

UNIVERSIDADE DO PORTO  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
Departamento de Engenharia Civil - Secção de Vias de Comunicação

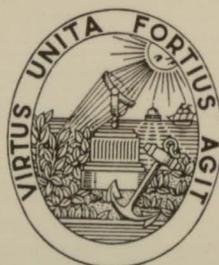
2.02

**Fases para a Implementação de um  
Sistema Centralizado de Controlo de Tráfego**

(Relatório de Estágio PRODEP)

**Pedro Manuel Columbano Pereira da Silva**

**Porto, Dez./93**



M  
624(247.3)/LEC/592/SILP  
09 10 09



**Câmara Municipal do Porto**

PARECER

No periodo de Novembro de 1992 a Abril de 1993, Pedro Manuel Columbano Pereira da Silva realizou um estagio de 360 horas cujo tema era a descrição das fases para a implementação do Sistema Centralizado do Controlo de Trafego na Cidade do Porto.

Durante a execução do trabalho foram tratados os seguintes principais aspectos:

- a) Descrição da arquitectura do sistema.
- b) Descrição do plano de circulação.
- c) Elaboração dos planos de regulação (macro-regulação) e (micro - regulação).

Por ultimo foi realizado uma recolha de dados num cruzamento da Cidade do Porto com o objectivo de determinação dos debitos de chegadas e debitos de saturação.

Considera-se que foram alcançados os objectivos propostos tendo o estagio demonstrado competencia e dedicação no decorrer do estagio.

Porto, 29 de Dezembro de 1993

O Chefe da Divisão de Transito,

(ENG.º ANTONIO ABEL DE MELO NUNES)



---

Faculdade de Engenharia  
Universidade do Porto  
Departamento de Engenharia Civil  
Secção de Vias de Comunicação

### PARECER

O estagiário Pedro Manuel Columbano Pereira da Silva realizou, no período de Novembro de 1992 a Abril de 1993, um estágio de acompanhamento das fases para a implementação do Sistema Centralizado de Controlo de Tráfego na Cidade do Porto.

A análise da arquitectura do sistema e do equipamento que o integra e respectivas funções constituíram a primeira fase do estágio de forma a obter uma melhor compreensão das potencialidades de um sistema de controlo de tráfego.

Em seguida foi-lhe proporcionado acompanhar, em pormenor o estudo de concepção do plano de circulação, quer no que respeita ao controlo estratégico, (macro-regulação), quer ao controlo tático (micro-regulação).

Finalmente, foi tratada a possibilidade de aplicação de um modelo de estimação do débito de saturação a partir de uma recolha de dados feita localmente num cruzamento do Porto tendo-se obtido uma boa concordância.

O estagiário demonstrou possuir competência e interesse que proporcionaram a realização deste estágio com um nível bastante aceitável.

Porto, 30 de Dezembro de 1993

A. H. Pires da Costa  
(Prof. Associado)

# ÍNDICE

## 1- Arquitectura do sistema-Equipamento

### 1.1- Generalidades

### 1.2- Os equipamentos e a sua fiabilidade

#### 1.2.1- Ao nível informático e de monitorização

#### 1.2.2- Ao nível de visualização

#### 1.2.3- Ao nível da vigilância da rua

#### 1.2.4- Ao nível dos controladores

#### 1.2.5- Ao nível dos detectores

#### 1.2.6- Ao nível dos semáforos

#### 1.2.7- Ao nível de transmissão de informação

#### 1.2.8- Ao nível dos cabos de cruzamento e espiras

#### 1.2.9- Ao nível das canalizações-obra civil

### 1.3- Sistema vídeo

#### 1.3.1- Câmaras

#### 1.3.2- Monitores de 15"

#### 1.3.3- Monitor de 10"

#### 1.3.4- Mastros para suporte de câmaras

#### 1.3.5- Acessórios diversos electrónicos para sistema video

#### 1.3.6- Painel para monitores de video de 2\*2 m<sup>2</sup>

### 1.4- Equipamentos de controlo , detecção e visualização na rua

## 2- Plano de circulação

### 2.1- Principais parâmetros a ter em conta

#### 2.1.1- Tratamento da circulação em geral

#### 2.1.2- Ajuda aos transportes colectivos

#### 2.1.3- Ajuda aos veículos de emergência

#### 2.1.4- Luta contra a poluição

### 2.2- Estratégia específica de circulação no Porto

## 3- Planos de regulação

### 3.1- Macro-regulação

#### 3.1.1- Ondas verdes

#### 3.1.2- Zonas de retenção de veículos

### 3.2- Micro-regulação

## 4- Fluxos em cruzamentos críticos

### 4.1- Introdução

### 4.2- Recolha de dados

### 4.3- Débito de veículos

### 4.4- Débito de saturação

#### 4.4.1- Com base na recolha de dados

#### 4.4.2- Estimação dos débitos de saturação

### 4.5- Grau de saturação

## 5- Encarar o futuro com confiança

# 1-Arquitectura do sistema-Equipamento

## 1.1-Generalidades

O sistema a adoptar para a centralização do trânsito na cidade do Porto foi escolhido , com base em alguns critérios como sejam a sua operacionalidade , a fiabilidade , generalidade e compatibilidade , implementação , adaptabilidade e exploração. Assim , foi aceite o programa Gertrude , o que se passa a analisar , nomeadamente , a sua Arquitectura e em especial os seus equipamentos mais representativos .

A Arquitectura do sistema " Gertrude-tempo real " é composto por um computador central a correr Unix , multitarefas e multiutilizadores ligado por um lado aos diversos P.C. de zona e aos diversos perifericos e sinópticos que constituem a sala de controlo central e , por outro lado aos controladores dos cruzamentos , com controlo semáforo a semáforo , por transmissão série na banda base dos 9600 bands.

No sistema " Gertrude-tempo real " o que se procura é adaptar o ciclo à procura , pois o sistema adapta-se em permanencia , às flutuações diárias de trânsito por mudança de tempos de ciclo , ditadas pelas informações dos diferentes detectores estratégicos que indicam constantemente as variações de capacidade (oferta) e as evoluções dos débitos (procura).

### *"Software do construtor"*

A Gertude-Saem , enquanto sociedade de desenvolvimento reconhecida pela Hewlett-Packard , dispõe dum contrato de manutenção e actualização em função da evolução do construtor.

### *"Software específico"*

Na sua base standard a programação do sistema " Gertrude-tempo real " oferece:

-Uma prioridade absoluta aos veículos de urgência desde que equipados.

-A possibilidade de incorporar processos de prioridade para os transportes colectivos , possibilidade esta que se enquadra numa filosofia de

ajuda aos transportes colectivos , e de possibilitar uma regulação eficaz dos horários dos transportes colectivos.

-Uma regulação da circulação geral em tempo real com adaptação permanente dos ciclos e duração de tempo de verde de cada semáforo e acção de antiblocagem em tempo real , em função das realidades do momento e a capacidade da oferta.

-Um controlo e um meio eficaz de reduzir a poluição atmosférica , ruído e ainda o consumo de carburante , dado serem os engarrafamentos um dos responsáveis por esta situação , que se nos afigura caótica .

-Uma política de diminuição de acidentes em particular à noite.

Assim este sistema é um sistema vivo , flexível e aberto que em qualquer momento se pode adaptar a uma cidade em permanente mutação como é a cidade do Porto.

A eficaz operacionalidade de um sistema como este depende também da rapidez e eficiência com que se detectam e se combatem eventuais anomalias que apareçam quer ao nível de equipamentos , sejam do ponto de vista do trânsito. Assim é pressuposto haver em períodos diários significativos , pessoal a operar na sala de controlo. O sistema está então preparado para oferecer uma ampla ajuda através de monitores. Estas informações aparecerão sob vários aspectos e , em vários equipamentos com um pouco mais de detalhe. Como já referimos há dois grandes blocos de informações , nomeadamente as informações de trânsito e as de equipamento , estas últimas de grande relevo para uma longa durabilidade do equipamento e ainda , para uma boa manutenção do sistema .

Caracterização das informações:

### *Informações de trânsito:*

O computador central recolhe e faz visualizar no painel de circulação:

-Informação luminosa sobre o estado do trânsito (relações débitos-capacidades)

-Informação numérica dos débitos

-Informação numérica do ciclo em curso

-Informação numérica do tempo residual do ciclo em curso

-Informação numérica da causa que implicou a escolha do ciclo em curso

No que diz respeito ao painel de exploração:

Informação sobre o funcionamento da microregulação  
Informação numérica do ciclo em curso  
Informação luminosa da zona com ciclo máximo  
Informação luminosa sobre a origem do ciclo em curso  
Informação luminosa sobre a execução do programa de bombeiros  
Informação numérica sobre o total de saturações

Além destes 2 painéis , a própria impressora apresentará também , mensagens correspondentes à circulação. No que diz respeito à estação de trabalho gráfico ela apresentará , a pedido do operador , uma monitorização do cruzamento em todos os seus aspectos.

### *Informações sobre a manutenção*

O computador central recolhe e faz visualizar no painel de circulação:

Informação luminosa sobre o estado de funcionamento dos cruzamentos ligados ao sistema  
Informação sobre o estado dos semáforos a verde nos eixos principais

No que diz respeito ao painel de exploração :

Informação luminosa de transmissão interrompida  
Informação numérica sobre o número de avarias de controladores  
Informação numérica sobre o número de anomalias na detecção  
Informação luminosa sobre teste de detectores em curso

Posto isto , é dado ao operador todo o tipo de informações sobre o estado de funcionamento do equipamento do sistema , compete agora , ao operador , accionar os meios técnicos para a sua solução.

## **1.2-Os equipamentos e a sua fiabilidade**

Os equipamentos que suportam a arquitectura "hardware" decorrentes do sistema caracterizam-se fundamentalmente por:

### **1.2.1) Ao nível informático e de monitorização**

- Elevada fiabilidade e robustez
- Manutenção simples
- Facilidade de exploração
- Versões de base standartizada , disponíveis em Portugal
- Assistência garantida em Portugal
- Compatibilidade de todas as máquinas propostas

### **1.2.2) Ao nível de visualização**

Painel sinóptico de circulação 3\*2 m<sup>2</sup>

Este painel permite monitorizar diversas informações de trânsito indispensáveis a uma boa operação do sistema.

