

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

ESCOLA DE ENGENHARIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DE UMA PROPOSTA DE
ESCALONAMENTO DE HORÁRIOS EM UM CAMPUS
UNIVERSITÁRIO**

MÁRCIO SAUERESSIG

PORTO ALEGRE, 2000

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

Prof.^a Helena Beatriz Bettella Cybis, Dra.
Orientadora

Prof. Luís Antônio Lindau, Ph.D
Coordenador PPGE/UFGRS

Banca Examinadora:

Emílio Merino Dominguez, Dr.

ANTT / Brasília

Ronaldo Balassiano, Dr.

COPPE / UFRJ

Luís Antônio Lindau, Ph.D

PPGEP / UFGRS

A Deus.

**Aos meus pais, Erno e Cármen,
por terem me apoiado nas decisões mais difíceis, e
demonstrado como enfrentar com dignidade, humildade
e coragem os desafios apresentados pela vida.**

AGRADECIMENTOS

À Profª Helena Beatriz Bettella Cybis, minha orientadora, pela confiança depositada no término desse trabalho, mesmo quando eu estava morando longe de Porto Alegre.

À Direção da PUC-RS e ao seu Departamento de Engenharia Civil por permitir a realização das pesquisas dentro do campus.

À Profª Gláucia Michel pela sua contribuição na orientação de como lidar com a parte estatística desta dissertação.

Ao meu irmão, pelo incentivo de quem já passou por esse processo, e torcia e cobrava-me muito por essa realização.

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção (PPGEP) da UFRGS, e do LASTRAN (Laboratório de Sistemas de Transportes), em especial aos professores Luís Antônio Lindau, Fernando Dutra Michel, Luís Affonso Senna, Albano, Emílio Merino e Lenise Grando, pelos ensinamentos transmitidos ao longo desta jornada.

Aos bolsistas Leandro e Ivanilto que trabalharam diretamente e ativamente comigo na tabulação dos dados das entrevistas e na montagem do modelo de simulação.

As minhas colegas de mestrado acadêmico, Fabiane Moscarelli, Fernanda Bezerra e Patrícia Kuyrven, pela demonstração de companheirismo e coleguismo demonstrados ao longo do primeiro e segundo ano do mestrado.

Aos amigos e colegas das turmas anteriores e subseqüentes do PPGEP, Cristine Nodari, Beatriz Costa, Luciana Ferronato, Davi Araújo, Caroline Pecker, Homero,

Augusto, Felipe, Gabriel, Luisana, Carlo, Mara, Magda e Antônio, pela divisão pacífica de computadores, material de pesquisa, pelas discussões pertinentes à área, e pelo companheirismo e convívio harmônico compartilhado ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos Alexandre e César Van der Laan, Helena Weirich, Eduardo Contreiras, Simone Brasil, Débora Jaroski, Priscila Balvedi, e a primeira turma de trainees da Mercúrio, Rafael Pessoa, Daniel Martin, Rodrigo Amaral e Rodrigo Souto, Davi, Elaine da Silveira e Cleiane Weinmann, pelo incentivo, divisão dos momentos alegres, tristes e acima de tudo amizade.

A minha chefe, Carla Meinecke, pela compreensão nestes períodos finais da dissertação, e aos colegas Gilmar Cardoso, Ângela Bertazzo, Simone Lopes, Vânia Cristina Abreu, e a todos os colegas da Gerência de Planejamento Norte da EPTC.

A todos aqueles que não se encontram aqui citados mas que, de uma forma ou de outra, acreditaram na minha capacidade e me deram incentivo para vencer esta etapa.

À CAPES, que possibilitou, através da concessão de uma bolsa de estudos, minha dedicação exclusiva ao desenvolvimento desta dissertação.

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	01
1.1 – APRESENTAÇÃO	01
1.2 – JUSTIFICATIVA	02
1.3 – OBJETIVO	03
1.4 – HIPÓTESE	03
1.5 – ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO	04
CAPÍTULO 2 – GERENCIAMENTO DA DEMANDA DE VIAGENS (GDV)	05
2.1 – INTRODUÇÃO	05
2.2 – CLASSIFICAÇÃO DE MEDIDAS DE GERENCIAMENTO DA DEMANDA	08
2.3 – RESUMO DAS MEDIDAS DE GDV	13
2.3.1 – Restrições ao uso do automóvel através do controle físico e tarifário	14
2.3.1.1 – Cobrança viária	14
2.3.1.2 – Controle da oferta	15
2.3.1.3 – Restrição à circulação de automóveis	15
2.3.2 – Estratégias para redução da demanda por automóvel através do incentivo a modais alternativos e ao uso mais racional do automóvel	16
2.3.2.1 – Estacionamentos dissuasórios	16
2.3.2.2 – Modos não motorizados de viagem	16
2.3.2.3 – Serviço de transporte público de melhor qualidade	17
2.3.2.4 – Carona programada	18
2.3.2.5 – Planejamento urbano	19
2.4 – TÓPICOS CONCLUSIVOS	19
CAPÍTULO 3 – MEDIDAS PARA DILUIÇÃO DO PERÍODO DE PICO	21
3.1 – INTRODUÇÃO	21
3.2 – MEDIDAS DE DISPERSÃO DO HORÁRIO DE PICO	22
3.2.1 – Tele-trabalho	23
3.2.2 – Semana comprimida	24
3.2.3 – Horário flexível	25
3.2.4 – Horário escalonado	26

3.3 – IMPACTOS NO TRANSPORTE DEVIDO A IMPLEMENTAÇÃO DO HORÁRIO ESCALONADO DE TRABALHO	28
3.3.1 – Experiência internacional	28
3.3.1.1 – Cidade de Nova York – Manhattan	28
3.3.1.2 – Toronto – Queen’s Park	31
3.3.1.3 – Ottawa	34
3.3.1.4 – Newark, Nova Jersey	36
3.3.1.5 – Filadélfia	36
3.3.1.6 – Riverside, Califórnia	37
3.3.1.7 – St. Paul, Minnesota – 3M Company	37
3.3.2 – Efeito do escalonamento de horário na formação de congestionamento nos estacionamentos	39
3.3.3 – Efeito do escalonamento de horário sobre a escolha modal	40
3.3.4 – Experiência nacional	41
3.3.4.1 – Rio de Janeiro	41
3.3.4.2 – São Paulo	43
3.3.4.3 – Porto Alegre	44
3.3.4.4 – Recife	44
3.3.4.5 – Curitiba	45
3.4 – TÓPICOS CONCLUSIVOS	47
CAPÍTULO 4 – ESTUDO DE CASO: SIMULAÇÃO DE UMA PROPOSTA DE ESCALONAMENTO DE HORÁRIO DE AULA NA PUC-RS	48
4.1 – ESTRUTURA DE APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO	48
4.2 – CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	50
4.3 – DEFINIÇÃO DO MODELO	54
4.3.1 – Características do NETSIM	55
4.3.1.1 – Oferta	55
4.3.1.2 – Demanda	56
4.3.2 – Definição do intervalo de análise	57
4.3.3 – Definição da extensão da rede modelada	58
4.4 – LEVANTAMENTO DE DADOS	59
4.4.1 – Dados preliminares	59
4.4.1.1 – Quantidade de alunos por agrupamento de cursos	59
4.4.1.2 – Pesquisa de divisão modal	60
4.4.1.3 – Capacidade dos estacionamentos do campus	61
4.4.2 – Dados necessários para construção do modelo	61
4.4.3 – Aplicação de questionário-pesquisa com os alunos da PUC-RS	63

CAPÍTULO 5 – CONSTRUÇÃO DO MODELO PARA CONSTRUÇÃO DO CENÁRIO DE REFERÊNCIA	66
5.1 – CODIFICAÇÃO DA REDE E CALIBRAÇÃO DO MODELO	66
5.2 – CRIAÇÃO DOS CENÁRIOS DE TESTE	67
5.2.1 – Cenário 1: Drástico	69
5.2.2 – Cenário 2: Escolha dos alunos	70
5.2.3 – Cenário 3: Impacto do escalonamento segundo análise da demanda existe à época do estudo	73
5.2.4 – Cenário 4: Sem restrições de estacionamento	76
5.2.5 – Cenário 3.24: Fusão do cenário 3.2 com o cenário 4	77
5.3 – DEFINIÇÃO DOS INDICADORES A SEREM AVALIADOS	77
5.4 – DEFINIÇÃO DAS ROTAS A SEREM ANALISADAS	78
5.5 – GERAÇÃO DOS RESULTADOS	79
5.6 – ANÁLISE DOS RESULTADOS	82
5.6.1 – Análise geral	82
5.6.2 – Análise específica	87
5.6.2.1 – Rota 1 (arcos 3-6, 8-10 e 10-12)	88
5.6.2.2 – Rota 2 (arco 22-23)	88
5.6.2.3 – Rota 3 (arcos 708-18 e 16-17)	89
 CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES	 90 94
 BIBLIOGRAFIA	 95
 APÊNDICE A – MATRIZ DE ROSENBLOOM	 100
 APÊNDICE B – RESULTADOS DA PESQUISA DE TEMPO MÉDIO DE PERMANÊNCIA DOS ÔNIBUS NAS PARADAS DO CAMPUS	 102
 APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO-PESQUISA	 104
 APÊNDICE D – ESTATÍSTICA DAS ENTREVISTAS	 106
 APÊNDICE E – VOLUME DE ENTRADA NA REDE MODELADA	 108
 APÊNDICE F – RESULTADOS ANALÍTICOS E PERCENTUAIS ENTRE O CENÁRIO DE REFERÊNCIA E O CENÁRIO 3.24 PARA AS TRÊS ROTAS ANALISADAS	 110

APÊNDICE G – VARIAÇÃO DOS INDICADORES ANALISADOS PARA CADA ARCO DENTRE OS CENÁRIOS CONCEBIDOS	113
APÊNDICE H – VARIAÇÃO DA DEMANDA ENTRE O CENÁRIO DE REFERÊNCIA E OS CENÁRIOS GERADOS COM BASE NAS ESCOLHAS DOS ALUNOS	115
APÊNDICE I – VARIAÇÃO DA DEMANDA ENTRE O CENÁRIO DE REFERÊNCIA E OS CENÁRIOS GERADOS COM BASE NA ANÁLISE DA DEMANDA	118
APÊNDICE J – DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DA DEMANDA AO LONGO DO PERÍODO SIMULADO	121
APÊNDICE K – CONCENTRAÇÃO DA DEMANDA	123
APÊNDICE L – DEMANDA DOS ESTACIONAMENTOS DO CAMPUS	125

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 2.1 – Relação das estratégias de gerenciamento da demanda por abordagem	9
Tabela 2.2 – Classificação própria de medidas de gerenciamento da demanda	13
Tabela 3.1 – Mudanças relativas no conforto da viagem entre os participantes do programa de Toronto	33
Tabela 3.2 – Percepção de conforto dos participantes do programa de horário variável de trabalho em Toronto	33
Tabela 3.3 – Porcentagens de tráfego na hora de pico e no pico dos 15min. antes da implantação do programa na 3M	38
Tabela 3.4 – Impacto da implantação do escalonamento de horário na 3M sobre o tráfego de automóveis no período de pico	39
Tabela 3.5 – Redução do consumo de combustível (Jan/77 a Jan/78) no Rio de Janeiro	42
Tabela 3.6 – Distribuição do Fluxo de Tráfego no Rio de Janeiro	42
Tabela 3.7 – Redução estimada do consumo de combustível em São Paulo	43
Tabela 3.8 – Estimativa de Atenuação do Pico Através da Redução do Fluxo de Passageiros ao Centro	44
Tabela 3.9 – Percentual estimado de redução das viagens	45
Tabela 3.10 – Desempenho do transporte coletivo para a situação atual e proposta	46
Tabela 3.11 – Resumo do impacto do desempenho do sistema de transporte coletivo	47
Tabela 4.1 – Concentração de chegadas dos alunos ao campus	52
Tabela 4.2 – Estacionamentos para alunos da PUC-RS	54
Tabela 4.3 – Quantidade média de alunos por Grupo entrando as 19:30	60
Tabela 4.4 – Divisão modal das viagens a PUC-RS	60
Tabela 4.5: Obtenção do Fator de Expansão da Amostra	64
Tabela 4.6: Matriz de veículos de alunos expandidos entre 18:30-18:45	65
Tabela 5.1: Demanda de cada grupo ao longo do período de análise (cenário de referência)	68
Tabela 5.2: Horários preferidos dos alunos	68
Tabela 5.3: Escalonamento do cenário 1	69
Tabela 5.4: Períodos de aula escolhidos pelos alunos da PUC-RS	71
Tabela 5.5: Cenários 2 criados	71
Tabela 5.6: Intervalo de chegada dos alunos com os cenários 2.2 ao 2.5	72
Tabela 5.7: Intervalo de chegada do cenário 2.1	72
Tabela 5.8: Variância de cada cenário	76
Tabela 5.9: Comparação dos indicadores testados para cada cenário	80
Tabela 5.10: Atraso médio de cada cenário para cada arco selecionado	80
Tabela 5.11: Velocidade média de cada cenário para cada arco selecionado	81
Tabela 5.12: Atraso médio para cada cenário ao longo do tempo em toda a rede	81
Tabela 5.13: Velocidade média para cada cenário ao longo do tempo em toda a rede	82

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1: Congestionamento e seus efeitos externos	5
Figura 3.1: Horário de entrada e saída dos trabalhadores de Manhattan antes da implantação do programa de escalonamento de horário	29
Figura 3.2: Impacto do escalonamento nas chegadas dos trabalhadores ao saguão do Prédio da Autoridade Portuária em Manhattan	29
Figura 3.3: Impacto do escalonamento de horário nas chegadas dos passageiros em três estações de metrô de Manhattan	30
Figura 3.4: Impacto do programa de horário flexível de trabalho sobre as chegadas dos funcionários públicos ao Queen's Park (Toronto)	32
Figura 3.5: Impacto do programa de horários variáveis de trabalho sobre as entradas e saídas dos funcionários públicos de Ottawa	34
Figura 3.6: Resumo do impacto do programa de horários variáveis de trabalho em Ottawa	35
Figura 3.7: Perfil da demanda por transporte coletivo ao longo do dia	46
Figura 4.1: Esquema para planejamento e monitoração do estudo de caso	48
Figura 4.2: Mapa da região de entorno da PUC-RS	51
Figura 4.3: Demanda da rede viária da PUC-RS	53
Figura 4.4: Rede Modelada	59
Figura 5.1: Detalhe da codificação das origens dos alunos ao campus	65
Figura 5.2: Comparação entre a demanda do cenário de referência e do drástico	70
Figura 5.3: Alteração da demanda dos alunos para o cenário 2	73
Figura 5.4: Análise da demanda dos grupos ao longo do período de estudo	74
Figura 5.5: Variação entre a demanda do cenário de referência e dos cenários tipo 3	75
Figura 5.6: Rede modelada e as principais rotas analisadas	78
Figura 5.7: Comparação do atraso médio entre o cenário de referência e os cenários escolhidos pelos alunos (tipo 2)	84
Figura 5.8: Comparação da velocidade média entre o cenário de referência e os cenários escolhidos pelos alunos (tipo 2)	85
Figura 5.9: Comparação do atraso médio entre o cenário de referência e os cenários de análise da demanda (tipo 3)	85
Figura 5.10: Comparação da velocidade média entre o cenário de referência e os cenários de análise da demanda (tipo 3)	86
Figura 5.11: Comparação da velocidade média entre o cenário de referência e os cenários de melhor desempenho	86
Figura 5.12: Comparação do atraso médio entre o cenário de referência e os cenários de melhor desempenho	87

LISTA DE ABREVIATURAS

TDM – Travel Demand Management
ADONIS – Analysis and Development of a New Insight into the Substitution of Short Car Trips by Cycling and Walking
PUC-RS – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
TSIS – Traffic Software Integrated System
ECOMM – European Conference on Mobility Management
NETSIM – Network Simulation
GDV – Gerenciamento da Demanda de Viagens
TMIP - Time-of-Day Modeling Procedures
VAO – Veículos de Alta Ocupação
FTA – Federal Transit Administration
VTPI – Victoria Transport Policy Institute
LDA – Linha Divisória Área A
LDB – Linha Divisória Área B
GRT – Grupos Regionais De Trabalho
SECTAN-RJ – Secretaria de Transportes do Rio de Janeiro
CET – Companhia de Engenharia de Tráfego
EPTC – Empresa Pública de Transporte e Circulação
CESP – Companhia Energética de São Paulo
DRT – Delegacia Regional do Trabalho
SMT – Secretaria Municipal dos Transportes
PMPA – Prefeitura Municipal de Porto Alegre
IPPUC – Instituto de Pesquisas e de Planejamento de Curitiba
UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
TRAFVU – TRAF Visualization Utility
FACE – Faculdades de Administração de Empresas, Ciências Contábeis e Economia
MAPTITUDE
SPSS – Statistical Package for the Social Sciences

RESUMO

O trabalho apresenta uma avaliação dos prováveis impactos do escalonamento dos horários das aulas noturnas em uma Universidade. Neste trabalho foi investigada, a preferência dos usuários quanto às possíveis alterações nos horários de entrada de aulas, e os impactos do escalonamento na rede viária no entorno do campus. O trabalho envolveu a construção de diversos cenários de alterações nos horários de início das aulas. Os cenários foram construídos visando atender as preferências da população universitária e reduzir a interferência do pico de chegada de alunos no sistema viário. A avaliação dos impactos destes cenários no tráfego foi realizada através de simulação, com a utilização do modelo TSIS/NETSIM. As análises foram baseadas em dois indicadores de desempenho: a velocidade média e o tempo de atraso médio na rede.

ABSTRACT

The dissertation presents an assessment of the impacts of staggering classes hours at an University. It presents a survey of the student's preferences about entrance schedule, and the impacts of the staggering classes hours on the road network around the campus. The research involved the conception of several scenarios of alternative schedules. The scenarios were conceived to attend the students preferences and to reduce the influence of peak arrival time on the surrounding road network. The impact of these scenarios on traffic operation was assessed through the simulation model TSIS/NETSIM. These analysis were based on two performance parameters: the average speed and the average delay time on the road network.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

Nas áreas urbanas, o sistema de transporte caracteriza-se por ser uma rede de ligação entre bens e pessoas, proporcionando o desenvolvimento das atividades sociais e econômicas de nossa sociedade. Nas médias e grandes cidades, observa-se o aumento considerável dos problemas relacionados ao tráfego. A crescente taxa de motorização, a falta de qualidade do transporte público e a impossibilidade de se aumentar a oferta viária, através de obras, podem ser consideradas como as principais causas do aumento dos congestionamentos de nossas cidades. O aumento crescente de automóveis em circulação está associado ao fato, já levantado por muitos autores, de que os motoristas percebem o carro como um símbolo de independência e status, existindo, inclusive, uma forte resistência psicológica à tentativa de reduzir o seu uso (Tertoolen *et al* 1997, Hogdson *et al*, 1997).

A princípio, o carro apresentaria uma série de vantagens imediatas: parece ser uma forma mais econômica de transporte, levando-se em conta apenas os custos diretos, cria um sentimento de liberdade e independência, e é conveniente (Tertoolen *et al*, 1997). Porém, com o aumento da utilização do automóvel, percebe-se um decréscimo contínuo dos níveis de serviço do sistema viário, caracterizado por uma diminuição da velocidade média de viagem, aumento no tempo de percurso, atrasos e outros (Hogdson *et al*, 1997).

A demanda por transporte, classificada como altamente qualitativa e diferenciada, na medida em que varia ao longo do dia, da semana, por motivo da viagem etc., (Ortúzar e Willumsen, 1994) apresenta como principal característica uma concentração em curtos períodos de tempo, conhecidos como períodos de pico, que levam à saturação do sistema viário e ao congestionamento. Enquanto que nos períodos fora do pico da demanda, sub-utiliza-se à infra-estrutura viária.

Por esse motivo, vem crescendo o interesse por políticas de gerenciamento capazes de tratar esse problema. Essas políticas são conhecidas como gerenciamento da demanda de viagens, ou “Travel Demand Management (TDM)”. Dentre as medidas desenvolvidas, para diluir a demanda ao longo do tempo, de forma a torná-la mais homogênea, menos concentrada, e com um custo menor de implantação, destacam-se: horário flexível, horário escalonado, semana comprimida e tele-trabalho. Apesar de serem aplicadas normalmente para atenuar o pico das viagens ao trabalho, pela manhã, essas medidas podem ser aplicadas para viagens por outros motivos, ao longo de um pico específico.

1.2 JUSTIFICATIVA

As medidas de gerenciamento da demanda vêm sendo aplicadas, principalmente, para diminuir a concentração de viagens em grandes centros urbanos, cujo principal motivo de viagem seja o trabalho. Entretanto, podem ser utilizadas para solucionar a concentração de viagens em qualquer tipo de pólo de atração, variando-se o tipo de medida, pois cada pólo tem peculiaridades que devem ser observadas.

Diferentemente da aplicação de uma medida de gerenciamento da demanda cujo motivo de viagem seja o trabalho, este trabalho analisa, o provável impacto que a aplicação da medida de escalonamento de horário noturno dos alunos da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS) teria sobre o sistema viário adjacente ao campus universitário. A aplicação dessa medida como estratégia para diluir o pico horário de viagens destinadas a campi universitários é um tema pouco difundido.

Sem a possibilidade de comparação real dos resultados antes e depois da implantação dessa estratégia na PUC-RS, aplicou-se para tal uma ferramenta de simulação. A análise da aplicação desse tipo de medida foi feita com base na comparação entre cenários criados e o de referência (definido como sendo o cenário que caracterizava as condições de operação viária na época da coleta de dados). A ferramenta utilizada foi o software de micro-simulação – TSIS/NETSIM.

1.3 OBJETIVO

O objetivo geral dessa dissertação é estudar o provável impacto do escalonamento de horário de entrada de aula aplicado a um campus universitário, tendo como estudo de caso a Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS). A análise dos resultados teve como base uma pesquisa de aceitação do escalonamento com os estudantes. Essa pesquisa embasará a construção de cenários de simulação do tráfego na área de entorno da PUC-RS, permitindo a avaliação dos possíveis benefícios gerados pelo escalonamento do horário de entrada de aula. Esses cenários serão comparados com a situação do tráfego existente à época.

Para isso, utiliza-se a ferramenta computacional de micro-simulação, TSIS/NETSIM, que através de indicadores de performance, permitirá a comparação entre os cenários de simulação criados para o estudo de caso proposto.

Como delimitação do trabalho, a demanda de alunos por ônibus foi mantida fixa. Foram desconsiderados os possíveis efeitos da modificação dos horários sobre as frequências das linhas de ônibus que atendem o campus. A principal preocupação foi a variação no número de viagens por automóvel, uma vez que esse meio de transporte causa um impacto preponderante sobre o sistema viário devido a sua baixa taxa de ocupação.

1.4 HIPÓTESE

A hipótese considerada neste estudo foi a de que postergando o início das aulas dos alunos da PUC-RS para depois das 19:30, período atual de entrada dos alunos, se qualificaria o nível de serviço atual da rede viária adjacente ao campus, através do aumento da velocidade média e da diminuição do tempo de atraso médio. Constatado que o intervalo de pico da demanda de alunos com destino aos estacionamentos do campus situava-se entre 18:30 e 18:45 (vide Apêndice Q), quanto maior for a parcela da demanda deslocada desse intervalo para intervalos posteriores, melhores as condições da rede, medidas pelos indicadores analisados.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO ESTUDO

Com o intuito de alcançar o objetivo proposto para o estudo e apresentar o seu desenvolvimento metodológico, a presente dissertação foi dividida em seis capítulos, contando com este primeiro.

O capítulo 2 e 3 abordam os principais aspectos do gerenciamento da demanda de viagens, representando o embasamento teórico para o desenvolvimento da pesquisa. O capítulo 2, trata, mais especificamente, do desenvolvimento histórico desse tipo de aplicação, do seu objetivo, da classificação das medidas de gerenciamento da demanda, finalizando com o grupamento das medidas em três estratégias principais, a partir da revisão bibliográfica. Já o capítulo 3, extraiu desse grupamento de medidas, aquele conjunto de ações referente a estratégia de dispersão do período de pico, onde se inclui a medida de escalonamento de horário, tema principal do presente trabalho.

Os capítulos 4 e 5 apresentam o estudo de caso propriamente dito, seguindo uma estrutura para determinar os resultados da simulação dos cenários de escalonamento comparativos a situação vigente à época da coleta de dados.

Finalmente, no Capítulo 6, são apresentadas as considerações finais da presente dissertação. Neste capítulo é feita uma avaliação geral do objetivo e dos resultados atingidos, bem como uma análise das limitações do trabalho, através de recomendações para futuros estudos.

CAPÍTULO II

GERENCIAMENTO DA DEMANDA DE VIAGENS (GDV)

2.1 INTRODUÇÃO

Um dos principais problemas da relação entre oferta e demanda de transporte é o congestionamento. Ele aparece quando a demanda aproxima-se da capacidade e o tempo exigido para utilizar uma determinada estrutura viária aumenta significativamente. O excesso da demanda está concentrado no tempo, no espaço e nos modais de viagem. Geralmente ocorre durante períodos de pico curto e associado ao uso de veículos de baixa capacidade (Ortúzar e Willumsen, 1994).

A introdução de um único usuário no sistema viário faz com que o atraso de todos os outros aumente mais em níveis de fluxo maiores do que em níveis de fluxo menores, como mostra a Figura 2.1. Esse é o efeito externo do congestionamento, que não é sentido por quem o provoca, mas pelos outros usuários.

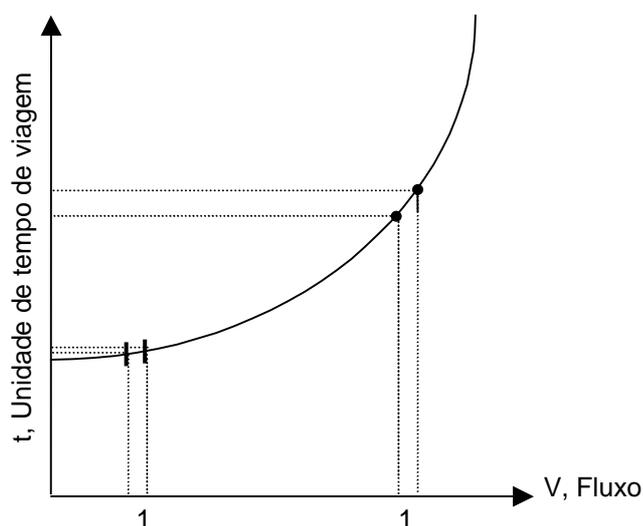


Figura 2.1: Congestionamento e seus efeitos externos

Fonte: Modificado Ortúzar e Willumsen (1994)

A demanda concentra-se normalmente durante dois períodos do dia: manhã e final da tarde. Pela manhã, principalmente quando as pessoas vão para o trabalho e, no final da tarde, quando voltam para casa. O período de pico da manhã e da tarde varia muito em diferentes locais. Geralmente, a capacidade do sistema está ociosa na maior parte do dia. O congestionamento severo durante os períodos de pico não ocorre uniformemente, mas geralmente em corredores e em áreas específicas onde a demanda é especialmente alta. Segundo TMIP (1997), as opções que os motoristas teriam para evitar o congestionamento no período de pico seriam procurar rotas alternativas que contornassem o congestionamento, trocar de modal, escolher um destino diferente, ou mais acessível, parar de realizar a viagem, ou realizá-la em um horário diferente do dia.

Uma das formas de mitigar esse problema tem sido o aumento da capacidade viária, através de obras, que procuram resolver o problema pelo lado da oferta. Essa abordagem, além de cara, estimula, muitas vezes, o aumento da demanda. Em alguns casos ela ainda deve ser empregada, principalmente quando a malha viária ainda é pequena e obras se fazem necessárias. Mas, numa época em que os investimentos públicos devem ser melhor direcionados, essa alternativa deve, aos poucos, ser substituída por outra: a que procura diminuir o congestionamento através do gerenciamento da demanda.

No âmbito europeu a importância dedicada ao Gerenciamento da Mobilidade motivou países membros da União Européia a criarem consórcios, com o objetivo de estudar conceitos aplicados, disseminar experiências e desenvolver estratégias fundamentadas nesses conceitos. Consórcios como MOMENTUM (Mobility Management for Urban Environment), MOSAIC (Mobility Strategy Applications in the Community) e AIUTO (Assessment of Innovative Urban Transport Options) trabalham no sentido de viabilizar alternativas possíveis ao uso intensivo do automóvel (Pereira et al, 2002).

Nos Estados Unidos, outro grande pólo de pesquisa e implementação desse tipo de medida, o Programa *Commuter Choice Leadership Initiative* visa racionalizar o uso do automóvel, congregando organismos públicos ligados à atividade de transporte e

de proteção ambiental, organizações não governamentais e empresas privadas (Pereira et al, 2002).

Essas medidas ganharam destaque na década de 70, principalmente devido a crise do petróleo, e as exigências dos programas de defesa ambiental americano (Mierzejewski, 1991). Essas foram e ainda são fortes razões para que planejadores de transporte comprometam-se com abordagens mais equilibradas, entre oferta e demanda, sem que para isso necessitem dispendir grandes somas de recursos.

Segundo Fish (1980), vários fatores influenciaram nessa mudança política:

- ◆ Geralmente, a infra-estrutura de transporte urbano já apresenta níveis suficientemente altos de capacidade e de serviço, exceto durante o pico e em alguns corredores;
- ◆ Geralmente, os recursos oriundos das taxas específicas do setor de transporte, destinados à construção de novas vias e aperfeiçoamento do sistema público de transporte, estão severamente limitados;
- ◆ Custos de construção e manutenção crescem muito rapidamente, diminuindo o poder de financiamento público;
- ◆ Os custos para financiar o acréscimo de capacidade exigida pela demanda do pico – tanto na forma viária quanto do transporte público – são extremamente altos;
- ◆ Aumento da preocupação com as externalidades provocadas pelo transporte, que são sentidas pelo ambiente e pela comunidade.

Para Fish (1980), a dispersão desses fatores tem aberto caminho para as medidas de GDV, enfatizando estratégias de baixo custo, operacionais, de regulamentação e de planejamento. Seus dois principais objetivos são: (a) aumentar a qualidade do nível de serviço do sistema viário e do transporte público, e (b) manipular a quantidade e a distribuição da demanda de forma a reduzir o descompasso entre oferta e demanda.

O primeiro, pode ser atingido utilizando-se algumas medidas de engenharia de tráfego mais eficientes e melhorando o emprego e o gerenciamento dos recursos de transporte

público disponíveis. Essas ações podem melhorar a oferta de transporte e, conseqüentemente, o nível de atendimento da demanda.

O segundo objetivo é a principal saída ao pensamento tradicional em transporte. A demanda é vista como uma variável cujo tamanho e distribuição podem ser cuidadosamente controlados. Se a expansão da oferta em transporte não acompanhar o crescimento da demanda, os congestionamentos piorarão. O importante, portanto, é perceber que a demanda não é absoluta, e pode ser, de certa forma, manipulada.

2.2 CLASSIFICAÇÃO DE MEDIDAS DE GERENCIAMENTO DA DEMANDA.

Essa seção apresenta a classificação de autores quanto às medidas de gerenciamento da demanda. A fim de padronizar a forma como esses autores apresentam suas classificações, procurou-se organizá-las em estratégias e ações. Dessa mesma forma, ao final desse sub-capítulo será apresentada uma síntese dessa classificação.

Entre as diversas propostas formuladas pela Agência Nacional de Proteção Ambiental (EPA) e Departamento Nacional de Transportes Americano (US DOT), destacam-se: o incentivo ao uso da bicicleta e da caminhada; flexibilização dos horários de trabalho; estímulo à redução do uso do carro em áreas centrais através da adoção de estacionamentos estratégicos integrados a outros modos de transporte coletivo (park and ride); programa de incentivos através de premiação a indivíduos que reduzam o uso do carro (*parking cash out*); estímulo ao transporte compartilhado (*carpools*) e ao transporte contratado (*vanpools* e *subscription bus*); uso de tecnologias inteligentes em transporte (ITS); incentivo e adequação das modalidades de transporte público (EPA, 2002) .

Para Fish (1980), a demanda poderia ser reduzida através da minimização das viagens possíveis de serem evitadas, através de um planejamento de viagens mais coerente, da redução da necessidade de viajar (e.g. semana comprimida, tele-trabalho), e da diminuição das distâncias percorridas, através de um rearranjo espacial das atividades humanas (abordagem de longo prazo).

Para Rosenbloom (1978), existem duas soluções alternativas básicas para combater o congestionamento: alterar a capacidade, para ajusta-la à demanda, ou alterar a demanda para ajusta-la à capacidade. A demanda do sistema viário pode ser alterada:

- Reduzindo-se o número de veículos, através do aumento da sua ocupação;
- Reorientando-se as viagens para períodos fora do pico;
- Reorientando-se as viagens para rotas alternativas, menos congestionadas; e
- Reduzindo-se a demanda total de viagem.

Rosenbloom divide em quatro estratégias as ações de gerenciamento de demanda:

- Social, que procura aliviar o congestionamento utilizando-se técnicas que alterem o comportamento social ou as alterações interpessoais;
- Sócio-econômicas, que utilizam técnicas que induzam mudanças favoráveis ao sistema viário, manipulando-se incentivos e penalidades econômicas amplamente definidas;
- Sócio-técnicas, que utilizam recursos tecnológicos para modificar o comportamento social e econômico de maneira que finalmente reduzam o congestionamento; e
- Técnicas, que utilizam elementos técnicos para modificar diretamente o comportamento disfuncional da viagem em congestionamentos pontuais.

