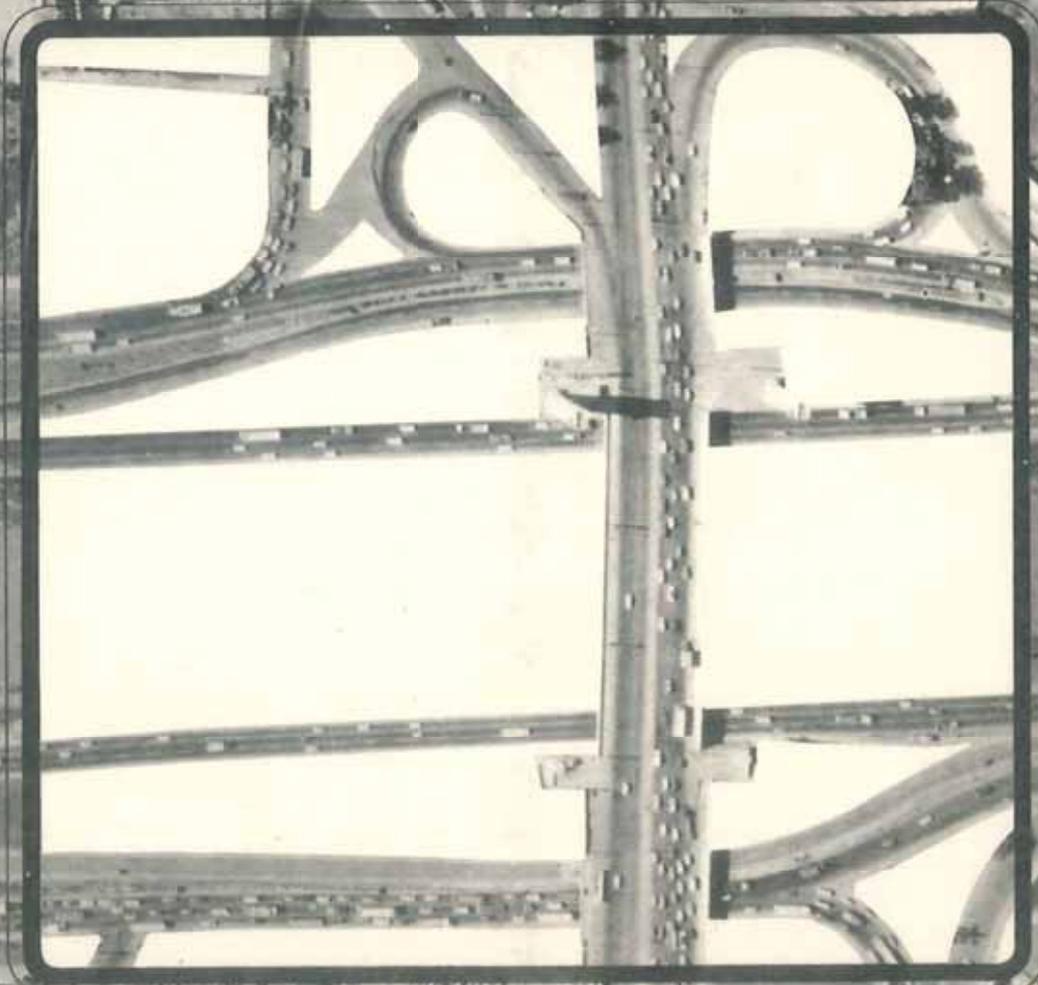




COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO
boletim técnico



Pesquisa Aerofotográfica da
Circulação Urbana



Pesquisa Aerofotográfica da
Circulação Urbana

Análise de um
Projeto Piloto



Ficha Catalográfica

Castro, F.E.B. de — 1949. Sales, F.M. — 1952.

Fesquisa aerofotográfica da circulação urbana: Análise de um Projeto Piloto. São Paulo, Companhia de Engenharia de Tráfego, 1977.

62 p. il. (Série: Boletim Técnico da CET n.º 4)

1. Tráfego Urbano — São Paulo. 2. Aerofotogrametria. 3. Circulação de Pedestre.

I. Título. II. Série.

Colaboraram na execução deste trabalho:

Arq. Deodato de Mello Freire Jr.

programação visual

Celso Campos Toledo

Percival Tirapeli

ilustrações

Aivar Cafagne

Enrique Staschower Grunspan

Hsu Man Keang

Horácio Calligaris Galvanese

Leonardo R.C.M. Cavalcanti

Luiz Renato H. Siqueira

Maria Cristina Fabri

Newton Lascalea Jr.

Paulo de Moura Fernandes Neto

Tereza Cristina A. Bock

estudantes estagiários

Boletim Técnico da CET 04

Pesquisa Aerofotográfica da Circulação Urbana

Análise de um
Projeto Piloto

Francisco Eduardo Bedê de Castro
Roberto Moura Sales

Companhia de Engenharia de Tráfego



Este trabalho foi elaborado e publicado pela
Companhia de Engenharia de Tráfego — CET,
por solicitação e autorização do Departamento
de Operações do Sistema Viário do Município
de São Paulo — DSV.

Publicação da
Companhia de Engenharia de Tráfego - CET
Av. Nações Unidas n.º 7.163
05477 - São Paulo - SP

Neste número, o Boletim Técnico da CET descreve e analisa os trabalhos realizados pela Companhia de Engenharia de Tráfego — CET, em colaboração com a TerraFoto S.A. Atividades de Aerolevantamentos, objetivando o desenvolvimento de novos métodos de investigação da circulação urbana de veículos e pedestres, fundamentados na utilização de técnicas aerofotográficas.

São Paulo, abril de 1977

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	9
2. RECURSOS DA FOTOGRAFIA AÉREA	13
2.1. Perspectiva aérea de observação	15
2.2. Registro fotográfico das imagens	16
2.3. Deslocamento aéreo do elemento observador	16
3. METODOLOGIA	17
3.1. Aerolevanteamento por avião	20
3.2. Aerolevanteamento por helicóptero	23
4. PROJETO PILOTO	25
4.1. Pesquisa regional	28
4.2. Pesquisa de área	29
4.3. Pesquisa de ponto crítico	33
4.4. Pesquisa de pedestres	41
5. VIABILIDADE	45
5.1. Viabilidade técnica	47
Execução	47
Resultados	48
5.2. Viabilidade econômica	49
6. CONCLUSÕES	51
7. APÊNDICE	55
Características Técnicas dos Aerolevanteamentos por Avião ..	57



1
introdução

Uma importante característica da natureza das atividades da Engenharia de Tráfego é a de envolver ações que se verificam sempre sobre uma realidade, constituída, normalmente, por centenas de milhares de veículos, realizando alguns milhões de deslocamentos diários sobre um complexo viário composto por dezenas de milhares de km de vias e uma quantidade praticamente incomensurável de sinalizações horizontais, verticais e semaforicas.

Não se trata da criação integral de uma nova estrutura, mas da adição, eliminação ou modificação de suas partes, motivo pelo qual reveste-se da maior importância o conhecimento completo e integrado dos diversos aspectos que configuram seu estado atual.

Em resposta, não só à dimensão dos problemas existentes, como à necessidade urgente de enfrentá-los e aos limitados recursos disponíveis, o Departamento de Operação do Sistema Viário da Secretaria Municipal de Transportes de São Paulo — DSV/SMT, através da Companhia de Engenharia de Tráfego — CET, com a colaboração da TerraFoto S. A. Atividades de Aerolevantamentos, iniciou o trabalho de desenvolvimento de um novo instrumento de pesquisa da circulação urbana de veículos e pedestres: a fotografia aérea, como alternativa aos métodos usuais, baseados na observação local dos fenômenos, direta (visual) ou indireta (por instrumentos).

Este documento analisa os trabalhos realizados nesse sentido e, com especial ênfase, os resultados de um conjunto de experiências práticas configuradas num Projeto Piloto executado em São Paulo em fins de 1976.



recursos da fotografia aérea²

Como se sabe, a fotografia aérea é, normalmente, utilizada no levantamento de configurações físicas terrestres, com aplicações em praticamente todos os campos das geociências.

Seu emprego é usual na elaboração de sistemas cartográficos, devido à riqueza de elementos físicos identificáveis e precisão das medições tridimensionais — planialtimétricas — possíveis de serem nelas realizadas.

No caso do estudo dos fenômenos da circulação, uma nova dimensão, o tempo, é também envolvida, na medida em que o movimento surge como uma variável fundamental de investigação.

Três atributos básicos, que caracterizam o método aerofotográfico, permitem avaliar as principais vantagens de sua utilização:

- perspectiva aérea de observação;
- registro fotográfico das imagens; e
- deslocamento aéreo do elemento observador.

2.1. PERSPECTIVA AÉREA DE OBSERVAÇÃO

É responsável pela possibilidade de observação conjunta de todos os aspectos de uma configuração de tráfego, numa ampla região, em contraposição à parcialidade das observações locais.

Os fenômenos de circulação devem ser entendidos, efetivamente, a partir das diversas relações de interdependência existentes entre as partes que o compõem, sem o que se tornam inevitáveis os erros originados de análises parciais e isoladas.

A perspectiva aérea constitui, portanto, sua forma ideal de visualização.

2.2. REGISTRO FOTOGRÁFICO DAS IMAGENS

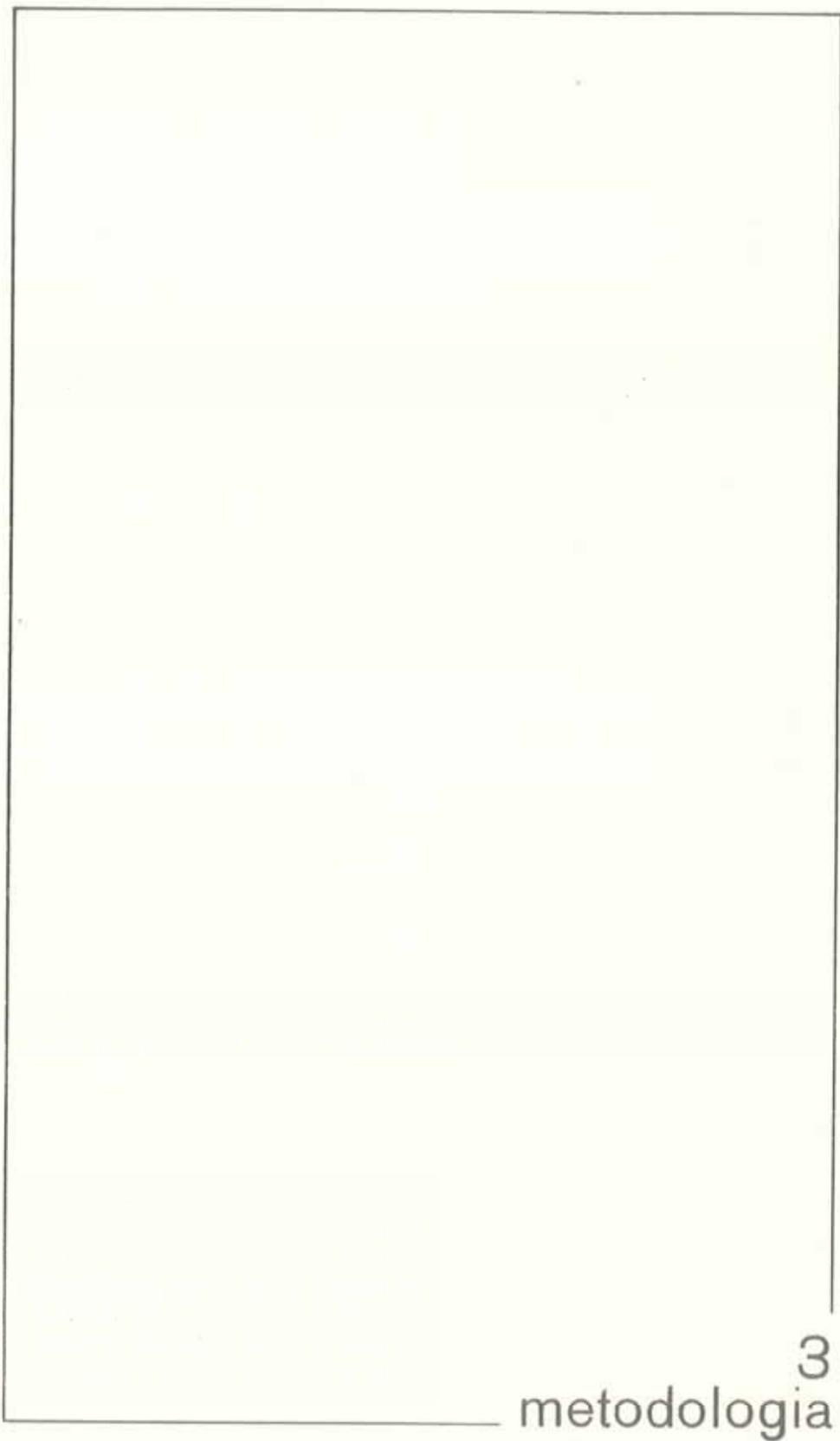
Outra característica da circulação, como objeto de estudo, é a transitoriedade dos fenômenos envolvidos e conseqüente limitação do tempo disponível para sua observação.

As fotografias constituem registro visual permanente das ocorrências da circulação urbana. A análise das informações nelas contidas pode ser feita durante o tempo necessário e ainda numa sala de estudo, longe das condições ambientais das vias urbanas, nem sempre favoráveis.

2.3. DESLOCAMENTO AÉREO DO ELEMENTO OBSERVADOR

Além da perspectiva aérea de observação, que já proporciona suficiente abrangência às pesquisas, outro fator que contribui para sua ampliação ainda maior é o próprio deslocamento aéreo do elemento observador, a câmara fotográfica.

Esse deslocamento aéreo contrasta com as possibilidades de deslocamento terrestre de observadores locais, condicionados às restrições impostas pela própria fluidez do tráfego objeto da pesquisa.



3
metodologia

A pesquisa da circulação envolve a investigação de uma característica básica do fenômeno observado — o movimento dos veículos — que é realizada a partir da obtenção de seqüências fotográficas adequadas, a intervalos preestabelecidos de tempo.

Dessa forma, variáveis como velocidades, fluxos, trajetórias de veículos e outras, podem ser convenientemente determinadas.

A bibliografia de referência aborda, de maneira exaustiva, metodologias utilizadas com diferentes finalidades, envolvendo o uso de diversas técnicas, aparelhos de voo, equipamentos e materiais fotográficos.

Duas delas, com características relativamente distintas, porém complementares entre si quanto aos resultados proporcionados, foram escolhidas e utilizadas nas experiências do Projeto Piloto.

Eles representam, de modo significativo, o universo de possibilidades existentes e se diferenciam, basicamente, pelo tipo de equipamento que utilizam. Uma delas, avião e equipamento fotográfico especial para aerofotogrametria, a outra, helicóptero e equipamento fotográfico convencional.

Os procedimentos envolvidos são apresentados a seguir.

3.1. AEROLEVANTAMENTO POF AVIÃO

Compreende três etapas de atividades, conforme esquema ilustrativo 01.

a) aerolevanteamento

A região é sobrevoada em faixas, enquanto uma sucessão de fotografias é obtida a intervalos de tempo preestabelecidos.

As seguintes condições devem ser observadas:

- **escala conveniente de voo**

que possibilite identificação visual dos veículos nas fotografias obtidas (ou em suas ampliações ou ainda em sua observação com instrumento óptico);

- **intervalo conveniente de tempo entre fotos consecutivas**

que possibilite registro das posições de todos os veículos em, pelo menos, duas fotografias consecutivas, permitindo, ainda, que os deslocamentos por eles efetuados, nesse tempo, sejam sensíveis e possam ser medidos na escala de análise adotada (escala de análise = escala de voo x fator de ampliação).

Durante o período de pesquisa, uma hora de pico por exemplo, uma certa quantidade de passagens sucessivas é realizada em cada faixa de voo, para obtenção de um conjunto de fotografias que represente suficientemente os fenômenos ocorridos no período.

b) fotointerpretação

Aos produtos fotográficos obtidos, os seguintes procedimentos de fotointerpretações são aplicados:

- definição e delimitação dos trechos nos quais o sistema viário será subdividido;
- medição dos comprimentos (L) dos trechos definidos (a medição simultânea em planta planimétrica de precisão indicará fatores de correção para a escala da fotografia);
- contagem da quantidade (N) de veículos presentes em cada trecho; e
- identificação, em fotos consecutivas, de uma quantidade representativa de veículos presentes em cada trecho e medição dos correspondentes deslocamentos efetuados (ΔS).

