

METODOLOGIAS PARA AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CIRCULAÇÃO EM INTERSEÇÕES CONTROLADAS POR SINAIS LUMINOSOS

IVO EMANUEL MACHADO GONÇALVES

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM VIAS DE COMUNICAÇÃO

Orientador: Professor Doutor José Pedro Maia Pimentel Tavares

FEVEREIRO DE 2013

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2012/2013

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2012/2013- Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2013.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

A Nós

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo o mundo vê.”

Arthur Schopenhauer

AGRADECIMENTOS

A todos os que de alguma forma me auxiliaram na realização da dissertação, o meu muito obrigado, em especial ao meu coordenador da dissertação Professor Doutor José Pedro Tavares, ao meu pai, Victor Gonçalves, e ao meu colega/amigo Pedro Fernandes, a disponibilidade, atenção e compreensão que me dedicaram são profundamente reconhecidas e foram essenciais para o resultado final.

A todos os que me acompanharam ao longo do meu percurso académico e à Secção de Vias de Comunicação, muito obrigado por tornarem o meu trabalho mais fácil.

Aos meus pais, família e amigos, por todo o apoio e motivação demonstrados ao longo dos anos.

Ao meu avô, à minha avó e ao meu padrinho, os ensinamentos são eternos.

RESUMO

O presente relatório é o resultado do trabalho realizado no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Civil na especialização de Vias de Comunicação, tendo como principal objetivo a análise de diferentes metodologias de cálculo aplicadas à avaliação do desempenho de interseções controladas por sinais luminosos e respetiva comparação com valores reais observados numa interseção urbana.

As metodologias de cálculo avaliadas foram as preconizadas no HCM (2010), no Akçelik (1998) bem como o método de Webster, tendo sido estudados os seguintes indicadores de desempenho: atraso, comprimento das filas e número de paragens.

Para a validação dos valores calculados foi escolhida uma interseção semaforizada na cidade do Porto, a interseção entre a rua Dr. Roberto Frias e a via Estruturante do Pólo 2, onde foram observados e recolhidos todos os dados de tráfego indispensáveis, nomeadamente as variáveis de tráfego necessárias para o cálculo dos diferentes indicadores e os valores “reais” dos três indicadores de desempenho.

Os valores obtidos por aplicação dos diferentes métodos foram posteriormente comparados com os valores observados e analisada a aderência dos diferentes métodos à realidade observada.

PALAVRAS-CHAVE: interseções semaforizadas, metodologias de avaliação, indicadores de desempenho

ABSTRACT

The present dissertation presents the work performed under the Master's degree in Civil Engineering - Transport Infrastructures and its main objective was the analysis of different methodologies for the performance evaluation of traffic lights and the comparison with real values observed in an urban intersection.

The calculation methodologies evaluated, were the ones described in HCM (2010), Akçelik (1998) and the Webster method, having been studied the following performance indicators: delay, queue length and number of stops.

For the validation of the calculated values, was chosen a signalized intersection in the city of Porto, the intersection between de street Dr. Roberto Frias and the Via Estruturante do Pólo 2, where were observed and collected all the necessary traffic data, including traffic variables necessary for the calculation of the different indicators and the real values of the three performance indicators.

The values obtained with these methods were compared with the observed values and determined which of the three methods provides values more similar to the real ones.

KEYWORDS: signalized intersections, evaluation, modelling, simulation.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ÂMBITO DE ESTUDO E ENQUADRAMENTO GERAL	1
1.2. OBJETIVOS DO TRABALHO	2
1.3. ESTRUTURAÇÃO E CONTEÚDOS DO TRABALHO	3
2. ENQUADRAMENTO	5
2.1. INTRODUÇÃO	5
2.2. TIPOLOGIAS DE CRUZAMENTOS	6
2.3. TIPOS DE MANOBRAS E PONTOS DE CONFLITO	7
2.4. CRUZAMENTOS SEMAFORIZADOS	8
2.4.1. SINAIS LUMINOSOS DE TEMPO FIXO	10
2.4.2. SINAIS LUMINOSOS ATUADOS PELO TRÁFEGO (MICRO-REGULAÇÃO)	11
2.5. RECOLHA DE DADOS	13
2.5.1. INTRODUÇÃO	13
2.5.2. PROGRAMA DE RECOLHA DE DADOS DE TRÁFEGO	13
2.5.2.1. Definição de objetivos	13
2.5.2.2. Disponibilidade dos dados existentes e definição das variáveis a medir	14
2.5.2.3. Seleção dos métodos, técnicas e equipamento de recolha.....	14
2.5.2.4. Definição da amostra	14
2.5.3. MEDIÇÃO DOS VOLUMES DE TRÁFEGO	16
2.5.3.1. Técnicas de contagem de veículos	16
2.5.4. PERÍODO DE ESTUDO E PERÍODO DE ANÁLISE	18
3. MÉTODOS	21
3.1. HCM 2010	21
3.1.1. MEDIDAS DE DESEMPENHO.....	21
3.1.2. DETERMINAÇÃO DE GRUPO DE MOVIMENTOS E DE VIAS	23
3.1.3. DETERMINAÇÃO DO DÉBITO DE SATURAÇÃO DO GRUPO DE MOVIMENTOS	24

3.1.4. DETERMINAÇÃO DO DÉBITO DE SATURAÇÃO DO GRUPO DE VIAS	24
3.1.5. DETERMINAÇÃO DO DÉBITO DE SATURAÇÃO	24
3.1.5.1. Débito de saturação base	25
3.1.5.2. Ajustamento da largura de via	25
3.1.5.3. Ajustamento devido à presença de veículos pesados	25
3.1.5.4. Ajustamento devido ao declive das aproximações	25
3.1.5.5. Ajustamento devido ao estacionamento	26
3.1.5.6. Ajustamento para bloqueamento por autocarro	26
3.1.5.7. Ajustamento face ao tipo de área	26
3.1.5.8. Ajustamento da utilização da via	27
3.1.5.9. Ajustamento para viragens à direita	27
3.1.5.10. Ajustamento para viragens à esquerda	27
3.1.5.11. Ajustamento para peões e bicicletas	27
3.1.6. DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE E DO RÁCIO VOLUME/CAPACIDADE	28
3.1.7. ATRASO	28
3.1.7.1 Atraso uniforme e Tamanho da fila	29
3.1.7.2. Atraso incremental	30
3.1.7.3. Atraso inicial da fila	31
3.2. MÉTODO DE WEBSTER	32
3.2.1. DÉBITO DE SATURAÇÃO TEÓRICO	32
3.2.1.1. Fator de ajustamento devido à largura da via	33
3.2.1.2. Fator de ajustamento devido ao declive da via	33
3.2.1.3. Fator de ajustamento devido à localização do cruzamento	33
3.2.1.4. Fator de ajustamento devido à localização da via	34
3.2.1.5. Fator de ajustamento devido à composição da corrente de tráfego	34
3.2.1.6. Fator de ajustamento devido à mudança de direção	35
3.2.3. EQUAÇÃO DO ATRASO DE WEBSTER	35
3.3. AKÇELIK	36
3.3.1. MEDIDAS DE DESEMPENHO	36
3.3.2. FILA EM SITUAÇÃO DE SOBRESSATURACÃO	36
3.3.3. COMPRIMENTO DA FILA	39
3.3.4. ATRASO	40
3.3.5. NÚMERO DE PARAGENS	41
3.3.6. CAPACIDADE E GRAU DE SATURAÇÃO	42
3.3.7. ESTIMAÇÃO DO DÉBITO DE SATURAÇÃO	43
3.3.7.1. O método	43
3.3.7.2. Tabela básica	44
3.3.7.3. Fatores de ajustamento	44
3.3.7.4. Fator de ajustamento da largura da via	45
3.3.7.5. Fator de ajustamento do declive	45
3.3.7.6. Fator de ajustamento da composição do tráfego	46
4. ESTUDO DE UMA INTERSEÇÃO	49
4.1. INTERSEÇÃO A ESTUDAR	49

4.1.1. RECOLHA DE DADOS	50
4.1.2. PLANO DE REGULAÇÃO	51
4.2. DÉBITO DE SATURAÇÃO PRÁTICO E TEMPO PERDIDO	51
5. ANÁLISE DOS DADOS	55
5.1. INTRODUÇÃO	55
5.2. DÉBITOS DE SATURAÇÃO	56
5.2.1. RUA DR. ROBERTO FRIAS	56
5.2.1.1. Via direita	56
5.2.1.2. Via esquerda	57
5.2.2. VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2.	57
5.2.2.1. Via direita	58
5.2.2.2. Via esquerda	58
5.3. ATRASO	59
5.3.1. RUA DR. ROBERTO FRIAS	59
5.3.1.1. Via direita	59
5.3.1.2. Via esquerda	60
5.3.2. VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2	61
5.3.2.1. Via direita	62
5.3.2.2. Via esquerda	62
5.4. TAMANHO DA FILA NO INÍCIO DO VERDE	63
5.4.1. RUA DR. ROBERTO FRIAS	63
5.4.1.1. Via direita	64
5.4.1.2. Via esquerda	65
5.4.2. VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2	65
5.4.2.1. Via direita	65
5.4.2.2. Via esquerda	66
5.5. TAMANHO MÁXIMO DA FILA	67
5.5.1. RUA DR. ROBERTO FRIAS	67
5.5.1.1. Via direita	67
5.5.1.2. Via esquerda	68
5.5.2. VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2	68
5.5.2.1. Via direita	68
5.5.2.2. Via esquerda	69
5.6. NÚMERO DE PARAGENS	70
5.6.1. RUA DR. ROBERTO FRIAS	70
5.6.1.1. Via direita	70
5.6.1.2. Via esquerda	71
5.6.2. VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2	72
5.6.2.1. Via direita	72
5.6.2.2. Via esquerda	73

5.7. RELAÇÃO ENTRE O GRAU DE SATURAÇÃO E O ATRASO	74
5.7.1. RUA DR. ROBERTO FRIAS	74
5.7.1.1. Via direita.....	74
5.7.1.2. Via esquerda.....	75
5.7.2. VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2.....	76
5.7.2.1. Via direita.....	76
5.7.2.2. Via esquerda.....	77
5.8. RELAÇÃO ENTRE O GRAU DE SATURAÇÃO E A FILA NO INÍCIO DE VERDE	78
5.8.1. RUA DR. ROBERTO FRIAS	78
5.8.1.1. Via direita.....	78
5.8.1.2. Via esquerda.....	78
5.8.2. VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2.....	79
5.8.2.1. Via direita.....	79
5.8.2.2. Via esquerda.....	80
5.9. RELAÇÃO ENTRE O GRAU DE SATURAÇÃO E O COMPRIMENTO MÁXIMO DA FILA	81
5.9.1. RUA DR. ROBERTO FRIAS.....	81
5.9.1.1. Via direita.....	81
5.9.1.2. Via esquerda.....	81
5.9.2. VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2.....	82
5.9.2.1. Via direita.....	82
5.9.2.2. Via esquerda.....	83
5.10. RELAÇÃO ENTRE O GRAU DE SATURAÇÃO E O NÚMERO DE PARAGENS.....	83
5.10.1. RUA DR. ROBERTO FRIAS	83
5.10.1.1. Via direita.....	83
5.10.1.2. Via esquerda.....	84
5.10.2. VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2.....	85
5.10.2.1. Via direita.....	85
5.10.2.2. Via esquerda.....	86
6. CONCLUSÃO	87
BIBLIOGRAFIA	91
ANEXOS.....	93

ÍNDICE FIGURAS

Fig. 1 - Exemplo de manobra de divergência (Macedo, 2005)	8
Fig. 2 - Exemplo de manobra de convergência (Macedo, 2005)	8
Fig. 3 - Exemplo de manobra de entrecruzamento (Macedo, 2005)	8
Fig. 4 - Exemplo de manobra de interseção (Macedo, 2005)	8
Fig. 5 - Três abordagens de estudo alternativas (Adaptado de TRB, 2010)	18
Fig. 6 - Polígono de acumulação da decomposição da fila (Adaptado de TRB, 2010)	29
Fig. 7 - Exemplo que ilustra o conceito de fila em regime de sobressaturação (Adaptado de Akçelik, 1998)	37
Fig. 8 - Exemplo da média da fila em regime de sobressaturação em função do grau de saturação (Adaptado de Akçelik, 1998)	39
Fig. 9 - Exemplo da média do atraso em função do grau de saturação (eq. 32 e 33) (Adaptado de Akçelik, 1998)	41
Fig. 10 - Exemplos de taxas de paragem em função do grau de saturação (equação 34) (Adaptado de Akçelik, 1998)	42
Fig. 11 - Localização da interseção.....	49
Fig. 12 - Pontos de controlo	50
Fig. 13 - Identificação das vias.....	51
Fig. 14 - Identificação dos períodos (Acetatos de Circulação e Transportes 1, 2011)	52

ÍNDICE TABELAS

Tabela 1 - Classificações LOS (Adaptado de TRB, 2010).....	23
Tabela 2 - Fator de ajustamento devido à largura de via (Adaptado de TRB, 2010)	25
Tabela 3 - Coeficientes de equivalência (Adaptado de Xavier, 2008)	35
Tabela 4 - Média dos débitos de saturação em veículos ligeiros para movimentos em frente por hora (tcu/h) para estimação (Adaptado de Akçelik, 1998)	44
Tabela 5 - Equivalência de veículos ligeiros para movimentos em frente (tcu/veíc) para diferentes tipos de veículos e viragens (Adaptado de Akçelik, 1998)	46
Tabela 6 - Tabela de exemplo para o cálculo do fator de ajustamento da composição do tráfego (Adaptado de Akçelik, 1998)	47
Tabela 7 - Data e intervalo de tempo de cada período de estudo	50

ÍNDICE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Débitos de saturação para a rua Dr. Roberto Frias	56
Gráfico 2 - Débitos de saturação para a Via Estruturante do Pólo 2	58
Gráfico 3 - Atraso para a via da direita na rua Dr. Roberto Frias	60
Gráfico 4 - Atraso para a via da esquerda na rua Dr. Roberto Frias	61
Gráfico 5 - Atraso para a via da direita na via Estruturante do Pólo 2	62
Gráfico 6 - Atraso para a via da esquerda na via Estruturante do Pólo 2	63
Gráfico 7 - Tamanho da fila no início de verde, para a via da direita na rua Dr. Roberto Frias	64
Gráfico 8 - Tamanho da fila no início de verde, para a via da esquerda na rua Dr. Roberto Frias	65
Gráfico 9 - Tamanho da fila no início de verde, para a via da direita na via Estruturante do Pólo 2	66
Gráfico 10 - Tamanho da fila no início de verde, para a via da esquerda na via Estruturante do Pólo 2	66
Gráfico 11 - Comprimento máximo da fila para a via da direita na rua Dr. Roberto Frias	67
Gráfico 12 - Comprimento máximo da fila para a via da esquerda na rua Dr. Roberto Frias	68
Gráfico 13 - Comprimento máximo da fila para a via da direita na via Estruturante do Pólo 2	69
Gráfico 14 - Comprimento máximo da fila para a via da esquerda na via Estruturante do Pólo 2	70
Gráfico 15 - Número de paragens para a via da direita na rua Dr. Roberto Frias	71
Gráfico 16 - Número de paragens para a via da esquerda na rua Dr. Roberto Frias	72
Gráfico 17 - Número de paragens para a via da direita na via Estruturante do Pólo 2	73
Gráfico 18 - Número de paragens para a via da esquerda na via Estruturante do Pólo 2	74
Gráfico 19 - Relação entre o grau de saturação e o atraso para a via da direita na rua Dr. Roberto Frias	75
Gráfico 20 - Relação entre o grau de saturação e o atraso para a via da esquerda na rua Dr. Roberto Frias	76
Gráfico 21 - Relação entre o grau de saturação e o atraso para a via da direita na via Estruturante do Pólo 2	77
Gráfico 22 - Relação entre o grau de saturação e o atraso para a via da esquerda na via Estruturante do Pólo 2	77
Gráfico 23 - Relação entre o grau de saturação e o nº de veículos na fila no início de verde para a via da direita na rua Dr. Roberto Frias	78
Gráfico 24 - Relação entre o grau de saturação e o nº de veículos na fila no início de verde para a via da esquerda na rua Dr. Roberto Frias	79
Gráfico 25 - Relação entre o grau de saturação e o nº de veículos na fila no início de verde para a via da direita na via Estruturante do Pólo 2	80
Gráfico 26 - Relação entre o grau de saturação e o nº de veículos na fila no início de verde para a via da esquerda na via Estruturante do Pólo 2	80
Gráfico 27 - Relação entre o grau de saturação e o comprimento máximo da fila para a via da direita na rua Dr. Roberto Frias	81
Gráfico 28 - Relação entre o grau de saturação e o comprimento máximo da fila para a via da esquerda na rua Dr. Roberto Frias	82
Gráfico 29 - Relação entre o grau de saturação e o comprimento máximo da fila para a via da direita na via Estruturante do Pólo 2	82
Gráfico 30 - Relação entre o grau de saturação e o comprimento máximo da fila para a via da esquerda na via Estruturante do Pólo 2	83
Gráfico 31 - Relação entre o grau de saturação e o nº de paragens para a via da direita na rua Dr. Roberto Frias	84

Gráfico 32 - Relação entre o grau de saturação e o nº de paragens para a via da esquerda na rua Dr. Roberto Frias	85
Gráfico 33 - Relação entre o grau de saturação e o nº de paragens para a via da direita na via Estruturante do Pólo 2	85
Gráfico 34 - Relação entre o grau de saturação e o nº de paragens para a via da esquerda na via Estruturante do Pólo 2	86

LISTA DE SÍMBOLOS E EXPRESSÕES

HCM:

c - Capacidade (veíc/h)

C - Duração do ciclo (s)

c_A - Capacidade média (veíc/h)

d - Atraso total (s/veíc)

d_1 - Atraso uniforme (s/veíc)

d_2 - Atraso incremental (s/veíc)

d_3 - Atraso devido à fila inicial (s/veíc)

f_a - Fator de ajustamento do tipo de área

f_{bb} - Fator de ajustamento para o efeito de bloqueio criado por autocarros locais que param na interseção

f_g - Fator de ajustamento devido ao declive da aproximação

f_{HV} - Fator de ajustamento dos veículos pesados na corrente de tráfego

f_{Lpb} - Fator de ajustamento de bicicletas e peões para grupos de viragem à esquerda

f_{LT} - Fator de ajustamento de veículos que viram à esquerda num grupo de vias

f_{LU} - Fator de ajustamento da utilização da via

f_p - Fator de ajustamento para a existência de uma via de estacionamento, e atividade de estacionamento adjacente à via

f_{Rpb} - Fator de ajustamento de bicicletas e peões para grupos de viragem à direita

f_{RT} - Fator de ajustamento de veículos que viram à direita num grupo de vias

f_w - Fator de ajustamento da largura da via

I - Fator de ajustamento devido à formação de pelotões

LOS – Nivel de serviço (*Level of Service*)

q - Débito de chegadas (veíc/s)

Q_e - Fila no fim do período de análise (veíc)

Q_{e0} - Fila no fim do período de análise quando $v \geq c_A$ e $Q_b = 0$ (veíc)

s - Débito de saturação (veíc/h)

s_0 - Débito de saturação base (veíc/h)

T - Duração do período de análise (h)

t_A - Duração ajustada da procura não servida no período de análise (h)

$t_{d,i}$ - Duração do intervalo de tempo i durante o qual o débito de chegada e o débito de saturação são constantes (s)

X - Grau de saturação

X_A - Média do grau de saturação

v - Débito de chegadas (veíc/h)

WEBSTER:

c - Duração do ciclo (s)

D - Média de atraso por veículo de um determinado grupo de vias na interseção (s/veíc)

f_d - Fator de ajustamento devido à mudança de direção

f_i - Fator de ajustamento devido ao declive da via

f_p - Fator de ajustamento devido à localização da via

f_t - Fator de ajustamento devido à composição da corrente de tráfego

f_w - Fator de ajustamento devido à largura da via

f_z - Fator de ajustamento devido à localização do cruzamento

q - Débito de chegadas (veíc/s)

s - Débito de saturação (veic/h)

x - Grau de saturação

λ - Proporção de verde efetivo

AKÇELIK:

c - Duração do ciclo, (s)

D - Atraso total (em veíc/h ou simplesmente veículos)

d - Média de atraso por veículo de um determinado grupo de vias na interseção (s/veíc)

f_c - Fator de ajustamento da composição do tráfego

f_g - Fator de ajustamento do declive

f_w - Fator de ajustamento da largura da via

N - Comprimento da fila (veíc)

N_0 - Média da fila sobressaturada (veíc)

N_m - Máximo comprimento da fila (veíc)

Q - Capacidade (veic/h)

q - Débito de chegadas (veíc/s)

r - Tempo efetivo de vermelho (s)

s - Débito de saturação estimado (veíc/h)

s_b - Débito de saturação base (tcu/h)

T_f - Período de ponta (h)

u - Rácio de tempo de verde

x - Grau de saturação

y - Índice de carga

λ - Proporção de verde efetivo

1

INTRODUÇÃO

1.1. ÂMBITO DE ESTUDO E ENQUADRAMENTO GERAL

A gestão de tráfego na rede viária assume uma grande importância nas interseções, quer sob o ponto de vista da segurança rodoviária, quer sob o ponto de vista das condições de escoamento, devido à complexidade e à multiplicidade das interações dos diferentes movimentos de veículos e peões. De facto, as interseções são locais onde é necessária a partilha do direito de passagem por diferentes fluxos de tráfego, constituindo assim um ponto crítico da rede viária.

A gestão de tráfego em interseções, através de medidas simples de carácter espacial, baseadas em medidas de regulação das prioridades relativas das diferentes correntes de tráfego, ou na alteração do desenho geométrico, deixam de ser funcionais, quando em presença de grandes volumes de tráfego. Quando tal acontece, poderão ser utilizadas três soluções: o recurso a sinalização luminosa, a rotundas, ou a adoção de uma solução desnivelada, sendo que esta última, requer a mobilização de avultados investimentos financeiros e exigência de espaços que por vezes inviabilizam a sua implementação.

O recurso à sinalização luminosa, aparece, portanto como uma solução a este problema, sendo uma medida de gestão de tráfego com um custo de instalação e manutenção relativamente baixo e com níveis de eficácia elevados. Este recurso tem como principal vantagem, a intervenção no cruzamento a nível temporal, ao promover o avanço dos utilizadores em tempos distintos e, portanto, racionalizando o uso do espaço do cruzamento. Deste modo, é possível uma substancial redução dos pontos e situações de conflito, que advêm da interseção entre as diferentes trajetórias das correntes de tráfego do cruzamento.

Os semáforos modernos são a evolução de equipamentos manuais de operação de tráfego que foram implementados pela primeira vez em Londres no ano de 1868. No ano de 1913, James Hoge inventou o primeiro semáforo elétrico que acabou por ser instalado em Cleveland em 1914. Este novo aparelho apareceu originalmente com três cores, propagando-se no começo da década de 20 pelos Estados Unidos.

Em 1917 na cidade de Salt Lake City, são utilizados pela primeira vez os semáforos interconectados e em 1922, foi proposto um sistema progressivo. Finalmente em 1928, o primeiro semáforo atuado foi instalado em New Haven, East Norwalk e Baltimore.

A evolução dos equipamentos de controlo semafórico permitiu uma filosofia de controlo mais flexível, bem como, o desenvolvimento de estratégias mais sofisticadas, com o objetivo de obter uma maior eficiência na gestão do tráfego (normalmente através de uma maior sensibilidade às variações das condições de operação).

1.2. OBJETIVOS DO TRABALHO

Este trabalho tem como objetivo a análise e a avaliação de diversas metodologias, normalmente, utilizadas no estudo do desempenho de interseções controladas por sinais luminosos. Irão ser confrontados o cálculo de diversos indicadores (medidas de desempenho), tais como, o atraso, filas de espera e número de paragens com dados observados.

As metodologias analisadas são as descritas no HCM (2010), AKÇELIK (1998) e o método de Webster.

De notar que o método de Webster é a base das metodologias descritas nos documentos acima enunciados, para a determinação do atraso, sendo que, nesses documentos, este método é configurado com outros.

Algumas definições importantes para este trabalho serão apresentadas de seguida:

- Atraso - Tempo de viagem adicional, ou seja, é a diferença entre o tempo real de viagem e o tempo “ideal” de viagem;
- Capacidade - Número máximo de veículos que podem partir por unidade de tempo, estando, geralmente, associada às correntes de tráfego;
- Ciclo - Sequência de fases que proporcionam a todas as correntes de tráfego o direito de avançar;
- Correntes de tráfego - Agrupamento de veículos que apresentam movimentos direcionais que, pelas suas características, podem ser tratados da mesma forma;
- Débito - Volume observado em períodos inferiores a uma hora, geralmente, expressos em veíc/h;
- Débito de saturação - Fluxo máximo de passagem de veículos durante a indicação de verde e amarelo (o fluxo máximo que pode ser obtido se 100 % de tempo de verde for atribuído a uma aproximação em particular);
- Fase - Fração de tempo durante a qual uma ou várias correntes de tráfego têm direito de avançar, estando as outras impedidas de o fazer;
- Grau de saturação - Rácio entre a procura e a capacidade;
- Período de inter-verde - Período entre o fim do verde mostrado numa fase e o começo do verde da fase seguinte;
- Procura - Número de veículos que atravessam uma secção da via durante um intervalo de tempo;
- Rácio de verde - Rácio entre o tempo de verde efetivo e o comprimento de ciclo;
- Tempo de limpeza - É o tempo necessário para que os veículos que estão a perder o direito de passagem possam ultrapassar todos os pontos de conflito de trajetórias com a corrente de tráfego que se está a iniciar antes que os veículos/peões desta lá cheguem;
- Tempo de verde efetivo - É o tempo no qual um movimento do tráfego está a utilizar realmente a interseção;
- Tempo de vermelho efetivo - É o tempo no qual um movimento do tráfego não está a utilizar realmente a interseção;
- Tempo perdido - Arranques e paragens representam uma parte do ciclo que não é completamente utilizado, ou seja, é aquele tempo no qual não está a ser utilizado por nenhum movimento no cruzamento;
- Volume de tráfego - Número de veículos que circulam num determinado ponto da via durante um intervalo de tempo.

1.3. ESTRUTURAÇÃO E CONTEÚDOS DO TRABALHO

Após este primeiro capítulo introdutório, onde é feito um ligeiro enquadramento do tema de estudo, no capítulo 2 - Estado da Arte, é feita uma abordagem mais específica ao tema de estudo, fazendo referência aos tipos de cruzamentos passíveis de existir, bem como dos tipos de manobras nos mesmos e pontos de conflito. De seguida, são expostas, para as interseções semaforizadas, o seu funcionamento, as suas principais vantagens, o tipo de regulações e coordenação passíveis de serem utilizadas, bem como os tipos de funcionamento dos semáforos.

No capítulo 3 - Recolha de dados, são descritas quais as alternativas para a execução da recolha de dados de tráfego, bem como os respetivos períodos. São também apresentadas técnicas para a contagem de tráfego, com fim à determinação dos seus volumes.

No capítulo 4 - Métodos, serão descritas as metodologias de cálculo utilizadas neste trabalho para o cálculo dos indicadores de desempenho.

No capítulo 5 - Estudo de uma interseção, é apresentada a interseção estudada neste trabalho, os períodos de estudo e o cálculo do débito de saturação real e o tempo perdido.

No capítulo 6 - Análise dos dados, serão apresentados os resultados obtidos pela utilização dos métodos descritos no capítulo 4, a análise dos mesmos, sendo também analisada a relação entre os valores determinados com os métodos e os graus de saturação considerados pelos mesmos.

No capítulo 7 - Conclusão, serão relatadas as conclusões deste estudo.

2

ENQUADRAMENTO

2.1. INTRODUÇÃO

A avaliação dos níveis de desempenho de uma interseção controlada por sinais luminosos, tem sido desde sempre um tema de preocupação da engenharia de tráfego.

Apesar de existirem bastantes interesses na avaliação dos níveis de desempenho neste tipo de interseções, este tem sido limitado a estimativas baseadas apenas no cálculo do atraso dos veículos, de forma a garantir que o sistema de transportes funciona no pico da eficiência.

Contudo, existem outros indicadores de desempenho de particular interesse, tais como, a extensão das filas, bem como o número de veículos que param. De notar que estes dois últimos indicadores desempenham um papel importante, quer no controlo, quer no projeto destas interseções, pois, para além de serem medidas do nível de serviço prestado aos utilizadores, também permitem a determinação dos níveis de consumo de combustível e das emissões de poluição gerada pelas operações de tráfego.

Deste modo, ao longo dos anos têm sido desenvolvidos diversos modelos teóricos de tráfego com o objetivo da determinação de indicadores de desempenho, tais como, número de paragens e tamanho das filas. No entanto, a sua definição, validade e aplicabilidade não têm sido testadas nos diferentes contextos. Alguns dos modelos são generalistas e simplistas, enquanto que outros, por sua vez, são complexos e teóricos. Assim, os procedimentos que estes utilizam são baseados normalmente em diferentes definições para o cálculo dos diferentes indicadores conduzindo a diferentes resultados. Deste modo será importante a compreensão total dos valores estimados pelos diferentes métodos.

Uma contribuição importante para o cálculo destes indicadores foi a de Webster (1958), na qual o autor relacionava as paragens com o atraso, simulando o fluxo de tráfego numa aproximação de uma via numa interseção sinalizada. De notar que, desde o seu desenvolvimento, este método tem sido fundamental para os procedimentos conducentes ao projeto de sinalização luminosa.

Outras contribuições importantes foram também as de Webster e Cobbe (1966), Catling (1977) e Cronje (1983), que desenvolveram as equações predominantes na estimação do número de paragens dos veículos e do tamanho da fila para condições de subsaturação.

Webster e Cobbe (1966) desenvolveram uma fórmula para o cálculo do número de paragens dos veículos para uma chegada de veículos aleatória.

Catling (1977) desenvolveu uma estimativa do comprimento da fila, que tem em conta a variação da mesma ao longo do tempo, através da adaptação de teorias clássicas para a estimativa da fila em condições de sobressaturação.

Cronje (1986) tratou o fluxo de tráfego através de um sinal de tempo fixo como um processo de Markov e desenvolveu equações para a estimativa do comprimento de fila e número de paragens dos veículos. Quer o modelo de Catling, quer o modelo de Cronje foram desenvolvidos para condições de sobressaturação e subsaturação.

2.2. TIPOLOGIAS DE CRUZAMENTOS

As interseções são pontos da rede viária onde ocorre a separação ou junção, de duas ou mais correntes de tráfego que se cruzam. Para a resolução e regulação destes conflitos, utilizam-se regras específicas associadas a cada tipo de interseção.

O desempenho global de uma rede viária urbana, caracterizado, nomeadamente, pela sua capacidade, depende, normalmente, do funcionamento dos seus cruzamentos (Macedo, 2005).

Os problemas de congestionamento na rede viária urbana, ocorrem, normalmente, devido à falta de capacidade dos cruzamentos, onde a procura excede a oferta, surgindo um elevado número de conflitos entre veículos bicicletas e peões. Os congestionamentos conduzem a um aumento dos atrasos, dos custos de operação e da poluição.

Do ponto de vista da segurança rodoviária, os cruzamentos são, também, pontos sensíveis das redes viárias, já que é aí que acontecem cerca de dois terços dos acidentes, envolvendo vítimas mortais e/ou feridos graves, que ocorrem em áreas urbanas (Macedo, 2005).

Dados estatísticos relativos à França e à Dinamarca mostram que aproximadamente 40 % do total de acidentes ocorrem em cruzamentos (Macedo, 2005).

É nos cruzamentos que o conflito de interesses entre as necessidades dos veículos motorizados, peões e ciclistas, mais se faz sentir, devido à necessidade de partilha do mesmo espaço físico, tornando, assim, difícil conciliar o aumento da capacidade disponível para veículos, com as carências dos peões e ciclistas.

Quanto ao tipo de cruzamento a utilizar, existem diversas soluções e configurações pelas quais se pode optar. No que diz respeito à sua regulação, os tipos de cruzamentos são classificados em grupos, dos quais os quatro primeiros correspondem a interseções de nível, refletindo a sequência apresentada uma progressão na complexidade e no potencial de desempenho de cada solução:

- Cruzamentos de prioridade à direita;
- Cruzamentos prioritários;
- Rotundas;
- Cruzamentos semaforizados;
- Cruzamentos desnivelados.

De notar que a solução optada pode inserir-se em mais do que um grupo, como, por exemplo, rotundas semaforizadas ou rotundas desniveladas. No entanto, mesmo nestes casos, os princípios gerais do seu funcionamento conduzem com facilidade à adoção de um destes grupos.

Dependendo do número de estradas e como estas se intersectam, e da configuração do cruzamento, estes podem ser classificados em função de:

- Número de Ramos
 - 3 Ramos (Em “T” ou “Y”)
 - 4 Ramos (Em “Cruz” ou Enviesado)
 - Mais de 4 Ramos

- Canalização de Movimentos
 - Sem canalização
 - Com canalização
 - Com canalização Materializada

- Ângulo de inserção
 - Ortogonal
 - Obliquo

2.3. TIPOS DE MANOBRAS E PONTOS DE CONFLITO

Nos cruzamentos, os movimentos existentes criam situações particulares de funcionamento que justificam diferentes tipos de manobras, sendo que o número e o tipo de conflitos originados, dependem de múltiplos fatores, tais como:

- Dispositivos de controlo de tráfego;
- Número de estradas interseçadas;
- Número de vias em cada ramo afluente;
- Sentidos de tráfego contemplados;
- Existência ou não de canalização de movimentos.

Nos cruzamentos podem ocorrer quatro tipos básicos de conflitos, associados aos seguintes tipo de manobras (figuras 1 a 4):

- Divergência;
- Convergência;
- Entrecruzamento;
- Interseção.

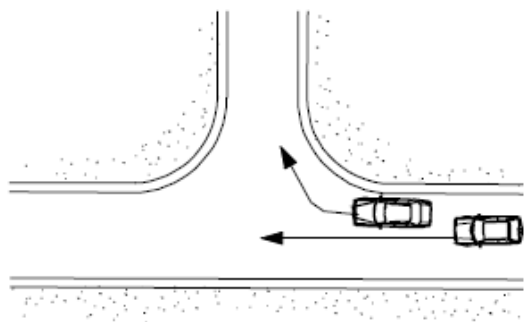


Fig. 1 - Exemplo de manobra de divergência (Macedo, 2005)

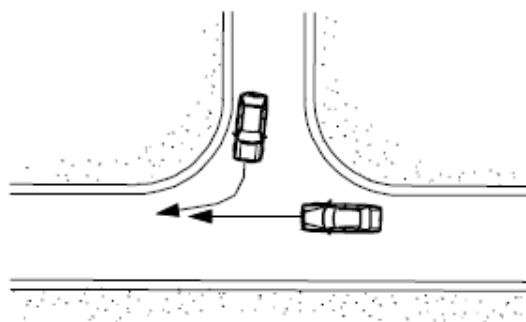


Fig. 2 - Exemplo de manobra de convergência (Macedo, 2005)

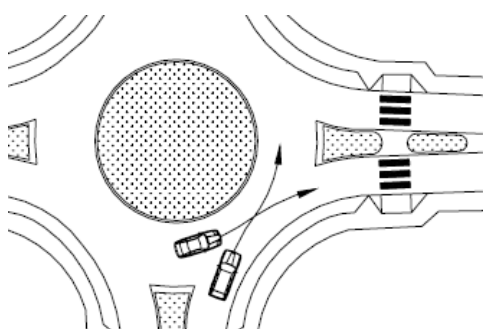


Fig. 3 - Exemplo de manobra de entrecruzamento (Macedo, 2005)

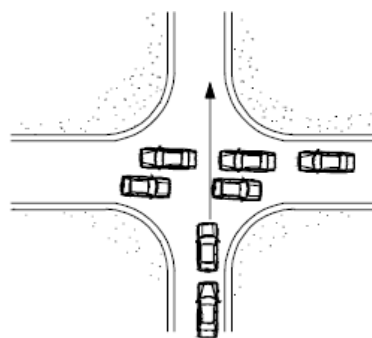


Fig. 4 - Exemplo de manobra de interseção (Macedo, 2005)

2.4. CRUZAMENTOS SEMAFORIZADOS

Este tipo de cruzamentos corresponde a soluções onde a gestão de tráfego na interseção é efetuada com o uso de sinalização luminosa. De acordo com o Regulamento de Sinalização de Trânsito a sinalização luminosa destinada a regular o trânsito de veículos é constituída por um sistema de três luzes circulares, não intermitentes, com as seguintes cores:

- Luz verde - Indicação de que a passagem é autorizada, permitindo a entrada na área regulada pelo sinal;
- Luz amarela - Transição da luz verde para a vermelha, proibindo a entrada na área regulada pelo sinal, salvo se os condutores se encontrarem já muito perto da linha de paragem, e não lhes for possível imobilizar o veículo em segurança;
- Luz vermelha - Indicação de que a passagem é interdita, obrigando os condutores a parar antes de chegarem à área regulada pelo sinal.

Os sinais luminosos têm uma grande influência na fluência do tráfego, e como tal é necessário ter em atenção que é necessária uma aplicação adequada do tipo, operação e manutenção dos sinais luminosos, para que o cruzamento funcione nas melhores condições possíveis.

Os sinais luminosos têm como principais objetivos, a diminuição dos atrasos das diversas correntes de tráfego presentes no local, bem como conduzir a um aumento da capacidade e da segurança, e equilibrar o nível de serviço entre as correntes de tráfego. A forma como estes operam pode resultar na vantagem ou desvantagem dos movimentos de veículos ou peões que eles controlam.

Quando bem aplicados podem conduzir a certas vantagens, tais como, controlo mais apertado sobre as decisões do utilizador, coordenação do tráfego de um itinerário/rede, bem como a permissão da progressão ininterrupta de tráfego. Contrariamente aquando de uma aplicação injustificada, tipo incorreto, modo de operação impróprio, ou manutenção inadequada, esta solução pode reduzir a capacidade da interseção bem como causar atrasos excessivos.

Num cruzamento regulado por sinais luminosos, o direito de passagem às correntes de tráfego é atribuído por uma fração de tempo durante a qual é demonstrado a indicação de sinal verde. A essa fração de tempo durante a qual uma ou várias correntes de tráfego têm o direito de avançar enquanto as outras se encontram impedidas de o fazer chama-se fase, sendo utilizados os tempos de inter-verdes entre fases consecutivas. A sequência de fases que proporcionam a todas as correntes de tráfego o direito de avançar, formam um ciclo.

A regulação dos sinais luminosos pode ser efetuada em três níveis:

- Nível local: Gestão de um cruzamento isolado;
- Nível intermédio: Coordenação dos cruzamentos, ao longo de um eixo ou itinerário;
- Nível global: Coordenação dos cruzamentos de uma zona.

Ao nível local, a regulação dos sinais luminosos é efetuada através da definição do diagrama de fases (conjunto de sinais que apresentam o mesmo estado no mesmo instante), e de um tempo de verde a cada uma, sendo fixados os períodos de transição entre fases sucessivas. A este nível existem dois tipos de regulação passíveis de serem utilizados:

- Sinais luminosos de tempo fixo;
- Sinais luminosos atuados pelo tráfego (micro-regulação).

No primeiro tipo de regulação, as fases são fixas durante um período pré-determinado, ou seja, durante o ciclo. Como tal não existe reconhecimento do tráfego que chega à interseção, o que conduz a que este tipo de regulação possa ser considerado como uma operação mecânica.

É importante, também, realçar que este tipo de regulação permite a existência de mais do que um plano, que se altera de forma automática a determinada hora, para atender às flutuações do volume de tráfego. Este tipo de regulação é preferível, quando os fluxos de tráfego são estáveis de um dia para o outro, e as suas flutuações em períodos curtos são baixas.

No segundo tipo de regulação é executado um ajustamento da duração das fases, e em certos casos a sequência das mesmas. Para que façam sentido estes ajustamentos é necessário a medição de tráfego em tempo real, sendo para isso fulcral instalar sensores na(s) entrada(s) da interseção.

Há, ainda, a referir que a sequência de fases pode sofrer alterações devido a “pedidos” de peões, uma vez que ainda se encontram em desenvolvimento sistemas de deteção automática que permitam ajustar a duração das fases dos peões.

Sendo este tipo de regulação preferível, quando os fluxos de tráfego são muito variáveis entre dois dias, ou as variações periódicas são acompanhadas por flutuações aleatórias grandes.

De notar que esta escolha, também, depende do tipo de material disponível e da capacidade de assegurar uma boa manutenção, devido às especificidades necessárias para um bom funcionamento da micro-regulação.

Quando existem interseções próximas, controladas por sinais luminosos, pode ser necessária uma coordenação entre as mesmas, de modo a garantir uma regulação eficaz, uma vez que o ritmo de chegada às interseções depende dos ritmos de descargas das outras, sendo assim formada uma rede.

Os veículos “descarregados”, a um ritmo elevado durante os períodos de verde, formam aquilo que se designa por pelotão. Devido à variação das velocidades individuais entre cruzamentos adjacentes, estes pelotões começam a dispersar, sendo o valor desta dispersão tanto maior quanto maior for a distância entre dois sinais adjacentes.

Geralmente, utiliza-se a coordenação dos sinais luminosos, quando o tempo de percurso entre interseções sucessivas é inferior a 20/30s, de modo a ser minimizado este efeito da dispersão.

A coordenação dos sinais luminosos assenta em dois níveis:

- Nível intermédio ou “controlo por artérias”;
- Nível global ou “controlo por zona”.

De notar que o nível intermédio foi o primeiro tipo de coordenação a aparecer e no qual os percursos mais importantes são privilegiados em detrimento de outros secundários. No nível global, a coordenação é feita, através da consideração global da área a coordenar, tal como o nome indica.

Para ser efetuada a coordenação, é necessário ter em conta o desfasamento entre cruzamentos, ou seja, a diferença entre os tempos de início de verde dos cruzamentos interdependentes.

O plano de regulação neste tipo de coordenação, é constituído por:

- Duração do ciclo;
- Repartição do ciclo entre as diversas fases de cada cruzamento e o desfasamento entre os mesmos.

Estes planos de regulação podem ser de tempos fixos, calculados a partir de dados recolhidos previamente, ou gerados em tempo real, com base em dados recolhidos por detetores estrategicamente colocados.

É, ainda, importante referir que, apesar das estratégias de regulação serem eficazes em situações fluidas, estas perdem uma boa parte da sua eficácia em situações de congestionamento da rede.

2.4.1. SINAIS LUMINOSOS DE TEMPO FIXO

Neste tipo de regulação é definido um ciclo com duração constante, no qual os sinais dos diferentes pontos de entrada no cruzamento são agrupados em fases de comando, sendo para cada fase atribuído o sinal de verde, numa determinada altura, ao longo do ciclo, de uma forma fixa e automática.

A quantidade de fases que é necessário criar, as suas durações e as suas sequências, dependem:

- Da geometria da interseção;
- Do número de movimentos de veículos e peões;
- Dos débitos de veículos e peões;
- Da composição das correntes de tráfego.

É possível a utilização de multi-programação em tempos fixos ou de programação horária, tornando-se, assim, possível a alteração do tempo de ciclo e dos tempos de verde, ao longo do dia, ou de um dia para o outro, de uma forma automática. Para tal, é necessário o cálculo de diferentes planos de regulação para os cruzamentos, nos quais a duração do ciclo e as diferentes fases são fixas, mas variam de plano para plano.

A existência destes planos pré-calculados deve-se à necessidade do sistema responder de forma adequada a períodos característicos do dia, onde os volumes de tráfego são diferentes. São exemplos desses períodos, as horas de ponta, as horas mortas e os fins-de-semana.

O processo para o cálculo dos planos de regulação para os sinais luminosos é iterativo, podendo ser descrito pelos seguintes passos:

- Identificar os movimentos e estimar os seus respetivos débitos, para os períodos a ter em conta, quer a nível de veículos como de peões;
- Definir a geometria dentro da área disponível incluindo a afetação das vias nas aproximações à interseção para os diferentes movimentos de veículos;
- Construir a matriz de conflitos, ou seja, identificar os movimentos passíveis de terem as mesmas indicações de sinais;
- Definir uma sequência de fases, de forma a criar um ciclo e especificação dos tempos de verdes mínimos, para os diferentes movimentos e tempos de transição entre os mesmos (tempos de limpeza);
- Calcular os tempos a afetar aos diferentes sinais.

Existem dois métodos para o cálculo dos tempos de cada sinal e, consequentemente, do ciclo, sendo esses:

- O “método das fases” (stage-based);
- O “método dos grupos” (phase-based).

O “método das fases” foi o primeiro método a surgir, devido ao tipo de programação dos controladores que também era por fases. Neste método, o processo de otimização é efetuado, tendo em conta, de uma forma global, os movimentos que existem em cada fase, baseando-se o critério de otimização no movimento crítico (aquele com o maior quociente q/s) e sendo a sequência de fases bem como os seus tempos de transição pré-definidos.

Devido ao avanço tecnológico, é possível hoje em dia fazer a programação de cada sinal isoladamente e como tal utilizar o “método dos grupos”. Neste método, o processo de otimização sustenta-se nos movimentos independentes de cada sinal, para uma dada sequência de fases e respetivos tempos de transição.

De notar que várias experiências demonstraram que a utilização do processo de otimização do “método dos grupos”, conduz a diversos benefícios, tais como, redução do tempo de ciclo, do atraso ou do aumento da capacidade, especialmente, em interseções complexas.

Estes métodos podem utilizar como critérios de otimização, os seguintes parâmetros:

- Minimização do índice de atraso (atraso total sofrido pelos veículos);
- Minimização do grau de saturação;
- Minimização do índice de funcionamento (função linear do atraso total e do nº de paragens);
- Maximização da capacidade do cruzamento.

2.4.2. SINAIS LUMINOSOS ATUADOS PELO TRÁFEGO (MICRO-REGULAÇÃO)

Neste tipo de regulação, é possível alterar a duração, a ocorrência ou a ordem das fases no desenrolar de um plano, tendo em conta certos parâmetros do tráfego em tempo real. A utilização deste tipo de regulação prende-se com o facto de se procurar responder, de uma forma imediata, às variações do tráfego. Esta regulação usa o princípio de ciclo variável, podendo ser considerado como um método empírico, devido ao facto de o seu “cálculo” não ter em conta nenhum método de otimização. Hoje em dia, este tipo de solução tende a ser mais utilizada do que a de tempos fixos, especialmente, para cruzamentos isolados, uma vez que a sua eficácia está comprovada. As ações mais frequentes deste

tipo de regulação são, a eliminação de uma fase, a adaptabilidade do tempo de verde e a prevenção de bloqueio.

Para este tipo de regulação ser aplicada é necessária a existência de dados do tráfego em tempo real, e para tal é necessário a instalação de sensores, que permitam a obtenção dos mesmos.

De acordo com a colocação destes sensores resultam dois tipos de classificação a atribuir ao cruzamento:

- Atuado - Sensores colocados em todas as entradas da interseção;
- Semi-atuado - Sensores colocados em algumas entradas da interseção.

Embora a colocação dos sensores dependa do tipo de ação a efetuar, bem como da geometria do cruzamento, esta deverá ser realizada tendo em conta os seguintes critérios, embora alguns sejam contraditórios:

- Evitar longos tempos de verde mínimo;
- Evitar tempos de verdes curtos;
- Igualar o tempo de passagem (tempo que o veículo demora a percorrer a distância que separa o sensor da linha de paragem) ao intervalo crítico (valor base para o intervalo entre veículos);
- Minimizar os atrasos dos veículos;
- Obter um tempo de passagem no mínimo de 1,5 segundos;
- Conseguir a deteção em movimento.

A escolha do tipo de detetor a utilizar, depende do parâmetro que se pretende obter, podendo ser escolhido entre, detetores de “passagem” ou de “presença”, nos quais o sinal emitido pelo detetor ao controlador é fixo, ou nos quais o sinal emitido depende do tipo e velocidade do veículo, respetivamente.

Os parâmetros normalmente utilizados são:

- Tempo de ocupação: duração do sinal emitido pelo detetor;
- Taxa de ocupação: fração de tempo durante a qual um sensor se encontra “ocupado” por veículos;
- Intervalo entre veículos: intervalo de tempo entre a deteção de dois veículos consecutivos;
- Débito: número de sinais emitidos durante o período de referência.

Este tipo de regulação tem em conta também a presença de peões, sendo a sua deteção efetuada através de botões de pressão acionados pelos mesmos. Urge realçar que se encontram em desenvolvimento sistemas nos quais a deteção é automática, ou seja, através de feixes de infravermelho, de passadeiras de pressão e de radares micro-ondas.

Para além destes métodos, os sinais podem também ser controlados manualmente, o que requer, geralmente a presença física de forças da autoridade, ou então podem ser colocados em modo amarelo intermitente (fora de funcionamento).

2.5. RECOLHA DE DADOS

2.5.1. INTRODUÇÃO

A necessidade crescente da realização de estudos de tráfego, resulta do aumento dos níveis de tráfego, bem como de uma maior exigência do público na melhoria da qualidade. Estes estudos podem ser executados em várias áreas, tais como, no planeamento e no projeto de infraestruturas de transportes, na segurança rodoviária, na gestão e controlo do tráfego, podendo os objetivos dos estudos ir desde a calibração e validação de modelos até à monitorização e avaliação de medidas.

Para a realização destes estudos é necessário o máximo de informação possível, sendo esta obtida através de uma conveniente recolha de dados. De notar que esta recolha de dados, tem vindo a tornar-se mais fiável e simples, com o passar dos tempos, devido aos avanços tecnológicos na informática e comunicações.

Como é possível compreender, esta recolha de dados exige uma mobilização significativa de recursos, o que torna indispensável uma organização minuciosa da preparação do estudo, com vista à recolha de todos os dados úteis bem como a minimização dos custos. Este capítulo foi redigido com base na (Sebenta de Circulação e Transportes 1, 2011), exceto o subcapítulo 3.5.

2.5.2. PROGRAMA DE RECOLHA DE DADOS DE TRÁFEGO

Para a recolha de dados de tráfego é necessária a mobilização de uma significativa quantidade de recursos, o que justifica uma preparação cuidadosa na sua organização, de forma a ser obtida a informação necessária com o menor custo possível. Este plano deve conter um conjunto de etapas que serão apresentadas ao longo deste capítulo.

Este programa é também composto por um conjunto de tarefas que vão desde a preparação da campanha de recolha de dados, até ao tratamento e análise dos mesmos. Geralmente inclui as seguintes fases:

- Visita ao local;
- Teste do equipamento;
- Recrutamento de pessoal;
- Instalação do equipamento;
- Ensaio-Piloto;
- Campanha de recolha;
- Processamento de dados;
- Remoção do equipamento;
- Tratamento e análise dos dados;
- Apresentação de resultados.

2.5.2.1. Definição de objetivos

Este passo constitui a fase inicial do processo de recolha de dados, condicionando, assim, todo o trabalho subsequente, sendo como tal, necessária uma definição clara dos objetivos que se pretende alcançar, com fim a uma recolha de dados executada com êxito.

Como referido anteriormente, os estudos que se podem levar a cabo são bastante diversos, sendo que os objetivos para os quais os estudos são efetuados deverão estar sempre presentes no planeamento dos trabalhos de recolha de dados.

2.5.2.2. Disponibilidade dos dados existentes e definição das variáveis a medir

Devido à necessidade de grande mobilização de meios materiais e/ou humanos, deverá ter sido em atenção a não duplicação da informação credível existente.

É necessária uma análise cuidada desta informação, com vista à identificação de falhas, que são necessárias suprir, de forma a não condicionar a definição da amostra bem como as variáveis a medir.

A seguinte fase será a caracterização conveniente das variáveis que se pretende medir, bem como a precisão com que tal deve ser executado. Deverá ser tido em atenção o número de variáveis que se pretende medir, de forma a por um lado minimizar os custos, bem como por outro, controlar o volume de informação, de forma a que seja possível analisar a mesma dentro do prazo.

2.5.2.3. Seleção dos métodos, técnicas e equipamento de recolha

A disponibilidade de tempo, materiais e recursos humanos, constitui um fator importante na programação de recolha de dados, sendo, portanto, necessário um equilíbrio entre a utilização de recursos e o ganho na informação obtida, o que pressupõe uma escolha acertada no tipo de métodos, técnicas e equipamentos de recolha que se pretendem utilizar.

Consoante a variável que se pretende medir, poder-se-á optar por métodos mais simples e diretos, como os manuais, ou métodos automáticos que requerem a utilização de equipamento específico.

Cada alternativa apresenta as suas vantagens e desvantagens, devendo ser executada uma correta avaliação, de forma a escolher-se a alternativa mais eficaz, pois por vezes, a utilização de um determinado método em detrimento de outro permite a obtenção de informação extra a um custo adicional relativamente baixo.

2.5.2.4. Definição da amostra

Na definição do conjunto de dados que se pretende recolher (amostra) é necessário ter em conta, o custo da obtenção da informação, bem como a quantidade da mesma. Ou seja, é necessário ponderar a relação custo-quantidade de informação, com fim de minimizarem-se custos sem descuidar a obtenção da informação necessária.

As amostras são utilizadas, pressupondo-se que um conjunto de unidades, representa a população de um universo, de forma a ser possível a obtenção de conclusões para este universo a partir dessa amostra.

Na seleção da amostra considera-se que todos os indivíduos que partilhem das mesmas propriedades têm igual probabilidade de integrarem a amostra, e o facto de um indivíduo ser incluído não exclui a possibilidade de um outro vir a ser incluído.

De seguida serão apresentadas as principais técnicas de amostragem:

a) Amostragem aleatória simples:

É o método mais simples, que consiste em associar um número a cada elemento da população, sendo a amostra constituída por elementos selecionados aleatoriamente.

Este procedimento pretende garantir a condição acima expressa de igual probabilidade das unidades da população em serem selecionadas para a amostra.

A desvantagem deste método reside no facto deste poder não incluir unidades que, apesar das suas características minoritárias, revela-se interessante conhecer o seu comportamento, integrando-as na amostra. Por outro lado, é impossível a aplicação deste método na seleção da amostra em tempo real, isto é, no momento das observações, como por exemplo, no estudo do comportamento dos veículos que passam numa determinada secção da estrada. Deste modo, a utilização deste método está limitada às situações em que a seleção da amostra se possa fazer antes da campanha de recolha.

b) Amostragem sistemática:

É um método simples onde não é necessária mão-de-obra especializada para a sua aplicação. Neste caso é estabelecida uma numeração ordenada à população, passando a amostra a incluir todas as n -ésimas unidades da população. Apesar de antes de ser escolhida a primeira unidade, cada unidade da população ter igual probabilidade de ser selecionada, cada amostra não tem a mesma probabilidade de ser selecionada, pois se for escolhido o n -ésimo elemento, já tal não poderá acontecer com o $(n+1)$ -ésimo.

Tal característica pode enviesar os resultados, particularmente se a ordem de chegada dos elementos tiver significado.

c) Amostragem estratificada:

Este método compreende a divisão da população em grupos homogéneos, selecionando-se os elementos da cada grupo a incluir na amostra, de acordo com os seguintes critérios:

- Definição do número de elementos de cada grupo correspondente ao peso do grupo na população, e aplicação da técnica de amostragem aleatória simples;
- Retirar aleatoriamente de cada grupo o mesmo número de elementos e ponderar os resultados de acordo com o peso de cada grupo.