Tabela 2.1: Relação das estratégias de gerenciamento da demanda por abordagem

Social	Sócio-econômicas	Sócio-técnicas	Técnicas
<ul style="list-style-type: none"> • Escalonamento de horário; • Horário flexível; • Semana comprimida. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mecanismos de cobrança e regulamentação; • Restrição de acesso à veículos; • Planejamento do uso do solo; • Marketing, e • Carona programada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tele-trabalho 	<ul style="list-style-type: none"> • Engenharia de tráfego; • Transporte público; • Projetos veiculares

Fonte: Modificado Rosenbloom (1978)

Para Rosenbloom (1978), essas ações não são eficientes individualmente, devendo ser colocadas dentro de um pacote com outras técnicas complementares para criar um impacto sinérgico. No Apêndice A, apresenta-se uma matriz que mostra a compatibilidade das técnicas candidatas com as ações das quatro estratégias, além dela uma tabela onde mostra um ranking dos pacotes propostos como soluções para os cinco tipos mais comuns de problemas de congestionamentos.

Para Mierzejewski (1991), existe uma variedade enorme de ações de gerenciamento da demanda de transporte, que são classificadas em três conjuntos de estratégias:

- Incentivos a alternativas ao uso do automóvel;
- Incentivos ao uso mais eficiente do sistema de transporte; e
- Inibidoras ao uso do automóvel.

Na primeira estratégia desenvolvem-se ações como: estacionamentos dissuasórios, sistemas regulares de transporte público, amenidades aos pedestres, subsídios ao transporte público e as ciclovias. Na segunda, as ações desenvolvidas são: carona programada, faixas destinadas à veículos de maior ocupação e horários alternativos de trabalho. Já, a gestão dos estacionamentos, e as leis para redução de tráfego são ações pertencentes à terceira estratégia. Segundo o autor, as autoridades podem fazer muito para influenciar a geração do tráfego local, diminuindo, principalmente, o custo dos serviços regulares de transporte público, reduzindo a necessidade de viagens de automóvel ao trabalho, criando projetos especiais para pedestres e associações para o gerenciamento da demanda, encorajando as empresas a participarem de programas de horários alternativos de trabalho, de carona programada e do gerenciamento dos seus estacionamentos.

Já Koppelman *et al* (1993), classificou as medidas de gerenciamento da demanda em duas estratégias:

- Redução da demanda, e
- Alteração da demanda.

A primeira, aliviaria o congestionamento reduzindo a oferta sem aumentar a capacidade, que beneficia o transporte individual, e colocando num mesmo patamar, várias formas de sistemas de transporte solidários. A segunda, aliviaria o congestionamento através da dispersão temporal das viagens no período de pico.

Koppelman *et al* (1993) centram esforços na tentativa de reduzir o congestionamento suburbano através de ações para redução da demanda. Essas ações seriam de dois tipos: (a) promovedoras ao uso da carona programada, através de incentivos financeiros e (b) promovedoras da carona programada, através do não incentivo ao uso do automóvel. Koppelman *et al* (1993) desenvolveram também uma pesquisa de marketing a fim de entender os fatores que influenciam na escolha modal de viagens ao trabalho e as respostas ao comportamento de viagem devido a incentivos de programas de carona alternativos e à inibição ao uso do auto.

Para Taylor *et al* (1997), as medidas GDV são orientadas para alterar a atratividade de modos alternativos de viagem para induzir os indivíduos a utilizarem programas de carona programada e o transporte público ao invés de viajarem individualmente. Nesse trabalho, Taylor *et al* (1997) visam selecionar e avaliar o melhor conjunto de medidas GDV para Syracuse, Nova York, propondo quatro estratégias: restrições ao tráfego, estímulo ao uso de modais alternativos, horários alternativos de trabalho, e planejamento urbano.

A primeira estratégia, inclui ações desenvolvidas para aumentar o custo generalizado da viagem ou restringir o uso de trechos da rede viária. As restrições estariam voltadas a um modal particular, física, econômica ou legalmente. A restrição ao longo de uma rota em particular poderia se dar através da cobrança viária. Quanto a isso, May (1986) separa as restrições ao tráfego em quatro categorias: restrições físicas, penalidades temporais, controles regulamentares, e métodos de cobrança.

A segunda estratégia, procura estimular o uso de modais alternativos através do incentivo ao transporte de alta capacidade, bem como inibir o uso do automóvel. As ações incluem: melhorias em meios de transportes alternativos, melhor gerenciamento das rotas e dos horários do transporte público, melhor nível de serviço desse sistema,

construção de ciclovias ou de vias para pedestres, programas de carona, e o tratamento preferencial a veículos de alta ocupação (VAO). Além disso, poderiam ser instituídos incentivos para se aumentar a competitividade dos VAO e um marketing agressivo a fim de transferir usuários para essa alternativa de transporte.

O excesso da demanda no período de pico deve-se indubitavelmente ao padrão similar dos horários de trabalho. Ações como a semana comprimida, o tele-trabalho, o horário escalonado e o flexível fazem parte da terceira estratégia. Esta, procura diluir o período de pico, aliviando o congestionamento. A quarta estratégia inclui ações como o controle de densidade populacional e o desenvolvimento do transporte público em áreas desprovidas desta alternativa.

Tanaboriboon (1992) *apud* Taylor *et al* (1997) separa 66 diferentes estratégias de GDV, classificando-as em seis ações: restrições ao tráfego, melhoramentos ao transporte público, dispersão do período de pico, carona programada, gestão de estacionamentos, e técnicas de planejamento urbano. Park (1989) *apud* Taylor *et al* (1997), desenvolveu originalmente a definição também de 66 diferentes estratégias e apresentou uma lista exaustiva de cidades que as implementaram. Outra classificação foi dada por Ferguson (2000), que classificou GDV de acordo com o modelo quatro etapas de planejamento dos transportes: geração e distribuição de viagens, escolha modal, e alocação.

TMIP (1999), considera apenas cinco alternativas para quem deseja evitar o atraso causado pelo aumento do congestionamento do sistema viário urbano: procurar por rotas alternativas, contornando o congestionamento; trocar de modal, escolher um destino mais acessível, diferente; parar de realizar a viagem; ou realizá-la em um período diferente do dia.

Na ECOMM (European Conference on Mobility Management) (2003), em Karlstad, Suécia, concluiu-se, entre outras coisas que o Gerenciamento de Mobilidade atua de forma decisiva no planejamento urbano e que o transporte público ainda precisa de um marketing mais focado, capaz de mudar a atitude e o comportamento das pessoas. A parceria privada é peça chave para o Gerenciamento da Mobilidade e deve ser

constantemente renovada. Sistema de informações diferenciados por grupos de usuários devem ser disponibilizados, atraindo mais pessoas para o transporte público. Políticas públicas forçando o uso de modais sustentáveis devem ser implementadas em determinados casos, utilizando-se a força do “benchmarking” no monitoramento e avaliação dos métodos empregados.

2.3 RESUMO DAS MEDIDAS DE GDV

Com base na classificação desenvolvida pelos autores citados acima, realizou-se uma síntese das principais medidas, apresentada na Tabela 2.2. Em seguida, descreve-se brevemente cada uma das estratégias e ações, com exceção da estratégia de dispersão do período de pico que por, ser foco do estudo, será apresentada no Capítulo IV.

Tabela 2.2: Classificação própria de medidas de gerenciamento da demanda

Ações	Estratégias
Cobrança viária	Restrições ao uso do automóvel através do controle físico e tarifário
Redução da oferta de vagas de estacionamento	
Restrição à circulação de automóveis	
Horário escalonado	Dispersão do período de pico
Horário flexível	
Semana comprimida	
Tele-trabalho	
Estacionamentos dissuasórios	Estratégias para redução da demanda por automóveis através do incentivo ao uso de modais alternativos e ao uso mais racional do automóvel
Modos não motorizados	
Transporte público de maior qualidade	
Carona programada	
Vias segregadas para veículos de alta ocupação	
Planejamento urbano	

2.3.1 Restrições ao uso do automóvel através do controle físico e tarifário

2.3.1.1 Cobrança viária

Para May (1986), os objetivos da restrição ao tráfego, através da cobrança viária, seriam garantir a eficiência, a proteção ambiental, o planejamento urbano, o financiamento, e a equidade. Para Langhmyr e Santos *et al.* (1997), a cobrança viária em áreas urbanas visa, geralmente, repassar aos usuários da malha viária, que causam um aumento nos custos dos demais, um custo mais real, devido a inserção dos mesmos em uma via congestionada. O denominado custo marginal. Para Eliasson e Lundberg (2003), a receita gerada pela cobrança viária pode ser utilizada para construção de vias ou para melhorar a oferta de transporte público. Ela tem sido implementada com o objetivo de reduzir problemas ambientais (redução de emissões, ruído e outros distúrbios causados pelo tráfego) e para reduzir o congestionamento em certas vias em determinadas horas incrementando a acessibilidade da rede de transporte.

Muitas cidades já implantaram um sistema de cobrança viária, Singapura (1975), Oslo (1990), Bergen (1986) e Trondheim (1991), na Noruega, onde foi introduzido o primeiro sistema eletrônico de cobrança para entrar no centro da cidade, chamado de Anel de Trondheim. Na rodovia expressa SR91, na Califórnia em 1995, foi introduzido um sistema de cobrança correspondente a situação de congestionamento, ou seja, as taxas vão se ajustando dependendo do nível de congestionamento da rodovia, também denominado de “congestion pricing”. Esse sistema vem sendo empregado também em Toronto e Melbourne. Em Roma (1992), um sistema manual cobra a entrada de veículos na zona histórica da cidade.

Londres, que recentemente lançou um sistema de cobrança viária na área central, não existem praças de cobrança. Os veículos serão registrados através de câmaras instaladas nos limites e dentro da zona pedagiada. Os veículos devem pagar antecipadamente uma permissão para transitar na área. Um sistema de cadastro de placas registra os veículos que não pagaram antecipadamente. Em Hong Kong, Estocolmo e na Holanda, os sistemas de cobrança estão em planejamento, outras

idades, como Bristol, Leeds e Edimburgo esperam os resultados de Londres para implementarem seus sistemas de cobrança viária.

2.3.1.2 Controle da oferta

Para FTA (1999 a), o controle dos estacionamentos ou da oferta viária tem sido utilizado para reduzir o congestionamento e os acidentes. A gestão dos estacionamentos nas vias apresenta três tipos de controle: físicos, impostos pela remoção das vagas; reguladores, impostos sobre os locais, os períodos e a duração dos estacionamentos permitidos, e pela destinação de espaços para usuários específicos, tais como residentes e deficientes físicos; e monetários, através de parquímetros, que impõe restrições pelo preço.

Uma política agressiva de gestão dos estacionamentos pode reduzir drasticamente o congestionamento e aumentar o uso do transporte público. Táticas específicas de gerenciamento dos estacionamentos podem incluir: limitação da oferta e disponibilidade de estacionamentos, criação de estacionamentos preferenciais para carros e vans com maior ocupação, redução das exigências de taxas de estacionamentos em troca de promoção de atividades de gerenciamento da demanda de viagens, e redução de vagas no trabalho. Em geral, tanto a cobrança viária quanto o controle da oferta são aplicáveis nas regiões centrais das cidades, onde existe uma atividade comercial e um fluxo de veículos e pedestres intensos (FTA, 1999 a, 1999b).

2.3.1.3 Restrição à circulação de automóveis

Esse tipo de medida pode ser implantado por área ou por tempo. A restrição por área consiste em proibir o tráfego de automóveis em áreas de atividade intensa e que apresentam altos níveis de congestionamento. Nestas áreas permitir-se-ia somente a circulação de pedestres, ciclistas e o transporte coletivo. Já a restrição por tempo consiste em restringir a circulação de automóveis durante alguns períodos do dia, normalmente nos períodos de pico. O exemplo mais conhecido desse segundo tipo de restrição é a Operação Rodízio, aplicada à região metropolitana de São Paulo (Waisman e Westphalen, 1999 *apud* Violato e Sanches, 2000).

2.3.2 Estratégias para redução da demanda por automóvel através do incentivo a modais alternativos e ao uso mais racional do automóvel

2.3.2.1 Estacionamentos dissuasórios

Para O'Flaherty (1997), essa medida visa atrair motoristas de automóveis para o transporte público, oferecendo estacionamento em algum ponto de uma via de passagem que seja o principal caminho destes a um destino comum. Ela tem sido utilizada em pequenas cidades, tais como Oxford e York (UK) em conjunto com serviço dedicado de ônibus. O estacionamento dispõe uma forma mais barata de estender os benefícios do transporte público, aumentando sua utilização, e por isso, reduzindo o congestionamento, a poluição e os acidentes dentro das áreas urbanas. Entretanto, não oferece melhorias significativas de equidade e acessibilidade, já que, por definição, somente usuários de automóvel podem utilizar o estacionamento. Algumas dúvidas têm sido levantadas sobre os reais benefícios dessa medida; tem sido sugerido que na prática ela gera viagens mais longas aos moradores mais afastados, e por isso, aumente o uso do automóvel. Entretanto, o impacto benéfico sobre as áreas centrais é indiscutível. O efeito real dependerá do local para o estacionamento. A disponibilidade de terreno e os custos de aquisição são os entraves práticos, embora vários esquemas têm obtido financiamento de organismos financiadores.

2.3.2.2 Modos não motorizados de viagem

Em lugares onde as distâncias e o clima permitirem, a bicicleta pode reduzir a dependência do automóvel. Rotas e estacionamentos seguros devem ser providenciados, assim como vestiários no trabalho. Isso poderia incentivar mais pessoas a utilizarem a bicicleta, como alternativa ao uso do automóvel.

A necessidade de um automóvel no trabalho ficaria reduzida se os trabalhadores pudessem percorrer a pé suas necessidades de viagem. Algumas estratégias como: priorização do pedestre nas políticas de transporte, implantação de ciclovias, implantação de semáforos para ciclistas e pedestres nos principais cruzamentos, calçadas em bom estado, campanhas de incentivo aos modos não motorizados, entre

outras; quando inseridas dentro de um contexto mais amplo de planejamento de transportes urbano podem influenciar um aumento do uso desse tipo de medida (FHWA, 1992; Ferreira E Sanches, 1999 *apud* Violato e Sanches, 2000; Pucher, 1997).

O Projeto Europeu ADONIS, produziu um relatório incluindo 42 medidas sobre caminhada e 60 medidas inovadoras para promover o ciclismo. Entre as recomendações do Projeto sobre bicicletas, além das já citadas, destacam-se: estacionamentos seguros e aumento de vagas, registro das bicicletas, campanhas comportamentais visando a mudança de atitude dos motoristas de automóveis. Observações realizadas pelo Projeto a respeito do comportamento e atitude das pessoas em Amsterdã, Barcelona e Copenhague sobre mudança de modal, revelaram o seguinte: a caminhada é considerada principalmente para percursos inferiores a 1 km, enquanto que a bicicleta compete com o automóvel em distâncias superiores a 5 km, o fator principal para o uso do automóvel é o conforto, e a segurança do ciclista e da bicicleta são importantes, assim como o tempo de viagem é importante para os não ciclistas.

2.3.2.3 Serviço de transporte público de melhor qualidade

Um serviço de transporte público de maior qualidade deve passar pela disposição de uma série de medidas. Entre elas destacam-se: em infra-estrutura, metrô em grandes cidades, linhas rápidas de ônibus, em corredores exclusivos, estações de transbordo, “*low-entry*”, estações com plataformas que atendam a demanda pico, entre outros; em gerenciamento, prioridade em relação aos outros modais, integração entre os diferentes modais de transporte, “*smartcard*” (melhorando o controle das evasões, qualificando as informações para o planejamento do sistema e garantindo, inclusive, maior segurança ao usuário, pois diminui a circulação de moeda no interior do veículo), menor “*headway*”, maior conforto interno, acesso frontal, menor tempo de caminhada até a parada, menor tempo de viagem, informação em tempo real e confiável, menor tempo de transbordo, não pagamento de duas ou mais passagens no transbordo, entre outras medidas alternativas (Webster, 1980 *apud* O’Flaherty, 1997).

2.3.2.4 Carona programada

Essa medida tem como objetivo aumentar a ocupação dos veículos, reduzindo o número de pessoas que viajam sozinhas. Segundo Leibson e Penner (1994) *apud* Violato e Sanches (2000), os participantes dessa medida podem optar por duas formas de locomoção: transporte por vans e solidário. O primeiro, consiste no agrupamento de pessoas em veículos com capacidade de 7 a 15 passageiros; e a segunda consiste no agrupamento de pessoas em veículos particulares compartilhados por no mínimo dois passageiros. Esse tipo de programa funciona melhor nas seguintes condições: em viagens concentradas tanto na origem quanto no destino, dentro de áreas relativamente pequenas com grandes distâncias entre elas. Além disso, onde a hora de entrada e de saída recai sobre um intervalo curto de tempo, e existem resistências as viagens independentes, tanto pela não habilitação do motorista, ou pela grande distância de viagem, pelo congestionamento severo, ou pelas restrições de estacionamento (Rosenbloom, 1978).

A carona programada vem sendo empregada há anos nos EUA, tanto para a redução de viagens escolares quanto a trabalho. Nos períodos de pico típicos, a ocupação por veículo nesse país fica entre 1.1 a 1.2 pessoas. Porém, segundo Rosenbloom (1978), aumentos maiores na ocupação dos veículos é uma tarefa muito difícil, mesmo com muito incentivo financeiro. Em Porto Alegre, essa ocupação está em torno de 1,25 (EPTC, 1999). Parece claro que a capacidade dos veículos está sendo usada ineficientemente, enquanto que os ônibus têm sua capacidade no pico quase que total, nos automóveis isso se inverte. Um outro problema dessa medida é a falta de informação e a rejeição tácita dessa medida, pois a maioria das pessoas envolvidas nesse tipo de programa ou se conhece ou tem alguma relação pessoal. Por isso, programas capazes de incentivar o uso da carona entre colegas de trabalho, ou coordenados pelas escolas, envolvendo os pais dos alunos, que se revezariam no transporte dos alunos à escola, seria uma alternativa muito importante na tarefa de aliviar o congestionamento no período de pico.

2.3.2.5 Planejamento urbano

Um planejamento urbano adequado é um elemento essencial de qualquer esforço de longo prazo para reduzir o crescimento das distâncias percorridas pelos veículos em áreas urbanas. O planejamento do uso do solo pode alterar favoravelmente a magnitude e a localização da demanda de viagem distribuída na rede, como também influenciar benéficamente a divisão modal. Um planejamento apropriado pode promover o uso do transporte público ao controlar a densidade e o desenvolvimento populacional em áreas atualmente ou potencialmente abastecidas por um sistema eficiente de transporte público. O desenvolvimento de um ambiente mais amigável ao ciclista e ao pedestre é um dos fatores mais importantes na promoção de seu uso. Elementos chave desses esforços são as calçadas, a iluminação adequada, a arborização, e o desenvolvimento de zonas de uso misto.

O controle do uso do solo pode aliviar o congestionamento nos grandes centros, encorajando grandes empresas a localizarem-se fora dos centros das cidades e próximas às áreas residenciais. Também pode reduzir a demanda geral por viagens através do desenvolvimento de cidades auto-suficientes que ofereçam empregos, comércio, e outras oportunidades de entretenimento próximas às residências, reduzindo as distâncias entre as residências e o trabalho (Department of the Environment and Department of Transport, 1993 *apud* O’Flahert, 1997).

2.4 TÓPICOS CONCLUSIVOS

Pode-se observar nesse capítulo que existem uma série de medidas capazes de aliviar o problema do congestionamento em áreas urbanas. Algumas delas definem regiões específicas de aplicação, que podem ser classificadas em locais e abrangentes. As locais, visam solucionar problemas mais específicos, pois não procuram resolver o problema de congestionamento de toda uma cidade. Procuram solucionar, por exemplo, congestionamentos em distritos industriais ou empresariais, universidades, centros comerciais entre outros. Dentre as medidas que podem ser utilizadas para esse fim relacionam-se: horários variáveis de trabalho, carona programada e estacionamentos dissuasórios. As aplicações abrangentes procuram solucionar problemas de congestionamento em regiões maiores ou numa cidade inteira. As

medidas relacionadas dentro dessa aplicação obtêm resultados satisfatórios em prazo mais longo do que as da aplicação locais. As principais medidas utilizadas para esse fim seriam: planejamento urbano, cobrança viária, serviço de transporte público de qualidade, restrição a circulação de automóveis e controle de oferta.

No entanto, para atingirem melhores resultados deveriam ser aplicadas em conjunto, e não isoladamente. A integração do maior número de medidas tem mais chance de obter um melhor resultado, porém o período de retorno dessa implantação dependerá do grau de complexidade do problema e da medida a ser implementada. Cada problema deve ser estudado desde o menor até o maior nível de detalhe, pois um problema pode ser resolvido utilizando uma medida pontual apenas, observando a relação custo benefício. Em outros casos, a integração das medidas surge como uma solução melhor.

CAPÍTULO III

MEDIDAS PARA DILUIÇÃO DO PERÍODO DE PICO

3.1 INTRODUÇÃO

Esse capítulo aborda as quatro principais estratégias para dispersão do período de pico de viagem: Tele-trabalho, Semana Comprimida, Horário Flexível e Horário Escalonado. As quatro alternativas serão descritas, enfatizando a última, escopo do trabalho, através da apresentação de casos onde foi aplicada, com seus respectivos resultados.

Tanto o tele-trabalho quanto a semana comprimida, a princípio, suprimem o número de viagens a trabalho. Entretanto, as viagens suprimidas podem ser substituídas por outras, realizadas por outras razões (lazer, médico etc). Nesse caso, o número de viagens realizadas seria o mesmo, mas as viagens realizadas ao trabalho, normalmente no período de pico, passariam a ser feitas num período fora do pico, aliviando o sistema, através da dispersão das viagens. Para Mokhtarian *et al* (1995), as viagens adicionais, a partir do suprimento das viagens ao trabalho são de difícil determinação. Como é difícil a caracterização dessas viagens, na prática, podem acarretar num efeito colateral, com resultados ainda mais complexos em relação as viagens do horário de pico. As demais medidas procuram aliviar o congestionamento, alterando a demanda de viagem através da redistribuição das mesmas para períodos de pico menos concentrados. Sabe-se que o período de pico da manhã deve-se, principalmente, às viagens a trabalho e a estudo. No período de pico da tarde, a maioria das viagens é de retorno a casa. Durante o resto do tempo, as vias permanecem muitas vezes ociosas. O investimento na capacidade a fim de atender a demanda durante o período de pico é alto. Devido à escassez de recursos públicos, a distribuição da demanda torna-se uma forma mais econômica de aliviar o congestionamento, utilizando a capacidade viária de forma mais racional.

3.2 MEDIDAS DE DISPERSÃO DO HORÁRIO DE PICO

A idéia de se implementarem medidas que dispersem o tráfego no período de pico visa, acima de tudo, aliviar o congestionamento durante períodos de concentração da demanda. Jones *et al* (1977) *apud* Fish (1980), argumentam que muito dessa concentração de viagens durante os períodos de pico se deve a rigidez dos horários de entrada (manhã) e saída (tarde) dos trabalhadores em geral. Esses trabalhadores não teriam liberdade na escolha de seus horários, submetendo-se aos horários fixados pelos patrões; dessa forma o congestionamento não poderia ser atribuído somente à escolha individual de viagem dos motoristas, socialmente perversa, mas também aos horários e a organização do trabalho. Para Abkowitz (1981), os fatores que influenciam na hora de saída dos trabalhadores para o trabalho seriam a flexibilidade dos horários de entrada, o modal, a ocupação, a renda, a idade, e o nível de serviço do tráfego.

Selinger (1977), considera que medidas de dispersão do horário de pico são uma das mais promissoras abordagens de tratamento da demanda de transporte, já que, geralmente, são mais eficientes, mais popularmente aceitas, envolvem benefícios sociais não relacionados ao transporte, e podem ser implementadas rapidamente. Ele afirma também, que as medidas de dispersão do horário de pico são mais eficientes que os esquemas de cobrança viária, por exemplo. Isso, porque existiria um impacto direto sobre a demanda à medida que os horários que as pessoas vão e voltam do trabalho são alterados. Além disso, os horários alternativos de trabalho são menos polêmicos do que as medidas de cobrança viária, e, teoricamente, mais fáceis, de serem implementados. Acredita-se que essa abordagem pode ser empregada no Brasil, analisando-se bem cada caso de aplicação, pois a demanda envolvida varia, entre outras coisas, do tipo de atividade desenvolvida no pólo gerador que se estuda.

É evidente que parte da responsabilidade em reduzir o congestionamento dos períodos de pico pode ser das empresas, que através da implementação de horários alternativos de trabalho poderiam aliviá-lo. Esse entendimento deve ser considerado também pelo Poder Público, que coordenaria o envolvimento da iniciativa privada num esforço sinérgico para implementar tais medidas.

3.2.1 Tele-trabalho

O tele-trabalho surge como uma promissora alternativa para reduzir a demanda por viagens, principalmente aquelas realizadas durante o período de pico. O tele-trabalho possibilita ao trabalhador, trabalhar alguns dias da semana em casa ou em centros de trabalho próximos às suas casas, equipados com computadores e equipamentos de telecomunicação (STANEK, 1995). Isso permitiria o contato entre empresa e/ou clientes. Dessa forma, o número de viagens à empresa ficaria reduzido a apenas alguns dias da semana. Essa medida alternativa vem sendo empregada por empresas a fim de aumentar a responsabilidade e a produtividade dos seus funcionários. Em muitas empresas, o trabalho em casa já é uma realidade, inclusive no Brasil. Porém, essa não é uma alternativa possível em qualquer empresa ou com qualquer empregado; depende do tipo de trabalho e da tarefa desempenhada.

Faltam estudos demonstrando a real relação entre esta medida e seus impactos. Já que, por exemplo, um funcionário que trabalha em casa, tem a liberdade de a qualquer momento sair e fazer uma viagem para qualquer lugar, ou seja, é difícil prever seu padrão de viagem. Mokhtarian *et al* (1995), realizou um estudo procurando obter resultados dos impactos do tele-trabalho sobre a viagem, o consumo energético e a qualidade do ar, através da avaliação das viagens dos “tele-trabalhadores” na Califórnia, Arizona, Washington e Holanda, durante um período de 6 anos.

Seu trabalho demonstrou que, primeiro, as distâncias médias de viagem dos tele-trabalhadores aumentaram ao longo do tempo. Segundo, que os tele-trabalhadores tendiam, em média, a viajarem mais do que os trabalhadores comuns. À medida que o nível de tele-trabalho aumenta ao longo do tempo, a razão entre a distância média para os tele-trabalhadores e os trabalhadores comuns tende a cair. E, apesar da distância média de viagem para o tele-trabalhador cair, tendendo ao equilíbrio, ainda assim esta distância é maior do que para o restante dos trabalhadores sob horário rígido. Além disso, as viagens individuais de automóvel aumentaram, segundo Pisarski, 1992b *apud* Mokhtarian, 1995.

3.2.2 Semana comprimida

Segundo Hung (1996), essa medida permite que os trabalhadores trabalhem menos dias por semana, porém mais tempo por dia, para compensarem parcial ou totalmente o dia(s) livre(s). Para Fish (1980), várias formas de semana comprimida de trabalho são possíveis, entre elas destacam-se:

- Semana de quatro dias: Os funcionários trabalham de 9 a 10 horas por dia (dependendo do total de horas de trabalho na semana), quatro dias por semana;
- Semana de quatro dias e meio: Os funcionários trabalham de 8 a 9 horas por dia, 4 dias da semana, e meio dia no quinto dia;
- Semana de três dias: Funcionários trabalham de 12 a 13 horas por dia, utilizada em serviços que operam continuamente durante as 24 horas do dia 3 dias da semana, como por exemplo centro de processamento de dados;
- Plano 5-4/ 9. Funcionários trabalham 9 horas por dia, 4 dias durante uma semana e cinco na semana seguinte, num ciclo de duas semanas.

Variações nos horários de semana comprimida são possíveis, dependendo se toda operação da empresa, sob o horário comprimido, ou a gerência são mantidas durante 5, 6 ou 7 dias da semana; e dos métodos utilizados para compor os horários de trabalho dos indivíduos. Por exemplo, essa medida pode tomar várias formas:

- Rotação equivalente de dias de trabalho de segunda à sexta-feira, com 80% dos empregados designados para trabalhar em cada dia;
- Metade dos empregados trabalham de segunda à quinta-feira; a outra metade de terça à sexta-feira;
- Metade dos empregados trabalham de segunda à quinta-feira; a outra metade de quarta à sábado;
- Um terço dos empregados trabalham de segunda à quinta-feira; outro terço de terça à sexta-feira; e o restante de quarta à sábado.

Os efeitos sobre o transporte variarão substancialmente de acordo com o tipo de esquema de semana comprimida de trabalho estabelecido pela empresa. Deve-se entender que todas as formas de horário comprimido devem ser levadas em conta, por

causa das diferenças nas características operacionais das organizações. Para Hung (1996), essa medida pode reduzir substancialmente o tráfego e deve ser incentivada pela iniciativa privada e pelo Poder Público, bem como os trabalhadores etc. Para Pierce e Dunham (1992), a combinação de horário comprimido e turno fixo de trabalho (40 ou 44h semanais) pode mitigar alguns dos efeitos negativos associados ao segundo, e capitalizar os efeitos positivos associados ao primeiro. Para eles, o efeito mais significativo do horário comprimido ocorre com o tempo de lazer do trabalhador. Para Hodge e Tellier (1975) *apud* Pierce e Dunham (1992), o turno fixo de trabalho parece reduzir a frequência e a qualidade do contato entre os trabalhadores e sua família e amigos; que melhoraria a partir da adoção do horário comprimido de trabalho. Para Ahmadi *et al*, 1986 *apud* Pierce e Dunham, 1992, empregados preferem horários não tradicionais de trabalho.

3.2.3 Horário flexível

Qualquer sistema que permita ao trabalhador um controle sobre seu próprio horário de trabalho é classificado como horário flexível (Fish, 1980). Com essa alternativa, a gama de horários possíveis que os funcionários podem escolher é estendida além dos limites de início e fim de expediente fixado. Por exemplo, a variação poderia ser estabelecida como sendo das 6:00 às 18:00, que consistiria em dois tipos diferentes de período: (a) um período de referência, durante o qual todos os empregados devem estar presentes (das 9:30 às 15:00, por exemplo) exceto para a hora do almoço, e (b) um período flexível, durante o qual os empregados poderiam selecionar horários de entrada e saída variáveis (horário de início flexível entre 6:30 e 9:30, e horário de saída flexível entre 15:00 e 18:00, por exemplo). O período de almoço é especificado para durar um certo tempo (e.g., 0.5h) que os funcionários devem tirar durante o período de referência, ou uma variação flexível durante o meio-dia (e.g., das 11:30 às 13:30) que pode ser utilizado conforme a vontade do empregado.

Para Fish (1980), entre as formas mais comuns de possíveis horários flexíveis têm-se:

- Horário planejado – Forma mais clássica de horário flexível no qual os funcionários são livres para selecionar e variar seus horários de trabalho a cada dia, assegurando-se que eles estejam presentes durante períodos fixos e um

número cumulativo de horas trabalhadas dentro de um dado período pago (e.g., durante uma semana, duas semanas, um mês). O número de horas trabalhadas a cada dia pode variar. Em alguns casos, o débito e o crédito de horas pode ser levado de um período para outro;

- Dia flutuante – Essa é uma variação do horário planejado no qual os empregados são obrigados a trabalharem o mesmo número de horas a cada dia, mas ainda assim detém flexibilidade sobre as horas que serão trabalhadas;
- Turno-flexível – Forma mais rígida de horário flexível, na qual o empregado seleciona um horário de início dentro da gama de horários flexíveis de entrada pela manhã. Uma vez selecionado, torna-se o horário regular desse empregado até que uma nova oportunidade apareça para ele selecionar um horário diferente. Os turnos podem ser estabelecidos conforme a frequência e a vontade da organização. Normalmente, esse esquema tem um horário de referência único, e um horário de almoço fixo, ao invés de um período de referência duplo e um período de almoço flexível. Essa alternativa assemelha-se muito ao horário escalonado de trabalho – a única diferença é que são os empregados e não a empresa que escolhem os horários.

Segundo Fish (1980), as definições acima não são muito usadas correntemente, entretanto, representam um primeiro passo para padronização da terminologia. Para FTA (1992), o horário flexível aumenta a possibilidade da carona programada entre seus participantes, mas pode resultar em perdas para o transporte coletivo se este não ajustar seus horários de forma a compatibilizar-se com os novos horários de entrada e saída dos participantes. Em pesquisa realizada por Moore *et al* (1984), os participantes de mais idade e os que vivem a maiores distâncias do trabalho, tendem a chegar mais cedo ao mesmo. Nos domicílios onde a mulher também trabalha, e existem filhos pequenos, há menor flexibilidade para o participante alterar sua hora de chegada através dessa medida.

3.2.4 Horário escalonado

Com essa alternativa de horário, todos os empregados de uma organização trabalham os mesmos dias a cada semana e o mesmo número de horas a cada dia de trabalho. As

horas de entrada e saída diárias de grupos diferentes de empregados dentro da organização são variadas pela empresa, impondo-se horários de início escalonados, normalmente entre 15 e 30 min. (VTPI, 2000). Os empregados geralmente não têm chances de escolher seus horários de trabalho; eles simplesmente são designados a estarem presentes a cada dia durante o horário especificado. O objetivo dessa medida é reduzir o número de pessoas chegando ou saindo de um local ao mesmo tempo, diluindo os horários de chegada e/ou saída dos participantes, aliviando o congestionamento, causado principalmente pela concentração de viagens a um destino específico, tornando o deslocamento mais confortável (TMIP, 1997).