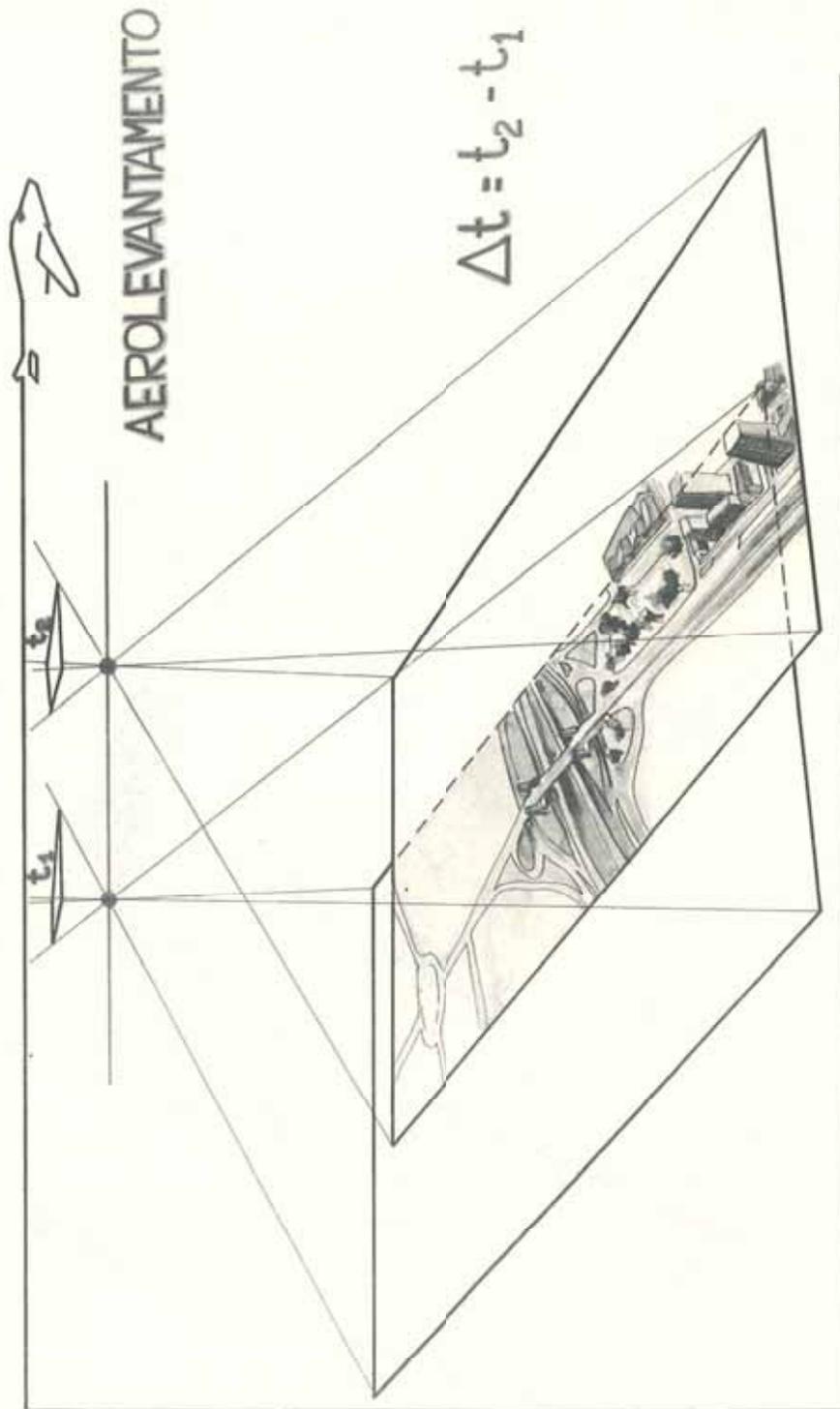


FOTO INTERPRETAÇÃO



c) **cálculos aritméticos**

De posse dos elementos obtidos na fotointerpretação, as variáveis básicas definidoras das correntes de tráfego, em cada trecho, são determinadas por simples cálculos aritméticos, realizados a partir das relações:

$$\bullet \text{ velocidade} = \frac{\text{deslocamento}}{\text{tempo de percurso}}$$

$$\bullet \text{ densidade} = \frac{\text{quantidade de veículos}}{\text{comprimento do trecho}}$$

$$\bullet \text{ fluxo} = \text{velocidade} \times \text{densidade.}$$

3.2. AEROLEVANTAMENTO POR HELICÓPTERO

As pesquisas realizadas por helicóptero obedecem, basicamente, à mesma metodologia, com as seguintes diferenças:

- a) o helicóptero paira sobre a região de pesquisa, obtendo uma seqüência mais numerosa e contínua de imagens fotográficas, conduzindo a uma maior riqueza de informações, incluindo dados sobre origem, percurso e destino dos deslocamentos; e
- b) é utilizado equipamento fotográfico de menor porte, com quadros menores do que os utilizados em avião, impondo, por outro lado, uma limitação da área abrangida pela pesquisa.



4
projeto piloto

O Projeto Piloto realizado orientou-se, basicamente, para a exploração de uma importante característica da pesquisa aerofotográfica, qual seja a possibilidade de realização de sucessivos níveis de estudo, com graus crescentes de profundidade de informação, à medida em que regiões mais críticas e menos abrangentes sejam localizadas.

Esse procedimento, além de proporcionar a informação necessária e suficiente para cada nível de complexidade de análise, permite que as prioridades possam ser objetiva e criteriosamente estabelecidas, e que os problemas mais particulares e localizados sejam posicionados precisamente no contexto geral em que ocorrem.

Três níveis de pesquisa foram desenvolvidos:

- pesquisa regional (por avião);
- pesquisa de área (por avião); e
- pesquisa de ponto crítico (por helicóptero).

em ordem crescente do grau de informação e decrescente da extensão espacial abrangida.

As áreas em que cada um desses níveis de pesquisa foi realizado se encontram indicadas na planta 01.

Além dessas pesquisas sobre a circulação de veículos, outras sobre circulação de pedestres, foram também realizadas e são descritas no item 4.4.

4.1. PESQUISA REGIONAL

Procedimentos

Realizou-se sobrevôo único numa área de 16 km² ao longo das avenidas Marginais do Rio Tietê, desde o viaduto da Rodovia Dutra até o viaduto Casa Verde (planta 01), na hora do pico da manhã (em torno das 8 h).

Densidade de ocupação

Foi realizado um mapeamento das densidades instantâneas de ocupação das vias (planta 02), definidas como as quantidades de veículos presentes, por unidade de comprimento e por faixa de tráfego, em cada trecho viário relativamente homogêneo (cada ônibus e caminhão foi considerado equivalente a dois automóveis).

A densidade instantânea de ocupação das vias, embora não constitua uma grandeza que reflita os estados de movimento dos veículos, proporciona um primeiro nível de análise, fundamentado sobre as conseqüências diretas dos problemas existentes, qual sejam os adensamentos ou congestionamentos de tráfego resultantes de restrições de capacidade das vias.

Configurações sucessivas *

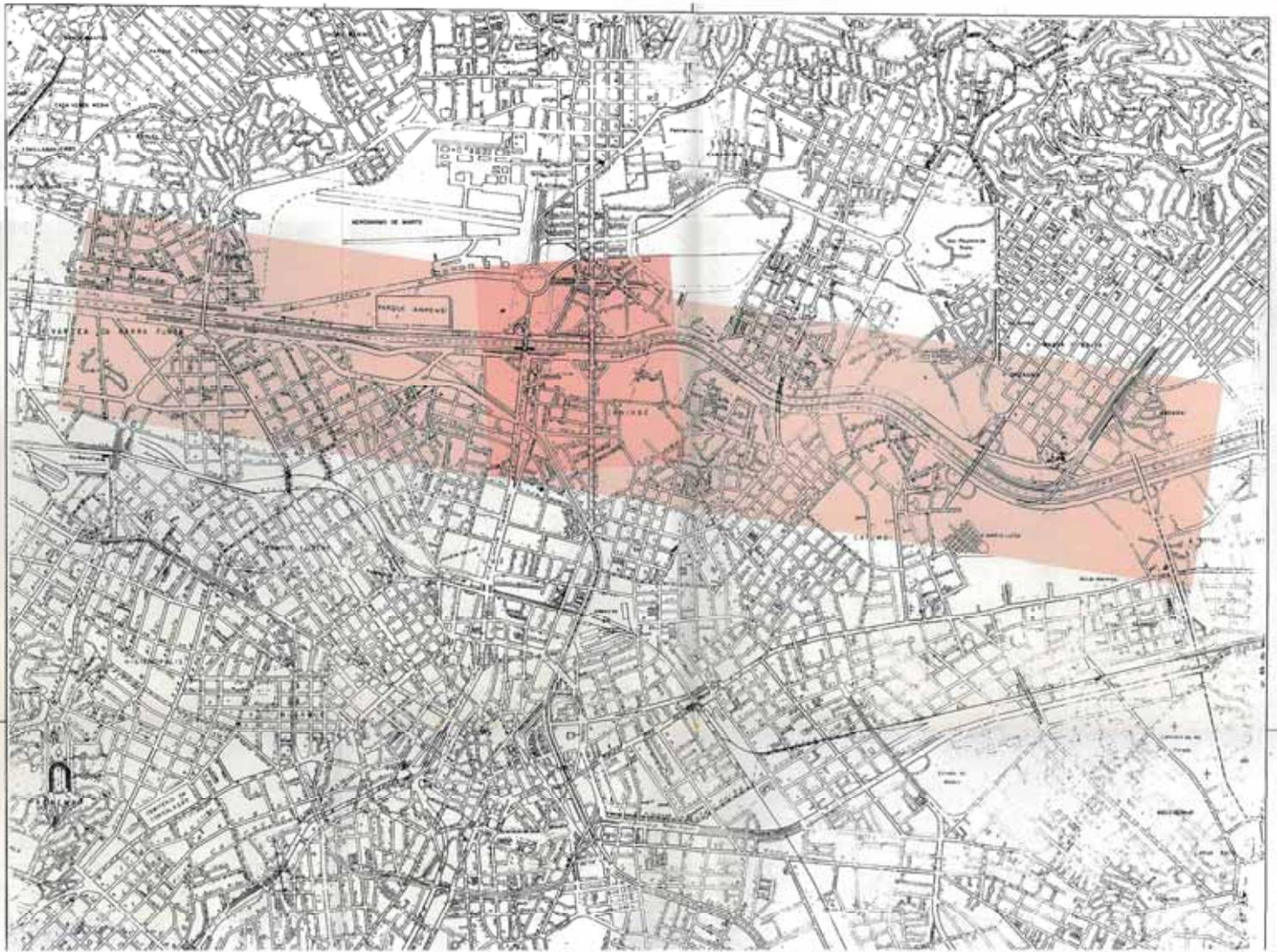
A análise pode ser ainda mais enriquecida se duas ou mais configurações instantâneas forem caracterizadas através de sobrevôos sucessivos na mesma região.

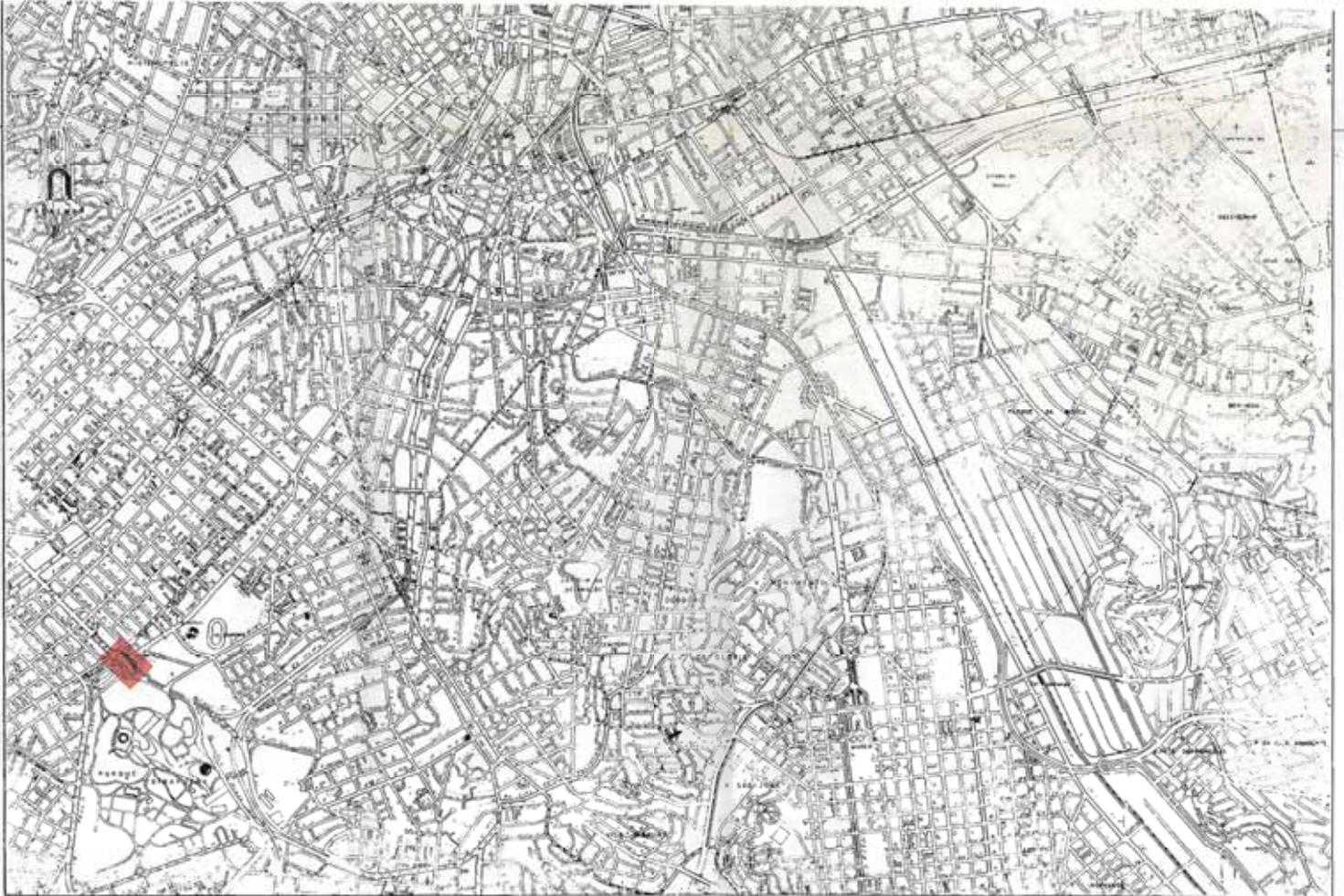
A evolução temporal das filas formadas a montante das restrições existentes (estreitamentos, curvas, intersecções em nível, entrelaçamentos etc.), pode caracterizar as relações demanda/atendimento verificadas no período de tempo considerado.

Podem também ser analisados os conjuntos de inter-relações estabelecidas em toda a dimensão espacial e temporal que abriga os fenômenos.

Efetivamente, um determinado estado de circulação está relacionado não só ao próprio espaço e tempo em que ocorre, mas a todo um contexto de fenômenos verificados nos espaços e tempos que o envolvem.

* As possibilidades de análise aqui descritas não integraram o escopo dos trabalhos do Projeto Piloto, mas estão sendo desenvolvidas numa segunda etapa de atividades já em andamento.