Painel Sinóptico de exploração 2\*2 m<sup>2</sup>

Este painel é indispensável para visualizar o estado de funcionamento dos equipamentos ligados ao sistema , bem como informações complementares de trânsito.

### **1.2.3) Ao nível da vigilância da rua**

Trata-se de um sistema paralelo de vigilância e segurança que assenta na utilização de câmaras de video localizadas em pontos estratégicos da zona e monitores profissionais a cores.

Serão dotadas de lente zoom e disporão da possibilidade de movimento vertical e de rotação horizontal.

### **1.2.4) Ao nível dos controladores**

O sistema proposto utilizará em cada cruzamento controladores Castor Europa, iguais ao já existentes na cidade do Porto , o que traz vantagens

nomeadamente no aspecto de compatibilidade , o que pesou como já vimos na escolha inicial do sistema a utilizar na baixa Portuense dado serem muitos os sistema disponíveis , cada um com os seus prós e contras.

#### **1.2.5) Ao nível dos detectores**

O sistema proposto assenta , fundamentalmente , na recolha de informação em tempo real do trânsito. Nessa recolha , utilizar-se-ão detectores de Peek Sarasota , iguais aos existentes na cidade do Porto e mesmo na zona a tratar , os quais serão reutilizados.

O tipo de detectores será o adequado às espiras adaptativas , de cauda ou fila de espera , contadoras e , eventualmente destinados a transportes colectivos e de urgência.

#### **1.2.6) Ao nível dos semáforos**

O sistema proposto utiliza os semáforos normalizados da Eyssa-Tesis iguais aos já existentes na cidade do Porto.

#### **1.2.7) Ao nível da transmissão de informação**

Este sistema utiliza a transmissão de sinais bidireccionais em série.

#### **1.2.8) Ao nível dos cabos de cruzamento e espiras**

O sistema utilizará a partir dos controladores para os semáforos e espiras cabo do tipo VAV de acordo com as normas portuguesas e igual ao instalado na cidade do Porto.

#### **1.2.9) Ao nível das canalizações-obra civil**

Serão executadas da mesma forma que a Câmara Municipal tem vindo a realizar até aqui.

Passaremos agora , e entrando um pouco mais no pormenor , fazer uma descrição ainda que não exaustiva dos equipamentos do sistema.

## ***CARACTERIZAÇÃO***

### **a) Computadores**

Marca - HEWLETT-Packard (H.P)

Serie- H P 9.000

Modelo-8.175

Capacidade-16 Mb de memória

16 portas serie com 10 saídas para controlador e 6 saídas para periféricos.

1 disco de 300 Mb

1 Dat (streamer) para os dois.

1 carta ethernet

1 carta HP IB

Tendo em conta a especificidade dos computadores (multitarefa , multiutilizadores) as duas últimas cartas serão usadas para fins de circulação e de desenvolvimento.

Linguagens-Fortran (compilador F77), C (compilador CC), Pascal

Disponibilidades de memória -16 Mb extensível a 64 Mb

Disco de 300 Mb extensível a 8 Gb

Relógio

Número e características das ligações (sincronas e assincronas) e possibilidade de extensão de "interfaces" para periféricos- 16 ligações extensivas em 8 vias até 50

Definição do sistema - sistema de exploração Unix multitarefa, multiutilizador

MTFB-superior a 100.000 horas

Testes ao software do construtor- autotestados em permanência.

### **b) Unidades de memória - memorização DAT 1300 Mb**

-Tempo de acesso-11 Mb por minuto

-Capacidade do disco-300 Mb

-Tempo de acesso médio e velocidade de transferência -inferior a 22 ms.

-Segurança de dados DAT

-MTFB - superior a 100.000 horas

### **c) Monitores**

- Marca- HP 700/92
- Cor ecrân -Preto e Branco
- Definição-24 linhas por 80/122 colunas
- Frequência varrimento- 70 Hz
- Velocidade- até 38,4 kbits/segundos
- Modo de transmissão - tipo de ligação RS 232
- Controlo total do cursor -Teclado AZERTT ou QWERTY em opção.

- 12 teclas de função
- Tecla de deslocação de cursor
- MTFB- superior a 100.000 horas

### **d) Impressora**

- Marca: HP 2235BB
- Caracteres:
  - Roman 8 , jisagcii , Ecma 94 , Latin 1 , ISO/EPSON
  - Extensões suplementares

#### **-Características da Impressão:**

- 24 agulhas
- 400 CPS (12 CPI) em listing
- 240 CPS (12 CPI) em courier
- 178 páginas hora
- Modo Epson , HP e PCL

### **e) Impressora a cores**

- Marca:HP PAINT JET do PC
- Caracteres:
  - Roman 8 , jisagcii , Ecma 94 , Latin 1 , ISO/EPSON
  - Extensões suplementares.

-Características da impressão:- jactos de tinta térmica

#### **f) Plotter**

-Marca:HP7550 Plus

-Definição- canetas Bille

-Formato Papel- A3 e A4

-Velocidade- 80 cm/segundo

#### **g) Estação de trabalho gráfico**

-Marca-HP Apolo 710

#### **h) Painel Sinóptico de circulação de 3\*2 m<sup>2</sup>**

Este painel vai permitir visualizar diversas informações de trânsito indispensáveis a uma boa operação do sistema.

Das mais importantes podemos destacar as seguintes:

- Estado de funcionamento dos cruzamentos ligados ao sistema (diodos laranja).

- Estado dos semáforos em verde nas vias principais (diodos verdes)

- Informação sobre estado do trânsito (relação débitos/capacidade) obtido através dos detectores estratégicos (diodos vermelhos)

- Débitos (apresentados em números)

- Número do ciclo em curso.

- Tempo residual do ciclo em curso.

- Informação sobre as causas que decidiram a mudança de ciclo que poderá ter sido , por exemplo:

- 0 operador

- Um detector de fila de espera-LQ

- Um detector contador-CT.

A fabricação deste painel será em alumínio anodizado de perfil do tipo "technal" ou eventualmente pintado.

O painel apresentará o mapa da cidade serigrafado sobre chapa em policarbonato de 5 mm que suportará o conjunto de diodos e dos digitos.

### **i) Painel sinóptico de Exploração de 2\*2 m<sup>2</sup>**

Este painel vai permitir visualizar, do ponto de vista da operação do sistema diversas situações ou anomalias dos equipamentos em serviço.

Podemos visualizar os seguintes grandes blocos:

- Ao nível da manutenção

Transmissão interrompida- Vermelho intermitente  
Relançamento de programa Circulação- amarelo fixo  
Paragem de microregulação - Vermelho intermitente  
Avarias de cruzamento- Dígitos  
Anomalias de detecção - Dígitos  
Suspensão programa bombeiros (se instalado)-Amarelo intermitente  
Anomalia de coordenação local - Amarelo fixo

- Ao nível da circulação

Número do ciclo em curso - Dígitos  
Zona com ciclo máximo em curso - Amarelo fixo  
Ciclo imposto pelo operador - Verde intermitente  
Ciclo seleccionado pela Micro - Amarelo fixo  
FAT (fila de espera) responsável pelo ciclo em curso - Dígitos  
CT (contagem) responsável pelo ciclo em curso - Dígitos  
Programa de bombeiros em curso (se instalado )- Vermelho intermitente  
Secções críticas - Dígitos  
Total de saturações - Dígitos

Ao nível da exploração

CB mensagem recebida - Vermelho intermitente  
CB recuperar - Amarelo fixo  
CB, CR a imprimir- Verde fixo  
CR pedido pelo operador em curso- Amarelo fixo  
CR recuperar - Amarelo fixo  
CR análise interrompida - Vermelho fixo  
CR análise adaptada- Amarelo fixo

Teste de detectores em curso - Verde intermitente  
Adaptatividade pontual - Amarelo fixo

A fabricação terá a mesma concepção que a do painel Sinóptico de circulação desenvolvido anteriormente.

#### **j) Fonte de alimentação de recurso**

A fonte de alimentação de recurso proposta é da Exide Electronics , da série Personal 2.000, equipada com 3 modulos especiais , que entrará em funcionamento no caso de falta de energia local.

A sua finalidade é assegurar o funcionamento do sistema que comanda os semáforos na rua , durante 1 hora.

### **1.3- Sistema de video**

#### **1.3.1) Câmaras**

As câmaras de video a utilizar para apoiar o sistema, no que diz respeito a vigilância e segurança serão a cores, da PHILIPS, ref.LDH 647/00 , com caixa estanque IP 66, ref. LDH 0692/11.

Características principais :

- Câmaras

Alta definição

CCD 420 linhas

3 lux. de sensibilidade mínima

Alimentação 12vdc

Dimensões 61,7\*64\*183,5 mm (s/objectiva)

Peso 600 gr

- Alimentador de câmara 220 v.a.c, ref. CDH 4430/12

- Caixa:

Dimensões exteriores 630\*180\*180 mm

Alimentação de 12v para suporte de cartas de transmissão

- Lente Zoom, ref.10Z10MSAI

Objectiva de focagem variável de 10 a 100 mm

### **1.3.2) Monitores de 15"**

Os monitores de video a utilizar serão a cores da PHILIPS, ref.LDH 2114/10.

Características principais:

Dimensão do Ecran - 15"(284\*136 mm)

Consumo-68 w

Dimensões exteriores - 335\*360\*393 mm

Peso- 16,9 kg

Número linhas -450

### **1.3.3) Monitor de 10"**

O monitor de video a utilizar será a cores da PHILIPS, ref.LDH 2109/10.

