções onde necessárias. Outro ponto a destacar é a determinação de locais onde existem possibilidades de expansão do sistema, analisados conjuntamente com a verificação da necessidade desta medida naquele determinado local. Em outras palavras, existem locais onde embora haja possibilidade de aumento da capacidade de tráfego e de estocagem não existe demanda justificável para tal. As propostas de intervenção no sistema de tráfego do Campus podem ser norteadas por estes resultados traduzidos espacialmente e quantitativamente.

Constatamos na avaliação das análises executadas, uma distorção em relação à realidade nos resultados referentes à ocupação dos estacionamentos em prédios exclusivamente de atividades administrativas ou de serviços de apoio.

Nestes locais foi observado por meio das análises feitas, ociosidade de vagas que não se confirma quando comparamos e conferimos os números *in loco*. Neste trabalho foi empregado um único modelo para cálculo de viagens geradas por prédio, considerando a utilização do modal automóvel igualmente para todas as categorias. Segundo os dados referentes a 2010, a UFMG/Campus Pampulha possui uma população de 19.885 estudantes correspondentes ao somatório de 14.214 alunos de graduação e 5.671 alunos de pós-graduação, que representam 74% da população total de 26.726 pessoas considerando todas as categorias: estudantes, professores e funcionários. De acordo com a pesquisa de origem e destino realizada constatou-se que em relação à divisão modal, a taxa de utilização de automóveis em prédios acadêmicos é em média, correspondente a 38% e em prédios administrativos, a taxa é de 58,3%, sendo a categoria de estudantes a que menos utiliza o modal automóvel. Assim, de acordo com o observado na pesquisa O/D, a categoria de estudantes é responsável por um coeficiente menor de utilização e, conseqüentemente, uma menor taxa por usuário quando considerada a edificação para fins de cálculo de viagens geradas. Concluímos por meio das análises que o modelo utilizado não se aplica aos prédios administrativos onde inexistente a categoria de estudantes e onde a taxa de utilização de automóveis por usuário é maior que em prédios acadêmicos. Como consequência disso, as viagens geradas calculadas para todos os prédios administrativos resultaram em um número aquém do número real e as análises de estacionamentos apresentam uma taxa de ocupação inferior à observada na realidade. Outro fator que contribui para maior ocupação de estacionamentos de prédios administrativos é a presença de um número representativo de público externo. Para correção da distorção advinda destes dois fatores, deverão ser aplicados modelos com coeficientes específicos e diferenciados para prédios administrativos e para prédios acadêmicos.

É importante observar que os dados coletados nas pesquisas de campo podem ser usados em análises buscando novos resultados para situações diferentes das abordadas. Neste trabalho foi considerado apenas o horário de pico, porém é possível aplicar os mesmos procedimentos para outros horários de uso do sistema e assim verificar o nível de tráfego em outros intervalos de tempo. É possível também mesclar as informações espaciais nos diferentes horários para obter um diagnóstico do funcionamento do sistema em tempo integral.

Como sugestão de refinamento da análise de distribuição de tráfego, é possível classificar as vias de acordo com as suas respectivas capacidades de tráfego e associar estes atributos aos mapas. Desta maneira pode-se obter como resultado as vias que se encontram acima ou abaixo do volume de tráfego aceitável (de acordo com a classificação utilizada) e as que se encontram operando em situação limítrofe. Esta análise com resultados espacialmente representados pode ser executada como todas as outras, considerando variações espaço-temporais.

Como proposta de discussão e com o objetivo de ajustar parâmetros e assim proceder a uma pré-calibragem do modelo aqui utilizado, sugerimos comparar os resultados com os do trabalho desenvolvido pelo Departamento de Engenharia de Transportes e Geotecnia da Escola de Engenharia da UFMG (DETG), publicado em 2010 com pesquisas realizadas durante o ano de 2009. Segundo os autores (Nunes *et al.*), o método utilizado consistiu na “patrulha de estacionamentos” feita a cada intervalo de aproximadamente 60 minutos, quando o observador percorreu os setores e anotou a quantidade de veículos estacionados. Para cada pátio de estacionamento e para cada via foi determinado um horário de pico observado durante as contagens. A demanda contabilizada neste horário de pico para cada situação em particular foi denominada “demanda crítica” e os resultados foram representados em tabelas. A partir desses cálculos foi determinado o percentual de ocupação de cada estacionamento e a existência de locais com excesso e falta de vagas. Cabe ressaltar que o trabalho teve como foco de estudo a ocupação dos pátios de estacionamentos dos prédios, bem como os estacionamentos ao longo das vias e que a distribuição do tráfego e suas influências nas áreas estacionáveis não foi objeto de estudo. A metodologia adotada pelo DETG consiste apenas em uma contagem de veículos e conseqüente cálculo de ocupação e não apresenta diferenciação nem determina a origem do usuário referente à esta ocupação. Não foram considerados portanto, os parâmetros e variáveis abordados no presente trabalho. A divergência entre as duas metodologias torna irrelevante a comparação de resultados encontrados nos trabalhos visto que não representam conteúdo de mesmo padrão para análise, inviabilizando quaisquer ajustes dos resultados.