LEGENDA

- Perímetro Proprietário
- Perímetro de Área
- Perímetro de Plano Diretor

PLANTA 01
LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS
DE ESTUDO

PESQUISA AEROFOTOGRAFICA DE TRAFEGO

PROJETO 01/2010

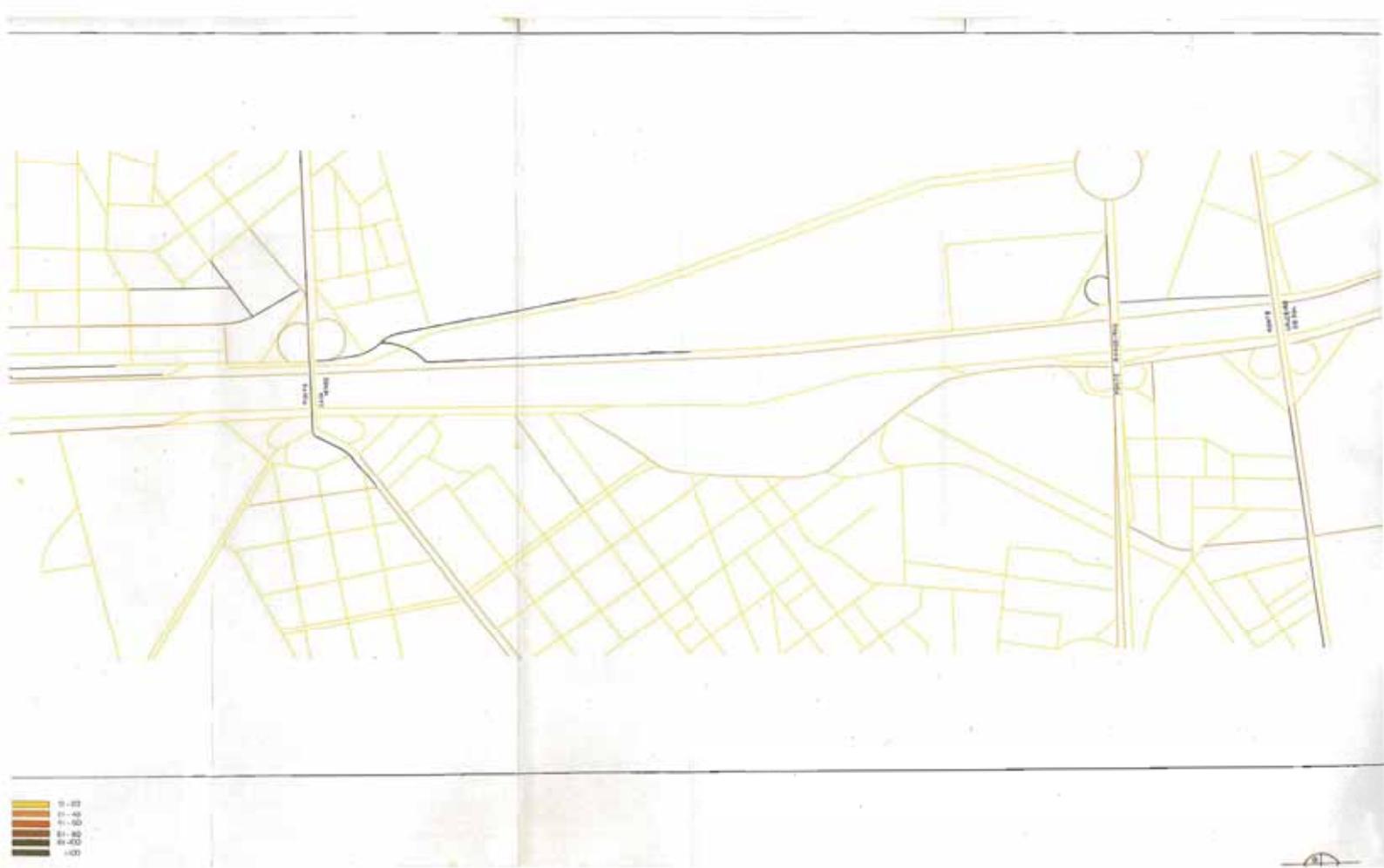
I T T T T T

T

↑

INSTITUTO DE PLANEJAMENTO URBANO - IPT

© 2010 INSTITUTO DE PLANEJAMENTO URBANO - IPT



Em outras palavras, fenômenos verificados na hora T1 no local X1 podem ter como causa fenômenos ocorridos no local X2 num tempo T2, assim como provocar efeitos no local X3 num tempo T3 e sucessivamente, tudo isso podendo ser caracterizado pela análise das sucessivas configurações instantâneas obtidas.

Outras informações também resultantes são as relativas aos estacionamentos a céu aberto, no meio-fio ou em terrenos livres.

A localização de áreas destinadas a esse fim; a oferta de vagas; os níveis efetivos de utilização; a rotatividade de ocupação, são informações fáceis e rapidamente obtidas das fotografias.

Sistema viário e meio urbano

Informações sobre o sistema viário, bem como o meio urbano nos quais ocorre a circulação podem ser, normalmente, encontradas nos sistemas cartográficos existentes, que apresentam no entanto as seguintes limitações:

- **parcialidade** — não têm representado todos os elementos físicos componentes do espaço urbano; e
- **desatualização** — exige períodos de tempo relativamente elevados para registro das modificações que ocorrem em ritmo particularmente intenso nos centros urbanos brasileiros.

Tais limitações conduzem à necessidade de levantamentos complementares em campo, que podem, em parte, ser substituídos pela análise das fotografias aéreas com vantagens de custo, tempo e qualidade de informação.

As fotografias aéreas, embora em escala aproximada, são muito ricas em informações referentes à ocupação e uso do solo, características do sistema viário e aos inúmeros elementos físicos que influem e condicionam as condições de circulação.

A planta 03 apresenta informações obtidas por esse processo, sobre o sistema viário da região que engloba as pontes das Bandeiras e Cruzeiro do Sul.

4.2. PESQUISA DE ÁREA

Problemas de circulação mais concentrados foram identificados em torno dos viadutos das Bandeiras e Cruzeiro do Sul, onde se realizou pesquisa em nível de área, conforme metodologia básica de aerolevantamento por avião. Dez sobrevôos sucessivos foram executados no horário compreendido entre 7h 53min e 8h 50min sobre uma região de 1,6km x 1,8km aproximadamente.

As informações resultantes, incluindo agora diversas variáveis de movimento, são apresentadas no conjunto de quadros e plantas em anexo.

Os quadros referem-se à região como um todo:

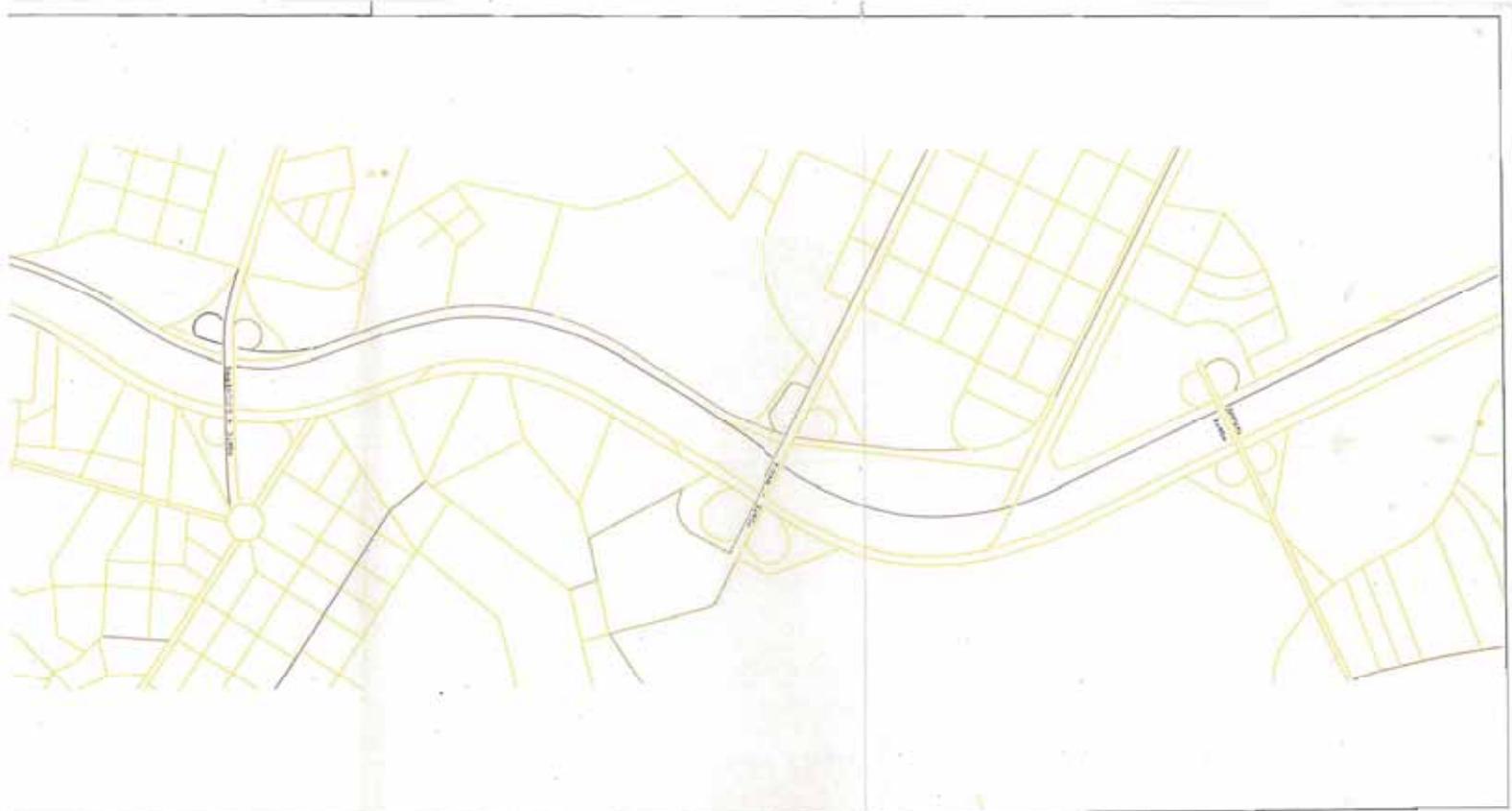
- 01 — Características do Sistema Viário;
- 02 — Indicadores de Intensidade de Tráfego;
- 03 — Indicadores de Ocupação das Vias; e
- 04 — Indicadores de Fluidez,

enquanto as plantas referem-se a cada trecho em que foi subdividido o sistema viário da região:

- 03 — Características do Sistema Viário;
- 04 — Fluxos Classificados;
- 05 — Densidades Médias de Ocupação das Vias;
- 06 — Velocidades Médias de Percurso;
- 07 — Tempos de Percurso — Médios e Totais; e
- 08 — Tempos Totais de Percurso/Distâncias Percorridas.

As informações estão apresentadas em forma auto-explicativa, e a variedade e riqueza de elementos proporcionados ao estudo poderá ser avaliada pela análise direta desses produtos.

QUADRO 01			
PESQUISA DE ÁREA			
CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA VIÁRIO			
TIPO DE VIA	COMPRIMENTO TOTAL DE PISTAS DE TRÁFEGO (Km)	% DE MÃO ÚNICA	COMPRIMENTO TOTAL DE FAIXAS DE TRÁFEGO (Km)
Expressa	5,6	100	20,5
Rampa de Acesso	1,6	81	4,0
Arterial de 1.ª	6,2	100	19,6
Arterial de 2.ª	0,5	60	1,7
Coletora	1,3	23	3,2
TOTAL	15,2	90	49,0



PLANO 02
 PESQUISA AEROFOTOGRAFICA
 Desenhos de Circunscricao das Vias
 escala
 metros/metro

PESQUISA AEROFOTOGRAFICA DE TRAFEGO
 PROJETO 04/030



CONSTITUICAO DO DISTRITO FEDERAL
 SECRETARIA DE OBRAS E TRANSPORTES
GET

ORIENTACAO GERAL PARA O USO DO PLANO DE PROJETO

QUADRO 02

PESQUISA DE ÁREA

INDICADORES DE INTENSIDADE DE TRÁFEGO

CIRCULAÇÃO TOTAL (VEÍCULOS/HORA)

TIPO DE VEICULO	ENTRANDO	SAINDO
Automóvel	19.520	20.430
Caminhão	4.180	4.110
Ônibus	570	570
TOTAL	24.270	25.110

FLUXOS HORÁRIOS MÉDIOS (VEÍCULOS/HORA/FAIXA DE TRÁFEGO)

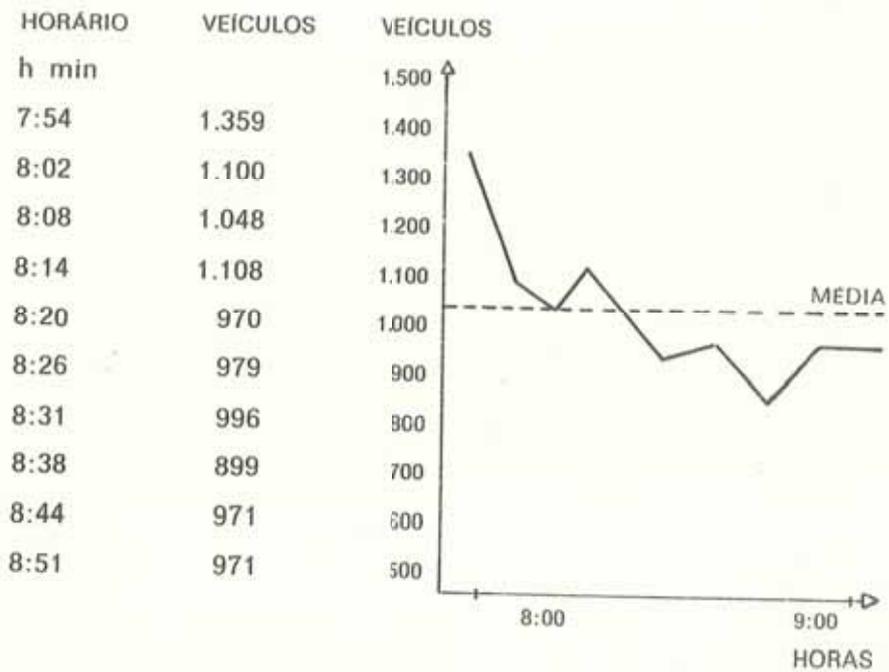
TIPO DE VIA	AUTO	CAMINHÃO	ÔNIBUS	TOTAL
Expressa	879	223	23	1125
Rampa de Acesso	209	77	9	295
Arterial 1.º	582	95	19	696
Arterial 2.º	542	52	29	623
Coletora	293	65	1	359
TOTAL	655	144	18	817

DISTÂNCIAS TOTAIS PERCORRIDAS (VEÍCULOS X KM)

TIPO DE VIA	AUTO	CAMINHÃO	ÔNIBUS	TOTAL
Expressa	18.014	4.579	462	23.055
Rampa de Acesso	834	309	35	1.178
Arterial 1.º	11.408	1.857	369	13.634
Arterial 2.º	921	88	50	1.059
Coletora	514	209	4	1.152
TOTAL	31.691	7.042	900	40.058

