

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E
AMBIENTAL

ANÁLISE DO EFEITO DA VARIAÇÃO DO VOLUME DE
TRÁFEGO SOBRE O DESEMPENHO DE PLANOS
SEMAFÓRICOS DE TEMPO FIXO: ESTUDO DE CASO EM
SÃO PAULO

ANA KARINA DE OLIVEIRA REIS

ORIENTADORA: MARIA ALICE PRUDÊNCIO JACQUES
CO – ORIENTADORA: ÉDINA SHISUE MIAZAKI

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM TRANSPORTES

PUBLICAÇÃO: TU.DM-01 A/01

BRASÍLIA/DF: JANEIRO/2001

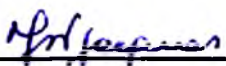
**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E
AMBIENTAL**

**ANÁLISE DO EFEITO DA VARIAÇÃO DO VOLUME DE TRÁFEGO
SOBRE O DESEMPENHO DE PLANOS SEMAFÓRICOS DE TEMPO
FIXO: ESTUDO DE CASO EM SÃO PAULO**

ANA KARINA DE OLIVEIRA REIS

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA CIVIL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE
DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A
OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.**

APROVADA POR:



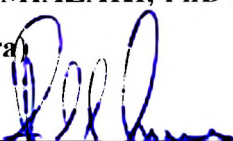
MARIA ALICE PRUDÊNCIO JACQUES, PhD (UnB)

(Orientadora)



ÉDINA SHISUE MIAZAKI, PhD (UnB)

(Co - Orientadora)



JOSÉ ALEX SANT'ANNA, D.Sc. (UnB)

(Examinador Interno)



PAULO CEZAR MARTINS RIBEIRO, PhD (UFRJ)

(Examinador Externo)

BRASÍLIA/DF, 22 DE JANEIRO DE 2001.

FICHA CATALOGRÁFICA

REIS, ANA KARINA DE OLIVEIRA

Análise do Efeito da Variação do Volume de Tráfego sobre o Desempenho de Planos Semafóricos de Tempo Fixo: Estudo de Caso em São Paulo. Brasília, 2001. xvii, 201, 210x297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre, Transportes, 2001).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil.

1. Plano Semafórico

2. Volume

3. Gerenciamento do Tráfego

4. Engenharia de Tráfego

I. ENC/FT/UnB

II. Título (Série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

REIS, ANA KARINA DE OLIVEIRA (2001). Análise do Efeito da Variação do Volume de Tráfego sobre o Desempenho de Planos Semafóricos de Tempo Fixo: Estudo de Caso em São Paulo. Dissertação de Mestrado, Publicação TU.DM-01 A/2001, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 201 p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: ANA KARINA DE OLIVEIRA REIS

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: Análise do Efeito da Variação do Volume de Tráfego sobre o Desempenho de Planos Semafóricos de Tempo Fixo: Estudo de Caso em São Paulo.

GRAU/ANO: Mestre / 2001

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.


Ana Karina de Oliveira Reis

Rua 1º de maio, 198, Bairro Glória

CEP: 69.027-670 – Manaus/AM – Brasil

Aos meus pais e a minha avó que apesar
das dificuldades, sempre estiveram ao meu lado.

Principalmente, a Deus.

A glória da amizade não é a mão estendida, nem o sorriso carinhoso, nem mesmo a delícia da companhia. É a inspiração espiritual que vem quando você descobre que alguém acredita e confia em você...A única maneira de ter um amigo é sendo um." (Ralph Waldo Emerson)

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, professora Maria Alice, que nos momentos mais difíceis pôde me compreender e erguer as mãos, e nos momentos tristes, sempre teve uma palavra de conforto.

À professora Édina Shisue Miazaki, do Departamento de Estatística da UnB, pela valiosa contribuição na análise estatística, e pelo muito carinho e amizade.

A Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo – CET, pelo fornecimento do banco de dados necessário para a realização deste trabalho. Em especial, ao João Cucci pelo grande apoio.

Aos amigos e colegas que passaram por minha vida no decorrer deste trabalho e que trouxeram palavras amigas, e ainda um sorriso revigorante, dentre eles: Érika, Luís Sérgio, Túlio, Anderson, Vânia, Márcio, H. Willuweit, Mário Eduardo, Kátia, John, Silvana, Casas e Simone Jardim. As grandes amigas Naza, Cláudia, Mi, Bela, Sandra e Íris. A eterna companheira Gilma. Ao amigo mais que “especial” Gil. Aos funcionários do SG12, especialmente a Simone. As minhas irmãs Kely e Dany e também as tias e tios pelos telefonemas sempre animadores.

Aos amigos da minha querida Manô que apesar da distância, sempre estiveram presentes dentre eles, Marcelo Chaves e minha irmãzinha Ednalva.

A todos aqueles que, apesar de não se encontrarem aqui citados de uma forma ou de outra, acreditaram na minha capacidade e me deram incentivos para vencer mais esta etapa.

A CAPES que, através da concessão de uma bolsa de estudos, possibilitou o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

Para o dimensionamento de semáforos de tempo fixo, o conhecimento do volume de tráfego a ser atendido em cada uma das aproximações das interseções é de fundamental importância. Estudos realizados no Brasil e no exterior têm mostrado que este volume varia ao longo do tempo, sobretudo ao longo do dia. A variação do volume ao longo dos meses e dos anos, no entanto, embora reconhecida, ainda precisa ser melhor investigada, sobretudo no que diz respeito ao seu impacto sobre a qualidade dos planos semaforicos de tempo fixo.

Neste sentido, este trabalho pretende contribuir com a investigação da redução da condição inicial de desempenho de planos semaforicos de tempo fixo em decorrência da variação temporal dos volumes de tráfego para os quais eles foram definidos. Através da análise estatística de séries temporais de volumes para uma pequena rede de semáforos da cidade de São Paulo, foi possível avaliar que as variações mensais dos volumes devem ser consideradas na determinação dos planos semaforicos de tempo fixo.

Por outro lado, de modo a auxiliar os órgãos de gerência no processo de determinação do momento em que os planos semaforicos devem ser atualizados, foi desenvolvido um procedimento para a identificação dos *links* que são mais afetados pela não atualização dos planos. Este procedimento foi adaptado para ser aplicado em cidades que não disponham de séries históricas de dados de volume de tráfego. A identificação desses *links* permite ao órgão de gerência monitorar de forma mais eficiente e eficaz o volume de tráfego em redes semaforizadas com o propósito de identificar quando os planos semaforicos de tempo fixo devem ser atualizados, a partir de critérios específicos de desempenho definidos pelo órgão.

ABSTRACT

In order to dimension fixed time traffic signals, knowledge of the traffic volume to be catered for at approaches to intersections is essential. Studies carried out in Brazil and abroad have shown that this volume varies over time, especially over the course of the day. Although volume variation over months and years is recognised, it still needs to be better studied particularly in terms of its impact on the quality of fixed time traffic signal plans.

In light of this, this research seeks to contribute to this study through its investigation of the reduction in the initial performance condition of fixed time traffic signal plans due to the temporal variation in the traffic volumes for which they were designed. Based upon a statistical analysis of temporal volume series for a small traffic signal network in the city of São Paulo, it was possible to deduce that monthly volume variations ought to be considered in the setting up of fixed time traffic signal plans.

Parallel to this, a procedure to identify the links most affected by the upgrading of traffic signal plans was developed in order to help traffic management bodies in determining the moment at which traffic signal plans should be upgraded. This procedure was adapted in order to be applied in cities that do not have historical series of traffic data volume available. Identifying the links allows the traffic management body to monitor in a more efficient and effective manner the traffic volume in signalised networks in order to recognise when fixed time traffic signal plans ought to be upgraded and this should be based upon specific performance criteria established by the traffic management body.

SUMÁRIO

Capítulo	Página
1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 – APRESENTAÇÃO	1
1.2 – DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	5
1.3 – OBJETIVOS	5
1.3.1 – Objetivo Geral	5
1.3.2 – Objetivos Específicos	6
1.4 – HIPÓTESE	6
1.5 – ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	6
2 – CONTROLE DO TRÁFEGO EM INTERSEÇÕES SEMAFORIZADAS DE TEMPO FIXO	8
2.1 – CONCEITOS BÁSICOS	9
2.2 – PLANO SEMAFÓRICO DE TEMPO FIXO	13
2.3 – <i>SOFTWARE</i> TRANSYT	24
2.3.1 – Histórico das Versões do <i>Software</i>	25
2.3.2 – TRANSYT - 7F	27
2.3.2.1 – <i>Submodelo de Simulação</i>	28
2.3.2.2 – <i>Submodelo de Otimização</i>	30
3 – VOLUME DE TRÁFEGO NA DEFINIÇÃO DE PLANOS SEMAFÓRICOS	36
3.1 – DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DO VOLUME DE TRÁFEGO	36
3.2 – CLASSIFICAÇÃO DOS VOLUMES DE TRÁFEGO	37
3.2.1 – Volume Horário de Tráfego (VHT)	39
3.2.2 – Volume Médio Diário de Tráfego (VMDT)	42
3.2.3 – Volume Médio Anual de Tráfego (VMAT)	43
3.3 – ESTUDOS DA VARIAÇÃO DE VOLUME DE TRÁFEGO	45
3.3.1 – Variação dos Volumes em Curto Prazo	45
3.3.2 – Variabilidade em Longo Prazo	47

3.4 – COMPOSIÇÃO DO TRÁFEGO	51
4 – ANÁLISE DA VARIAÇÃO TEMPORAL DO VOLUME DE TRÁFEGO EM REDES SEMAFORIZADAS: ESTUDO DE CASO	53
4.1 – ÁREA DE ESTUDO	55
4.1.1 – Considerações Iniciais	55
4.1.2 – Rede Estudada	56
4.2 – DADOS COLETADOS	64
4.3 – ANÁLISE DOS DADOS E GERAÇÃO DOS MODELOS	67
4.3.1 – Análise Descritiva	67
4.3.2 – Desenvolvimento dos Modelos	74
4.3.3 – Análise dos Resultados dos Modelos	86
4.4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A ANÁLISE REALIZADA	90
5 – IMPACTO DA VARIAÇÃO TEMPORAL DO VOLUME DE TRÁFEGO NO DESEMPENHO DOS PLANOS SEMAFÓRICOS	91
5.1 – METODOLOGIA ADOTADA NO ESTUDO	91
5.2 – ESTUDO DE CASO	94
5.2.1 – Dados Utilizados	94
5.2.2 – Resultados Obtidos e Análise do Prejuízo	99
5.3 – ESTUDO ESPECÍFICO DO PREJUÍZO PARA ALGUNS <i>LINKS</i>	111
5.4 – PROCEDIMENTO PARA A DETERMINAÇÃO DOS <i>LINKS</i> CRÍTICOS NA AUSÊNCIA DE DADOS HISTÓRICOS	120
5.4.1 – Metodologia Desenvolvida	120
5.4.2 – Aplicação da Metodologia	122
5.5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O IMPACTO DA VARIAÇÃO DO VOLUME	125
6 – CONCLUSÕES E SUGESTÕES	127
6.1 – CONCLUSÕES	127
6.2 – SUGESTÕES	129

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	130
APÊNDICE A – BASE DE DADOS FORNECIDA PARA CADA DETECTOR POR HORA NO PERÍODO DE 1992 A 1995	133
APÊNDICE B – GRÁFICOS DO COMPORTAMENTO DO FLUXO DE TRÁFEGO DE 1992 A 1995	156
APÊNDICE C – GRÁFICOS DO COMPORTAMENTO DO TRÁFEGO PARA OS HORÁRIOS DETERMINADOS (SIGNIFICATIVOS)	169
APÊNDICE D - ESTATÍSTICA DURBIN – WATSON	176
APÊNDICE E – GRÁFICOS DOS VALORES OBSERVADOS E ESTIMADOS	181
APÊNDICE F – <i>LINKS</i> CRÍTICOS	192

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Vantagens e desvantagens do controlador de tempo fixo e atuado pelo tráfego	3
Tabela 2.1 – Fatores que influenciam no fluxo de saturação	15
Tabela 2.2 – Alterações nas versões do TRANSYT	25
Tabela 2.3 – Alterações nas versões do modelo TRANSYT-7F	26
Tabela 3.1 – Equivalência de veículos	52
Tabela 4.1 – Frota de veículos no Brasil referente a 1998	55
Tabela 4.2 – Principais características coletadas em campo da rede estudada	59
Tabela 4.3 – Resultados relativos ao MT 1 (Volume diário representativo do mês)	76
Tabela 4.4 – Resultados relativos ao MT 2 (Volume das 04:00 às 05:00 h)	78
Tabela 4.5 – Resultados relativos ao MT 3 (Volume das 08:00 às 09:00h)	80
Tabela 4.6 – Resultados relativos ao MT 4 (Volume das 14:00 às 15:00h)	82
Tabela 4.7 – Resultados relativos ao MT 5 (Volume das 17:00 às 18:00h)	84
Tabela 5.1 – Dados fornecidos pela CET/SP	96
Tabela 5.2 – Plano ótimo para horário 04:00 às 05:00 no mês de julho/92	100
Tabela 5.3 – Plano ótimo para horário 04:00 às 05:00 no mês de novembro/92	100
Tabela 5.4 – Plano ótimo para horário 08:00 às 09:00 no mês de julho/92	100
Tabela 5.5 – Plano ótimo para horário 08:00 às 09:00 no mês de novembro/92	101
Tabela 5.6 – Plano ótimo para horário 14:00 às 15:00 no mês de julho/92	101
Tabela 5.7 – Plano ótimo para horário 14:00 às 15:00 no mês de novembro/92	101
Tabela 5.8 – Plano ótimo para horário 17:00 às 18:00 no mês de julho/92	102
Tabela 5.9 – Plano ótimo para horário 17:00 às 18:00 no mês de novembro/92	102
Tabela 5.10 – Resultados do Horário das 04:00 às 05:00	103
Tabela 5.11 – Resultados do horário das 08:00 às 09:00	105
Tabela 5.12 – Resultados do horário das 14:00 às 15:00	107
Tabela 5.13 – Resultados do horário das 17:00 às 18:00	109
Tabela 5.14 – Dados para a determinação dos <i>links</i> críticos no mês de julho de 1993 no horário de 04:00 às 05:00h	113

Tabela 5.15 – Dados para a determinação dos *links* críticos no mês de março de 1994
no horário de 08:00 às 09:00h 115

Tabela 5.16 – Dados para a determinação dos *links* críticos no mês de março de 1994
no horário de 14:00 às 15:00h 117

Tabela 5.17 – Dados para a determinação dos *links* críticos no mês de março de 1995
no horário de 17:00 às 18:00h 119

Tabela 5.18 – Tabela resumo para a análise dos *links* críticos utilizando PPDLC
(mês de referência: Julho/92) 124

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Controle semafórico na cidade de São Paulo	10
Figura 2.2 – Exemplo de um Diagrama para uma interseção em “T”	11
Figura 2.3 – Esquema dos intervalos de tempo para duas fases	12
Figura 2.4 – Diagrama do tempo perdido	16
Figura 2.5 – Exemplificação do diagrama de tempos	22
Figura 2.6 – Tipos de rede de tráfego	23
Figura 2.7 – Diagrama de Espaço x Tempo.	24
Figura 2.8 – Estrutura básica do TRANSYT – 7F	27
Figura 2.9 – Padrões de fluxo de tráfego	29
Figura 2.10 – Diagrama dos padrões de fluxo	30
Figura 3.1 – Flutuação média diária para vários tipos de estrada	38
Figura 3.2 – Flutuação do Volume Horário de Tráfego (<i>VHT</i>)	40
Figura 3.3 – Flutuação no horário de pico	41
Figura 3.4 – Flutuação média diária para vários tipos de estrada	43
Figura 3.5 – Flutuação Anual do tráfego	44
Figura 4.1 – Rede de estudo na cidade de São Paulo	57
Figura 4.2 – Estrutura do Código dos Detectores	58
Figura 4.3 – Rua Augusta x Rua Luís Coelho	60
Figura 4.4 – Rua Antônio Carlos x Rua Antônio Carlos	60
Figura 4.5 – Rua Haddock Lobo x Rua Antônio Carlos	61
Figura 4.6 – Rua Antônio Carlos x Rua Bela Cintra	61
Figura 4.7 – Rua da Consolação x Rua Pedro Taques	62
Figura 4.8 – Rua da Consolação (sentido centro)	62
Figura 4.9 – Rua da Consolação (sentido bairro)	63
Figura 4.10 – Rua da Consolação x Rua Fernando de Albuquerque	63
Figura 4.11 – Rua Bela Cintra x Rua Fernando Albuquerque (a)	64
Figura 4.12 – Planilha de dados/CET	65
Figura 4.13 – Esquema dos dados disponibilizados pela CET/SP	66
Figura 4.14 – Volume diário representativo dos meses para todo o período de estudos	

por detector	68
Figura 4.15 – Comportamento do fluxo de tráfego para o detector 223053	71
Figura 4.16 – Comportamento do fluxo de tráfego para o detector 223033	72
Figura 4.17 – Horários de maiores e menor pico	73
Figura 4.18 – MT 1 - Coeficientes associados aos efeitos sazonais para cada detector	77
Figura 4.19 – MT 2 - Coeficientes associados aos efeitos sazonais para cada detector	79
Figura 4.20 – MT 3 - Coeficientes associados aos efeitos sazonais para cada detector	81
Figura 4.21 – MT 4 - Coeficientes associados aos efeitos sazonais para cada detector	83
Figura 4.22 – MT 5 – Coeficientes associados aos efeitos sazonais para cada detector	85
Figura 4.23 – Gráficos para análise do MT 1 do detector 223053	87
Figura 4.24 – Gráficos para análise do MT 2 do detector 223053	87
Figura 4.25 – Gráficos para análise do MT 3 do detector 223053	88
Figura 4.26 – Gráficos para análise do Modelo Tipo 4 do detector 223053	88
Figura 4.27 – Gráficos para análise do MT 5 do detector 223053	89
Figura 5.1 – Estrutura da rede física utilizada	95
Figura 5.2 – Interseção: Rua Augusta x Rua Antônio Carlos (nó 09)	96
Figura 5.3 – Interseção: Rua Haddock Lobo x Rua Antônio Carlos (nó 07)	97
Figura 5.4 – Interseção: Rua Bela Cintra x Rua Antônio Carlos (nó 04)	97
Figura 5.5 – Interseção: Rua da Consolação x Rua Antônio Carlos (nó 01)	98
Figura 5.6 – Interseção: Rua da Consolação x Rua Matias Aires (nó 02)	98
Figura 5.7 – Interseção: Rua da Consolação x Rua Fernando Albuquerque (nó 03)	99
Figura 5.8 – Prejuízos por não atualizar os planos semafóricos no horário de 04:00 às 05:00h utilizando o plano de julho de 1992	104
Figura 5.9 – Prejuízos por não atualizar os planos semafóricos no horário de 04:00 às 05:00h utilizando o plano de novembro de 1992	104
Figura 5.10 – Prejuízos por não atualizar os planos semafóricos no horário de 08:00 às 09:00h utilizando o plano de julho de 1992	106
Figura 5.11 – Prejuízos por não atualizar os planos semafóricos no horário de 08:00 às 09:00h utilizando o plano de novembro de 1992	106
Figura 5.12 – Prejuízos por não atualizar os planos semafóricos no horário de 14:00 às 15:00h utilizando o plano de julho de 1992	108

Figura 5.13 – Prejuízos por não atualizar os planos semaforicos no horário de 14:00 às 15:00h utilizando o plano de novembro de 1992	108
Figura 5.14 – Prejuízos por não atualizar os planos semaforicos no horário de 17:00 às 18:00h utilizando o plano de julho de 1992	110
Figura 5.15 – Prejuízos por não atualizar os planos semaforicos no horário de 17:00 às 18:00h utilizando o plano de novembro de 1992	110

LISTA DE ABREVIATURAS

ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores

CET – Companhia de Engenharia de Tráfego

CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito

CTA – Central de Tráfego em Área

DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito

EB – *Eastbound*

HCM - *Highway Capacity Manual*

ITE – *Institute of Transportation Engineers*

MT – Modelo Tipo

MUTCD – *Manual on Uniform Traffic Control Devices*

NN – Índice de Desempenho fornecido pelo TRANSYT para a operação do tráfego quando o Plano é Atualizado para atender aos volumes presentes na rede

NO – Índice de Desempenho fornecido pelo TRANSYT para a operação do tráfego quando o Plano Semafórico foi determinado para volumes antigos da rede

NB – *Northbound*

NTU – Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos

PI – Índice de Desempenho

PPDLC – Procedimento Para Determinação de *Links* Críticos

REFIS – Registradores Fotográficos de Infrações em Semáforos

SB – *Southbound*

SEMCO – Semáforos Controlados por Computador

TRANSYT – *TRaffic Network StudY Tool*

VDMAT – Volume Diário Médio Anual de Tráfego

VDMT – Volume Médio Diário de Tráfego

VHT – Volume Horário de Tráfego

VITAMYN – *VarIable TRaffic Methodology aNalysis*

WB – *Weastbound*

X – Grau de Saturação

1 – INTRODUÇÃO

1.1 - APRESENTAÇÃO

Nos últimos anos, a rápida expansão urbana foi um dos fatores que provocou nas cidades um crescimento no número de viagens realizadas pelos usuários dos sistemas de transporte, tanto dos que utilizam veículos de transporte público como também dos que dispõem de transporte particular (Vasconcellos, 1996). De acordo com a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores – ANFAVEA, a frota de veículos no Brasil em 1996 era de 26.448.148 e em 1997 aumentou para 28.886.313 veículos, isto é, teve um acréscimo de 9,218% (NTU, 1998) e em 1998 chegou a 30.939.466 caracterizando desta forma um aumento de 16,918% desde 1996.

O crescimento do número de automóveis nas cidades proporcionou a intensificação de alguns problemas, tais como: o aumento da poluição, a perda do espaço urbano, o crescimento do número de acidentes, o uso inadequado de recursos energéticos, problemas de acessibilidade e mobilidade, a necessidade de ampliações do sistema viário para a melhor acomodação da demanda existente em virtude do aumento da dependência cada vez maior do transporte individual, dentre outros (Leal, 1999).

O aumento da demanda por viagens trouxe, como consequência direta, uma utilização cada vez maior do sistema viário, causando assim os congestionamentos. Apesar de toda a infra-estrutura viária oferecida aos usuários, a utilização da mesma está próxima da capacidade (volume máximo que pode passar por uma via em determinado período de tempo), principalmente nas interseções.

As interseções são os locais onde os usuários do sistema viário tendem a entrar em conflito, pois nelas o uso do espaço viário é disputado por diferentes movimentos de veículos e pedestres. A partir da necessidade de regular os direitos de passagem de veículos e pedestres nas interseções, os órgãos gerenciadores de trânsito determinam a implantação de alguns dispositivos de sinalização que devem ser visíveis e legíveis durante o dia e a noite (DENATRAN, 1997; Kell e Fullerton, 1991), como por exemplo:

- sinalização vertical;
- sinalização horizontal;
- controle policial;
- dispositivos de sinalização luminosos (Semáforos).

O Semáforo é o equipamento que possibilita a alternância do direito de passagem entre veículos e pedestres e ainda, entre veículos de fluxos distintos. É um dos mecanismos mais eficientes na sinalização de interseções, realizando as seguintes tarefas (DENATRAN, 1984):

- ordena o movimento do tráfego através do controle do direito de passagem;
- providencia o fluxo progressivo (onda verde) para os veículos em determinada rota;
- interrompe o fluxo de tráfego da via principal, para permitir a travessia de pedestres e/ou o acesso ou cruzamento por parte dos veículos das vias secundárias,
- maximiza a capacidade da interseção;
- reduz a ocorrência de certos acidentes.

Desde que justificado por critérios quantitativos e qualitativos, o semáforo atua de forma a minimizar os problemas de segurança e de fluidez do tráfego nas interseções, decorrentes do aumento crescente do volume de tráfego.

Conforme Kell e Fullerton, (1991) existem dois tipos de operação de semáforos: semáforo de tempo fixo e semáforo atuado.

O **semáforo de tempo fixo** assegura o direito de passagem dos veículos de acordo com tempos predeterminados, em função de dados de tráfego coletados em determinado período de tempo. Desta forma, o semáforo sinaliza o cruzamento com o tempo de verde, amarelo e vermelho iguais para todos os ciclos (para semáforos operando em rede o tempo de *offset* também é constante), independentemente da variação do volume de veículos que chega nas aproximações em tempo real. Este tipo de semáforo permite, no entanto, a implantação de diferentes planos fixos para diferentes horários do dia, em função das características diferenciadas dos volumes nestes horários. Para a obtenção dos tempos semaforicos são utilizados os volumes históricos de tráfego dos

cruzamentos para cada um dos períodos do dia a que se referem os planos fixos calculados.

Já o controle de **semáforo atuado (semi-atuado ou totalmente atuado)** implica no ajuste dos tempos semaforicos às variações de volume em tempo real.

A Tabela 1.1 mostra as vantagens e desvantagens de cada tipo de controlador, levando-se em conta o fator adequabilidade a cada necessidade na hora da implantação do sistema semaforico.

Tabela 1.1 – Vantagens e desvantagens do controlador de tempo fixo e atuado pelo tráfego

	Controlador de Tempo Fixo	Controlador Atuado pelo Tráfego
Vantagens	• Os tempos semaforicos são facilmente ajustados no campo; • Mais simples e mais barato que o outro modelo; • Em um sistema coordenado são, geralmente, eficientes, pois para a existência da progressão é necessário se ter tempos de verde e comprimento do ciclo constante; • Podem operar com diferentes planos semaforicos durante um mesmo dia, dependendo do horário.	• É ajustável à demanda e as flutuações do tráfego; • Geralmente reduzem o atraso e aumentam a capacidade da via; • Fornecem adequação às flutuações de tráfego.
Desvantagens	• Não reconhecem, nem acomodam flutuações na demanda do tráfego; • Podem causar atrasos excessivos, tanto para veículos como para pedestres.	• Possuem altos custos de implantação e também manutenção. • Falta de garantia de progressão.

Fonte: Homburger *et al* (1996); HCM (1994).

A operação de semáforos de tempo fixo é um dos mecanismos mais utilizados nas cidades do Brasil e também fora do Brasil, pois atende as expectativas dos usuários, motoristas e pedestres, e o seu custo é inferior ao do controle com semáforos atuados (ITE, 1995; *Japan Traffic Management Techonology Association*, 1999).

O semáforo de tempo fixo possui a característica de não poder variar os valores de tempos conforme a variação do volume de tráfego, embora permita o uso de mais de um

plano semaforico em uma mesma interseção. Surge daí a necessidade de analisar, inicialmente, a variação dos volumes de tráfego das aproximações ao longo do dia. Por outro lado, é também de extrema importância que se estude as variações dos volumes em médio e longo prazo, para que seja possível a avaliação de quando é que ocorre o envelhecimento dos planos existentes e, portanto, quando estes planos devem ser atualizados.

Esta dissertação tem como alvo o semáforo de tempo fixo e pretende se constituir em um instrumento de apoio aos órgãos gerenciadores de tráfego no que se refere ao estabelecimento de procedimentos necessários para assegurar a adequada atualização dos planos semaforicos. Neste trabalho é avaliado o impacto da variação do volume de tráfego ao longo do tempo sobre o desempenho de planos de semáforo de tempo fixo, isto é, é estudado o processo de envelhecimento dos planos semaforicos. Para tanto são analisadas as variações das condições de tráfego de uma rede de semáforos localizada na área central da cidade de São Paulo, e estudada a forma pela qual estas variações afetam o desempenho dos planos semaforicos.

Os planos semaforicos para uma determinada condição de volume de tráfego na rede de estudo, assim como a análise do impacto das variações destas condições sobre os planos calculados foi obtida através da utilização do programa TRANSYT - Traffic Network Study Tool (TRANSYT, 1997). Os dados necessários à utilização do programa foram fornecidos pela Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo - CET/São Paulo, relativos ao período de janeiro de 1992 a dezembro de 1995. Estes dados foram gerados pelo Sistema de Controle Semaforico por Computador – SEMCO, implantado em São Paulo desde 1989, que monitora o trânsito através de câmeras de televisão, rádio comunicação e laços detectores de tráfego.

As facilidades proporcionadas pelo programa TRANSYT tornaram possível a realização do trabalho pretendido. Basicamente, o programa simula o comportamento dos veículos nos trechos de vias da rede (*links*), calculando medidas de desempenho do tráfego para um determinado plano semaforico e, também, se for solicitado pelo usuário, a sua função de otimização leva à definição de tempos ótimos para cada fase dos cruzamentos.

1.2 – DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Os semáforos, operando de forma isolada ou em rede, precisam dispor de tempos compatíveis com as condições reais de operação do tráfego. Dentre estas, uma das mais relevantes é o volume de tráfego a ser servido em cada fase.

Enquanto os semáforos atuados ou semi-atuados conseguem, em maior ou menor grau, responder às variações do volume nas aproximações. Os semáforos de tempo fixo são dimensionados a partir de dados históricos de volume. Assim, conforme os volumes vão se modificando ao longo do tempo, os planos semaforicos vão ficando desatualizados e deixando de responder adequadamente às necessidades do tráfego, num fenômeno que a literatura denomina “envelhecimento dos planos” ou “*ageing process*”.

Esse processo de envelhecimento depende da forma pela qual se dá a variação dos volumes e do impacto que essa variação causa na eficácia dos planos. Isto é, além de conhecer as diferenças entre os volumes reais e os volumes usados no cálculo da programação de tempo fixo, o setor responsável precisa definir quando a atualização dos planos se faz necessária.

Apesar da questão do envelhecimento dos planos ser tratada com frequência na literatura, tanto brasileira como também na estrangeira, as recomendações relativas à periodicidade com a qual os mesmos devem ser atualizados são bastante escassas.

1.3 – OBJETIVOS

1.3.1 – Objetivo Geral

Proceder uma avaliação do impacto da variação dos volumes de tráfego em uma rede controlada por semáforos de tempo fixo, sobre o desempenho dos planos semaforicos, de modo a identificar a periodicidade com a qual estes planos devem ser atualizados.

1.3.2 – Objetivos Específicos

A partir de uma série histórica de dados de volumes de uma pequena rede de semáforos, pretende-se:

- analisar o processo de variação do volume nos *links*;
- simular o desempenho de planos calculados para uma determinada condição de volume quando esta condição se modifica;
- estabelecer um procedimento que permita ao órgão de gerência definir a época com a qual os planos devem ser atualizados.

1.4 – HIPÓTESE

A partir do estudo do processo de variação do volume em cada um dos *links* de uma rede semaforica, e da análise do impacto desta variação no desempenho dos planos de tempo fixo, é possível:

- identificar a necessidade de planos semaforicos distintos para diferentes meses do ano;
- identificar *links* críticos para o processo de envelhecimento dos planos;
- definir a periodicidade de atualização dos planos com base nas variações de volume nos *links* críticos.

1.5 – ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação é dividida em seis capítulos. O Capítulo 1 contém a apresentação do tema, que é o impacto do volume de tráfego sobre os planos semaforicos, além da justificativa, objetivos, e as hipóteses de estudo. A seguir, é identificada a estrutura da dissertação, contendo a apresentação dos conteúdos de cada capítulo.

O Capítulo 2 apresenta os conceitos gerais referentes aos semáforos de tempo fixo, apresentando os procedimentos para a elaboração dos planos semaforicos em todas as

suas etapas e as justificativas para a implantação deste tipo de controle. As principais características do *software* TRANSYT também são apresentadas.

O Capítulo 3 aborda questões relativas ao volume de tráfego, onde são descritas e exemplificadas as variadas formas de volume cuja variação ao longo do tempo leva à ocorrência do envelhecimento dos planos semaforicos. Também são mostrados os resultados de alguns estudos relativos ao tema presentes na literatura.

O Capítulo 4 refere-se ao estudo feito para a análise da variação do volume de tráfego ao longo do tempo, utilizando-se uma rede localizada na cidade de São Paulo. E através de dados de volume, obtidos junto a Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo, são apresentados os modelos estatísticos, assim como os resultados encontrados para o estudo de caso.

No capítulo 5 é apresentado o procedimento adotado para a avaliação do impacto da variação do volume de tráfego no desempenho dos planos semaforicos. Este capítulo inclui ainda, uma metodologia para a determinação dos *links* afetados pela não atualização dos planos.

No Capítulo 6 são apresentadas as conclusões do trabalho, e também, as sugestões para futuras pesquisas.

2 – CONTROLE DO TRÁFEGO EM INTERSEÇÕES SEMAFORIZADAS DE TEMPO FIXO

Para a melhor compreensão do trabalho, neste capítulo apresenta-se como revisão bibliográfica, a forma de controle do tráfego em interseções utilizando-se do semáforo. Tendo em vista os objetivos do trabalho, será dado maior ênfase às interseções sinalizadas com o auxílio do semáforo de tempo fixo. Ao final do capítulo são apresentados o histórico e as principais características do *software* TRANSYT, que é uma das principais ferramentas utilizadas no trabalho descrito.

O uso crescente do sistema viário, principalmente em áreas urbanas centrais, foi um dos grandes fatores contribuintes para que o poder público tomasse as atitudes necessárias na área de trânsito, especialmente no que se refere à sinalização.

Conforme estabelece o § 1º do Art. 80 do Código de Trânsito Brasileiro (1997), a sinalização deverá ser implantada em local e em posição que a tornem perfeitamente visível e legível durante o dia e a noite, em distância compatível com a segurança do trânsito, de acordo com o estabelecido nas normas e especificações do Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN.

Antes de decidir pela implantação de um semáforo, é imprescindível que os técnicos do órgão gestor avaliem cuidadosamente sua necessidade, uma vez que o controle de passagem feito através de paradas periódicas e obrigatórias dos movimentos a serem controlados, aumenta o tempo de travessia na interseção, causando desta forma atrasos adicionais ao tráfego.

Para que uma interseção seja devidamente controlada, isto é, que seja definida a melhor forma para o controle do tráfego que dela se utiliza, é necessário que as condições para a implantação de um determinado sistema de sinalização sejam observadas, obedecendo a diretrizes gerais preestabelecidas, como é o caso, por exemplo, dos critérios para implantação de semáforos estabelecidos pelo DENATRAN (1984) para o caso brasileiro, e pelo “Manual on Uniform Traffic Control Devices – MUTCD” (U.S. Federal Highway Administration, 1988) para os Estados Unidos. No entanto, é preciso

lembrar que conhecimentos subjetivos, fundamentados a partir do conhecimento local, são valiosos na tomada de decisões. Deve-se considerar, ainda que o semáforo não é a solução adequada para quaisquer problemas de movimentos conflitantes, e que sua implantação deve ser justificada após a avaliação de soluções menos custosas e, também, menos radicais. Os critérios para a implantação de um semáforo são definidos a partir da consideração dos seguintes elementos (DENATRAN, 1984; Kell e Fullerton, 1991):

- volumes veiculares mínimos em todas as aproximações da interseção;
- interrupção de tráfego contínuo;
- volumes conflitantes em interseções de cinco ou mais aproximações;
- volumes mínimos de pedestres que cruzam a via principal;
- índices de acidentes e os diagramas de colisão;
- melhoria de sistema progressivo;
- controle de áreas congestionadas;
- combinação de critérios;
- situações locais específicas.

Além da análise da conveniência de sua utilização, para que um semáforo seja implantado e o seu plano tenha um bom desempenho no local designado, é necessário, ainda, que sejam observados os seguintes aspectos (DENATRAN, 1984):

- ⇒ o número de fases deve ser o menor possível, a fim de reduzir ao mínimo o tempo perdido em cada ciclo;
- ⇒ o número de movimentos não conflitantes, que ocorrem em cada fase, deve ser máximo;
- ⇒ quando há mais de duas fases em um ciclo, a sua ordem deve ser observada, pois isto influi no rendimento e segurança do cruzamento.

2.1 – CONCEITOS BÁSICOS

De acordo com o ITE (1995), o primeiro semáforo implantado em uma interseção na cidade de *Cleveland* tinha como objetivo prevenir acidentes, alternar o direito de

passagem, bem como minimizar a demora e o consumo de combustível. Ribeiro (1991) diz, em seu trabalho *Influence of Flow Variation on Fixed-Time Signal Control*, que o mais importante dispositivo para o controle de interseções é o semáforo, alternando o direito de passagem e oferecendo vantagens sobre outras formas de controle, como por exemplo maior segurança.

Somente na cidade de São Paulo existem aproximadamente 5.000 cruzamentos semaforizados, sendo que destes: 46% são eletrônicos, 41% são eletromecânicos que permitem até quinze tipos de programação (de acordo com o horário do dia e o dia da semana) e 13% são amarelo piscante. Dentre os eletrônicos, 35 % são de tempo fixo e, pertencentes ao sistema SEMCO, de controle por computador. A Figura 2.1 mostra a distribuição dos tipos de semáforos utilizados em São Paulo.

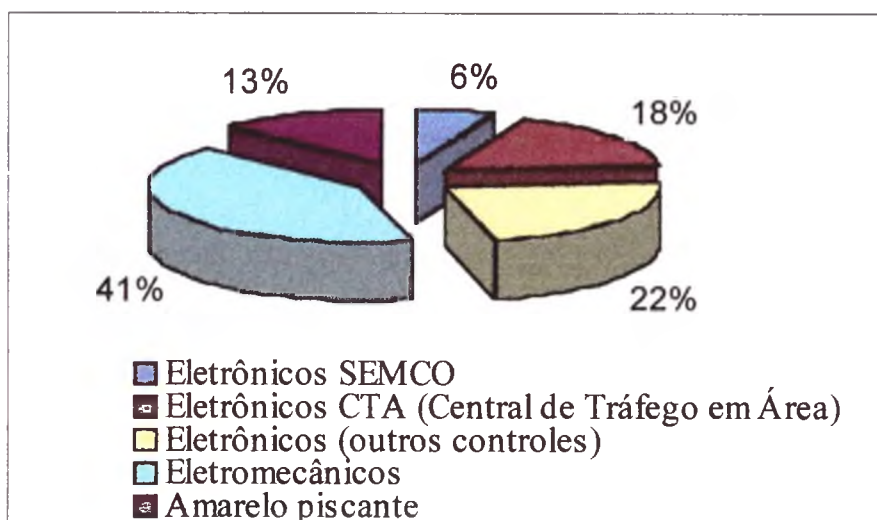


Figura 2.1 Controle semaforico na cidade de São Paulo

Fonte: Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo, 1999.

Para que exista um bom desempenho do tráfego no que se diz respeito à fluidez, segurança e conforto, é necessário que haja um bom dimensionamento dos planos semaforicos. Isto é, faz-se necessário estabelecer um controle adequado do direito de passagem dos veículos e pedestres nas interseções controladas por semáforos (DENATRAN, 1984).

O dimensionamento de planos semaforicos consiste na definição da duração e da

seqüência das diferentes indicações luminosas do semáforo que, da melhor maneira possível, controlarão o fluxo de tráfego nas interseções, tendo como finalidade promover a fluidez e a segurança do tráfego, um menor consumo de combustível, redução no índice de poluição, dentre outros itens. Na elaboração de um plano semafórico para uma rede de semáforos, quatro elementos devem ser considerados: duração do ciclo, fase, intervalo e *offset*.

- **Duração do ciclo:** é o tempo necessário para que todos os movimentos que utilizam a interseção recebam o direito de passagem. Corresponde à seqüência completa das indicações luminosas, ou seja, de verde, amarelo e vermelho para os grupos focais.
- **Fase:** é a porção do ciclo semafórico durante a qual os movimentos que recebem o direito de passagem são constantes (Akcelik, 1981; Kell e Fullerton, 1991; HCM, 1994). Para o manual do DENATRAN (1984) fase é a seqüência de indicações das cores verde, amarelo e vermelho aplicada a uma ou mais correntes de tráfego (movimento). E ainda, conforme este manual, o conceito de fase apresentado no início desta definição, está diretamente associado ao termo “estágio”. A Figura 2.2 mostra um exemplo de diagrama de fases, conforme o conceito a ser adotado neste trabalho.

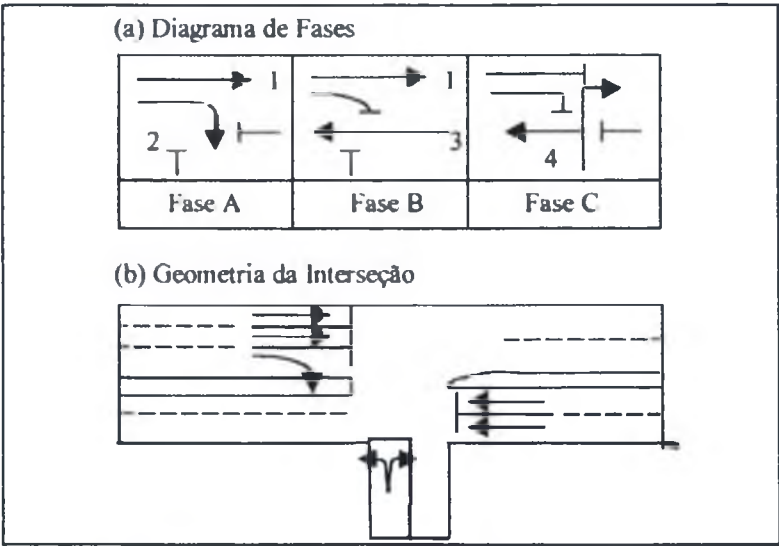


Figura 2.2 – Exemplo de um diagrama para uma interseção em “T”

Fonte: Adaptado de Akcelik, 1981.

- **Intervalo (ou *split*):** parte do ciclo durante a qual todas as indicações luminosas, tanto de veículos como de pedestres, são constantes.

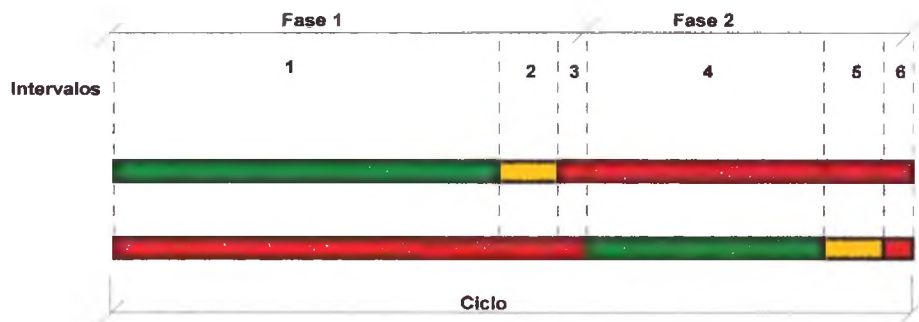


Figura 2.3 – Esquema dos intervalos de tempo para duas fases

- **Offset (ou defasagem)** é o intervalo de tempo entre um ponto de referência definido para o sistema e o ponto de início do ciclo em cada semáforo que compõe o sistema. O *offset*, de um semáforo relativo a outro, é identificado como o tempo compreendido entre os inícios do tempo de verde dos dois semáforos, oferecidos à mesma corrente de tráfego.

Um outro elemento de extrema importância na determinação dos planos semaforicos é o fluxo de saturação.

Define-se fluxo de saturação como o número máximo de veículos que poderia passar através de uma aproximação de interseção semaforizada, se o sinal verde estivesse disponível durante uma hora completa (HCM, 1994). A unidade usualmente indicada para o fluxo de saturação é veículo por hora de verde (vphv). Os fatores que influenciam no valor desta taxa são: geometria viária, condições operacionais, características do tráfego, tempo, condições do pavimento, entre outros.

O controle semaforico pode ser efetuado através de vários métodos, dentre os quais estão os semáforos atuados e os de tempo fixo. Neste trabalho a ênfase será no controle semaforico de tempo fixo.

O semáforo de tempo fixo tem como objetivo básico assegurar o direito de passagem de

veículos e pedestres de acordo com tempos predeterminados através de dados de volumes históricos. Desta forma, o semáforo sinaliza o cruzamento com o tempo de verde, amarelo e vermelho iguais para todos os ciclos (para semáforos operando em rede o tempo de *offset* também é constante), independentemente da variação do volume de veículos que chega nas aproximações em tempo real.

2.2 – PLANO SEMAFÓRICO DE TEMPO FIXO

Para se efetuar a implantação de um plano semafórico de tempo fixo para uma determinada interseção, operando em rede ou isoladamente, a seguinte seqüência de procedimentos deve ser adotada (DENATRAN, 1984):

a) análise da configuração e da operação do tráfego, onde devem ser observados os seguintes elementos:

- número de faixas;
- largura das faixas;
- greide (%);
- existência de estacionamento;
- operação de ônibus;
- etc.

b) determinação do volume de projeto:

Determinar o volume do tráfego a ser adotado no dimensionamento, geralmente obtido a partir de contagens em intervalos com 15 minutos de duração efetuadas na(s) hora(s) de pico. O volume de projeto é, usualmente, a taxa de fluxo correspondente aos 15 minutos de maior volume dentro do período de observação (V_{HP}).

c) elaboração do diagrama de fases:

Definir as fases de um plano semafórico de modo que os movimentos conflitantes sejam

minimizados. Deve-se considerar que um número muito grande de fases pode levar à ineficiência do plano semaforico devido ao aumento no atraso sofrido pelos usuários da interseção. Deve-se considerar vários fatores na determinação do número de fases, como por exemplo, geometria, volumes de pedestres e de veículos.

d) determinação do fluxo de saturação:

Conforme definido anteriormente o fluxo de saturação é expresso por veículos por hora de verde (vphv), ou ainda, por unidade de carros de passeio por hora de tempo de verde (ucphtv). O fluxo de saturação é de fundamental importância para os estudos da engenharia de tráfego, tanto na análise operacional quanto no andamento dos projetos de interseções.

A partir do conhecimento do valor do fluxo de saturação, pode-se estimar os atrasos de veículos e, como consequência os valores de nível de serviço de uma interseção semaforizada de acordo com as oscilações dos valores do fluxo de tráfego ao longo do dia, contribuindo ainda em projetos a serem implantados, determinando quais condições irão prevalecer com as mudanças na geometria viária, nos estacionamento, nos cruzamentos e adjacências (GALVÃO, 1999). Existem vários fatores que afetam o fluxo de saturação, dentre eles, destaca-se os mostrados na Tabela 2.1:

Tabela 2.1 – Fatores que influenciam no fluxo de saturação

FATOR	ELEMENTOS QUE INFLUENCIAM NO FLUXO DE SATURAÇÃO
Geométrico	• Largura da aproximação • Largura das faixas • Número de faixas • Greide • Raio de curvatura para as conversões • Comprimento das faixas de armazenamento
Condições de operação	• Tempos e combinações das fases do semáforo • Características do pico • Atividades de estacionamento • Funcionamento de pontos de ônibus
Características do tráfego	• Composição do tráfego • Movimentos de conversão • Atividades de pedestres
Fatores diversos	• Tempo • Comportamento do motorista • População da área • Condições do pavimento • Uso do solo nas áreas lindeiras

Fonte: Stokes, R. W (1989)

e) determinação do tempo perdido total:

Conforme a Figura 2.4 mostra, a partir do início do tempo de verde, a taxa de escoamento do pelotão de veículos (grupo compacto de carros) cresce de zero até atingir um valor constante que é o fluxo de saturação voltando a decrescer no final do verde, e atingindo novamente o valor zero ao final da indicação “amarelo” do semáforo. Isto ocorre porque no início do tempo de verde de cada fase, os veículos levam um determinado tempo para atingir a velocidade normal de operação. Após o término do tempo de verde e o início do tempo de amarelo o fluxo começa a diminuir, sendo que alguns motoristas decidem parar e outros ultrapassam o sinal até que a quantidade de ultrapassagens atinge o valor zero. Ao se tentar aproximar a área sob a curva, que representa a variação da taxa de descarga ao longo de uma fase, por um retângulo, com altura correspondente ao fluxo de saturação, obtém-se tempos no início e no final da fase que correspondem ao tempo não utilizado para a descarga caso durante todo o tempo correspondente a base do retângulo (verde efetivo) todo o fluxo de veículos

tivesse sido escoado à taxa de fluxo de saturação. Desta forma são obtidos os chamados tempos perdidos, no início e final de cada fase.

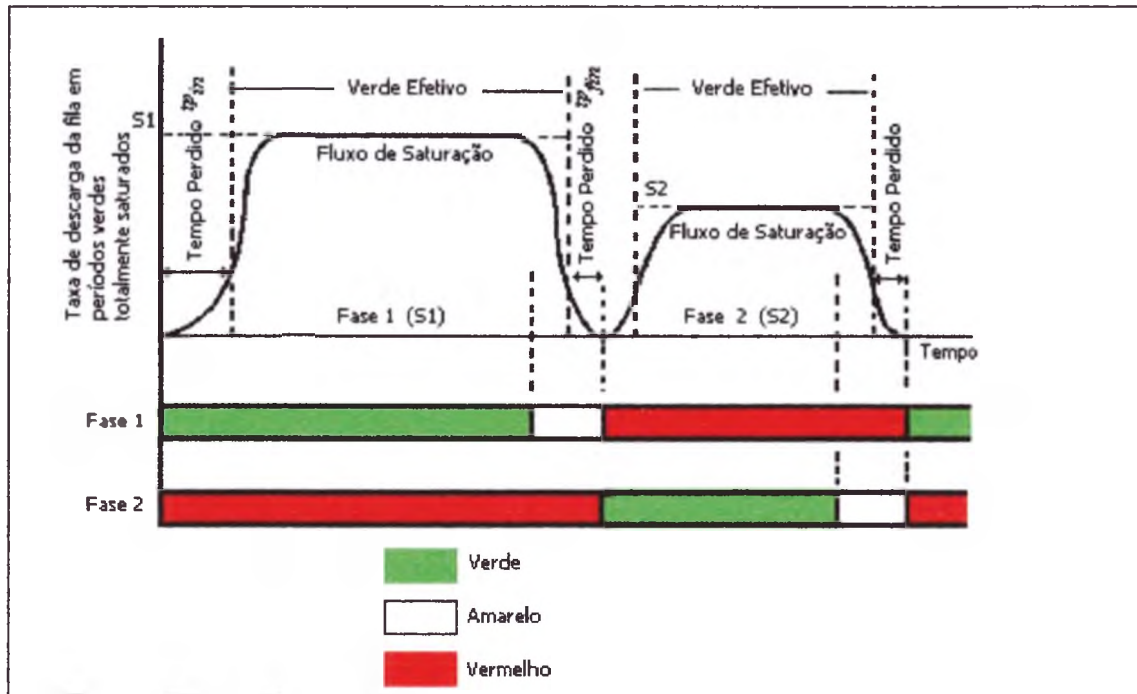


Figura 2.4 – Diagrama do tempo perdido

Fonte: DENATRAN, 1984

Logo:

$$l_i = tp_{in} + tp_{fin} \quad (2.1)$$

onde:

l_i = tempo perdido na fase “i” (seg);

tp_{in} = tempo perdido inicial da fase “i” (seg);

tp_{fin} = tempo perdido final da fase “i” (seg).

No entanto o tempo perdido em cada fase, pode ser definido através da seguinte expressão:

$$l_i = g_i + ta_i - g_{ef_i} \quad (2.2)$$

sendo:

g_i = tempo de verde da fase “i” (seg);

ta_i = tempo de amarelo da fase “i” (seg);

g_{ef_i} = tempo de verde efetivo da fase “i” (seg).

Em alguns casos, como forma de assegurar que no início do verde de uma fase o fluxo liberado na fase anterior esteja suspenso, é introduzido no final de cada fase um tempo de vermelho geral para o cruzamento, chamado vermelho total.

Desta forma, o tempo perdido total em um ciclo é o somatório dos tempos perdidos de cada fase, adicionado a soma do vermelho total de cada fase:

$$T = \sum_{i=1}^n vt_i + \sum_{i=1}^n l_i \quad (2.3)$$

Sendo:

T = tempo perdido total (seg);

vt_i = vermelho total da fase “i” (seg);

l_i = tempo perdido na fase “i” (seg);

n = número de fases.

f) cálculo da taxa de ocupação:

O cálculo da taxa de ocupação que é associado a cada movimento necessita de conhecimento dos volumes (Webster, 1966). Através do cálculo dessa taxa é mostrado o quanto à aproximação é solicitada pela demanda, face ao fluxo de saturação. Isto é:

$$y_j = \frac{V_{HPj}}{S_j} \quad (2.4)$$

Onde:

y_j = taxa de ocupação do movimento “j”.

V_{HPj} = volume de projeto do movimento “j”;

S_j = fluxo de saturação do movimento “j”.

Admitindo que o ciclo possua “n” fases, teremos:

$$Y = \sum_{i=1}^n y_{cr_i} \quad (2.5)$$

Sendo:

Y = somatório das taxas de ocupação;

y_{cr_i} = o maior valor da taxa de ocupação (j) calculado para cada um dos movimentos servidos pela fase “i”.

Em cruzamentos de grandes cidades existem locais críticos, nos quais a soma das taxas de ocupação das fases atinge valores superiores a um, tornando-se matematicamente impossível a operação da interseção, a não ser que ocorram mudanças de demanda ou até na geometria do local (Boletim Técnico da CET, 1973).

g) determinação do grau de saturação:

É o coeficiente indicador de quanto a demanda (V_{HP}) existente está próxima da capacidade horária da aproximação (cap) nas condições existentes de operação do cruzamento:

$$x = \frac{V_{HP}}{cap} \quad (2.6)$$

Sendo:

$$cap = \frac{g_{ef_i}}{C} S \quad (2.7)$$

Onde:

g_{ef} = tempo de verde efetivo da fase associada à aproximação (seg);

C = duração do ciclo (seg);

S = fluxo de saturação da aproximação.

h) cálculo do tempo de ciclo:

A expressão usada para a determinação do ciclo que gera um mínimo de atraso nas interseções, segundo Webster (1966), denominado ciclo ótimo, é a seguinte:

$$Co = \frac{1,5T + 5}{1 - Y} \quad (2.8)$$

Onde:

Co = duração do ciclo ótimo (seg);

T = tempo perdido total (seg);

Y = soma das taxas de ocupação crítica de cada fase do cruzamento (y_{crit_i}).

Na prática, os limites de ciclo vão de 25 a 120 segundos (DENATRAN, 1984) e de acordo com estudos realizados, ciclos na faixa de 0,75 a 1,50 do ciclo ótimo produzem atrasos que não ultrapassam a valores de 10 ou 20% do atraso que seria obtido com o ciclo ótimo.

Outras formas de determinação do tempo de ciclo são encontradas na literatura, e não serão aqui apresentadas por estarem fora do escopo desta dissertação. Todas elas, no entanto, tem no volume de tráfego em cada aproximação um parâmetro fundamental para o cálculo da duração do ciclo.

i) cálculo para determinação do verde de cada fase:

A duração do tempo de verde da fase “i” (g_i) é determinada pela seguinte expressão:

$$g_i = g_{ef_i} + l_i - ta_i \quad (2.9)$$

Onde:

l_i = tempo perdido na fase “i”;

ta_i = tempo de amarelo da fase “i”.

g_{ef_i} = tempo de verde efetivo da fase “i”;

Sendo o tempo de verde efetivo (g_{ef_i}) calculado a partir da seguinte expressão:

$$g_{ef_i} = \frac{y_{crit}^i}{Y} (C - T) \quad (2.10)$$

Onde:

y_{crit}^i = taxa de ocupação crítica da fase “i”;

Y = somatória das taxas de ocupação crítica das fases do cruzamento;

C = tempo de ciclo;

T = tempo perdido total.

Em casos de ciclos semaforicos onde existe a travessia de pedestre, será necessária a utilização da seguinte equação para o cálculo do tempo de verde efetivo:

$$g_{ef_i} = \frac{y_{crit}^i}{Y_{veic}} (C_o^{(p)} - g_{min}^{(p)} - T) \quad (2.11)$$

Onde:

$C_o^{(p)}$ = tempo de ciclo ótimo com travessia de pedestres;

$g_{min}^{(p)}$ = tempo mínimo de verde da fase associada à travessia de pedestres;

Y_{veic} = somatória das taxas de ocupação crítica (calculados somente em função do movimento de veículos).

j) elaboração do diagrama de tempos:

O diagrama de tempos tem como objetivo indicar os instantes de tempo em que há mudança nos intervalos, com a respectiva mudança na seqüência de cores em pelo menos uma fase. Um exemplo pode ser visto na Figura 2.5, mostrada a seguir:

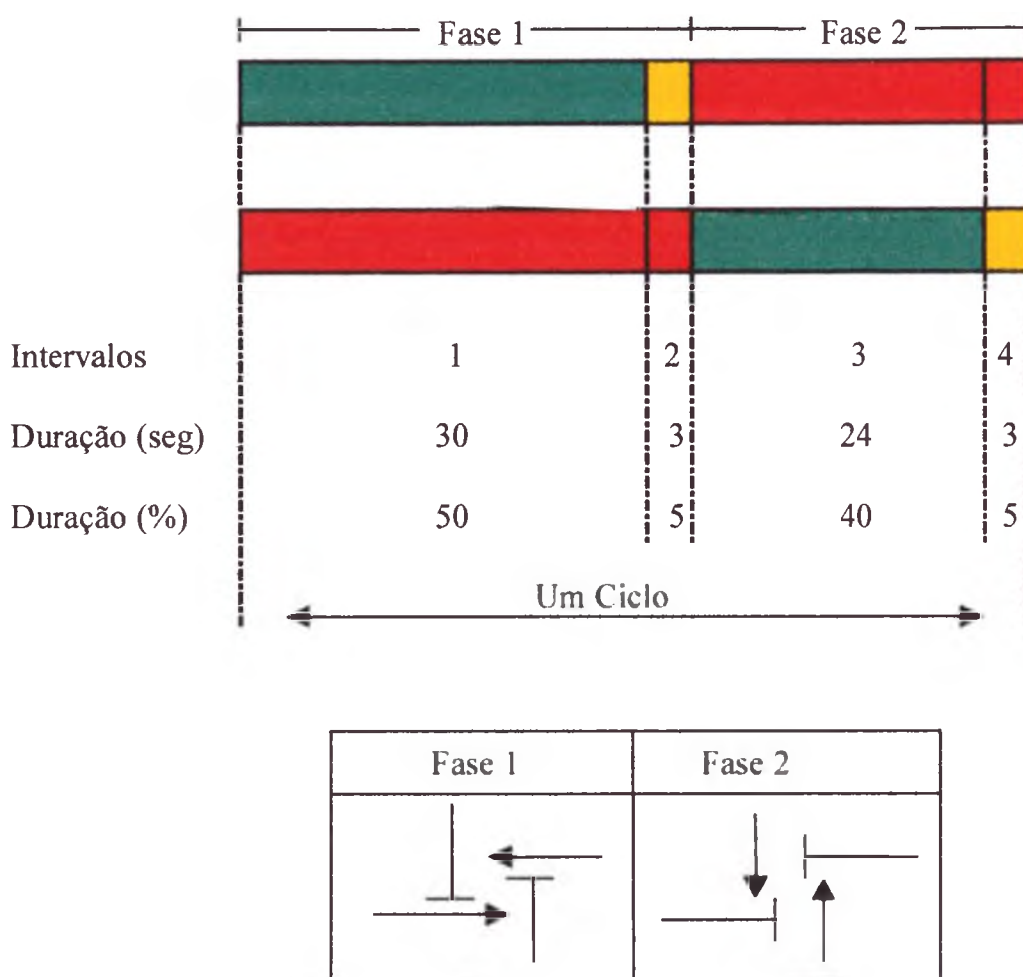


Figura 2.5 – Exemplificação do diagrama de tempos

Fonte: Manual de Semáforos do DENATRAN (1984)

k) determinação dos “offsets” (defasagens), para o caso de semáforos operando em rede:

Como já foi definido anteriormente, *offset* é a diferença de tempo entre o início dos tempos de verde entre dois semáforos sucessivos. O tempo de *offset* ideal entre semáforos trabalhando em rede é aquele que privilegia o maior número de veículos que trafegam através de uma via. Assim, quando os primeiros veículos partem de um semáforo em direção ao outro, procura-se otimizar o movimento do maior número de veículos.

Desta maneira, é interessante que seja estabelecido para as interseções um sistema

progressivo de abertura de semáforos, que permita a maior continuidade possível dos movimentos entre interseções adjacentes. Contrapondo-se às interseções que atuam de maneira isolada, os semáforos constituintes de uma rede também atuam como um “todo”, e não somente isolado. Estes sistemas podem formar entre si o que denominamos de rede aberta ou fechada de acordo com a Figura 2.6, a seguir:

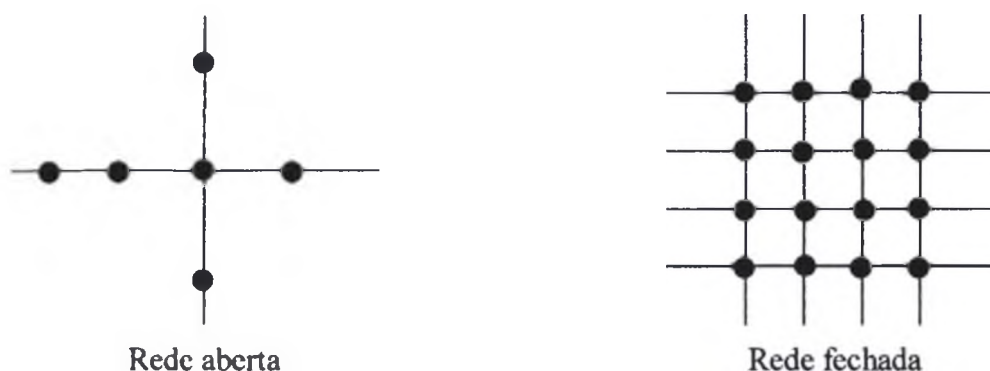


Figura 2.6 – Tipos de rede de tráfego

Fonte: DENATRAN – Manual de Semáforos (1984)

O controle é feito a partir de ajustes nos *offsets* dos semáforos que integram a rede, com esse tipo de coordenação. O conceito de *offset* fica graficamente representado através da Figura 2.7 a seguir apresentada:

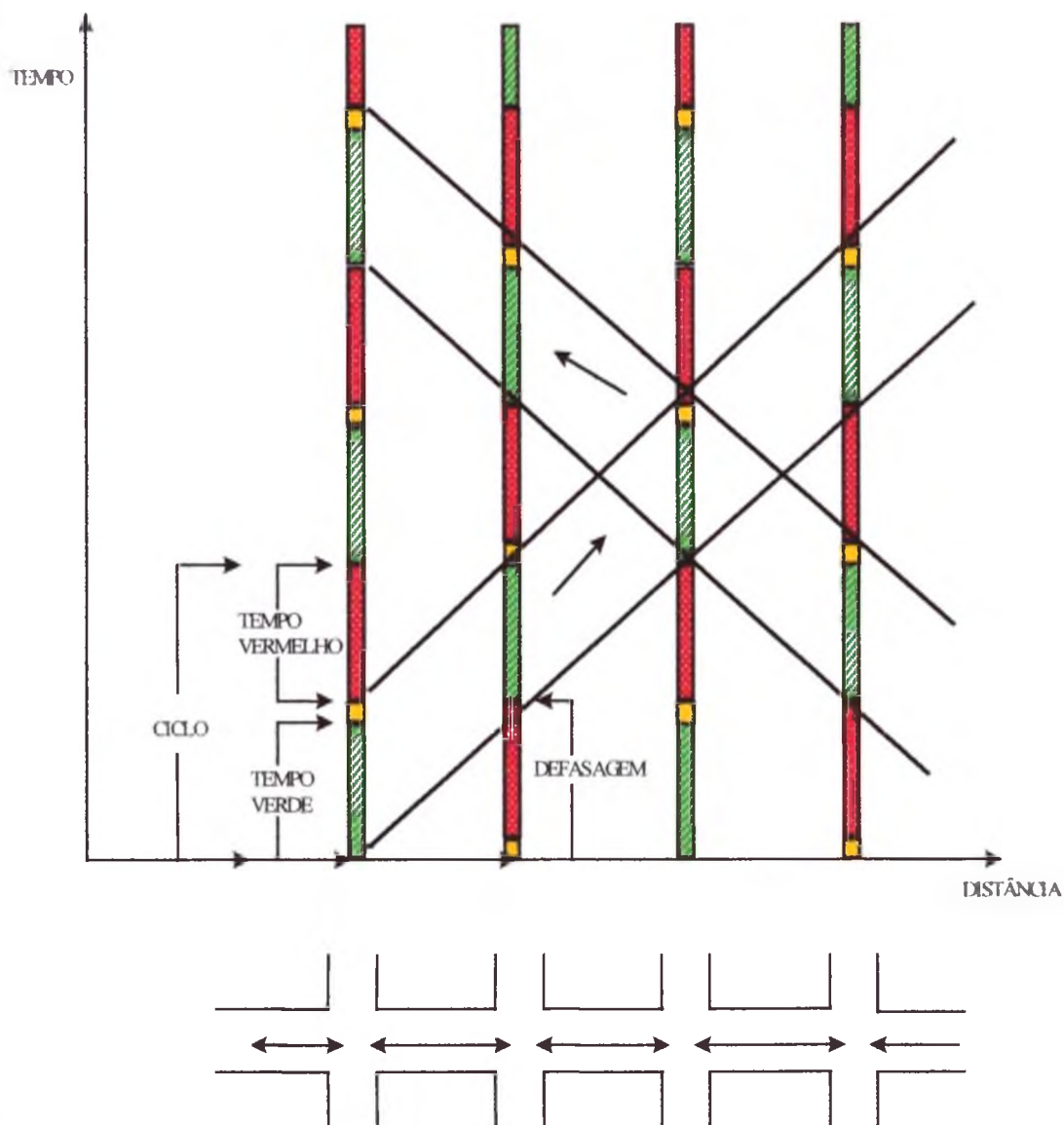


Figura 2.7 – Diagrama de Espaço x Tempo.

Fonte: DENATRAN – Manual de Semáforos (1984)

2.3 – SOFTWARE TRANSYT

O *software* TRANSYT foi desenvolvido em meados de 1960 na Inglaterra, a partir de algoritmos matemáticos e técnicas de otimização (Robertson, 1969). É um dos instrumentos mais utilizados no mundo para a geração de planos semafóricos de tempo fixo, especialmente para a operação de sistemas em rede, sendo que este programa procura minimizar, sistematicamente, os atrasos e paradas dos veículos. As versões mais recentes do TRANSYT permitem a consideração de outros fatores, além dos atrasos e

paradas, para a determinação de planos ótimos.

2.3.1 – Histórico das Versões do *Software*

No decorrer dos anos a utilização do TRANSYT tornou-se bastante popular em todo o mundo. O *software* sofreu constantes aperfeiçoamentos entre a sua primeira versão, usualmente chamada de TRANSYT – 1, e a mais recente, TRANSYT – 9. Uma das versões utilizadas é a TRANSYT – 7, que foi modificada em 1981 pela *Transportation Research Center* da Universidade da Flórida (EUA) e renomeada para TRANSYT – 7F. Essa versão foi muito utilizada e também aperfeiçoada na América do Norte. No entanto, a nomenclatura TRANSYT – 7F não foi modificada, ao contrário do que aconteceu na versão inglesa. A Tabela 2.2 apresenta em ordem cronológica as versões do *software*, desenvolvidas na Inglaterra, enquanto que a Tabela 2.3 mostra as modificações feitas no TRANSYT – 7F.

Tabela 2.2 – Alterações nas versões do TRANSYT

Versão	Ano	Descrição
TRANSYT – 1	1967	Versão Original
TRANSYT – 2	1968	Versão do programa em FORTAN – IV. Nesta, foi possível inserir um número maior que 3 controladores de fases.
TRANSYT – 3	1970	O programa foi reorganizado para facilitar a entrada e conferência dos dados.
TRANSYT – 4	1971	Nesta versão, foi acrescentada uma rotina para o cálculo de tempos iniciais de semáforos e, também permitiu a geração de gráficos de modelos de fluxo e a representação de dois tipos de tráfego para uma linha de parada.
TRANSYT – 5	1972	Esta versão forneceu múltiplos <i>links</i> em uma parada. A partir desta versão, o programa passou a considerar a velocidade de progressão dos ônibus e os atrasos nas paradas ao longo dos <i>links</i> .
TRANSYT – 6	1975	Foram acrescentadas melhorias no modelo que consideram paradas e facilitou a utilização do programa por computadores menores.
TRANSYT – 7	1978	Foi eliminada a necessidade de especificar a ordem em que os <i>links</i> foram calculados e implementados mudanças no processo de otimização.
TRANSYT – 8	1981	Incluíram-se os custos de atrasos e paradas fornecendo as estimativas do consumo de combustível. São fornecidas uma saída preliminar para ajudar no processo de seleção do tempo de ciclo e uma opção para reduzir a probabilidade de filas excessivas nas seções selecionadas da pista.
TRANSYT – 9	1987	Esta versão pode ser usada em microcomputadores e tem suporte para dados de entrada, seleção de ciclo, sequência de fases e apresentação de gráficos.

Fonte: Wallace et al. 1991

Tabela 2.3 – Alterações na versão modelo TRANSYT-7F.

Versão	Data	Descrição
1	Janeiro, 1981.	Versão inicial do programa, distribuída para cidades que faziam parte do Projeto Nacional de Otimização de Tempo de Semáforo (National Signal Timing Optimization Project – NSTOP).
2	Julho, 1981.	Versão revisada do programa, disponível para distribuição geral.
3	Fevereiro, 1983.	Esta versão melhorou os dados de saída e a checagem de erros, e acrescentou capacidades para um arquivo de dados de entrada e avaliação do intervalo de ciclo.
4	Junho, 1984.	O programa foi convertido para funcionar em microcomputadores. A capacidade para fazer diagramas de progressão de pelotão (PPD) foi acrescentada.
5	Junho, 1987.	Acrescentou quatro capacidades significantes ao submodelo de simulação: Modelo para movimentos de conversão permitidos e na presença de fluxos opostos; tratamento explícito de controle com placa pare; modelação de movimentos divididos em faixas.
6	Outubro, 1988.	Foram implementadas as seguintes modificações: melhora no manuseio do controle autuado; restrição da largura da banda; expansão da função objetiva de otimização; melhora dos gráficos de perfis de fluxo e dos resumos de rotas, otimização de fases para nós agrupados, recomendação de nós para ciclo duplo.
7	Junho, 1992.	Implementação das seguintes modificações: otimização de oportunidades de progressão (PROS); manuseio de fases com sobreposição de movimentos permitidos; permissão para otimização de nós específicos mais que uma vez em cada step; aumento da rede para 100 nós e 600 <i>links</i> ; permissão de 5 dígitos para números de nós e links, fornecimento do esquemas padrão e NEMA para a representação dos números dos <i>links</i> ; melhora dos relatórios de saída; e outras modificações.

Fonte: Wallace et al. 1991

2.3.2 – Características do TRANSYT – 7F

Neste trabalho, foi utilizado o TRANSYT – 7F com a atualização feita pela Universidade da Flórida em 1992 (versão 7.2). Essa versão, a exemplo das demais, tem uma construção modular, sendo que cada subprograma possui uma função específica. De acordo com a Figura 2.8, pode-se verificar que sua estrutura é formada por um pré – processador e um pós – processador de dados, ligados aos submodelos do TRANSYT que são os submodelos de simulação e otimização.

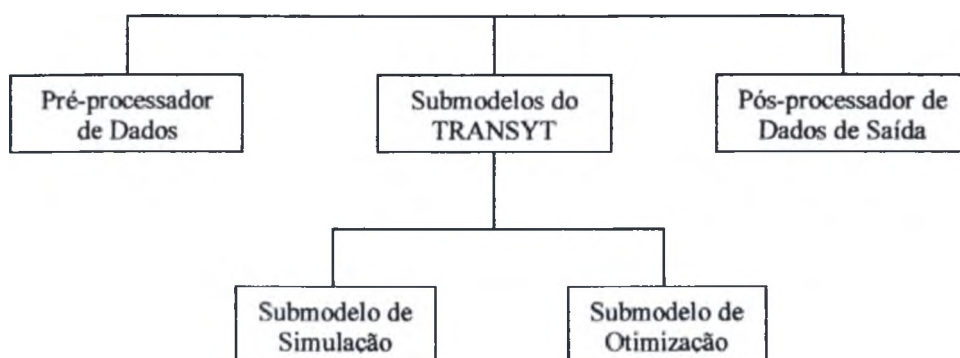


Figura 2.8 – Estrutura básica do TRANSYT – 7F

Fonte: Wallace et al. 1991

O pré-processador de dados tem como função ler os arquivos de entrada, excetuando-se os cartões *Route Summary* e *Termination*, que são lidos pelo pós-processador. Outra função do pré-processador é gerar uma série de seqüências de linhas que determinam a ordem em que os *links* são simulados. O pós-processador de dados de saída prepara os relatórios e diagramas contendo os resultados da simulação e/ou otimização realizadas de forma a facilitar a compreensão dos mesmos pelos usuários. As principais saídas de dados são:

- relatório dos dados de entrada;
- relatório contendo medidas de desempenho;
- tabelas contendo os elementos do plano semafórico;
- diagramas de perfil de fluxo;
- diagramas espaço-tempo e,
- relatórios resumos de rotas selecionados pelo usuário.