Estes critérios permitem assegurar, na amostra, a representação de grupos minoritários com interesse na análise a efetuar. Por vezes, a amostra poderá ser constituída por um conjunto de elementos que possuam uma determinada característica irrelevante para o estudo, como por exemplo, a cor dos veículos, desde que seja garantida uma dimensão adequada da amostra.

d) Amostragem agrupada:

Neste caso, há uma divisão da população em grupos, sendo a amostra constituída pelos elementos de um destes grupos. Como pode ser exemplo, o registo das matrículas dos veículos que terminem num certo dígito, previamente fixado. A aplicação deste método proporciona uma grande facilidade na recolha de dados, mas tem a desvantagem de poder provocar enviesamentos nos resultados por a amostra não ser representativa da população.

De notar que estes dois últimos métodos referidos (amostragem estratificada e agrupada), consistem na divisão da população em grupos bem definidos. A diferença entre ambos, reside, que na amostragem estratificada, cada grupo tem pequenas heterogeneidades entre os seus elementos, mas existe uma grande variação de grupo para grupo, enquanto na amostragem agrupada existe uma grande heterogeneidade no interior dos seus grupos, mas os grupos possuem essencialmente as mesmas características.

Quanto maior é o tamanho da amostra, maior é o volume de informação a recolher, consistindo o seu correto dimensionamento em fixar o número de elementos que a compõem, de forma a não existir desperdício de recursos, nem inviabilizar a possibilidade de serem obtidas conclusões credíveis.

O tamanho da amostra depende de três fatores:

- Precisão pretendida;
- Dispersão de dados;
- Nível de confiança pretendido.

2.5.3. MEDIÇÃO DOS VOLUMES DE TRÁFEGO

Existem diversas aplicações para as contagens de tráfego, podendo ser estas, o estudo da procura em fase de planeamento, exploração e manutenção das infraestruturas viárias, projeto, bem como a avaliação de medidas, segundo critérios de eficiência, impactes ambientais e segurança rodoviária.

É necessário, no entanto, fazer a distinção entre a procura e os volumes de tráfego obtidos pela contagem de tráfego, pois os volumes contados nem sempre correspondem ao valor da procura, uma vez que esta poderá estar sujeita a eventuais estrangulamentos que limitam a passagem de veículos. Um caso extremo ocorre com o congestionamento total, onde os veículos estão imobilizados e como tal nenhum passará na secção de contagem, o que obviamente não significa que não exista procura. De notar que nem sempre é fácil a deteção deste problema, e que o mesmo pode falsear a dimensão da procura.

2.5.3.1. Técnicas de contagem de veículos

As técnicas de contagem de veículos podem agrupar-se consoante a existência ou não de observadores no terreno, e a utilização de imagens de vídeo, que, excluído o tratamento automático, pode considerar-se entre as contagens manuais e automáticas.

A técnica a escolher depende de diversos fatores, tais como, a disponibilidade de materiais e recursos humanos, a precisão pretendida para os resultados finais, o volume de dados a recolher, a duração do período de observação, bem como as características locais.

De seguida serão apresentadas as técnicas de contagem, bem como a sua descrição:

a) Contagens manuais:

Contagens executadas no local por observadores, aos quais foi transmitida com clareza as tarefas a desempenhar. É a técnica mais simples e possui a grande vantagem de poder contar com a capacidade humana de observação, uma vez que não é necessária a colocação de qualquer equipamento de medida. A capacidade de observação humana, pode revelar-se importante nos casos em que, por exemplo, a contagem exija que a trajetória dos veículos seja seguida.

No caso dos volumes de tráfego e/ou o período de observação serem elevados, esta técnica torna-se desaconselhável, uma vez que o esforço exigido ao observador, seria superior às capacidades humanas, ou então a quantidade dos mesmos seria incomportável.

Os observadores deverão passar por uma fase inicial de aprendizagem, executando um ensaio piloto, a fim de controlar eventuais erros ou fraudes.

A localização dos observadores deverá ser pensada de forma a proporcionar-lhes um local com boa visibilidade, comodidade e segurança, de forma a que estes se possam manter concentrados e sofram um cansaço menor. É recomendado que as contagens sejam feitas em apenas 80% de cada período de agregação (4 em 5 minutos ou 12 em 15 minutos), multiplicando-se os valores registados por 1,25 para se obterem os valores finais.

As contagens poderão ser registadas em impressos concebidos para o efeito em questão, ou através de equipamentos mecânicos (pressão num botão) ou eletrónicos (teclado, ecrã sensível com a silhueta dos veículos, caneta de leitura de códigos de barras afetos a cada classe/movimento de veículos).

b) Contagens automáticas:

Este tipo de contagens, necessita da instalação de equipamentos de medição no terreno, o que pode forçar a uma interrupção na circulação. Este tipo de contagem é indicada para períodos longos de observação, que justifiquem o custo da sua aquisição, instalação e manutenção.

A precisão destes contadores automáticos é boa e o tratamento dos dados recolhidos é simples, utilizando um *software* próprio. De notar que quando se pretende seguir a trajetória de veículos, é necessário recorrer a outro tipo de instrumento, uma vez que apenas com estes equipamentos tal, não é possível.

Há que referir que conforme o tipo de sensores utilizados, poderá ser efetuada a contagem dos eixos dos veículos ou a passagem do veículo com recurso a radiações eletromagnéticas. Há no entanto vários tipos de tecnologias, às quais se poderá recorrer, tais como:

- Espira de indução - Provavelmente o mais utilizado, consiste na criação de um campo eletromagnético, através da passagem de um elemento metálico (veículo) sobre uma espira (cabo elétrico) enterrada a pouca profundidade no pavimento, o que possibilita de classificar veículos e medir velocidades, desde que existam um par de espiras;
- Infravermelhos - A radiação eletromagnética é interrompida aquando da passagem do veículo, sendo detetado por uma célula;
- Magnético - A passagem de uma massa metálica (veículo) sobre uma placa magnética cria uma deformação no campo magnético, o que pode ser medido;
- Micro-ondas - A passagem do veículo é assinalada por um emissor/recetor de ondas eletromagnéticas micro-ondas;
- Piezoelétrico - É criado um campo elétrico proporcional à pressão exercida aquando da passagem de um veículo. Este tipo de contador é constituído por material cerâmico;
- Tubo pneumático - Os veículos ao passarem exercem pressão num tubo de borracha colocado sobre o pavimento e o ar contido dentro do tubo irá atuar uma membrana que aciona um sinal elétrico. Apesar do seu baixo custo, a sua utilização tem diminuído, devido aos problemas de fixação do tubo, bem como à falta de precisão nos resultados. Outra razão a apontar para a utilização deste sensor estar a diminuir é o avanço tecnológico noutros equipamentos.

c) Contagens a partir de imagens de vídeo:

Nesta técnica são gravadas imagens de todas as correntes de tráfego em análise, para, posteriormente, ser executada a sua análise em gabinete. Neste caso, as contagens de veículos serão efetuadas através de observadores no gabinete, em vez de o fazerem no terreno como no caso a). Esta técnica tem a vantagem de permitir a recolha de dados suplementares (que ao princípio não estavam previstos), e de permitir esclarecer certas situações que possam ser duvidosas.

A extração de dados poderá ser efetuada de forma manual, ou através de *software* desenvolvido recentemente, de análise de imagens de vídeo, que permite a extração dos dados de forma automática.

2.5.4. PERÍODO DE ESTUDO E PERÍODO DE ANÁLISE

No HCM (2010), o período de estudo é definido como o intervalo de tempo representado pela avaliação do desempenho, sendo constituído por um ou mais períodos de análise consecutivos.

O período de análise é o intervalo de tempo necessário para a avaliação de uma das aplicações da metodologia.

A metodologia baseia-se no princípio de que as condições de tráfego são constantes durante o período de análise (i.e. discriminam-se as variações ao longo do tempo), como tal é necessária a existência de um intervalo de tempo para este período, para que possam ser “realistas” os dados obtidos, durante esse tempo. Este período pode estar compreendido entre 0,25 e 1 hora, sendo que as durações mais longas são geralmente utilizadas para análises de planeamento.

De notar a possibilidade do analista poder exceder o período de 1 hora, sabendo *a priori* que as condições de tráfego não são constantes, durante tanto tempo, e como tal podem ter um impacto adverso na identificação de pequenos picos na procura.

Com o objetivo de obter uma estimativa mais precisa do atraso aquando da existência de congestionamento (ou seja, a existência de uma procura superior à capacidade), o analista deverá então estender o período de análise. Deste modo, o período de estudo deve incluir um período inicial, no qual não existe fila de espera e um período final, onde não exista fila residual.

No caso da necessidade da avaliação de múltiplos períodos de análise, a análise do desempenho para cada período deve ser reportada separadamente. A análise de uma média do desempenho é desaconselhada, pois pode encobrir valores extremos e, como tal, conduzir à conclusão de que as operações são aceitáveis, quando para alguns períodos da análise isso pode não acontecer.

De seguida, serão apresentadas três abordagens alternativas sugeridas pelo HCM (2010), para uma dada avaliação.

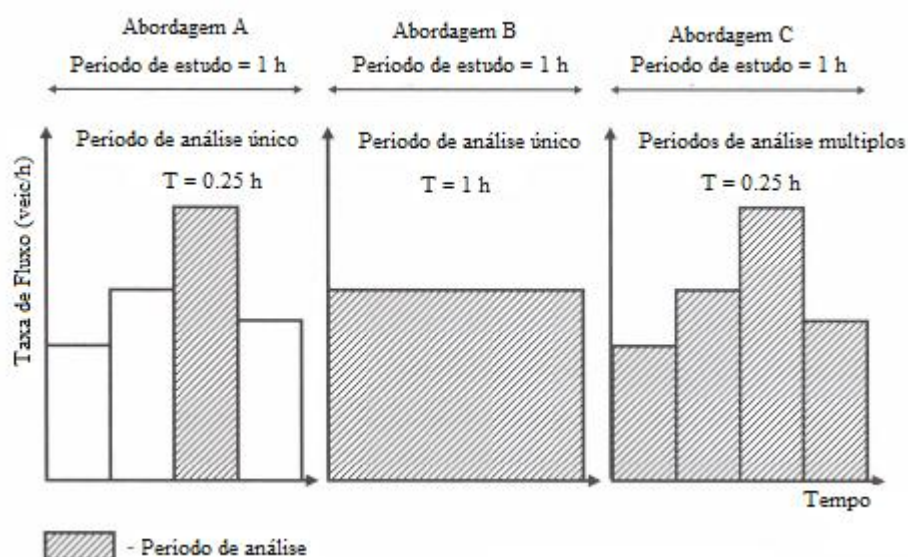


Fig. 5 - Três abordagens de estudo alternativas (Adaptado de TRB, 2010)

Abordagem A - Baseada na avaliação do período de um pico de 15 minutos, durante o período de estudo. Os débitos horários (veíc / h) utilizados para a análise, baseiam-se em qualquer um pico de 15 minutos de contagem de tráfego multiplicada por 4, ou um volume de procura de 1 hora dividido pelo fator de pico horário. A primeira opção é a preferida quando contagens de tráfego de 15 minutos estão disponíveis.

Abordagem B - Baseada na avaliação de um período de análise de 1 hora que é coincidente com o período de estudo. O período de análise T é de 1 hora. O débito é equivalente ao volume de procura de 1 hora (i.e, o fator de pico horário não é utilizado). Esta abordagem assume implicitamente que o débito de chegadas de veículos é constante durante todo o período de estudo. Portanto, os efeitos de pico na hora de estudo podem não ser identificados e o analista corre o risco de subestimar o atraso que efetivamente ocorre.

Abordagem C - Utiliza um período de estudo 1 hora e divide-o em quatro períodos de análise de 0,25 hora. Esta abordagem tem em conta a sistemática variação do débito no período de análise, bem como as filas que se mantêm até ao próximo período de análise, e como tal cria uma representação mais correta do atraso.

3

MÉTODOS

3.1. HCM 2010

No capítulo 18 do vol. III do HCM (2010), é descrita a metodologia a utilizar no caso de interseções sinalizadas, e como tal será o capítulo que irá sustentar este trabalho.

Neste capítulo é descrita a metodologia para a avaliação da capacidade bem como a qualidade de serviço prestada aos utilizadores da interseção semaforizada. De notar que esta metodologia não é apenas uma ferramenta para avaliar estes dois parâmetros acima descritos, tendo também em conta uma matriz de diversas medidas de desempenho, que são úteis para a identificação da origem dos problemas, permitindo, igualmente, fornecer informações sobre estratégias para a melhoria da interseção.

Esta metodologia é aplicável a interseções de 3 e 4 ramos de 2 vias rodoviárias, onde é aplicada uma sinalização semafórica de nível local, podendo ter em conta a influência de interseções sinalizadas a montante e a jusante, através de diversas variáveis *input*.

3.1.1. MEDIDAS DE DESEMPENHO

O desempenho da interseção é caracterizado pelo uso de uma ou mais medidas quantitativas, que caracterizam alguns aspetos do serviço prestado a um específico grupo utilizador da via.

Neste capítulo do HCM são citadas diversas medidas de desempenho quantitativas, tais como, o atraso (automóvel, peões, bicicletas), o rácio de armazenamento da fila, o rácio volume-capacidade automóvel, a área de circulação dos peões, bem como uma medida qualitativa denominada por *perception score* apenas aplicada a peões e bicicletas.

Observe-se que a utilização de apenas uma variável, para descrever o nível de desempenho de uma interseção, é, por vezes, útil do ponto de vista de transmitir a qualidade do seu funcionamento aos decisores (administradores, agentes de autoridade, políticos bem como ao público), sendo para tal utilizado o denominado Nível de Serviço (LOS- *Level of service*). Esta medida pode, também, ser considerada uma medida de desempenho, sendo que, para o seu estabelecimento, é necessário ter em atenção algumas das medidas quantitativas acima referidas.

Como se sabe, o tráfego, numa interseção pode ser motorizado, de peões ou de bicicletas, e como tal existem três metodologias referidas, neste documento para a avaliação do desempenho da interseção, na ótica dos motoristas, dos peões bem como dos ciclistas.

Existem critérios do LOS diferentes para os diferentes modos de viagem, sendo que o critério para o modo automóvel (“todo o tráfego motorizado, excetuando os veículos que param na interseção para pegar ou largar passageiros”) é diferente do não automóvel.

No modo automóvel, o critério é especialmente baseado em medidas de desempenho, medidas no terreno, bem como perceptíveis pelos condutores, enquanto nos critérios dos modos não automóveis, são baseados em objetivos reportados pelos utilizadores indicando a sua perceção da qualidade de serviço.

No modo automóvel, o valor do nível de serviço da interseção (LOS) pode ser obtido, para cada aproximação ou para toda a interseção, bem como para cada grupo de vias.

Para caracterizar o LOS de uma aproximação ou de toda a interseção, pode ser utilizado apenas o controlo de atraso, enquanto para caracterizar o LOS de um grupo de vias é necessário o rácio de volume/capacidade e o controlo de atraso.

Os diferentes níveis de LOS, serão seguidamente descritos:

- LOS A - Nível normalmente atribuído, quando a relação volume/capacidade é pequena e também quando existe uma progressão excecionalmente favorável ou quando o tamanho do ciclo é bastante curto. De notar que se este nível for atribuído devido à favorável progressão, a maior parte dos veículos que chegam durante o verde passam pela interseção sem parar.
- LOS B - Nível normalmente atribuído, quando a relação volume/capacidade é baixa e também quando a progressão é altamente favorável ou o tempo de ciclo é curto, surgindo uma maior percentagem de veículos que param, relativamente ao nível anterior.
- LOS C - Nível normalmente atribuído, quando a progressão é favorável ou o comprimento do ciclo é moderado. Possibilidade de começo de falhas no ciclo, ou seja, um ou mais veículos na fila poderão não partir como resultado da falta de capacidade durante o ciclo, o que evidencia a paragem de um número significativo de veículos.
- LOS D - Nível normalmente atribuído, quando a relação volume/capacidade é alto e também quando a progressão é insuficiente ou o tempo do ciclo é longo, ocorrendo falhas individuais de ciclo e paragem de muitos veículos.
- LOS E - Nível normalmente atribuído, quando a relação volume/capacidade é alta, a progressão é desfavorável e o comprimento de ciclo é longo, verificando-se frequentes falhas individuais do ciclo.
- LOS F - Nível normalmente atribuído, quando a relação volume/capacidade é muito alta, a progressão é muito desfavorável e o comprimento de ciclo é longo, traduzindo-se numa falha de muitos ciclos, para “limpar” a fila.

Tal como anteriormente afirmado, para a atribuição da classificação LOS, é necessário ter em conta certas medidas de desempenho, sendo a relação entre estas e respetiva classificação apresentada no quadro seguinte:

Tabela 1 - Classificações LOS (Adaptado de TRB, 2010)

Atraso (s/veíc)	Rácio volume-capacidade	
	≤1	>1
≤ 10	A	F
> 10 - 20	B	
> 20 - 35	C	
> 35 - 55	D	
> 55 - 80	E	
> 80	F	

3.1.2. DETERMINAÇÃO DE GRUPO DE MOVIMENTOS E DE VIAS

A metodologia para interseções sinalizadas usa dois conceitos, grupo de movimentos e grupo de vias, para descrever e avaliar a interseção. Estes dois grupos são muito parecidos no seu significado. De facto, a sua única diferença ocorre, quando uma via partilhada está presente na aproximação com duas ou mais vias.

A designação do grupo de movimentos é útil, para especificar dados de entrada, por outro lado a designação de grupo de vias é útil para descrever os cálculos associados à metodologia.

As seguintes regras são utilizadas para determinar um grupo de movimentos na aproximação de uma interseção:

- Um movimento de viragem, que é servido por uma ou mais vias exclusivas, sem vias partilhadas, deverá ser designado como um grupo de movimento;
- Todas as vias que não estão num grupo, devido à regra anterior, devem ser combinadas num grupo de movimentos.

De seguida são apresentadas as regras para a determinação do grupo de vias:

- Uma via ou vias de viragem à esquerda ou direita, devem ser designadas como um grupo de vias separado;
- Qualquer via partilhada deve ser designada como um grupo de vias separado;
- Todas as vias, que não são de viragem exclusiva ou partilhadas, deverão ser combinadas num grupo de vias.

Através destas regras, é possível obter o tipo de grupos de vias que se podem encontrar nas aproximações das interseções:

- Via(s) de viragem à esquerda exclusiva(s);
- Via(s) em frente exclusiva(s);
- Via(s) de viragem à direita exclusiva(s);
- Via partilhada de viragem à esquerda e em frente;
- Via partilhada de viragem à esquerda e à direita;
- Via partilhada de viragem à direita e em frente;
- Via partilha de viragem à direita à esquerda e em frente.

3.1.3. DETERMINAÇÃO DO DÉBITO DE SATURAÇÃO DO GRUPO DE MOVIMENTOS

Se um movimento de viragem é servido por uma ou mais vias exclusivas e não tem vias partilhadas, então, o débito de saturação desses movimentos deverá ser atribuído a um grupo de movimentos.

3.1.4. DETERMINAÇÃO DO DÉBITO DE SATURAÇÃO DO GRUPO DE VIAS

Não existindo vias partilhadas na aproximação da interseção ou se a aproximação tiver apenas uma via, existe uma correspondência de um para um entre grupo de vias e grupo de movimentos. Neste caso o débito de saturação de ambos os grupos é igual.

No caso da existência de uma ou mais vias partilhadas no acesso à interseção e duas ou mais vias, o débito de saturação do grupo de vias é calculado usando o método descrito na metodologia própria definida no HCM (capítulo 31). Este procedimento é baseado no facto dos utilizadores escolherem a via que lhes minimiza o tempo de serviço na interseção, onde o rácio volume/débito de saturação da via é utilizado para estimar as diferenças neste tempo entre vias. De notar que este pressuposto poderá não ter sempre em conta a escolha de uma via, por parte do utilizador, devido ao facto deste desejar efetuar uma viragem.

3.1.5. DETERMINAÇÃO DO DÉBITO DE SATURAÇÃO

Neste passo, o débito de saturação é determinado para cada via do grupo de vias. Este reflete os vários fatores de ajustamento do débito de saturação base, tendo em conta fatores específicos da aproximação da interseção.

A equação a utilizar para a determinação do débito de saturação por via, do grupo de vias, é a seguinte:

$$s = s_0 * f_w * f_{HV} * f_g * f_p * f_{bb} * f_a * f_{LU} * f_{LT} * f_{RT} * f_{Lpb} * f_{Rpb} \quad (1)$$

Onde:

- s - Débito de saturação;
- s_0 - Débito de saturação base;
- f_w - Fator de ajustamento da largura da via;
- f_{HV} - Fator de ajustamento dos veículos pesados na corrente de tráfego;
- f_g - Fator de ajustamento devido ao declive da aproximação;
- f_p - Fator de ajustamento para a existência de uma via de estacionamento, e atividade de estacionamento adjacente à via;
- f_{bb} - Fator de ajustamento para o efeito de bloqueio criado por autocarros locais que param na interseção;
- f_a - Fator de ajustamento do tipo de área;
- f_{LU} - Fator de ajustamento da utilização da via;
- f_{LT} - Fator de ajustamento de veículos que viram à esquerda num grupo de vias;
- f_{RT} - Fator de ajustamento de veículos que viram à direita num grupo de vias;
- f_{Lpb} - Fator de ajustamento de peões e bicicletas para grupos de viragem à esquerda;
- f_{Rpb} - Fator de ajustamento de peões e bicicletas para grupos de viragem à direita.

3.1.5.1. Débito de saturação base

O débito de saturação base representa o débito médio de tráfego em frente expectável numa via que possua condições de tráfego e geométricas que correspondam ao valor de 1 para cada fator de ajustamento. Normalmente, é utilizado um débito de saturação base para todas as interseções sinalizadas numa determinada área, havendo a salientar que neste trabalho foi utilizado um valor de 1900 uvl/h.

3.1.5.2. Ajustamento da largura de via

Este fator existe para ter em conta o impacto negativo de vias estreitas e positivo em vias largas.

Os valores deste fator encontram-se no quadro seguinte:

Tabela 2 - Fator de ajustamento devido à largura de via (Adaptado de TRB, 2010)

Largura média da via (m)	Fator de ajustamento (f_w)
< 3,05	0,96
[3,05; 3,93]	1
> 3,93	1,04

Nota: Este fator aplica-se a vias com comprimento médio de 2,44 m ou mais

3.1.5.3. Ajustamento devido à presença de veículos pesados

Este fator existe para ter em conta o espaço adicional ocupado pelos veículos pesados, e as suas diferenças na manobrabilidade, este fator não sendo usado para autocarros locais que param na área da interseção. Este valor é calculado através da seguinte equação:

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV} * (E_T - 1)} \quad (2)$$

Onde:

- P_{HV} - Percentagem de veículos pesados no grupo de movimento correspondente;
- E_T - Número equivalente de carros em frente para cada veículo pesado = 2.

3.1.5.4. Ajustamento devido ao declive das aproximações

Este fator existe para ter em conta o efeito do declive nas vias de aproximação no desempenho dos veículos, cujo valor é calculado utilizando a seguinte equação:

$$f_g = 1 - \frac{P_g}{200} \quad (3)$$

Onde P_g é o declive da via de aproximação do movimento de grupo correspondente (%).

Este valor aplica-se para valores desde -6% a +10%. Um valor positivo corresponde ao caso onde a via está a “subir” e, no caso da via ser a “descer”, este valor será negativo.

Neste trabalho este fator foi considerado igual a 1.

3.1.5.5. Ajustamento devido ao estacionamento

Este fator existe para inferir o efeito de “atrito” de uma via com estacionamento longitudinal, para o débito de saturação do grupo de vias adjacente. Caso não exista estacionamento, este fator é igual a 1, e caso exista o mesmo pode ser calculado através da seguinte equação:

$$180 \geq f_p = \frac{N - 0,1 - \frac{18N_m}{3600}}{N} \geq 0,050 \quad (4)$$

Onde:

- N_m - Taxa de manobras de estacionamento adjacente ao grupo de vias (manobras/h);
- N - Número de vias no grupo de vias.

Este fator aplica-se apenas ao grupo de vias adjacentes ao estacionamento. De notar que as condições de estacionamento com zero manobras têm um impacto diferente das situações em que o mesmo não exista.

3.1.5.6. Ajustamento para bloqueamento por autocarro

Este fator tem em conta o impacto dos autocarros que param caso existam paragens a uma distância até 76,2 metros da linha de paragem.

O valor deste fator é calculado através da aplicação da seguinte equação:

$$250 \geq f_{bb} = \frac{N - \frac{14,4N_b}{3600}}{N} \geq 0,050 \quad (5)$$

Onde:

- N - Número de vias no grupo de vias;
- N_b - Volume de autocarros na aproximação (autocarros/h).

3.1.5.7. Ajustamento face ao tipo de área

Este fator (f_a) existe para ter em conta a ineficiência das interseções, quando usado, este valor é igual a 0,90. Este fator deve ser utilizado quando a geometria da interseção e o volume de tráfego e/ou de peões implicam um aumento do tempo entre veículos.

3.1.5.8. Ajustamento da utilização da via

Este fator é utilizado para estimar o débito de saturação para um grupo de vias, com mais de uma via exclusiva. No caso do grupo de vias possuir uma via partilhada ou uma via exclusiva, então este fator é 1.

3.1.5.9. Ajustamento para viragens à direita

Este fator é tido primariamente para refletir o efeito da geometria do movimento de viragem à direita no débito de saturação. O valor deste fator é calculado com a seguinte equação:

$$f_{RT} = \frac{1}{E_R} \quad (6)$$

Onde:

- E_R – Número equivalente de carros em frente para o número de carros que viram à direita quando este movimento é protegido (= 1,18).

Se o movimento de viragem à direita partilhar uma via com outro movimento ou existir conflito, deverá ser utilizado o procedimento descrito na metodologia própria definida no HCM (capítulo 31), para o ajustamento do débito de saturação para o grupo de vias de via partilhada.

3.1.5.10. Ajustamento para viragens à esquerda

Este fator é tido primariamente para refletir o efeito da geometria do caminho de viragem à esquerda no débito de saturação. O valor deste fator é calculado com a seguinte equação:

$$f_{LT} = \frac{1}{E_L} \quad (7)$$

Onde:

- E_L – Número equivalente de carros em frente para o número de carros que viram à esquerda quando este movimento é protegido (= 1,05).

Se o movimento de viragem à esquerda partilhar uma via com outro movimento ou existir conflito, deverá ser utilizado o procedimento descrito na metodologia própria definida no HCM (capítulo 31), para o ajustamento do débito de saturação para o grupo de vias de via partilhada.

3.1.5.11. Ajustamento para peões e bicicletas

O procedimento para determinar o fator de ajustamento de viragens à esquerda para peões e bicicletas f_{Lpb} e o fator de ajustamento de viragens à direita para peões e bicicletas f_{Rpb} , é baseado no conceito de zona de conflito de ocupação. O procedimento para o cálculo deste fator está descrito na metodologia

própria definida no HCM (capítulo 31), havendo a salientar que, neste trabalho estes valores foram considerados igual a 1.

3.1.6. DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE E DO RÁCIO VOLUME/CAPACIDADE

A capacidade, para um determinado grupo de vias que servem um movimento de tráfego, e para o qual não existe movimentos de viragem à esquerda permitidos, é definido pela seguinte equação:

$$c = N * s * \frac{g}{C} \quad (8)$$

Onde:

- c - Capacidade (veíc/h);
- C – Duração do ciclo (s);
- g – Tempo de verde efetivo (s);
- N - Número de vias no grupo de vias;
- s – Débito de saturação (veíc/h).

Esta equação não pode ser utilizada para calcular a capacidade de um grupo de vias de via partilhada, ou um grupo de vias com conflito no movimento de viragem à esquerda. Na metodologia própria do HCM (capítulo 31) encontram-se os procedimentos para a estimativa da capacidade neste tipo de grupos de vias.

O rácio volume/capacidade pode ser calculado adotando a equação:

$$X = \frac{v}{c} \quad (9)$$

Onde:

- X - Grau de saturação;
- v - Débito de chegadas (veíc/h);
- c - Capacidade (veíc/h).

3.1.7. ATRASO

O atraso calculado neste passo representa a média do atraso controlado, sentido por todos os veículos que chegam durante o período de análise. De notar que inclui qualquer atraso que ocorra devido a veículos que ainda se encontram na fila após o período de análise. O atraso controlado para um determinado grupo de vias, pode ser calculado através da seguinte equação:

$$d = d_1 + d_2 + d_3 \quad (10)$$

Onde:

- d - Controlo de atraso (s/veíc);

- d_1 - Atraso uniforme (s/veíc);
- d_2 - Atraso incremental (s/veíc);
- d_3 - Atraso devido à fila inicial.

3.1.7.1 Atraso uniforme e Tamanho da fila

A seguinte equação representa uma forma de calcular o atraso quando é assumido que as chegadas são variáveis ao longo do ciclo. Também assume um período de verde efetivo, durante o ciclo, e um débito de saturação, durante esse período.

$$d_1 = \frac{0,5C(1 - g/C)^2}{1 - [\min(1, X)g/C]} \quad (11)$$

Todas as variáveis foram previamente definidas.

O método de acumulação da fila “molda” as chegadas e partidas à medida que estas ocorrem no ciclo médio. Este considera débitos de chegadas e de partidas, à medida que vão ocorrendo, durante um ou mais períodos efetivos de verde. Estes débitos e o resultante tamanho da fila podem ser mostrados num polígono de acumulação da fila (Fig. 6). O procedimento decompõe o polígono resultante num equivalente conjunto de trapézios ou triângulos para estimar o atraso.

O critério chave para a construção do trapézioide ou do triângulo é que os débitos de chegadas e partidas devem ser constantes, durante o período associado. Este processo é ilustrado na Fig. 6 para um grupo de vias, com dois débitos de partidas diferentes, durante o período de verde efetivo.

O atraso associado com o ciclo é determinado somando a área dos trapézios ou triângulos que compõem o polígono. A área de um dado trapézio ou triângulo é determinada sabendo primeiramente o número de veículos na fila no início do intervalo e depois somando o número de chegadas e subtraindo o número de partidas, durante o intervalo de tempo específico. O resultado deste cálculo é o número de veículos na fila no fim do intervalo i .

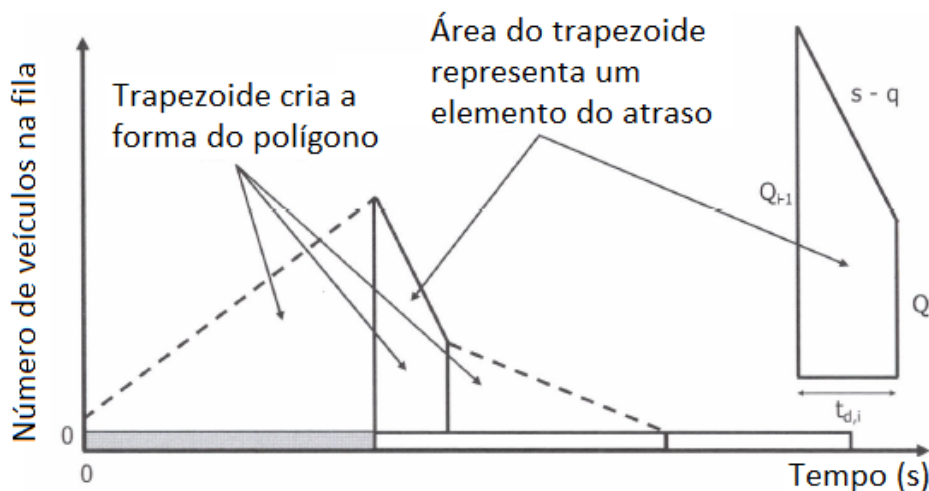


Fig. 6 - Polígono de acumulação da decomposição da fila (Adaptado de TRB, 2010)

$$Q_i = Q_{i-1} - (s/3600 - q/N)t_{d,i} \geq 0,0 \quad (12)$$

Onde:

- Q_i - Tamanho da fila no fim do intervalo i (veíc);
- q - Débito de chegadas = $v/3600$ (veíc/s);
- $t_{d,i}$ - Duração do intervalo de tempo i durante o qual o débito de chegadas e o débito de saturação são constantes(s).

A construção do polígono de acumulação de fila necessita que todos os débitos sejam convertidos a unidades de veículos, por segundo, por via.

A construção do polígono de acumulação da fila pressupõe que o débito de chegadas não exceda a capacidade. No caso do débito de chegadas exceder a capacidade, então este é considerado igual à capacidade. A fila pode ser assumida igual a zero no fim do movimento protegido, e a construção do polígono começa neste ponto do ciclo. Após a construção do polígono, se, no fim, a fila não for igual a zero, então um segundo polígono deverá ser construído com o fim desta fila, como a fila de começo do primeiro intervalo.

A construção do polígono necessita da identificação de pontos no ciclo onde uma das duas condições seja aplicável:

- Os débitos de partidas mudam;
- Os débitos de chegadas mudam.

Durante os intervalos de tempo entre estes pontos, o débito de saturação e o débito de chegadas são constantes. No caso da existência de vias partilhadas, poderá ser necessário um cálculo iterativo para a determinação dos pontos de mudança do débito.

3.1.7.2. Atraso incremental

A equação para o cálculo deste atraso inclui uma variável que tem em conta o tipo de controlo para o atraso. Esta variável tem o nome de fator do atraso incremental (k) e os seus valores variam entre 0,04 e 0,5. Um valor de 0,5 é recomendado para fases pré-temporizadas e coordenadas.

O atraso incremental tem em conta o atraso devido à variação aleatória de número de veículos que chegam à interseção de ciclo para ciclo, bem como o atraso causado, quando a procura é maior que a capacidade, durante o período de análise. O período durante o qual a procura excede a capacidade é referido como período onde a procura não é servida.

A equação utilizada para o cálculo deste atraso é a seguinte:

$$d_2 = 900T \left[(X_A - 1) + \sqrt{(X_A - 1)^2 \frac{8kIX_A}{c_A T}} \right] \quad (13)$$

Onde:

- X_A - Média do grau de saturação ($X_A = v/c_A$);

- T - Duração do período de análise (h);
- I - Fator de ajustamento devido à formação de pelotões (igual a 1 para interseções isoladas).

3.1.7.3. Atraso inicial da fila

No caso de nenhum grupo de vias possuir fila inicial, então este atraso é igual a 0 s/veíc. No caso de existir fila inicial, para qualquer grupo de vias da interseção, este atraso é calculado a partir da seguinte equação:

$$d_3 = \frac{3600}{vT} \left(t_A \frac{Q_b Q_e Q_{eo}}{2} + \frac{Q_e^2 - Q_{eo}^2}{2c_A} - \frac{Q_b^2}{2c_A} \right) \quad (14)$$

Onde:

$$Q_e = Q_b + t_A(v - c_A) \quad (15)$$

Se $v \geq c_A$, então:

$$Q_{eo} = T(v - c_A) \quad (16)$$

$$t_A = T \quad (17)$$

Se $v < c_A$, então:

$$Q_{eo} = 0 \text{ veic} \quad (18)$$

$$t_A = \frac{Q_b}{(c_A - v)} \leq T \quad (19)$$

Onde:

- t_A - Duração ajustada da procura não servida no período de análise (h) ;
- Q_e - Fila no fim do período de análise (veíc);
- Q_{eo} - Fila no fim do período de análise quando $v \geq c_A$ e $Q_b = 0$ veíc;
- T - Duração do período de análise (h);
- c_A - Capacidade média (no caso de não existir fila inicial $c_A = c$).

3.2. MÉTODO DE WEBSTER

Em 1950, Webster conduziu um conjunto de experiências em interseções isoladas com funcionamento com tempo pré-definido.

Do seu estudo surgiram duas estratégias de temporização dos sinais de tráfego, sendo elas:

- Divisão das fases do sinal;
- Equação do tamanho do ciclo de atraso mínimo.

Webster demonstrou, quer teoricamente, quer experimentalmente, que os sinais, que funcionam a tempo pré-determinado, devem ter as suas fases críticas temporizadas, para iguais graus de saturação, para um determinado tempo de ciclo, reduzindo, assim, o atraso.

As duas estratégias acima referidas são bastante úteis no planeamento do tráfego. Quando as duas regras são aplicadas em conjunto, é possível reduzir o atraso numa interseção sinalizada pré-temporizada.

3.2.1. DÉBITO DE SATURAÇÃO TEÓRICO

A estimação do débito de saturação é efetuada, através do recurso a modelos que assentam num vasto conjunto de características geométricas e condições de circulação, para assim poderem ser precisos nas suas previsões. Como tal, é necessária a seleção dos fatores mais importantes que afetam as partidas dos veículos.

A estimação do débito de saturação é feita para cada via de forma isolada, porém, no caso da corrente de tráfego ocupar mais do que uma via, o respetivo débito de saturação é a soma dos débitos de saturação das vias que lhe estão afetas.

Este modelo utiliza a formulação clássica, ou seja, considera um valor para o débito de saturação que corresponde ao espectável para determinadas condições de circulação e geométricas base, no entanto, quando estas condições não são satisfeitas, deverão ser utilizados fatores de ajustamento.

Para este efeito, considera-se que as correntes de tráfego podem ser agrupadas em correntes de tráfego com e sem oposição, conforme os veículos tenham de dar ou não a prioridade a veículos de outras correntes de tráfego.

Em qualquer um destes grupos, pode-se, ainda, considerar a exclusividade ou não da via, ou seja, se esta tem dois ou mais movimentos de veículos, ou apenas um.

O valor do débito de saturação base é de 1900 uvl/h, que é o valor do débito de saturação para os casos em que as seguintes condições são satisfeitas:

- Via exclusiva para movimentos em frente sem oposição;
- Apenas veículos ligeiros na corrente de tráfego;
- Perfil longitudinal da via em patamar;
- Cruzamento localizado em zona de características médias e via afastada do passeio;
- Corrente de tráfego sem oposição em via exclusiva;
- Largura de via igual a 3,3 metros numa extensão que garanta uma permanente partida de veículos.

O débito de saturação é calculado segundo a equação:

$$s = 1900 f_w f_i f_z f_p f_t f_d \quad (20)$$

Onde:

- f_w - Fator de ajustamento devido à largura da via;
- f_i - Fator de ajustamento devido ao declive da via;
- f_z - Fator de ajustamento devido à localização do cruzamento;
- f_p - Fator de ajustamento devido à localização da via;
- f_t - Fator de ajustamento devido à composição da corrente de tráfego;
- f_d - Fator de ajustamento devido à mudança de direção.

3.2.1.1. Fator de ajustamento devido à largura da via

A largura da via (w) é das características geométricas que mais afeta a partida de veículos.

Para vias com uma largura superior a 3,3 metros, admite-se que, por cada metro de aumento de largura da via, corresponde um aumento de 100 uvl/h do débito de saturação, enquanto que, para vias com largura inferior a 3,3 metros, corresponde a uma variação de 200 uvl/h. O fator de ajustamento f_w é obtido através da seguinte fórmula:

$$f_w = \begin{cases} 0,105w + 0,653 & \text{se } 2,5 < w < 3,3 \quad (21) \\ 0,053w + 0,823 & \text{se } 3,3 < w < 5 \quad (22) \end{cases}$$

3.2.1.2. Fator de ajustamento devido ao declive da via

O perfil longitudinal tem um efeito benéfico ou prejudicial no débito de saturação, consoante a via esteja a descer, facilitando a partida dos veículos, ou a subir, dificultando-a.

Cada variação de 1% no declive, conduz a uma variação no débito de saturação de 2%, pelo que o fator de ajustamento pode ser calculado por:

$$f_i = 1 - 2i \quad (23)$$

Onde i é o declive da via (formato decimal), sendo positivo nas subidas e negativo nas descidas.

3.2.1.3. Fator de ajustamento devido à localização do cruzamento

A influência da localização do cruzamento, nos débitos de saturação, reflete a soma de pequenos fatores que dificultam a partida dos veículos. Estas dificuldades advêm de diversos fatores, tais como,

a interferência dos peões, a visibilidade, as manobras de estacionamento, a entrada/saída de passageiros de autocarros e táxis, etc. Dada a dificuldade em isolar todos estes elementos, opta-se, então, por considerar o efeito de todos em conjunto, tendo em conta a seguinte classificação para a localização do cruzamento, encontrando-se entre parêntesis os respetivos valores para o fator de ajustamento f_z .

- Classe A ($f_z = 1,1$) – Corresponde a uma zona residencial ou suburbana, onde a visibilidade é boa, sendo nulas ou reduzidas as restrições à liberdade de manobra dos condutores provocadas pela presença de peões, rotatividade do estacionamento ou paragens de autocarros;
- Classe B ($f_z = 1,0$) – Corresponde a uma zona de características médias onde as perturbações à partida dos veículos são moderadas;
- Classe C ($f_z = 0,9$) – Corresponde às zonas centrais em que quer as múltiplas manobras de estacionamento, paragem para a entrada e saída de passageiros, quer o elevado volume de peões, bem como as operações de carga e descarga têm um efeito sensível no escoamento do tráfego.

3.2.1.4. Fator de ajustamento devido à localização da via

O efeito acumulado dos fatores descritos no fator anterior, depende da posição da via de tráfego no ramo de entrada no cruzamento, sendo que, para vias de tráfego juntas ao lancil do passeio, usa-se um fator de ajustamento $f_p = 0,95$ e de 1 para vias não encostadas ao lancil do passeio.

3.2.1.5. Fator de ajustamento devido à composição da corrente de tráfego

O valor base do débito de saturação diz respeito ao tráfego equivalente expresso em unidades de veículos ligeiros por hora. Para ter em conta a composição do tráfego, é necessária a utilização de coeficientes de equivalência de cada classe de veículos que representem o número de veículos ligeiros que, nas mesmas condições, produzem o mesmo efeito na partida dos veículos que um veículo de determinada classe.

Permitindo este fator converter os débitos homogeneizados em débitos reais. Este fator é calculado pela seguinte fórmula:

$$f_t = \frac{1}{1 - \sum p_i + \sum p_i E_i} \quad (24)$$

Onde:

- p_i - Proporção de veículos da classe i (exceto veículos ligeiros);
- E_i - Coeficiente de equivalência dos veículos de classe i (exceto veículos ligeiros).

Os coeficientes de equivalência a adotar são apresentados no seguinte quadro:

Tabela 3 - Coeficientes de equivalência (Adaptado de Xavier, 2008)

Tipo de veículo	E_i
Veículo comercial médio	1,5
Veículo comercial pesado	2,3
Autocarro	2
Veículo de duas rodas com motor	0,4
Bicicleta	0,2

3.2.1.6. Fator de ajustamento devido à mudança de direção

Quando os veículos mudam de direção, estes fazem-no a uma velocidade mais baixa, sendo este efeito representado pelo fator f_d dado por:

$$f_d = \frac{1}{1 + 1,5/\rho} \quad (25)$$

Sendo ρ o raio, em metros, da curva descrita pelo veículo na manobra de viragem.

3.2.3. EQUAÇÃO DO ATRASO DE WEBSTER

A equação para o cálculo do atraso no método de Webster é a seguinte:

$$d = \frac{c(1 - \lambda)^2}{2(1 - \lambda x)} + \frac{x^2}{2q(1 - x)} - 0,65 * \left(\frac{c}{q^2}\right)^{\frac{1}{3}} x^{(2+5\lambda)} \quad (26)$$

Onde:

- d - Média de atraso por veículo de um determinado grupo de vias na interseção (s/veíc);
- c - Duração do ciclo, (s);
- q - Débito de chegadas (veíc/s);
- λ - Proporção de verde efetivo (ou seja, g/c onde g é o tempo de verde efetivo);
- x - Grau de saturação, é o rácio entre o fluxo real presente e o máximo fluxo que pode passar na interseção através de este grupo de vias ($= g/\lambda s$, onde s é o débito de saturação em veíc/s).

O primeiro termo da equação 26 representa o atraso para quando se assume uma chegada uniforme do tráfego e o segundo termo tem em conta a variação nas chegadas. O terceiro termo da equação é uma correção empírica, para melhor determinar os valores do atraso para todos os débitos.

Há que referir que esta é uma equação por excelência, para o atraso sentido por veículos que chegam de forma aleatória.

3.3. AKÇELIK

3.3.1. MEDIDAS DE DESEMPENHO

O atraso neste documento é definido como a diferença entre os tempos de viagem sem interrupções e com interrupções, que passam pela interseção. Como tal, tem em conta os atrasos por desaceleração e aceleração, bem como o atraso da sua imobilização, no caso de estar presente uma fila estacionária. Cada veículo que sofra atraso é considerado que experiencia uma paragem. Um veículo que abrande sem que realmente pare, tem um pequeno atraso associado e, neste caso, será considerado como sofrendo uma paragem parcial. O comprimento da fila, isto é, o número de veículos na fila é também uma medida básica de desempenho, sendo esta de particular importância, quando existe um espaço limitado para o armazenamento dos veículos.

A capacidade e o grau de saturação, são consideradas mais medidas básicas de desempenho e são analisadas na metodologia própria definida no Akçelik (secção 3). O grau de saturação determina o padrão de mudança no atraso, no número de paragens e no comprimento da fila. De notar que o desempenho da interseção se deteriora rapidamente para graus de saturação acima dos 0,8 até aos 0,9 como demonstrado nas figuras 8 a 10. O grau de saturação pode, portanto, ser usado como um simples indicador do nível de serviço da interseção sinalizada (Akçelik, 1978a e b, 1979a).

O conceito usado na derivação destas fórmulas para o atraso, o número de paragens e o comprimento da fila estão fortemente interrelacionadas (Akçelik, 1980a, 1981).

Na secção 6 do Akçelik são apresentadas as fórmulas para o cálculo das diferentes medidas de desempenho, para o caso de sinalização de tempo fixo, numa interseção isolada.

3.3.2. FILA EM SITUAÇÃO DE SOBRESSATURACÃO

As fórmulas apresentadas de seguida para a previsão do atraso, do número de paragens e do comprimento da fila para movimentos individuais podem ser consideradas como tendo uma componente uniforme e de sobressaturação. A componente uniforme é baseada no pressuposto de as chegadas serem regulares, e é expressa sobretudo em relação ao tempo de vermelho. A componente de sobressaturação é expressa explicitamente como uma função da média da fila de sobressaturação, ou seja, como a média do número de veículos que ficam na fila no fim do período de verde. Estas filas acontecem devido à não libertação de todos os veículos em fila, durante o tempo de verde, que pode permanecer apenas por alguns ciclos (para baixos ou moderados níveis de saturação), ou persistir por um longo período de tempo (para altos graus de saturação).

Mesmo que o débito de chegadas, seja em média menor que a capacidade (ou seja, grau de saturação < 1) existirão alguns ciclos sobressaturados, devido à variação aleatória dos débitos de chegadas. É dado como exemplo a Fig. 7 que demonstra, no gráfico tempo-distância, as trajetórias dos veículos que chegam durante dois ciclos do sinal.

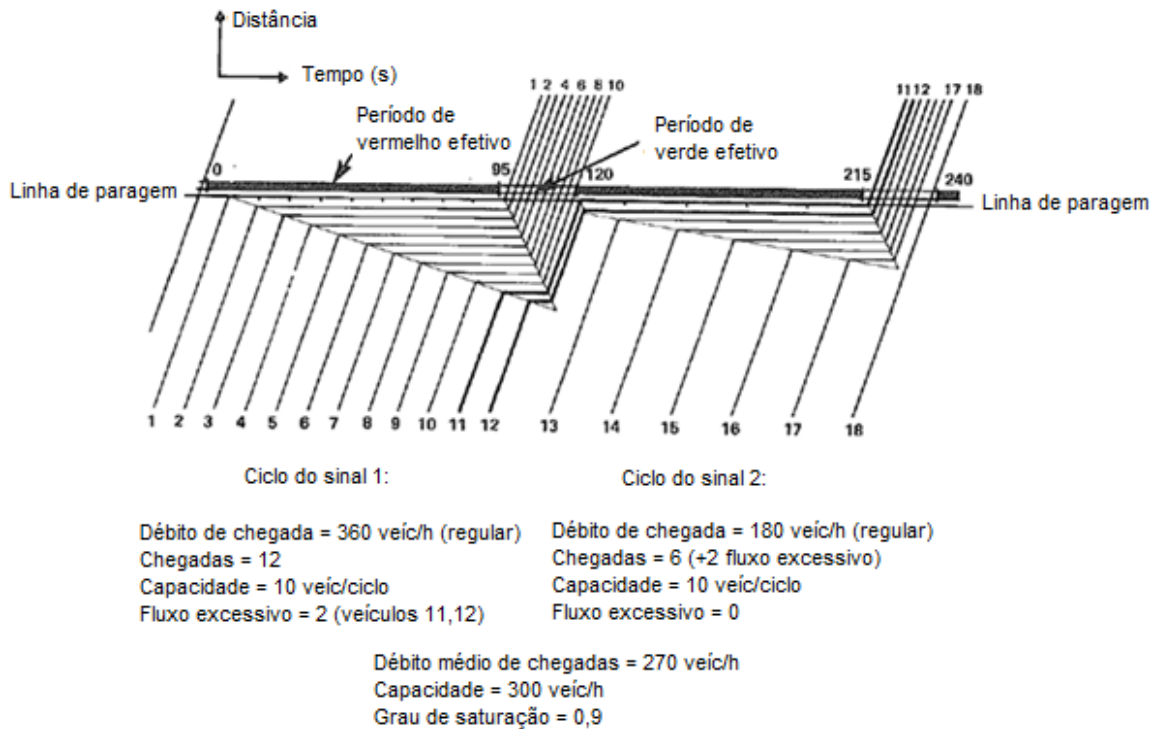


Fig. 7 - Exemplo que ilustra o conceito de fila em regime de sobressaturação (Adaptado de Akçelik, 1998)

A Fig. 7 ilustra a relação tempo-distância idealizada para as trajetórias de veículos que chegam durante dois ciclos. Os débitos de chegadas são 360 veic/h e 180 veic/h, durante o primeiro e o segundo ciclo, respetivamente, sendo consideradas constantes ao longo de cada ciclo. De realçar que o tempo de verde ($g = 25$ s), a duração do ciclo ($c = 120$ s), o débito de saturação ($s = 1440$ veic/h), a capacidade ($Q = 300$ veic/h = 10 veic/ciclo) são constantes. A capacidade, no primeiro ciclo, é excedida, resultando numa sobressaturação de dois veículos (veículos 11 e 12). Porém, no segundo ciclo, estes dois veículos bem como todos aqueles que chegaram são “descarregados”, isto é, não existe fila de sobressaturação. É também possível observar que os dois veículos que ficaram “retidos” no primeiro ciclo, aumentaram o atraso dos veículos que chegaram no segundo ciclo (a componente horizontal da relação tempo-distância representa o atraso).

O efeito das variações aleatórias, no débito de chegadas, é desprezável para baixos graus de saturação, mas aumenta à medida que as médias dos débitos se aproximam da capacidade, resultando em grandes filas e, conseqüentemente, grandes atrasos, números de paragens e comprimentos de filas. Quando os débitos de chegadas excedem a capacidade ($x > 1$), por um longo período de tempo, as características de operação tornam-se uma função do comprimento desse período. Estas filas crescem continuamente durante tal período, até que o débito de chegadas desça abaixo da capacidade e as filas possam ser “limpas” durante os subsequentes ciclos do sinal.

Para prever a média das filas em regime de sobressaturação, para o caso de condições de subsaturação ($x < 1$) ou sobressaturação ($x > 1$) no sinal de tempo fixo num cruzamento isolado, utiliza-se a expressão derivada (Akçelik1980b):

$$N_0 \begin{cases} \frac{QT_f}{4} \left(z + \sqrt{z^2 + \frac{12(x - x_0)}{QT_f}} \right) & \text{para } x > x_0 \\ 0 & \text{para } x < x_0 \end{cases} \quad (27)$$

$$(28)$$

Assim constata-se que:

- N_0 - Média da fila de sobressaturação, em veículos (onde existem várias vias, este é o número total de veículos na fila em todas as vias);
- Q - Capacidade (veíc/h);
- T_f - Período de ponta, isto é, o intervalo de tempo em horas, durante o qual persiste uma média do débito de chegadas, q ;
- QT_f - Máximo número de veículos que podem sair durante o intervalo T_f ;
- x - Grau de saturação ($x=q/Q$);
- $z = x-1$ (nota: tem um valor negativo para graus de saturação inferiores a 1; de notar também: $zQ=q-Q$);
- x_0 - Calculado através de:

$$x_0 = 0,67 + sg/600 \quad (29)$$

Convém, ainda, referir que sg é a capacidade em veículos por ciclo (s-débito de saturação em veíc/s, g-tempo de verde efetivo em segundos).

O débito de chegadas, q , para o cálculo do grau de saturação, x , deve estar em veículos por hora, contudo o valor do período de ponta, T_f , poderá ter um valor diferente de 1 hora. Por exemplo, se o fluxo real da contagem, durante um período de pico de 30 minutos ($T_f = 0,5h$) for de 450 veículos, então $q = 450/0,5 = 900$ veíc/h deverá ser usado (ou $q = 900/3600 = 0,250$ veíc/s para as fórmulas do atraso, taxa de paragem e comprimento da fila apresentadas a seguir).

O valor de T_f não tem um efeito significativo no N_0 para valores de x abaixo dos 0,9. As filas devem-se à variação desta região do fluxo. Por outro lado, o valor de T_f é o principal fator que determina N_0 , e, consequentemente, o atraso, o número de paragens e o comprimento da fila, para graus de saturação bem acima de 1. A média da fila de sobressaturação (dada por: $zQT_f/2$) é o principal componente do N_0 nesta região. Para a região transitória de x perto de 1, quer a componente da aleatoriedade, quer da sobressaturação de N_0 são significantes (Akçelik, 1980b). É recomendado a utilização de um valor de $T_f = 1h$, para a análise do propósito geral, que não lida com condições de sobressaturação, durante curtos intervalos em termos específicos.

Exemplos da média das filas em regime de sobressaturação em interseções isoladas de tempo fixo, em função do grau de saturação, x , são ilustrados na Fig. 8, para $sg = 10$ e 80 veículos ($T_f = 1h$ e o tempo de ciclo de $c = 120$ s, é assumido, consequentemente $QT_f = 30sg$).

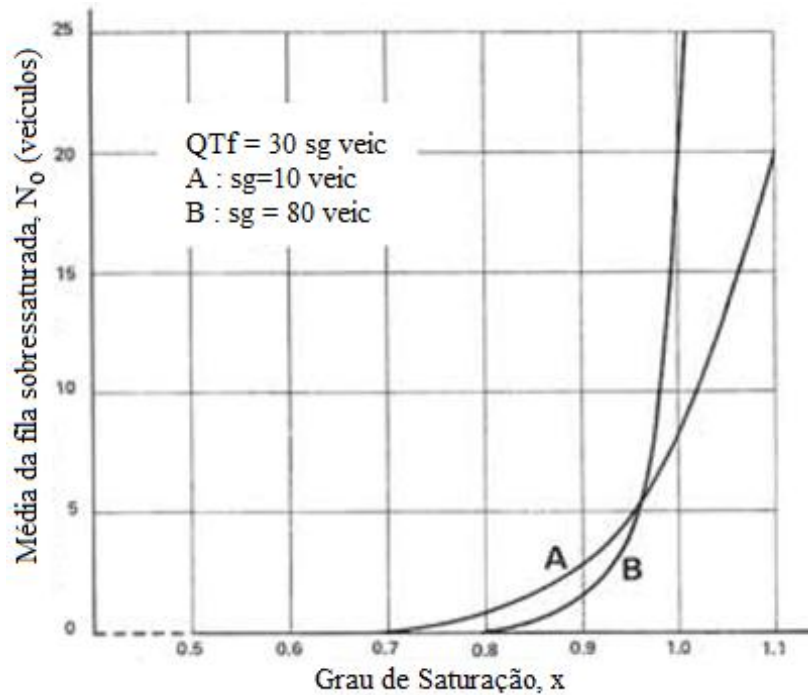


Fig. 8 - Exemplo da média da fila em regime de sobressaturação em função do grau de saturação (Adaptado de Akçelik, 1998)

3.3.3. COMPRIMENTO DA FILA

A média do número de veículos na fila no princípio do período de verde é obtida através da equação:

$$N = qr + N_0 \quad (30)$$

Assim, N e N_0 são em veículos, qr é a fila baseada no pressuposto de chegadas regulares (q = débito de chegadas em veíc/s, $r = c - g$ = tempo efetivo de vermelho em segundos, qr em veículos), e N_0 é a média da fila em regime de sobressaturação da equação (27) ou (28).