Para as empresas, essa medida poderia, além de aliviar o congestionamento em elevadores, entradas de estacionamento, cartões ponto etc, expandir o horário de atendimento aos clientes, e melhorar atitudes dos empregados em relação ao trabalho. O nível de redução de congestionamento desejado dependeria da quantidade de participantes, do grau de diluição dos novos horários, e do nível de saturação do sistema viário anteriormente existente (Fish, 1980). Para o meio-ambiente, essa medida poderia diminuir os níveis de poluição, tanto atmosférica quanto sonora, pois quanto maior o volume concentrado de viagens pior a poluição. Sabe-se, por exemplo que o nível de ruído aumenta proporcionalmente, com o fluxo de veículos e a velocidade (Sancho e Senchermes, 1982 *apud* Rott, 1995). Para FTA (1992), a implantação dessa medida no centro de Honolulu, Havaí (EUA), resultou em reduções significativas no tempo de viagem durante o período de pico. As reduções no tempo de viagem foram de aproximadamente 18%, dependendo da rota. Porém, houve ganhadores e perdedores sob essa medida. Aqueles que partiram mais cedo reduziram seu tempo de viagem, mas os que partiram mais tarde aumentaram seu tempo de viagem, pois passaram a viajar dentro no novo período de pico.

Esse tipo de medida é mais aplicável a trabalhadores com pequena ou nenhuma interdependência entre si; e apresenta bons resultados onde o tráfego é mais concentrado (FTA, 1992).

3.3 IMPACTOS NO TRANSPORTE DEVIDO A IMPLEMENTAÇÃO DO HORÁRIO ESCALONADO DE TRABALHO

Esse sub-capítulo trata dos impactos no sistema de transporte, resultantes da implementação do horário escalonado de trabalho. Descrevem-se alguns casos relatados pela literatura internacional e nacional, de cidades que já implementaram essa medida, reproduzindo-se parte de seus resultados. Entre as cidades estrangeiras destacam-se: New York (Manhattan), Newark, Philadelphia, Toronto, Madison (Wisconsin), Riverside (Califórnia), Ottawa (Canadá) e St. Paul (Minnesota). Esse capítulo teve como base, principalmente, os trabalhos desenvolvidos por Fish (1980) e Selinger (1977) sobre os impactos no transporte devido aos horários variáveis de trabalho.

3.3.1 Experiência internacional

3.3.1.1 Cidade de Nova York – Manhattan

A implementação do programa de horário escalonado de trabalho na cidade de Nova York iniciou-se em Abril de 1970, com o objetivo de aliviar o congestionamento do distrito financeiro ao Sul de Manhattan que apresentava picos de 15min. altíssimos, como demonstra a Figura 3.1. Aproximadamente dois terços das entradas e saídas dos trabalhadores concentravam-se nos períodos de pico de 15min. da manhã e da tarde. Em 1972, o programa seria expandido para o centro de Manhattan (O'Malley, 1974 *apud* Fish, 1980).

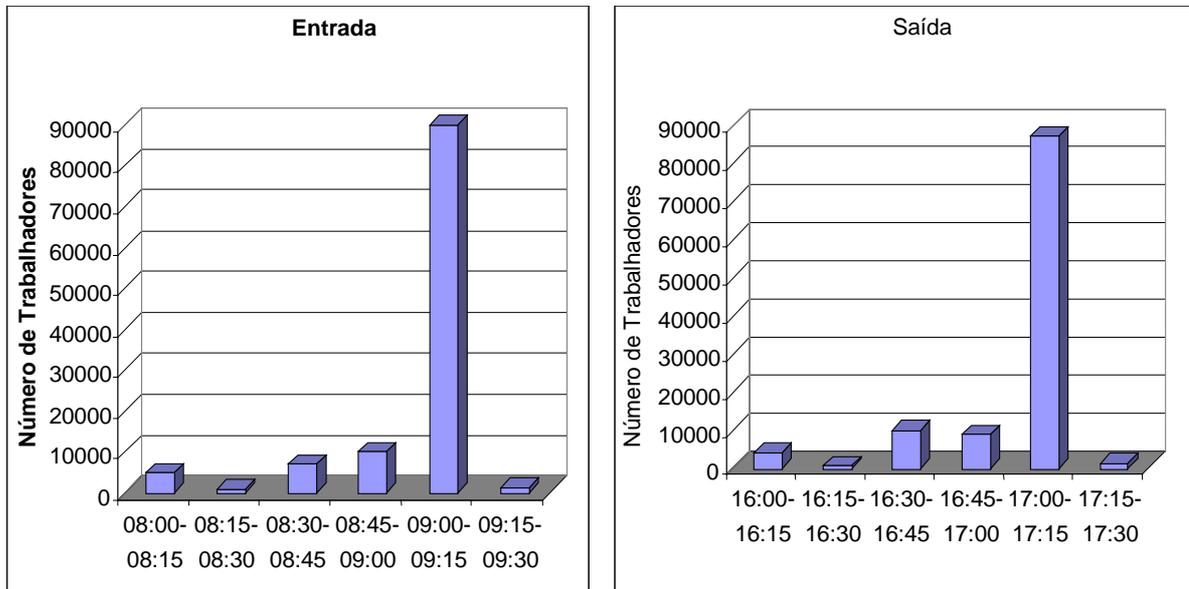


Figura 3.1: Horário de entrada e saída dos trabalhadores de Manhattan antes da implantação do programa de escalonamento de horário

Fonte: Modificado O'Malley (1974) *apud* Fish (1980)

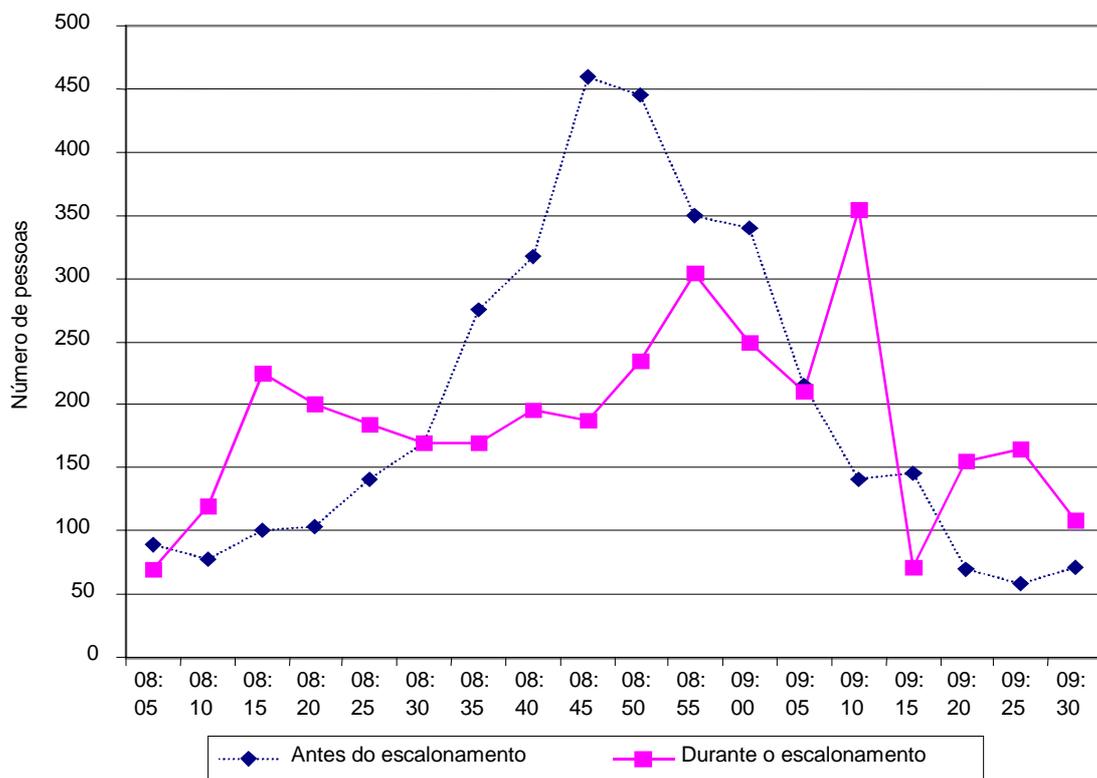


Figura 3.2: Impacto do escalonamento nas chegadas dos trabalhadores ao saguão do Prédio da Autoridade Portuária em Manhattan

Fonte: Modificado Port Authority of New York and New Jersey (1977) *apud* Fish (1980)

Após a implementação desse programa mais de 220.000 trabalhadores de mais de 400 empresas tiveram seus horários escalonados, adotando-se principalmente o horário das 8:30 às 16:30, necessitando, portanto, de coordenação e planejamento integrado

na implementação do programa. Antes, os horários variavam das 9:00 e 9:15 às 17:00 e 17:15 (Figura 3.1). A Figura 3.2 apresenta o impacto da implementação do programa nas chegadas ao saguão da Autoridade Portuária em Manhattan. O pico dos 5min. foi reduzido de 460 pessoas chegando ao saguão para 355 pessoas, uma redução de 29%. O relatório da Autoridade Portuária de New York e de New Jersey (*Port Authority of New York and New Jersey, 1977 apud Fish, 1980*) indicaram que o pico das concentrações nas chegadas das pessoas pela manhã em três grandes estações de metrô de Manhattan foi substancialmente reduzido depois do programa (Figura 3.3). As chegadas durante o período de pico de 15 min. caíram de 29% para 24%, entre 8:00 e 9:30, uma redução de 14%.

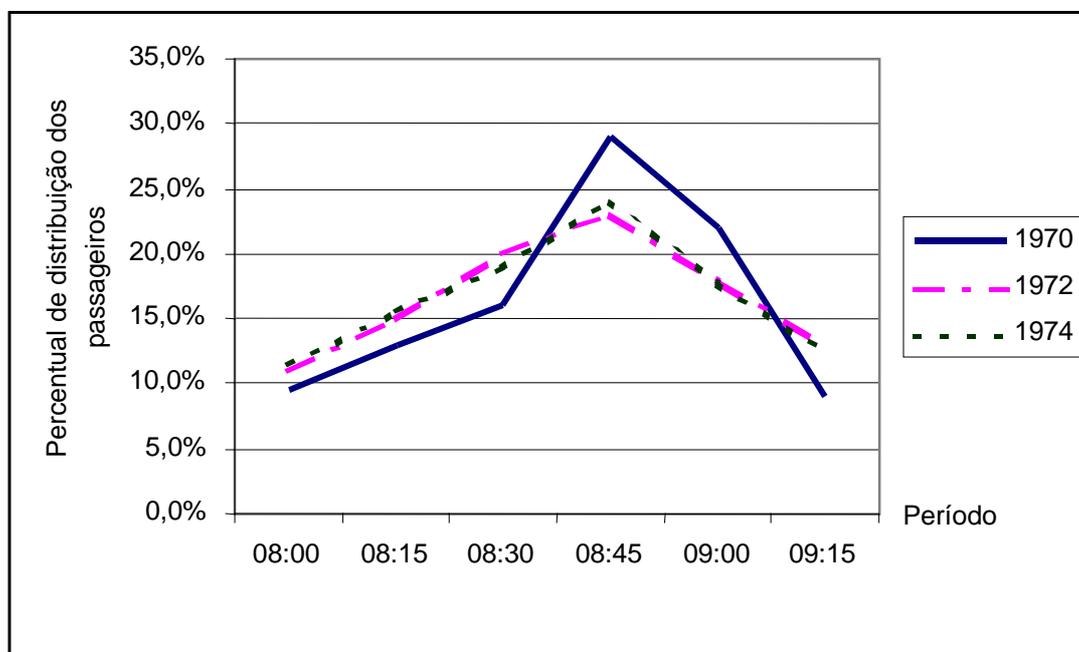


Figura 3.3: Impacto do escalonamento de horário nas chegadas dos passageiros em três estações de metrô de Manhattan

Fonte: Modificado *Port Authority of New York and New Jersey (1977) apud Fish (1980)*

Nenhuma mudança substancial ocorreu na distribuição da demanda de automóveis no período de pico sob o Túnel Midtown, sob o Túnel Lincoln, e sobre a Ponte George Washington. Isso se deveu principalmente ao fato de que os períodos de pico nesses locais já serem bem longos e achatados antes da implementação do programa. De fato, existia pouca ou quase nenhuma capacidade disponível nos “platôs” do pico que pudessem diminuir ainda mais os tempos de viagem. Outro aspecto a ser destacado, é

que apenas 45% das viagens ao centro de Manhattan pelo Túnel Lincoln eram a trabalho. Destas, cerca de 10% realizavam-se de automóvel.

Quanto à divisão modal, Selinger (1977), relata que mudanças pouco significativas foram constatadas. Ele atribui a isso o fato de que a maior parte dos horários tenha sido alterada em apenas 0.5h e que o serviço de transporte público tenha permanecido tão freqüente, durante os novos horários, quanto durante o período de pico mais crítico. Outro fator levantado foi que a quantidade de trabalhadores viajando de transporte público para Manhattan era de aproximadamente 90%, bem acima da média americana. Para ele, a disponibilidade de transporte público pode ser um problema se grandes mudanças de horário forem feitas. Ele recomenda que, em tais situações, modificações nos serviços do setor sejam implementadas para se evitar a perda dos passageiros.

3.3.1.2 Toronto – Queen's Park

O programa implementado em Queen's Park, área central de Toronto (Canadá), envolveu aproximadamente 11.000 funcionários públicos, durante outubro de 1973. Foram implementados o horário escalonado e o flexível. O primeiro envolveu 68% dos trabalhadores e o segundo 23% (Greenberg e Wright, 1975 *apud* Fish, 1980). O projeto atingiu 260.000 trabalhadores, correspondendo a cerca de um quarto do total de trabalhadores de Toronto. Os setores envolvidos no projeto foram: bancário, educacional, seguros, público, hospitalar, comercial, transportes e serviços (Selinger, 1977).

Mais de 90% dos trabalhadores chegavam durante o pico das 8:00 às 9:00 antes da implementação do programa; após sua implementação, as chegadas no pico reduziram-se pela metade – 52% passaram a chegar ao trabalho antes das 8:00 e 43% entre as 8:00 e às 9:00 (Figura 3.4). O percentual de trabalhadores chegando dentro do período de pico de 15min. foi reduzido pela metade – de 70% para 34%, para os que re-escalonaram seus horários.

Entre os participantes do programa, mais de 2.000 responderam a um questionário sobre o tempo de viagem. Aproximadamente 31% responderam que os tempos de viagem reduziram-se em média 11min. pela manhã e pela tarde. Apenas 3,2% afirmaram que o tempo de viagem aumentou durante a manhã, enquanto que 8,7% responderam que os tempos de viagem aumentaram durante à tarde. O restante dos entrevistados respondeu que os tempos de viagem não se alteraram. Com base nos dados acima, estimou-se que a economia de tempo obtida foi de aproximadamente 3min. por viagem (Greenberg e Wright, 1975 *apud* Fish, 1980).

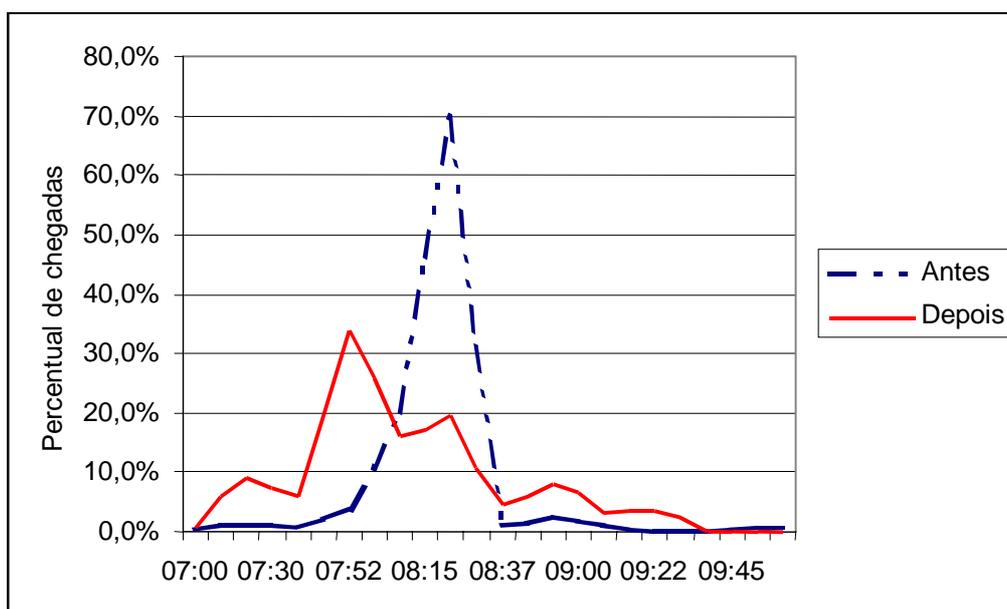


Figura 3.4: Impacto do programa de horário flexível de trabalho sobre as chegadas dos funcionários públicos ao Queen's Park (Toronto)

Fonte: Modificado Greenberg e Wright (1975) *apud* Fish (1980)

A Tabela 3.1 apresenta as respostas dos participantes, a maioria usuário de transporte coletivo, quanto ao nível de conforto percebido, para o período da manhã e da tarde. Percebe-se, pelas respostas, que é muito semelhante à relação entre o sentimento de mais e igual conforto, tanto pela tarde quanto pela manhã, entre os participantes do programa.

Tabela 3.1: Mudanças relativas no conforto da viagem entre os participantes do programa de Toronto

Conforto de viagem	Respostas das pessoas (%)	
	manhã	tarde
Mais confortáveis	47	43
Inalterado	48	47
Menos confortáveis	5	9

Fonte: Modificado Greenberg e Wright (1975) *apud* Fish (1980)

Já a Tabela 3.2 mostra resultados de um questionário aplicado em parte dos participantes do programa que compara a percepção de conforto dos mesmos, em cada tipo de horário (escalonado, flexível e inalterado). Percebe-se que, tanto pelo programa de horário de trabalho escalonado quanto pelo flexível, os participantes que iniciaram o serviço entre sete e oito horas e entre nove e dez horas sentiram-se mais confortáveis que os demais participantes. Isso deve ter ocorrido devido ao deslocamento do pico para o intervalo intermediário, entre oito e nove horas da manhã.

Tabela 3.2: Percepção de conforto dos participantes do programa de horário variável de trabalho em Toronto

Fonte: Modificado Greenberg e Wright (1975) *apud* Fish (1980)

Horário escalonado	Percepção de conforto			
	Mais confortável	Menos confortável	Inalterado	Total
Intervalo de entrada				
7:00-8:00	674 (61,6%)	39 (3,6%)	381 (34,8%)	1094 (100%)
8:01-9:00	226 (30,3%)	60 (8,0%)	461 (61,7%)	741 (100%)
9:01-10:00	64 (72,7%)	3 (3,4%)	21 (23,9%)	88 (100%)
Horário flexível	Percepção de conforto			
Intervalo de entrada				
7:00-8:00	138 (60,0%)		92 (40,0%)	230 (100%)
8:01-9:00	101 (32,9%)	18 (5,9%)	188 (61,2%)	307 (100%)
9:01-10:00	38 (70,4%)	1 (1,9%)	15 (27,7%)	54 (100%)
Horário normal	Percepção de conforto			
Intervalo de entrada				
7:00-8:00	10 (30,3%)	1 (3,0%)	22 (66,7%)	33 (100%)
8:01-9:00	18 (11,2%)	16 (9,9%)	127 (78,9%)	161 (100%)
9:01-10:00	1 (100%)			1 (100%)

3.3.1.3 Ottawa

Os funcionários públicos do centro de Ottawa foram colocados numa combinação de horário escalonado e flexível, em março de 1974. Quase todos os 35.000 funcionários públicos – cerca da metade dos trabalhadores da área central da cidade, participaram desse programa. Os resultados foram semelhantes aos de Toronto (Safavian e McLean, 1974 *apud* Fish, 1980).

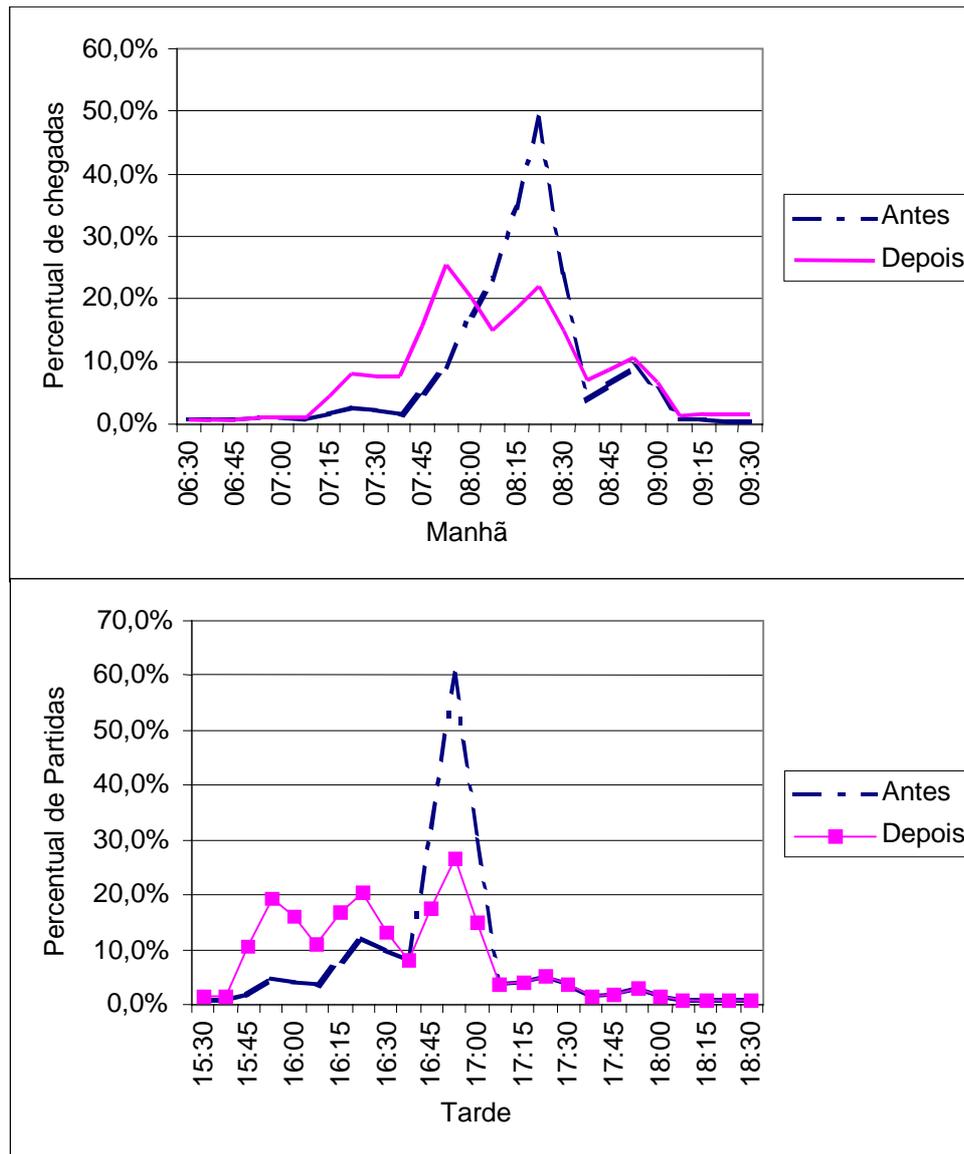


Figura 3.5: Impacto do programa de horários variáveis de trabalho sobre as entradas e saídas dos funcionários públicos de Ottawa

Fonte: Modificado Safavian e McLean (1974) *apud* Fish (1980)

A Figura 3.5 mostra que as chegadas no pico da manhã reduziram-se de, aproximadamente 50% do total de chegadas, antes do programa, para cerca de 25%, entre 6:30 e 9:30. Ou seja, estima-se que todos os trabalhadores cheguem ao centro de Ottawa entre 6:30 e 9:30. Desses trabalhadores, 50% chegam dentro do pico dos 15min. da manhã. À tarde, as saídas no pico de 15min. reduziram-se ainda mais, de 60% para cerca de 26%, entre 15:30 e 18:30.

Em seis estacionamentos do centro de Ottawa houve um achatamento maior da distribuição da demanda no período de pico. Isso se deveu a alta porcentagem de viagens a trabalho que se destinavam ou se originavam desses estacionamentos. A Figura 3.6 mostra um resumo geral do impacto do programa em Ottawa nas chegadas e saídas dos funcionários, sobre os passageiros de ônibus e sobre os veículos em três áreas: a central, próximo aos estacionamentos, a área A, delimitada pelo rio Ottawa (LDA) e que, em relação à área B (LDB), está mais afastada do centro, cujo fluxo é mais de passagem do que em B. Nota-se que os efeitos desse programa são menores quando se leva em conta o tráfego total, e não somente o tráfego com destino ao trabalho.

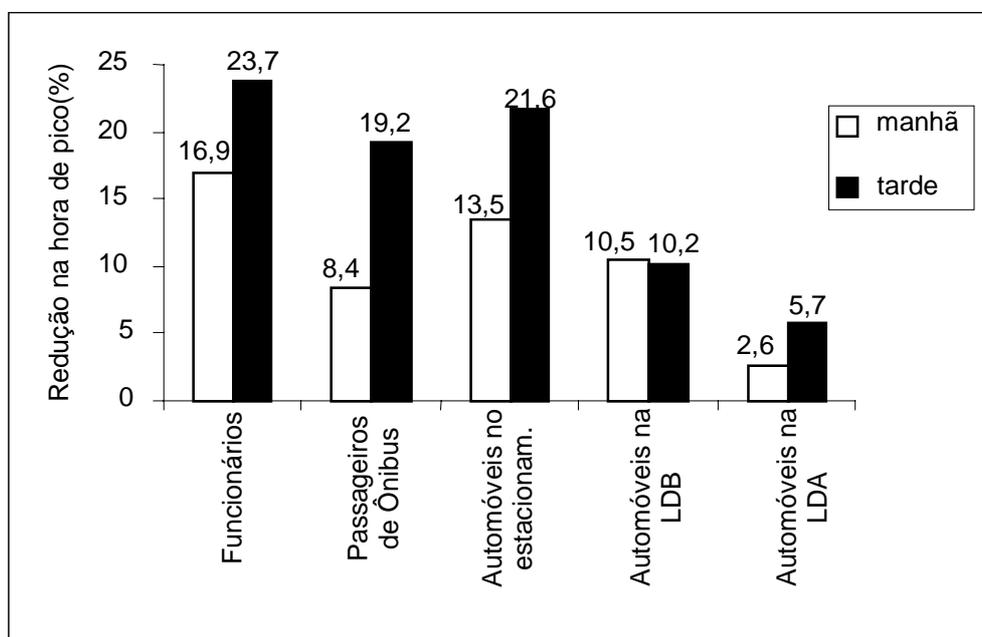


Figura 3.6: Resumo do impacto do programa de horários variáveis de trabalho em Ottawa

Fonte: Modificado Safavian e McLean (1974) *apud* Fish (1980)

3.3.1.4 Newark, Nova Jersey

Assim como nas demais cidades, o programa de escalonamento de horário em Newark iniciou durante a crise do petróleo em 1973, a fim de persuadir organizações públicas e privadas a alterarem o horário predominante de trabalho das 8:30 às 16:30. Até 1977, segundo Selinger (1977), dezenas de organizações empregando mais de mil pessoas alteraram seus horários de trabalho.

As pesquisas de campo demonstraram que o congestionamento estava relacionado ao horário de trabalho entre 8:30 e 16:30. Empresas foram, então, persuadidas a alterarem seus horários de entrada e saída em 15min, para mais cedo ou para mais tarde.

A maioria antecipou em 15 minutos a entrada de seus funcionários. Meses depois, foi conduzida uma nova pesquisa com quatro firmas participantes para determinar o impacto sobre os empregados. Os resultados, em quase todos os casos, foram satisfatórios: 75% dos participantes reagiram bem ao programa, e apenas 11% expressaram o desejo de retornarem ao horário antigo, para 66% dos entrevistados, as viagens tornaram-se mais confortáveis, e para 7%, menos confortáveis.

3.3.1.5 Filadélfia

Em 1970, várias empresas da Filadélfia adotaram programas de horário escalonado de trabalho por conta própria (Selinger, 1977). A maior loja de departamentos da cidade alterou seus horários, passando a abrir meia hora mais cedo e a fechar meia hora mais tarde. Isso facilitou a vida dos clientes, que puderam evitar horários de compra mais críticos. O programa não evoluiu muito até 1973, quando se criou um comitê, reunindo o setor público e o privado.

Grandes esforços foram feitos a fim de obter-se o apoio da mídia em campanhas publicitárias, que alertassem para os benefícios desse tipo de programa, reforçando-se a importância de adoção de estratégias de marketing e de estratégias de difusão da informação, sobre alternativas disponíveis, transporte público e sobre benefícios. Aproximadamente 160 empresas, principalmente com 250 empregados ou mais,

foram contatadas. Dessas, 47 participaram do programa, envolvendo 42.630 trabalhadores. A grande maioria das empresas adotou o horário escalonado (Selinger, 1977).

3.3.1.6 Riverside, Califórnia

O programa de escalonamento de horário proposto em 1972 para a cidade de Riverside, Califórnia, foi conduzido pelo Departamento de Transportes da Califórnia, em virtude do aumento acentuado do congestionamento nos períodos de pico (Selinger, 1977). Após uma série de pesquisas decidiu-se por sua implementação em Abril de 1973. Além de empresas privadas e órgãos públicos, também a Universidade local indicou a possibilidade de se escalonar os horários do turno da manhã. Existiam aproximadamente 2.000 alunos e professores com aulas iniciando às 8:00.

Os esforços concentraram-se inicialmente na iniciativa privada e depois, nos órgãos públicos, que voluntariamente cooperaram. O questionário enviado revelou que 1.850 funcionários não iniciavam ou terminavam seu expediente durante os períodos de pico. As empresas dos 1.600 trabalhadores remanescentes foram contatados e requisitados a escalonar seus horários. Os horários de entrada foram alterados principalmente para as 7:30, 7:45 e 8:15. Os horários de saída foram controlados pelos horários de entrada e pela duração do período de almoço.

Aproximadamente 1200 trabalhadores mudaram seus horários. Desses, 300 eram da iniciativa privada e 900 eram funcionários públicos. A Universidade alterou a maioria das aulas das 8:00 para as 7:45. Foi estimada uma redução média de 2,5min. no tempo de viagem para todos os usuários do sistema de transporte público, participantes ou não do programa (Fish, 1980). O programa foi desativado em 1977 (Selinger, 1977).

3.3.1.7 St. Paul, Minnesota – 3M Company

As grandes variações nas distribuições de volume da hora de pico e do pico de 15min. dependem da localização específica do problema na área urbana. Isso é particularmente verdadeiro se o problema considerado for o congestionamento das entradas e saídas de grandes e isolados complexos com grande número de

empregados. Um exemplo disso é a sede da 3M, em St. Paul, Minnesota (Owens e Van Wormer, 1973 *apud* Fish, 1980).

A Tabela 3.3 resume o volume de tráfego nas entradas e saídas da empresa, e em locais próximos a rodovia, durante a hora de pico e o pico de 15min. O pico de tráfego, entrando e deixando a 3M, está correlacionado com a distribuição dos horários de trabalho. Na hora de pico, chegam e saem da empresa, respectivamente, 57% (manhã) e 55% (tarde) do volume total de veículos com destino a 3M. Enquanto que, em pontos próximos a rodovia de acesso a 3M, o pico de tráfego é de 16,5% (manhã) e 15,7% (tarde) do volume total de veículos dia que por ela circulam.

Tabela 3.3: Porcentagens de tráfego na hora de pico e no pico dos 15min. antes da implantação do programa na 3M

Localização	Manhã		Tarde	
	Hora de pico	Pico de 15min.	Hora de pico	Pico de 15min.
Entradas e saídas da 3M	57,0%	23,0%	55,0%	25,0%
Pontos da rodovia próximos a 3M	16,5%	5,2%	15,7%	5,2%

Fonte: Modificado Owens e Van Wormer (1973) *apud* Fish (1980)

A avaliação desse programa revelou que o escalonamento pode produzir também um significativo achatamento da demanda no período de pico em grandes centros de emprego suburbanos (Owens e Van Wormer, 1973, *apud* Fish, 1980). Antes do programa, a maioria dos 8.000 funcionários da 3M iniciava seu expediente as 8:00. Um plano simples de escalonamento de horário, incluindo o pessoal administrativo e técnico, antecipou em 15min (7:45 às 16:30) o horário de entrada do pessoal administrativo, e postergou em 15min. (8:15 às 17:00) a entrada dos técnicos.