Características principais:

Dimensão do Ecran - 10"(173\*136 mm)

Consumo-48 w

Dimensões exteriores - 223\*227\*343 mm

Peso- 9,7 kg

Número linhas -280

### **1.3.4) Mastros para suporte das câmaras**

A sua finalidade é obvia. Serão dotados de uma secção octogonal e adequados às condições locais.

### **1.3.5) Acessórios diversos electrónicos para sistema video**

Visam assegurar o funcionamento do sistema video e , também as transmissões de sinais recolhidos e comandos.

### **1.3.6) Painel para monitores de video de 2\*2 m<sup>2</sup>**

Terá a dimensão adequada para suportar os monitores propostos no sistema video.

## **1.4- Equipamentos de controlo , detecção e visualização na rua**

Controladores Castor Europa

O sistema proposto utilizará em cada cruzamento ou agrupamento controladores Castor Europa da SFIM , fabrico francês , iguais aos já existentes na cidade do Porto e , cuja filosofia assenta na definição de grupos semafóricos independentes que , neste caso , serão comandados directamente a partir do computador de zona.

Como características fundamentais podemos destacar:

- Alta fiabilidade
- Robustez
- O uso de microprocessador
- Fácil exploração
- Fácil manutenção
- Possibilidade de telecarregamento a partir do computador

central

Descrição Geral:

Versões: 8, 16 e 32 semáforos diferentes  
4 a 28 entradas de pedidos diferentes

## Detectores PEEK - SARASOTA

O sistema utilizará como fonte principal de recolha de dados de trânsito o conjunto de detectores/espiras. São naturalmente de altíssima importância, a robustez e fiabilidade dos detectores.

Estes detectores de fabrico inglês tem a vantagem de serem idênticos aos já existentes na cidade do Porto. Como características principais podemos salientar:

- Alta fiabilidade
- Robustez
- uso de microprocessador

O tipo de detectores a utilizar serão:

- Detector 515 B/525 B em caixa (uma espira independente)
- Detector 222 em placa para Rack (duas espiras independentes)
- Detector 224 em placa para Rack (quatro espiras independentes)
- "Rack" para detector com alimentação incorporada
- Lógica combinatória de contagem
  
- Módulo de detecção auxiliar
- Detector de prioridade (se necessário)
- Emissor de prioridade (se necessário)

## **2- Plano de circulação**

### **2.1- Principais parâmetros a ter em conta**

Como já foi dito este sistema procura adaptar-se às condições existentes quer da rede viária quer do ponto de vista de circulação de tráfego.

Assim a Câmara Municipal do Porto espera que com este sistema , se possam resolver , alguns dos problemas , com sejam :

- A gestão da circulação em geral
- A ajuda aos transportes colectivos
- A ajuda aos veículos de emergência
- A luta contra a poluição de origem automóvel

#### **2.1.1- Tratamento da circulação em geral**

Na pirâmide deste complexo sistema , uma ideia simples :

Deixar apenas passar em cada cruzamento , o óptimo volume de tráfego.

Assim , apenas são deixados entrar para as zonas de forte concentração , única e exclusivamente aqueles que são capazes de evacuar em condições óptimas de circulação. A estratégia levada a cabo para a regulação do tráfego urbano , pretende sobretudo que na baixa do Porto (domínio geográfico escolhido para a implantação do sistema ) a circulação se faça com relativa facilidade , sem grandes demoras e em condições de relativa segurança .

Com base nesta estratégia , pretende-se comparar uma secção típica de rua com uma garrafa , onde :

- a) O orifício dá o limite de capacidade
- b) O " pescoço " dá o método de controlo da capacidade
- c) A garrafa propriamente dita constitui como que um reservatório para o excesso de procura .

Estes reservatórios de veículos constituem as chamadas zonas de retenção de veículos , zonas estas indicadas no mapa da cidade do Porto no ponto seguinte .

### **2.1.2- A ajuda aos transportes colectivos**

As experiencias feitas em beneficio dos transportes colectivos em muitas cidades do mundo , ou resultam em grandes insucessos , ou não dão resultados apreciáveis , apesar dos sacrificios que estas medidas normalmente acarretam na circulação geral e na qualidade de vida .

Assim o procedimento que é adoptado no sistema Gertrude , dá uma ajuda mais eficaz aos transportes colectivos , sem desfavorecer os outros meios de transporte . Os transportes colectivos beneficiam da fluidêz permanente dentro das zonas de forte concentração de circulação e deslocam-se sem nenhuma ajuda particular . Estes ao aproximarem-se das zonas protegidas , encontram os veículos retidos em fila de espera sempre que o dispositivo de limitação entra em funcionamento , para dar à Baixa do Porto condições de fluidêz . Agora é que então intervêm a noção de prioridade absoluta aos veículos de transporte colectivo . Um verdadeiro trampolim está agora à disposição para saltar as filas de espera , e de entrar sem atraso na zona fluída do centro do Porto . O efeito trampolim é caracterizado por uma dupla acção , no espaço e no tempo respectivamente .

No espaço : Uma banda reservada a montante da fila de espera permite aos transportes colectivos chegar à porta de entrada da zona fluída .

No tempo : Um detector anuncia a presença do veículo prioritário na extremidade do corredor ao controlador .

Podemos vêr também em folha anexa (FIG.1) quer os corredores Bus existentes quer os corredores Bus propostos neste sistema .

### **2.1.3- Ajuda aos veículos de emergência**

É sabida a importância dos tempos de intervenção no combate a sinistros dada por parte dos sapadores de bombeiros , para salvaguardar na medida do possível os bens e as vidas humanas . Assim , não só o pedido de ajuda é registado imediatamente , como também os meios de socorro podem intervir com uma grande rapidêz . Com o sistema Gertrude , os bombeiros beneficiam de uma prioridade absoluta , sendo que à partida do quartel já são conhecidos os itinerários , prêviamente definidos . É acçãoada uma " onda verde " que facilita a progressão dos veículos até que os veículos



Em oposição a acessibilidade da parte Oeste da cidade , nomeadamente a partir da Boavista faz-se pela Rua Álvares Cabral e Praça da República .

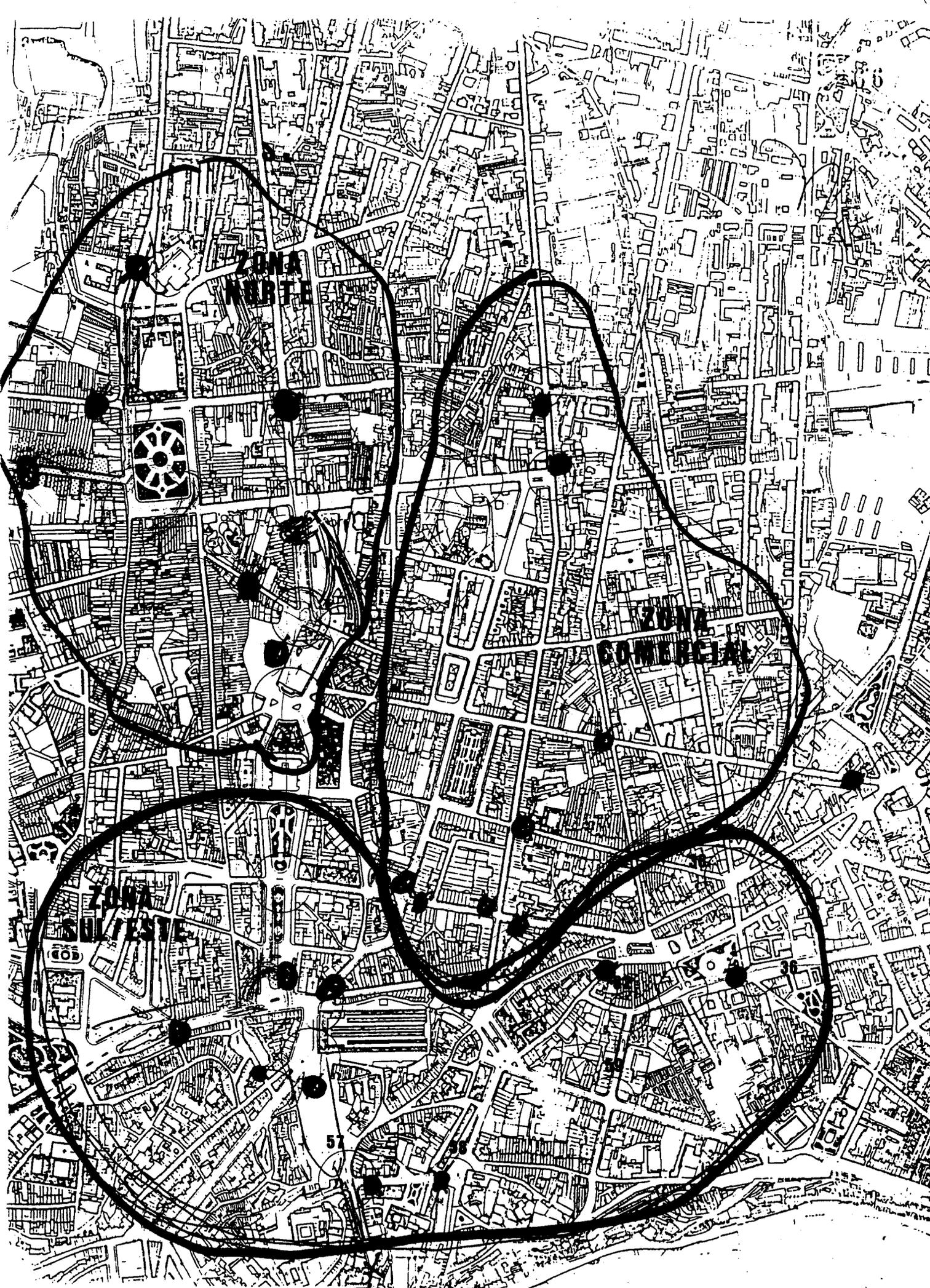
Este sector apresenta-se também bastante congestionado tanto na parte da manhã , como da parte de tarde .