A equação 30 é baseada num modelo teórico que assume que os veículos se juntam à fila, quando alcançam a linha de paragem. Como tal, esta fórmula subestima o comprimento da fila, e devido à extensão da fila, os veículos param na mesma antes dessa linha.

O máximo comprimento da fila, N_m é alcançado algumas vezes após o princípio do período de verde. Esta fila é dada por:

$$N_m = \frac{qr}{1 - y} + N_0 \quad (31)$$

Neste contexto, qr e N_0 , são como na equação (30), e y é o índice de carga.

O máximo comprimento da fila N_m corresponde ao fim da fila física na percepção do condutor, enquanto que a fila aumenta até N_m , a frente da fila começa a andar. Na altura em que N_m é alcançado, todos os veículos se estarão a mover, se bem que alguns atrás da linha de paragem. Por exemplo na Fig. 7, o máximo comprimento da fila é 12 no 1º ciclo do sinal e 7 no 2º ciclo. Para este exemplo, uma média do valor de $N_m = 11,5$ é estimado com a equação (31), usando um período de ponta de $T_f = 1$ h ($q = 270$ veíc/h, $s = 1440$ veíc/h, $r = 95$ s, $g = 25$ s, $c = 120$ s, $y = 0,1875$, $x = 0,90$).

O máximo comprimento da fila, N_m , corresponde à média de veículos parado por ciclo.

3.3.4. ATRASO

O valor aproximado do atraso total (alguma vezes apelidado de taxa de atraso) para um movimento numa sinalização isolada de tempo fixo é dado pela seguinte expressão:

$$D = \frac{qc(1-u)^2}{2(1-y)} + N_0x \quad (32)$$

Onde:

- D - Atraso total (em veíc*h/h ou simplesmente veículos);
- qc - Número médio de veículos que chegam por ciclo (q - débito em veíc/s, c – duração do ciclo em segundos);
- u - Rácio de tempo de verde (= g/c);
- y – Índice de carga (= q/s);
- N_0 - Média da fila de sobressaturação em veículos dada pela equação 27 ou 28.

Uma fórmula geral para a média do atraso por veículo (d) em segundos, é dada pela seguinte fórmula:

$$d = D/q \quad (33)$$

Onde D é o atraso total dado pela equação 32 e q é o débito em veíc/s. Exemplos da média de atraso numa interseção isolada a tempo fixo em relação ao grau de saturação, x , são mostrados na Fig. 9 (baseado nas equações 27, 28, 29, 32 e 33 com $T_f = 1$ h).

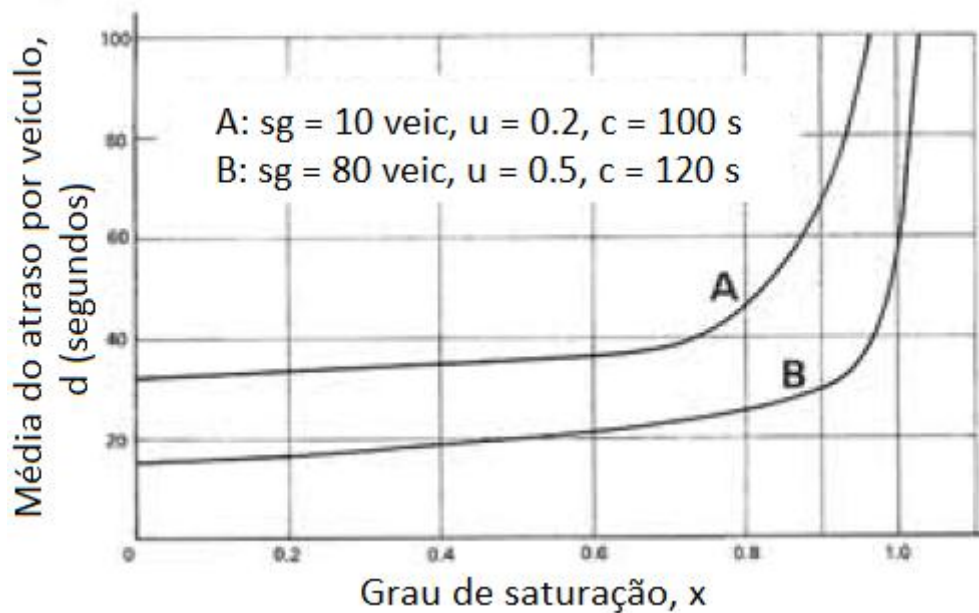


Fig. 9 - Exemplo da média do atraso em função do grau de saturação (eq. 32 e 33) (Adaptado de Akçelik, 1998)

3.3.5. NÚMERO DE PARAGENS

A média do número de paragens por veículo é chamada de taxa de paragem e denotado por h . A taxa de paragem para um movimento, numa interseção isolada de tempo fixo é calculada com a seguinte equação:

$$h = 0,9 \left(\frac{1-u}{1-y} + \frac{N_0}{qc} \right) \quad (34)$$

Onde u , y , qc , N_0 , igual ao mencionado na equação (32), e a constante 0,9 é um fator de redução, para ter em conta as paragens parciais, ou seja, veículos que sofrem atraso sem realmente imobilizarem o veículo.

De salientar, que o primeiro termo dá a proporção de veículos que param independentemente de quantas vezes o fazem (isto é estritamente correto para $x \leq 1$, mais informações sobre aproximações feitas na equação 34 podem ser encontradas no (Akçelik, 1980b)). O segundo termo tem em conta as paragens múltiplas em ciclos sobressaturados usando a média da fila em regime de sobressaturação como parâmetro. Isto pode originar taxas de paragem maiores que 1, enquanto o máximo valor da proporção de veículos parados é 1. A Fig. 7, apresenta o exemplo dos veículos 11 e 12, que fazem ambos duas paragens antes de conseguir sair da interseção. O último veículo (18) não sofre paragem. Assim sendo, o número médio de paragens de veículos para os dois ciclos pode ser considerado igual a $19/18 = 1,06$ enquanto a proporção de veículos parados é $17/18 = 0,94$.

O efeito de paragens múltiplas torna-se significativo para graus de saturação maiores que cerca de 0,8 como determinado nos valores de N_0 (ver Fig. 8). Exemplo de taxas de paragem em função do grau de saturação calculadas com a equação (34) para os mesmos dados da Fig. 9, são demonstradas na Fig. 10.

O número de paragens completas por unidade de tempo, H , para um certo movimento com um débito q (veíc/h), é dado pela seguinte equação:

$$H = qh \quad (35)$$

Onde h é a taxa de paragens dada pela equação (34).

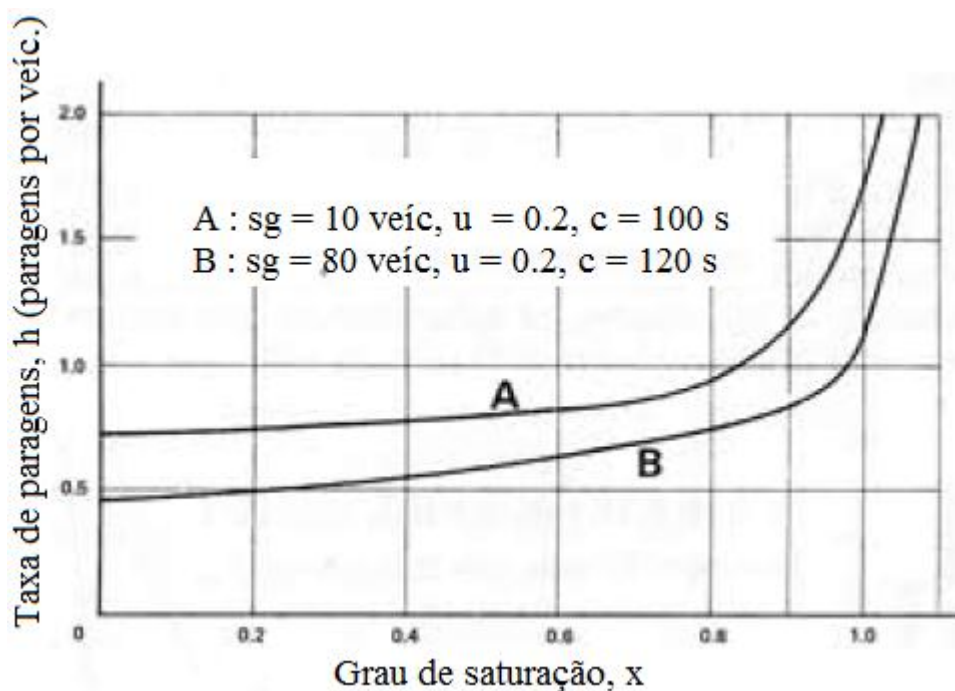


Fig. 10 - Exemplos de taxas de paragem em função do grau de saturação (equação 34) (Adaptado de Akçelik, 1998)

3.3.6. CAPACIDADE E GRAU DE SATURAÇÃO

A capacidade de um movimento num sinal de tráfego, depende da máxima taxa sustentável a que os veículos podem partir, isto é, o débito de saturação, s , e a proporção do tempo de ciclo que é efetivamente verde para aquele movimento, g/c , e é obtido pela seguinte fórmula:

$$Q = s \left(\frac{g}{c} \right) \quad (36)$$

Onde a capacidade, Q , está na mesma unidade que o débito de saturação. Uma explicação alternativa é que sg é a capacidade por ciclo. Assim sendo, a capacidade por unidade de tempo, Q é dado por sg/c .

A proporção do tempo de verde efetivo, por tempo de ciclo, é chamado de rácio de tempo de verde para o movimento:

$$u = g/c \quad (37)$$

Outro parâmetro de movimento, bastante útil, é o rácio entre débito de chegadas, q , e o débito de saturação. Isto é chamado de índice de carga:

$$y = q/s \quad (38)$$

O grau de saturação do movimento é o rácio entre o débito de chegadas e a capacidade. Através das equações (36) a (38), é dado por:

$$x = \frac{q}{Q} = \frac{qc}{sg} = y/u \quad (39)$$

O índice de carga, pode ser considerado um parâmetro constante que representa a “procura”, e, o rácio do tempo de verde pode ser considerado o parâmetro de controlo que representa “fornecimento”. O grau de saturação, é o rácio que relaciona estes dois parâmetros.

Para fornecer a capacidade adequada para o movimento, $Q > q$ ou $x < 1$, segue-se que, $sg > qc$ ou $u > y$.

3.3.7. ESTIMAÇÃO DO DÉBITO DE SATURAÇÃO

3.3.7.1. O método

O seguinte método, é o recomendado por este documento para a estimativa do débito de saturação do movimento:

- a) Para cada via afeta a um movimento, escolher um débito de saturação base da Tabela 4, a qual dá uma média do débito de saturação esperado em unidades de veículos ligeiros para movimentos em frente (tcu/h), através de uma classificação pela localização e o tipo de via.
- b) Ajustar o valor do débito de saturação base, para ter em conta diversos fatores que afetam o débito de saturação, de forma a obter uma estimativa do débito de saturação em veíc/h para o movimento.
- c) Determinar os débitos de saturação da via para determinar o débito de saturação do movimento.

Os ajustamentos necessários serão explicados posteriormente em detalhe. Alguns ajustes podem ser feitos ao débito de saturação do movimento, após obter os débitos de saturação da via ajustados por outros fatores. Por outras palavras, os passos b) e c) podem ser combinados, ou trocados quando necessário.

3.3.7.2. Tabela básica

Os valores base do débito de saturação (tcu/h) dados pela Tabela 4 são baseados em extensas pesquisas feitas na Austrália (Miller, 1968a e b). Contudo as definições de classe de localização e tipo de via apresentadas na seguinte tabela são diferentes das definições usadas em Miller (1968b).

As classes de localização são as seguintes:

- Classe A: Condições ideais ou perto de ideais para o movimento livre dos veículos (quer no lado de entrada quer no de saída); boa visibilidade; poucos peões; quase nenhuma interferência devido a cargas e descargas, e manobras de estacionamento.
- Classe B: Condições médias; Interseção geométrica adequada; número pequeno ou moderado de peões; alguma interferência de cargas e descargas, manobras de estacionamento e veículos a entrar ou sair de locais (tipicamente mas não necessariamente em uma zona industrial ou de shopping).
- Classe C: Condições pobres; grande número de peões; visibilidade pobre; interferência de veículos parados, de cargas e descargas, de veículos comerciais, táxis e autocarros, e grande quantidade de manobras de estacionamento.

Tabela 4 - Média dos débitos de saturação em veículos ligeiros para movimentos em frente por hora (tcu/h) para estimação (Adaptado de Akçelik, 1998)

Classe de localização	Tipo de via		
	1	2	3
A	1850	1810	1700
B	1700	1670	1670
C	1580	1550	1270

Tipos de vias:

- Tipo 1 - Via em frente: via que permite apenas o avanço dos veículos em frente;
- Tipo 2 - Via de viragem: Uma via que contenha qualquer espécie de tráfego de viragem (via exclusiva de viragem à esquerda ou direita, ou uma via partilhada onde os veículos podem virar à esquerda ou direita e em frente). Adequado raio de viragem e interferência desprezável de peões;
- Tipo 3 - Via de viragem única: Como o tipo 2, mas os veículos que viram estão sujeitos a um raio pequeno de viragem e/ou interferência de peões.

Como é possível observar por estas definições, vários fatores são tidos em conta nos valores dados pela Tabela 4.

3.3.7.3. Fatores de ajustamento

Os valores do débito de saturação base obtidos na Tabela 4, deverão ser ajustados, tendo em conta certos fatores que não são tidos nos valores da tabela. Estes ajustamentos poderão ser feitos, para cada via separadamente, ou para o movimento como um todo após obter o débito de saturação para cada via, caso os fatores sejam aplicáveis igualmente a todas as vias.

A fórmula para o cálculo do débito de saturação é:

$$s = \left(\frac{f_w f_g}{f_c} \right) s_b \quad (40)$$

Onde:

- s - Débito de saturação estimado (veíc/h);
- s_b - Débito de saturação base dado pela Tabela 4 (tcu/h);
- f_w - Fator de ajustamento da largura da via;
- f_g - Fator de ajustamento do declive;
- f_c - Fator de ajustamento da composição do tráfego.

De notar que os fatores f_w e f_g são parâmetros constantes de ajuste, enquanto o fator de composição do tráfego f_c , poderá ser função da programação do sinal quando existem viragens com oposição.

3.3.7.4. Fator de ajustamento da largura da via

Não é necessário aplicar este ajuste para vias com largura compreendida entre os 3 e os 3,7 m, já para os valores da largura de via fora deste intervalo, será necessário o cálculo deste fator consoante as fórmulas apresentadas de seguida:

$$f_w = \begin{cases} 1 & \text{para } 3 \leq w < 3,7 \quad (41) \\ 0,55 + 0,14w & \text{para } 2,4 \leq w < 3 \quad (42) \\ 0,83 + 0,05w & \text{para } 4,6 \geq w > 3,7 \quad (43) \end{cases}$$

Onde w é a largura da via em metros.

Para uma via de largura variável, a largura a ter em conta deverá ser a parte mais estreita da via até 30 m da linha de paragem. A largura da via de entrada deve ser igual à largura da via de saída, caso tal não aconteça deverá ser tida em conta a largura da via de saída.

3.3.7.5. Fator de ajustamento do declive

Se o efeito devido ao declive da via for considerado significativo, este deverá ser calculado da seguinte forma:

$$f_g = 1 \pm 0,5 \left(G_r / 100 \right) \quad (44)$$

Onde G_r é o declive da percentagem. Usar $+G_r$ para uma gradiente de descida para aumentar o débito de saturação, e $-G_r$ para um gradiente de subida.

3.3.7.6. Fator de ajustamento da composição do tráfego

Este fator deverá ser calculado para alterar o valor do débito de saturação, após o ajustamento com os outros fatores, de forma a converter o mesmo ($s_{veic} = s_{tcu}/f_c$) de tcu/h para veic/h. Este fator é obtido através das proporções dos diversos tipos de veículos e do tráfego de viragem. De notar que neste guia, o diferente tipo de veículos e de viragens é expresso em unidades de veículos ligeiros equivalentes. Este fator é calculado através da seguinte expressão:

$$f_c = \frac{\sum e_i q_i}{q} \quad (45)$$

Onde:

- q_i - Débito em veículos para o tipo i ;
- q - Débito total do movimento ($=\sum q_i$);
- e_i - Fator de equivalência de carros em frente do tipo i (tcu/veic).

A seguinte tabela apresenta os valores da equivalência de carros em frente:

Tabela 5 - Equivalência de veículos ligeiros para movimentos em frente (tcu/veic) para diferentes tipos de veículos e viragens (Adaptado de Akçelik, 1998)

Tipo	Frente	Viragem sem oposição		Viragem com oposição
		Normal	Restrito	
Carro	1	1	1,25	e_0+1
Pesado	2	2	2,5	e_0+1

Estes são valores médios baseados em pesquisas feitas na Austrália (Miller, 1968a e b). Como é possível observar só dois tipos de veículos são considerados nesta abordagem. Qualquer veículo com mais do que dois eixos ou com um conjunto de dois pneus no eixo traseiro deverá ser considerado como veículo pesado. Na metodologia própria definida no Akçelik (anexo J) é possível obter uma tabela de exemplo para o cálculo deste fator, sendo a tabela apresentada em seguida:

Tabela 6 - Tabela de exemplo para o cálculo do fator de ajustamento da composição do tráfego (Adaptado de Akçelik, 1998)

	Esquerda		Frente		Direita		Total
	Ligeiro	Pesado	Ligeiro	Pesado	Ligeiro	Pesado	
Contagem de fluxo, q_i (veíc)							$=q$
Fator de Equivalência, e_i (tcu/veíc)			1	2			$f_c =$
Fluxo pesado, $e_i q_i$ (tcu)							$=\sum e_i q_i$

4

ESTUDO DE UMA INTERSEÇÃO

4.1. INTERSEÇÃO A ESTUDAR

A interseção que irá ser estudada neste trabalho é o cruzamento entre a rua Dr. Roberto Frias e a Via estruturante do Pólo 2 (Travessa Lamas).

No que se refere à rua Dr. Roberto Frias esta encontra-se a Sul ligada à rua Dr. Manuel Pereira da Silva e à rua Alfredo Allen, e a Norte à Via estruturante do Pólo 2, à rua Dr. Plácido da Costa e à estrada circunvalação.

No que diz respeito à Via estruturante do Pólo 2 esta encontra-se ligada a montante à rua Henrique de Sousa Reis e à rua Fonte do Outeiro, sendo que a jusante a sua ligação é feita à rua Dr. Roberto Frias.

É importante referir que estas duas ruas são o ponto de acesso à FEUP (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto), à FEP (Faculdade de Economia da Universidade do Porto), à ESE (Escola Superior de Educação), ao Hospital de S. João (entrada de ambulâncias), à FCNAUP (Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação do Porto), ao IPP (Instituto Politécnico do Porto), e ligação à Rua de entrada para a FDUP (Faculdade de Desporto da Universidade do Porto), e ao parque do Campus São João.

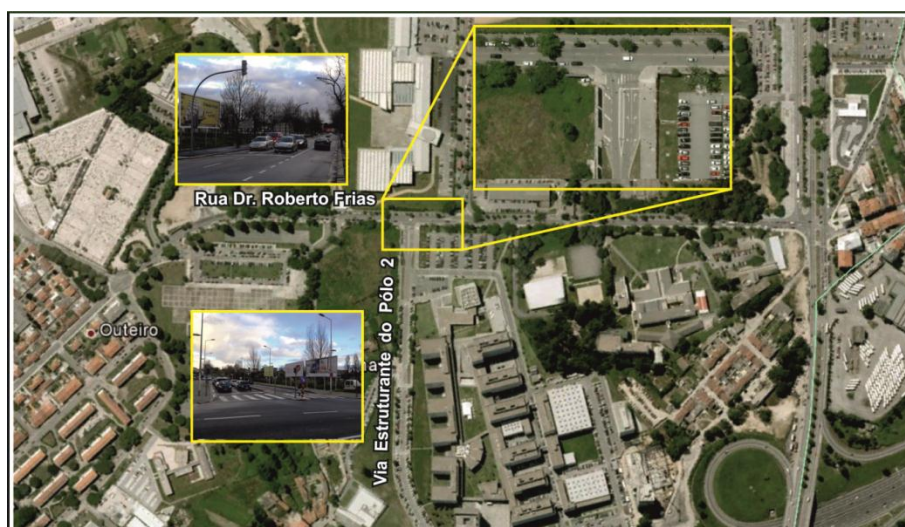


Fig. 11 - Localização da interseção

4.1.1. RECOLHA DE DADOS

Esta base de dados foi criada através de um trabalho de campo, (realizado em quatro períodos de estudo), sendo estes apresentados na tabela seguinte.

Tabela 7 - Data e intervalo de tempo de cada período de estudo

RUA	1º PERÍODO (28/11/12)	2º PERÍODO (11/12/12)
DR. ROBERTO FRIAS	15:00 - 15:30	14:44 - 15:44
VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2	10:52 - 11:55	10:08 - 11:11

Para a recolha de dados foram utilizadas, uma câmara de vídeo e uma câmara fotográfica, para a obtenção do instante de passagem dos veículos em dois pontos previamente definidos, estando esses pontos ilustrados na Fig. 12, bem como para a determinação dos fluxos de veículos presentes nas duas ruas. De realçar que a câmara fotográfica estava apontada para o local onde estão as linhas verdes na Fig. 12 e a máquina de filmar para a linha de paragem dos veículos (linha amarela na Fig. 12).

A utilização destes dois equipamentos prende-se ao facto de ser necessária a obtenção dos instantes em que os veículos atravessam esses pontos conhecidos, de forma a ser possível determinar o atraso sentido pelos mesmos, devido à existência da sinalização luminosa.

Para além disto, durante o trabalho de campo também foram apontadas as filas existentes no princípio do período de verde, bem como o comprimento máximo da fila.

As contagens de tráfego foram efetuadas com recurso às imagens obtidas com a câmara de vídeo.

A obtenção dos instantes de verde, amarelo e vermelho, nos grupos semafóricos dos veículos foram feitas através dos semáforos destinados aos peões, utilizando as imagens de vídeo.

Foi observado para a rua Dr. Roberto Frias um período de inter-verde de 5 segundos e um tempo de limpeza de vermelho de 2 segundos, Enquanto para a Via Estruturante do Pólo 2 foi considerado um período de inter-verde de 6 segundos e um tempo de limpeza de vermelho de 3 segundos.



Fig. 12 - Pontos de controlo

4.1.2. PLANO DE REGULAÇÃO

Este cruzamento é controlado por semáforos (atuados), funcionando em duas fases, com 3 correntes de tráfego e 2 de peões.

Neste estudo foi considerada esta interseção como sendo isolada e a regulação dos semáforos de tempos fixos. Sendo observado que o ciclo destes grupos semaforicos é composto por duas fases, uma destinada às duas vias da rua Dr. Roberto Frias e a outra destinada às duas vias da via estruturante do Pólo 2.

De notar que na rua Dr. Roberto Frias foram estudadas as duas vias (Sul-Norte), tendo sido discriminada a via (Norte-Sul), devido ao facto de estar destinada a veículos prioritários e bus. As duas vias estudadas podem ser divididas em via da esquerda (nº 1 na Fig. 13), onde são permitidos movimentos em frente e via da direita (nº 2 na Fig. 13), onde são permitidos movimentos em frente e de viragem à direita.

Na via estruturante de Pólo 2 existem também duas vias, sendo a da esquerda (nº 3 na Fig. 13) destinada a movimentos de viragem à esquerda e a da direita (nº4 Fig. 13) destinada a movimentos de viragem à direita.

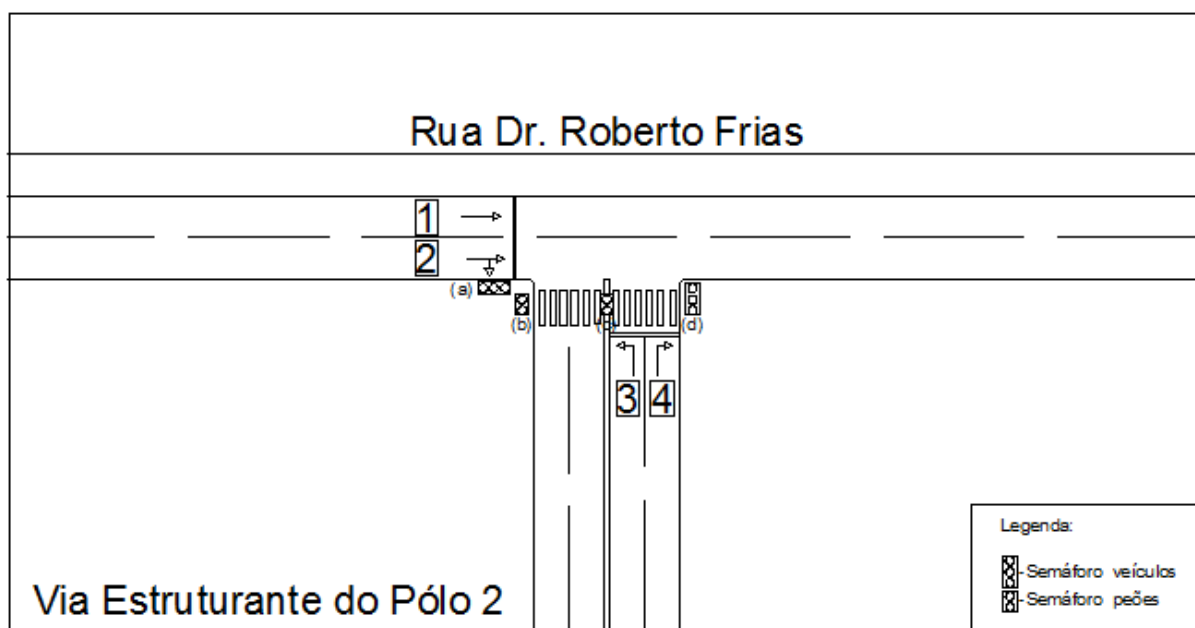


Fig. 13 - Identificação das vias

4.2. DÉBITO DE SATURAÇÃO PRÁTICO E TEMPO PERDIDO

Para o cálculo deste débito existem diversos métodos, sendo que o utilizado neste trabalho é o a seguir descrito.

O método utilizado é de simples aplicação e tem a vantagem de, com um ligeiro esforço adicional, permitir a obtenção de outros parâmetros importantes na modelação dum cruzamento regulado por sinais luminosos.

Para a aplicação do método contam-se em cada cicloo número de veículos que atravessam a linha de paragem, que vêm de uma situação em que estavam parados na fila, durante os seguintes períodos de tempo:

- Período Inicial- Constituído pelos primeiros dez segundos de verde (t_i);
- Período Intermédio- Período compreendido entre o instante seguinte ao fim do período inicial e o fim de verde saturado, isto é, no instante de passagem do último veículo que esteve parado na fila, ou fim de verde real, o que acontecer primeiro (t_{int});
- Período Final- A partir do início do tempo de amarelo, até à passagem do último veículo que esteve parado na fila (t_f).

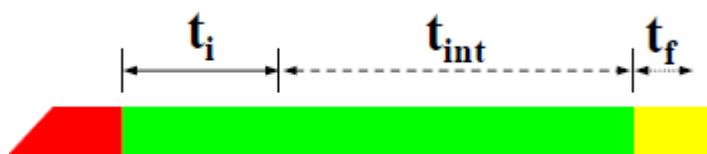


Fig. 14 - Identificação dos períodos (Acetatos de Circulação e Transportes 1, 2011)

Para além da contagem de veículos é também necessário medir o tempo de verde saturado, bem como a duração do verde real. Estes dois valores são iguais sempre que a fila se mantém para além do tempo de verde.

O número de veículos que passam durante o tempo de verde saturado é a soma dos veículos que chegam durante o período de vermelho, com aqueles que se juntam à fila já no período de verde, mas que são obrigados a parar, devido à fila que foi criada durante o período de vermelho que ainda não se dissipou.

No caso de só ocorrer registo num período, ou seja, só existirem registos no período inicial, estas contagens deverão ser eliminadas, pois considera-se que não se chega a atingir o débito de saturação. Uma vez que o período inicial é fixado para, com alguma folga, atender às perturbações causadas pelo arranque dos veículos e o tempo de verde saturado é inferior a dez segundos.

Quando ocorrem registos em dois períodos, estamos perante uma situação em que o tempo de verde saturado é inferior ao tempo de verde.

Quando ocorrem registos nos três períodos, significa que o tempo de verde foi totalmente saturado.

Este procedimento deverá ser repetido para cerca de 30 ciclos válidos de forma a ser possível obter valores fiáveis.

Assim, o débito de saturação (s) poderá ser calculado a partir da seguinte expressão:

$$s = \frac{X_2}{X_4 - 10N_4} \quad (46)$$

Na qual:

- X_1 - Número total de veículos contados no período inicial;

- X_2 - Número total de veículos contados no período intermédio;
- X_3 - Número total de veículos contados no período final;
- X_4 - Tempo total de verde saturado;
- N_1, N_4 - Número de ciclos válidos (tempo de saturação > 10 s);
- N_3 - Número total de períodos finais observados.

É importante salientar que é preferível medir o débito de saturação localmente, mas para tal é necessário ter em atenção certas condições para se garantir a validade dos valores obtidos.

De realçar também que para tal é necessário que a interseção em questão já tenha sinais luminosos, e que este método de medição exige que sejam encontrados valores representativos em cada um dos períodos, particularmente nos dois primeiros.

De notar que neste estudo se evitou a horas de ponta, de forma a evitar-se influências das interseções adjacentes para de tal forma ser possível considerar esta interseção isolada.

A definição de tempo perdido do movimento existe para ter em conta o efeito do abrandamento e da aceleração dos veículos, devido à atuação do sinal luminoso, ou seja, para ter em conta o tempo adicional devido ao tempo perdido no arranque e ao tempo perdido a abrandar. Este valor poderá ser calculado com a seguinte expressão:

$$l = 10 - \frac{1}{s} \left(\frac{X_1}{n_1} - \frac{X_3}{n_3} \right) \quad (47)$$

Onde l é o tempo perdido do movimento em segundos.

5

ANÁLISE DOS DADOS

5.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão analisados e apresentados os valores finais obtidos com os métodos supra descritos para o débito de saturação e para os diversos indicadores de desempenho, sendo que os seus cálculos se encontram em anexo (anexos 1 a 8). Os métodos aplicados para os dois períodos de estudo na rua Dr. Roberto Frias (das 15:00 às 15:30 e das 14:44 às 15:44) e para os dois períodos de estudo na via Estruturante do Pólo 2 (das 10:52 às 11:55 e das 10:08 às 11:11) foram os seguintes:

- HCM;
- Webster;
- Akçelik classe de localização (A);
- Akçelik classe de localização (B).

Com vista a diferenciar os valores obtidos para cada período de estudo, nos gráficos será apresentado um esquema de cores no eixo das abcissas, sendo a cor amarela correspondente a valores determinados para o 1º período de estudo e a cor vermelha para valores determinados para o 2º período de estudo.

É importante realçar que nos cálculos foi considerado que o tempo verde real (G) é igual ao tempo de verde útil (g) e que de forma a ser possível analisar este cruzamento como sendo a tempos fixos e não atuado, foram considerados tempos médios de verde, vermelho e de ciclo das diversas fases para os diversos intervalos de tempo (≈ 15 min), como os tempos reais dos mesmos.

Foi também considerado para o cálculo do atraso real, que para veículos cujo tempo entre os dois pontos de referência, foi inferior a 20 segundos, que estes não sofreram qualquer espécie de atraso, tendo sido este valor obtido por observação dos veículos que não pararam na interseção. Enquanto que, para o cálculo desta medida no HCM foi considerado que não existia fila inicial.

Para o cálculo do débito de saturação com o método de Webster foi considerado que todos os veículos pesados que passaram na interseção eram autocarros, considerando assim para estes veículos ($E_i=2$, Coeficiente de equivalência de veículos).

5.2. DÉBITOS DE SATURAÇÃO

5.2.1. RUA DR. ROBERTO FRIAS

Como é possível observar pelos valores apresentados no Gráfico 1 para os valores do débito de saturação, os valores determinados pelos métodos são sempre superiores ao valor real.

Para esta rua as relações entre o valor obtido com o método e o valor real são:

- HCM - 116%;
- Akçelik classe de localização (A) - 115%;
- Webster - 113%;
- Akçelik classe de localização (B) - 106%.

Como tal, o método de Akçelik classe de localização (B), é o método que para as vias desta rua estima valores para o débito de saturação mais próximos do real.

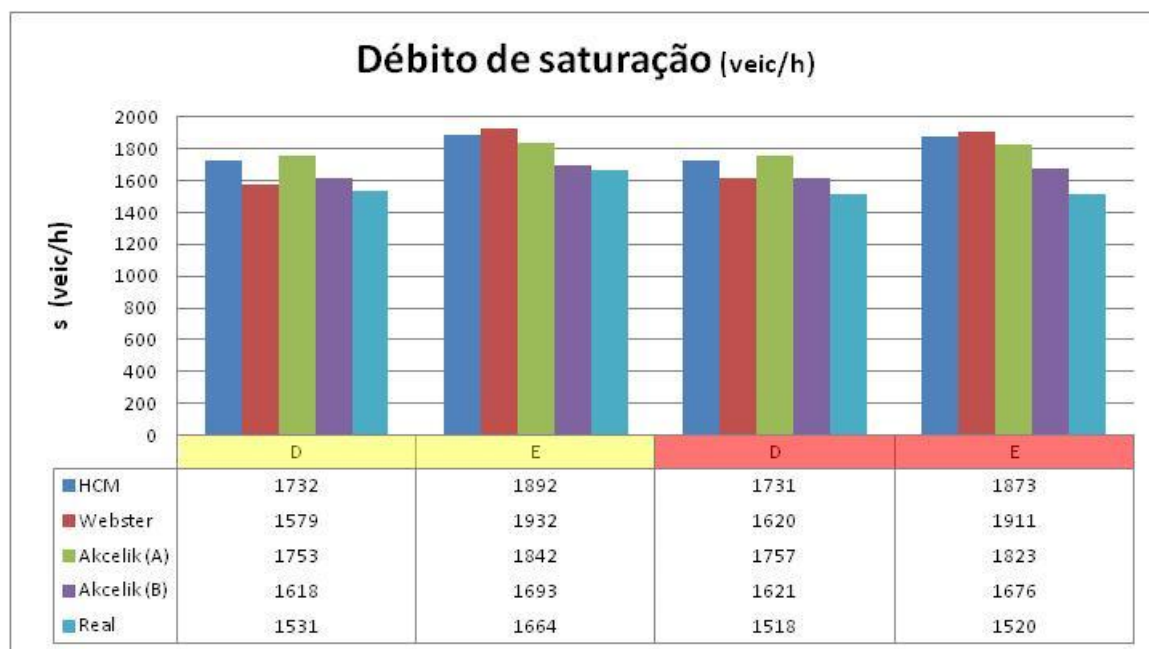


Gráfico 1 - Débitos de saturação para a rua Dr. Roberto Frias

5.2.1.1. Via direita

Para esta via de movimentos de viragem à direita e em frente é possível observar que para os dois períodos de estudo os valores do débito de saturação pela ordem decrescente são:

- Akçelik classe de localização (A) - valor médio de 231 veic/h acima do real;
- HCM 2010 - valor médio de 208 veic/h acima do real;
- Akçelik classe de localização (B) - valor médio de 95 veic/h acima do real;
- Webster - valor médio de 75 veic/h acima do real.

De realçar que no segundo período de estudo a diferença entre o valor obtido com o método de Webster e o de Akçelik classe de localização (B) é de apenas 1veic/h. Outros aspetos também visíveis

são os valores bastante próximos entre os valores obtidos com os métodos do HCM e o de Akçelik classe de localização (A), sendo a sua maior diferença apenas de 26 veíc/h.

Percentualmente, como é possível observar na tabela do anexo 9.8, o método de Akçelik classe de localização (A) gera em média valores de 15% acima do valor real, o do HCM de 14 %, o de Akçelik classe de localização (B) de 6% e o de Webster de 5%.

Sendo assim, o método de Webster, o que melhor se aproxima do valor real, para o débito de saturação nesta via.

5.2.1.2. Via esquerda

Para esta via que apenas permite movimentos em frente, os valores do débito de saturação, por ordem decrescente são:

- Webster - valor médio de 329 veíc/h acima do real;
- HCM - valor médio de 291 veíc/h acima do real;
- Akçelik classe de localização (A) - valor médio de 241 veíc/h acima do real;
- Akçelik classe de localização (B) - valor médio de 93 veíc/h acima do real.

É importante referir que, para esta via, todos os métodos, à exceção do Akçelik classe de localização (B), previram valores mais próximos dos reais no primeiro período de estudo.

Percentualmente, como é possível observar na tabela do anexo 9.8 em média os valores obtidos com o método de Webster são 21% acima do valor real, o HCM 18%, o Akçelik classe de localização (A) 15% e o Akçelik classe de localização (B) 6%.

Sendo assim, o método de Akçelik classe de localização (B), o método que prevê valores mais próximos do valor real para o débito de saturação nesta via.

5.2.2. VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2.

Como é possível observar pelo Gráfico 2, nesta rua o Akçelik classe de localização (A) foi o método que determinou valores mais altos para ambas as vias, e o método de Webster os menores.

Para esta rua as relações entre o valor obtido com o método e o valor real são:

- Akçelik classe de localização (A) - 119%;
- HCM - 113%;
- Akçelik classe de localização (B) - 110%;
- Webster - 98%.

Sendo para esta rua o método de Webster o que melhores valores estima, apesar de o fazer por defeito.

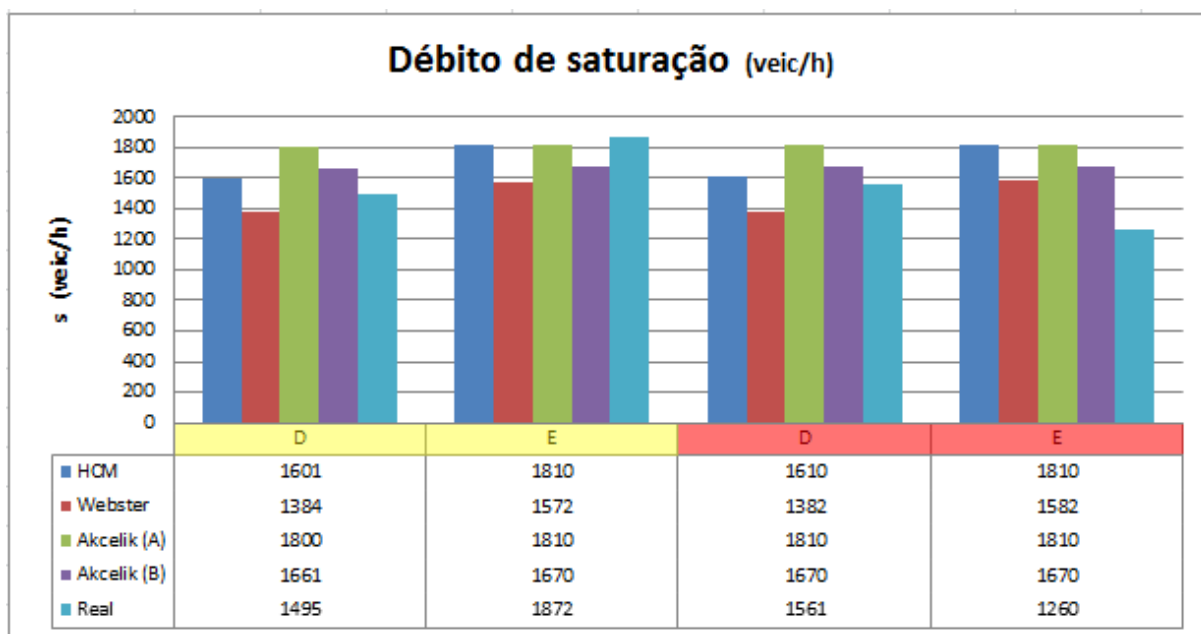


Gráfico 2 - Débitos de saturação para a Via Estruturante do Pólo 2

5.2.2.1. Via direita

Para a via exclusiva de movimentos de viragem à direita é possível observar no Gráfico 2, que, para os dois períodos de estudo, os valores obtidos pelos métodos obedecem a uma certa ordem. Sendo esses valores por ordem decrescente, a seguinte:

- Akçelik classe de localização (A) - valor médio de 277 veíc/h acima do real;
- Akçelik classe de localização (B) - valor médio de 137 veíc/h acima do real;
- HCM - valor médio de 78 veíc/h acima do real;
- Webster - valor médio de 145 veíc/h abaixo do real.

Percentualmente é possível observar na tabela do anexo 9.7, que os valores obtidos pelo Akçelik classe de localização (A) são 18% superiores ao valor real, o Akçelik classe de localização (B) 9%, o HCM 5% e o método de Webster 9% inferiores.

Assim, o método descrito no HCM, é o que determina valores mais próximos do real, para o débito de saturação, nesta via.

5.2.2.2. Via esquerda

Para a via do lado esquerdo, onde apenas existem movimentos de viragem à esquerda, observa-se que também existe uma ordem em relação aos valores obtidos pelos métodos. No primeiro período de estudo o valor do débito de saturação real é superior ao dos métodos e no segundo período de estudo o valor real é menor que o obtido pelos métodos. De notar que esta diferença deve-se ao facto de no segundo período ter existido uma maior afluência dos veículos nesta via durante o período de verde, conduzindo assim a filas de início de verde em média menores, determinando assim, um valor do débito real bastante inferior ao obtido no primeiro período de estudo. De notar também que a procura foi inferior neste segundo período de estudo. Para a determinação do valor do débito de saturação real no primeiro período existem 8 ciclos com registos de veículos em t_{int} , num universo de 49 ciclos e que

no segundo período existem apenas 4 ciclos com registos de veículos em t_{int} , num universo de 47 ciclos, como se observa na tabela do anexo 9.7.

Verifique-se, que os valores dos métodos nos dois períodos de estudo, por ordem decrescente são:

- Akçelik classe de localização (A) - valor médio de 244 veíc/h acima do real;
- HCM - valor médio de 244 veíc/h acima do real;
- Akçelik classe de localização (B) - valor médio de 104 veíc/h acima do real;
- Webster - valor médio de 11 veíc/h acima do real.

Percentualmente é possível observar, que os valores obtidos pelo Akçelik classe de localização (A) são 20% superiores ao valor real, o HCM 20%, o Akçelik classe de localização (B) 11%, e o método de Webster 5%.

Percentualmente, pode-se concluir que o método de Webster foi o que melhor reproduziu o débito de saturação, sendo necessário ter em linha de conta que no primeiro período de estudo, o método que determinou um valor mais próximo ao valor real foi o Akçelik classe de localização (A) e o HCM, mas no segundo período de estudo foi o método de Webster.

5.3. ATRASO

Para a previsão do atraso foram usados todos os métodos supra descritos.

5.3.1. RUA DR. ROBERTO FRIAS

Como é possível observar pelos gráficos seguintes (Gráfico 3 e Gráfico 4), o método de Webster nas vias desta rua, foi o método com que se obteve o maior valor para o atraso em todos os períodos de análise, ou seja, é o método que prevê maiores atrasos.

Como se pode observar na tabela do anexo 9.11, para esta rua a média da diferença entre os valores obtidos com os métodos e o valor real, e da relação valor do método/real foram as seguintes:

- Webster - 4,6 segundos superior ao real, 157% do valor real;
- Akçelik classe de localização (B) - 2,82 segundos superior ao real, 138% do valor real;
- Akçelik classe de localização (A) - 2,16 segundos superior ao real, 130% do valor real;
- HCM - 2,15 segundos superior ao real, 130% do valor real.

Assim sendo, o HCM foi o método que a nível médio melhores valores obteve para esta rua (duas vias), sendo a sua diferença para o valor determinado pelo método de Akçelik classe de localização (A) de apenas 0,01 segundos, o que se pode considerar igual.

5.3.1.1. Via direita

Como é possível observar no Gráfico 3, no primeiro período de estudo (período de análise 1 e 2), o valor do atraso real foi superior ao valor estimado pelo HCM e o Akçelik classe de localização (A) e, no primeiro período de análise foi até mesmo superior ao valor estimado com o Akçelik classe de localização (B). Outro aspeto a realçar é o valor muito próximo do valor estimado pelo Akçelik classe de localização (B) e o valor do atraso real no segundo período de análise.

Quanto ao segundo período de estudo (período de análise 3, 4, 5 e 6), é possível observar que os métodos determinam valores acima do real, sendo os valores determinados com os métodos bastante superiores ao real.

Percentualmente, como ilustra a tabela do anexo 9.2, é possível observar que para esta via, os valores da relação método/real, são os seguintes:

- Webster - 173%;
- Akçelik classe de localização (B) - 142%;
- HCM - 133%, sendo que este valor pode induzir em erro, uma vez que no primeiro período o método deu valores inferiores ao real;
- Akçelik classe de localização (A) - 132%, sendo mais uma vez que este valor pode induzir em erro, uma vez que no primeiro período o método deu valores inferiores ao real.

Sendo esta, a ordem decrescente dos valores previstos pelos métodos em todos os períodos de análise, e daí o Akçelik classe de localização (A) é o método que melhores valores determinou para esta via.

É importante referir que para esta via os valores determinados pelo HCM foram bastante parecidos aos determinados pelo Akçelik classe de localização (A), sendo a sua maior diferença de apenas 0,12 segundos.

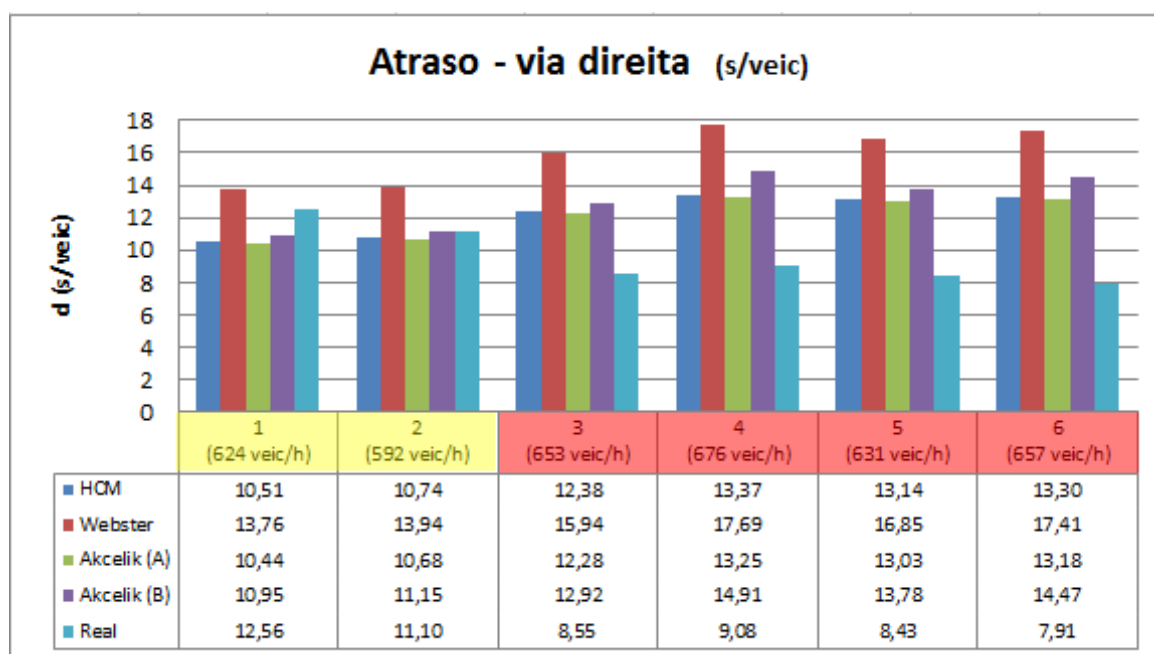


Gráfico 3 - Atraso para a via da direita na rua Dr. Roberto Frias

5.3.1.2. Via esquerda

Como é possível observar pelo Gráfico 4, os valores previstos pelos métodos foram sempre superiores ao valor real. De realçar que para esta via, os valores dos métodos são bastante mais homogêneos entre si, que na via da direita, não se realçando tanto o método de Webster em relação aos restantes.

Percentualmente, como ilustra a tabela do anexo 9.2 é possível observar que para esta via, os valores da relação método/real, são os seguintes:

- Webster - 142%;
- Akçelik classe de localização (B) - 134%;
- Akçelik classe de localização (A) - 129%;
- HCM - 128%.

Sendo esta, a ordem decrescente dos valores estimados pelos métodos em todos os períodos de análise, é assim possível concluir que o método que mais se aproximou do valor real nesta via foi o HCM. É importante referir que, para esta via, os valores determinados pelo método de Akçelik classe de localização (A) foram em tudo semelhantes aos determinados pelo HCM, sendo a sua maior diferença de apenas 0,13 segundos/veíc.

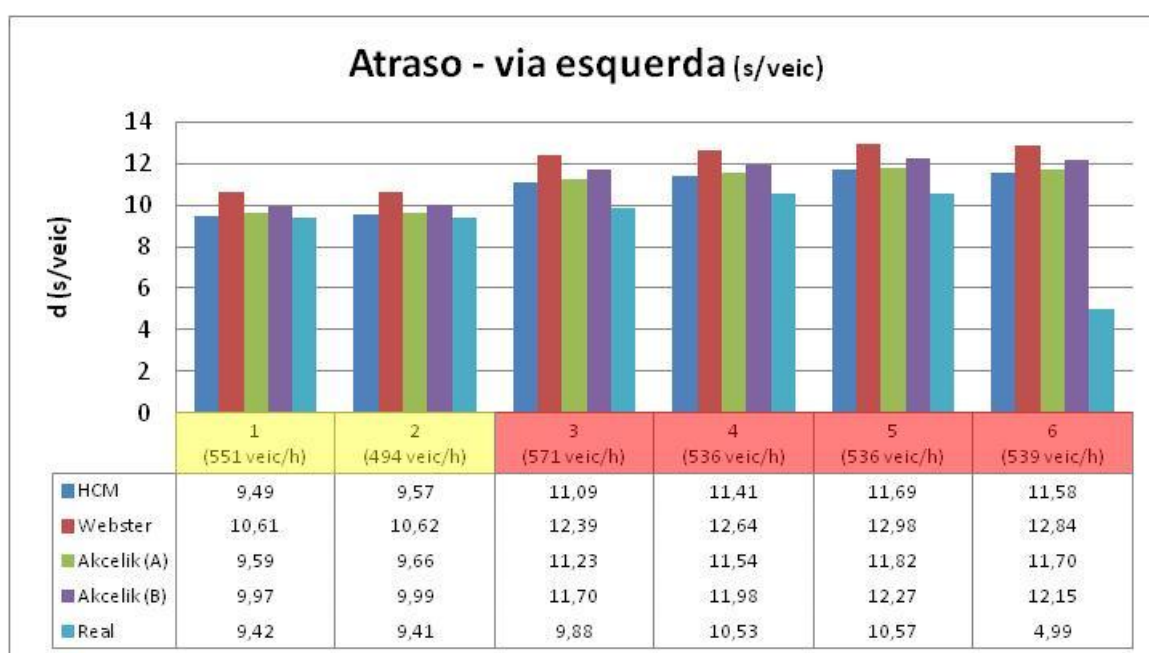


Gráfico 4 - Atraso para a via da esquerda na rua Dr. Roberto Frias

5.3.2. VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2

Como é possível observar pelos gráficos seguintes (Gráfico 5 e Gráfico 6), o método de Webster nesta rua, foi mais uma vez, o método com que se obteve maiores valores para o atraso em todos os períodos de análise, ou seja, mais uma vez é o método que prevê maiores atrasos.

Como se pode observar na tabela do anexo 9.1, para esta rua a média da diferença entre os valores obtidos com os métodos e o valor real, e da relação valor do método/real foram as seguintes:

- Webster - 7,56 segundos superior ao real, 168% do valor real;
- Akçelik classe de localização (B) - 5,95 segundos superior ao real, 155% do valor real;
- HCM - 5,94 segundos superior ao real, 155% do valor real;
- Akçelik classe de localização (A) - 5,80 segundos superior ao real, 154% do valor real.

Como tal, o Akçelik classe de localização (A) foi o método que a nível médio melhores valores determinou para esta rua.

De realçar que ambos os métodos determinaram a nível médio valores mais divergentes dos reais nesta rua, concluindo-se assim que os métodos foram mais eficientes na rua Dr. Roberto Frias.

5.3.2.1. Via direita

Como é possível observar no Gráfico 5, só no primeiro período de análise, o valor real do atraso foi superior ao de todos os métodos, excetuando o de Webster. Nos restantes períodos de análise, os valores obtidos com os métodos foram superiores ao valor do atraso real.

Saliente-se, a clara ordem na estimação do atraso por estes métodos, sendo essa ordem (decrecente) e os valores da relação método/real, a seguinte:

- Webster - 161%;
- HCM - 145%;
- Akçelik classe de localização (B) - 144%;
- Akçelik classe de localização (A) - 143%.

Mais uma vez, é possível observar que os valores obtidos com o método de Webster, tendem a destacar-se dos valores obtidos com os restantes métodos. Sendo o Akçelik classe de localização (A) o método que apresenta valores mais próximos com o real.

Outro aspeto a realçar é que os valores dos métodos tendem a ser bastante superiores ao valor real.