O modelo TRANSYT – 7F é composto principalmente de dois submodelos, conforme visto na Figura anteriormente mostrada, descrita como:

- Submodelo de Simulação;
- Submodelo de Otimização.

2.3.2.1 – Submodelo de Simulação

Simula o fluxo de tráfego em sua situação real, sendo consideradas as seguintes hipóteses simplificadoras:

- as principais interseções são semaforizadas;
- os semáforos em rede possuem ciclo de comprimento comum, sendo admitido que algumas interseções operem com ciclo igual a metade do ciclo comum;
- as entradas de tráfego na rede são constantes e especificadas para cada aproximação;
- a proporção de veículos virando a esquerda ou direita, em cada semáforo é constante ao longo do ciclo.

A rede é representada por um conjunto de nós e *links*. Os nós representam as interseções e os *links* os movimentos de tráfego direcionado para um nó. O submodelo simulação é macroscópico, ou seja, analisa os veículos de forma global, e não individualmente. Como os veículos são analisados em grupos (pelotões), em algumas publicações o submodelo de simulação do TRANSYT é classificado como mesoscópico.

Na simulação do tráfego, o aspecto mais importante é o modo com que se modela o fluxo ao longo dos *links*. Em cada *link*, o tráfego é simulado para intervalos de tempo pré-definidos (*steps*), baseados em três tipos de padrões de fluxo:

- Padrão de chegada (Padrão-IN): indica as taxas de chegada dos veículos na aproximação ao longo do ciclo, ou seja, é o padrão que chegaria na linha de parada ao final do *link* se o tráfego não fosse impedido pelo semáforo. O padrão de chegada para *links* externos possui distribuição uniforme, enquanto que os

links localizados entre nós, apresentam um padrão de chegada calculada a partir do padrão de partida (OUT) do *link*, ou dos *links* que o alimentam, sendo que esses padrões de partida sofrem um processo de suavização ao longo do *link* simulado.

- Padrão de saturação (Padrão-GO) é igual ao valor de entrada do fluxo de saturação do *link*. Os valores de padrão de saturação para o primeiro e os últimos *steps* são ajustados para computar o tempo perdido inicial e o final, que são valores fornecidos pelo usuário.
- Padrão de partida (Padrão-OUT) indicam as taxas efetivas do fluxo deixando a linha de retenção ao longo do tempo de verde. Esse padrão é calculado por *step* e geralmente igual ao padrão de saturação quando há uma fila e igual ao padrão de chegada quando a fila se dissipou.

Esses padrões podem ser melhor compreendidos através da Figura 2.9.

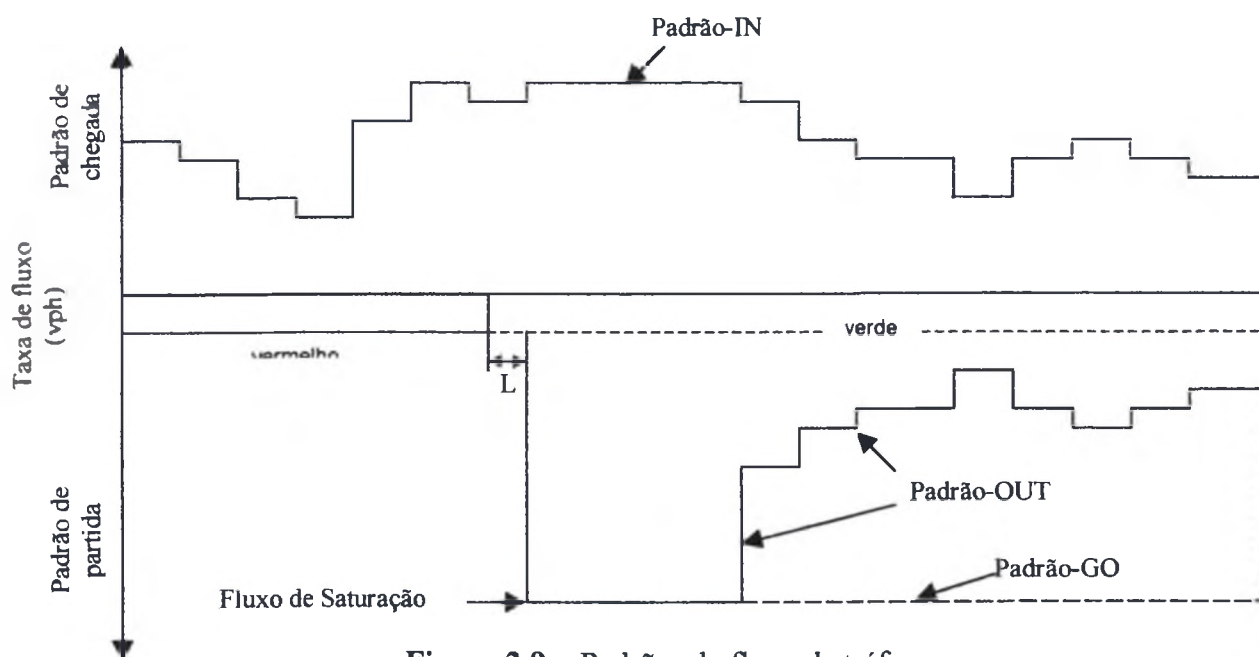


Figura 2.9 – Padrões de fluxo de tráfego

Fonte: Wallace et al. 1991

No diagrama de fluxo elaborado pelo TRANSYT-7F, o Padrão-GO e o Padrão-OUT são sobrepostos ao Padrão-IN. A Figura 2.10 mostra o diagrama de fluxo para um *link* que precede um nó com um ciclo de comprimento igual a metade do comprimento do ciclo comum da rede.

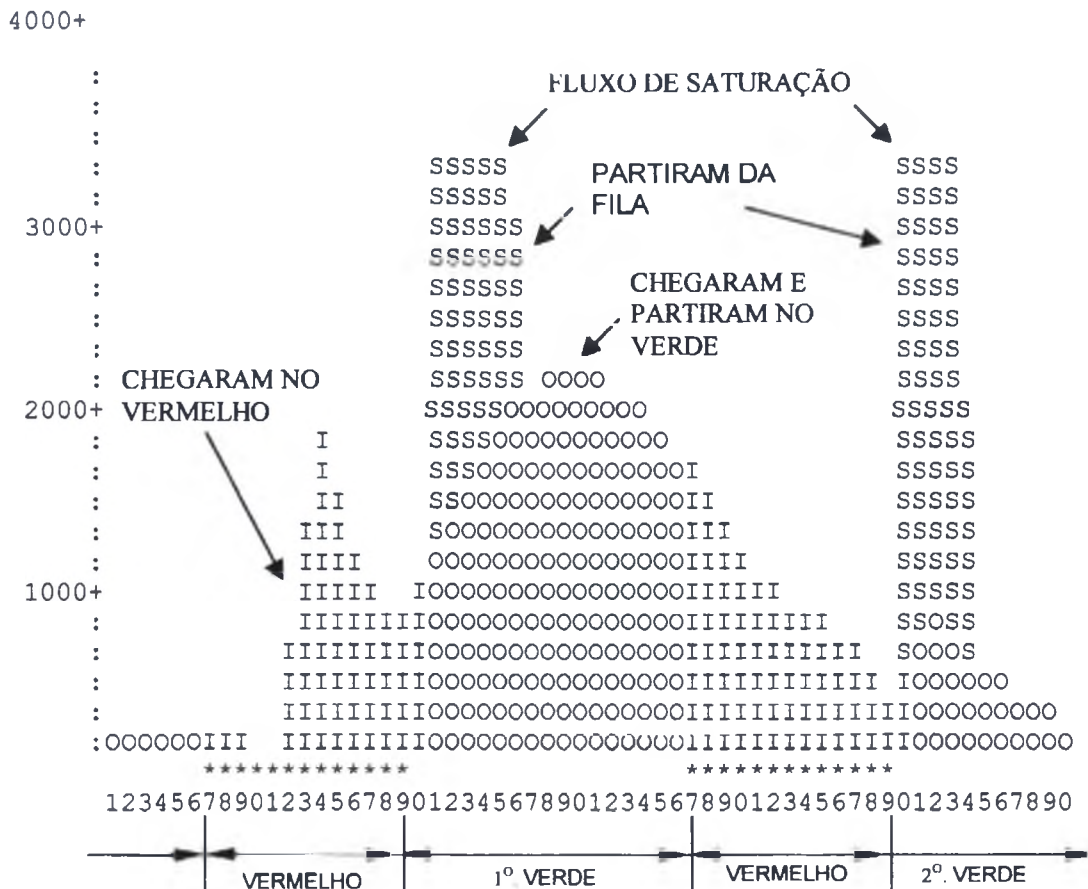


Figura 2.10 – Diagrama dos padrões de fluxo

Fonte: Wallace et al. 1991

2.3.2.2 – Submodelo de Otimização

Procura minimizar os valores de PI (índice de desempenho) a partir de um determinado valor do comprimento do ciclo, para toda uma rede, levando em consideração os atrasos e paradas, dentre outros itens. Esse submodelo permite ao usuário ter um certo controle sobre o processo de otimização, através da modificação de alguns parâmetros, tais como o número e a duração dos intervalos de tempo a serem adotados nas buscas sequenciais para a definição do mínimo valor de PI.

Quando o *software* TRANSYT 7F otimiza, ocorre o processo que minimiza (ou mesmo, maximiza, dependendo da seleção) uma função objetivo chamada de índice de desempenho, **ÍNDICE DE DESEMPENHO (PI)**. O PI é constituído por um **ÍNDICE DE DESUTILIDADE PADRÃO (DI)** acrescido ou não de um fator que reflete a

oportunidade de progressão no sentido do deslocamento (PROS). No caso do PI ser definido com base apenas no DI (PI=DI), durante o processo de otimização é buscado o valor mínimo para a função.

O índice de desutilidade padrão (DI) é calculado como uma combinação linear dos atrasos e número de paradas, complementada, a critério do usuário, por outros elementos que são:

- grupos de *links* a receberem prioridade no processo de otimização;
- máximo comprimento da fila admissível para os *links*.

Dessa forma o DI pode ser expresso através da Equação 2.12:

$$DI = \sum_{i=1}^n \{ [w_{di} \times d_i + K \times w_{Si} \times S_i] + U_i [w_{di-1} \times d_{i-1} + K \times w_{Si-1} \times S_{i-1}] + \dots + Q \times B_i [W_q (q_i - qc_i)^2] \} \quad (2.12)$$

Onde:

DI = índice de desutilidade;

d_i = atraso no *link* “i”, em veículo-h;

n = número total de *links*;

d_{i-1} = atraso num *link* anterior “i-1”, alimentador do *link* “i”;

K = fator de penalidade que expressa a importância das paradas relativas ao atraso;

S_i = paradas no *link* “i” em paradas/seg;

S_{i-1} = paradas no *link* “i-1” alimentador do *link* “i”, em paradas/seg;

W_{xi} = fator de peso de um *link* específico “i” (e *link* “i-1”), relativo ao atraso (w_{di}) e às paradas (w_{Si});

U_i = variável binária que é igual a “1” se foi estabelecido peso *link-a-link* para o *link* “i”, ou “0”, caso contrário;

Q = variável binária definida pelo usuário que é igual a “1” se uma penalidade para o comprimento máximo de fila é incluída no DI e “0”, caso contrário;

B_i = variável binária que é igual a “1” se o comprimento máximo de propagação da fila

excede a capacidade acumulada especificada pelo usuário, ou “0”, caso contrário;
 W_q = penalidade válida para toda a rede aplicada ao excesso da propagação da fila frente à capacidade de acomodação do *link*;
 q_i = comprimento máximo da propagação da fila computado no *link* “i”; e
 qc_i = capacidade máxima de acomodação da fila no *link* “i”.

No caso do usuário adotar $U_i = 0$ e $Q = 0$, a expressão para o cálculo de DI fica reduzida a apresentada na equação 2.13.

$$PI = \sum_{i=1}^n (atraso_i \times peso\ atraso) + \sum_{i=1}^n (n^o\ paradas_i \times peso\ paradas) \quad (2.13)$$

Onde:

$atraso_i$ = atraso total observado no *link* i (veíc.h/h);
 $n^o\ paradas_i$ = nº de paradas observado no *link* i (veíc/s);

peso atraso = peso atribuído ao atraso observado em cada *link*;
peso paradas = peso atribuído às paradas observadas em cada *link*;
 n = numero de *links* da rede.

A Figura 2.11 mostra a relação entre o atraso e o grau de saturação. Esta relação explica porque, o programa, no processo de otimização com DI, tende a beneficiar prioritariamente os *links* que apresentam um alto grau de saturação, denominado por X. Uma pequena redução de X nestes *links* leva a uma significativa redução do atraso. Verifica-se, também, na figura que quando o grau de saturação é baixo uma redução ou acréscimo do mesmo tem um impacto pequeno sobre o atraso.

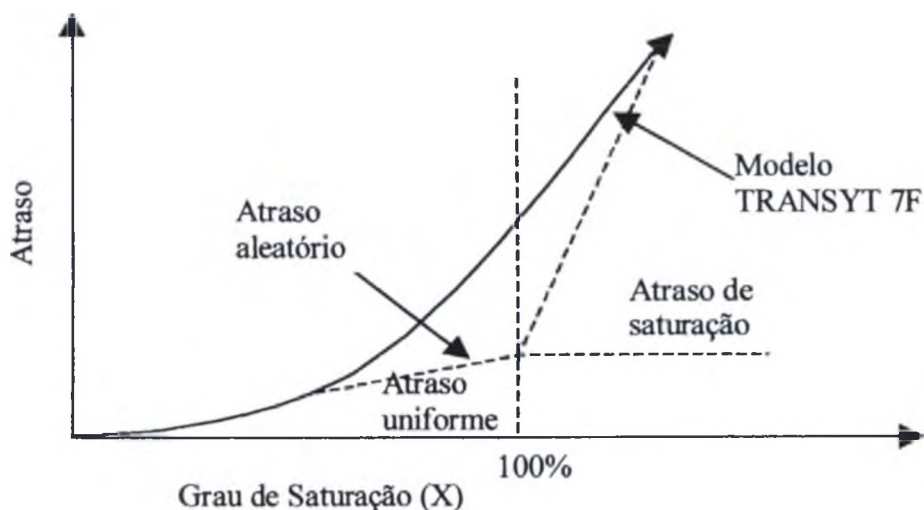


Figura 2.11 – Estimativa do atraso utilizando TRANSYT-7F

Fonte: Wallace et al. 1991

Como apresentado anteriormente, o índice de desempenho (PI) pode, também, ser definido a partir da oportunidade de progressão no sentido do deslocamento (PROS). Esse tipo de progressão é definido como a condição oferecida aos veículos de terem expectativa de atravessar a interseção seguinte na velocidade de projeto, sem paradas, quando entrarem em uma interseção em um dado ponto no tempo de verde. Cada oportunidade disponível durante um dado período de tempo (por exemplo, um *step*), é tabulada como uma oportunidade de progressão. Múltiplas oportunidades, no tempo e no espaço, são acumuladas como PROS. O número de PROS em uma dada direção, para um dado período (ou *step*) de tempo, são os números de verdes sucessivos que são encontrados por veículos que ingressaram neste *step* e viajam na velocidade de projeto sem paradas.

Se o PROS for incluído no PI o processo de otimização é considerado mais complexo. As diversas opções para o uso do PROS são:

- Somente PROS;
- PROS & DI
- PROS/DI

A seguir, cada uma destas opções é apresentada:

a) Somente PROS:

Em uma simples otimização PROS, o objetivo é maximizar o número de PROS dos movimentos em frente em uma artéria. Como somente o PROS é otimizado, seu uso não é adequado para a otimização de redes em que todas as interseções não possam ser caracterizadas como pertencentes a uma artéria. Isto é, ele é mais recomendável no caso de redes abertas.

As otimizações usando apenas o PROS estão sujeitas à desvantagem da existência de uma falta de critério na distribuição dos tempos de verde para movimentos secundários. Assim, o programa dispõe de recursos para evitar uma saturação em movimentos não preferenciais e assegurar uma distribuição equitativa dos tempos de verde quando se otimiza com o PROS.

Outro problema que está relacionado a otimização somente dos PROS é que ela pode aumentar o PROS em uma direção, que não seja necessariamente uma direção crítica, em detrimento do PROS de outra direção. Este problema pode geralmente ser evitado utilizando-se pesos nas direções apropriadas ou fornecendo os tempos iniciais para uma otimização com máxima largura da banda.

b) Otimização com PROS & DI

É uma continuação do processo descrito no item anterior. Para proceder com outros movimentos, e para fazer o ajuste fino no processo, o modelo também tenta minimizar o DI de forma a não reduzir o PROS da artéria. Se essa opção é selecionada, o TRANSYT – 7F executa duas etapas do processo tradicional de otimização, como descrito:

- PI é inicialmente baseado nos PROS nas artérias. Uma troca nos tempos é requerida se isto ocasionar um aumento do PROS. Quando for computar o número de PROS para o sistema de artérias inteiro, o mesmo é computado primeiro para cada artéria; posteriormente, o PROS agregado para todo o sistema é determinado pela soma de todos os PROS.
- Como passo seguinte, o processo de otimização é empregado para minimizar o DI sem redução do valor do PROS obtido no passo anterior. Em seguida são

feitos alguns ajustes dos *offsets* e intervalos de tempo das fases nas artérias. Em adição, os tempos para as interseções (ou nós) não consideradas no passo anterior (porque as mesmas não pertencem a uma artéria propriamente dita) são otimizados inteiramente nesse passo.

c) Otimização PROS/DI

Uma extensão do conceito de PROS foi desenvolvida para redefinir a função objetivo de otimização através da relação PROS/DI. O propósito dessa formulação é combinar as vantagens de maximizar o PROS com as vantagens de minimizar o DI. O modelo calcula o PROS efetivo nas artérias e o DI para todo o sistema depois de cada mudança na escolha dos melhores tempos. A mudança é mantida sempre que houver aumento na relação PROS/DI. Ao contrário da otimização somente com o PROS, ou com o PROS & DI, o sistema considera ambos, o PROS e o DI, ao mesmo tempo; desse modo, elimina-se a necessidade do segundo passo na otimização.

Devido ao fato dos movimentos secundários serem considerados para o cálculo do DI, os intervalos de tempos das fases são otimizados juntamente com os *offsets*. Esse esquema tenta maximizar a progressão e deve manter os tempos de verde suficientes para os movimentos secundários. O sistema também se esforça no sentido de encontrar o acerto dos *offsets* que evitam a formação de filas numa interseção antes da chegada de um pelotão. Nós que não pertençam a uma artéria são considerados no cálculo tradicional do DI. Desse modo, seus *offsets* e intervalos de tempo das fases são otimizados em combinação com a progressão da artéria.

O peso relativo do PROS na função objetivo pode ser variado. Isto permite um processo de ajuste fino onde é considerada a importância relativa do PROS em artérias versus a importância do DI para todos os *links*.

3 – VOLUME DE TRÁFEGO NA DEFINIÇÃO DE PLANOS SEMAFÓRICOS

Para o dimensionamento e estudo da avaliação do desempenho de planos semafóricos, é necessário que se confronte o volume do tráfego a ser servido com a capacidade de acomodação deste volume produzida pelos planos. A determinação de um plano semafórico para uma dada interseção é feita a partir dos valores de volumes de tráfego de suas aproximações, empregados no cálculo da taxa de ocupação e grau de saturação, como foi mostrado no Capítulo 2. Neste capítulo, apresentaremos as diferentes formas de caracterização do volume de tráfego, bem como a questão da variação temporal dos volumes, que podem ser detectados em diversos períodos de tempo, tanto em curto prazo, como também, em longo prazo.

Este trabalho aborda com maior ênfase a questão da variabilidade dos volumes de tráfego e seus impactos sobre os planos semafóricos em períodos longos de tempo.

3.1– DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DO VOLUME DE TRÁFEGO

O Volume de tráfego é definido como o número de veículos que passa ao longo de uma determinada seção de via na unidade de tempo. Essa unidade de tempo pode ser a hora, dia, mês, dentre outras. Desta forma, o volume de tráfego numa via qualquer pode ser expresso em termos de veículo/hora, veículo/dia ou qualquer outra unidade de medição do tempo, dependendo apenas do objetivo do estudo em questão (CET/SP, 1977). Quando o volume de tráfego é medido em períodos de tempo inferiores há uma hora, e depois é convertido em um volume horário equivalente, este é denominado taxa de fluxo.

A taxa de fluxo veicular horário e o volume de tráfego são variáveis utilizadas para quantificarem a demanda, que é descrita como o número de viagens, ou seja, é a definição quantitativa da movimentação de veículos para determinadas condições de viagem, em uma via específica (Wohl e Martin, 1967).

O volume de tráfego é o valor obtido através da contagem do número de veículos e/ou pedestres que passa em determinado ponto da via, durante um período de tempo específico (Garber e Hoel, 1986). Este período de tempo pode variar de um tempo de 15 minutos até um ano, dependendo da finalidade do estudo onde os dados serão utilizados.

O volume de tráfego é um dos dados mais utilizados na engenharia de tráfego, e para sua obtenção têm sido empregados variados métodos de coleta, tratamento, e análise (Homburger, 1996). Esse volume de tráfego pode variar segundo o tempo (ao longo das horas, dias da semana, meses do ano, etc) e o espaço (variação entre os diferentes locais da malha viária). Estas variações, sobretudo as relacionadas ao tempo, são determinantes críticas do nível de serviço oferecido pelas vias e interseções, que é diretamente ligado à relação entre o volume e a capacidade.

As durações das fases de um plano semaforico para o semáforo de tempo fixo, calculado em função de valores do fluxo de tráfego admitido para um determinado horário, ao mesmo tempo em que auxiliam a circulação quando o volume existente encontra-se próximo àquele valor considerado, também podem transformar-se em elementos de congestionamento. À medida que ocorrem alterações no tráfego o volume existente torna-se muito diferenciado do assumido na determinação do plano (CET – Projeto SEMCO, 1977).

3.2 – CLASSIFICAÇÃO DOS VOLUMES DE TRÁFEGO

Os volumes de tráfego podem ser classificados de diversas formas. Em geral, as características de volume de tráfego são dependentes do tipo e das condições de utilização das vias que compõem o sistema viário de uma cidade. A variação do volume de tráfego ao longo do ano, por exemplo, pode diferenciar-se dependendo do tipo de via, se urbana ou rural, e também através da sua utilização, se rota comercial ou turística conforme pode ser observado na Figura 3.1.

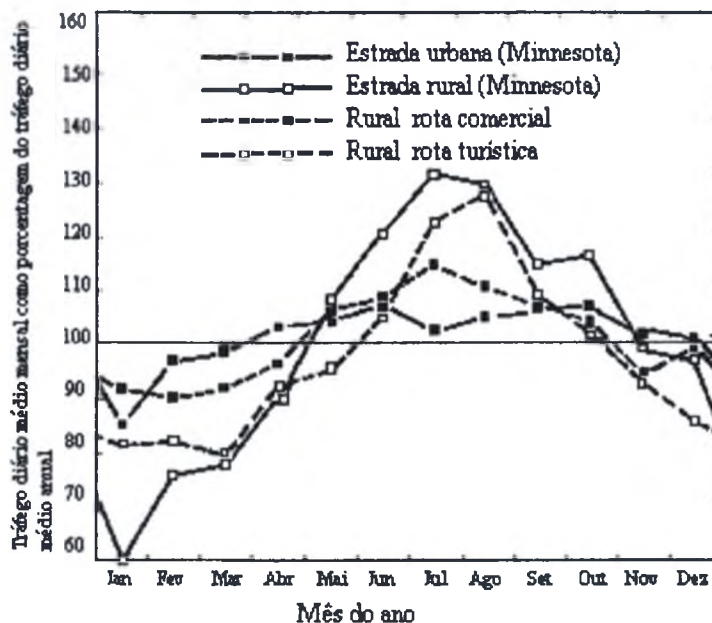


Figura 3.1 – Flutuação média diária ao longo do ano para vários tipos de estrada

Fonte: May, 1990

Neste caso, o tipo de utilização dos terrenos lindeiros à via pública e a própria composição da frota, são algumas das variáveis que explicam as diferenças observadas. Isto é, a variação do volume de tráfego ao longo do tempo, que pode ser analisada com base em diferentes períodos (horas, dias, meses e ano), está diretamente relacionada com a localização e papel da via.

Como já foi dito anteriormente, a escala de análise da variação temporal do volume de tráfego é definida em função do tipo de estudo a que o volume está vinculado. O emprego de determinada unidade de tempo para a determinação do volume tendo em vista suas diversas aplicações leva à seguinte classificação básica dos volumes de tráfego (CET, 1978):

- ⇒ Volume Horário de Tráfego;
- ⇒ Volume Médio Diário de Tráfego;
- ⇒ Volume Médio Anual de Tráfego.

3.2.1 – Volume Horário de Tráfego (VHT)

O VHT é o volume de tráfego expresso em veículos por hora, ou o número de veículos que passa em um ponto da via, ou seja, em uma determinada seção da via, durante um período de 60 minutos consecutivos (Garber, 1997). O volume horário de tráfego é utilizado, dentre outros, para os seguintes propósitos:

- (a) estudo de semáforos nas interseções, seja em relação à implantação, para seu dimensionamento (tempos de verde, amarelo e vermelho), ou avaliação de seu desempenho. Para o caso do dimensionamento, geralmente é utilizada a taxa de fluxo horária correspondente aos 15 minutos de maior volume;
- (b) estudos de capacidade de interseções em nível não-semaforizadas;
- (c) projetos geométricos de vias e interseções, na determinação do número de faixas de trânsito, na definição de locais de estacionamento, etc;
- (d) estudos de acidentes para a identificação de pontos críticos das vias.

O gráfico da Figura 3.2 ilustra a questão da variação do VHT, observada ao longo do dia, e o da Figura 3.3 mostra a variação verificada ao longo de um determinado horário de pico, a saber, das 7:00 às 9:00 horas. Este tipo de variação, VHT, embora seja diferente de local para local (variação no espaço), é sempre observada e tem levado, por exemplo, a determinação de vários planos semaforicos a serem implementados ao longo do dia, em interseções controladas por semáforos de tempo fixo.

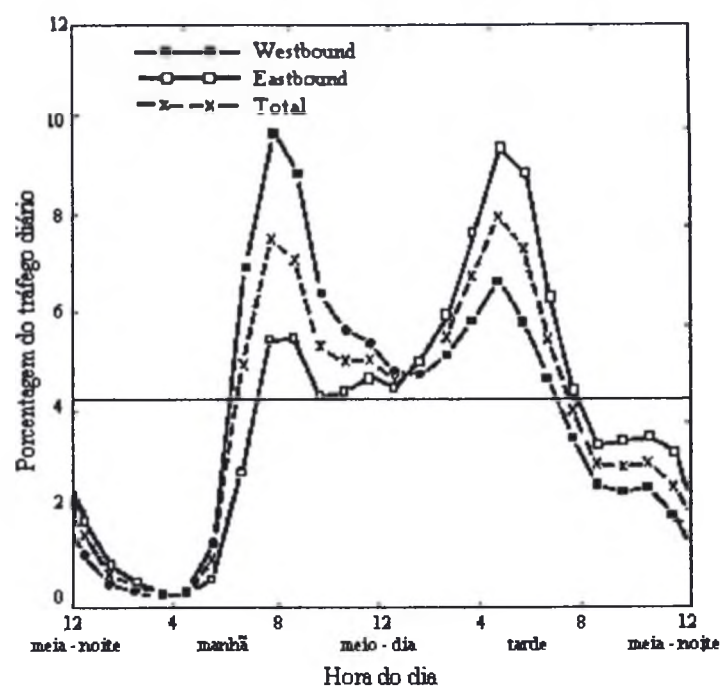


Figura 3.2 – Flutuação do Volume Horário de Tráfego (VHT)

Fonte: May, 1990

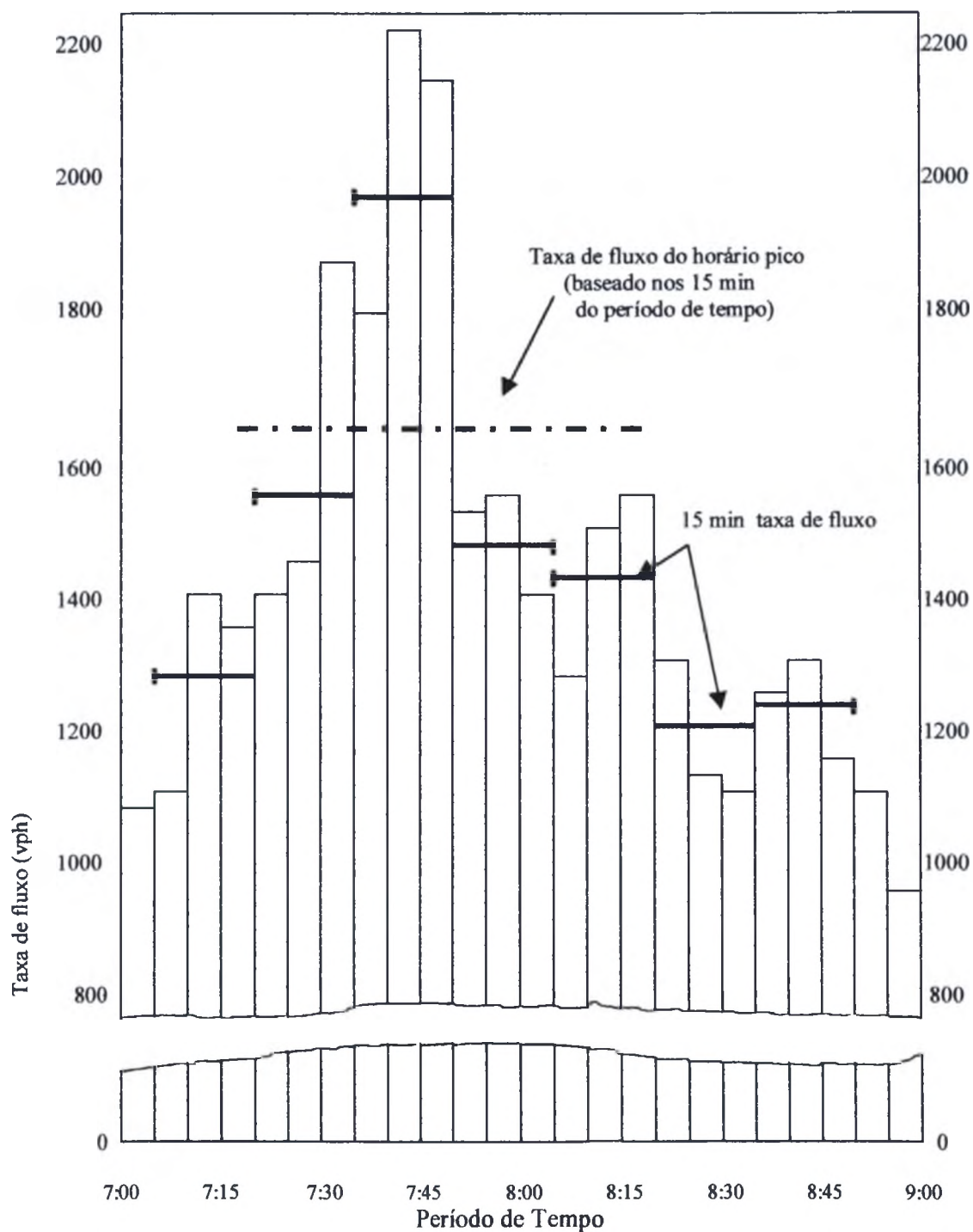


Figura 3.3 – Flutuação volume de tráfego no horário de pico

Fonte: HCM, 1994

3.2.2 – Volume Médio Diário de Tráfego (VMDT)

O VMDT é o volume obtido a partir de dados de tráfego durante determinado número de dias, dividindo-se o número total de veículos observados no período pelo número de dias em que foi feita a contagem. Quando o período de observação compreende todos os dias do ano é chamado volume diário médio anual de tráfego (VDMAT). Este é um tipo de volume de grande utilidade para os departamentos de estrada de rodagem, sendo utilizado nos seguintes processos (CET, 1977):

- (a) elaboração de projetos geométricos de estradas, pois a classificação técnica de uma estrada é função do VMDT que, por sua vez, nos projetos de trechos novos, é obtido por estudos de origem e destino das viagens na malha viária existente;
- (b) avaliação econômica de projetos rodoviários ou do sistema viário urbano;
- (c) planejamento das formas de utilização do sistema viário;
- (d) gerenciamento da demanda existente;
- (e) acompanhamento da evolução do tráfego ao longo dos dias da semana para efeito de, por exemplo, planos semaforicos específicos para dias úteis e finais de semana;
- (f) programação de melhorias básicas;
- (g) avaliar a distribuição do tráfego em um sistema de ruas.

A Figura 3.4 mostra a variação do volume médio diário de tráfego para diferentes tipos de estrada no decorrer de uma semana.

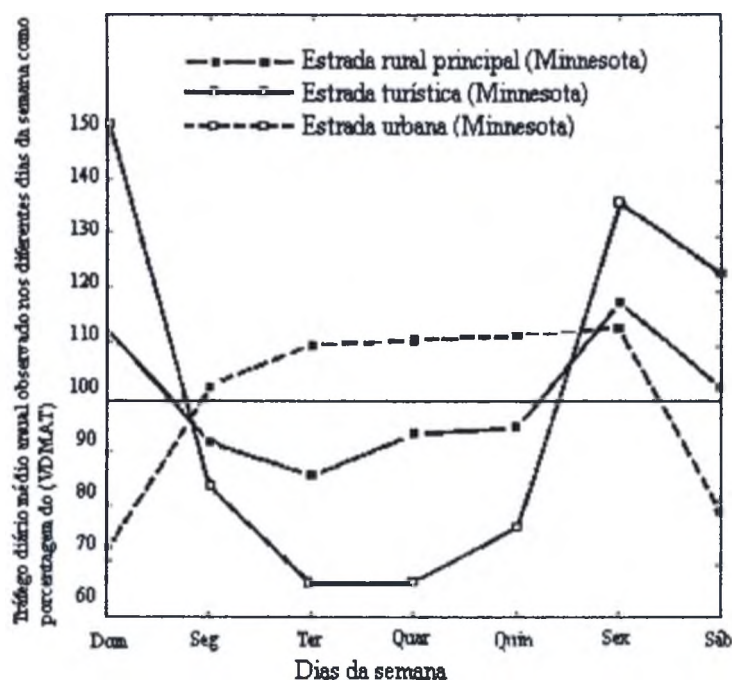


Figura 3.4 – Flutuação média diária para vários tipos de estrada

Fonte: May, 1990

3.2.3 – Volume Médio Anual de Tráfego (VMAT)

O VMAT expressa o número de veículos que no período de um ano passam numa seção de determinada via, sendo muito mais sensível em vias rurais do que em vias urbanas (CET, 1977). Desta forma, é possível se observar que nas áreas urbanas, ou mesmo em áreas rurais dependendo das características da demanda, ocorrem alterações significativas no período de férias escolares, pois de acordo com as características da cidade, pode ocorrer um acréscimo ou decréscimo do tráfego habitual de veículos.

O valor deste volume é obtido a partir da soma dos volumes mensais, e sua utilidade nos cálculos de índices de acidentes de trânsito em rodovias é primordial, como também na análise da viabilidade técnico-econômica de projetos rodoviários.

Segundo Homburger (1996) os dados obtidos, em veículos [ou em veículos por quilômetro (veículos/km)] por um período de um ano, são usados:

- a) na determinação do número de viagens anual e estudo da tendência de crescimento dos volumes em áreas geográficas;
- b) no cálculo de taxas de pedágios;
- c) na evolução da taxa de acidentes;
- d) na monitoração do pavimento.

A seguir, a Figura 3.5 mostra a variação do tráfego médio mensal ao longo de um ano, expressa em termos de porcentagem do valor do tráfego diário médio anual em vias localizadas nos Estados Unidos.

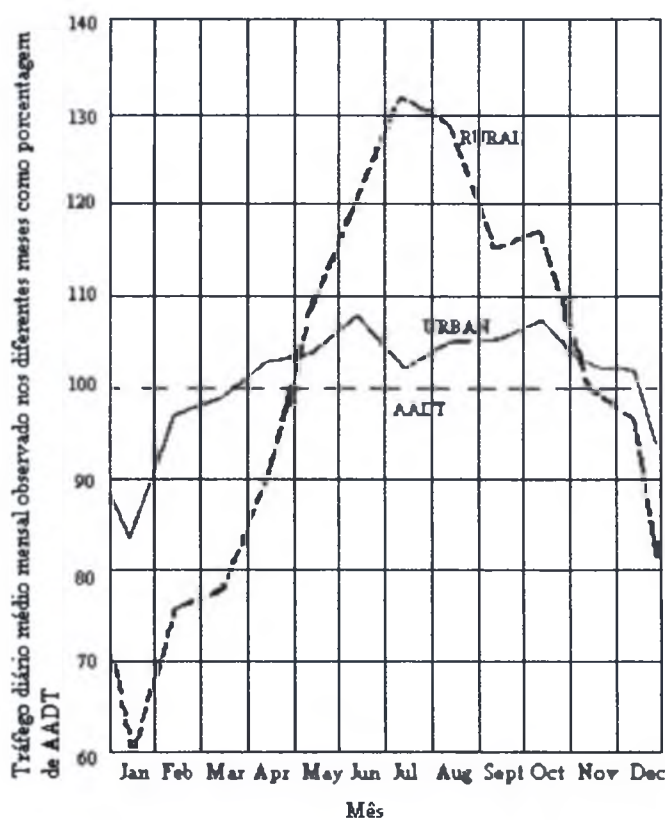


Figura 3.5 – Flutuação Anual do tráfego

Fonte: HCM, 1994

3.3 – ESTUDOS DA VARIAÇÃO DE VOLUME DE TRÁFEGO

Os volumes de tráfego nos diferentes pontos da malha viária nunca devem ser considerados estáticos, pois eles efetivamente variam ao longo do tempo, tanto em intervalos curtos, como horas e dias da semana, como, também, em períodos maiores de tempo, meses e anos. O conhecimento desta variação é de grande importância na determinação dos planos semaforicos para semáforos de tempo fixo.

De acordo com alguns estudos já publicados sobre flutuação do volume de tráfego, é possível subdividir as variações temporais dos volumes em: curto prazo, que podem ser caracterizadas como as flutuações ocorridas ao longo dos dias da semana, ou dentro de cada dia ou, ainda, em pequenos intervalos dentro das horas do dia, como por exemplo, de 15 em 15 minutos; e as variações em longo prazo, que são as variações que ocorrem ao longo dos meses e dos anos.

3.3.1 – Variação dos Volumes em Curto Prazo

Decorre da variação dos volumes de tráfego em diferenciados horários do dia, e mesmo ao longo da semana. Este tipo de variação tem sido investigada em vários trabalhos, sobretudo no que diz respeito à sua consideração na definição dos planos semaforicos.

Entre os métodos para determinação dos planos semaforicos utilizados podemos destacar o método de Webster e Cobbe (1966). Esse não faz nenhuma consideração sobre as variações do fluxo de tráfego durante o dia ou nos dias da semana. A recomendação feita por Webster e Cobbe (1966) é usar o fluxo de tráfego médio que é apresentado durante os horários de pesquisas volumétrica, que são executadas com o intuito de se obter os volumes para o cálculo de tempos de verde e de tempos de ciclos. Os trabalhos desenvolvidos após alguns anos por Jones (1985) e por Heydecker (1987) (*apud* Villalobos, 1994), incorporaram a variação nos fluxos diários e a flutuação do tráfego no período do dia no cálculo dos planos semaforicos. Estes estudos, no entanto são relacionados somente com interseções isoladas.

Jones (1985) propôs uma metodologia para a definição da programação de um semáforo, sendo considerado, para tanto, as variações dos fluxos veiculares ocorridas, em sub-períodos de tempo, ao longo de um dia, utilizando como critério para o cálculo dos planos a minimização do atraso total do cruzamento. Este autor se baseou no modelo de tráfego proposto por Allsop, que definiu o atraso total sofrido na interseção como uma combinação linear obtida a partir da fórmula do atraso de Webster (*apud* Villalobos, 1994).

Através do trabalho de Ribeiro (1991) foi possível verificar a importância da variabilidade diária dos fluxos veiculares e as influências exercidas por esta variabilidade no cálculo dos tempos de ciclo e também dos atrasos sofridos pelos veículos. Neste trabalho, foi comprovada a existência da variabilidade do volume de tráfego no decorrer das horas do dia, e ao longo dos dias da semana, a partir de dados de volume de tráfego obtidos por meio de pesquisas de contagem volumétrica no Rio de Janeiro (Brasil) e na cidade de Londres (Inglaterra).

De acordo com as observações de Ribeiro (1991), através do reconhecimento e tratamento adequado da variação (flutuação) dos fluxos de tráfego, ao longo do dia e da semana, é possível alcançar muitos dos benefícios oferecidos por controles de tráfego responsivos ao tráfego, usando somente sistemas de semáforo de tempo fixo com poucos planos (Ribeiro, 1991 e 1994).

O método desenvolvido por Ribeiro (1991) leva ao cálculo de planos semaforicos que são apropriados para aplicação durante todo um dia, como também para uma semana. Estes planos são encontrados a partir de observações da variação (flutuação) encontrada nos fluxos dia-a-dia. Desta maneira, é possível determinar um controle sofisticado do tráfego, utilizando-se de sistemas de tempo fixo através da análise do índice de desempenho (PI) de um plano isolado, para um sistema de semáforo de tempo fixo. A metodologia desenvolvida por Ribeiro (1991) produz resultados bastante significativos quando comparados ao desempenho dos planos em sincronismo que adotam o valor médio semanal dos fluxos veiculares.

O objetivo principal de Ribeiro (1991) é analisar o efeito da variação do fluxo de tráfego na operação de sistemas de controle de tráfego em área, especialmente quando são utilizados semáforos de tempo fixo. A partir desta análise, o autor desenvolveu um método, para o cálculo de planos semaforicos para uso nos sistemas de controle de tráfego, que têm condições de acomodar as variações do tráfego, ou seja, diferentes medidas de fluxo de tráfego. Com o auxílio do programa TRANSYT, são feitos os cálculos dos planos utilizando-se diferentes medidas dos fluxos de tráfego. A nova metodologia desenvolvida por Ribeiro foi denominada VITAMYN – VarIable TrAffic MethodologY aNalysis, com o intuito de calcular planos semaforicos para sistemas de controle de tráfego em área (CTA).

3.3.2 – Variabilidade em Longo Prazo

O estudo da variabilidade dos volumes em longo prazo compreende a avaliação da sazonalidade e da tendência. Isto significa dizer que o período de tempo considerado é, usualmente, maior que dias ou semanas. No caso da avaliação da tendência, este período pode se estender a anos. Um dos objetivos de se estudar a variação dos volumes em longo prazo é saber de que maneira ela causa impacto na qualidade dos planos semaforicos. Poder-se-á, assim, identificar o momento em que se faz necessária a atualização destes planos, bem como quantificar os benefícios dessa atualização, ou mesmo prejuízos, decorrentes da não atualização periódica dos mesmos.

Dentre os estudos presentes na literatura que tratam da variabilidade dos volumes de tráfego em longo prazo, destaca-se o trabalho de Bell e Bretherton (1986) intitulado *“Ageing of Fixed – Time Traffic Signal Plans”*. Este estudo refere-se ao fenômeno denominado “Ageing Process”, que pode ser entendido como a redução do desempenho dos planos semaforicos, especificamente em semáforos de tempo fixo, em função das alterações nas características do fluxo de tráfego nas aproximações controladas pelos semáforos. Tais alterações podem estar relacionadas à variação no volume e composição do tráfego, na velocidade veicular, na geometria viária, dentre outros fatores. Devido a tais modificações no comportamento do tráfego, o plano semaforico deixa de produzir os resultados previstos quando da sua determinação, ou seja, torna-se “envelhecido”. O processo de

envelhecimento do plano semaforico é um problema bastante complexo, considerando-se que existem diversas variáveis que afetam o desempenho dos planos em uma rede e em diferentes níveis.

No processo de implantação da coordenação semaforica nos centros das cidades, por exemplo, é necessário que haja um completo monitoramento de todos os movimentos significativos do tráfego. Desta forma, informações sobre os volumes de tráfego a serem servidos em cada aproximação são imprescindíveis para que programas como o TRANSYT possam gerar planos ótimos.

Após períodos de um ou mais anos, como as condições do tráfego podem mudar de maneira significativa, Bell e Bretherton (1986) destacam a necessidade de atualização destes planos ao longo do tempo. De acordo com os estudos destes autores, são observadas, na prática, situações em que os planos semaforicos de tempo fixo permanecem imutáveis durante longos períodos que vão de 2, 3, 5, ou mesmo 10 anos. Isto ocorre devido, principalmente, ao fator custo. Consequentemente, o benefício oferecido pela otimização inicial destes planos diminuirá com o passar do tempo e com as mudanças das condições do tráfego.

O objetivo principal da pesquisa de Bell e Bretherton (1986) é quantificar os benefícios decorrentes da atualização dos planos semaforicos. Para tanto, os autores utilizam-se do índice de desempenho (PI) calculado pelo programa TRANSYT, o qual consiste da combinação de diferentes medidas de desempenho associadas ao tráfego, tais como atraso, número de paradas, consumo de combustível, dentre outras. Os autores reconhecem que além das tendências de envelhecimento decorrentes de variações ao longo dos anos, também existem variações do volume ao longo das semanas e dos meses.

Para a realização do estudo, Bell e Bretherton criaram dois conjuntos de variáveis que quantificam a variação dos volumes no comportamento do tráfego: o primeiro, reflete mudanças no fluxo de tráfego, sendo, no entanto, consideradas e mantidas as proporções de conversão (variável do tipo A); o segundo, por outro lado, considera tanto a mudança no

fluxo total das aproximações quanto na proporção de conversões (variável do tipo B). A partir destas considerações, os autores definiram quatro variáveis, que são:

A_1, B_1 : representa a diferença, em valores absolutos, dos fluxos associados, respectivamente, aos planos semaforicos otimizados e envelhecidos, determinada como um valor médio sobre todos os *links* da rede;

A_2, B_2 : representa o módulo da diferença dos fluxos de tráfego associados, respectivamente, aos planos semaforicos otimizados e envelhecidos, determinado como um valor médio sobre todos os *links* da rede;

A_3, B_3 : representa o quadrado da diferença nos fluxos de tráfego associados, respectivamente, aos planos semaforicos otimizado e envelhecido, determinado como um valor médio sobre todos os *links* da rede;

A_4, B_4 : utiliza-se de parâmetros do tipo Qui-Quadrado.

Os valores dos beneficios obtidos com a atualização dos planos semaforicos podem ser determinados através da equação 3.1, a seguir:

$$\Delta_2 = NN - NO \quad (3.1)$$

Onde:

Δ_2 = medida dos beneficios obtidos ao atualizar-se os planos semaforicos;

NN = valor do índice de desempenho para fluxo novo no plano novo (o plano em operação foi gerado a partir dos dados atualizados dos volumes que estão efetivamente sendo servidos);

NO = valor do índice de desempenho para fluxo novo no plano antigo (o plano em operação foi gerado a partir de volumes antigos, que diferem dos valores dos volumes que efetivamente estão sendo servidos).

No entanto, para que seja possível comparar os resultados de desempenho de diferentes planos, para períodos de tempo e para redes diferentes, é necessário que o valor de Δ_2 seja representado em forma de índice. Foi considerado que o índice mais apropriado para indicar o bom ou mal desempenho dos planos é o que mostra os prejuízos por não se fazer a atualização destes, ou seja, " γ " foi definido como sendo o valor do prejuízo, expresso em percentagem, calculado através da fórmula 3.2 a seguir:

$$\gamma = \frac{\Delta_2}{NN} \times 100 \quad (3.2)$$

Onde:

γ = valor do prejuízo causado pela não atualização dos planos semaforicos, expresso em percentagem;

Δ_2 = valor dos benefícios obtidos pela atualização dos planos semaforicos;

NN = valor do índice de desempenho do fluxo novo, no plano novo.

Através do estudo da relação entre Δ_2 e as variáveis A e B, os autores concluíram que as variáveis do tipo A_2 e B_2 são as que melhor explicam o envelhecimento dos planos semaforicos. Apesar de diversas limitações associadas, sobretudo, a deficiências na série histórica dos dados de volumes, concluíram que o atraso adicional pela não atualização dos planos cresce na ordem de 3% ao ano, para diferentes tipos de redes urbanas.

3.4 – COMPOSIÇÃO DO TRÁFEGO

O fluxo de tráfego geralmente é composto por categorias diferenciadas de veículos, tais como automóveis, ônibus, caminhões, motocicletas e outros. Define-se, pois, composição do fluxo de tráfego como sendo a quantidade de cada tipo de veículo presente neste fluxo, usualmente expressa em percentagem. Isto se justifica pelo fato de que mesmo quando o fluxo sofre variações ao longo do tempo, a percentagem pode se manter constante. A composição do tráfego é levada em consideração nos seguintes casos:

- no dimensionamento das pistas de rolamento;
- no projeto geométrico das vias (levando-se em consideração as características de operação que dependem do tamanho e velocidade dos veículos);
- no planejamento de um sistema de transportes (número de passageiros dos veículos);
- nos planos de desvio de tráfego e etc;

A composição do tráfego é um item extremamente importante, pois as características dos veículos são necessários para se obter o valor do número de veículos, equivalentes, que é o volume expresso em termos de unidades de carro de passeio. Para tanto são utilizadas tabelas de equivalência na obtenção destes valores. De maneira geral os veículos são classificados como:

- leves (automóveis de passeio, caminhonetes, peruas);
- pesados (caminhões, carretas, ônibus).

Os veículos pesados, por serem lentos e ocuparem um maior espaço na pista de rolamento, têm efeito na fluência do tráfego como se fossem vários veículos leves. Portanto, é comum se adotar um fator de equivalência. Existem vários estudos que definem fatores de equivalência dos diferentes tipos de veículos para o cálculo dos volumes. Dentre os

existentes, podemos citar o presente no manual do DENATRAN, elaborado a partir do método da *Road Note* 34, o método Canadense; o de Kimber et al. Conforme a Tabela 3.1 a seguir:

Tabela 3.1 – Equivalência de veículos

TIPO DO VEÍCULO	FATOR DE EQUIVALÊNCIA		
	WEBSTER/ DENATRAN	GUIA CANADENSE DE CAPACIDADE	ESTUDOS INGLESES (KIMBER p.c.u)
Automóvel de passeio	1,00	-	1,00
Caminhão médio/pesado	1,75	1,5	2,30
Caminhão leve	1,00	-	1,50
Ônibus	2,25	1,75	2,00
Caminhão conjugado	2,50	-	-
Motocicleta	0,33	-	0,40
Bicicleta	0,20	-	0,20
Bonde	2,60	-	-

4 - ANÁLISE DA VARIAÇÃO TEMPORAL DO VOLUME DE TRÁFEGO EM REDES SEMAFORIZADAS: ESTUDO DE CASO

Neste capítulo é apresentada a análise da variação dos volumes de tráfego ao longo do tempo, em uma rede viária controlada por semáforos, localizada na área centro-sul da cidade de São Paulo, a partir de dados obtidos junto à Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo – CET.

Inicialmente, é feita a caracterização da área a ser estudada, ou seja, da rede escolhida, com a identificação dos seus nós, *links* e indicação da localização dos detectores que geraram os dados necessários a este estudo. Em seguida, são apresentados e analisados de forma descritiva os dados de volume disponibilizados pela CET para o estudo. Finalmente, através da técnica estatística de análise de séries temporais, descreve-se como foi modelada a variação dos volumes nos *links* da rede, permitindo a identificação das respectivas tendências de crescimento no longo prazo e variações sazonais.

A determinação de planos semaforicos de tempo fixo para interseções controladas por semáforos, operando de forma isolada ou em rede, é feita a partir do conhecimento do volume de tráfego a ser servido em cada uma das aproximações. Para tanto, os dados de volume são coletados e, juntamente com outros elementos relacionados às características de operação do tráfego e à geometria de cada interseção, levam ao cálculo dos tempos de cada semáforo e, no caso da operação em rede, dos *offsets* (defasagens).

Os controladores de semáforos mais modernos permitem que vários planos fixos sejam implementados ao longo do dia, de modo a tornar o controle compatível com as variações horárias do fluxo de tráfego. Isto é, são gerados planos semaforicos distintos para os diferentes níveis de volume observados ao longo do dia, sendo usual a determinação de pelo menos um plano para as horas de pico e outro para os períodos de entre-pico.

Em algumas cidades, são utilizados planos semaforicos específicos para diferentes horas de pico, e os controladores são programados para implementá-los nos horários

adequados. No entanto, a eficácia dessa estratégia de controle depende totalmente da qualidade das informações utilizadas para a geração dos planos, especialmente das referentes aos volumes a serem servidos em cada aproximação semaforizada.

Como os dados utilizados no cálculo dos planos semafóricos são obtidos para um determinado momento, a medida que o tempo passa (meses e anos) a variação natural nos volumes tende a fazer com que estes dados deixem de representar a realidade, causando um fenômeno chamado de "envelhecimento dos planos semafóricos" (Bell e Bretherton, 1986). Isto é, os planos implantados nos semáforos vão perdendo a sua eficácia, podendo, inclusive, causar prejuízos à fluidez e segurança da circulação de veículos e pedestres. Assim, somente a partir do conhecimento da forma de variação dos volumes no médio (meses) e longo prazos (anos), é que os órgãos gestores de tráfego podem definir a regularidade com a qual os planos semafóricos devem ser atualizados, de modo a evitar os prejuízos advindos do seu envelhecimento.

Através deste estudo pretende-se contribuir com a obtenção de resposta às seguintes questões básicas: as variações mensais de volume ocorridas ao longo de um ano são significativas a ponto de justificar o desenvolvimento de planos semafóricos diferenciados para controlar o tráfego em meses distintos? Com que frequência os planos semafóricos devem ser atualizados?

Para tanto, foram desenvolvidos modelos estatísticos para a avaliação da tendência e sazonalidade das séries disponíveis de dados de volumes para uma pequena rede controlada por semáforos, localizada na cidade de São Paulo. Embora os resultados digam respeito exclusivamente à rede analisada, a metodologia empregada para o desenvolvimento e análise dos modelos obtidos poderá ser utilizada para qualquer outro local onde se pretenda controlar o processo de envelhecimento dos planos semafóricos de tempo fixo. Cabe destacar-se, inclusive, que a rede estudada é hoje controlada por um sistema "on-line", que permite o ajuste dos tempos semafóricos a partir dos dados de volumes medidos pelos detectores.

4.1 – ÁREA DE ESTUDO

4.1.1 – Considerações Iniciais

São Paulo é uma das maiores cidades do Brasil, possuindo uma área de 1.502 km^2 e, em 1998, uma população de aproximadamente 9.927.868 milhões de habitantes. A frota de veículos no estado de São Paulo é de 11.939.466 veículos, representando o equivalente a 36,85% da frota de veículos brasileira, de acordo com os dados fornecidos pelo DENATRAN (2000), mostrados na Tabela 4.1 a seguir.

Tabela 4.1 – Frota de veículos no Brasil referente a 1998

ESTADO	FROTA
Acre	36.572
Alagoas	207.160
Amapá	39.974
Amazonas	204.644
Bahia	834.376
Ceará	590.774
Espírito Santo	470.101
Goiás	917.960
Maranhão	218.726
Mato Grosso do Sul	333.233
Mato Grosso	365.995
Minas Gerais	3.350.408
Pará	277.260
Paraíba	229.448
Paraná	2.231.08
Pernambuco	753.765
Piauí	167.917
Rio de Janeiro	2.774.604
Rio Grande do Norte	257.651
Rio Grande do Sul	2.761.088
Rondônia	178.866
Roraima	37.462
Santa Catarina	1.331.279
São Paulo	11.400.948
Sergipe	168.032
Tocantins	56.526
Distrito Federal	743.609
Brasil	30.939.466

Fonte: DENATRAN, 2000

O grande número de veículos nas cidades foi um dos fatores que gerou a necessidade de aperfeiçoamento do sistema de controle da circulação do tráfego em São Paulo. A melhoria no sistema de controle teve, portanto, como objetivos principais assegurar a fluidez e aumentar a segurança do trânsito. Dentre as medidas adotadas pela cidade para alcançar esses objetivos estão: a implantação do Sistema de Semáforos Coordenados – SEMCO; a utilização de registradores fotográficos de infração em semáforos – REFIS; a implantação de novas vias de ligação; e o uso de detectores de veículos. Os detectores informam aos controladores dos semáforos o número de veículos que trafegam nas vias, através de uma rede de transmissão de dados de forma *on-line*. Com o passar dos anos o sistema SEMCO vem sendo gradualmente substituído pelo sistema de Centrais de Tráfego em Área – CTA (CET, 1996).

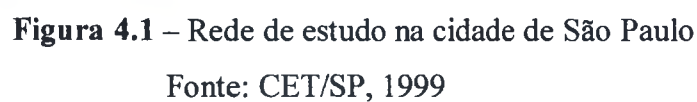
Os controladores que pertencem ao sistema SEMCO foram implantados no ano de 1982 e se localizam, principalmente, na região central da cidade de São Paulo. Os semáforos desse sistema são controlados e monitorados por uma central que pode fazer intervenções e também modificações na programação semafórica, em caso de necessidade, através de um operador. Os dados de volume encaminhados à central são obtidos através dos detectores de tráfego de laço indutivo. Esses dados se constituem na única fonte disponível na CET de dados históricos sobre volumes de tráfego.

4.1.2 – Rede Estudada

Para tornar possível o estudo da análise de variação temporal do tráfego, visando uma avaliação futura do seu impacto sobre os planos semafóricos de tempo fixo, foi necessário encontrar uma rede de semáforos para a qual a CET dispusesse de uma série histórica de dados de volume, abrangendo um período de, no mínimo, quatro anos. Assim, com o auxílio dos técnicos da CET, foram analisadas as áreas restritas à ação do sistema SEMCO com vistas à definição da rede que melhor se ajustasse aos propósitos deste trabalho. Fatores tais como o nível de adensamento, ocupação do solo, localização dos detectores, e, indispensavelmente, a disponibilidade de dados históricos sobre volumes foram considerados itens decisivos no processo de escolha da rede.

Foi selecionada, então, uma sub-rede localizada na área centro-sul da cidade de São Paulo, Bairro Cerqueira César, constituída pelas 6 (seis) interseções a seguir listadas:

- A rede estudada é apresentada de forma esquemática na Figura 4.1, onde são indicados, também, a posição e o número dos detectores de tráfego do sistema SEMCO nela contidos.



Os códigos dos detectores localizados na rede de estudo, em número de 15, são definidos pela CET, a partir do critério mostrado na Figura 4.2, a seguir:

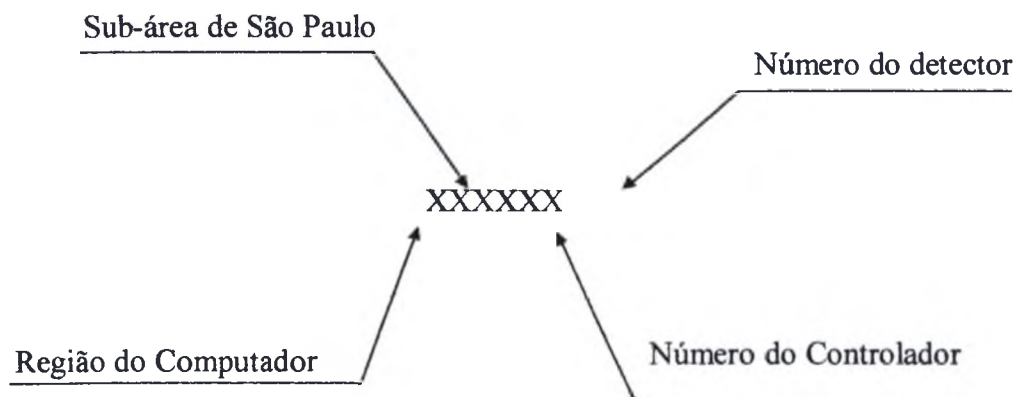


Figura 4.2 – Estrutura do Código dos Detectores

Para a rede foram coletadas informações sobre o número de faixas de rolamento e comprimento dos links, velocidade limite, sinalização existente, presença de estacionamentos, existência de faixas exclusivas e faixa de pedestre. Uma síntese destas informações é apresentada na Tabela 4.2. Foi, também, efetuado um levantamento fotográfico das interseções, que é mostrado nas Figuras 4.3 a 4.11. Através das fotos, observa-se que a sinalização de estacionamento proibido, no momento em que estas foram tiradas, não é obedecido na maioria dos locais em estudo.

Tabela 4.2 – Principais características coletadas em campo da rede estudada

Interseção		Número de Faixas (por sentido)	Comprimento do <i>Link</i> (m)	Velocidade Limite da Via (km/h)	Sinalização Existente (Interseções e <i>Links</i>)			Presença Estaciona- mento	Nº Faixas Exclusivas p/ Ônibus	Faixa Pedestre
Origem	Destino				Semáforo	Vertical	Horizontal			
1	2	4	100	60	sim	sim	sim	Proibido	1	sim
2	1	4	100	60	sim	sim	sim	Proibido	1	sim
2	3	4	110	60	sim	sim	sim	Proibido	1	sim
3	2	4	90	60	sim	sim	sim	Proibido	1	sim
3	6	3	90	40	sim	sim	sim	Proibido	0	sim
4	1	3	88	40	sim	sim	sim	Proibido	0	sim
4	5	3	85	40	sim	sim	sim	Proibido	0	sim
4	7	3	67	40	sim	sim	sim	Proibido	0	sim
5	2	3	87	40	sim	sim	sim	Proibido	0	sim
7	4	3	90	40	sim	sim	sim	Proibido	0	sim
7	8	3	88	40	sim	sim	sim	Proibido	0	sim
7	9	3	84	40	sim	sim	sim	Proibido	0	sim
7	14	3	84	40	sim	sim	sim	Permitido	0	sim
8	7	3	87	40	sim	sim	sim	Proibido	0	sim
9	7	3	68	40	sim	sim	sim	Proibido	0	sim
9	10	2	60	50	sim	sim	sim	Proibido	0	sim
9	12	2	70	40	sim	sim	sim	Proibido	0	sim
9	13	2	60	50	sim	sim	sim	Proibido	0	sim



Figura 4.3 – Rua Augusta x Rua Luís Coelho



Figura 4.4 – Rua Augusta x Rua Antônio Carlos



Figura 4.5 – Rua Haddock Lobo x Rua Antônio Carlos



Figura 4.6 – Rua Antônio Carlos x Rua Bela Cintra



Figura 4.7 – Rua da Consolação x Rua Pedro Taques



Figura 4.8 – Rua da Consolação (sentido centro)



Figura 4.9 – Rua da Consolação (sentido bairro)



Figura 4.10 – Rua da Consolação x Rua Fernando Albuquerque



Figura 4.11 – Rua da Consolação x Rua Fernando Albuquerque

4.2 – DADOS COLETADOS

O banco de dados da CET relativo aos volumes de tráfego junto às interseções do sistema SEMCO é formado por quadros contendo informações médias mensais sobre o fluxo de veículos nas vinte e quatro horas do dia (um quadro por coletor por mês). Um exemplo deste quadro é apresentado na Figura 4.12.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO - CET
SISTEMAS DE CONTROLE
ÁREA DE SOFTWARE
ESTATÍSTICA DOS DADOS DE FLUXO

(ANÁLISE DOS DADOS PERTENCENTES AO INTERVALO [VOL MÉDIO - DESVIO PADRÃO, VOL MÉDIO + DESVIO PADRÃO

DETECTOR: 223014

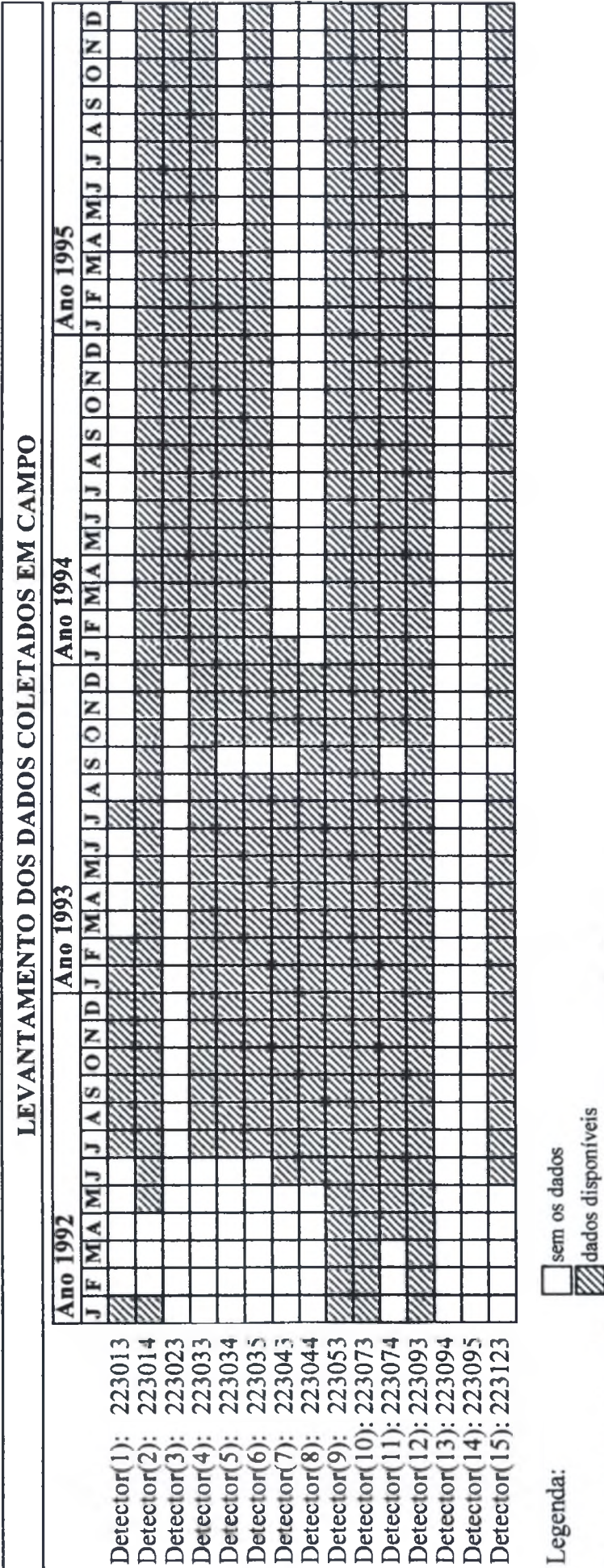
Dados de Entrada Dias: 05/07/93 à 31/07/93 Dias da semana: Todos	VOLUME MÉDIO (Veículos p/ hora)	VOLUME MÉDIO	DESVIO PADRÃO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	NÚMERO AMOSTRAS OBS.(1)	NÚMERO AMOSTRAS CONS.(2)
Horário: 00:00 - 01:00	1168	1168,00	101,14	1040	1296	27	12
Horário: 01:00 - 02:00	762	762,00	149,97	592	1030	27	12
Horário: 02:00 - 03:00	563	563,00	107,52	454	716	27	8
Horário: 03:00 - 04:00	395	394,60	75,66	296	504	27	10
Horário: 04:00 - 05:00	289	288,93	44,53	240	394	27	15
Horário: 05:00 - 06:00	554	553,54	19,31	532	600	27	13
Horário: 06:00 - 07:00	1504	1504,00	33,76	1454	1554	27	12
Horário: 07:00 - 08:00	3015	3014,88	45,84	2942	3096	27	16
Horário: 08:00 - 09:00	3592	3591,87	43,00	3524	3682	27	15
Horário: 09:00 - 10:00	3634	3634,30	119,63	3270	3816	27	20
Horário: 10:00 - 11:00	3576	3576,20	75,71	3398	3694	27	20
Horário: 11:00 - 12:00	3525	3525,20	92,07	3318	3660	27	20
Horário: 12:00 - 13:00	3384	3383,60	92,45	3214	3530	27	20
Horário: 13:00 - 14:00	3411	3411,00	40,18	3352	3472	27	12
Horário: 14:00 - 15:00	3603	3602,94	42,43	3540	3688	27	17
Horário: 15:00 - 16:00	3541	3541,43	48,33	3474	3608	27	14
Horário: 16:00 - 17:00	3396	3396,38	62,75	3216	3490	27	16
Horário: 17:00 - 18:00	3306	3305,88	87,85	3142	3428	27	17
Horário: 18:00 - 19:00	3040	3040,43	88,76	2842	3164	27	14
Horário: 19:00 - 20:00	2880	2879,86	64,1	2754	2950	27	14
Horário: 20:00 - 21:00	2611	2611,09	82,43	2438	2702	27	11
Horário: 21:00 - 22:00	2279	2278,83	41,66	2194	2332	27	12
Horário: 22:00 - 23:00	2017	2017,33	84,56	1896	2130	27	12
Horário: 23:00 - 24:00	1707	1706,73	110,19	1544	1860	27	11

(1) OBSERVADAS

(2) CONSIDERADAS

Figura 4.12 – Planilha de dados/CET

As planilhas contendo todos os dados utilizados neste trabalho são apresentadas no APÊNDICE A. A Figura 4.13 mostra, de forma esquemática, os dados disponíveis para cada um dos 15 detectores da rede de estudo. A partir dela, nota-se que para alguns dos detectores, o banco de dados disponível na CET não contém os dados para alguns dos meses do período de interesse. Para dois dos detectores (223094 e 223095) os dados históricos de volume foram totalmente perdidos pelo sistema.



Legenda:

sem os dados

dados disponíveis

Fonte: Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo, 1999.

Figura 4.13 – Esquema dos dados disponibilizados pela CET/SP

Os dados fornecidos pela CET, por coletor, foram utilizados de diferentes maneiras, conforme a seguir indicado:

- a) os dados relativos à soma dos volumes médios horários das 24 horas do dia foram empregados para a análise da variação sazonal e anual. Esta soma é chamada neste trabalho de **volume diário representativo do mês**;
- b) os volumes médios de cada hora disponíveis para todos os meses da base de dados foram usados para analisar a variação do volume de tráfego em nível de horário por detector.
- c) para a análise da variação temporal do volume em algumas faixas horárias a partir do estudo indicado em (b), foram selecionados os dados de volume médio relativos aos três horários de maior volume, que são das 08:00 às 09:00, 14:00 às 15:00 e das 17:00 às 18:00h, e ao horário de menor volume, que corresponde ao horário das 04:00 às 05:00h. Esses horários foram comprovados a partir da ocorrência na maioria dos detectores.

4.3 – ANÁLISE DOS DADOS E GERAÇÃO DOS MODELOS

4.3.1 – Análise Descritiva

Essa análise tem por objetivo permitir uma melhor visualização do comportamento dos volumes na rede ao longo do período total do estudo, quer dizer, de 1992 a 1995. A Figura 4.14 mostra a evolução do **volume diário representativo do mês** para todos os detectores durante o período do estudo, exceto para aqueles onde os dados não estavam disponíveis. A partir deste gráfico, é possível verificar que na rede estudada os volumes de tráfego na rua da Consolação (detectores 223014, 223033 e 223035) são bem superiores aos apresentados nas demais vias.