## ZONA COMERCIAL

Este sector , devido à sua vocação eminentemente comercial apresenta características homogéneas , e engloba a maior parte das ruas comerciais da cidade do Porto , como sejam a Rua Fernandes Tomás , Rua Formosa , Rua Sá da Bandeira , Rua Passos de Manuel , etc.

Há ainda a salientar outra zona que apresenta características marcadamente únicas em face da complexidade dos movimentos aqui existentes . Trata-se do Campo 24 de Agosto ( na parte Este da cidade ) que irá ser tratado à parte .

Em folha anexa (FIG.2) , mostram-se as 3 sub-zonas de circulação , escolhidas para o esquema específico de circulação na cidade do Porto , e que apresentam um certo grau de homogeneidade de condições de circulação .



**FIG.2** — ZONA DE CONTROLO DE SATURAÇÃO  
PROPOSTA VARIANTE

## **3- Planos de Regulação**

### **3.1- Macro-regulação**

#### **3.1.1- Ondas verdes**

Os condutores são extremamente sensíveis ao conforto na condução , daí haverem itinerários como que privilegiados , constituindo verdadeiras ondas verdes , onde os veículos poderão seguir sempre com mais à vontade .

Uma adaptatividade centralizada , permite modificar as ondas verdes dos eixos constituintes da malha em função da procura real do trânsito , onde cada semáforo é comandado em cada segundo .

Esta malha de ondas verdes , está referenciada no mapa da cidade , que se apresenta na FIG.3 .

#### **3.1.2- Zonas de retenção de veículos**

Já fizemos atrás referencia a estas zonas . A ideia , simples , é esta : Vamos concentrar as filas de espera , em lugares adequados da malha ( denominados " SAS de regulação " ) somente quando a procura é superior à disponibilidade de oferta naquele momento . Só , serão deixados "entrar" , os veículos quando a área de controle tiver a capacidade interna de gerir os veículos dentro desta , fazendo com que a circulação se processe com relativa homogeneidade e fluidêz .

Estas zonas de armazenagem de veículos , são por assim dizer reservatórios de armazenagem de veículos constituídos por arcos com capacidade de reserva , onde será possível reter os veículos sempre que a jusante a procura exceda a oferta .

As zonas de retenção de veículos , são indicadas a amarelo na FIG. 4 .

### **3.2- Micro - regulação**

Será entendida como micro- regulação , todas as acções cruzamento a cruzamento .Esta adaptatividade local permite evitar por exemplo a blocagem dos cruzamentos através de informações recolhidas das filas de espera e/ou redução de capacidade .

A prioridade local dos transportes colectivos ao nível de cada cruzamento será entendida como uma micro-regulação .



**FIG.3.COORDENAÇÕES — "ONDAS VERDES"**



**FIG.4-ZONA DE CONTROLO DE SATURAÇÃO  
PROPOSTA VARIANTE — ZONAS DE RETENÇÃO DE VEÍCULOS**

## 4- Fluxos em cruzamentos críticos

### 4.1- Introdução

Neste capítulo pretende-se estimar os débitos e os débitos de saturação , no sentido de se auscultar o funcionamento do cruzamento.

O cruzamento abrangido no estudo foi o cruzamento entre a Rua do Moreira e a Rua D.João IV.

Da recolha dos dados no campo , passou-se à estimativa dos débitos de saturação por 2 métodos distintos , pois que por vezes , o método utilizado a partir da recolha de dados , como se verá , é impossível de ser aplicado . Sendo assim recorreu-se a uma estimativa a partir de determinados factores correctivos , afectando um número de veículos para condições de saturação base que como se sabe , não será um método totalmente eficaz , sobretudo porque não foi aferido às condições portuguesas .

### 4.2- Recolha de dados

Procedeu-se à partida a uma recolha de dados no cruzamento entre a Rua do Moreira e a Rua D.João IV.

Foram estipulados 2 periodos de observação , um da parte da manhã com inicio às 8.30 h e outro da parte da tarde com inicio às 17.30 h.

Para se medir o Débito de Saturação e Volumes de tráfego foram recolhidos dados durante 20 m por cada via , para as 2 ruas em questão .

Passamos a apresentar em resumo o conjunto dos periodos de observação e o conjunto de objectivos da recolha de dados.

8.30/8.50 h ; 19.00/19.20 h	-Débito de Saturação e
8.50/9.10 h ; 18.40/19.00 h	Volumes de tráfego
	(Rua do Moreira)

9.50/10.10 h ; 17.50/18.10 h	-Débito de Saturação e
10.10/10.30 h ; 17.30/17.50 h	Volumes de tráfego
	(Rua D.João IV)

Em seguida passo à descrição da metodologia usada na recolha de dados para o objectivo em vista.

Objectivo: Débito de Saturação e Volumes de tráfego

Nº de observadores: 2 ( 1 anotador e 1 cronometrista )

Metodologia seguida:

1) Divisão de tempo de verde em 4 periodos:

- A- Primeiros 10 seg. de verde
- B- Tempo de verde saturado após A
- C- Tempo de verde não saturado após A+B
- D- Após fim do verde

2) Contagem de veículos que atravessam a linha de paragem em cada periodo referenciado em 1.

3) Descrição das tarefas dos observadores

Cronometrista:

- a) Inicia o cronómetro com o arranque do verde.
- b) Assinala a passagem dos 10 segundos.
- c) Identifica o último veículo que parou
- d) Faz a leitura do tempo de passagem do veículo c)
- e) Faz a leitura do fim do verde.
- f) Reinicializa o cronómetro para o ciclo seguinte.

Anotador:

- a) Conta e regista o número de veículos em cada periodo.
- b) Regista o tempo de passagem do veículo identificado pelo cronometrista em d)
- c) Regista o tempo do fim do verde.

Nas folhas seguintes são então apresentados os quadros respeitantes à recolha de dados , nos periodos referenciados atrás , usados para a estimativa dos débitos de veículos e débitos de saturação .

**Rua do Moreira**

Período: 8.30/8.50 h  
Via esquerda (movimento em frente)  
Débitos de saturação e volumes de tráfego

Nº Ordem ciclo	Per.A NºVeic (Lig)	Per.B NºVeic (Lig)	Per. C Nº (Lig)	Veic (Pes)	Per. D Nº (Lig)	Veic (Mot)	Tempo de Satur.	Tempo de Verde
1	2	-	3	-	-	-	-	31
2	1	-	1	-	-	-	-	31
3	-	-	-	-	-	-	-	31
4	1	-	1	-	1	-	-	31
5	2	-	2	1	-	-	-	31
6	2	-	-	-	-	1	-	31
7	-	-	1	-	-	-	-	31
8	-	-	2	1	-	-	-	31
9	2	-	1	-	-	-	-	31
10	3	-	-	-	-	-	-	31
11	2	-	2	-	-	-	-	27
12	-	-	-	-	-	-	-	24
13	1	-	1	-	-	-	-	31
14	-	-	-	-	-	-	-	31
15	1	-	2	-	-	-	-	24

**Rua do Moreira**

Período: 8.50/9.10 h

Via direita ( possibilita uma viragem à direita ou seguir em frente )  
Débitos de Saturação e volumes de tráfego

Nº Ord. Ciclo	Per. Nºveic Frente	A (Lig.) Dir.	Per. Nºveic Frente	B (Lig.) Dir.	Per. Nºveic Frente	C (Lig.) Dir.	Per. Nºveic Frente	D (Lig.) Dir.	Tempo de Satur.	Tempo de Verde
1	-	2	2	5	-	2	-	-	23	32
2	1	4	-	-	1	2	-	-	-	27
3	-	5	-	8	1	-	-	-	33	34
4	-	4	-	3	-	3	-	-	23	30
5	1	3	-	5	-	3	-	-	25	33
6	-	3	-	2	-	-	-	-	16	22
7	-	4	1	2	-	2	-	1	20	28
8	-	3	2	7	-	-	-	-	31	31
9	-	2	2	6	-	-	-	-	31	31
10	-	5	-	-	-	-	-	-	-	16
11	1	4	1	4	1	2	-	-	24	30
12	-	2	-	-	-	-	-	-	-	12
13	-	3	2	8	-	-	-	2	28	30
14	-	5	-	1	-	-	-	1	16	18
15	-	3	-	7	-	-	-	1	31	31
16	-	4	-	9	-	-	-	1	31	31

**Rua D.João IV**

Período:9.50/10.10 h  
Via direita ( movimento em frente )  
Débitos de Saturação e volumes de tráfego

Nº Ordem Ciclo	Per. Nº (Lig)	A Veic. (Pes)	Per.B NºVeic (Lig)	Per. Nº (Lig)	C Veic. (Mot)	Per.D NºVeic (Lig)	Tempo de Satur.	Tempo de Verde
1	1	-	-	1	1	-	-	34
2	2	-	-	4	-	1	-	34
3	1	-	-	2	1	2	-	52
4	4	-	-	4	-	1	-	46
5	2	-	-	3	-	-	-	43
6	1	-	-	1	-	-	-	34
7	3	-	-	5	-	-	-	34
8	2	-	-	4	-	3	-	34
9	2	-	-	2	1	1	-	34
10	1	-	-	4	1	-	-	34
11	2	-	-	3	-	-	-	34
12	1	-	-	6	-	-	-	41
13	2	2	-	6	-	-	-	34
14	1	-	-	2	-	2	-	49
15	2	-	-	4	-	-	-	52

Rua D.João IV

Período: 10.10/10.30 h

Via Esquerda (possibilita viragem à esquerda e movimento em frente)