É importante enfatizar que os modelos empregados na aplicação da metodologia aqui proposta admitem uma lógica e um conjunto de métodos sujeitos à verificação de ajustes que se fizerem necessários, a partir de comparações com a realidade ou avaliações de especialistas.

Verifica-se que este trabalho possui um potencial de caráter estratégico e de auxílio ao planejamento e gerenciamento do tráfego, com possibilidades de subsidiar sugestões de intervenções e novas aplicabilidades da metodologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOYCE, D., DAY, N., e McDONALD, C. *Metropolitan Plan Making*. Regional Science Research Monograph. Filadélfia, 1970.

BRUTON, Michael J. *Introdução ao Planejamento de Transportes*. 206 p., 1979.

BUCHANAN, C.D. *Traffic in Towns*. Londres, 1963.

CET-SP - Companhia de Engenharia de Tráfego. *Pólos Geradores de Tráfego*. Boletim Técnico, nº32. São Paulo, 1983.

CET-SP - Companhia de Engenharia de Tráfego. *Pólos Geradores de Tráfego*. Boletim Técnico, nº36. São Paulo, 2000.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. *Modelagem de Sistemas Ambientais*. 236p., 1999.

CYBIS, H.B.B.; LINDAU, L.A.; ARAÚJO, D.R.C. *Avaliando o Impacto Atual e Futuro de um Pólo Gerador de Tráfego na Dimensão de uma Rede Viária Abrangente*. Revista da ANPET, São Paulo, v.7, n.1, p.64-85, maio 1999.

DAVIS JUNIOR, C. A. *Caminho Mínimo em Redes*. Prodabel, Belo Horizonte, 1997.

DIRETRIZES *Gerais para as Questões de Trânsito, Transporte e Estacionamentos*. Documento para discussão com a comunidade, PROPLAN / UFMG, maio de 2010.

DUARTE, R.H. *Cidade Universitária da UFMG – História e Natureza*. 221p., Belo Horizonte, 2009.

ESTUDO *Populacional da UFMG – Campus Pampulha 2002-2012*. Maria do Carmo Brandão de Faria. PROPLAN, novembro de 2002.

FREITAS, Christian R. *Impacto das Novas Técnicas de Geoinformação nos Estudos Espaciais e nas Representações Cartográficas Destinados ao Turismo*. Dissertação de Mestrado UFMG / IGC, 167 p., 2006.

FREITAS, Christian Rezende. *Construção e Aplicação de Modelo de Rede em Ouro Preto: Utilização de Fatores Ambientais e Logísticos no Cálculo de Impedâncias*. Monografia UFMG/IGC, 2003.

GRANDO, L.A. *A Interferência dos Pólos Geradores de Tráfego no Sistema Viário: Análise e Contribuição Metodológica para Shopping Centers*. Mestrado do Programa de Engenharia de Transportes, COPPE / Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1986.

GUIA *para o Estabelecimento do Tráfego Gerado pela Implantação de um PGV - Rede Ibero-Americana de Estudo em Pólos Geradores de Viagens*. UFRJ, 2009.

ITE – Institute of Transportation Engineers. *Traffic Access and Impact Studies for Site Development*. Washington, DC., 1989.

ITE – Institute of Transportation Engineers. *Traffic Access and Impact Studies: Manual of Transportation Engineering Studies*. Washington, DC., 1994.

ITE – Institute of Transportation Engineers. *Trip Generation*. 6th Edition, Washington, DC., 1997.

ITE – Institute of Transportation Engineers *Trip Generation*. 7th Edition, Washington, DC., 2003.

MANIFESTO *do Instituto de Arquitetos do Brasil sobre a construção da cidade universitária*, p.70-72, 1951.

MENEZES, F.S.S. *Determinação da Capacidade de Tráfego de uma Região a partir de seus Níveis de Poluição Ambiental*. Mestrado – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2000.