Um crescimento substancial do nível de emprego ocorreu na empresa entre 1970 (antes da implementação) e 1972 (depois da implementação). A Tabela 3.4 apresenta os resultados, após a implantação do programa, das contagens de tráfego no local, demonstrando o pico horário e o pico de 15min. como porcentagens do volume médio diário. Nas entradas da 3M, o volume da hora de pico da manhã caiu de 57% para

43%, do volume médio diário. O volume do pico dos 15min. caiu de 23% para 15% do volume médio diário. O achatamento da demanda do período de pico da tarde não foi tão pronunciado, mas ainda assim foi significativo. Os resultados ainda indicam que a redistribuição do tráfego do pico nas principais vias adjacentes era bem menos notável do que nas entradas e saídas da 3M, devido à inclusão de tráfego não pertencente aos funcionários da 3M (Owens e Van Wormer, 1973, *apud* Fish, 1980).

Tabela 3.4: Impacto da implantação do escalonamento de horário na 3M sobre o tráfego de automóveis no período de pico

Localização	Período	Manhã		Tarde	
		Antes (1970)	Depois (1972)	Antes (1970)	Depois (1972)
Entradas e saídas da 3M	Hora de pico	57,0%	43,0%	55,0%	48,0%
	Pico dos 15min.	23,0%	15,0%	25,0%	20,0%
Principais rodovias próximas a 3M	Hora de pico	16,5%	15,3%	15,7%	14,0%
	Pico dos 15min.	5,2%	5,1%	5,2%	4,2%

Fonte: Modificado Owens e Van Wormer (1973) *apud* Fish (1980)

3.3.2 Efeito do escalonamento de horário na formação de congestionamento nos estacionamentos

Para Fish (1980), os motoristas podem ser afetados pelo congestionamento tanto nas vias quanto na proximidade dos estacionamentos. O atraso e as inconveniências crescem à medida que cresce a área do estacionamento. E o atraso do usuário de automóvel perto dos estacionamentos pode ser causado por diversos fatores, entre eles:

- Concentração nas entradas e saídas dos estacionamentos provocam filas fora e dentro dos mesmos;
- Motoristas podem gastar um tempo razoável procurando vagas dentro do estacionamento;
- Atrasos são ocasionados quando um motorista manobra seu veículo dentro do estacionamento, principalmente se ele não for bem projetado para isso;

- Quanto maior a demanda pelo estacionamento, menor a probabilidade de se conseguir estacionar perto do local desejado, incidindo tempos maiores de caminhada até a saída do estacionamento;
- Se a capacidade do estacionamento for limitada, a procura por uma vaga pode ser desgastante, tanto na via quanto fora dela.

Contudo, nenhuma das experiências relatadas anteriormente reuniu dados quantitativos sobre os efeitos provocados pelos horários variáveis de trabalho, relativo ao atraso ocorrido nos estacionamentos. É razoável afirmar, no entanto, que para alguns motoristas o potencial do escalonamento de horário na redução do atraso relacionado ao estacionamento pode ser, pelo menos, tão grande quanto o potencial de redução dos atrasos na via. Grandes reduções de tempo serão sentidas pelos usuários que alterarem seus horários de chegada para mais cedo, pois terão acesso à vaga desejada. Conseqüentemente, quando a capacidade estiver no limite, os usuários que chegarem mais tarde terão maiores dificuldades em encontrar uma vaga. O problema relacionado às vagas de estacionamento é o principal fator que influencia os participantes de programas de horários variáveis de trabalho a anteciparem seus horários de entrada ao serviço.

3.3.3 Efeito do escalonamento de horário sobre a escolha modal

Para Fish (1980), ainda se sabe pouco sobre o impacto desse programa sobre a escolha modal dos participantes (transporte individual, carona programada ou transporte coletivo). Algumas hipóteses dizem que o horário escalonado, por permitir aos participantes pouca ou nenhuma escolha sobre os novos horários, interrompe os atuais programas de carona ou restringe a formação de novos, já que poucos parceiros em potencial terão horários compatíveis. Por outro lado, o escalonamento de horário reduz o tempo de atraso e aumenta o conforto para o tráfego em geral (público e privado), o que pode ser perigoso, se encorajar usuários a trocar o transporte coletivo pelo individual. Para Selinger (1977), avaliando o caso de Manhattan, o programa flexível de trabalho atraiu poucos usuários do transporte público para a carona programada ou para o modal individual.

3.3.4 Experiência nacional

Segundo estudo de Fernandes (1982), cinco cidades brasileiras buscaram implementar, realizando estudos prévios, ou implementaram o escalonamento de horário, entre o fim dos anos 70 e início dos anos 80, foram elas: Curitiba, Rio de Janeiro, São Paulo, Porto Alegre e Recife. O motivo principal, assim como dos seus pares internacionais, foi a crise do petróleo. Para isso, ocorreu o incentivo do Governo Federal através de uma Comissão em conjunto com Grupos Regionais de Trabalho (GRT), lideranças políticas, econômicas e de classes. A seguir, apresentam-se os resultados efetivos e as estimativas do programa desenvolvido por estas cidades.

3.3.4.1 Rio de Janeiro

Em março de 1977, foi elaborado um estudo pela Secretaria de Transporte do Estado do Rio de Janeiro (SECTRAN-RJ *apud* Fernandes, 1982) para re-escalonar os horários de trabalho. Nesse estudo, foram estimados os impactos do programa sobre o sistema de transportes, através da comparação entre a situação existente e a proposta. A SECTRAN-RJ concluiu que haveria um achatamento, nos horários de pico, da distribuição horária da demanda.

As estimativas de redução de consumo de combustíveis indicavam uma economia diária de 161.244 l/dia de gasolina e 25.716 l/dia de óleo diesel, o que representava 4,8% e 2,3%, respectivamente, do consumo diário de gasolina e diesel do município do Rio de Janeiro. Além disso, foi estimada uma economia de 435.244 h/dia devido à redução do tempo de imobilização da força de trabalho em trânsito.

Considerando apenas as viagens a trabalho, e o aumento nas velocidades dos automóveis e dos ônibus, nos corredores da zona sul e norte, foram economizadas na realidade 764.020 horas/dia, 7,5% a mais do que o estimado pelo relatório da SECTRAN-RJ. Porém, esse resultado foi obtido considerando-se apenas uma linha de ônibus. O relatório estimou uma economia de 229.200.000 horas em 1978, caso fosse mantido o escalonamento. Para os usuários de automóveis, ocorreram benefícios a partir da economia de combustível e da diminuição do atraso no trânsito nas horas de pico, como demonstram as Tabelas 3.5 e 3.6, respectivamente.

Tabela 3.5: Redução do consumo de combustível (Jan/77 a Jan/78) no Rio de Janeiro

Combustível	Taxa de redução do consumo (%)*					
	Junho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Janeiro
Gasolina	3,80	3,91	3,92	3,93	4,22	3,96
Diesel	1,80	1,84	1,92	2,00	2,38	2,17

*economia diária/consumo** diário no município do Rio de Janeiro.

** o consumo diário no município do Rio de Janeiro era de 3,4 milhões de litros em 1977

Fonte: Modificado SECTRAN-RJ (1977-1978) *apud* Fernandes (1982)

Tabela 3.6: Distribuição do Fluxo de Tráfego no Rio de Janeiro

Sit.	Corredores														
	Zona Norte					Praia do Flamengo					Aterro				
	Antes		Depois		Red./	Antes		Depois		Red./	Antes		Depois		Red./
Int.(h)	V(*)	%	V(*)	%	Aum.	V(*)	%	V(*)	%	Aum.	V(*)	%	V(*)	%	Aum.
7-8	7956	13	8136	15	2%	2530	11	2667	11	5%	5387	16	3780	11	-30%
8-9	8962	14	7085	13	-21%	3117	13	3312	14	6%	6232	18	4847	14	-22%
9-10	6694	11	6015	11	-10%	2559	11	3201	14	25%	4328	13	4167	12	-4%
10-11	5952	10	5323	10	-11%	2549	11	2704	12	6%	3113	9	3150	9	1%
16-17	7143	12	6392	12	-11%	2715	12	2590	11	-5%	3063	9	3444	10	12%
17-18	8256	13	7292	14	-12%	3222	14	3166	14	-2%	4246	12	5293	15	25%
18-19	8854	14	7052	13	-20%	3600	15	3172	14	-12%	4845	14	5975	17	23%
19-20	8199	13	6338	12	-23%	3035	13	2609	11	-14%	3395	10	4022	12	18%
Total	62016	100	53633	100	-14%	23327	100	23421	100	0%	34609	100	34678	100	0%

V(*) – volume de tráfego em vvp/h

Fonte: Modificado METRÔ-RJ (1977) *apud* Fernandes (1982)

Observa-se na Tabela 3.6 que, pela manhã, a hora de pico situava-se entre 08:00 e 09:00 e pela tarde entre 18:00 e 19:00, para os três corredores, antes da implantação do programa. Depois da implantação do programa, o fluxo na hora de pico da manhã para os mesmos corredores tiveram as seguintes alterações: aumentou 2% no corredor da Zona Norte, aumentou 6% no corredor da Praia do Flamengo, mas diminuiu 22% no corredor do Aterro. Corredor, nesse caso, significa vias de passagem com fluxo intenso. Constatou-se ainda que, depois da implantação do programa, antecipou-se o pico (manhã e tarde) em uma hora, apenas no corredor da Zona Norte.

Em vista dos resultados encontrados, o METRO-RJ e a SECTRAN-RJ sugeriram que a estratégia fosse mantida, pois atenuara os transtornos da cidade frente ao seu crescimento e à falta de melhor organização do trânsito.

3.3.4.2 São Paulo

A primeira tentativa de implantação do escalonamento de horário foi em 1975, porém nenhum resultado foi apresentado no estudo de Fernandes (1982). Já a segunda tentativa, em 1977, estimou a repercussão de uma nova matriz de horário na variável consumo diário de combustível. Foram pesquisados os corredores de acesso ao centro, inclusive o tráfego de passagem. A hipótese básica para estimar este impacto foi a seguinte: o volume de combustível nos períodos de pico da manhã e da tarde seria considerado semelhante. Essa hipótese contraria os resultados obtidos no Rio de Janeiro, onde ocorreu uma diminuição do consumo de combustível, devido ao achatamento do pico horário. A Tabela 3.7 apresenta o impacto estimado nesse estudo (CET, 1977 *apud* Fernandes, 1982).

Tabela 3.7: Redução estimada do consumo de combustível em São Paulo

Combustível	Redução do Consumo Diário	
	Vias de acesso ao Centro	Município
Gasolina	1,8%	0,2%
Diesel	5,4%	0,4%

Fonte: Modificado CESP – Companhia Energética de São Paulo (1977) *apud* Fernandes (1982)

A CET (Companhia de Engenharia de Trânsito – SP) concluiu que haveria redução do fluxo de veículos nas horas de maior movimento, além de melhoria na fluidez do tráfego em grandes corredores. Já os técnicos da CESP, num estudo de 1980, levantaram a hipótese de efeitos colaterais no comportamento dos setores atingidos. Tais efeitos, deveriam ser levados em conta no momento de se planejar o re-escalonamento dos horários de trabalho. O setor bancário, por exemplo, poderia atrair uma concentração maior de pessoas à medida que o período de atendimento ao público fosse reduzido.

3.3.4.3 Porto Alegre

O escalonamento na capital gaúcha teve por base um relatório de 1977, que apresentava as conclusões dos estudos realizados pelo Grupo Regional de Trabalho – RS (1977) *apud* Fernandes (1982). Estimaram-se reduções no número de viagens nas horas de pico e no consumo de combustíveis. A Tabela 3.8 apresenta a previsão de

redução no fluxo de passageiros de ônibus ao centro da cidade em relação ao fluxo existente à época (DRT – RS, 1977 *apud* Fernandes, 1982).

Tabela 3.8: Estimativa de Atenuação do Pico Através da Redução do Fluxo de Passageiros ao Centro

Fluxo de Passageiros ao Centro	
Horário entre:	Redução
07:30 – 08:30	62%
13:30 – 14:00	68%
18:00 – 19:00	43%

Fonte: Modificado Delegacia Regional de Trabalho (DRT – RS, 1977) *apud* Fernandes (1982)

Foi realizada uma pré-avaliação da redução do consumo de óleo diesel supondo um aumento da velocidade dos ônibus de 20 para 30Km/h, em um percurso médio de 12Km, com base nos trabalhos elaborados pelo METRÔ-RJ e pela Secretaria Municipal de Transportes (SMT/PMPA). Nesse estudo, foi estimada uma economia de 4,3 milhões de litros/ano de combustível do transporte coletivo. Acredita-se que o aumento da velocidade dos ônibus e a economia de combustível seja exagerado, a medida que não se teve acesso aos parâmetros de cálculo adotados, nem ao estudo completo, para avaliação.

Não foi estimada a redução do consumo de gasolina por ter sido considerada temerária qualquer afirmação definitiva nesse sentido, uma vez que o alívio do trânsito poderia favorecer a maior utilização dos automóveis. Isso causaria um aumento do consumo de combustível, em detrimento da economia gerada pelo melhor desempenho do tráfego. Além disso, isso conflitaria com a estimativa de aumento na velocidade dos ônibus, já que com maior número automóveis em circulação, o fluxo de ônibus fora dos corredores seria prejudicado. Cabe ressaltar, que não tivemos acesso aos resultados reais da redução do fluxo de passageiros ao centro da cidade.

3.3.4.4 Recife

O Grupo Regional de Trabalho – PE (1977) *apud* Fernandes (1982) realizou estudo sobre o escalonamento dos horários das atividades comerciais, industriais e outras, no centro do Recife. O estudo comparou três horários alternativos, através de um

processo de simulação de viagens, e mensurou os efeitos que decorreriam de cada um deles.

Em termos absolutos, a alternativa mais eficaz era a que reduzia o período de pico do almoço. Porém, esta alternativa carecia de um estudo mais profundo, visto que poderia alterar sensivelmente padrões sócio-culturais da população, além de provocar acréscimos nas despesas com alimentação da população de baixa renda. A redução estimada nas viagens e no consumo de gasolina no Recife pode ser observada na Tabela 3.9.

Tabela 3.9: Percentual estimado de redução das viagens

Pico da manhã		Pico do meio-dia				Pico da tarde	
07:00 – 08:00		Cidade – Subúrbio		Subúrbio – Cidade		18:00 – 19:00	
Automóveis	Ônibus	Automóveis	Ônibus	Automóveis	Ônibus	Automóveis	Ônibus
31,4%	32,0%	25,4%	15,5%	10,4%	20,0%	21,2%	21,4%

Fonte: Modificado Grupo Regional de Trabalho – PE (1977) *apud* Fernandes (1982)

Foi estimada uma redução de 1,6% no consumo diário de gasolina. Não foi levada em conta a redução do consumo de diesel, pois se supõe que o aumento da velocidade do transporte coletivo, ocasionado pelo achatamento dos picos, geraria um aumento na frequência das viagens, melhorando suas condições de operação e, com isso, tornando as viagens por ônibus mais atraentes para o usuário do transporte individual. Essa hipótese não foi assumida no estudo de Porto Alegre.

3.3.4.5 Curitiba

Segundo o IPPUC – Instituto de Pesquisas e de Planejamento de Curitiba (1980) *apud* Fernandes (1982) o impacto estimado do escalonamento dos horários de trabalho no sistema de transporte coletivo por ônibus, é apresentado na Tabela 3.10 e 3.11, supondo-se que a distribuição da demanda ao longo dia apresenta comportamento conforme demonstra a Figura 3.7. Foi estimado que o aumento da oferta de ônibus em 66.463 lugares poderia absorver os usuários de 44.308 veículos particulares, reduzindo o consumo diário de gasolina em 177.232 l/dia. A economia anual seria da ordem de 64,7 milhões de litros de gasolina.

Em dezembro de 1980, foram avaliados os resultados obtidos após a implantação do programa. Na prática, verificou-se uma melhor distribuição da demanda do transporte coletivo, até então concentrada no período entre 6:00 e 8:00h da manhã, exigindo um super dimensionamento da frota para atender a demanda do pico. A ampliação do período de pico possibilitou um melhor aproveitamento da frota e, conseqüentemente, um aumento da oferta de lugares nos ônibus, melhorando a qualidade do serviço.

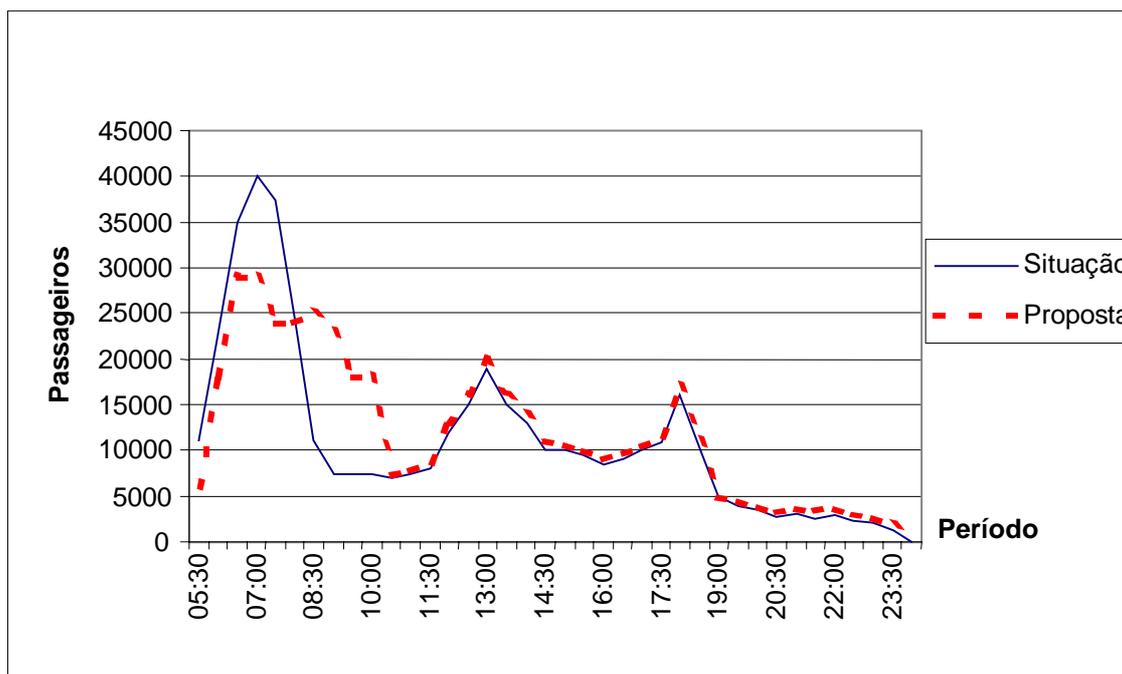


Figura 3.7: Perfil da demanda por transporte coletivo ao longo do dia

Fonte: Modificado IPPUC (1980) *apud* Fernandes (1982)

Tabela 3.10: Desempenho do transporte coletivo para a situação atual e proposta

Horário	Pass. Transp.(B-C)		Qtd. Viagens		NS(Pass./Viag.)		Frota		Km(em 1000km)	
	Sit.vig.	Proposta	Sit.vig.	Proposta	Sit.vig.	Proposta	Sit.vig.	Proposta	Sit.vig.	Proposta
5:30-6:00	10216	6189	299	290	34,2	21,3	288	279	5,80	5,62
6:00-6:30	21958	23993	394	390	55,7	61,5	373	376	7,64	7,56
6:30-7:00	35724	34192	397	390	90,0	87,7	378	376	7,70	7,56
7:00-7:30	41221	17810	390	390	105,7	45,7	378	376	7,57	7,56
7:30-8:00	37850	28206	384	390	98,6	72,3	371	376	7,45	7,56
8:00-8:30	23623	20809	300	390	78,7	53,7	285	376	5,82	7,56
8:30-9:00	11129	29569	265	390	42,0	75,8	268	376	5,14	7,56
9:00-9:30	7604	16684	272	220	28,0	50,6	272	325	5,28	6,40
9:30-10:00	7412	10285	280	330	26,5	69,6	277	325	5,45	6,40
Total	196737	196737	2981	3290	66,0	59,8	752	752	57,83	63,78

Fonte: Modificado IPPUC (1980) *apud* Fernandes (1982) onde NS(Nível de Serviço) e B-C(Bairro-Centro)

Tabela 3.11: Resumo do impacto do desempenho do sistema de transporte coletivo

Indicadores	Situação vigente	Proposta	Diferença
Número de viagens	11086	11704	6%
Nível de serviço no pico	78,80	59,80	32%
Frota (veículos)	752	752	0%
Km (1.000km)	215,05	227,00	6%
Consumo de combustível (1.000 l)	91,67	96,77	6%
Custo por passageiro	7,50	7,60	1%

Fonte: Modificado IPPUC (1980) *apud* Fernandes (1982)

3.4 TÓPICOS CONCLUSIVOS

As alternativas de horários variáveis de trabalho serão mais eficazes, quanto mais indivíduos estiverem envolvidos. A participação do Poder Público na elaboração do plano não é preponderante, já que o setor privado pode desenvolver sua própria medida para aliviar o congestionamento em seus acessos, e além disso aumentar a produtividade de seus colaboradores. Porém, normalmente o Poder Público se envolve nesse tipo de proposta, principalmente quando o programa pretende atingir uma região significativa. Na maior parte dos casos apresentados, os envolvidos por medidas de gerenciamento da demanda eram do serviço público, já que, normalmente, a iniciativa parte do Poder Público.

Os indicadores mais utilizados pelos estudos apresentados, tanto internacional quanto nacionalmente foram o consumo de combustível e o tempo de usuários de ônibus. Entre outras coisas, para demonstrar o benefício ambiental dessa estratégia e melhorar a relação entre os tempos de viagem dos automóveis e dos ônibus. Um programa dessa natureza exige um estudo prévio minucioso que estime seus resultados e a relação custo-benefício. Muitas vezes, uma pequena redução no tempo de viagem pode significar um grande benefício para os envolvidos, em outros casos, pode não ser suficiente.

CAPÍTULO IV

ESTUDO DE CASO: SIMULAÇÃO DO IMPACTO DE UMA PROPOSTA DE ESCALONAMENTO DE HORÁRIO DE AULAS NA PUC-RS

4.1 ESTRUTURA DE APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

A fim de esquematizar o planejamento e a monitoração do estudo de caso, seguiu-se o esquema desenvolvido por Ortúzar e Willumsen (1994) para o planejamento e monitoramento com o auxílio de modelos (Figura 4.1). Esse esquema foi construído conforme as características do estudo de caso da PUC-RS, e apresenta somente as etapas desenvolvidas neste estudo. As etapas não realizadas estão em tracejado.

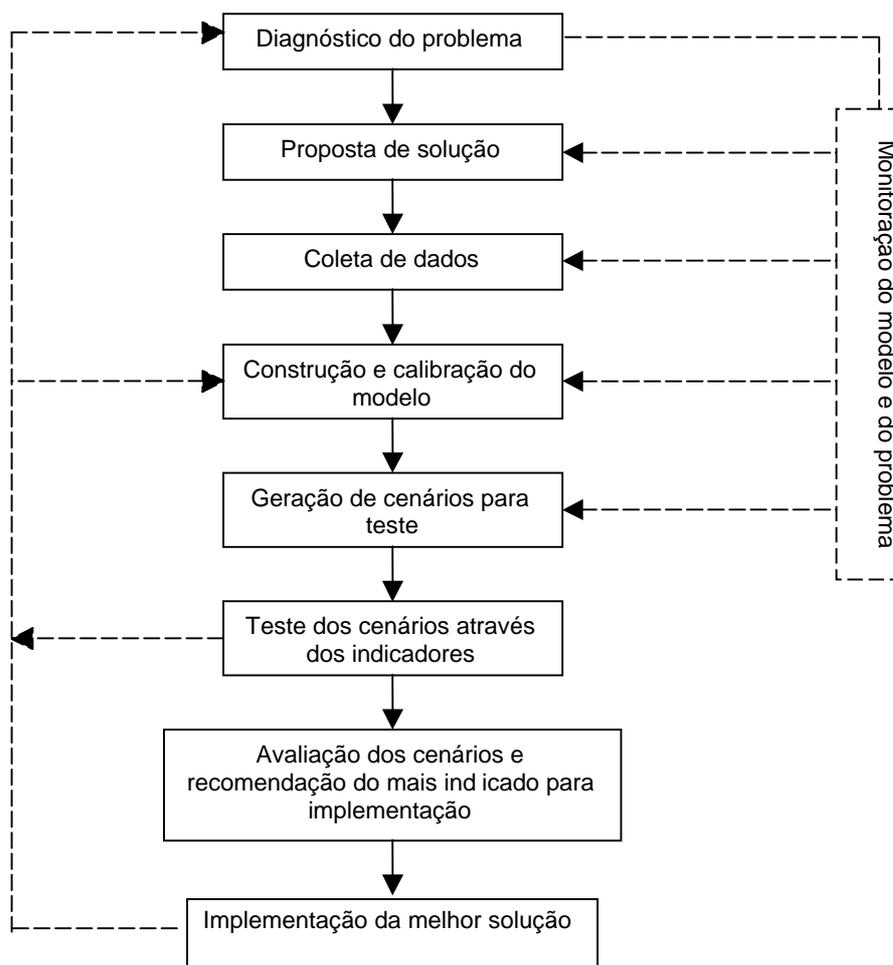


Figura 4.1: Esquema para planejamento e monitoração do estudo de caso

1. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA E DEFINIÇÃO DO MODELO

- Caracterização do problema e definição do modelo
- Apresentação do campus, seu entorno e do problema
- Escolha do software para análise dos cenários.

2. LEVANTAMENTO DE DADOS

2.1. Dados Preliminares

- Quantidade de alunos da PUC-RS por agrupamento de cursos.
- Pesquisa de divisão modal obtida junto a CARRIS S.A.
- Capacidade dos estacionamentos da PUC-RS.

2.2. Dados necessários para a construção do modelo

- Dados geométricos.
- Levantamento dos tempos médios de permanência dos ônibus nas paradas.
- Contagem classificada de veículos.
- Frequência dos ônibus.
- Coordenadas das interseções para codificação da rede.
- Programação semafórica.

2.3. Dados sobre preferência e hábitos dos alunos

- Concepção de um questionário a ser aplicado com os alunos
- Definição da amostra a ser pesquisada.
- Aplicação do questionário.
- Processamento dos dados e expansão da amostra.

2. CONSTRUÇÃO DO MODELO PARA A REPRESENTAÇÃO DO CENÁRIO ATUAL

- Codificação do modelo.
- Calibração do modelo.

3. CRIAÇÃO DOS CENÁRIOS DE TESTE

- Concepção dos cenários.
- Alteração dos registros envolvendo somente a demanda.
- Geração da rede para cada cenário criado.

4. DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS PARA ANÁLISE DOS RESULTADOS

- Definição dos indicadores a serem avaliados.
- Definição das rotas a serem avaliadas.

5. GERAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

6. CONCLUSÕES

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

A Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS) está situada na zona leste de Porto Alegre. Ela está delimitada por duas vias arteriais paralelas, ao norte a Av. Ipiranga e ao sul a Av. Bento Gonçalves. A leste, ela é delimitada pela Av. Cristiano Fischer, uma coletora, e a oeste pela rua Néelson Brochado, uma via local, e a Av. Salvador França. Essas quatro vias, Ipiranga, Bento Gonçalves, Cristiano Fischer e Salvador França, constituem-se nas principais alternativas de acesso para quem destina-se ao campus da PUC-RS. Entretanto, como na época da pesquisa, a Av. Salvador França encontrava-se em parte bloqueada, devido às obras para construção da III Perimetral, o volume principal de veículos vinha das três primeiras avenidas. Apenas o acesso da zona sul da capital flui normalmente pela Av. Salvador França, o acesso norte, era desviado para a Av. Ipiranga ou para a Av. Cristiano Fischer. Além disso, as avenidas Ipiranga e Bento Gonçalves ligam várias regiões da cidade de Porto Alegre com a cidade de Viamão, ao sul da capital. Portanto, são importantes vias de ligação, que apresentam um movimento pendular típico.

Os pedestres acessam o campus tanto pela Av. Bento Gonçalves quanto pela Av. Ipiranga. Sobre esta, existe uma passarela que passa sobre o riacho Ipiranga, permitindo a ligação de quem se aproxima à leste, seja por automóvel, por ônibus ou qualquer outro modal. O campus tem ainda cinco estacionamentos, quatro para alunos e um para professores. Os estacionamentos de alunos são: São Lucas, Descoberto, Coberto e SafePark. A entrada do estacionamento Descoberto ocorre por uma via secundária, Néelson Brochado, e que liga as duas principais arteriais – Ipiranga e Bento

mesma poderia ser efetuada na saída, como todos os outros estacionamentos do campus. O congestionamento nas avenidas Cristiano Fischer, sentido Norte-Sul, e Bento Gonçalves, sentido Leste-Oeste, formava-se também a partir das 19:00, aproximadamente. Na Av. Bento Gonçalves, as filas formavam-se para acessar o estacionamento Descoberto, e se estendiam da rua Marista até a rua Néilson Brochado. A partir disso, foram realizadas contagens (vide capítulos 4.4.2 e 4.4.3), dentro e fora do campus, para identificar o volume de veículos que circulava pela rede viária adjacente a PUC-RS. Essa contagem, permitiu identificar a concentração das viagens dos alunos (Tabela 4.1) e a relação entre o volume de chegadas de veículos de alunos ao campus e o volume de veículos de passagem pelo mesmo (Figura 4.3). Outra informação obtida pelas contagens foi a demanda pelos estacionamentos do campus. Os mais demandados eram, pela ordem, Descoberto, tanto pela entrada da Av. Bento Gonçalves quanto pela da Av. Ipiranga, SafePark, Coberto e São Lucas (Apêndice L). Segundo a Tabela 4.1, o pico de chegadas dos alunos ao campus situa-se entre 18:30 e 18:45. Aproximadamente um terço dos alunos chegavam a PUC-RS no primeiro intervalo, bem antes do horário de início das aulas (19:30). Apesar das chegadas ao campus acontecerem cerca de 45 min. antes do início das aulas, o que não era esperado, existia concentração das chegadas dos alunos ao campus. O pico da demanda de veículos de passagem também ocorria entre 18:30 e 18:45.

Tabela 4.1: Concentração de chegadas dos alunos ao campus

Intervalo	Veículos de Alunos	Distribuição das viagens
18:30-18:45	985	31,6%
18:45-19:00	540	17,3%
19:00-19:15	734	23,5%
19:15-19:30	490	15,7%
19:30-19:45	236	7,6%
19:45-20:00	100	3,2%
20:00-20:15	30	0,9%
20:15-20:30	7	0,2%
Total	3121	100,0%

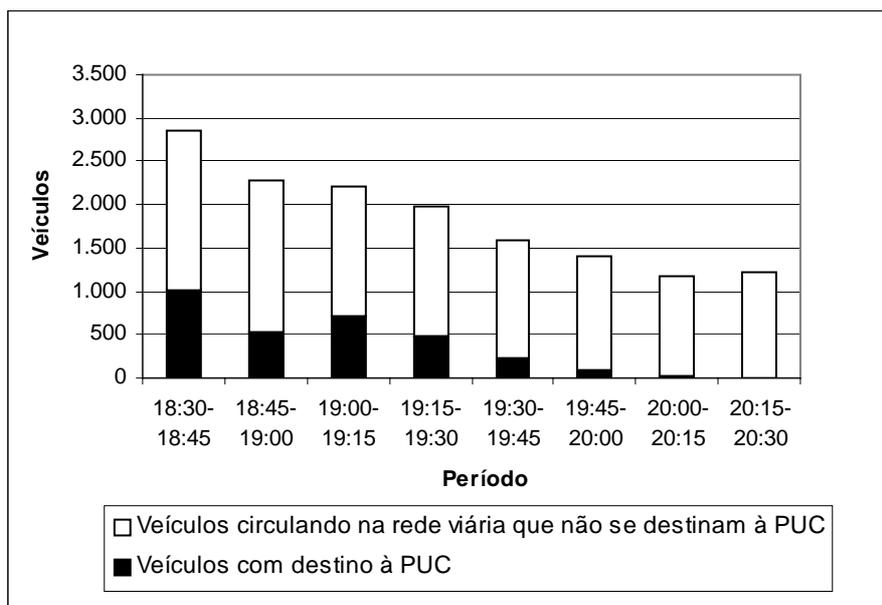


Figura 4.3: Demanda da rede viária da PUC-RS

Apesar do pico da demanda total ocorrer dentro intervalo acima (Figura 4.3), as maiores perturbações na rede ocorriam entre 18:45 e 19:30. Análises mais cuidadosas revelaram que as perturbações ocorriam, principalmente, devido ao fechamento dos estacionamentos Coberto e Descoberto, além da fila formada na entrada do estacionamento SafePark, cujo motivo era o pagamento na entrada, conforme já mencionado. O fechamento ocorria pois ambos estacionamentos lotavam, e muitos alunos aguardavam em fila, esperando por sua re-abertura. Na Tabela 4.2, pode-se ver que a relação entre a demanda e a capacidade do estacionamento Descoberto é maior que um, ou seja, os alunos quando chegam ao mesmo, entre 18:45 e 19:45, o encontram sem vagas. Esse estacionamento só é aberto à medida que os veículos lá estacionados vão saindo. No Coberto, essa relação é menor que um, como ainda sim há formação de fila na entrada, boa parte das vagas lá existente encontram-se ocupadas antes das 18:30. Segundo a Reitoria da PUC-RS, isso ocorre em todos os estacionamentos, pois o turno da tarde para muitos cursos avança até o início do turno da noite; apesar disso, nem todos os alunos deixam imediatamente o campus. Segundo Gomes e Gomes (1980), em estudo realizado na PUC-RJ, os alunos tendem a estacionar seus automóveis o mais próximo das salas de aula. Isso pode afetar a distribuição entre oferta e demanda, causando filas em determinados estacionamentos e uma certa facilidade de estacionamento em outros, à medida que os preços se

equivalem (Tabela 4.2). Os dois estacionamentos mais próximos das salas de aula são, respectivamente, o Coberto e o Descoberto. Portanto, já se esperava que esses estacionamentos fossem os mais demandados. Mesmo porque, não existia diferença de preço entre o Descoberto e os demais estacionamentos, a exceção do Coberto, que cobrava mais por esse tipo de conforto ao usuário.