Débitos de Saturação e Volumes de tráfego

Nº Ord. Ciclo	Per. (Nº Frente)	A (Nº Veic.) Esq.	Per. (Nº Frente)	B (Nº Veic.) Esq.	Per. (Nº Frente)	C (Nº Veic.) Esq.	Per. (Nº Frente)	D (Nº Veic.) Esq.	Tempo de Satur.	Tempo de Verde
1	4 lig	-	-	-	3 lig	-	1 lig	-	-	34
2	3 lig	1 lig	-	-	5 lig	-	2 lig	-	-	34
3	4 lig	-	-	-	1lig+1 mot	-	1 lig	-	-	34
4	-	-	-	-	5 lig	-	-	-	-	37
5	1 lig	-	-	-	6 lig	1 lig	-	-	-	50
6	-	-	-	-	3lig+1 mot	-	-	-	-	45
7	1 lig	-	-	-	-	1 lig	-	-	-	34
8	4 lig	-	-	-	2 lig	1 lig	1 lig	-	-	34
9	3 lig + 1mot	-	-	-	4lig+1 mot	-	3 lig	-	-	34
10	3 lig	-	-	-	3 lig	2 lig	2 lig	-	-	34
11	2 lig	-	-	-	3 lig	3 lig	-	-	-	34
12	2 lig+ 1mot	-	-	-	-	2 lig	1 lig	-	-	26
13	1 lig	-	-	-	4lig+1 mot	-	-	-	-	44
14	-	-	-	-	5 lig	3 lig	-	-	-	47
15	2 lig+ 1 mot	1 lig+ 1mot	-	-	2 lig	-	2 lig	-	-	34

**Rua D.João IV**

Período: 17.30/17.50 h  
Via Direita (movimento em frente)  
Débitos de Saturação e Volumes de tráfego

Nº Ord. Ciclo	Per. Nº (Lig)	A Veic (Pes)	(Mot)	Per.B NºVeic (Lig)	Per. Nº (Lig)	C Veic (Pes)	(Mot)	Per. Nº (Lig)	D Veic (Mot)	Tempo de Satur.	Tempo de Verde
1	-	-	-	-	2	-	1	-	-	-	36
2	5	-	-	3	2	-	2	1	-	17	58
3	3	-	-	2	3	-	-	-	-	13	34
4	4	-	-	-	3	-	1	1	-	-	51
5	4	-	-	-	4	-	1	1	-	-	34
6	1	-	1	-	3	-	1	1	-	-	34
7	4	-	-	-	4	-	-	-	-	-	52
8	3	-	-	-	1	-	-	-	-	-	34
9	-	1	-	-	7	1	-	2	1	-	37
10	3	-	1	-	3	-	-	1	-	-	36
11	3	-	-	-	5	-	2	1	-	-	44
12	2	-	-	-	5	-	1	2	-	-	38
13	2	-	-	-	1	-	1	2	-	-	42
14	3	-	-	-	4	-	1	1	-	-	43
15	-	-	-	-	3	-	1	1	-	-	37

**Rua D.João IV**

Período:17.50/18.10 h

Via Esquerda (possibilita viragem à esquerda e movimento em frente)

Débitos de Saturação e Volumes de Tráfego

Nº Ord. Ciclo	Per. (Nº Frente)	A Veic. Esq.	Per. (Nº Frente)	B Veic. Esq.	Per. (Nº Frente)	C Veic. Esq.	Per. (Nº Frente)	D Veic. Esq.	Tempo de Satur.	Tempo de Verde
1	-	-	-	-	6 lig	-	1 lig	-	-	37
2	4 lig	-	3 lig	2lig +1pes	2 lig	-	1 lig	-	23	36
3	1 lig	-	-	-	5 lig	1 lig	1 lig	-	-	44
4	4 lig	-	-	-	6 lig	-	1 lig	-	-	41
5	1 lig	1 lig	-	-	3 lig	-	1 lig	-	-	44
6	2 lig +1pes	-	-	-	4 lig	2 lig +1mot	1 lig	-	-	45
7	5 lig	-	2 lig	-	7 lig	2 lig	1 lig	-	15	37
8	5 lig	-	-	-	4 lig	3 lig	-	-	-	44
9	1 lig	-	-	-	2 lig	-	-	-	-	41
10	-	-	-	-	5 lig	-	-	-	-	40
11	3 lig +1mot	-	-	-	6 lig	-	-	-	-	49
12	-	-	-	-	3 lig	-	1 lig	-	-	34
13	4 lig	-	-	-	5 lig	1 lig	-	-	-	34
14	3 lig	-	-	-	3 lig	-	1 lig	-	-	34
15	5 lig	3 lig	-	-	5 lig	-	1 lig	-	-	34
16	4 lig	-	-	-	4 lig	2 lig	-	-	-	34

**Rua do Moreira**

Período: 18.40/19.00 h  
Via esquerda (Movimento em Frente )  
Débitos de Saturação e Volumes de Tráfego

Nº Ordem Ciclo	Per. Nº (Lig)	A Veic. (Mot)	Per.B NºVeic. (Lig)	Per.C NºVeic. (Lig)	Per.D NºVeic. (Lig)	Tempo de Satur.	Tempo de Verde
1	-	-	-	-	-	-	32
2	1	-	-	-	-	-	32
3	1	-	-	1	-	-	32
4	-	-	-	-	1	-	19
5	2	-	-	-	-	-	19
6	-	-	-	1	-	-	32
7	-	-	-	1	-	-	27
8	1	-	-	-	-	-	11
9	-	1	-	-	-	-	32
10	-	-	-	-	-	-	14
11	3	-	-	3	-	-	31
12	1	-	-	3	-	-	31
13	1	-	-	-	-	-	10
14	2	1	-	-	-	-	31
15	3	-	-	1	-	-	31
16	1	-	-	-	-	-	29

**Rua do Moreira**

Período: 19.00/19.20 h

Via Direita (possibilita viragem à direita e movimento em Frente )  
Débitos de Saturação e Volumes de Tráfego

Nº Ord. Ciclo	Per. (Nº Dir.	A (Nº Veic.) Frente	Per. (Nº Dir.	B (Nº Veic.) Frente	Per. (Nº Dir.	C (Nº Veic.) Frente	Per. (Nº Dir.	D (Nº Veic.) Frente	Tempo de Satur.	Tempo de Verde
1	3 lig	2 lig	4 lig	4 lig	-	-	-	-	22	29
2	4 lig	1 lig	-	-	1 lig	-	1 lig	-	-	31
3	3 lig	1 lig	-	-	-	-	2 lig	-	-	11
4	2 lig	1 lig	6 lig	-	1 lig	-	-	-	23	31
5	-	-	4 lig	3 lig	1 lig	-	-	-	23	30
6	-	2 lig	5 lig +1pes	1 lig	-	-	-	-	32	32
7	3 lig	-	5 lig	2 lig	1 lig	-	2 lig	-	28	31
8	4 lig	-	4 lig	1 lig	3 lig	-	1 lig	-	19	28
9	-	-	-	-	-	-	2 mot	-	-	10
10	2 lig	1 lig	-	-	-	-	-	-	-	12
11	2 lig	1 lig	2 lig	1 lig	-	-	1 lig	-	20	20
12	3 lig	-	9 lig	2 lig	-	-	1 lig	-	32	32
13	2 lig	1 lig	7 lig	1 lig	-	-	2 lig	1 lig	32	32
14	5 lig	-	7 lig	2 lig	-	-	3 lig	-	29	29
15	3 lig+ 1mot	2 lig	8 lig	-	-	-	-	-	29	29
16	2 lig	1 lig	8 lig	1 lig	-	-	2 lig	1 lig	32	32