Evolução dos Volumes por Detector

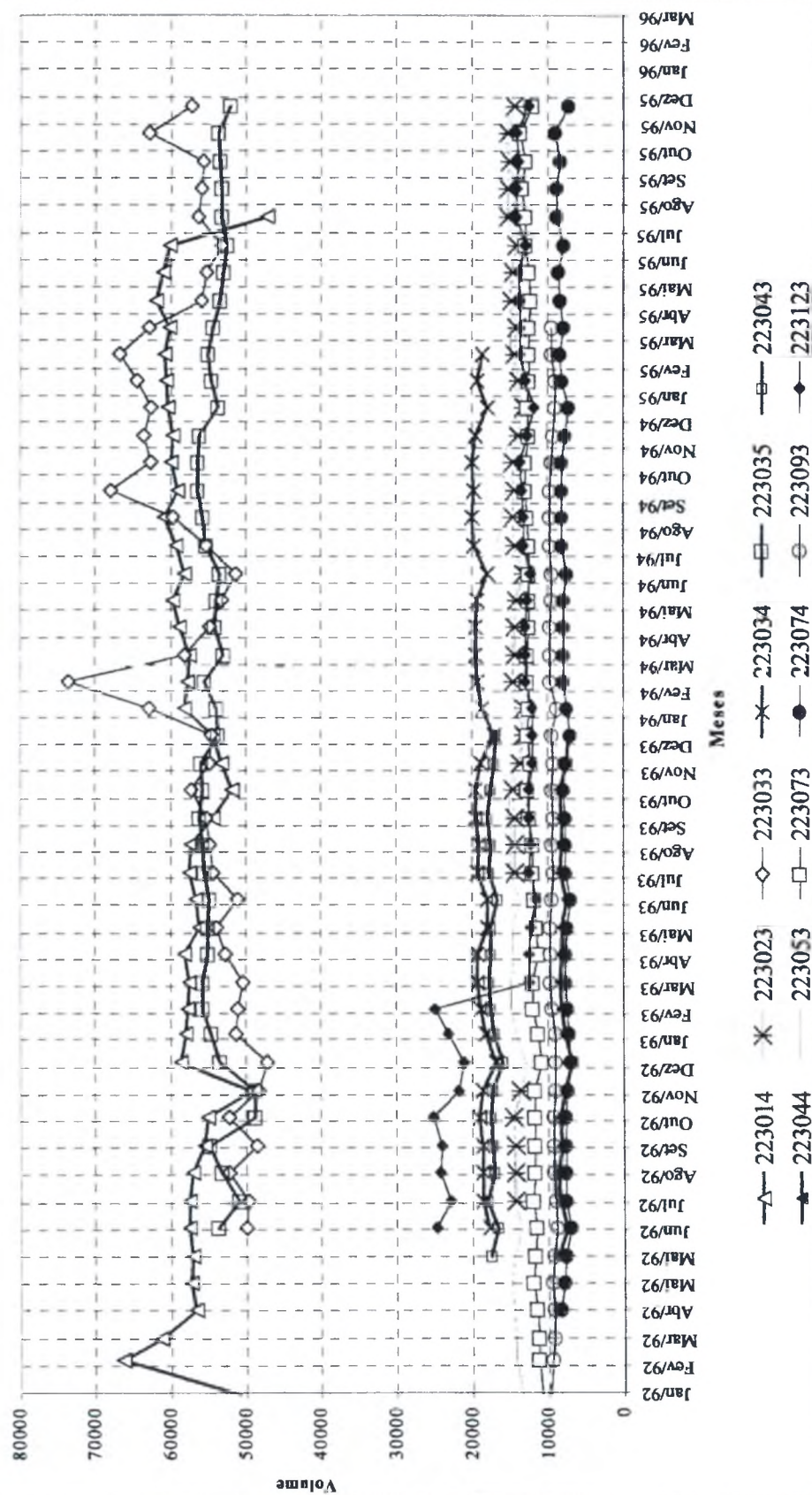


Figura 4.14: Volume diário representativo dos meses, para todo o período de estudos, por detector

A quantidade maior de veículos na rua da Consolação pode ser explicada através de determinados parâmetros de via arterial importante da cidade de São Paulo, como por exemplo, a existência de 04 faixas de rolamento em cada sentido, sendo que uma é exclusiva para ônibus. Velocidade permitida é de 60 km/h e a proibição de estacionamentos ao longo do meio-fio facilita o fluxo de veículos.

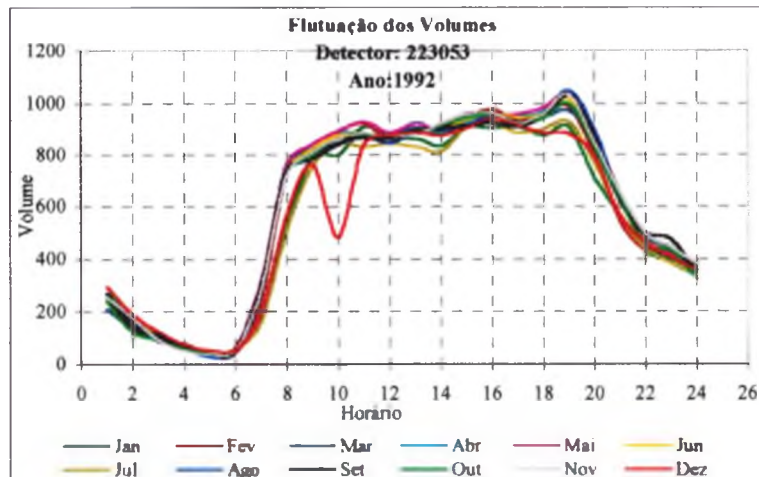
Assim, observando-se a Figura 4.14, pode-se dividir os detectores em dois grupos: o primeiro grupo é constituído por aqueles que registram um tráfego mais intenso e que apresenta, em geral, maior variação ao longo dos meses; o segundo grupo é formado por detectores localizados em áreas com características bem diferentes do primeiro grupo, sendo o número de veículos observados pelos detectores 223023, 223034, 223043, 223044, 223053, 223073, 223074, 223093 e 223123, localizados nas ruas Augusta, Haddock Lobo, Bela Cintra, Antônio Carlos, Matias Aires e Fernando Albuquerque, aproximadamente três vezes menor do que os do primeiro grupo, que são os detectores 223014, 223033 e 223035. Além disso, observa-se que nos detectores do segundo grupo a variação absoluta ao longo dos meses é bem menor do que a apresentada pelos detectores do primeiro grupo, exceto no caso do detector 223123, onde houve uma mudança brusca do volume entre os meses de julho de 1992 a março de 1993.

Através dos gráficos como os apresentados nas Figuras 4.15 e 4.16, elaborados para os detectores de código 223053 e 223033, é possível avaliar de forma geral a flutuação do volume de tráfego ao longo do dia em cada mês para cada um dos detectores. Gráficos semelhantes para os demais detectores são apresentados no APÊNDICE B.

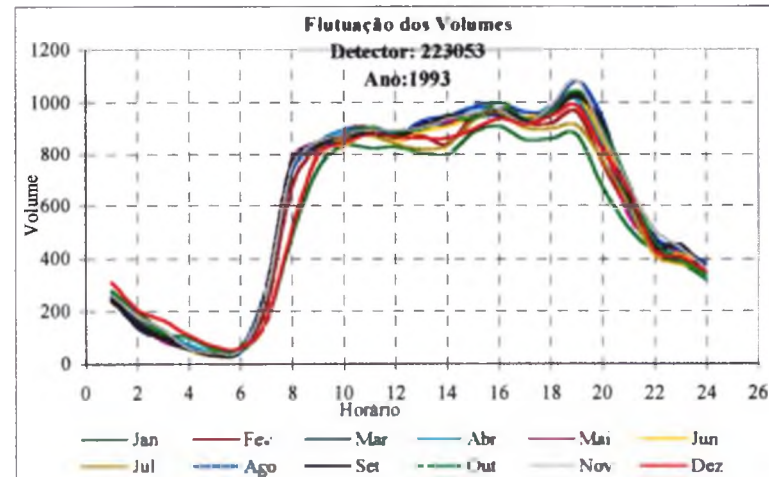
Nos gráficos mostrados na Figura 4.15, é possível notar que, de uma forma geral, não houve crescimento acentuado do volume registrado pelos detectores ao longo dos anos. No entanto, dentro de cada ano, o comportamento do fluxo de tráfego sofre variações ao longo dos meses. Na Figura 4.15 (a) correspondente ao ano de 1992, o volume de tráfego teve uma variação quase que uniforme ao longo dos meses exceto no mês de Dezembro onde houve uma queda brusca no horário de 09:00 às 11:00 horas, sendo que esta não foi detectada nos anos seguintes. A mesma queda de volumes é detectada no ano de 1995,

Figura 4.15 (d), entre às 16:00 e 19:00h, só que no mês de Setembro. Levando-se em consideração a não periodicidade de tal fenômeno, pode-se atribuir o mesmo, em princípio, a fatores externos ocasionais, como por exemplo, interrupção parcial temporária da via.

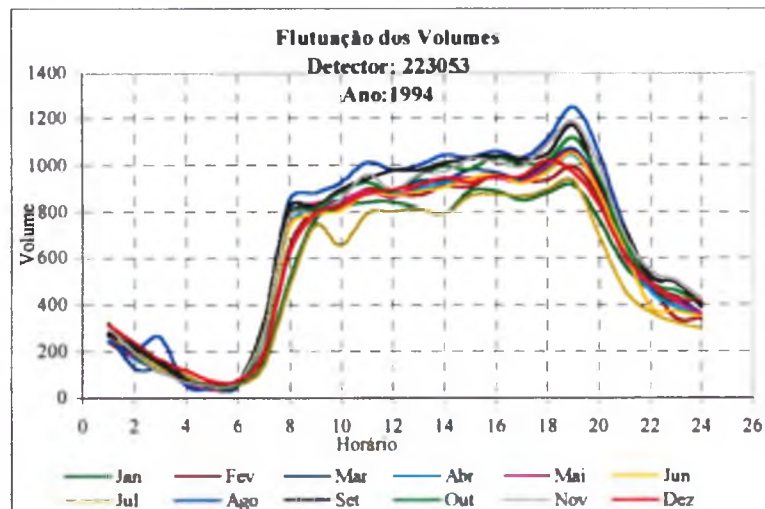
No que diz respeito aos gráficos da Figura 4.16 observa-se, também, que a variação do volume ao longo dos anos não é tão importante quanto à existente entre os meses de um mesmo ano. Neste caso, a variação ao longo dos meses é bem mais acentuada do que a observada no detector 223053.



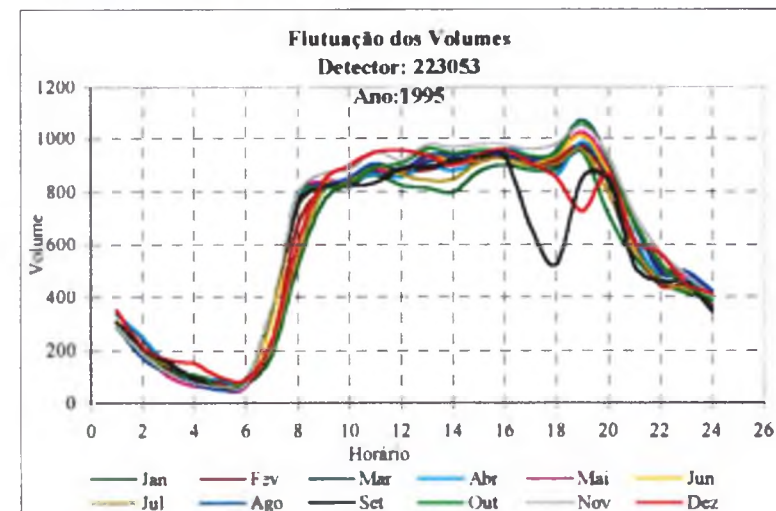
(a) Comportamento do tráfego no ano de 1992



(b) Comportamento do tráfego no ano de 1993

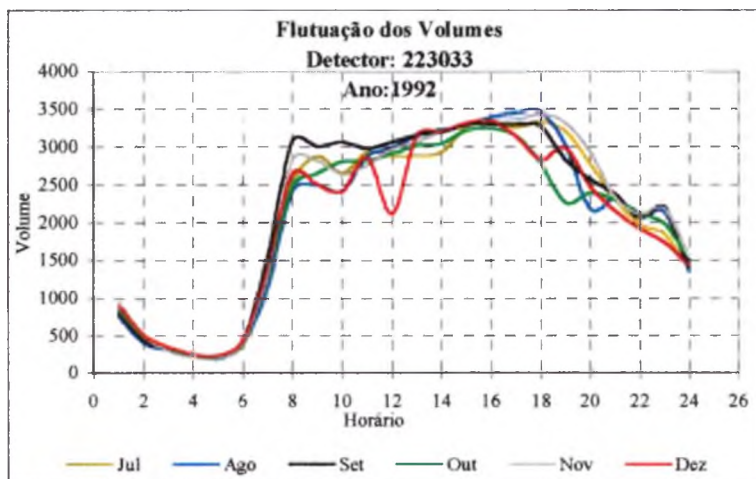


(c) Comportamento do tráfego no ano de 1994

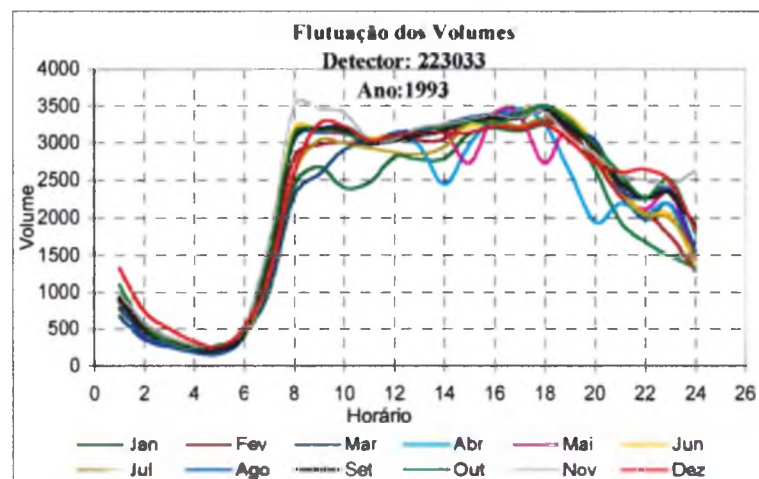


(d) Comportamento do tráfego no ano de 1995

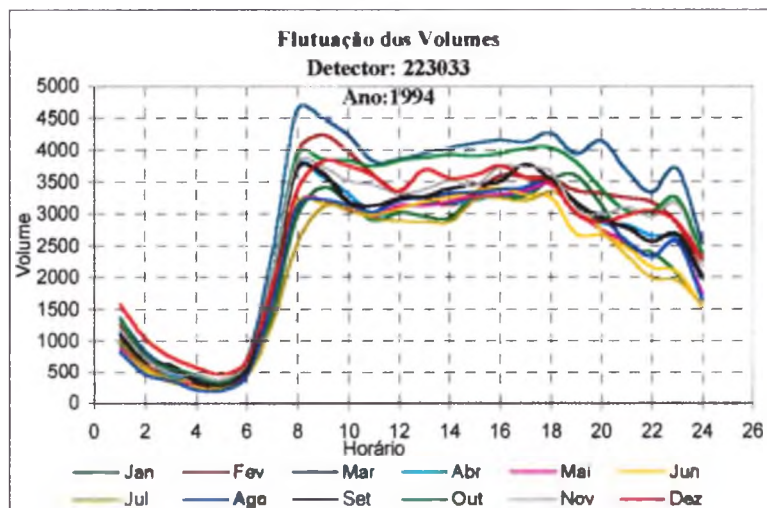
Figura 4.15 – Comportamento do fluxo de tráfego para o detector 223053



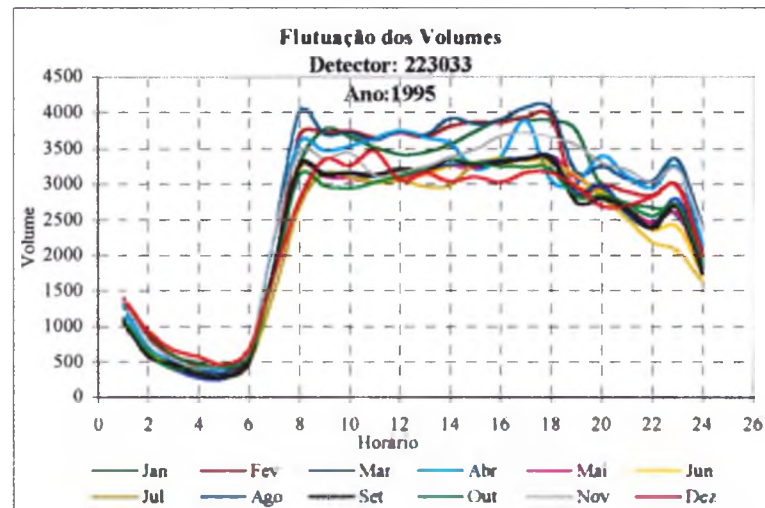
(a) Comportamento do tráfego no ano de 1992



(b) Comportamento do tráfego no ano de 1993



(c) Comportamento do tráfego no ano de 1994



(d) Comportamento do tráfego no ano de 1995

Figura 4.16 – Comportamento do fluxo de tráfego para o detector 223033

Finalmente, a partir da análise dos dados de volume horário para todos os detectores, foram identificados como relevantes para uma análise mais detalhada os seguintes horários:

- a) 08:00 às 09:00h, 14:00 às 15:00h e 17:00 às 18:00h, por apresentarem maiores volumes para a maioria dos detectores;
- b) 04:00 às 05:00h, por possuir o menor volume.

O gráfico apresentado na Figura 4.17 ilustra a variação do volume de tráfego nestes horários para o detector 223053, localizado na rua Matias Aires, com o sentido único para a rua da Consolação. Através dele, verifica-se que existe um comportamento variado no decorrer dos meses do ano, com meses apresentando volumes de tráfego mais baixos do que em outros, sendo também notado o acompanhamento destas quedas de volume, nas diferentes horas estudadas. No mês de Setembro de 1995 é notado uma queda acentuada no fluxo no horário das 17:00 às 18:00h, sendo necessário a ajuda dos técnicos da CET para a análise de tal fato.

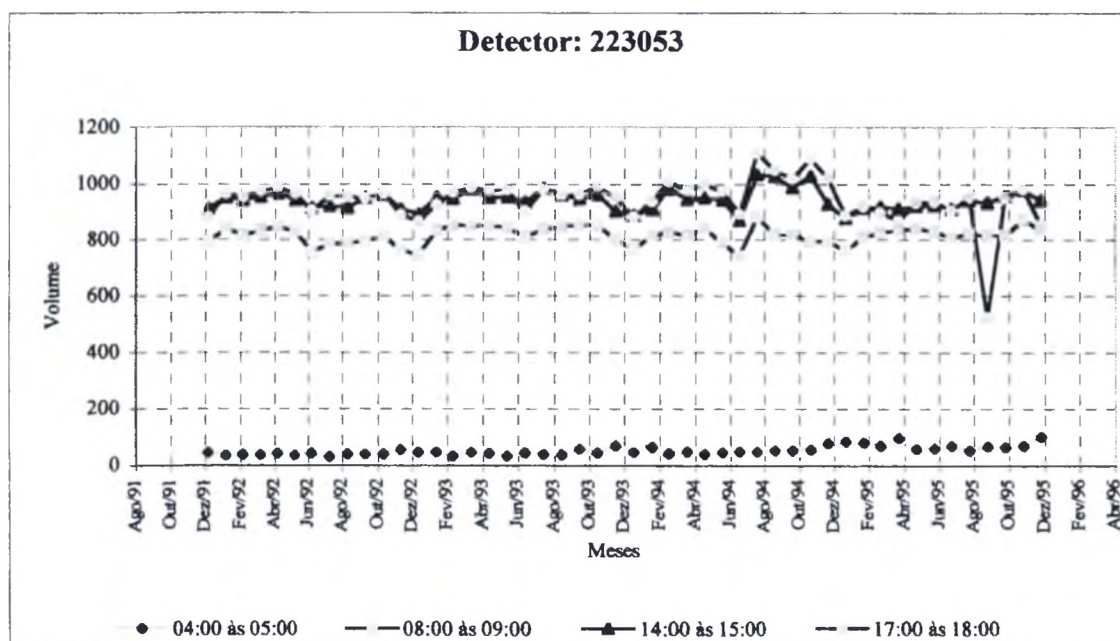


Figura 4.17 – Horários de maiores e menor pico

No APÊNDICE C são mostrados as variações mensais por detectores, nos horários de maior e menor fluxo, no período dos quatro anos de estudo.

4.3.2 - Desenvolvimento dos Modelos

O estudo das séries temporais dos dados de volume da rede de estudo foi realizado a partir do seguinte modelo básico:

$$V_t = T_t + S_t + e_t, \quad (4.1)$$

Onde:

V_t é o volume observado no período t ;

t é o período observado, $t = 1, \dots, n$; (no presente estudo, o período observado t corresponde a um mês);

T_t é o movimento em longo prazo da série, o chamado componente de tendência;

S_t denota o componente sazonal; e

e_t é o termo aleatório normalmente distribuído com média 0 e variância constante.

Este modelo pressupõe que os componentes de tendência e de sazonalidade são determinísticos. A forma mais simples da tendência, que se aplica aos dados de volume, é dada por:

$$T_t = b_0 + b_1 \times t, \quad (4.2)$$

Já o componente sazonal é expresso pela expressão:

$$S_t = a_1 \times d_{1t} + \dots + a_{12} \times d_{12t}, \quad (4.3)$$

Assim, o modelo básico pode ser escrito como segue:

$$V_t = b_0 + b_1 \times t + a_1 \times d_{1t} + \dots + a_{12} \times d_{12t} + e_t \quad (4.4)$$

Para $t=1, \dots, n$, onde d_{jt} são variáveis “dummies”, isto é, $d_{jt} = 1$, se o período “ t ” corresponde ao mês j , $j=1, \dots, 12$, e $d_{jt} = 0$, caso contrário.

Assim, por exemplo, a utilização do modelo para a determinação do volume no período “t”, se este período corresponder ao mês de maio (j=5), leva à expressão 4.5:

$$V_t = b_0 + b_1 t + a_5 + e_t \quad (4.5)$$

Para garantir a estimabilidade dos coeficientes associados aos efeitos sazonais a_i , $i=1, \dots, 12$, deve-se impor alguma restrição sobre os coeficientes, por exemplo, que $a_1 + \dots + a_{12} = 0$, ou que $b_0 = 0$, isto é, ajustar o modelo sem intercepto (Toloi e Morettin, 1987). Neste trabalho, por conveniência, adotou-se a segunda restrição, ou seja, $b_0 = 0$.

Foram determinados modelos para cada um dos 8 (oito) detectores da rede, cuja série de dados de volume era suficiente para a realização da modelagem pretendida, correspondentes ao volume diário representativo do mês (ver Figura 4.14) e aos volumes médios horários para os quatro horários de interesse apresentados na Figura 4.17, anteriormente mostrada.

Para a determinação dos parâmetros b_1 e a_i , $i = 1, \dots, 12$, associados a cada modelo, foi utilizado inicialmente o método dos mínimos quadrados. No modelo básico (equação 4.4), este método fornece o melhor estimador dos coeficientes quando os termos aleatórios $e_1, e_2, \dots, e_n$ são realizações independentes de uma variável aleatória normal com média 0 e variância constante. Para esta determinação foi utilizado o *software* SAS que permite, através da estatística de Durbin-Watson (ver APÊNDICE D), verificar se a hipótese da independência dos resíduos é suportada pelos dados. Em séries temporais, a hipótese de independência costuma ser violada. É comum que as observações sequenciais apresentem erros correlacionados, a chamada autocorrelação. A autocorrelação no termo aleatório sugere que há informação nos dados que não está explicada pelo modelo. No caso da rejeição desta hipótese, o método dos mínimos quadrados não é o mais adequado para a determinação dos parâmetros, sendo então utilizado o modelo auto-regressivo para este propósito.

A estimação desse tipo de modelo pode ser feita pelo procedimento de Cochrane Orcutt ou por máxima verossimilhança, que são métodos assintoticamente equivalentes (Morettin e Toloi, 1987). Nesse estudo, adotou-se o método da máxima verossimilhança. Os resultados obtidos para cada modelo são apresentados nas Tabelas

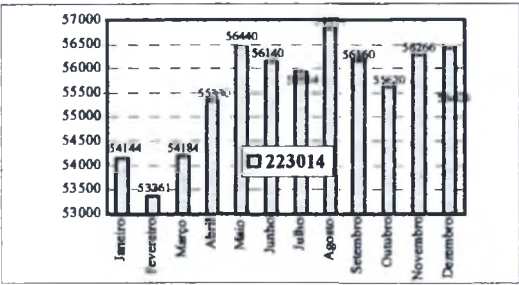
4.3 a 4.7, onde o Modelo Tipo 1 (MT 1), para cada detector, diz respeito ao volume diário representativo do mês e os Modelos Tipo 2, 3, 4 e 5 correspondem, respectivamente, aos horários das 04:00 às 05:00 h, 08:00 às 09:00h, 14:00 às 15:00h e 17:00 às 18:00h. De modo a facilitar as análises, os coeficientes associados aos efeitos sazonais observados em cada modelo são apresentados nas Figuras de 4.18 a 4.22.

Tabela 4.3 – Resultados relativos ao MT 1 (Volume diário representativo do mês)

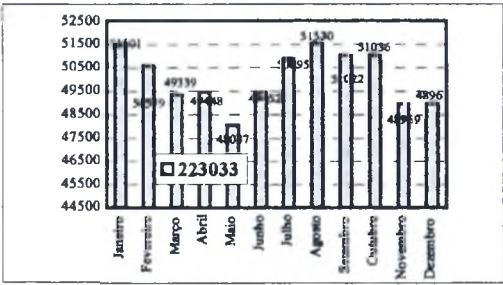
Mês/ Ano (n=1)	Número do Detector							
	223014	223033	223035	223053	223073	223074	223093	223123
	07/92	06/92	07/92	01/92	01/92	04/92	01/92	07/92
b_1	113,92	199,75	-	9,75	32,27	18,80	-	47,99
a_1	54144	51501	53024	13069	11142	6688,56	9367,83	10209
a_2	53361	50579	53972	14043	11268	7226,74	9169,44	11197
a_3	54184	49339	55203	14478	11466	7568,77	9537,60	12242
a_4	55330	49448	54240	14306	11454	7677,39	9590,89	11991
a_5	56440	48037	54205	14561	11326	7607,34	9654,20	11885
a_6	56140	49452	53911	14352	11373	7545,43	9486,69	11819
a_7	55934	50895	53578	13166	11385	6996,66	9340,86	11545
a_8	56814	51530	53709	14737	11484	7694,88	9425,22	11800
a_9	56160	51022	54393	14166	11561	7675,63	9556,89	12186
a_{10}	55620	51036	55173	14415	11597	7554,33	9449,58	11918
a_{11}	56266	48969	55152	14676	11808	7751,19	9509,77	12242
a_{12}	56404	48967	54699	13953	11121	7094,49	9535,57	10693
Mar/93	-7133,49	-	-	-	-	-	-	-
Jan/94	-	6760,36	-	-	-	-	-	-
Nov/92	-	-	-6008,11	-	-	-	-	-
Dez/92	-	-	-5887,03	-	-	-	-	-
T32	-	-	-	1171,16	-	-	-	-
IN	-	7877,42	-	-	-	-	-	11817
Durbin-Watson	0,3530	0,3014	0,3420	0,3394	0,2778	0,0648	0,2880	0,2650

Em alguns detectores, observaram-se valores atípicos para determinados meses e/ou períodos cujas causas não foram devidamente explicadas. De forma a não comprometer o ajuste, foram incluídos parâmetros no modelo para compensar estes valores atípicos. Por exemplo, para o detector 223014, no mês de março de 1993 foi registrado um valor bem mais baixo que a média dos outros meses e, por isso, foi feita uma correção no modelo. No caso do detector 223053, por outro lado, foram observados valores atípicos

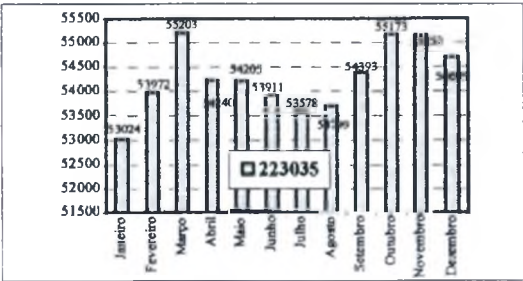
no período de agosto de 1994 a fevereiro de 1995. Para compensar estes valores, foi incluído um parâmetro no modelo para assegurar a qualidade do ajuste. Além disso, para dois detectores, 223035 e 223093, observou-se que os coeficientes de tendência são não significantes estatisticamente para o valor de $\alpha = 10\%$ e, portanto, foram retirados do ajuste.



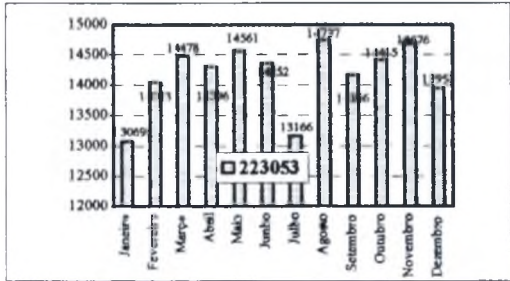
a) Detector 223014



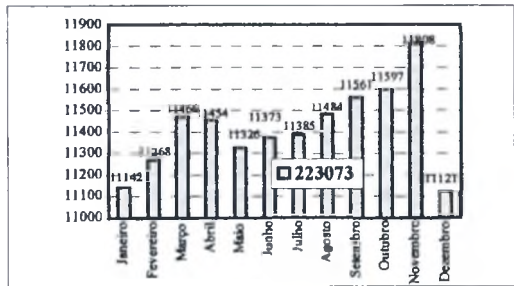
b) Detector 223033



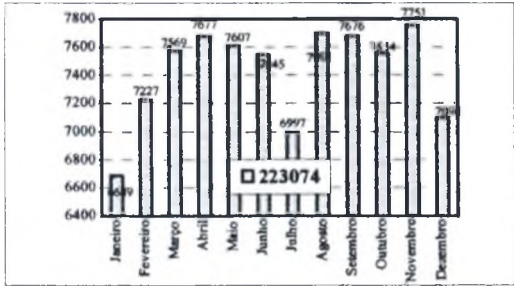
c) Detector 223035



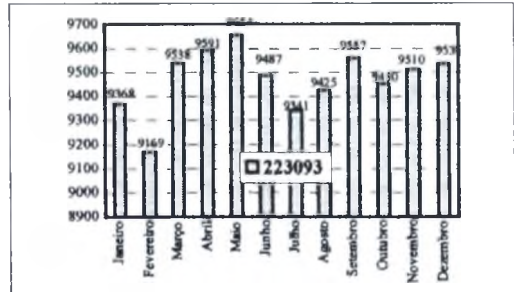
d) Detector 223053



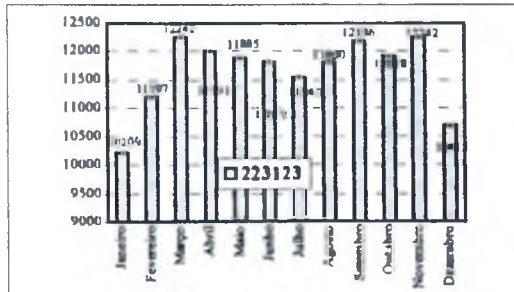
e) Detector 223073



f) Detector 223074



g) Detector 223093



h) Detector 223123

Figura 4.18 – MT 1 - Coeficientes associados aos efeitos sazonais para cada detector

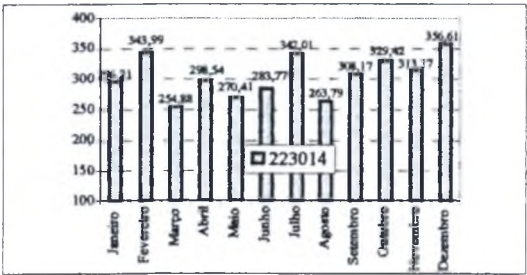
A Figura 4.18 apresenta os efeitos sazonais para todos os detectores ao longo dos anos, conforme determinado no Modelo Tipo 1 (MT 1). Através dela a sazonalidade mensal do fluxo de tráfego para alguns detectores é de fácil visualização, como é o caso dos detectores 223033, 223035, 223053 e 223074. Nestes, verifica-se que a variação segue um padrão ao longo do ano. Nos demais detectores, a variação ao longo dos meses é também perceptível, embora não se observe nos mesmos um padrão definido ao longo dos doze meses.

Tabela 4.4 – Resultados relativos ao MT 2 (Volume das 04:00 às 05:00 h)

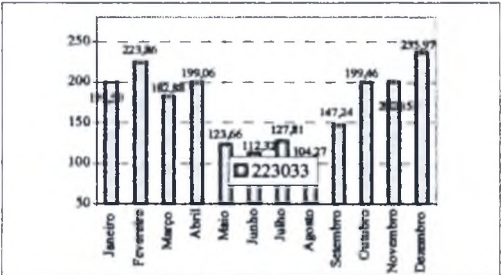
Mês/ Ano (n=1)	Número do Detector							
	223014	223033	223035	223053	223073	223074	223093	223123
	01/92	07/92	07/92	01/92	01/92	04/92	01/92	07/92
h_1	-	5,29	2,97	0,70	0,50	0,62	1,29	0,43
a_1	296,21	199,50	258,74	37,33	25,14	19,37	118,47	18,62
a_2	343,99	223,86	299,12	37,47	24,89	16,41	97,43	15,17
a_3	254,88	182,88	232,93	25,06	20,14	9,02	89,64	16,07
a_4	298,54	199,06	239,91	40,17	22,73	13,06	87,85	14,90
a_5	270,41	123,66	211,54	27,55	19,82	16,36	89,37	17,77
a_6	283,77	112,32	223,55	26,10	19,07	11,21	93,27	17,09
a_7	342,01	127,81	264,87	32,39	24,82	17,07	111,33	19,16
a_8	263,79	104,27	208,65	23,69	17,08	10,19	75,81	19,98
a_9	308,17	147,24	250,93	29,49	18,08	9,97	107,90	20,81
a_{10}	329,42	199,46	253,69	32,99	24,66	13,96	97,33	19,62
a_{11}	313,37	200,45	244,25	30,95	25,42	14,86	97,23	15,70
a_{12}	356,61	235,97	317,03	43,52	31,83	22,03	124,57	21,52
Mai/92	171,74	-	-	-	-	-	-	-
Abr/95	244,92	-	230,14	-	25,66	19,96	-	-
D	105,45	-	-	-	-	-	-	-
Out/93	-	-	101,12	-	-	-	-	-
IN	-	-	-	17,63	3,69	-	-	-
Dez/95	-	-	-	25,21	-	-	-	-
Jul/92	-	-	-	-	-	-	-	24,78
Durbin-Watson	0,6329	0,3081	0,4987	0,1669	0,3475	0,2179	0,3243	0,3223

No desenvolvimento do Modelo Tipo 2 (MT 2) foram observados, para os detectores 223014, 223035, 223053, 223073, 223074 e 223123 valores atípicos para alguns meses nos anos de 1992 a 1995, como os apresentados no caso do Modelo Tipo 1 e, novamente, com o intuito de não comprometer o ajuste do modelo, foram incluídos

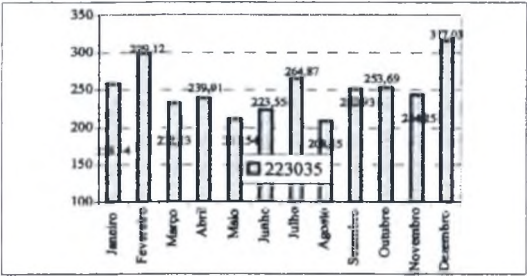
parâmetros para compensar esta variação. Outro ponto a destacar é que o coeficiente de tendência para o detector 223014 não é estatisticamente significativo (para $\alpha = 10\%$) e, por isso foi excluído do ajuste.



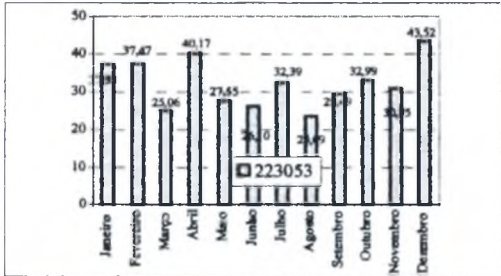
a) Detector 223014



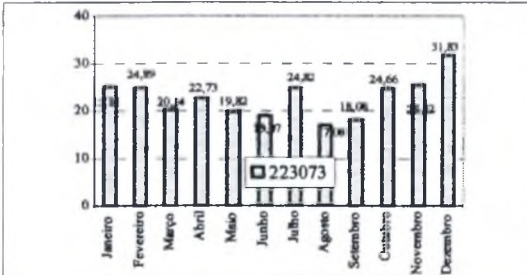
b) Detector 223033



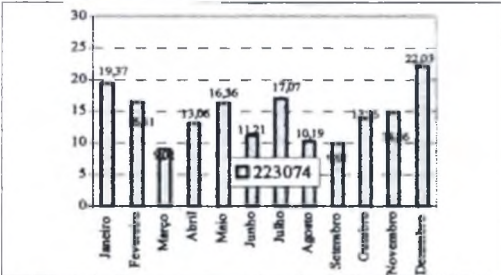
c) Detector 223035



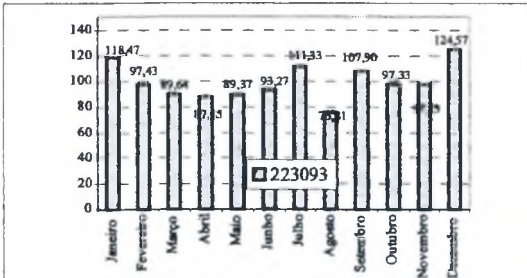
d) Detector 223053



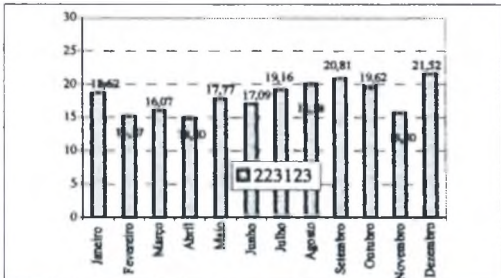
e) Detector 223073



f) Detector 223074



g) Detector 223093



h) Detector 223123

Figura 4.19 – MT 2 - Coeficientes associados aos efeitos sazonais para cada detector

Na Figura 4.19 são apresentados os gráficos dos efeitos sazonais para os detectores da rede estudada no horário de 04:00 às 05:00 h, Modelo Tipo 2 (MT 2). Através destes gráficos observa-se a existência de uma variação do coeficiente sazonal de mês para mês sem que, no entanto, possa-se estabelecer algum padrão específico de variação ente

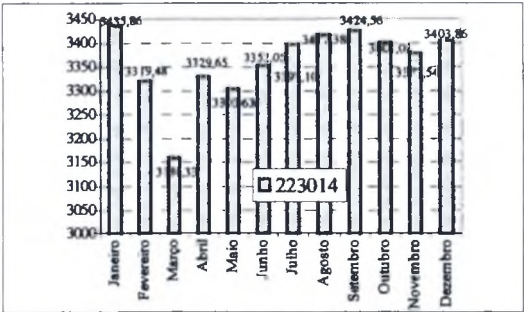
os meses. Em geral, observa-se que os coeficientes associados aos meses de dezembro para todos os detectores possuem valor mais alto do que os relativos aos demais meses. No detector 223033, entretanto observou-se que a variação dos coeficientes segue um padrão que permite verificar a queda mais acentuada no período de junho à agosto, com crescimento na direção do período dezembro à fevereiro.

Tabela 4.5 – Resultados relativos ao MT 3 (Volume das 08:00 às 09:00h)

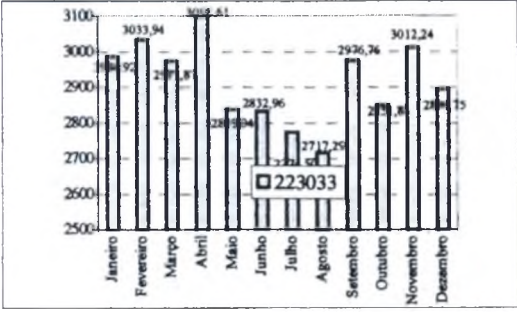
Mês / Ano (n=1)	Número do Detector							
	223014	223033	223035	223053	223073	223074	223093	223123
	01/92	07/92	07/92	01/92	01/92	04/92	01/92	07/92
b_1	6,33	14,27	-2,23	-	2,10	1	0,82	2,52
a_1	3435,86	2986,92	3531,42	772,85	784,41	360,64	488,44	638,24
a_2	3319,48	3033,94	3574,19	827,01	843,35	396,36	495,25	704,53
a_3	3158,33	2973,87	3589,38	831,44	847,77	414,43	500,68	764,99
a_4	3329,65	3098,61	3524,22	839,59	850,49	426,33	506,10	754,85
a_5	3303,63	2839,04	3503,72	843,87	868,71	424,58	523,87	758,93
a_6	3352,05	2832,96	3469,19	822,35	857,13	415,58	502,60	760,04
a_7	3397,10	2774,50	3460,10	779,76	815,87	376,08	488,60	706,38
a_8	3417,38	2717,29	3499,54	810,65	863,23	424,84	500,13	762,62
a_9	3424,56	2976,76	3496,26	818,05	871,68	415,34	502,76	744,95
a_{10}	3400,02	2851,81	3529,26	821,24	849,40	414,85	504,46	738,60
a_{11}	3377,54	3012,24	3399,55	834,23	851,22	421,87	502,10	756,84
a_{12}	3403,86	2896,75	3363,14	801,69	815,03	392,72	495,11	657,85
Nov/95	-1335,50	-	-	-	-	-	-	-
Fev/94	-	924,26	-	-	-	-	-	-
Ago/94	-	-	-	85,69	-	-	-	-
Dez/95	-	-	-	-	-	-99,23	-	-
Jul/92	-	-	-	-	-	-	-28,43	-
Jan/95	-	-	-	-	-	-	-26,46	-
Jul/92	-	-	-	-	-	-	-	728,84
Durbin-Watson	0,5315	0,7394	0,3422	0,1268	0,3098	0,4412	0,2359	0,2185

Para o Modelo Tipo 3 (MT 3), referente ao horário de 08:00 às 09:00h, foi observado, em primeiro lugar, que os valores de tendência (b_1) para a maioria dos detectores foi baixo. Para o detector de código 223035, inclusive, o valor foi negativo (vide Tabela 4.5). Para o detector 223053 o parâmetro associado à tendência não foi estatisticamente significativo e, por isso, foi excluído no modelo final. Foram observados, também, valores atípicos para determinados detectores em alguns meses, como apresentado no

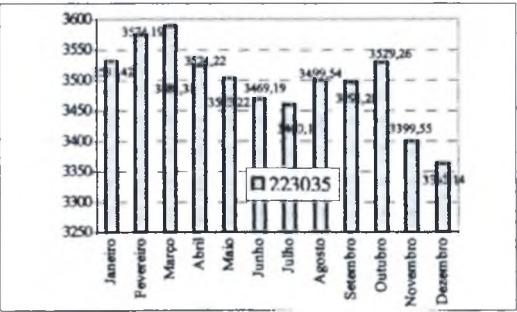
Tabela 4.5, e com a finalidade de não comprometer o ajuste do modelo, foram incluídos parâmetros de modo a compensar esta variação.



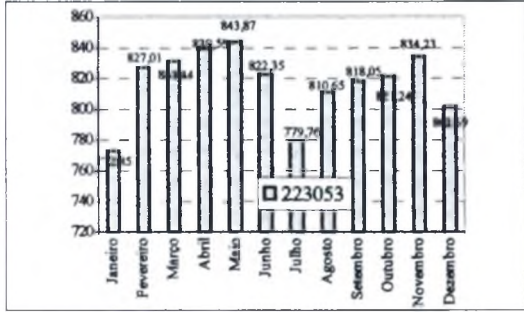
a) Detector 223014



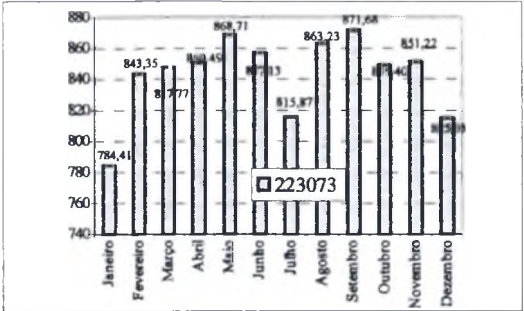
b) Detector 223033



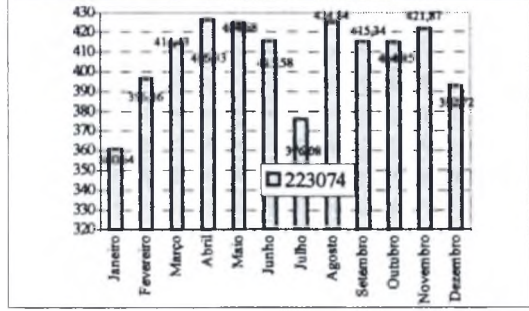
c) Detector 223035



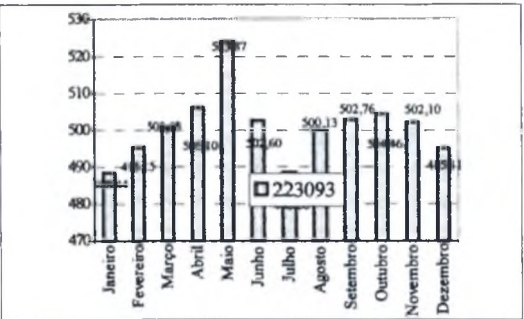
d) Detector 223053



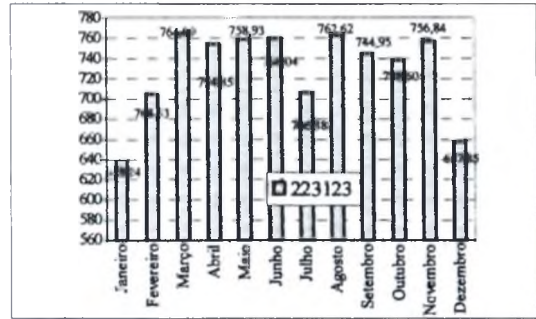
e) Detector 223073



f) Detector 223074



g) Detector 223093



h) Detector 223123

Figura 4.20 – MT 3 - Coeficientes associados aos efeitos sazonais para cada detector

Através da Figura 4.20, que apresenta os coeficientes do Modelo Tipo 3 (MT 3), verifica-se para a maioria dos detectores um discreto padrão de variação do efeito

sazonal mensal, principalmente notado nos detectores 223053, 223073, 223074, 223093 e 223123. Nestes detectores os meses de janeiro, julho e dezembro apresentaram comportamentos similares quanto aos coeficientes baixos em relação aos demais meses.

Tabela 4.6 – Resultados relativos ao MT 4 (Volume das 14:00 às 15:00h)

Mês/ Ano (n=1)	Número do Detector							
	223014	223033	223035	223053	223073	223074	223093	223123
	01/92	07/92	07/92	01/92	01/92	04/92	01/92	07/92
b_1	-	-	-4,41	-	-	-	-	-
a_1	3435,07	3346,26	3490,92	892,74	871,41	491,00	503,75	840,24
a_2	3642,45	3490,71	3493,19	929,95	886,41	481,66	500,00	896,32
a_3	3762,51	3558,14	3581,05	945,38	889,21	491,76	516,76	935,61
a_4	3599,08	3131,16	3496,87	950,71	877,87	499,92	498,51	877,45
a_5	3579,49	3076,75	3529,00	944,76	898,90	499,05	501,24	879,76
a_6	3474,97	3288,21	3480,47	939,00	890,34	495,28	498,66	876,30
a_7	3532,91	3267,27	3453,95	906,75	884,39	470,52	501,60	894,40
a_8	3569,60	3318,02	3482,86	949,93	916,30	503,01	496,71	791,90
a_9	3523,33	3334,42	3449,86	938,21	907,23	503,88	499,05	924,44
a_{10}	3519,97	3431,23	3501,92	939,80	908,34	498,79	477,16	913,65
a_{11}	3390,66	3392,33	3449,59	962,83	917,71	504,58	493,16	930,40
a_{12}	3262,27	3295,38	3324,49	920,12	865,33	477,81	486,08	839,39
Fev/92	1167,27	-	-	-	-	-	-	-
Ago/95	-1210,43	-	-	-	-	-	-	-
Mar/94	-	584,48	-	-	-	-	-	-
Ago/94	-	-	-	74,31	-	-	-	-
Abr/92	-	-	-	-	-	58,79	-	-
Jan/95	-	-	-	-	-	-51,21	-	-
Dez/95	-	-	-	-	-	-31,58	-	-
Jul/92	-	-	-	-	-	-	-	742,42
Durbin-Watson	0,5131	0,5383	0,2448	0,4510	0,9123	0,3096	0,6934	0,4464

No Modelo Tipo 4 (MT 4), horário de 14:00 às 15:00h, os valores de tendência (b_1) para a maioria dos detectores não são significantes estatisticamente para um valor de $\alpha = 10\%$, sendo desta forma excluídos do ajuste. O detector 223035 apresentou um valor negativo para b_1 , o que indica uma tendência de queda do volume mensal para o link da rede onde o detector se situa. Como nos modelos anteriormente apresentados, foram observados valores atípicos para determinados detectores em alguns meses, como

apresentado na Tabela 4.5, e foram incluídos parâmetros para que houvesse uma compensação desta variação no processo de modelagem.

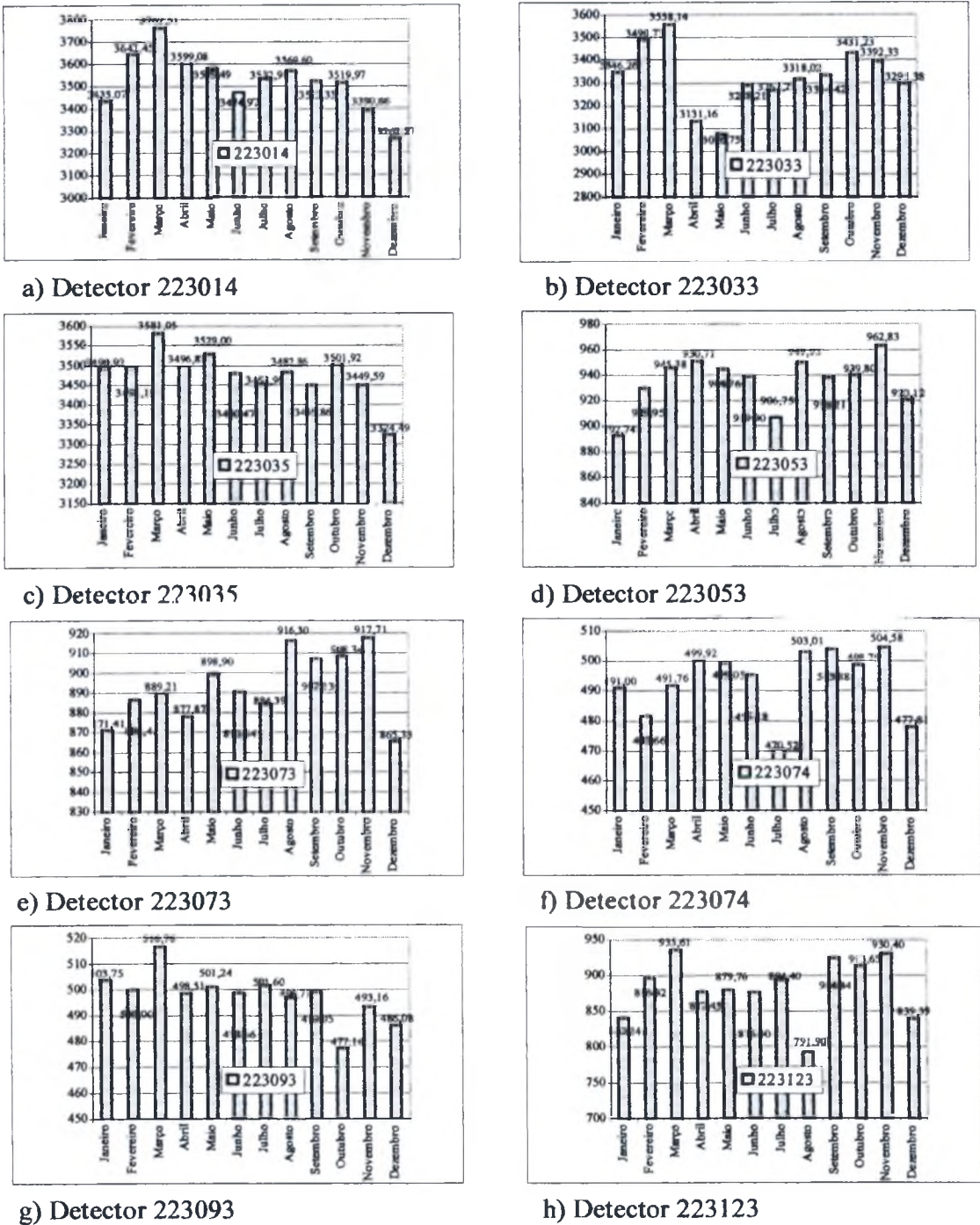


Figura 4.21 – MT 4 - Coeficientes associados aos efeitos sazonais para cada detector

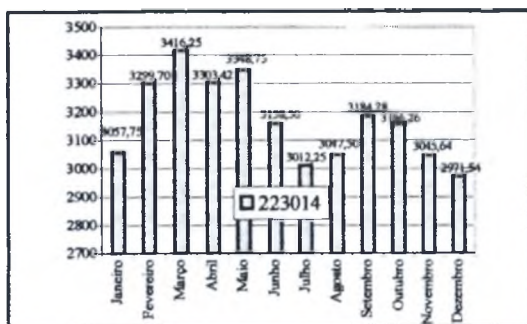
Os gráficos mostrados na Figura 4.21, para o horário de 14:00 às 15:00h, referentes ao Modelo Tipo 4 (MT 4), não expressam de maneira significativa um padrão de variação da sazonalidade mensal ao longo do ano, embora os coeficientes do modelo variem ao

longo dos meses. Nos detectores de código 223053 e 223074 nos meses de janeiro e dezembro é possível observar uma redução acentuada dos coeficientes sazonais, sendo que, também no mês de julho os coeficientes foram menores do que os dos outros meses.

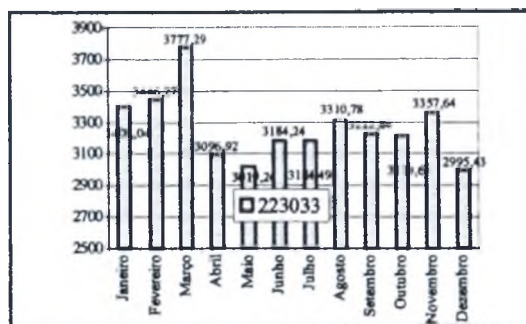
Tabela 4.7 – Resultados relativos ao MT 5 (Volume das 17:00 às 18:00h)

Mês/ Ano (n=1)	Número do Detector							
	223014	223033	223035	223053	223073	223074	223093	223123
	01/92	07/92	07/92	01/92	01/92	04/92	01/92	07/92
b_1	-	7,96	-7,18	-0,60	0,88	-	-	2,45
a_1	3057,75	3402,04	3124,09	879,12	798,59	493,36	459,77	732,77
a_2	3299,70	3446,27	3132,77	941,09	689,17	530,00	445,27	780,19
a_3	3416,25	3777,29	3154,79	964,42	733,55	518,03	457,77	811,13
a_4	3303,42	3096,92	3104,09	963,06	716,92	505,40	453,03	802,32
a_5	3348,75	3019,26	3142,33	984,16	690,29	516,00	458,35	822,97
a_6	3158,50	3184,24	3078,65	974,94	741,92	545,50	451,68	824,82
a_7	3012,25	3184,49	3164,35	915,28	810,33	542,00	443,60	850,13
a_8	3047,50	3310,78	3168,69	1013,77	710,45	505,25	456,26	858,18
a_9	3184,28	3222,84	3064,73	991,09	696,07	513,00	463,19	826,69
a_{10}	3156,26	3210,60	3153,88	984,57	730,70	514,50	451,49	815,78
a_{11}	3045,64	3357,64	3071,35	1021,43	727,32	515,99	454,97	830,34
a_{12}	2971,54	2995,43	3005,93	945,01	692,94	459,23	453,94	665,14
Fev/92	1364,22	-	-	-	-	-	-	-
Ago/95	-	-	-	-421,60	-	-	-	-
Fev/95	-	-	-	-	-134,84	-	-	-
Abr/95	-	-	-	-	-	-146,67	-	-
Jul/92	-	-	-	-	-	-	-	820,48
Durbin-Watson	0,3420	0,6025	0,5816	0,2993	0,6237	0,3206	0,1213	0,2831

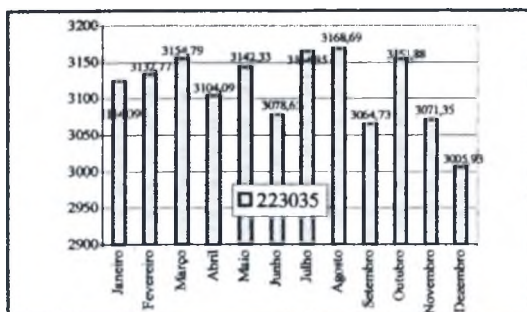
No Modelo Tipo 5 (MT 5), referente ao horário de 17:00 às 18:00h, em três dos detectores (223014, 223074 e 223093) foram constatados que os valores dos coeficientes de tendência eram não significantes e, portanto, foram excluídos do modelo final. Também neste caso, para que o estudo do ajuste do modelo não fosse comprometido, foi necessária a inclusão de parâmetros com o intuito de compensar a variação de volumes não explicada em alguns detectores como, por exemplo, dos detectores 223014, 223053, 223073, 223074 e 223123.



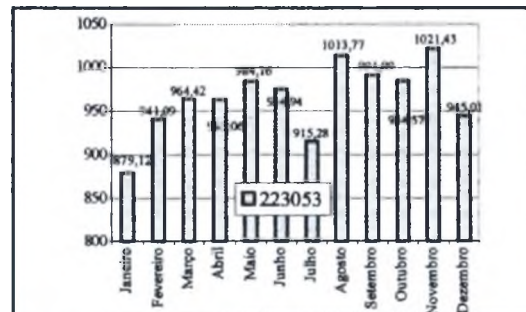
a) Detector 223014



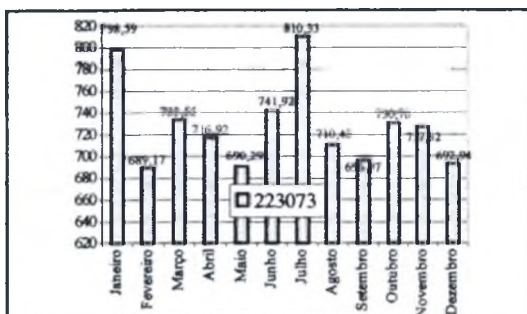
b) Detector 223033



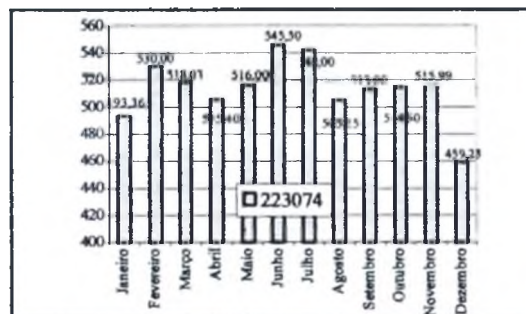
c) Detector 223035



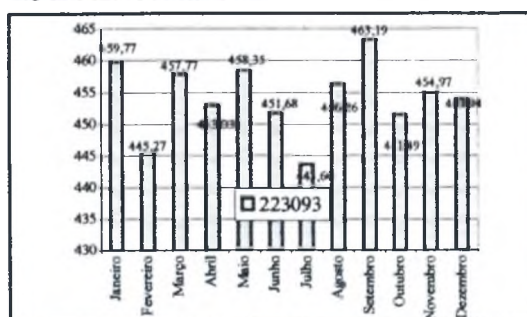
d) Detector 223053



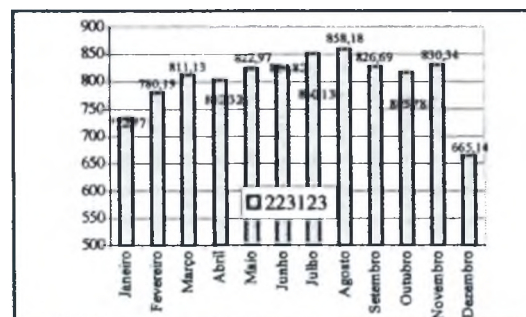
e) Detector 223073



f) Detector 223074



g) Detector 223093



h) Detector 223123

Figura 4.22 – MT 5 - Coeficientes associados aos efeitos sazonais para cada detector

A Figura 4.22 apresenta os gráficos dos efeitos sazonais para os detectores da rede estudada no horário de 17:00 às 18:00h, Modelo Tipo 5 (MT 5). Neles verifica-se que existe uma intensa variação de volumes no período de mês para mês, não existindo contudo um padrão de variação sazonal definido ao longo do ano.

4.3.3 - Análise dos Resultados dos Modelos

Esta análise teve como objetivo verificar se os modelos, para cada um dos oito detectores nos quatro horários escolhidos e para o volume diário representativo do mês, conseguiram representar bem as variações observadas nos volumes para cada detector. Para tanto, foi utilizado o valor do coeficiente de correlação (R^2) calculado pelo SAS, para cada modelo (vide Tabelas 4.3 a 4.7) e realizada uma análise de resíduos. Vale ressaltar que a determinação do R^2 pelo *software* utilizado (SAS), leva em consideração que o valor do intercepto dos modelos é igual a zero. A partir da comparação entre os valores observados em cada mês e os valores estimados pelo modelo correspondente, foi possível verificar a magnitude e a distribuição dos erros de estimação (resíduos padronizados) e o grau de ajuste dos vários modelos.

Os valores de resíduos padronizados encontrados para cada um dos detectores da rede podem ser observados através de gráficos como os mostrados nas Figuras 4.23, 4.24, 4.25, 4.26 e 4.27 elaborados para o detector 223053. Estes gráficos correspondem aos cinco tipos de modelos apresentados neste trabalho.

As Figuras do tipo (a) mostram, para todos os meses do período de estudo, os valores do volume observado (V_{Obs}) e os correspondentes estimados por um modelo (V_{Est}). Já as figuras tipo (b) apresentam os resíduos padronizados calculados para cada mês (Res_{pad}), através da Equação 4.6:

$$Res_{pad} = \frac{Resíduo}{EP(Resíduo)} \quad (4.6)$$

Onde:

Res_{pad} = valor do resíduo padronizado;

Resíduo = é a diferença entre V_{obs} (Volumes observados) e V_{Est} (Volumes estimados);

EP = erro padrão dos valores de resíduo.

Quando o modelo está bem ajustado, espera-se que 95% dos resíduos padronizados variem entre -2 e $+2$, por analogia com a distribuição normal.

Através da Figura 4.23 (a), observa-se que os valores dos volumes gerados pelo Modelo Tipo 1 (MT 1) estão próximos dos valores observados, indicando que o modelo representa bem a situação real. Este fato é confirmado através da Figura 4.23 (b), onde verifica-se que os resíduos variam no intervalo de -2 a $+2$.

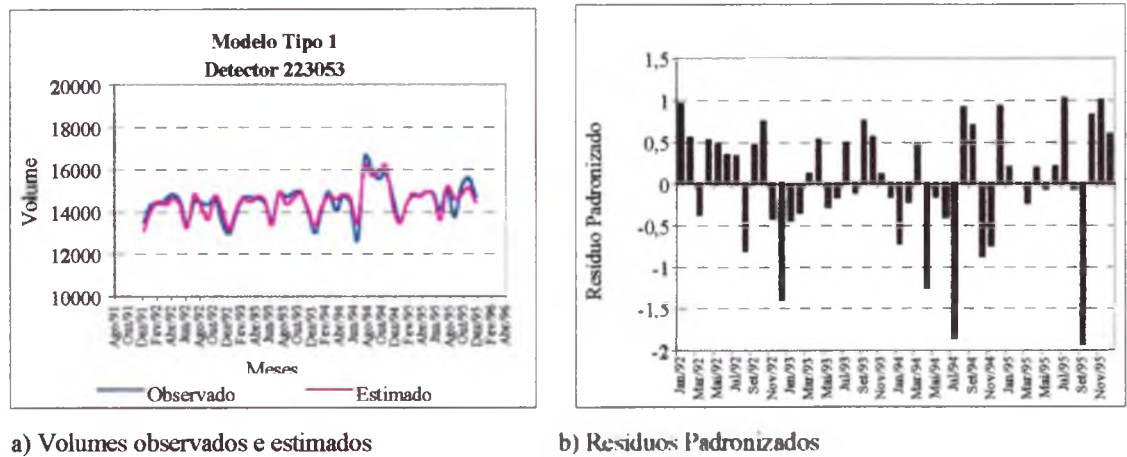


Figura 4.23 – Gráficos para análise do MT 1 do detector 223053

Na Figura 4.24 (a) observa-se que os valores observados e os valores estimados pelo Modelo Tipo 2 (MT 2) estão bem próximos, sendo que através da Figura 4.24 (b), esta observação é confirmada, pois os resíduos padronizados estão no intervalo de menos dois a mais dois.

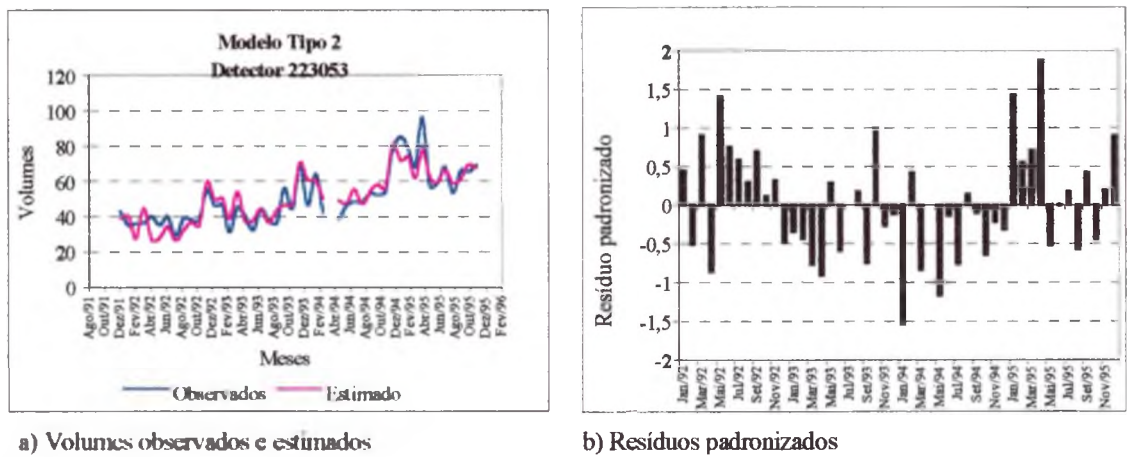


Figura 4.24 – Gráficos para análise do MT 2 do detector 223053

A Figura 4.25 (a) mostra com clareza que os resultados dos valores estimados pelo Modelo Tipo 3 (MT 3) encontram-se próximos aos valores observados nos detectores.

Isto quer dizer que este modelo explicou bem os dados, o que é comprovado com a Figura 4.25 (b), que mostra baixos valores para os resíduos padronizados.

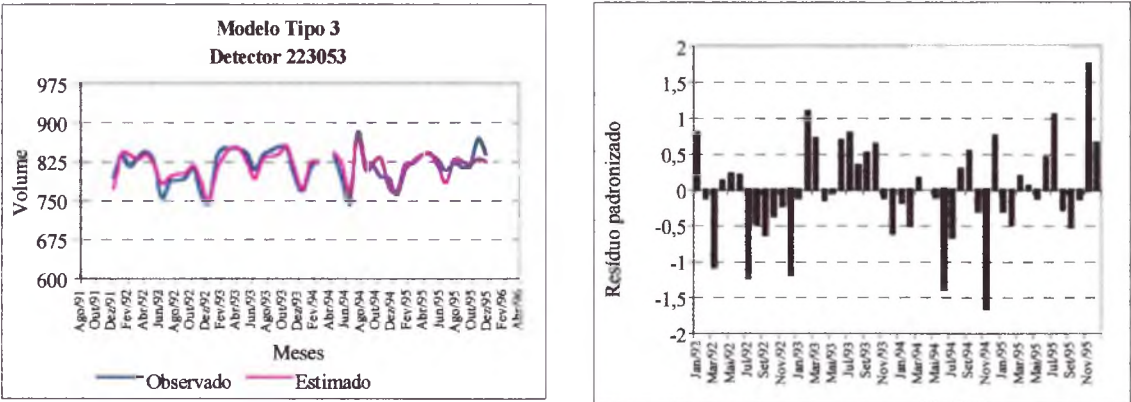


Figura 4.25 – Gráficos para análise do MT 3 do detector 223053

Os gráficos apresentados nas Figuras 4.26 (a) e 4.27 (a) mostram a boa qualidade dos resultados obtidos nos Modelos Tipo 4 e 5 (MT 4 E 5). Observa-se nas figuras mostradas, uma grande proximidade entre os valores observados e os estimados, levando à conclusão de que os modelos explicam os dados fornecidos pela Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo. Esta observação é, também, comprovada através das Figuras 4.26 (b) e 4.27 (b) que mostra valores dos resíduos padronizados no intervalo $[-2,+2]$.

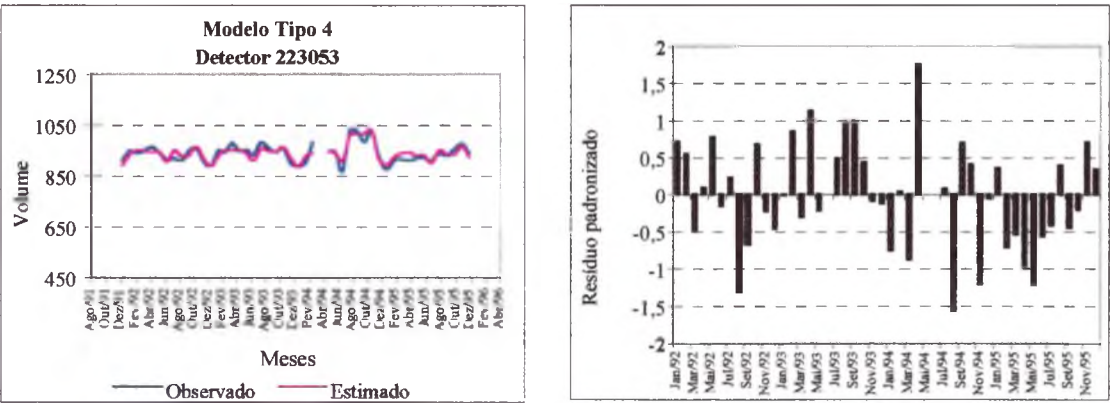


Figura 4.26 – Gráficos para análise do Modelo Tipo 4 do detector 223053

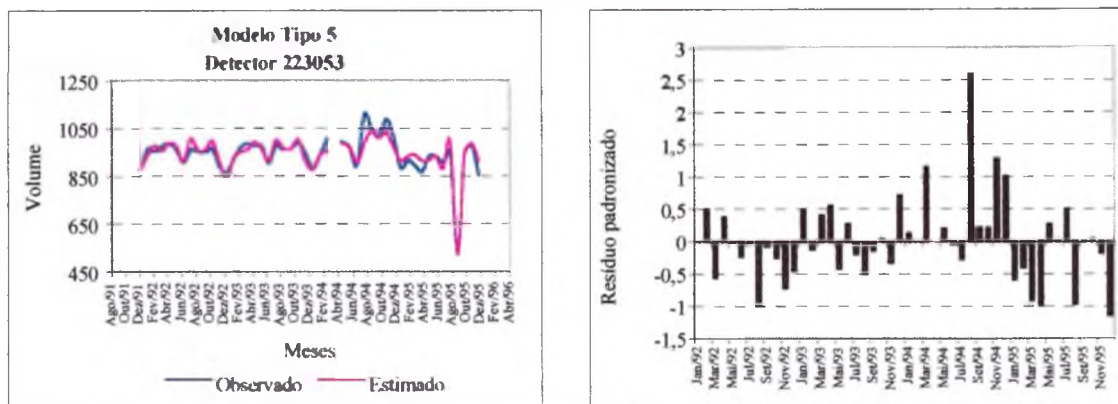


Figura 4.27 – Gráficos para análise do MT 5 do detector 223053

De maneira abrangente, pode-se dizer que para todos os cinco modelos analisados, relativos, respectivamente, ao volume diário representativo do mês e aos horários de 04:00 às 05:00, 08:00 às 09:00, 14:00 às 15:00 e 17:00 às 18:00, os resultados obtidos para o detector 223053 foram bastante satisfatórios. Os modelos utilizados, em geral, explicaram bem, os dados obtidos junto a Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo, para os casos em que o modelo não se adequava aos dados, foram necessárias averiguações mais precisas na análise, obtendo-se desta forma resultados satisfatórios para todos os 40 modelos. Estes modelos estavam divididos em cinco tipos, como especificado anteriormente. Nos modelos em que foi verificado grandes variações nos percentuais de resíduos (em relação aos valores observados), também foram necessárias análises mais precisas para se chegar a um resultado adequado, destaca-se, entretanto, que mesmo nestes modelos o resultado foi estatisticamente aceitável.