QUADRO 03
PESQUISA DE ÁREA
INDICADORES DE OCUPAÇÃO DAS VIAS

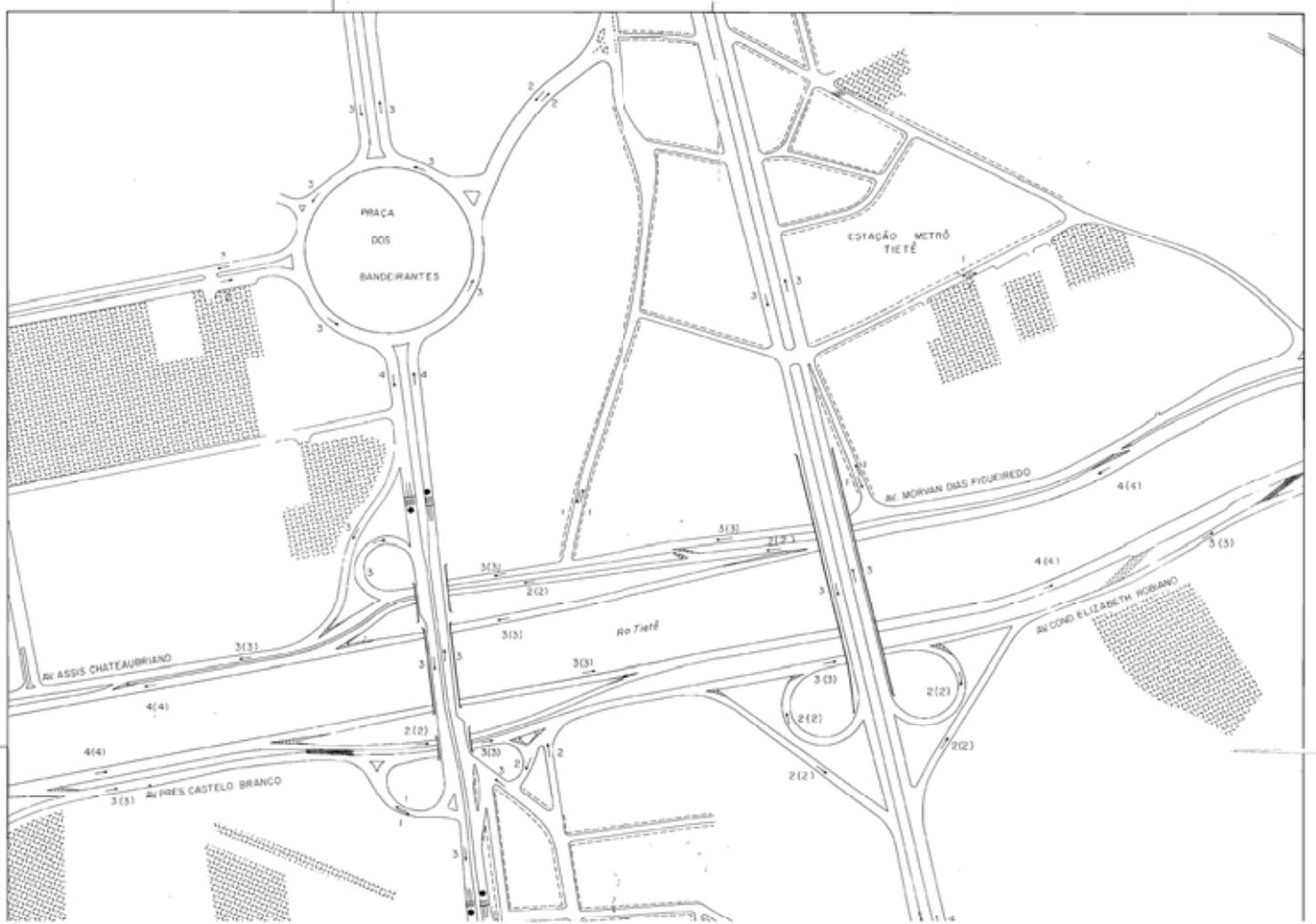
QUANTIDADE INSTANTÂNEA DE VEÍCULOS EM CIRCULAÇÃO

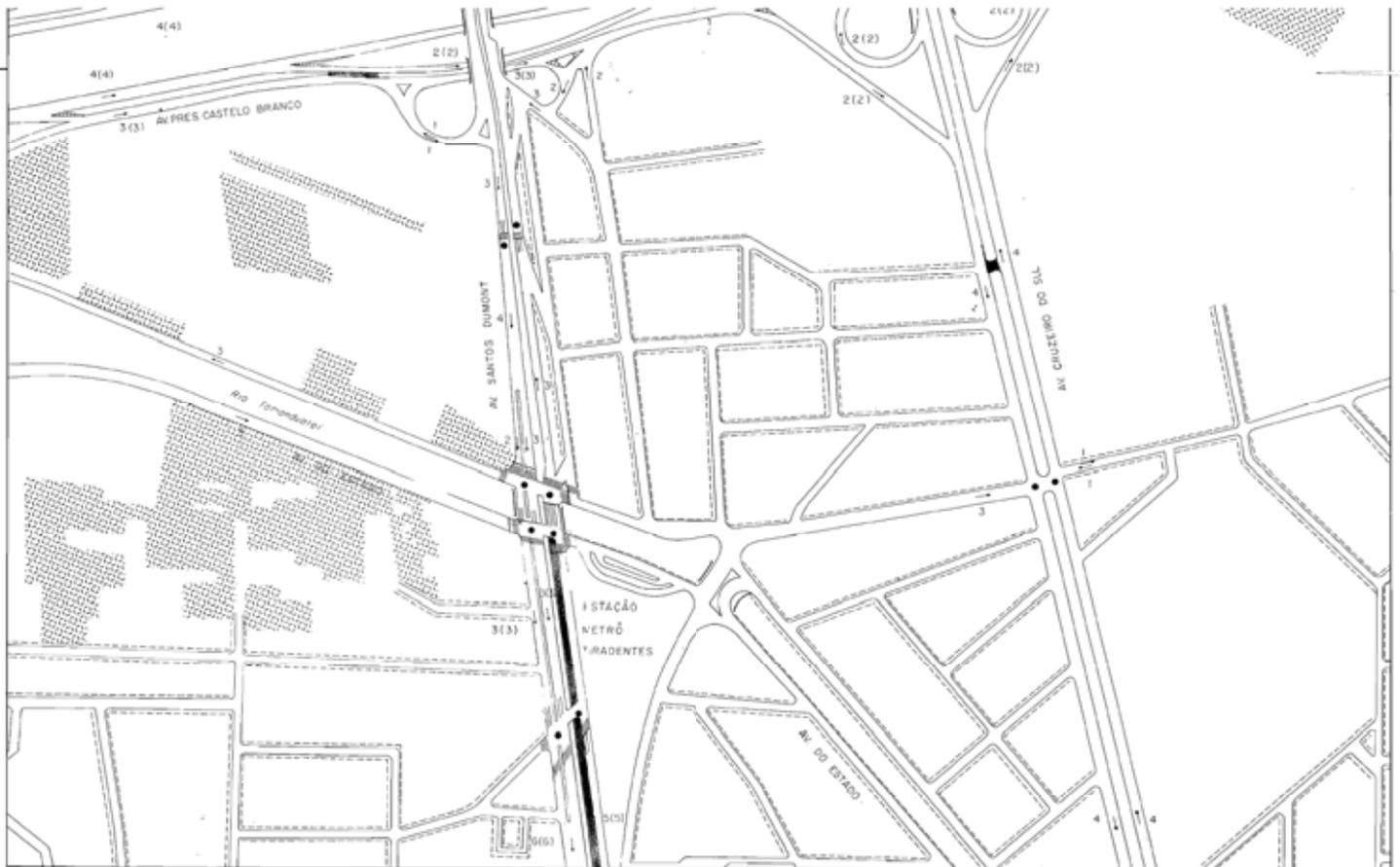


MÉDIA	1040 veículos
COMPOSIÇÃO	automóveis 76%
	caminhões 21%
	ônibus 3%

DENSIDADES MÉDIAS DE OCUPAÇÃO DAS VIAS

TIPO DE VIA	DENSIDADE (veic./km/faixa)
EXPRESSA	26
RAMPA DE ACESSO	15
ARTERIAL 1.º	31
ARTERIAL 2.º	7
COLETORA	17
TOTAL	26





LEGENDA

- alinhamento dos vias
- Via refinada em relação ao projeto de Engenheiro FELIPE
- Via aproveitada em relação ao projeto de Engenheiro FELIPE
- Vias de tráfego efetivos (AV de Eixos e Radiais)
- Vias de direção
- Vias não utilizadas para estacionamento
- Estacionamentos e ciclo-estacionamentos
- Semáforos
- Pontos

PLANTA 03
PESQUISA DE ÁREA
Características de Substrato Viário

PESQUISA AEROFOTOGRAFICA DE TRAFEGO
PROJETO PILOTO



ESTUDO REALIZADO POR TERRATEC S.A. ATIVIDADES DE INTERCOMUNICAÇÃO

QUADRO 04
PESQUISA DE ÁREA
INDICADORES DE FLUIDEZ

TIPO DE VIA	TEMPO DE CIRCULAÇÃO (veículo x hora)		VELOCIDADE MÉDIA DE PERCURSO (Km/hora)	
	TOTAL	EXCEDENTE *	EFETIVA	DESEJÁVEL
Expressa	253	21	71	56
Rampa de Acesso	45	12	19	40
Arterial 1.*	344	101	33	40
Arterial 2.*	19	5	48	40
Coletora	16	4	32	32
TOTAL	677	143	47	49

4.3. PESQUISA DE PONTO CRÍTICO

Para a realização de pesquisa com aplicação da metodologia de aerolevantamento por helicóptero foi escolhida a Praça Armando Sales de Oliveira, um dos pontos críticos de tráfego em São Paulo, confluência de várias avenidas importantes na região do Ibirapuera.

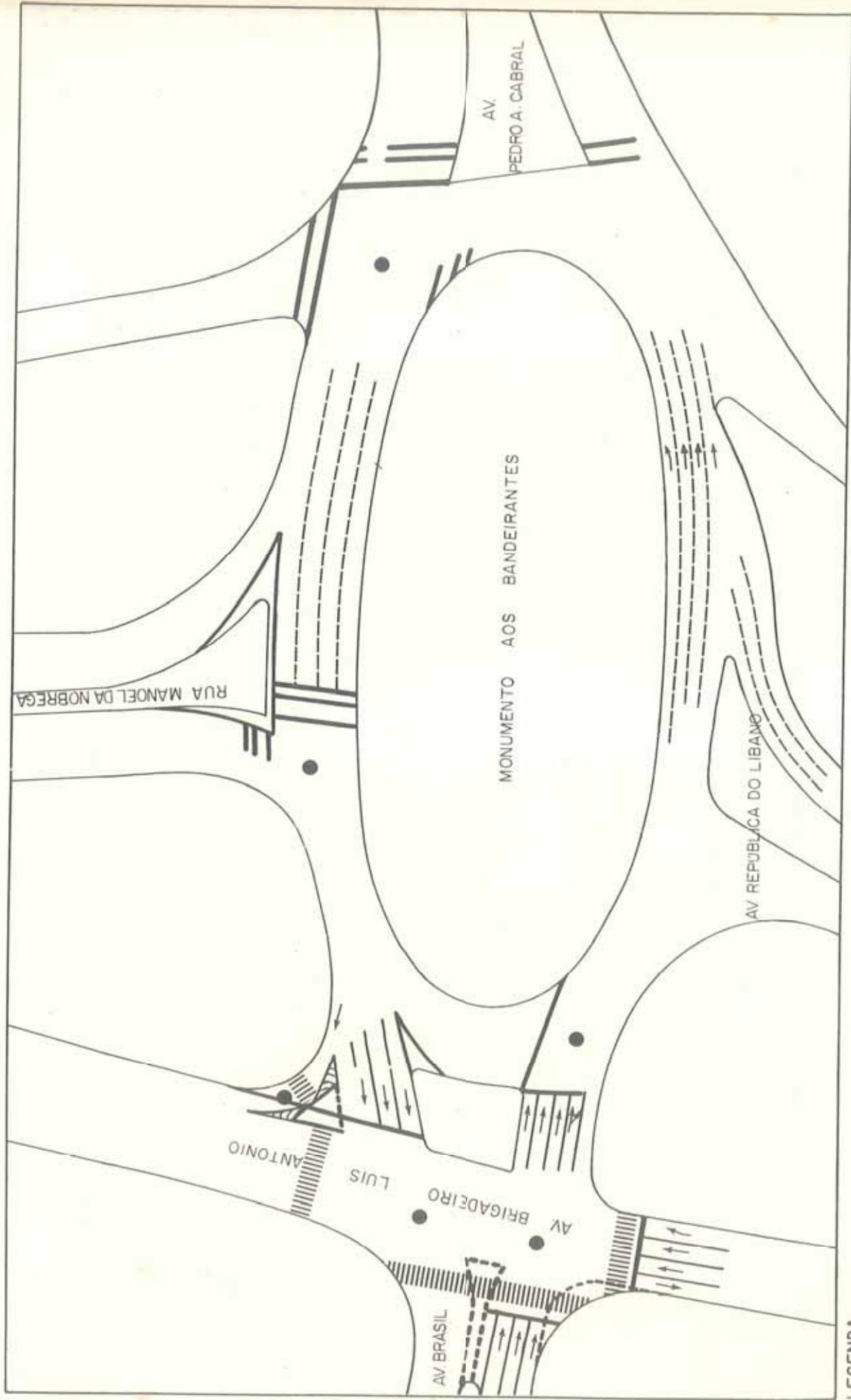
Embora realizada com câmara de 35mm convencional, a experiência demonstrou a viabilidade e potencialidade da técnica através da obtenção de 72 fotografias em seqüências adequadas, conduzindo aos resultados apresentados nas plantas:

- 09 — Características do Sistema Viário;
- 10 — Fluxos com Origem na Av. Pedro Álvares Cabral;
- 11 — Fluxos com Origem na Av. República do Líbano;
- 12 — Fluxos com Origem na Av. Brasil;
- 13 — Fluxos com Origem na Rua Manoel da Nóbrega;
- 14 — Fluxos com Origem na Av. Brigadeiro Luiz Antônio; e
- 15 — Fluxos Acumulados,

e no quadro:

- 05 — Indicadores Gerais de Circulação.

* Tempo economizado se a velocidade efetiva, em cada trecho de percurso, for igual ou maior que a velocidade mínima desejável para o tipo de via.



LEGENDA

Prismas
Semáforo

PLANTA 09

PESQUISA DE PONTO CRÍTICO

Características do Sistema Viário

PESQUISA AEROFOTOGRAFICA DE TRAFEGO

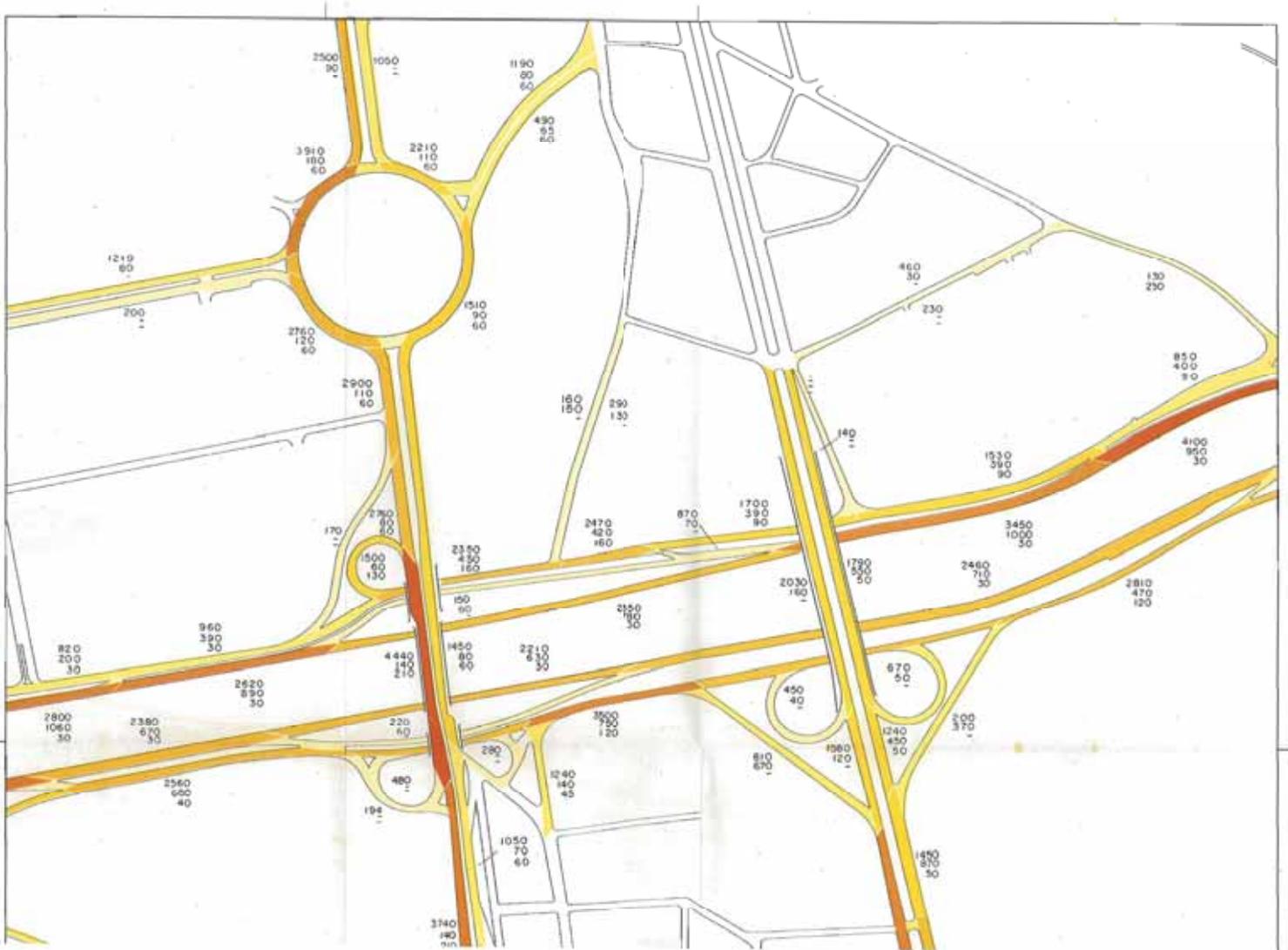
PROJETO PILOTO

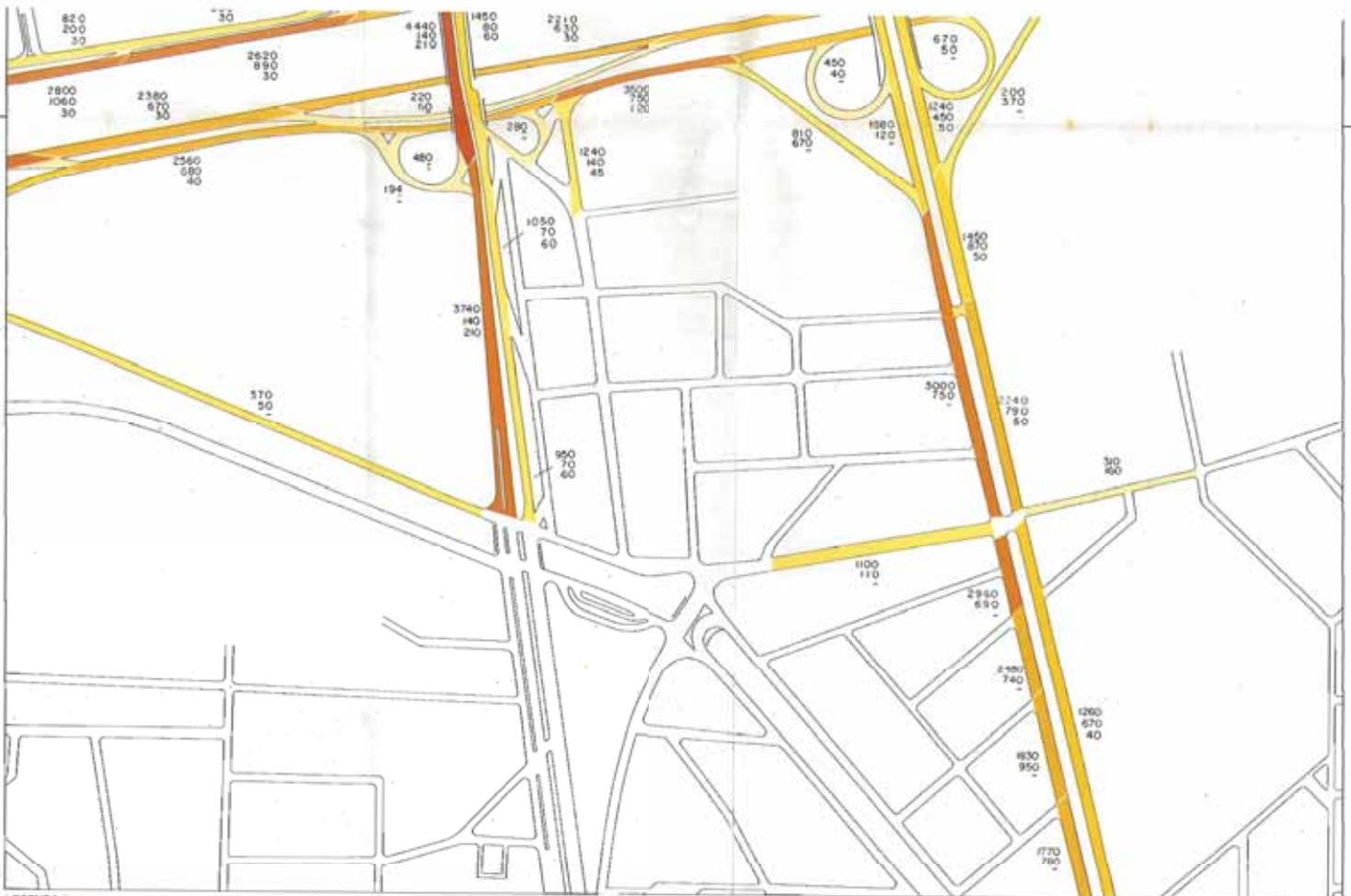


50 m

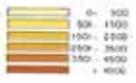


COMISSÃO DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO
MEMBROS: PROJETO ESPECIAL C.E.T.