### 4.3- Débito de veículos

#### Rua do Moreira

Periodo da manhã

*Via esquerda: (só movimento em frente)*

$$q_f = 3 \cdot 37 = 111 \text{ veíc./h}$$

*Via direita:*

*movimento em frente:*

$$q_f = 3 \cdot 16 = 48 \text{ veíc./h}$$

*movimento à direita:*

$$q_d = 3 \cdot 143 = 429 \text{ veíc./h}$$

Periodo da tarde

*Via esquerda: (só movimento em frente)*

$$q_f = 3 \cdot 29 = 87 \text{ veíc./h}$$

*Via direita:*

*movimento em frente:*

$$q_f = 3 \cdot 32 = 96 \text{ veíc./h}$$

*movimento à direita:*

$$q_d = 3 \cdot 133 = 399 \text{ veíc./h}$$

Rua D.João IV

Periodo da manhã

*Via direita : ( só movimento em frente )*

$$q_f = 94 * 3 = 282 \text{ veíc./h}$$

*Via esquerda :*

*movimento em frente :*

$$q_f = 99 * 3 = 297 \text{ veíc./h}$$

*movimento à esquerda :*

$$q_e = 16 * 3 = 48 \text{ veíc./h}$$

Periodo da Tarde

*Via direita : ( só movimento em frente )*

$$q_f = 123 * 3 = 369 \text{ veíc./h}$$

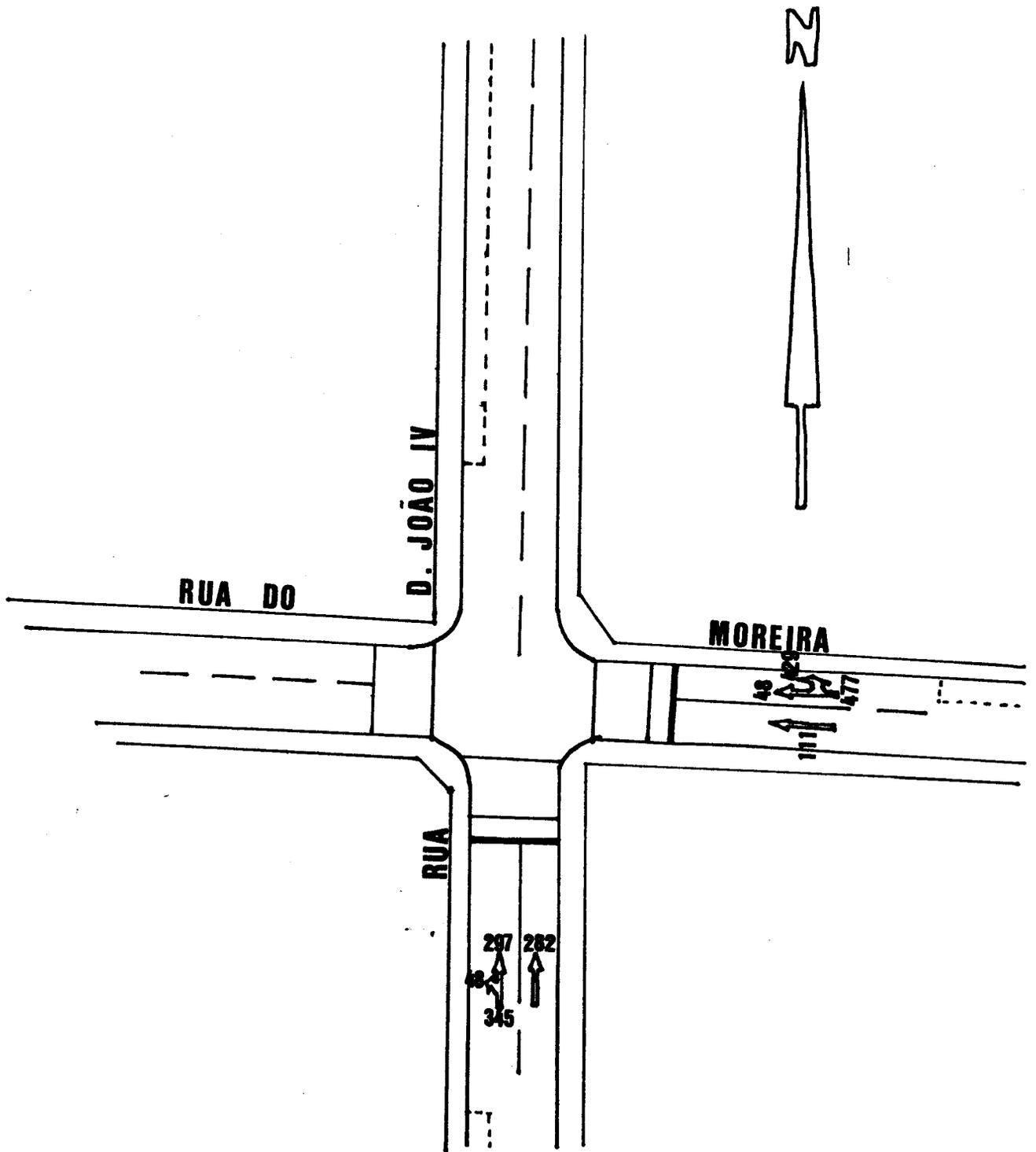
*Via esquerda :*

*movimento em frente :*

$$q_f = 130 * 3 = 390 \text{ veíc./h}$$

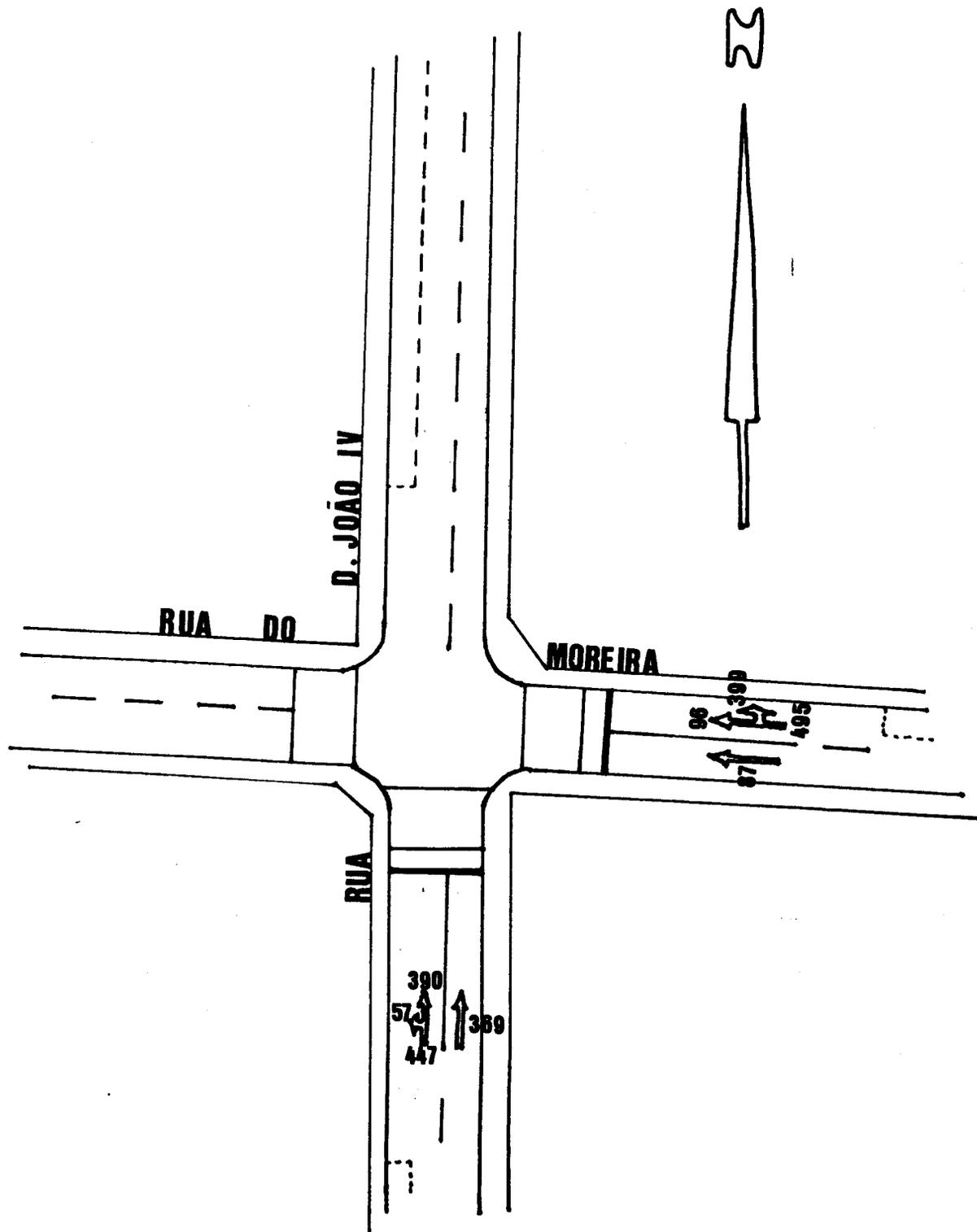
*movimento à esquerda :*

$$q_e = 19 * 3 = 57 \text{ veíc./h}$$



**ESCALA**  
**1:500**

**DÉBITO DE VEÍCULOS (VEÍC/H)**  
**MANHÃ**



**ESCALA  
1:500**

**DÉBITO DE VEÍCULOS (VEÍC/H)  
TARDE**

## 4.4- Débitos de saturação

### 4.4.1- Com base na recolha de dados

O método que se vai agora aqui aplicar , é um método simples que permite medir a saturação do tráfego , sem considerar a composição do tráfego .

O método consiste em contar o número de veículos que partem , durante três intervalos diferenciados :

- a) Intervalo inicial - os primeiros 10 segundos de verde
- b) Intervalo médio- o resto do periodo de verde apenas saturado
- c) Intervalo último- o periodo após o fim do verde , i.é o amarelo e o posterior vermelho .

Os veículos são contados quando atravessam a linha de paragem .

A fórmula que permite calcular o débito de saturação em veículos por hora é dada por :

$$s = X_2 / ( X_4 - 10 * n_4 ) * 3600$$

Nas folhas seguintes apresentam-se os quadros de cálculo para as duas ruas , no periodo da manhã e de tarde , mostrando os débitos de saturação por via .

**RUA DO MOREIRA**  
**Via esquerda**  
**Manhã**

***Débitos de Saturação (veic/h)***

Número do Ciclo	Número de Partidas(veics)			Tempo de Satur. (s)	Tempo de Verde (s)
	Intervalo inicial	Intervalo médio	Intervalo último		
1		-		-	31
2		-		-	31
3		-		-	31
4		-		-	31
5		-		-	31
6		-		-	31
7		-		-	31
8		-		-	31
9		-		-	31
10		-		-	31
11		-		-	27
12		-		-	24
13		-		-	31
14		-		-	31
15		-		-	24
Total	X1=	X2= -	X3=	X4= -	X5= 447
Casos	n1=	n2= -	n3=	n4= -	n5= 15

Nota: Não é possível aplicar o método

**RUA DO MOREIRA**  
**Via direita**  
**Manhã**

***Débitos de Saturação (veic/h)***

Número do Ciclo	Número de Partidas(veics)			Tempo de Satur. (s)	Tempo de Verde (s)
	Intervalo inicial	Intervalo médio	Intervalo último		
1	2	7	-	23	32
2	<del>3</del>	-	-	-	27
3	5	8	-	33	34
4	4	3	-	23	30
5	4	5	-	25	33
6	3	2	-	16	22
7	4	3	-	20	28
8	3	9	0	31	31
9	2	8	0	31	31
10	<del>3</del>	-	-	-	16
11	5	5	-	24	30
12	<del>2</del>	-	-	-	12
13	3	10	-	28	30
14	5	1	-	16	18
15	3	7	1	31	31
16	4	9	1	31	31
17					
18					
19					
20					
Total	X1=47	X2=77	X3=2	X4=332	X5=436
Casos	n1=13	n2=13	n3=4	n4=13	n5=16

$$S = 77 / (332 - 10 * 13) * 3600 = 1372 \text{ veic/h}$$

**RUA DO MOREIRA**  
Via esquerda  
Tarde

*Débitos de Saturação (veic/h)*

Número do Ciclo	Número de Partidas(veics)			Tempo de Satur. (s)	Tempo de Verde (s)
	Intervalo inicial	Intervalo médio	Intervalo último		
1		-		-	32
2		-		-	32
3		-		-	32
4		-		-	19
5		-		-	19
6		-		-	32
7		-		-	27
8		-		-	11
9		-		-	32
10		-		-	14
11		-		-	31
12		-		-	31
13		-		-	10
14		-		-	31
15		-		-	31
16		-		-	29
17		-		-	
18		-		-	
19		-		-	
20		-		-	
Total	X1=	X2=-	X3=	X4=	X5=413
Casos	n1=	n2=-	n3=	n4=	n5=16