Uma análise semelhante à descrita para o detector 223053 foi realizada para os demais detectores da rede de estudo. De uma forma geral, através da análise dos resíduos padronizados de todos os modelos, observou-se que a maioria dos valores por eles estimados explica bem os dados observados nos diversos detectores da rede (ver Figura 4.1). No APÊNDICE E são apresentados os gráficos para os demais detectores análogos as Figura 4.23 a 4.27.

4.4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE A ANÁLISE REALIZADA

Neste capítulo foram investigadas as variações, aos longos dos meses e dos anos, dos volumes de tráfego medidos por detectores localizados em uma rede semaforizada situada na cidade de São Paulo. Através desta análise procurou verificar-se a tendência e a existência ou não de padrão de variação da sazonalidade nas séries de volumes disponíveis através do modelo básico mostrado na Equação 4.1. Existem outras metodologias de análise de séries temporais que poderiam ser utilizados neste trabalho, como ARIMA, modelos estruturais ou, até mesmo, a suavização exponencial. Entretanto, o modelo foi escolhido por sua simplicidade e possibilidade de uso em locais com pouca sofisticação computacional, como é o caso de vários órgãos gestores de tráfego existentes no Brasil.

Os resultados do estudo mostram que, nas séries estudadas, o volume é praticamente estável, apresentando uma tendência de crescimento muito discreta. Para todos os detectores, entretanto, a variação mensal pode ser claramente observada. O padrão de variação da sazonalidade mensal está presente, em formas mais acentuadas nos detectores 223033, 223053, 223074, 223093.

A partir destes resultados verifica-se a necessidade de avaliar com cuidado o impacto da variação do volume, sobretudo da variação mensal, sobre o desempenho dos planos semaforicos de tempo fixo. É importante que esta variação seja feita para alguns horários, que representem as situações mais extremas de pico e entre-pico, como é o caso dos horários que foram estudados nos Modelos Tipo 2, 3, 4 e 5. No capítulo 5 o impacto da variação mensal dos volumes sobre o desempenho dos planos semaforicos de tempo fixo será investigada.

5 – IMPACTO DA VARIAÇÃO TEMPORAL DO VOLUME DE TRÁFEGO NO DESEMPENHO DOS PLANOS SEMAFÓRICOS

Neste capítulo é apresentada e aplicada uma metodologia para avaliação do impacto da variação temporal do volume de tráfego no desempenho dos planos semafóricos de tempo fixo. Esta avaliação é feita mediante a utilização do *software* TRANSYT, na otimização e simulação da rede de tráfego estudada, que foi detalhada no Capítulo 4. Através dos resultados produzidos pelo *software* são encontrados os valores dos índices de desempenho dos planos semafóricos em diferentes situações do comportamento do tráfego, sendo feito o estudo do prejuízo ocorrido pela não atualização destes planos.

5.1 – METODOLOGIA ADOTADA NO ESTUDO

A partir dos estudos da análise estatística, apresentados no Capítulo 4, foram selecionados para análise os meses de janeiro, março, julho e novembro dos anos de 1992 a 1995, totalizando 14 meses.

Estes meses foram escolhidos em função dos resultados da análise de séries temporais, segundo os quais, na maioria dos detectores analisados, os volumes de janeiro e julho eram bem mais baixos do que os dos outros meses, ocorrendo o inverso com os meses de março e novembro, cujos volumes eram mais altos. A partir desta escolha, foram montadas as redes correspondentes a cada um dos meses de estudo, de acordo com os horários estabelecidos no Capítulo 4, como sendo os 3 horários de maior volume, que são 08:00 às 09:00h, 14:00 às 15:00h e 17:00 18:00h, e o horário de menor volume 04:00 às 05:00h. Estes horários foram determinados a partir de análise comparativa feita com todos os horários do dia, como já citado no capítulo anterior.

Assim, para a rede física definida no Capítulo 4, e usando os volumes de tráfego preditos para os horários de interesse através dos modelos 2, 3, 4 e 5, foram montadas 14 redes para cada horário, perfazendo um total de 48 redes estudadas.

De forma a analisar melhor os problemas causados pela não atualização dos planos, foi adotado o seguinte procedimento (para cada um dos horários de interesse do trabalho):

a) as redes para cada um dos meses de interesse foram montadas da seguinte forma:

- para os *links* onde estavam situados os detectores estudados, foi adotado o volume estimado pelo SAS, a partir do modelo de séries temporais. Este volume foi escolhido por ser muito próximo dos valores efetivamente medidos pelos detectores e por estarem disponíveis para aqueles detectores onde os volumes de alguns meses não foram fornecidos pela CET;
- para os demais *links*, os volumes foram atribuídos de modo a comporem com os volumes reais, procurando-se, na medida do possível, relacioná-los diretamente aos mesmos. Buscou-se variar os volumes destes *links* de forma proporcional às variações observadas nos *links* dotados de detectores. Na realização desta atividade, foram utilizadas algumas informações fornecidas pelos técnicos da CET. Em alguns casos, quando a manutenção desta proporcionalidade causou graus de saturação superiores a 100%, os volumes atribuídos foram ajustados para eliminar esta situação que tem um impacto muito forte sobre o índice de desempenho calculado pelo TRANSYT. O objetivo deste ajuste foi tentar assegurar ao máximo que as variações nos índices de desempenho fossem causadas de forma mais intensa pelas mudanças de volume nos *links* dotados de detectores.
- Para a definição completa da rede, foram usados os diagramas de fases (ou estágios) de cada interseção, assim como os fluxos da saturação e velocidades ao longo dos *links*, fornecidos pela CET;

Assim, a partir da forma como as redes foram definidas, elas não representam efetivamente uma situação real observada na cidade de São Paulo, sendo que foi necessário atribuir valores de volumes a locais onde não foi possível obter os dados. Isto é, devem ser como exemplos de uma situação, “dentre as várias possíveis”, que poderia ocorrer no local.

b) para cada horário e mês de interesse, correspondendo a uma rede distinta, com volumes atualizados, foi calculado:

- o índice de desempenho (PI) através da determinação do plano ótimo com a utilização do processo de otimização do *software* TRANSYT. Esta otimização foi realizada, inicialmente, com a determinação do ciclo ótimo, seguida do cálculo dos tempos ótimos para este ciclo.

c) o índice de desempenho (PI), através da simulação da rede com planos semafóricos ótimos gerados pelo TRANSYT para julho/92 e novembro/92. Procurou-se, desta forma, permitir a futura avaliação do impacto gerado pela não atualização de um plano definido a partir de volumes mais baixos, mês de julho, e de outro determinado a partir de volumes mais altos, mês de novembro;

Através da função desempenho selecionada no TRANSYT para este trabalho (ver Equação 5.1), foram obtidos os valores dos PI(s) necessárias à realização do estudo:

$$PI = \sum_{i=1}^n atraso_i + \sum_{i=1}^n (n^{\circ} paradas_i \times peso paradas) \quad (5.1)$$

Onde:

$atraso_i$ = atraso total observado no *link* i (veíc.h/h);

$n^{\circ} paradas_i$ = n° de paradas observado no *link* i (veíc/s);

$peso paradas$ = peso atribuído às paradas observadas em cada *link*, que neste trabalho foi adotado como sendo 10;

n = número de *links* da rede.

d) a quantificação do prejuízo pela não atualização dos planos, feita através do uso do indicador gama (γ) proposto por Bell e Bretherton (1986) apresentado na Equação 5.2 a seguir, que assume valores negativos quando o prejuízo efetivamente ocorre:

$$\gamma = \frac{NN - NO}{NN} \times 100 \quad (5.2)$$

Onde:

NN = índice de desempenho fornecido pelo TRANSYT para a operação do tráfego quando o plano é atualizado para atender aos volumes presentes na rede (volumes atuais e plano atual);

NO = índice de desempenho fornecido pelo TRANSYT para a operação do tráfego quando o plano semafórico foi determinado para volumes antigos da rede, isto é, o volume nos *links* é atualizado, mas um novo plano não é gerado (volumes atuais e plano antigo).

5.2 – ESTUDO DE CASO

Conforme indicado anteriormente, para cada uma das redes consideradas (14 redes para cada horário) foram calculados índices de desempenho em três situações:

- a) usando o plano ótimo de julho/92 (NO);
- b) usando o plano ótimo de novembro/92 (NO);
- c) usando o plano ótimo para o mês/ano considerado (NN).

5.2.1 – Dados Utilizados

Para que o estudo pudesse ser realizado com o uso do TRANSYT foram utilizados os dados apresentados a seguir:

- a) dados de volume (reais e hipotéticos) alocados a cada *link* da rede, cuja estrutura é apresentada na Figura 5.1:

Tabela 5.1 – Dados fornecidos pela CET/SP

Número Link	Fluxo de Saturação (vph de tempo verde)	Velocidade (km/h)
907	1500	30
905	2100	30
903	3900	30
703	2800	30
705	3000	30
403	3000	30
407	4500	30
104	3000	30
105	7000	45
107	4500	30
203	5100	30
205	7000	45
207	7000	45
209	1400	25
305	6500	40
306	2400	25
307	7000	40

c) diagrama de fases e de tempos, como mostram as Figuras 5.2 a 5.7 a seguir:

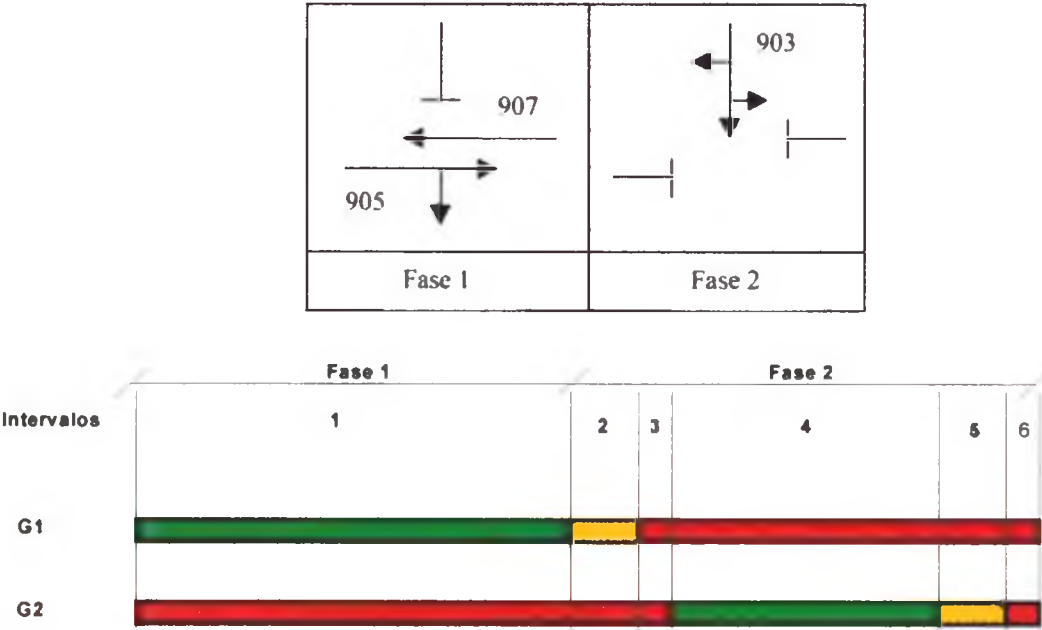


Figura 5.2 – Interseção: Rua Augusta x Rua Antônio Carlos (nó 09)

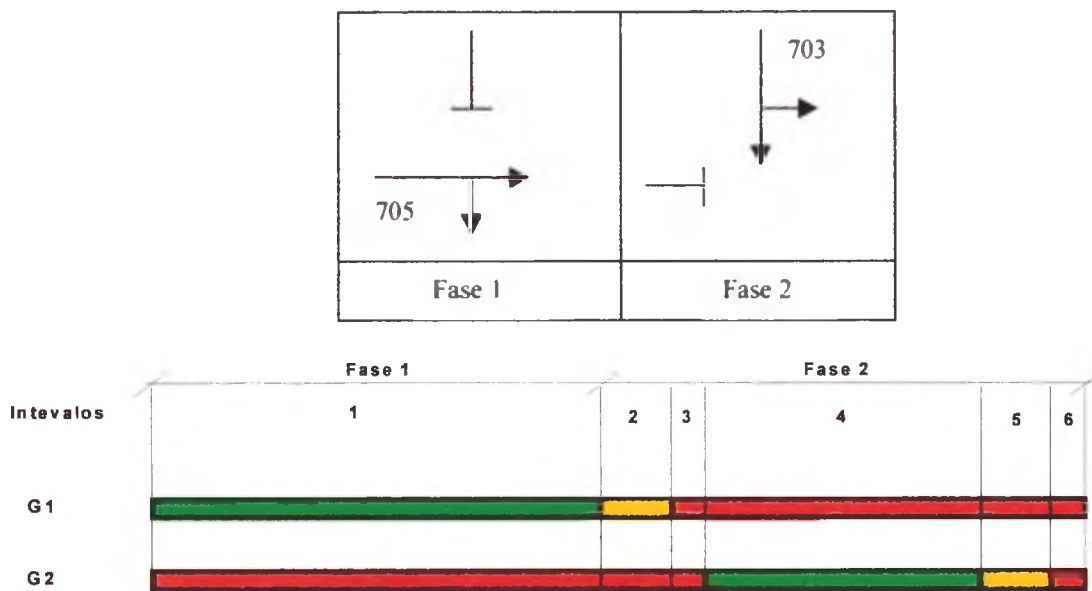


Figura 5.3 – Interseção: Rua Haddock Lobo x Rua Antônio Carlos (nó 07)

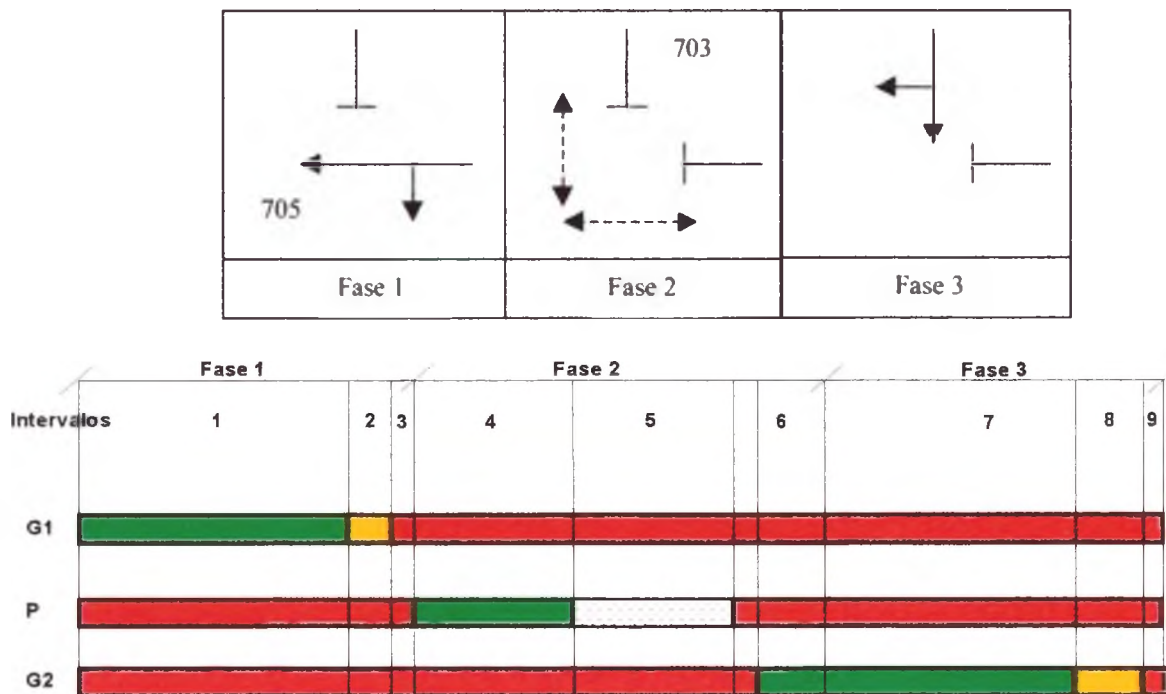


Figura 5.4 – Interseção: Rua Bela Cintra x Rua Antônio Carlos (nó 04)

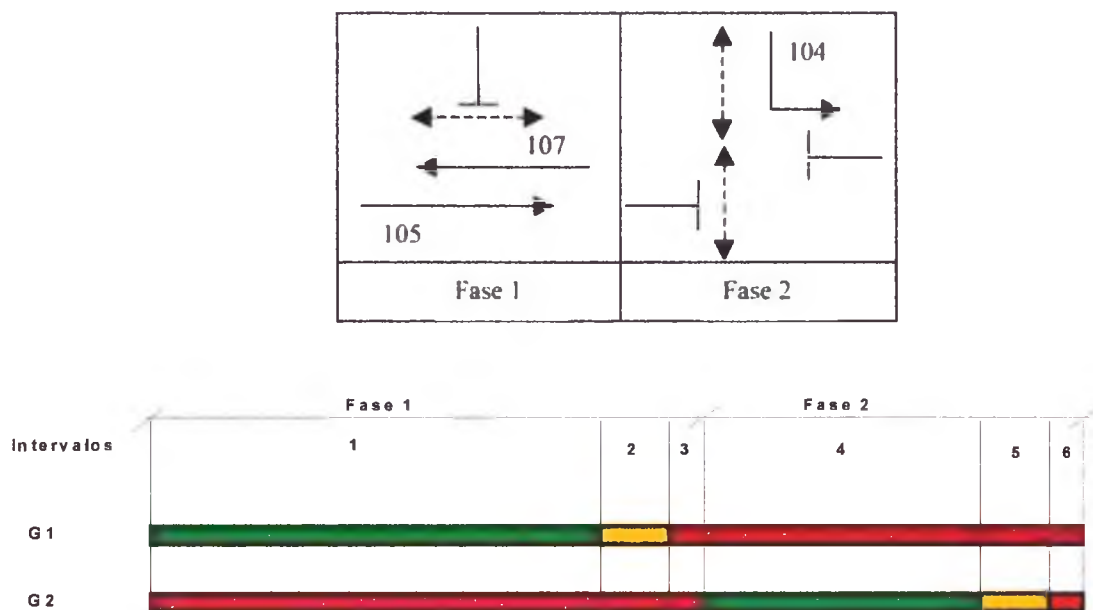


Figura 5.5 Interseção: Rua da Consolação x Rua Antônio Carlos (nó 01)

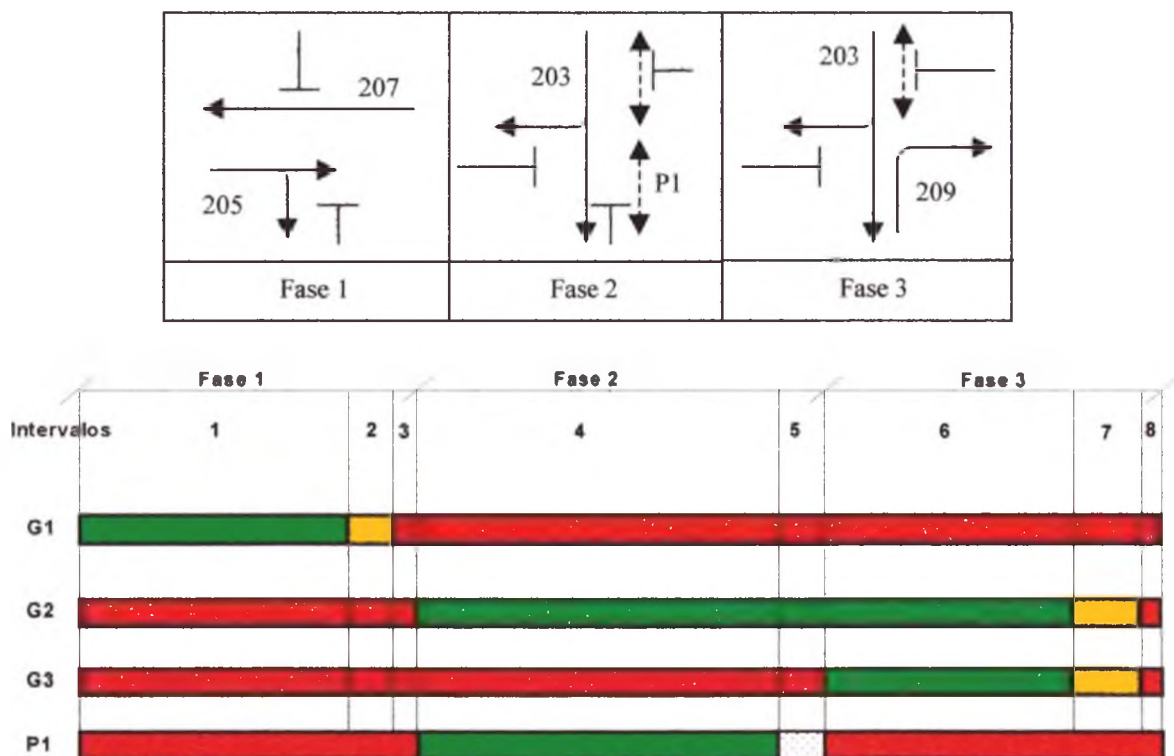


Figura 5.6 – Interseção: Rua da Consolação x Rua Matias Aires (nó 02)

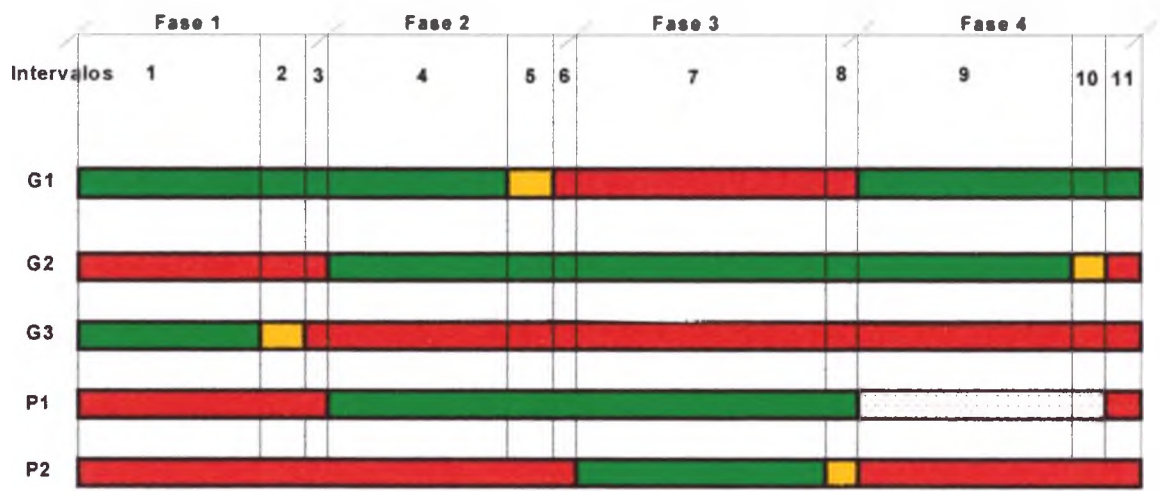
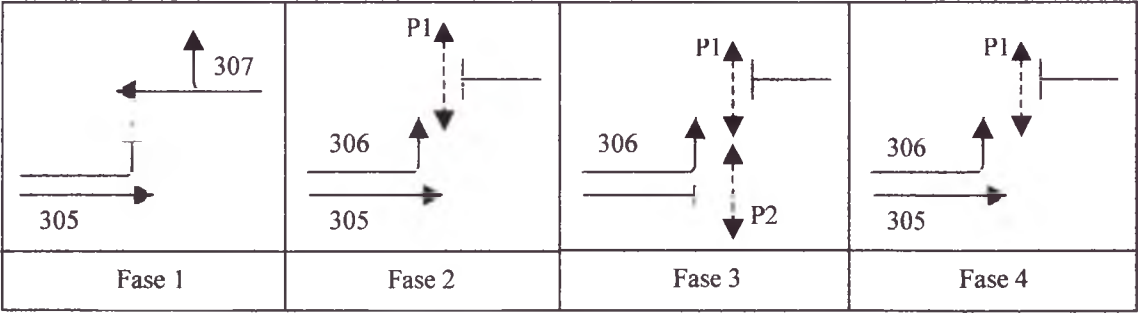


Figura 5.7 – Interseção: Rua da Consolação x Rua Fernando Albuquerque (nó 03)

5.2.2 – Resultados Obtidos e Análise do Prejuízo

A partir das redes montadas com as informações obtidas junto a técnicos da CET, foi possível gerar os planos semaforicos ótimos para os meses de julho e novembro de 1992, nos horários de interesse. Os resultados produzidos pelo *software* TRANSYT, referentes a estes planos, são apresentadas nas tabelas 5.2 a 5.9:

Tabela 5.2 – Plano ótimo para horário 04:00 às 05:00 no mês de julho/92

Comprimento dos Intervalos por Fase para os Mês de Julho/1992 Horário de 04:00 às 05:00													Offset
Ciclo	Fase 1			Fase 2			Fase 3			Fase 4			
50 s	Verde	Am	Verm	Verde	Am	Verm	Verde	Am	Verm	Verde	Am	Verm	
Nó 1	18	3	2	22	3	2							2
Nó 2	25	3	2	5	3*		7	3	2				7
Nó 3	23	3	2	2	3	2	5	2		3	3	2	13
Nó 4	23	3	2	3	5	2	7	3	2				19
Nó 7	23	3	2	17	3	2							20
Nó 9	32	3	2	8	3	2							0

* vermelho piscante para pedestre

Tabela 5.3 – Plano ótimo para horário 04:00 às 05:00 no mês de novembro/92

Comprimento dos Intervalos por Fase para os Mês de Novembro/1992 Horário de 04:00 às 05:00													Offset
Ciclo	Fase 1			Fase 2			Fase 3			Fase 4			
55 s	Verde	Am	Verm	Verde	Am	Verm	Verde	Am	Verm	Verde	Am	Verm	
Nó 1	33	3	2	12	3	2							6
Nó 2	29	3	2	5	3*		8	3	2				12
Nó 3	4	3	2	2	3	2	5	2		27	3	2	44
Nó 4	29	3	2	3	5	2	6	3	2				37
Nó 7	22	3	2	23	3	2							19
Nó 9	35	3	2	10	3	2							0

* vermelho piscante para pedestre

Tabela 5.4 – Plano ótimo para horário 08:00 às 09:00 no mês de julho/92

Comprimento dos Intervalos por Fase para os Mês de Julho/1992 Horário de 08:00 às 09:00													Offset
Ciclo	Fase 1			Fase 2			Fase 3			Fase 4			
110 s	Verde	Am	Verm	Verde	Am	Verm	Verde	Am	Verm	Verde	Am	Verm	
Nó 1	73	4	2	25	4	2							27
Nó 2	62	4	2	8	4*		24	4	2				24
Nó 3	63	4	2	5	4	2	10	4		10	4	2	30
Nó 4	55	4	2	11	7	2	23	4	2				97
Nó 7	34	4	2	57	4	2							6
Nó 9	40	4	2	58	4	2							0

* vermelho piscante para pedestre

Tabela 5.5 – Plano ótimo para horário 08:00 às 09:00 no mês de novembro/92

Comprimento dos Intervalos por Fase para os Mês de Novembro/1992 Horário de 08:00 às 09:00													Offset
Ciclo	Fase 1			Fase 2			Fase 3			Fase 4			
110 s	Verde	Am	Verm	Verde	Am	Verm	Verde	Am	Verm	Verde	Am	Verm	
Nó 1	72	4	2	26	4	2							40
Nó 2	62	4	2	8	4*		24	4	2				39
Nó 3	63	4	2	5	4	2	10	4		10	4	2	46
Nó 4	55	4	2	11	7	2	23	4	2				0
Nó 7	23	4	2	75	4	2							35
Nó 9	44	4	2	54	4	2							0

* vermelho piscante para pedestre

Tabela 5.6 – Plano ótimo para horário 14:00 às 15:00 no mês de julho/92

Comprimento dos Intervalos por Fase para os Mês de Julho/1992 Horário de 14:00 às 15:00													Offset
Ciclo	Fase 1			Fase 2			Fase 3			Fase 4			
110 s	Verde	Am	Verm	Verde	Am	Verm	Verde	Am	Verm	Verde	Am	Verm	
Nó 1	72	4	2	26	4	2							40
Nó 2	62	4	2	8	4*		24	4	2				39
Nó 3	63	4	2	5	4	2	10	4		10	4	2	46
Nó 4	55	4	2	11	7	2	23	4	2				0
Nó 7	23	4	2	75	4	2							35
Nó 9	44	4	2	54	4	2							0

* vermelho piscante para pedestre

Tabela 5.7 – Plano ótimo para horário 14:00 às 15:00 no mês de novembro/92

Comprimento dos Intervalos por Fase para os Mês de Novembro/1992													Offset
Horário de 14:00 às 15:00													
Ciclo	Fase 1			Fase 2			Fase 3			Fase 4			
100 s	Verde	Am	Verm	Verde	Am	Verm	Verde	Am	Verm	Verde	Am	Verm	
Nó 1	72	4	2	26	4	2							40
Nó 2	62	4	2	8	4*		24	4	2				39
Nó 3	63	4	2	5	4	2	10	4		10	4	2	46
Nó 4	55	4	2	11	7	2	23	4	2				0
Nó 7	23	4	2	75	4	2							35
Nó 9	44	4	2	54	4	2							0

* vermelho piscante para pedestre

Tabela 5.8 – Plano ótimo para horário 17:00 às 18:00 no mês de julho/92

Comprimento dos Intervalos por Fase para os Mês de Julho/1992 Horário de 17:00 às 18:00													Offset
Ciclo	Fase 1			Fase 2			Fase 3			Fase 4			
120 s	Verde	Am	Verm	Verde	Am	Verm	Verde	Am	Verm	Verde	Am	Verm	
Nó 1	73	4	2	25	4	2							9
Nó 2	59	4	2	8	4*		27	4	2				6
Nó 3	63	4	2	5	4	2	10	4		10	4	2	11
Nó 4	52	4	2	11	7	2	26	4	2				1
Nó 7	20	4	2	78	4	2							41
Nó 9	43	4	2	55	4	2							0

* vermelho piscante para pedestre

Tabela 5.9 – Plano ótimo para horário 17:00 às 18:00 no mês de novembro/92

Comprimento dos Intervalos por Fase para os Mês de Novembro/1992 Horário de 17:00 às 18:00													Offset
Ciclo	Fase 1			Fase 2			Fase 3			Fase 4			
110 s	Verde	Am	Verm	Verde	Am	Verm	Verde	Am	Verm	Verde	Am	Verm	
Nó 1	74	4	2	24	4	2							106
Nó 2	59	4	2	8	4*		27	4	2				103
Nó 3	63	4	2	5	4	2	10	4		10	4	2	108
Nó 4	55	4	2	11	7	2	23	4	2				97
Nó 7	19	4	?	79	4	2							29
Nó 9	37	4	2	61	4	2							0

* vermelho piscante para pedestre

Para cada um dos horários de estudo foi, então, encontrado o valor do índice de desempenho para cada plano (*NN* e *NO*) e através destes, foi possível determinar os valores dos prejuízos. Estes resultados são mostrados nas Tabelas 5.10 a 5.13. Para facilitar a análise destes resultados, foram elaborados os gráficos apresentados nas Figuras 5.8 a 5.15.

Tabela 5.10 – Resultados do indicador “ γ ” para o horário das 04:00 às 05:00

Período	Tempos Atualizados		Plano de julho/92			Tempos Atualizados		Plano de novembro/92		
Mês	Ciclo	PI (NN)	Ciclo	PI (NO)	Indicador “γ”	Ciclo	PI (NN)	Ciclo	PI (NO)	Indicador “γ”
Jul/92	50	4,97	-	-	-	50	4,97	-	-	-
Nov/92	55	5,82	50	5,32	8,59	55	5,82	-	-	-
Jan/93	55	5,78	50	5,29	8,48	55	5,78	55	6,42	-11,07
Mar/93	50	3,69	50	4,47	-21,14	50	3,69	55	5,37	-45,53
Jul/93	55	6,56	50	5,71	12,96	55	6,56	55	7,20	-10,21
Nov/93	55	6,13	50	6,16	-0,49	55	6,13	55	7,18	-17,13
Jan/94	50	4,89	50	5,87	-20,04	50	4,89	55	6,96	-42,33
Mar/94	55	6,17	50	5,91	4,21	55	6,17	55	6,92	-12,16
Jul/94	50	5,71	50	6,48	-13,49	50	5,71	55	8,21	-43,78
Nov/94	50	5,50	50	6,93	-26,00	50	5,50	55	7,98	-45,09
Jan/95	50	6,56	50	8,40	-28,66	50	6,56	55	9,58	-46,04
Mar/95	50	5,80	50	7,73	-33,28	50	5,80	55	8,61	-48,45
Jul/95	50	6,94	50	8,04	-15,85	50	6,94	55	10,10	-45,53
Nov/95	50	6,70	50	8,47	-26,42	50	6,70	55	9,10	-35,82

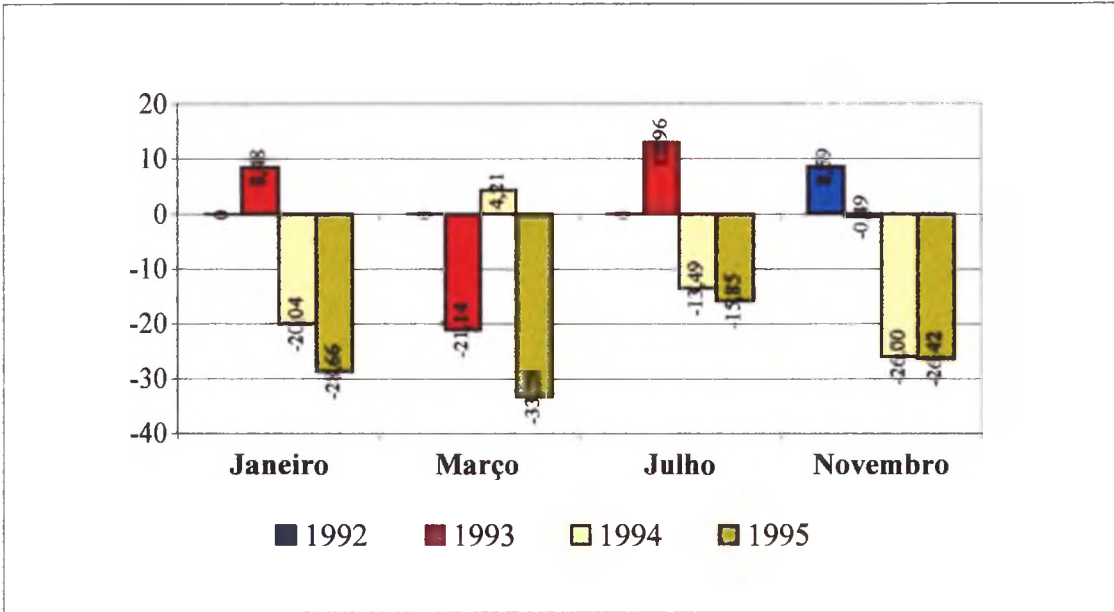


Figura 5.8 – Valores do indicador “ γ ” para o horário das 04:00 às 05:00h utilizando o plano de julho de 1992

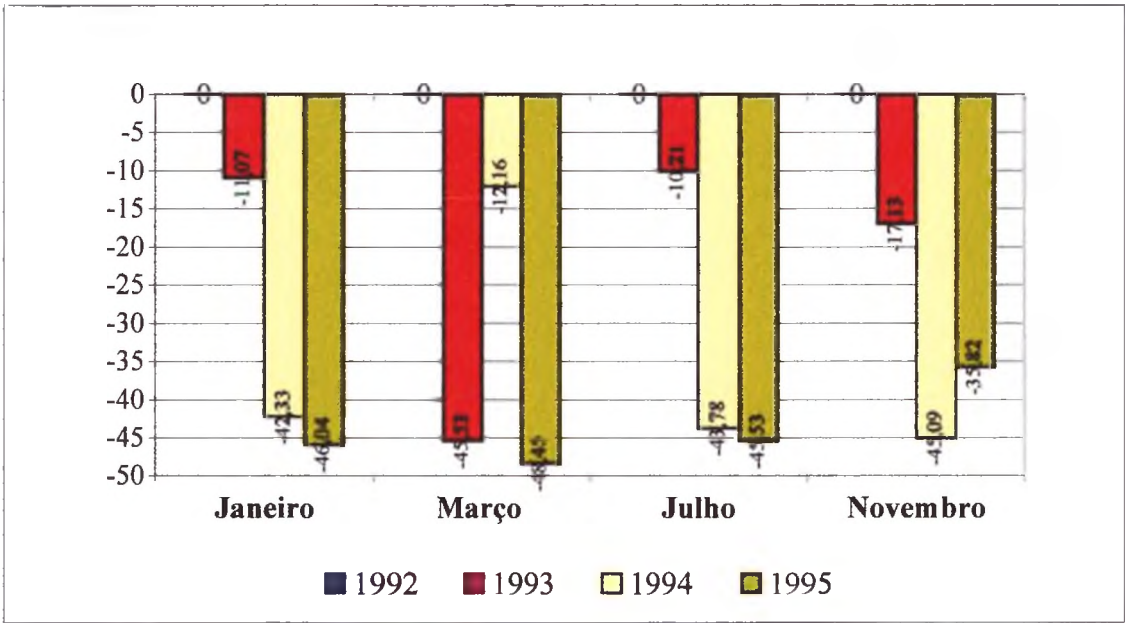


Figura 5.9 – Valores do indicador “ γ ” para o horário das 04:00 às 05:00h utilizando o plano de novembro de 1992

No horário de 04:00 às 05:00h foi observado que os volumes de tráfego informados ao TRANSYT, na determinação dos planos de julho e de novembro/1992, apresentam diferentes características que influenciam nos resultados dos prejuízos e/ou benefícios

causados pela não atualização destes planos. Tendo em vista que os diagramas de fases foram mantidos constantes para todos os horários de estudo, verificou-se que na otimização das redes com volumes muito baixos (como é o caso de julho/92), os elementos determinantes para o cálculo dos tempos ótimos foram as durações mínimas das fases e não o volume de tráfego nelas servido. Assim, o impacto da variação temporal dos volumes sobre o desempenho deste plano não é consistentemente negativo.

No caso do plano ótimo gerado para novembro de 1992, como os volumes de tráfego neste mês são maiores do que em julho, eles têm mais influência no processo de otimização do TRANSYT. Por isso, a variação temporal dos volumes tende a causar maiores prejuízos ao tráfego quando este plano não é atualizado.

Tabela 5.11 – Resultados do indicador “ γ ” para o horário das 08:00 às 09:00

Período	Tempos Atualizados		Plano de julho/92			Tempos Atualizados		Plano de novembro/92		
Mês	Ciclo	PI (NN)	Ciclo	PI (NO)	Indicador “ γ ”	Ciclo	PI (NN)	Ciclo	PI (NO)	Indicador “ γ ”
Jul/92	110	123,4	-	-	-	110	123,4	-	-	-
Nov/92	110	128,4	110	136	-5,92	110	128,4	-	-	-
Jan/93	100	127,4	110	131,6	-3,30	100	127,4	110	129,7	-1,81
Mar/93	110	133,1	110	138,6	-4,13	110	133,1	110	139,7	-4,96
Jul/93	120	125,9	110	126,1	-0,16	120	125,9	110	124,5	1,11
Nov/93	110	134,1	110	145,2	-8,28	110	134,1	110	142,7	-6,41
Jan/94	110	127,8	110	138,9	-8,69	110	127,8	110	136,1	-6,49
Mar/94	140	177,0	110	336,7	-90,23	140	177,0	110	336,8	-90,28
Jul/94	110	127,6	110	137,5	-7,76	110	127,6	110	134,6	-5,49
Nov/94	130	152,8	110	170,1	-11,32	130	152,8	110	167,2	-9,42
Jan/95	140	158,5	110	166,0	-4,73	140	158,5	110	163,6	-3,22
Mar/95	110	135,6	110	148,0	-9,14	110	135,6	110	146,5	-8,04
Jul/95	110	135,5	110	149,8	-10,55	110	135,5	110	147,5	-8,86
Nov/95	100	121,4	110	142,9	-17,71	100	121,4	110	140,3	-15,57

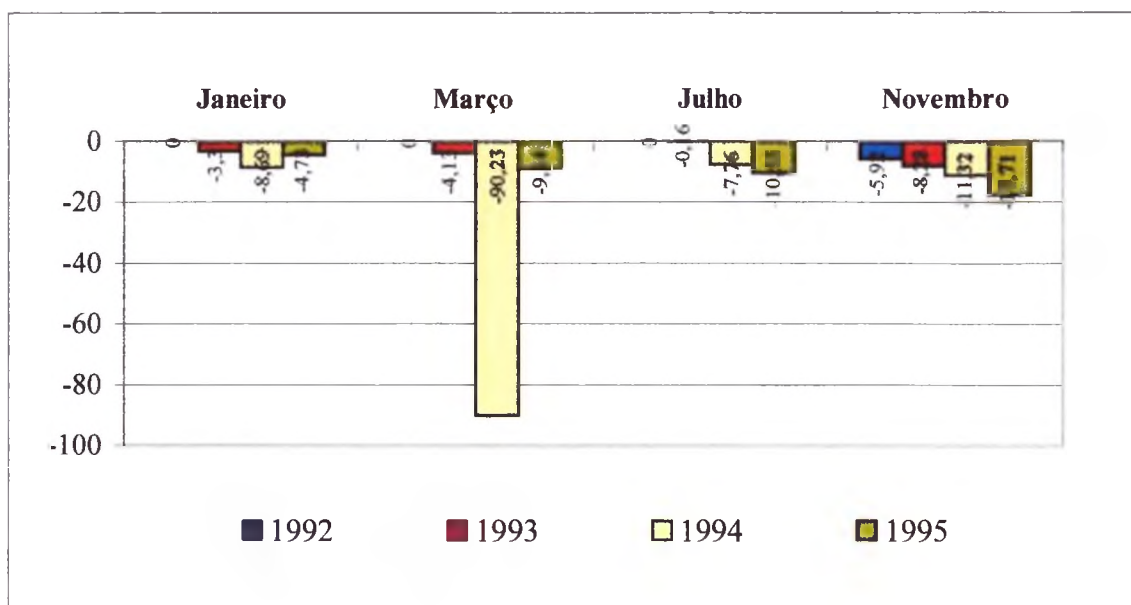


Figura 5.10 – Valores do indicador “ γ ” para o horário das 08:00 às 09:00h utilizando o plano de julho de 1992

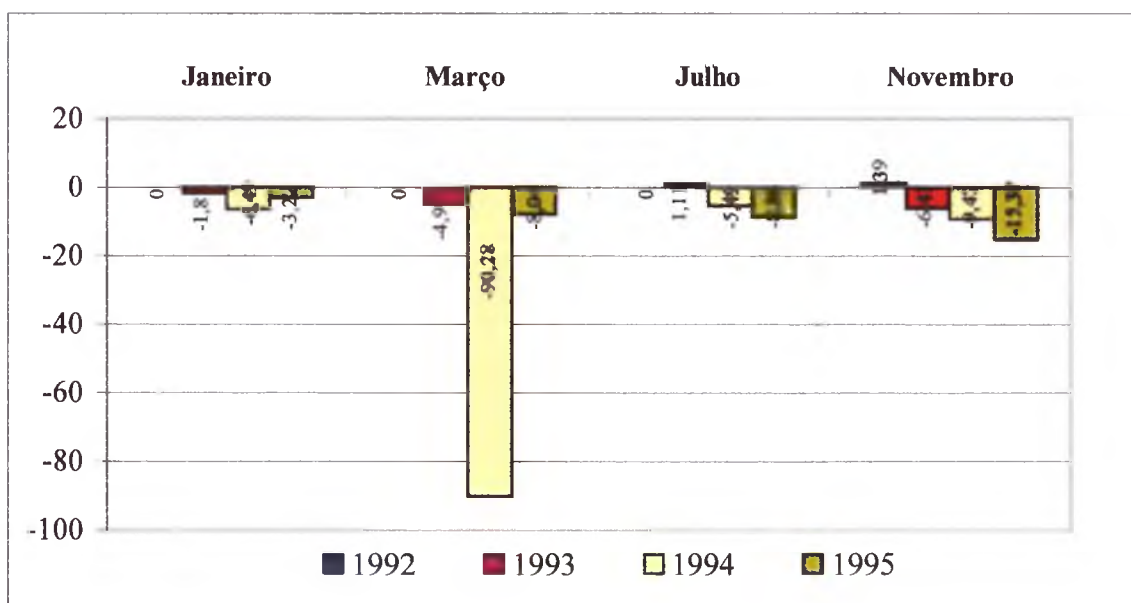


Figura 5.11 – Valores do indicador “ γ ” para o horário das 08:00 às 09:00h utilizando o plano de novembro de 1992

Através da determinação do prejuízo e/ou benefício obtido por não se atualizar os planos semaforicos no horário de 08:00 às 09:00, utilizando-se o plano de julho/92, foi observado que para todos os meses do estudo ocorreram determinados prejuízos, sendo que, no mês de março/94, o prejuízo foi bastante acentuado, na ordem de 90,23%. Utilizando-se os tempos do mês de novembro/92, foi detectado prejuízo para a maioria

dos meses em estudo, com destaque para o mês de março de 1993, sendo observado, para o mês de julho/93 um pequeno benefício.

Este pequeno benefício pode ser explicado pelo próprio processo de otimização do TRANSYT que pode levar o programa a parar o processo de busca dos tempos ótimos em um mínimo local. Assim é possível que neste mínimo local, o desempenho do tráfego seja levemente inferior ao verificado em outro(s) plano(s).

Tabela 5.12 – Resultados do indicador “γ” para o horário das 14:00 às 15:00

Período	Tempos Atualizados		Plano de julho/92			Tempos Atualizados		Plano de novembro/92		
Mês	Ciclo	PI (NN)	Ciclo	PI (NO)	Indicador “γ”	Ciclo	PI (NN)	Ciclo	PI (NO)	Indicador “γ”
Jul/92	110	137,6	-	-	-	110	137,6	-	-	-
Nov/92	100	139,1	110	136,5	1,87	100	139,1	-	-	-
Jan/93	110	130,9	110	132,2	-0,99	110	130,9	110	133,9	-2,29
Mar/93	110	155,9	110	159,3	-2,18	110	155,9	110	169,6	-8,79
Jul/93	110	128,9	110	140,1	-8,69	110	128,9	110	139,7	-8,38
Nov/93	100	128,0	110	134,9	-5,39	100	128,0	110	133,8	-4,53
Jan/94	110	125,6	110	138,6	-10,35	110	125,6	110	139,0	-10,67
Mar/94	140	177,6	110	248,6	-39,98	140	177,6	110	364,5	-105,24
Jul/94	110	131,5	110	143,9	-9,43	110	131,5	110	143,9	-9,43
Nov/94	120	150,5	110	161,7	-7,44	120	150,5	110	166,7	-10,76
Jan/95	110	133,9	110	141,8	-5,90	110	133,9	110	147,0	-9,78
Mar/95	130	157,7	110	168,4	-6,79	130	157,7	110	219,2	-39,00
Jul/95	110	133,5	110	148,6	-11,31	110	133,5	110	149,8	-12,21
Nov/95	120	134,1	110	136,2	-1,57	120	134,1	110	134,2	-0,07

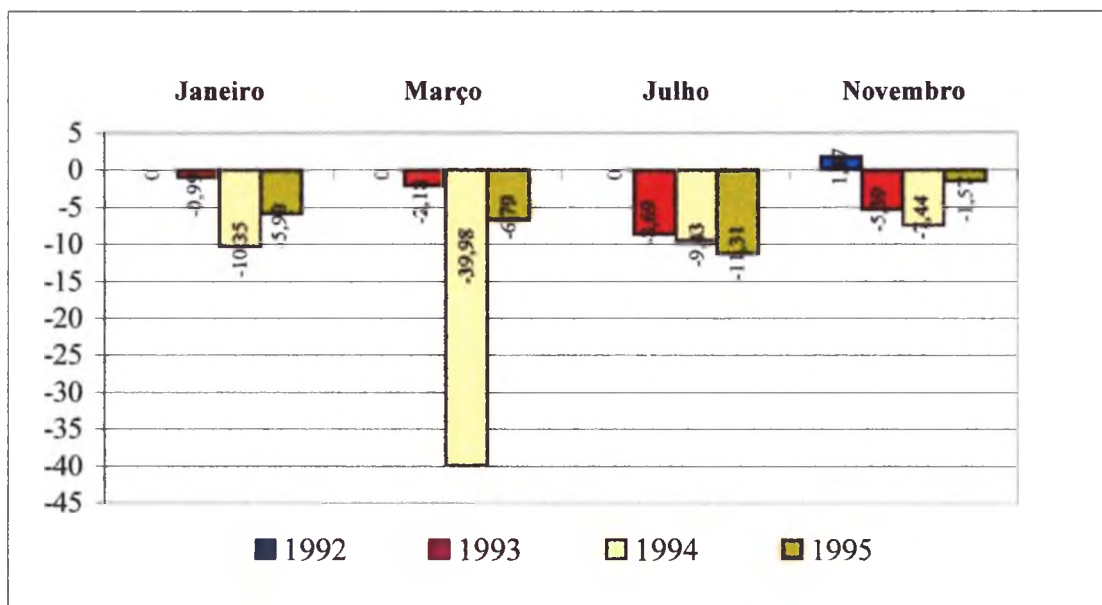


Figura 5.12 – Valores do indicador “ γ ” para o horário das 14:00 às 15:00h utilizando o plano de julho de 1992

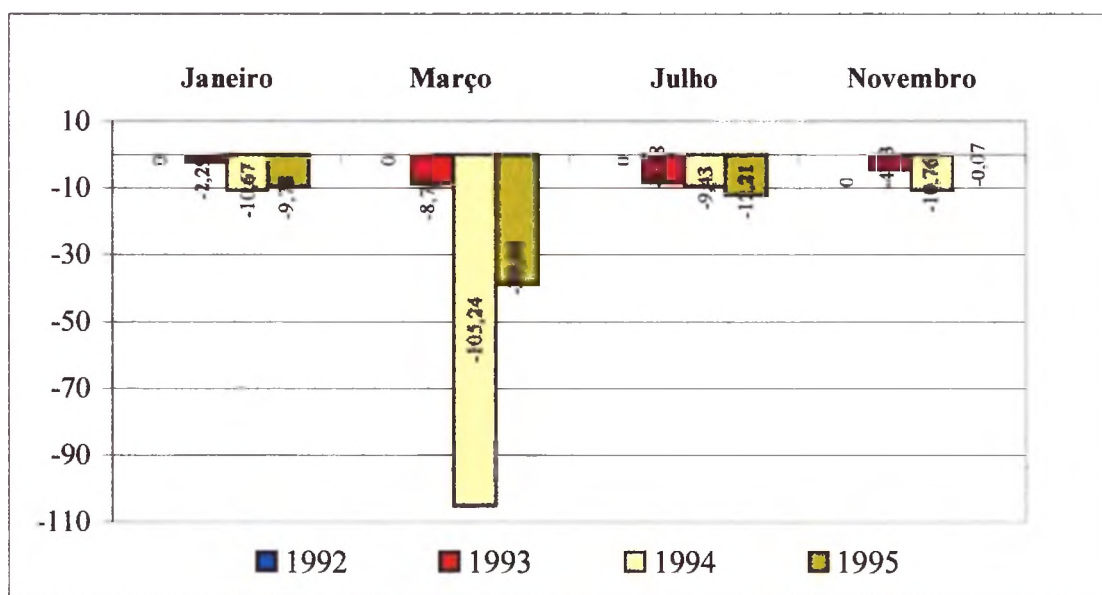


Figura 5.13 – Valores do indicador “ γ ” para o horário das 14:00 às 15:00h utilizando o plano de novembro de 1992

Na determinação do benefício e/ou prejuízo para o horário de 14:00 às 15:00 com a utilização do plano de julho/92, foram observados prejuízos no decorrer dos meses e dos anos de estudo em decorrência da não atualização dos planos semaforicos. Foi detectado que os meses de janeiro e março/93 e julho/95 apresentaram os valores mais altos de prejuízos, sendo estes de 10,35%, 39,98% e 11,31%, respectivamente. No entanto, foi

observado um pequeno benefício no mês de novembro/92, sendo este valor de 1,87% o que pode ser considerado um efeito do próprio algoritmo de otimização do TRANSYT.

Tabela 5.13 - Resultados do indicador “ γ ” para o horário das 17:00 às 18:00

Período	Tempos Atualizados		Plano de julho/92			Tempos Atualizados		Plano de novembro/92		
Mês	Ciclo	PI (NN)	Ciclo	PI (NO)	Indicador “γ”	Ciclo	PI (NN)	Ciclo	PI (NO)	Indicador “γ”
Jul/92	110	141,2	-	-	-	110	141,2	-	-	-
Nov/92	110	133,9	110	138,3	-3,29	110	133,9	-	-	-
Jan/93	110	136,5	110	137,6	-0,81	110	136,5	110	134,6	1,39
Mar/93	120	157,5	110	203,9	-29,46	120	157,5	110	199,6	-26,73
Jul/93	120	127,7	110	135,2	-5,87	120	127,7	110	144,7	-13,31
Nov/93	110	126,6	110	135,9	-7,35	110	126,6	110	145,2	-14,69
Jan/94	110	130,9	110	147,6	-12,76	110	130,9	110	156,7	-19,71
Mar/94	120	144,0	110	260,3	-80,76	120	144,0	110	270,1	-87,57
Jul/94	100	127,1	110	131,1	-3,15	100	127,1	110	140,5	-10,54
Nov/94	120	141,6	110	165,7	-17,02	120	141,6	110	174,7	-23,38
Jan/95	110	133,1	110	161,4	-21,26	110	133,1	110	170,4	-28,02
Mar/95	140	166,1	110	380,9	-129,32	140	166,1	110	387,9	-133,53
Jul/95	110	128,3	110	136,1	-6,08	110	128,3	110	146,0	-13,80
Nov/95	110	137,0	110	147,6	-7,74	110	137,0	110	156,3	-14,09

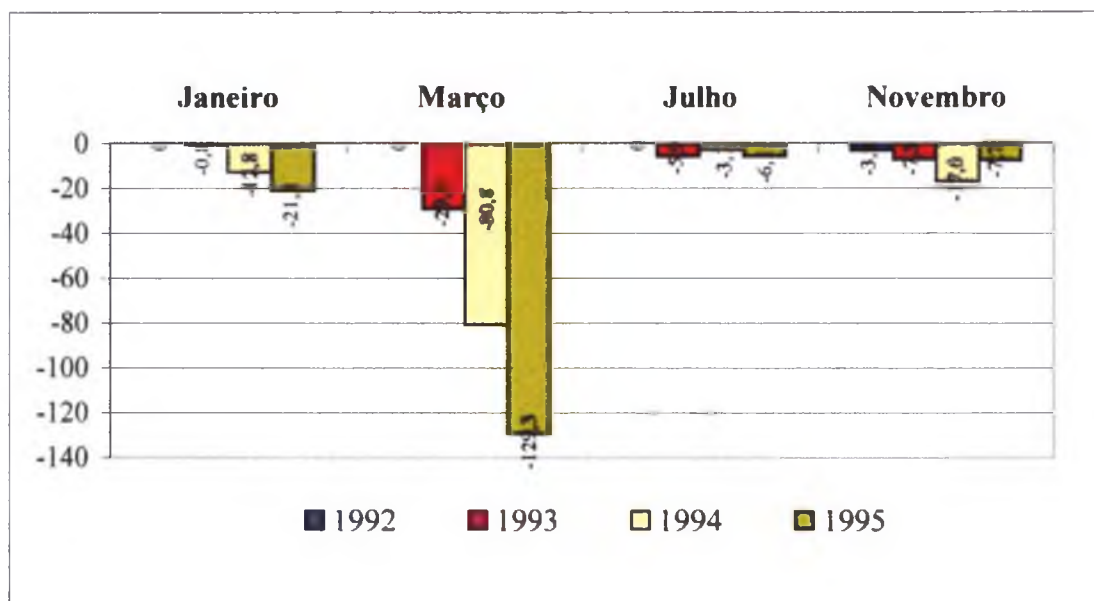


Figura 5.14 – Valores do indicador “ γ ” para o horário das 17:00 às 18:00h utilizando o plano de julho de 1992

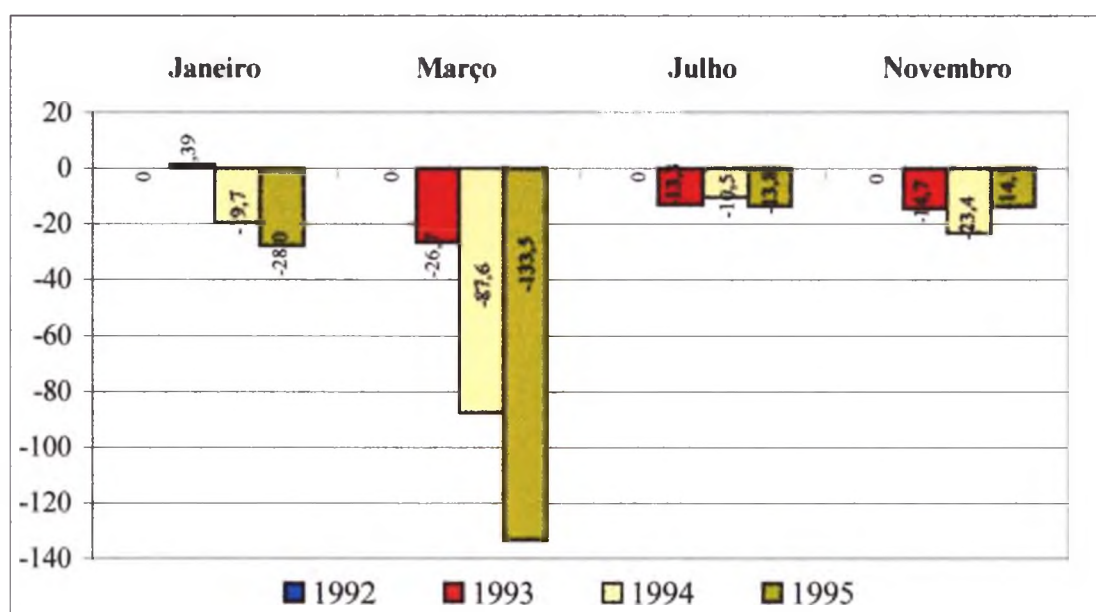


Figura 5.15 – Valores do indicador “ γ ” para o horário das 17:00 às 18:00h utilizando o plano de novembro de 1992

Para o horário de 17:00 às 18:00 os prejuízos foram semelhantes aos horários observados nos gráficos anteriormente mostrados. Quando utilizou-se o plano de julho/92, foi observado um prejuízo para todos os meses do estudo, sendo que o mês de março nos anos de 1993, 1994 e 1995 apresentaram os valores mais altos de prejuízo,

sendo estes valores de 29,5%, 80,8% e 129,3%, respectivamente. Utilizando-se o plano semaforico ótimo para o mês de novembro/92, foi observado que ocorreu prejuízo por não se atualizar os planos na maioria dos meses. No entanto, para o mês de janeiro de 1992, foi observado uma pequena percentagem de benefício, sendo este valor de 0,39% e como já visto no horário anterior, este fato pode ser explicado pela natureza do algoritmo de otimização do TRANSYT.

De acordo com os gráficos mostrados anteriormente pode-se notar que a não atualização dos planos produziu, em praticamente todos os meses, prejuízos ao tráfego no sistema viário como um todo. A variação dos prejuízos obtidos em não atualizar os planos semaforicos é observada ao longo dos anos, tanto entre os meses de cada ano quanto entre os mesmos meses em anos distintos.

Apesar dos resultados obtidos não poderem generalizar-se em termos de valores absolutos, eles indicam a importância da geração de planos semaforicos específicos para determinados meses do ano. Através destes resultados, é possível verificar-se, também, que a necessidade da atualização ao longo dos anos varia de horário para horário e de mês para mês, cabendo aos órgãos gerenciadores de tráfego a determinação do período necessário para que ocorra a atualização dos planos semaforicos. Para tanto, torna-se importante o monitoramento contínuo do volume de tráfego nos diferentes *links* da rede, especialmente nos que mais contribuem para a redução do desempenho dos planos semaforicos. Através do acompanhamento da evolução do volume de tráfego nestes *links* (*links* críticos), o órgão gestor poderá definir o momento de realizar a atualização dos planos de modo a evitar uma redução excessiva da qualidade dos mesmos. Assim é importante a identificação nas redes semaforizadas dos *links* críticos como forma de auxiliar o trabalho do órgão de trânsito.

5.3 – ESTUDO ESPECÍFICO DO PREJUÍZO PARA ALGUNS *LINKS*

Após a obtenção dos resultados de prejuízos e/ou benefícios obtido com a equação determinada por Bell e Bretherton (1986), observou-se para a maioria dos horários e meses em estudo “prejuízo” por não se atualizar os planos semaforicos. Esta observação foi feita em nível global para cada rede. Assim, em princípio, o órgão gestor deve

acompanhar a evolução do volume de tráfego na rede semaforizada e, ao detectar que a variação de volumes nos *links* pode reduzir o desempenho do plano semafórico a níveis indesejáveis (cada órgão define que níveis são esses), um novo plano deve ser gerado e implementado. Isto é, os resultados do estudo até aqui realizado não apontam para a possibilidade de se definir um período fixo para as atualizações dos planos.

No entanto, devido às limitações de recursos usualmente presentes nos órgãos gestores, o monitoramento de toda a rede pode ser constituir em tarefa impraticável. Assim, torna-se importante para o órgão identificar na rede alguns *links* onde a variação de volumes causa prejuízos mais acentuados ao desempenho dos planos e, então passar a monitorar apenas estes *links* (*links* críticos).

Pelos resultados do TRANSYT, é possível identificar os *links* críticos como sendo aqueles que mais se beneficiam da otimização dos planos. Isto é, a redução dos seus atrasos e número de paradas é bastante superior à observada nos demais *links* da rede.

Nesta seção é feita a investigação dos *links* críticos para todos os horários analisados, nos meses onde foram detectados prejuízos/benefícios mais acentuados pela não atualização dos planos.

- horário de 04:00 às 05:00h – estudo para o mês de julho/93 com relação ao plano de julho/92, onde a não atualização causou benefício, e ao plano de novembro/92, onde observou-se prejuízo;
- horário de 08:00 às 09:00h – estudo do prejuízo no mês de março/94 com relação aos planos de julho e novembro de 1992;
- horário de 14:00 às 15:00h – estudo do prejuízo ocorrido no mês de março/94, em relação aos planos de julho e novembro de 1992;
- horário de 17:00 às 18:00h – estudo do prejuízo detectado no mês de março/95 com relação aos planos semafóricos gerados para os meses de julho e novembro/92.

Nas Tabelas 5.14 à 5.17 são apresentados os dados que permitem a identificação dos *links* críticos para cada caso considerado:

Tabela 5.14 – Dados para a determinação dos *links* críticos no mês de julho de 1993 no horário de 04:00 às 05:00h

Otimização 04:00 às 05:00h				Simulação ciclo de julho/92			Simulação ciclo de Nov/92		
Ciclo = 55 PI= 6,56				Ciclo = 50 PI = 5,71			Ciclo = 55 PI = 7,23		
NÓ 1	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - 1	13	0,47	65	8	0,14	31	17	0,47	65
EB - T	5	0,14	35	9	0,54	89	5	0,19	49
WB - T	8	0,33	103	13	0,96	207	8	0,43	121
TOTAL	13	0,94	203	13	1,64	327	17	1,09	235
NÓ 2	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
NB - R	21	0,24	34	21	0,21	33	21	0,22	34
SB - T	3	0,18	31	3	0,15	30	3	0,18	31
EB - T	6	0,30	76	6	0,34	80	6	0,31	75
WB - T	9	0,25	44	10	0,02	3	9	0,18	38
TOTAL	21	0,97	185	21	0,72	146	21	0,89	178
NÓ 3	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
EB - T	4	0,06	29	4	0,06	30	4	0,08	39
EB - L	2	0,01	7	5	0,13	26	2	0,02	8
WB - T	34	1,34	250	9	0,08	15	59	1,64	277
TOTAL	34	1,41	286	9	0,27	71	59	1,74	324
NÓ 4	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	7	0,15	21	6	0,11	16	7	0,11	18
WB - T	9	0,35	87	10	0,36	92	9	0,35	87
TOTAL	9	0,50	108	10	0,47	108	9	0,46	105
NO 7	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	3	0,03	10	5	0,08	18	4	0,08	16
EB - T	2	0,06	10	1	0,02	6	1	0,04	7
TOTAL	3	0,09	20	5	0,10	24	4	0,12	23
NO 9	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	4	0,12	19	4	0,11	18	4	0,12	19
EB - T	10	0,07	31	12	0,16	51	11	0,11	39
WB - T	8	0,04	18	10	0,09	30	9	0,07	23
TOTAL	10	0,23	68	12	0,36	99	11	0,30	81

De acordo com a Tabela 5.14, que diz respeito ao período de julho de 1993 no horário de 04:00 às 05:00, os valores de atraso total e número de paradas, utilizados pelo TRANSYT na determinação do PI, possuem variações de *link a link*, sendo que os *links*

em cinza configuram os *links* críticos. Nestes *links* observa-se que a otimização causa uma redução importante no atraso e número de paradas, que varia em função do plano de referência considerado (julho/92 ou novembro/92). Por outro lado, o benefício dos *links* críticos está associado à piora no desempenho de outros *links* da rede. Como exemplo pode-se citar o nó 1, da Tabela 5.14, onde ocorre um benefício significativo devido à otimização para os *links* EB – T e WB – T, sendo este associado a um forte prejuízo para o *link* SB – T, especificamente quando comparado ao resultado da simulação com o plano de julho/92.

Assim, no que diz respeito a comparação com o plano base de julho/92, a soma dos benefícios proporcionados pela otimização aos *links* críticos foi inferior a soma dos prejuízos associados a alguns dos outros *links*. Por esta razão, em termos globais da rede, obteve-se benefício ao não se atualizar o plano semaforico. No caso da comparação com o plano base de novembro/92, verificou-se que os benefícios proporcionados pela otimização aos *links* críticos foram superiores aos prejuízos causados em alguns dos outros *links*. O saldo total para a rede, portanto, foi positivo com a otimização.

Tabela 5.15 – Dados para a determinação dos *links* críticos no mês de março de 1994
no horário de 08:00 às 09:00h

Otimização 08:00 às 09:00h				Simulação ciclo de julho/92			Simulação ciclo de Nov/92		
Ciclo = 140 PI= 177,0				Ciclo = 110 PI = 336,7			Ciclo = 110 PI = 336,8		
NÓ 1	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - 1	61	5,59	571	63	4,54	573	61	4,41	566
EB - T	92	6,57	330	95	8,29	299	96	10,57	292
WB - T	69	12,51	1837	71	11,60	1870	72	11,27	1932
TOTAL	92	24,67	2738	95	23,44	2742	96	26,25	2790
NÓ 2	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
NB - R	100	12,69	271	92	6,42	262	92	6,38	260
SB - T	56	9,74	673	49	6,69	625	49	6,57	619
EB - T	95	31,09	3610	106	186,59	4174	106	185,99	4175
WB - T	80	6,37	752	89	12,65	1585	89	12,09	1788
TOTAL	100	59,89	5306	106	212,35	6646	106	211,03	6842
NÓ 3	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
EB - T	75	5,02	1377	79	6,85	1823	79	6,56	1764
EB - L	90	10,86	575	82	7,25	555	82	7,09	548
WB - T	81	6,05	578	88	5,38	641	88	5,99	1061
TOTAL	90	21,93	2530	88	19,48	3019	88	19,64	3373
NÓ 4	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	70	4,75	393	70	3,24	359	70	3,62	373
WB - T	55	7,65	821	60	7,29	900	60	7,13	886
TOTAL	70	12,40	1214	70	10,53	1259	70	10,75	1259
NÓ 7	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	54	1,05	144	59	3,53	706	50	2,62	603
EB - T	47	4,45	313	49	3,21	293	63	4,41	342
TOTAL	54	5,50	457	59	6,74	999	63	7,03	945
NÓ 9	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	67	9,55	682	40	3,59	467	43	4,18	502
EB - T	56	3,23	390	92	9,89	626	83	7,07	593
WB - T	52	2,10	252	86	5,80	406	78	4,49	384
TOTAL	67	14,88	1324	92	19,28	1499	83	15,74	1479

Na Tabela 5.15 referente ao mês de março de 1994, no horário de 08:00 às 09:00, é observada uma variação *link a link* do atraso total e número de paradas utilizadas pelo TRANSYT na determinação do PI. Nesta Tabela, são apontados os *links* críticos, mostrados em cinza que foram determinados conforme critério anteriormente explicados. Através dela, é possível verificar quando é feita a otimização do plano, há um grande benefício a rede em relação a permanência dos planos de julho e

novembro/92. Isto é, a não atualização do plano gera uma redução no desempenho. Neste caso, também é possível verificar, que ao benefício associado aos *links* críticos, pela otimização, ocorre, paralelamente, uma piora no desempenho de outros *links* da rede.

Através da Tabela 5.15, é possível visualizar que para o nó 2, por exemplo, nos *links* EB – T e WB – T ocorrem benefícios significativos na otimização, com valores de atrasos e paradas bem mais baixos em relação às simulações com planos semaforicos de julho e novembro/92. Entretanto, verifica-se que nos outros *links* (NB – R e SB – T), a otimização causou aumento, nos valores destas medidas de desempenho.

Tabela 5.16 – Dados para a determinação dos *links* críticos no mês de março de 1994
no horário de 14:00 às 15:00h

Otimização 14:00 às 15:00h				Simulação ciclo de julho/92			Simulação ciclo de Nov/92		
Ciclo = 140 PI= 177,6				Ciclo = 110 PI = 248,6			Ciclo = 100 PI = 364,5		
NÓ 1	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - 1	66	9,72	711	74	9,79	639	59	6,64	568
EB - T	84	3,22	323	83	2,92	353	92	6,73	409
WB - T	79	16,80	2380	79	13,58	2349	87	18,21	2788
TOTAL	84	29,74	3414	83	26,69	3341	92	31,58	3765
NÓ 2	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
NB - R	97	10,07	277	95	8,10	277	94	7,28	268
SB - T	65	11,71	827	59	8,60	788	57	7,28	762
EB - T	94	28,61	3402	102	93,81	3927	107	193,73	4013
WB - T	87	8,280	501	94	16,84	1306	99	26,19	1028
TOTAL	97	58,67	5007	102	127,35	6298	107	234,48	6071
NÓ 3	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
EB - T	73	4,55	1261	76	5,57	1557	78	6,21	1722
EB - L	82	8,70	540	79	6,56	526	72	5,08	493
WB - T	82	1,95	230	87	2,78	136	94	8,62	342
TOTAL	82	15,20	2031	87	14,91	2219	94	19,91	2557
NÓ 4	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	78	7,90	455	77	5,57	457	74	5,49	461
WB - T	59	7,92	900	67	8,66	1048	72	9,43	1140
TOTAL	78	15,82	1355	77	14,23	1505	74	14,92	1601
NÓ 7	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	53	0,78	135	53	1,32	243	53	1,13	269
EB - T	54	4,81	307	60	4,00	307	63	3,85	312
TOTAL	54	5,59	442	60	5,32	550	63	4,98	581
NÓ 9	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	62	9,07	729	42	3,34	490	44	3,51	523
EB - T	56	3,78	383	94	10,96	558	88	7,62	544
WB - T	45	2,00	205	76	3,86	298	71	3,26	292
TOTAL	62	14,85	1317	94	18,16	1346	88	14,39	1359

Na Tabela 5.16 correspondente ao mês de março de 1994, horário de 14:00 às 15:00, é possível observar que existe uma variação nos *links* da rede estudada, isto é, através dos valores de atraso total e número de paradas utilizadas pelo *software* TRANSYT para o cálculo da determinação do índice de desempenho (PI). Através desta Tabela, são indicados os *links* que mais influenciam no processo redução do desempenho pela não atualização dos planos semafóricos de tempo fixo. Isto é, dos *links* críticos. Através

desta, é possível observar que quando é otimizado o plano, ocorre benefício a rede em relação a utilização dos planos semaforicos de julho e novembro/92, quer dizer, a redução do desempenho é causado pela não atualização destes planos. Nos *links* críticos é possível verificar, que os benefícios obtidos a partir da otimização dos planos, são associados a uma piora no desempenho de outros *links* pertencente a rede em estudo.