LEGENDA



PLANTA 04
 PESQUISA DE AREA
 Fuente: Clasificación

PESQUISA AEROFOTOGRAFICA DE TRAFEGO

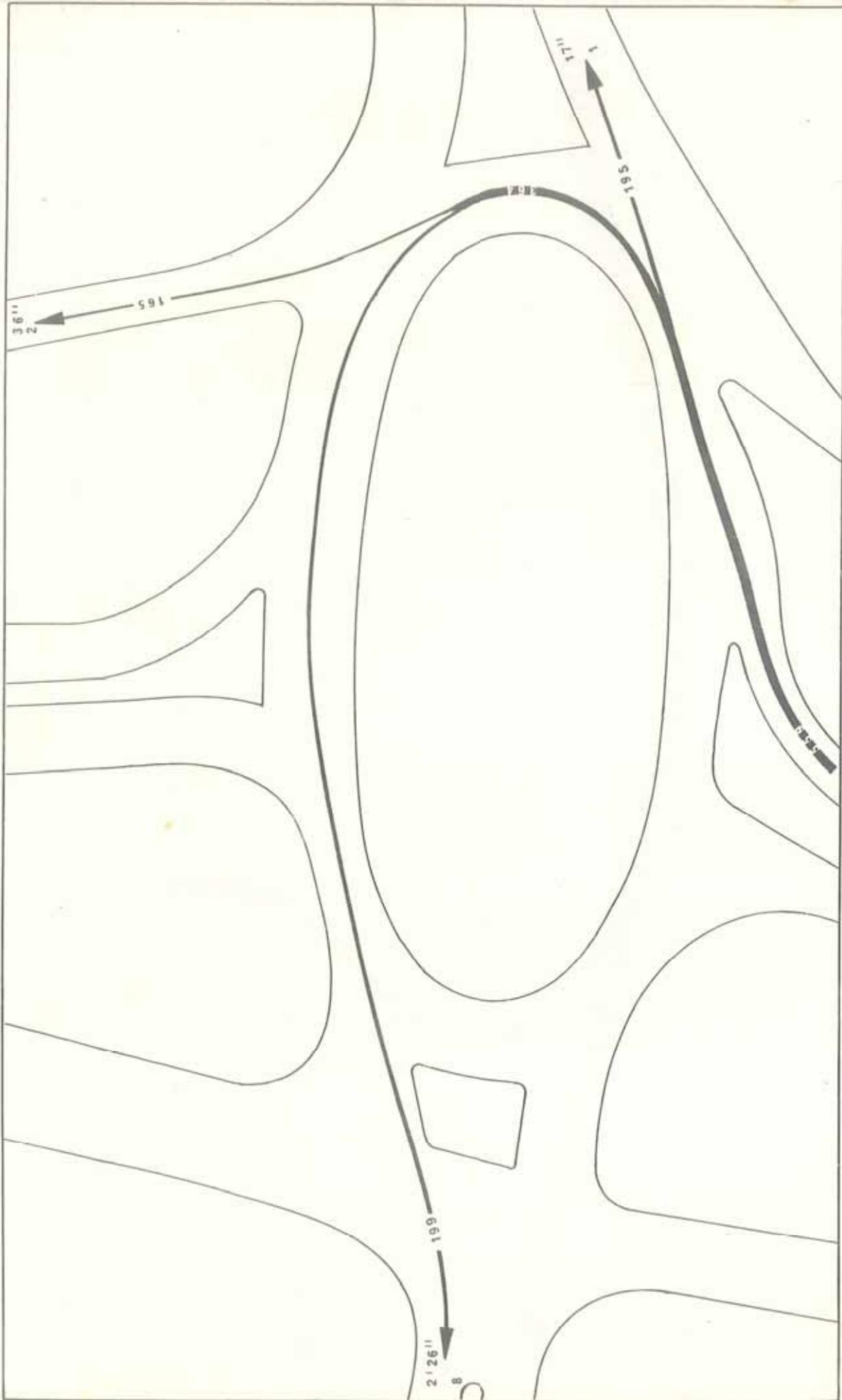
INRAE 10 P. 010

escala
 1:10000



Instituto de Estadística y Censos
 Ministerio de Transportes y Obras Públicas
 CET

Elaborado en 1970 por el Instituto de Estadística y Censos, Ministerio de Transportes y Obras Públicas.



LEGENDA



- A Volume horário (veic./hora)
 - B Tempo médio de percurso (minuta/s)
 - C Tempo total de percurso por hora (veic.-hora/hora)
- Escola dos fluxos 1 mm = 360 veic./hora

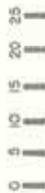
PLANTA II

PESQUISA DE PONTO CRÍTICO

Fluxos com Origem na Av. República do Líbano

PESQUISA AEROFOTOGRAFICA DE TRAFEGO

PROJETO PILOTO

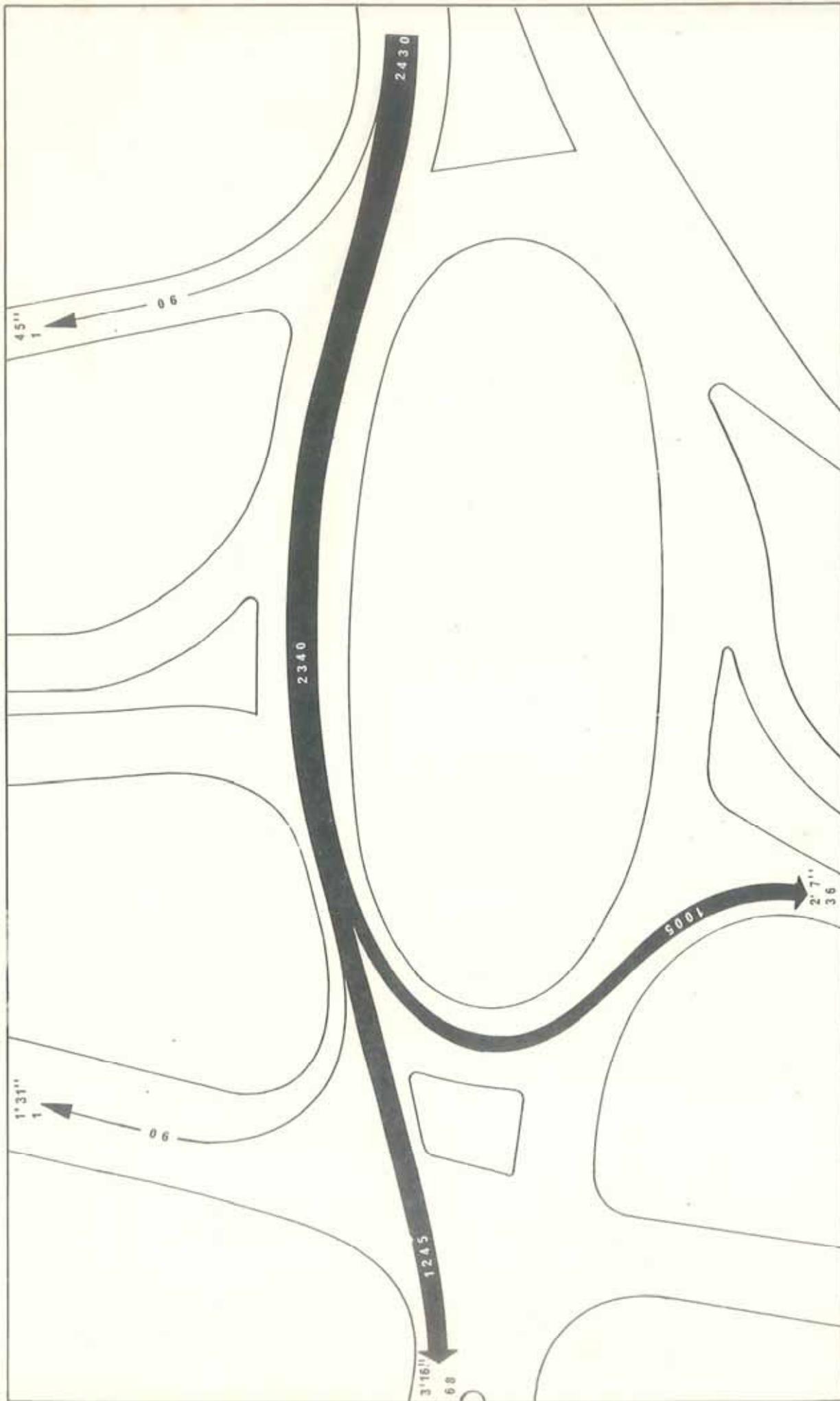


50 m



COMANDO DE ENGENHARIA DE TRAFEGO
SEMPREBOM DE PROJETO - INSPECÇÃO

CET



LEGENDA

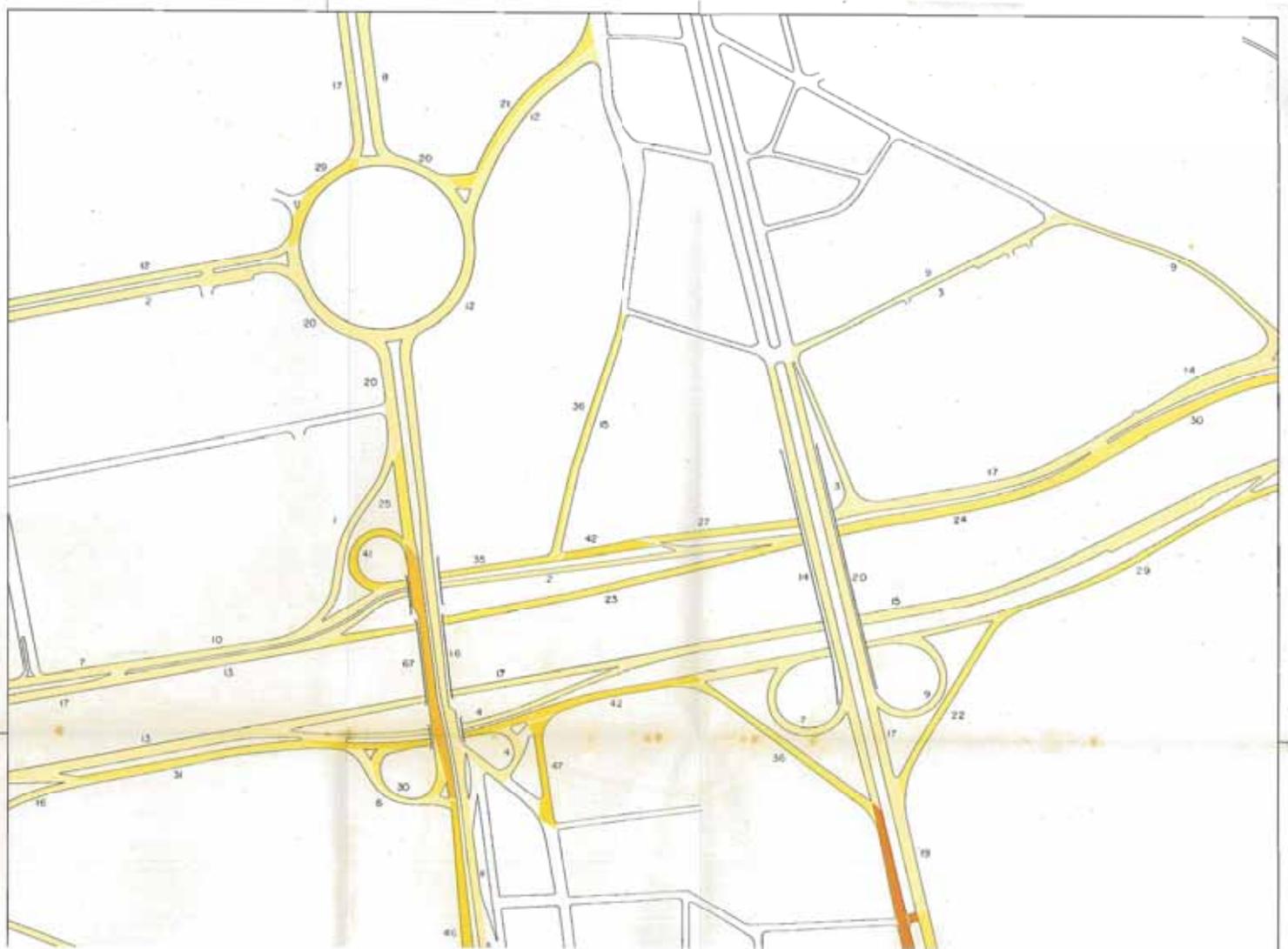


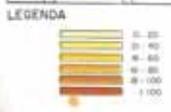
- A Volume horário (veic/hora)
 - B Tempo médio de percurso (minutos)
 - C Tempo total de percurso por hora (veic-hora/hora)
- Escala dos fluxos 1 mm = 360 veic/hora

PLANTA 10
 PESQUISA DE PONTO CRÍTICO
 Fluxos com Origem na
 Av. Pedro Álvares Cabral.