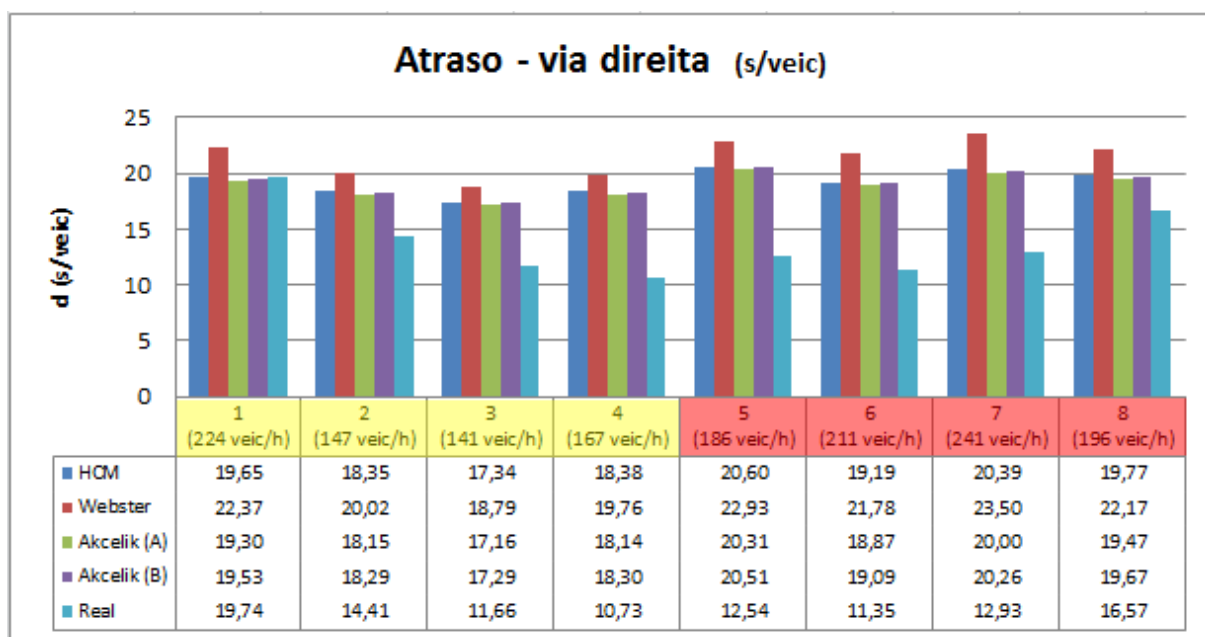


Gráfico 5 - Atraso para a via da direita na via Estruturante do Pólo 2

5.3.2.2. Via esquerda

Como é possível observar no Gráfico 6, para esta via, também é possível estabelecer uma ordem dos valores obtidos com os vários métodos, obtendo-se sempre um valor superior ao valor real, sendo esta, por ordem decrescente a seguinte:

- Webster - 174% do valor real;
- Akçelik classe de localização (B) - 166% do valor real;
- HCM - 165% do valor real;
- Akçelik classe de localização (A) - 165% do valor real.

Um aspeto a realçar nesta via, é o facto de, apenas num período de análise, o valor obtido com o HCM ser diferente do valor obtido com o Akçelik classe de localização (A), sendo esta diferença de 0,01 segundos, o que é perfeitamente desprezível, podendo considerar-se que para esta via os valores obtidos por ambos os métodos foram iguais.

Outro aspeto visível é o facto de mais uma vez os valores obtidos com o método de Webster estarem fora da gama de valores obtidos com os restantes métodos, e os métodos mais uma vez determinarem valores bastante superiores aos reais.

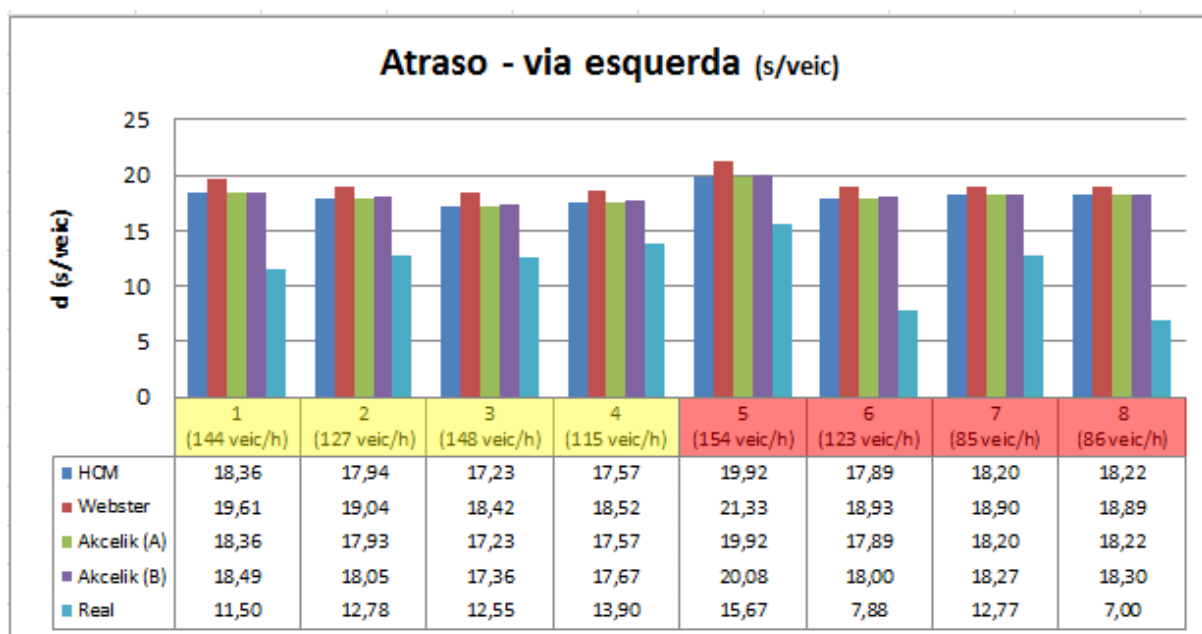


Gráfico 6 - Atraso para a via da esquerda na via Estruturante do Pólo 2

5.4. TAMANHO DA FILA NO INÍCIO DO VERDE

Como é possível observar pelos seguintes gráficos (Gráfico 7, Gráfico 8, Gráfico 9 e Gráfico 10) para a determinação deste indicador de desempenho, só foi utilizado o método descrito no Akçelik, uma vez que o método descrito no HCM não é aplicável para condições de subsaturação. Serão comparados neste subcapítulo os valores obtidos com o Akçelik, considerando esta interseção situada numa classe de localização A e numa classe de localização B, determinando assim qual a classe que melhor reproduz a interseção em questão para este indicador.

5.4.1. RUA DR. ROBERTO FRIAS

Como é possível observar nos gráficos seguintes (Gráfico 7 e Gráfico 8), para esta rua a estimativa do comprimento da fila no início de verde foi na maior parte dos períodos de análise, diferente do valor

real. De notar que, de acordo com a tabela do anexo 9.4, a média dos valores da relação dos métodos/real para o Akçelik classe de localização (A) foi de 94% para a via da direita e de 102% para a via da esquerda, e a relação métodos/real para o Akçelik classe de localização (B) foi de 96% para a via da direita e de 102% para a via da esquerda. Sendo a relação, Akçelik classe de localização (A)/Akçelik classe de localização (B) de 98% para a via da direita e de 100% para a via da esquerda.

5.4.1.1. Via direita

Como é possível observar pelo Gráfico 7, nesta via os valores obtidos com o método e o valor real são na maior parte dos casos diferentes, sendo apenas igual o valor obtido com o método utilizando as duas classes de localização e o valor real, no 6º período de análise. No 5º período de análise é possível observar que o método, utilizando a classe de localização (A), determina um valor igual ao valor real e que o valor, utilizando a classe de localização (B), determina um valor de 1 veículo acima do valor real.

De observar também que o método determina em três períodos de análise (período de análise 1, 2 e 4) valores por defeito em relação ao real, sendo no 1º e 4º período de análise de 1 veículo e no 2º período de análise de 2 veículos.

No 3º período de análise é possível observar, que os valores obtidos com os métodos são superiores em 1 veículo ao valor real.

As relações e as diferenças dos valores obtidos pelos métodos e o valor real são apresentados na tabela do anexo 9.4.

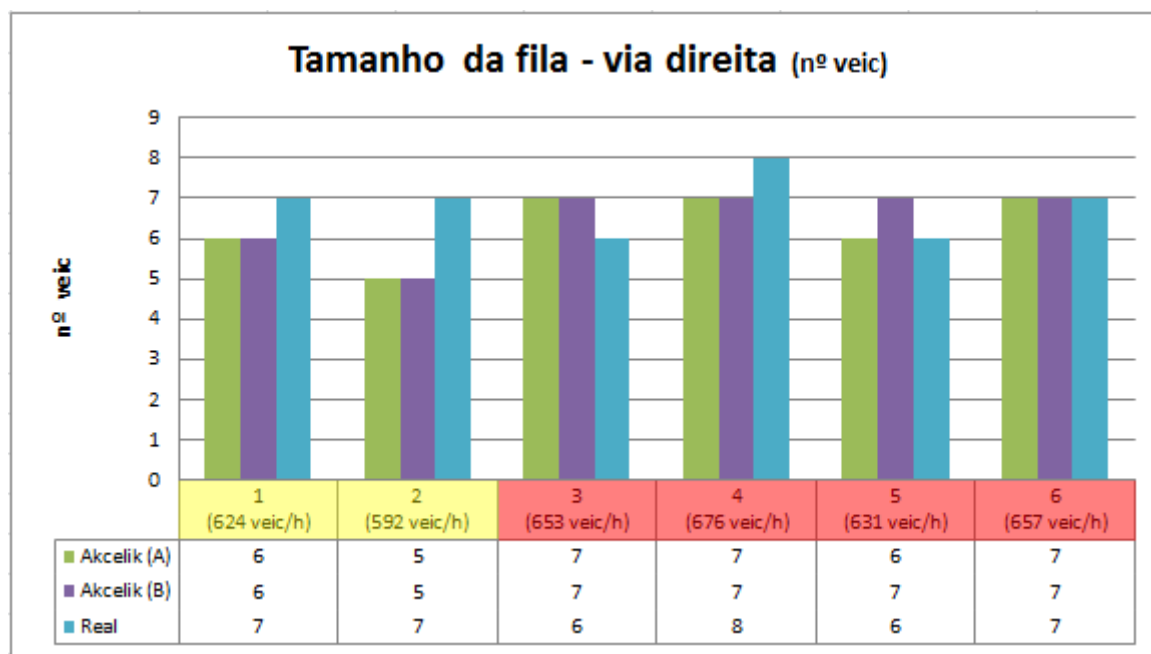


Gráfico 7 - Tamanho da fila no início de verde, para a via da direita na rua Dr. Roberto Frias

5.4.1.2. Via esquerda

Como é possível observar pelo Gráfico 8, em metade dos períodos de análise (período de análise 2, 3 e 5) o método determinou valores iguais ao valor real, e na outra metade, em dois períodos de análise (período de análise 4 e 6), determinou um valor superior em 1 veículo ao valor real, e no 1º período de análise determinou um valor por defeito de 2 veículos.

As relações e as diferenças dos valores obtidos pelos métodos e o valor real são apresentados na tabela do anexo 9.4.

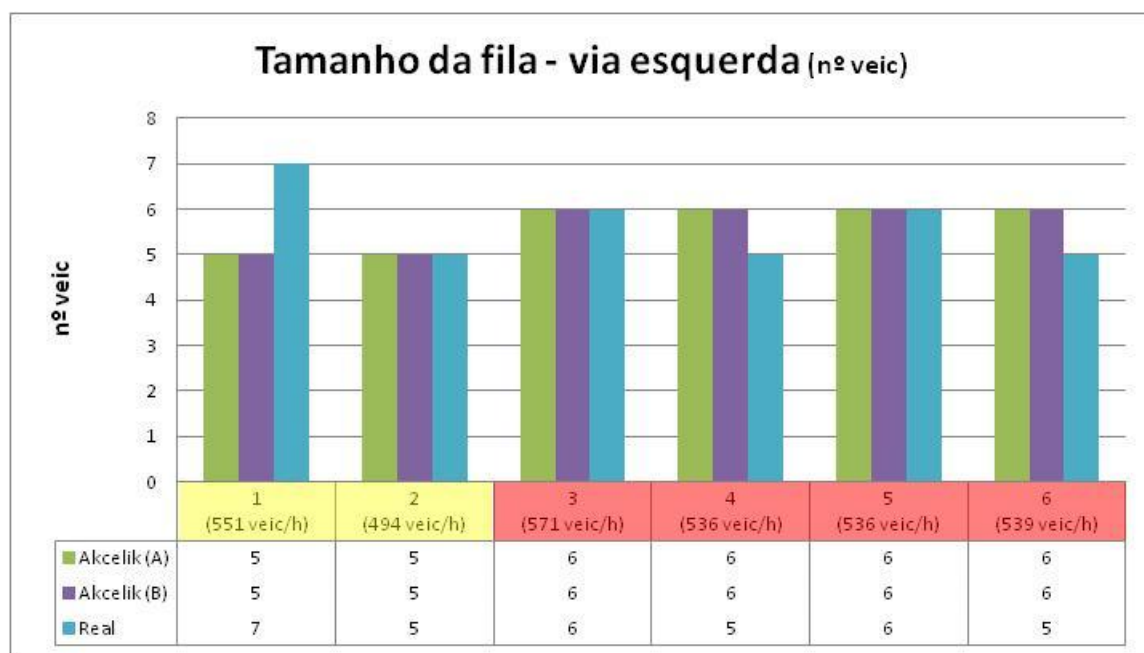


Gráfico 8 - Tamanho da fila no início de verde, para a via da esquerda na rua Dr. Roberto Frias

5.4.2. VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2

Como é possível observar nos gráficos seguintes (Gráfico 9 e Gráfico 10) para esta rua, a estimação do comprimento da fila no início de verde foi na maior parte dos casos igual ao valor real. De notar que de acordo com a tabela do anexo 9.3, a média dos valores da relação métodos/real para o Akçelik classe de localização (A) e (B) foi de 100% em ambas as vias.

5.4.2.1. Via direita

Como é possível observar pelo Gráfico 9, nesta via, os valores obtidos com o método e o valor real são na maior parte dos períodos de análise iguais, sendo apenas os valores em dois períodos de análise (período de análise 6 e 7) diferentes do valor real. Nesta via o método apresenta valores iguais considerando esta interseção de classe de localização (A) ou (B), sendo que os dois períodos de análise em que o valor obtido pelo método excedeu o real, em apenas 1 veículo.

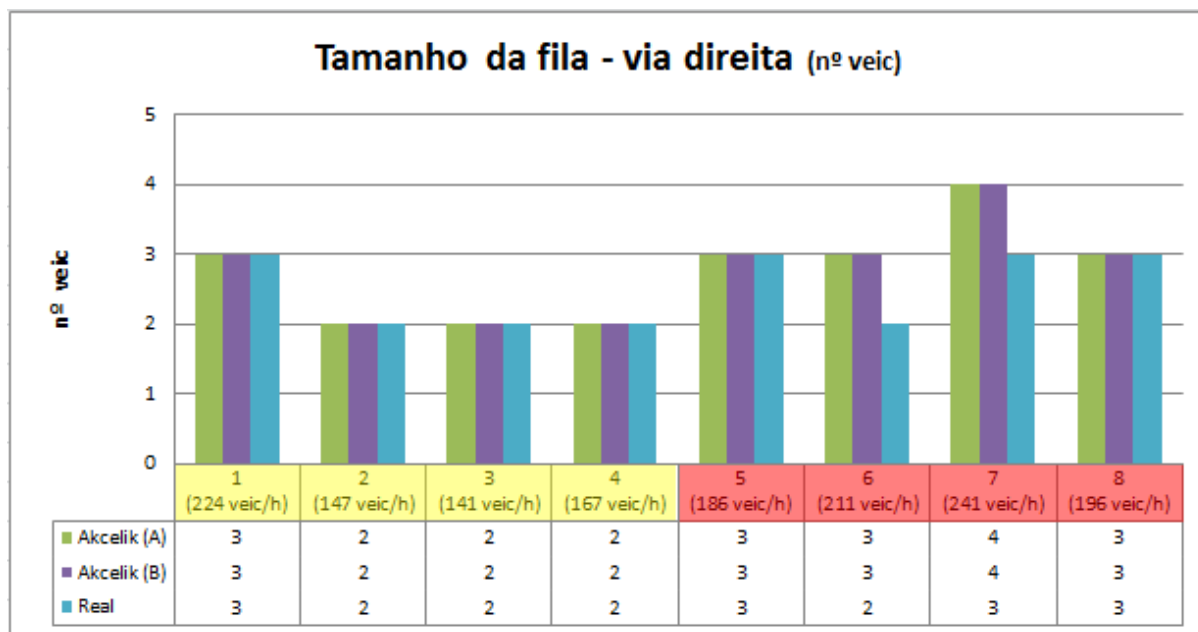


Gráfico 9 - Tamanho da fila no início de verde, para a via da direita na via Estruturante do Pólo 2

5.4.2.2. Via esquerda

Como é possível observar pelo Gráfico 10, para esta via a correspondência entre os valores obtidos por aplicação do método descrito no Akçelik para ambas as classes de localização, e o valor real é de 100%.

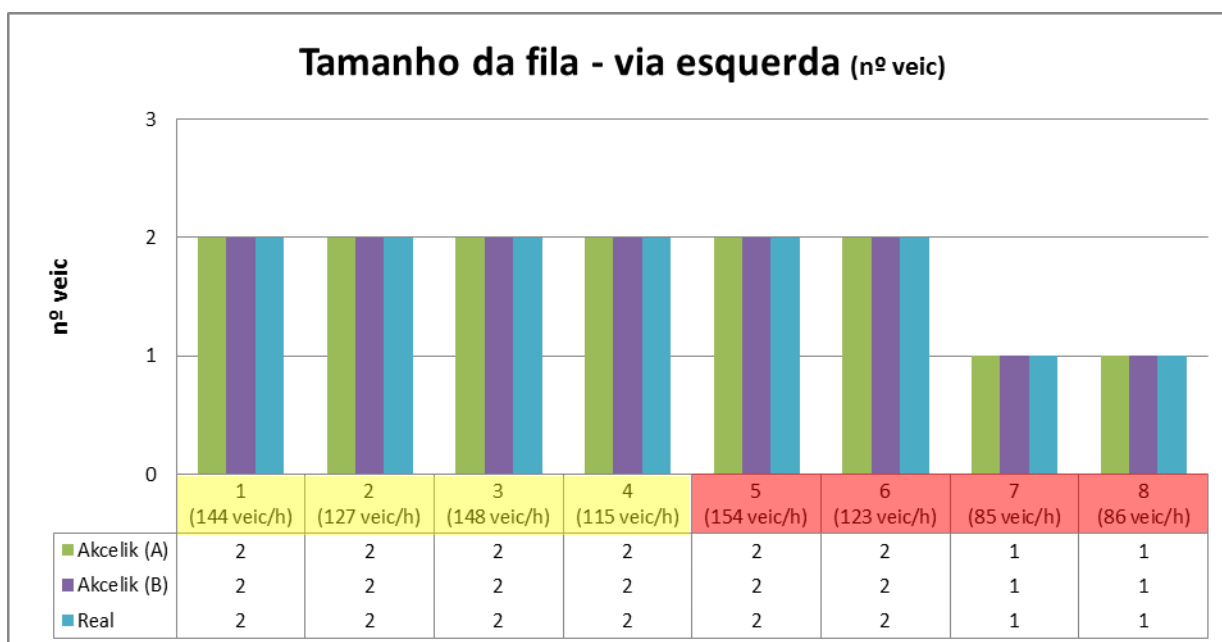


Gráfico 10 - Tamanho da fila no início de verde, para a via da esquerda na via Estruturante do Pólo 2

5.5. TAMANHO MÁXIMO DA FILA

Tal como no subcapítulo do tamanho da fila no início de verde, neste serão analisados os valores obtidos com o Akçelik para as diferentes classes de localização.

Tabelas relativas à relação entre os valores obtidos com as classes de localização (A) e (B) e o valor real poderão ser encontradas no anexo 9.5 e 9.6.

5.5.1. RUA DR. ROBERTO FRIAS

Como é possível observar pelos gráficos seguintes (Gráfico 11 e Gráfico 12), para esta rua, o método apenas determinou valores iguais aos reais em três dos doze períodos de análise, para ambas as classes de localização. É possível também observar, que em diversos períodos de análise o valor obtido com o método é diferente consoante a classe de localização considerada.

5.5.1.1. Via direita

Como é possível observar pelo Gráfico 11, apenas num dos seis períodos de análise estudados para esta via, o valor do método foi igual ao real considerando as duas classes de localização.

Para além desse período de análise em que os valores são todos iguais, em todos os outros períodos de análise o Akçelik classe de localização (B), prevê um tamanho de fila de 1 veículo acima do previsto pelo Akçelik classe de localização (A), sendo o valor do Akçelik classe de localização (A) em dois períodos de análise superior ao real em 2 veículos, e nos restantes três períodos de análise superior em 3 veículos.

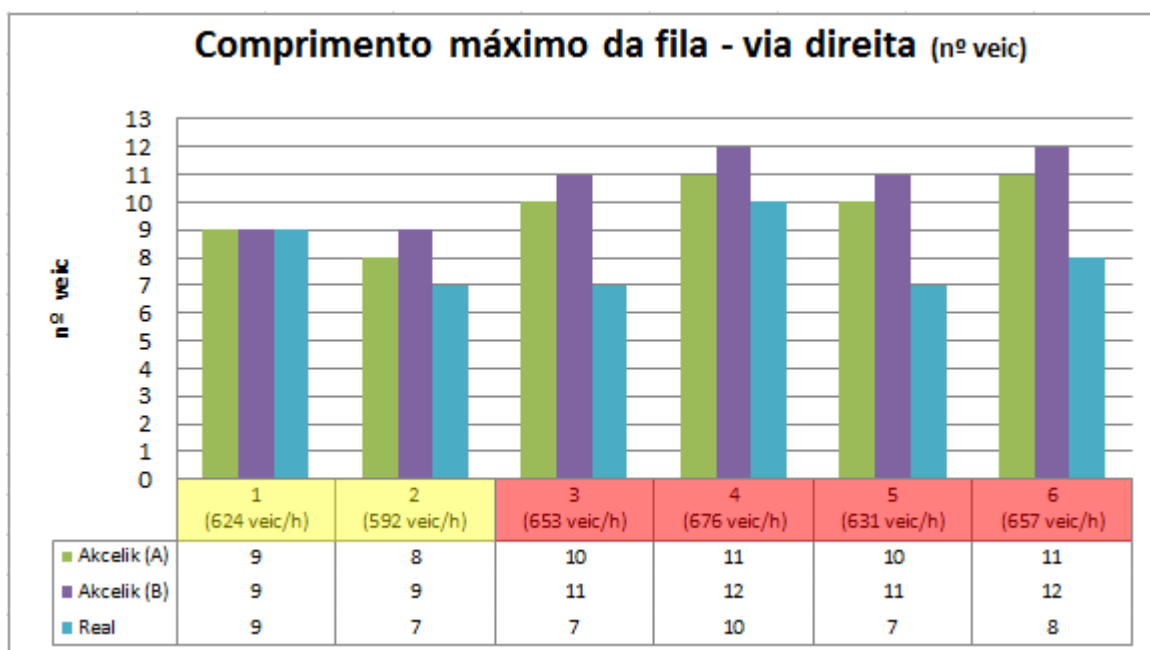


Gráfico 11 - Comprimento máximo da fila para a via da direita na rua Dr. Roberto Frias

5.5.1.2. Via esquerda

O aspeto que mais realça no Gráfico 12, é o facto de pela única vez, neste estudo, o valor obtido com o método ser inferior ao valor real, sendo que isto acontece no 1º período de análise desta via utilizando as duas classes de localização. Como é possível observar, apenas em um período de análise (período de análise 3), os valores obtidos pelo método, considerando as duas classes de localização, são diferentes. Nesse período de análise, o método de Akçelik classe de localização (A), determina um valor inferior em 1 veículo ao da classe de localização (B), e 1 veículo superior ao valor real.

Observa-se que o método de Akçelik, utilizando as duas classes de localização, obtém previsões corretas em dois períodos de análise (período de análise 2 e 5).

Sendo portanto possível concluir que para esta via os métodos têm tendência a dar um valor por excesso comparativamente ao real.

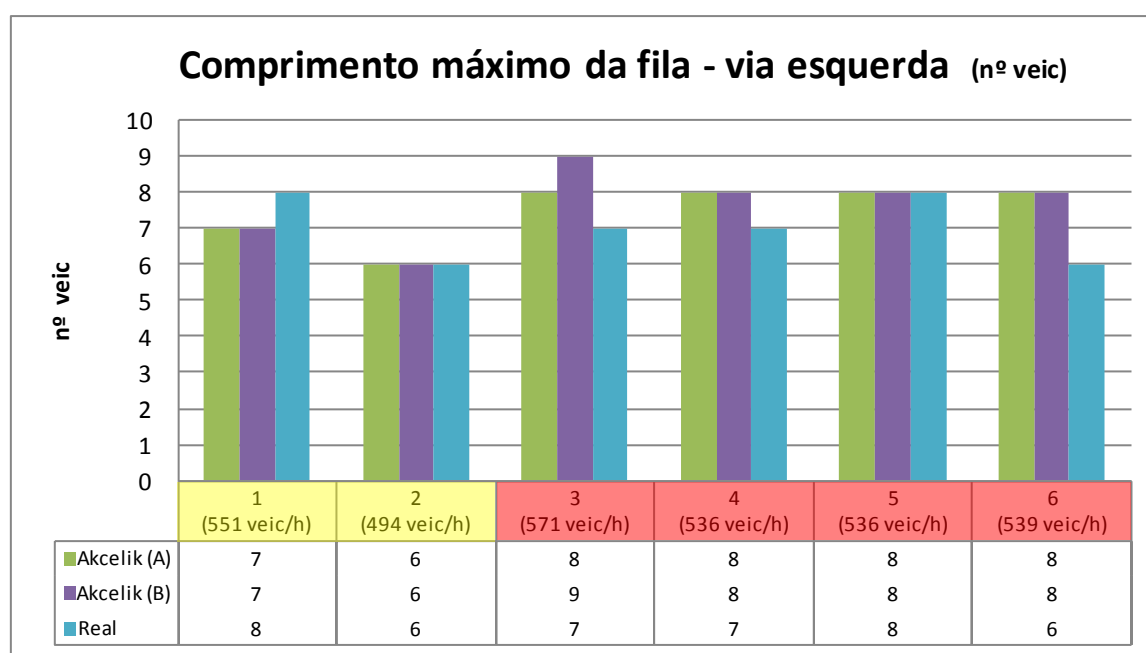


Gráfico 12 - Comprimento máximo da fila para a via da esquerda na rua Dr. Roberto Frias

5.5.2. VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2

Como é possível observar pelos gráficos seguintes (Gráfico 13 e Gráfico 14), para esta rua, as estimativas do comprimento máximo da fila, para os diversos períodos de análise foram bastante satisfatórias, uma vez que nos dezasseis períodos de análise, o método, apenas em três períodos de análise, determinou valores diferentes ao valor real, sendo que quando o fez, foi por excesso de 1 veículo. De notar que esta situação de excesso só aconteceu para a via da direita.

5.5.2.1. Via direita

Como é possível observar pelo Gráfico 13, para esta via, o método determinou valores iguais considerando as duas classes de localização.

De notar que nos oito períodos de análise, só em três o método determinou valores por excesso (1 veículo) em relação ao valor real, sendo que nos restantes períodos de análise, o valor do método foi igual ao observado no terreno.

Como é possível observar na tabela do anexo 9.5, para esta via, a média dos valores obtidos com o método foram 15% superiores ao valor real.

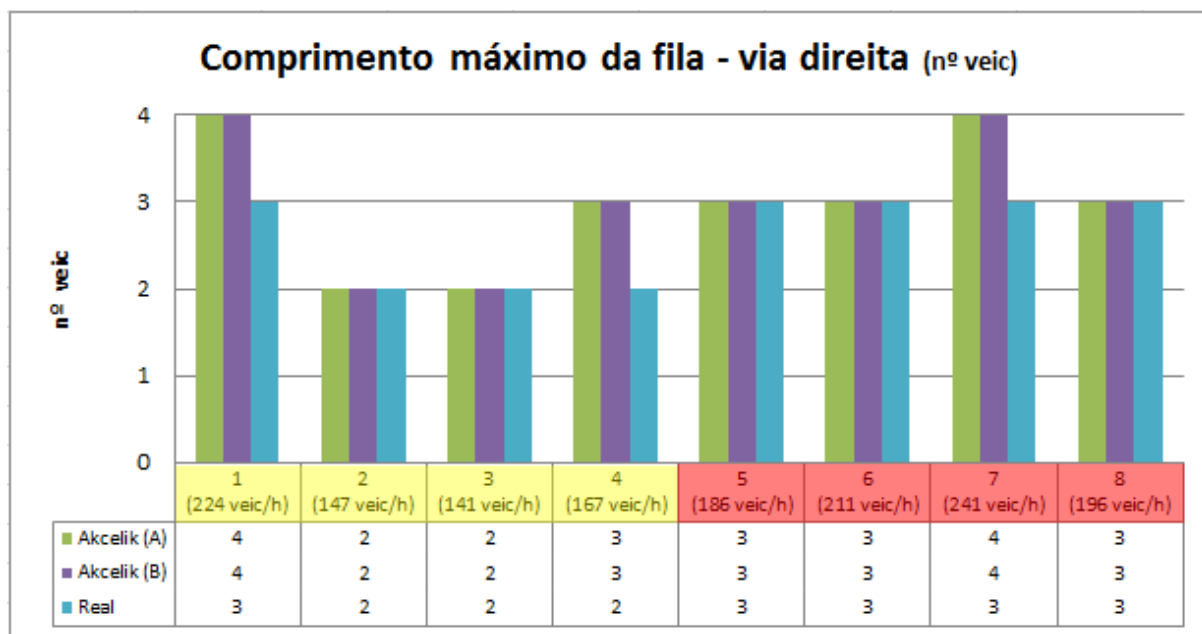


Gráfico 13 - Comprimento máximo da fila para a via da direita na via Estruturante do Pólo 2

5.5.2.2. Via esquerda

Como se observa no Gráfico 14, a correspondência dos valores obtidos com o método e o valor real é de 100%, tendo portanto o método dado valores de previsão iguais aos reais em todos os períodos de análise.

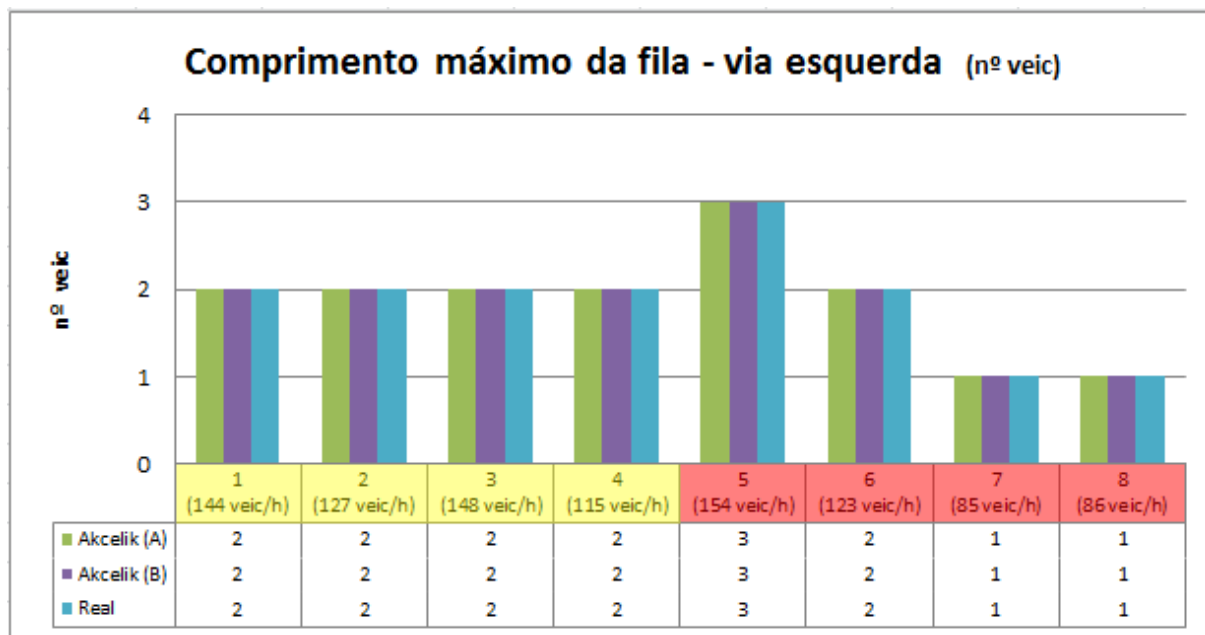


Gráfico 14 - Comprimento máximo da fila para a via da esquerda na via Estruturante do Pólo 2

5.6. NÚMERO DE PARAGENS

5.6.1. RUA DR. ROBERTO FRIAS

Como é possível observar na tabela do anexo 9.11, a média da diferença dos valores obtidos para as vias desta rua, foi de 15 veíc/h superior ao real, usando a classe de localização (A) (5 % superior ao valor real) e 32 veíc/h superior ao real, usando a classe de localização (B) (10 % superior ao valor real). Importante realçar que estes valores médios são enganadores, uma vez que em alguns períodos de análise o valor determinado pelo método foi superior ao real, mas em outros tal não aconteceu. Quanto à relação entre os valores obtidos com as duas classes de localização, a classe de localização (A) obteve em média valores 4% inferiores aos da classe de localização (B).

5.6.1.1. Via direita

Como é possível observar no Gráfico 15, para esta via, os valores obtidos com o método foram na maior parte dos períodos de análise superiores ao valor real, sendo esta tendência apenas quebrada no 1º e 2º períodos de análise, onde os valores, considerando a classe de localização (A), foram inferiores ao valor real, e os valores obtidos, considerando a classe de localização (B), foram no 1º período de análise inferior e no 2º período de análise superior.

Como é possível observar no 4º período de análise, o Akçelik classe de localização (A) determinou um valor de apenas 1 veíc/h superior ao valor real, o que nesta escala poderá ser considerado igual. Outro aspeto a realçar é o de a maior diferença entre o valor obtido com o método e o valor real ocorrer no 3º período de análise, 109 veíc/h (Akçelik classe de localização (A)) e 130 veíc/h (Akçelik classe de localização (B)), superior ao real.

A nível de valores médios, a diferença entre o valor do método e o valor real é de 35 veíc/h (11% superior ao valor real) para a classe de localização (A) e 57 veíc/h (18 % superior ao valor real) para a

classe de localização (B), sendo portanto esta a via onde a diferença entre os valores obtidos com o método e o valor real foram mais divergentes.

Quanto à relação entre as classes de localização consideradas, é possível observar na tabela do anexo 9.10 que os valores determinados pelo Akçelik classe de localização (A), foram em média 5% inferiores aos valores determinados pelo Akçelik classe de localização (B). Sendo portanto também a via onde a diferença entre os valores obtidos com o método, considerando as duas classes de localização foi maior.

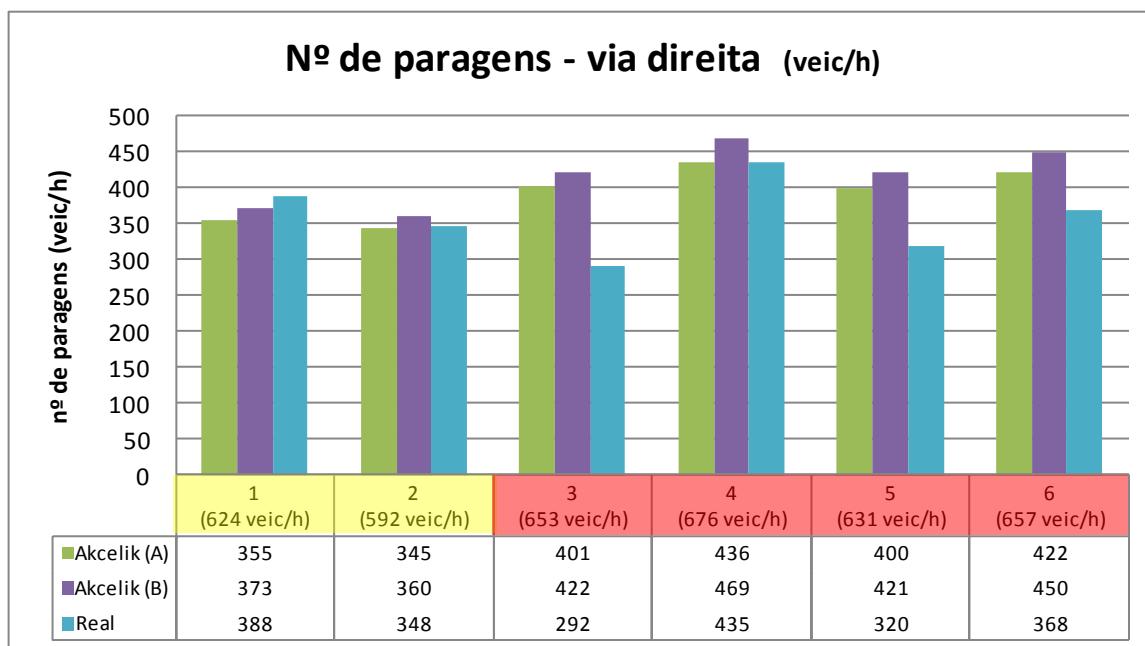


Gráfico 15 - Número de paragens para a via da direita na rua Dr. Roberto Frias

5.6.1.2. Via esquerda

No Gráfico 16, observa-se que apenas num período de análise (período de análise 2) os valores obtidos com as duas classes de localização foram num caso superior e noutro inferior ao valor real. Sendo superior 2 veíc/h ao real para a classe de localização (B), e inferior 6 veíc/h ao real para a classe de localização (A).

Em dois períodos de análise (período de análise 1 e 5) os valores obtidos com o método são inferiores ao valor real, 59 veíc/h e 40 veíc/h na classe de localização (A), e 48 veíc/h e 28 veíc/h na classe de localização (B), respetivamente.

Quanto aos restantes períodos de análise é possível observar que os métodos determinaram valores superiores ao valor real.

Em média, a diferença entre os valores obtidos com o método e o valor real é de - 6 veíc/h para a classe de localização (A) (1% inferior ao valor real) e de + 6 veíc/h para a classe de localização (B) (3% superior ao valor real). Importa realçar, que estes valores médios são enganadores, uma vez que as diferenças entre os valores estimados pelos métodos para cada período de análise e o valor real tendem a ser bastante diferentes do valor médio de diferença apresentado, como demonstra a tabela no anexo 9.10.

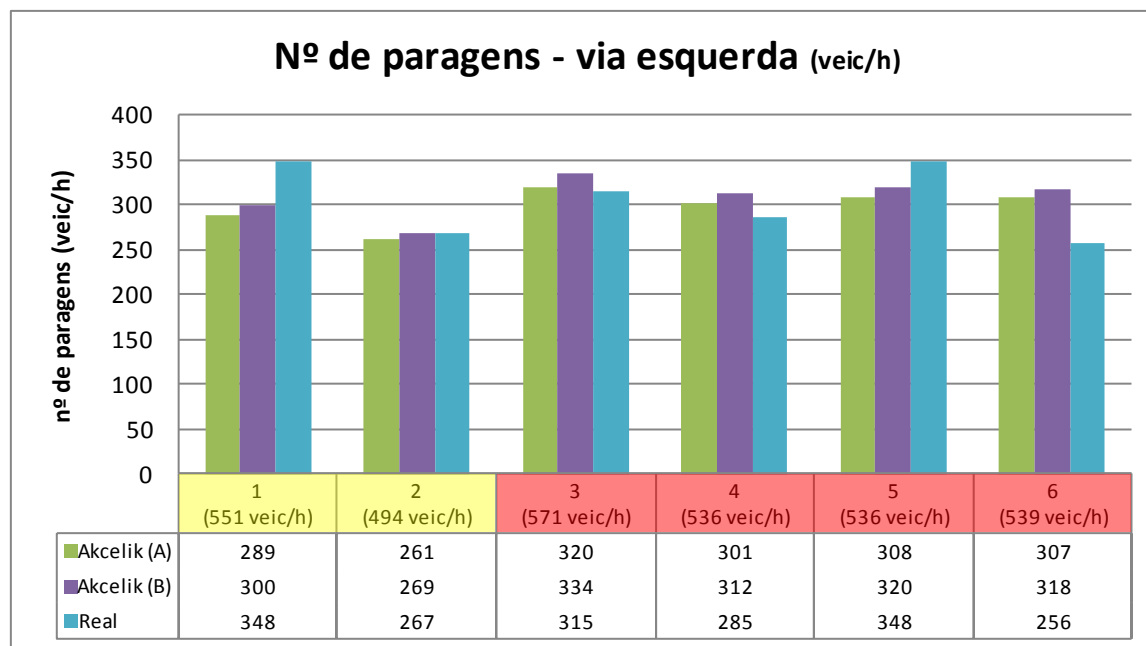


Gráfico 16 - Número de paragens para a via da esquerda na rua Dr. Roberto Frias

5.6.2. VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2

Como é possível observar no anexo 9.11, a média da diferença dos valores obtidos para as vias desta rua foi de 2 veic/h superior ao real, usando a classe de localização (A) (2% superior ao valor real) e 3 veic/h superior, usando a classe de localização (B) (2% superior ao valor real). Quanto à relação entre os valores obtidos com as duas classes de localização, a classe de localização (A) obteve uma média de valores de 1% inferior aos da classe de localização (B).

5.6.2.1. Via direita

Para esta via é possível observar no Gráfico 17, que os valores obtidos com os métodos têm tendência a serem superiores aos reais. Sendo que em seis dos oito períodos de análise, (período de análise 1, 2, 4, 5, 6 e 7) os valores obtidos com o método, considerando as duas classes de localização, foram iguais ou superiores ao valor real.

Observa-se que o método, apenas num período de análise (período de análise 3), obteve valores iguais, considerando as duas classes de localização. Nos restantes períodos de análise, os valores obtidos com a classe de localização (A) foram inferiores aos obtidos para a classe de localização (B). Sendo em cinco períodos de análise de 1 veic/h inferior e em dois períodos de análise de 2 veic/h.

Para esta via os valores determinados com o método de Akçelik classe de localização (A) são em média 1% inferiores aos valores determinados com o método de Akçelik classe de localização (B), como demonstrado na tabela do anexo 9.9.

É também possível observar que apenas no 5º período de análise o valor obtido com o método foi igual ao valor real, para a classe de localização (A). Sendo na classe de localização (B) apenas 1 veic/h superior ao real.

Observa-se na tabela do anexo 9.9, que referente à média dos valores, o Akçelik classe de localização (A) para esta via apresentou um valor 7 veíc/h acima do valor real (5% superior ao valor real) e o Akçelik classe de localização (B) um valor de 8 veíc/h superior ao real (6% superior ao valor real). É importante realçar que apesar de em resultados médios os valores do método para ambas as classes de localização, serem superiores ao valor real, em dois períodos de análise (período de análise 3 e 8) os valores determinados pelo método foram inferiores ao real.

De realçar que a maior diferença ocorreu no 7º período de análise, onde a diferença entre o valor determinado com o método e o valor real foi de 31 veíc/h (Akçelik classe de localização (A)) e 33 veíc/h (Akçelik classe de localização (B)), sendo o intervalo de valores nos restantes períodos de análise de [-9; 15].

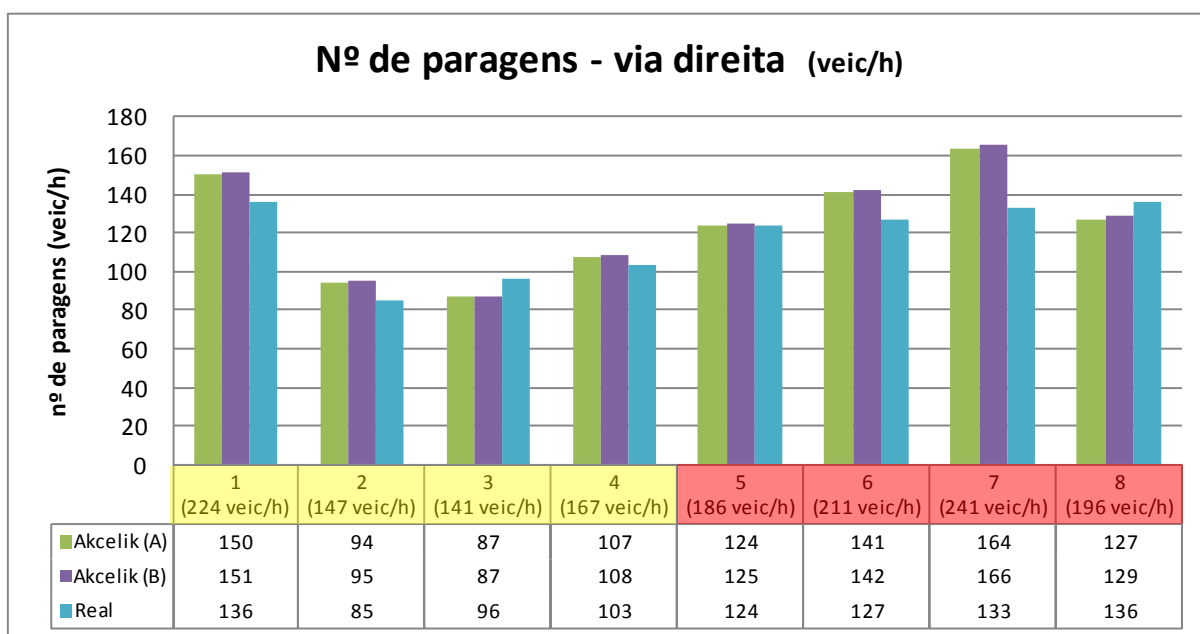


Gráfico 17 - Número de paragens para a via da direita na via Estruturante do Pólo 2

5.6.2.2. Via esquerda

Nesta via é possível observar pelo Gráfico 18, que os valores determinados pelo método para ambas as classes de localização foram em quatro períodos de análise (período de análise 3, 4, 5 e 7) inferiores ao real, em três períodos de análise (período de análise 1, 6 e 8) superiores ao valor real, e apenas num (período de análise 2) igual ao valor real.

A média dos valores obtidos com o método, utilizando as duas classes de localização, foram 3 veíc/h inferior ao real (2% inferior ao valor real), tabela do anexo 9.9.

Quanto aos valores obtidos com o método, utilizando as duas classes de localização, estes foram em seis dos períodos de análise (período de análise 1, 2, 4, 6, 7 e 8) iguais e quando estes deram diferentes, a sua diferença foi apenas de 1 veíc/h, sendo o Akçelik classe de localização (A) o que determinou um valor inferior.

A diferença dos valores obtidos com o método para as duas classes de localização e o valor real, varia entre os -16 veíc/h e os 16 veíc/h, para todos os períodos de análise.

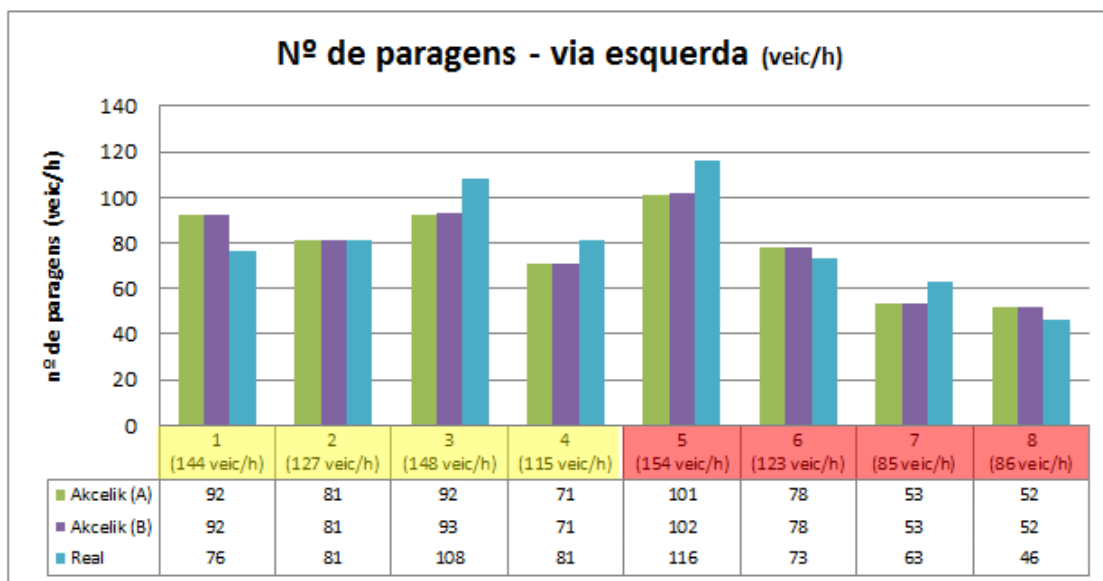


Gráfico 18 - Número de paragens para a via da esquerda na via Estruturante do Pólo 2

5.7. RELAÇÃO ENTRE O GRAU DE SATURAÇÃO E O ATRASO

Podem ser encontrados no anexo 10 tabelas com os valores do grau de saturação para cada período de análise, bem como o seu valor médio para ambas as vias.

Como é possível observar pelos gráficos seguintes (Gráfico 19, Gráfico 20, Gráfico 21 e Gráfico 22), existe a tendência para, à medida que o grau de saturação aumenta, o valor do atraso determinado com o método também aumentar.

5.7.1. RUA DR. ROBERTO FRIAS

É possível verificar que o valor do grau de saturação nesta rua é em média superior para a via da direita, e que foi nesta via que o valor do atraso determinado pelos métodos foi em média mais divergente do valor real, ver tabelas dos anexos 9.2 e 10.1.

5.7.1.1. Via direita

Como é possível observar no Gráfico 19, para esta via, a média dos valores obtidos para o grau de saturação com cada método obedece à mesma ordem que para os valores do atraso, sendo possível afirmar que os métodos que determinaram um valor mais alto para o grau de saturação no mesmo período de análise o fizeram também para o valor do atraso.

É possível também observar que para graus de saturação idênticos entre os métodos, o valor do atraso obtido com o método de Webster é sempre superior ao dos restantes.

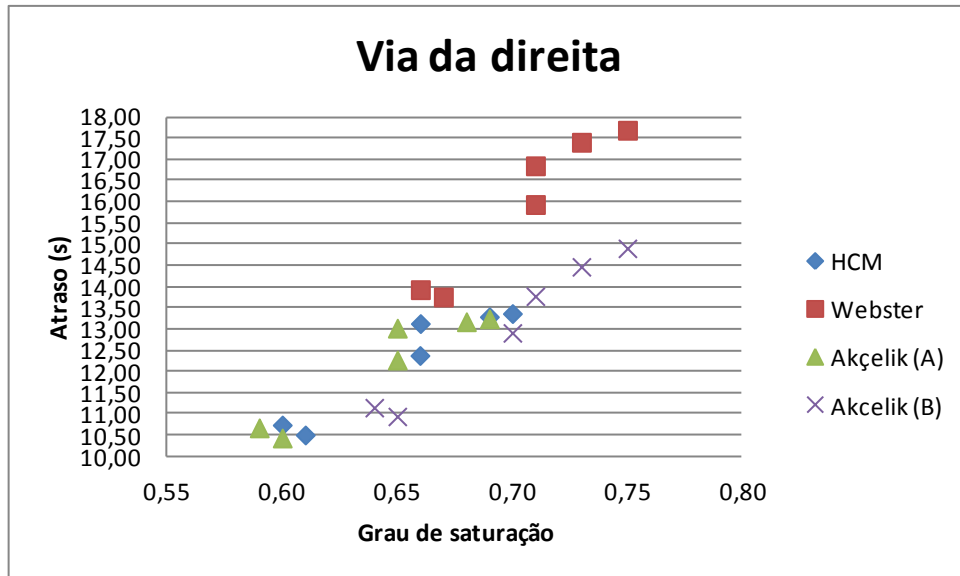


Gráfico 19 - Relação entre o grau de saturação e o atraso para a via da direita na rua Dr. Roberto Frias

5.7.1.2. Via esquerda

Para esta via ocorre a única diferença entre a ordem da relação da média dos valores determinados com os métodos para o atraso e da média do valor determinado para o grau de saturação, das vias estudadas.

É possível também observar que, para graus de saturação idênticos entre os métodos, o valor do atraso obtido com o método de Webster é sempre superior ao dos restantes.

Como é possível observar no Gráfico 20, a média do grau de saturação nesta via para o método de Webster não é o maior, continuando mesmo assim a ser o método que maiores valores determina para o atraso em todos os períodos de análise. Tal razão acontece pelo facto do valor da capacidade obtido com este método ser maior que o dos outros métodos, derivado do facto de nesta via acontecer aquilo que não acontece nas restantes que foram estudadas, ou seja, o valor do débito de saturação obtido com o método de Webster é o maior.

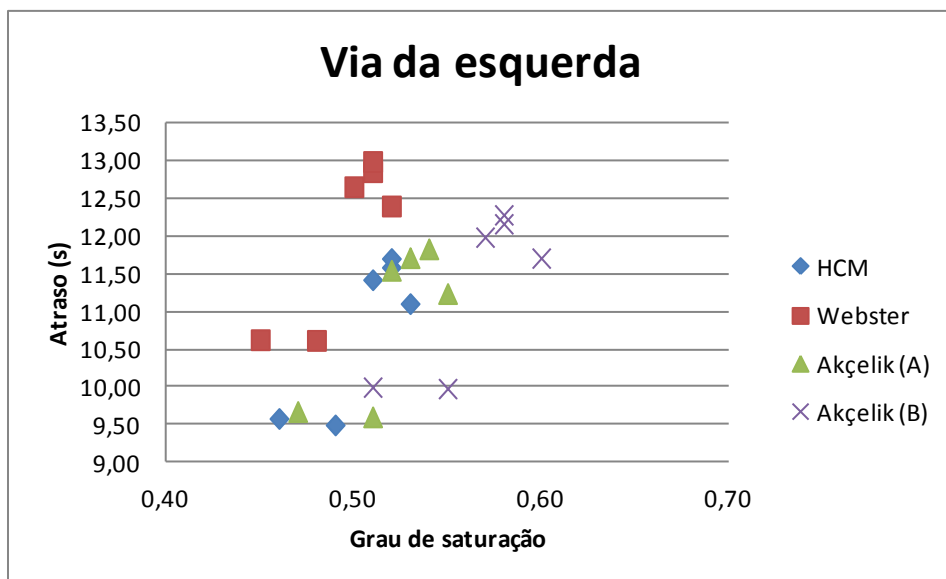


Gráfico 20 - Relação entre o grau de saturação e o atraso para a via da esquerda na rua Dr. Roberto Frias

5.7.2. VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2

É possível verificar que o valor do grau de saturação nesta rua, é em média maior para a via da direita, e que foi nesta via que o valor do atraso determinado pelos métodos foi em média mais próximo do valor real.

5.7.2.1. Via direita

Como é possível observar pelo Gráfico 21, também para esta via, a média dos valores obtidos para o grau de saturação com cada método obedece à mesma ordem que para os valores do atraso, sendo possível afirmar que os métodos que determinaram um valor mais alto para o grau de saturação, no mesmo período de análise, o fizeram também para o valor do atraso.

Sendo na maior parte dos casos para valores idênticos do grau de saturação, o método de Webster o que maiores valores para os atrasos prevê.