Tabela 4.2: Estacionamentos para alunos da PUC-RS

Estacionamentos	Descoberto	Coberto	SafePark	São Lucas	Total
Capacidade (C)	1052	540	1800	800	4192
Demanda (D)	1346	296	788	691	3121
Relação(D/C)	1,3	0,55	0,44	0,86	0,74
Preço (R\$)	1,50	2,50	1,50	1,50	

Fonte: Reitoria da PUC-RS

Portanto, escalonando-se o horário de entrada das aulas dos alunos, dilui-se a concentração das chegadas destes aos estacionamentos do campus. Isso, a princípio, traz um benefício aos alunos que chegam mais cedo ao campus. A medida que se aproxima o início das aulas, mais difícil conseguir uma vaga de estacionamento. Além disso, os outros usuários do sistema viário, que não desejam ir ao campus da PUC-RS, também passam a ser beneficiados.

4.3 DEFINIÇÃO DO MODELO

Para analisar o problema, comparando a situação existente da rede viária do entorno da PUC-RS com cenários criados a partir do escalonamento das aulas dos alunos do campus, optou-se pela simulação. O critério utilizado na escolha do modelo foi a utilização de um software já disponível na UFRGS. Esse software deveria representar, em detalhe, a formação de filas nos estacionamentos do campus e gerar indicadores elementares para análise dos dados gerados.

O modelo utilizado foi o TSIS/NETSIM (NETwork SIMulation), que simula microscopicamente uma rede viária urbana. Esse modelo faz parte de um pacote computacional denominado TSIS (Traffic Software Integrated System). A seguir, apresentam-se algumas características do modelo utilizado na simulação do problema.

4.3.1 Características do NETSIM

O modelo de animação que compõe o pacote TSIS, versão 4.3, é o TRAFVU. A característica básica do NETSIM é a simulação das condições de tráfego em uma rede ao longo de um determinado período de tempo.

O período modelado pode ser dividido em até 19 intervalos de tempo, com condições que se alteram durante cada intervalo. Os dados de entrada consistem numa seqüência de blocos de registros de dados, cada bloco definindo as condições que se aplicam a um determinado período de tempo.

O modelo trata cada entrada de dados através de registros, divididos entre blocos cujos dados de entrada aplicam-se à demanda e à oferta. Os dados necessários para rodar a simulação do estudo em questão foram:

4.3.1.1 Oferta

- Descrição dos arcos ou Geometria das vias.

Esse registro exige algumas informações: nó a montante e a jusante, comprimento do arco formado por esses dois nós, número de faixas, declividade, tipo de canalização da faixa (somente ônibus, conversão à esquerda, em frente ...), conversão dos nós de jusante (em frente, em diagonal, a esquerda ou a direita), tempo de arrancada e velocidade em fluxo livre.

- Coordenadas dos nós.

Esse registro exige a posição geográfica dos nós, em coordenadas X e Y. Com isso, será possível representar a rede viária na sua forma real.

- Paradas de ônibus.

Esse registro identifica a posição da parada, a capacidade e o tipo de parada (com ou sem proteção).

- Definição da rota dos ônibus.

Esse registro define a rota das linhas de ônibus existentes na rede.

4.3.1.2 Demanda

- Intervalos de tempo do período da simulação.

A rede viária do estudo tem um período de simulação de duas horas, composto de oito intervalos de simulação, cada um com 15 minutos de duração.

- Movimentos de conversão.

Esse registro especifica o percentual ou a quantidade de veículos que convertem a esquerda, a direita, em diagonal ou em frente. Esse registro representa a variação da demanda ao longo do tempo.

- Tempos semafóricos.

Esse registro especifica a duração dos tempos semafóricos de cada interseção em cada intervalo de tempo. Esse registro foi utilizado também para representar a entrada e saída dos estacionamentos, causada pelo pagamento e/ou retirada do tíquete de estacionamento.

- Códigos dos semáforos.

Esse registro identifica a sinalização de cada interseção, seja ela semaforizada ou não. Por exemplo, sinais de trânsito (PARE, DÊ A PREFERÊNCIA...) e fases semafóricas (verde, vermelho e amarelo).

- Volumes dos arcos de entrada.

Esse registro descreve o volume, em veículos por hora, que entram na rede. Assim como o registro 21, descreve a variação da demanda ao longo do tempo.

- Eventos de longa duração.

Esse registro opcional, simula a existência de um evento, tal como um veículo quebrado, que bloqueia a via durante um determinado intervalo de tempo. Ele foi utilizado neste trabalho para simular a formação de fila na entrada dos estacionamentos Coberto e Descoberto.

- Tempo médio de permanência dos ônibus nas paradas.

Estabelece o tempo médio que cada ônibus permanece na parada para entrada e saída de passageiros, e o percentual de ônibus que não param nas paradas por falta dos mesmos.

- Frequência dos ônibus.

Estabelece a frequência entre ônibus, para cada rota e linha especificada. Ou seja, determina a quantidade de ônibus que utiliza a rede no período estudado.

4.3.2 Definição do intervalo de análise

Foi adotado um período de análise do estudo de duas horas ou 3600s, entre 18:30 e 20:30, por dois motivos: primeiro, esse período foi identificado como sendo o de maior fluxo, tanto do tráfego de passagem quanto do tráfego de alunos; segundo, o período compreendeu qualquer cenário exequível de escalonamento de aula, entre 19:00 e 20:00. Isso permitiu uma análise dos efeitos do escalonamento meia hora antes e meia hora depois. Se, por exemplo, um dos cenários criados escalonasse para as 19:00 a entrada dos alunos, se conseguiria analisar a chegada dos mesmos a partir das 18:30. O mesmo ocorreria num cenário que escalonasse a entrada dos alunos para as 20:00. Nesse caso, se conseguiria analisar o que aconteceria na rede após esse horário. Além disso, esse período de simulação foi dividido em oito intervalos de 15 minutos para facilitar a análise de cenários de escalonamento com essa duração, simplificando a acumulação dos resultados gerados pelo modelo.

Wong (1991) constatou, em estudo para determinar a capacidade e o nível de serviço de uma rede pequena, que a variação da capacidade e do indicador de atraso com o veículo parado, para um mesmo número aleatório (*seed*) é maior quando o tempo de simulação é curto. Para ele, os números aleatórios se estabilizam a partir de 3600s de tempo de simulação. Segundo o autor, uma das razões para a grande variação da capacidade ou do tempo de atraso parado num período de simulação curto é que o modelo começa a acumular estatísticas logo depois de inicializado. A inicialização seria o preenchimento da rede com veículos, já que quando o programa é rodado, a rede está vazia. Se o tempo estimado para carregar a rede (*fill time*) for insuficiente, as estatísticas geradas pelo modelo serão inconsistentes, pois alguns veículos podem não

tê-la atravessado ainda. O mesmo pode acontecer ao final da simulação. Quando o tempo de simulação é curto, o impacto dessa situação limite torna-se maior.

Existe uma variabilidade nos resultados do modelo quando o mesmo compara cenários diferentes utilizando um mesmo número aleatório (*seed*) como base para todas as decisões estocásticas, incluindo a determinação das características de condutores e veículos (Rathi e Santiago, 1990). Com a presença de variabilidade nos resultados da simulação e com o fato de que o usuário perde o controle sobre a corrente de tráfego e sua performance comportamental, operacional e eficiência estatística, o modelo foi modificado para responder a essa questão (Torres *et al.*, 1983 *apud* Rathi e Santiago, 1990). Através dessa mudança, o usuário pode simular redes viárias exibindo o mesmo padrão de rotas, a mesma característica de condutores e veículos, e certas características operacionais ao longo de todo período simulado. A partir disso, a utilização de um mesmo número aleatório de entrada garante confiabilidade aos resultados gerados pela simulação, principalmente quando se deseja comparar cenários alternativos ou medidas operacionais (Rathi e Santiago, 1990). No presente estudo, os números aleatórios de entrada não foram variados na comparação do cenário de referência com os demais cenários criados.

4.3.3 Definição da extensão da rede modelada.

O primeiro passo para construção do modelo foi determinar a rede a ser modelada. A rede modelada é composta de arcos e nós, que representam, respectivamente, vias e interseções (Figura 4.4). Alguns critérios foram utilizados para determinar a extensão da rede modelada:

1. As vias selecionadas deveriam passar pelas entradas dos estacionamentos do campus, por isso escolheram-se as avenidas Ipiranga e Bento Gonçalves;
2. As vias deveriam representar os trechos finais utilizados pelos alunos para chegarem aos estacionamentos – com isso, determinou-se que o trecho da Av. Ipiranga sentido Leste-Oeste se estenderia no mínimo até a interseção com a Av. Salvador França (incluindo esta), e o trecho da Av. Bento Gonçalves sentido Leste-Oeste se estenderia até um trecho após a rua Néelson Brochado,

onde se localiza a entrada do estacionamento Descoberto. Escolheu-se também a Av. Cristiano Fischer que se constitui numa das principais rotas para quem vem da zona norte da capital ao campus;

3. Não poderia abranger uma área muito extensa, devido à capacidade do modelo;
4. Não poderia despende muito tempo para o levantamento dos dados, devido as modificações provocadas pelas obras da III Perimetral.

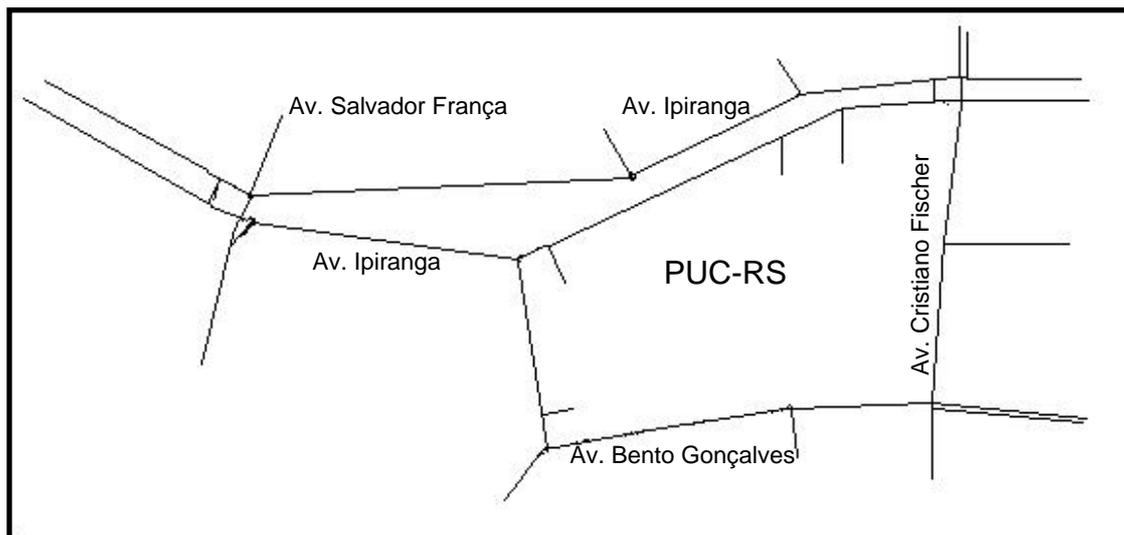


Figura 4.4: Rede Modelada

4.4 LEVANTAMENTO DE DADOS

4.4.1 Dados preliminares

Esse capítulo procura descrever o levantamento dos dados básicos para começar o estudo, que não necessitaram de pesquisas de campo: quantidade de alunos por agrupamento de cursos, divisão modal e capacidade dos estacionamentos.

4.4.1.1 Quantidade de alunos por agrupamento de cursos

Como foi dito na Apresentação desse estudo de caso, a PUC-RS tem 26.000 alunos estudando em três turnos. O turno da noite tem em média 10.036 alunos. A Universidade tem ainda 23 cursos de graduação e 10 cursos de pós-graduação. Para possibilitar a criação dos cenários, agruparam-se os cursos em cinco grandes grupos: FACE, Direito, Engenharias, Comunicação Social e Demais. O primeiro, envolve os

alunos dos cursos das Faculdades de Administração, Análise de Sistemas, Economia e Ciências Contábeis, o segundo, da Faculdade de Direito, o terceiro das Faculdades de Engenharia (Civil, Mecatrônica, Química, Elétrica, Eletrônica e Aeronáutica), o quarto das Faculdades de Comunicação Social (Jornalismo, Publicidade/Propaganda, Relações Públicas). O último grupo seria formado por todas as demais Faculdades da PUC-RS, tais como, Medicina, Odontologia, Arquitetura, Ciências da Computação etc. Os cursos foram agrupados dessa forma por sugestão da Reitoria, segundo critério de afinidade entre disciplinas comuns. Abaixo, apresenta-se a quantidade média de alunos de cada grupo por período, iniciando as aulas às 19:30 (Tabela 4.3).

Tabela 4.3: Quantidade média de alunos por Grupo entrando as 19:30

Período	Grupos					Total
	FACE	Direito	Engenharias	C. Social	Demais	
segunda-feira	3343	2221	1406	774	1729	9473
terça-feira	3630	2188	1959	763	2509	11049
quarta-feira	3524	2248	2037	728	1879	10416
quinta-feira	3465	2185	1859	738	2291	10538
sexta-feira	3095	2110	1349	722	1428	8704
Média	3411	2190	1722	745	1967	10036

Observa-se, na tabela acima que os cursos com maior quantidade de alunos são, respectivamente, FACE, Direito, Demais, Engenharias e Comunicação Social. O dia de maior movimento é a terça-feira, com mais de 11.000 alunos estudando no turno noturno.

4.4.1.2 Pesquisa de divisão modal

Essa pesquisa foi realizada pela empresa de Transportes Coletivos CARRIS S.A, que entrevistou 601 alunos no ano 2000, obtendo os seguintes resultados (Tabela 4.4).

Tabela 4.4: Divisão modal das viagens a PUC-RS

Modais	Participação (%)
Dirigindo automóvel	31,10
De carona	1,70
Lotação	0,50
Ônibus	64,62
Integração ônibus/trem	0,03
A pé e de bicicleta	2,05

Fonte: CARRIS S.A

Conforme essa pesquisa, o percentual de alunos dirigindo automóvel que se dirigem a PUC-RS é de 31,1%. Esse valor foi utilizado para o cálculo do fator de expansão das viagens dos alunos.

4.4.1.3 Capacidade dos estacionamentos do campus

A capacidade dos estacionamentos do campus foi obtida junto ao Departamento de Estacionamentos da própria Reitoria (Vide Tabela 4.2). Apesar de ter sido o mais demandado, o estacionamento Descoberto não tem a maior capacidade entre os estacionamentos do campus. O preço de todos os estacionamentos, a exceção do Coberto, era o mesmo. O preço e a proximidade às salas de aula, explica porque as vagas do estacionamento Descoberto logo se esgotavam. Conforme pesquisa de campo, realizada nos estacionamentos SafePark e São Lucas, verificou-se que as vagas do primeiro só esgotavam na terça-feira, enquanto que no São Lucas, isso não ocorria em nenhum dia da semana.

4.4.2 Dados necessários para a construção do modelo

Esse capítulo descreve os levantamentos de dados para construção do modelo, obtidos de duas formas: em campo e em banco de dados. Os levantamentos de campos foram realizados em três períodos distintos. Os dados pesquisados foram:

- Geométricos: número de faixas, distâncias entre paradas de ônibus, posições dessas paradas em relação à interseção, largura das faixas e localização dos estacionamentos;
- Tempos médios de permanência dos ônibus nas paradas (*dwell time*);
- Contagem classificada de veículos para determinar a matriz de viagens dos automóveis que passam pela PUC-RS, mas não se destinam a ela.

A pesquisa para levantamento dos tempos médios de permanência dos ônibus nas paradas foi realizada no início de junho de 2000, antes de terminar o primeiro semestre de aulas. Esse detalhe é importante, pois assim foi considerado um período normal de pesquisa, ou seja, durante as aulas. O intervalo pesquisado foi o mesmo da simulação, ou seja, duas horas, entre 18:30h e 20:30h. Os dados foram coletados nas duas principais paradas da PUC-RS, na Av.Ipiranga, em ambos os sentidos (Centro-

Bairro e Bairro-Centro). Esse era um dado de entrada obrigatório para o modelo. Os tempos médios de permanência dos ônibus nas principais paradas da PUC-RS estão apresentados no Apêndice B.

A demanda de viagens na rede viária do estudo foi definida através de duas matrizes: a matriz de viagens de veículos que não se destinavam a PUC-RS, denominada de veículos de passagem, e a matriz de viagens de veículos que se destinavam ao campus, denominada de veículos de alunos, e que será explicada no capítulo seguinte. A contagem classificada de veículos, para a elaboração da matriz dos veículos de passagem, foi realizada em julho de 2000 por corresponder ao período de férias dos alunos. Para construir essa matriz, interessava identificar apenas os veículos que circulavam pela rede modelada, e que não se destinavam ao campus. Por isso, escolheu-se o período sem aula, assumindo que no período letivo, esse fluxo seria o mesmo. A pesquisa considerou a contagem a cada 15 minutos, pois esse foi o intervalo principal de escalonamento e foi realizada nos principais cruzamentos da malha viária adjacente ao campus durante o período de análise do estudo (18:30-20:30) numa terça-feira. A classificação considerou automóveis, ônibus, caminhões e motos. Como a quantidade de motos e caminhões foi insignificante, desconsideraram-se esses dois tipos de veículos na construção da matriz de veículos de passagem.

Os dados geométricos não coletados em campo foram obtidos a partir de um banco de dados geo-referenciados do sistema viário de Porto Alegre, construído a partir do software MAPTITUDE (Caliper, 1995). O modelo exigiu ainda o levantamento da frequência dos ônibus, das coordenadas das interseções da rede modelada e da programação semaforica.

A frequência dos ônibus foi obtida através de pesquisa na internet. Como na região de estudo circulam em sua maioria ônibus da empresa CARRIS, as frequências utilizadas no estudo foram dessa empresa, e foram obtidas através do “site”: (<http://www.carris.com.br>). Não foram consideradas as viagens de outras companhias de ônibus, devido a falta de informação das suas frequências. Foram consideradas as lotações, a partir da análise dos tempos de permanência das mesmas nas paradas.

A programação semafórica foi obtida a partir do banco de dados da EPTC que gerencia o transporte urbano e a circulação da cidade de Porto Alegre.

4.4.3 Aplicação de questionário-pesquisa com os alunos da PUC-RS

Essa pesquisa de campo foi realizada no início de novembro de 2000, nos quatro estacionamentos para alunos do campus. Ela teve os seguintes objetivos:

- Obter a matriz de viagens dos veículos de alunos;
- Subsidiar a criação de alguns cenários para teste, e
- Verificar a aceitação dos alunos ao escalonamento de horários.

O tamanho mínimo da amostra foi definido como sendo 153 entrevistas, correspondendo a um nível de significância de 95% e um erro amostral de 0,5%, considerando-se os três dias típicos de pesquisa. Na prática, porém, foram realizadas 751 entrevistas para se obter um número significativo de entrevistas ao longo de todo o período de análise (18:30-20:30), durante três dias típicos (terça-feira, quarta-feira e quinta-feira). Dessa forma, o erro da amostra baixou de 0,05% para 0,0225%. Cabe ressaltar, que a média de alunos que utilizavam automóvel diariamente (nos dias típicos de pesquisa) foi de 3.121, com desvio padrão de 104 veículos. Dessa forma, foram entrevistados cerca de 24% do total de alunos que utilizavam os quatro estacionamentos do campus. Foram descartadas ainda, as entrevistas cujas repostas eram incoerentes, como por exemplo, quando um aluno respondia que estacionava num determinado estacionamento, mas aproximava-se por um caminho ilógico.

O questionário deveria ser objetivo, de fácil entendimento, rápido para ser respondido, atendendo aos objetivos da pesquisa (Apêndice C). O questionário procurou obter os seguintes dados:

- Quantidade de alunos por Grupo (FACE, Direito, Engenharias, Comunicação Social e Demais);
- A Origem – considerada como sendo o ponto de aproximação dos alunos ao campus;
- O Destino – considerado como sendo o estacionamento no qual cada aluno entrevistado costumava estacionar;

- Intervalo de chegada dos alunos – oito intervalos de 15min. cada, a partir das 18:30 até as 20:30, e dois outros, antes das 18:30 e depois das 20:30, considerado como sendo o horário usual de chegada do aluno ao campus;
- Horário escolhido pelos alunos para iniciarem suas aulas – intervalos de entrada escolhidos entre uma série de alternativas, inclusive o horário atual, segundo as possibilidades de cada aluno.

As entrevistas foram processadas no software de estatística SPSS (Nie, 1975), que cruzou os alunos por grupo com as demais variáveis (intervalo de chegada usual, estacionamento usual, e aproximação). Dessa forma, construiu-se a matriz de viagens dos alunos, antes da expansão dos resultados, através do fator de expansão para cada grupo.

Para expandir o resultado das entrevistas (Apêndice C), calculou-se o fator de expansão de cada grupo de cursos (Bruton, 1979). O fator de expansão auxiliou na construção da matriz de viagens final dos alunos, que somada depois à matriz de viagens dos veículos de passagem gerou a matriz final de veículos da rede modelada.

O fator de expansão foi determinado segundo o método abaixo:

1. Multiplicou-se a população média de alunos de cada grupo pelo fator de alunos que vão de automóvel ao campus (31,1%) (Tabela 4.5);
2. Com isso, obteve-se o total de alunos por grupo que vão de automóvel (Alunos de automóvel (b) – Tabela 4.5);
3. Em seguida, dividiu-se a quantidade de alunos que vão de automóvel pelo total de alunos entrevistados de cada grupo (c), obtendo-se o Fator de Expansão da pesquisa (Tabela 4.5).

Tabela 4.5: Obtenção do Fator de Expansão da Amostra

Grupos	FACE	Direito	Engenharias	C.Social	Demais	Total
População Média(a)	3.411	2.190	1.722	745	1.967	10.036
Alunos de automóvel(b)	1.061	681	536	232	612	3.121
Alunos Entrevistados (c)	243	173	107	81	147	751
Fator de Expansão (b/c)	4,37	3,94	5,01	2,86	4,16	4,16

Já que dificilmente se teria um dia em que todos os alunos viriam à Universidade, foi utilizada a quantidade média de alunos por grupo para cálculo do fator de expansão (Vide Tabela 4.3). O processo de construção da matriz de alunos foi o seguinte: primeiro, construiu-se a matriz de viagens, conforme as entrevistas realizadas; através do fator de expansão de cada grupo, gerou-se a matriz de viagens expandida, base para criação da matriz expandida final de viagens (Tabela 4.6). Essa última matriz, exportou seus dados para a construção da matriz de alunos.

Através da matriz de alunos e da matriz de viagem dos automóveis que não se destinam à PUC-RS, construiu-se a matriz de viagens final de veículos da rede viária do estudo em questão. A Figura 5.1 abaixo apresenta os pontos de origens de viagens dos alunos ao campus da PUC-RS.

Tabela 4.6: Matriz de veículos de alunos expandidos entre 18:30-18:45

Origem	Destino/Estacionamentos					Total
	Coberto	Desc.Bento	Desc.Ipiranga	SafePark	São Lucas	
1	28	0	366	89	12	496
2	0	0	4	7	58	69
3	7	0	20	4	0	31
4	0	74	0	0	0	74
5	0	54	0	0	0	54
6	0	0	0	0	15	15
7	17	0	69	4	0	90
8	0	36	0	0	4	40
9	5	62	0	0	0	67
10	9	0	0	0	0	9
Total	66	225	459	105	89	

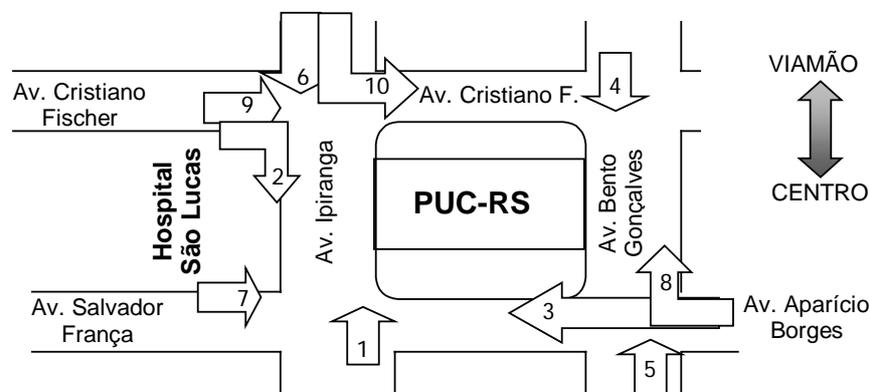


Figura 5.1: Localização das origens de viagens dos alunos ao campus

CAPÍTULO V

CONSTRUÇÃO DO MODELO PARA REPRESENTAÇÃO DO CENÁRIO DE REFERÊNCIA

5.1 CODIFICAÇÃO E CALIBRAÇÃO DO MODELO

Definida a rede a ser modelada e investigado quais dados teriam que ser obtidos em campo, iniciou-se a codificação do modelo. A codificação foi executada na seqüência a seguir:

1. Coordenadas das interseções;
2. Geometria das vias;
3. Tempos semafóricos;
4. Dados sobre os ônibus;
5. Volume de tráfego entrando na rede;
6. Volume de tráfego que determinou a matriz de viagens na rede;
7. Representação da entrada nos estacionamentos através do bloqueio temporário das faixas de tráfego.

Os registros que trataram da demanda dos veículos, exceto ônibus, e os registros que trataram da demanda dos ônibus variavam ao longo das duas horas de simulação. Portanto, esses registros foram apresentados em cada um dos oito períodos de quinze minutos cada, mesmo que seus valores não diferissem.

A construção do cenário atual serviu de base para a construção dos demais cenários, pois apenas os registros da demanda dos automóveis foram alterados. Os demais registros permaneceram inalterados, já que o escalonamento de horário visa uma alteração da demanda e não da oferta.

Já a calibração foi desenvolvida para se ajustarem alguns dados de entrada que não representavam a realidade percebida “in loco”. Ajustes foram sendo feitos à medida que o cenário atual (definido como sendo o cenário que caracterizava as condições

operacionais na época da coleta de dados), era rodado. O principal ajuste foi feito no registro que buscava simular a formação de filas nas entradas dos estacionamentos, conforme já mencionado no Capítulo 4.2 e 4.3.1.2.

A formação de filas nos estacionamentos devido à falta de vagas e ao pagamento ou a retirada dos tíquetes na entrada, foi representada através de artifícios do modelo de simulação. O tempo de espera devido ao pagamento ou retirada dos tíquetes na entrada dos estacionamentos foi representado através de um semáforo. O tempo de vermelho utilizado foi obtido em pesquisa de campo, que computou o tempo que os veículos levavam para pagar e/ou retirar os tíquetes na entrada dos estacionamentos. Como o semáforo alternava o tempo de verde com o de vermelho, esse artifício permitiu que alguns veículos, conforme a sua taxa de chegada ao estacionamento, passassem sem parar, deixando de representar o tempo gasto no pagamento e/ou retirada dos tíquetes. Já o tempo de espera devido à falta de vagas nos estacionamentos, foi representado através do bloqueio das faixas de acesso aos estacionamentos (Descoberto e Coberto). O tempo de permanência dos veículos em fila, até que o estacionamento abrisse, foi medido em campo. Portanto, levantaram-se dois dados: tempo que os veículos levavam para entrar nos estacionamentos e tempo de espera dos veículos parados nas filas de entrada dos estacionamentos Descoberto e Coberto.

Além disso, o modelo de simulação animado provou ser muito útil. A cada rodada, pode-se comparar, visualmente, o que acontece na rede viária com o que ocorre na realidade, ajustando-se os dados de entrada, até atingir-se uma representação mais próxima da realidade.

5.2 CRIAÇÃO DOS CENÁRIOS DE TESTE

Depois da construção do cenário atual, que modelou a situação real existente à época (Novembro de 2000), partiu-se para a construção dos cenários que simulariam o escalonamento de horário de aula dos alunos da PUC-RS. Para isso, foram considerados dois princípios: cenários com horários de escolha dos alunos e cenários que procurassem minimizar o impacto no sistema viário devido ao início das aulas.

Os cenários criados afetariam apenas a demanda dos alunos que utilizam automóveis. A matriz dos automóveis que utilizavam as arteriais como passagem permaneceu constante, enquanto se alterou a matriz de viagens dos automóveis de alunos. A Tabela 5.1 apresenta a demanda do cenário de referência de cada grupo de alunos e dos veículos de passagem, por intervalo de tempo, assim como a soma dessas duas demandas. Conforme um grupo tivesse seu horário de início de aula escalonado, haveria uma migração da demanda desse grupo para um novo intervalo de chegada. Por exemplo, se todos os grupos que chegassem ao campus entre 18:30-18:45 passassem a chegar entre 18:45-19:00, somar-se-iam aos demais alunos que chegam nesse último intervalo.

Tabela 5.1: Demanda de cada grupo ao longo do período de análise (cenário de referência)

Intervalo	C.Social	Demais	Direito	Engenharias	FACE	Veículos alunos	Veículos passagem	Total
18:30-18:45	38	352	126	283	210	1008	1857	2865
18:45-19:00	22	119	118	105	173	537	1751	2288
19:00-19:15	56	101	170	89	297	713	1495	2208
19:15-19:30	48	40	118	78	194	478	1493	1971
19:30-19:45	30	18	70	22	91	230	1360	1590
19:45-20:00	13	13	22	11	37	97	1305	1402
20:00-20:15	8	4	11	6	0	29	1134	1163
20:15-20:30	3	0	4	0	0	6	1208	1214
Total	218	646	640	594	1002	3100	11603	14703

Os cenários construídos segundo o princípio de escolha dos alunos, levaram em conta os horários de início das aulas segundo as possibilidades dos alunos, e tiveram por base a pesquisa realizada com os mesmos (Tabela 5.2).

Tabela 5.2: Horários preferidos dos alunos

Intervalo de escolha	Total de alunos	Percentual (%)
19:00 – 22:15	156	21
19:15 – 22:30	109	15
19:30 – 22:45	370	49
19:45 – 23:00	68	9
20:00 – 23:15	48	6
Total	751	100

Para a construção dos cenários que visavam a redução dos impactos no sistema viário, foi considerado o gráfico da demanda atual da rede viária (vide Figura 4.3). Como o período de pico situava-se entre 18:30 e 19:30 se supôs que cenários que antecipassem o início das aulas prejudicariam ainda mais o sistema viário de entorno do campus, pois um fluxo maior de alunos se somaria ao fluxo de automóveis de passagem, acentuando o pico. Dessa forma, constatou-se que o início mais indicado das aulas seria entre 19:45 e 20:00. Segundo a Reitoria da Universidade, o início das aulas as 20:00 com final as 23:15, seria menos aceito pelos alunos, professores e funcionários, já que resulta numa saída muito tardia do campus. Mesmo assim, esse cenário foi testado. Esse cenário foi denominado de drástico, pois dificilmente seria implementado.

5.2.1 Cenário 1: drástico

Esse cenário alterou o início das aulas das 19:30 para as 20:00. Ele se justifica por se acreditar que, quanto mais tarde iniciarem as aulas mais se estaria fugindo do período de pico do fluxo de passagem. Conforme a Tabela 5.3 abaixo, os horários de chegada dos alunos com esse cenário seriam alterados para:

Tabela 5.3: Escalonamento do cenário 1

Intervalo de chegada dos alunos	
Atual	Novo Horário de Entrada
18:30 – 18:45	19:00 – 19:15
18:45 – 19:00	19:15 – 19:30
19:00 – 19:15	19:30 – 19:45
19:15 – 19:30	19:45 – 20:00
19:30 – 19:45	19:45 – 20:00
19:45 – 20:00	19:45 – 20:00
20:00 – 20:15	20:00 – 20:15
20:15 – 20:30	20:15 – 20:30

Até o intervalo entre 19:15-19:30, os alunos passariam a chegar meia hora mais tarde que o habitual. Entre 19:30-19:45, passariam a chegar 15 minutos mais tarde. A partir disso, continuariam chegando dentro do intervalo de costume. Assume-se que isso ocorreria porque:

- Até as 19:30 os alunos ainda teriam trinta minutos para iniciarem as aulas, portanto teriam folga suficiente para postergarem suas chegadas;

- Entre 19:30 e 19:45, essa folga diminuiria para 15 minutos, e portanto, esse seria o tempo em que eles postergariam suas chegadas;
- Para os intervalos seguintes, essa folga não mais existiria, e os alunos continuariam chegando no mesmo horário, porém com um tempo de atraso menor do que o cenário atual.

A demanda desse cenário para os primeiros dois intervalos de análise tem um decréscimo, passando a subir novamente após as 19:00 até as 20:00. Isso, a princípio, alivia o sistema viário durante a primeira meia hora, mas não resolve o problema entre as 19:00 e as 19:30 (Figura 5.2).