Nesta Tabela para o nó 2, por exemplo, nos *links* EB – T e WB – T, existem benefícios significativos na otimização, porém nos *links* (NB – R e SB – T) é possível verificar que ocorreu prejuízos, com valores de atrasos e paradas bem mais altos em relação à otimização destas medidas de desempenho.

Tabela 5.17 – Dados para a determinação dos *links* críticos no mês de março de 1995
no horário de 17:00 às 18:00h

Otimização 14:00 às 15:00				Simulação ciclo de julho/92			Simulação ciclo de Nov/92		
Ciclo = 140 PI= 166,1				Ciclo = 110 PI = 380,9			Ciclo = 110 PI = 387,9		
NÓ 1	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - 1	64	7,45	602	57	3,46	220	59	3,50	205
EB - T	80	2,78	384	86	3,50	315	85	3,25	324
WB - T	60	8,08	1353	65	8,80	1574	64	8,25	1527
TOTAL	80	18,31	2339	86	15,76	2109	85	15,00	2056
NÓ 2	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
NB - R	97	10,40	289	87	5,33	279	87	5,24	273
SB - T	60	10,88	768	52	7,40	715	52	7,17	697
EB - T	96	33,73	3589	109	260,77	4092	109	260,92	4090
WB - T	71	7,71	627	80	9,68	794	80	9,46	801
TOTAL	97	62,72	5273	109	283,18	5880	109	282,79	5861
NÓ 3	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
EB - T	75	5,70	1463	77	5,79	1608	77	6,16	1673
EB - L	83	8,94	551	80	6,75	535	80	6,58	522
WB - T	70	1,50	300	74	1,36	81	74	1,35	81
TOTAL	83	16,14	2314	80	13,9	2224	80	14,09	2276
NÓ 4	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	69	7,43	485	73	4,85	473	83	5,04	465
WB - T	48	6,49	680	53	6,44	751	51	5,65	704
TOTAL	69	13,92	1165	73	11,29	1224	83	10,69	1169
NÓ 7	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	50	1,45	205	45	1,77	418	45	2,58	530
EB - T	31	2,72	190	46	2,77	214	49	2,77	214
TOTAL	50	4,17	395	46	4,54	632	49	5,35	744
NÓ 9	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	64	9,18	708	46	4,45	543	41	3,53	488
EB - T	58	3,83	416	83	6,82	574	97	13,98	629
WB - T	49	2,12	232	70	3,44	321	81	4,74	349
TOTAL	64	15,13	1356	83	14,71	1438	97	22,25	1466

A Tabela 5.17 refere-se ao mês de março de 1994, no horário de 17:00 às 18:00, através dela é possível verificar que os valores dos desempenhos dos *links* variam para cada interseção, ou seja existe uma variação nos valores de atraso total e número de paradas utilizadas pelo *software* TRANSYT na determinação do índice de desempenho.

Nesta Tabela, verifica-se que os *links* que mais contribuem para a redução do

desempenho dos planos semaforicos são visivelmente reconhecidos, sendo estes mostrados em cinza e determinados com auxílio do *software* TRANSYT.

Através da Tabela 5.17, é possível apontar para todos os nós da rede, *link a link*, com a otimização e simulação (utilizando os planos semaforicos de julho e novembro/92), onde ocorrem benefícios/prejuízos significativos. Os valores de atrasos e paradas bem mais baixos, são visualizados quando há atualização dos planos, caracterizando desta forma benefícios por haver atualização dos planos. Como exemplo, podemos citar o nó 9, nos *links* EB – R e WB – T que a otimização dos planos causou melhora nos valores das medidas de desempenho, mas que nos *link* SB – T ocorre uma perceptível piora.

5.4 PROCEDIMENTO PARA A DETERMINAÇÃO DOS *LINKS* CRÍTICOS NA AUSÊNCIA DE DADOS HISTÓRICOS

Os estudos feitos na seção 5.3, visando a determinação dos *links* que influenciam na redução do desempenho dos planos semaforicos, necessitam de dados históricos de volume de tráfego, cuja obtenção é difícil para a maioria dos órgãos gerenciadores do sistema viário urbano. Procurou-se, assim, determinar um procedimento mais simples e com a utilização de menores informações sobre os volumes de veículos, usando para tanto o *software* TRANSYT. Ou seja, buscou-se uma alternativa para cidades com menores recursos financeiros e tecnológicos, permitindo às mesmas a identificação de locais críticos para futura realização de monitoramento de tráfego, o que permitirá a definição do momento em que os planos semaforicos devem ser atualizados.

Uma metodologia para a realização desta identificação é proposta e testada para três dos horários estudados.

5.4.1 – Metodologia Desenvolvida

Após o levantamento de todos os dados necessários para a geração dos planos semaforicos (volumes nos *links*, velocidade média de percurso, fluxo de saturação, comprimento dos *links*, etc), ou seja, dos dados utilizados para a determinação dos tempos ótimos com o auxílio do *software* TRANSYT, foi possível a determinação da

metodologia denominada como PPDLC (procedimento para determinação dos *links* críticos) a seguir seqüenciada:

1ª Etapa: Majoração Global dos Volumes Medidos na Rede Considerada

A partir dos dados coletados para a geração de planos ótimos e da rede montada no *software*, usou-se o cartão 36 do TRANSYT para que os volumes em todos os *links* sofressem um percentual de acréscimo sobre seus valores;

2ª Etapa: Determinação dos Percentuais

Os valores para majoração global dos volumes da rede foram definidos a partir da análise do valor percentual de acréscimo observado em alguns dos *links* críticos entre o mês de março/94 e os meses de julho e novembro/92, que ficou na faixa de 30 a 50%. Decidiu-se adotar, então três níveis de valores, sendo estes de 10, 20 e 30%.

3ª Etapa: Resultados Obtidos a partir da Determinação dos valores percentuais

A partir dos valores percentuais, arbitrados anteriormente, lançados no cartão 36 do *software* TRANSYT, foram seguidas as seguintes etapas:

- a) simulação com o plano ótimo com os volumes reais para o mês em que estes foram observados;
- b) geração de planos ótimos para cada um dos três percentuais adotados aplicados sobre os volumes;
- c) observação dos valores de índice de desempenho (PI) para as situações (a) e (b);
- d) cálculo dos valores de prejuízo utilizando a equação de Bell e Bretherton (1986).

4ª Etapa: Análise dos *links*

Identificação dos *links* que mais são beneficiados no processo de otimização, no sentido da redução do número de paradas e dos tempos de atrasos. Esta identificação efetuou-se através da comparação dos resultados das simulações e otimizações gerados pelo TRANSYT, para os três níveis de acréscimo de volume. São, então, definidos como *links* críticos, os *links* identificados, simultaneamente, nos três níveis de majoração dos volumes.

5.4.2 – Aplicação da Metodologia

A metodologia desenvolvida teve o intuito de tornar possível, através de um número menor de informações com relação aos dados de volumes históricos, a determinação dos locais críticos a serem monitorados por órgãos gestores, para futuramente ser estabelecido-se um período adequado para a atualização dos planos semafóricos.

A Tabela 5.18, mostrada posteriormente, revela resumidamente os resultados obtidos com a aplicação da metodologia desenvolvida. No APÊNDICE E, os resultados completos desta aplicação são apresentados.

Neste estudo, considerou-se como mês de referência julho/92 (mês onde se dispunha de dados reais). Os resultados produzidos foram, então comparados com os obtidos nos mesmos horários quando da análise do prejuízo observado no mês de março/95 (com relação a julho/92), para o horário das 17:00 às 18:00, e março/94 nos demais horários.

Através da otimização e simulação das redes com os volumes majorados, foi possível detectar-se redução e/ou manutenção tanto do número de paradas quanto dos atrasos em vários *links*, identificando desta forma, os que mais contribuíram para a redução global do PI na realização da otimização. São então definidos como *links* críticos, para efeito de futuro monitoramento, aqueles que foram selecionados nos três níveis de volume.

Na Tabela 5.8 é possível identificar os *links* (em vermelho) que seriam monitorados se o PPDLC fosse utilizado, e também comparar os resultados obtidos através deste procedimento, com os resultados obtidos quando têm-se os dados de volumes históricos. Os *links* para possíveis monitoramento estão agrupados nas colunas, relativas a cada um dos níveis de acréscimo do volume e identificados em vermelho. Por outro lado, ao se comparar os *links* críticos definidos pelo PPDLC com os identificados através da análise dos dados históricos, verifica-se que:

- para o horário das 08:00 às 09:00, dos cinco *links* críticos definidos pelo novo procedimento, dois também foram identificados na análise com dados históricos (40%);

- para o horário das 14:00 às 15:00, o procedimento identificou 04 *links* críticos, dos quais 03 (75%) também foram apontados na análise de dados históricos;
- para o horário das 17:00 às 18:00, foram observados 06 *links* críticos, sendo 04 (67%) identificados também na análise de dados históricos;
- para todos os horários o PPDLC aponta um número de *links* críticos inferior ao indicado pela análise dos dados históricos.

Tabela 5.18 – Tabela resumo para a análise dos links críticos utilizando PPDLC (mês de referência: Julho/92)

Horário	Número de Links Críticos	Identificação dos Links Críticos	Acréscimo Percentual sobre o Valor Real dos Volumes (PPDLC)		
			10%	20%	30%
(1) 08:00 às 09:00	6 (ver Tabela 5.15)	Nó 2: EB – T; WB – T	Nó 2: <u>NB – R; WB – T</u>	Nó 2: <u>NB – R; WB – T</u>	Nó 1: SB – T
		Nó 3: EB – T	Nó 3: <u>EB – T; WB – T</u>	Nó 3: <u>EB – T; WB – T</u>	Nó 2: <u>NB – R; WB – T</u>
		Nó 7: SB – T	Nó 4: <u>WB – T</u>	Nó 4: <u>WB – T</u>	Nó 3: <u>EB – T; WB – T</u>
		Nó 9: EB – T; WB – T		Nó 7: <u>SB – T</u>	Nó 4: <u>WB – T</u> Nó 9: <u>WB – T</u>
(1) 14:00 às 15:00	8 (ver Tabela 5.16)	Nó 2: EB – T; WB – T	Nó 2: <u>NB – R; WB – T</u>	Nó 1: <u>EB – T</u>	Nó 1: <u>EB – T</u>
		Nó 3: EB – T; WB – T	Nó 3: <u>EB – T; WB – T</u>	Nó 2: <u>NB – R; EB – T; WB – T</u>	Nó 2: <u>NB – R; EB – T; WB – T</u>
		Nó 4: WB – T		Nó 3: <u>EB – T; WB – T</u>	Nó 3: <u>EB – T; WB – T</u>
		Nó 7: SB – T		Nó 4: <u>WB – T</u>	
(2) 17:00 às 18:00	9 (ver Tabela 5.17)	Nó 9: EB – T; WB – T	Nó 9: <u>SB – T</u>		
		Nó 1: EB – T; WB – T	Nó 2: <u>NB – R; EB – T; WB – T</u>	Nó 2: <u>NB – R; EB – T; WB – T</u>	Nó 2: <u>NB – R; EB – T; WB – T</u>
		Nó 2: EB – T; WB – T	Nó 3: <u>EB – T</u>	Nó 3: <u>EB – T; WB – T</u>	Nó 3: <u>EB – T; WB – T</u>
		Nó 3: EB – T	Nó 4: <u>WB – T</u>	Nó 4: <u>WB – T</u>	Nó 4: <u>SB – T; WB – T;</u>
		Nó 7: SB – T; EB – T	Nó 7: <u>EB – T</u>	Nó 9: <u>SB – T; EB – T</u>	Nó 9: <u>SB – T; EB – T</u>
		Nó 9: EB – T; WB – T	Nó 7: <u>EB – T</u>		

Observações:

1. Os prejuízos da utilização do plano de julho/92 foram avaliados a partir dos dados fornecidos pela CET para o mês de março/94 neste horário especificado;
2. Os prejuízos da utilização do plano de julho/92 foram avaliados a partir dos dados fornecidos pela CET para o mês de março/95 neste horário especificado;
3. Links em vermelho são os links críticos definidos pelo PPDLC;
3. Links sublinhados são os que são críticos nos dois processos de identificação.

5.5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O IMPACTO DA VARIAÇÃO DO VOLUME

A partir do estudo apresentado na seção 5.3, para todos os horários considerados (04:00 às 05:00, 08:00 às 09:00, 14:00 às 15:00 e 17:00 às 18:00), pode-se concluir que neles ocorreram perceptíveis variações nas medidas de desempenho dos *links*. Em algumas interseções, é possível determinar, para todos os horários os *links* que mais contribuem para que ocorra a melhora do desempenho dos planos semafóricos quando da sua atualização. São eles:

- *Links* EB – T e WB – T do nó 2;
- *Links* EB – T do nó 3;
- *Links* EB – T e WB – T do Nó 9;
- *Links* SB – T do nó 7.

Dentre estes *links* os associados ao nó 2 e nó 9 tiveram uma participação mais acentuada no prejuízo causado pela não atualização dos planos. Os nós e *links* determinados como críticos neste trabalho correspondem, a partir da rede física mostrada anteriormente, à Rua da Consolação (nós 2 e 3) e à Rua Augusta (nó 9) que são as rua de maior volume na rede utilizada. O outro *link* considerado crítico, SB – T do nó 7, corresponde ao trecho da Rua Antônio Carlos, situado entre a Rua Augusta e a Rua Haddock Lobo, cujo volume é bastante alto, tornando-se possível concluir que o volume de tráfego é um dos fatores que mais contribuem para que um *link* seja fortemente afetado pela não atualização dos planos.

Assim, pode-se verificar que os *links* com volumes altos são potencialmente críticos. No entanto, verifica-se que alguns *links* com altos volumes (por exemplo os demais *links* da Rua da Consolação) não foram privilegiados no processo de otimização do TRANSYT. Isto é, volumes altos podem ser vistos como uma condição necessária mas não suficiente para que um *link* seja “crítico” dentro do processo de otimização. Isto faz com que, na decisão de quais *links* que devem ser monitorados ao longo do tempo, o órgão gestor precise fazer uma análise especial como a que é feita na seção 5.3, baseada na série histórica de dados de volumes.

Através da metodologia, apresentada na seção 5.4, procurou-se contribuir com os órgãos gestores na identificação de *links* específicos para o processo de monitoramento de volumes, voltado à definição do momento de atualização periódica de planos semaforicos. O teste feito com o procedimento proposto PPDLC, mostrou que o mesmo dá uma indicação bastante aceitável para os *links* que deverão ter os seus dados de volume acompanhados ao longo do tempo. O uso deste procedimento é justificar quando o órgão gestor não dispuser de uma série histórica de dados de volume para a rede semaforizada, nem de recursos suficientes para monitorar todos os *links* desta rede.

Finalmente cabe ressaltar que através deste estudo do impacto da variação temporal do volume de tráfego sobre o desempenho dos planos semaforicos, foi possível identificar que a variação do volume de tráfego ao longo dos meses pode justificar, em alguns casos, a definição de planos semaforicos diferenciados para cada mês. Por outro lado, a partir do estudo de caso realizado, bastante limitado, não é possível fazer generalizações sobre quais meses do ano devem possuir planos semaforicos específicos. Do mesmo modo, a recomendação para o monitoramento de *links* críticos não estabelece qualquer valor de referência para a variação observada de volume, que indique a necessidade de atualização do plano. Entende-se que tais níveis de variação de referência deverão ser determinados por cada órgão gestor, a partir de observações sucessivas entre a variação do volume nos *links* críticos e as condições gerais de circulação do tráfego na rede.

6 – CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Através desta dissertação, buscou-se analisar o impacto da variação volume de tráfego sobre o desempenho de planos semaforicos de tempo fixo, utilizando-se como principal ferramenta o *software* TRANSYT. Neste capítulo serão apresentadas inicialmente, as principais conclusões obtidas a partir do estudo realizado. Em seguida, são indicadas algumas recomendações para futuros estudos abordando este tema.

6.1 – CONCLUSÕES

Através dos estudos realizados, foi possível mostrar que a variação de volumes ao longo dos *links* é um dos fatores contribuintes para que ocorra a perda do desempenho esperado para os planos semaforicos. Outros fatores que também podem contribuir para esta perda de eficiência, como por exemplo, alterações na geometria da via, mudança na composição do tráfego, etc, não foram abordados neste trabalho.

A investigação das variações dos volumes de tráfego medidos por detectores em vias da cidade de São Paulo, ao longo dos meses e dos anos, mostram que a variação de longo prazo (tendência) é muito discreta, nesse caso estudado. Isto é, a variação anual não é um fator que estaria afetando fortemente o desempenho dos planos semaforicos na rede estudada. Por outro lado, esta mesma investigação mostrou a variação de volumes ao longo dos meses é acentuada, especialmente em alguns detectores. Estes resultados justificaram o estudo do impacto da variação do volume sobre o desempenho dos planos semaforicos.

Este estudo, por sua vez, mostrou que a não atualização dos planos semaforicos produziu, em praticamente todos os meses prejuízos ao tráfego no sistema viário como um todo. Estes prejuízos variaram bastante, tanto entre os meses de cada ano como entre os mesmos meses em anos distintos. Os resultados obtidos indicam, portanto, a importância da geração de planos semaforicos específicos para determinados meses do ano, cabendo, ao órgão gestor definir, a partir da sua realidade local, estes meses, ou seja, o período em que devem ocorrer as atualizações dos planos.

Para que possa atuar neste sentido, o órgão gestor precisa, portanto, acompanhar a evolução do volume de tráfego na rede viária, especialmente nos *links* onde os benefícios com a atualização dos planos são importantes.

Foi definida, então, uma metodologia para determinação destes *links*, chamados *links* críticos, que utiliza-se da base histórica de dados para detectar os *links* que mais influenciam no processo de perda de desempenho associado a não alteração dos planos. Essa perda, caracteriza-se principalmente pela redução do número de paradas e atrasos, que são os principais fatores considerados no TRANSYT para o cálculo do índice de desempenho. Tendo em vista que a maioria das cidades não possuem uma base histórica de dados que permita a análise da variação temporal dos volumes procedimento mostrado no Capítulo 4 a identificação dos *links* críticos pelo processo descrito na seção 5.3 não é possível de ser realizado. Assim, foi criado um procedimento com o intuito de auxiliar aos órgãos gestores para a obtenção destes *links*.

O procedimento definido, aqui referido como PPDLC, permite a identificação dos *links* críticos através de simples alterações na base de dados do TRANSYT que gerou o plano semafórico em uso. Através de um exemplo de aplicação pode-se verificar que os resultados do PPDLC recomendam a sua utilização quando a cidade não dispuser de série histórica de dados, e tiver limitações técnicas e financeiras para medir o volume de tráfego em todos os *links* da malha ao longo do tempo.

No decorrer do trabalho, é possível observar que ocorreram limitações no estudo. A maior delas foi a falta de dados de volumes em alguns *links* da rede, em virtude de problemas técnicos e operacionais, detectados pela Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo – CET somente quando foi tentar extrair as informações de sua base de dados. Este problema, no entanto, não inviabilizou o desenvolvimento do trabalho e que, ainda, foi um dos fatores contribuintes para a preocupação com o desenvolvimento do PPDLC.

Uma outra limitação diz respeito à inexistência, para a rede de estudo, de uma série histórica de dados relativos aos planos semafóricos utilizados no período de 1992 a 1995.

Isto fez com que os prejuízos fossem avaliados a partir de planos determinados no próprio trabalho.

6.2 – SUGESTÕES

Como continuidade deste trabalho, sugere-se a definir uma metodologia que permita a avaliação da redução do desempenho dos planos semaforicos frente às variações de volume de tráfego observados nos *links* críticos. Desta forma, os órgãos gestores poderiam definir níveis específicos de variação de volumes nos *links* críticos, que justificariam a atualização imediata dos planos.

Essa metodologia poderia ser associada à criação de um banco de dados onde todas os elementos intervenientes na qualidade dos planos semaforicos de tempo fixo fossem registrados de forma sistemática. As medidas de desempenho do volume de tráfego, definidos na metodologia, também poderão ser objeto de registro no referido banco. Assim, com o passar do tempo, ter-se-ia os elementos necessários para assegurar que os planos semaforicos de tempo fixo atendam efetivamente às condições médias de fluxo observada na rede.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACKCELIK, R. (1981). *Traffic Signals: Capacity and Timing Analysis*. Research Report ARR N° 123.
- ANFAVEA. (1997). Carta da Anfavea. Boletim Mensal da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. n. 128, jan.
- BELL, C. M. (1986). BRETHERTON, R. D. *Ageing of Fixed-Time Traffic Signal Plans*. 2ND International Road Traffic Control Conference Conf-260, UK.
- BOWEMAN, B. L; O'CONNEL, R. T.(1987). *Time Series Forecasting: Unified Concepts and Computer Implementation*. 2ª Edição, Miami University, Library of Congress Cataloging. Boston.
- CET. Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo. (1977). Boletim Técnico 5. Noções Básicas de Engenharia de Tráfego, coordenador Edson Paulo Fillizola. São Paulo, Companhia de Engenharia de Tráfego.
- CET. Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo. (1978). Boletim Técnico 16. Métodos para Cálculo da Capacidade de Interseções Semaforizadas, coordenador Eduardo Alcantara de Vasconcellos. São Paulo.
- CET, Relatório da Administração: 1993-1996. (1996). Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo.
- DENATRAN. (1984). Manual de Semáforos. Brasília: DENATRAN.
- DENATRAN. (1997). Código de Trânsito Brasileiro, Lei nº 9.503, Setembro.
- DENATRAN. (2000). Relatório dos Volumes de Tráfego. Departamento Nacional de Trânsito, Brasília.
- GALVÃO, C. (1999) Análise da Variabilidade do Fluxo de Saturação em Interseções Semaforizadas, Dissertação de Mestrado, COPPE/Universidade do Rio de Janeiro.
- GARBER, N. J.; HOEL, L. A. (1986). *Traffic and Highway Engineering*. PWS Publishing Company. Washington D.C.
- HCM. (1994). *Highway Capacity Manual*, Special Report 209, Third Edition.
- HEYDECKER, B.G. (1987). *Uncertainty and Variability in traffic signal calculations*. Transportation Research, 21B.
- HOFFMANN, R.; VIEIRA, Sônia. (1983). Análise de Regressão: Uma Introdução à Econometria. 2ª Edição. Editora HUCITEC, São Paulo.

- HOMBURGUER, W. S.; HALL, J.W.; LOUTZENHEISER, R. C.; REILLY, W. R. (1996). *Fundamentals of Traffic Engineering*. Institute of Transportation Studies, University of California; Berkley, USA.
- ITE. (1995). *Improving Traffic Signal Operations*. 1ª Edição. Nº IR-081. Washington DC, USA.
- ITE. (1997). *Traffic Signin Handbook*. Institute of Transportation Engineers, Washington, USA.
- JAPAN TRAFFIC MANAGEMENT TECHONOLOGY ASSOCIATION. (1999). *ITS*. Institute of Urban Traffic Research, Osaka, Japan.
- JONES, M.B. (1985). *Definicion de um Plano Unico para Semaforo Aislado*. Segundo Congresso de Ingenieria de Transporte, Santiago, Chile.
- KELL, J. H.; FULLERTON, I. J. (1991). *Manual of Traffic Signal Design*. 2ª Edição. New Jersey.
- KENDALL, M.; ORD, J. K. (1990). *Time Series*. 3ª Edição, Oxford University Press. New York.
- KIMBER, R. M. et al (1986). *The prediction of saturation flows for road juntions controlled by traffic signals*. Research Report 67. Crowthorne, Berkshire, England.
- KMENTA, J. (1988). *Elementos de Econometria: Teoria Econométrica Básica*. São Paulo: Editora Atlas S.A, Volume 2.
- LEAL, T. A. C. B. (1999). *Recomendações para o Projeto Geométrico Cicloviário*. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília. Brasília, Brasil.
- MAY, A. D. (1990). *Traffic Flow Fundamentals*. New Jersey, USA.
- McSHANE, W. R.; ROESS, R. P. (1990). *Traffic Flow Fundamentals*. New Jersey, USA.
- MORETTIN, P.A.; TOLOI, C. M. (1987). *Métodos Quantitativos: Séries Temporais*. 2ª Edição, São Paulo: Atual Editora.
- MORETTIN, P.A.; TOLOI, C. M. (1987). *Previsão de Séries Temporais*. São Paulo: Atual Editora.
- MUTCD – Department of Transportation. (1993). *Standards and Guides for Traffic Controls for Street and Highway construction Maintenance, Utililty, and Incident Management Operations 1988*. Federal Highway Administration. Revision 3, Sept, Washington DC, USA.

- NTU. (1998). *Novos Tempos: A Era do Usuário*. Anuário 1997/1998. Brasília, Brasil.
- PEREIRA, B. B; PAIS, M. B. Z. (1986). *Análise Espectral de Séries Temporais: Um Introdução para Engenharia, Economia e Estatística*. 1ª Edição, Rio de Janeiro: Are Final Leasing Editorial LTDA.
- RIBEIRO, P. C. M. (1991). *Influence of Flow Variation on Fixed – Time signal Control*, University of London, UK.
- RIBEIRO, P. C. .M. (1994). *Handling Traffic Fluctuation with Fixed-time Plans calculated by TRANSYT*, Centre for Transport Studies, University of London, UK.
- SEMCO. (1977). *Sistema de Semáforos Coordenados*, Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo, Boletim Técnico nº 7.
- SOARES, L. R. (1975). *Engenharia de Tráfego*, Institute of Traffic Engineers, Rio de Janeiro.
- STOKES, R. W. (1989). *Some Factors Affcting Signalized Intersection Capacity*. ITE Journal, New Jersey.
- TEPPLY, S., ALLIGHAM, D. I. RICHARDSON, D. B., *et alli*. *Canadian Capacity Guide for Signalized Intersecions*, Institute.
- TRANSPORTATION RESEARCH BOARD – TRB. (1985). *Highway Capacity Manual*, Special Report 209. Washington, D.C.: National Research Council.
- TRANSYT. (1997). *Manual: Traffic Network Study Tool*.
- VASCONCELLOS, E. A. (1996). *Transporte Urbano nos Países em Desenvolvimento: Reflexões e Propostas*. 1ª Edição. São Paulo. Editoras Unidas.
- VILLALOBOS, L. D. C. (1994). *Metodologia para o Cálculo de Planos de Operação para Semáforos Isolados Considerando Variações nos Fluxos de Tráfego*. Dissertação de Mestrado. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro.
- WALLACE, C. E. et al. (1988). *TRANSYT-7F USER’S MANNUAL*. Transportation Research Center, University of Florida.
- WEBSTER, F.V.; Cobbe, B.M. (1966). *Traffic Signals*. Road Research Laboratory, Technical Paper Nº 56. London: RRL.
- WOHL, M.; MARTIN, B. V. *Traffic Systems Analysis For Engineers and Planners*, New York, McGraw-Hill.

APÊNDICE A

**BASE DE DADOS FORNECIDA PARA CADA DETECTOR POR HORA NO
PERÍODO DE 1992 A 1995**

Tabela A.1 - Base de dados

Detector: 223014 (localização: Rua da Consolação, entre os nós 1 e 2)		Jan/92	Mai/92	Jun/92	Jul/92	Ago/92	Sep/92	Out/92	Nov/92	Dez/92	Jan/93	Fev/93	Mar/93	Abr/93	Mai/93	Jun/93	Jul/93	Ago/93	Sep/93	Out/93	Nov/93	Dez/93	Jan/94
Horário		1161	1221	1199	1176	1020	1069	1118	1144	1261	1134	1059	944	1129	1156	1036	1075	1049	1060	1234	1184	1289	1162
00:00 às 01:00		710	738	778	818	654	661	674	786	960	919	679	546	810	655	738	689	651	712	863	773	953	753
01:00 às 02:00		499	460	549	637	552	549	515	453	654	599	511	428	616	584	475	514	494	503	601	551	732	621
02:00 às 03:00		334	292	327	362	275	351	354	309	406	353	307	265	386	287	320	315	298	354	566	347	489	378
03:00 às 04:00		277	435	374	312	268	308	321	300	351	307	309	247	300	277	269	275	254	298	359	300	328	296
04:00 às 05:00		502	897	731	565	546	569	563	538	580	544	542	493	564	568	550	560	560	561	573	536	554	523
05:00 às 06:00		1361	2164	1826	1487	1810	1874	1818	1792	1628	1399	1709	1570	1907	1855	1796	1838	1813	1886	1842	1853	1574	1446
06:00 às 07:00		2924	3725	3349	2972	3437	3462	3383	3373	3231	2987	3360	2957	3525	3552	3509	3535	3522	3556	3518	3490	3189	3045
07:00 às 08:00		3483	3027	3290	3553	3533	3587	3533	3476	3480	3541	3511	3700	3639	3562	3584	3569	3584	3544	3565	3540	3529	3527
08:00 às 09:00		3559	3456	3520	3584	3510	3564	3553	3480	3464	3555	3533	3715	3598	3610	3615	3603	3590	3596	3573	3491	3436	3463
09:00 às 10:00		3379	2721	3125	3528	3556	3487	3505	3513	3454	3457	3583	3717	3568	3595	3578	3572	3578	3535	3522	3455	3480	3358
10:00 às 11:00		2997	3903	3676	3449	3320	3341	3366	3343	3354	3385	3417	2376	3424	3392	3423	3419	3491	3370	3235	3328	3378	3259
11:00 às 12:00		2394	3314	3341	3367	3335	3265	3281	3362	3283	3200	3235	2310	3391	3404	3446	3373	3376	3267	3283	3340	3276	3162
12:00 às 13:00		2627	3641	3415	3189	3492	3444	3435	3531	3331	3227	3259	2933	3598	3602	3513	3529	3602	3398	3457	3487	3415	3259
13:00 às 14:00		3175	4865	4208	3551	3458	3435	3527	3604	3425	3537	3446	3001	3628	3619	3582	3523	3640	3250	3459	3559	3467	3369
14:00 às 15:00		3116	4825	4122	3419	3501	3471	3485	3512	3393	3476	3345	2948	3498	3576	3564	3517	3559	3368	2907	3463	3405	3278
15:00 às 16:00		2706	4692	4008	3324	3384	3273	3369	3392	3207	3285	3196	2856	3415	3407	3429	3349	3429	3130	2861	3312	3187	3215
16:00 às 17:00		2841	4657	3957	3257	3315	3126	3264	3300	3159	3185	2975	2807	3417	3275	3221	3174	3297	2904	2873	3241	3091	3057
17:00 às 18:00		2760	3423	3223	3022	2820	2915	2923	2647	2714	3099	2561	2588	2855	2765	2714	2733	2829	2624	2683	2715	2683	2504
18:00 às 19:00		2509	3256	3049	2841	2856	2778	2708	2834	2751	2611	2638	2528	2863	2785	2846	2764	2760	2664	2717	2816	2783	2570
19:00 às 20:00		2131	3225	2874	2522	2518	2550	2497	2576	2593	2198	2385	2203	2508	2475	2587	2553	2604	2545	2635	2536	2667	2284
20:00 às 21:00		1930	2913	2522	2131	2242	2164	2223	2270	2397	2027	2027	1939	2125	2191	2168	2200	2254	2185	2158	2242	2396	2152
21:00 às 22:00		1908	2657	2286	1914	2161	2060	2193	2262	2257	1968	1856	1890	2080	2159	2112	2146	2204	2109	2243	2192	2184	1905
22:00 às 23:00		1608	1801	1693	1584	1623	1760	1761	1753	1785	1507	1543	1570	1757	1614	1658	1655	1704	1642	1788	1822	1772	1647
23:00 às 24:00		50891	66308	61436	56564	57186	57063	57469	57550	57128	55500	54986	49431	58601	57965	57733	57475	58142	56061	56515	57573	57257	54233
TOTAL (*)																							

* Volume diário representativo do mês

Continuação da Tabela A.1 - Base de dados

Detector: 223014 (localização: Rua da Consolação, entre os nós 1 e 2)																						
Fev/94	Mar/94	Abr/94	Mai/94	Jun/94	Jul/94	Ago/94	Set/94	Out/94	Nov/94	Dez/94	Jan/95	Fev/95	Mar/95	Abr/95	Mai/95	Jun/95	Jul/95	Ago/95	Set/95	Out/95	Nov/95	
962	1044	1223	1163	1170	1284	1136	1271	1388	1325	1588	1352	1423	1280	1505	1299	1377	1368	1302	1273	1297	1242	
642	683	877	738	879	906	784	930	879	951	1138	1112	1051	808	1131	732	985	973	871	905	841	752	
553	494	533	626	638	642	555	731	704	605	832	896	731	519	870	562	709	881	746	771	586	579	
402	332	409	367	467	518	310	361	440	446	672	505	554	384	572	410	522	662	432	551	576	528	
346	265	309	293	316	365	284	347	345	357	511	413	493	364	642	354	386	464	355	386	400	406	
515	491	553	595	576	576	574	609	610	633	652	627	636	517	661	665	648	651	652	656	669	680	
1470	1891	1934	2048	1966	1522	2004	2095	2017	1980	1837	1561	1847	2169	2262	2236	2077	1697	2175	2231	2180	1186	
3171	3349	3352	3632	3535	2991	3632	3694	3715	3643	3344	3174	3575	3721	3671	3732	3631	3233	3694	3746	3674	2044	
3301	3320	3285	3540	3474	3488	3562	3568	3603	3566	3654	3674	3635	3575	3647	3668	3658	3638	3649	3683	3608	2326	
3126	3238	3094	3413	3431	3494	3499	3539	3558	3498	3526	3651	3587	3582	3495	3530	3653	3645	3624	3631	3363	2849	
3185	3198	3231	3567	3574	3560	3567	3586	3623	3549	3607	3709	3596	3544	3492	3725	3670	3752	3765	3747	3470	3629	
3042	3082	3098	3421	3516	3440	3485	3501	3441	3438	3441	3547	3427	3391	3532	3469	3458	3578	3606	3597	3445	2755	
2995	2956	3055	3248	3404	3335	3412	3436	3323	3279	3354	3393	3380	3387	3459	3450	3485	3471	3519	3496	3404	2499	
3165	3197	3235	3512	3523	3335	3543	3504	3398	3347	3461	3424	3559	3571	3629	3624	3639	3559	3687	3675	3602	2443	
3136	3210	3256	3535	3520	3544	3481	3526	3411	3480	3659	3656	3616	3561	3681	3718	3740	3738	3739	3689	3735	2426	
3019	3125	3081	3468	3186	3516	3475	3527	3273	3445	3588	3641	3556	3541	3625	3678	3706	3702	3704	3537	3693	2398	
3003	2962	3132	3349	3312	3375	3448	3511	3001	3402	3480	3369	3462	3365	3360	3537	3474	3521	3568	3549	3467	2549	
2843	2914	2962	3286	3194	3317	3340	3320	2704	3109	3292	3227	3319	3189	3011	3345	3293	3331	3443	3284	3208	2540	
2582	2630	2582	2774	2769	3070	2847	2663	2632	2773	2706	2849	2886	2764	2454	2875	2692	2881	3089	2773	2902	2459	
2476	2696	2630	2690	2616	2910	2827	2855	2710	2806	2656	2657	2716	2766	2610	2816	2808	2752	2986	2726	2858	2482	
2296	2334	2436	2603	2519	2522	2761	2754	2622	2759	2764	2311	2562	2585	2569	2687	2726	2613	2816	2766	2674	2386	
2049	2119	2127	2296	2203	2171	2325	2353	2389	2438	2594	2290	2285	2348	2375	2358	2351	2250	2391	2339	2381	2288	
1963	2062	2129	2282	2132	2020	2310	2294	2379	2443	2353	2151	2232	2371	2199	2361	2250	2134	2316	2374	2339	2135	
1558	1629	1726	1759	1769	1663	1794	1890	1989	2053	2126	1863	1850	1960	1957	1882	1853	1812	1936	1807	1961	1790	
51800	53221	54269	58205	57689	57564	58955	59865	58154	59325	60835	59052	59978	59762	60409	60713	60801	60306	62065	61192	60333	47371	

Tabela A.2 - Base de dados

Detector: 223023 (localização: Rua Matias Aires, saída do nó 2)																						
Horário	Ago/93	Set/93	Out/93	Nov/93	Dez/93	Jan/94	Fev/94	Mar/94	Abr/94	Mai/94	Jun/94	Jul/94	Ago/94	Set/94	Out/94	Nov/94	Dez/94	Jan/95	Fev/95	Mar/95	Abr/95	
00:00 às 01:00	226	218	209	210	246	230	204	217	252	207	182	227	18	208	232	232	230	209	241	208	232	
01:00 às 02:00	109	129	149	141	146	122	120	131	160	132	164	151	160	146	156	145	174	153	139	119	157	
02:00 às 03:00	71	79	86	89	114	78	94	93	104	81	87	107	77	113	93	81	122	121	113	84	113	
03:00 às 04:00	54	59	84	58	82	53	72	58	71	50	68	76	48	76	69	78	101	87	68	69	73	
04:00 às 05:00	35	48	61	40	50	36	51	36	47	34	50	44	41	57	53	59	56	69	70	52	72	
05:00 às 06:00	82	74	65	97	65	61	67	59	64	85	78	65	68	80	83	81	91	79	76	84	88	
06:00 às 07:00	320	313	305	300	217	211	238	354	354	334	337	224	366	372	352	338	256	219	267	405	388	
07:00 às 08:00	750	756	762	761	647	581	672	799	803	783	755	566	781	765	752	759	654	594	713	816	822	
08:00 às 09:00	829	835	841	852	828	813	739	842	841	830	805	822	838	799	782	788	782	818	809	826	846	
09:00 às 10:00	810	832	853	854	806	811	826	850	807	816	837	801	801	874	862	843	810	795	856	796	780	
10:00 às 11:00	866	844	822	888	872	873	894	899	881	889	913	878	918	910	901	877	790	839	817	855	819	
11:00 às 12:00	921	892	863	916	860	895	880	890	910	904	910	871	931	920	921	932	872	830	889	915	889	
12:00 às 13:00	940	916	892	943	927	862	897	935	893	946	940	829	939	941	928	929	865	898	918	928	952	
13:00 às 14:00	964	950	936	937	923	829	874	955	920	944	951	863	962	956	952	953	910	875	944	964	931	
14:00 às 15:00	969	952	934	940	890	896	898	931	921	920	941	917	942	942	910	931	879	875	907	919	932	
15:00 às 16:00	948	954	959	975	930	907	929	958	946	945	962	914	939	948	954	938	924	932	948	927	933	
16:00 às 17:00	939	926	912	931	893	886	887	921	927	912	936	887	955	949	956	941	927	843	917	936	897	
17:00 às 18:00	962	960	958	989	949	875	898	975	963	969	968	902	976	952	958	996	979	892	924	962	768	
18:00 às 19:00	1027	1027	1027	1057	957	934	928	1017	1039	1007	970	929	1045	1035	1037	1056	989	923	998	1026	989	
19:00 às 20:00	924	897	869	923	686	809	690	895	867	903	773	666	874	863	861	805	750	654	705	800	890	
20:00 às 21:00	511	541	571	630	517	512	413	504	466	482	454	409	522	458	505	592	511	441	468	509	544	
21:00 às 22:00	396	397	397	392	413	377	376	410	397	418	396	345	446	433	397	444	460	370	348	387	384	
22:00 às 23:00	407	407	407	399	346	327	331	410	397	401	363	307	460	421	385	378	339	338	352	361	333	
23:00 às 24:00	290	297	304	296	309	303	270	315	325	328	300	309	306	317	327	321	297	284	296	301	288	
Total (*)	14350	14308	14266	14618	13673	13281	13248	14454	14355	14320	14140	13109	14413	14545	14426	14497	13768	13138	13783	14249	14120	
Volume diário representativo do mês																						

Continuação da Tabela A.2 - Base de dados

Detector: 223023 (localização: Rua Matias Aires, saída do nó 2)											
Mai/95	Jun/95	Jul/95	Ago/95	Sep/95	Out/95	Nov/95	Dez/95				
193	212	222	192	201	211	233	250				
161	146	149	113	133	127	146	151				
83	90	104	91	81	79	88	97				
63	62	81	54	58	55	60	86				
54	67	60	47	59	65	75	82				
93	93	92	89	105	88	95	100				
394	367	264	437	434	404	417	299				
799	777	630	836	855	834	852	691				
847	866	850	859	887	881	902	855				
840	906	891	898	898	869	899	883				
880	918	928	936	951	917	946	922				
916	899	898	936	929	952	974	950				
962	977	885	978	986	984	1025	929				
958	954	884	973	970	998	1001	955				
933	931	919	940	946	946	961	931				
948	916	938	962	962	946	976	939				
953	946	945	967	947	937	973	942				
986	980	935	1011	981	951	1000	928				
1043	985	955	1076	1031	1059	1050	848				
880	913	810	938	959	953	952	792				
624	478	519	619	595	568	522	564				
431	405	382	464	472	412	458	436				
423	372	347	398	426	372	398	399				
316	310	292	324	331	310	321	302				
14780	14570	13980	15138	15197	14918	15324	14331				

Continuação da Tabela A.3 - Base de dados

Detector: 2230333 (localização: Rua da Consolação, entrando no nº 2)																			
Mai/94	Jun/94	Jul/94	Agô/94	Set/94	Out/94	Nov/94	Dez/94	Jan/95	Fev/95	Mar/95	Abr/95	Mai/95	Jun/95	Jul/95	Agô/95	Set/95	Out/95	Nov/95	Dez/95
886	843	999	836	1098	1352	1194	1576	1330	1340	1276	1287	1063	1069	1061	1081	1093	1123	1357	1405
598	532	595	465	686	743	729	1049	889	861	706	703	614	656	634	600	587	635	822	946
391	340	390	363	616	577	489	747	589	548	490	519	398	429	466	408	470	409	553	680
282	266	354	213	344	445	455	583	485	459	400	404	320	327	360	277	335	458	428	583
225	217	243	208	312	320	370	475	417	469	355	428	304	269	279	269	296	440	466	466
527	444	442	457	583	636	656	691	614	639	639	632	557	473	490	513	522	579	659	687
1654	1616	1294	1617	1969	2051	2017	1867	1716	1815	2287	2252	1799	1759	1475	1843	1864	1774	2301	1736
3171	3182	2545	3119	3710	3937	3818	3366	3280	3687	4009	3599	3250	3221	2682	3283	3270	3128	3459	2777
3225	3172	3109	3225	3643	3856	3731	3832	3767	3722	3702	3476	3113	3144	3165	3149	3125	2984	3355	3348
3077	3133	3057	3142	3198	3839	3514	3755	3664	3749	3722	3539	3079	3167	3088	3151	3165	2941	3436	3261
2970	2992	2937	3034	3128	3744	3445	3599	3525	3659	3622	3642	3024	3020	3028	3104	3130	3026	3122	3469
3130	3081	2892	3218	3250	3845	3321	3358	3422	3714	3739	3745	3096	3055	3051	3217	3226	3113	3173	3054
3127	3195	2876	3249	3281	3887	3383	3701	3450	3663	3693	3655	3184	3139	2965	3217	3218	3225	3248	3153
3284	3351	3220	3332	3457	3912	3438	3610	3741	3876	3840	3218	3231	3299	3302	3295	3285	3301	3486	3107
3309	3407	3246	3383	3509	3954	3753	3754	3899	3857	3896	3392	3367	3375	3314	3347	3308	3247	3671	3023
3356	3295	3203	3418	3786	4042	3725	3566	3891	3938	4071	3888	3353	3330	3229	3372	3353	3247	3705	3168
3464	3255	3342	3535	3529	4046	3651	3500	3893	3952	4048	3054	3405	3341	3315	3397	3365	3211	3656	3161
3045	2694	3166	3083	3189	3823	3075	3014	3748	2876	3169	3018	3100	2974	3128	2881	2750	2824	3558	2962
2759	2674	2736	2972	2926	3379	2990	2878	2945	2997	3256	3405	2885	2894	2820	2989	2800	2835	3297	2685
2560	2475	2337	2569	2789	3046	3103	2984	2741	2893	3078	3115	2659	2534	2522	2594	2664	2721	3206	2709
2327	2161	1990	2328	2573	3044	2951	3058	2669	2846	3043	2946	2465	2361	2187	2409	2387	2553	3022	2818
2570	2081	1940	2570	2695	3245	3163	2865	2565	2990	3347	3243	2585	2403	2073	2792	2683	2696	3217	2969
1741	1518	1539	1638	2007	2384	2173	2286	1947	2138	2408	2153	1811	1727	1631	1954	1751	1860	2383	1983
54870	53184	51335	55305	59684	68039	62661	63673	62764	64494	66711	62887	55922	55326	53252	56423	55996	55675	62965	57192

Tabela A.3 - Base de dados

Detector: 223033 (localização: Rua da Consolação, entrando no nº 2)

Horário	Jul/92	Ago/92	Sep/92	Out/92	Nov/92	Dez/92	Jan/93	Fev/93	Marc/93	Abr/93	Mai/93	Jun/93	Jul/93	Ago/93	Sep/93	Out/93	Nov/93	Dez/93	Jan/94	Fev/94	Mar/94	Abr/94
00:00 às 01:00	824	768	807	829	948	900	915	807	674	790	874	752	860	802	1112	996	1332	960	1269	1361	1154	1154
01:00 às 02:00	454	413	454	476	509	517	549	445	360	482	413	478	461	418	541	591	750	612	633	844	751	751
02:00 às 03:00	303	308	329	325	301	357	346	317	260	349	334	318	332	290	330	389	509	389	457	539	439	439
03:00 às 04:00	216	221	239	241	214	263	260	226	186	218	206	217	219	202	233	278	337	294	270	391	424	424
04:00 às 05:00	197	191	197	214	195	243	209	217	180	200	191	200	194	172	289	257	267	269	299	342	310	310
05:00 às 06:00	392	408	433	404	416	441	407	418	420	449	447	427	404	421	463	523	523	507	655	701	548	548
06:00 às 07:00	1242	1154	1587	1344	1379	1446	1092	1400	1041	1544	1540	1546	1234	1512	1550	1759	1220	1434	1726	2396	2045	2045
07:00 às 08:00	2540	2425	3075	2485	2840	2650	2441	2819	2311	3050	3148	3210	2605	3112	3127	3529	2617	2983	3971	4633	3761	3761
08:00 às 09:00	2878	2499	3002	2655	2811	2506	2681	2976	2581	3186	3145	3165	3042	3145	3169	3463	3266	3421	4243	4492	3581	3581
09:00 às 10:00	2659	2430	3067	2810	2642	2420	2408	3010	2916	3235	3128	3181	2994	3160	3150	3414	3225	3186	3983	4246	3322	3322
10:00 às 11:00	2936	2879	2982	2820	2757	2864	2478	3009	3017	3046	3054	3076	2928	2981	3011	3051	3038	2893	3604	3834	2983	2983
11:00 às 12:00	2877	2989	3070	2919	2971	2125	2815	3113	3074	3079	3150	3123	2877	3150	3058	3051	3109	3021	3314	3862	3085	3085
12:00 às 13:00	2883	3157	3159	3016	3067	3154	2775	3046	3161	2958	3178	3183	2847	3166	3200	3218	3139	2967	3266	3956	3165	3165
13:00 às 14:00	2924	3234	3197	3043	3202	3212	2794	3060	3258	2446	3156	3208	2949	3244	3221	3262	3146	2942	3141	4045	3164	3164
14:00 às 15:00	3262	3291	3307	3221	3310	3317	3134	3339	3351	2981	2731	3226	3290	3357	3292	3336	3148	3276	3324	4108	3219	3219
15:00 às 16:00	3313	3397	3293	3242	3355	3352	3202	3329	3397	3362	3414	3328	3309	3383	3273	3388	3236	3249	3602	4164	3300	3300
16:00 às 17:00	3253	3451	3307	3148	3371	3140	3161	3189	3376	3480	3382	3433	3233	3412	3377	3345	3207	3285	3581	4141	3316	3316
17:00 às 18:00	3334	3474	3276	2777	3430	2827	3258	3317	3516	3257	2731	3498	3352	3474	3509	3426	3258	3547	3556	4271	3504	3504
18:00 às 19:00	3211	2899	2841	2268	3320	2985	3237	3139	3188	2624	3297	3362	3336	3194	3300	3073	3037	3602	3362	3941	3124	3124
19:00 às 20:00	2776	2183	2576	2394	2929	2484	2641	2766	3031	1938	2851	2985	2861	3025	2960	2861	2731	3142	3329	4163	2863	2863
20:00 às 21:00	2322	2321	2379	2309	2339	2158	1957	2290	2372	2194	2339	2456	2355	2394	2581	2581	2615	2496	3248	3676	2835	2835
21:00 às 22:00	1980	2075	2076	2130	2120	1921	1686	2080	1980	2047	2119	2054	2039	2257	2271	2506	2644	2388	3184	3337	2660	2660
22:00 às 23:00	1851	2140	2203	1983	2193	1736	1485	1765	2182	2174	2331	2043	1984	2388	2515	2436	2484	2064	2852	3707	2594	2594
23:00 às 24:00	1398	1353	1420	1526	1549	1437	1332	1290	1349	1318	1457	1376	1532	1560	1806	2634	1844	1534	2188	2542	1984	1984
Total (°)	50025	49660	52276	48579	52168	48455	47263	51367	51181	50407	52616	53845	51237	54219	53338	57367	54682	54461	63057	73692	58131	58131

Volume diário representativo do mês

Tabela A.4 - Base de dados

Detector: 223034 (localização: Rua Fernando Albuquerque, saída do nó 3)

Horário	Jul/92	Ago/92	Set/92	Out/92	Nov/92	Dez/92	Jan/93	Fev/93	Mar/93	Abr/93	Mai/93	Jun/93	Jul/93	Ago/93	Set/93	Out/93	Nov/93	Dez/93	Jan/94	Fev/94	Mar/94	Abr/94
00:00 às 01:00	338	298	309	321	346	356	347	310	309	333	326	303	333	335		391	355	406	342	315	325	366
01:00 às 02:00	207	191	188	194	215	236	268	189	188	222	199	203	232	207		247	230	279	221	209	213	250
02:00 às 03:00	151	138	155	142	131	158	147	150	130	154	153	129	154	149		156	143	214	163	165	141	167
03:00 às 04:00	99	86	98	91	90	105	111	92	87	101	101	89	103	89		133	103	139	103	129	99	128
04:00 às 05:00	84	86	81	84	88	98	99	84	77	85	83	83	94	77		103	92	127	91	113	82	93
05:00 às 06:00	113	114	124	113	112	120	114	116	120	108	124	116	116	108		118	118	127	111	130	123	127
06:00 às 07:00	294	397	419	399	406	356	259	344	415	428	423	398	269	408		439	451	284	286	312	469	477
07:00 às 08:00	826	1069	1102	1070	1058	928	756	1018	1079	1119	1135	116	830	1094		1093	1086	914	788	1057	1122	1139
08:00 às 09:00	1160	1250	1256	1263	1273	1218	1151	1250	1315	1317	1336	1279	1232	1312		1307	1332	1249	1157	1269	1326	1305
09:00 às 10:00	1144	1185	1189	1167	1198	1218	1098	1154	1225	1260	1241	1229	1163	1252		1267	1263	1206	1131	1206	1265	1257
10:00 às 11:00	1067	1108	1111	1093	1116	1099	1037	1093	1125	1135	1133	1114	1072	1131		1148	1130	1122	1034	1112	1138	1134
11:00 às 12:00	1044	1102	1117	1109	1107	1147	1025	1114	1129	1143	1132	1093	1063	1163		1117	1154	1124	1033	1117	1135	1134
12:00 às 13:00	985	1105	1109	1079	1095	1077	951	1092	1139	1173	1180	1146	988	1161		1149	1182	1096	967	1121	1153	1157
13:00 às 14:00	1000	1094	1099	1110	1113	1103	979	1071	1125	1153	1173	1141	1047	1161		1150	1169	1050	1014	1073	1159	1150
14:00 às 15:00	1167	1190	1190	1196	1226	1193	1097	1202	1222	1227	1237	1209	1178	1234		1222	1223	1156	1107	1169	1238	1189
15:00 às 16:00	1164	1174	1193	1175	1202	1199	1118	1189	1208	1214	1220	1209	1174	1212		1182	1223	1186	1105	1192	1191	1185
16:00 às 17:00	1126	1173	1117	1123	1176	1165	1054	1125	1162	1173	1160	1163	1097	1195		1163	1157	1180	1016	1145	1135	1151
17:00 às 18:00	1084	1123	1077	1114	1131	1044	1000	1043	1126	1173	1159	1139	1079	1132		1149	1141	1081	1005	1091	1133	1152
18:00 às 19:00	1059	1070	1060	1113	1154	1041	1025	1080	1097	1166	1143	1162	1105	1095		1127	1192	1088	1010	1020	1115	1069
19:00 às 20:00	948	990	957	958	1007	935	826	887	952	994	961	953	919	937		984	970	937	854	892	1039	972
20:00 às 21:00	770	767	790	814	788	795	676	742	798	756	784	764	782	783		813	804	841	722	776	787	971
21:00 às 22:00	697	743	724	748	767	772	666	668	719	691	708	688	740	699		744	764	781	744	736	732	725
22:00 às 23:00	619	689	686	693	696	677	608	587	686	682	679	652	625	717		744	723	690	607	654	726	706
23:00 às 24:00	503	509	519	532	569	550	458	469	538	553	503	512	581	569		581	566	604	537	576	580	565
Total (*)	17649	18651	18670	18701	19064	18590	16870	18069	18971	19360	19293	17890	17976	19220		19527	19571	18881	17148	18579	19426	19569

Volume diário representativo do mês

Continuação da Tabela A.4 - Base de dados

Detector: 223034 (localização: Rua Fernando Albuquerque, saída do nº 3)												
Mai/94	Jun/94	Jul/94	Ago/94	Set/94	Out/94	Nov/94	Dez/94	Jan/95	Fev/95	Mar/95		
330	303	374	306	372	402	391	431	398	413	296		
227	219	246	212	290	231	277	318	287	272	210		
160	169	184	147	196	191	177	220	216	198	157		
100	123	134	89	113	129	132	175	146	146	132		
89	85	94	80	90	93	98	126	111	127	102		
140	125	121	128	131	131	132	148	136	138	138		
471	459	284	441	478	450	465	322	299	393	460		
1163	1129	791	1103	1128	1133	1126	907	793	1040	1133		
1330	1322	1215	1293	1317	1302	1359	1270	1226	1270	1230		
1265	1278	1202	1270	1289	1300	1319	1268	1180	1225	1069		
1134	1178	1107	1156	1145	1172	1174	1144	1096	1130	1071		
1127	1151	1116	1166	1191	1173	1170	1105	1078	1142	1115		
1153	1176	988	1165	1169	1152	1153	1139	987	1146	1076		
1140	1170	1041	1201	1169	1162	1147	1126	1034	1127	1091		
1246	1236	1198	1229	1213	1249	1225	1244	1168	1216	1217		
1222	1207	1165	1211	1222	1176	1227	1232	1166	1206	1184		
1155	1143	1082	1198	1201	1169	1172	1193	1068	1167	1190		
1162	1130	1060	1197	1181	1142	1162	1123	1055	1132	1141		
1140	1148	1069	1156	1140	1099	1185	1079	1103	1129	971		
995	920	901	1065	1038	1031	1008	1011	808	961	940		
812	768	772	861	829	815	851	888	742	768	808		
736	691	674	758	778	776	769	841	748	751	709		
713	640	606	729	769	768	749	683	648	683	654		
562	533	547	517	632	612	618	603	573	538	559		
19572	19303	17971	19678	20081	19858	20086	19596	18066	19318	18653		

Tabela A.5 - Base de dados

Detector: 223035 (localização: Rua da Consolação, saída do nº 3)		Jul/92	Ago/92	Sep/92	Out/92	Nov/92	Dez/92	Jan/93	Fev/93	Mar/93	Abr/93	Mai/93	Jun/93	Jul/93	Ago/93	Sep/93	Out/93	Nov/93	Dez/93	Jan/94	Fev/94	Mar/94	Abr/94
Horário		1006	914	927	1007	976	1034	1076	900	940	1015	1010	935	1073	988		1275	1074	1224	1097	1015	1043	118
00:00 às 01:00																							
01:00 às 02:00		644	546	575	605	706	774	909	576	610	711	607	661	709	655		857	692	936	688	646	686	807
02:00 às 03:00		530	413	445	481	388	572	568	414	424	554	527	438	538	445		597	540	697	554	571	512	567
03:00 às 04:00		291	233	305	324	266	425	401	279	267	341	294	291	362	271		554	336	442	374	411	342	406
04:00 às 05:00		276	255	284	296	268	331	294	284	254	280	257	260	266	246		405	295	311	273	357	280	290
05:00 às 06:00		457	493	528	526	485	525	500	511	526	531	527	508	522	524		529	520	531	501	548	523	516
06:00 às 07:00		1382	1619	1677	1657	1491	1457	1318	1613	1736	1732	1691	1629	1414	1638		1689	1709	1613	1387	1433	1886	1854
07:00 às 08:00		2807	2314	3223	3265	2924	2769	2863	3315	3444	3359	3371	3352	2819	3344		3395	3405	3079	2950	3258	3483	3339
08:00 às 09:00		3503	3553	3438	3502	3032	2976	3470	3590	3555	3595	3536	3558	3523	3544		3553	3528	3473	3505	3508	3543	3370
09:00 às 10:00		3519	3154	3497	3506	3003	3065	3512	3551	3555	3542	3556	3573	3591	3522		3539	3480	3449	3473	3290	3435	3385
10:00 às 11:00		3430	3013	3446	3415	3012	3099	3410	3533	3542	3504	3458	3545	3527	3550		3529	3517	3513	3423	3409	3450	3418
11:00 às 12:00		3390	2878	3294	3319	2910	2962	3317	3388	3394	3323	3284	3381	3447	3393		3252	3357	3378	3307	3257	3293	3268
12:00 às 13:00		3168	2677	3180	3130	2775	2793	3098	3143	3206	3209	3194	3253	3273	3195		3194	3231	3247	3164	3099	3062	3089
13:00 às 14:00		3233	3441	3281	3359	3002	2979	3153	3282	3472	3462	3457	3379	3270	3501		3362	3415	3344	3224	3314	3408	3326
14:00 às 15:00		3450	3472	3420	3486	3067	2981	3445	3483	3581	3555	3546	3493	3488	3557		3473	3545	3405	3408	3385	3465	3297
15:00 às 16:00		3380	3446	3375	3419	2968	2926	3403	3472	3473	3434	3509	3528	3458	3496		3448	3437	3356	3355	3351	3402	3253
16:00 às 17:00		3277	3279	3126	3264	2823	2750	3170	3269	3320	3284	3254	3309	3264	3313		3220	3238	3222	3227	3223	3185	3158
17:00 às 18:00		3104	3025	2830	3051	2742	2721	3061	3108	3148	3234	3098	3096	3142	3174		3051	3123	3045	3058	2962	3041	2926
18:00 às 19:00		2812	2498	2411	2727	2401	2214	2922	2770	2695	2677	2625	2513	2881	2609		2516	2579	2646	2654	2586	2605	2398
19:00 às 20:00		2648	2338	2449	2558	2341	2277	2448	2596	2741	2715	2692	2671	2633	2622		2591	2618	2551	2507	2532	2692	2475
20:00 às 21:00		2330	2263	2310	2376	2178	2119	2054	2304	2365	2287	2284	2352	2430	2422		2485	2363	2487	2209	2339	2438	2210
21:00 às 22:00		1892	1903	1878	1942	1891	1843	1826	1851	1955	1912	1905	1913	1926	2002		2018	1998	2163	1925	1976	1996	2000
22:00 às 23:00		1775	1874	1816	1950	1863	1781	1746	1843	2011	1906	1966	1911	1853	1960		2051	1986	2027	1783	1882	2012	2015
23:00 às 24:00		1398	1399	1413	1548	1456	1491	1377	1379	1532	1544	1437	1462	1523	1577		1654	1633	1659	1479	1495	1599	1583
TOTAL (*)		53742	51000	53128	54713	48968	48874	53341	54454	55746	55706	55085	55011	54872	55548		56237	55619	55798	53525	53847	53381	53068

* Volume diário representativo do mês

Continuação da Tabela A.5 - Base de dados

Detector: 223035 (localização: Rua da Consolação, saída do nó 3)

Maio/94	Jun/94	Jul/94	Ago/94	Sep/94	Out/94	Nov/94	Dez/94	Jan/95	Fev/95	Mar/95	Abr/95	Mai/95	Jun/95	Jul/95	Ago/95	Sep/95	Out/95	Nov/95	Dez/95
1046	1094	1171	1048	1150	1226	1200	1405	1240	1253	1188	1223	1158	1249	1189	1146	1137	1167	1205	1353
644	762	815	688	788	788	776	1051	939	947	782	968	676	874	845	767	807	752	768	859
562	577	578	523	662	700	475	787	590	654	494	745	487	637	793	664	667	536	562	611
330	425	457	282	327	394	384	610	468	479	387	425	352	430	592	377	498	433	458	522
274	284	326	258	308	312	312	461	375	433	351	575	307	337	417	313	358	364	375	450
512	503	498	504	551	544	573	586	573	568	552	577	577	560	566	559	559	571	580	568
1801	1724	1370	1759	1849	1791	1803	1648	1403	1622	1938	1967	1922	1766	1474	1814	1865	1846	1911	1629
3398	3301	2759	3394	3454	3521	3513	3119	2903	3278	3485	3393	3354	3207	2815	3252	3314	3274	3243	3028
3417	3372	3353	3454	3451	3554	3472	3495	3476	3479	3519	3448	3385	3289	3291	3268	3371	3311	3360	3293
3304	3348	3332	3325	3398	3476	3384	3364	3431	3393	3372	3207	3204	3242	3224	3140	3219	3097	3191	3118
3437	3473	3412	3435	3509	3576	3509	3408	3488	3419	3428	3249	3377	3276	3293	3262	3287	3123	3342	3185
3246	3337	3330	3378	3362	3382	3357	3316	3343	3269	3208	3169	3077	3081	3149	3106	3130	3118	2923	2990
2985	3163	3131	3190	3211	3282	3227	3073	3079	3096	3098	3148	3029	3040	2987	2977	2996	3062	3011	2902
3334	3315	3126	3345	3336	3330	3344	3283	3178	3296	3317	3316	3200	3188	3072	3171	3208	3183	3233	3072
3407	3395	3333	3353	3365	3378	3462	3352	3370	3348	3420	3348	3330	3236	3210	3197	3184	3283	3319	3137
3302	3102	3326	3329	3364	3333	3403	3326	3341	3270	3343	3242	3246	3198	3200	3112	3050	3274	3245	3091
3178	3096	3164	3241	3247	3268	3349	3169	3100	3159	3155	3069	3074	2998	3034	3016	3057	3066	3139	2888
3032	2929	3029	3045	3057	3048	3115	3028	2953	2972	2877	2722	2843	2741	2845	2862	2762	2837	2648	2544
2508	2477	2722	2601	2458	2427	2483	2445	2583	2393	2377	2165	2442	2256	2474	2516	2295	2460	2380	2203
2480	2388	2640	2648	2617	2539	2558	2515	2376	2395	2377	2259	2413	2374	2380	2505	2318	2525	2343	2344
2364	2273	2240	2595	2523	2410	2565	2463	2018	2288	2409	2282	2361	2380	2261	2427	2404	2307	2465	2282
1980	1959	1906	2051	2021	2077	2141	2220	1966	1952	2052	2044	2012	1985	1914	2019	1945	2035	2149	2200
2020	1930	1787	2076	1996	2140	2117	2056	1920	1955	2128	2012	2046	1981	1874	2044	2079	2116	2141	2098
1593	1584	1505	1625	1698	1786	1815	1914	1633	1617	1767	1696	1649	1610	1565	1672	1581	1734	1692	1776
54154	53811	53310	55147	55702	56282	56337	56094	53746	54535	55024	54250	53521	52935	52464	53186	53091	53474	53683	52143

Tabela A.6 - Base de dados

Detector: 223043 (localização: Rua Bela Cintra, saída do nó 4)		Jun/92	Jul/92	Ago/92	Sep/92	Out/92	Nov/92	Dez/92	Jan/93	Fev/93	Mar/93	Abr/93	Mai/93	Jun/93	Jul/93	Ago/93	Sep/93	Out/93	Nov/93	Dez/93	Jan/94
00:00 às 01:00	378	366	419	349	366	357	388	367	329	339	382	376	376	368	360	360	377	410	378	453	425
01:00 às 02:00	249	224	229	203	209	221	290	266	216	188	245	208	221	229	214	214	249	283	269	338	275
02:00 às 03:00	180	198	231	158	121	114	175	147	127	136	190	143	136	162	137	137	159	162	174	224	209
03:00 às 04:00	97	98	165	92	89	70	112	88	97	75	120	86	76	82	74	74	105	151	112	167	168
04:00 às 05:00	90	65	102	72	85	61	87	75	81	64	95	65	58	64	58	58	74	100	74	91	102
05:00 às 06:00	75	77	79	76	75	73	84	67	88	83	89	81	79	78	69	69	75	81	72	110	88
06:00 às 07:00	320	204	332	344	337	326	235	185	262	358	370	356	332	332	333	333	296	323	330	200	196
07:00 às 08:00	874	649	914	897	893	887	711	601	870	975	990	1005	916	646	904	904	860	943	946	712	628
08:00 às 09:00	1103	1020	1068	1050	1046	1068	1094	1019	1133	1156	1153	1144	1124	1063	1104	1104	1099	1111	1116	1041	1038
09:00 às 10:00	1167	1094	1095	1069	1096	1131	1076	1066	1164	1140	1143	1134	1113	1118	1112	1112	1118	1139	1103	1064	1101
10:00 às 11:00	1095	1090	1090	1057	1098	1097	1075	1019	1100	1090	1103	1081	1113	1108	1134	1134	1120	1126	1112	1059	1113
11:00 às 12:00	1053	1049	1008	1013	1031	1022	1037	1013	1028	1020	1051	1023	1060	1038	1061	1061	1051	1057	1049	1053	1033
12:00 às 13:00	975	975	971	941	950	965	988	938	926	953	946	951	937	950	964	964	947	945	927	893	939
13:00 às 14:00	1075	1016	1122	1103	1083	1094	1075	982	1044	1108	1131	1110	1104	1017	1140	1140	1063	1136	960	996	996
14:00 às 15:00	1176	1153	1171	1126	1164	1171	1101	1100	1169	1154	1193	1159	1136	1155	1197	1197	1175	1174	1172	1111	1138
15:00 às 16:00	1146	1162	1164	1133	1126	1174	1087	1122	1189	1132	1137	1185	1169	1165	1210	1210	1178	1168	1169	1087	1097
16:00 às 17:00	1094	1084	1120	1050	1084	1089	1071	1053	1113	1088	1069	1094	1104	1083	1128	1128	1105	1104	1106	1046	1046
17:00 às 18:00	985	979	1013	968	966	1014	995	967	976	981	1022	994	1000	1012	1035	1035	1020	1009	1022	1011	980
18:00 às 19:00	961	984	1034	970	970	1017	1005	953	900	943	919	914	921	950	999	999	980	1006	965	934	957
19:00 às 20:00	889	887	967	942	905	941	905	775	851	918	882	909	921	852	980	980	900	857	909	858	821
20:00 às 21:00	751	695	747	772	759	802	752	631	706	778	731	777	756	717	790	790	757	745	777	766	718
21:00 às 22:00	634	582	659	644	641	676	681	562	553	632	628	648	630	588	647	647	631	655	632	618	618
22:00 às 23:00	614	557	642	617	597	638	634	544	554	618	621	600	607	550	620	620	616	641	651	617	581
23:00 às 24:00	488	461	529	479	488	528	519	461	459	526	486	497	487	492	504	504	512	529	521	532	532
Total (*)	17469	16669	17871	17125	17179	17536	17177	16001	16935	17455	17696	17540	17418	16675	17774	17774	17463	17855	17546	16981	16799

Volume diário representativo do mês

Tabela A.7 - Base de dados

Detector: 223044 (localização: Rua Antônio Carlos, entrando no mó 1)

Horário	Jun/92	Jul/92	Ago/92	Set/92	Out/92	Nov/92	Dez/92	Jan/93	Fev/93	Mar/93	Abr/93	Mai/93	Jun/93	Jul/93	Ago/93	Set/93	Out/93	Nov/93	Dez/93	Jan/94
00:00 às 01:00	138	148	122	132	132	137	149	147	122	117	175	123	118	126	112	114	138	145	142	143
01:00 às 02:00	81	60	65	66	71	76	88	94	75	62	88	65	80	69	63	69	89	79	109	74
02:00 às 03:00	43	49	39	49	41	34	46	50	52	42	68	57	37	49	39	39	51	42	53	44
03:00 às 04:00	55	22	25	34	23	25	32	28	32	23	44	26	24	30	28	24	43	28	40	37
04:00 às 05:00	22	22	19	18	23	19	23	25	21	18	33	37	20	26	14	19	21	20	29	30
05:00 às 06:00	25	21	22	26	23	21	23	24	23	19	26	26	22	21	23	22	21	23	23	28
06:00 às 07:00	100	76	105	104	95	85	65	57	83	99	81	86	85	61	87	95	75	83	62	57
07:00 às 08:00	446	266	448	452	424	427	288	243	358	475	469	476	456	272	467	462	449	444	249	233
08:00 às 09:00	452	397	436	434	432	443	420	363	395	424	431	437	435	388	439	440	422	433	376	365
09:00 às 10:00	452	426	439	439	433	438	392	377	422	430	433	441	434	409	434	439	417	422	410	378
10:00 às 11:00	409	387	400	439	412	421	402	376	410	416	403	402	397	393	421	414	408	418	409	370
11:00 às 12:00	494	433	477	474	478	478	470	409	471	483	469	470	473	426	488	490	461	479	473	407
12:00 às 13:00	603	468	635	634	597	621	519	417	539	646	655	626	629	460	654	627	626	625	487	446
13:00 às 14:00	475	419	479	475	469	474	457	394	441	480	488	474	470	396	484	479	473	467	421	408
14:00 às 15:00	512	482	510	511	498	503	492	438	481	498	492	480	484	455	491	499	488	493	438	465
15:00 às 16:00	545	498	529	530	505	513	520	467	503	529	526	515	516	485	538	531	515	521	499	496
16:00 às 17:00	561	511	560	559	540	553	531	466	524	551	568	542	540	506	559	572	553	545	516	506
17:00 às 18:00	692	627	677	675	650	677	622	558	624	633	659	646	659	594	653	646	653	656	635	567
18:00 às 19:00	787	738	771	753	734	761	716	625	699	751	740	741	763	710	763	719	720	766	705	683
19:00 às 20:00	585	458	653	623	474	520	368	338	426	447	544	516	406	487	464	443	389	523	416	559
20:00 às 21:00	268	279	309	365	348	300	298	290	305	319	279	296	296	285	303	347	317	359	307	314
21:00 às 22:00	267	238	295	286	314	323	294	218	241	277	291	311	307	279	272	290	292	255	297	238
22:00 às 23:00	295	232	261	288	318	333	279	203	224	289	289	287	262	263	303	276	318	280	264	244
23:00 às 24:00	224	196	200	208	239	249	234	189	179	224	252	191	205	230	219	224	246	220	245	246
Total (*)	8531	7453	8476	8574	8273	8431	7728	6796	7650	8252	8503	8271	8118	7420	8318	8280	8185	8326	7605	7338