MOURA, Ana Clara Mourão. *Geoprocessamento na Gestão e Planejamento Urbano*. Belo Horizonte, 2003.

NUNES, N.T.R.; BARBOSA, H.M.; OLIVEIRA, L.K. *Plano Estratégico para o Campus Pampulha da UFMG. Relatório Técnico*. 63 p., 2010.

PLANO *Diretor da UFMG*, revisado em 2007.

PORTUGAL, L.S.; GOLDNER, L.G. *Estudo de Pólos Geradores de Tráfego e de seus Impactos nos Sistemas Viários e de Transportes*. São Paulo, 2003.

REGULAMENTO *de Uso e Ocupação do Campus Pampulha*. Instituído pela Resolução 08/2009, de 16 de julho de 2009, do Conselho Universitário, UFMG.

RCA, *Relatório de Controle Ambiental*. EE e FACE, 2003.

RIC, *Relatório de Impacto na Circulação*. Escola de Farmácia da UFMG, novembro de 2001.

RIC, *Relatório de Impacto na Circulação*. EE e FACE da UFMG, março de 2003.

RIC, *Relatório de Impacto na Circulação*. Centro de Atividades Didáticas - CAD, setembro de 2008.

SILVA, Jorge Xavier. *Geoprocessamento para Análise Ambiental*. Rio de Janeiro, 228p., 2001.

TECTRAN, Técnicos em Transportes Ltda. *Plano Básico de Circulação*, UFMG, 2003.

WINGO, L.; PERLOFF, H. *The Washington Transportation Plan: technics or politics?* Proceedings and Papers of the Regional Science Assoc., 1961.

APÊNDICE A
Formulário Origem / Destino

PESQUISA ORIGEM / DESTINO - Campus UFMG	
LOCAL:	
Pesquisador:	Data: 10/11/2010 Horário: 07h00min às 09h00min
SEXO: <input type="checkbox"/> Fem <input type="checkbox"/> Masc	OCUPAÇÃO: <input type="checkbox"/> professor <input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> funcionário
RENDA: <input type="checkbox"/> até 1.000,00 <input type="checkbox"/> de 1.000,00 a 3.000,00 <input type="checkbox"/> acima de 3.000,00	
MODO DE TRANSPORTE:	<input type="checkbox"/> carro <input type="checkbox"/> ônibus <input type="checkbox"/> moto <input type="checkbox"/> bicicleta <input type="checkbox"/> carona <input type="checkbox"/> a pé <input type="checkbox"/> outro _____
PORTARIA UTILIZADA:	<input type="checkbox"/> Antônio Carlos <input type="checkbox"/> Abraão Caram <input type="checkbox"/> Catalão <input type="checkbox"/> Portaria em frente ao Colégio Militar <input type="checkbox"/> Portaria próxima ao Depto de Química
ONDE ESTACIONOU:	<input type="checkbox"/> estacionamento da Unidade <input type="checkbox"/> na rua em local próximo <input type="checkbox"/> outra Unidade <input type="checkbox"/> na rua em local distante

PESQUISA ORIGEM / DESTINO - Campus UFMG	
LOCAL:	
Pesquisador:	Data: 10/11/2010 Horário: 07h00min às 09h00min
SEXO: <input type="checkbox"/> Fem <input type="checkbox"/> Masc	OCUPAÇÃO: <input type="checkbox"/> professor <input type="checkbox"/> aluno <input type="checkbox"/> funcionário
RENDA: <input type="checkbox"/> até 1.000,00 <input type="checkbox"/> de 1.000,00 a 3.000,00 <input type="checkbox"/> acima de 3.000,00	
MODO DE TRANSPORTE:	<input type="checkbox"/> carro <input type="checkbox"/> ônibus <input type="checkbox"/> moto <input type="checkbox"/> bicicleta <input type="checkbox"/> carona <input type="checkbox"/> a pé <input type="checkbox"/> outro _____
PORTARIA UTILIZADA:	<input type="checkbox"/> Antônio Carlos <input type="checkbox"/> Abraão Caram <input type="checkbox"/> Catalão <input type="checkbox"/> Portaria em frente ao Colégio Militar <input type="checkbox"/> Portaria próxima ao Depto de Química
ONDE ESTACIONOU:	<input type="checkbox"/> estacionamento da Unidade <input type="checkbox"/> na rua em local próximo <input type="checkbox"/> outra Unidade <input type="checkbox"/> na rua em local distante