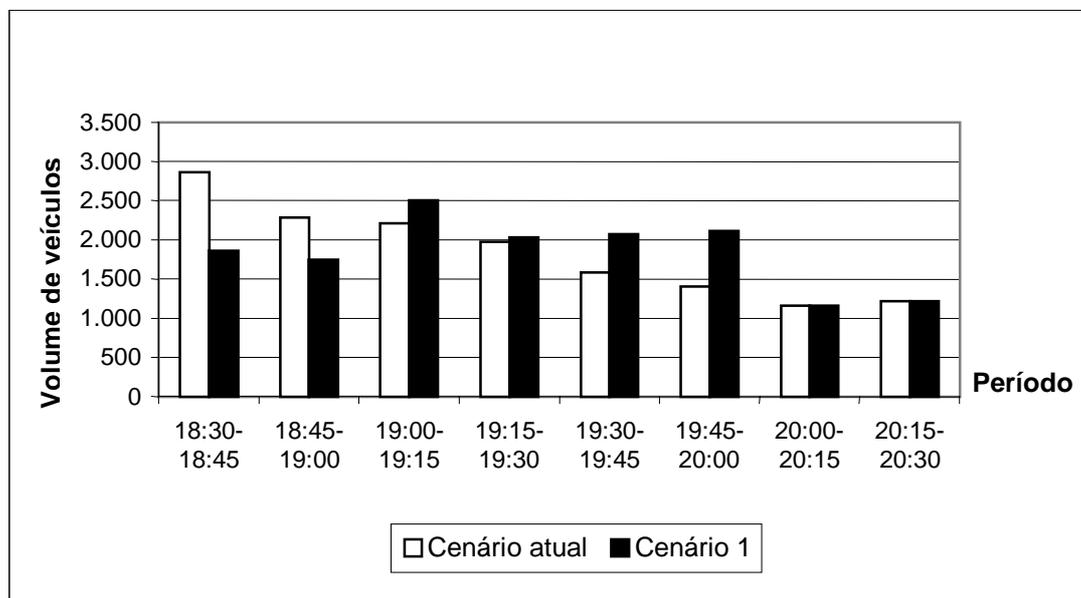


Figura 5.2: Comparação entre a demanda do cenário de referência e do drástico

5.2.2 Cenário 2: Escolha dos alunos

Esse cenário teve por base a escolha feita pelos alunos no questionário-pesquisa realizado em novembro de 2000. O questionário aplicado constatou que 49% dos alunos preferiram continuar com o horário atual, entretanto, 51% deles gostariam que o início das aulas fosse alterado.

Utilizando o SPSS (NIE, 1975), cruzaram-se os dados dos horários preferidos pelos grupos (Tabela 5.4). Com base nela, levantou-se o horário que representava a segunda preferência dos alunos de cada grupo de cursos da PUC-RS. O critério para criar cada cenário foi a alteração do horário de cada grupo por vez. Com isso, foram criados cinco cenários do tipo 2: cenário 2.1, cenário 2.2, cenário 2.3, cenário 2.4 e cenário 2.5.

Tabela 5.4: Períodos de aula escolhidos pelos alunos da PUC-RS

Cursos	Horários Escalonados				
	19:00-22:15	19:15-22:30	19:30-22:45	19:45-23:00	20:00-23:15
Comunicação Social	11%	12%	42%	22%	12%
Demais	22%	17%	53%	3%	5%
Direito	19%	15%	48%	11%	7%
Engenharias	29%	8%	49%	8%	6%
FACE	21%	16%	51%	7%	5%

A partir dos resultados acima, os cenários criados para cada um dos cinco grupos e os novos horários de entrada, definidos para os grupos de alunos que sofrerão alteração em cada cenário, são apresentados na Tabela 5.5.

Tabela 5.5: Cenários 2 criados

Intervalo de chegada dos alunos – cenários 2.2 ao 2.5	
Atual	Novo horário de Entrada
18:30 – 18:45	18:30 – 18:45
18:45 – 19:00	18:30 – 18:45
19:00 – 19:15	18:45 – 19:00
19:15 – 19:30	19:00 – 19:15
19:30 – 19:45	19:15 – 19:30
19:45 – 20:00	19:30 – 19:45
20:00 – 20:15	19:45 – 20:00
20:15 – 20:30	20:00 – 20:15

Com base na Tabela 5.5, nota-se que todos os grupos, exceto Comunicação Social, preferiram como segundo horário 19:00-22:15. A maioria dos grupos prefere o início das aulas mais cedo, acarretando maiores problemas à rede. Entretanto, uma antecipação em meia hora do início das aulas, não significaria que os alunos desses grupos fossem chegar ao campus meia hora mais cedo que habitualmente. Essa relação não deve ser proporcional. A demanda, para os cenários 2.2 a 2.5 deveria ser antecipada em 15 minutos para quem chegasse ao campus entre 18:45 e 20:30.

Aqueles que chegassem entre 18:30-18:45, continuariam chegando dentro desse intervalo (Tabela 5.6).

Tabela 5.6: Intervalo de chegada dos alunos com os cenários 2.2 ao 2.5

Cenários	Grupo com horário alterado	Novo Horário de Entrada
Cenário 2.1	C.SOCIAL	19:45-23:00
Cenário 2.2	DEMAIS	19:00-22:15
Cenário 2.3	DIREITO	19:00-22:15
Cenário 2.4	ENGE	19:00-22:15
Cenário 2.5	FACE	19:00-22:15

Os alunos de Comunicação Social, que chegavam entre 18:30 e 19:30, postergariam suas chegadas em 15 minutos. Isso seria possível, pois eles tiveram seu horário de entrada postergado em 15 minutos. Já os que chegavam entre 19:30h e 20:30h continuariam chegando dentro do mesmo intervalo, pois como chegavam atrasados antes, não estariam mais tão atrasados (Tabela 5.7).

Tabela 5.7: Intervalo de chegada do cenário 2.1

Intervalo de chegada dos alunos no cenário 2.1	
Atual	Novo horário de Entrada
18:30 – 18:45	18:45 – 19:00
18:45 – 19:00	19:00 – 19:15
19:00 – 19:15	19:15 – 19:30
19:15 – 19:30	19:30 – 19:45
19:30 – 19:45	19:30 – 19:45
19:45 – 20:00	19:45 – 20:00
20:00 – 20:15	20:00 – 20:15
20:15 – 20:30	20:15 – 20:30

A seguir, a Figura 5.3 apresenta a variação da demanda de todos os cenários criados, conforme a escolha dos alunos, em relação ao cenário de referência.

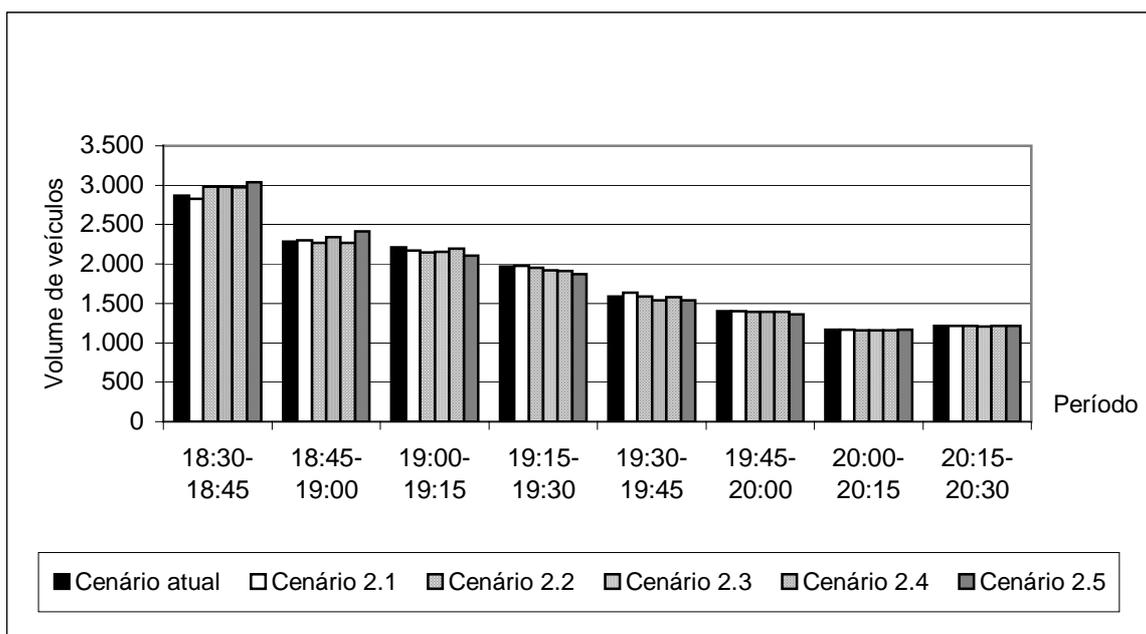


Figura 5.3: Alteração da demanda dos alunos para o cenário 2

No Apêndice G estão apresentadas as tabelas que comparam a variação da demanda entre os cenários do tipo 2 concebidos e o cenário atual.

5.2.3 Cenário 3: Impacto do escalonamento segundo análise da demanda existente à época do estudo

Esse cenário foi concebido a partir da análise da Figura 5.4. Através dela, levantaram-se os grupos que mais carregavam o sistema viário adjacente ao campus, através do número de chegadas por intervalo de tempo, obtido a partir das entrevistas com os alunos. Como o período crítico de chegadas de alunos ao campus era entre 18:30 e 19:30, analisou-se, inicialmente, esse intervalo a fim de obter a variação da demanda analisada.

A partir dessa análise prévia, constatou-se que grupos que contribuía com o maior número de alunos chegando a PUC-RS eram FACE, Demais, Direito, Engenharias e Comunicação Social, respectivamente. Com isso, os cenários que seriam criados teriam que alterar os horários de entrada dos cursos nessa ordem. Porém, analisando-se o período de pico em detalhe, percebe-se que o intervalo crítico ficou entre 18:30h e 18:45h, devido à parcela de contribuição dos veículos de passagem. Portanto, o grupo com maior número de chegadas nesse intervalo deveria ser escalonado. Esse

grupo foi o DEMAIS. Os cenários do tipo 3 foram todos escalonados para 19:45h, pois os cenários escolhidos pelos alunos antecipavam o início das aulas para as 19:00, e o cenário drástico postergava para as 20:00. Depois da análise da demanda, constatou-se que esse horário obteria os melhores benefícios a rede.

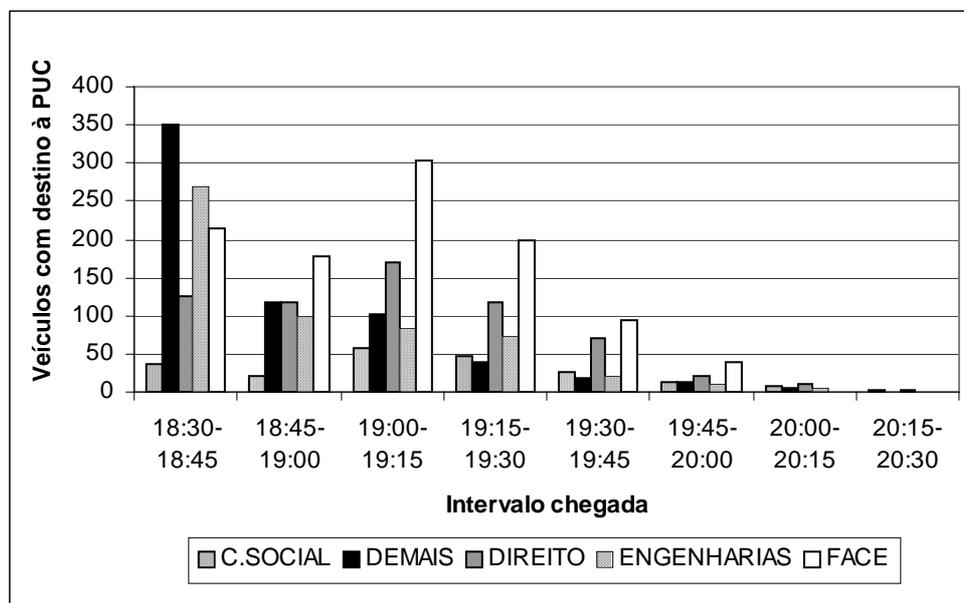


Figura 5.4: Análise da demanda dos grupos ao longo do período de estudo

Procurou-se escalonar também aqueles grupos cuja relação entre a quantidade total de alunos do grupo pelo total de alunos do mesmo grupo que vão de automóvel fosse maior. Nesse caso, criou-se um cenário que escalonou os grupos FACE e Direito. Além disso, buscou-se escalonar todos os grupos, e num último cenário escalonaram-se todos os grupos exceto o Demais, para testar que impacto se teria, caso não fosse escalonado apenas o grupo com o maior número de chegadas de alunos, no intervalo mais crítico. Portanto, os cenários concebidos foram:

- Cenário 3.1: Escalonamento de todos os grupos para as 19:45h;
- Cenário 3.2: Escalonamento de todos os grupos, exceto Demais, para as 19:45h;
- Cenário 3.3: Escalonamento de Direito e FACE, para as 19:45h;
- Cenário 3.4: Escalonamento apenas do Demais para as 19:45h;

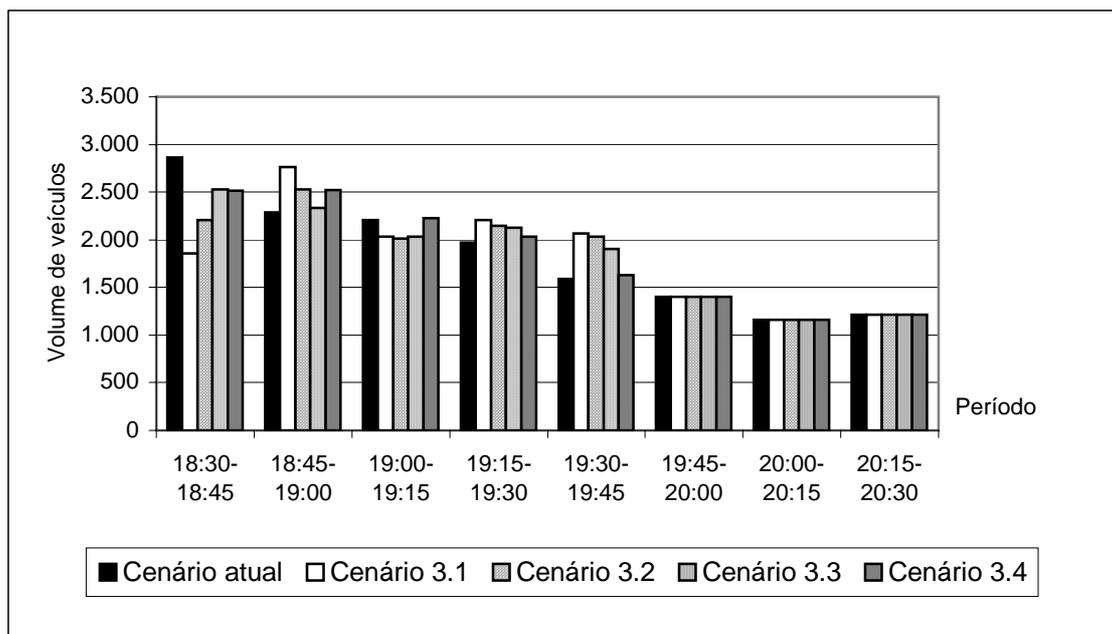


Figura 5.5: Variação entre a demanda do cenário de referência e dos cenários tipo 3

O novo intervalo de chegada dos alunos seria igual ao intervalo de chegada do cenário 2.1, pois nesse cenário o início das aulas também é as 19:45h (Tabela 5.7). A Figura 5.5 demonstra a variação da demanda do cenário atual (referência) comparativamente aos cenários 3.1, 3.2, 3.3 e 3.4. No Apêndice H são apresentadas as tabelas com as respectivas demandas de cada um dos cenários do tipo 3 criados.

Com o auxílio do modelo de simulação TSIS/NETSIM, é possível estimar cenários que podem obter melhores resultados na tentativa de distribuir melhor a demanda de viagens para a rede viária do estudo. Partindo-se do pressuposto de que quanto maior a linearidade da demanda ao longo do período simulado menor o impacto do congestionamento na rede modelada, analisou-se a variância estatística entre os valores da demanda total de veículos na rede durante o período crítico (18:30h – 19:30h), estimando-se o cenário que mais linearmente distribuiria essa demanda (Tabela 5.8).

Tabela 5.8: Variância de cada cenário

Intervalo	Cenários										
	Refer.	1	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	3.1	3.2	3.3	3.4
18:30–18:45	2865	1857	2828	2984	2984	2971	3039	1857	2209	2529	2514
18:45–19:00	2288	1751	2304	2271	2340	2272	2412	2759	2526	2333	2521
19:00–19:15	2208	2503	2173	2147	2157	2197	2105	2032	2015	2033	2226
19:15–19:30	1971	2030	1979	1949	1923	1915	1868	2206	2145	2126	2032
19:30–19:45	1590	2073	1639	1586	1542	1579	1537	2068	2029	1903	1630
19:45–20:00	1402	2110	1402	1393	1391	1396	1365	1402	1402	1402	1402
20:00–20:15	1163	1163	1163	1159	1156	1158	1163	1163	1163	1163	1163
20:15–20:30	1214	1214	1214	1214	1211	1214	1214	1214	1214	1214	1214
Total de veículos	14703	14703	14703	14703	14703	14703	14703	14703	14703	14703	14703
Variância	218371	83211	192075	265426	286134	266163	326758	118719	43049	61670	138536

A partir daí, percebe-se que entre os cenários até então concebidos, o cenário 3.2 apresentava a menor variância, e portanto acreditava-se que este cenário obteria os melhores resultados para os indicadores testados.

5.2.4 Cenário 4: Sem restrições de estacionamento

Esse cenário foi criado com base nas observações em campo do cenário de referência. Nessas observações, constatou-se a formação de fila na entrada dos estacionamentos Descoberto e Coberto. As filas se formavam devido à falta de vagas nos estacionamentos citados. Esses estacionamentos fechavam as entradas, e os alunos aguardavam para entrar até que surgissem vagas. Essa incompatibilidade entre oferta e demanda ocorria entre as 19:50h e as 19:40h. Portanto, durante 50 minutos as entradas nesses dois estacionamentos se davam à medida que iam saindo veículos dos mesmos. A fila nas entradas do Descoberto e do Coberto, causava transtornos também aos outros usuários da rede, principalmente àqueles que trafegavam nas Avenidas Ipiranga e Bento Gonçalves, apesar da distância entre essas vias e a entrada dos estacionamentos. No SafePark, a fila se formava entre as 19:10h e as 19:30h, por dois motivos: excesso de demanda e tempo despendido para pagamento do tíquete de estacionamento, que nesse caso ocorria na entrada do mesmo.

Esse cenário, portanto, considerou que a demanda destinada a todos os estacionamentos seria atendida, inexistindo falta de oferta de vagas. Para representá-lo no modelo, extraiu-se o registro que bloqueava as faixas de aproximação aos estacionamentos Descoberto e Coberto. Dessa forma, a única impedância na entrada

seria o tempo que os veículos levariam para retirar os tíquetes nas cabines, já que o pagamento nesses estacionamentos era efetuado na saída.

5.2.5 Cenário 3.24: Fusão do cenário 3.2 com o cenário 4

A hipótese para criação desse cenário foi que, aliando a política de escalonamento do horário de aula com uma ação que solucionasse o problema da falta de vagas em alguns dos estacionamentos do campus, se obteria maiores benefícios a rede viária adjacente ao campus da PUC-RS. Com base na análise de variância estatística realizada (Tabela 5.8), constatou-se que, provavelmente, o cenário 3.2 conseguiria distribuir mais uniformemente a demanda de toda a rede. O cenário 3.2 aliado ao cenário 4, que dava por solucionado a escassez de vagas nos estacionamentos Descoberto e Coberto, resultou no cenário denominado 3.24.

Além disso, foi criado um cenário para identificar o benefício máximo possível de ser alcançado para o sistema viário do entorno do campus. Isso só ocorreria no período de férias dos alunos, quando as viagens ao campus estariam restritas a funcionários e professores. Esse cenário foi denominado de “*cenário sem aula*”. Para construí-lo, desconsiderou-se a demanda dos alunos. Os resultados desse e dos demais cenários são apresentados na Tabela 5.9.

5.3 DEFINIÇÃO DOS INDICADORES A SEREM AVALIADOS

O NETSIM fornece uma série de indicadores para análise de desempenho, entre eles destacam-se: tempo de atraso, consumo de combustível, tempo parado em fila, velocidade, tempo de viagem e emissão de poluentes.

Os indicadores de desempenho escolhidos foram: o tempo de atraso médio e a velocidade média. O tempo de atraso médio representa a diferença média entre o tempo de viagem atual e o tempo de viagem dos veículos movendo-se constantemente com velocidade em fluxo livre. Ele não só inclui o acréscimo no tempo de viagem devido à redução da velocidade, como também o tempo adicionado pelos semáforos. A unidade física desse indicador é o segundo por veículo.

Já a velocidade média, dada em km/h, é calculada pela distância percorrida pelo veículo no trecho selecionado dividida pelo tempo total que ele leva para transcorrer esse trecho. A soma das velocidades de cada veículo dividida pelo total de veículos naquele trecho é a velocidade média para o trecho selecionado.

5.4 DEFINIÇÃO DAS ROTAS A SEREM ANALISADAS

Outra delimitação da análise foi selecionar os principais trechos das rotas utilizadas pelos alunos para chegar aos estacionamentos. A escolha dos trechos (arcos) se tornou necessária, pois não seria possível demonstrar graficamente os resultados dos parâmetros para toda a rede.

A escolha dos trechos (arcos) para análise seguiu o critério das vias percebidas como mais congestionadas e que se constituíam nas principais rotas de acesso ao campus da PUC-RS (Figura 5.6).

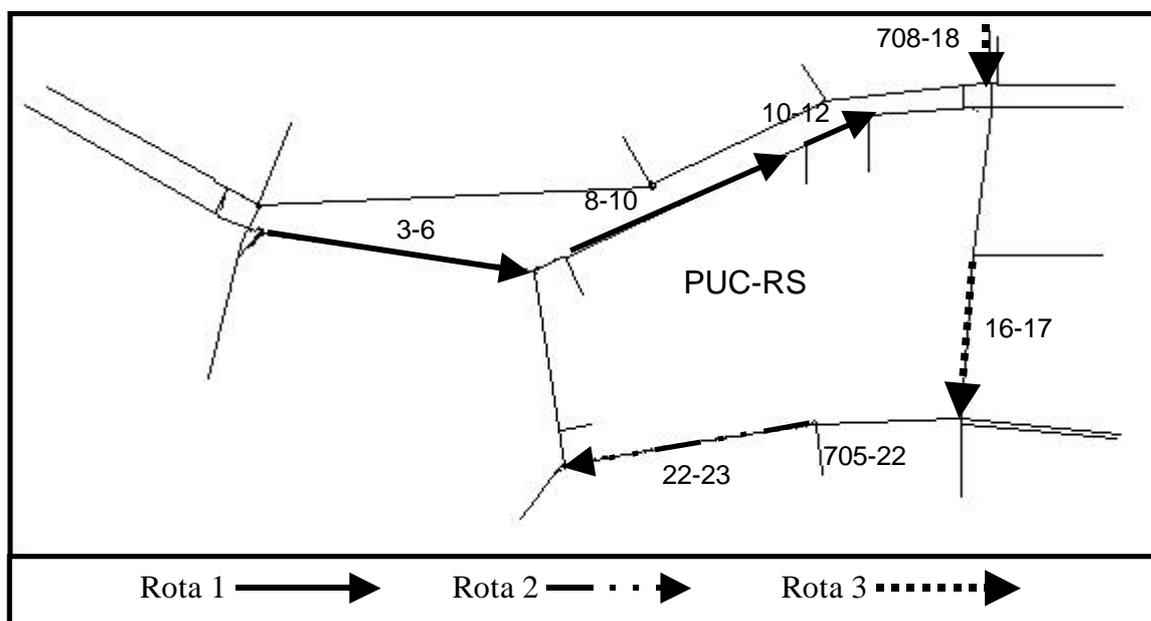


Figura 5.6: Rede modelada e as principais rotas analisadas

A Figura 5.6 apresenta os arcos selecionados para a formação das rotas a serem analisadas: 3-6, 8-10, 10-12, 22-23, 708-18 e 16-17. Os três primeiros constituíram a Rota 1, a Rota 2 foi constituída apenas pelo arco 22-23, pois adicionaria os veículos que viriam do arco 705-22, que seriam os estudantes que vêm, principalmente, da

Região Sul de Porto Alegre. Além disso, as duas primeiras rotas escolhidas foram as que passavam em frente ao campus. A primeira, pela Av. Ipiranga e a segunda, pela Av. Bento Gonçalves. A Rota 3 foi constituída pelos dois últimos arcos. A terceira e última rota escolhida foi um trajeto muito utilizado pelos alunos para chegar aos estacionamentos São Lucas e Descoberto (entrada pela Bento Gonçalves). Esse caminho era a descida da Av. Cristiano Fischer, entre a Av. Ipiranga e a Av. Bento Gonçalves. À época do estudo, a Cristiano Fischer era muito utilizada devido às obras da III Perimetral, constituindo-se em uma rota alternativa à descida da Av. Salvador França, sentido Norte-Sul. A não escolha do arco anterior ao 16-17 (entre a Ipiranga e a Bento Gonçalves) deveu-se ao fato de não terem sido constatadas variações significativas do indicador de velocidade média, apesar de ser um arco com comprimento considerável (Apêndice G). Além disso, constatou-se que quanto mais curtos eram os arcos, menor a variância dos parâmetros. Portanto, selecionaram-se arcos de maior comprimento e maior variância.

5.5 GERAÇÃO DOS RESULTADOS

Esse capítulo apresenta os resultados dos indicadores em todos os cenários testados, com base nos dados de saída do modelo TSIS/NETSIM. Os resultados são apresentados em cinco tabelas, que comparam os indicadores velocidade média e tempo de atraso médio entre cada cenário, primeiramente de forma geral, ou seja, para toda a rede modelada, e em seguida por rota e por intervalo de tempo.

Tabela 5.9: Comparação dos indicadores testados para cada cenário

Cenários	Atraso médio (s/veic/viagem)	Velocidade média (km/h)
Referência	92,40	30,90
1	84,00	32,37
2.1	94,20	30,41
2.2	106,20	28,61
2.3	139,20	24,36
2.4	127,80	25,83
2.5	117,60	26,98
3.1	78,60	33,35
3.2	72,00	34,66
3.3	76,20	33,68
3.4	111,60	27,96
4	74,40	34,34
3.24	57,60	38,10
Sem aula	49,80	41,20

Com base na Tabela 5.9 acima, constata-se que o cenário 3.24 apresentou o melhor resultado para toda a rede, segundo os dois indicadores. O cenário sem aula, nesse caso, serviu apenas para indicar o máximo benefício que se poderia obter com a simulação da rede viária. Os resultados que comparam cada cenário, por trecho das rotas concebidas, e por intervalo de tempo analisado no estudo são apresentados nas quatro tabelas seguintes.

Tabela 5.10: Atraso médio de cada cenário para cada arco selecionado

Arcos	Atraso (s/veículo/arco)					
	Rota 1		Rota 2	Rota 3		
Cenários	3-6	8-10	10-12	22-23	708-18	16-17
Referência	40,50	4,60	3,50	23,90	42,80	43,70
1	36,50	5,70	11,50	18,50	36,50	33,30
2.1	54,60	4,80	7,20	15,90	41,00	40,50
2.2	53,90	4,60	3,50	22,30	46,80	52,30
2.3	76,30	8,20	16,60	10,60	49,60	48,00
2.4	62,90	4,70	5,50	18,80	47,80	45,60
2.5	59,70	12,30	17,40	14,70	60,40	48,30
3.1	27,60	4,60	4,10	22,70	40,60	39,00
3.2	14,90	4,50	2,50	36,80	38,60	33,90
3.3	20,00	4,50	2,50	27,60	40,80	36,40
3.4	61,20	4,80	10,20	29,10	43,80	35,20
4	23,30	4,90	4,40	9,30	43,00	42,20
3.24	6,80	4,40	2,60	8,60	39,20	32,50
Sem aula	4,00	3,80	1,20	7,80	32,00	25,80

Tabela 5.11: Velocidade média de cada cenário para cada arco selecionado

Arcos	Velocidade (km/h/veículo/arco)					
	Rota 1			Rota 2	Rota 3	
Cenários	3-6	8-10	10-12	22-23	708-18	16-17
Referência	28,80	55,20	47,70	33,90	13,80	17,40
1	30,60	53,30	29,90	37,30	15,70	21,10
2.1	24,20	54,90	37,60	39,00	14,40	18,40
2.2	24,50	55,20	47,80	34,90	12,80	15,20
2.3	19,40	49,80	24,20	43,40	12,30	16,30
2.4	22,10	55,00	41,40	37,00	12,60	16,80
2.5	22,90	44,60	23,50	40,00	10,40	16,20
3.1	35,00	55,20	45,60	34,60	14,40	18,90
3.2	44,30	55,50	51,70	28,00	15,00	20,80
3.3	40,00	55,40	51,40	32,00	14,40	19,80
3.4	22,60	54,90	31,80	31,20	13,60	20,30
4	37,80	54,70	44,80	44,50	13,80	17,90
3.24	53,30	55,50	51,00	45,30	14,90	21,40
Sem aula	57,40	56,50	57,40	46,10	17,40	24,80

Tabela 5.12: Atraso médio para cada cenário ao longo do tempo em toda a rede

Cenários	Tempo médio de atraso (s/veic/viagem)							
	18:30-18:45	18:45-19:00	19:00-19:15	19:15-19:30	19:30-19:45	19:45-20:00	20:00-20:15	20:15-20:30
Referência	90,60	98,40	105,60	108,00	105,60	100,80	96,00	92,40
1	55,80	58,20	65,40	71,40	76,20	85,80	87,60	84,00
2.1	90,60	100,20	107,40	110,40	109,20	103,20	98,40	94,20
2.2	114,00	132,00	131,40	129,00	124,20	117,00	111,00	106,20
2.3	111,00	132,00	141,00	154,80	160,20	156,60	147,60	139,20
2.4	105,60	121,80	127,20	134,40	138,00	136,20	133,20	127,80
2.5	118,20	139,80	147,60	145,80	139,80	130,80	123,60	117,60
3.1	55,20	65,40	70,80	74,40	83,40	84,60	81,60	78,60
3.2	53,40	57,60	63,00	71,40	75,60	76,80	74,40	72,00
3.3	61,80	64,20	72,60	78,60	83,40	82,20	79,20	76,20
3.4	65,40	69,60	87,00	102,60	115,20	119,40	117,00	111,60
4	90,60	95,40	91,80	87,60	82,80	79,80	76,80	74,40
3.24	53,40	57,60	59,40	60,60	60,60	59,40	58,80	57,60
Sem aula	50,4	51,60	51,60	51,60	51,60	51,00	50,40	49,80

Tabela 5.13: Velocidade média para cada cenário ao longo do tempo em toda a rede

Cenários	Velocidade média (km/h/veículo/viagem)							
	18:30-18:45	18:45-19:00	19:00-19:15	19:15-19:30	19:30-19:45	19:45-20:00	20:00-20:15	20:15-20:30
Referência	28,60	28,30	28,00	27,70	27,80	28,60	29,40	30,20
1	37,30	37,30	35,50	34,10	33,30	31,70	31,00	31,70
2.1	29,10	28,20	27,80	27,50	27,50	28,30	29,10	29,80
2.2	25,80	23,80	24,50	25,00	25,40	26,40	27,40	28,00
2.3	25,90	23,80	23,70	22,60	21,80	21,90	23,00	23,80
2.4	27,00	25,10	25,10	24,60	24,00	24,30	24,60	25,30
2.5	24,80	22,90	22,90	23,20	23,70	24,80	25,60	26,40
3.1	37,10	34,90	33,90	33,40	31,70	31,40	32,00	32,60
3.2	37,00	36,50	35,80	33,90	33,10	33,00	33,40	33,90
3.3	34,20	34,90	33,90	32,60	31,80	31,80	32,50	33,00
3.4	33,10	33,60	31,40	29,40	27,50	26,20	26,60	27,40
4	28,60	28,60	29,80	30,60	31,50	32,30	33,00	33,60
3.24	37,00	36,50	36,50	36,20	36,30	36,60	37,10	37,30
Sem aula	38,70	39,20	39,50	39,50	39,70	40,00	40,20	40,30

5.6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Esse capítulo apresenta a análise dos resultados, com base na apresentação acima. A análise dos resultados é dividida em geral e específica. A geral, analisa cada indicador comparando os cenários ao longo do tempo simulado (Tabelas 5.9, 5.12 e 5.13) e Figuras 5.7, 5.8, 5.9 e 5.10. A análise específica, analisa cada indicador, comparando os cenários em cada trecho das rotas constituídas (Tabelas 5.10 e 5.11).

5.6.1 Análise geral

A análise geral, será dividida na:

- Avaliação dos resultados da comparação entre todos os cenários constituídos, ao longo de todo o período simulado, a partir da Tabela 5.9;
- Avaliação dos resultados entre o cenário de referência e os cenários de escolha dos alunos (que anteciparam o início das aulas, em sua maioria);
- Avaliação dos resultados entre o cenário de referência e os cenários de análise da demanda (que postergaram o início das aulas); e
- Avaliação dos resultados entre o cenário de referência e os cenários de melhor desempenho.