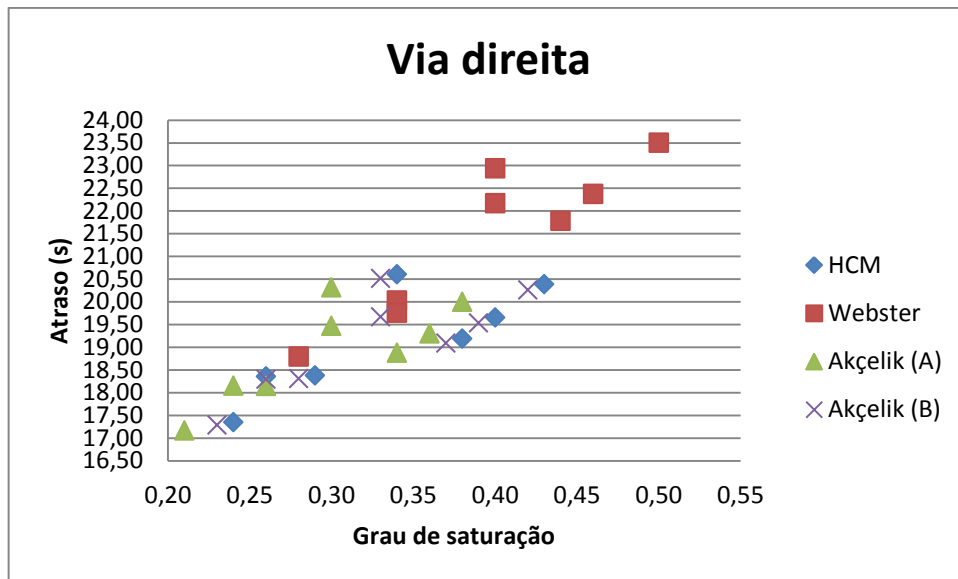


Gráfico 21 - Relação entre o grau de saturação e o atraso para a via da direita na via Estruturante do Pólo 2

5.7.2.2. Via esquerda

Como é possível observar pelo Gráfico 22, também para esta via a média dos valores obtidos para o grau de saturação com cada método obedece à mesma ordem que para os valores do atraso, sendo possível afirmar que os métodos que determinaram um valor mais alto para o grau de saturação no mesmo período de análise o fizeram também para o valor do atraso.

Sendo na maior parte dos casos para valores idênticos do grau de saturação, o método de Webster o que maiores valores prevê para os atrasos.

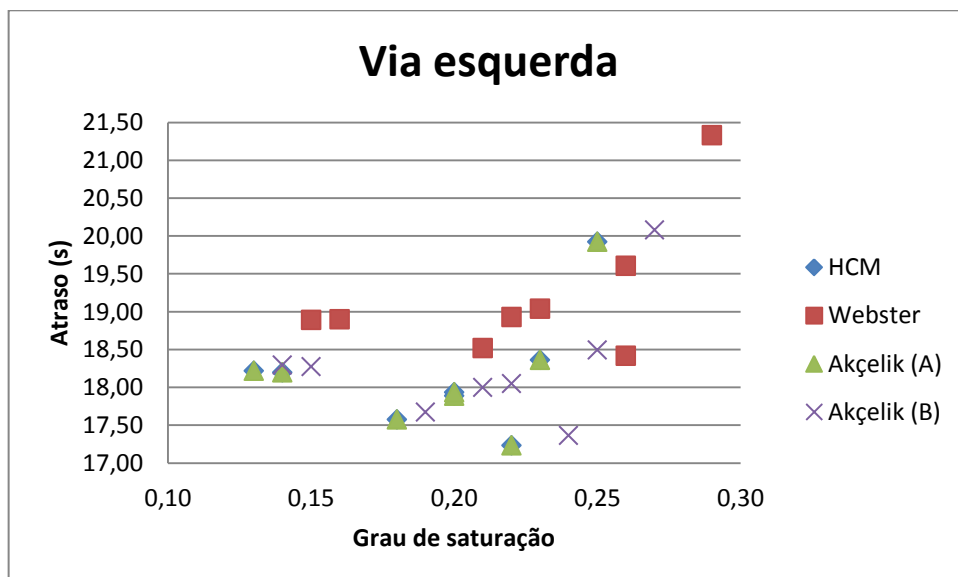


Gráfico 22 - Relação entre o grau de saturação e o atraso para a via da esquerda na via Estruturante do Pólo 2

5.8. RELAÇÃO ENTRE O GRAU DE SATURAÇÃO E A FILA NO INÍCIO DE VERDE

É possível observar nos gráficos seguintes (Gráfico 23, Gráfico 24, Gráfico 25 e Gráfico 26), que à medida que o grau de saturação aumenta, existe a tendência para também o valor determinado pelo método para a fila no início de verde aumentar.

5.8.1. RUA DR. ROBERTO FRIAS

5.8.1.1. Via direita

No Gráfico 23, observa-se que o método, considerando as duas classes de localização, se comporta de forma idêntica para os diversos graus de saturação como era expectável. Verifica-se que para a classe de localização (A), os valores do grau de saturação são mais baixos, mas os valores determinados para o tamanho da fila no início de verde, no mesmo período de análise, são iguais aos obtidos considerando a classe de localização (B).

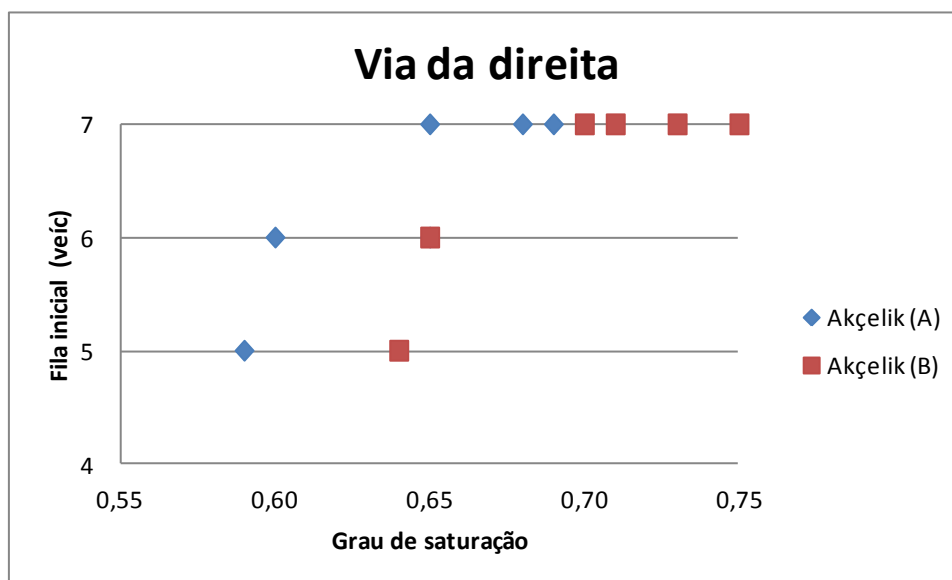


Gráfico 23 - Relação entre o grau de saturação e o nº de veículos na fila no início de verde para a via da direita na rua Dr. Roberto Frias

5.8.1.2. Via esquerda

No Gráfico 24, observa-se que o método considerando as duas classes de localização, se comporta de forma idêntica para os diversos graus de saturação como era expectável. Verifica-se que para a classe de localização (A), os valores do grau de saturação são mais baixos, mas os valores determinados para o tamanho da fila no início de verde, no mesmo período de análise, são iguais aos obtidos considerando a classe de localização (B).

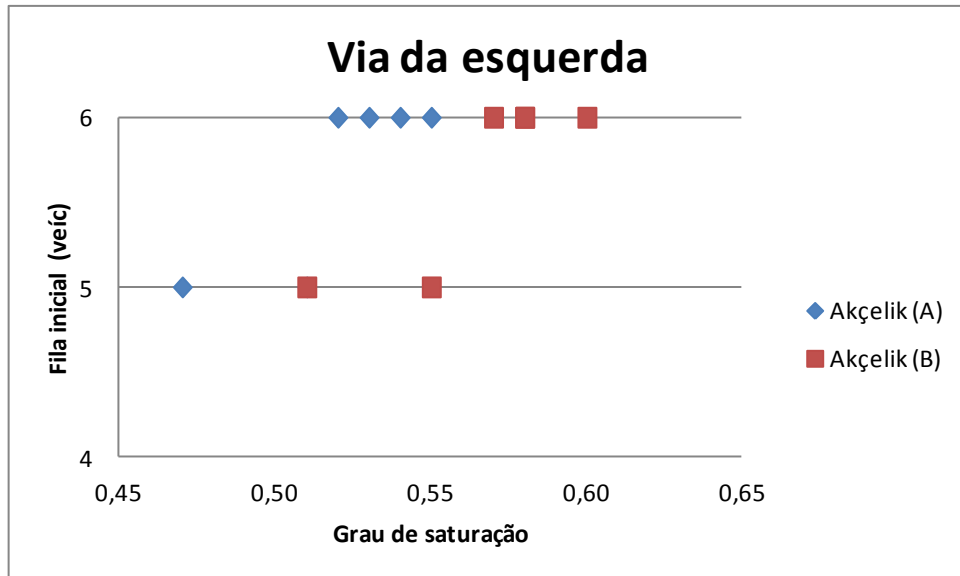


Gráfico 24 - Relação entre o grau de saturação e o nº de veículos na fila no início de verde para a via da esquerda na rua Dr. Roberto Frias

5.8.2. VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2

Contrariamente ao que se sucede para o atraso, para a fila inicial, o método determinou valores mais próximos com os reais para a via da esquerda, sendo esta a que tem graus de saturação mais baixos.

5.8.2.1. Via direita

No Gráfico 25, observa-se que o método, considerando as duas classes de localização, se comporta de forma idêntica para os diversos graus de saturação como era expectável. Verificando-se que entre o intervalo de valores do grau de saturação de $]0,20;0,3[$, o método determina valores para a fila inicial de 2 veículos, no intervalo de $]0,30;0,37]$ de 3 veículos e para graus de saturação mais altos valores superiores. Importa referir que para o valor do grau de saturação de 0,38 a classe de localização (A) determinou um valor de 1 veículo superior ao da classe de localização (B) para um grau de saturação maior (0,39).

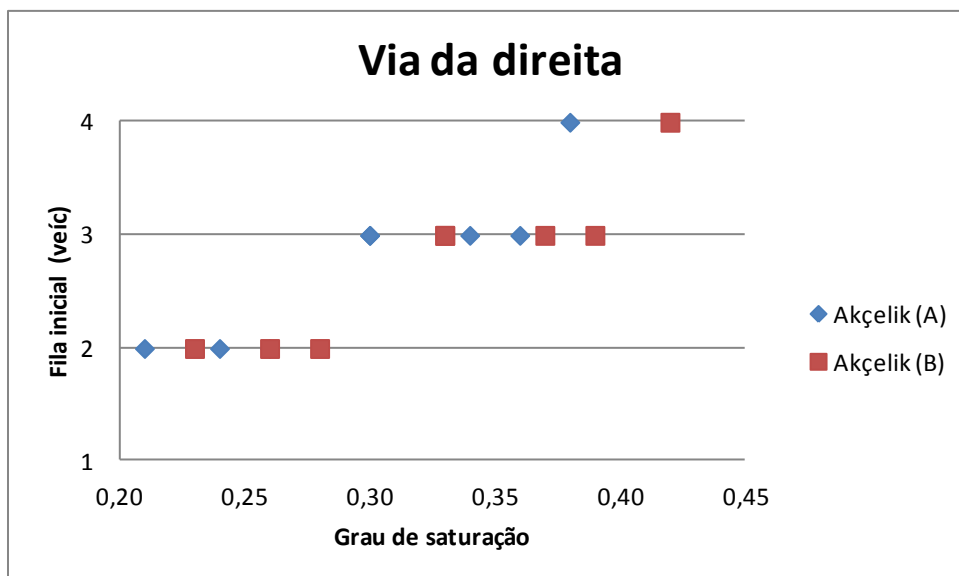


Gráfico 25 - Relação entre o grau de saturação e o nº de veículos na fila no início de verde para a via da direita na via Estruturante do Pólo 2

5.8.2.2. Via esquerda

No Gráfico 26, observa-se que o método, considerando as duas classes de localização, se comporta de forma idêntica para os diversos graus de saturação como seria de esperar. Verificando-se que entre o intervalo de valores do grau de saturação de $]0,10;0,15[$, o método determina valores, para a fila inicial, de 1 veículo e no intervalo de $]0,15;0,30[$ de 2 veículos.

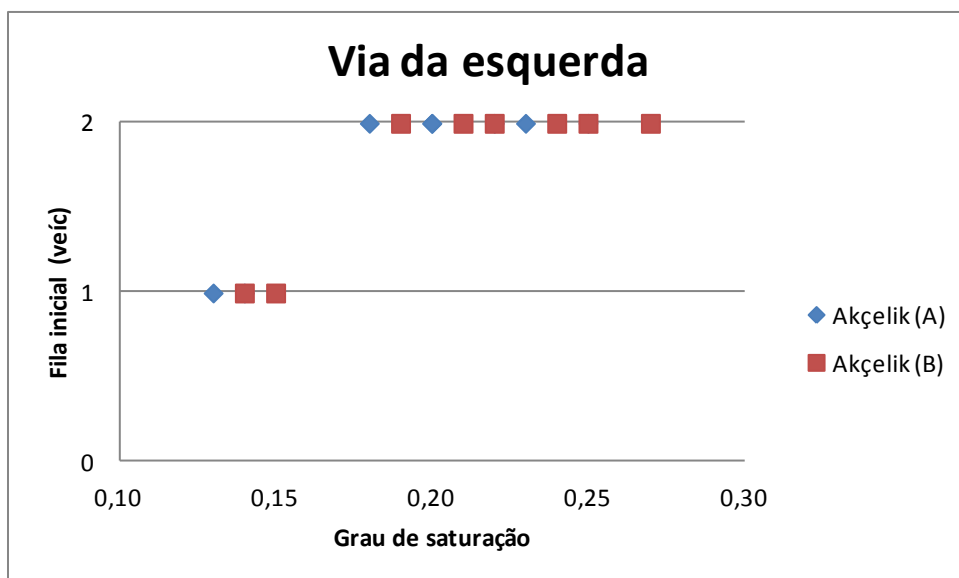


Gráfico 26 - Relação entre o grau de saturação e o nº de veículos na fila no início de verde para a via da esquerda na via Estruturante do Pólo 2

5.9. RELAÇÃO ENTRE O GRAU DE SATURAÇÃO E O COMPRIMENTO MÁXIMO DA FILA

É possível observar nos gráficos seguintes (Gráfico 27, Gráfico 28, Gráfico 29 e Gráfico 30), que à medida que o grau de saturação aumenta, existe a tendência para também o valor determinado pelo método para o comprimento máximo da fila também aumentar.

5.9.1. RUA DR. ROBERTO FRIAS

5.9.1.1. Via direita

É possível observar no Gráfico 27, que para o valor do grau de saturação de 0,65, o valor obtido, considerando o método de Akçelik classe de localização (A) foi de 1 veículo acima da determinada pela classe de localização (B). Importa referir, que este valor do grau de saturação, ocorre em períodos de análise distintos, para as duas classes de localização.

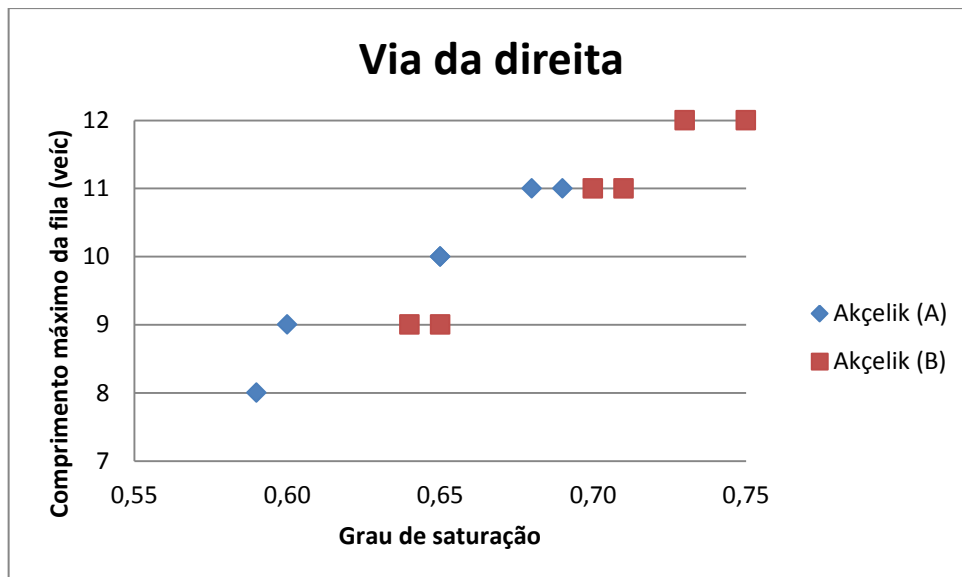


Gráfico 27 - Relação entre o grau de saturação e o comprimento máximo da fila para a via da direita na rua Dr. Roberto Frias

5.9.1.2. Via esquerda

É possível observar no Gráfico 28, que apesar do método de Akçelik classe de localização (A) considerar em todos os períodos de análise valores do grau de saturação inferiores aos do Akçelik classe de localização (B), os valores determinados para o comprimento máximo da fila tendem a ser iguais. Ocorrendo a única diferença entre os valores determinados pelo método para o período de análise, onde o grau de saturação considerado pelo método foi mais alto. Como é visível no gráfico, o Akçelik classe de localização (B) determinou, para o grau de saturação mais alto considerado pelos métodos (período de análise 3), um valor de 1 veículo superior ao do Akçelik classe de localização (A).

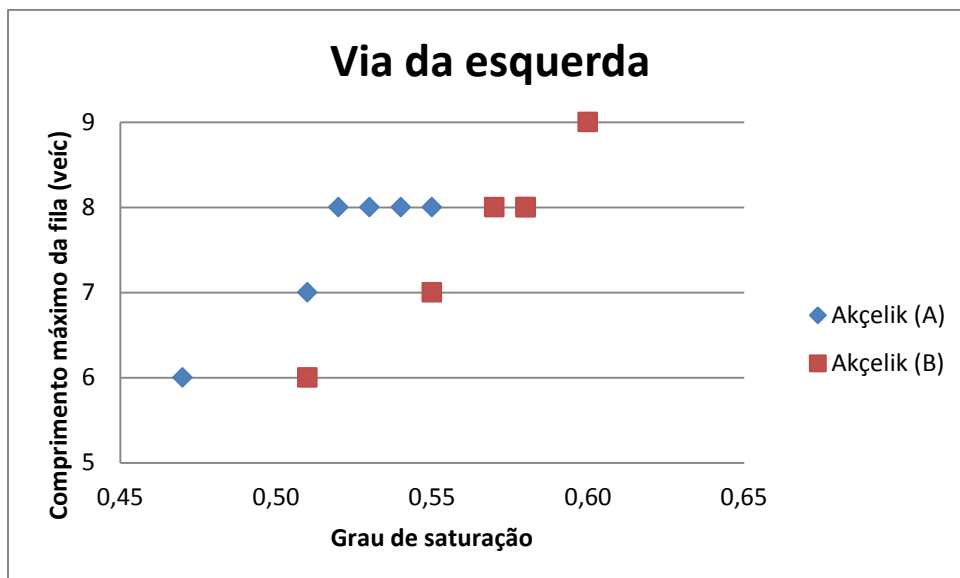


Gráfico 28 - Relação entre o grau de saturação e o comprimento máximo da fila para a via da esquerda na rua Dr. Roberto Frias

5.9.2. VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2

5.9.2.1. Via direita

No Gráfico 29, é possível observar que apesar do Akçelik classe de localização (A) obter valores para o grau de saturação sempre inferiores aos da classe de localização (B), para os mesmos períodos de análise os valores determinados com ambas as classes de localização foram sempre iguais.

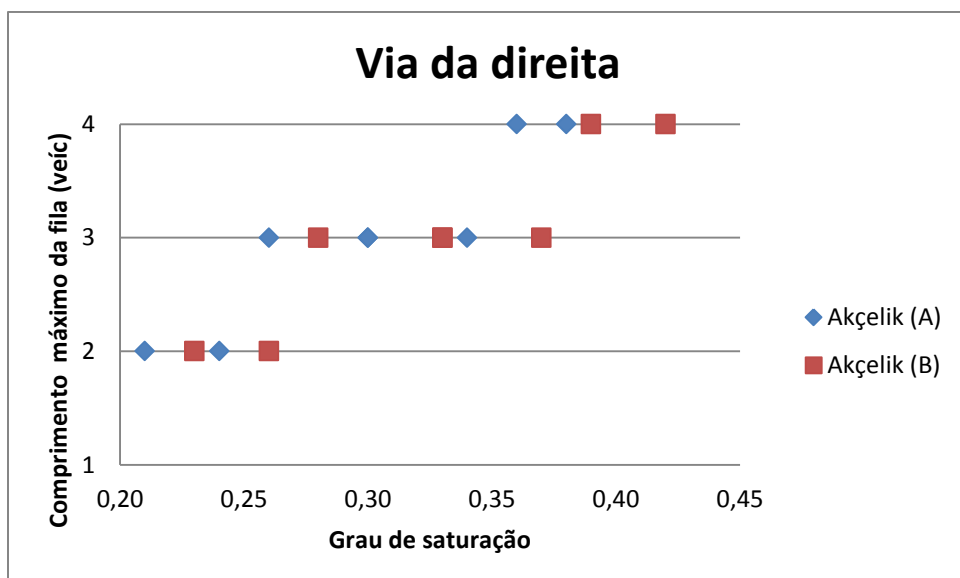


Gráfico 29 - Relação entre o grau de saturação e o comprimento máximo da fila para a via da direita na via Estruturante do Pólo 2

5.9.2.2. Via esquerda

No Gráfico 30, é possível observar que apesar do Akçelik classe de localização (A) obter valores para o grau de saturação sempre inferiores aos da classe de localização (B), para os mesmos períodos de análise os valores determinados com ambas as classes de localização foram sempre iguais.

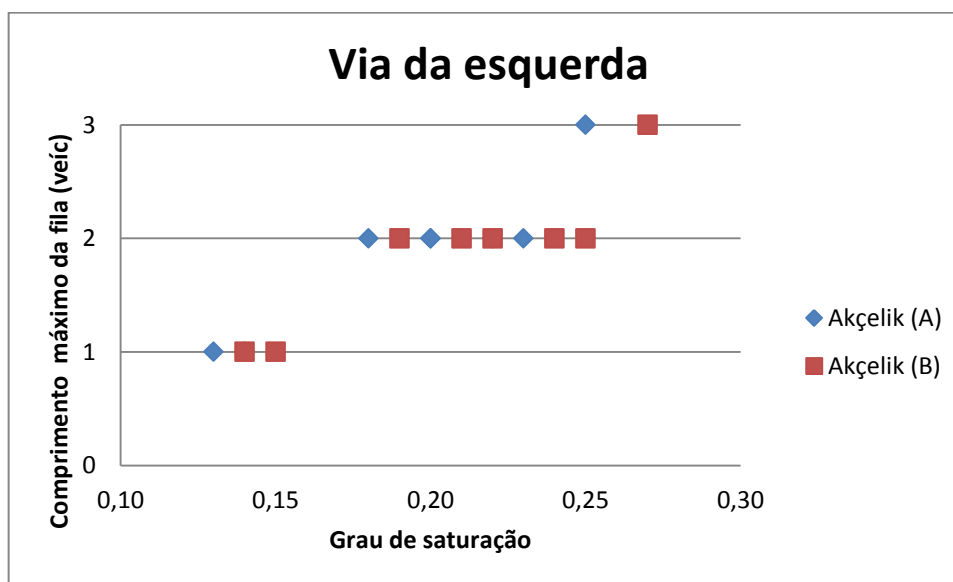


Gráfico 30 - Relação entre o grau de saturação e o comprimento máximo da fila para a via da esquerda na via Estruturante do Pólo 2

5.10. RELAÇÃO ENTRE O GRAU DE SATURAÇÃO E O NÚMERO DE PARAGENS

Como é possível observar pelos gráficos seguintes (Gráfico 31, Gráfico 32, Gráfico 33 e Gráfico 34) existe a tendência para, à medida que o grau de saturação aumenta, o valor do número de paragens obtido com o método também aumentar.

5.10.1. RUA DR. ROBERTO FRIAS

5.10.1.1. Via direita

Verifica-se no Gráfico 31, que para o valor do grau de saturação de 0,65, o valor obtido considerando o Akçelik classe de localização (A) foi de 28 veículos e 27 veículos, acima da determinada pela classe de localização (B).

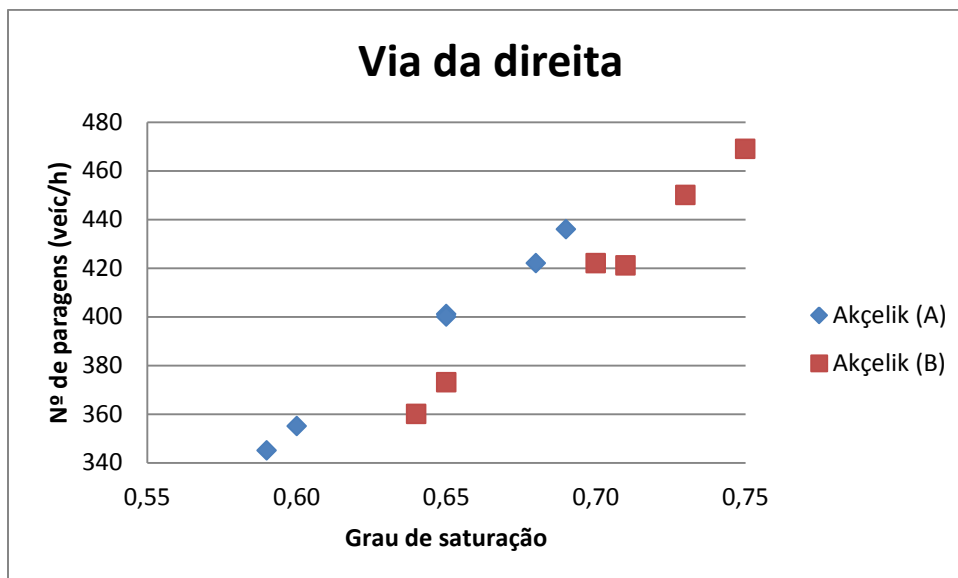


Gráfico 31 - Relação entre o grau de saturação e o nº de paragens para a via da direita na rua Dr. Roberto Frias

5.10.1.2. Via esquerda

Observa-se no Gráfico 32, que para o valor do grau de saturação de 0,55, o valor obtido considerando o Akçelik classe de localização (A) foi superior em 20 veículos da determinada pela classe de localização (B). Também para do grau de saturação de 0,51 o valor obtido, considerando a classe de localização (A), foi de 20 veículos acima da determinada pela classe de localização (B). Sendo importante referir que os mesmos graus de saturação não correspondem ao mesmo período de análise em ambos os casos.

Verifica-se também que, para a classe de localização (B) nos dois períodos de análise, em que o grau de saturação é igual a 0,58, o valor determinado pelo método para o número de paragens difere, sendo num de 320 veíc/h e no outro de 318 veíc/h.

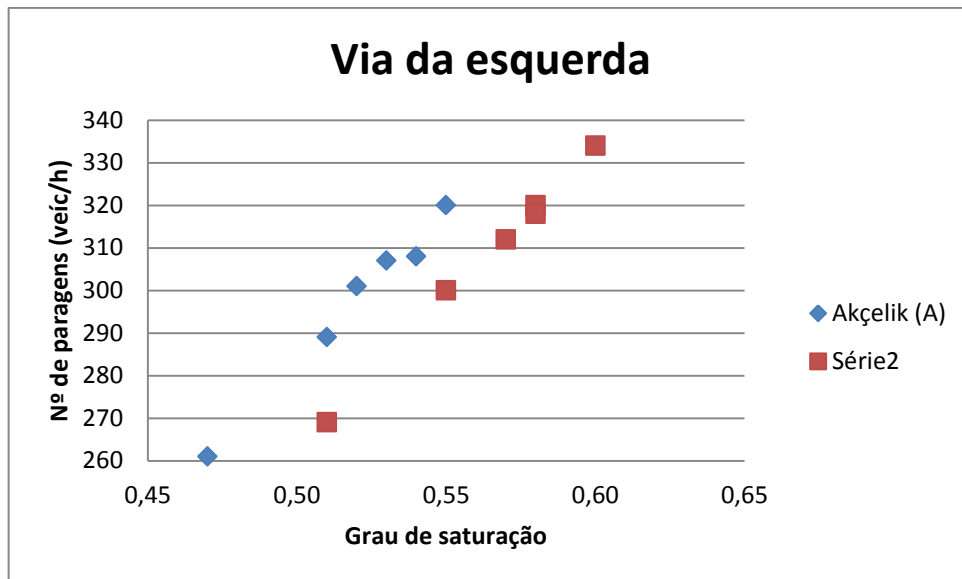


Gráfico 32 - Relação entre o grau de saturação e o nº de paragens para a via da esquerda na rua Dr. Roberto Frias

5.10.2. VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2

5.10.2.1. Via direita

É possível observar no Gráfico 33, que para o valor do grau de saturação de 0,30, o valor obtido considerando o Akçelik classe de localização (A), foi diferente para os dois períodos de análise, onde este valor do grau de saturação ocorreu, sendo num período de 127 veíc/h e no outro de 124 veíc/h. Verifica-se também que, para a classe de localização (B), nos dois períodos de análise nos quais o grau de saturação é igual a 0,33, que o valor determinado pelo método para o número de paragens difere, sendo num de 129 veíc/h e no outro de 125 veíc/h.

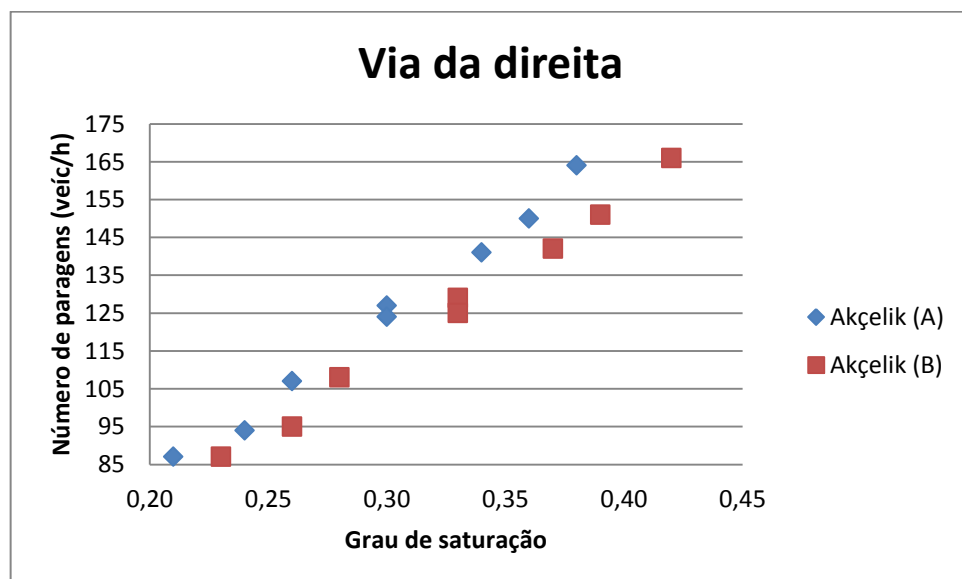


Gráfico 33 - Relação entre o grau de saturação e o nº de paragens para a via da direita na via Estruturante do Pólo 2

5.10.2.2. Via esquerda

É possível observar no Gráfico 34, que para o valor do grau de saturação de 0,20, o valor obtido considerando o Akçelik classe de localização (A), foi diferente para os dois períodos de análise onde este valor do grau de saturação ocorreu, sendo num período de análise de 78 veíc/h e no outro de 81 veíc/h.

É possível também verificar que, para o grau de saturação de 0,14 (apesar de pertencerem a períodos de análise diferentes), o valor determinado com a classe de localização (A) foi de 53 veíc/h enquanto que com a classe de localização (B) foi de 52 veíc/h.

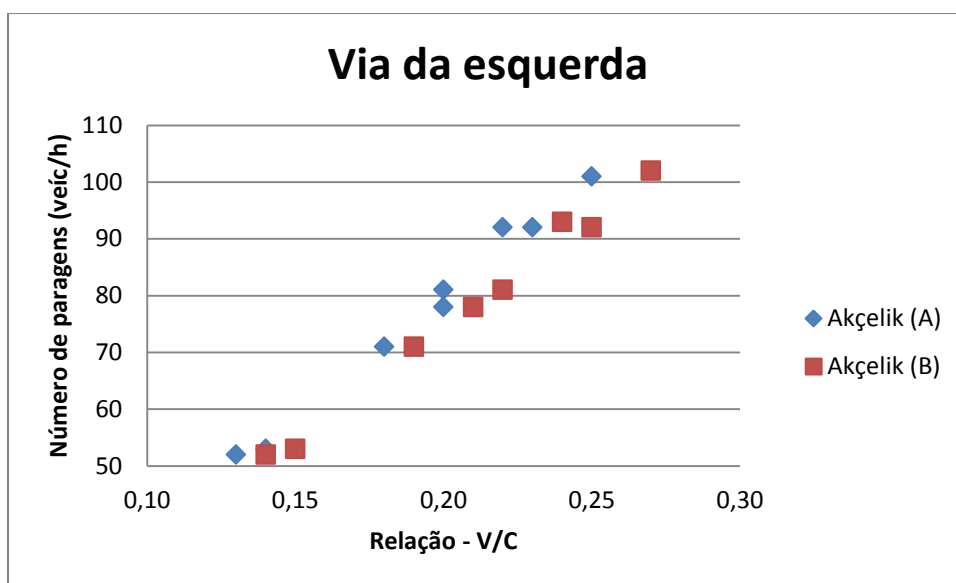


Gráfico 34 - Relação entre o grau de saturação e o nº de paragens para a via da esquerda na via Estruturante do Pólo 2

6

CONCLUSÃO

O presente capítulo descreve as conclusões obtidas através do estudo realizado à interseção situada na cidade do Porto, entre a Rua Dr. Roberto Frias e a via Estruturante do Pólo 2, visando-se a análise entre as metodologias de cálculo preconizadas no HCM (2010), Akçelik (1998) e o método de Webster, para o cálculo de diversos indicadores de desempenho normalmente utilizados para avaliar o funcionamento de interseções com sinais luminosos.

Para a rua Dr. Roberto Frias, o método que melhor se aproximou do valor real do débito de saturação, foi o método descrito no Akçelik usando um valor base do débito de saturação da classe de localização (B) sendo a sua relação média em termos comparativos ao valor real de 106%, enquanto, para a via estruturante do Pólo 2, o método que mais se aproximou do valor real foi o de Webster, sendo a sua relação média com o valor real de 98%. De notar, que estes métodos são os que têm em linha de conta menos fatores de ajustamento para o cálculo do débito de saturação, sendo que, no Akçelik são três e no Webster seis. Para esta interseção o método de Akçelik classe de localização (B) é o que prevê valores mais próximos aos reais para o débito de saturação, fazendo-o sempre por excesso.

Uma questão a realçar é o facto de não ser possível, identificar uma ordem para os valores obtidos para o débito de saturação com os diversos métodos, ou seja, não é possível afirmar qual o método que determina os valores mais altos para o débito de saturação no geral, uma vez que consoante as singularidades das vias, os métodos irão ser capazes de prever melhor ou não este valor.

Outro aspeto a realçar, é que, para os vários métodos em análise, os valores obtidos para o grau de saturação são maiores para as vias da rua Dr. Roberto Frias, sendo a via da direita a que apresenta maior grau de saturação. Não existindo para as vias estudadas uma relação constante entre os valores determinados pelos métodos, mas existindo uma tendência para o método de Webster ser o que maiores valores determina, seguido de Akçelik classe de localização (B), do HCM e de Akçelik classe de localização (A), importa realçar que, para todas as vias, o valor determinado para o grau de saturação, utilizando a classe de localização (B), é maior que utilizando a classe de localização (A), como era expectável.

Existe uma clara tendência para, à medida que o grau de saturação aumenta, os valores determinados para os diversos indicadores de desempenho também aumentem, como seria de esperar.

Em relação ao atraso é possível concluir que o método que melhores valores determinou para esta interseção foi o de Akçelik utilizando a classe de localização (A).

Há, ainda, a enfatizar que os valores obtidos, considerando as duas classes de localização (A) e (B) para o Akçelik, e com o HCM, são bastante idênticos. Sendo assim, é possível concluir que, apesar de

na maior parte dos períodos de análise, os valores obtidos com estes métodos serem superiores ao valor real observado, estes são os que mais se aproximam do mesmo. Contudo, a média dos valores obtidos para o atraso utilizando o HCM para esta interseção foram mais próximos aos de Akçelik, utilizando a classe de localização (A), sendo a média dos valores do HCM, para este indicador de 143% do valor real, enquanto que para o de Akçelik classe de localização (A) foi de 142%.

Os valores obtidos, com o método de Webster, tendem a ser bastante maiores que os obtidos com os restantes métodos. De facto, os valores obtidos com os restantes métodos, são maioritariamente, superiores ao valor real. Deste modo, poder-se-á afirmar que o método de Webster não tem precisão que justifique a sua utilização, hoje em dia, uma vez que os atrasos obtidos, com este método, são excessivamente grandes em relação ao atraso real. Outro aspeto a ter em questão é o facto de, na única via (via da esquerda da rua Dr. Roberto Frias), na qual o método de Webster não foi o método a determinar maiores valores do grau de saturação, este continuou a ser o que determinou maiores valores para o atraso.

Relativamente a este indicador de desempenho, observa-se pelos valores obtidos com os métodos, que os utilizadores da via Estruturante do Pólo 2 sofrem atrasos superiores aos da rua Dr. Roberto Frias, o que na realidade tende a ser verdade. Outro facto a realçar é o das diferenças dos valores obtidos e do valor real, na rua Dr. Roberto Frias, tenderem a ser menores para ambos os métodos, sendo esta a rua a que possui maiores graus de saturação. Contrariamente, para cada via, os métodos que obtiveram valores mais próximos dos reais, foram os que consideraram um grau de saturação inferior, excetuando a via do lado esquerdo, na rua Dr. Roberto Frias onde, o método de Webster foi o que determinou um grau de saturação mais baixo, tendo continuado a apresentar os valores mais divergentes dos reais, sendo o segundo método (HCM) que considerou o grau de saturação mais baixo, o que valores mais próximos ao real determinou.

Como se verifica relativamente ao tamanho das filas no início de verde, os valores obtidos, utilizando a classe de localização (A) e (B) no método de Akçelik, foram iguais excetuando no 5º período de análise da via direita da rua Dr. Roberto Frias.

De realçar que os valores obtidos com o método do Akçelik, foram melhores na Via Estruturante do Pólo 2 uma vez que as previsões nesta rua só falharam duas vezes, por excesso, o que pode conduzir à ideia de que o facto de, nesta rua os débitos (q) serem mais baixos ($q \leq 241 \text{ veíc/h}$) e os débitos de saturação idênticos aos das vias da outra rua (graus de saturação inferiores), leva a que os métodos possam originar valores para o cálculo da fila no início de verde, superiores aos reais. Enquanto para a rua Dr. Roberto Frias os valores dos débitos são maiores ($494 \text{ veíc/h} \leq q \leq 676 \text{ veíc/h}$) e os débitos de saturação idênticos aos das vias da Via Estruturante do Pólo 2 (graus de saturação superiores), os valores dos métodos dão em alguns casos superiores e noutros inferiores ao valor real.

Tal poderá indicar que, para graus de saturação baixos, o método determinará valores pelo lado da segurança.

Para ambas as ruas é possível observar que os valores obtidos não foram sempre iguais aos valores reais, mas estiveram sempre bastante próximos sendo a sua maior diferença de 2 veículos. Assim, poder-se-á considerar que os valores obtidos, com o método de Akçelik são bastante fidedignos para uma vasta gama de graus de saturação, sendo a classe de localização (A) a que melhor reproduziu esta interseção, para este indicador.

Quanto ao comprimento máximo da fila, é possível observar que o método foi mais preciso na Via Estruturante do Pólo 2, uma vez que, nesta rua, os valores obtidos foram na maior parte dos períodos de análise iguais aos registados no terreno, e quando este não determinou valores iguais ao real fê-lo

por excesso, prevendo, assim, valores pelo lado da segurança. Assim, é possível concluir que, quanto maior for a débito de saturação considerado e menor for a procura (menor grau de saturação), o método tenderá a dar valores mais próximos dos reais, ou então por excesso. Outro aspeto a realçar é que as diferenças dos valores obtidos entre as duas classes de localização são menores nas vias desta rua. Tal facto, revela que, à medida que os valores para o grau de saturação forem aumentando, a diferença entre os valores obtidos para o comprimento máximo da fila, considerando as duas classes de localização e o valor real, será maior, bem como a diferença entre os valores das duas classes de localização. Sendo para este indicador de desempenho a classe de localização (A) a que melhor reproduz esta interseção.

Relativamente à média de valores, é possível afirmar que, para o número de paragens, o de Akçelik, usando a classe de localização (A), determinou valores mais próximos dos reais, para todas as vias desta interseção, sendo, portanto, esta a classe que melhor retrata a interseção, para este indicador de desempenho.

De realçar que para as vias da Via Estruturante do Pólo 2, os valores obtidos, utilizando as duas classes de localização, foram iguais, em alguns períodos de análise, e quando tal não ocorre a maior diferença é de 2 veíc/h. Ocorrendo a maior parte das igualdades entre as duas classes de localização, para a via da esquerda, na qual, em média, os valores do grau de saturação são mais baixos, sendo que a única igualdade que ocorre na via da direita é para o período de análise onde o grau de saturação foi mais baixo. Também é importante referir que, para a via da esquerda, a tendência é para os valores determinados pelo método serem inferiores ao valor real, e, para a da direita, tal tendência é antagónica. Neste âmbito, convém salientar, que a classe de localização (A) determinou valores mais parecidos ao real, para a via da direita, e a classe de localização (B) valores mais parecidos ao real, para a via da esquerda.

Para as vias da rua Dr. Roberto Frias, onde os graus de saturação são bastante superiores aos da Via Estruturante do Pólo 2, os valores determinados pelo método tendem a ser superiores ao real e as suas diferenças mais significativas. Tal facto conduz à ideia de que, à medida que os valores para o grau de saturação vão aumentando, a diferença entre os valores obtidos para o número de paragens, considerando as duas classes de localização e o valor real, é maior, bem como a diferença entre os valores determinados pelas duas classes de localização.

Urge, também, referir que, para a via da esquerda da rua Dr. Roberto Frias, os valores obtidos, considerando a classe de localização (A), são em 50% dos casos inferiores ao real, sendo que esta classe de localização determina valores mais baixos, para o grau de saturação que a classe de localização (B).

Em jeito de síntese, poder-se-á dizer que, a nível do débito de saturação, o método que prevê melhores valores é o método de Akçelik com a classe de localização (B), uma vez, que é o método que determina valores mais próximos dos reais, pelo lado da segurança.

Quanto ao atraso, observa-se que os valores determinados pelo HCM e pelo de Akçelik classe de localização (A) são idênticos, sendo o de Akçelik com esta classe de localização, o método que valores mais próximos aos reais gerou para esta interseção, enquanto o método de Webster determinou valores bastante superiores aos reais.

Quanto aos restantes indicadores de desempenho analisados, observa-se que a classe de localização (A) é a que melhores valores determina para esta interseção.

Finalmente conclui-se, neste estudo, que existe a tendência para, à medida que o grau de saturação aumenta, os valores obtidos com os métodos para os diversos indicadores de desempenho também

aumentarem, não querendo isso dizer que o método que considera um grau de saturação superior para o mesmo período de estudo, será forçosamente o que irá determinar um valor superior para esse indicador.

BIBLIOGRAFIA

- Acetatos de Circulação e Transportes 1, Secção Vias de Comunicação do Departamento de Engenharia Civil, FEUP, Porto, 2011.
- Akçelik, R. (1978a). *X and Y in Traffic Signal Design*. Proc. 9th ARRB Conf. 9(5), pp 45-60. Discussions pp 90-100.
- Akçelik, R. (1978b). *On Traffic Signal Design*. Proc. PTRC 6th Sumeer Annu. Meet., Environmental and Traffic Management Seminar (H), pp. 176-197.
- Akçelik, R. (1979a). *Capacity and Timing Calculation Methods for Signalised Intersections*. Australian Road Research Board Internal Report, AIR 288-5. (Também Inst. Transp. Studies and U.S. Dept Transp. 'Proc. Int. Symp. On Traffic Control Systems', vol. 2A, pp. 33-57. (Univ. of California: Berkeley.)
- Akçelik, R. (1980a). *Stops at Traffic Signals*. Proc. 10th ARRB Conf. 10(4), pp. 182-192.
- Akçelik, R. (1980b). *Time-Dependent Expressions for Delay, Stop Rate and Queue Length at Traffic Signals*. Australian Road Research Board. Internal Report, AIR 367-1.
- Akçelik, R. (1981). *Fuel Efficiency and Other Objectives in Traffic System Management*. Traffic Eng. Control 22(2), pp. 54-65.
- Akçelik, Rahmi (1998). *Traffic Signals: Capacity and Timing Analysis*. http://www.sidrasolutions.com/Cms_Data/Contents/SIDRA/Folders/Resources/Articles/Articles/~contents/ECN248EAGPU5KBRB/Akcelik_ARR%20123_SignalTiming.pdf (24/09/12).
- Al-Mudhaffar, Azhar (2006). *Impacts of Traffic Signal Control Strategies*. Dissertação de Doutoramento, Royal Institute of Technology Stockholm.
- Ceylan, Halim, Bell, Michael G.H. (2004). *Traffic Signal Timing Optimization Based on Genetic Algorithm Approach, Including Drivers Routing*
- Cheng, DingXin, Messer, Carrol J., Tian, Zong Z., Liu, Juanyu, (2003). *Modification of Webster's Minimum Delay Length Equation Based on HCM 2000*.
- Darma, Yusria, Mohamad, Jamilah, Abdullah, Mohamed Rehan Karim Sulaiman (2005). *Control Delay Variability at Signalized Intersection Based on HCM Method*. Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 5, pp. 945 - 958, 2005.
- Kang, Youn-Soo (2000). *Delay, Stop and Queue Estimation for Uniform and Random Traffic Arrivals At Fixed-Time Signalized Intersections*. Dissertação de Doutoramento, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University.
- Macedo, Joaquim Miguel Gonçalves (2005). *Seleção da Tipologia de Cruzamentos em Função da Procura*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
- Machado, Ana Isabel Pereira Sarmiento (2009). *Projecto de Instalação de um Sistema de Sinalização Luminosa numa Interseção Giratória*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Miller, A. J., (1968a). *The Capacity of Signalised Intersections in Australia*. Australian Road Research Board, Bull. No. 3.

Miller, A. J., (1968b). Provisional Introduction and Signalized Intersections. Em *Australian Road Capacity Guide*, Australian Road Research Board, Bull. No. 4 (Reprinted as ARRB Research Report ARR No. 79, 1978).

Oliveira, Maria de Lurdes Simões (2005). *Definição de uma Estratégia Optimizada de Controlo de Tráfego em Cruzamentos Usando Simulação Estocástica*. Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Palm, William J., (2002). *Modeling for Real-Time Traffic Control in the Rhode Island Inteligente Road*.

Pires da Costa, Américo Henrique, Seco, Álvaro Jorge da Maia, Vasconcelos, António Luís Pimentel, (2008). Capítulo 7- Sinais Luminosos. Em *Manual do planeamento de acessibilidades e transportes*, Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte.

Sebenta de Circulação e Transportes 1, Secção Vias de Comunicação do Departamento de Engenharia Civil, FEUP, Porto, 2011.

Tavares, J.P., (1995). *Sistemas Centralizados de Controlo de Tráfego- Sua Avaliação, Aplicação do Caso na Cidade do Porto*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico.

TRB, (2010). *HCM 2010 Highway Capacity Manual*, Transportation research board of the national academies, Washington, DC.

Xavier, Romeu Filipe de Castro (2008). *Projecto de Regulação Luminosa: Interseções Reguladas por Sinais Luminosos De Comando Actuado ou Semi-Actuado*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Websites:

<http://pr.hec.gov.pk/Chapters/777S-2.pdf> (13/11/2012)

<http://sinaldetransito.com.br/artigos/scoot.pdf> (25/09/2012)

https://engineering.purdue.edu/~flm/CE%20361_files/chapter7_notes_.pdf (13/11/2012)

https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/57249/1/gtr_Aula7a_0506_Cruzamentos_Semaforizados.pdf (24/09/2012)

http://www.uberlandia.mg.gov.br/uploads/cms_b_arquivos/1589.pdf (06/10/2012)

http://trc.ce.ufl.edu/news_and_events/hcm_2010_interrupted_Flow_jdaniel.pdf (14/10/2012)

<http://nexus.umn.edu/Courses/ce3201/CE3201-L2-05.pdf> (13/11/2012)

https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/56174/1/gtr_Aula1_0506_corr_tráfego.pdf (25/09/2012)

https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/54555/1/1.0_Correntes_de_tráfego_06.pdf (25/09/2012)

<http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-04202000-12070029/unrestricted/Chapter05.pdf> (27/10/2012)

<http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/operations/tft/chap9.pdf> (27/10/2012)

(

ANEXOS

A.1. TRABALHO DE CAMPO, ATRASO REAL E NÚMERO DE PARAGENS

A.1.1. VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2 - 1º PERÍODO DE ESTUDO

Ciclo	Veículo	Lado	Tempo de passagem			Atraso (s/veic)		Atraso médio		Tempo de vermelho	Tempo de verde		Tempo de ciclo	Fluxos (veic)	Fila (veic)				Nº paragen (veic/h)	
			t1	t2	Δt	E	D	E	D		início de				comp. max.					
											verde					E	D	E		D
			t1	t2	Δt	E	D	E	D		(G)	(g)		E	D	E	D	E	D	
1	VA 1	D	10:51:40	10:51:54	00:00:14		0	11,50	19,74	00:00:52			2	8	2	2	2	2		
	VA 2	D	10:51:48	10:51:59	00:00:11		0													
2	VA 3	D	10:52:04	10:53:07	00:01:03		43			00:00:54	00:00:30	00:00:30	00:01:25	0	6	0	5	0	6	
	VA 4	D	10:52:08	10:53:10	00:01:02		42													
	VA 5	D	10:52:30	10:53:12	00:00:42		22													
	VA 6	D	10:52:34	10:53:15	00:00:41		21													
	VA 7	D	10:53:02	10:53:20	00:00:18		0													
3	VA 8	E	10:53:22	10:54:24	00:01:02		42			00:00:53	00:00:21	00:00:21	00:01:18	4	1	2	0	0	0	
	VA 9	E	10:53:56	10:54:27	00:00:31		11													
	VA 10	E	10:54:32	10:54:41	00:00:09		0													
4	VA 11	D	10:54:32	10:55:50	00:01:18		58			00:00:53	00:00:30	00:00:30	00:01:26	5	7	3	5	3	6	
	VA 12	D	10:54:54	10:55:53	00:00:59		39													
	VA 13	D	10:54:58	10:55:57	00:00:59		39													
	VA 14	E	10:55:02	10:55:50	00:00:48		28													
	VA 15	D	10:55:32	10:56:06	00:00:34		14													
	VA 16	E	10:55:40	10:55:53	00:00:13		0													
	VA 17	E	10:55:42	10:55:54	00:00:12		0													
5	VA 18	D	10:56:14	10:57:07	00:00:53		33			00:00:44	00:00:29	00:00:29	00:01:16	1	4	0	3	0	3	
	VA 19	D	10:56:18	10:57:10	00:00:52		32													
	VA 20	D	10:57:08	10:57:20	00:00:12		0													
6	VA 21	E	10:57:38	10:58:33	00:00:55		35			00:00:53	00:00:30	00:00:30	00:01:26	3	5	3	3	3	3	
	VA 22	D	10:57:40	10:58:33	00:00:53		33													
	VA 23	E	10:57:50	10:58:35	00:00:45		25													
7	VA 24	D	10:57:54	10:58:35	00:00:41		21			00:00:48	00:00:30	00:00:30	00:01:26	1	3	0	2	0	2	
	VA 25	D	10:59:10	10:59:52	00:00:42		22													
	VA 26	D	10:59:26	10:59:56	00:00:30		10													
	VA 27	E	10:59:50	11:00:01	00:00:11		0													
	VA 28	D	10:59:52	11:00:04	00:00:12		0													
8	VA 29	E	11:00:16	11:01:09	00:00:53		33	00:00:53	00:00:20	00:00:20	00:01:11	5	6	4	2	4	2			
	VA 30	E	11:00:24	11:01:12	00:00:48		28													
	VA 31	D	11:00:26	11:01:07	00:00:41		21													
	VA 32	D	11:00:40	11:01:10	00:00:30		10													
	VA 33	E	11:00:58	11:01:18	00:00:20		0													
	VA 34	E	11:01:12	11:01:23	00:00:11		0													
	VA 35	E	11:01:16	11:01:26	00:00:10		0													
9	VA 36	D	11:01:56	11:02:23	00:00:27		7	00:00:38	11:02:26	11:02:36	00:00:10	4	2	3	2	3	2			
	VA 37	E	11:02:26	11:02:36	00:00:10		0													
10	VA 38	E	11:02:42	11:03:45	00:01:03		43	00:00:52	00:00:31	00:00:31	00:01:12	8	7	3	4	3	4			
	VA 39	D	11:02:48	11:03:45	00:00:57		37													
	VA 40	D	11:02:52	11:03:50	00:00:58		38													
	VA 41	D	11:03:12	11:03:55	00:00:43		23													
	VA 42	D	11:04:06	11:04:17	00:00:11		0													
	VA 43	E	11:04:10	11:04:21	00:00:11		0													
	VA 44	E	11:04:12	11:04:24	00:00:12		0													
11	VA 45	E	11:04:16	11:04:26	00:00:10		0	00:00:47	00:00:47	00:01:42	3	7	1	4	1	4				
	VA 46	D	11:04:42	11:05:22	00:00:40		20													
	VA 47	D	11:04:46	11:05:26	00:00:40		20													
	VA 48	E	11:04:54	11:05:22	00:00:28		8													
	VA 49	D	11:05:08	11:05:35	00:00:27		7													
	VA 50	E	11:05:12	11:05:23	00:00:11		0													
	VA 51	E	11:05:24	11:05:35	00:00:11		0													
12	VA 52	D	11:05:28	11:05:39	00:00:11		0	00:00:23	00:00:23	00:01:13	4	3	3	0	3	0				
	VA 53	D	11:05:34	11:05:45	00:00:11		0													
	MOT 1	E	11:05:42	11:06:39	00:00:57		37													
	VA 54	E	11:06:04	11:06:42	00:00:38		18													
	VA 55	D	11:06:20	11:06:41	00:00:21		1													
13	VA 56	E	11:06:24	11:06:45	00:00:21		1	00:00:49	00:00:31	00:00:31	00:01:26	5	5	3	3	3	4			
	VA 57	D	11:06:40	11:06:57	00:00:17		0													
	VA 58	E	11:06:48	11:06:58	00:00:10		0													
	VA 59	E	11:07:12	11:08:03	00:00:51		31													
	VA 60	E	11:07:28	11:08:05	00:00:37		17													
	VA 61	D	11:07:34	11:08:03	00:00:29		9													
	VA 62	D	11:07:38	11:08:09	00:00:31		11													
	VA 63	E	11:07:48	11:08:09	00:00:21		1													
	VA 64	D	11:07:50	11:08:14	00:00:24		4													
	VA 65	D	11:08:16	11:08:26	00:00:10		0													

Ciclo	Veículo	Lado	Tempo de passagem			Atraso (s/veic)		Atraso médio (s/veic)		Tempo de vermelho	Tempo de verde		Tempo de ciclo	Fluxos (veic)		Fila (veic)				Nº paragens (veic/h)		
			t1	t2	Δt	E	D	E	D		(G)	(g)		E	D	início de verde		comp. max.	E	D	E	D
31	VA 131	E	11:30:36	11:31:38	00:01:02	42		13,90	10,73	00:00:53			00:01:29	2	2	2	1	2	1	81	103	
	VA 132	D	11:31:18	11:31:38	00:00:20	0																
	VA 133	D	11:31:54	11:32:03	00:00:09	0																
32	VA 134	D	11:32:36	11:32:59	00:00:23	3		13,90	10,73	00:00:45			00:01:18	1	1	1	1	1	1	81	103	
	VA 135	E	11:32:40	11:32:59	00:00:19	0																
33	VA 136	D	11:33:20	11:34:22	00:01:02	42		13,90	10,73	00:00:45			00:01:18	4	4	4	2	4	2	81	103	
	VA 137	E	11:33:22	11:34:17	00:00:55	35																
	VA 138	D	11:33:24	11:34:17	00:00:53	33																
	VA 139	E	11:33:34	11:34:19	00:00:45	25																
	VA 140	E	11:34:00	11:34:24	00:00:24	4																
	VA 141	D	11:34:10	11:34:20	00:00:10	0																
	VA 142	D	11:34:32	11:34:39	00:00:07	0																
34	VA 143	D	11:34:34	11:35:44	00:01:10	50		13,90	10,73	00:00:52			00:01:16							81	103	
	VA 144	E	11:34:50	11:35:42	00:00:52	32																
	VA 145	D	11:35:18	11:35:46	00:00:28	8																
	VA 146	E	11:35:20	11:35:47	00:00:27	7																
35	VA 147	D	11:35:24	11:35:48	00:00:24	4		13,90	10,73	00:00:30			00:01:03							81	103	
	VA 148	E	11:36:14	11:36:36	00:00:22	2																
	VA 149	D	11:36:22	11:36:38	00:00:16	0																
36	VA 150	D	11:36:26	11:36:41	00:00:15	0		13,90	10,73	00:00:46			00:01:19							81	103	
	VA 151	D	11:36:44	11:36:52	00:00:08	0																
	VA 152	D	11:37:06	11:38:01	00:00:55	35																
37	VA 153	E	11:37:30	11:37:56	00:00:26	6		13,90	10,73	00:00:43			00:01:15							81	103	
	VA 154	D	11:37:36	11:38:05	00:00:29	9																
	VA 155	D	11:38:02	11:38:12	00:00:10	0																
38	VA 156	D	11:38:24	11:39:11	00:00:47	27		13,90	10,73	00:00:54			00:01:16							81	103	
	VA 157	D	11:38:30	11:39:14	00:00:44	24																
	VA 158	D	11:38:50	11:39:17	00:00:27	7																
	VA 159	E	11:38:52	11:39:11	00:00:19	0																
	VA 160	D	11:38:54	11:39:18	00:00:24	4																
	VA 161	D	11:39:02	11:39:21	00:00:19	0																
39	VA 162	E	11:39:38	11:40:44	00:01:06	46		13,90	10,73	00:00:41			00:01:14							81	103	
	VA 163	D	11:39:42	11:40:39	00:00:57	37																
	VA 164	D	11:40:26	11:40:41	00:00:15	0																
40	VA 165	D	11:40:32	11:40:44	00:00:12	0		13,90	10,73	00:00:46			00:01:18							81	103	
	VA 166	E	11:41:02	11:41:41	00:00:39	19																
41	VA 167	D	11:41:04	11:41:42	00:00:38	18		13,90	10,73	00:00:54			00:01:18							81	103	
	VA 168	D	11:42:40	11:42:59	00:00:19	18																
	VA 169	D	11:43:34	11:44:25	00:00:51	31																
	VA 170	E	11:43:50	11:44:31	00:00:41	21																
	VA 171	D	11:43:54	11:44:31	00:00:37	17																
42	VA 172	E	11:43:58	11:44:33	00:00:35	15		13,90	10,73	00:00:39			00:01:11							81	103	
	VA 173	D	11:44:44	11:44:52	00:00:08	0																
	VA 174	E	11:44:58	11:45:52	00:00:54	34																
43	VA 175	D	11:45:50	11:46:01	00:00:11	0		13,90	10,73	00:00:52			00:01:15							81	103	
	VA 176	D	11:45:54	11:46:03	00:00:09	0																
	VA 177	E	11:46:48	11:47:08	00:00:20	0																
44	VA 178	D	11:46:54	11:47:07	00:00:13	0		13,90	10,73	00:00:44			00:01:15							81	103	
	VA 179	D	11:47:02	11:47:12	00:00:10	0																
	VA 180	D	11:47:42	11:48:32	00:00:50	30																
45	VA 181	E	11:47:54	11:48:33	00:00:39	19		13,90	10,73	00:00:52			00:01:10							81	103	
	VA 182	D	11:48:18	11:48:35	00:00:17	0																
	VA 183	D	11:48:52	11:49:32	00:00:40	20																
	VA 184	E	11:49:00	11:49:33	00:00:33	13																
	VA 185	D	11:49:02	11:49:34	00:00:32	12																
	VA 186	D	11:49:08	11:49:36	00:00:28	8																
46	VA 187	E	11:49:26	11:49:38	00:00:12	0		13,90	10,73	00:00:52			00:01:15							81	103	
	VA 188	E	11:49:38	11:49:49	00:00:11	0																
47	VA 189	E	11:49:56	11:50:56	00:01:00	40		13,90	10,73	00:00:44			00:01:15							81	103	
	VA 190	E	11:51:14	11:52:05	00:00:51	31																
	VA 191	D	11:51:50	11:52:12	00:00:22	2																
MOT 2	MOT 2	D	11:52:04	11:52:13	00:00:09	0		13,90	10,73	00:00:52			00:01:15							81	103	
	MOT 2	D	11:52:04	11:52:13	00:00:09	0																

Ciclo	Veículo	Lado	Tempo de passagem			Atraso (s/veic)		Atraso médio (s/veic)		Tempo de vermelho	Tempo de verde		Tempo de ciclo	Fluxos (veic)		Fila (veic)				Nº paragens (veic/h)	
						início verde	de				comp. max.										
			t1	t2	Δt	E	D	E	D		(G)	(g)		E	D	E	D	E	D	E	D
48	VA 192	E	11:52:48	11:53:27	00:00:39	19				00:00:52	00:00:29	00:00:29	00:01:16	8	3	4	2	5	2		
	VA 193	D	11:52:54	11:53:28	00:00:34		14														
	VA 194	E	11:52:58	11:53:31	00:00:33	13															
	VA 195	E	11:53:00	11:53:36	00:00:36	16															
	VA 196	D	11:53:02	11:53:31	00:00:29		9														
	VA 197	E	11:53:18	11:53:38	00:00:20	0		00:00:32	00:00:32		00:01:27										
	VA 198	E	11:53:44	11:53:50	00:00:06	0															
49	VA 199	E	11:53:48	11:53:52	00:00:04	0				00:00:53											
	VA 200	E	11:54:42	11:55:00	00:00:18	0															
50	VA 201	D	11:54:48	11:55:01	00:00:13		0				00:00:34	00:00:34	00:01:27								

Nota: Na tabela supra é utilizada a seguinte nomenclatura, MOT para motociclos e VA para veículos automóveis.