Nota: Não é possível aplicar o método

RUA DO MOREIRA

Via direita

Tarde

*Débitos de Saturação (veic/h)*

Número do Ciclo	Número de Partidas(veics)			Tempo de Satur. (s)	Tempo de Verde (s)
	Intervalo inicial	Intervalo médio	Intervalo último		
1	5	8	-	22	29
2	<del>5</del>	-	-	-	31
3	<del>4</del>	-	-	-	11
4	3	6	-	23	31
5	-	7	-	23	30
6	2	7	0	32	32
7	3	7	-	28	31
8	4	5	-	19	28
9	/	-	-	-	10
10	<del>3</del>	-	-	-	12
11	3	3	1	20	20
12	3	11	1	32	32
13	3	8	3	32	32
14	5	9	3	29	29
15	6	8	0	29	29
16	3	9	3	32	32
17					
18					
19					
20					
Total	X1= 40	X2= 88	X3= 11	X4= 321	X5= 451
Casos	n1= 11	n2= 12	n3= 7	n4= 12	n5= 16

$$S = 88 / (321 - 10 * 12) * 3600 = 1576 \text{ veic/h}$$

**RUA D. JOÃO IV**  
**Via direita**  
**Manhã**

***Débitos de Saturação (veic/h)***

Número do Ciclo	Número de Partidas(veics)			Tempo de Satur. (s)	Tempo de Verde (s)
	Intervalo inicial	Intervalo médio	Intervalo último		
1		-		-	34
2		-		-	34
3		-		-	52
4		-		-	46
5		-		-	43
6		-		-	34
7		-		-	34
8		-		-	34
9		-		-	34
10		-		-	34
11		-		-	34
12		-		-	41
13		-		-	34
14		-		-	49
15		-		-	52
Total	X1=	X2= -	X3=	X4= -	X5= 589
Casos	n1=	n2= -	n3=	n4= -	n5= 15

Nota: Não é possível aplicar o método

**RUA D. JOÃO IV**  
**Via esquerda**  
**Manhã**

***Débitos de Saturação (veic/h)***

Número do Ciclo	Número de Partidas(veics)			Tempo de Satur. (s)	Tempo de Verde (s)
	Intervalo inicial	Intervalo médio	Intervalo último		
1		-		-	34
2		-		-	34
3		-		-	34
4		-		-	37
5		-		-	50
6		-		-	45
7		-		-	34
8		-		-	34
9		-		-	34
10		-		-	34
11		-		-	34
12		-		-	26
13		-		-	44
14		-		-	47
15		-		-	34
Total	X1=	X2= -	X3=	X4= -	X5= 555
Casos	n1=	n2= -	n3=	n4= -	n5= 15

Nota: Não é possível aplicar o método

RUA D. JOÃO IV

Via direita

Tarde

*Débitos de Saturação (veic/h)*

Número do Ciclo	Número de Partidas(veics)			Tempo de Satur. (s)	Tempo de Verde (s)
	Intervalo inicial	Intervalo médio	Intervalo último		
1	-	-	-	-	36
2	5	3	-	17	58
3	3	2	-	13	34
4	<del>A</del>	-	-	-	51
5	<del>A</del>	-	-	-	34
6	<del>Z</del>	-	-	-	34
7	<del>A</del>	-	-	-	52
8	<del>X</del>	-	-	-	34
9	<del>X</del>	-	-	-	37
10	<del>A</del>	-	-	-	36
11	<del>X</del>	-	-	-	44
12	<del>Z</del>	-	-	-	38
13	<del>Z</del>	-	-	-	42
14	<del>X</del>	-	-	-	43
15	-	-	-	-	37
Total	X1= 8	X2= 5	X3= -	X4= 30	X5= 610
Casos	n1= 2	n2= 2	n3= -	n4= 2	n5= 15

$$S = 5 / (30 - 10 * 2) * 3600 = 1800 \text{ veic/h}$$

**RUA D. JOÃO IV**  
**Via esquerda**  
**Tarde**

*Débitos de Saturação (veic/h)*

Número do Ciclo	Número de Partidas(veics)			Tempo de Satur. (s)	Tempo de Verde (s)
	Intervalo inicial	Intervalo médio	Intervalo último		
1	-	-	-	-	37
2	4	6	-	23	36
3	<del>X</del>	-	-	-	44
4	<del>A</del>	-	-	-	41
5	<del>Z</del>	-	-	-	44
6	<del>B</del>	-	-	-	45
7	5	2	-	15	37
8	<del>S</del>	-	-	-	44
9	<del>X</del>	-	-	-	41
10	-	-	-	-	40
11	<del>A</del>	-	-	-	49
12	-	-	-	-	34
13	<del>A</del>	-	-	-	34
14	<del>B</del>	-	-	-	34
15	<del>S</del>	-	-	-	34
16	<del>A</del>	-	-	-	34
17					
18					
19					
20					
Total	X1= 9	X2= 8	X3= -	X4= 38	X5= 628
Casos	n1= 2	n2= 2	n3= -	n4= 2	n5= 16

$$S = 8 / (38 - 10 * 2) * 3600 = 1600 \text{ veic/h}$$

Em resumo:

Débito de saturação / via  
(veic./h)

Rua do moreira

	Manhã	Tarde
Via esquerda	*	*
Via direita	1372	1576

Rua D. João IV

	Manhã	Tarde
Via esquerda	*	1600
Via direita	*	1800

( \* ) Não houve saturação . Impossibilidade de aplicação do método .

#### 4.4.2- Estimação dos débitos de saturação

O débito de saturação de cada via , depende das características da via , e do tipo de movimento .

Factores que afectam o débito de saturação :

- Largura da via (**fw**)
- Inclinação da via (**fi**)
- Localização do cruzamento (**fz**)

Tem a ver , com aspectos ligados à visibilidade , interferência com peões , manobras de estacionamento , paragem de autocarros , etc.

- Localização da via (**fp**)
- Composição do tráfego (**ft**)
- Tipo de manobra (**fd**)

Vou então passar ao cálculo dos débitos de saturação .

#### Rua do Moreira

Periodo da manhã

*Via esquerda: ( só movimento em frente )*

$$s = s_f = 1900 * f_w * f_i * f_z * f_p * f_t$$

$$f_w = 0.053 * 3.5 + 0.826 = 1.0115$$

$$f_i = 1$$

$$f_z = 1 \text{ (características médias )}$$

$$f_p = 0.9$$

$$f_t = 100 / (100 - 6 - 3 + 6 * 2 + 3 * 0.4) = 0.960$$

$$s = s_f = 1900 * 1.0115 * 1 * 1 * 0.9 * 0.960 = 1660 \text{ veíc/h}$$

*Via direita:*

*movimento em frente :*

$$s = s_f = 1900 * f_w * f_i * f_z * f_p * f_t$$

$$f_w = 1.0115$$

$$f_i = 1$$

$$f_z = 1$$

$$f_p = 0.9$$

$$f_t = 1$$

$$s = s_f = 1900 * 1.0115 * 1 * 1 * 0.9 * 1 = 1730 \text{ veic/h}$$

*movimento à direita :*

$$s = s_d = s_f * f_d = 1900 * f_w * f_i * f_z * f_p * f_t * f_d$$

$$f_w = 1.0115$$

$$f_i = 1$$

$$f_z = 1$$

$$f_p = 0.9$$

$$f_t = 1$$

$$f_d = 1 / (1 + 1.5/R) = 1 / (1 + 1.5/10) = 0.870 ; (\text{Raio de vir. à direita} = 10 \text{ m})$$

$$s = s_d = 1900 * 1.0115 * 1 * 1 * 0.9 * 1 * 0.870 = 1505 \text{ veic./h}$$

Como se trata de uma via de utilização mista , i.é a mesma via está disponível para os movimentos i com débito de saturação  $s_i$  e percentagem  $p_i$  , vem que :

$$s = \sum p_i / \sum p_i / s_i = (10 + 90) / (10 / 1730 + 90 / 1505) = 1525 \text{ veic/h}$$

Rua do Moreira

Periodo da tarde

*Via esquerda: ( só movimento em frente )*

$$s = s_f = 1900 * f_w * f_i * f_z * f_p * f_t$$

$$f_w = 0.053 * 3.5 + 0.826 = 1.0115$$

$$f_i = 1$$

$$f_z = 1 \text{ (características médias )}$$

$$f_p = 0.9$$

$$f_t = 100 / (100 - 7 + 7 * 0.4) = 1$$

$$s = s_f = 1900 * 1.0115 * 1 * 1 * 0.9 * 1 = 1730 \text{ veíc/h}$$

*Via direita:*

*movimento em frente :*

$$s = s_f = 1900 * f_w * f_i * f_z * f_p * f_t$$

$$f_w = 1.0115$$

$$f_i = 1$$

$$f_z = 1$$

$$f_p = 0.9$$

$$f_t = 1$$

$$s = s_f = 1900 * 1.0115 * 1 * 1 * 0.9 * 1 = 1730 \text{ veíc/h}$$

*movimento à direita :*

$$s = s_d = s_f * f_d = 1900 * f_w * f_i * f_z * f_p * f_t * f_d$$

$$f_w = 1.0115$$

$$f_i = 1$$

$$f_z = 1$$

$$f_p = 0.9$$

$$f_t = 100 / (100 - 1.5 - 1 + 1.5 * 0.4 + 1 * 2) = 0.999$$

$$f_d = 1 / (1 + 1.5 / R) = 1 / (1 + 1.5 / 10) = 0.870 ; \text{ (Raio de vir. à direita = 10 m )}$$

$$s = s_d = 1900 * 1.0115 * 1 * 1 * 0.9 * 0.999 * 0.870 = 1504 \text{ veíc./h}$$

Como se trata de uma via de utilização mista , i.é a mesma via está disponível para os movimentos i com débito de saturação  $s_i$  e percentagem  $p_i$  , vem que :

$$s = \sum p_i / \sum p_i/s_i = (20+80)/(20/1730+80/1504) = 1545 \text{ veic/h}$$