Volume diário representativo do mês

Tabela A.8 - Base de dados

Detector: 223053 (localização: Rua Matias Aires, entrando no nº 2)																							
Horário	Jan/92	Fev/92	Mar/92	Abr/92	Mai/92	Jun/92	Jul/92	Ago/92	Sep/92	Out/92	Nov/92	Dez/92	Jan/93	Fev/93	Mar/93	Abr/93	Mai/93	Jun/93	Jul/93	Ago/93	Sep/93	Out/93	
00:00 às 01:00	270	240	211	248	238	248	255	255	263	243	258	295	265	250	276	278	263	239	252	256	246	282	
01:00 às 02:00	189	163	140	147	149	192	165	166	149	125	180	192	204	156	141	166	160	173	173	165	148	196	
02:00 às 03:00	105	88	92	110	108	104	117	93	109	93	94	125	115	99	100	124	89	100	103	97	103	121	
03:00 às 04:00	79	64	54	68	79	67	67	60	64	61	55	75	68	61	58	76	58	55	59	56	61	102	
04:00 às 05:00	43	35	36	36	40	35	40	29	39	38	38	55	46	46	31	45	40	32	44	38	36	56	
05:00 às 06:00	55	45	49	50	65	58	59	55	58	60	57	58	53	62	56	62	62	57	57	50	56	67	
06:00 às 07:00	174	243	315	304	320	295	165	277	299	287	282	199	165	221	302	299	289	262	169	264	275	260	
07:00 às 08:00	519	727	765	724	761	728	511	729	735	727	722	569	487	674	781	772	783	731	502	735	771	756	
08:00 às 09:00	794	838	815	832	844	827	756	785	788	794	812	762	745	833	851	849	849	841	809	837	846	853	
09:00 às 10:00	799	898	887	893	895	882	846	843	847	867	867	484	837	899	899	895	878	836	864	850	880	880	
10:00 às 11:00	912	925	884	870	934	887	834	886	870	880	889	842	827	907	904	902	892	894	876	906	885	908	
11:00 às 12:00	871	870	876	869	890	875	846	848	863	873	874	880	832	859	861	884	856	854	843	871	874	890	
12:00 às 13:00	865	903	908	928	925	891	833	895	896	886	883	891	809	874	911	909	917	893	823	931	909	902	
13:00 às 14:00	839	901	885	887	901	897	816	900	909	915	924	878	801	842	920	937	929	912	836	949	946	941	
14:00 às 15:00	911	949	939	951	964	941	913	919	912	949	960	908	889	950	944	979	948	952	934	983	959	944	
15:00 às 16:00	906	979	961	960	962	963	928	954	938	961	965	946	912	962	955	968	977	969	966	999	975	1000	
16:00 às 17:00	914	937	931	954	963	949	888	930	916	928	926	918	860	921	938	932	937	945	905	965	929	938	
17:00 às 18:00	878	963	949	971	986	963	904	957	952	947	963	887	864	923	968	986	974	976	902	978	958	961	
18:00 às 19:00	910	990	974	1036	1038	1019	932	1049	1037	1000	1037	883	877	967	1018	1013	1034	1027	914	1082	1028	1045	
19:00 às 20:00	710	803	867	856	888	838	772	901	859	832	850	795	670	765	851	848	863	863	777	942	915	905	
20:00 às 21:00	566	545	626	629	649	622	564	636	619	627	658	568	516	574	624	572	557	638	602	643	652	682	
21:00 às 22:00	430	438	464	476	463	471	443	489	500	459	498	466	429	441	476	455	478	428	416	482	451	467	
22:00 às 23:00	404	426	388	417	419	439	387	443	477	435	449	409	383	395	440	409	421	423	380	435	453	396	
23:00 às 24:00	357	354	340	352	350	380	344	368	356	327	385	362	322	338	365	335	363	354	354	381	345	340	
Total (*)	13500	14324	14356	14568	14831	14571	13385	14467	14445	14314	14627	13447	12976	14019	14670	14695	14617	14454	13560	14895	14701	14892	

Volume diário representativo do mês

Volume diário representativo do mês

Continuação da Tabela A.8 - Base de dados

Detector: 223053 (localização: Rua Matias Aires, entrando no nº 2)

Nov/93	Dez/93	Jan/94	Fev/94	Mar/94	Abr/94	Mai/94	Jun/94	Jul/94	Ago/94	Sep/94	Out/94	Nov/94	Dez/94	Jan/95	Fev/95	Mar/95	Abr/95	Mai/95	Jun/95	Jul/95	Ago/95	Sep/95	Out/95	Nov/95	Dez/95
267	314	286	249	285	278	286	248	248	250	285	327	314	322	307	344	296	339	294	301	316	301	302	292	297	355
189	210	204	177	133	183	203	210	211	211	224	192	200	242	207	249	180	253	200	194	198	179	211	193	192	216
135	169	150	134	129	115	135	170	265	158	158	116	117	166	124	139	115	145	104	117	145	119	157	118	120	168
61	109	86	85	65	71	86	99	60	80	80	78	75	123	109	106	81	88	68	76	105	76	98	110	80	153
44	69	46	64	42	38	46	48	48	53	53	52	54	78	85	79	68	96	57	59	68	53	66	65	69	101
57	63	59	82	56	71	72	59	73	75	75	70	76	80	78	72	67	70	66	78	87	78	76	83	75	93
269	168	156	204	294	275	275	143	322	322	325	298	294	190	184	228	356	351	355	317	221	356	367	360	367	240
753	513	511	650	791	777	741	484	854	823	823	783	780	627	518	675	789	771	790	742	550	796	754	792	790	603
852	800	768	813	826	839	789	744	881	820	820	816	795	793	761	809	824	836	839	829	807	822	814	816	869	838
879	847	819	819	852	848	810	655	924	897	897	885	855	830	831	840	823	838	844	847	839	854	821	828	885	898
902	882	843	896	878	889	879	793	1011	940	940	927	961	879	862	876	881	868	886	898	901	908	834	893	952	948
898	872	845	875	890	862	873	803	982	975	975	889	891	894	825	874	885	855	871	875	864	883	890	908	917	955
906	866	816	870	933	914	890	813	999	979	979	955	962	914	815	883	914	902	930	941	844	937	893	961	976	938
942	867	791	910	933	946	904	790	1043	1011	1011	997	971	943	796	906	927	881	910	913	846	940	917	947	967	901
961	901	888	907	982	948	942	869	1032	1026	1026	985	1027	926	877	912	916	911	919	921	911	940	930	955	976	940
974	940	889	960	969	946	958	875	1060	1041	1041	1032	1015	953	901	936	934	957	935	923	925	937	938	954	975	957
922	921	851	933	942	929	923	866	1029	1023	1023	1004	995	952	880	910	897	930	926	906	899	919	671	936	957	907
987	950	881	936	1006	996	972	893	1109	1047	1047	1017	1088	1019	885	916	897	866	930	934	904	950	522	947	979	853
1083	992	914	995	1068	1055	1050	930	1248	1168	1168	1115	1184	968	948	973	958	985	1024	1013	955	1072	852	1066	1048	727
884	818	767	856	917	902	880	699	1050	931	943	943	995	832	711	838	884	865	892	872	792	922	843	919	931	865
678	657	569	608	677	607	631	462	734	714	714	674	702	616	553	601	680	625	689	680	584	682	521	689	716	617
510	435	466	477	479	482	393	369	521	522	522	497	545	494	460	444	493	468	514	521	462	517	459	527	569	564
442	407	392	345	437	417	374	326	498	495	495	463	504	432	417	445	484	461	479	488	428	498	454	447	487	450
365	352		343	362	366	354	301	406	392	392	411	423	418	399	364	409	414	417	406	392	423	347	387	403	415
14960	14122	12997	14188	14946	14754	14466	12649	16610	16004	15526	15823	14591	13533	14419	14758	14775	14939	14851	14043	15162	13737	15193	15597	14702	

Tabela A.9 - Base de dados

Detector: 223073 (localização: Rua Haddock Lobo, saindo do nó 7)

Horário	Jan/92	Fev/92	Mar/92	Abr/92	Mai/92	Jun/92	Jul/92	Ago/92	Sep/92	Out/92	Nov/92	Dez/92	Jan/93	Fev/93	Mar/93	Abr/93	Mai/93	Jun/93	Jul/93	Ago/93	Sep/93	Out/93	Nov/93
00:00 às 01:00	161	135	127	131	168	134	148	150	157	148	155	188	186	155	145	177	159	154	172	135	149	183	205
01:00 às 02:00	104	90	76	85	101	87	80	75	83	82	84	116	112	75	97	97	83	84	98	86	96	117	126
02:00 às 03:00	56	49	49	53	45	39	57	48	52	45	47	71	74	58	58	64	60	51	54	56	66	68	72
03:00 às 04:00	37	33	30	33	32	28	33	32	30	37	29	44	46	41	30	38	31	31	35	30	33	65	50
04:00 às 05:00	27	26	24	23	24	24	26	23	26	25	28	33	35	30	31	32	34	28	36	22	28	37	35
05:00 às 06:00	33	38	36	40	43	41	37	43	41	44	41	40	38	42	48	41	45	38	45	41	43	40	36
06:00 às 07:00	100	134	148	154	159	151	123	154	169	161	155	124	112	156	186	184	170	151	103	160	184	171	180
07:00 às 08:00	408	601	605	618	653	636	440	643	646	625	610	486	414	589	633	627	638	606	430	615	624	632	636
08:00 às 09:00	761	829	815	833	879	884	818	875	888	867	865	869	776	860	898	892	877	872	846	914	923	926	936
09:00 às 10:00	725	802	765	809	825	826	810	834	832	818	820	826	748	793	837	837	806	848	796	860	865	876	893
10:00 às 11:00	700	757	765	751	802	797	746	764	781	781	775	780	716	770	794	826	783	809	746	809	839	822	841
11:00 às 12:00	715	759	775	755	791	777	751	735	758	762	763	787	710	765	813	837	791	769	738	830	824	838	817
12:00 às 13:00	620	662	720	717	723	726	677	715	639	636	692	719	640	600	646	638	630	668	679	705	682	708	724
13:00 às 14:00	637	683	708	713	744	713	691	732	741	724	728	722	653	712	721	704	700	715	701	762	750	760	772
14:00 às 15:00	834	854	836	847	894	860	856	886	874	877	888	858	813	867	879	870	846	864	862	917	906	904	912
15:00 às 16:00	844	879	870	914	896	900	889	902	908	901	886	818	839	869	903	884	873	900	879	924	886	930	919
16:00 às 17:00	765	856	852	861	861	853	833	890	854	845	861	797	784	850	846	864	796	848	839	862	845	885	886
17:00 às 18:00	767	673	725	746	688	784	812	752	706	721	696	702	765	731	771	739	650	732	848	760	682	769	741
18:00 às 19:00	692	576	550	541	572	679	738	705	654	676	706	719	741	562	621	588	473	526	745	495	573	516	525
19:00 às 20:00	491	593	524	556	641	614	602	576	567	596	593	614	521	564	654	491	490	567	617	537	489	555	612
20:00 às 21:00	391	413	425	406	429	410	439	415	432	448	451	485	372	436	438	377	426	429	502	441	446	425	469
21:00 às 22:00	390	404	372	402	390	373	369	413	394	423	410	430	332	337	424	426	402	388	438	418	425	464	475
22:00 às 23:00	334	309	353	328	392	323	315	355	336	383	362	343	315	502	401	411	372	347	361	401	398	456	419
23:00 às 24:00	256	257	242	253	290	262	242	276	276	283	278	275	276	230	276	316	279	258	319	278	267	344	352
Total (*)	10848	11412	11392	11569	12042	11921	11532	11993	11844	11908	11923	11846	11018	11194	12150	11960	11414	11683	11889	12058	12023	12491	12633

Volume diário representativo do mês

Continuação da Tabela A.9 - Base de dados

Detector: 223073 (localização: Rua Haddock Lobo, s/nº 7)

Dez/93	Jan/94	Fev/94	Mar/94	Abr/94	Mai/94	Jun/94	Jul/94	Ago/94	Sep/94	Out/94	Nov/94	Dez/94	Jan/95	Fev/95	Mar/95	Abr/95	Mai/95	Jun/95	Jul/95	Ago/95	Sep/95	Out/95	Nov/95	Dez/95
211	205	180	177	239	190	173	216	167	180	206	207	246	236	231	202	230	174	220	266	205	238	187	240	228
134	120	113	101	117	103	120	142	101	133	118	133	171	175	141	121	160	114	149	156	124	131	125	170	169
89	76	79	59	68	70	73	93	60	87	82	67	93	109	98	72	107	70	86	121	84	119	75	107	115
54	54	53	36	57	47	58	61	38	86	60	54	70	66	71	56	60	47	61	67	58	63	74	78	81
47	36	33	29	37	31	33	37	30	34	42	46	55	44	54	42	72	36	39	50	37	38	54	54	67
52	48	45	43	40	48	39	40	37	49	50	52	52	52	53	52	55	51	58	61	55	52	47	55	58
117	113	152	194	194	193	179	111	170	188	177	180	114	112	161	202	216	206	185	130	215	207	177	207	129
505	462	645	651	674	661	650	458	660	682	667	672	496	457	598	680	689	702	687	508	685	707	666	688	494
877	906	928	927	942	960	958	910	940	940	915	957	925	887	942	937	925	955	918	901	944	965	929	898	855
859	901	877	874	882	908	909	872	883	898	982	910	900	863	896	887	870	881	888	883	926	914	888	841	870
803	840	848	829	821	826	854	815	852	846	867	858	831	808	833	833	843	813	847	842	887	893	834	907	837
839	862	837	832	839	822	847	813	831	845	843	881	839	798	858	859	852	834	848	809	880	905	850	856	870
744	808	626	684	699	702	727	714	684	643	692	719	797	718	606	638	631	631	695	751	670	745	727	761	702
773	760	759	754	753	757	786	727	779	761	796	808	813	742	782	793	782	786	782	731	816	829	821	846	623
904	959	908	945	888	945	910	912	924	911	925	946	868	886	921	900	909	913	930	911	943	945	938	941	856
816	965	958	948	913	940	939	927	911	921	900	921	816	904	883	908	820	935	928	915	924	954	972	969	786
841	895	957	893	907	878	886	876	897	913	899	898	811	890	886	915	855	869	956	891	932	922	954	942	694
756	866	673	743	747	752	772	812	733	716	797	770	760	863	615	634	578	617	629	857	688	775	734	804	659
604	629	538	536	506	446	487	736	466	550	607	566	645	757	536	578	554	537	558	755	630	640	610	757	666
542	609	612	580	544	545	507	616	539	571	545	498	440	586	565	572	516	540	550	619	584	586	586	668	576
505	451	495	463	458	461	443	487	445	443	467	470	459	454	507	457	449	434	431	507	436	461	449	492	490
490	486	459	504	486	481	460	469	486	488	473	484	488	512	510	441	520	451	458	449	454	456	434	497	497
396	386	372	457	500	474	393	391	461	452	458	424	384	382	430	433	473	439	428	373	433	436	422	456	372
328	328	341	359	364	362	321	336	306	334	330	354	340	354	340	340	417	309	335	350	361	380	322	413	318
12286	12765	12488	12618	12675	12602	12524	12571	12400	12631	12858	12875	12413	12655	12517	12547	12583	12344	12592	12903	12971	13361	12875	13687	12012

Tabela A.10 - Base de dados

Detector: 223074 (localização: Rua Antônio Carlos, entrando no mó 4)

Horário	Abr/92	Mai/92	Jun/92	Jul/92	Ago/92	Set/92	Out/92	Nov/92	Dez/92	Jan/93	Fev/93	Mar/93	Abr/93	Mai/93	Jun/93	Jul/93	Ago/93	Set/93	Out/93	Nov/93	Dez/93	Jan/94	Fev/94	Mar/94
00:00 às 01:00	150	136	103	117	103	111	116	119	128	139	99	97	126	123	100	100	117		134	149	152	126	139	132
01:00 às 02:00	70	75	59	60	71	61	66	64	90	96	57	61	82	55	65	80	66		82	104	98	85	73	65
02:00 às 03:00	32	46	33	41	87	39	36	32	48	54	44	42	45	40	34	46	37		49	56	71	68	57	44
03:00 às 04:00	27	28	28	22	24	29	29	22	27	38	30	21	24	24	22	24	24		39	29	46	40	32	26
04:00 às 05:00	22	31	24	16	20	18	18	16	25	22	19	15	16	32	16	30	18		19	22	28	26	25	20
05:00 às 06:00	24	34	27	25	22	29	28	26	24	25	24	26	27	24	22	26	31		21	25	23	20	20	22
06:00 às 07:00	112	92	88	72	99	102	99	90	70	59	84	102	99	96	89	64	99		89	91	64	50	74	100
07:00 às 08:00	372	376	384	250	361	347	343	350	285	229	324	390	384	385	367	263	367		371	375	269	224	317	372
08:00 às 09:00	452	449	417	392	428	413	424	429	412	374	403	423	429	424	422	374	443		430	425	402	374	418	434
09:00 às 10:00	470	429	415	410	400	430	424	423	429	368	392	420	423	419	408	396	421		419	420	383	397	404	401
10:00 às 11:00	448	422	417	377	402	414	408	412	378	370	397	398	383	375	387	389	402		397	411	398	376	385	406
11:00 às 12:00	500	475	452	409	449	478	448	461	443	450	442	453	462	445	439	413	468		446	457	442	410	427	466
12:00 às 13:00	558	552	525	441	512	522	498	506	482	506	508	527	544	522	510	419	529		518	527	484	438	513	513
13:00 às 14:00	562	505	466	419	466	462	444	476	459	459	431	468	482	455	452	400	474		463	459	442	398	457	467
14:00 às 15:00	572	527	491	474	503	500	499	505	474	491	486	500	495	478	483	458	475		487	497	475	485	469	476
15:00 às 16:00	544	545	532	506	529	523	524	510	522	501	510	520	516	521	517	483	529		518	519	507	488	509	503
16:00 às 17:00	572	570	551	516	539	539	527	541	518	470	530	513	538	548	532	511	500		524	533	509	496	506	517
17:00 às 18:00	472	489	557	551	537	491	530	517	445	487	533	490	515	505	516	526	472		510	528	497	496	524	520
18:00 às 19:00	398	506	547	567	559	557	580	596	621	558	594	522	548	519	523	577	561		570	570	586	560	576	528
19:00 às 20:00	622	550	567	483	541	550	517	529	487	442	495	515	526	544	534	490	529		516	549	549	534	510	577
20:00 às 21:00	450	382	360	314	343	340	362	390	370	292	309	376	355	353	372	326	392		383	403	438	328	365	400
21:00 às 22:00	351	282	260	242	264	272	273	292	292	237	229	275	290	288	279	255	277		304	309	365	266	300	328
22:00 às 23:00	355	284	260	217	275	273	267	295	264	216	213	274	298	267	229	208	278		313	279	278	240	267	358
23:00 às 24:00	260	182	169	169	190	169	181	208	200	176	142	179	184	184	162	181	196		202	207	224	198	187	241
Total (*)	8395	7967	7732	7090	7724	7669	7641	7809	7493	7058,3	7295	7607	7791	7628	7480	7039	7705		7804	7944	7730	7123	7554	7916

Volume diário representativo do mês

Continuação da Tabela A.10 - Base de dados

Detector: 223074 (localização: Rua Antônio Carlos, entrando no nº 4)

Abr/94	Mai/94	Jun/94	Jul/94	Ago/94	Sep/94	Out/94	Nov/94	Dez/94	Jan/95	Fev/95	Mar/95	Abr/95	Mai/95	Jun/95	Jul/95	Ago/95	Sep/95	Out/95	Nov/95	Dez/95
161	133	128	187	124	154	150	153	180	187	187	159	161	137	176	198	211	205	183	261	244
79	80	86	115	83	102	92	121	134	152	125	111	135	91	110	157	145	147	146	178	187
56	63	65	60	53	66	66	64	105	98	88	70	87	66	79	107	107	99	79	153	132
39	34	49	45	29	45	46	34	58	64	59	48	65	36	45	60	58	56	75	66	110
30	26	26	33	25	29	28	29	40	45	44	32	51	26	31	44	35	35	53	57	62
23	21	21	25	30	30	26	26	28	36	31	30	34	25	25	31	29	33	32	35	39
94	89	83	64	97	103	95	90	61	55	74	112	100	110	93	69	106	105	103	115	65
388	396	375	254	385	389	371	375	280	246	344	416	396	402	375	267	377	388	346	388	230
448	437	445	397	452	455	458	463	424	398	434	450	452	468	462	429	468	471	447	474	341
416	409	432	410	433	441	431	443	439	394	425	402	431	435	450	421	456	457	444	451	412
411	402	399	391	418	417	415	447	412	385	420	393	402	438	451	438	469	472	433	460	424
467	458	479	427	489	462	488	474	458	410	463	478	462	474	497	473	522	520	485	509	450
518	504	511	428	531	508	509	520	519	410	495	534	520	545	537	445	540	551	540	534	398
477	495	503	395	511	488	499	481	449	397	487	491	478	490	477	441	510	510	494	511	354
488	489	492	466	506	498	502	493	475	440	485	492	503	502	515	484	528	529	507	523	455
496	500	524	500	523	510	505	515	500	458	509	525	512	527	527	515	534	536	528	527	397
531	517	518	509	540	532	545	557	531	480	535	568	429	565	577	563	566	580	550	567	459
513	513	526	536	475	526	528	507	460	503	536	552	375	557	583	555	537	526	490	512	435
496	529	591	586	593	548	638	573	549	633	602	580	556	583	598	542	621	585	568	588	524
538	549	511	487	545	538	523	521	477	435	549	546	594	584	588	535	612	541	545	565	416
361	412	374	334	402	384	398	399	353	320	366	432	355	419	445	377	450	440	420	439	349
348	337	330	296	320	330	338	339	341	275	323	336	338	321	345	298	353	368	331	378	327
363	352	297	265	376	328	350	325	276	241	307	349	320	336	314	274	382	389	369	424	287
216	232	229	235	233	225	225	233	259	243	233	264	269	224	255	244	291	276	258	309	277
7957	7977	7994	7445	8173	8108	8226	8182	7808	7305	8121	8370	8025	8362	8555	8067	8907	8819	8426	9024	7374

Continuação da Tabela A.11 - Base de dados

Detector: 223093 (localização: Rua Augusta, saindo do nº 9)																
Jan/94	Fev/94	Mar/94	Abr/94	Mai/94	Jun/94	Jul/94	Ago/94	Set/94	Out/94	Nov/94	Dez/94	Jan/95	Fev/95	Mar/95	Abr/95	
349	312	354	361	344	346	344	311	351	369	347	354	328	326	318	297	
289	248	285	324	295	303	316	270	337	309	288	331	309	274	292	207	
237	191	231	248	248	239	276	221	256	274	227	265	266	226	223	164	
222	165	169	213	188	189	219	151	210	199	182	237	200	194	178	157	
138	127	119	124	128	145	163	111	162	130	140	172	187	164	152	122	
122	127	124	124	124	129	136	121	135	122	130	157	146	142	139	98	
173	174	204	204	203	201	177	196	217	202	211	199	170	186	213	228	
412	440	470	474	478	484	393	471	479	470	478	395	374	417	460	465	
529	508	524	536	547	531	521	547	526	540	529	531	490	513	523	528	
525	488	549	559	546	544	534	560	546	559	527	535	511	515	525	535	
527	476	540	521	541	533	536	543	524	538	525	488	497	521	524	549	
530	519	542	514	545	531	543	534	522	526	524	494	515	509	533	583	
527	503	506	521	519	521	494	505	493	527	488	482	475	491	494	571	
510	508	531	519	518	498	520	528	485	525	490	482	482	486	529	491	
499	467	517	453	510	492	507	502	491	482	469	468	471	461	509	502	
455	449	478	472	464	458	493	487	460	462	457	426	439	451	474	459	
488	439	454	495	467	457	484	496	474	453	447	436	430	422	451	475	
466	440	462	458	470	446	476	499	467	443	451	438	424	442	482	482	
434	420	532	533	516	510	515	552	532	528	516	480	462	480	537	526	
451	385	424	427	435	418	426	462	446	411	425	407	422	419	425	405	
419	380	432	436	451	402	423	465	440	433	460	423	395	400	437	453	
425	426	452	417	449	461	415	479	434	435	440	394	407	389	430	441	
371	410	413	424	421	423	345	404	390	396	413	382	369	352	406	446	
366	343	408	404	392	248	347	381	401	388	392	365	358	349	387	385	
9484	8945	9720	9760	9799	9509	9603	9796	9778	9721	9556	9341	9127	9129	9641	9569	

Tabela A.11 - Base de dados

Detector: 223093 (localização: Rua Augusta, saindo do nº 9)																									
Horário	Jan/92	Fev/92	Mar/92	Abr/92	Mai/92	Jun/92	Jul/92	Ago/92	Sep/92	Out/92	Nov/92	Dez/92	Jan/93	Fev/93	Mar/93	Abr/93	Mai/93	Jun/93	Jul/93	Ago/93	Sep/93	Out/93	Nov/93	Dez/93	
00:00 às 01:00	345	319	315	341	326	336	353	321	356	324	325	324	342	280	304	342	329	313	324	302	294	359	344	371	
01:00 às 02:00	267	241	224	246	231	242	249	231	237	243	269	274	290	218	221	263	241	235	283	241	244	287	272	324	
02:00 às 03:00	226	197	181	213	207	192	204	196	232	202	161	229	227	175	187	212	193	199	222	205	185	213	239	258	
03:00 às 04:00	160	138	122	151	170	148	152	133	179	155	117	169	165	126	139	151	140	138	161	145	162	208	165	202	
04:00 às 05:00	129	99	93	111	110	105	119	98	120	113	113	12	118	103	103	108	101	101	126	96	123	134	127	171	
05:00 às 06:00	111	105	101	111	113	108	106	96	113	106	101	112	106	122	108	114	109	110	111	106	116	122	130	143	
06:00 às 07:00	143	181	188	197	200	197	165	182	199	194	185	162	146	176	190	199	195	183	171	181	190	182	187	186	
07:00 às 08:00	346	460	443	465	491	471	370	418	433	433	438	385	359	409	461	472	467	469	399	440	465	462	469	416	
08:00 às 09:00	504	524	513	507	527	493	452	480	499	506	506	482	467	502	512	526	544	530	512	523	535	521	526	523	
09:00 às 10:00	506	508	519	471	505	461	456	459	470	498	510	491	493	517	532	509	523	533	517	519	537	516	518	527	
10:00 às 11:00	565	532	547	526	529	498	500	506	497	513	528	512	523	544	535	532	537	546	541	544	528	490	525	523	
11:00 às 12:00	559	546	538	533	519	520	500	508	522	516	526	524	526	530	534	522	550	548	550	531	519	520	559	545	
12:00 às 13:00	534	507	521	518	510	500	475	486	495	487	492	479	487	481	507	521	508	510	502	502	510	482	518	505	
13:00 às 14:00	539	541	542	524	520	488	494	495	483	500	485	495	502	511	498	528	530	525	513	497	505	506	523	510	
14:00 às 15:00	547	539	518	504	461	479	468	474	495	467	485	476	498	533	523	535	531	524	529	513	509	478	516	494	
15:00 às 16:00	527	545	513	494	485	463	449	464	455	434	445	437	485	453	487	482	507	498	465	465	480	457	481	452	
16:00 às 17:00	524	517	488	482	482	468	447	450	466	450	443	434	470	480	497	496	484	494	470	464	483	461	467	484	
17:00 às 18:00	512	454	420	413	437	434	414	418	439	434	416	438	437	445	467	459	453	467	436	448	479	470	484	459	
18:00 às 19:00	503	438	397	411	427	450	397	496	485	497	483	488	450	456	532	538	526	522	524	533	507	487	577	491	
19:00 às 20:00	467	441	465	439	454	447	434	453	450	439	423	446	441	442	448	475	467	464	443	441	439	427	416	451	
20:00 às 21:00	419	453	448	436	453	446	444	448	459	443	430	450	377	424	462	451	478	484	425	428	436	399	404	404	
21:00 às 22:00	456	436	414	437	468	458	469	452	430	459	490	427	439	426	465	453	457	463	413	412	410	408	417	412	
22:00 às 23:00	409	417	397	396	424	419	440	431	447	407	461	405	420	383	419	441	434	456	385	399	405	376	401	387	
23:00 às 24:00	403	379	363	402	425	417	419	418	443	409	403	401	391	350	387	402	394	399	413	412	391	369	361	360	
Total (*)	9701	9517	9270	9328	9474	9240	8976	9113	9404	9229	9235	9171	9159	9086	9518	9731	9698	9711	9435	9347	9452	9334	9626	9598	
Volume diário representativo do mês																									

Tabela A.12 - Base

Detector: 223123 (localização: Rua Antônio Carlos, entrando no nº 9)

Horário	Jul/92	Ago/92	Set/92	Out/92	Nov/92	Dez/92	Jan/93	Fev/93	Mar/93	Abr/93	Mai/93	Jun/93
00:00 às 01:00	214	204	255	270	272	317	304	225	239	149	118	110
01:00 às 02:00	123	83	116	139	160	169	146	125	108	60	55	64
02:00 às 03:00	59	69	72	85	68	81	65	70	69	41	36	32
03:00 às 04:00	48	41	55	48	44	67	47	55	47	31	25	33
04:00 às 05:00	38	47	52	54	37	52	46	42	43	23	26	23
05:00 às 06:00	65	60	72	75	63	67	54	58	65	30	28	27
06:00 às 07:00	269	277	294	286	276	195	187	271	288	142	133	130
07:00 às 08:00	1131	1138	1148	1136	1175	819	796	1037	1234	605	626	593
08:00 às 09:00	1485	1548	1495	1480	1504	1332	1310	1403	1523	769	779	776
09:00 às 10:00	1484	1579	1433	1450	1485	1289	1295	1393	1492	759	748	744
10:00 às 11:00	1446	1478	1494	1467	1489	1378	1299	1474	1496	763	731	749
11:00 às 12:00	1534	1570	1580	1531	1552	1484	1351	1513	1603	823	807	783
12:00 às 13:00	1721	1711	1627	1586	1686	1456	1333	1604	1694	862	835	806
13:00 às 14:00	1533	1460	1520	1485	1544	1356	1332	1469	1554	795	772	766
14:00 às 15:00	1726	1211	1708	1703	1748	1576	1556	1690	1756	870	858	874
15:00 às 16:00	1757	1324	1786	1741	1781	1623	1654	1772	1819	902	903	909
16:00 às 17:00	1739	1345	1748	1709	1805	1447	1614	1762	1789	910	914	902
17:00 às 18:00	1761	1769	1632	1647	1729	1308	1509	1631	1665	858	853	857
18:00 às 19:00	1786	1834	1777	1783	1864	1607	1682	1639	1792	905	846	868
19:00 às 20:00	1683	1313	1571	1457	1525	1260	1199	1429	1512	776	790	797
20:00 às 21:00	1000	755	977	940	1096	914	788	859	1033	510	500	539
21:00 às 22:00	797	835	825	802	892	827	696	711	875	392	431	413
22:00 às 23:00	830	993	750	737	836	745	568	552	774	374	377	357
23:00 às 24:00	454	352	435	459	484	538	394	385	492	229	199	219
Total (*)	24683	22996	24422	24070	25115	21907	21225	23169	24962	12578	12390	12371

Volume diário representativo do mês

de dados

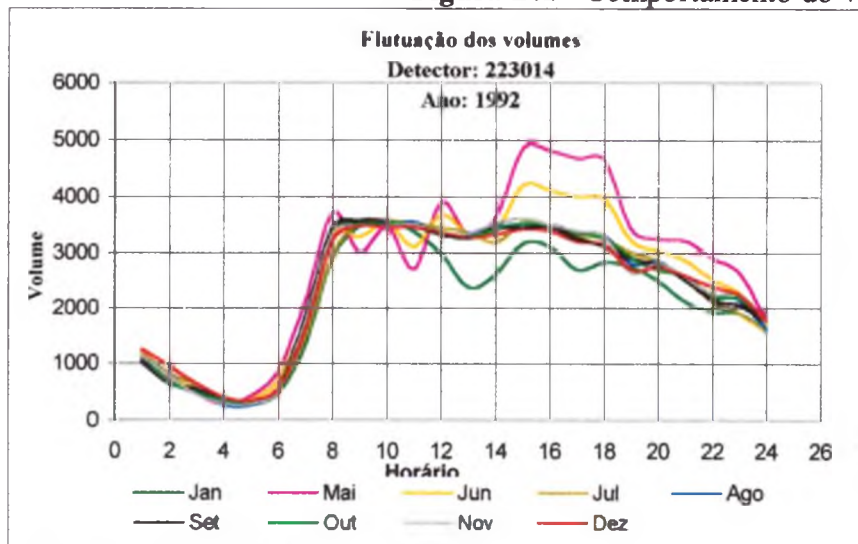
Jul/93	Ago/93	Set/93	Out/93	Nov/93	Dez/93	Jan/94	Fev/94	Mar/94	Abr/94	Mai/94	Jun/94
23	118	133	144	148	175	156	138	158	170	145	147
64	56	65	71	69	91	74	62	71	93	82	86
51	34	44	41	51	53	43	35	48	47	48	54
34	25	30	32	28	36	31	31	25	32	34	35
28	26	26	25	23	25	21	21	23	18	30	28
29	30	29	27	28	29	28	35	32	31	33	33
91	129	119	120	136	87	82	110	138	136	134	128
434	591	558	607	598	437	402	549	620	643	645	618
715	778	765	782	786	721	748	775	798	810	798	828
705	746	742	758	760	734	796	759	769	760	765	789
703	752	744	751	771	736	777	759	763	772	760	760
742	803	787	783	821	793	786	790	810	822	808	816
721	859	815	833	845	812	811	849	856	848	860	851
712	785	762	780	770	756	745	751	788	812	811	822
851	882	873	879	879	834	894	854	883	859	863	865
833	922	886	857	880	867	879	896	898	868	834	852
872	894	877	874	869	849	863	853	860	862	848	869
835	855	841	837	836	790	830	808	844	827	847	824
897	875	887	884	891	840	855	805	836	844	844	820
762	829	783	755	785	794	783	730	816	788	795	760
473	536	512	513	525	542	501	474	534	540	554	507
389	408	420	447	437	478	420	398	515	556	519	499
321	409	391	442	393	371	342	374	508	551	517	400
253	214	236	244	231	252	237	220	378	280	305	294
11688	12556	12323	12486	12560	12102	12104	12076	12971	12969	12879	12685

Continuação da Tabela A.12 - Base de dados

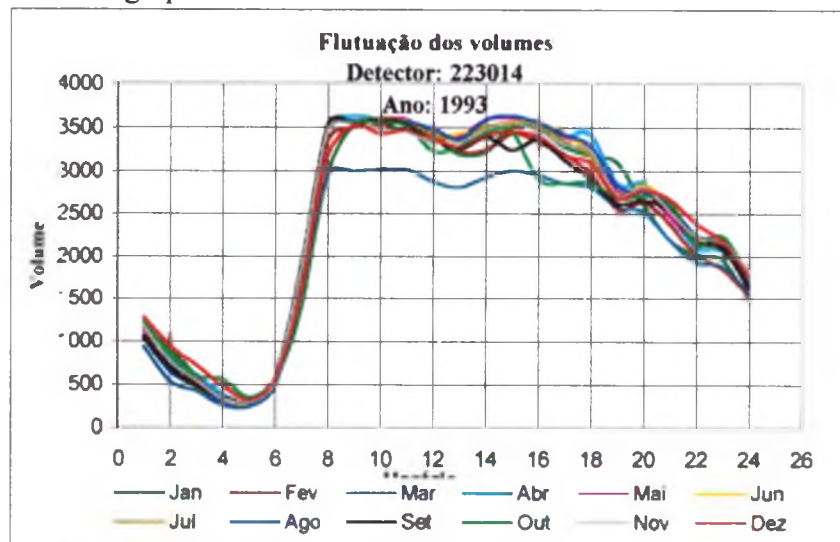
Detector: 223123 (localização: Rua Antônio Carlos, entrando no nº 9)																	
Jul/94	Ago/94	Set/94	Out/94	Nov/94	Dez/94	Jan/95	Fev/95	Mar/95	Abr/95	Mai/95	Jun/95	Jul/95	Ago/95	Set/95	Out/95	Nov/95	Dez/95
187	145	161	177	168	203	190	169	151	161	154	191	193	170	164	176	165	199
98	88	106	101	100	120	125	97	94	107	84	104	101	92	112	104	106	125
59	45	63	58	60	61	56	53	48	58	51	51	53	60	51	52	60	67
31	26	37	40	34	36	40	37	31	30	26	37	36	34	35	36	40	57
30	28	30	27	34	35	38	33	34	32	27	32	38	38	35	35	33	40
26	34	39	33	36	36	34	42	41	40	40	33	43	39	38	40	38	40
93	132	155	143	139	101	79	127	163	163	158	132	90	162	157	149	151	109
433	634	640	633	642	525	425	610	680	681	664	630	463	642	645	634	627	489
760	819	796	821	839	801	736	818	861	848	864	836	786	836	853	822	859	748
752	793	793	794	804	790	714	784	774	782	822	842	803	837	842	844	849	812
731	780	781	779	822	787	733	795	794	794	818	854	821	886	887	861	879	836
754	832	831	826	869	828	756	841	860	880	874	911	849	930	940	909	915	856
743	840	831	815	842	806	710	812	866	870	885	881	791	865	894	872	867	841
713	822	792	816	812	801	719	812	858	841	831	832	767	853	875	870	370	801
849	885	873	881	901	867	810	888	910	904	915	907	894	932	945	934	936	823
883	884	883	920	920	854	860	911	930	913	945	928	940	936	948	957	930	675
873	932	941	950	986	947	876	953	991	988	985	995	980	1009	1021	1017	973	819
874	900	903	911	922	854	820	869	899	883	935	954	937	925	944	904	880	764
960	903	930	976	963	919	960	909	936	952	964	1003	1019	1000	955	957	1020	829
697	798	748	790	801	683	652	811	807	837	827	840	786	896	836	825	858	774
490	574	532	541	580	476	448	531	543	532	552	586	532	627	603	603	631	500
448	504	502	498	490	512	437	477	529	485	490	524	445	518	515	468	504	508
423	536	507	483	448	389	349	397	516	499	504	434	404	497	495	499	519	381
321	270	315	301	321	340	285	266	316	313	283	320	276	316	283	276	284	324
12228	13204	13189	13314	13533	12771	11852	13042	13632	13593	13698	13857	13047	14100	14076	13844	13594	12417

APÊNDICE B
GRÁFICOS DO COMPORTAMENTO DO FLUXO DE TRÁFEGO NO
PERÍODO DE 1992 A 1995

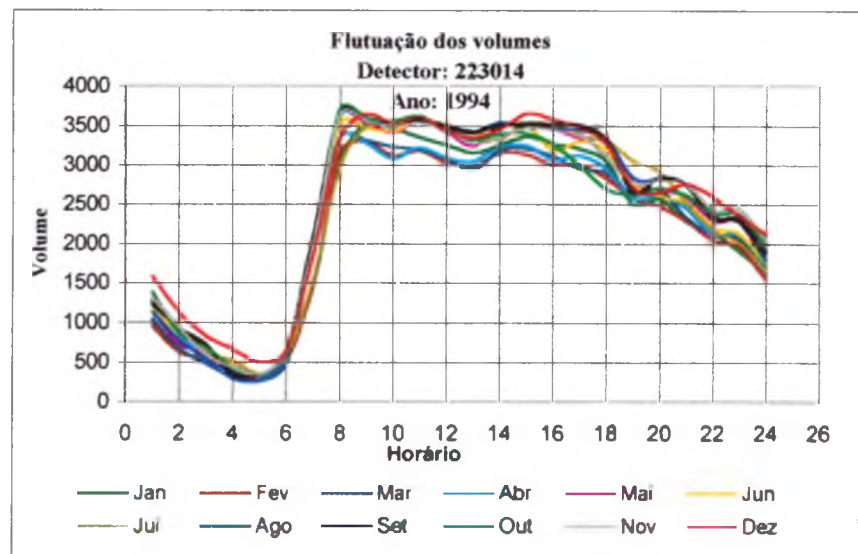
Figura B.1 - Comportamento do volume de tráfego para o detector 223014



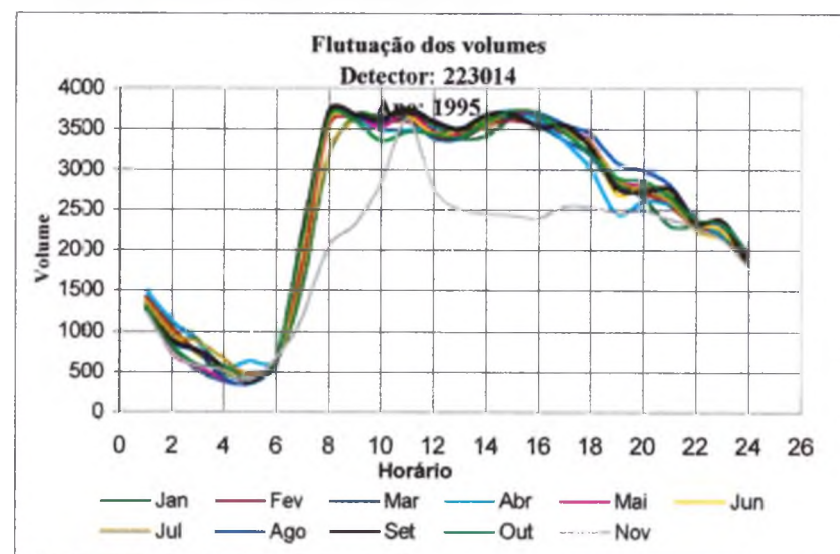
(a) Comportamento do tráfego no ano de 1992



(b) Comportamento do tráfego no ano de 1993

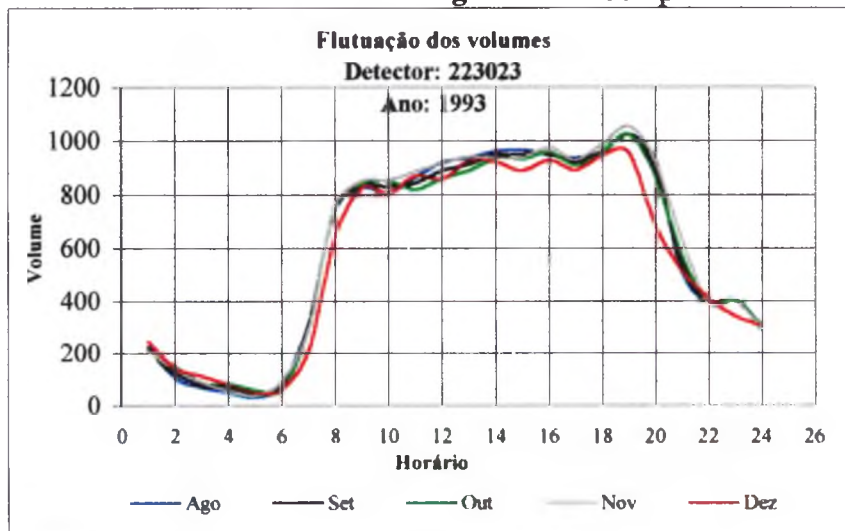


(c) Comportamento do tráfego no ano de 1992

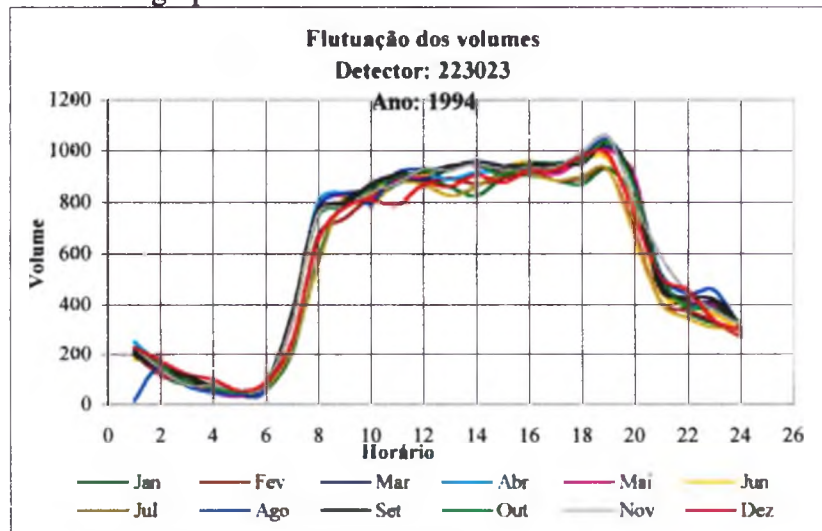


(d) Comportamento do tráfego no ano de 1993

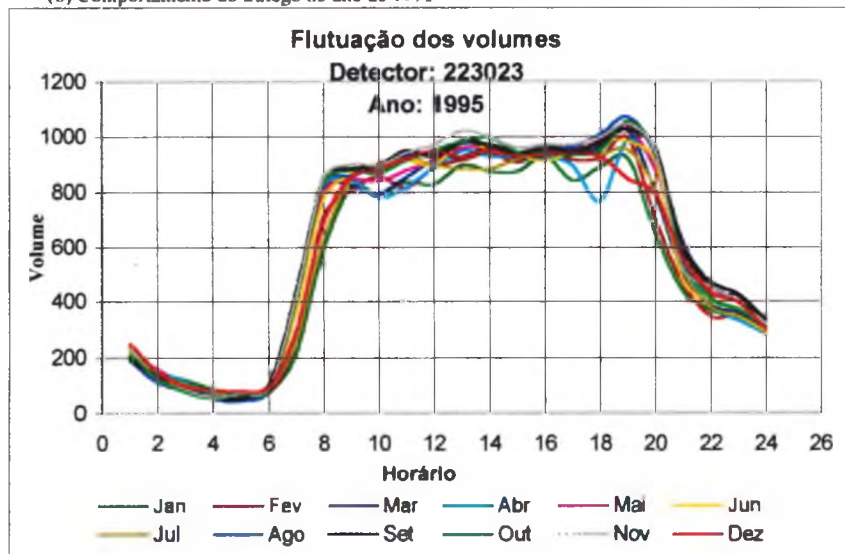
Figura B.2 - Comportamento do volume de tráfego para o detector 223023



(b) Comportamento do tráfego no ano de 1993

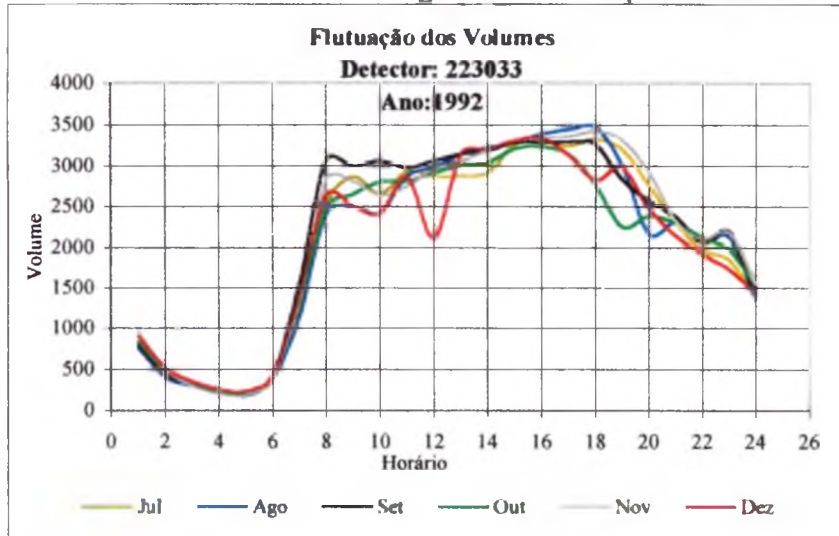


(c) Comportamento do tráfego no ano de 1994

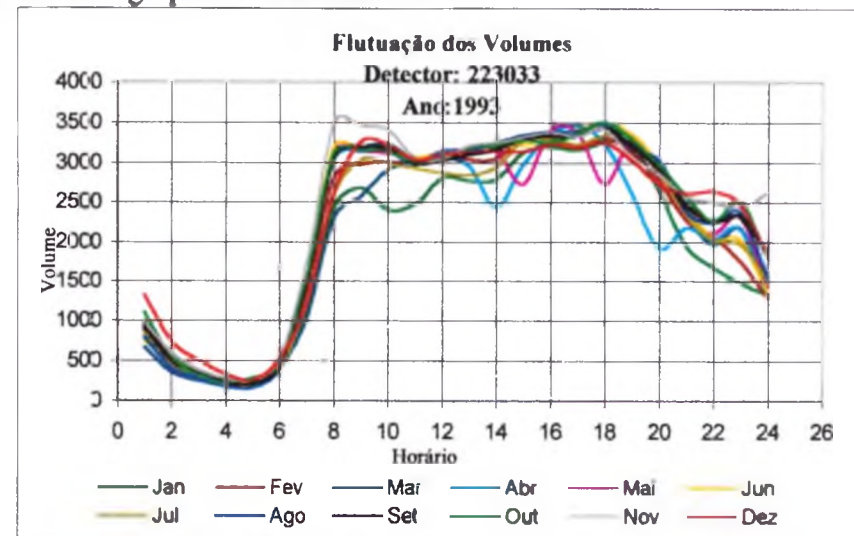


(d) Comportamento do tráfego no ano de 1995

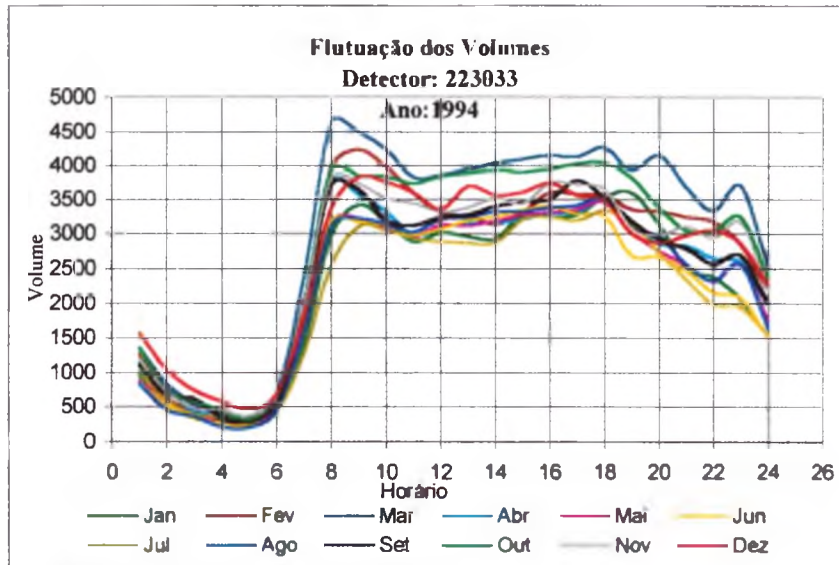
Figura B.3 - Comportamento do volume de tráfego para o detector 223033



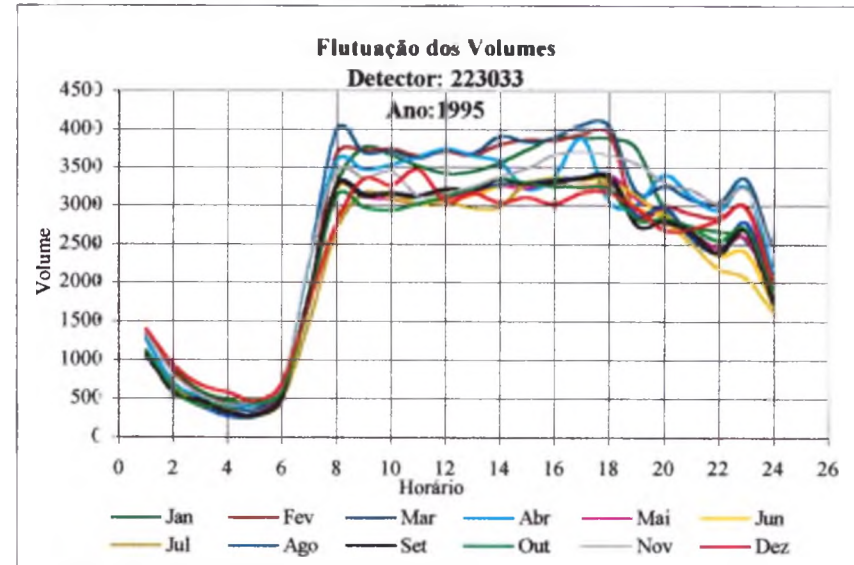
(a) Comportamento do tráfego no ano de 1992



(b) Comportamento do tráfego no ano de 1993



(c) Comportamento do tráfego no ano de 1994



(d) Comportamento do tráfego no ano de 1995

Figura B.4 - Comportamento do volume de tráfego para o detector 223034

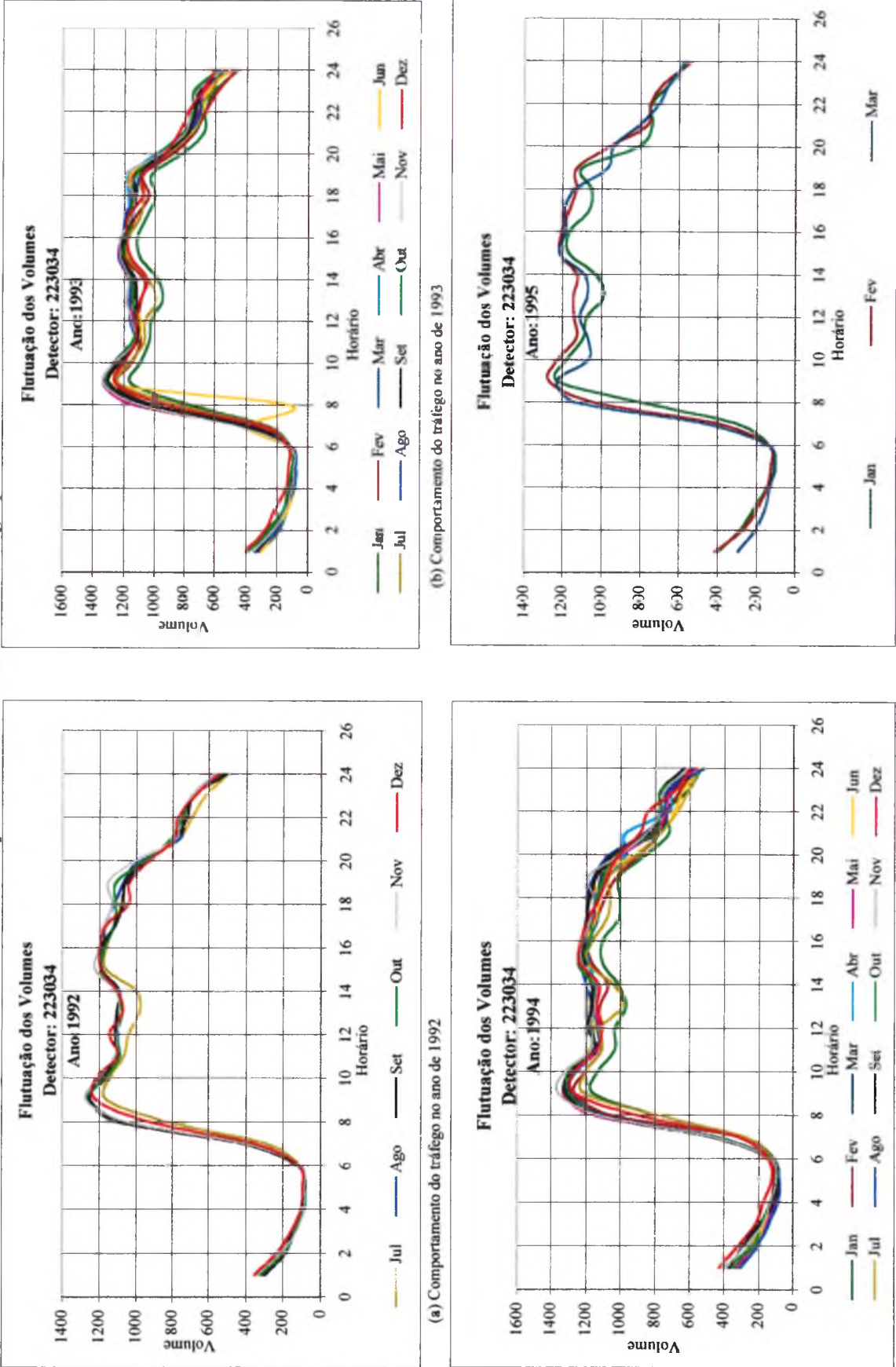
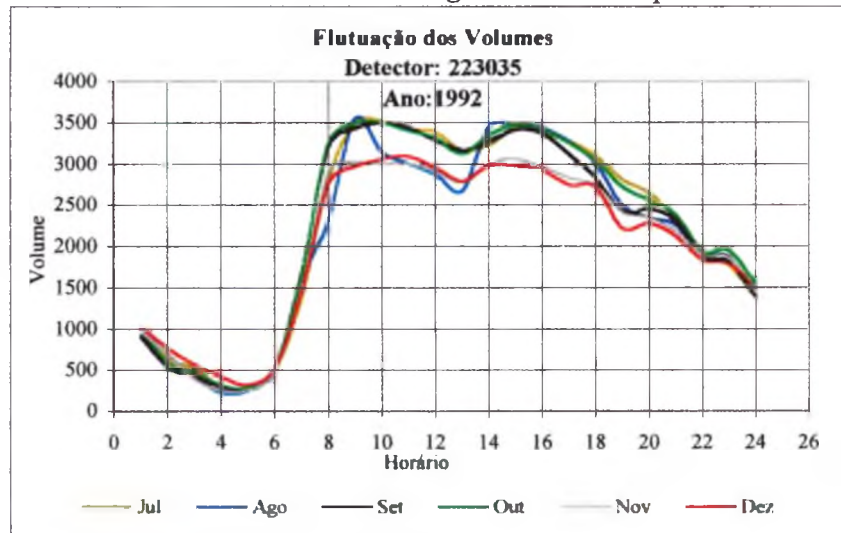
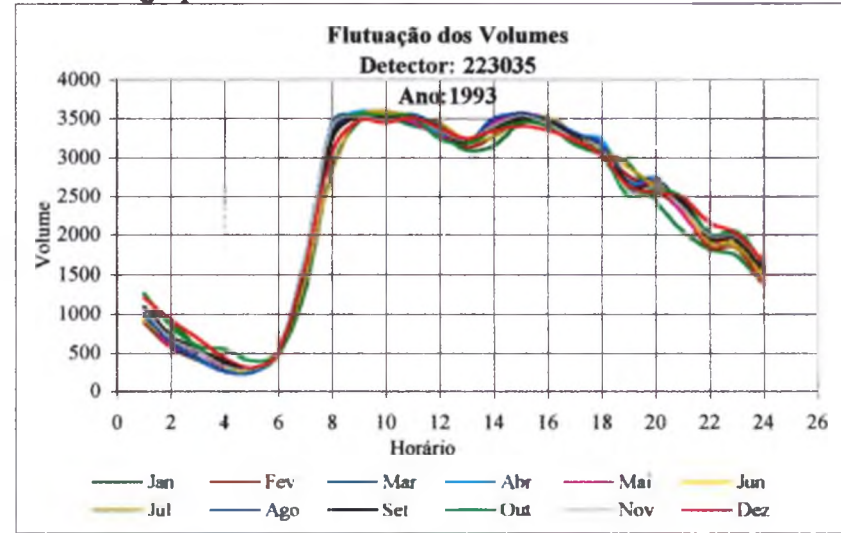


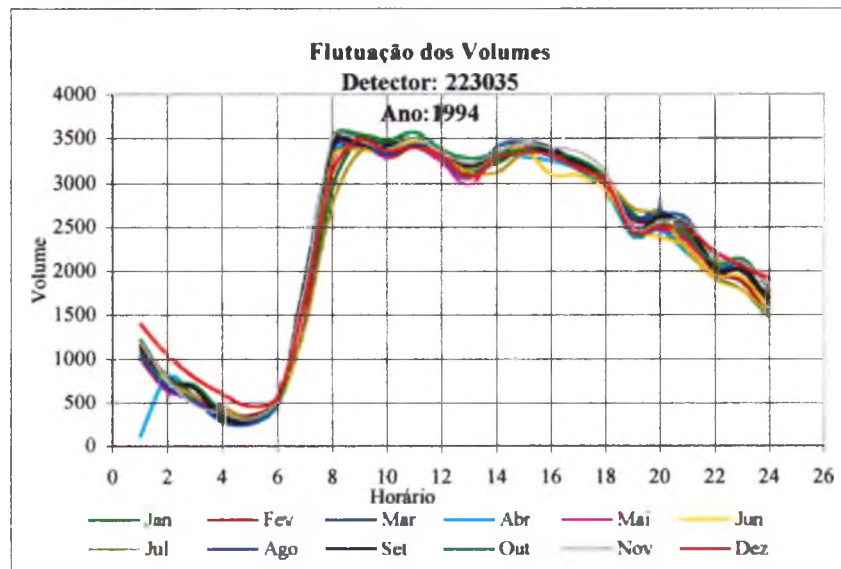
Figura B.5 - Comportamento do volume de tráfego para o detector 223035



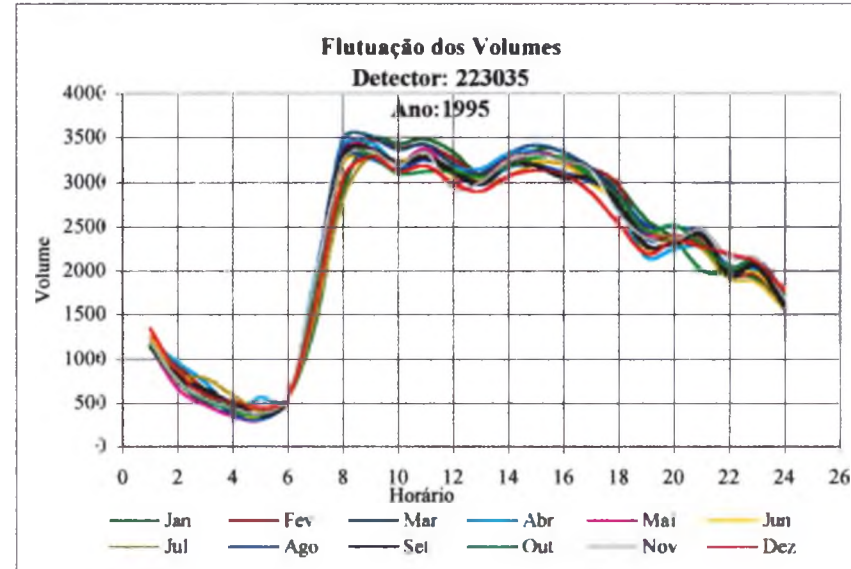
(a) Comportamento do tráfego no ano de 1992



(b) Comportamento do tráfego no ano de 1993

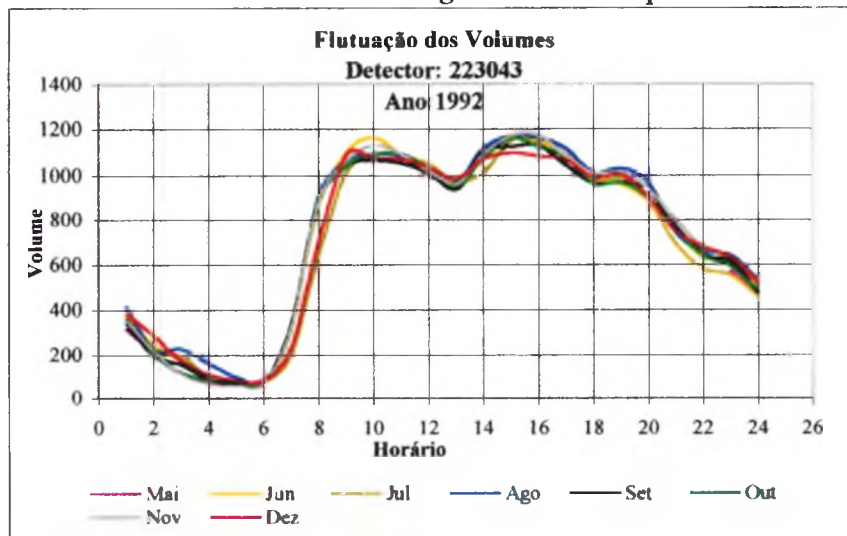


(c) Comportamento do tráfego no ano de 1994

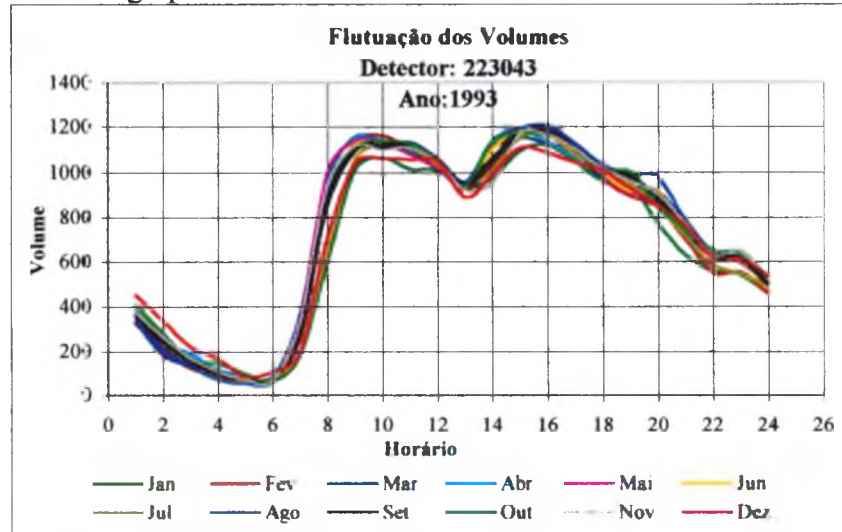


(d) Comportamento do tráfego no ano de 1995

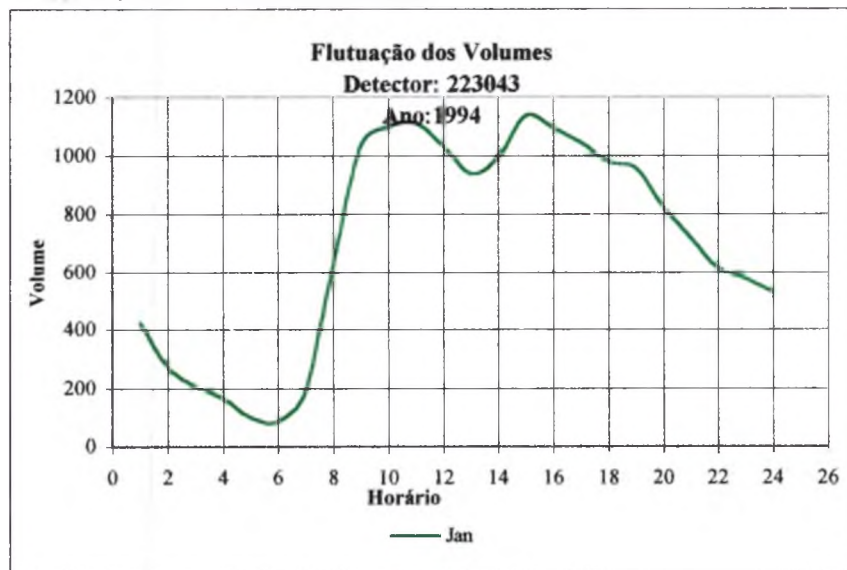
Figura B.6 - Comportamento do volume de tráfego para o detector 223043



(a) Comportamento do tráfego no ano de 1992

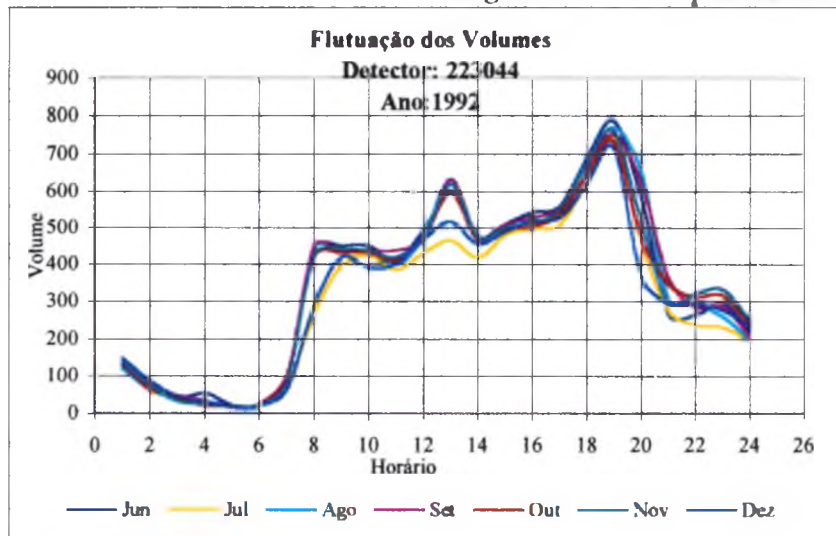


(b) Comportamento do tráfego no ano de 1993

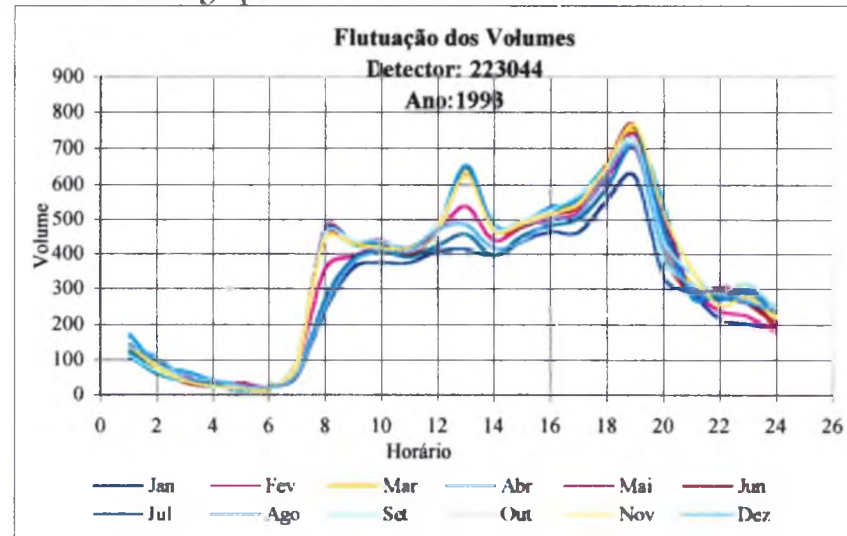


(c) Comportamento do tráfego no ano de 1994

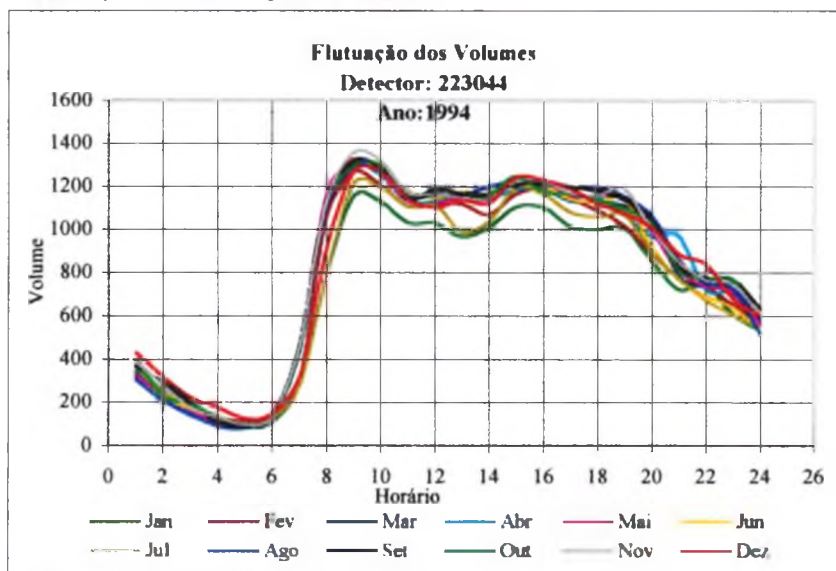
Figura B.7 - Comportamento do volume de tráfego para o detector 223044



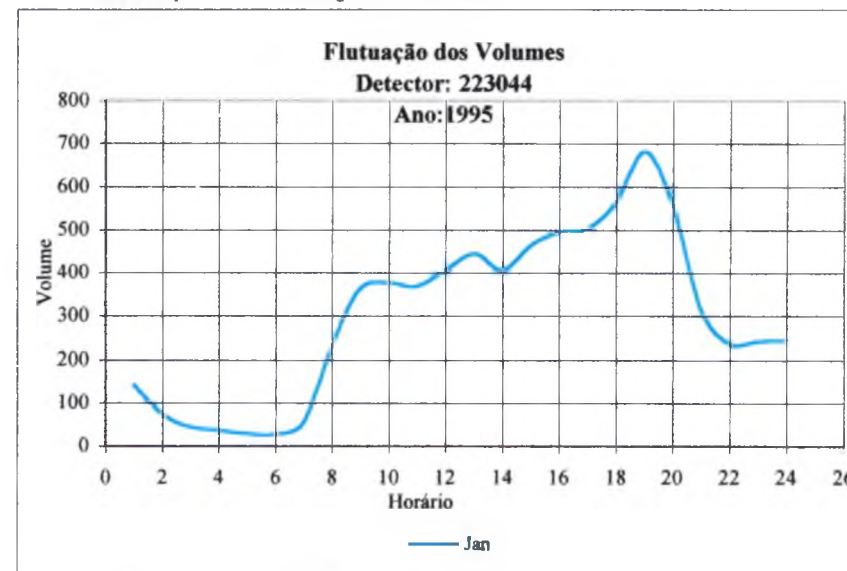
(a) Comportamento do tráfego no ano de 1992