A.1.2 VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2 - 2º PERÍODO DE ESTUDO

Ciclo	Veículo	Lado	Tempo de passagem			Atraso (s/veic)		Atraso médio (s/veic)		Tempo de vermelho	Tempo de verde		Tempo ciclo	Fluxos (veic)		Fila (veic)			Nº paragens (veic/h)		
			t1	t2	Δt	E	D	E	D		(G)	(g)		E	D	E	D	E	D	E	D
1	VA 202	D	10:07:22	10:07:59	0:00:37		17	15,67	12,54	0:00:53			0:01:25	2	6	1	2	1	2	116	124
	VA 203	D	10:07:24	10:08:02	0:00:38		18														
	VA 204	D	10:07:52	10:08:06	0:00:14		0														
	VA 205	D	10:07:54	10:08:08	0:00:14		0														
	VA 206	D	10:08:02	10:08:11	0:00:09		0														
	VA 207	D	10:08:06	10:08:14	0:00:08		0														
2	VA 208	D	10:08:20	10:09:27	0:01:07		47			0:00:53			0:01:25	4	2	1	2	1	2		
	VA 209	D	10:08:52	10:09:31	0:00:39		19														
	VA 210	E	10:08:54	10:09:24	0:00:30	10															
	VA 211	E	10:09:18	10:09:29	0:00:11	0															
3	VA 212	E	10:09:40	10:09:49	0:00:09	0				0:00:53			0:01:27	3	4	3	2	3	2		
	VA 213	E	10:09:46	10:09:52	0:00:06	0															
	VA 214	E	10:10:06	10:10:50	0:00:44	24															
	VA 215	E	10:10:18	10:10:54	0:00:36	16															
4	VA 216	D	10:10:26	10:10:51	0:00:25		5			0:00:53			0:01:17	3	4	3	2	3	2		
	VA 217	D	10:10:30	10:10:53	0:00:23		3														
	VA 218	E	10:10:34	10:10:56	0:00:22	2															
	VA 219	D	10:10:46	10:11:01	0:00:15		0														
5	VA 220	D	10:10:48	10:11:06	0:00:18		0			0:00:43			0:01:16	1	5	0	2	0	2		
	VA 221	D	10:10:56	10:11:59	0:01:03		43														
	VA 222	D	10:11:04	10:12:01	0:00:57		37														
	VA 223	D	10:11:48	10:12:03	0:00:15		0														
	VA 224	E	10:11:50	10:12:03	0:00:13	0															
	VA 225	D	10:12:00	10:12:10	0:00:10		0														
6	VA 226	D	10:12:12	10:12:21	0:00:09		0			0:00:53			0:01:26	4	4	2	1	2	1		
	VA 227	E	10:12:54	10:13:24	0:00:30	10															
	VA 228	E	10:12:58	10:13:28	0:00:30	10															
	VA 229	D	10:13:04	10:13:26	0:00:22		2														
	VA 230	D	10:13:14	10:13:28	0:00:14		0														
	VA 231	D	10:13:18	10:13:31	0:00:13		0														
	VA 232	E	10:13:26	10:13:35	0:00:09	0															
	VA 233	E	10:13:36	10:13:43	0:00:07	0															
7	VA 234	D	10:13:44	10:13:53	0:00:09		0	0:00:52			0:01:14	3	5	2	4	3	4				
	VA 235	E	10:14:00	10:14:49	0:00:49	29															
	VA 236	D	10:14:16	10:14:52	0:00:36		16														
	VA 237	E	10:14:28	10:14:53	0:00:25	5															
	VA 238	D	10:14:30	10:14:54	0:00:24		4														
	VA 239	D	10:14:32	10:14:56	0:00:24		4														
8	VA 240	E	10:14:36	10:14:55	0:00:19	0		0:00:53			0:01:25	4	7	4	7	4	7				
	VA 241	D	10:14:48	10:14:58	0:00:10	0															
	VA 242	E	10:15:04	10:16:04	0:01:00	40															
	VA 243	D	10:15:24	10:16:14	0:00:50		30														
	VA 244	D	10:15:26	10:16:16	0:00:50		30														
	VA 245	E	10:15:30	10:16:08	0:00:38	18															
9	VA 246	D	10:15:34	10:16:19	0:00:45		25	0:00:53			0:01:28	1	5	0	3	0	3				
	VA 247	D	10:15:36	10:16:22	0:00:46		26														
	VA 248	D	10:16:46	10:17:28	0:00:42		22														
	VA 249	D	10:16:50	10:17:30	0:00:40		20														
10	VA 250	D	10:17:00	10:17:32	0:00:32		12	0:00:53			0:01:19	5	1	2	0	2	0				
	VA 251	D	10:17:32	10:17:42	0:00:10		0														
	VA 252	D	10:17:46	10:17:53	0:00:07		0														
	VA 253	E	10:19:06	10:19:19	0:00:13	0															
11	VA 254	E	10:19:22	10:20:26	0:01:04		44	0:00:46			0:01:26	10	5	9	4	10	4				
	VA 255	E	10:19:28	10:20:31	0:01:03		43														
	VA 256	E	10:19:30	10:20:34	0:01:04		44														
	VA 257	D	10:19:32	10:20:23	0:00:51		31														
	VA 258	D	10:19:38	10:20:27	0:00:49		29														
	VA 259	E	10:19:40	10:20:37	0:00:57		37														
	VA 260	D	10:19:58	10:20:31	0:00:33		13														
	VA 261	D	10:20:00	10:20:35	0:00:35		15														
12	VA 262	E	10:20:02	10:20:41	0:00:39		19	0:00:52			0:01:17	6	3	3	3	5	3				
	VA 263	E	10:20:22	10:21:43	0:01:21		61														
	VA 264	D	10:21:00	10:21:41	0:00:41		21														
	VA 265	E	10:21:16	10:21:47	0:00:31	11															
13	VA 266	E	10:21:34	10:21:53	0:00:19	0		0:00:54			0:01:26	6	7	4	6	5	6				
	VA 267	E	10:21:48	10:22:02	0:00:14	0															
	VA 268	E	10:22:22	10:23:06	0:00:44	24															
	VA 269	E	10:22:58	10:23:16	0:00:18	0															
14	VA 270	E	10:23:04	10:23:18	0:00:14	0		0:00:54			0:01:26	5	1	2	0	2	0				
	VA 271	D	10:23:12	10:23:23	0:00:11		0														
	VA 272	E	10:23:18	10:23:28	0:00:10	0															
	VA 273	D	10:23:20	10:24:27	0:01:07		47														
	VA 274	D	10:23:38	10:24:33	0:00:55		35														
	VA 275	E	10:23:40	10:24:25	0:00:45	25															
	VA 276	D	10:23:42	10:24:35	0:00:53		33														
	VA 277	D	10:23:52	10:24:36	0:00:44		24														
	VA 278	E	10:23:56	10:24:28	0:00:32	12															
	VA 279	E	10:24:02	10:24:31	0:00:29	9															
15	VA 280	D	10:24:08	10:24:37	0:00:29		9	0:00:54			0:01:26	5	1	2	0	2	0				
	VA 281	E	10:24:12	10:24:41	0:00:29	9															
	VA 282	D	10:24:38	10:24:47	0:00:09		0														
	VA 283	D	10:24:48	10:24:57	0:00:09		0														

Ciclo	Veículo	Lado	Tempo de passagem			Atraso (s/veic)		Atraso médio (s/veic)		Tempo de vermelho	Tempo de verde		Tempo ciclo	Fluxos (veic)		Fila (veic)				Nº paragens (veic/h)	
			t1	t2	Δt	E	D	E	D		(G)	(g)		E	D	início de comp. máx.		E	D	E	D
																E	D				
14	VA 283	D	10:26:02	10:26:14	0:00:12		0			0:00:53				0	3	0	0	0	0		
15	VA 284	D	10:26:24	10:27:17	0:00:53		33			0:00:31	0:00:31	0:01:27									
	VA 285	D	10:26:26	10:27:21	0:00:55		35														
	VA 286	D	10:26:46	10:27:27	0:00:41		21														
	VA 287	D	10:26:48	10:27:30	0:00:42		22														
	VA 288	D	10:26:50	10:27:31	0:00:41		21														
	VA 289	E	10:27:02	10:27:18	0:00:16	0															
	VA 290	E	10:27:04	10:27:21	0:00:17	0															
16	VA 291	D	10:27:10	10:27:34	0:00:24		4			0:00:29	0:00:29	0:01:24									
	VA 292	D	10:28:02	10:28:43	0:00:41		21														
	VA 293	E	10:28:36	10:28:47	0:00:11	0															
17	VA 294	D	10:28:38	10:28:48	0:00:10		0			0:00:20	0:00:20	0:01:17									
	VA 295	D	10:28:50	10:29:02	0:00:12		0														
	VA 296	E	10:29:14	10:29:57	0:00:43	23															
18	VA 297	D	10:29:18	10:30:01	0:00:43		23			0:00:52	0:00:52	0:01:14									
	VA 298	D	10:29:54	10:30:07	0:00:13		0														
	VA 299	D	10:29:56	10:30:08	0:00:12		0														
19	VA 300	E	10:30:44	10:31:14	0:00:30	10				0:00:19	0:00:19	0:01:14									
	VA 301	D	10:30:46	10:31:17	0:00:31		11														
	VA 302	E	10:30:50	10:31:18	0:00:28	8															
	VA 303	D	10:30:52	10:31:19	0:00:27		7														
	VA 304	D	10:30:54	10:31:22	0:00:28		8														
	VA 305	D	10:30:58	10:31:25	0:00:27		7														
	VA 306	E	10:31:08	10:31:20	0:00:12	0															
20	VA 307	D	10:31:24	10:31:33	0:00:09		0			0:00:29	0:00:29	0:01:25									
	VA 308	D	10:31:48	10:32:38	0:00:50		30														
	VA 309	E	10:32:00	10:32:39	0:00:39	19															
	VA 310	E	10:32:02	10:32:41	0:00:39	19															
	VA 311	E	10:32:06	10:32:44	0:00:38	18															
	VA 312	D	10:32:38	10:32:48	0:00:10		0														
	VA 313	D	10:32:40	10:32:50	0:00:10		0														
21	VA 314	D	10:32:50	10:32:58	0:00:08		0			0:00:30	0:00:30	0:01:26									
	VA 315	D	10:33:14	10:34:04	0:00:50		30														
	VA 316	D	10:33:24	10:34:07	0:00:43		23														
	VA 317	D	10:33:28	10:34:10	0:00:42		22														
	VA 318	D	10:33:46	10:34:12	0:00:26		6														
	VA 319	E	10:33:48	10:34:03	0:00:15	0															
	VA 320	E	10:34:08	10:34:22	0:00:14	0															
22	VA 321	E	10:34:10	10:34:24	0:00:14	0			0:00:30	0:00:30	0:01:26										
	VA 322	D	10:34:14	10:34:24	0:00:10		0														
	VA 323	D	10:34:38	10:35:04	0:00:26		6														
23	VA 324	D	10:34:52	10:35:07	0:00:15		0		0:00:28	0:00:28	0:01:25										
	VA 325	D	10:34:54	10:35:10	0:00:16		0														
	VA 326	E	10:35:32	10:36:13	0:00:41	21															
24	VA 327	D	10:35:34	10:36:09	0:00:35		15			0:00:19	0:00:19	0:00:50									
	VA 328	D	10:35:52	10:36:12	0:00:20		0														
	VA 329	D	10:35:56	10:36:15	0:00:19		0														
	VA 330	D	10:36:00	10:36:18	0:00:18		0														
	VA 331	E	10:36:02	10:36:15	0:00:13	0															
	VA 332	E	10:36:12	10:36:22	0:00:10	0															
	VA 333	D	10:36:14	10:36:23	0:00:09		0														
25	VA 334	D	10:36:16	10:36:27	0:00:11		0		0:00:30	0:00:30	0:01:15										
	VA 335	D	10:36:18	10:36:30	0:00:12		0														
	VA 336	E	10:36:22	10:36:32	0:00:10	0															
	VA 337	D	10:36:30	10:37:19	0:00:49		29														
	VA 338	D	10:37:08	10:37:24	0:00:16		0														
	VA 339	E	10:37:56	10:38:45	0:00:49		29														
	VA 340	E	10:38:02	10:38:48	0:00:46		26														
26	VA 341	D	10:38:08	10:38:45	0:00:37		17		0:00:30	0:00:30	0:01:11										
	VA 342	E	10:38:12	10:38:51	0:00:39		19														
	VA 343	E	10:38:14	10:38:53	0:00:39		19														
	VA 344	E	10:38:16	10:38:55	0:00:39		19														
	VA 345	E	10:38:36	10:38:57	0:00:21		1														
	VA 346	D	10:38:40	10:38:52	0:00:12		0														
	VA 347	D	10:38:46	10:38:55	0:00:09		0														
27	VA 348	D	10:38:54	10:39:03	0:00:09		0		0:00:29	0:00:29	0:01:24										
	VA 349	E	10:39:22	10:40:14	0:00:52		32														
	VA 350	D	10:39:28	10:40:11	0:00:43		23														
	VA 351	D	10:39:30	10:40:14	0:00:44		24														
	VA 352	D	10:39:34	10:40:17	0:00:43		23														
	VA 353	D	10:39:50	10:40:23	0:00:33		13														
	VA 354	D	10:39:56	10:40:27	0:00:31		11														
28	VA 355	D	10:39:58	10:40:28	0:00:30		10		0:00:53	0:00:53	0:01:24										
	VA 356	E	10:40:14	10:40:21	0:00:07		0														

Ciclo	Veículo	Lado	Tempo de passagem			Atraso (s/veic)		Atraso médio (s/veic)		Tempo de vermelho	Tempo de verde		Tempo ciclo	Fluxos (veic)		Fila (veic)				Nº paragens (veic/h)		
			t1	t2	Δt	E	D	E	D		(G)	(g)		E	D	início de comp. máx.		E	D	E	D	
26	VA 357	D	10:40:36	10:41:36	0:01:00		40			0:00:52	00:00:32	00:00:32	00:01:28	3	12	2	8	2	8			
	VA 358	D	10:40:40	10:41:41	0:01:01		41															
	VA 359	D	10:40:42	10:41:44	0:01:02		42															
	VA 360	D	10:40:46	10:41:46	0:01:00		40															
	VA 361	E	10:40:48	10:41:36	0:00:48	28																
	VA 362	D	10:41:02	10:41:50	0:00:48		28															
	VA 363	E	10:41:16	10:41:40	0:00:24	4					0:00:35	0:00:35	0:01:30									
	VA 364	D	10:41:20	10:41:52	0:00:32		12															
	VA 365	D	10:41:38	10:42:02	0:00:24		4															
	VA 366	D	10:41:48	10:42:05	0:00:17		0															
	VA 367	E	10:41:52	10:42:03	0:00:11	0																
	VA 368	D	10:41:54	10:42:07	0:00:13		0															
27	VA 369	D	10:42:34	10:43:12	0:00:38		18			0:00:53				0	2	0	2	0	2			
28	VA 370	D	10:43:20	10:44:26	0:01:06		46			0:00:53	0:00:20	0:00:20	0:01:16	2	4	1	3	1	3			
	VA 371	D	10:43:22	10:44:28	0:01:06		46															
	VA 372	E	10:43:50	10:44:25	0:00:35	15																
	VA 373	D	10:43:54	10:44:31	0:00:37		17															
29	VA 374	E	10:44:34	10:44:43	0:00:09	0				0:00:53	0:00:30	0:00:30	0:01:26	0	7	0	1	0	1			
	VA 375	D	10:45:08	10:45:49	0:00:41		21															
	VA 376	D	10:45:50	10:46:01	0:00:11		0															
	VA 377	D	10:45:52	10:46:05	0:00:13		0															
	VA 378	D	10:45:56	10:46:08	0:00:12		0															
	VA 379	D	10:46:00	10:46:11	0:00:11		0															
	MOT 3	D	10:46:02	10:46:12	0:00:10		0															
	VA 380	D	10:46:04	10:46:16	0:00:12		0															
30	VA 381	D	10:46:16	10:47:06	0:00:50		30			0:00:40	0:00:33	0:00:33	0:01:29	2	5	1	4	1	4			
	VA 382	E	10:46:18	10:46:36	0:00:18	0																
	VA 383	D	10:46:26	10:47:12	0:00:46		26															
	VA 384	D	10:46:50	10:47:15	0:00:25		5															
	VA 385	E	10:47:06	10:47:17	0:00:11	0																
	VA 386	D	10:47:08	10:47:17	0:00:09		0															
31	VA 387	D	10:47:14	10:48:22	0:01:08		48			0:00:53	0:00:19	0:00:19	0:01:02									
	VA 388	D	10:47:48	10:48:25	0:00:37		17															
	VA 389	E	10:47:58	10:48:22	0:00:24	4																
	VA 390	E	10:48:00	10:48:25	0:00:25	5																
	VA 391	D	10:48:12	10:48:27	0:00:15		0															
	VA 392	D	10:48:20	10:48:32	0:00:12		0															
	VA 393	D	10:48:24	10:48:35	0:00:11		0															
	VA 394	D	10:48:34	10:48:44	0:00:10		0															
	VA 395	D	10:48:42	10:48:48	0:00:06		0															
	32	VA 396	D	10:48:56	10:49:48	0:00:52		32														
VA 397		D	10:49:00	10:49:50	0:00:50		30															
VA 398		D	10:49:12	10:49:53	0:00:41		21															
33	VA 399	E	10:50:20	10:51:09	0:00:49	29				0:00:49	0:00:30	0:00:30	0:01:26	2	3	2	2	2	2			
	VA 400	E	10:50:26	10:51:12	0:00:46	26																
	VA 401	D	10:50:38	10:51:09	0:00:31		11															
34	VA 402	D	10:50:46	10:51:14	0:00:28		8			0:00:53	0:00:30	0:00:30	0:01:22	3	5	2	1	2	1			
	VA 403	E	10:52:04	10:52:35	0:00:31	11																
	VA 404	D	10:52:08	10:52:35	0:00:27		7															
	VA 405	E	10:52:10	10:52:37	0:00:27	7																
	VA 406	E	10:52:14	10:52:41	0:00:27	7																
	VA 407	D	10:52:18	10:52:37	0:00:19		0															
	VA 408	D	10:52:26	10:52:41	0:00:15		0															
	VA 409	D	10:52:30	10:52:44	0:00:14		0															
35	VA 410	D	10:52:32	10:52:45	0:00:13		0			0:00:33	0:00:31	0:00:31	0:01:07	0	4	0	0	0	0			
	VA 411	D	10:53:30	10:53:41	0:00:11		0															
	VA 412	D	10:53:36	10:53:48	0:00:12		0															
	VA 413	D	10:53:40	10:53:49	0:00:09		0															
36	VA 414	D	10:53:44	10:53:55	0:00:11		0			0:00:53	0:00:29	0:00:29	0:01:25	1	6	1	5	1	5			
	VA 415	D	10:54:08	10:54:59	0:00:51	31																
	VA 416	D	10:54:32	10:55:02	0:00:30		10															
	VA 417	D	10:55:16	10:55:26	0:00:10		0															
37	VA 418	E	10:55:34	10:56:21	0:00:47	27				0:00:52	0:00:30	0:00:30	0:01:25	3	3	1	1	2	1			
	VA 419	D	10:55:36	10:56:21	0:00:45	25																
	VA 420	D	10:55:40	10:56:24	0:00:44	24																
	VA 421	D	10:55:46	10:56:26	0:00:40	20																
	VA 422	D	10:55:52	10:56:28	0:00:36	16																
	VA 423	D	10:56:00	10:56:31	0:00:31	11																
	VA 424	D	10:56:40	10:56:50	0:00:10		0															
38	VA 425	D	10:57:16	10:57:47	0:00:31	11				0:00:53	0:00:30	0:00:30	0:01:26	3	3	1	1	2	1			
	VA 426	E	10:57:30	10:57:52	0:00:22	2																
	VA 427	E	10:57:34	10:57:55	0:00:21	1																
	VA 428	E	10:58:00	10:58:08	0:00:08	0																
	VA 429	D	10:58:02	10:58:11	0:00:09		0															

Ciclo	Veículo	Lado	Tempo de passagem			Atraso (s/veic)		Atraso médio (s/veic)		Tempo de vermelho	Tempo de verde		Tempo ciclo	Fluxos (veic)		Fila (veic)				Nº paragens (veic/h)	
			t1	t2	Δt	E	D	E	D		(G)	(g)		E	D	E	D	E	D	E	D
39	VA 430	D	10:58:36	10:59:18	0:00:42		22			0:00:53			0:01:25	1	5	0	2	0	2		
	VA 431	D	10:59:08	10:59:22	0:00:14		0														
	VA 432	E	10:59:20	10:59:28	0:00:08	0															
	VA 433	D	10:59:22	10:59:29	0:00:07		0														
	VA 434	D	10:59:24	10:59:32	0:00:08		0				0:00:29	0:00:29									
40	VA 435	D	10:59:22	10:59:26	0:00:04		0			0:00:38			0:01:10	2	4	0	2	0	3		
	VA 436	D	11:00:12	11:00:29	0:00:17		0														
	VA 437	E	11:00:20	11:00:29	0:00:09	0					0:00:29	0:00:29									
41	VA 438	D	11:00:30	11:00:40	0:00:10		0			0:00:53			0:01:16	3	1	2	1	2	1		
	VA 439	E	11:01:20	11:01:49	0:00:29	9															
	VA 440	D	11:01:30	11:01:53	0:00:23		3														
42	VA 441	D	11:02:32	11:03:01	0:00:29		9			0:00:50			0:01:24	2	3	0	1	0	1		
	VA 442	E	11:03:00	11:03:10	0:00:10	0															
	VA 443	E	11:03:02	11:03:12	0:00:10	0															
	VA 444	D	11:03:16	11:03:26	0:00:10		0														
43	VA 445	D	11:03:30	11:04:28	0:00:58		38			0:00:51			0:01:23	3	5	3	3	3	3	46	136
	VA 446	D	11:03:34	11:04:31	0:00:57		37														
	VA 447	E	11:03:36	11:04:26	0:00:50	30															
	VA 448	E	11:03:38	11:04:29	0:00:51	31															
	VA 449	E	11:04:12	11:04:31	0:00:19	0															
	VA 450	D	11:04:38	11:04:46	0:00:08		0														
44	VA 374	D	11:04:50	11:05:52	0:01:02		42			0:00:53			0:01:28	2	6	1	5	1	6		
	VA 375	D	11:04:50	11:05:54	0:01:04		44														
	VA 376	D	11:05:12	11:05:57	0:00:45		25														
	VA 377	D	11:05:16	11:06:00	0:00:44		24														
	VA 378	D	11:05:28	11:06:03	0:00:35		15														
	VA 379	E	11:05:36	11:05:55	0:00:19	0															
45	VA 380	D	11:06:24	11:07:24	0:01:00		40			0:00:53			0:01:28	2	9	1	8	1	8		
	VA 381	D	11:06:26	11:07:27	0:01:01		41														
	VA 382	D	11:06:36	11:07:29	0:00:53		33														
	VA 383	D	11:06:38	11:07:33	0:00:55		35														
	VA 384	D	11:06:40	11:07:35	0:00:55		35														
	VA 385	D	11:06:46	11:07:38	0:00:52		32														
	VA 386	D	11:06:48	11:07:40	0:00:52		32														
	VA 387	D	11:07:02	11:07:43	0:00:41		21														
	VA 388	E	11:07:04	11:07:21	0:00:17	0					0:00:32	0:00:32									
	VA 389	D	11:07:38	11:07:51	0:00:13		0														
46	VA 390	D	11:08:14	11:08:51	0:00:37		17			0:00:54			0:01:30	3	3	2	2	2	2		
	VA 391	D	11:08:16	11:08:54	0:00:38		18														
	VA 392	E	11:08:32	11:08:51	0:00:19	0															
	VA 393	D	11:09:04	11:09:11	0:00:07		0														
47	VA 394	D	11:09:28	11:10:18	0:00:50		30			0:00:53			0:01:29	2	6	1	3	1	3		
	VA 395	D	11:09:30	11:10:21	0:00:51		31														
	VA 396	E	11:09:40	11:10:19	0:00:39	19															
	VA 397	D	11:09:56	11:10:23	0:00:27		7														
	VA 398	D	11:10:16	11:10:26	0:00:10		0														
	VA 399	E	11:10:26	11:10:33	0:00:07	0															
	VA 400	D	11:10:28	11:10:34	0:00:06		0				0:00:33	0:00:33									
	VA 401	D	11:10:36	11:10:44	0:00:08		0														
48																					

Nota: Na tabela supra é utilizada a seguinte nomenclatura, MOT para motociclos e VA para veículos automóveis.

A.1.3. RUA DR. ROBERTO FRIAS - 1º PERÍODO DE ESTUDO

Ciclo	Veículo	Lado			Tempo de passagem			Atraso (s/veic)		Atraso médio (s/veic)		Tempo de vermelho	Tempo de verde		Tempo ciclo	Fluxos			Filas			Nº paragens (veic/h)									
		E	DF	DD	t1	t2	Δt	E	D	E	D		(G)	(g)		E	DF	DD	início de comp. máx.												
																			E	D	E			D	E	D					
1	VA 451	x			15:03:02	15:03:33	0:00:31	11				00:00:26				17	9	3	9	5	13	6									
	VA 452		x		15:03:10	15:03:28	0:00:18	0																							
	VA 453			x	15:03:14	15:03:32	0:00:18	0																							
	VA 454		x		15:03:22	15:03:33	0:00:11	0																							
	VA 455		x		15:03:28	15:03:39	0:00:11	0																							
	VA 456			x	15:03:28	15:03:41	0:00:13	0																							
	VA 457			x	15:03:32	15:03:45	0:00:13	0																							
	VA 458			x	15:03:38	15:03:48	0:00:10	0																							
	VA 459			x	15:03:42	15:03:51	0:00:09	0																							
2	VA 460		x		15:03:50	15:04:39	0:00:49	29				00:00:52	00:00:52	00:01:18																	
	VA 461		x		15:03:56	15:04:45	0:00:49	29																							
	VA 462			x	15:04:00	15:04:52	0:00:52	32																							
	VA 463		x		15:04:02	15:04:48	0:00:46	26																							
	VA 464	x			15:04:02	15:04:45	0:00:43	23																							
	VA 465			x	15:04:04	15:04:50	0:00:46	26																							
	VA 466	x			15:04:08	15:04:54	0:00:46	26																							
	VA 467			x	15:04:16	15:04:56	0:00:40	20																							
	VA 468		x		15:04:18	15:04:58	0:00:40	20																							
	VA 469			x	15:04:20	15:05:01	0:00:41	21																							
	VA 470		x		15:04:24	15:05:02	0:00:38	18																							
	3	VA 471	x			15:04:26	15:04:57	0:00:31	11													00:00:39			16	11	5	10	10	13	15
		VA 472	x			15:04:30	15:05:00	0:00:30	10																						
		VA 473		x		15:04:36	15:05:04	0:00:28	8																						
		VA 474		x		15:04:38	15:05:06	0:00:28	8																						
		VA 475		x		15:04:40	15:05:08	0:00:28	8																						
		VA 476	x			15:04:40	15:05:06	0:00:26	6																						
		VA 477		x		15:04:50	15:05:11	0:00:21	1																						
VA 478			x		15:04:54	15:05:12	0:00:18	0																							
VA 479		x			15:04:54	15:05:15	0:00:21	1																							
VA 480				x	15:04:58	15:05:22	0:00:24	4																							
VA 481		x			15:05:04	15:05:20	0:00:16	0																							
4		VA 482	x			15:05:10	15:05:58	0:00:48	28				00:00:52	00:00:52	00:01:31																
		VA 483			x	15:05:12	15:06:02	0:00:50	30																						
		VA 484	x			15:05:16	15:06:06	0:00:50	30																						
		VA 485			x	15:05:20	15:06:06	0:00:46	26																						
		VA 486	x			15:05:24	15:06:11	0:00:47	27																						
		VA 487		x		15:05:24	15:06:07	0:00:43	23																						
		VA 488		x		15:05:30	15:06:11	0:00:41	21																						
	VA 489	x			15:05:32	15:06:14	0:00:42	22																							
	VA 490			x	15:05:32	15:06:13	0:00:41	21																							
	VA 491	x			15:05:36	15:06:16	0:00:40	20																							
	VA 492		x		15:05:40	15:06:14	0:00:34	14																							
	VA 493			x	15:05:52	15:06:21	0:00:29	9																							
	5	VA 494	x			15:05:54	15:06:21	0:00:27	7													00:00:51	00:00:51	00:01:26							
		VA 495		x		15:05:58	15:06:23	0:00:25	5																						
		VA 496		x		15:06:02	15:06:25	0:00:23	3																						
		VA 497			x	15:06:06	15:06:27	0:00:21	1																						
		VA 498		x		15:06:12	15:06:31	0:00:19	0																						
		VA 499		x		15:06:28	15:06:40	0:00:12	0																						
VA 500				x	15:06:36	15:06:50	0:00:14	0																							
VA 501			x		15:06:42	15:07:17	0:00:35	15																							
VA 502				x	15:06:44	15:07:20	0:00:36	16																							
VA 503		x			15:06:48	15:07:19	0:00:31	11																							
VA 504				x	15:06:52	15:07:26	0:00:34	14																							
VA 505		x			15:06:56	15:07:20	0:00:24	4																							
VA 506		x			15:06:58	15:07:23	0:00:25	5																							
VA 507			x		15:06:58	15:07:28	0:00:30	10																							
VA 508			x		15:07:02	15:07:28	0:00:26	6																							
VA 509				x	15:07:06	15:07:30	0:00:24	4																							
6		VA 510	x			15:07:08	15:07:29	0:00:21	1				00:00:24			9	10	6	7	6	7										6
		VA 511		x		15:07:10	15:07:32	0:00:22	2																						
	VA 512			x	15:07:14	15:07:32	0:00:18	0																							
	VA 513			x	15:07:16	15:07:34	0:00:18	0																							
	VA 514		x		15:07:18	15:07:36	0:00:18	0																							
	VA 515		x		15:07:22	15:07:39	0:00:17	0																							
	VA 516		x		15:07:26	15:07:39	0:00:13	0																							
	VA 517			x	15:07:28	15:07:44	0:00:16	0																							
	VA 518			x	15:07:38	15:07:52	0:00:14	0																							
	VA 519			x	15:07:40	15:07:54	0:00:14	0																							
	VA 520			x	15:07:44	15:08:00	0:00:16	0																							
	VA 521			x	15:07:46	15:08:37	0:00:51	31																							
	VA 522			x	15:07:50	15:08:39	0:00:49	29																							
	VA 523		x		15:07:50	15:08:39	0:00:49	29																							
	VA 524			x	15:07:54	15:08:44	0:00:50	30																							
	VA 525		x		15:08:00	15:08:49	0:00:49	29																							
	7	VA 526	x			15:08:00	15:08:43	0:00:43	23													00:00:47	00:00:47	00:01:11							
		VA 527	x			15:08:04	15:08:47	0:00:43	23																						
VA 528			x		15:08:10	15:08:51	0:00:41	21																							
VA 529				x	15:08:18	15:08:52	0:00:34	14																							
VA 530				x	15:08:20	15:08:55	0:00:35	15																							
VA 531				x	15:08:20	15:08:57	0:00:37	17																							
VA 532		x			15:08:32	15:08:52	0:00:20	0																							
VA 533		x			15:08:34	15:08:54	0:00:20	0																							
VA 534				x	15:08:36	15:08:59	0:00:23	3																							
VA 535			x		15:08:42	15:09:03	0:00:21	1																							
VA 536			x		15:08:50	15:09:00	0:00:10	0																							
VA 537				x	15:08:52	15:09:07	0:00:15	0																							
VA 538				x	15:09:00	15:09:14	0:00:14	0																							
VA 539				x	15:09:04	15:09:17	0:00:13	0																							
VA 540				x	15:09:06	15:09:19	0:00:13	0																							
VA 541			x		15:09:08	15:09:20	0:00:12	0				00:00:51	00:00:51	00:01:23																	

Ciclo	Veículo	Lado			Tempo de passagem			Atraso (s/veic)		Atraso médio (s/veic)		Tempo de vermelho	Tempo de verde		Tempo ciclo	Fluxos			Filas				Nº paragens (veic/h)		
		E	DF	DD	t1	t2	Δt	E	D	E	D		(g)	(g)		E	DF	DD	início verde	de	comp. máx.	E	D	E	D
6	VA 542	x			15:09:14	15:10:03	0:00:49	29		9,42	12,56	00:00:35			11	9	7	7	8	7	10	348	388		
	VA 543			x	15:09:16	15:10:03	0:00:47	27																	
	VA 544	x			15:09:18	15:10:07	0:00:49	29																	
	VA 545			x	15:09:20	15:10:03	0:00:43	23																	
	VA 546		x		15:09:22	15:10:00	0:00:38	18																	
	VA 547		x		15:09:24	15:10:06	0:00:42	22																	
	VA 548			x	15:09:28	15:10:08	0:00:40	20																	
	VA 549	x			15:09:30	15:10:09	0:00:39	19																	
	VA 550	x			15:09:46	15:10:11	0:00:25	5																	
	VA 551		x		15:09:48	15:10:14	0:00:26	6																	
	VA 552		x		15:09:52	15:10:17	0:00:25	5																	
	VA 553	x			15:09:58	15:10:17	0:00:19	0																	
	VA 554	x			15:10:02	15:10:20	0:00:18	0																	
	VA 555	x			15:10:04	15:10:21	0:00:17	0																	
	VA 556		x		15:10:10	15:10:25	0:00:15	0																	
	VA 557			x	15:10:16	15:10:30	0:00:14	0																	
	VA 558			x	15:10:18	15:10:32	0:00:14	0																	
	VA 559		x		15:10:22	15:10:35	0:00:13	0																	
	7	VA 560	x			15:10:24	15:11:21	0:00:57	37				00:00:34	00:00:45	00:01:19										
VA 561				x	15:10:28	15:11:21	0:00:53	33																	
VA 562		x			15:10:28	15:11:25	0:00:57	37																	
VA 563			x		15:10:32	15:11:23	0:00:51	31																	
VA 564				x	15:10:44	15:11:25	0:00:41	21																	
VA 565			x		15:10:46	15:11:34	0:00:48	28																	
VA 566		x			15:10:50	15:11:36	0:00:46	26																	
VA 567				x	15:10:54	15:11:39	0:00:45	25																	
VA 568			x		15:10:56	15:11:43	0:00:47	27																	
VA 569				x	15:11:00	15:11:46	0:00:46	26																	
VA 570				x	15:11:28	15:11:49	0:00:21	1																	
VA 571			x		15:11:30	15:11:50	0:00:20	0																	
VA 572				x	15:11:34	15:11:53	0:00:19	0																	
VA 573		x			15:11:36	15:11:53	0:00:17	0																	
VA 574		x			15:11:38	15:11:51	0:00:13	0																	
VA 575		x			15:11:40	15:11:54	0:00:14	0																	
VA 576			x		15:11:44	15:12:00	0:00:16	0																	
VA 577		x			15:11:48	15:11:58	0:00:10	0																	
8		VA 578		x		15:12:02	15:12:51	0:00:49	29		00:00:51	00:00:51			00:01:25										
	VA 579	x			15:12:06	15:12:48	0:00:42	22																	
	VA 580		x		15:12:16	15:13:02	0:00:46	26																	
	VA 581	x			15:12:20	15:12:55	0:00:35	15																	
	VA 582			x	15:12:22	15:13:04	0:00:42	22																	
	VA 583		x		15:12:26	15:13:08	0:00:42	22																	
	VA 584			x	15:12:26	15:13:06	0:00:40	20																	
	VA 585		x		15:12:28	15:13:10	0:00:42	22																	
	VA 586			x	15:12:30	15:13:12	0:00:42	22																	
	VA 587		x		15:12:40	15:13:18	0:00:38	18																	
	VA 588	x			15:12:46	15:13:11	0:00:25	5																	
	VA 589	x			15:12:54	15:13:14	0:00:20	0																	
	VA 590	x			15:12:58	15:13:17	0:00:19	0																	
	VA 591			x	15:13:02	15:13:23	0:00:21	1																	
	VA 592			x	15:13:06	15:13:26	0:00:20	0																	
	VA 593	x			15:13:08	15:13:25	0:00:17	0																	
	VA 594		x		15:13:10	15:13:27	0:00:17	0																	
	VA 595	x			15:13:16	15:13:32	0:00:16	0																	
	VA 596		x		15:13:18	15:13:32	0:00:14	0																	
9	VA 597	x			15:13:26	15:14:10	0:00:44	24		00:00:52	00:00:52	00:01:26													
	VA 598		x		15:13:30	15:14:14	0:00:44	24																	
	VA 599			x	15:13:36	15:14:19	0:00:43	23																	
	VA 600	x			15:13:38	15:14:14	0:00:36	16																	
	VA 601		x		15:13:42	15:14:21	0:00:39	19																	
	VA 602			x	15:13:44	15:14:22	0:00:38	18																	
	VA 603	x			15:13:46	15:14:14	0:00:28	8																	
	VA 604			x	15:13:50	15:14:26	0:00:36	16																	
	VA 605	x			15:13:50	15:14:21	0:00:31	11																	
	VA 606		x		15:13:56	15:14:27	0:00:31	11																	
	VA 607			x	15:14:00	15:14:31	0:00:31	11																	
	VA 608			x	15:14:04	15:14:34	0:00:30	10																	
	VA 609	x			15:14:12	15:14:30	0:00:18	0																	
	VA 610	x			15:14:16	15:14:31	0:00:15	0																	
	VA 611		x		15:14:20	15:14:35	0:00:15	0																	
	VA 612		x		15:14:20	15:15:17	0:00:57	37																	
	VA 613	x			15:14:44	15:15:20	0:00:36	16																	
	VA 614		x		15:14:50	15:15:22	0:00:32	12																	
	VA 615		x		15:14:52	15:15:24	0:00:32	12																	
10	VA 616	x			15:14:56	15:15:24	0:00:28	8		00:00:40	00:00:40	00:01:16													
	VA 617		x		15:14:58	15:15:30	0:00:32	12																	
	VA 618		x		15:15:02	15:15:34	0:00:32	12																	
	VA 619	x			15:15:12	15:15:30	0:00:18	0																	
	VA 620	x			15:15:12	15:15:27	0:00:15	0																	
	VA 621			x	15:15:16	15:15:38	0:00:22	2																	
	VA 622	x			15:15:20	15:15:34	0:00:14	0																	
	VA 623	x			15:15:24	15:15:36	0:00:12	0																	
	VA 624	x			15:15:26	15:15:42	0:00:16	0																	
	VA 625	x			15:15:34	15:15:47	0:00:13	0																	
	VA 626	x			15:15:36	15:15:50	0:00:14	0																	
	VA 627	x			15:15:38	15:15:53	0:00:15	0																	
	VA 628	x			15:15:42	15:15:55	0:00:13	0																	
	VA 629	x			15:15:44	15:15:59	0:00:15	0																	
	11	VA 630				15:15:54	15:16:22	0:00:28	28				00:00:51	00:00:51	00:01:15										
		VA 631				15:15:58	15:16:26	0:00:28	28																
		VA 632				15:16:02	15:16:30	0:00:28	28																
		VA 633				15:16:06	15:16:34	0:00:28	28																
		VA 634				15:16:10	15:16:38	0:00:28	28																
VA 635					15:16:14	15:16:42	0:00:28	28																	
VA 636					15:16:18	15:16:46	0:00:28	28																	
VA 637					15:16:22	15:16:50	0:00:28	28																	
VA 638					15:16:26	15:16:54	0:00:28	28																	
VA 639					15:16:30	15:16:58	0:00:28	28																	
VA 640					15:16:34	15:17:02	0:00:28	28																	
VA 641					15:16:38	15:17:06	0:00:28	28																	
VA 642					15:16:42	15:17:10	0:00:28	28																	
VA 643					15:16:46	15:17:14	0:00:28	28																	
VA 644					15:16:50	15:17:18	0:00:28	28																	
VA 645					15:16:54	15:17:22	0:00:28	28																	
VA 646					15:16:58	15:17:26	0:00:28	28																	

Ciclo	Veículo	Lado			Tempo de passagem			Atraso (s/veic)		Atraso médio (s/veic)		Tempo de vermelho	Tempo de verde		Tempo ciclo	Fluxos			Filas			Nº paragens (veic/h)		
																			início verde	de	comp. máx.			
		E	DF	DD	t1	t2	Δt	E	D	E	D		(G)	(g)		E	DF	DD	E	D	E	D	E	D
11	VA 630			x	15:15:46	15:16:45	0:00:59		39			00:00:34			6	4	4	4	4	4	5			
	VA 631			x	15:15:52	15:16:48	0:00:56		36															
	VA 632		x		15:15:56	15:16:50	0:00:54		34															
	VA 633		x		15:16:10	15:16:52	0:00:42		22															
	VA 634	x			15:16:14	15:16:44	0:00:30	10																
	VA 635	x			15:16:22	15:16:47	0:00:25	5																
	VA 636	x			15:16:24	15:16:50	0:00:26	6																
	VA 637			x	15:16:28	15:16:55	0:00:27		7															
	VA 638		x		15:16:32	15:16:56	0:00:24		4															
	VA 639	x			15:16:42	15:16:55	0:00:13	0																
	VA 640		x		15:16:56	15:17:06	0:00:10		0															
12	VA 641			x	15:17:02	15:17:15	0:00:13		0			00:00:37			17	10	4	8	8	11	8			
	VA 642	x			15:17:20	15:18:03	0:00:43	23																
	VA 643	x			15:17:24	15:18:05	0:00:41	21																
	VA 644		x		15:17:26	15:18:05	0:00:39		19															
	VA 645			x	15:17:30	15:18:08	0:00:38		18															
	VA 646	x			15:17:32	15:18:11	0:00:39		19															
	VA 647	x			15:17:36	15:18:12	0:00:36		16															
	VA 648		x		15:17:38	15:18:15	0:00:37		17															
	VA 649	x			15:17:40	15:18:15	0:00:35		15															
	VA 650	x			15:17:42	15:18:16	0:00:34		14															
	VA 651		x		15:17:44	15:18:17	0:00:33		13															
13	VA 652			x	15:17:48	15:18:21	0:00:33		13			00:00:35			11	9	4	6	5	8	5			
	VA 653	x			15:17:50	15:18:20	0:00:30	10																
	VA 654		x		15:17:52	15:18:22	0:00:30		10															
	VA 655	x			15:17:56	15:18:23	0:00:27	7																
	VA 656	x			15:17:58	15:18:25	0:00:27	7																
	VA 657			x	15:18:06	15:18:25	0:00:19		0															
	VA 658		x		15:18:08	15:18:27	0:00:19		0															
	VA 659	x			15:18:16	15:18:31	0:00:15	0																
	VA 660		x		15:18:18	15:18:31	0:00:13		0															
	VA 661	x			15:18:26	15:18:37	0:00:11	0																
	VA 662			x	15:18:34	15:18:50	0:00:16		0															
14	VA 663	x			15:18:38	15:19:29	0:00:51	31				00:00:41	00:00:41	00:01:16										
	VA 664	x			15:18:58	15:19:30	0:00:32	12																
	VA 665		x		15:19:02	15:19:39	0:00:37		17															
	VA 666	x			15:19:16	15:19:45	0:00:29	9																
	VA 667		x		15:19:22	15:19:44	0:00:22		2															
	VA 668			x	15:19:26	15:19:47	0:00:21		1															
	VA 669		x		15:19:30	15:19:49	0:00:19		0															
	VA 670			x	15:19:34	15:19:53	0:00:19		0															
	VA 671			x	15:19:36	15:19:56	0:00:20		0															
	VA 672	x			15:19:50	15:20:46	0:00:56	36																
	VA 673			x	15:19:54	15:20:46	0:00:52		32															
15	VA 674			x	15:19:56	15:20:49	0:00:53		33			00:00:51	00:00:51	00:01:25										
	VA 675	x			15:19:58	15:20:48	0:00:50	30																
	VA 676		x		15:19:58	15:20:51	0:00:53		33															
	VA 677		x		15:20:04	15:20:56	0:00:52		32															
	VA 678		x		15:20:10	15:20:58	0:00:48		28															
	VA 679			x	15:20:12	15:21:01	0:00:49		29															
	VA 680			x	15:20:14	15:21:04	0:00:50		30															
	VA 681		x		15:20:18	15:21:05	0:00:47		27															
	VA 682	x			15:20:22	15:20:59	0:00:37		17															
	VA 683	x			15:20:32	15:21:03	0:00:31		11															
	VA 684	x			15:20:36	15:21:04	0:00:28		8															
16	VA 685		x		15:20:38	15:21:07	0:00:29		9			00:00:41	00:00:41	00:01:16										
	VA 686		x		15:20:42	15:21:04	0:00:22		2															
	VA 687		x		15:20:52	15:21:11	0:00:19		0															
	VA 688		x		15:20:54	15:21:12	0:00:18		0															
	VA 689	x			15:21:00	15:21:13	0:00:13	0																
	VA 690		x		15:21:06	15:21:19	0:00:13		0															
	VA 691			x	15:21:10	15:21:22	0:00:12		0															
	VA 692	x			15:21:16	15:21:27	0:00:11	0																
	VA 693			x	15:21:22	15:22:11	0:00:49		29															
	VA 694		x		15:21:28	15:22:14	0:00:46		26															
	VA 695	x			15:21:30	15:22:14	0:00:44		24															
17	VA 696	x			15:21:34	15:22:18	0:00:44		24			00:00:52	00:00:52	00:01:25										
	VA 697			x	15:21:36	15:22:17	0:00:41		21															
	VA 698	x			15:21:44	15:22:21	0:00:37		17															
	VA 699			x	15:21:44	15:22:19	0:00:35		15															
	VA 700		x		15:21:52	15:22:22	0:00:30		10															
	VA 701			x	15:21:54	15:22:26	0:00:32		12															
	VA 702			x	15:21:56	15:22:28	0:00:32		12															
	VA 703		x		15:22:08	15:22:30	0:00:22		2															
	VA 704	x			15:22:10	15:22:26	0:00:16	0																
	VA 705	x			15:22:12	15:22:27	0:00:15	0																
	VA 706		x		15:22:20	15:22:35	0:00:15		0															