A partir da análise dos resultados constatou-se que o cenário 3.2 obteve os melhores resultados dentre as alternativas que aplicaram somente o escalonamento de horário das aulas (redução de 22% no tempo de atraso médio e aumento de 12% na velocidade média da rede). Entretanto, a combinação desta política de escalonamento com uma ação que solucionasse a falta de vagas em alguns dos estacionamentos (Cenário 3.24) foi ainda mais benéfica (redução de 38% no tempo de atraso médio e aumento de 23% na velocidade média da rede modelada) (Tabela 5.9).

Conforme esperado, os cenários concebidos a partir das escolhas dos alunos (tipo 2), à exceção do cenário 2.1, pioraram o desempenho da rede. Isso ocorreu porque, de maneira geral, os alunos preferiram antecipar o início das aulas, coincidindo com o período de pico. O intervalo crítico dos cenários do tipo 2 que anteciparam o início das aulas para as 19:00 passa a ser entre 19:00 e 19:15 (Figura 5.7 e 5.8).

Já o cenário drástico (cenário 1), obteve bons resultados, dentre as alternativas que escalonaram para mais tarde o início das aulas (cenários com base na análise de demanda), porém abaixo das expectativas. Foi observado que seria possível obter resultados significativos apenas solucionando-se o problema da falta de vagas de estacionamento (cenário 4), atingindo-se uma redução de 19% no tempo de atraso médio e um aumento de 11% na velocidade média da rede. O desempenho do cenário 4 só é afetado até as 19:00. A partir disso, passa a ter um desempenho melhor que o cenário de referência (Figura 5.11 e 5.12). Isso se deve a grande demanda que continua chegando entre 18:30 e 18:45, não resultando em ganhos significativos no tempo de entrada dos estacionamentos. Após esse intervalo, onde pelo cenário de referência ocorre a formação de filas devido à falta de vagas, isso se resolve, pela própria redução da demanda de chegada de alunos ao campus.

O melhor desempenho possível da rede (cenário sem aula) apresentou redução de 46% no tempo de atraso médio e aumento de 33% na velocidade média da rede viária em relação ao cenário de referência (Figura 5.11 e 5.12).

O intervalo crítico da rede modelada, segundo o cenário de referência, situou-se entre 19:15-19:30, pois se considerou o tempo de espera para entrada nos estacionamentos

do campus, que geravam filas excessivas, prejudicando a circulação dos veículos na rede. Quando se analisa apenas o intervalo de pico da demanda, entre 18:30-18:45 (Vide Figura 4.3), isso não é captado. A velocidade média, entre 19:15-19:30, sofreu um acréscimo de aproximadamente 30%, com o cenário 3.24, em relação ao cenário de referência; e uma redução de 52%, para o indicador de atraso médio.

Dentre os cenários de análise da demanda, cabe destacar que o cenário 3.4 (que escalonou para as 19:45 o grupo de cursos caracterizado como Demais) apresenta um aumento do tempo de atraso médio (Figura 5.9), entre 19:15-19:30, e uma redução da velocidade média, entre 19:30 e 19:45 (Figura 5.10). Isso pode estar relacionado à demanda total que foi escalonada para 19:45. Esse cenário escalonou apenas o grupo Demais, permitindo que a maioria dos grupos com maior chegada de alunos por automóvel permanecesse no horário de entrada atual (19:30), e com isso deslocando uma pequena parcela da demanda para dentro do segundo intervalo crítico (18:45-19:00).

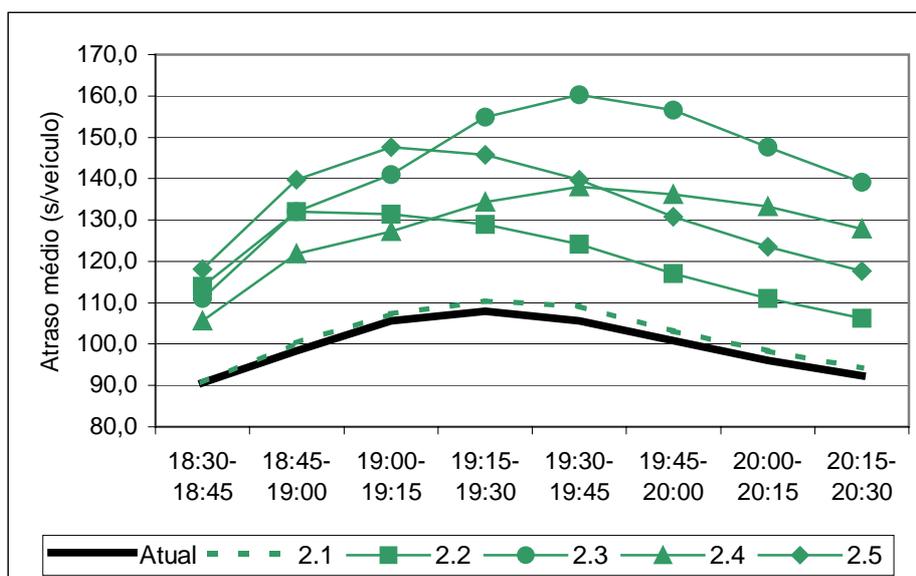


Figura 5.7: Comparação do atraso médio entre o cenário de referência e os cenários escolhidos pelos alunos (tipo 2)

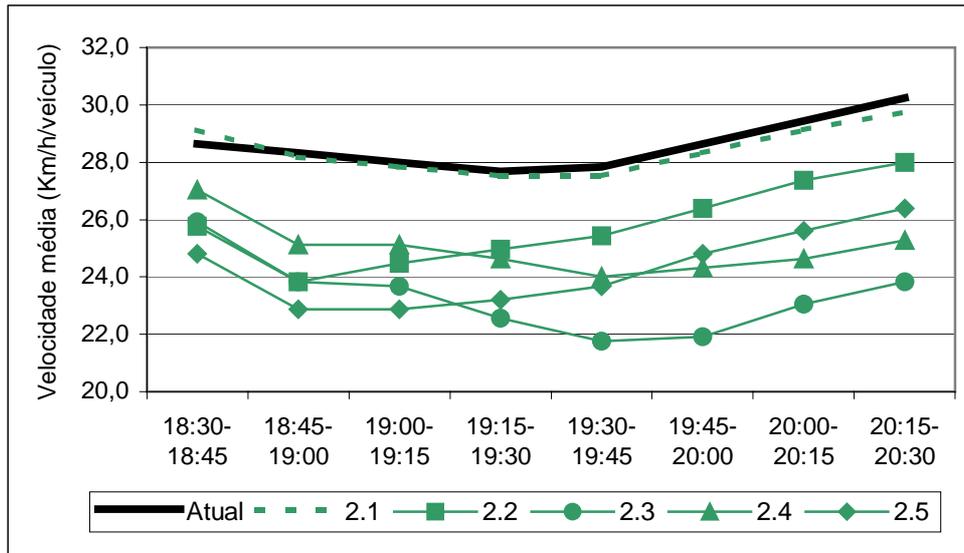


Figura 5.8: Comparação da velocidade média entre o cenário de referência e os cenários escolhidos pelos alunos (tipo 2)

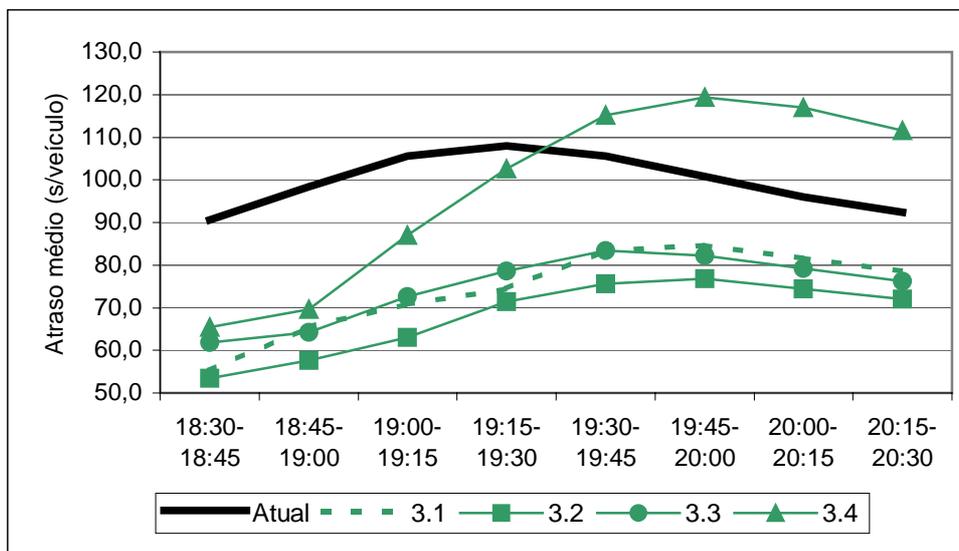


Figura 5.9: Comparação do atraso médio entre o cenário de referência e os cenários de análise da demanda (tipo 3)

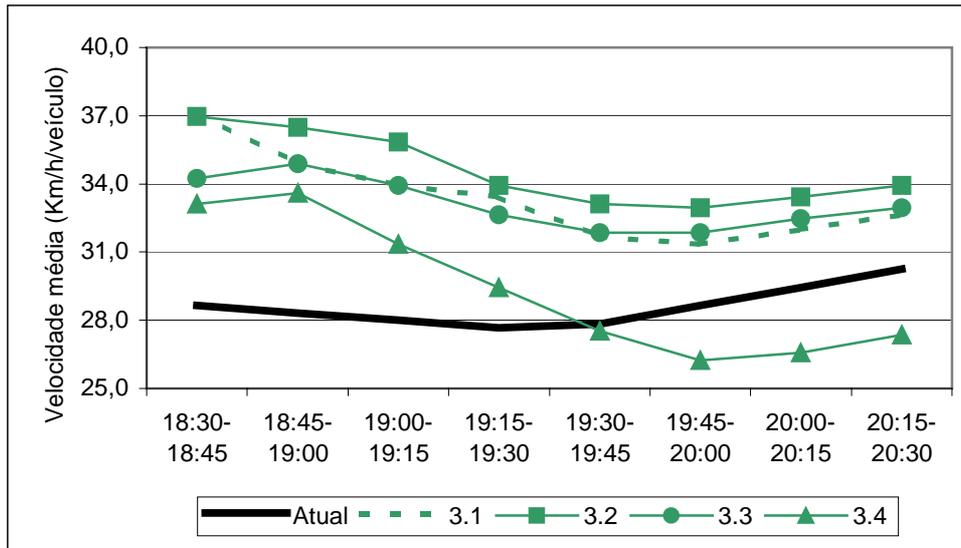


Figura 5.10: Comparação da velocidade média entre o cenário de referência e os cenários de análise da demanda (tipo 3)

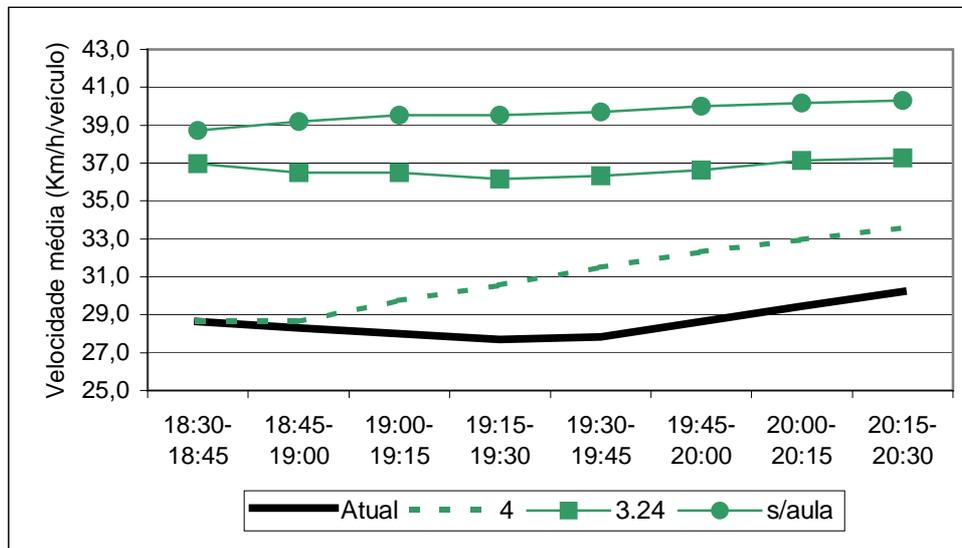


Figura 5.11: Comparação da velocidade média entre o cenário de referência e os cenários de melhor desempenho

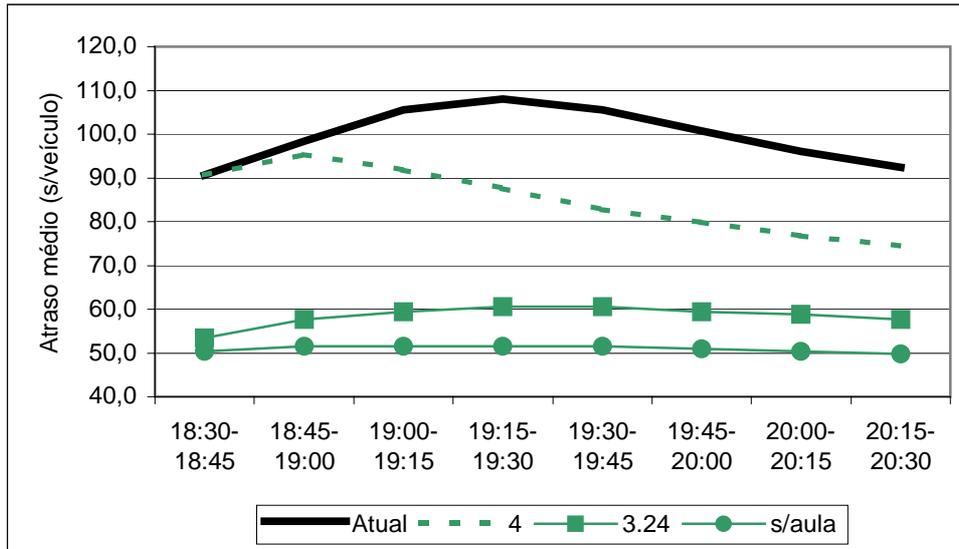


Figura 5.12: Comparação do atraso médio entre o cenário de referência e os cenários de melhor desempenho

5.6.2 Análise específica

Essa análise busca comparar o cenário atual (ou de referência) com o cenário 3.24, analisando-se os dois indicadores testados, ao longo das principais rotas de chegada ao campus da PUC-RS (vide Figura 5.6). As rotas foram constituídas com base na importância das vias de acesso ao campus e aos estacionamentos, e quando demonstravam uma variação considerável dos indicadores para cada trecho (arco) analisado (Apêndice G). A Rota 1 era a rota utilizada principalmente pelos alunos que aproximavam-se do campus, oriundos do Centro da cidade, da Zona Norte e alguns da Zona Sul. Esses alunos estacionavam seus veículos principalmente nos estacionamentos Descoberto, SafePark e Coberto, respectivamente. A Rota 2, era formada apenas pelo arco 22-23, pois este resumia bem a aproximação de chegada ao estacionamento Descoberto, dos alunos vindos da Zona Leste e da Zona Sul da capital. Além disso, ainda refletia o último trecho dos alunos que vinham pela Zona Norte, pela Rota 3. E a Rota 3, composta pelos arcos 708-18 e 16-17, representava a aproximação dos alunos aos estacionamentos São Lucas e Descoberto, via Bento Gonçalves, respectivamente. Os gráficos e tabelas com os tempos de atraso médio e as velocidades médias para cada trecho, rota e cenário, encontram-se nos Apêndices K e L.

5.6.2.1 Rota 1 (arcos 3-6, 8-10 e 10-12)

A partir da análise da Tabela apresentada no Apêndice F, verifica-se uma redução significativa do tempo de atraso médio apenas no trecho 3-6 dessa rota. Isso porque no cenário de referência esse era o trecho de pior desempenho (Apêndice F), já que era o principal acesso ao estacionamento Descoberto, e por isso com maior potencial de redução no tempo de atraso. Já nos trechos 8-10 e 10-12, que não apresentavam um desempenho tão fraco quanto o trecho 3-6, os benefícios não foram tão acentuados, pois a procura pelo estacionamento SafePark não era tão acentuada quanto pelo estacionamento Descoberto.

Como há uma certa correspondência entre os indicadores analisados, constata-se também que a velocidade média apresentou uma performance melhor no trecho 3-6, e não muito significativa nos demais trechos desta rota. No trecho 3-6, o pico horário se deu às 19:00h, correspondendo ao pico observado para o tempo de atraso médio. A velocidade nesse momento foi de aproximadamente 50 Km/h. Em relação ao cenário atual, observou-se um aumento de 138% na velocidade desse trecho. O trecho 8-10 pouco variou, e o trecho 10-12 teve um pico por volta de 19:30h, com uma velocidade de 49 Km/h. Nota-se que a velocidade não cresce tanto nesse trecho quanto no trecho 3-6, apenas 17%.

5.6.2.2 Rota 2 (arco 22-23)

Assim como na Rota 1, a maior redução do indicador de atraso médio ocorreu por volta das 19:15. Esse intervalo apresentava o pior desempenho (Apêndice F), no cenário atual. A partir do cenário 3.24, que acabou com as filas nas entradas dos estacionamentos, e implantou o escalonamento, a redução no tempo de atraso médio chega a ser de 73% (Apêndice F). O período de pico também foi deslocado, no cenário atual era as 19:15, aproximadamente, e no cenário 3.24 passou para as 18:30.

Para o cenário atual, o indicador de velocidade média apresenta uma queda de performance, principalmente a partir das 19:00, até as 19:15, com queda de aproximadamente 30%. A velocidade média no cenário 3.24 quase não varia. A

velocidade mínima ocorre às 18:30h, com 42 Km/h e a máxima às 20:15, com 45 Km/h. Na comparação entre os cenários atual e 3.24, houve um aumento na velocidade mínima de 57%, as 19:15.

5.6.2.3 Rota 3 (arcos 708-18 e 16-17)

A comparação entre os dois cenários para o indicador de atraso médio, revelou que a maior redução ocorreu as 18:45, para o trecho 708-18 e 16-17. No primeiro trecho as reduções não foram tão acentuadas quanto no segundo, pois este trecho é carregado ao longo de todo o tempo simulado. Além disso, era a rota para dois estacionamentos. A redução do tempo de atraso médio para os dois trechos foi de 42% e 59%, respectivamente (Apêndice F). O período de pico foi deslocado das 18:45, aproximadamente, para as 19:30 (Apêndice F).

Já o indicador de velocidade média, teve um comportamento semelhante nos dois trechos da rota 3. O trecho 708-18 teve uma velocidade média máxima de 13,55 Km/h, às 20:30h (cenário de referência); e uma velocidade mínima de 7,10 Km/h, às 18:30. No trecho 16-17, a velocidade mínima e máxima foi, respectivamente, 11,86 Km/h, às 19:00, e 24 Km/h, às 18:30h. As velocidades no cenário atual para essa rota foram bem baixas. A maior velocidade, foi a menor dentre todas os trechos das rotas analisadas para o cenário de referência. Para o cenário 3.24, as velocidades máximas e mínimas encontradas para o trecho 708-18 foram, respectivamente, 14,5 Km/h, às 19:15h, e 7,20 Km/h, às 18:30h. Para o trecho 16-17, as velocidades variaram entre 18,7 Km/h, às 19:15h, a 23 Km/h, às 18:45h. O incremento de velocidade entre os cenários atual e 3.24 foi mais acentuado para o trecho 16-17, pois como já foi dito, a demanda reduzia muito após as 19:45. Mas o maior impacto desse cenário ocorreu as 18:45, com um aumento de 94% na velocidade média.

CAPÍTULO VI

CONCLUSÕES

Esse trabalho apresentou uma avaliação dos prováveis impactos de uma política de escalonamento de horário sobre a demanda das principais vias de acesso ao campus da PUC-RS na cidade de Porto Alegre. Esta política tem por objetivo diluir a demanda de tráfego, reduzindo seus picos e tornando-a mais uniforme, sendo parte de um conjunto de medidas integrante da estratégia de gerenciamento da demanda de viagens. Neste trabalho foi utilizado um modelo de micro-simulação (TSIS/NETSIM), comparando a situação da rede de tráfego no ano 2000 com diversos cenários. Estes cenários foram criados levando em consideração: as preferências dos alunos por horários alternativos de início de aula; e a busca pela minimização do congestionamento no sistema viário adjacente ao campus.

As medidas de gerenciamento da demanda são controversas, pois enquanto constituem-se em alternativa a abordagem tradicional de tratamento do congestionamento, através do aumento da capacidade viária, apresentam pouca aceitação popular. Porém, vêm sendo cada vez mais utilizadas no tratamento do congestionamento no período de pico, principalmente, devido às restrições orçamentárias do Poder Público. A medida de gerenciamento da demanda de que tratou a dissertação, inclui-se dentro da estratégia de medidas de dispersão do período de pico, tais como: horário flexível, semana comprimida e tele-trabalho.

O período de simulação da demanda do estudo foi de duas horas, das 18:30h às 20:30h. Para facilitar a criação dos cenários, os alunos da PUC-RS foram agrupados em cinco grupos (FACE, Direito, Engenharias, Comunicação Social e Demais). A comparação do desempenho da rede nos cenários testados foi realizada através de dois indicadores gerados pelo simulador: tempo de atraso médio e velocidade média.

A criação dos cenários teve por base a aplicação de um questionário junto aos alunos da PUC-RS. Essa pesquisa levantou a origem/destino dos alunos aos estacionamentos do campus, o horário de chegada dos mesmos, e também, a aceitação dos alunos

quanto a idéia do escalonamento, através da escolha de horários alternativos de início e fim das aulas. A partir dessa pesquisa, montou-se o cenário de referência, que representava a situação da rede viária de entorno da PUC-RS à época do estudo. Os demais cenários concebidos tomaram por base esse cenário de referência, alternado-se apenas a demanda.

O primeiro grupo de cenários foi o drástico, que postergou a entrada de todos os grupos de alunos para as 20:00h. A idéia desse cenário era postergar ao máximo, dentro do período de análise, o início das aulas. Acreditava-se que o pico de chegada de alunos ao campus se afastaria muito em relação ao pico da demanda dos veículos de passagem. Isso ocorreu, porém sem a intensidade esperada, em virtude do período de escalonamento, cerca de 30 minutos após o intervalo vigente de entrada. Esse cenário obteve, em relação ao cenário de referência uma redução de 9% no tempo de atraso médio, e um acréscimo de 5% na velocidade média.

O segundo conjunto de cenários foi concebido com base nas preferências de escalonamento dos alunos, a partir das entrevistas. De acordo com as pesquisas, os alunos da PUC-RS preferiram continuar com o horário de entrada vigente, as 19:30h. Dessa forma, foi necessário considerar a segunda preferência de horário de entrada dos alunos. A partir dessa análise, chegou-se à conclusão de que todos os grupos, exceto Comunicação Social, gostariam de antecipar o início das aulas para 19:00h. O grupo C.SOCIAL gostaria de postergar a entrada para 19:45h. Como era esperado, os cenários desse grupo tiveram um desempenho pior do que o cenário de referência, pois antecipavam as aulas, fazendo com que a demanda de alunos chegasse ao campus dentro do período de pico dos veículos de passagem (que não se destinavam ao campus), prejudicando o desempenho da rede viária adjacente ao campus. Apenas o cenário 2.1, que escalonou somente os alunos do grupo Comunicação Social para as 19:45h, teve um desempenho próximo ao cenário de referência, ou seja, aumentou o tempo de atraso médio em 2%, e reduziu a velocidade média em 2%.

Os cenários concebidos com base na análise da demanda, buscavam minimizar o impacto na rede viária adjacente ao campus, escalonando-se os grupos com maior número de chegadas ao campus. Esses cenários postergaram o início das aulas em

quinze minutos. O cenário de melhor desempenho, segundo os indicadores avaliados, foi o cenário 3.2, que escalonou todos os grupos, exceto o grupo Demais para as 19:45h. Este cenário obteve uma redução de 22% no tempo de atraso médio e um acréscimo de 12% na velocidade média.

Outro cenário concebido procurou solucionar o problema da falta de vagas nos estacionamentos Coberto e Descoberto. Os alunos da PUC-RS permaneciam cerca de quarenta e cinco minutos em fila, esperando pela abertura dos portões de acesso aos estacionamentos, que acontecia a medida que outros veículos fossem saindo dos mesmos. Para aceitarem isso, os alunos possivelmente já internalizaram esse tempo de espera ou preferiam estacionar nesses dois estacionamentos por dois motivos: proximidade aos prédios de aulas e maior segurança na saída das aulas, já que o estacionamento São Lucas só pode ser acessado através de uma passarela. Esse cenário, denominado de cenário 4, reduziu em 19% o tempo de atraso médio, e aumentou em 11% a velocidade média da rede viária. Seus resultados, porém, foram inferiores aos do cenário 3.2.

A partir disso, elaborou-se um cenário que procurasse solucionar o problema da falta de vagas e escalonasse os alunos da PUC-RS, unindo os dois cenários que trouxeram o melhor desempenho a rede modelada. O cenário concebido foi denominado de cenário 3.24. Os resultados foram os seguintes:

- Redução de 38% no tempo de atraso médio da demanda da rede (de 92,4 s para 57,6s), e
- Aumento de 22% na velocidade média da demanda da rede (de 30,9 Km/h para 38,1 Km/h).

Dessa forma, conclui-se que: primeiro, o desempenho da rede viária adjacente ao campus aumentaria, simplesmente disponibilizando-se mais vagas no estacionamento Descoberto e Coberto; segundo, que se fosse implementado o escalonamento, os melhores resultados seriam escalonando-se todos os Grupos, exceto o grupo Demais, em apenas quinze minutos após o horário de início vigente (Cenário 3.2); terceiro, que os cenários concebidos com base nas escolhas dos alunos, e que anteciparam o início das aulas, prejudicariam ainda mais o sistema viária da rede modelada; e quarto, que

unindo o cenário de resolução do problema de falta de vagas (cenário 4) com o cenário de escalonamento (cenário 3.2), atingiria-se o melhor desempenho da rede, entre todos os cenários testados, aproximando-se do máximo benefício que a rede viária de entorno ao campus poderia atingir, ou seja, num cenário sem aula. Nesse cenário, que simulou a rede em período de férias, sem considerar as viagens dos alunos, houve redução de 46% no tempo de atraso médio e acréscimo de 33% na velocidade média.

Além dessa análise, acredita-se que o desempenho da rede viária analisada aumentaria, alterando-se a forma de cobrança e/ou controle dos estacionamentos na entrada e alterando-se o valor cobrado nos estacionamentos mais próximos as salas de aula, que eram os mais demandados. Possivelmente, poderia-se cobrar mais caro por esses estacionamentos, e com isso, distribuir-se melhor a demanda destinada aos estacionamentos do campus.

Confirmou-se a hipótese testada, ou seja, de que o melhor desempenho da rede seria obtido postergando-se o início das aulas dos alunos, pois havia uma concentração de chegada de alunos até as 19:30 (início das aulas do turno noturno), bem como entre 18:30 e 19:30 ocorria o pico da demanda da rede viária do estudo. Isso foi confirmado através dos resultados obtidos pelos cenários do tipo 3, com base na análise de demanda, e que procuraram minimizar os efeitos do congestionamento no sistema viário adjacente ao campus.

A utilização do modelo de simulação foi fundamental na identificação do problema de formação das filas nos estacionamentos, que a princípio não estava sendo detectado pelo modelo. A partir das sucessivas pesquisas de campo adicionais para se determinar o tempo médio de permanência dos veículos nas filas, pode-se testar a representação das mesmas pelo modelo. Através disso, percebeu-se a importância que a visualização de um modelo de micro-simulação possibilita ao usuário. Através dela, permite-se identificar falhas na entrada dos dados e detectar pontos críticos não percebidos “in loco”. Quando for detectada alguma diferença entre os resultados do modelo e a realidade, isso pode ser percebido antecipadamente, de forma dinâmica,

minimizando-se o tempo de simulação, ao interromper o andamento da rodada antes que ela seja finalizada, revendo-se os dados de entrada.

A abordagem sistemática utilizada neste estudo permitiu uma melhor compreensão do problema e possibilitou a identificação de soluções alternativas. O modelo de simulação se constituiu numa boa ferramenta de teste para os diferentes cenários, fornecendo subsídios sólidos para a implantação de uma política eficiente de gerenciamento de demanda.

RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES

Outras medidas de gerenciamento da demanda de viagens, tais como, a carona programada e uma faixa exclusiva para veículos de alta ocupação, poderiam ser utilizadas para simular a solução do problema de congestionamento nos principais acessos do campus da PUC-RS. Além disso, poderia ser utilizado outro modelo de micro-simulação para comparar os resultados obtidos com o NETSIM.

BIBLIOGRAFIA

ABKOWITZ, M.D. (1981) An Analysis of the Commuter Departure Time Decision. Transportation, v.10, pp.283 – 297.

ADONIS – Analysis and Development of a New Insight into the Substitution of Short Car Trips by Cycling and Walking. Transport Research Knowledge Centre. The European Commission.< <http://europa.eu.int/comm/transport/extra/adonisia.html> >. Consultado em agosto de 2003.

BRUTON, M.J. (1979) Introdução ao Planejamento dos Transportes. Ed. Interciência (USP), São Paulo.

Caliper (1995) Maptitude Geographic Information System for Windows. User's Guide, 493p, EUA.

Companhia CARRIS de Transportes (1999). Freqüência dos ônibus. <http://www.carris.com.br/>

ELIASSON, J.; LUNDBERG, M.;TRANSEK AB (2003) Road Pricing in Urban Areas. Swedish Report. Vägverket, Butiken, Borlänge. < <http://www.transport-pricing.net/download/swedishreport.pdf> > Consultado em agosto de 2003.

ECOMM (2003) – European Conference on Mobility Management, Karlstad, Suécia.
EPOMM (2003) (European Platform on Mobility Management) – Conclusões da Conferência. < <http://www.epommweb.org/ecommm2003/ECOMM2003-conclusion.ppt> > Consultado em agosto de 2003.

EPA (2002) Commuter Choice Leadership Initiative. < <http://www.commuterchoice.com> > Consultado em agosto de 2003.

EPTC – Empresa Pública de Transportes e Circulação (1999). Revista Os Caminhos de Porto Alegre Via EPTC. <http://www.eptc.com.br/>

FERGUSON, ERIK (2000) Travel Demand Management and Public Policy. Ashgate, Aldershot, Hampshire.

FERNANDES, F.S. (1982) Aspectos de Transportes Urbanos na Modificação dos Horários de Trabalho. Dissertação de Mestrado, Instituto Militar de Engenharia – IME, Rio de Janeiro.

FISH, P.F. (1980) Alternative Work Schedules: Impacts on Transportation. Transportation Research Board, v.73 nov. 1980.

FTA – Federal Transit Administration (1992) Variable Work Hours. United States Department of Transportation . TDM Status Report. <http://www.fta.dot.gov/>.

FTA – Federal Transit Administration (1999a) Parking Pricing. United States Department of Transportation . TDM Status Report. <http://www.fta.dot.gov/>.

FTA – Federal Transit Administration (1999b) Parking Supply Management. United States Department of Transportation . TDM Status Report. <http://www.fta.dot.gov/>.

GOMES, L.F.A.M; GOMES, A.C.S. (1980) Modelos Normativos para o Planejamento de Estacionamento em Campi Universitário, Pontifícia Universidade Católica – PUC-RJ, v.18.

HODGSON, F.; MAY, T.; TIGHT, M. (1997) Evaluation of the MIST travel awareness campaign – Public perceptions of transport and the growth in car use. Institute for Transportation Studies, School of Psychology, University of Leeds.

HUNG, R. (1996) Using Compressed Workweeks to Reduce Work Commuting. Transportation Research – A, v.30 A, (1), pp.11 – 19.

KOPPELMAN, F.S.; R.BHAT, C.; L.SCHOFER, J. (1993) Market Research Evaluation Of Actions To Reduce Suburban Traffic Congestion: Commuter Travel Behavior And Response To Demand Reduction Actions. Transportation Research –A, v.27A, (5) pp.383-393.

LANGHMYR, T. (1997) Managing Equity: the Case of Road Pricing. *Transport Policy*, v.4, (1), pp.25-39.

MAY, A.D. (1986) Traffic Restraint: A Review of the Alternatives. *Transportation Research – A*, v.20A, (2), pp.109-121.

MIERZEJEWSKI, E.A. (1991) Transportation-Demand Management For Quality Development. *Journal of Urban Planning and Development – ASCE*, v.117 (3) pp.77-84.

MOKHTARIAN, P.L.; S.L. HANDY; I. SALOMON (1995) Methodological Issues in the Estimation of the Travel, Energy and Air Quality Impacts of Telecommuting. *Transportation Research – A*, v.29 A, (4), pp.283 – 302.

MOORE, A.J.; P.P. JOVANIS; F.S. KOPPELMAN (1984) Modeling the Choice of Work Schedule with Flexible Work Hours. *Transportation Science*, v. 18, (2), pp. 141 – 164.

NIE, N. H. (1975) *SPSS – Statistical Package for the Social Sciences*. 2nd. Ed. Mc.Graw-Hill, New York.

O’FLAHERTY, C.A. (1997) *Transport Planning and Traffic Engineering*. Arnold, England.

ORTUZAR, J.D.; WILLUMSEN, L.G. (1994) *Modelling Transport*. 2^a Ed. John Wiley & Sons, Chichester, England.

OTT, M.; H. SLAVIN; D. WARD (1980) Behavioral Impacts of Flextime Working Hours. *Transportation Research Record*, v.767, p.1 – 6.