PESQUISA AEROFOTOGRAFICA DE TRAFEGO
 PROJETO PILOTO



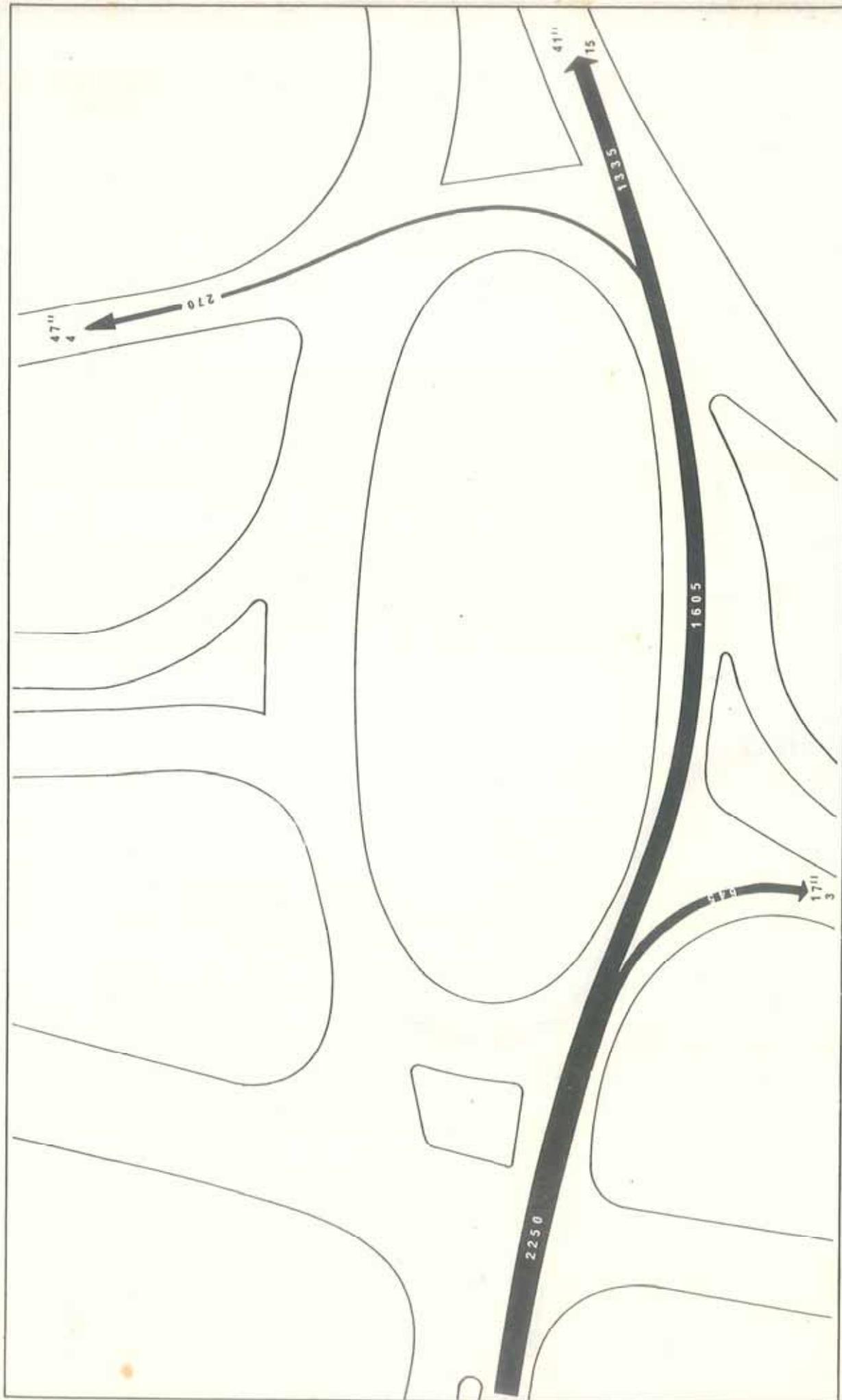




PLANTA 05
 PESQUISA DE TRAFEGO
 Densidade Média em Quilômetros por hora
 escala
 1:50.000/1:75.000

PESQUISA AEROFOTOGRAFICA DE TRAFEGO
 (PROJETO F-1072)

INSTITUTO DE PESQUISA DE TRAFEGO
 INSTITUTO DE PESQUISA DE TRAFEGO
 INSTITUTO DE PESQUISA DE TRAFEGO
GET
 INSTITUTO DE PESQUISA DE TRAFEGO



LEGENDA

-  A
-  B
-  C

A Volume horário (veic./hora)
 B Tempo médio de percurso (minuto/s)
 C Tempo total de percurso por hora (veic.-hora/km/h)

Escala dos fluxos 1 mm = 360 veic./hora

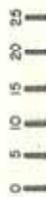
PLANTA 12

PESQUISA DE PONTO CRÍTICO

Fluxos com Origem na Av. Brasil

PESQUISA AEROFOTOGRAFICA DE TRAFEGO

PROJETO PILOTO

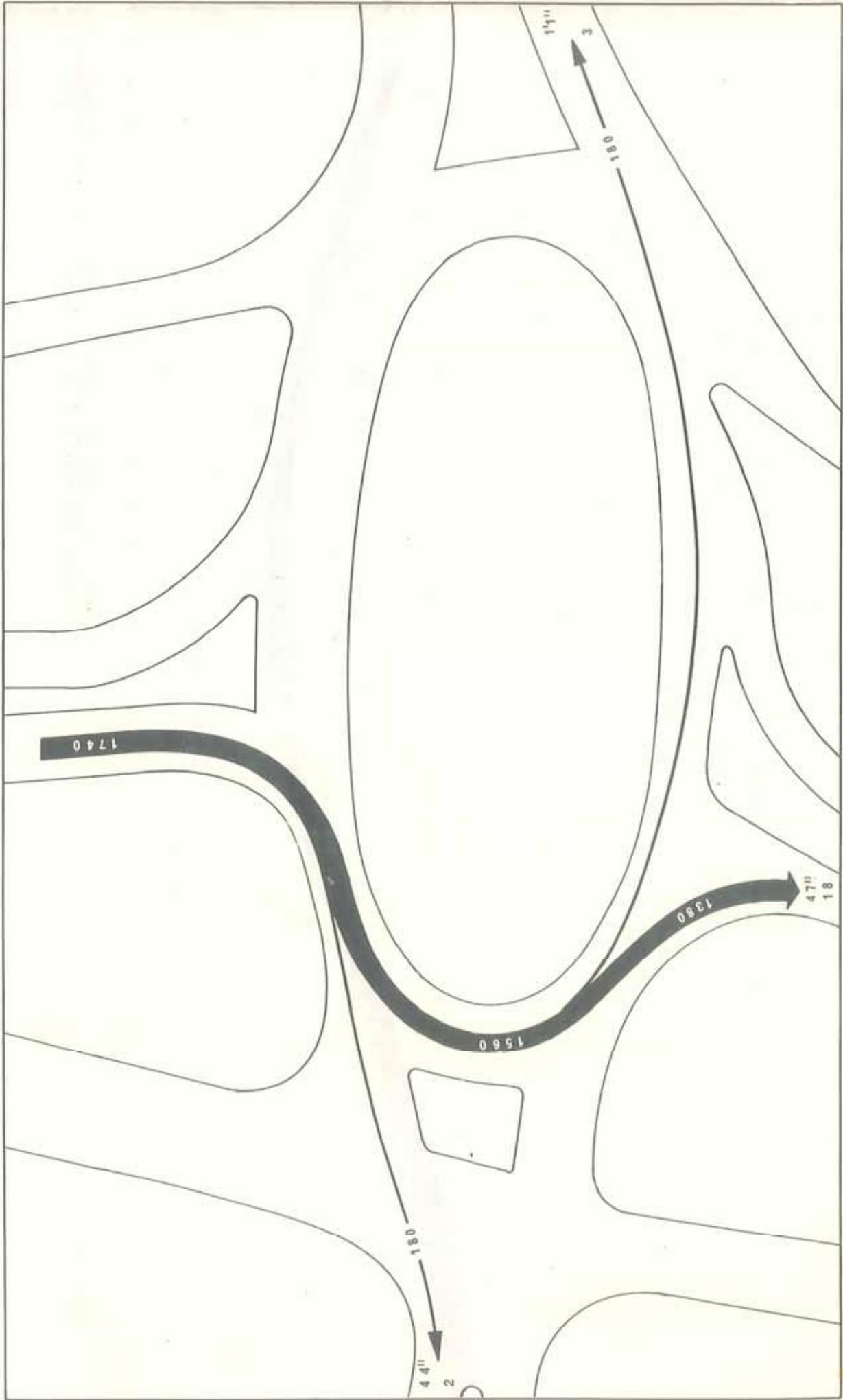


50 m



COMISSÃO DE ENGENHARIA DE TRAFEGO
 LABORATÓRIO DE PROJETO ESPECIAL

CET



LEGENDA



- A - Volume horário (veic./hora)
 - B - Tempo médio de percurso (minutos)
 - C - Tempo total de percurso por hora (veic.-hora/hora)
- Escala dos fluxos: 1 mm = 360 veic./hora

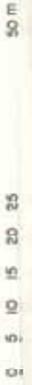
PLANTA 13

PESQUISA DE PONTO CRÍTICO

Fluxos com Origem na Rua Manoel da Nobrega

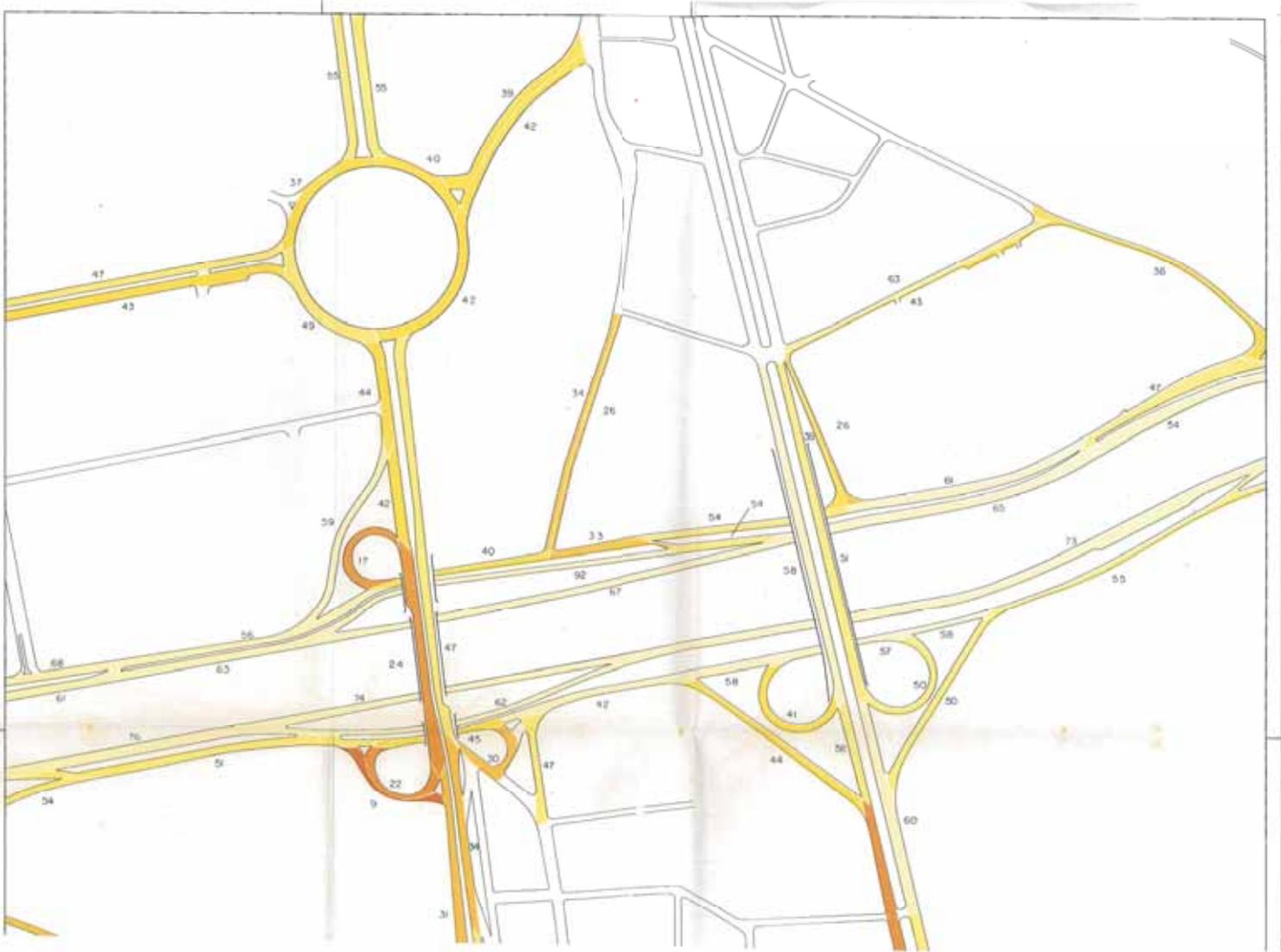
PESQUISA AEROFOTOGRAFICA DE TRAFEGO

PROJETO PILOTO



COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRAFEGO
MEMBRO DA ASSOCIACAO BRASILEIRA DE PROJETOS ESPACIAIS

CET



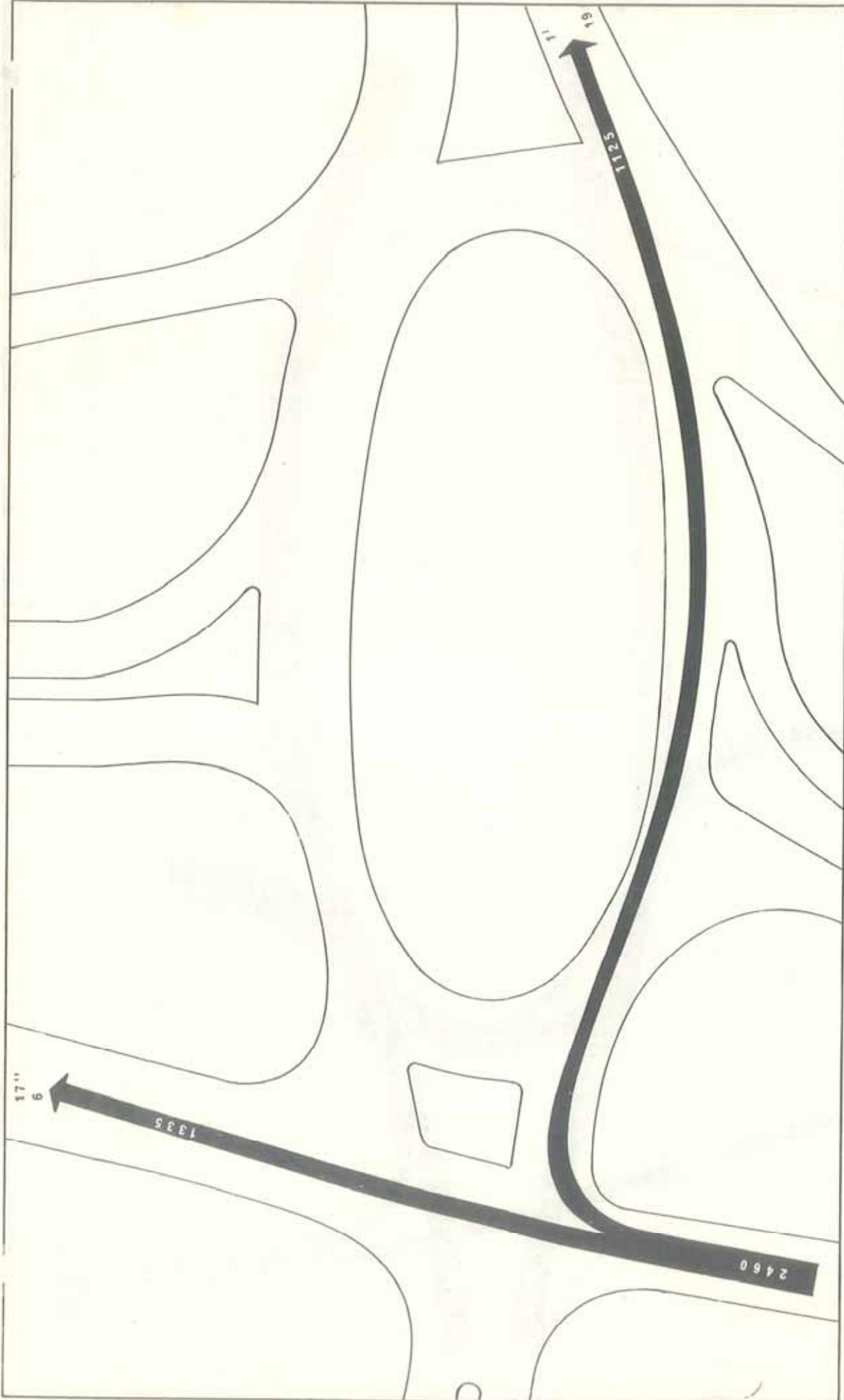


PLANTA DE
 REDUCCION DE 1:5000
 INSTITUTO NACIONAL DE PLANEACION

PESQUISA AEROFOTOGRAFICA DE TRAFEGO
 PUERTO RICO

ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO
 INSTITUTO NACIONAL DE PLANEACION
 C.E.T.