### Rua D.João IV

Periodo da manhã

*Via direita : ( só movimento em frente )*

$$s = s_f = 1900 * f_w * f_i * f_z * f_p * f_t$$

$$f_w = 0.053 * 3.5 + 0.826 = 1.0115$$

$$f_i = 1 - 2/100 * 2 = 0.96$$

$$f_z = 1 \text{ (características médias )}$$

$$f_p = 0.9$$

$$f_t = 100 / (100 - 2 - 4 + 2 * 2 + 4 * 0.4) = 1$$

$$s = s_f = 1900 * 1.0115 * 0.96 * 1 * 0.9 * 1 = 1660 \text{ veic/h}$$

*Via esquerda:*

*movimento em frente :*

$$s = s_f = 1900 * f_w * f_i * f_z * f_p * f_t$$

$$f_w = 0.105 * 2.5 + 0.653 = 0.9155$$

$$f_i = 0.96$$

$$f_z = 1$$

$$f_p = 0.9$$

$$f_t = 100 / (100 - 7 + 7 * 0.4) = 1.04$$

$$s = s_f = 1900 * 0.9155 * 0.96 * 1 * 0.9 * 1.04 = 1565 \text{ veic/h}$$

*movimento à esquerda:*

$$s = s_e = s_f * f_d = 1900 * f_w * f_i * f_z * f_p * f_t * f_d$$

$$f_w = 0.9155$$

$$f_i = 0.96$$

$$f_z = 1$$

$$f_p = 0.9$$

$$f_t = 100 / (100 - 2 + 2 * 0.4) = 1.01$$

$$f_d = 1 / (1 + 1.5 / R) = 1 / (1 + 1.5 / 10) = 0.870 ; (\text{Raio de vir. à esquerda} = 10 \text{ m})$$

$$s = s_e = 1900 * 0.9155 * 0.96 * 1 * 0.9 * 1.01 * 0.870 = 1320 \text{ veíc./h}$$

Como se trata de uma via de utilização mista, i.é a mesma via está disponível para os movimentos i com débito de saturação  $s_i$  e percentagem  $p_i$ , vem que :

$$s = \sum p_i / \sum p_i / s_i = (86 + 14) / (86 / 1565 + 14 / 1320) = 1530 \text{ veíc/h}$$

### Rua D. João IV

Periodo da tarde

*Via direita : ( só movimento em frente )*

$$s = s_f = 1900 * f_w * f_i * f_z * f_p * f_t$$

$$f_w = 0.053 * 3.5 + 0.826 = 1.0115$$

$$f_i = 1 - 2 / 100 * 2 = 0.96$$

$$f_z = 1 \text{ (características médias)}$$

$$f_p = 0.9$$

$$f_t = 100 / (100 - 2 - 12 + 2 * 2 + 12 * 0.4) = 1.054$$

$$s = s_f = 1900 * 1.0115 * 0.96 * 1 * 0.9 * 1.054 = 1750 \text{ veíc/h}$$

*Via esquerda:*

*movimento em frente :*

$$s = s_f = 1900 * f_w * f_i * f_z * f_p * f_t$$

$$f_w = 0.105 * 2.5 + 0.653 = 0.9155$$

$$f_i = 0.96$$

$$f_z = 1$$

$$f_p = 0.9$$

$$f_t = 100 / (100 - 7 + 7 * 0.4) = 1$$

$$s = s_f = 1900 * 0.9155 * 0.96 * 1 * 0.9 * 1 = 1505 \text{ veíc/h}$$

*movimento à esquerda:*

$$s = s_e = s_f * f_d = 1900 * f_w * f_i * f_z * f_p * f_t * f_d$$

$$f_w = 0.9155$$

$$f_i = 0.96$$

$$f_z = 1$$

$$f_p = 0.9$$

$$f_t = 100 / (100 - 10 + 10 * 0.4) = 1.06$$

$$f_d = 1 / (1 + 1.5/R) = 1 / (1 + 1.5/10) = 0.870 ; (\text{Raio de vir. à esquerda} = 10 \text{ m})$$

$$s = s_e = 1900 * 0.9155 * 0.96 * 1 * 0.9 * 1.06 * 0.870 = 1390 \text{ veíc./h}$$

Como se trata de uma via de utilização mista , i.é a mesma via está disponível para os movimentos i com débito de saturação  $s_i$  e percentagem  $p_i$  , vem que :

$$s = \sum p_i / \sum p_i / s_i = (87 + 13) / (87 / 1505 + 13 / 1390) = 1490 \text{ veíc/h}$$

Em resumo:

Débito de saturação / via  
(veic./h)

Rua do moreira

	Manhã	Tarde
Via esquerda	1660	1730
Via direita	1525	1545

Rua D. João IV

	Manhã	Tarde
Via esquerda	1530	1490
Via direita	1660	1750

Da análise dos quadros resumos constantes nos pontos 4.4.1 e 4.4.2 ,que como já foi dito , mostram respectivamente os débitos de saturação obtidos directamente da recolha de dados e por estimativa, seria interessante comparar estes 2 conjuntos de quadros . Assim , constata-se que ambas as metodologias dão valores semelhantes , sendo que , no meu entender valores razoáveis para os débitos de saturação , andarão na casa dos 1500 a 1600 veíc/h .

#### 4.5- Grau de saturação

$$\chi = q*c/s*g$$

$q*c$  = Número de veículos que chegam durante o ciclo

$s*g$  = Número máximo de partidas

Capacidade possível é definida como sendo o máximo que pode partir por unidade de tempo , logo :

$$Q_{\text{máx}} = s*g/c$$

O que fazemos , é tomar uma capacidade prática , assim :

$$Q_{\text{máx}} = (s*g/c)*0.9$$

$$\text{Como } q < Q_{\text{máx}} \Rightarrow q < (s*g/c)*0.9 \Rightarrow q*c/s*g < 0.9$$

Temos portanto , que garantir , que o grau de saturação seja inferior a 0.9 .

Rua do Moreira:

Periodo da manhã

- O tempo de verde médio na Rua do Moreira foi da ordem dos 30 s.
- O tempo de verde médio na Rua D.João IV foi da ordem dos 40 s.

$$\text{Ciclo médio} = 40 + 30 + 2 * 3 + 2 * 2 = 80 \text{ s}$$

$$g = t_{\text{verde real}} - l = 30 - 1 = 29 \text{ s} \quad (l = T_{pa} - T_{ap})$$

*Via esquerda :*

$$\chi = (111/3600 * 80) / (1660/3600 * 29) = 0.18 = 18\%$$

*Via direita :*

$$\chi = (477/3600 * 80) / (1450/3600 * 29) = 0.9 = 90\%$$

Rua do Moreira:

Periodo da tarde

- O tempo de verde médio na Rua do Moreira foi da ordem dos 26 s.
- O tempo de verde médio na Rua D.João IV foi da ordem dos 40 s.

$$\text{Ciclo médio} = 26 + 40 + 2 * 3 + 2 * 2 = 76 \text{ s}$$

$$g = t_{\text{verde real}} - l = 26 - 1 = 25 \text{ s} \quad (l = T_{pa} - T_{ap})$$

*Via esquerda :*

$$\chi = (87/3600 * 76) / (1730/3600 * 25) = 0.15 = 15\%$$

*Via direita :*

$$\chi = (495/3600 * 76) / (1560/3600 * 25) = 0.96 = 96\%$$

Rua D.João IV

Periodo da manhã

$$c = 80 \text{ s}$$

$$g = t_{\text{verde real}} - 1 = 40 - 1 = 39 \text{ s}$$

*Via direita :*

$$\chi = (282/3600 * 80) / (1660/3600 * 39) = 0.35 = 35\%$$

*Via esquerda :*

$$\chi = (345/3600 * 80) / (1530/3600 * 39) = 0.46 = 46\%$$

#### Rua D. João IV

Periodo da tarde

$$c = 76 \text{ s}$$

$$g = t_{\text{verde real}} - 1 = 40 - 1 = 39 \text{ s}$$

*Via direita :*

$$\chi = (369/3600 * 76) / (1775/3600 * 39) = 0.41 = 41\%$$

*Via esquerda :*

$$\chi = (447/3600 * 76) / (1545/3600 * 39) = 0.56 = 56\%$$

Em resumo:

Grau de saturação / via  
(%)

Rua do moreira

	Manhã	Tarde
Via esquerda	18	15
Via direita	90	96

Rua D. João IV

	Manhã	Tarde
Via esquerda	46	56
Via direita	35	41

Da análise dos dois quadros acima, vê-se que a via direita da Rua do Moreira apresenta um grau de saturação bastante grande, facto confirmado " em situ " pelas longas filas de espera e um congestionamento apreciável que encontramos nos dois periodos de observação. As restantes vias apresentam valores relativamente normais.

## **5- Encarar o futuro com confiança**

Com a feitura deste trabalho , procurei dar a conhecer alguma das fases de implementação de UTC na cidade do Porto .

Em face do crescimento do Porto , e do conhecimento da situação evolutiva desta cidade , só um sistema aberto e flexível , com uma estratégia de circulação adaptada à situação presente da cidade e englobada numa perspectiva de evolução face às exigências sempre novas de uma cidade em crescimento poderia trazer melhoras significativas .

O que então , o sistema Gertrude propõe , é uma solução original para os problemas dos transportes colectivos , sem sacrificar a circulação em geral , uma ajuda com proridade absoluta aos veículos de urgência , dá também "sangue novo" à circulação no centro da cidade além de incrementar a ajuda ao combate da poluição e reduzir significativamente os acidentes .

Com a implementação deste sistema na Baixa Portuense pretende-se trazer mais conforto e bem estar a todos aqueles que se deslocem a esta zona particular e difícil da cidade do Porto .





FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO

BIBLIOTECA



0000101512