PEREIRA; C.M.C.; ARAÚJO, A.M.; BALASSIANO, R. (2002) Integração de Sistemas de Transportes como Estratégia de Gerenciamento da Mobilidade. *Anais do XVI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Natal, pp.313-326

PIERCE, J.L.; DUNHAM, R.B. (1992) The 12-Hour Work Day: A 48-Hour, Eight-Day Week. *Academy of Management Journal*, v.35, (5), pp.1086 – 1098.

PUCHER, J. (1997) Bicycling Boom in Germany: A Revival Engineered by Public Policy, *Transportation Quarterly*, v.51 (4), pp.31-46.

RATHI, A.K; SANTIAGO, A.J. (1990) Urban Network Traffic Simulation: TRAF-NETSIM Program. *Journal of Transportation Engineering*, v.116, (6), pp.734 – 743.

ROSENBLOOM, S. (1978) Peak-Period Congestion: A State-Of-The-Art Analysis And Evaluation Of Effective Solutions. *Transportation*, v.7, pp.167-191.

ROTT, J.A. (1995) Mapa Simplificado de Ruídos para a Cidade de Porto Alegre. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil – UFRGS, Porto Alegre.

SANTOS, E.; ORRICO, R.; CONTRERAS, C. (1997) Reflexões sobre o Pedágio Urbano de uma Perspectiva Brasileira. *Anais do XI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Rio de Janeiro, pp.665-675.

SELINGER, C. S. (1977) Managing Transportation Demand by Alternative Work Schedule Techniques. *Transportation Research Board, Special Report 172 on Transportation System Management*, pp.67 – 72.

STANEK, D.M. Modeling Perceptions and Preference of Home-based and Center-based Telecommuting, University of California, Davis. 1995 <<http://www.engr.ucdavis.edu/~its/telecom/r11>>. Consultado em fevereiro de 2001.

TAYLOR, C.J.; L.K. NOZICK; A.H. MEYBURG (1997) Selection and Evaluation of Travel Demand Management Measures. *Transportation Research Record*, (1598), pp. 49 – 69.

TERTOOLEN , G.; VAN KREVELD, D.; VERSTRATEN, B. (1998) Psychological Resistance Against Attempts To Reduce Private Car Use. *Transportation Research – A – Policy and Practice*. v. 32 (3), pp.171-181.

TMIP. Time-of-Day Modeling Procedures: State-of-the-Practice, State-of-the-Art. Final Report, Innovative Approaches, February 1997. <<http://www.bts.gov/tmip/papers/triptabl/Time-Day/sec3.htm>>. Consultado em janeiro de 2000.

TMIP. Time-of-Day Modeling Procedures: State-of-the-Practice, State-of-the-Art. Final Report, Emerging Approaches, February 1997. <<http://www.bts.gov/tmip/papers/triptabl/Time-Day/sec4.htm>>. Consultado em janeiro de 2000.

Federal Highway Administration (1999) Traffic Software Integrated System, User's Guide. Version 4.3, EUA.

VAN VLIET,D.; HALL, M. (1996) SATURN (Simulation & Assignment of Traffic in Urban Road Networks). User's Guide, Versão 9.3.

VICTORIA TRANSPORT POLICY INSTITUTE (VTPI). Alternative Work Schedules: Flextime, Staggered Shifts, Compressed Work Week. TDM Encyclopedia, APÊNDICE A, Victoria, Canadá. 2000. Disponível em:<<http://www.vtpi.org/tm/tm15.htm>>. Consultado em outubro de 2000.

VIOLATO, R.R.; SANCHES, S.P. (2000) Aceitabilidade de Medidas de Gerenciamento da Demanda de Transportes. *Anais do XIV Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Gramado, pp.59-70

WONG, SY (1991) Capacity and Level of Service by Simulation – A Case Study of TRAF-NETSIM. Highway Capacity and Level of Service, Brannolte (ed), Balkema, Rotterdam.

APÊNDICE A

MATRIZ DE ROSENBLOOM – COMPATIBILIDADE ENTRE TÉCNICAS CANDIDATAS PARA REDUZIR OS EFEITOS DO CONGESTIONAMENTO

Técnica Básica	Técnicas Suplementares																
	Horário Escalonado	Cobrança Viária	Controle de Estacionamento	Células de Tráfego	Zonas Livres de Autos	Novos Centros	Bairros Planejados	Códigos de Construção e Zoneamento	Marketing do Transporte Público	Carona Programada	Teletrabalho	Controle e Observação de Freeways	Máximo Uso dos Atuais Equipamentos	Circulação do Transporte Público	Sistemas Prioritários: Arteriais	Sistemas Prioritários: Freeways	Cobertura maior do Transporte Público
Horário Escalonado		+	+	O	O	O	O	O	+	-	+	-	-	+	+	+	+
Cobrança Viária	+		+	O	O	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+
Controle de Estacionamento	+	+		+	+	O	O	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+
Células de Tráfego	O	O	+		+	O	+	+	+	O	O	+	+	+	+	+	+
Zonas Livres de Autos	O	O	+	+		O	+	+	+	O	O	+	+	+	+	+	+
Novos Centros	O	+	+	O	O		+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	+
Bairros Planejados	O	+	O	+	+	+		+	+	-	O	O	+	+	-	-	-
Códigos de Construção e Zoneamento	O	+	+	+	+	+	+		+	O	O	O	O	O	-	-	-
Marketing do Transporte Público	+	+	+	+	+	O	O	O		-	-	-	-	+	+	+	+
Carona Programada	-	+	+	O	O	-	-	+	-		-	-	-	+	-	-	-
Teletrabalho	+	+	+	O	O	+	O	O	-	-		-	-	-	-	-	+
Controle e Observação de Freeways	+	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+		-	-	-	-	-
Máximo Uso dos Equipamentos Existentes	-	-	+	+	-	+	+	+	-	+	+	-		-	-	-	-
Circulação do Transporte Público	+	+	+	+	+	O	O	+	+	-	-	-	-		+	+	+
Sistemas Prioritários: Arteriais	+	+	+	+	+	-	-	O	+	-	O	-	-	+		+	+
Sistemas Prioritários: Freeways	+	+	+	+	+	-	-	O	+	-	-	-	-	+	+		+
Cobertura maior do Transporte Público	+	+	+	+	+	+	-	O	+	-	+	-	-	+	+	+	

Legenda:

+ efeito sinérgico entre as técnicas candidatas, 0 efeito neutro, e - efeito negativo ou conflitante

APÊNDICE B

RESULTADOS DA PESQUISA DE TEMPO MÉDIO DE PERMANÊNCIA DOS ÔNIBUS NAS PARADAS DO CAMPUS

Centro – Bairro		
Intervalo: 18:30 – 20:00		
Linhas que atendem ao campus	Núm.Viagens(N)	Dwell Time(s)
T1-DIR	15	56,33
T1	14	49,21
T4	14	43,43
343	12	45,25
353	14	46,00
D43	13	43,62
Viamão	11	23,73
476	13	44,92
398	9	17,56
397	7	13,43
394	6	14,00
252	1	36,00
319	1	23,00
297	1	18,00
314	1	28,00
293	1	8,00
Total de viagens	133	31,90

Bairro – Centro		
Intervalo: 18:30 – 20:00		
Linhas que atendem ao campus	Núm.Viagens(N)	Dwell Time(s)
353	11	21,27
343	9	37,11
D43	9	44,11
T1-DIR	14	45,86
T1	12	39,92
T4	10	39,90
Total de viagens	65	38,03

APÊNDICE C

**QUESTIONÁRIO-PESQUISA – ENTREVISTA APLICADA COM OS ALUNOS
DA PUC-RS**

PESQUISA PARA IDENTIFICAR OS HÁBITOS DE VIAGEM DOS ALUNOS DA PUC-RS

Prezado Aluno:

O objetivo desta pesquisa é identificar os hábitos de viagem dos alunos da PUC-RS, a fim de possibilitar o estudo de alternativas capazes de reduzir o congestionamento das vias de acesso a Universidade. Para tanto, sua resposta é importante.

A) Você cursa qual Faculdade?

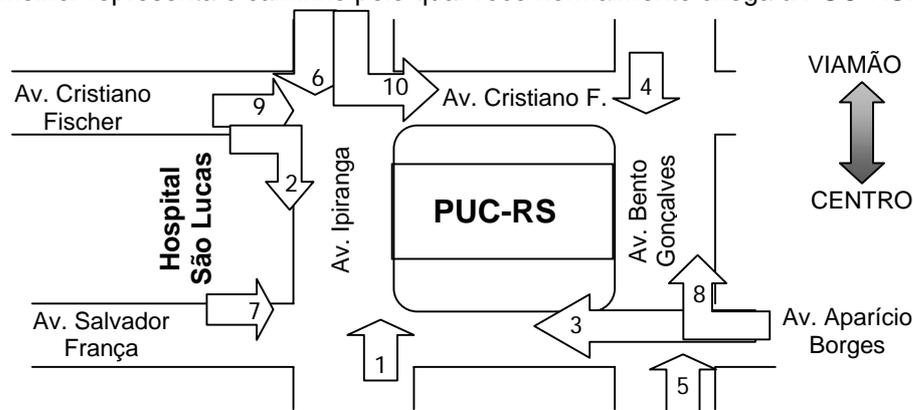
- 1() Administração, Contabilidade e Economia
- 2() Comunicação Social(Jornalismo, Publicidade/Propaganda, Relações Públicas)
- 3() Direito
- 4() Engenharias
- 5() Outras Faculdades Qual? _____

B) Onde você costuma estacionar seu veículo?

- 1() No **n park** – descoberto, entrando pela Av. Ipiranga.
- 2() No **n park** – descoberto, entrando pela Av. Bento Gonçalves.
- 3() No **n park** – coberto(entrada pela Av. Ipiranga)
- 4() No **safe park** (entrada pela Av. Ipiranga)
- 5() No estacionamento do Hospital da PUC-RS
- 6() Na rua
- 7() Outro: _____(especificar)

C) Com base no mapa simplificado abaixo, marque, no parêntese, o número correspondente a seta que melhor representa o caminho pelo qual você normalmente chega à PUC-RS:

- 1()
- 2()
- 3()
- 4()
- 5()
- 6()
- 7()
- 8()
- 9()
- 10()



D) A que horas você costuma chegar a PUC-RS?

- 1() antes das 18h:30min.
- 2() entre às 18h:30min e às 18h:45min.
- 3() entre às 18h:45min e às 19h:00.
- 4() entre às 19h:00 e às 19h:15min.
- 5() entre às 19h:15min e às 19h:30min.
- 6() entre às 19h:30min e às 19h:45min.
- 7() entre às 19h:45min e às 20h:00.
- 8() entre às 20h:00 e às 20h:15min.
- 9() entre às 20h:15min e às 20h:30min.
- 10() após às 20h:30min.

E) De acordo com as suas possibilidades, qual dos horários de início e término das aulas abaixo, você adotaria?

- 1() das 19h15min. às 22h30min.
- 2() das 19h45min. às 23h
- 3() horário atual
- 4() das 19h00 às 22h15min.
- 5() das 20h00 às 23h15min.

APÊNDICE D

ESTATÍSTICAS DAS ENTREVISTAS

Cursos	Alunos entrevistados
FACE	243
Direito	173
Engenharias	107
Comunicação Social	81
Demais	147
Total	751

Estacionamentos do campus	Alunos entrevistados
Descoberto/ Entrada Bento Gonçalves	133
Descoberto/ Entrada Ipiranga	184
Coberto	72
SafePark	188
São Lucas	174
Total	751

Origem (Aproximação ao campus)	Alunos entrevistados
1	330
2	139
3	30
4	34
5	51
6	36
7	66
8	26
9	36
10	3
Total	751

Intervalo de chegada	Alunos entrevistados
18:30 – 18:45	230
18:45 – 19:00	128
19:00 – 19:15	179
19:15 – 19:30	120
19:30 – 19:45	59
19:45 – 20:00	25
20:00 – 20:15	8
20:15 – 20:30	2
Total	751

APÊNDICE E

**VOLUME DE ENTRADA NA REDE MODELADA AO LONGO DO PERÍODO
DE SIMULAÇÃO**

Período 1: 18:30-18:45			Período 2: 18:45-19:00			Período 3: 19:00-19:15			Período 4: 19:15-19:30		
Nó A	Nó B		Nó A	Nó B	Vehic/hora	Nó A	Nó B	Vehic/hora	Nó A	Nó B	Vehic/hora
	700	4352	8000	700	3076	8000	700	3044		700	2380
8002	702	1276	8002	702	860		702	924	8002	702	764
8003	703	628		703	580	8003	703	672	8003	703	556
8005	705	504	8005	705	312	8005	705	372	8005	705	284
8007	707	1364	8007	707	1132	8007	707	884	8007	707	872
8008		1712	8008	708	1540	8008	708	1516	8008		1796
8010	710	2816	8010	710	2820	8010		2436	8010	710	2152
8011	711	380	8011		340	8011	711	320	8011	711	300
8013		184	8013	712	352	8013	712	328	8013	712	
8014	713	400	8014	713	280	8014	713		8014	713	220
8023	720	240	8023	720		8023	720	120	8023	720	100
8016	11		8016	11	140	8016	11	100	8016	11	60
	723	280	8025	723	200	8025	723	140	8025	723	120
Período 5: 19:30-19:45			Período 6: 19:45-20:00			Período 7: 20:00-20:15			Período 8: 20:15-20:30		
Nó A	Nó B	Vehic/hora									
8000	700	2056	8000	700	1872	8000	700	1344	8000	700	1416
8002	702	756	8002	702	736	8002	702	516	8002	702	588
8003	703	420	8003	703	380	8003	703	456	8003	703	448
8005	705	136	8005	705	104		705	128	8005	705	80
8007	707	792	8007	707		8007	707	728	8007	707	688
8008	708	1148	8008	708		8008	708	684	8008	708	752
8010	710	2048	8010	710		8010	710	1564	8010	710	1704
8011	711	280	8011	711		8011	711	200	8011	711	160
8013	712	324	8013	712		8013	712	324	8013	712	248
8014	713	160	8014	713		8014	713	60	8014	713	60
8023	720	72	8023	720	60	8023	720	40	8023	720	28
8016	11	40	8016	11	20	8016	11	16	8016	11	12
	723	120	8025	723	100	8025	723	40	8025	723	20

APÊNDICE F

RESULTADOS ANALITICOS E PERCENTUAIS ENTRE O CENÁRIO DE REFERÊNCIA E O CENÁRIO 3.24 PARA AS TRÊS ROTAS ANALISADAS

Rota1									Rota1								
Cenário Atual - Tempo de Atraso (s/veic)									Cenário 3.24 - Tempo de Atraso (s/veic)								
Trecho	18:31	18:45	19:00	19:15	19:30	19:45	20:00	20:15	Trecho	18:31	18:45	19:00	19:15	19:30	19:45	20:00	20:15
3-6	16,99	47,84	54,39	45,11	48,80	51,86	46,96	43,45	3-6	7,85	7,67	9,58	8,54	7,95	7,65	7,25	6,92
8-10	3,51	4,19	5,17	5,00	5,00	4,85	4,80	4,64	8-10	4,33	4,54	4,55	4,61	4,73	4,69	4,54	4,40
10-12	1,01	2,46	3,32	4,23	4,74	4,28	3,96	3,70	10-12	1,66	1,84	2,27	2,45	3,13	3,06	2,86	2,70

Rota2									Rota2								
Cenário Atual - Tempo de Atraso (s/veic)									Cenário 3.24 - Tempo de Atraso (s/veic)								
Trecho	18:31	18:45	19:00	19:15	19:30	19:45	20:00	20:15	Trecho	18:31	18:45	19:00	19:15	19:30	19:45	20:00	20:15
22-23	12,43	13,75	13,14	36,69	32,64	29,78	27,46	25,55	22-23	12,29	9,71	10,42	9,83	9,48	9,28	9,05	8,87

Rota3									Rota3								
Cenário Atual - Tempo de Atraso (s/veic)									Cenário 3.24 - Tempo de Atraso (s/veic)								
Trecho	18:31	18:45	19:00	19:15	19:30	19:45	20:00	20:15	Trecho	18:31	18:45	19:00	19:15	19:30	19:45	20:00	20:15
708-18	0,00	71,56	59,35	52,73	48,89	46,71	45,05	43,99	708-18	0,00	41,84	41,26	40,29	41,87	41,47	40,60	40,05
16-17	27,05	71,57	72,08	63,58	55,79	51,24	48,60	45,88	16-17	30,33	29,07	35,73	39,49	38,45	36,62	34,99	33,81

Rota1									Rota1								
Cenário Atual - Velocidade (Km/h/veic)									Cenário 3.24 - Velocidade (Km/h/veic)								
Trecho	18:31	18:45	19:00	19:15	19:30	19:45	20:00	20:15	Trecho	18:31	18:45	19:00	19:15	19:30	19:45	20:00	20:15
3-6	42,35	26,24	24,27	27,15	25,92	24,99	26,51	27,73	3-6	51,78	52,00	49,68	50,91	51,63	52,03	52,54	52,96
8-10	56,77	55,66	54,02	54,30	54,30	54,54	54,62	54,90	8-10	55,42	55,06	55,04	54,94	54,75	54,82	55,07	55,31
10-12	58,19	51,47	48,16	45,09	43,55	44,93	45,95	46,83	10-12	54,96	54,11	52,24	51,52	48,85	49,12	49,86	50,50

Rota2									Rota2								
Cenário Atual - Velocidade (Km/h/veic)									Cenário 3.24 - Velocidade (Km/h/veic)								
Trecho	18:31	18:45	19:00	19:15	19:30	19:45	20:00	20:15	Trecho	18:31	18:45	19:00	19:15	19:30	19:45	20:00	20:15
22-23	41,98	40,90	41,39	28,21	29,84	31,10	32,22	33,22	22-23	42,10	44,42	43,74	44,30	44,62	44,83	45,06	45,22

Rota3									Rota3								
Cenário Atual - Velocidade (Km/h/veic)									Cenário 3.24 - Velocidade (Km/h/veic)								
Trecho	18:31	18:45	19:00	19:15	19:30	19:45	20:00	20:15	Trecho	18:31	18:45	19:00	19:15	19:30	19:45	20:00	20:15
708-18	7,10	8,98	10,56	11,66	12,43	12,90	13,30	13,55	708-18	7,20	14,11	14,27	14,54	14,10	14,21	14,45	14,61
16-17	24,14	11,92	11,86	13,10	14,53	15,50	16,13	16,83	16-17	22,45	23,07	20,11	18,77	19,12	19,78	20,40	20,90

Redução do atraso médio com o cenário 3.24									
Trecho	Rota	18:31	18:45	19:00	19:15	19:30	19:45	20:00	20:15
3-6	1	-54%	-84%	-82%	-81%	-84%	-85%	-85%	-84%
8-10		23%	8%	-12%	-8%	-5%	-3%	-5%	-5%
10-12		64%	-25%	-32%	-42%	-34%	-29%	-28%	-27%
22-23	2	-1%	-29%	-21%	-73%	-71%	-69%	-67%	-65%
708-18	3		-42%	-30%	-24%	-14%	-11%	-10%	-9%
16-17		12%	-59%	-50%	-38%	-31%	-29%	-28%	-26%
Aumento da velocidade média com o cenário 3.24									
Trecho	Rota	18:31	18:45	19:00	19:15	19:30	19:45	20:00	20:15
3-6	1	22%	98%	105%	88%	99%	108%	98%	91%
8-10		-2%	-1%	2%	1%	1%	0%	1%	1%
10-12		-6%	5%	8%	14%	12%	9%	8%	8%
22-23	2	0%	9%	6%	57%	50%	44%	40%	36%
708-18	3		57%	35%	25%	13%	10%	9%	8%
16-17		-7%	94%	70%	43%	32%	28%	26%	24%

APÊNDICE G

**VARIAÇÃO DOS INDICADORES ANALISADOS PARA CADA ARCO
DENTRE OS CENÁRIOS CONCEBIDOS**

Cenários	Velocidade(km/h/veículo) em cada arco ou trecho														
	700-1	1-2	3-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-26	26-19	707-17	17-22	22-23	708-18	15-16	16-17
Atual	28,3	26,1	28,8	33,3	55,2	47,7	39,2	6,1	52,2	36,8	43,7	33,9	13,8	51,8	17,4
1	32,2	28,2	30,6	39,4	53,3	29,9	42,2	5,8	48,0	36,6	44,6	37,3	15,7	51,7	21,1
2.1	29,3	26,7	24,2	40,2	54,9	37,6	40,3	6,4	52,6	36,5	43,7	39,0	14,4	51,8	18,4
2.2	21,9	24,5	24,5	38,4	55,2	47,8	39,4	6,4	51,8	36,5	44,0	34,9	12,8	51,8	15,2
2.3	17,6	19,4	19,4	40,0	49,8	24,2	22,6	6,7	51,0	36,5	43,8	43,4	12,3	51,8	16,3
2.4	26,7	27,7	22,1	35,7	55,0	41,4	35,4	6,1	52,2	36,8	43,7	37,0	12,6	52,0	16,8
2.5	21,6	25,0	22,9	37,1	44,6	23,5	38,4	6,2	51,4	36,8	43,8	40,0	10,4	51,8	16,2
3.1	31,8	27,2	35,0	33,9	55,2	45,6	42,1	5,9	50,9	37,0	44,2	34,6	14,4	52,0	18,9
3.2	32,2	27,8	44,3	42,7	55,5	51,7	43,2	6,2	50,1	37,0	43,7	28,0	15,0	52,0	
3.3	31,7	28,0	40,0	42,1	55,4	51,4	43,2		51,4	36,8	44,0	32,0	14,4	51,7	19,8
3.4	26,6	22,6	22,6	41,0	54,9	31,8	22,1	6,6	52,0	37,0	44,0	31,2	13,6	52,0	20,3
4	28,5	27,2	37,8	50,7	54,7	44,8	39,7	6,4	52,0	36,8	43,7	44,5	13,8	51,7	17,9
Variância	22,7	7,0	66,7	21,5	10,6	103,5	53,9	0,1	1,6	0,0	0,1	23,9	2,0	0,0	3,8

Cenários	Atraso(s/veículo) em cada arco ou trecho														
	700-1	1-2	3-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-26	26-19	707-17	17-22	22-23	708-18	15-16	16-17
Atual	22,7	4,4	40,5	3,4	4,6	3,5	6,9	20,4	4,1		5,9	23,9		3,5	
1	17,9	3,9	36,5		5,7	11,5	5,7	21,3	6,0	8,3	5,4	18,5	36,5	3,6	33,3
2.1	21,5	4,2	54,6	2,2	4,8	7,2	6,5	19,2	3,9	8,3	5,9	15,9	41,0	3,6	40,5
	34,6	4,9	53,9	2,5	4,6	3,5	6,9	19,0	4,3	8,4	5,8	22,3	46,8	3,6	52,3
2.3	47,3		76,3	2,2	8,2	16,6	20,1	18,2	4,6	8,4	5,9		49,6	3,5	48,0
2.4	25,2	4,0	62,9	2,9		5,5	8,8	20,2	4,1	8,1	6,0	18,8	47,8	3,5	45,6
2.5	35,5	4,8	59,7	2,7	12,3	17,4	7,3	19,6	4,4	8,1	5,9	14,7	60,4	3,6	48,3
3.1	18,3	4,1	27,6	3,3	4,6	4,1	5,7	20,8	4,6	8,0	5,7	22,7	40,6	3,5	39,0
3.2	17,9	4,0	14,9	1,8	4,5	2,5	5,3	19,8	5,0	8,0	5,9	36,8	38,6	3,5	33,9
3.3	18,5	3,9	20,0	1,9	4,5	2,5	5,3	20,7	4,4	8,1	5,8	27,6	40,8	3,6	36,4
3.4	25,4	5,6	61,2	2,1	4,8	10,2	20,7	18,5	4,2	8,0	5,8	29,1	43,8		35,2
4		4,1	23,3	1,0	4,9	4,4	6,8		4,2	8,2	5,9	9,3	43,0	3,6	42,2
Variância		0,8		0,4	5,4		30,2	0,9	0,3	0,0	0,0		40,0	0,0	38,7

APÊNDICE H

VARIAÇÃO DA DEMANDA AO LONGO DO TEMPO SIMULADO NOS CENÁRIOS GERADOS COM BASE NAS ESCOLHAS DOS ALUNOS

Intervalo	Cenário de Referência							
	C.Social	Demais		Engenharias	FACE	Veíc. Alunos	Veíc. Passagem	Total
	40	333	134	255	223	985	1857	
18:45-19:00		112	126		183	540	1751	2291
19:00-19:15	63	96	181	80	314	734	1495	2229
19:15-19:30	51	37	126	70	205	490	1493	1983
19:30-19:45	29	17	75	20	96	236	1360	1596
19:45-20:00	14	12	24	10	39	100	1305	1405
20:00-20:15	9	4	12	5	0	30	1134	1164
20:15-20:30		0		0	0		1208	
Total		612		536		3121	11603	14724
Intervalo	Cenário 2.1							
	C.Social	Demais	Direito	Engenharias	FACE	Veíc. Alunos		Total
18:30-18:45	0	333		255	223	945	1857	2802
18:45-19:00	40	112	126	95	183	557	1751	2308
19:00-19:15	23	96	181	80	314	694	1495	2189
19:15-19:30	63	37	126	70	205	502	1493	1995
19:30-19:45	80	17	75	20	96	288	1360	1648
19:45-20:00	14	12	24	10	39	100	1305	1405
20:00-20:15	9	4	12	5	0	30	1134	
20:15-20:30	3	0	4	0	0	7	1208	1215
Total	232	612	681	536	1061	3121	11603	14724
Intervalo	Cenário 2.2							
	C.Social	Demais	Direito	Engenharias	FACE	Veíc. Alunos	Veíc. Passagem	Total
	40	445	134	255	223	1097	1857	2954
18:45-19:00	23	96	126	95	183	523	1751	2274
19:00-19:15	63	37	181	80	314	676	1495	2171
19:15-19:30	51	17	126	70	205	469	1493	1962
19:30-19:45	29	12	75	20	96	232	1360	1592
19:45-20:00	14	4	24	10	39	91	1305	1396
20:00-20:15	9	0	12	5	0	25	1134	1159
20:15-20:30	3	0	4	0	0	7	1208	1215
Total	232	612	681	536	1061	3121	11603	14724
Intervalo	Cenário 2.3							
	C.Social	Demais	Direito	Engenharias	FACE	Veíc. Alunos	Veíc. Passagem	Total
18:30-18:45	40	333	260	255	223	1111	1857	2968
18:45-19:00	23	112	181	95	183	595	1751	2346
19:00-19:15	63	96	126	80	314	679	1495	2174
	51	37	75	70	205	439	1493	1932
19:30-19:45	29	17	24	20	96	185	1360	1545
19:45-20:00	14	12	12	10	39	88	1305	1393
20:00-20:15	9	4	4	5	0	22	1134	1156
20:15-20:30	3	0	0	0	0	3	1208	1211
Total	232	612	681	536	1061	3121	11603	14724

Intervalo	Cenário 2.4							Total
	C.Social		Direito	Engenharias	FACE	Veíc. Alunos	Veíc. Passagem	
18:30-18:45	40	333	134	350	223	1080	1857	2937
18:45-19:00	23		126		183	525	1751	2276
19:00-19:15	63	96	181	70	314	724	1495	2219
19:15-19:30	51	37	126		205	440	1493	
19:30-19:45	29	17		10		226	1360	1586
19:45-20:00	14	12	24	5	39	95	1305	1400
20:00-20:15	9	4	12		0	25	1134	1159
20:15-20:30	3	0		0		7	1208	1215
Total	232	612		536	1061	3121	11603	14724

APÊNDICE I

VARIAÇÃO DA DEMANDA AO LONGO DO TEMPO SIMULADO NOS CENÁRIOS GERADOS COM BASE NA ANÁLISE DA DEMANDA

Intervalo	Cenário de Referência							
	C.Social	Demais	Direito	Engenharias	FACE	Veíc. Alunos	Veíc. Passagem	Total
18:30-18:45	40	333	134	255	223	985	1857	2842
18:45-19:00	23	112	126	95	183	540	1751	2291
19:00-19:15	63	96	181		314	734	1495	2229
19:15-19:30	51	37	126	70	205		1493	1983
19:30-19:45	29	17	75	20	96	236	1360	
19:45-20:00	14	12	24	10	39	100	1305	1405
20:00-20:15	9	4	12	5		30	1134	1164
20:15-20:30	3	0	4	0		7	1208	1215
Total	232	612	681	536		3121		14724
Intervalo	Cenário 3.1							
	C.Social	Demais	Direito	Engenharias	FACE	Veíc. Alunos	Veíc. Passagem	Total
18:30-18:45		0	0	0	0	0	1857	1857
18:45-19:00	40	333	134	255		985	1751	2736
19:00-19:15	23	112	126	95	183	540	1495	2035
19:15-19:30	63	96	181	80	314	734	1493	2227
19:30-19:45	80	54	201	90	301	726	1360	2086
	14		24		39	100	1305	1405
	9	4	12		0	30	1134	
20:15-20:30	3		4	0	0	7	1208	1215
Total	232	612	681		1061	3121	11603	14724
Intervalo	Cenário 3.2							
	C.Social	Demais	Direito	Engenharias	FACE	Veíc. Alunos		Total
18:30-18:45	0	333	0	0	0	333	1857	2190
	40	112	134	255	223		1751	2515
19:00-19:15	23	96	126	95	183	523	1495	2018
19:15-19:30	63	37	181	80	314	676		2169
19:30-19:45	80	17	201	90	301		1360	2049
	14	12		10	39	100	1305	1405
20:00-20:15	9	4	12	5	0	30	1134	1164
20:15-20:30	3	0	4	0	0	7	1208	1215
Total		612	681	536	1061		11603	
Intervalo	Cenário 3.3							
		Demais	Direito	Engenharias	FACE	Veíc. Alunos	Veíc. Passagem	Total
18:30-18:45	40	333	0	255	0		1857	2485
18:45-19:00	23	112		95	223	587	1751	2338
19:00-19:15		96	126	80	183	548	1495	2043
19:15-19:30	51	37	181	70	314	655	1493	2148
19:30-19:45	29	17	201	20	301	567	1360	1927
19:45-20:00	14	12	24	10	39	100	1305	1405
20:00-20:15	9	4	12	5	0	30	1134	1164
20:15-20:30	3	0	4	0	0	7	1208	1215
Total	232	612	681	536	1061	3121	11603	14724

Intervalo	Cenário 3.4							Total
	C.Social	Demais	Direito	Engenharias	FACE	Veíc. Alunos	Veíc. Passagem	
18:30-18:45	40	0	134	255	223	652	1857	2509
18:45-19:00	23	333	126	95	183	760	1751	2511
19:00-19:15	63	112	181	80	314	751	1495	2246
19:15-19:30	51	96	126	70	205	548	1493	2041
19:30-19:45	29	54	75	20	96	274	1360	1634
19:45-20:00	14	12	24	10	39	100	1305	1405
20:00-20:15	9	4	12	5	0	30	1134	1164
20:15-20:30	3	0	4	0	0	7	1208	1215
Total	232	612	681	536	1061	3121	11603	14724

APÊNDICE J

DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DA DEMANDA AO LONGO DO PERÍODO SIMULADO

Intervalo	Cenários										
	Referência	1	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5		3.2	3.3	3.4
18:30-18:45	19%	13%	19%	20%	20%	20%	21%	13%	15%	17%	17%
18:45-19:00	16%	12%	16%	15%	16%	15%	16%	19%	17%	16%	17%
19:00-19:15	15%	17%	15%	15%	15%	15%	14%	14%	14%	14%	15%
19:15-19:30	13%	14%	13%	13%	13%	13%	13%	15%	15%	14%	14%
19:30-19:45	11%	14%	11%	11%	10%	11%	10%	14%	14%	13%	11%
19:45-20:00	10%	14%	10%	9%	9%	9%	9%	10%	10%	10%	10%
20:00-20:15	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%
20:15-20:30	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

APÊNDICE K

CONCENTRAÇÃO DA DEMANDA

Intervalo	Veíc. alunos	Veíc. passagem	Veíc.alunos + veíc. passag.	Concentração de veíc.alunos	Concentração de veíc.passagem	Veíc.alunos/ Total	Veíc.passag/ Total
18:30-18:45	985	1857	2842	35%	65%	32%	16%
18:45-19:00	540	1751		24%	76%	17%	15%
19:00-19:15	734	1495	2229	33%	67%	24%	13%
19:15-19:30	490	1493	1983	25%	75%	16%	13%
19:30-19:45	236	1360	1596	15%	85%	8%	12%
19:45-20:00	100	1305	1405	7%	93%	3%	11%
20:00-20:15	30	1134	1164	3%	97%	1%	10%
20:15-20:30	7	1208	1215	1%	99%	0%	10%
Total	3122	11603	14725	21%	79%	100%	100%

APÊNDICE L

DEMANDA DOS ESTACIONAMENTOS DO CAMPUS

Intervalo	Demanda estacionamentos campus da PUC-RS					Total
	Coberto	Desc.Bento	Desc.Ipiranga	SafePark	São Lucas	
18:30-18:45	66	265	460	105	89	985
18:45-19:00	69	89	98	217	67	540
19:00-19:15	74	98	92	239	231	734
19:15-19:30	47	80	58	129	176	490
19:30-19:45	17	22	45	47	105	236
19:45-20:00	15	9	20	34	23	100
20:00-20:15	8	8	3	11	0	30
20:15-20:30	0	0	0	7	0	7
Total	296	570	776	788	691	3121