(b) Comportamento do tráfego no ano de 1993

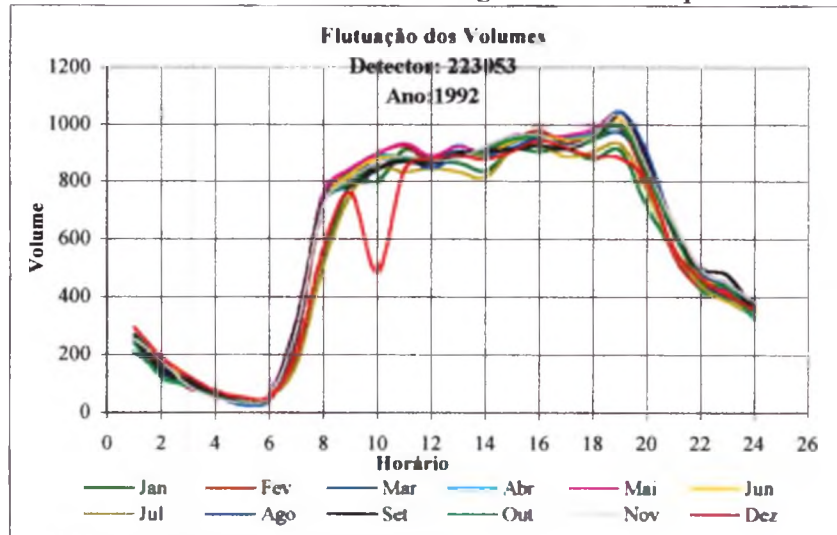


(c) Comportamento do tráfego no ano de 1994

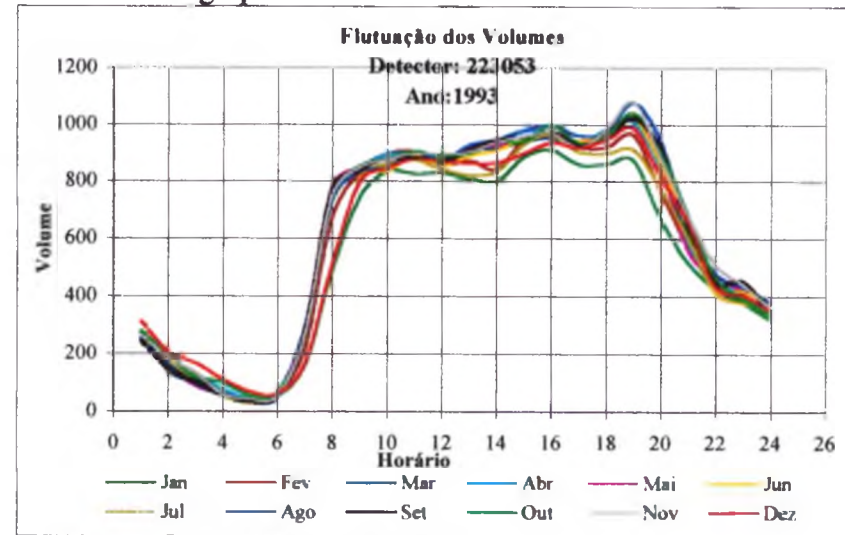


(d) Comportamento do tráfego no ano de 1995

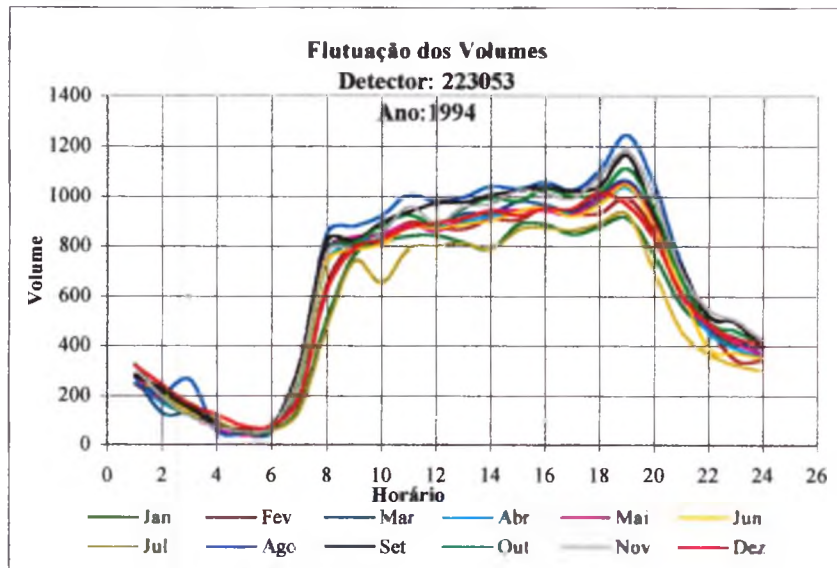
Figura B.8 - Comportamento do volume de tráfego para o detector 223053



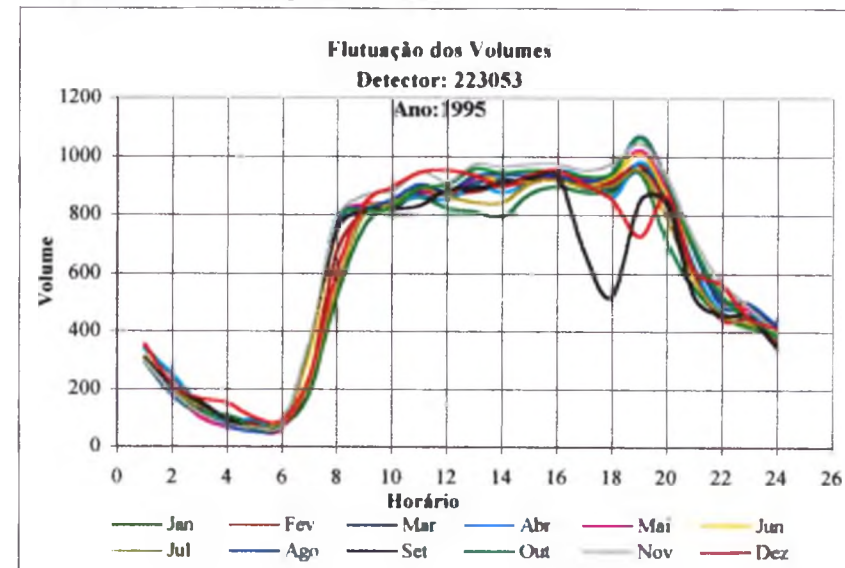
(a) Comportamento do tráfego no ano de 1992



(b) Comportamento do tráfego no ano de 1993

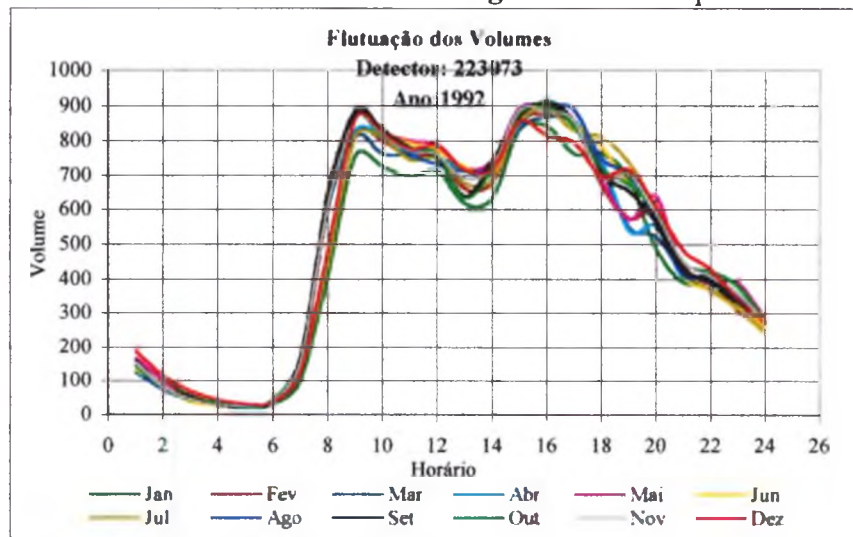


(c) Comportamento do tráfego no ano de 1994

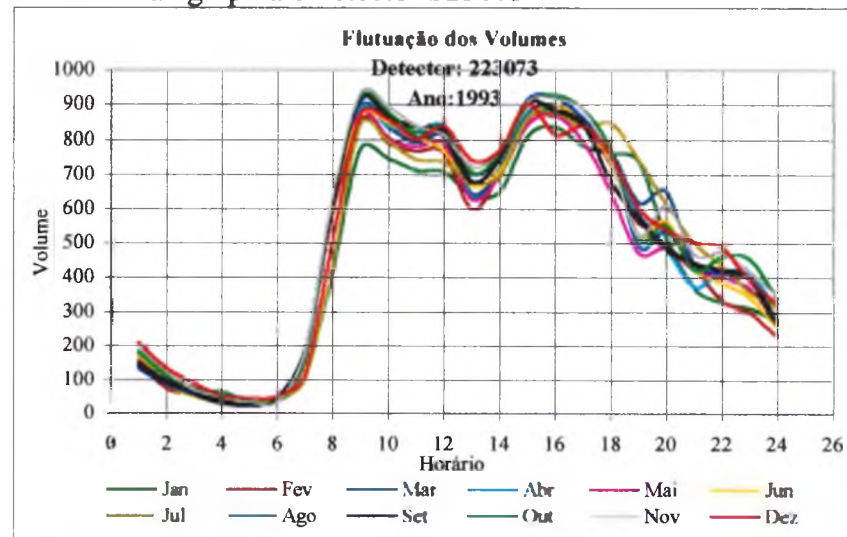


(d) Comportamento do tráfego no ano de 1995

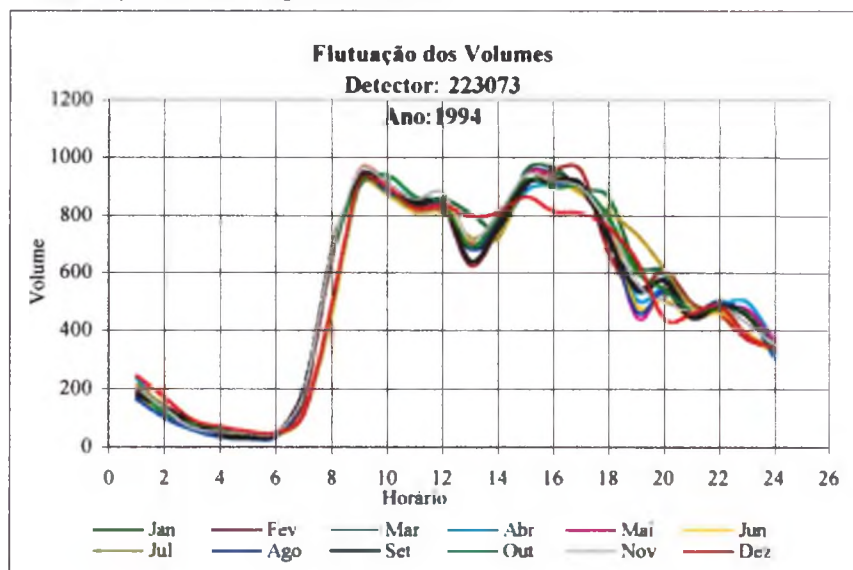
Figura B.9 - Comportamento do volume de tráfego para o detector 223073



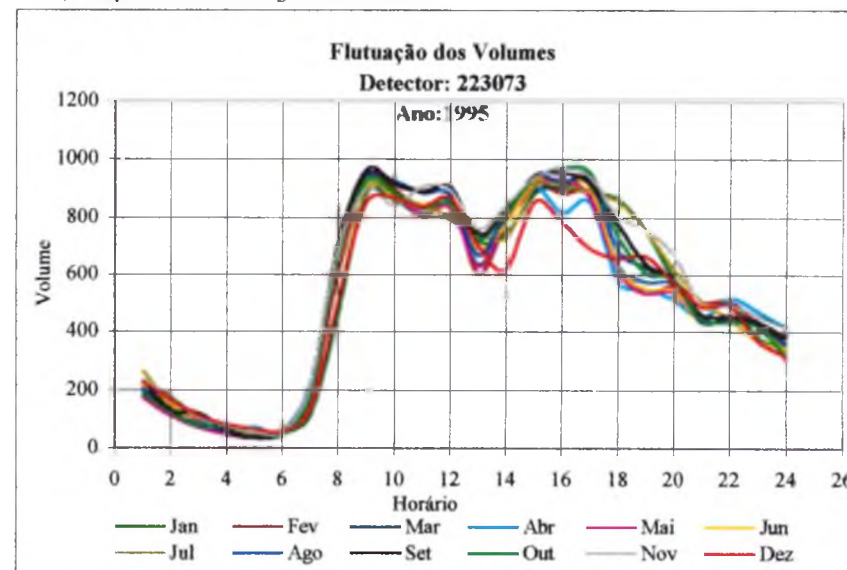
(a) Comportamento do tráfego no ano de 1992



(b) Comportamento do tráfego no ano de 1993



(c) Comportamento do tráfego no ano de 1994



(d) Comportamento do tráfego no ano de 1995

Figura B.10 - Comportamento do volume de tráfego para o detector 223074

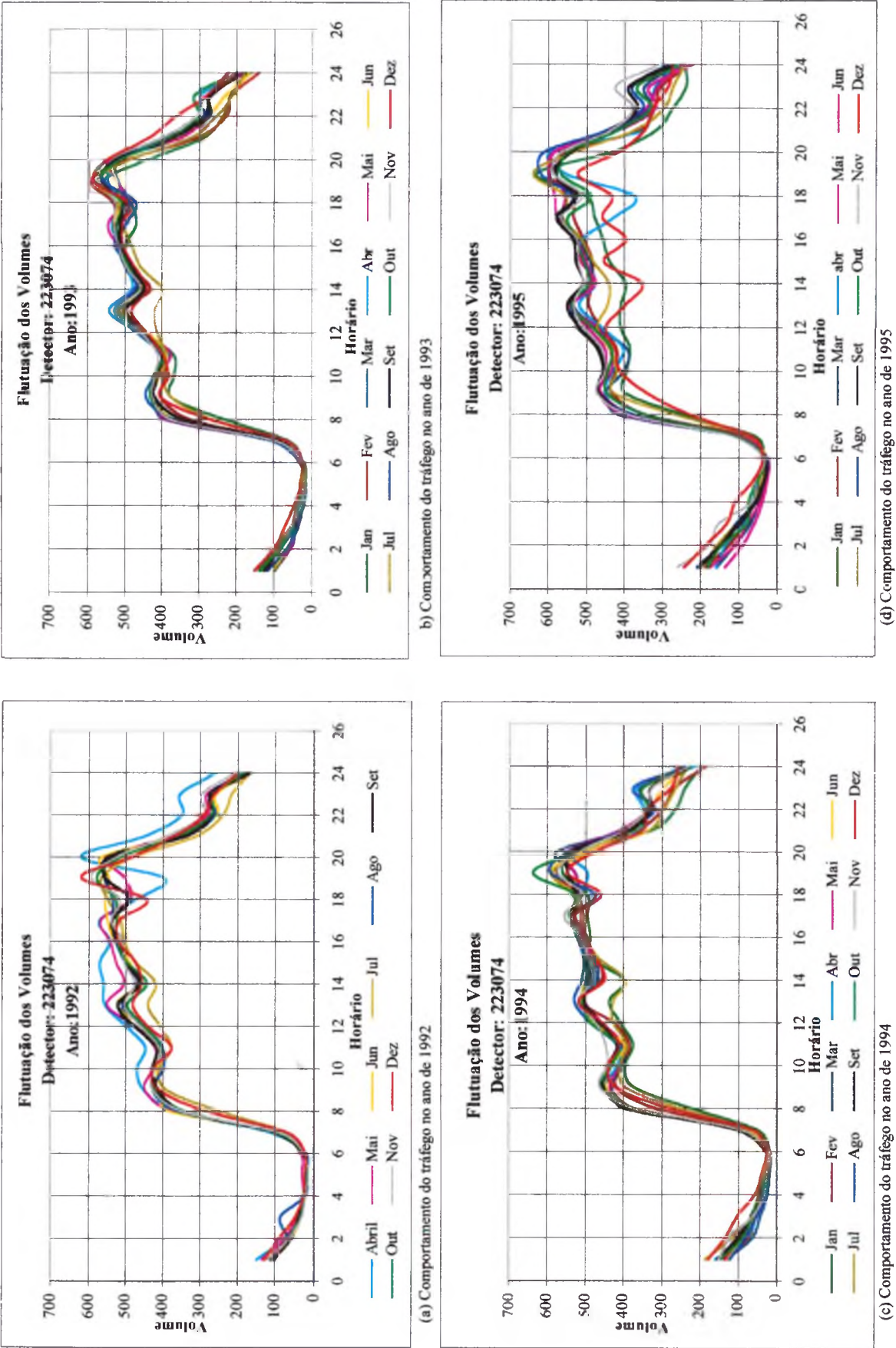
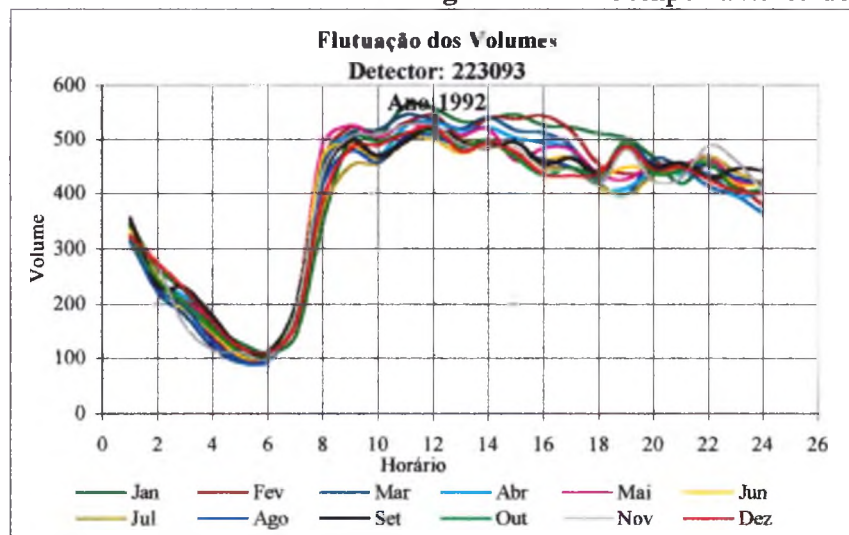
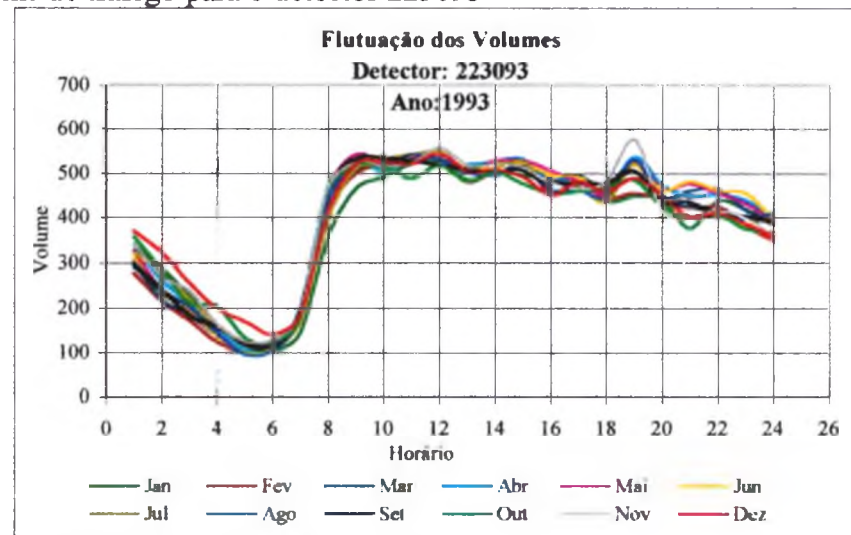


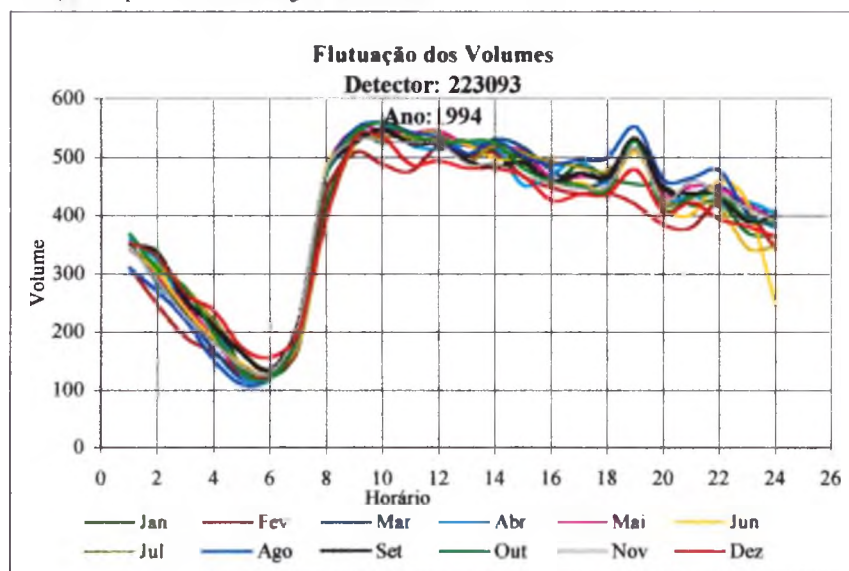
Figura B.11 - Comportamento do volume de tráfego para o detector 223093



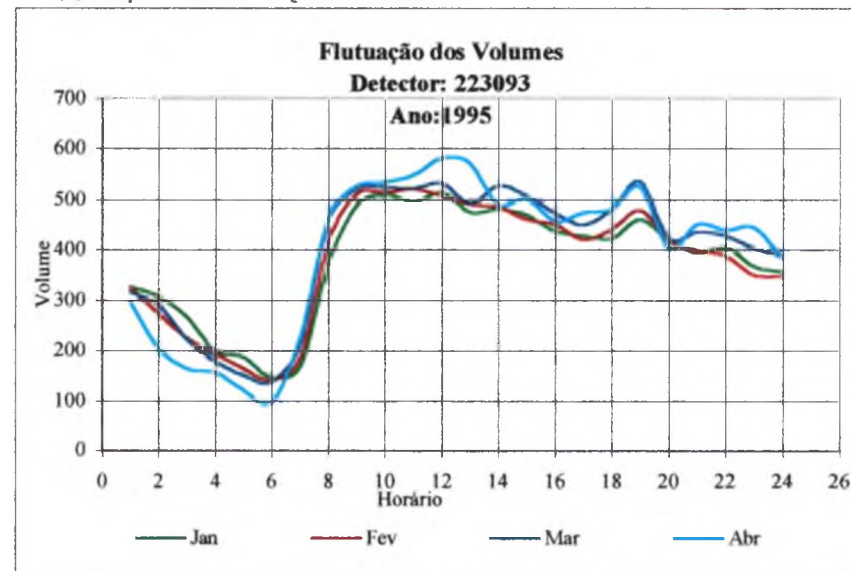
(a) Comportamento do tráfego no ano de 1992



(b) Comportamento do tráfego no ano de 1993

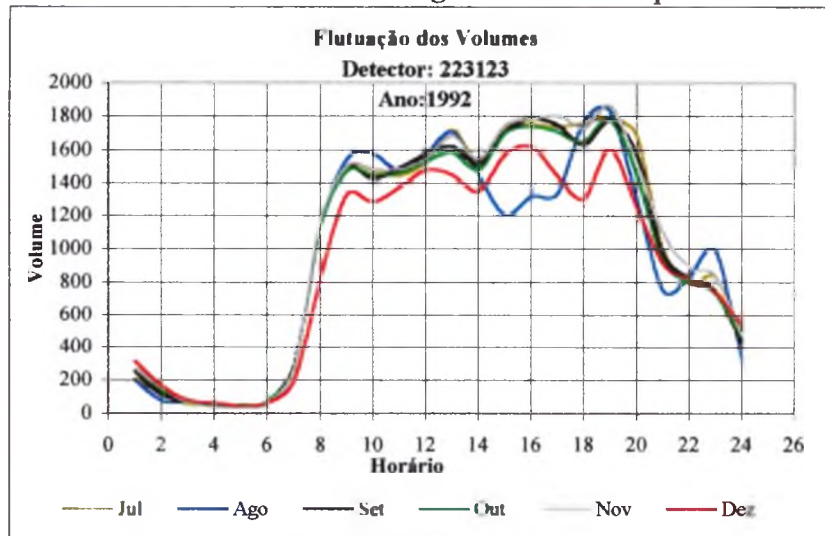


(c) Comportamento do tráfego no ano de 1994

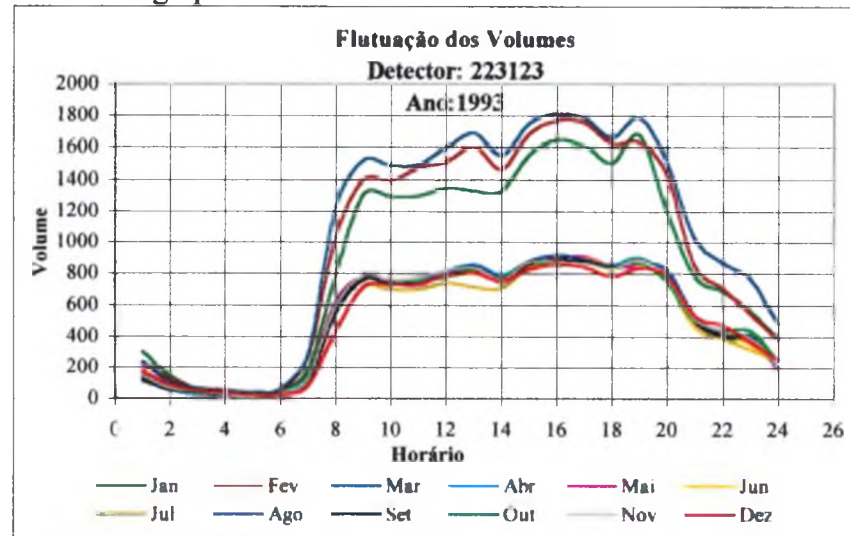


(d) Comportamento do tráfego no ano de 1995

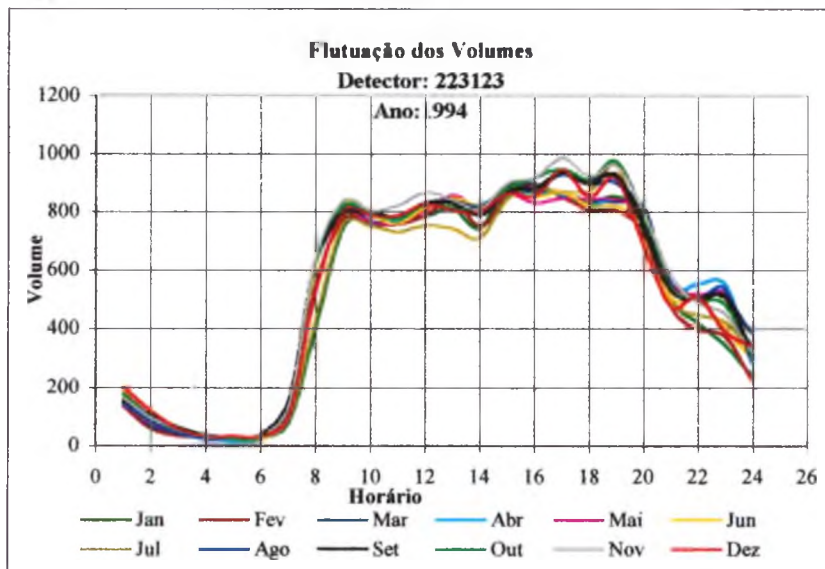
Figura B.12 - Comportamento do volume de tráfego para o detector 223123



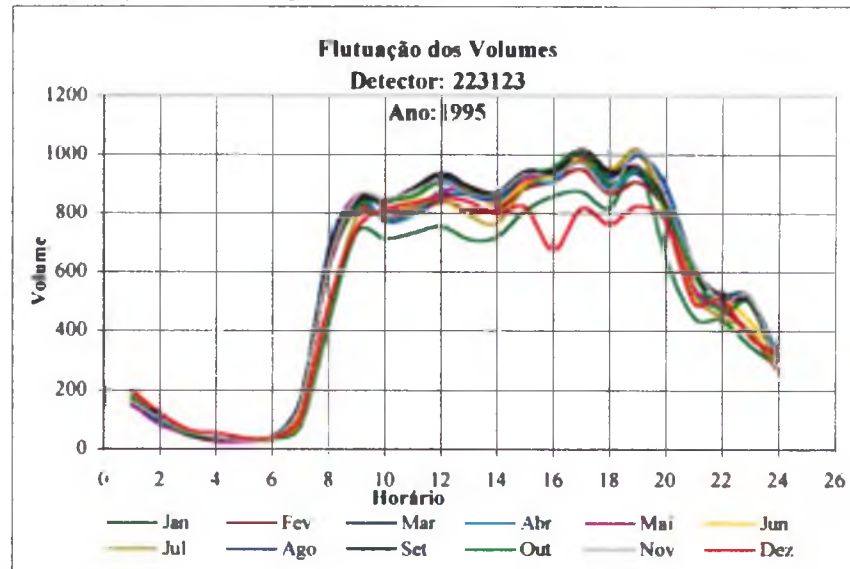
(a) Comportamento do tráfego no ano de 1992



(b) Comportamento do tráfego no ano de 1993



(c) Comportamento do tráfego no ano de 1994



(d) Comportamento do tráfego no ano de 1995

APÊNDICE C

GRÁFICOS DO COMPORTAMENTO DO TRÁFEGO PARA OS HORÁRIOS DETERMINADOS (HORÁRIOS SIGNIFICATIVOS)

Figura C.1 - Variação dos horários para o detector 223014

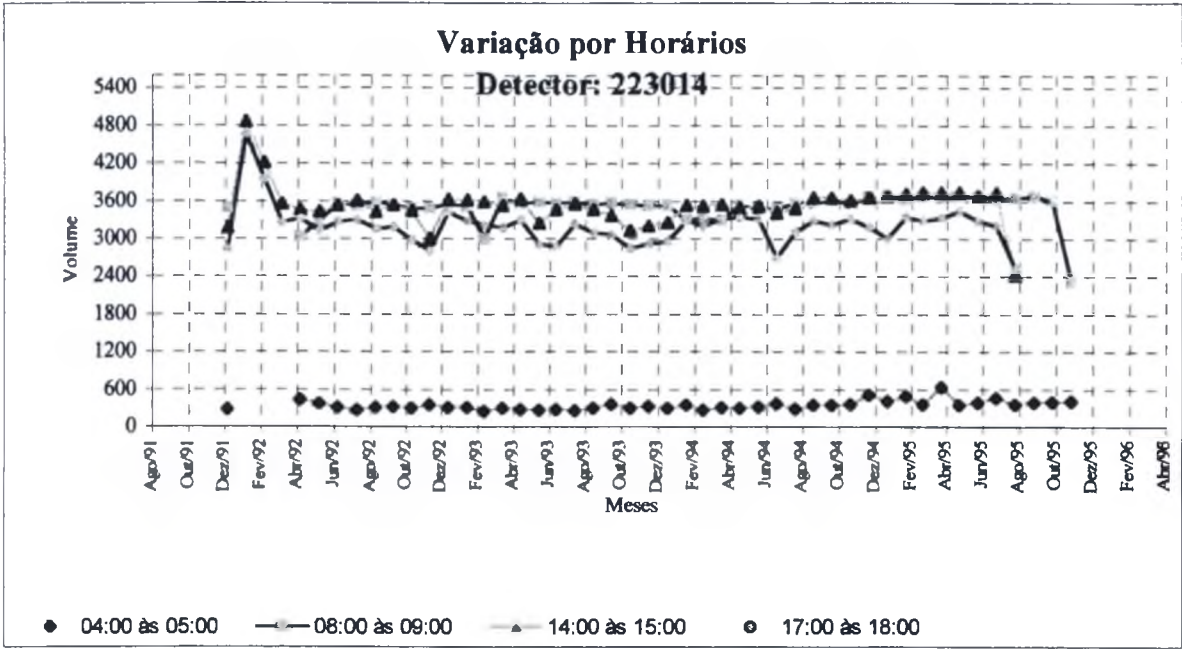


Figura C.2 - Variação dos horários para o detector 223023

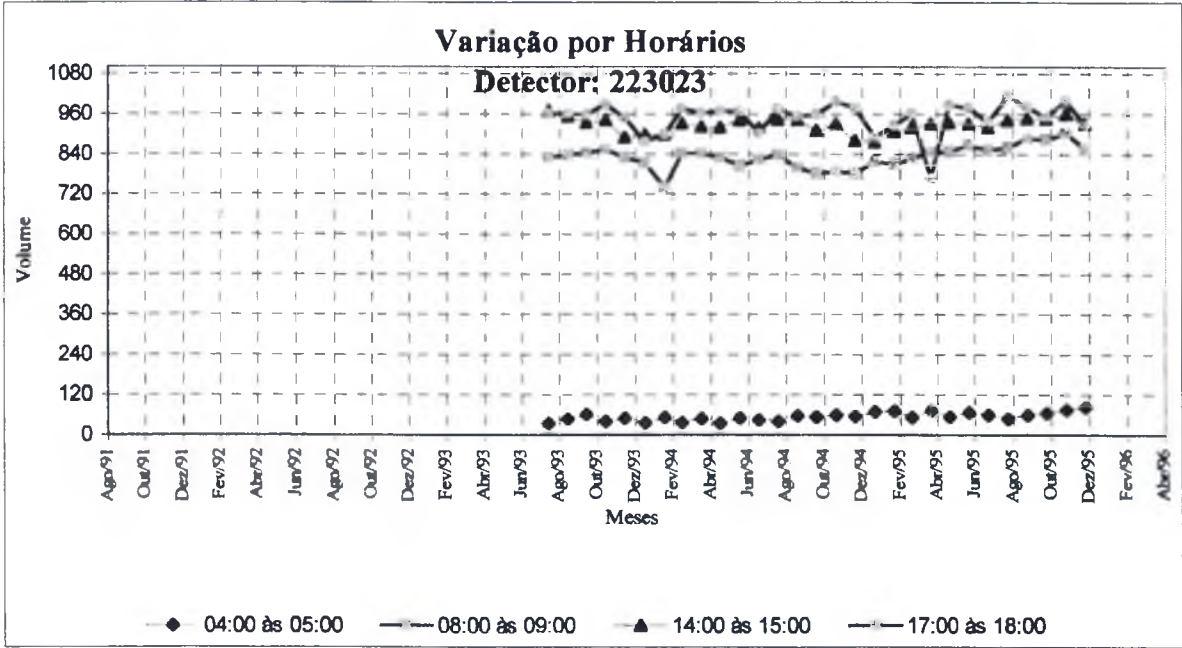


Figura C.3 - Variação dos horários para o detector 223033

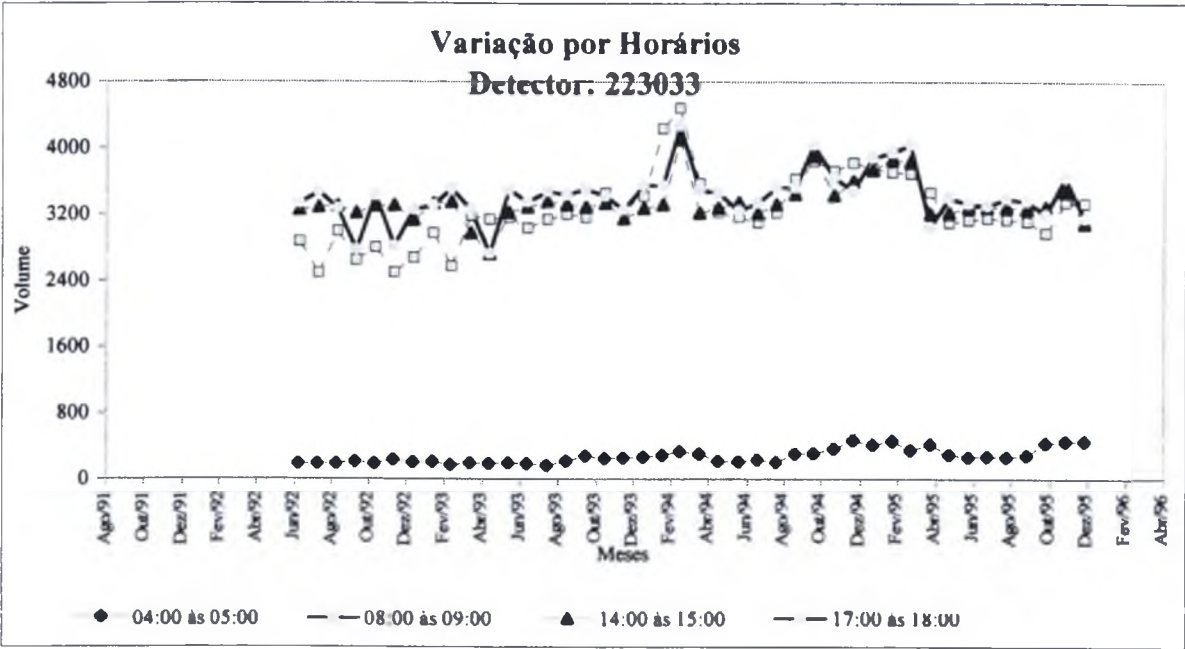


Figura C.4 - Variação dos horários para o detector 223034

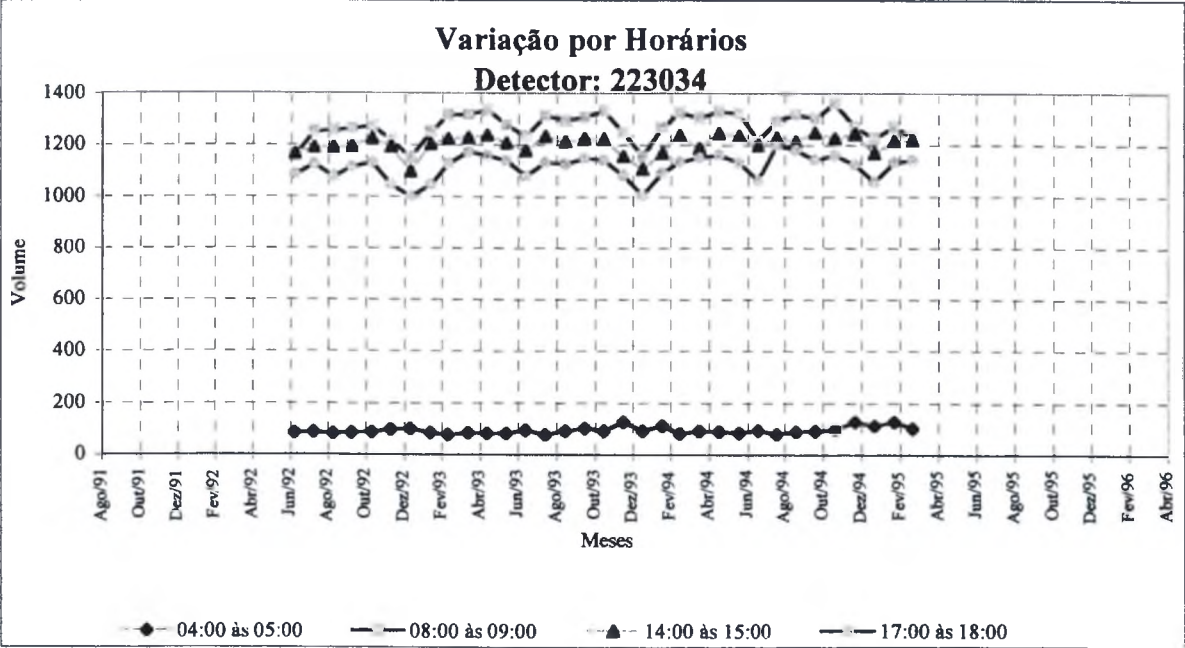


Figura C.5 - Variação dos horários para o detector 223035

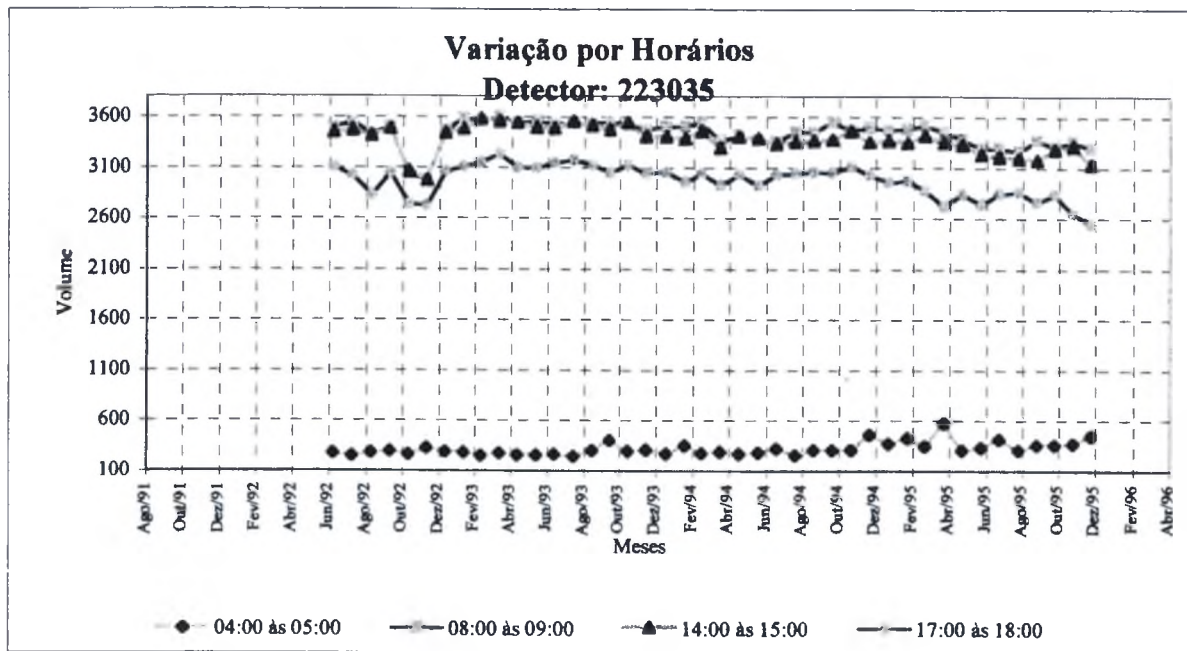


Figura C.6 - Variação dos horários para o detector 223043

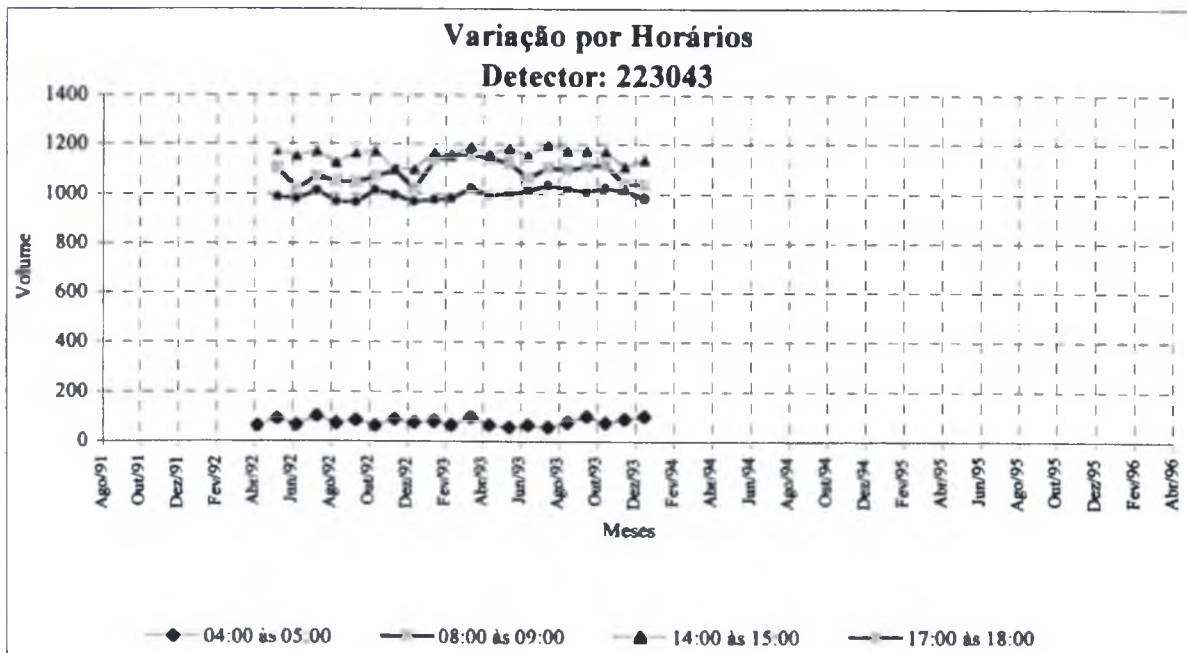


Figura C.7 - Variação dos horários para o detector 223044

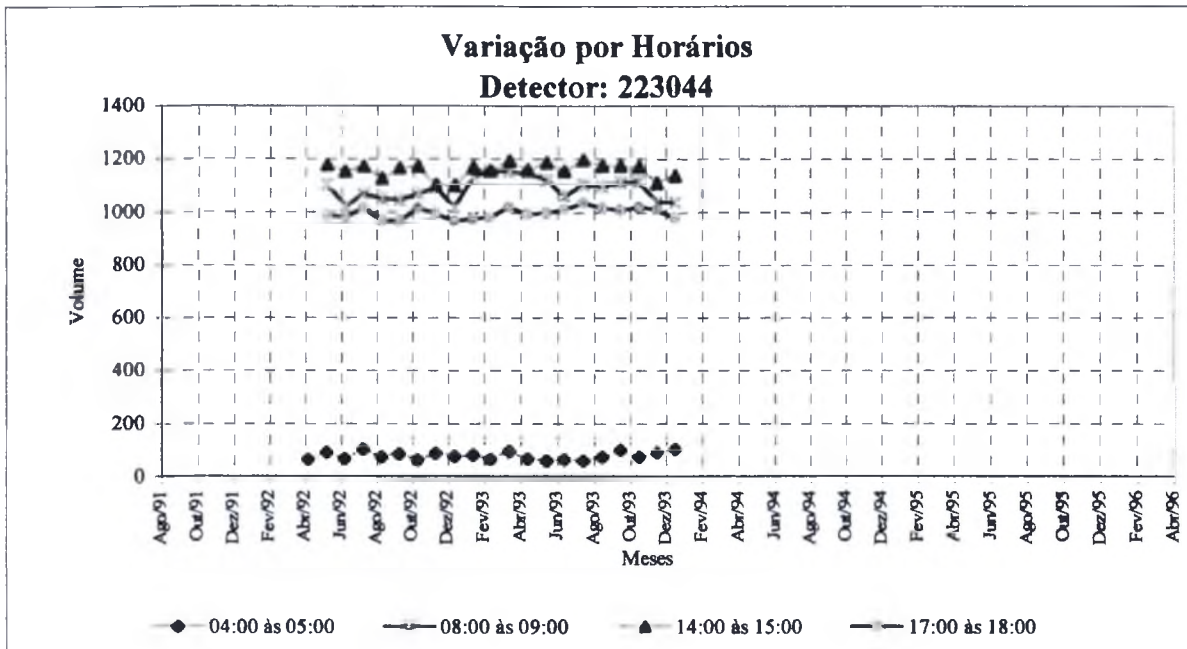


Figura C.8 - Variação dos horários para o detector 223053

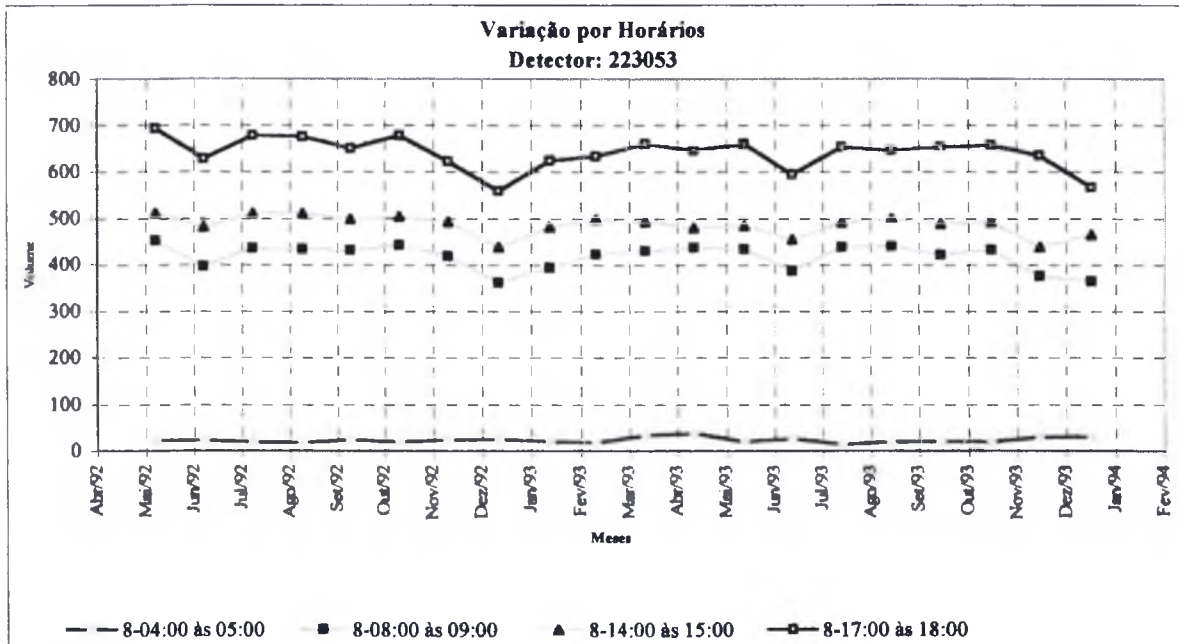


Figura C.9 - Variação dos horários para o detector 223073

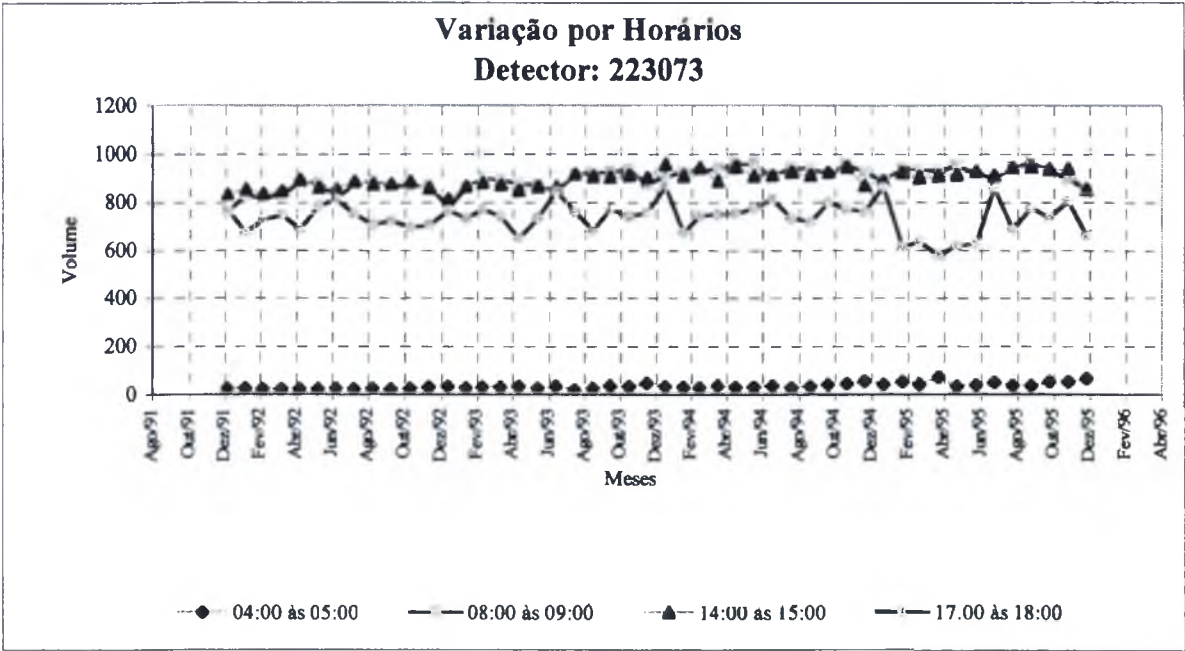


Figura C.10 - Variação dos horários para o detector 223074

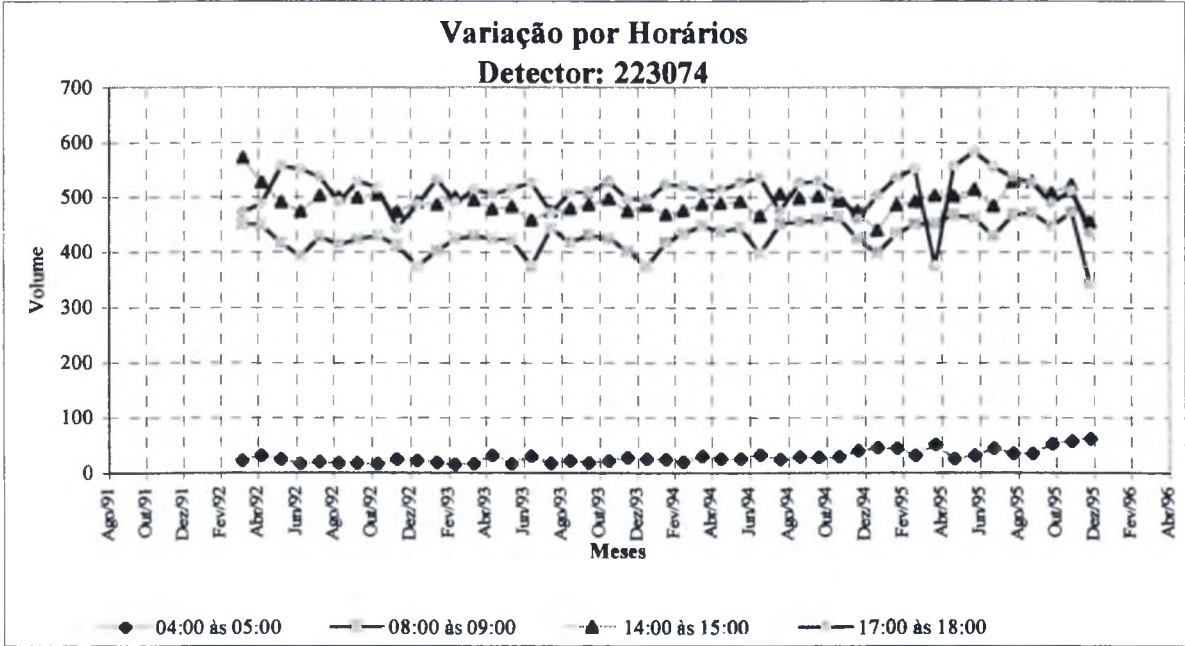


Figura C.11 - Variação dos horários para o detector 223093

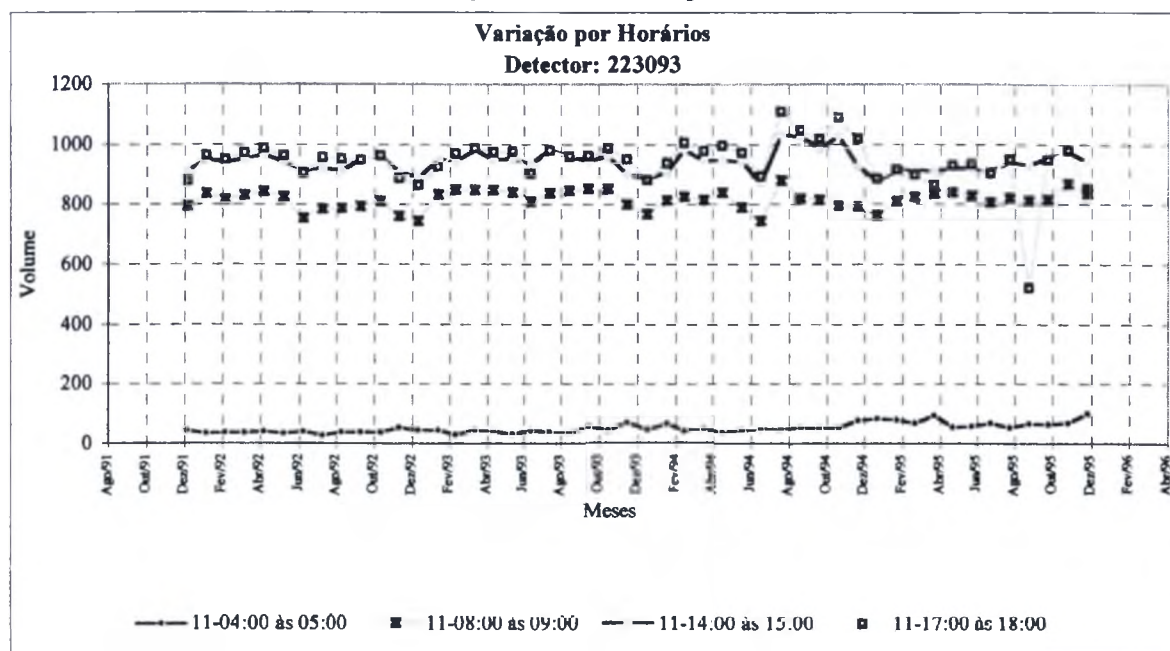
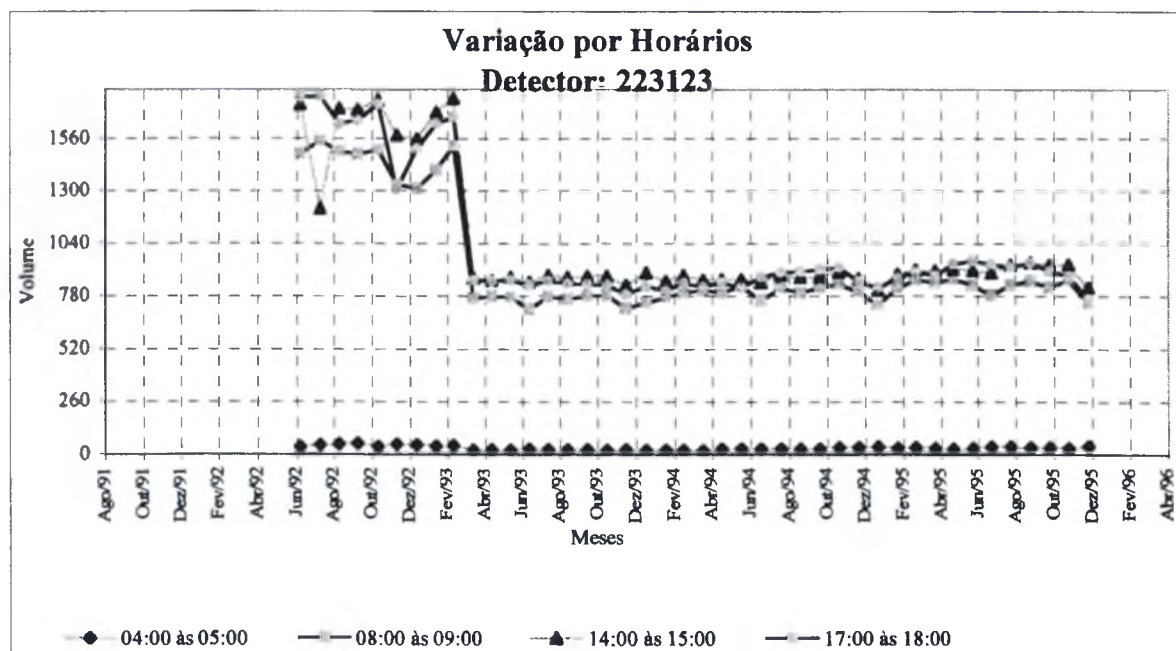


Figura C.12 - Variação dos horários para o detector 223123



APÉNDICE D
ESTADÍSTICA DURBIN – WATSON

O teste mais popular para a verificação de autocorrelação nos resíduos é baseado na estatística de Durbin-Watson, que supõe que os erros constituem uma série autoregressiva de primeira ordem, ou seja,

$$a_t = r \times a_{t-1} + e_t, \quad (4.5)$$

Onde $|r| < 1$ e $e_t, t = 1, \dots, n$, são normais e independentes com média 0 e variância constante. A estatística de Durbin e Watson, representada por d , é definida por:

$$d = [(a_2 - a_1)^2 + \dots + (a_n - a_{n-1})^2] / (a_1^2 + \dots + a_n^2). \quad (4.6)$$

O teste Durbin e Watson para verificação da correlação dos resíduos consiste em testar a hipótese nula (H_0) contra a hipótese alternativa (H_1), nas situações a seguir apresentadas:

Situação 1:

H_0 : os resíduos não são autocorrelacionados;

H_1 : os resíduos são autocorrelacionados positivamente.

Durbin e Watson mostraram que existem dois pontos, $d_{L\alpha}$ e $d_{U\alpha}$, tais que, se o nível de significância do teste for α (probabilidade de um erro Tipo I), logo (Bowerman, O'Connell, 1987):

se $d < d_{L\alpha}$, rejeita-se H_0 ;

se $d > d_{U\alpha}$, não rejeita-se H_0 ;

se $d_{L\alpha} \leq d \leq d_{U\alpha}$, o teste não é conclusivo.

Situação 2:

H_0 : os resíduos não são autocorrelacionados;

H_1 : os resíduos são autocorrelacionados negativamente.

Durbin e Watson definiram os seguintes critérios:

se $(4 - d) < d_{L,\alpha}$, rejeita-se H_0 ;

se $(4 - d) > d_{U,\alpha}$, não rejeita-se H_0 ; e

se $d_{L,\alpha} \leq (4 - d) \leq d_{U,\alpha}$, o teste não é conclusivo.

Situação 3:

H_0 : os resíduos não são autocorrelacionados;

H_1 : os resíduos são positivamente ou negativamente correlacionados. Neste caso, para o critérios são:

se $d < d_{L,\frac{\alpha}{2}}$ ou se $(4 - d) < d_{L,\frac{\alpha}{2}}$, rejeita-se H_0 ;

se $d > d_{L,\frac{\alpha}{2}}$ ou se $(4 - d) > d_{L,\frac{\alpha}{2}}$, não rejeita-se H_0 ; e

se $d_{L,\frac{\alpha}{2}} \leq d \leq d_{U,\frac{\alpha}{2}}$ e $d_{L,\frac{\alpha}{2}} \leq (4 - d) \leq d_{U,\frac{\alpha}{2}}$, o teste não é conclusivo.

A região crítica do teste é, definida pelos valores de d_L e d_U , dada em tabelas apropriadas, que levam em consideração o número de observações e o número de variáveis explanatórias no modelo, além do nível de significância " α ". A Tabela IV.1 (a) e IV (b) mostra os valores de d_L e d_U para $\frac{\alpha}{2} = 0,05$.

Se os resíduos são correlacionados positivamente de forma intensa, o valor de "d" é próximo a zero, se eles forem correlacionados o valor de "d" é próximo a 2 (Kendall e Ord, 1990).