Ciclo	Veículo	Lado			Tempo de passagem			Atraso (s/veic)		Atraso médio (s/veic)		Tempo de vermelho	Tempo de verde		Tempo ciclo	Fluxos			Filas				Nº paragens (veic/h)	
																			início verde	de	comp. máx.			
		E	DF	DD	t1	t2	Δt	E	D	E	D		(G)	(g)		E	DF	DD	E	D	E	D	E	D
17	VA 719	x			15:23:58	15:24:40	0:00:42	22		9,41	11,10	00:00:24			6	3	2	1	3	1	3	267	348	
	VA 720		x		15:24:02	15:24:40	0:00:38		18															
	VA 721			x	15:24:14	15:24:48	0:00:34		14															
	VA 722			x	15:24:34	15:24:51	0:00:17		0															
	VA 723			x	15:24:36	15:24:56	0:00:20		0															
	VA 724	x			15:24:38	15:24:51	0:00:13	0																
	VA 725	x			15:24:54	15:24:55	0:00:01	0																
VA 726	x			15:24:52	15:25:01	0:00:09	0																	
18	VA 727			x	15:24:54	15:25:43	0:00:49		29		00:00:38	00:00:27	00:00:51											
	VA 728	x			15:24:56	15:25:42	0:00:46	26																
	VA 729			x	15:25:06	15:25:51	0:00:45		25															
	VA 730	x			15:25:10	15:25:53	0:00:43		23															
	VA 731	x			15:25:12	15:25:55	0:00:43		23															
	VA 732	x			15:25:18	15:26:00	0:00:42	22																
	VA 733		x		15:25:20	15:26:01	0:00:41		21															
	VA 734	x			15:25:36	15:26:07	0:00:31		11															
	VA 735		x		15:25:42	15:26:09	0:00:27		7															
	VA 736			x	15:25:48	15:26:11	0:00:23		3															
	VA 737	x			15:25:54	15:26:13	0:00:19	0																
VA 738	x			15:26:06	15:26:14	0:00:08	0																	
VA 739			x	15:26:12	15:26:24	0:00:12		0																
19	VA 740			x	15:26:24	15:27:10	0:00:46		26		00:00:36	00:00:50	00:01:28											
	VA 741	x			15:26:34	15:27:15	0:00:41	21																
	VA 742			x	15:26:26	15:27:12	0:00:46		26															
	VA 743	x			15:26:26	15:27:13	0:00:47		27															
	VA 744	x			15:26:32	15:27:19	0:00:47		27															
	VA 745	x			15:26:34	15:27:20	0:00:46		26															
	VA 746		x		15:26:38	15:27:23	0:00:45		25															
	VA 747	x			15:26:42	15:27:19	0:00:37	17																
	VA 748			x	15:26:44	15:27:29	0:00:45		25															
	VA 749	x			15:26:48	15:27:30	0:00:42		22															
	VA 750			x	15:26:50	15:27:33	0:00:43		23															
	VA 751			x	15:26:54	15:27:35	0:00:41		21															
	VA 752			x	15:26:58	15:27:37	0:00:39		19															
	VA 753	x			15:27:00	15:27:38	0:00:38		18															
	VA 754	x			15:27:14	15:27:41	0:00:27		7															
	VA 755	x			15:27:20	15:27:25	0:00:05	0																
	VA 756			x	15:27:20	15:27:44	0:00:24		4															
	VA 757			x	15:27:26	15:27:46	0:00:20		0															
	VA 758	x			15:27:34	15:27:44	0:00:10	0																
	VA 759			x	15:27:36	15:27:48	0:00:12		0															
	VA 760		x		15:27:38	15:27:49	0:00:11		0															
	VA 761	x			15:27:42	15:27:53	0:00:11		0															
20	VA 762	x			15:28:00	15:28:35	0:00:35		15		00:00:35			8	5	5	2	4	2	4				
	VA 763			x	15:28:06	15:28:38	0:00:32		12															
	VA 764		x		15:28:10	15:28:41	0:00:31		11															
	VA 765			x	15:28:16	15:28:43	0:00:27		7															
	VA 766	x			15:28:20	15:28:38	0:00:18	0																
	VA 767		x		15:28:28	15:28:41	0:00:13		0															
	VA 768			x	15:28:32	15:28:48	0:00:16		0															
	VA 769	x			15:28:34	15:28:47	0:00:13	0																
	VA 770			x	15:28:38	15:28:51	0:00:13		0															
	VA 771	x			15:28:42	15:28:55	0:00:13	0																
	VA 772			x	15:28:44	15:28:57	0:00:13		0															
	VA 773	x			15:28:44	15:28:55	0:00:11	0																
	VA 774			x	15:28:52	15:29:03	0:00:11		0															
	VA 775	x			15:28:54	15:29:04	0:00:10	0																
21	VA 776		x		15:29:02	15:29:34	0:00:32		12		00:00:32	00:00:32	00:01:07											
	VA 777			x	15:29:04	15:29:35	0:00:31		11															
	VA 778	x			15:29:08	15:29:35	0:00:27	7																
	VA 779	x			15:29:12	15:29:38	0:00:26	6																
	VA 780		x		15:29:22	15:29:40	0:00:18		0															
	VA 781			x	15:29:30	15:29:48	0:00:18		0															
	VA 782		x		15:29:32	15:29:51	0:00:19		0															
	VA 783	x			15:29:34	15:29:46	0:00:12	0																
	VA 784	x			15:29:40	15:29:50	0:00:10	0																
	VA 785			x	15:29:42	15:29:58	0:00:16		0															
	VA 786			x	15:29:46	15:30:00	0:00:14		0															
	VA 787	x			15:29:48	15:29:55	0:00:07	0																
	VA 788			x	15:29:52	15:30:02	0:00:10		0															
	VA 789			x	15:29:54	15:30:04	0:00:10		0															
VA 790			x	15:30:04	15:30:15	0:00:11		0																
22																								

A.1.4. RUA DR. ROBERTO FRIAS - 2º PERÍODO DE ESTUDO

Ciclo	Veículo	Lado			Tempo de passagem			Atraso (s/veic)		Atraso (s/veic)		médio	Tempo de vermelho	Tempo de verde		Tempo ciclo	Fluxos			Filas			Nº paragens (veic/h)								
								E	D	E	D									início verde	de comp. Máx.										
		E	DF	DD	t1	t2	Δt	E	D	E	D	(G)		(g)	E		DF	DD	E	D	E	D									
1	VA 791		X		14:43:36	14:44:19	00:00:43	23				0:00:40				12	12	3	5	7	7	10									
	VA 792		X		14:43:40	14:44:21	00:00:41	21																							
	VA 793	X			14:43:44	14:44:22	00:00:38	18																							
	VA 794			X	14:43:46	14:44:25	00:00:39	19																							
	VA 795	X			14:43:48	14:44:24	00:00:36	16																							
	VA 796		X		14:43:50	14:44:27	00:00:37	17																							
	VA 797	X			14:43:52	14:44:27	00:00:35	15																							
	VA 798		X		14:43:54	14:44:29	00:00:35	15																							
	VA 799	X			14:44:00	14:44:29	00:00:29	9																							
	VA 800		X		14:44:04	14:44:32	00:00:28	8																							
	VA 801	X			14:44:04	14:44:31	00:00:27	7																							
	VA 802			X	14:44:08	14:44:35	00:00:27	7																							
	VA 803		X		14:44:10	14:44:36	00:00:26	6																							
	VA 804	X			14:44:12	14:44:38	00:00:26	6																							
	VA 805	X			14:44:18	14:44:35	00:00:17	0																							
	2	VA 806	X			14:44:28	14:44:38	00:00:10	0															0:00:48	0:00:48	0:01:31					
VA 807			X		14:44:32	14:44:42	00:00:10	0																							
VA 808		X			14:44:32	14:44:41	00:00:09	0																							
VA 809			X		14:44:34	14:44:45	00:00:11	0																							
VA 810			X		14:44:42	14:44:51	00:00:09	0																							
VA 811		X			14:44:44	14:44:55	00:00:11	0																							
VA 812				X	14:44:46	14:44:56	00:00:10	0																							
VA 813			X		14:44:48	14:44:58	00:00:10	0																							
VA 814		X			14:44:52	14:45:35	00:00:43	23				0:00:26			8	6	7	4	5	4	5										
VA 815				X	14:44:56	14:45:33	00:00:37	17																							
VA 816		X			14:44:58	14:45:37	00:00:39	19																							
VA 817			X		14:45:00	14:45:35	00:00:35	15																							
VA 818		X			14:45:14	14:45:43	00:00:29	9																							
VA 819		X			14:45:16	14:45:44	00:00:28	8																							
VA 820				X	14:45:20	14:45:49	00:00:29	9																							
VA 821				X	14:45:24	14:45:51	00:00:27	7																							
VA 822	X			14:45:26	14:45:53	00:00:27	7																								
VA 823		X		14:45:30	14:45:55	00:00:25	5																								
VA 824		X		14:45:40	14:45:59	00:00:19	0																								
VA 825		X		14:45:48	14:46:04	00:00:16	0																								
VA 826	X			14:45:52	14:46:01	00:00:09	0																								
VA 827		X		14:45:56	14:46:06	00:00:10	0																								
3	VA 828			X	14:46:04	14:46:16	00:00:12	0														0:00:48	0:00:48	0:01:17							
	VA 829	X			14:46:06	14:46:14	00:00:08	0																							
	VA 830	X			14:46:12	14:47:00	00:00:48	28																							
	VA 831	X			14:46:12	14:46:58	00:00:46	26																							
	VA 832			X	14:46:16	14:46:58	00:00:42	22																							
	VA 833	X			14:46:18	14:47:02	00:00:44	24																							
	VA 834		X		14:46:26	14:47:04	00:00:38	18																							
	VA 835			X	14:46:28	14:47:10	00:00:42	22																							
	VA 836	X			14:46:28	14:47:05	00:00:37	17																							
	VA 837		X		14:46:32	14:47:12	00:00:40	20																							
	VA 838		X		14:46:34	14:47:15	00:00:41	21																							
	VA 839	X			14:46:38	14:47:18	00:00:40	20																							
	VA 840	X			14:46:40	14:47:20	00:00:40	20																							
	VA 841		X		14:46:44	14:47:21	00:00:37	17																							
	VA 842	X			14:46:48	14:47:15	00:00:27	7																							
	4	VA 843	X			14:46:50	14:47:17	00:00:27	7				0:00:35			11	11	7	7	8	8										8
VA 844			X		14:46:52	14:47:25	00:00:33	13																							
VA 845		X			14:47:10	14:47:24	00:00:14	0																							
VA 846				X	14:47:14	14:47:28	00:00:14	0																							
VA 847		X			14:47:16	14:47:28	00:00:12	0																							
VA 848			X		14:47:18	14:47:30	00:00:12	0																							
VA 849				X	14:47:20	14:47:34	00:00:14	0																							
VA 850			X		14:47:26	14:47:37	00:00:11	0																							
VA 851		X			14:47:32	14:47:39	00:00:07	0																							
VA 852				X	14:47:34	14:48:23	00:00:49	29																							
VA 853		X			14:47:42	14:48:24	00:00:42	22																							
VA 854			X		14:47:44	14:48:28	00:00:44	24																							
VA 855			X		14:47:50	14:48:30	00:00:40	20																							
VA 856		X			14:47:56	14:48:34	00:00:38	18																							
VA 857			X		14:47:56	14:48:32	00:00:36	16																							
VA 858			X		14:48:02	14:48:35	00:00:33	13																							
VA 859			X	14:48:04	14:48:38	00:00:34	14																								
VA 860	X			14:48:08	14:48:38	00:00:30	10																								
VA 861			X	14:48:10	14:48:39	00:00:29	9																								
VA 862	X			14:48:16	14:48:41	00:00:25	5																								
VA 863		X		14:48:20	14:48:44	00:00:24	4																								
VA 864	X			14:48:24	14:48:45	00:00:21	1																								
VA 865	X			14:48:32	14:48:43	00:00:11	0																								
VA 866			X	14:48:38	14:48:58	00:00:20	0																								
VA 867		X		14:48:40	14:48:59	00:00:19	0																								
VA 868		X		14:48:44	14:49:01	00:00:17	0																								
VA 869		X		14:48:50	14:49:06	00:00:16	0																								
MOT 4	X			14:48:50	14:48:58	00:00:08	0																								
VA 870			X	14:48:52	14:49:08	00:00:16	0																								
VA 871		X		14:48:54	14:49:09	00:00:15	0																								

Ciclo	Vetículo	Lado			Tempo de passagem			Atraso (s/veic)		Atraso (s/veic)		médio	Tempo de vermelho	Tempo de verde		Tempo ciclo	Fluxos			Filas				Nº paragens (veic/h)											
								início verde		de comp. Máx.																									
		E	DF	DD	t1	t2	Δt	E	D	E	D	(G)		(g)	E		DF	DD	E	D	E	D	E	D											
10	VA 952	X			14:55:52	14:56:36	00:00:44	24				0:00:38				16	12	8	11	5	15	7													
	VA 953		X		14:55:58	14:56:37	00:00:39		19																										
	VA 954	X			14:56:02	14:56:46	00:00:44	24																											
	VA 955	X			14:56:06	14:56:50	00:00:44	24																											
	VA 956		X		14:56:10	14:56:39	00:00:29		9																										
	VA 957			X	14:56:12	14:56:42	00:00:30		10																										
	VA 958		X		14:56:14	14:56:43	00:00:29		9																										
	VA 959		X		14:56:18	14:56:45	00:00:27		7																										
	VA 960			X	14:56:22	14:56:48	00:00:26		6																										
	VA 961	X			14:56:22	14:56:59	00:00:37	17																											
	VA 962		X		14:56:34	14:56:54	00:00:20		0																										
	VA 963		X		14:56:36	14:56:56	00:00:20		0																										
	VA 964		X		14:56:38	14:56:58	00:00:20		0																										
	VA 965		X		14:56:44	14:57:04	00:00:20		0																										
	VA 966		X		14:56:48	14:57:06	00:00:18		0																										
	VA 967		X		14:56:54	14:57:09	00:00:15		0																										
	VA 968			X	14:56:56	14:57:11	00:00:15		0																										
	VA 969			X	14:57:02	14:57:14	00:00:12		0																										
	VA 970			X	14:57:04	14:57:18	00:00:14		0																										
11	VA 971		X		14:57:14	14:58:04	00:00:50		30			0:00:41	0:00:47	0:00:47	0:01:28	17	9	9	11	11	13	14													
	VA 972	X			14:57:14	14:58:11	00:00:57		37																										
	VA 973	X			14:57:20	14:58:12	00:00:52		32																										
	VA 974		X		14:57:22	14:58:06	00:00:44		24																										
	VA 975			X	14:57:24	14:58:09	00:00:45		25																										
	VA 976			X	14:57:28	14:58:12	00:00:44		24																										
	VA 977			X	14:57:32	14:58:14	00:00:42		22																										
	VA 978		X		14:57:34	14:58:16	00:00:42		22																										
	VA 979			X	14:57:38	14:58:18	00:00:40		20																										
	VA 980		X		14:57:40	14:58:19	00:00:39		19																										
	VA 981	X			14:57:44	14:58:24	00:00:40	20																											
	VA 982			X	14:57:48	14:58:26	00:00:38		18																										
	VA 983		X		14:57:50	14:58:27	00:00:37		17																										
	VA 984	X			14:57:54	14:58:29	00:00:35	15																											
	VA 985		X		14:57:56	14:58:36	00:00:40		20																										
	VA 986			X	14:58:02	14:58:39	00:00:37		17																										
	VA 987	X			14:58:02	14:58:37	00:00:35	15																											
	VA 988		X		14:58:10	14:58:43	00:00:33		13																										
	VA 989		X		14:58:20	14:58:45	00:00:25		5																										
12	VA 990			X	14:58:32	14:58:48	00:00:16		0			0:00:27	0:00:48	0:00:48	0:01:32	10	10	2	6	8	6	11													
	VA 991		X		14:58:34	14:58:49	00:00:15		0																										
	VA 992		X		14:58:36	14:58:51	00:00:15		0																										
	VA 993		X		14:58:46	14:59:28	00:00:42		22																										
	VA 994		X		14:58:48	14:59:30	00:00:42		22																										
	VA 995		X		14:58:50	14:59:33	00:00:43		23																										
	VA 996			X	14:58:54	14:59:35	00:00:41		21																										
	VA 997		X		14:58:56	14:59:36	00:00:40		20																										
	VA 998			X	14:59:00	14:59:38	00:00:38		18																										
	VA 999	X			14:59:04	14:59:31	00:00:27	7																											
	VA 1000		X		14:59:10	14:59:40	00:00:30		10																										
	VA 1001		X		14:59:14	14:59:41	00:00:27		7																										
	VA 1002		X		14:59:16	14:59:44	00:00:28		8																										
	VA 1003		X		14:59:18	14:59:45	00:00:27		7																										
	VA 1004		X		14:59:52	15:00:02	00:00:10		0																										
	13	VA 1005			X	14:59:54	15:00:43	00:00:49		29				0:00:34	0:00:40										0:00:40	0:01:10	12	12	6	6	7	9	12		
		VA 1006			X	14:59:58	15:00:45	00:00:47		27																									
		VA 1007			X	15:00:08	15:00:47	00:00:39		19																									
		VA 1008		X		15:00:14	15:00:48	00:00:34		14																									
VA 1009			X		15:00:20	15:00:50	00:00:30		10																										
VA 1010			X		15:00:24	15:00:55	00:00:31		11																										
VA 1011				X	15:00:28	15:00:58	00:00:30		10																										
VA 1012			X		15:00:32	15:01:01	00:00:29		9																										
VA 1013			X		15:00:34	15:01:04	00:00:30		10																										
VA 1014			X		15:00:38	15:01:05	00:00:27		7																										
VA 1015			X		15:00:40	15:01:08	00:00:28		8																										
VA 1016			X		15:00:52	15:01:12	00:00:20		0																										
VA 1017				X	15:00:56	15:01:15	00:00:19		0																										
VA 1018		X			15:00:56	15:01:06	00:00:10	0																											
VA 1019				X	15:00:58	15:01:18	00:00:20		0																										
VA 1020				X	15:01:02	15:01:21	00:00:19		0																										
VA 1021			X		15:01:06	15:01:23	00:00:17		0																										
VA 1022			X		15:01:14	15:01:25	00:00:11		0																										
14		VA 1023		X		15:01:22	15:02:06	00:00:44		24			0:00:35		0:00:48	0:00:48	0:01:25	17	8	8	9	8	9	8											
	VA 1024	X			15:01:22	15:02:04	00:00:42	22																											
	VA 1025		X		15:01:14	15:02:09	00:00:55		35																										
	VA 1026	X			15:01:14	15:02:09	00:00:55		35																										
	VA 1027	X			15:01:30	15:02:12	00:00:42		22																										
	VA 1028			X	15:01:34	15:02:12	00:00:38		18																										
	VA 1029		X		15:01:40	15:02:14	00:00:34		14																										
	VA 1030			X	15:01:44	15:02:18	00:00:34		14																										
	VA 1031		X		15:01:46	15:02:20	00:00:34		14																										
	VA 1032			X	15:01:50	15:02:23	00:00:33		13																										
	VA 1033			X	15:01:54	15:02:26	00:00:32		12																										
	VA 1034		X		15:02:02	15:02:28	00:00:26		6																										
	VA 1035		X		15:02:04	15:02:31	00:00:27		7																										
	VA 1036		X		15:02:18	15:02:33	00:00:15		0																										
	VA 1037			X	15:02:24	15:02:38	00:00:14		0																										
	VA 1038			X	15:02:28	15:02:43	00:00:15		0																										
	VA 1039		X		15:02:32	15:02:44	00:00:12		0																										
	VA 1040	X			15:02:32	15:02:42	00:00:10	0																											
	VA 1041			X	15:02:36	15:02:50	00:00:14		0																										
VA 1042	X			15:02:40	15:02:50	00:00:10	0																												
VA 1043		X		15:02:40	15:02:51	00:00:11		0																											
VA 1044	X			15:02:44	15:02:53	00:00:09	0																												

Ciclo	Veículo	Lado			Tempo de passagem			Atraso (s/veic)		Atraso médio		Tempo de vermelho	Tempo de verde		Tempo ciclo	Fluxos			Filas			Nº paragens (veic/h)													
								E	D	E	D								início verde	de	comp. Máx.														
		E	DF	DD	t1	t2	Δt	E	D	E	D		(G)	(g)		E	DF	DD	E	D	E	D	E	D											
15	VA 1045		X		15:02:44	15:03:35	00:00:51		31			0:00:34				10	12	2	5	7	8	13													
	VA 1046		X		15:02:48	15:03:37	00:00:49		29																										
	VA 1047	X			15:02:50	15:03:35	00:00:45	25																											
	VA 1048	X			15:02:52	15:03:38	00:00:46	26																											
	VA 1049		X		15:02:56	15:03:40	00:00:44		24																										
	VA 1050		X		15:03:00	15:03:42	00:00:42		22																										
	VA 1051		X		15:03:04	15:03:45	00:00:41		21																										
	VA 1052	X			15:03:12	15:03:40	00:00:28	8																											
	VA 1053	X			15:03:14	15:03:52	00:00:38	18																											
	VA 1054		X		15:03:16	15:03:50	00:00:34		14																										
	VA 1055		X		15:03:22	15:03:54	00:00:32		12																										
	VA 1056			X	15:03:24	15:03:57	00:00:33		13																										
	VA 1057	X			15:03:28	15:03:58	00:00:30	10																											
	VA 1058		X		15:03:30	15:04:00	00:00:30		10																										
16	VA 1059		X		15:03:32	15:04:02	00:00:30		10			0:00:48	0:00:48	0:01:25																					
	VA 1060		X		15:03:40	15:04:09	00:00:29		9																										
	VA 1061		X		15:03:54	15:04:10	00:00:16		0																										
	VA 1062			X	15:04:08	15:04:48	00:00:40		20																										
	VA 1063			X	15:04:12	15:04:52	00:00:40		20																										
	VA 1064	X			15:04:16	15:04:48	00:00:32	12																											
	VA 1065		X		15:04:18	15:04:53	00:00:35		15																										
	VA 1066	X			15:04:20	15:04:50	00:00:30	10																											
	VA 1067	X			15:04:24	15:05:11	00:00:47	27																											
	VA 1068		X		15:04:30	15:04:56	00:00:26		6																										
	VA 1069		X		15:04:34	15:04:58	00:00:24		4																										
	VA 1070		X		15:04:36	15:05:00	00:00:24		4																										
	VA 1071			X	15:04:42	15:05:03	00:00:21		1																										
	VA 1072		X		15:04:44	15:05:03	00:00:19		0																										
17	VA 1073		X		15:04:54	15:05:08	00:00:14		0		0:00:24				11	9	8	5	5	6	8														
	VA 1074	X			15:04:54	15:05:07	00:00:13		0																										
	VA 1075			X	15:04:56	15:05:10	00:00:14		0																										
	VA 1076			X	15:04:58	15:05:13	00:00:15		0																										
	VA 1077		X		15:05:02	15:05:15	00:00:13		0																										
	VA 1078		X		15:05:04	15:05:18	00:00:14		0																										
	VA 1079			X	15:05:08	15:05:21	00:00:13		0																										
	VA 1080		X		15:05:10	15:05:23	00:00:13		0																										
	VA 1081			X	15:05:14	15:05:29	00:00:15		0																										
	VA 1082			X	15:05:18	15:05:33	00:00:15		0																										
	VA 1083		X		15:05:32	15:06:13	00:00:41		21															0:00:49	0:00:49	0:01:16									
	VA 1084		X		15:05:36	15:06:17	00:00:41		21																										
	VA 1085		X		15:05:38	15:06:19	00:00:41		21																										
	VA 1086		X		15:05:40	15:06:21	00:00:41		21																										
VA 1087			X	15:05:48	15:06:24	00:00:36		16																											
VA 1088		X		15:05:52	15:06:23	00:00:31	11																												
VA 1089		X		15:05:56	15:06:27	00:00:31		11																											
VA 1090	X			15:06:04	15:06:30	00:00:26		6																											
VA 1091			X	15:06:06	15:06:44	00:00:38		18																											
VA 1092		X		15:06:10	15:06:29	00:00:19		0																											
VA 1093		X		15:06:12	15:06:31	00:00:19		0																											
VA 1094		X		15:06:16	15:06:33	00:00:17		0																											
VA 1095			X	15:06:18	15:06:36	00:00:18		0																											
18	VA 1096	X			15:06:24	15:06:37	00:00:13		0		0:00:34				16	10	6	5	6	7	8														
	VA 1097	X			15:06:26	15:06:39	00:00:13		0																										
	VA 1098		X		15:06:30	15:06:40	00:00:10		0																										
	VA 1099			X	15:06:34	15:06:46	00:00:12		0																										
	VA 1100			X	15:06:38	15:06:49	00:00:11		0																										
	VA 1101	X			15:06:40	15:06:50	00:00:10		0																										
	VA 1102	X			15:06:42	15:06:52	00:00:10		0																										
	VA 1103		X		15:06:46	15:06:57	00:00:11		0	10,53														9,08											
	VA 1104	X			15:06:54	15:07:52	00:00:58	38																0:00:48	0:00:48	0:01:25									
	VA 1105		X		15:06:58	15:07:50	00:00:52		32																										
	VA 1106	X			15:07:08	15:07:54	00:00:46	26																											
	VA 1107			X	15:07:12	15:07:53	00:00:41		21																										
	VA 1108	X			15:07:14	15:07:58	00:00:44	24																											
	VA 1109		X		15:07:16	15:07:57	00:00:41		21																										
VA 1110			X	15:07:18	15:07:59	00:00:41		21																											
VA 1111			X	15:07:20	15:08:01	00:00:41		21																											
VA 1112		X		15:07:26	15:08:03	00:00:37		17																											
VA 1113	X			15:07:28	15:08:01	00:00:33	13																												
VA 1114		X		15:07:40	15:08:08	00:00:28		8																											
VA 1115			X	15:07:42	15:08:11	00:00:29		9																											
VA 1116	X			15:07:52	15:08:10	00:00:18		0																											
19	VA 1117			X	15:07:56	15:08:16	00:00:20		0		0:00:47	0:00:47	0:01:36																						
	VA 1118		X		15:07:58	15:08:19	00:00:21		1																										
	VA 1119			X	15:08:02	15:08:23	00:00:21		1																										
	VA 1120			X	15:08:10	15:08:25	00:00:15		0																										
	VA 1121		X		15:08:14	15:08:26	00:00:12		0																										
	VA 1122		X		15:08:18	15:08:28	00:00:10		0																										
	VA 1123	X			15:08:18	15:08:26	00:00:08		0																										
	VA 1124		X		15:08:24	15:08:33	00:00:09		0																										
	VA 1125		X		15:08:26	15:08:34	00:00:08		0																										

Ciclo	Veículo	Lado			Tempo de passagem			Atraso (s/veic)		Atraso médio		Tempo de vermelho	Tempo de verde		Tempo ciclo	Fluxos			Filas de comp. Máx.				Nº paragens (veic/h)			
		E	DF	DD	t1	t2	Δt	E	D	E	D		(G)	(g)		E	DF	DD	E	D	E	D	E	D		
19	VA 1126	X			15:08:32	15:09:23	00:00:51	31				0:00:40			0:01:32											
	VA 1127		X		15:08:40	15:09:21	00:00:41		21																	
	VA 1128	X			15:08:48	15:09:26	00:00:38	18																		
	VA 1129		X		15:08:50	15:09:24	00:00:34		14																	
	VA 1130	X			15:08:54	15:09:28	00:00:34		14																	
	VA 1131		X		15:08:58	15:09:31	00:00:33		13																	
	VA 1132	X			15:09:00	15:09:38	00:00:38		18																	
	VA 1133			X	15:09:04	15:09:44	00:00:40		20																	
	VA 1134	X			15:09:08	15:09:29	00:00:21	1								9	10	5	4	10	4	10				
	VA 1135		X		15:09:14	15:09:47	00:00:33		13																	
	VA 1136	X			15:09:26	15:09:34	00:00:08	0																		
	VA 1137	X			15:09:30	15:09:38	00:00:08	0																		
	VA 1138	X			15:09:36	15:09:44	00:00:08	0																		
	VA 1139		X		15:09:36	15:09:54	00:00:18	0																		
	VA 1140		X		15:09:44	15:09:57	00:00:13	0																		
	VA 1141			X	15:09:48	15:09:59	00:00:11	0																		
	VA 1142	X			15:09:54	15:10:03	00:00:09	0																		
	VA 1143		X		15:10:02	15:10:08	00:00:06		0																	
20	VA 1144	X			15:10:02	15:10:44	00:00:42	22				0:00:27			0:01:12											
	VA 1145			X	15:10:04	15:10:40	00:00:36		16																	
	VA 1146			X	15:10:10	15:10:44	00:00:34		14																	
	VA 1147	X			15:10:22	15:10:49	00:00:27	7																		
	VA 1148		X		15:10:28	15:10:49	00:00:21		1																	
	VA 1149	X			15:10:32	15:10:51	00:00:19		0																	
	VA 1150	X			15:10:34	15:10:54	00:00:20		0																	
	VA 1151			X	15:10:38	15:10:57	00:00:19		0							9	9	5	4	5	4	8				
	VA 1152	X			15:10:44	15:11:00	00:00:16		0																	
	VA 1153	X			15:10:50	15:11:03	00:00:13		0																	
	VA 1154	X			15:10:52	15:11:04	00:00:12		0																	
	VA 1155	X			15:10:56	15:11:07	00:00:11		0																	
	VA 1156			X	15:10:56	15:11:10	00:00:14		0																	
	VA 1157	X			15:11:02	15:11:08	00:00:06	0																		
	VA 1158	X			15:11:04	15:11:13	00:00:09		0																	
	VA 1159	X			15:11:16	15:12:00	00:00:44	24																		
	21	VA 1160	X			15:11:20	15:12:03	00:00:43	23					0:00:35				0:01:26								
		VA 1161	X			15:11:22	15:12:05	00:00:43	23																	
VA 1162		X			15:11:24	15:11:59	00:00:35	15																		
VA 1163				X	15:11:32	15:12:10	00:00:38		18																	
VA 1164		X			15:11:44	15:12:13	00:00:29		9																	
VA 1165				X	15:11:46	15:12:16	00:00:30		10																	
VA 1166			X		15:11:50	15:12:17	00:00:27		7																	
VA 1167				X	15:11:52	15:12:20	00:00:28		8																	
VA 1168		X			15:11:54	15:12:21	00:00:27	7							14	12	6		3	12	4	13				
VA 1169		X			15:11:58	15:12:23	00:00:25		5																	
VA 1170		X			15:12:02	15:12:14	00:00:12	0																		
VA 1171		X			15:12:06	15:12:18	00:00:12	0																		
VA 1172				X	15:12:12	15:12:27	00:00:15		0																	
VA 1173		X			15:12:14	15:12:29	00:00:15		0																	
VA 1174		X			15:12:18	15:12:31	00:00:13		0																	
VA 1175		X			15:12:24	15:12:33	00:00:09		0																	
VA 1176		X			15:12:30	15:12:37	00:00:07	0																		
VA 1177				X	15:12:32	15:12:42	00:00:10		0																	
VA 1178	X			15:12:36	15:12:44	00:00:08		0																		
22	VA 1179	X			15:12:40	15:13:29	00:00:49	29				0:00:36			0:01:27											
	VA 1180	X			15:12:44	15:13:31	00:00:47	27																		
	VA 1181	X			15:12:46	15:13:36	00:00:50	30																		
	VA 1182	X			15:13:00	15:13:40	00:00:40	20																		
	VA 1183			X	15:13:00	15:13:40	00:00:40		20																	
	VA 1184	X			15:13:06	15:13:43	00:00:37	17																		
	VA 1185			X	15:13:10	15:13:43	00:00:33		13																	
	VA 1186	X			15:13:12	15:13:44	00:00:32		12																	
	VA 1187	X			15:13:12	15:13:46	00:00:34	14																		
	VA 1188	X			15:13:16	15:13:50	00:00:34	14																		
	VA 1189	X			15:13:18	15:13:52	00:00:34	14																		
	VA 1190	X			15:13:22	15:13:54	00:00:32	12																		
	VA 1191		X		15:13:26	15:13:46	00:00:20		0																	
	VA 1192	X			15:13:34	15:13:59	00:00:25	5																		
	VA 1193	X			15:13:40	15:13:52	00:00:12		0																	
	VA 1194			X	15:13:44	15:13:55	00:00:11		0																	
	VA 1195	X			15:13:46	15:13:59	00:00:13		0																	
	VA 1196	X			15:13:50	15:14:02	00:00:12		0																	
VA 1197	X			15:13:52	15:14:04	00:00:12		0																		
23	VA 1198			X	15:13:54	15:14:06	00:00:12		0																	
	VA 1199			X	15:14:02	15:14:11	00:00:09		0																	
	VA 1200	X			15:14:14	15:14:55	00:00:41	21																		
	VA 1201	X			15:14:18	15:14:57	00:00:39	19																		
	VA 1202	X			15:14:24	15:15:00	00:00:36	16																		
	VA 1203			X	15:14:30	15:14:52	00:00:22		2																	
	VA 1204	X			15:14:40	15:14:55	00:00:15		0																	
	VA 1205			X	15:14:42	15:14:58	00:00:16		0																	
	VA 1206	X			15:15:04	15:15:11	00:00:07		0																	
	VA 1207			X	15:15:06	15:15:14	00:00:08		0																	
	VA 1208	X			15:15:10	15:15:16	00:00:06	0																		
	VA 1209	X			15:15:16	15:15:24	00:00:08		0																	
	VA 1210			X	15:15:18	15:15:29	00:00:11		0																	
	VA 1211	X			15:15:20	15:15:31	00:00:11		0																	
	VA 1212			X	15:15:24	15:15:34	00:00:10		0																	
	VA 1213	X			15:15:26	15:15:34	00:00:08	0																		
	VA 1214	X			15:15:28	15:15:37	00:00:09		0																	

Ciclo	Veículo	Lado			Tempo de passagem			Atraso (s/veic)		Atraso médio		Tempo de vermelho	Tempo de verde		Tempo ciclo	Fluxos			Filas			Nº paragens (veic/h)	
		E	DF	DD	t1	t2	Δt	E	D	E	D		(G)	(g)		E	DF	DD	E	D	E		D
24	VA 1215		X		15:15:32	15:16:19	00:00:47		27			0:00:34	0:00:49	0:00:49	0:01:26								
	VA 1216	X			15:15:32	15:16:17	00:00:45	25															
	VA 1217	X			15:15:36	15:16:22	00:00:46	26															
	VA 1218		X		15:15:38	15:16:22	00:00:44		24														
	VA 1219	X			15:15:42	15:16:23	00:00:41	21															
	VA 1220			X	15:15:44	15:16:25	00:00:41		21														
	VA 1221	X			15:15:48	15:16:26	00:00:38	18															
	VA 1222		X		15:15:52	15:16:27	00:00:35		15														
	VA 1223		X		15:16:02	15:16:31	00:00:29	9															
	VA 1224		X		15:16:08	15:16:34	00:00:26	6															
	VA 1225	X			15:16:12	15:16:30	00:00:18	0															
	VA 1226		X		15:16:14	15:16:35	00:00:21	1															
	VA 1227			X	15:16:26	15:16:38	00:00:12	0															
	VA 1228			X	15:16:40	15:16:48	00:00:08	0															
	25	VA 1229		X		15:16:42	15:16:51	00:00:09	0					0:00:51	0:00:51	0:01:28							
VA 1230			X		15:16:44	15:16:53	00:00:09	0															
VA 1231				X	15:16:48	15:16:57	00:00:09	0															
VA 1232				X	15:16:54	15:17:06	00:00:12	0															
VA 1233				X	15:17:02	15:17:42	00:00:40	20															
VA 1234			X		15:17:08	15:17:48	00:00:40	20															
VA 1235				X	15:17:08	15:17:50	00:00:42	22															
VA 1236		X			15:17:10	15:17:46	00:00:36	16															
VA 1237		X			15:17:12	15:17:48	00:00:36	16															
VA 1238			X		15:17:16	15:17:51	00:00:35	15															
VA 1239		X			15:17:16	15:17:51	00:00:35	15															
VA 1240			X		15:17:20	15:17:56	00:00:36	16															
VA 1241		X			15:17:28	15:17:54	00:00:26	6															
VA 1242		X			15:17:30	15:17:57	00:00:27	7															
26		VA 1243			X	15:17:34	15:18:00	00:00:26	6			0:00:32	0:00:48		0:00:48	0:01:23							
	VA 1244	X			15:17:36	15:18:00	00:00:24	4															
	VA 1245		X		15:17:38	15:18:02	00:00:24	4															
	VA 1246	X			15:17:38	15:18:02	00:00:24	4															
	VA 1247	X			15:17:48	15:18:06	00:00:18	0															
	VA 1248			X	15:17:52	15:18:06	00:00:14	0															
	VA 1249			X	15:17:54	15:18:07	00:00:13	0															
	VA 1250	X			15:17:56	15:18:09	00:00:13	0															
	VA 1251			X	15:18:00	15:18:11	00:00:11	0															
	VA 1252			X	15:18:02	15:18:14	00:00:12	0															
	VA 1253		X		15:18:04	15:18:15	00:00:11	0															
	VA 1254			X	15:18:06	15:18:20	00:00:14	0															
	VA 1255			X	15:18:08	15:18:21	00:00:13	0															
	VA 1256		X		15:18:16	15:18:26	00:00:10	0															
	VA 1257		X		15:18:18	15:18:27	00:00:09	0															
27	VA 1258		X		15:18:20	15:18:29	00:00:09	0			0:00:35	0:00:48	0:00:48	0:01:26									
	VA 1259	X			15:18:28	15:19:15	00:00:47	27															
	VA 1260		X		15:18:32	15:19:32	00:01:00	40															
	VA 1261	X			15:18:38	15:19:20	00:00:42	22															
	VA 1262	X			15:18:40	15:19:22	00:00:42	22															
	VA 1263			X	15:18:44	15:19:17	00:00:33	13															
	VA 1264		X		15:18:58	15:19:23	00:00:25	5															
	VA 1265		X		15:19:00	15:19:25	00:00:25	5															
	VA 1266			X	15:19:02	15:19:28	00:00:26	6															
	VA 1267			X	15:19:04	15:19:31	00:00:27	7															
	VA 1268		X		15:19:10	15:19:34	00:00:24	4															
	VA 1269		X		15:19:12	15:19:36	00:00:24	4															
	VA 1270	X			15:19:14	15:19:34	00:00:20	0															
	VA 1271			X	15:19:26	15:19:39	00:00:13	0															
	VA 1272	X			15:19:30	15:19:43	00:00:13	0															
28	VA 1273			X	15:19:34	15:19:44	00:00:10	0			0:00:31	0:00:31	0:01:09										
	VA 1274	X			15:19:34	15:19:46	00:00:12	0															
	VA 1275	X			15:19:38	15:19:49	00:00:11	0															
	VA 1276		X		15:19:40	15:19:50	00:00:10	0															
	VA 1277			X	15:19:46	15:20:36	00:00:50	30															
	VA 1278		X		15:19:50	15:20:38	00:00:48	28															
	VA 1279		X		15:19:58	15:20:40	00:00:42	22															
	VA 1280			X	15:20:00	15:20:45	00:00:45	25															
	VA 1281	X			15:20:02	15:20:38	00:00:36	16															
	VA 1282		X		15:20:10	15:20:46	00:00:36	16															
	VA 1283	X			15:20:16	15:20:41	00:00:25	5															
	VA 1284		X		15:20:18	15:20:51	00:00:33	13															
	VA 1285	X			15:20:18	15:20:45	00:00:27	7															
	VA 1286	X			15:20:26	15:20:47	00:00:21	1															
	VA 1287	X			15:20:38	15:20:48	00:00:10	0															
VA 1288			X	15:20:50	15:20:58	00:00:08	0																

Ciclo	Veículo	Lado			Tempo de passagem			Atraso (s/veic)		Atraso (s/veic)		médio	Tempo de vermelho	Tempo de verde		Tempo ciclo	Fluxos			Filas				Nº paragens (veic/h)														
								início verde		de comp. Máx.																												
		E	DF	DD	t1	t2	Δt	E	D	E	D	(G)		(g)	E		DF	DD	E	D	E	D	E	D														
29	VA 1300			X	15:22:04	15:22:54	00:00:50		30	10,57	8,43	0:00:34	0:00:31	0:00:31	0:01:09	16	13	5	6	10	10	12	348	320														
	VA 1301		X		15:22:06	15:22:59	00:00:53		33																													
	VA 1302	X			15:22:06	15:22:54	00:00:48	28																														
	VA 1303			X	15:22:08	15:23:01	00:00:53		33																													
	VA 1304	X			15:22:12	15:23:03	00:00:51		31																													
	VA 1305		X		15:22:16	15:23:06	00:00:50		30																													
	VA 1306	X			15:22:20	15:23:00	00:00:40	20																														
	VA 1307			X	15:22:24	15:23:11	00:00:47		27																													
	VA 1308	X			15:22:24	15:23:03	00:00:39	19																														
	VA 1309		X		15:22:30	15:23:12	00:00:42		22																													
	VA 1310	X			15:22:30	15:23:17	00:00:47	27																														
	VA 1311	X			15:22:34	15:23:09	00:00:35	15																														
	VA 1312		X		15:22:38	15:23:14	00:00:36		16																													
	VA 1313	X			15:22:40	15:23:13	00:00:33	13																														
	VA 1314	X			15:22:44	15:23:15	00:00:31	11																														
	VA 1315		X		15:22:46	15:23:16	00:00:30		10																													
	VA 1316	X			15:22:48	15:23:18	00:00:30		10																													
	VA 1317		X		15:22:54	15:23:19	00:00:25		5																													
	VA 1318	X			15:23:02	15:23:20	00:00:18	0																														
	VA 1319			X	15:23:10	15:23:24	00:00:14		0																													
	VA 1320		X		15:23:14	15:23:25	00:00:11		0																													
	VA 1321			X	15:23:18	15:23:32	00:00:14		0																													
	VA 1322		X		15:23:20	15:23:34	00:00:14		0																													
	VA 1323	X			15:23:24	15:23:35	00:00:11	0																														
	VA 1324	X			15:23:28	15:23:39	00:00:11		0																													
30	VA 1325	X			15:23:32	15:24:12	00:00:40		20			0:00:27	0:00:49	0:00:49	0:01:26	20	10	9	8	5	14	5																
	VA 1326	X			15:23:34	15:24:15	00:00:41		21																													
	VA 1327	X			15:23:38	15:24:14	00:00:36	16																														
	VA 1328		X		15:23:38	15:24:18	00:00:40		20																													
	VA 1329			X	15:23:40	15:24:20	00:00:40		20																													
	VA 1330		X		15:23:44	15:24:22	00:00:38		18																													
	VA 1331		X		15:23:58	15:24:29	00:00:31		11																													
	VA 1332			X	15:24:00	15:24:32	00:00:32		12																													
	VA 1333		X		15:24:04	15:24:33	00:00:29		9																													
	VA 1334		X		15:24:10	15:24:37	00:00:27		7																													
	VA 1335			X	15:24:14	15:24:39	00:00:25		5																													
	VA 1336	X			15:24:14	15:24:40	00:00:26	6																														
	VA 1337	X			15:24:16	15:24:41	00:00:25		5																													
	VA 1338			X	15:24:22	15:24:44	00:00:22		2																													
	VA 1339		X		15:24:30	15:24:48	00:00:18		0																													
	VA 1340			X	15:24:34	15:24:51	00:00:17		0																													
	VA 1341	X			15:24:36	15:24:49	00:00:13	0																														
	VA 1342	X			15:24:36	15:24:51	00:00:15	0																														
	VA 1343	X			15:24:40	15:24:52	00:00:12	0																														
	VA 1344		X		15:24:42	15:24:52	00:00:10		0																													
	VA 1345		X		15:24:44	15:24:56	00:00:12		0																													
	VA 1346	X			15:24:48	15:24:58	00:00:10	0																														
	VA 1347			X	15:24:52	15:24:59	00:00:07		0																													
31	VA 1348		X		15:24:54	15:25:44	00:00:50		30			0:00:48	0:00:48	0:01:18	13	7	9	6	6	8	7																	
	VA 1349		X		15:24:58	15:25:47	00:00:49		29																													
	VA 1350		X		15:25:00	15:25:46	00:00:46	26																														
	VA 1351			X	15:25:04	15:25:50	00:00:46		26																													
	VA 1352	X			15:25:06	15:25:47	00:00:41	21																														
	VA 1353		X		15:25:22	15:25:57	00:00:35		15																													
	VA 1354			X	15:25:36	15:26:00	00:00:24		4																													
	VA 1355	X			15:25:36	15:25:57	00:00:21	1																														
	VA 1356	X			15:25:38	15:25:59	00:00:21	1																														
	VA 1357	X			15:25:40	15:26:01	00:00:21	1																														
	VA 1358		X		15:25:54	15:26:03	00:00:09		0																													
	VA 1359		X		15:25:58	15:26:06	00:00:08		0																													
	VA 1360			X	15:26:00	15:26:11	00:00:11		0																													
	VA 1361		X		15:26:06	15:26:14	00:00:08		0																													
	VA 1362			X	15:26:10	15:26:18	00:00:08		0																													
32	VA 1363			X	15:26:12	15:26:21	00:00:09		0			0:00:48	0:00:48	0:01:31	14	8	10	8	8	9	10																	
	VA 1364	X			15:26:14	15:26:23	00:00:09		0																													
	VA 1365		X		15:26:16	15:26:25	00:00:09		0																													
	VA 1366			X	15:26:18	15:26:28	00:00:10		0																													
	VA 1367			X	15:26:30	15:27:16	00:00:46		26																													
	VA 1368	X			15:26:36	15:27:18	00:00:42	22																														
	VA 1369			X	15:26:38	15:27:24	00:00:46		26																													
	VA 1370		X		15:26:42	15:27:18	00:00:36		16																													
	VA 1371			X	15:26:44	15:27:20	00:00:36		16																													
	VA 1372	X			15:26:46	15:27:21	00:00:35		15																													
	VA 1373	X			15:26:50	15:27:22	00:00:32		12																													
	VA 1374		X		15:26:52	15:27:22	00:00:30		10																													
	VA 1375	X			15:26:52	15:27:25	00:00:33		13																													
	VA 1376		X		15:27:02	15:27:26	00:00:24		4																													
	VA 1377		X		15:27:04	15:27:28	00:00:24		4																													
VA 1378	X			15:27:08	15:27:27	00:00:19		0																														
VA 1379		X		15:27:18	15:27:31	00:00:13		0																														
VA 1380	X			15:27:20	15:27:32	00:00:12		0																														
VA 1381			X	15:27:22	15:27:34	00:00:12		0																														
VA 1382		X		15:27:28	15:27:37	00:00:09		0																														
VA 1383		X		15:27:30	15:27:39	00:00:09		0																														
VA 1384			X	15:27:38	15:27:45	00:00:07		0																														
VA 1385	X			15:27:44	15:27:50	00:00:06		0																														

Ciclo	Véculo	Lado			Tempo de passagem			Atraso (s/veic)		Atraso médio		Tempo de vermelho	Tempo de verde		Tempo ciclo	Fluxos			Filas			Nº paragens (veic/h)									
		E	DF	DD	t1	t2	Δt	E	D	E	D		(G)	(g)		E	DF	DD	E	D	E	D	E	D							
38	VA 1477	X			15:34:48	15:35:22	00:00:34	14				0:00:30				12	9	3	4	7	6	7									
	VA 1478		X		15:34:52	15:35:24	00:00:32		12																						
	VA 1479		X		15:34:58	15:35:27	00:00:29		9																						
	VA 1480		X		15:35:00	15:35:29	00:00:29		9																						
	VA 1481		X		15:35:02	15:35:31	00:00:29		9																						
	VA 1482	X			15:35:06	15:35:28	00:00:22	2																							
	VA 1483			X	15:35:08	15:35:34	00:00:26		6																						
	VA 1484		X		15:35:12	15:35:36	00:00:24		4																						
	VA 1485	X			15:35:12	15:35:30	00:00:18	0																							
	VA 1486	X			15:35:16	15:35:31	00:00:15	0																							
	VA 1487	X			15:35:18	15:35:35	00:00:17	0																							
	VA 1488			X	15:35:24	15:35:39	00:00:15		0																						
	VA 1489	X			15:35:38	15:35:46	00:00:08	0																							
	VA 1490	X			15:35:46	15:35:53	00:00:07	0																							
	VA 1491		X		15:35:54	15:36:05	00:00:11		0																						
	VA 1492	X			15:35:58	15:36:06	00:00:08	0																							
	VA 1493	X			15:36:02	15:36:08	00:00:06	0																							
39	VA 1494	X			15:36:06	15:36:48	00:00:42	22				0:00:35				16	9	4	6	7	7	7									
	VA 1495		X		15:36:08	15:36:47	00:00:39		19				0:00:46	0:00:46	0:01:19																
	VA 1496			X	15:36:12	15:36:52	00:00:40		20																						
	VA 1497		X		15:36:14	15:36:54	00:00:40		20																						
	VA 1498		X		15:36:18	15:36:57	00:00:39		19																						
	VA 1499			X	15:36:20	15:37:00	00:00:40		20																						
	VA 1500	X			15:36:20	15:36:52	00:00:32	12																							
	VA 1501		X		15:36:24	15:37:01	00:00:37		17																						
	VA 1502		X		15:36:30	15:37:05	00:00:35		15																						
	VA 1503	X			15:36:32	15:36:59	00:00:27	7																							
	VA 1504	X			15:36:36	15:37:02	00:00:26	6																							
	VA 1505	X			15:36:40	15:37:04	00:00:24	4																							
	VA 1506		X		15:36:50	15:37:10	00:00:20		0																						
	VA 1507	X			15:37:02	15:37:12	00:00:10	0																							
	VA 1508	X			15:37:04	15:37:13	00:00:09	0																							
	VA 1509		X		15:37:08	15:37:15	00:00:07		0																						
	VA 1510	X			15:37:08	15:37:15	00:00:07	0																							
VA 1511			X	15:37:12	15:37:21	00:00:09		0																							
VA 1512	X			15:37:14	15:37:20	00:00:06	0																								
VA 1513		X		15:37:16	15:37:24	00:00:08		0																							
VA 1514			X	15:37:18	15:37:30	00:00:12		0																							
VA 1515			X	15:37:22	15:37:31	00:00:09		0																							
40	VA 1516	X			15:37:26	15:38:02	00:00:36	16				0:00:47	0:00:47	0:01:25								256	368								
	VA 1517		X		15:37:28	15:38:03	00:00:35		15																						
	VA 1518	X			15:37:28	15:38:03	00:00:35	15																							
	VA 1519		X		15:37:34	15:38:06	00:00:32		12																						
	VA 1520	X			15:37:34	15:38:05	00:00:31	11																							
	VA 1521		X		15:37:36	15:38:08	00:00:32		12																						
	VA 1522	X			15:37:42	15:38:12	00:00:30		10																						
	VA 1523		X		15:37:46	15:38:14	00:00:28		8																						
	VA 1524			X	15:37:48	15:38:17	00:00:29		9																						
	VA 1525	X			15:37:48	15:38:10	00:00:22	2																							
	VA 1526		X		15:37:56	15:38:21	00:00:25		5																						
	VA 1527			X	15:38:00	15:38:24	00:00:24		4																						
	VA 1528	X			15:38:04	15:38:16	00:00:12	0																							
	VA 1529	X			15:38:06	15:38:19	00:00:13	0																							
	VA 1530			X	15:38:06	15:38:27	00:00:21		1																						
	VA 1531			X	15:38:10	15:38:29	00:00:19		0																						
	VA 1532	X			15:38:10	15:38:21	00:00:11	0																							
VA 1533		X		15:38:12	15:38:31	00:00:19		0																							
VA 1534			X	15:38:14	15:38:33	00:00:19		0																							
VA 1535			X	15:38:18	15:38:36	00:00:18		0																							
VA 1536		X		15:38:20	15:38:38	00:00:18		0																							
VA 1537	X			15:38:24	15:38:37	00:00:13	0																								
VA 1538	X			15:38:24	15:38:29	00:00:05	0																								
VA 1539		X		15:38:26	15:38:40	00:00:14		0																							
VA 1540		X		15:38:30	15:38:43	00:00:13		0																							
VA 1541	X			15:38:32	15:38:47	00:00:15		0																							
41	VA 1542	X			15:38:34	15:39:28	00:00:54	34				0:00:48	0:00:48	0:01:16																	
	VA 1543	X			15:38:36	15:39:31	00:00:55	35																							
	VA 1544			X	15:38:48	15:39:34	00:00:46		26																						
	VA 1545		X		15:38:50	15:39:36	00:00:46		26																						
	VA 1546		X		15:38:52	15:39:37	00:00:45		25																						
	VA 1547	X			15:38:56	15:39:34	00:00:38	18																							
	VA 1548			X	15:39:04	15:39:39	00:00:35		15																						
	VA 1549		X		15:39:06	15:39:40	00:00:34		14																						
	VA 1550		X		15:39:10	15:39:41	00:00:31		11																						
	VA 1551	X			15:39:16	15:39:42	00:00:26	6																							
	VA 1552			X	15:39:18	15:39:45	00:00:27		7																						
	VA 1553		X		15:39:22	15:39:47	00:00:25		5																						
	VA 1554	X			15:39:24	15:39:47	00:00:23	3																							
	VA 1555		X		15:39:26	15:39:49	00:00:23		3																						
	VA 1556			X	15:39:32	15:39:53	00:00:21		1																						
	VA 1557	X			15:39:32	15:39:49	00:00:17	0																							
	VA 1558		X		15:39:34	15:39:57	00:00:23		3																						
VA 1559		X		15:39:36	15:39:59	00:00:23		3																							
VA 1560	X			15:39:38	15:39:53	00:00:15	0																								
VA 1561	X			15:39:42	15:39:58	00:00:16	0																								
VA 1562		X		15:39:48	15:40:01	00:00:13		0																							
VA 1563	X			15:39:52	15:40:03	00:00:11	0																								
VA 1564		X		15:39:56	15:40:04	00:00:08		0																							
VA 1565			X	15:40:00	15:40:09	00:00:09		0																							
VA 1566	X			15:40:02	15:40:10	00:00:08		0																							
VA 1567	X			15:40:06	15:40:12	00:00:06		0																							
VA 1568			X	15:40:08	15:40:15	00:00:07		0																							

Ciclo	Veículo	Lado			Tempo de passagem			Atraso (s/veic)		Atraso médio (s/veic)		Tempo de vermelho	Tempo de verde		Tempo ciclo	Fluxos			Filas			NR paragens (veic/h)	
								E	D	E	D								início verde	de comp. Máx.			
		E	DF	DD	t1	t2	At	E	D	E	D		(s)	(g)		E	DF	DD	E	D	E	D	E
42	VA 1569		X		15:40:22	15:40:49	00:00:27		7			0:00:30											
	VA 1570	X			15:40:22	15:40:54	00:00:32	12															
	VA 1571			X	15:40:26	15:40:51	00:00:25		5														
	VA 1572		X		15:40:32	15:40:55	00:00:23		3														
	VA 1573	X			15:40:36	15:40:56	00:00:20	0															
	VA 1574		X		15:40:38	15:40:58	00:00:20	0															
	VA 1575		X		15:40:40	15:41:01	00:00:21		1														
	VA 1576		X		15:40:42	15:41:03	00:00:21		1														
	VA 1577		X		15:40:52	15:41:05	00:00:13	0															
	VA 1578			X	15:41:00	15:41:11	00:00:11	0															
	VA 1579	X			15:41:04	15:41:10	00:00:06	0															
	VA 1580		X		15:41:06	15:41:14	00:00:08	0															
	VA 1581			X	15:41:10	15:41:18	00:00:08	0															
	VA 1582		X		15:41:12	15:41:19	00:00:07	0															
	VA 1583			X	15:41:14	15:41:22	00:00:08	0															
	VA 1584	X			15:41:18	15:41:24	00:00:06	0															
	43	VA 1585		X		15:41:24	15:42:23	00:00:59		39				0:00:49		0:00:49	0:01:22						
VA 1586				X	15:41:28	15:42:27	00:00:59		39														
VA 1587		X			15:41:30	15:42:17	00:00:47	27															
VA 1588			X		15:41:40	15:42:19	00:00:39	19															
VA 1589			X		15:41:44	15:42:29	00:00:45		25														
VA 1590			X		15:41:52	15:42:31	00:00:39		19														
VA 1591			X		15:41:54	15:42:33	00:00:39		19														
VA 1592			X		15:41:58	15:42:38	00:00:40		20														
VA 1593		X			15:41:58	15:42:25	00:00:27	7															
VA 1594		X			15:42:16	15:42:27	00:00:11	0															
VA 1595		X			15:42:20	15:42:37	00:00:17	0															
VA 1596				X	15:42:24	15:42:41	00:00:17	0															
VA 1597		X			15:42:24	15:42:31	00:00:07	0															
VA 1598		X			15:42:32	15:42:38	00:00:06	0															
VA 1599			X		15:42:34	15:42:45	00:00:11	0															
VA 1600			X		15:42:42	15:42:57	00:00:15	0															
VA 1601				X	15:42:46	15:42:59	00:00:13	0															
44	VA 1602	X			15:42:48	15:42:57	00:00:09	0				0:00:49	0:00:49	0:01:27									
	VA 1603		X		15:42:52	15:43:01	00:00:09	0															
	VA 1604	X			15:42:52	15:43:01	00:00:09	0															
	VA 1605			X	15:42:54	15:43:04	00:00:10	0															
	VA 1606		X		15:42:56	15:43:05	00:00:09	0															
	VA 1607		X		15:43:00	15:43:41	00:00:41	21															
	VA 1608		X		15:43:04	15:43:45	00:00:41	21															
	VA 1609			X	15:43:14	15:43:49	00:00:35	15															
	VA 1610			X	15:43:14	15:43:47	00:00:33	13															
	VA 1611		X		15:43:20	15:43:51	00:00:31	11															
	VA 1612		X		15:43:22	15:43:53	00:00:31	11															
	VA 1613			X	15:43:26	15:43:57	00:00:31	11															
	VA 1614		X		15:43:44	15:44:04	00:00:20	0															
	VA 1615			X	15:43:50	15:44:06	00:00:16	0															
	VA 1616	X			15:43:56	15:44:02	00:00:06	0															
	VA 1617		X		15:43:58	15:44:07	00:00:09	0															
	VA 1618		X		15:44:02	15:44:10	00:00:08	0															
45																							

Nota: Na tabela supra é utilizada a seguinte nomenclatura, MOT para motociclos e VA para veículos automóveis.