ESTADO LIBRE ASOCIADO DE PUERTO RICO INSTITUTO NACIONAL DE PLANEACION



LEGENDA

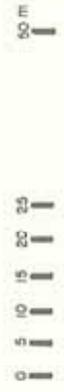


- A Volume horário (veic./hora)
- B Tempo médio de percurso (minutos)
- C Tempo total de percurso por hora (veic.-hora/hora)

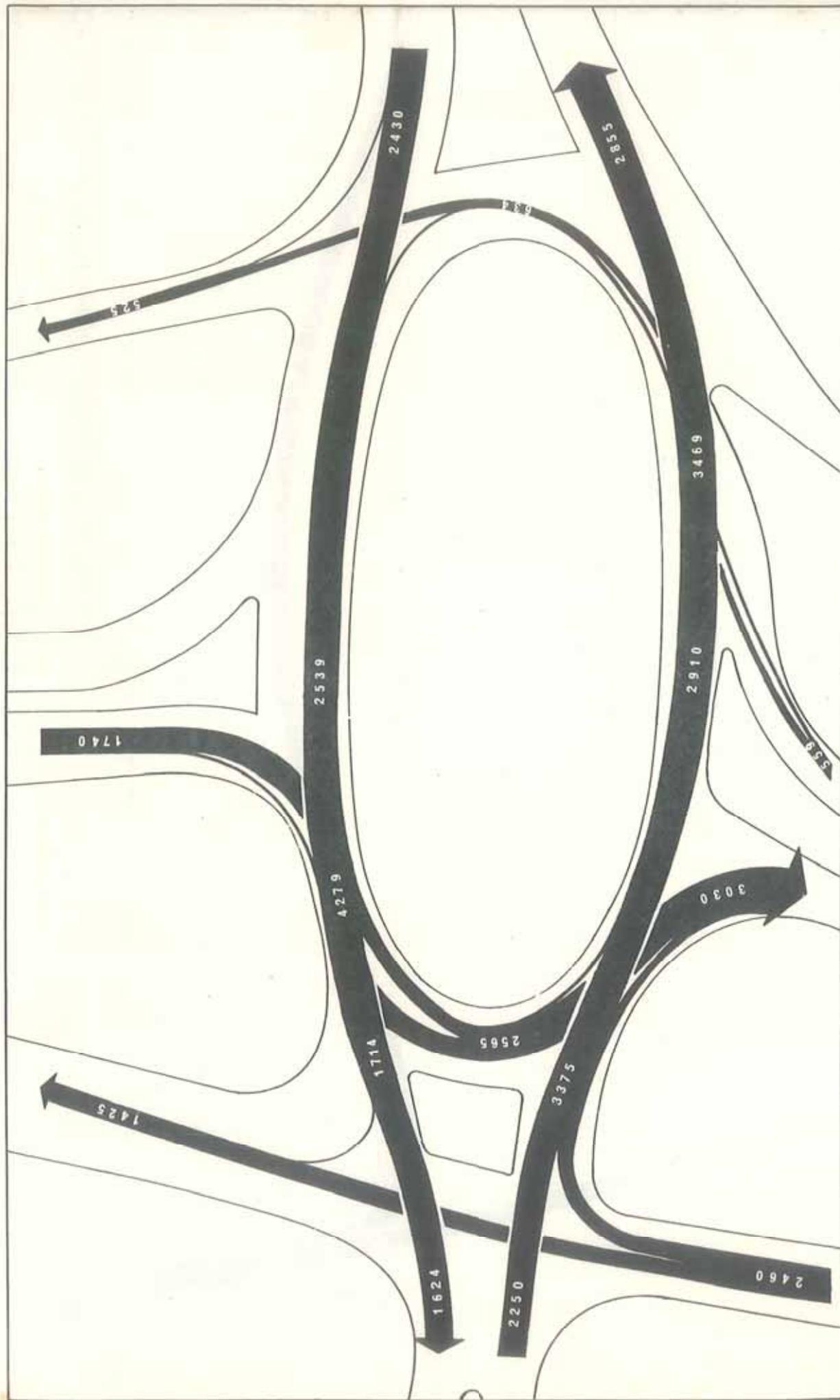
Escala dos fluxos 1 mm = 300 veic./hora

PLANTA 14
 PESQUISA DE PONTO CRÍTICO
 Fluxos com Origem na
 Av. Brigadeiro Luiz Antonio

PESQUISA AEROFOTOGRAFICA DE TRAFEGO
 PROJETO PILOTO



COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO
 OBSERVATORIO de projetos especiais **CET**



LEGENDA



A. Volume horário (veic/hora)

PLANTA 15

PESQUISA DE PONTO CRÍTICO

Fluxos acumulados



50 m



COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO
EMBRASORIO DE PROJETOS ESPECIAIS



PESQUISA AEROFOTOGRAFICA DE TRAFEGO

PROJETO PILOTO

Escala dos fluxos: 1mm=360 veic./hora





LEGENDA


 - linha dupla de sentido
 - linha única de sentido (sentido)

PLANTA 07
 Rodovia de acesso
 Túnel de Povoação

Escala: 1:5000
 Projeto: 1980

PESQUISA AEROFOTOGRAFICA DE TRAFEGO

INDE TO PLOTO



 Instituto de Transportes e Estradas
 Departamento de Engenharia e Construção

CET

Este projeto foi elaborado pelo
 Instituto de Transportes e Estradas

QUADRO 05
PESQUISA DE PONTO CRÍTICO
INDICADORES GERAIS DE CIRCULAÇÃO

Volume horário total	9.439	veículos/hora
Tempo médio efetivo de percurso	1'11"	
Tempo médio desejável de percurso	30"	
Tempo total de circulação	186	veículos x hora
Tempo excedente de circulação *	117	veículos x hora

As informações foram obtidas através do acompanhamento nas fotos seqüenciais, dos percursos individuais de uma amostra representativa dos veículos, com observação não só da origem e destino dos deslocamentos, mas de todo seu desenvolvimento, permitindo investigar:

- os trajetos efetivamente realizados;
- os tempos de percurso envolvidos;
- os comportamentos relativos à mudança de faixas e entrelaçamentos;
- as acelerações e reações aos semáforos;
- a coordenação de fluxos em conjuntos semaforicos sincronizados etc.

4.4. PESQUISAS DE PEDESTRES

A fotografia aérea ou, nesse caso específico, a fotografia a partir de ponto fixo elevado (prédio, viaduto etc.), no que se refere à investigação da circulação de pedestre, também constitui instrumento que permite superar dificuldades particulares de pesquisa local, na medida em que o elemento observado — o pedestre — não só é de mais difícil identificação, como seus deslocamentos são muito menos ordenados e previsíveis.

A técnica básica, fotografias a intervalos preestabelecidos de tempo, é a mesma, assim como os procedimentos de fotointerpretação.

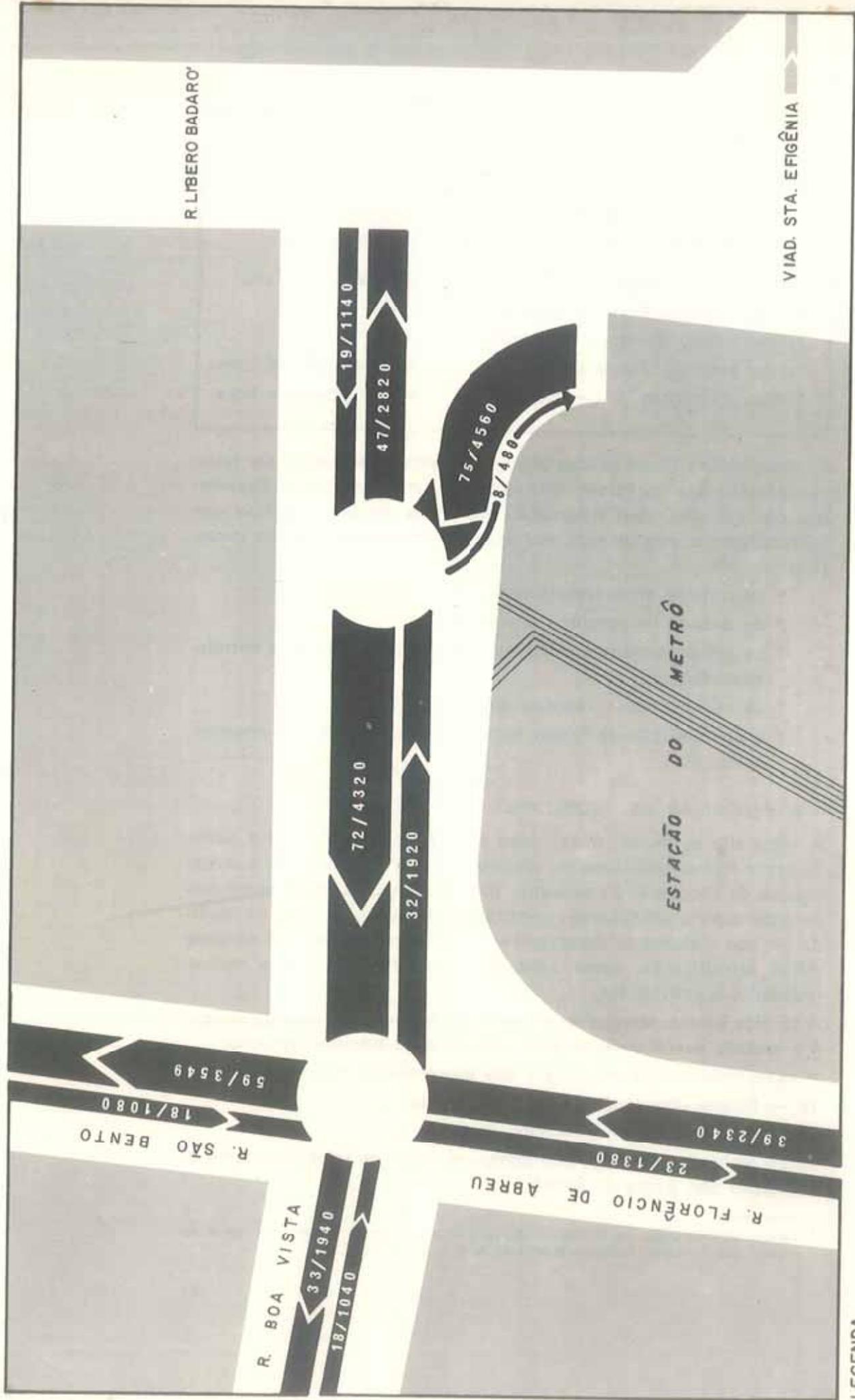
A experiência, cujos resultados são apresentados nas plantas:

16 — Fluxos Direcionais — Pico da manhã; e

17 — Fluxos Direcionais — Pico da tarde

foram realizadas no Largo São Bento, em torno de importante acesso à Estação São Bento do Metrô.

* Tempo economizado se o tempo de percurso, em cada trajeto, for igual ou menor que o tempo máximo desejável para a intersecção.



LEGENDA



- A Fluxo de pedestres (pedestre/minuto)
- B Fluxo de pedestres (pedestre/hora)

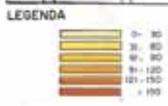
Escala dos fluxos: 1cm = 20 pedestre/minuto
1cm = 1200 pedestre/hora

PLANTA 16

PESQUISA DE PEDESTRES
Fluxos direcionais
PICO DO MANHÃ

PESQUISA AEROFOTOGRAFICA DE TRAFEGO
PROJETO PILOTO



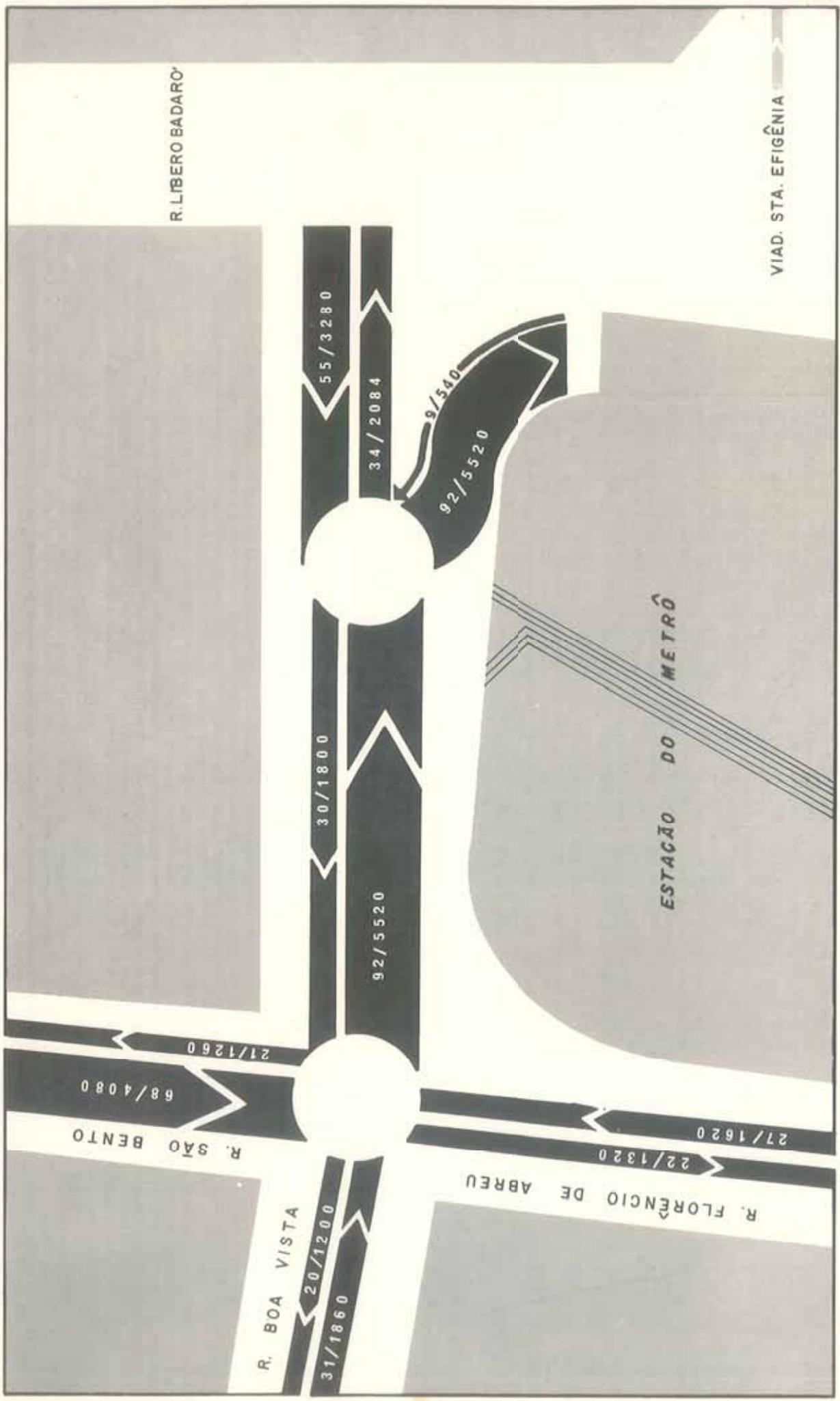


PLANTA DE
 PESQUISA DE BARRA
 Tempo total / distância
 de percurso / percurso
 média
 velocidade / km / hora

PESQUISA AEROFOTOGRAFICA DE TRAFEGO
PROJETO 101/10101

INSTITUTO DE TRANSPORTES E TRAFEGO CET

PROJETO 101/10101 - 1.ª ETAPA DE INVESTIGACAO



LEGENDA



- A Fluxo de pedestres (pedestre/minuto)
- B Fluxo de pedestres (pedestre/hora)

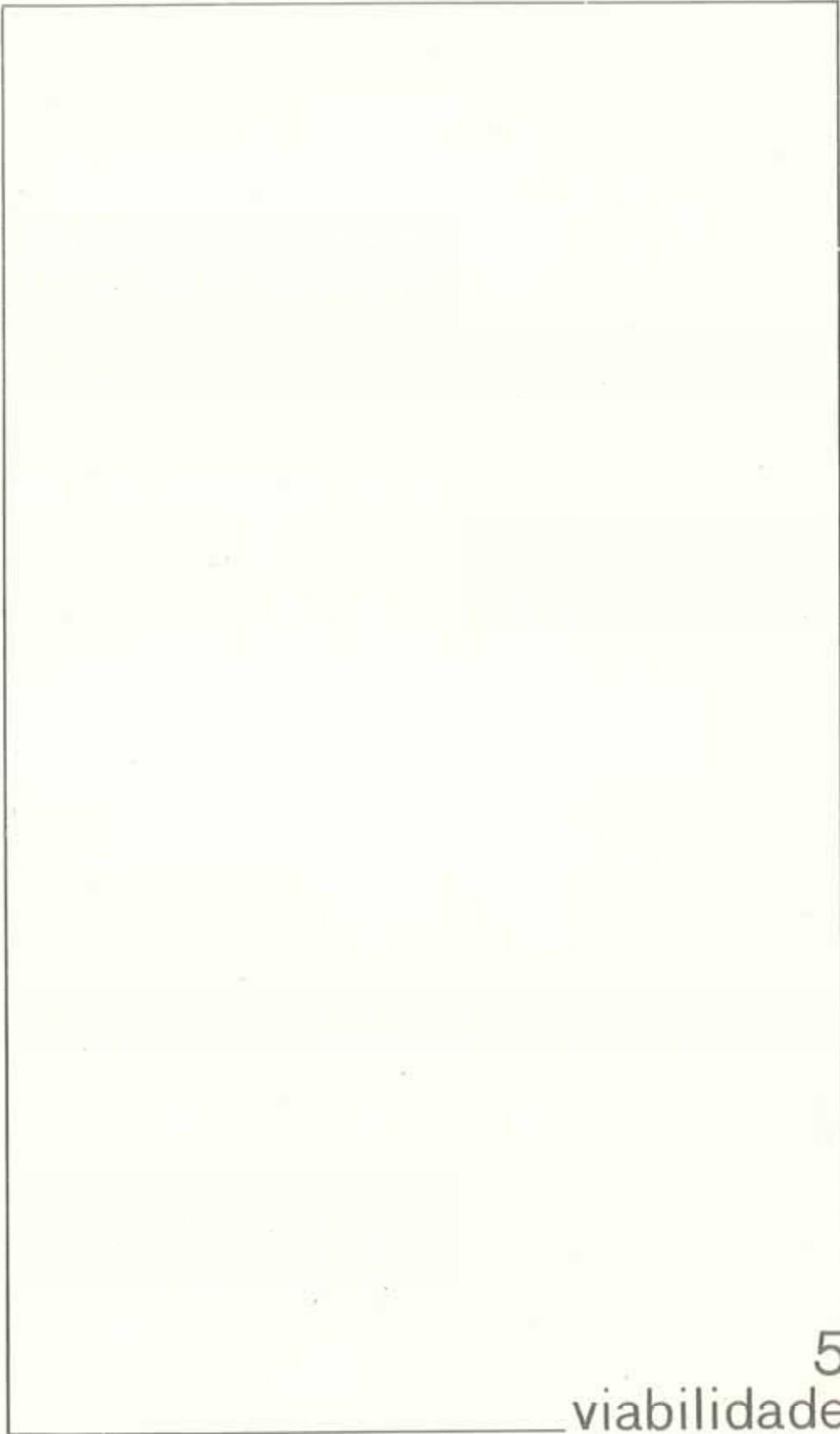
Escala dos fluxos: 1 cm = 20 pedestre/minuto
 1 cm = 1200 pedestre / hora

PLANTA 17

PESQUISA DE PEDESTRES
 Fluxos direcionais
 Pico da Tarde

PESQUISA AEROFOTOGRAFICA DE TRAFEGO

PROJETO PILOTO



5

viabilidade

A viabilidade de implantação da nova metodologia é analisada a seguir em dois aspectos: o técnico e o econômico.