Tabela D.1 – Valores críticos para a estatística Durbin-Watson ($\alpha = 5\%$)

<i>n</i>	$n_p - 1 = 1$		$n_p - 1 = 2$		$n_p - 1 = 3$		$n_p - 1 = 4$		$n_p - 1 = 5$	
	$d_{L,0,05}$	$d_{U,0,05}$	$d_{L,0,05}$	$d_{U,0,05}$	$d_{L,0,05}$	$d_{U,0,05}$	$d_{L,0,05}$	$d_{U,0,05}$	$d_{L,0,05}$	$d_{U,0,05}$
15	1.08	1.36	0.95	1.54	0.82	1.75	0.69	1.97	0.56	2.21
16	1.10	1.37	0.98	1.54	0.86	1.73	0.74	1.93	0.62	2.15
17	1.13	1.38	1.02	1.54	0.90	1.71	0.78	1.90	0.67	2.10
18	1.16	1.39	1.05	1.53	0.93	1.69	0.82	1.87	0.71	2.06
19	1.18	1.40	1.08	1.53	0.97	1.68	0.86	1.85	0.75	2.02
20	1.20	1.41	1.10	1.54	1.00	1.68	0.90	1.83	0.79	1.99
21	1.22	1.42	1.13	1.54	1.03	1.67	0.93	1.81	0.83	1.96
22	1.24	1.43	1.15	1.54	1.05	1.66	0.96	1.80	0.86	1.94
23	1.26	1.44	1.17	1.54	1.08	1.66	0.99	1.79	0.90	1.92
24	1.27	1.45	1.19	1.55	1.10	1.66	1.01	1.78	0.93	1.90
25	1.29	1.45	1.21	1.55	1.12	1.66	1.04	1.77	0.95	1.89
26	1.30	1.46	1.22	1.55	1.14	1.65	1.06	1.76	0.98	1.88
27	1.32	1.47	1.24	1.56	1.16	1.65	1.08	1.76	1.01	1.86
28	1.33	1.48	1.26	1.56	1.18	1.65	1.10	1.75	1.03	1.85
29	1.34	1.48	1.27	1.56	1.20	1.65	1.12	1.74	1.05	1.84
30	1.35	1.49	1.28	1.57	1.21	1.65	1.14	1.74	1.07	1.83
31	1.36	1.50	1.30	1.57	1.23	1.65	1.16	1.74	1.09	1.83
32	1.37	1.50	1.31	1.57	1.24	1.65	1.18	1.73	1.11	1.82
33	1.38	1.51	1.32	1.58	1.26	1.65	1.19	1.73	1.13	1.81
34	1.39	1.51	1.33	1.58	1.27	1.65	1.21	1.73	1.15	1.81
35	1.40	1.52	1.34	1.58	1.28	1.65	1.22	1.73	1.16	1.80
36	1.41	1.52	1.35	1.59	1.29	1.65	1.24	1.73	1.18	1.80
37	1.42	1.53	1.36	1.59	1.31	1.66	1.25	1.72	1.19	1.80
38	1.43	1.54	1.37	1.59	1.32	1.66	1.26	1.72	1.21	1.79
39	1.43	1.54	1.38	1.60	1.33	1.66	1.27	1.72	1.22	1.79
40	1.44	1.54	1.39	1.60	1.34	1.66	1.29	1.72	1.23	1.79
45	1.48	1.57	1.43	1.52	1.38	1.67	1.34	1.72	1.29	1.78
50	1.50	1.59	1.46	1.63	1.42	1.67	1.38	1.72	1.34	1.77
55	1.53	1.60	1.49	1.64	1.45	1.68	1.41	1.72	1.38	1.77
60	1.55	1.62	1.51	1.65	1.48	1.69	1.44	1.73	1.41	1.77
65	1.57	1.63	1.54	1.66	1.50	1.70	1.47	1.73	1.44	1.77
70	1.58	1.64	1.55	1.67	1.52	1.70	1.49	1.74	1.46	1.77
75	1.60	1.65	1.57	1.68	1.54	1.71	1.51	1.74	1.49	1.77
80	1.61	1.66	1.59	1.69	1.56	1.72	1.53	1.74	1.51	1.77
85	1.52	1.67	1.60	1.70	1.57	1.72	1.55	1.75	1.52	1.77
90	1.63	1.68	1.61	1.70	1.59	1.73	1.57	1.75	1.54	1.78
95	1.64	1.69	1.62	1.71	1.60	1.73	1.58	1.75	1.56	1.78
100	1.65	1.69	1.63	1.72	1.61	1.74	1.59	1.76	1.57	1.78

Fonte: Adaptado de Bowerman e O'Connel (1987) e Jensen (1999)

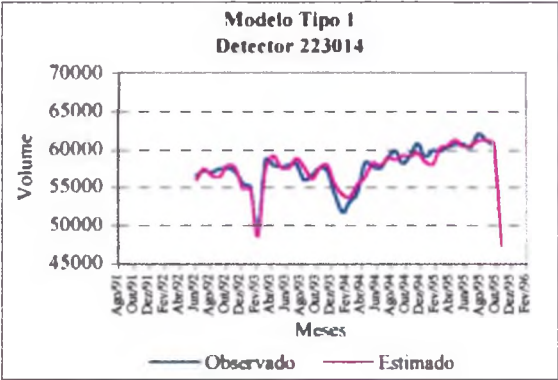
INTERNET: <http://www.csus.edu/indiv/j/jensena/mgmt105/durbin.htm>

Tabela D.2 – Valores críticos para a estatística Durbin-Watson ($\alpha = 1\%$)

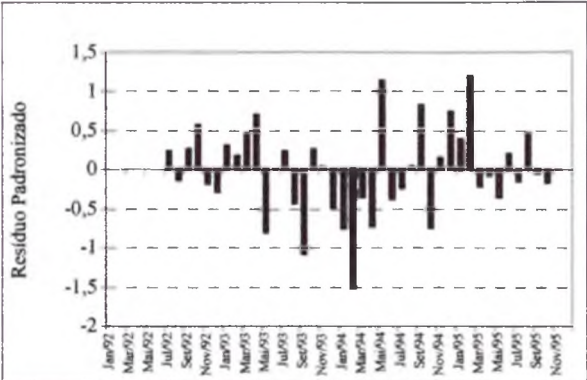
<i>n</i>	$n_p - 1 = 1$		$n_p - 1 = 2$		$n_p - 1 = 3$		$n_p - 1 = 4$		$n_p - 1 = 5$	
	$\hat{d}_{L,0,01}$	$\hat{d}_{U,0,01}$	$\hat{d}_{L,0,01}$	$\hat{d}_{U,0,01}$	$\hat{d}_{L,0,01}$	$\hat{d}_{U,0,01}$	$\hat{d}_{L,0,01}$	$\hat{d}_{U,0,01}$	$\hat{d}_{L,0,01}$	$\hat{d}_{U,0,01}$
15	0.81	1.07	0.70	1.25	0.59	1.46	0.49	1.70	0.39	1.96
16	0.84	1.09	0.74	1.25	0.63	1.44	0.53	1.66	0.44	1.92
17	0.87	1.10	0.77	1.25	0.67	1.43	0.57	1.63	0.48	1.85
18	0.90	1.12	0.80	1.26	0.71	1.42	0.61	1.60	0.52	1.80
19	0.93	1.13	0.83	1.26	0.74	1.41	0.65	1.58	0.56	1.77
20	0.95	1.15	0.86	1.27	0.77	1.41	0.68	1.57	0.60	1.74
21	0.97	1.16	0.89	1.27	0.80	1.41	0.72	1.55	0.63	1.71
22	1.00	1.17	0.91	1.28	0.83	1.40	0.75	1.54	0.66	1.69
23	1.02	1.19	0.94	1.29	0.86	1.40	0.77	1.53	0.70	1.67
24	1.04	1.20	0.96	1.30	0.88	1.41	0.80	1.53	0.72	1.66
25	1.05	1.21	0.98	1.30	0.90	1.41	0.83	1.52	0.75	1.65
26	1.07	1.22	1.00	1.31	0.93	1.41	0.85	1.52	0.78	1.64
27	1.09	1.23	1.02	1.32	0.95	1.41	0.88	1.51	0.81	1.63
28	1.10	1.24	1.04	1.32	0.97	1.41	0.90	1.51	0.83	1.62
29	1.12	1.25	1.05	1.33	0.99	1.42	0.92	1.51	0.85	1.61
30	1.13	1.26	1.07	1.34	1.01	1.42	0.94	1.51	0.88	1.61
31	1.15	1.27	1.08	1.34	1.02	1.42	0.96	1.51	0.90	1.60
32	1.16	1.28	1.10	1.35	1.04	1.43	0.98	1.51	0.92	1.60
33	1.17	1.29	1.11	1.36	1.05	1.43	1.00	1.51	0.94	1.59
34	1.18	1.30	1.13	1.36	1.07	1.43	1.01	1.51	0.95	1.59
35	1.19	1.31	1.14	1.37	1.08	1.44	1.03	1.51	0.97	1.59
36	1.21	1.32	1.15	1.38	1.10	1.44	1.04	1.51	0.99	1.59
37	1.22	1.32	1.16	1.38	1.11	1.45	1.06	1.51	1.00	1.59
38	1.23	1.33	1.18	1.39	1.12	1.45	1.07	1.52	1.02	1.58
39	1.24	1.34	1.19	1.39	1.14	1.45	1.09	1.52	1.03	1.58
40	1.25	1.34	1.20	1.40	1.15	1.46	1.10	1.52	1.05	1.58
45	1.29	1.38	1.24	1.42	1.20	1.48	1.16	1.53	1.11	1.58
50	1.32	1.40	1.28	1.45	1.24	1.49	1.20	1.54	1.16	1.59
55	1.36	1.43	1.32	1.47	1.28	1.51	1.25	1.55	1.21	1.59
60	1.38	1.45	1.35	1.48	1.32	1.52	1.28	1.56	1.25	1.60
65	1.41	1.47	1.38	1.50	1.35	1.53	1.31	1.57	1.28	1.61
70	1.43	1.49	1.40	1.52	1.37	1.55	1.34	1.58	1.31	1.61
75	1.45	1.50	1.42	1.53	1.39	1.56	1.37	1.59	1.34	1.62
80	1.47	1.52	1.44	1.54	1.42	1.57	1.39	1.60	1.36	1.62
85	1.48	1.53	1.46	1.55	1.43	1.58	1.41	1.60	1.39	1.63
90	1.50	1.54	1.47	1.56	1.45	1.59	1.43	1.61	1.41	1.64
95	1.51	1.55	1.49	1.57	1.47	1.60	1.45	1.62	1.42	1.64
100	1.52	1.56	1.50	1.58	1.48	1.60	1.46	1.63	1.44	1.65

APÊNDICE E
GRÁFICOS DOS VALORES OBSERVADOS E ESTIMADOS

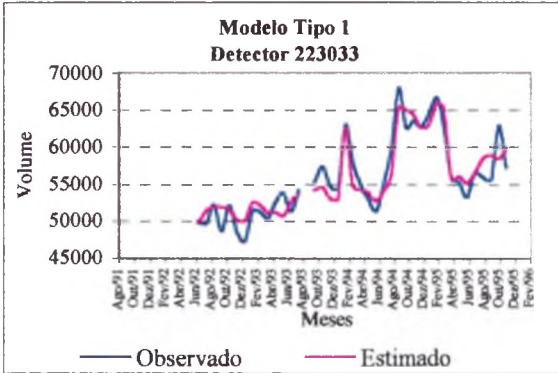
Figura E.1 – Análise de Resíduos MT1



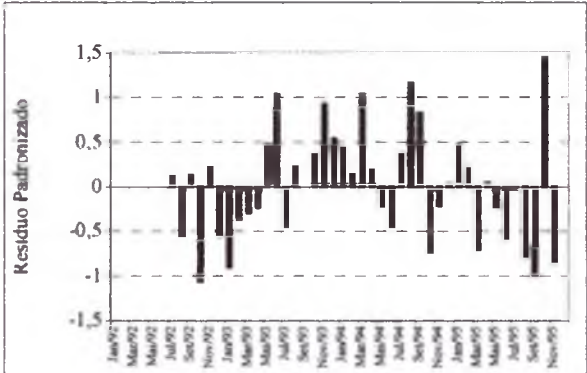
a) Volumes observados e estimados



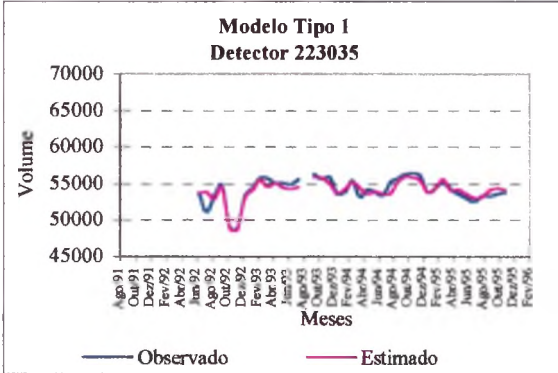
b) Resíduos Padronizados



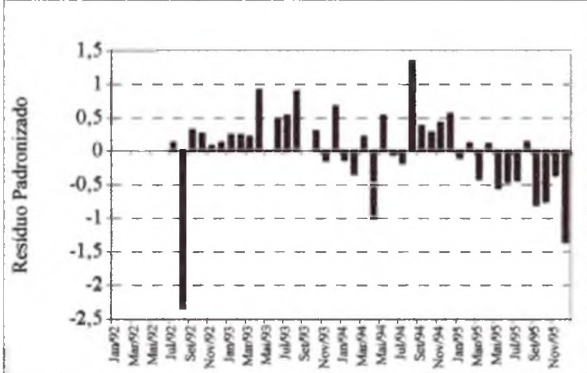
c) Volumes observados e estimados



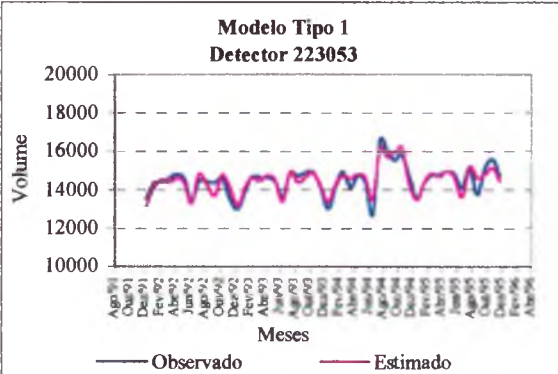
d) Resíduos Padronizados



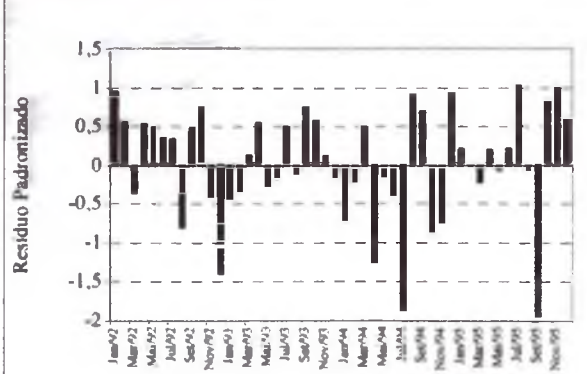
e) Volumes observados e estimados



f) Resíduos Padronizados

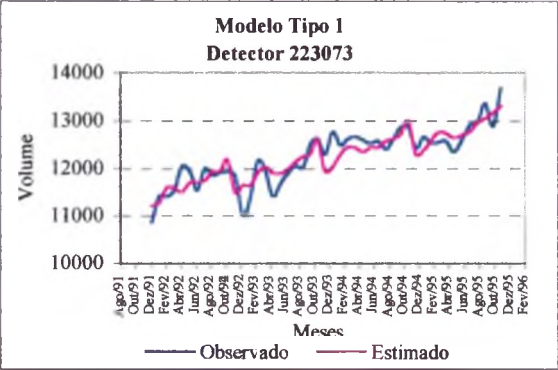


g) Volumes observados e estimados

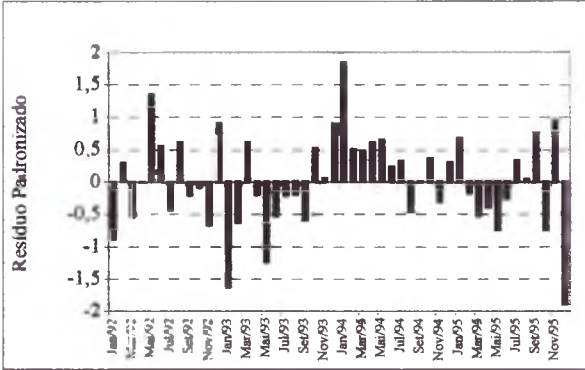


h) Resíduos Padronizados

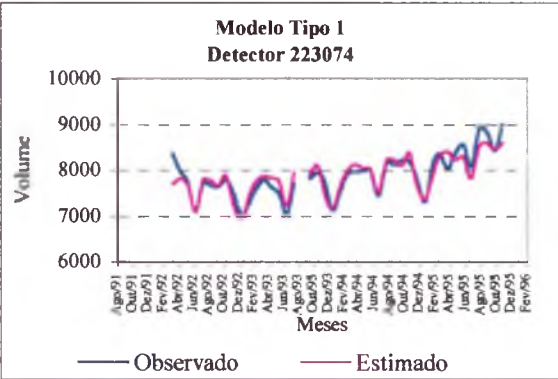
Continuação da Figura E.1 – Análise de Resíduos MT1



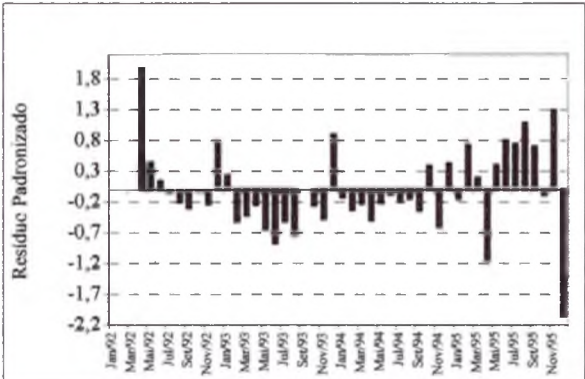
i) Volumes observados e estimados



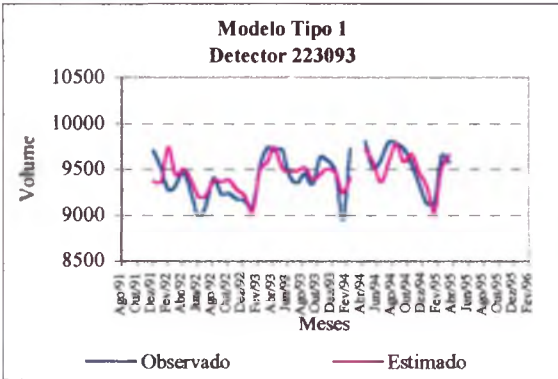
j) Resíduos Padronizados



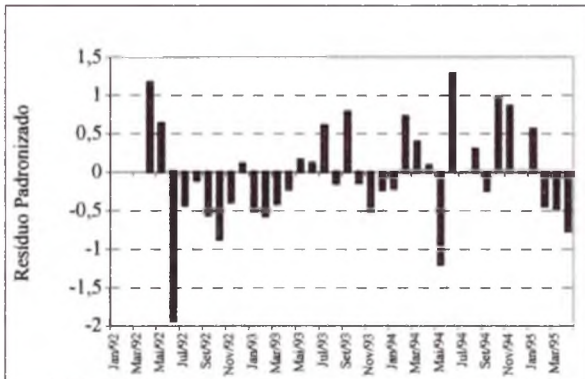
l) Volumes observados e estimados



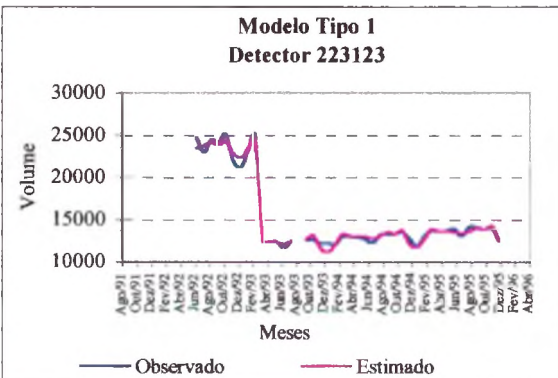
m) Resíduos Padronizados



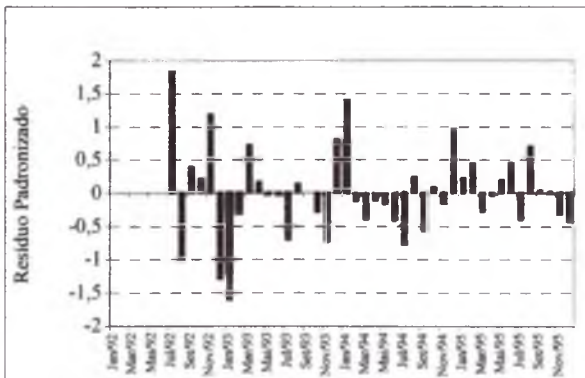
n) Volumes observados e estimados



o) Resíduos Padronizados

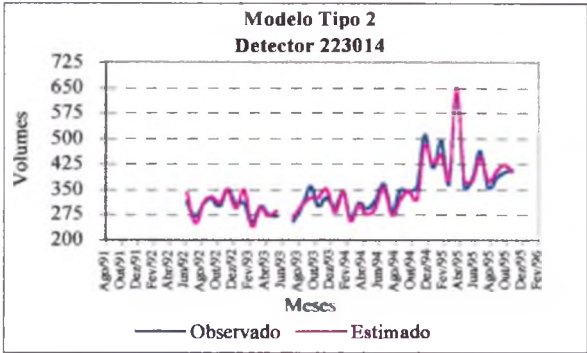


p) Volumes observados e estimados

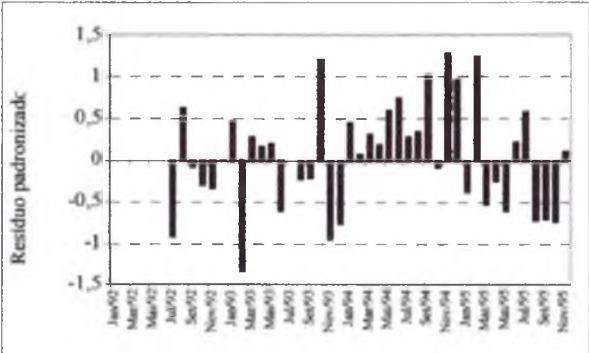


q) Resíduos Padronizados

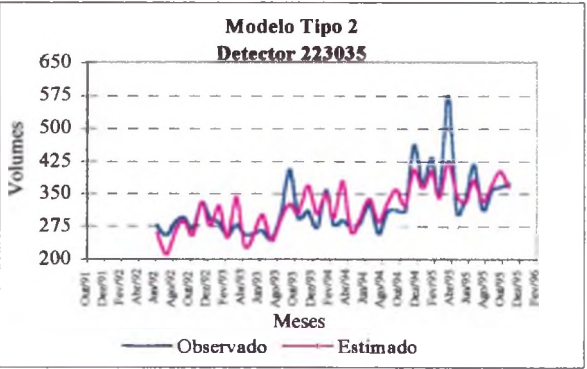
Figura E.2 – Análise de Resíduos MT2



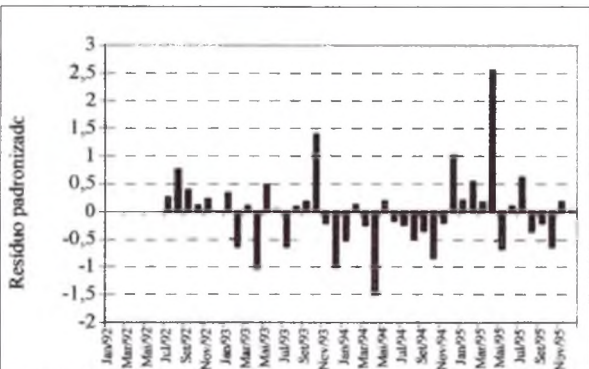
a) Volumes observados e estimados



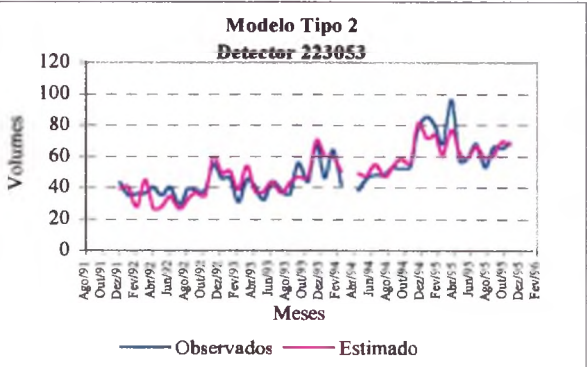
b) Resíduos padronizados



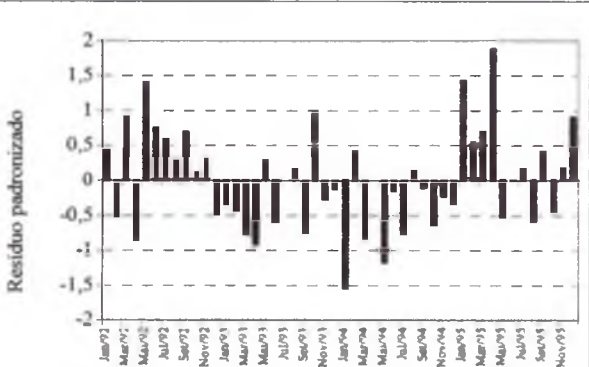
c) Volumes observados e estimados



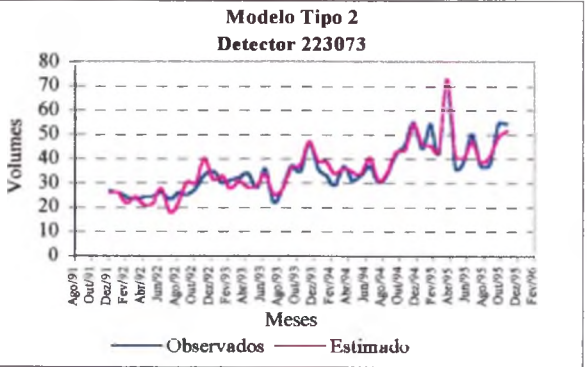
d) Resíduos padronizados



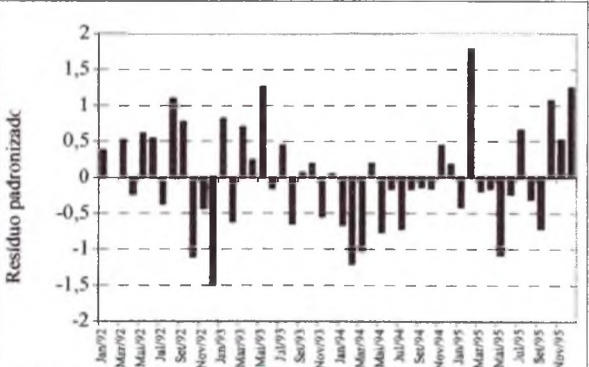
e) Volumes observados e estimados



f) Resíduos padronizados

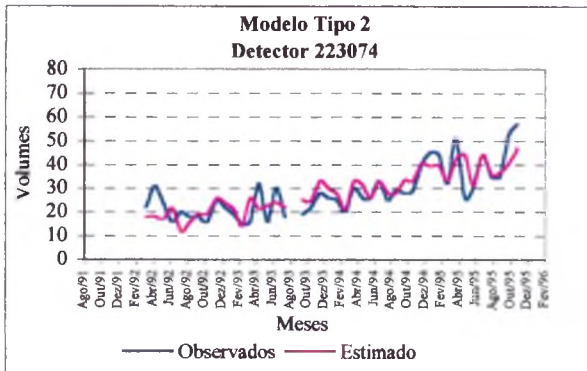


g) Volumes observados e estimados

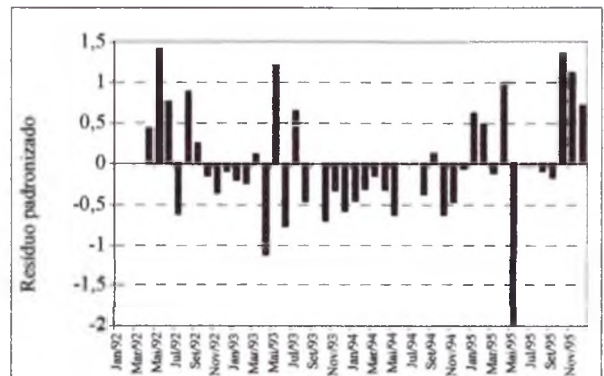


h) Resíduos padronizados

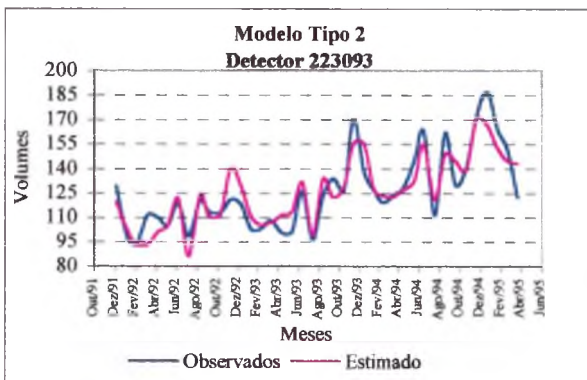
Continuação da Figura E.2 – Análise de Resíduos MT2



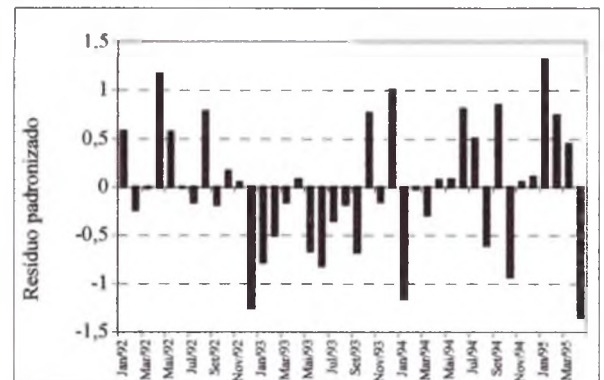
i) Volumes observados e estimados



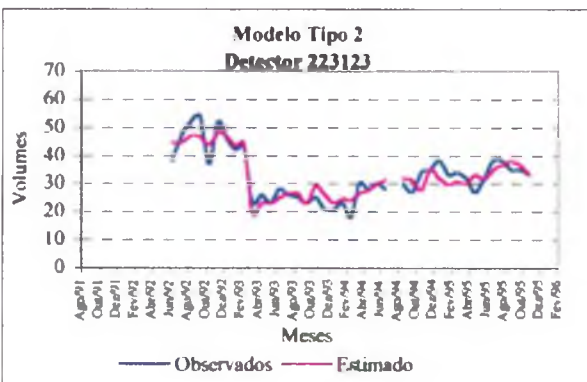
j) Resíduos padronizados



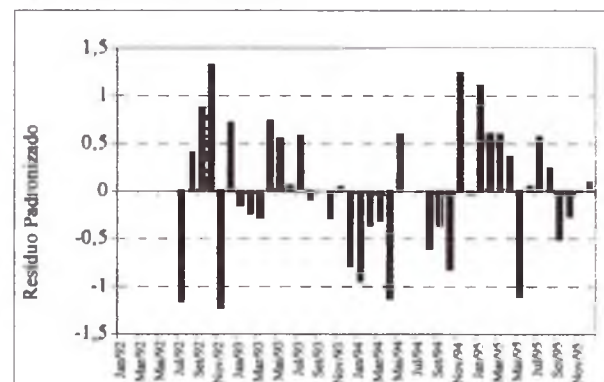
l) Volumes observados e estimados



m) Resíduos padronizados



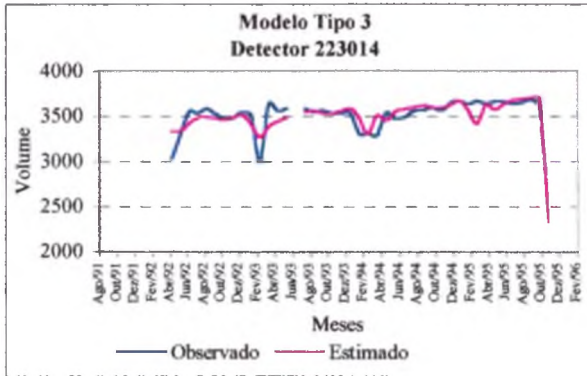
n) Volumes observados e estimados



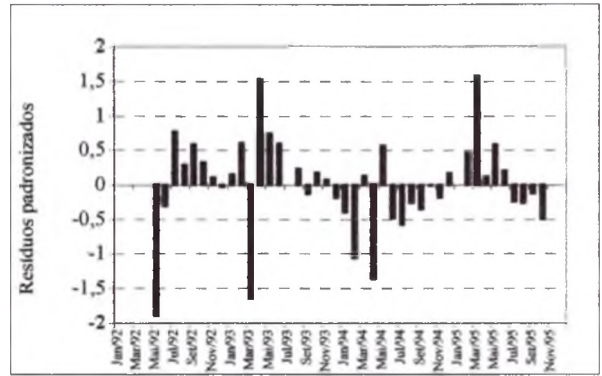
o) Resíduos padronizados

Observação: os dados do Modelo 223033 foram perdidos

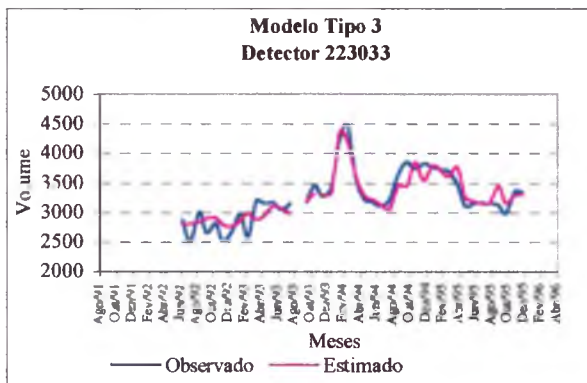
Figura E.3 – Análise de Resíduos MT3



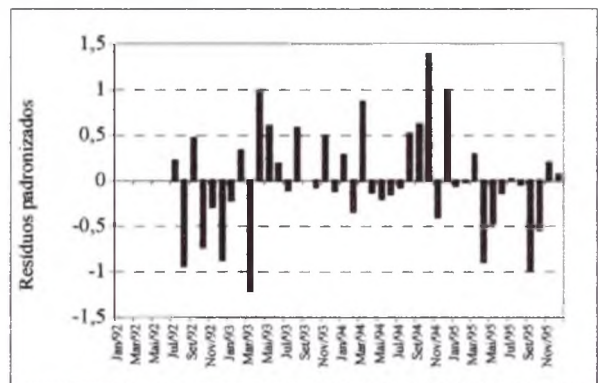
a) Volumes observados e estimados



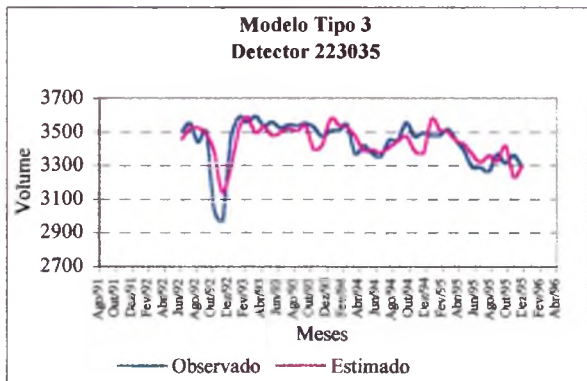
b) Resíduos padronizados



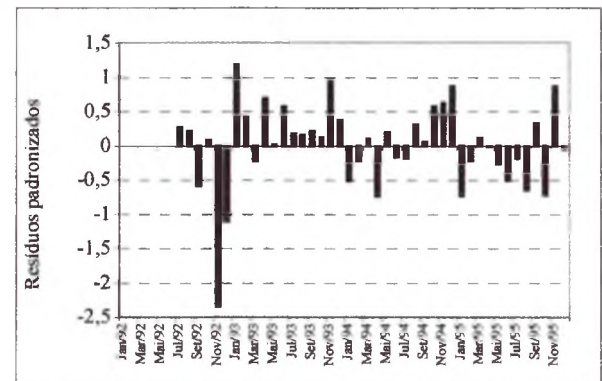
c) Volumes observados e estimados



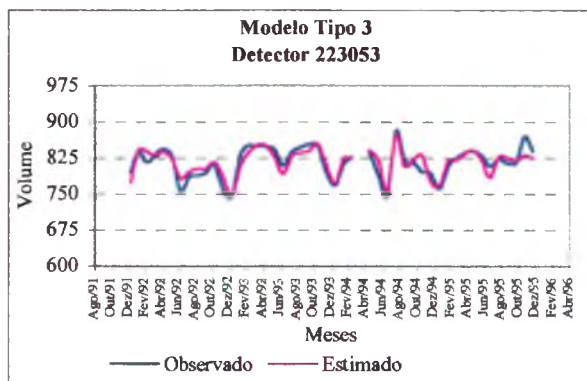
d) Resíduos padronizados



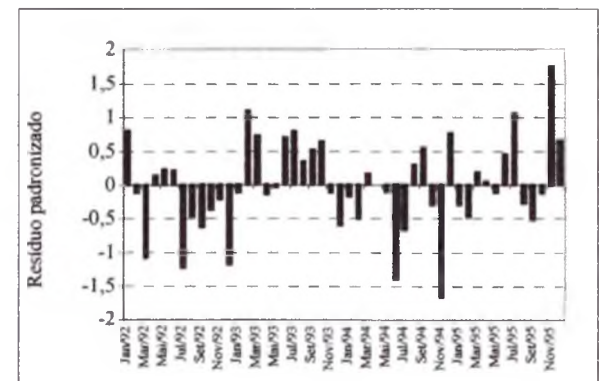
e) Volumes observados e estimados



f) Resíduos padronizados

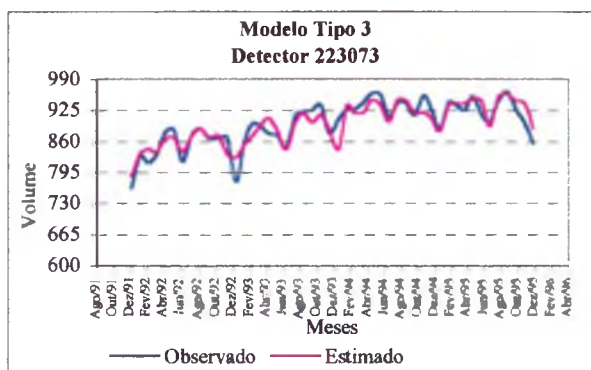


g) Volumes observados e estimados

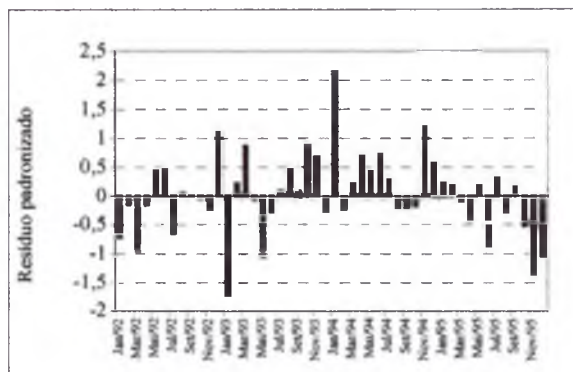


h) Resíduos padronizados

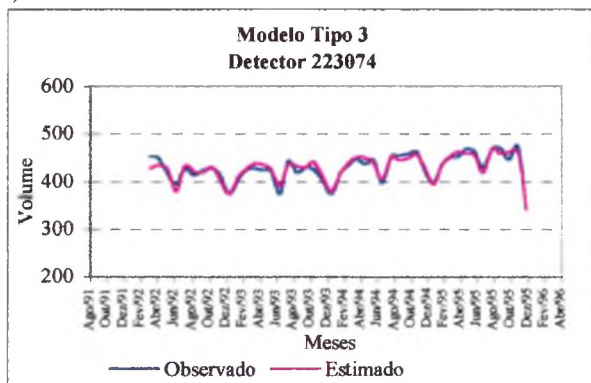
Continuação da Figura E.3 – Análise de Resíduos MT3



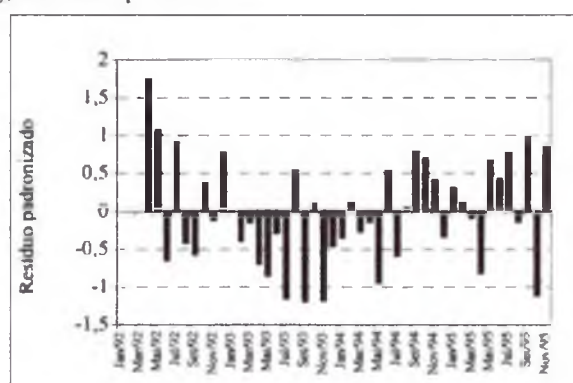
i) Volumes observados e estimados



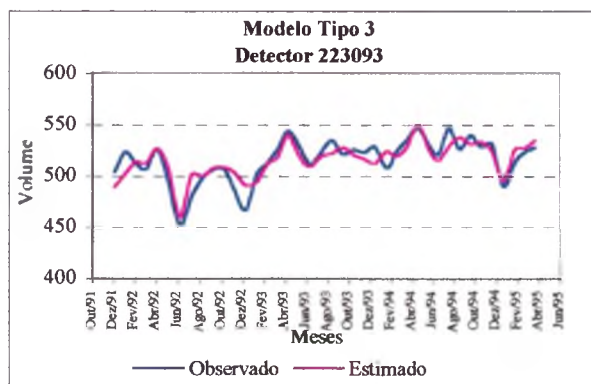
j) Resíduos padronizados



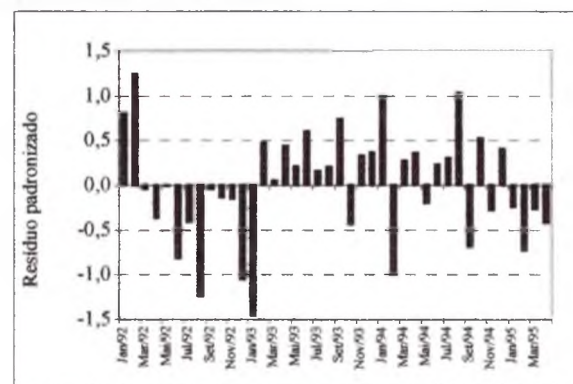
l) Volumes observados e estimados



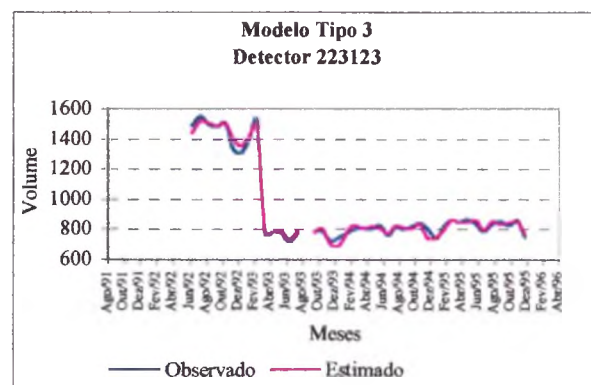
m) Resíduos padronizados



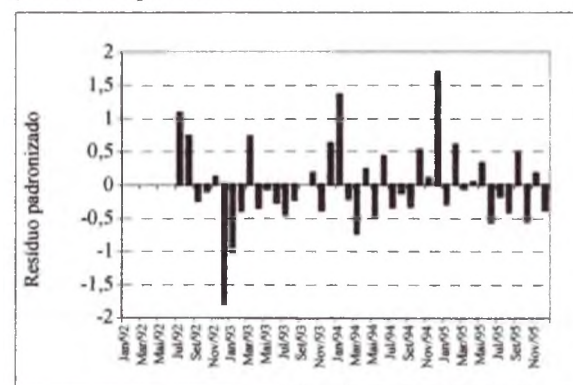
n) Volumes observados e estimados



o) Resíduos padronizados

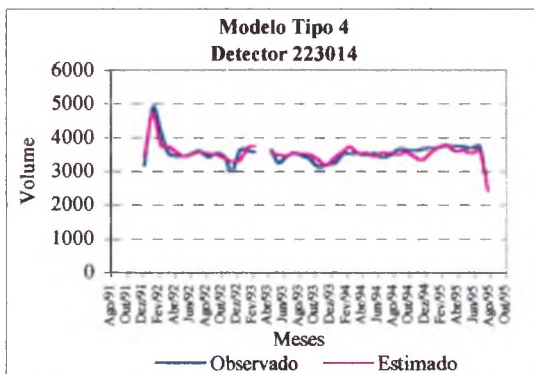


p) Volumes observados e estimados

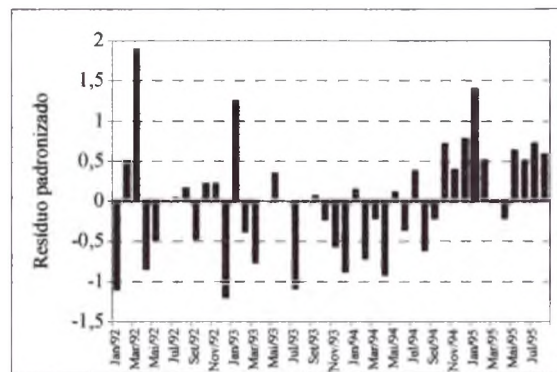


q) Resíduos padronizados

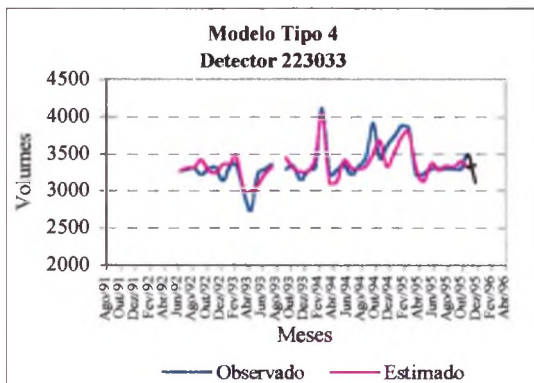
Figura E.4 – Análise de Resíduos MT4



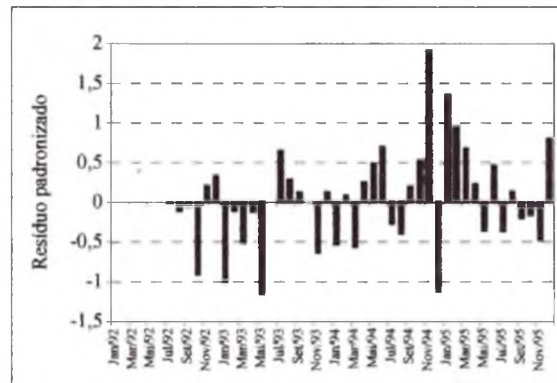
a) Volumes observados e estimados



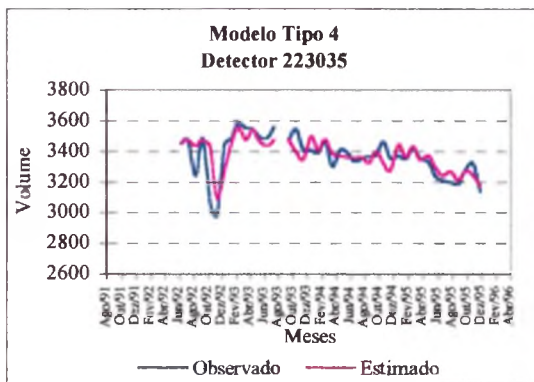
b) Resíduos padronizados



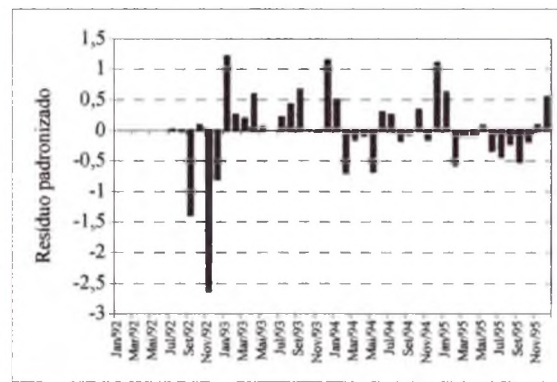
c) Volumes observados e estimados



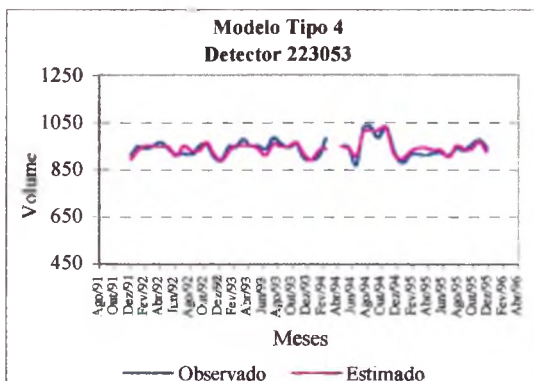
d) Resíduos padronizados



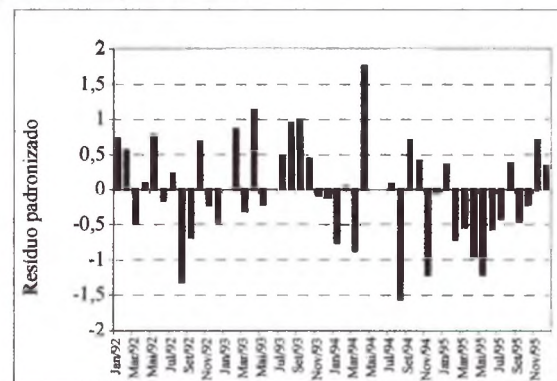
e) Volumes observados e estimados



f) Resíduos padronizados

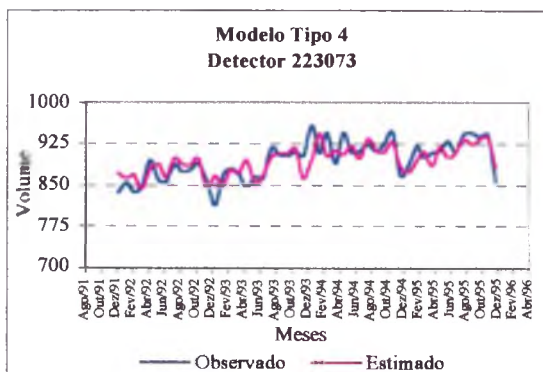


g) Volumes observados e estimados

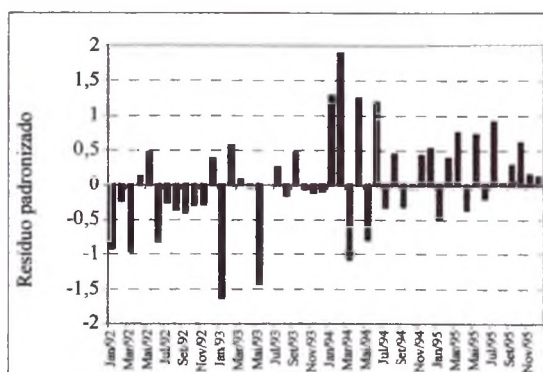


h) Resíduos padronizados

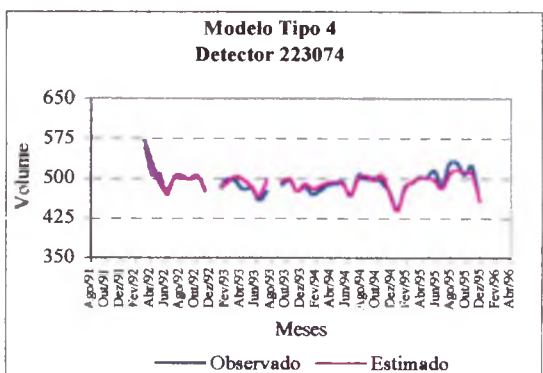
Continuação da Figura E.4 – Análise de Resíduos MT4



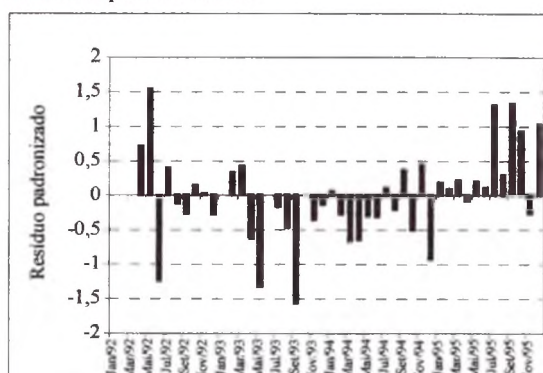
i) Volumes observados e estimados



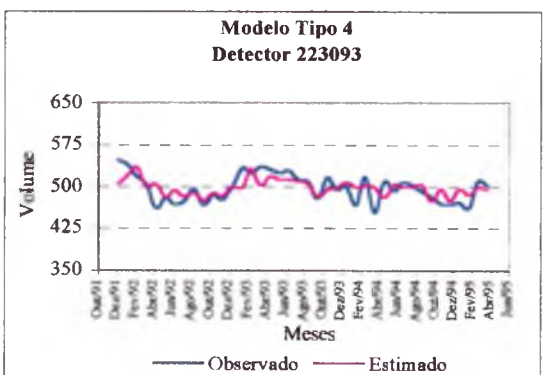
j) Resíduos padronizados



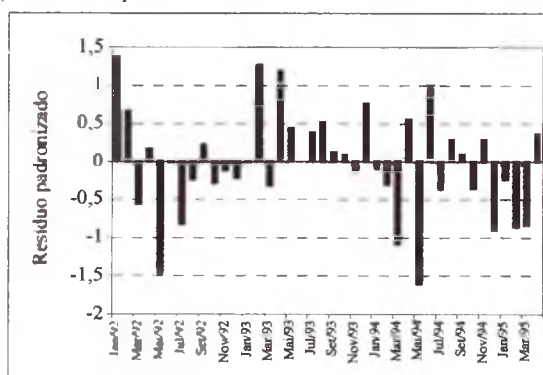
l) Volumes observados e estimados



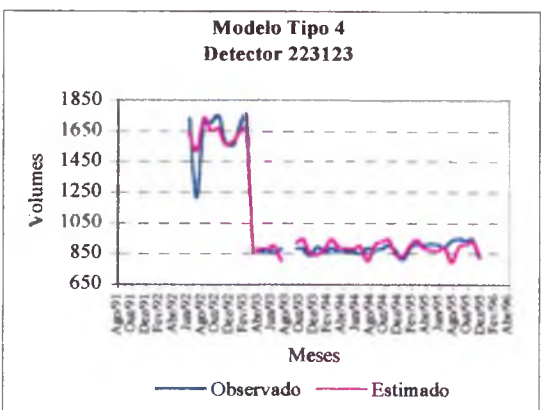
m) Resíduos padronizados



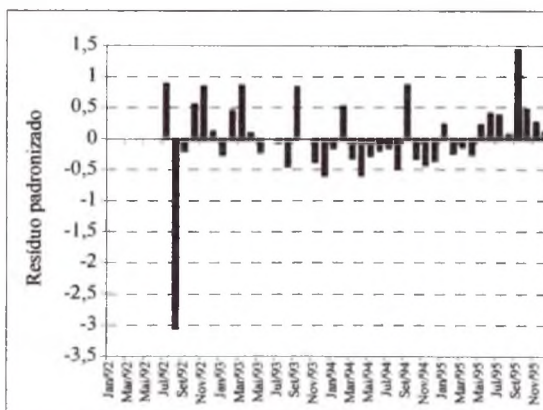
n) Volumes observados e estimados



o) Resíduos padronizados

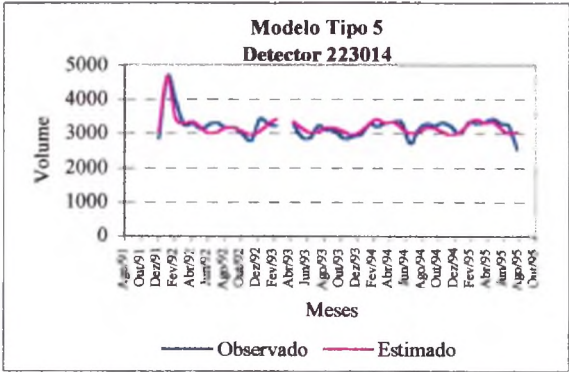


p) Volumes observados e estimados

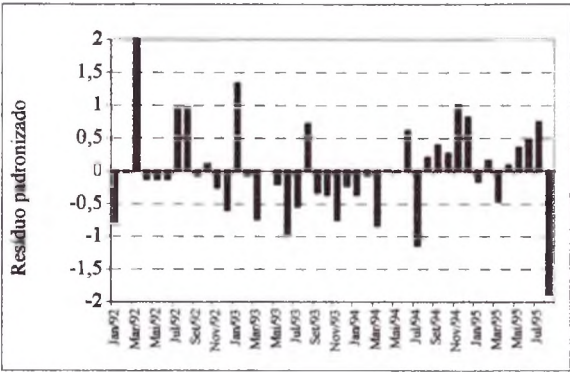


q) Resíduos padronizados

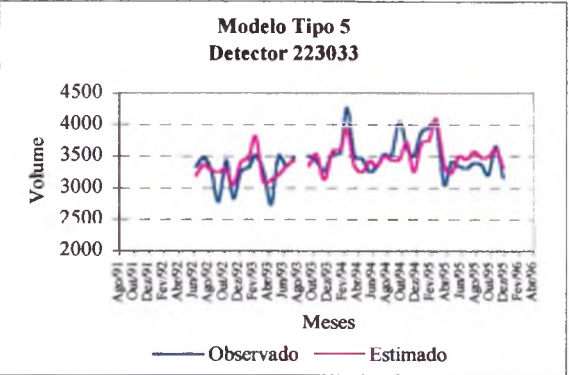
Figura E.5 – Análise de Resíduos MT5



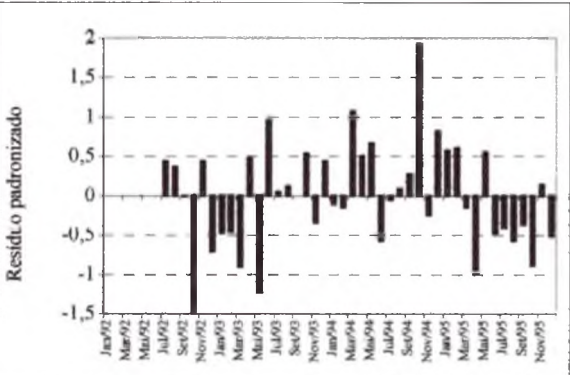
a) Volumes observados e estimados



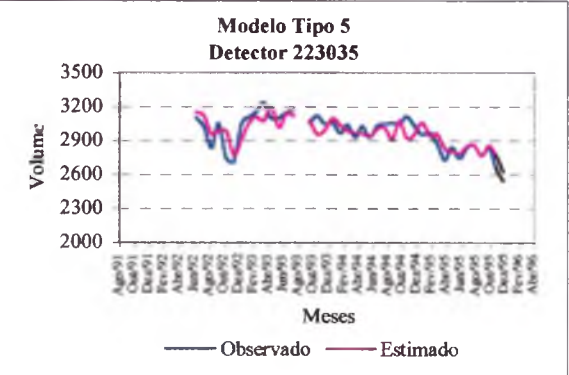
b) Resíduos padronizados



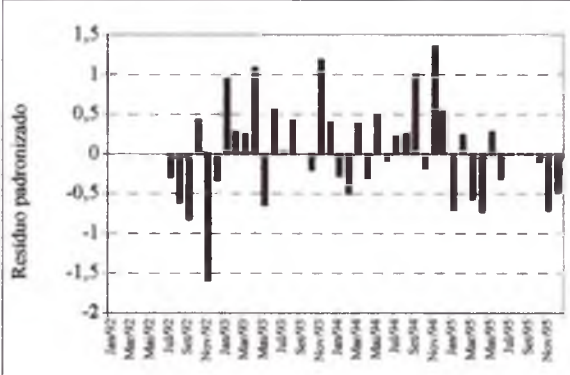
c) Volumes observados e estimados



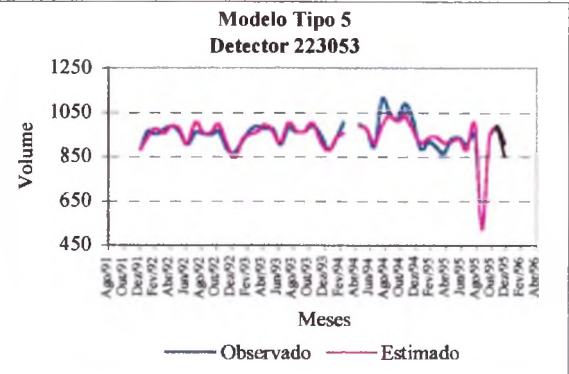
d) Resíduos padronizados



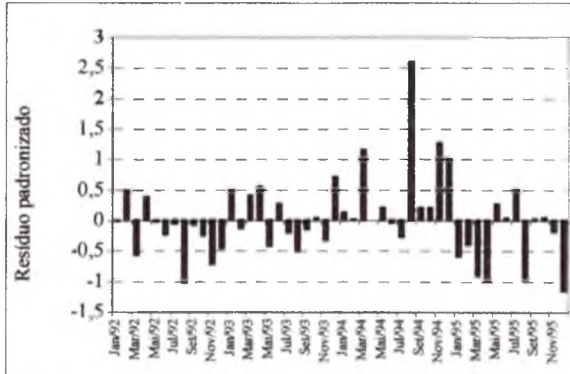
e) Volumes observados e estimados



f) Resíduos padronizados

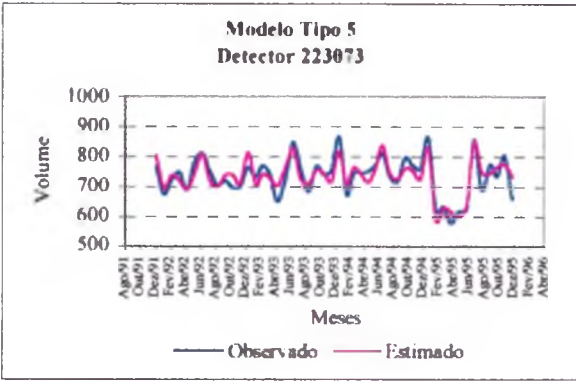


g) Volumes observados e estimados

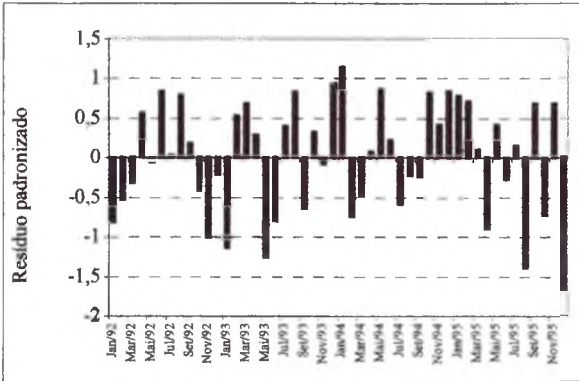


h) Resíduos padronizados

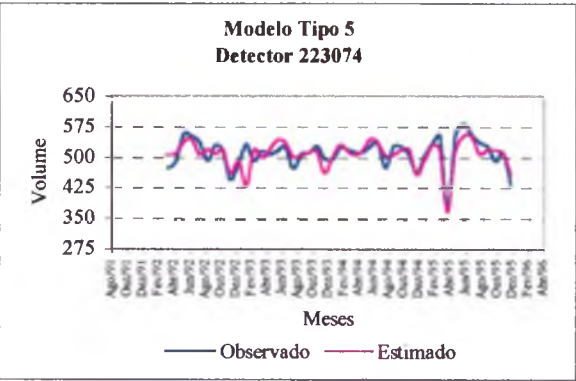
Continuação da Figura E.5 – Análise de Resíduos MT5



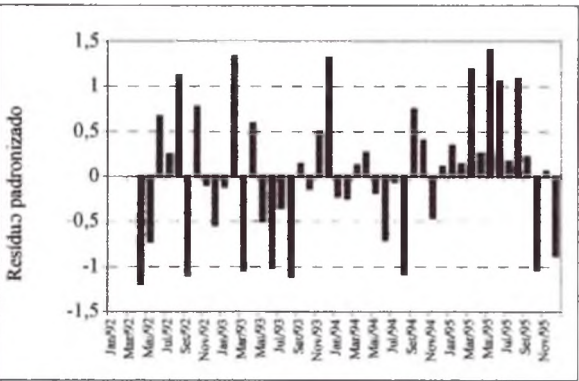
i) Volumes observados e estimados



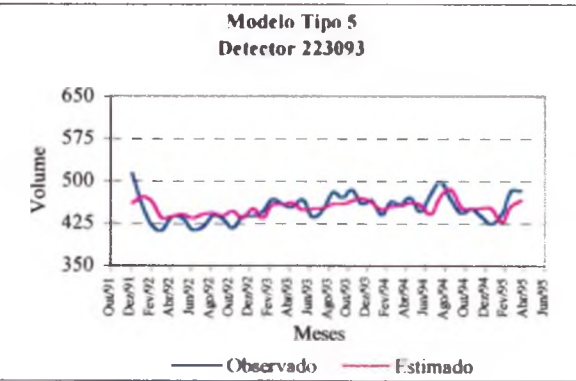
j) Resíduos padronizados



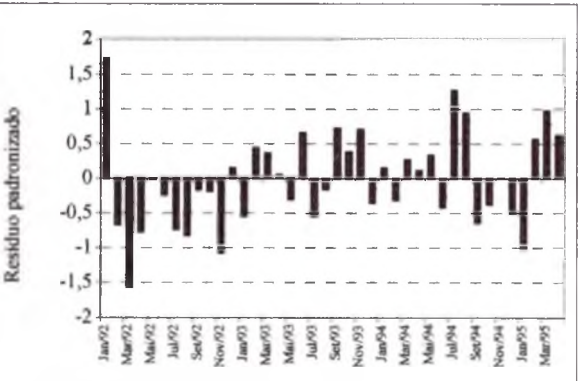
l) Volumes observados e estimados



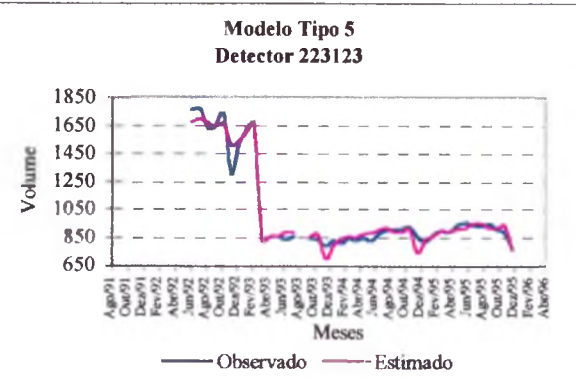
m) Resíduos padronizados



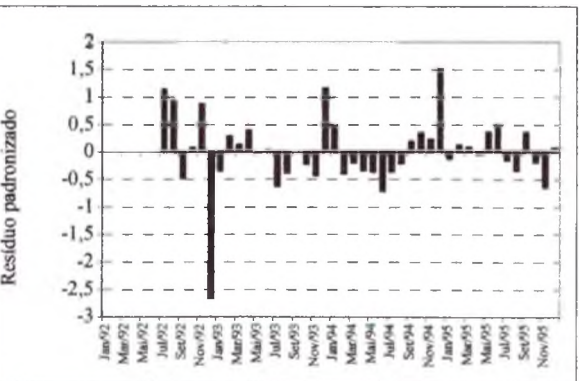
n) Volumes observados e estimados



o) Resíduos padronizados



p) Volumes observados e estimados



q) Resíduos padronizados

APÊNDICE F
LINKS CRÍTICOS

Tabela F.1 – Dados para a determinação dos *links* críticos no mês de Julho/92 no horário de 08:00 às 09:00: com 10%

Otimização com 10%				Simulação com 10%		
Ciclo = 130		PI= 158,4		Ciclo = 110		PI = 164,9
NÓ 1	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - 1	75	7,86	725	84	8,01	722
EB - T	72	2,12	304	71	1,80	311
WB - T	82	18,84	2630	81	14,43	2445
TOTAL	229	28,82	3659	84	24,24	3478
NÓ 2	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
NB - R	91	7,00	276	97	9,18	280
SB - T	52	8,43	670	52	7,08	655
EB - T	75	14,95	2110	78	13,66	2224
WB - T	92	11,58	708	96	18,68	1591
TOTAL	310	41,96	3764	96	48,60	4750
NÓ 3	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
EB - T	56	2,32	707	58	3,04	898
EB - L	69	5,60	391	60	4,11	369
WB - T	86	2,48	63	95	8,20	90
TOTAL	211	10,40	1161	95	15,35	1357
NÓ 4	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	72	6,19	401	67	3,48	344
WB - T	61	7,95	949	69	9,11	1097
TOTAL	133	14,14	1350	69	12,59	1441
NÓ 7	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	58	3,30	444	59	3,19	436
EB - T	42	3,80	302	43	3,28	299
TOTAL	100	7,10	746	59	6,47	735
NÓ 9	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	75	10,33	1135	77	9,82	1186
EB - T	67	5,00	407	68	4,40	411
WB - T	82	5,68	385	83	5,24	386
TOTAL	224	21,01	1927	83	19,46	1983

Obs: X é o grau de saturação.

Tabela F.2 – Dados para a determinação dos *links* críticos no mês de Julho/92 no horário de 08:00 às 09:00: com 20%

Otimização com 20%				Simulação com 20%		
Ciclo = 110 PI= 221,00				Ciclo = 110 PI = 395,7		
NÓ 1	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - 1	76	12,63	920	92	12,19	859
EB - T	79	3,41	375	78	2,20	330
WB - T	90	29,34	3221	88	18,184	2980
TOTAL	90	45,38	4516	92	32,574	4169
NÓ 2	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
NB - R	99	13,77	310	105	20,70	320
SB - T	58	11,69	753	56	7,94	739
EB - T	79	19,97	2359	85	16,73	2612
WB - T	97	18,83	1260	104	120,01	3011
TOTAL	99	64,26	4682	105	165,38	6682
NÓ 3	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
EB - T	59	2,39	703	63	3,67	1062
EB - L	82	8,72	452	66	4,68	409
WB - T	89	3,13	42	104	93,63	193
TOTAL	89	14,24	1197	104	101,98	1664
NÓ 4	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	78	7,02	398	73	4,32	384
WB - T	62	9,28	1000	75	10,69	1263
TOTAL	78	16,30	1398	75	15,01	1647
NÓ 7	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	53	2,18	385	64	3,59	499
EB - T	69	7,20	386	47	3,63	335
TOTAL	69	9,38	771	64	7,22	834
NÓ 9	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	82	15,76	1360	84	12,06	1378
EB - T	70	6,71	453	74	5,15	462
WB - T	86	7,80	436	91	7,68	443
TOTAL	86	30,27	2249	91	24,89	2283

Obs: X é o grau de saturação.

Tabela F.3 – Dados para a determinação dos *links* críticos no mês de Julho/92 no horário de 08:00 às 09:00: com 30%

Otimização com 30%				Simulação com 30%		
Ciclo = 200 PI= 304,1				Ciclo = 110 PI = 1006,3		
NÓ 1	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - 1	87	17,40	1031	99	24,82	988
EB - T	82	5,14	1118	84	2,95	331
WB - T	94	39,62	3685	96	29,07	3659
TOTAL	94	62,16	5834	99	56,84	4978
NÓ 2	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
NB - R	108	30,78	348	114	42	348
SB - T	69	17,76	875	61	8,82	811
EB - T	80	23,87	2485	92	21,84	3063
WB - T	98	22,90	701	113	396,25	4294
TOTAL	108	95,31	4409	114	468,91	8516
NÓ 3	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
EB - T	62	2,24	655	68	4,45	1264
EB - L	92	97,20	512	71	5,32	456
WB - T	92	4,20	48	112	350,47	203
TOTAL	92	190,62	1215	112	360,24	1923
NÓ 4	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	80	9,81	467	79	5,3	434
WB - T	65	12,44	1115	81	12,64	1435
TOTAL	80	22,25	1582	81	17,94	1869
NÓ 7	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	66	6,25	480	70	4,07	567
EB - T	49	6,90	365	51	4,01	365
TOTAL	66	13,15	845	70	8,08	932
NÓ 9	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	88	22,40	1553	91	15,79	1598
EB - T	74	9,34	510	80	6,17	517
WB - T	91	11,68	494	99	14,44	498
TOTAL	91	43,42	2557	99	36,40	2613

Obs: X é o grau de saturação.

Tabela F.4 – Dados para a determinação dos *links* críticos no mês de Julho/92 no horário de 14:00 às 15:00: com 10%

Otimização com 10%				Simulação com 10%		
Ciclo = 140 PI = 184,9				Ciclo = 110 PI = 199,5		
NÓ 1	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - 1	51	3,49	509	66	4,62	499
EB - T	83	3,92	385	77	2,37	426
WB - T	81	19,97	2503	76	12,22	2150
TOTAL	83	27,38	3397	77	19,21	3075
NÓ 2	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
NB - R	94	8,77	301	104	18,76	318
SB - T	60	10,85	802	60	8,73	795
EB - T	88	23,08	2841	91	21,32	2991
WB - T	94	14,12	1627	98	29,15	2554
TOTAL	94	56,82	5571	104	77,96	6658
NÓ 3	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
EB - T	65	3,19	926	68	3,89	1153
EB - L	83	8,66	514	75	5,78	483
WB - T	86	2,26	24	95	7,92	241
TOTAL	86	14,11	1464	95	17,59	1877
NÓ 4	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	78	6,22	431	82	6,02	414
WB - T	50	6,74	704	53	6,15	745
TOTAL	78	12,96	1135	82	12,17	1159
NÓ 7	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	56	2,03	476	56	1,55	408
EB - T	64	5,54	337	70	4,73	341
TOTAL	64	7,57	813	70	6,28	749
NÓ 9	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	82	14,05	1372	86	13,10	1428
EB - T	79	7,29	514	78	5,96	516
WB - T	69	4,18	306	69	3,40	305
TOTAL	82	25,52	2192	86	22,46	2249

Obs: X é o grau de saturação.

Tabela F.5 – Dados para a determinação dos *links* críticos no mês de Julho/92 no horário de 14:00 às 15:00: com 20%

Otimização com 20%				Simulação com 20%		
Ciclo = 160 PI = 261,0				Ciclo = 110 PI = 529,3		
Nº 1	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - 1	72	7,15	669	72	5,32	556
EB - T	80	2,89	332	84	3,22	433
WB - T	79	17,40	2394	83	15,37	2606
TOTAL	80	27,44	3395	84	23,91	3595
Nº 2	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
NB - R	110	34,68	348	114	42,01	348
SB - T	71	15,00	926	65	9,82	894
EB - T	90	26,95	3137	99	46,16	3614
WB - T	97	25,72	3689	107	200,54	3742
TOTAL	110	102,35	8100	114	298,53	8598
Nº 3	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
EB - T	69	3,68	1032	74	4,97	1419
EB - L	92	13,28	582	81	6,97	543
WB - T	92	4,68	33	103	87,79	340
TOTAL	92	21,64	1647	103	99,73	2302
Nº 4	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	85	9,21	527	90	8,41	471
WB - T	50	6,97	704	57	6,96	836
TOTAL	85	16,18	1231	90	15,37	1307
Nº 7	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	65	4,25	520	61	2,10	493
EB - T	54	5,86	345	76	5,48	376
TOTAL	65	10,11	865	76	7,58	869
Nº 9	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	87	17,20	1519	94	19,03	1685
EB - T	88	10,96	600	85	7,51	582
WB - T	77	5,91	358	75	4,05	344
TOTAL	88	34,07	2477	94	30,59	2611

Obs: X é o grau de saturação.

Tabela F.6 – Dados para a determinação dos *links* críticos no mês de Julho/92 no horário de 14:00 às 15:00: com 30%

Otimização com 30%				Simulação com 30%		
Ciclo = 210 PI = 402,2				Ciclo = 110 PI = 1398,0		
NÓ 1	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - 1	75	9,89	727	78	6,18	610
EB - T	86	4,63	357	91	5,60	434
WB - T	85	26,68	2872	90	20,17	3164
TOTAL	86	41,20	3956	91	31,95	4208
NÓ 2	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
NB - R	118	62,52	377	123	78,59	377
SB - T	81	23,62	1069	71	11,02	994
EB - T	92	37,85	3518	108	225,18	4233
WB - T	99	45,52	4238	116	533,34	4548
TOTAL	118	169,51	9202	116	848,13	10152
NÓ 3	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
EB - T	72	3,72	991	80	6,63	1790
EB - L	98	23,35	650	88	8,84	605
WB - T	98	15,68	114	112	340,86	347
TOTAL	98	42,75	1755	112	356,33	2742
NÓ 4	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	86	16,62	622	97	14,51	535
WB - T	51	8,80	743	62	7,86	941
TOTAL	86	25,42	1365	97	22,37	1476
NÓ 7	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	69	6,65	661	66	2,70	578
EB - T	56	8,39	381	83	6,54	411
TOTAL	69	15,04	1042	83	9,24	989
NÓ 9	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	92	27,17	1779	102	51,60	1995
EB - T	93	16,68	669	92	10,66	656
WB - T	81	8,42	394	81	4,96	385
TOTAL	93	52,27	2842	102	67,22	3036

Obs: X é o grau de saturação.

Tabela F.7 – Dados para a determinação dos *links* críticos no mês de Julho/92 no horário de 17:00 às 18:00: com 10%

Otimização com 10%				Simulação com 10%		
Ciclo = 120 PI = 187,7				Ciclo = 110 PI = 190,2		
Nº 1	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - 1	67	6,72	703	71	5,94	404
EB - T	76	2,48	361	75	2,35	374
WB - T	72	12,07	1933	71	10,61	1877
TOTAL	76	21,27	2997	75	18,90	2655
Nº 2	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
NB - R	96	9,77	315	98	11,09	322
SB - T	56	8,39	757	55	7,99	766
EB - T	91	23,46	2936	94	24,96	3048
WB - T	86	10,75	1052	88	12,76	1348
TOTAL	96	52,37	5060	98	56,8	5484
Nº 3	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
EB - T	65	3,51	1029	66	3,67	1095
EB - L	71	5,83	452	69	5,04	434
WB - T	84	3,34	238	87	3,91	228
TOTAL	84	12,68	1719	87	12,62	1757
Nº 4	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	80	6,56	549	85	5,95	477
WB - T	77	12,04	1274	79	12,07	1324
TOTAL	80	18,60	1823	85	18,02	1802
Nº 7	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	63	2,80	413	57	2,18	533
EB - T	46	3,58	280	65	4,26	313
TOTAL	63	6,38	693	65	6,44	846
Nº 9	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	93	18,79	1625	93	17,46	1613
EB - T	93	11,90	694	96	13,62	705
WB - T	73	4,17	348	75	4,07	351
TOTAL	93	34,86	2667	96	35,15	2669

Obs: X é o grau de saturação.

Tabela F.8 – Dados para a determinação dos *links* críticos no mês de Julho/92 no horário de 17:00 às 18:00: com 20%

Otimização com 20%				Simulação com 20%		
Ciclo = 150 PI = 269,1				Ciclo = 110 PI = 351,8		
NÓ 1	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - 1	60	7,82	740	78	6,90	464
EB - T	87	6,11	506	82	3,01	392
WB - T	82	23,02	2643	78	12,90	2226
TOTAL	87	36,95	3889	82	22,81	3082
NÓ 2	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
NB - R	103	20,61	364	107	25,82	367
SB - T	64	12,51	877	60	8,96	858
EB - T	93	30,32	3268	102	82,65	3704
WB - T	88	6,86	299	96	22,20	2135
TOTAL	103	70,30	4808	107	139,63	7064
NÓ 3	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
EB - T	70	4,55	1180	72	4,62	1341
EB - L	84	9,14	512	75	5,88	488
WB - T	85	3,93	212	94	8,90	321
TOTAL	85	17,62	1904	94	19,40	2150
NÓ 4	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	84	8,93	589	92	9,09	536
WB - T	77	14,77	1378	86	14,79	1531
TOTAL	84	23,70	1967	92	23,88	2067
NÓ 7	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	68	3,76	466	62	2,49	577
EB - T	49	5,06	319	71	4,87	350
TOTAL	68	8,82	785	71	7,36	927
NÓ 9	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	99	36,75	1876	101	44,98	1927
EB - T	100	23,48	796	104	37,34	827
WB - T	78	5,86	392	82	5,12	400
TOTAL	100	66,09	3064	104	87,44	3154

Obs: X é o grau de saturação.

Tabela F.9 – Dados para a determinação dos *links* críticos no mês de Julho/92 no horário de 17:00 às 18:00: com 30%

Otimização com 30%				Simulação com 30%		
Ciclo = 210 PI = 432,5				Ciclo = 110 PI = 962,0		
Nº 1	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - 1	77	10,36	543	84	7,99	507
EB - T	85	4,71	389	89	4,54	392
WB - T	80	24,05	2520	84	15,96	2652
TOTAL	85	39,12	3452	89	28,49	3551
Nº 2	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
NB - R	107	31,01	398	116	53,78	398
SB - T	71	20,59	1009	65	10,00	942
EB - T	96	47,92	3668	111	305,98	4148
WB - T	90	16,66	3108	104	121,21	3093
TOTAL	107	116,18	8183	116	490,97	8581
Nº 3	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
EB - T	71	3,12	867	78	6,07	1673
EB - L	96	19,12	596	82	7,00	544
WB - T	87	4,64	206	102	71,24	764
TOTAL	96	26,88	1669	102	84,31	2981
Nº 4	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	89	14,37	630	100	18,19	545
WB - T	76	18,04	1400	93	19,85	1757
TOTAL	89	32,41	2030	100	38,04	2302
Nº 7	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	70	4,71	462	67	2,60	577
EB - T	55	7,83	355	77	5,61	381
TOTAL	70	12,54	817	77	8,21	958
Nº 9	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas	X (%)	Atraso T.	Nº Paradas
SB - T	102	67,49	2156	110	152,07	2175
EB - T	109	73,52	906	113	92,02	906
WB - T	86	9,82	448	89	6,99	452
TOTAL	109	150,83	3510	113	251,08	3533

Obs: X é o grau de saturação.