A.2. DÉBITO DE SATURAÇÃO PRÁTICO

A.2.1. VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2 - 1º PERÍODO DE ESTUDO

Ciclo	Partidas da fila (D)			Tempo de saturação (s)	Partidas da fila (E)			Tempo de saturação (s)
	t_i	t_{int}	t_f		t_i	t_{int}	t_f	
1	2			7	2			9
2	3	3		18				
3					2			7
4	2	4		16	3			8
5	3			9				
6	3			8	3			10
7	2			8				
8	2			5	2	2		13
9	2			8	2	1		12
10	2	2		15	3			10
11	2	2		16	1			4
12					3			8
13	2	2		14	3			10
14	3			10	2			7
15					1			4
16	1			3	1			3
17	3			10	3			9
18	2			7				
19								
20	4			9	3			9
21					1			3
22	2	3		15	2	1		11
23					1			5
24	1			6	1			4
25	1			5	3			9
26	2			6	4			10
27				0	1			7
28	2	3		15	1			5
29	2	1		11	1			6
30	2	1		12	2	2		13
31	1			4	2			7
32	1			5	1			5
33	2			10	3	1		12
34	3	1		13	3	2		14
35	2			6	1			3
36	3	2		14	1			5
37	4	1		11	1			3

Ciclo	Partidas da fila (D)			Tempo de saturação (s)	Partidas da fila (E)			Tempo de saturação (s)
	t_i	t_{int}	t_f		t_i	t_{int}	t_f	
38	2			8	1			11
39	3			8	2			9
40	1			4	1			4
41	3	1		12	3	2		15
42					2			8
43					1			5
44	3			9	1			5
45	3			9	2			6
46					1			4
47	2	1		13	1			6
48	2			8	3	2		15
49					1			9
TOTAL	85	27	0	205	82	13	0	116
AMOSTRA	38	14	0	38	44	8	0	44

Nº ciclos válidos $tsat > 10s$	14	Nº ciclos válidos $tsat > 10s$	8
s (via direita)	0,4154 veíc/s	s (via esquerda)	0,5200 veíc/s
	1495 veíc/h		1872 veíc/h

A.2.2. VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2 - 2º PERÍODO DE ESTUDO

Ciclo	Partidas da fila (D)			Tempo de saturação (s)	Partidas da fila (E)			Tempo de saturação (s)
	t_i	t_{int}	t_f		t_i	t_{int}	t_f	
1	2			7	1			4
2	1	1		11	1			4
3	2			6	3			9
4	2			7				0
5	1			5	2			7
6	3	1		11	3			10
7	3	4		21	4			10
8	3			7				
9	1			4				
10	2	2		15	4	6		24
11	3			9	2	3		15
12					2			7
13	2	4		17	3	2		14
14								
15	3	4		21	2			7
16	1			4				
17	2			7	2			9
18	3	2		15	2			9
19	2			7	3			9
20	3	1		12	1			3
21	1			3				
22	2	2		12	2			8
23	1			3				
24	1			4	3	3		16
25	2	7		32	1			8
26	2	6		24	2			7
27	2			8				
28	2	1		11	1			5
29	1			3				
30	3	1		13	1			4
31	2			8	2			9
32	3			10				
33	2			9	2			7
34	1			4	2			6
35				0				
36	3			10				
37	3	2		12	1			3

Ciclo	Partidas da fila (D)			Tempo de saturação (s)	Partidas da fila (E)			Tempo de saturação (s)
	t_i	t_{int}	t_f		t_i	t_{int}	t_f	
38	1			3	1			11
39	2			7				
40	3			10				
41	1			8	2			8
42	1			3				
43	2	1		12	3			9
44	3	3		17	1			7
45	1	7		27	1			5
46	2			9	2			6
47	3			9	1			5
TOTAL	89	49		283	63	14		80
AMOSTRA	44	17		44	33	4		32

Nº ciclos válidos $tsat > 10s$	17	Nº ciclos válidos $tsat > 10s$	4
s (via direita)	0,4336 veíc/s	s (via esquerda)	0,3500 veíc/s
	1561 veíc/h		1260 veíc/h

A.2.3. RUA DR. ROBERTO FRIAS - 1º PERÍODO DE ESTUDO

Ciclo	Partidas da fila (E)			Tempo de saturação (s)	Partidas da fila (D)			Tempo de saturação (s)
	t_i	t_{int}	t_f		t_i	t_{int}	t_f	
1		13		37	2	4		17
2	2	11		44	1	14		40
3	3	5		22	2	7		25
4	2	5		19	2	4		18
5	1	5		18	2	7		25
6	2	7		19	4	6		24
7	2	8		30	3	7		28
8	1	8		33	2	8		38
9	3	4		18	1	7		25
10	2	1		12	2	7		26
11	3	1		12	2	3		12
12	2	9		27	2	6		28
13	3	5		21	2	3		17
14	3	6		25	2	7		28
15	2	4		18	2	7		28
16	2	3		17	2	3		14
17	1			5	2	1		14
18	1	6		18	2	10		33
19	2	2		14	3	9		32
20	2			10	2	2		14
21	2	1		11	3	3		18
TOTAL	41	104	0	415	45	125	0	504
AMOSTRA	20	19	0		21	21	0	

Nº ciclos válidos $tsat > 10s$	19	Nº ciclos válidos $tsat > 10s$	21
s (via direita)	0,4622 veíc/s 1664 veíc/h	s (via esquerda)	0,4252 veíc/s 1531 veíc/h

A.2.4. RUA DR. ROBERTO FRIAS - 2º PERÍODO DE ESTUDO

Ciclo	Partidas da fila (E)			Tempo de saturação (s)	Partidas da fila (D)			Tempo de saturação (s)
	t_i	t_{int}	t_f		t_i	t_{int}	t_f	
1	1	6		23	1	9		28
2	2	2		14	3	2		17
3	3	5		24	2	8		28
4	3	5		23	3	5		22
5	2	10		41	3	2		14
6					1			6
7	3			10	2	2		14
8	2			9	2			9
9	1	9		27	1	9		33
10	3	12		40	2	5		21
11	2	11		34	3	11		41
12	2	4		19	2	9		27
13	3	6		23	2	10		33
14	4	5		22	3	5		24
15	2	6		25	2	11		42
16	2	4		20	2	6		21
17	1	6		23	2	6		23
18	2	5		18	2	13		41
19	2	2		14	3	7		32
20	2	2		15	3	5		23
21	3	1		14	2	11		33
22	1	9		35	2	5		23
23	2	2		13	2	2		14
24	3	4		18	2	6		23
25	3	5		24	3	5		24
26	3	7		25	2	8		30
27	3	3		17	3	4		21
28	2	3		18	3			10
29	2	8		33	2	10		31
30	2	12		39	2	3		16
31	3	5		24	2	5		23
32	3	6		22	3	7		25
33	2	4		19	1	5		17
34	2	4		19	2	4		20
35	3	2		16	4	6		24
36	2	1		11	2	6		25
37	2	4		20	2	6		25
38	2	4		18	3	4		19

Ciclo	Partidas da fila (E)			Tempo de saturação (s)	Partidas da fila (D)			Tempo de saturação (s)
	t_i	t_{int}	t_f		t_i	t_{int}	t_f	
39	2	5		23	2	5		24
40	3	3		17	2	7		28
41	3	7		27	2	11		31
42	2	2		13	2	4		20
43	2	3		14	1	8		31
44	2	5		21	2	9		30
TOTAL	99	209		905	97	266		1041
AMOSTRA	43	41			44	41		

Nº ciclos válidos $tsat > 10s$	41	Nº ciclos válidos $tsat > 10s$	41
s (via direita)	0,4222 veíc/s	s (via esquerda)	0,4216 veíc/s
	1520 veíc/h		1518 veíc/h

A.3. DÉBITO DE SATURAÇÃO TEÓRICO UTILIZANDO O HCM

A.3.1. VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2 - 1º PERÍODO DE ESTUDO

Variáveis	Vias	
	D	E
$P_{hv} (\%)$	0,55	0
N	1	1
N_m	0	0
N_b	0	0
f_g	1	1
f_w	1	1
f_{hv}	0,99	1
f_p	1	1
f_{bb}	1	1
f_a	1	1
f_{Lu}	1	1
f_{Rt}	0,85	1
f_{Lt}	1	0,95
f_{Lpb}	1	1
f_{Rpb}	1	1
s_o (veíc/h)	1900	1900
s (veíc/h)	1601	1810

A.3.2. VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2 - 2º PERÍODO DE ESTUDO

Variáveis	Vias	
	D	E
$P_{hv} (\%)$	0	0
N	1	1
N_m	0	0
N_b	0	0
f_g	1	1
f_w	1	1
f_{hv}	1	1
f_p	1	1
f_{bb}	1	1
f_a	1	1
f_{Lu}	1	1
f_{Rt}	0,85	1
f_{Lt}	1	0,95
f_{Lpb}	1	1
f_{Rpb}	1	1
s_o (veíc/h)	1900	1900
s (veíc/h)	1610	1810

A.3.3. RUA DR. ROBERTO FRIAS - 1º PERÍODO DE ESTUDO

Variáveis	Movimentos		
	DF	DD	E
P _{hv} (%)	3,20	0	0,41
N	1	1	1
N _m	0	0	0
N _b	0	0	0
f _g	1	1	1
f _w	1	1	1
f _{hv}	0,97	1	1
f _p	1	1	1
f _{bb}	1	1	1
f _a	1	1	1
f _{Lu}	1	1	1
f _{Rt}	1	0,85	1
f _{Lt}	1	1	1
f _{Lpb}	1	1	1
f _{Rpb}	1	1	1
s _o (veíc/h)	1900	1900	1900
s (veíc/h)	1841	1610	1892

Sendo que o débito de saturação para a via direita é calculado da seguinte forma:

$$s_D = \frac{q_{DF} + q_{DD}}{\frac{q_{DF}}{s_{DF}} + \frac{q_{DD}}{s_{DD}}} = \frac{339 + 264}{\frac{339}{1841} + \frac{264}{1610}} = 1732 \text{ veic/h}$$

A.3.4. RUA DR. ROBERTO FRIAS - 2º PERÍODO DE ESTUDO

Variáveis	Movimentos		
	DF	DD	E
$P_{hv} (\%)$	4,81	0	1,44
N	1	1	1
N_m	0	0	0
N_b	0	0	0
f_g	1	1	1
f_w	1	1	1
f_{hv}	0,95	1	0,99
f_p	1	1	1
f_{bb}	1	1	1
f_a	1	1	1
f_{Lu}	1	1	1
f_{Rt}	1	0,85	1
f_{Lt}	1	1	1
f_{Lpb}	1	1	1
f_{Rpb}	1	1	1
s_o (veíc/h)	1900	1900	1900
s (veíc/h)	1813	1610	1873

Sendo que o débito de saturação para a via direita é calculado da seguinte forma:

$$s_D = \frac{q_{DF} + q_{DD}}{\frac{q_{DF}}{s_{DF}} + \frac{q_{DD}}{s_{DD}}} = \frac{403 + 241}{\frac{403}{1813} + \frac{241}{1610}} = 1731 \text{ veic/h}$$

A.4. DÉBITO DE SATURAÇÃO TEÓRICO UTILIZANDO O MÉTODO DE WEBSTER

A.4.1. VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2 - 1º PERÍODO DE ESTUDO

Variáveis	Vias	
	D	E
w (m)	3	3
i	0	0
Pi (Proporção de pesados)	0,01	0
Pi (Proporção de motas)	0,02	0,01
Ei pesados	2	2
Ei motas	0,4	0,4
ρ (Raio m)	5,6	8,58
f_w	0,97	0,97
f_i	1	1
f_z	1	1
f_p	0,95	1
f_t	1,00	1,00
f_d	0,79	0,85
s_0 (veíc/h)	1900	1900
s (veíc/h)	1384	1572

A.4.2. VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2 - 2º PERÍODO DE ESTUDO

Variáveis	Vias	
	D	E
w (m)	3	3
i	0	0
Pi (Proporção de pesados)	0	0
Pi (Proporção de motos)	0,00	0,02
Ei pesados	2	2
Ei motos	0,4	0,4
ρ (Raio m)	5,6	8,58
f_w	0,97	0,97
f_i	1	1
f_z	1	1
f_p	0,95	1
f_t	1,00	1,01
f_d	0,79	0,85
s_0 (veíc/h)	1900	1900
s (veíc/h)	1382	1582

A.4.3. RUA DR. ROBERTO FRIAS - 1º PERÍODO DE ESTUDO

Variáveis	Movimentos		
	DF	DD	E
w (m)	3,58	3,58	3,58
i	0	0	0
Pi (Proporção de pesados)	0,06	0	0,00
Pi (Proporção de motas)	0,01	0	0,01
Ei pesados	2	2	2
Ei motas	0,4	0,4	0,4
ρ (Raio m)	0	5	0
f_w	1,02	1,02	1,02
f_i	1	1	1
f_z	1	1	1
f_p	0,95	0,95	1
f_t	0,95	1	1,00
f_d	1	0,77	1
s_0 (veíc/h)	1900	1900	1900
s (veíc/h)	1741	1410	1932

Sendo que o débito de saturação para a via direita é calculado da seguinte forma:

$$s_D = \frac{q_{DF} + q_{DD}}{\frac{q_{DF}}{s_{DF}} + \frac{q_{DD}}{s_{DD}}} = \frac{339 + 264}{\frac{339}{1741} + \frac{264}{1410}} = 1579 \text{ veic/h}$$

A.4.4. RUA DR. ROBERTO FRIAS - 2º PERÍODO DE ESTUDO

Variáveis	Movimentos		
	DF	DD	E
w (m)	3,58	3,58	3,58
i	0	0	0
Pi (Proporção de pesados)	0,05	0	0,01
Pi (Proporção de motas)	0,01	0,02	0,01
Ei pesados	2	2	2
Ei motas	0,4	0,4	0,4
ρ (Raio m)	0	5	0
f_w	1,02	1,02	1,02
f_i	1	1	1
f_z	1	1	1
f_p	0,95	0,95	1
f_t	0,96	1,01	0,99
f_d	1	0,77	1
s_0 (veíc/h)	1900	1900	1900
s (veíc/h)	1759	1431	1911

Sendo que o débito de saturação para a via direita é calculado da seguinte forma:

$$s_D = \frac{q_{DF} + q_{DD}}{\frac{q_{DF}}{s_{DF}} + \frac{q_{DD}}{s_{DD}}} = \frac{403 + 241}{\frac{403}{1759} + \frac{241}{1431}} = 1620 \text{ veic/h}$$

A.5. DÉBITO DE SATURAÇÃO TEÓRICO UTILIZANDO O AKÇELIK

A 5.1. VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2 - 1º PERÍODO DE ESTUDO

E	carro	pesado	Total
q_i (veíc)	142	0	142
e_i (tcu/veíc)	1	2	
$e_i q_i$	142	0	142

$$f_c = 1$$

D	carro	pesado	Total
q_i (veíc)	178	1	179
e_i (tcu/veíc)	1	2	
$e_i q_i$	178	2	180

$$f_c = 1,01$$

Classe	s_D (veíc/h)	s_E (veíc/h)
A	1800	1810
B	1661	1670

A.5.2. VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2 - 2º PERÍODO DE ESTUDO

E	carro	pesado	Total
q_i (veíc)	116	0	116
e_i (tcu/veíc)	1	2	
$e_i q_i$	116	0	116

$$f_c = 1$$

D	carro	pesado	Total
q_i (veíc)	221	0	221
e_i (tcu/veíc)	1	2	
$e_i q_i$	221	0	221

$$f_c = 1$$

Classe	s_D (veíc/h)	s_E (veíc/h)
A	1810	1810
B	1670	1670

A.5.3. RUA DR. ROBERTO FRIAS - 1º PERÍODO DE ESTUDO

E	Carro	Pesado	Total
q_i (veíc)	239	1	240
e_i (tcu/veíc)	1	2	
$e_i q_i$	239	2	241

$$f_c = 1,00417$$

DF	Carro	Pesado	Total
q_i (veíc)	148	9	157
e_i (tcu/veíc)	1	2	
$e_i q_i$	148	18	166

$$f_c = 1,0573$$

DD	Carro	Pesado	Total
q_i (veíc)	123	0	123
e_i (tcu/veíc)	1	2	
$e_i q_i$	123	0	123

$$f_c = 1$$

Classe	s_D (veíc/h)	s_E (veíc/h)	s_{DF} (veíc/h)	s_{DD} (veíc/h)
A	1753	1842	1712	1810
B	1618	1693	1579	1670

A.5.4. RUA DR. ROBERTO FRIAS - 2º PERÍODO DE ESTUDO

E	Carro	Pesado	Total
q_i (veíc)	542	8	550
e_i (tcu/veíc)	1	2	
$e_i q_i$	542	16	558

$$f_c = 1,0145$$

DF	Carro	Pesado	Total
q_i (veíc)	392	20	412
e_i (tcu/veíc)	1	2	
$e_i q_i$	392	40	432

$$f_c = 1,0485$$

DD	Carro	Pesado	Total
q_i (veíc)	243	0	243
e_i (tcu/veíc)	1	2	
$e_i q_i$	243	0	243

$$f_c = 1$$

Classe	s_D (veíc/h)	s_E (veíc/h)	s_{DF} (veíc/h)	s_{DD} (veíc/h)
A	1757	1823	1726	1810
B	1621	1676	1593	1670

A.6. APLICAÇÃO DO MÉTODO DESCRITO NO HCM PARA A DETERMINAÇÃO DO ATRASO

A 6.1. VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2

Período de análise	g (s)	C (s)	r (s)	T (h)	N	c (veic/h)			θ (veic/h)			X			d1 (s/veic)			XA=X			K			I	d2 (s/veic)		Qb	tA (h)		Qeo (veic)		Qe (veic)		d3 (s/veic)		d (s/veic)	
						D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E		D	E		D	E	D	E	D	E	D	E	D	E
1	28	80	52	0,25	1	560	633	224	144	0,3997	0,2274	19,65	18,36	0,3997	0,2274	0,5	0,5	0,00	0,00	1	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0,00	19,65	18,36			
2	27	78	51	0,26		554	626	147	127	0,2645	0,2033	18,35	17,94	0,2645	0,2033	0,5	0,5	0,00	0,00		0,00	0,00		0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	18,35	17,94		
3	29	79	50	0,26		588	664	141	148	0,2390	0,2230	17,34	17,23	0,2390	0,2230	0,5	0,5	0,00	0,00		0,00	0,00		0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	17,34	17,23		
4	28	79	51	0,31		568	641	167	115	0,2941	0,1786	18,38	17,57	0,2941	0,1786	0,5	0,5	0,00	0,00		0,00	0,00		0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	18,38	17,57		
5	28	83	55	0,25		543	610	186	154	0,3427	0,2530	20,60	19,92	0,3427	0,2530	0,5	0,5	0,00	0,00		0,00	0,00		0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	20,60	19,92		
6	27	78	51	0,26		557	626	211	123	0,3787	0,1961	19,19	17,89	0,3787	0,1961	0,5	0,5	0,00	0,00		0,00	0,00		0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	19,19	17,89		
7	28	81	53	0,27		557	626	241	85	0,4325	0,1362	20,39	18,20	0,4325	0,1362	0,5	0,5	0,00	0,00		0,00	0,00		0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	20,39	18,20		
8	30	84	54	0,28		575	646	196	86	0,3412	0,1325	19,77	18,22	0,3412	0,1325	0,5	0,5	0,00	0,00		0,00	0,00		0	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0,00	19,77	18,22		

A.6.2. RUA DR. ROBERTO FRIAS

Período de análise	g (s)	C (s)	r (s)	T (h)	N	c (veic/h)		θ (veic/h)		X		d1 (s/veic)		XA=X		K		I	d2 (s/veic)		Qb	tA (h)		Qeo (veic)		Qe (veic)		d3 (s/veic)		d (s/veic)	
						D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E		D	E		D	E	D	E	D	E	D	E	D	E
1	48	81	33	0,25		1027	1121	624	551	0,6082	0,4917	10,51	9,49	0,6082	0,4917	0,5	0,5		0,00	0,00		0,00	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	10,51	9,49
2	44	77	33	0,21		990	1081	592	494	0,5983	0,4572	10,74	9,57	0,5983	0,4572	0,5	0,5		0,00	0,00		0,00	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	10,74	9,57
3	48	84	36	0,26	1	989	1070	653	571	0,6598	0,5332	12,38	11,09	0,6598	0,5332	0,5	0,5	1	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	12,38	11,09
4	47	84	37	0,26		969	1048	676	536	0,6981	0,5110	13,37	11,41	0,6981	0,5110	0,5	0,5		0,00	0,00		0,00	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	13,37	11,41
5	45	82	37	0,25		950	1028	631	536	0,6642	0,5213	13,14	11,69	0,6642	0,5213	0,5	0,5		0,00	0,00		0,00	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	13,14	11,69
6	46	83	37	0,25		960	1038	657	539	0,6852	0,5189	13,30	11,58	0,6852	0,5189	0,5	0,5		0,00	0,00		0,00	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	13,30	11,58

A.7. APLICAÇÃO DO MÉTODO DE WEBSTER PARA A DETERMINAÇÃO DO ATRASO

A 7.1. VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2

Período de análise	g médio (s)	Ciclo médio (s)	$\Delta t(h)$	λ	x		q (veíc/s)		d (s/veíc)	
					D	E	D	E	D	E
1	28	80	0,25	0,35	0,4624	0,2617	0,0622	0,0400	22,37	19,61
2	27	78	0,26	0,35	0,3060	0,2340	0,0407	0,0354	20,02	19,04
3	29	79	0,26	0,37	0,2765	0,2566	0,0390	0,0411	18,79	18,42
4	28	79	0,31	0,35	0,3402	0,2056	0,0464	0,0318	19,76	18,52
5	28	83	0,25	0,34	0,3993	0,2895	0,0517	0,0429	22,93	21,33
6	27	78	0,26	0,35	0,4413	0,2243	0,0586	0,0341	21,78	18,93
7	28	81	0,27	0,35	0,5040	0,1558	0,0669	0,0237	23,50	18,90
8	30	84	0,28	0,36	0,3976	0,1516	0,0545	0,0238	22,17	18,89

A.7.2. RUA DR. ROBERTO FRIAS

Período de análise	g médio (s)	Ciclo médio (s)	$\Delta t(h)$	λ	x		q (veíc/s)		d (s/veíc)	
					D	E	D	E	D	E
1	48	81	0,25	0,59	0,6673	0,4817	0,1734	0,1532	13,76	10,61
2	44	77	0,21	0,57	0,6564	0,4479	0,1645	0,1373	13,94	10,62
3	48	84	0,26	0,57	0,7051	0,5227	0,1813	0,1585	15,94	12,39
4	47	84	0,26	0,56	0,7460	0,5009	0,1878	0,1488	17,69	12,64
5	45	82	0,25	0,55	0,7099	0,5110	0,1753	0,1488	16,85	12,98
6	46	83	0,25	0,55	0,7322	0,5087	0,1826	0,1496	17,41	12,84

**A.8. APLICAÇÃO DO MÉTODO DESCRITO NO AKÇELIK PARA A DETERMINAÇÃO DO ATRASO, DO
COMPRIMENTO DE FILAS E Nº DE PARAGENS**

A 8.1. VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2

Classe de Localização (A)																															
Intervalo	g (s)	c (s)	r (s)	Tr (h)	u	Y		q (veic/h)		Q (veic/h)		x		xo		z		N0 (veic)		D (veic)		d (s/veic)		N (veic)		Nm (veic)		h		H (veic/h)	
						D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E
1	28	80	52	0,25	0,35	0,1244	0,0796	224	144	630	634	0,3556	0,2273	0,6933	0,6935	-0,6444	-0,7727	0	0	1,20	0,73	19,30	18,36	3	2	4	2	0,6682	0,6356	150	92
2	27	78	51	0,26	0,35	0,0815	0,0703	147	127	623	627	0,2353	0,2032	0,6925	0,6926	-0,7647	-0,7968	0	0	0,74	0,63	18,15	17,93	2	2	2	2	0,6406	0,6330	94	81
3	29	79	50	0,26	0,37	0,0781	0,0818	141	148	661	664	0,2127	0,2229	0,6942	0,6943	-0,7873	-0,7771	0	0	0,67	0,71	17,16	17,23	2	2	2	2	0,6179	0,6204	87	92
4	28	79	51	0,31	0,35	0,0927	0,0633	167	115	638	642	0,2616	0,1786	0,6933	0,6935	-0,7384	-0,8214	0	0	0,84	0,56	18,14	17,57	2	2	3	2	0,6404	0,6203	107	71
5	28	83	55	0,25	0,34	0,1028	0,0853	186	154	611	611	0,3048	0,2530	0,6935	0,6935	-0,6952	-0,7470	0	0	1,05	0,85	20,31	19,92	3	2	3	3	0,6647	0,6520	124	101
6	27	78	51	0,26	0,35	0,1166	0,0679	211	123	627	627	0,3369	0,1960	0,6926	0,6926	-0,6631	-0,8040	0	0	1,11	0,61	18,87	17,89	3	2	3	2	0,6661	0,6313	141	78
7	28	81	53	0,27	0,35	0,1330	0,0471	241	85	626	626	0,3848	0,1361	0,6935	0,6935	-0,6152	-0,8639	0	0	1,34	0,43	20,00	18,20	4	1	4	1	0,6792	0,6180	164	53
8	30	84	54	0,28	0,36	0,1084	0,0473	196	86	646	646	0,3036	0,1325	0,6951	0,6951	-0,6964	-0,8675	0	0	1,06	0,43	19,47	18,22	3	1	3	1	0,6489	0,6073	127	52

Classe de Localização (B)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Intervalo	g (s)	c (s)	r (s)	Tr (h)	u	y		q (veic/h)				Q (veic/h)				x				xo				z				N0 (veic)				D (veic)				d (s/veic)				N (veic)				Nm (veic)				h				H (veic/h)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
						D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D

A.8.2. RUA DR. ROBERTO FRIAS

Classe de Localização (A)																															
Intervalo	g (s)	c (s)	r (s)	Tr (h)	u	y		q (veic/h)		Q (veic/h)		x		xo		z		N0 (veic)		D (veic)		d (s/veic)		N (veic)		Nm (veic)		h		H (veic/h)	
						D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E
1	48	81	33	0,25	0,59	0,3560	0,2993	624	551	1039	1092	0,6008	0,5060	0,7090	0,7109	-0,3992	-0,4950	0	0	1,81	1,47	10,44	9,59	6	5	9	7	0,5694	0,5233	355	289
2	44	77	33	0,21	0,57	0,3377	0,2683	592	494	1002	1053	0,5910	0,4695	0,7057	0,7075	-0,4090	-0,5305	0	0	1,76	1,33	10,68	9,66	5	5	8	6	0,5824	0,5272	345	261
3	48	84	36	0,26	0,57	0,3716	0,3130	653	571	1004	1042	0,6503	0,5477	0,7096	0,7105	-0,3497	-0,4523	0	0	2,23	1,78	12,28	11,23	7	6	10	8	0,6138	0,5614	401	320
4	47	84	37	0,26	0,56	0,3850	0,2937	676	536	983	1020	0,6880	0,5249	0,7088	0,7097	-0,3120	-0,4751	0	0	2,49	1,72	13,25	11,54	7	6	11	8	0,6445	0,5613	436	301
5	45	82	37	0,25	0,55	0,3593	0,2939	631	536	964	1001	0,6547	0,5355	0,7072	0,7080	-0,3453	-0,4645	0	0	2,28	1,76	13,03	11,82	6	6	10	8	0,6338	0,5751	400	308
6	46	83	37	0,25	0,55	0,3743	0,2954	657	539	974	1011	0,6753	0,5330	0,7080	0,7088	-0,3247	-0,4670	0	0	2,41	1,75	13,18	11,70	7	6	11	8	0,6412	0,5694	422	307

Classe de Localização (B)																															
Intervalo	g (s)	c (s)	r (s)	Tr (h)	u	y		q (veic/h)		Q (veic/h)		x		xo		z		N0 (veic)		D (veic)		d (s/veic)		N (veic)		Nm (veic)		h		H (veic/h)	
						D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	D	E
1	48	81	33	0,25	0,59	0,3859	0,3257	624	551	959	1003	0,6512	0,5496	0,7060	0,7076	-0,3488	-0,4504	0	0	1,90	1,53	10,95	9,97	6	5	9	7	0,5971	0,5438	373	300
2	44	77	33	0,21	0,57	0,3661	0,2920	592	494	924	967	0,6406	0,5110	0,7030	0,7045	-0,3594	-0,4890	0	0	1,84	1,37	11,15	9,99	5	5	9	6	0,6084	0,5448	360	269
3	48	84	36	0,26	0,57	0,4028	0,3406	653	571	926	958	0,7048	0,5960	0,7066	0,7072	-0,2952	-0,4040	0	0	2,34	1,85	12,92	11,70	7	6	11	9	0,6458	0,5849	422	334
4	47	84	37	0,26	0,56	0,4172	0,3196	676	536	907	938	0,7457	0,5712	0,7058	0,7065	-0,2543	-0,4288	0	0	2,80	1,78	14,91	11,98	7	6	12	8	0,6935	0,5826	469	312
5	45	82	37	0,25	0,55	0,3894	0,3198	631	536	889	920	0,7095	0,5827	0,7043	0,7049	-0,2905	-0,4173	0	0	2,42	1,83	13,78	12,27	7	6	11	8	0,6667	0,5970	421	320
6	46	83	37	0,25	0,55	0,4056	0,3214	657	539	898	929	0,7319	0,5800	0,7051	0,7057	-0,2681	-0,4200	0	0	2,64	1,82	14,47	12,15	7	6	12	8	0,6839	0,5913	450	318

A.9. TABELAS DE COMPARAÇÃO DOS VALORES OBTIDOS COM OS MÉTODOS E O VALOR REAL

A 9.1. ATRASO - VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2

Via direita																	
Período de análise	Atraso (s)				Diferença ao real (%)				Diferença média ao real				Diferença média ao real				
	HCM	Webster	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Real	HCM	Webster	Akcelik(A)	Akcelik(B)	HCM	Webster	Akcelik(A)	Akcelik(B)	HCM	Webster	Akcelik(A)	Akcelik(B)
	1	19,65	22,37	19,30	19,53	19,74	-0,09	2,63	-0,44	-0,21							
2	18,35	20,02	18,15	18,29	14,41	3,95	5,61	3,74	3,88	4,30	6,10	4,06	4,22				
3	17,34	18,79	17,16	17,29	11,66	5,69	7,13	5,51	5,63								
4	18,38	19,76	18,14	18,30	10,73	7,64	9,03	7,41	7,57								
5	20,60	22,93	20,31	20,51	12,54	8,07	10,40	7,77	7,97					5,47	7,67	5,19	5,38
6	19,19	21,78	18,87	19,09	11,35	7,84	10,43	7,53	7,74	6,64	9,25	6,32	6,53				
7	20,39	23,50	20,00	20,26	12,93	7,46	10,57	7,07	7,33								
8	19,77	22,17	19,47	19,67	16,57	3,19	5,59	2,89	3,09								

Via direita

Período de análise	Atraso (s)				Relação Mét/real (%)				Média da relação Mét/real (%) por estudo				Média da relação Mét/real (%) total				
	HCM	Webster	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Real	HCM	Webster	Akcelik(A)	Akcelik(B)	HCM	Webster	Akcelik(A)	Akcelik(B)	HCM	Webster	Akcelik(A)	Akcelik(B)
	1	19,65	22,37	19,30	19,53	19,74	100	113	98	99							
2	18,35	20,02	18,15	18,29	14,41	127	139	126	127	137	149	135	136				
3	17,34	18,79	17,16	17,29	11,66	149	161	147	148								
4	18,38	19,76	18,14	18,30	10,73	171	184	169	171					145	161	143	144
5	20,60	22,93	20,31	20,51	12,54	164	183	162	164								
6	19,19	21,78	18,87	19,09	11,35	169	192	166	168	153	173	150	152				
7	20,39	23,50	20,00	20,26	12,93	158	182	155	157								
8	19,77	22,17	19,47	19,67	16,57	119	134	117	119								

Via esquerda																										
Período de análise	Atraso (s)						Diferença ao real (s)						Diferença média ao real													
	HCM		Webster		Akcelik(A)		Akcelik(B)		Real		HCM		Webster		Akcelik(A)		Akcelik(B)		HCM		Webster		Akcelik(A)		Akcelik(B)	
1	18,36	19,61	18,36	18,49	11,50	6,86	8,11	6,86	6,99																	
2	17,94	19,04	17,93	18,05	12,78	5,15	6,26	5,15	5,27					5,09		6,21	5,09	5,21								
3	17,23	18,42	17,23	17,36	12,55	4,68	5,87	4,68	4,81																	
4	17,57	18,52	17,57	17,67	13,90	3,67	4,62	3,67	3,77																	
5	19,92	21,33	19,92	20,08	15,67	4,26	5,66	4,26	4,41																	
6	17,89	18,93	17,89	18,00	7,88	10,01	11,05	10,01	10,12					7,73		8,68	7,73	7,83								
7	18,20	18,90	18,20	18,27	12,77	5,42	6,13	5,42	5,50																	
8	18,22	18,89	18,22	18,30	7,00	11,22	11,89	11,22	11,30																	

Via esquerda

Período de análise	Atraso (s)						Relação Métr/real (%)						Média da relação Métr/real (%) por estudo						Relação (Akcelik(A)/Akcelik(B)) (%)	Média (Akcelik(A)/Akcelik(B)) (%)						
	HCM		Webster		Akcelik(A)		Akcelik(B)		Real		HCM		Webster		Akcelik(A)		Akcelik(B)									
1	18,36	19,61	18,36	18,49	11,50	160	170	160	161																	
2	17,94	19,04	17,93	18,05	12,78	140	149	140	141					141		150	141	142								
3	17,23	18,42	17,23	17,36	12,55	137	147	137	138																	
4	17,57	18,52	17,57	17,67	13,90	126	133	126	127																	
5	19,92	21,33	19,92	20,08	15,67	127	136	127	128																	
6	17,89	18,93	17,89	18,00	7,88	227	240	227	228					189		199	189	190								
7	18,20	18,90	18,20	18,27	12,77	142	148	142	143																	
8	18,22	18,89	18,22	18,30	7,00	260	270	260	261																	

A 9.2. ATRASO - RUA DR. ROBERTO FRIAS

Período de análise	Via direita																
	Atraso (s)					Diferença ao real (s)					Diferença média ao real por estudo						
	HCM	Webster	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Real	HCM	Webster	Akcelik(A)	Akcelik(B)	HCM	Webster	Akcelik(A)	Akcelik(B)	HCM	Webster	Akcelik(A)	Akcelik(B)
1	10,51	13,76	10,44	10,95	12,56	-2,05	1,20	-2,12	-1,61	-1,20	2,02	-1,27	-0,78				
2	10,74	13,94	10,68	11,15	11,10	-0,36	2,83	-0,42	0,05								
3	12,38	15,94	12,28	12,92	8,55	3,84	7,40	3,73	4,37								
4	13,37	17,69	13,25	14,91	9,08	4,29	8,61	4,17	5,83	4,55	8,48	4,44	5,53	2,64	6,33	2,54	3,42
5	13,14	16,85	13,03	13,78	8,43	4,71	8,42	4,60	5,35								
6	13,30	17,41	13,18	14,47	7,91	5,39	9,50	5,27	6,56								

Via direita																		
Período de análise	Atraso (s)				Relação Métr/real (%)				Média da relação Métr/real (%) por estudo				Média da relação Métr/real (%) total			Relação (Akcelik(A)/Akcelik(B)) (%)	Média (Akcelik(A)/Akcelik(B)) (%)	Média (Akcelik(A)/Akcelik(B)) (%)
	HCM	Webster	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Real	HCM	Webster	Akcelik(A)	Akcelik(B)	HCM	Webster	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)			
1	10,51	13,76	10,44	10,95	12,56	84	110	83	87	90	118	90	94			95	96	
2	10,74	13,94	10,68	11,15	11,10	97	126	96	100							95		
3	12,38	15,94	12,28	12,92	8,55	145	187	144	151							95		
4	13,37	17,69	13,25	14,91	9,08	147	195	146	164							89		
5	13,14	16,85	13,03	13,78	8,43	156	200	155	163	154	200	153	165			95	92	
6	13,30	17,41	13,18	14,47	7,91	168	220	167	183							91		

Via esquerda																										
Período de análise	Atraso (s)						Diferença ao real (s)						Diferença média ao real por estudo						Diferença média ao real total							
	HCM		Webster		Akcelik(A)		Akcelik(B)		Real		HCM		Webster		Akcelik(A)		Akcelik(B)		HCM		Webster		Akcelik(A)		Akcelik(B)	
1	9,49	10,61	9,68	10,06	9,42	0,07	1,19	0,27	0,64		0,12	1,20	0,30	0,65						1,67	2,88	1,89			2,31	
2	9,57	10,62	9,74	10,06	9,41	0,16	1,21	0,34	0,65																	
3	11,09	12,39	11,34	11,81	9,88	1,22	2,51	1,46	1,93																	
4	11,41	12,64	11,64	12,08	10,53	0,88	2,12	1,11	1,55		2,45	3,72	2,69	3,14												
5	11,69	12,98	11,93	12,38	10,57	1,12	2,41	1,36	1,80																	
6	11,58	12,84	11,81	12,26	4,99	6,59	7,86	6,83	7,27																	

Via esquerda																												
Período de análise	Atraso (s)						Relação Mét/real (%)						Média da relação Mét/real (%) por estudo						Média da relação Mét/real (%) total						Relação (Akcelik(A)/Akcelik(B)) (%)		Média (Akcelik(A)/Akcelik(B)) (%)	
	HCM		Webster		Akcelik(A)		Akcelik(B)		Real		HCM		Webster		Akcelik(A)		Akcelik(B)		HCM		Webster		Akcelik(A)		Akcelik(B)			
1	9,49	10,61	9,68	10,06	9,42	101	113	103	107		101	113	103	107						128	142	130			135			
2	9,57	10,62	9,74	10,06	9,41	102	113	104	107		102	113	104	107														
3	11,09	12,39	11,34	11,81	9,88	112	125	115	120		112	125	115	120														
4	11,41	12,64	11,64	12,08	10,53	108	120	111	115		108	120	111	115														
5	11,69	12,98	11,93	12,38	10,57	111	123	113	117		111	123	113	117														
6	11,58	12,84	11,81	12,26	4,99	232	258	237	246		232	258	237	246														

A 9.3. COMPRIMENTO DA FILA NO INÍCIO DE VERDE - VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2

Período de análise	Via direita											
	Tamanho da fila			Diferença ao real (veic)		Relação método/real (%)		Diferença média ao real		Média da relação método/real (%)		Relação (Akcelik(A)/Akcelik(B)) (%)
	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Real	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)	
1	3	3	3	0	0	100	100	0,00		100		100
2	2	2	2	0	0	100	100	0,00		100		100
3	2	2	2	0	0	100	100	0,00		100		100
4	2	2	2	0	0	100	100					100
5	3	3	3	0	0	100	100	0,25	0,25	110	110	100
6	3	3	2	1	1	150	150	0,50		121	121	100
7	4	4	3	1	1	133	133	0,50				100
8	3	3	3	0	0	100	100					100

Período de análise	Via esquerda											
	Tamanho da fila			Diferença ao real (veic)		Relação método/real (%)		Diferença média ao real		Média da relação método/real (%)		Relação (Akcelik(A)/Akcelik(B)) (%)
	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Real	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)	
1	2	2	2	0	0	100	100	0,00		100		100
2	2	2	2	0	0	100	100	0,00		100		100
3	2	2	2	0	0	100	100	0,00		100		100
4	2	2	2	0	0	100	100					100
5	2	2	2	0	0	100	100	0,00	0,00	100	100	100
6	2	2	2	0	0	100	100	0,00		100		100
7	1	1	1	0	0	100	100	0,00		100		100
8	1	1	1	0	0	100	100					100

A 9.4. COMPRIMENTO DA FILA NO INÍCIO DE VERDE - RUA DR. ROBERTO FRIAS

Via direita														
Período de análise	Tamanho da fila			Diferença ao real (veic)		Relação método/real (%)		Diferença média ao real		Média da relação método/real (%)		Média da relação método/real (%)		Média Akcelik(A)/A (Akcelik(A)/A (Akcelik(B)) (%)
	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Real	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)	
1	6	6	7	-1	-1	86	86	-1,50	-1,50	79	79	100	100	98
2	5	5	7	-2	-2	71	71	0,25	-1,50			100	100	
3	7	7	6	1	1	117	117					100	100	
4	7	7	8	-1	-1	88	88					100	100	
5	6	7	6	0	1	100	117			101	105	86	96	
6	7	7	7	0	0	100	100					100	100	

Via esquerda														
Período de análise	Tamanho da fila			Diferença ao real (veic)		Relação método/real (%)		Diferença média ao real		Média da relação método/real (%)		Média da relação método/real (%)		Média Akcelik(A)/A (Akcelik(A)/A (Akcelik(B)) (%)
	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Real	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)	
1	5	5	7	-2	-2	71	71	-1,00	-1,00	86	86	100	100	100
2	5	5	5	0	0	100	100		-1,00			100	100	
3	6	6	6	0	0	100	100					100	100	
4	6	6	5	1	1	120	120					100	100	
5	6	6	6	0	0	100	100			110	110	100	100	
6	6	6	5	1	1	120	120					100	100	

A 9.5. COMPRIMENTO MÁXIMO DA FILA - VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2

Período de análise	Via direita														
	Tamanho máx da fila			Diferença ao real (veic)		Relação método/real (%)		Diferença média ao real		Média da relação		Relação (Akcellik(A)/Akcellik(B)) (%)	Média (Akcellik(A)/Akcellik(B)) (%)	Média (Akcellik(A)/Akcellik(B)) (%)	
	Akcellik(A)	Akcellik(B)	Real	Akcellik(A)	Akcellik(B)	Akcellik(A)	Akcellik(B)	Akcellik(A)	Akcellik(B)	Akcellik(A)	Akcellik(B)				
1	4	4	3	1	1	133	133					100			
2	2	2	2	0	0	100	100			121	121		100		
3	2	2	2	0	0	100	100					100			
4	3	3	2	1	1	150	150					100			
5	3	3	3	0	0	100	100				115	115			
6	3	3	3	0	0	100	100					100		100	
7	4	4	3	1	1	133	133			108	108		100		
8	3	3	3	0	0	100	100					100			

Período de análise	Via esquerda														
	Tamanho máx da fila			Diferença ao real (veic)		Relação método/real (%)		Diferença média ao real		Média da relação método/real (%)		Relação (Acelik(A)/Acelik(B)) (%)		Média (Acelik(A)/Acelik(B)) (%)	Média (Acelik(A)/Acelik(B)) (%)
	Acelik(A)	Acelik(B)	Real	Acelik(A)	Acelik(B)	Acelik(A)	Acelik(B)	Acelik(A)	Acelik(B)	Acelik(A)	Acelik(B)	Acelik(A)	Acelik(B)	Acelik(A)	Acelik(B)
1	2	2	2	0	0	100	100							100	
2	2	2	2	0	0	100	100	0,00		100	100			100	
3	2	2	2	0	0	100	100							100	
4	2	2	2	0	0	100	100							100	
5	3	3	3	0	0	100	100							100	
6	2	2	2	0	0	100	100							100	
7	1	1	1	0	0	100	100	0,00		100	100			100	
8	1	1	1	0	0	100	100							100	

A 9.6. COMPRIMENTO MÁXIMO DA FILA - RUA DR. ROBERTO FRIAS

Período de análise	Via direita														
	Tamanho máx da fila		Diferença ao real (veic)		Relação método/real (%)		Diferença média ao real		Média da relação método/real (%)		Relação (Akcelik(A)/Akcelik(B)) (%)		Média (Akcelik(A)/Akcelik(B)) (%)		
	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Real	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)
1	9	9	9	0	0	100	100	0,50	1,00	107	114	100	94	92	
2	8	9	7	1	2	114	129					89			
3	10	11	7	3	4	143	157					91			
4	11	12	10	1	2	110	120	2,50	3,50	133	146	92			
5	10	11	7	3	4	143	157					91			
6	11	12	8	3	4	138	150					92			

Período de análise	Tamanho máx da fila				Diferença ao real (veic)		Relação método/real (%)		Diferença média ao real		Média da relação método/real (%)		Relação (Akcelik(A)/Akcelik(B)) (%)		Média (Akcelik(A)/Akcelik(B)) (%)	
	Akcelik(A)		Akcelik(B)		Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)
	Real															
1	7	8	8	8	-1	0	88	100	-0.50	0.00	94	100	88	94		
2	6	6	6	6	0	0	100	100					100	100		
3	8	9	7	7	1	2	114	129					89	113		
4	8	8	7	7	1	1	114	114	1.00	1.25	115	119	100	100		
5	8	8	8	8	0	0	100	100					100	100		
6	8	8	6	6	2	2	133	133					100	100		

A 9.7. DÉBITO DE SATURAÇÃO - VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2

Via	Débito de saturação (veic/h)				Diferença ao real (veic/h)				Diferença média ao real por via				Diferença média ao real total				
	HCM	Webster	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Real	HCM	Webster	Akcelik(A)	Akcelik(B)	HCM	Webster	Akcelik(A)	Akcelik(B)	HCM	Webster	Akcelik(A)	Akcelik(B)
D	1601	1384	1800	1661	1495	106	-111	305	166	78	-145	277	137	161	-67	260	121
D	1610	1382	1810	1670	1561	49	-179	249	109								
E	1810	1572	1810	1670	1872	-62	-300	-62	-202	244	11	244	104				
E	1810	1582	1810	1670	1260	550	322	550	410								

Via	Débito de saturação (veic/h)				Relação Mét/real (%)				Média da relação Mét/real (%) por via				Média da relação Mét/real (%) total				
	HCM	Webster	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Real	HCM	Webster	Akcelik(A)	Akcelik(B)	HCM	Webster	Akcelik(A)	Akcelik(B)	HCM	Webster	Akcelik(A)	Akcelik(B)
D	1601	1384	1800	1661	1495	107	93	120	111	105	91	118	109	113	98	119	110
D	1610	1382	1810	1670	1561	103	89	116	107								
E	1810	1572	1810	1670	1872	97	84	97	89	120	105	120	111				
E	1810	1582	1810	1670	1260	144	126	144	133								

A 9.8. DÉBITO DE SATURAÇÃO - RUA DR. ROBERTO FRIAS

Via	Débito de saturação (veic/h)				Diferença ao real (veic/h)				Diferença média ao real por via				Diferença média ao real total				
	HCM	Webster	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Real	HCM	Webster	Akcelik(A)	Akcelik(B)	HCM	Webster	Akcelik(A)	Akcelik(B)	HCM	Webster	Akcelik(A)	Akcelik(B)
D	1732	1579	1753	1618	1531	202	48	223	87								
D	1731	1620	1757	1621	1518	214	102	239	103	208	75	231	95				
E	1892	1932	1842	1693	1664	228	268	178	29	291	329	241	93	249	202	236	94
E	1873	1911	1823	1676	1520	353	391	303	156								

Via	Débito de saturação (veic/h)					Relação Mét/real (%)					Média da relação Mét/real (%) por via					Média da relação Mét/real (%) total		
	HCM	Webster	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Real	HCM	Webster	Akcelik(A)	Akcelik(B)	HCM	Webster	Akcelik(A)	Akcelik(B)	HCM	Webster	Akcelik(A)	Akcelik(B)	
D	1732	1579	1753	1618	1531	113	103	115	106	114	105	115	106	116	113	115	106	
D	1731	1620	1757	1621	1518	114	107	116	107									
E	1892	1932	1842	1693	1664	114	116	111	102	118	121	113	106					
E	1873	1911	1823	1676	1520	123	126	120	110									

A 9.9. Nº DE PARAGENS - VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2

Via direita															
Período de análise	Nº paragens (veic/h)			Diferença ao real (veic/h)		Relação método/real (%)		Diferença média ao real		Média da relação método/real (%)		relação da Akcelik(B)		Relação (Akcelik(A)/A kcelik(B)) (%)	
	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Real	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)	(Akcelik(A)/A kcelik(B)) (%)	Média (Akcelik(A)/A kcelik(B)) (%)
1	150	151	136	14	15	110	111	5	5	104	105	106	99	99	99
2	94	95	85	9	10	111	112								
3	87	87	96	-9	-9	91	91								
4	107	108	103	4	5	104	105								
5	124	125	124	0	1	100	101	9	11	107	108	99	99	99	99
6	141	142	127	14	15	111	112								
7	164	166	133	31	33	123	125								
8	127	129	136	-9	-7	93	95								

Via esquerda															
Período de análise	Nº paragens (veic/h)			Diferença ao real (veic/h)		Relação método/real (%)		Diferença média ao real		Média da relação método/real (%)		relação da Akcelik(B)		Relação (Akcelik(A)/A kcelik(B)) (%)	
	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Real	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)	(Akcelik(A)/A kcelik(B)) (%)	Média (Akcelik(A)/A kcelik(B)) (%)
1	92	92	76	16	16	121	121	-3	-2	98	99	98	100	100	100
2	81	81	81	0	0	100	100								
3	92	93	108	-16	-15	85	86								
4	71	71	81	-10	-10	88	88								
5	101	102	116	-15	-14	87	88	-4	-3	98	98	100	100	100	100
6	78	78	73	5	5	107	107								
7	53	53	63	-10	-10	84	84								
8	52	52	46	6	6	113	113								

A 9.10. Nº DE PARAGENS - RUA DR. ROBERTO FRIAS

Via direita																	
Período de análise	Nº paragens (veic/h)				Diferença ao real (veic/h)		Relação método/real (%)		Diferença média ao real		Média da relação método/real (%)		Média (Akcelik(A)/Akcelik(B)) (%)				
	Akcelik(A)		Akcelik(B)		Real		Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)					
	1	355	373	388	-33	-15	91	96	-18	-2	35	57	95	100	111	118	95
2	345	360	348	-3	12	99	103										
3	401	422	292	109	130	137	145										
4	436	469	435	1	34	100	108	61	87								
5	400	421	320	80	101	125	132										
6	422	450	368	54	82	115	122										

Via esquerda																	
Período de análise	Nº paragens (veic/h)				Diferença ao real (veic/h)		Relação método/real (%)		Diferença média ao real		Média da relação método/real (%)		Média (Akcelik(A)/Akcelik(B)) (%)				
	Akcelik(A)		Akcelik(B)		Real		Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)	Akcelik(A)	Akcelik(B)					
	1	289	300	348	-59	-48	83	86	-33	-23	6		90	93	99	103	96
2	261	269	267	-6	2	98	101										
3	320	334	315	5	19	102	106										
4	301	312	285	16	27	106	109	8	20	-6		104	108	99	103	96	96
5	308	320	348	-40	-28	89	92										
6	307	318	256	51	62	120	124										

A 9.11. VALORES PARA A INTERSECÇÃO

Valores médios por Rua										
Variável	Rua	Diferença média ao real			Média da relação Mét/real (%)				Média da relação Akcelik(A)/Akcelik(B) (%) total	
		HCM	Webster	Akcelik(A)	Akcelik(B)	HCM	Webster	Akcelik(A)	Akcelik(B)	
Atraso (s/veic)	Via Estruturante do Pólo 2	5,94	7,56	5,80	5,95	155	168	154	155	99
	Dr. Roberto Frias	2,15	4,60	2,16	2,82	130	157	130	138	95
Fila início de verde (veic)	Via Estruturante do Pólo 2			0	0			105	105	100
	Dr. Roberto Frias			0	0			98	99	99
Comprimento máximo da fila (veic)	Via Estruturante do Pólo 2			0	0			107	107	100
	Dr. Roberto Frias			1	2			116	123	95
Nº de Paragens (veic/h)	Via Estruturante do Pólo 2			2	3			102	102	99
	Dr. Roberto Frias			15	32			105	110	96

Valores médios para a intersecção										
Variável	Diferença média ao real			Média da relação Mét/real (%)				Média da relação Akcelik(A)/Akcelik(B) (%) total		
	HCM	Webster	Akcelik(A)	Akcelik(B)	HCM	Webster	Akcelik(A)	Akcelik(B)		
Atraso (s/veic)	4,05	6,08	3,98	4,38	143	162	142	147		97
Fila início de verde (veic)			0	0			101	102		99
Comprimento máximo da fila (veic)			1	1			112	115		98
Nº de paragens (veic/h)			8	17			104	106		97

A.10. VALORES DO GRAU DE SATURAÇÃO

A 10.1. RUA DR. ROBERTO FRIAS

Via direita				
Período de análise	HCM	Webster	Akçelik (A)	Akçelik (B)
1	0,61	0,67	0,60	0,65
2	0,60	0,66	0,59	0,64
3	0,66	0,71	0,65	0,70
4	0,70	0,75	0,69	0,75
5	0,66	0,71	0,65	0,71
6	0,69	0,73	0,68	0,73
Valor médio	0,65	0,70	0,64	0,70

Via esquerda				
Período de análise	HCM	Webster	Akçelik (A)	Akçelik (B)
1	0,49	0,48	0,51	0,55
2	0,46	0,45	0,47	0,51
3	0,53	0,52	0,55	0,60
4	0,51	0,50	0,52	0,57
5	0,52	0,51	0,54	0,58
6	0,52	0,51	0,53	0,58
Valor médio	0,51	0,50	0,52	0,57

A 10.2. VIA ESTRUTURANTE DO PÓLO 2

Via direita				
Período de análise	HCM	Webster	Akçelik (A)	Akçelik (B)
1	0,40	0,46	0,36	0,39
2	0,26	0,31	0,24	0,26
3	0,24	0,28	0,21	0,23
4	0,29	0,34	0,26	0,28
5	0,34	0,40	0,30	0,33
6	0,38	0,44	0,34	0,37
7	0,43	0,50	0,38	0,42
8	0,34	0,40	0,30	0,33
Valor médio	0,34	0,39	0,30	0,32

Via esquerda				
Período de análise	HCM	Webster	Akçelik (A)	Akçelik (B)
1	0,23	0,26	0,23	0,25
2	0,20	0,23	0,20	0,22
3	0,22	0,26	0,22	0,24
4	0,18	0,21	0,18	0,19
5	0,25	0,29	0,25	0,27
6	0,20	0,22	0,20	0,21
7	0,14	0,16	0,14	0,15
8	0,13	0,15	0,13	0,14
Valor médio	0,19	0,22	0,19	0,21