5.1. VIABILIDADE TÉCNICA

Execução

A possibilidade prática de execução das pesquisas pode ser avaliada tanto em função dos recursos humanos e materiais, como das condições gerais que devem ser providas.

Os recursos materiais, embora incluam equipamentos especializados e de sofisticada tecnologia, não apresentam necessidades adicionais específicas, em relação aos equipamentos normalmente utilizados em outras atividades de aerolevantamentos.*

Os recursos humanos empregados nos trabalhos de fotointerpretação foram 10 estudantes estagiários, da área de ciências exatas, cujo treinamento pôde ser realizado sem grandes dificuldades.

Já as condições gerais necessárias à realização dos vôos constituem um dos principais fatores de cuidado em relação à aplicação da metodologia. Entre as principais dificuldades destacam-se:

* A TerraFoto S.A. Atividades de Aerolevantamentos descreve, em apêndice, o equipamento utilizado nos aerolevantamentos realizados por avião.

- encobrimento dos veículos em vias arborizadas;
- necessidade de luz do dia;
- necessidade de condições atmosféricas adequadas;
- encobrimento das vias por prédios altos (diretamente ou por sombra projetada); e
- interferência com o tráfego aéreo na região do aerolevante-mento.

Tais dificuldades tornam a pesquisa aerofotográfica pouco apropriada a estudos urgentes e improvisados, porém bastante adequada à execução de programas sistemáticos e planejados, prevendo a realização dos aerolevantes em épocas convenientes quanto às condições atmosféricas, à iluminação natural e mesmo à arborização (época de queda de folhas ou poda das árvores).

Mesmo que essas épocas, consideradas convenientes, se constituam em períodos de tempo limitados, tais limitações se restringiriam apenas às atividades de vôo que, no entanto, possibilitam, num curto espaço de tempo, colher grande volume de produtos fotográficos, sem prejuízo das atividades de fotointerpretação e análise, que podem ser contínua e regularmente desenvolvidas.

O problema do encobrimento por prédios exige, em cada caso, a escolha de faixas de vôo convenientes, além da utilização de tele-objetivas que permitam vôos mais altos e, portanto, perspectivas de visualização mais adequadas.

Resultados

Os resultados do Projeto Piloto realizado demonstram, com suficiência, a adequação e qualidade das informações obtidas com relação à finalidade a que se destinam.

Sua utilização deverá supor avaliações criteriosas das combinações de metodologia mais apropriadas a cada tipo de estudo ou análise específica, devendo ser sempre considerado o fato de que existem:

- informações impossíveis ou muito difíceis de serem obtidas por outros meios (ex. densidade de ocupação, utilização de estacionamentos, percursos reais e não somente origens e destinos etc.);
- informações obtidas por outros meios, em diferentes condições de qualidade, custo e tempo (ex. fluxos horários, tempos de percurso etc.);

- informações impossíveis ou muito difíceis de serem obtidas por fotografia aérea (ex. contagens diárias, origens/destinos em grandes áreas etc.).

Um aspecto importante, relativo à qualidade das informações obtidas por fotografia aérea, é a precisão dos dados quantitativos que, nas experiências do Projeto Piloto, mostrou atingir níveis de erro não superiores a 10% na medição dos fluxos horários.*

5.2. VIABILIDADE ECONÔMICA

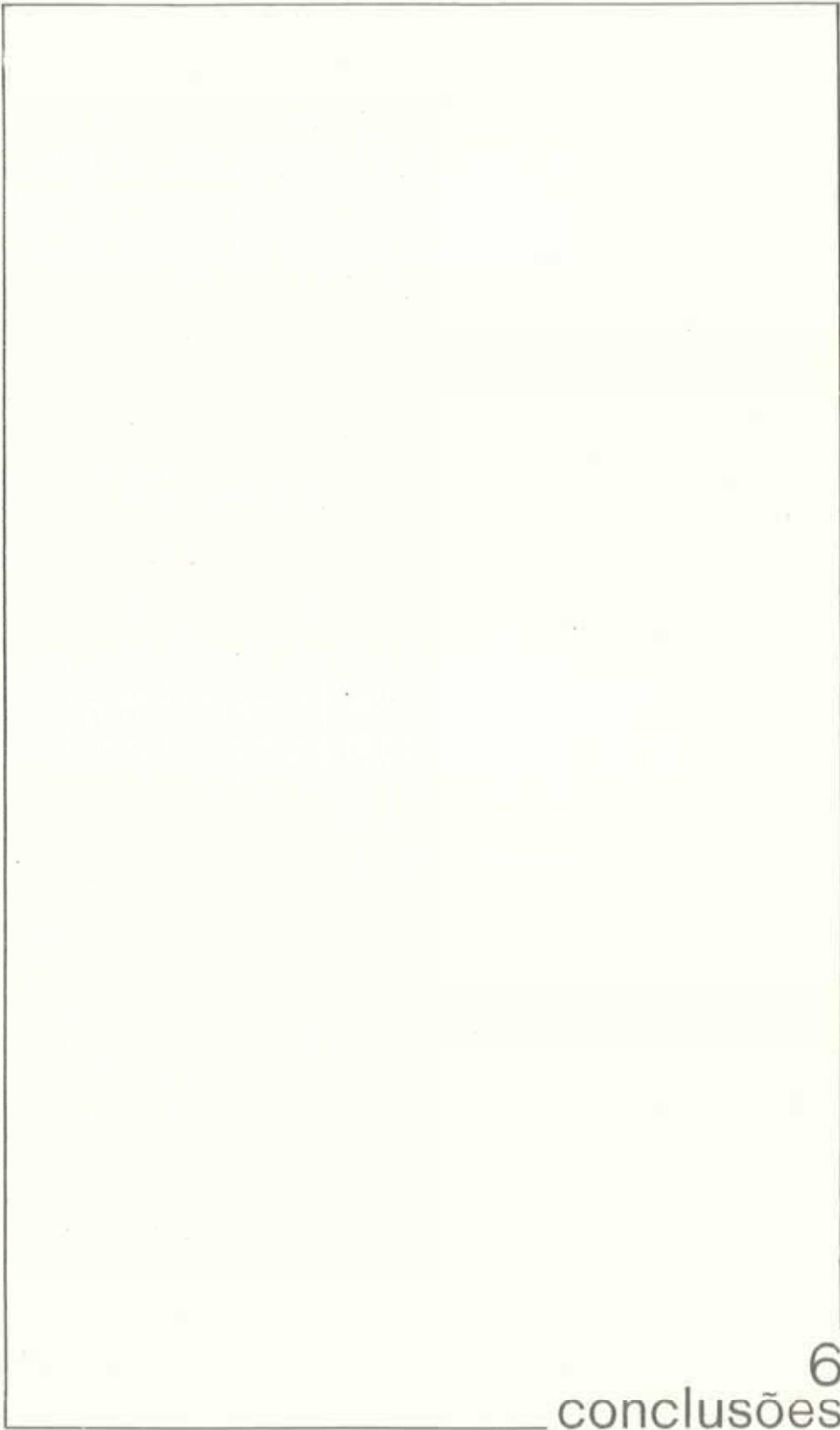
Evidentemente, a viabilidade econômica da técnica não pode ser enfocada apenas do ponto de vista de custos absolutos, mas da ponderação entre esses custos e os das atividades de pesquisa de campo substituídas, acrescidos dos aumentos de produtividade e, principalmente, da eficiência dos estudos subsidiados.

O número limitado de experiências realizadas, e a particularidade das condições envolvidas, dificultam uma avaliação representativa e generalizável, sendo possível, todavia, assumir, em caráter preliminar, a viabilidade econômica da metodologia, fato que pode ser depreendido através de dois parâmetros comparativos de custo, determinados a partir do Projeto Piloto.

- o custo total (aerolevanteamento + fotointerpretação + cálculos) da pesquisa ao nível de área numa região típica — como a que foi objeto de estudo do Projeto Piloto (item 3.2) — equivale, aproximadamente, ao custo de obtenção no campo de informações relativas, apenas aos fluxos horários envolvidos; e
- o custo total (aerolevanteamento + fotointerpretação + cálculos) da pesquisa de ponto crítico, num ponto típico — como o que foi objeto de estudo do Projeto Piloto (item 3.3) — equivale ao custo de obtenção no campo das informações relativas, apenas à origem e destino dos deslocamentos envolvidos.

É importante que, também, no que se refere aos aspectos econômicos, a escolha das formas apropriadas de pesquisa seja realizada em função das características e necessidades específicas de cada caso.

* Essa afirmação é válida para valores de fluxo horário superiores a 500 veic./hora. Valores inferiores são sujeitos a erros maiores e crescentes.



6
conclusões

A difícil tarefa de investigar os diversos aspectos da realidade da circulação urbana de veículos e pedestres, encontra, sem dúvida, na fotografia aérea, um instrumento que permite ampliar significativamente o universo de informações, fornecendo maiores subsídios para estudos e análises.

Não apenas as atividades de projeto, operação, implantação e manutenção do sistema viário são beneficiadas, como também as atividades ligadas ao planejamento da circulação urbana, quer nos níveis municipal, metropolitano ou nacional.

Informações necessárias ao estabelecimento de políticas gerais de atuação, padrões de desempenho, critérios e prioridades de investimento, podem ser fornecidas através de avaliação da:

- variação das demandas globais de deslocamentos, como reflexo dos crescimentos urbanos verificados;
- variação do uso relativo dos transportes coletivos e individuais, em resposta às políticas de incentivo ao uso do transporte coletivo;
- variação do consumo geral de combustível, em consequência das medidas de racionalização de sua utilização.

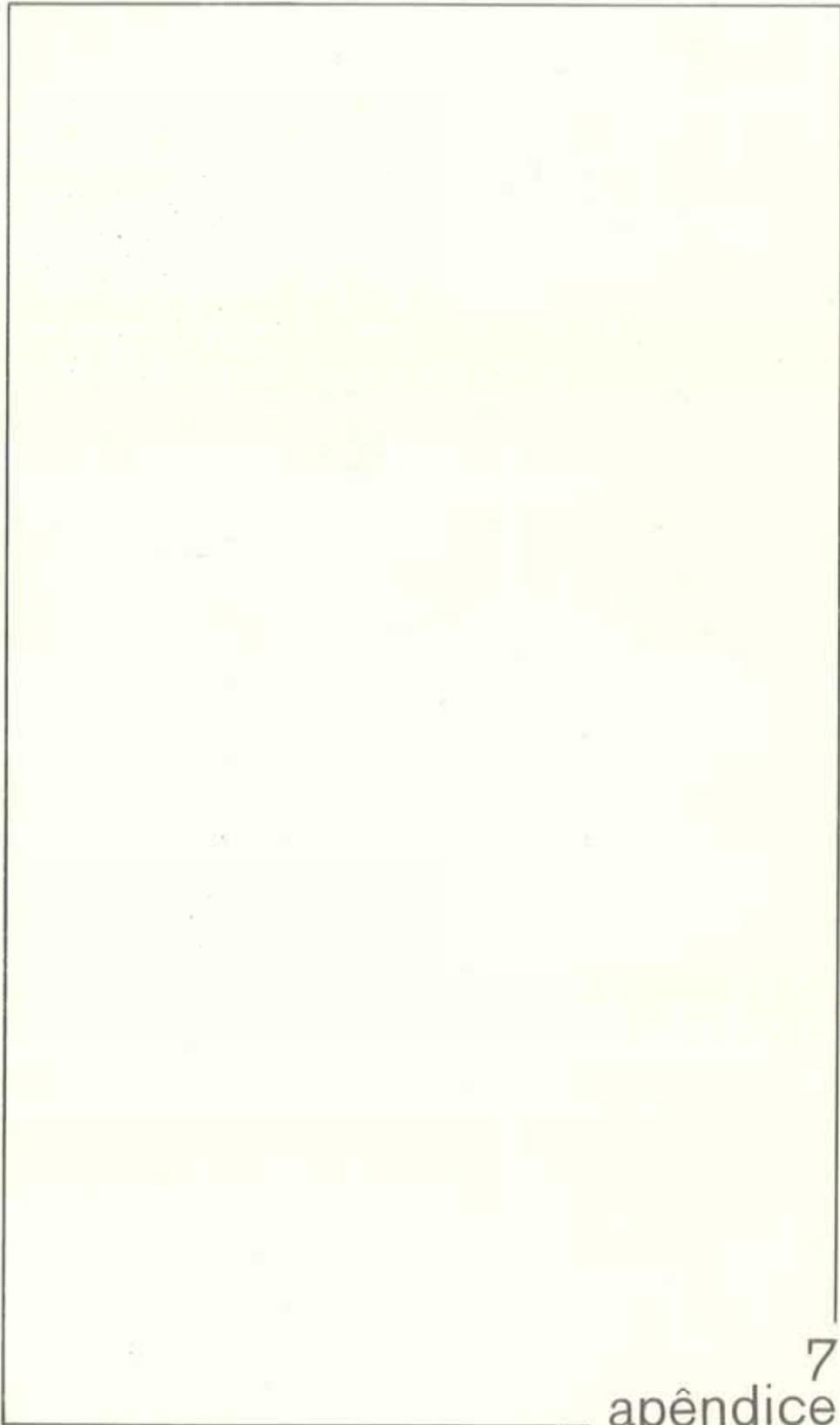
- variação da fluidez geral do tráfego de superfície, a partir dos investimentos realizados na operação do sistema viário existente e/ou na implantação de novos componentes etc.

O Projeto Piloto realizado representou uma primeira experiência, a partir da qual o desenvolvimento e o aperfeiçoamento da técnica devem ser empreendidos.

O Departamento de Operação do Sistema Viário de São Paulo — DSV, já tem programada para realização, ainda este ano, uma série de aerolevantamentos que deverão abranger 400 km² da área total do Município e subsidiar suas principais atividades.

Paralelamente ao desenvolvimento desse trabalho, novas técnicas, metodologias e equipamentos estarão sendo pesquisados, numa tentativa de ampliação, ainda maior, da potencialidade e eficiência do método.

Particularmente, nas condições gerais do Brasil — limitação de recursos, ausência de passivo de informações e urgência da necessidade de ações concretas — a fotografia aérea poderá proporcionar ainda maiores benefícios do que os obtidos pelos países da América do Norte e Europa, que a têm utilizado com os mesmos objetivos.



7
apêndice

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS AEROLEVANTAMENTOS POR AVIÃO

A TerraFoto S.A. Atividades de Aerolevantamentos, sentindo-se satisfeita em poder participar de mais esse trabalho de desenvolvimento tecnológico de caráter pioneiro no Brasil, colocou à disposição do projeto seus melhores técnicos e equipamentos de alta qualidade.

O aparelho de vôo utilizado foi um Aerocomander, avião bimotor, de 12,5m de envergadura e 9m de comprimento, com autonomia de 6 horas, teto de 6.270m e velocidade de 280 km por hora.

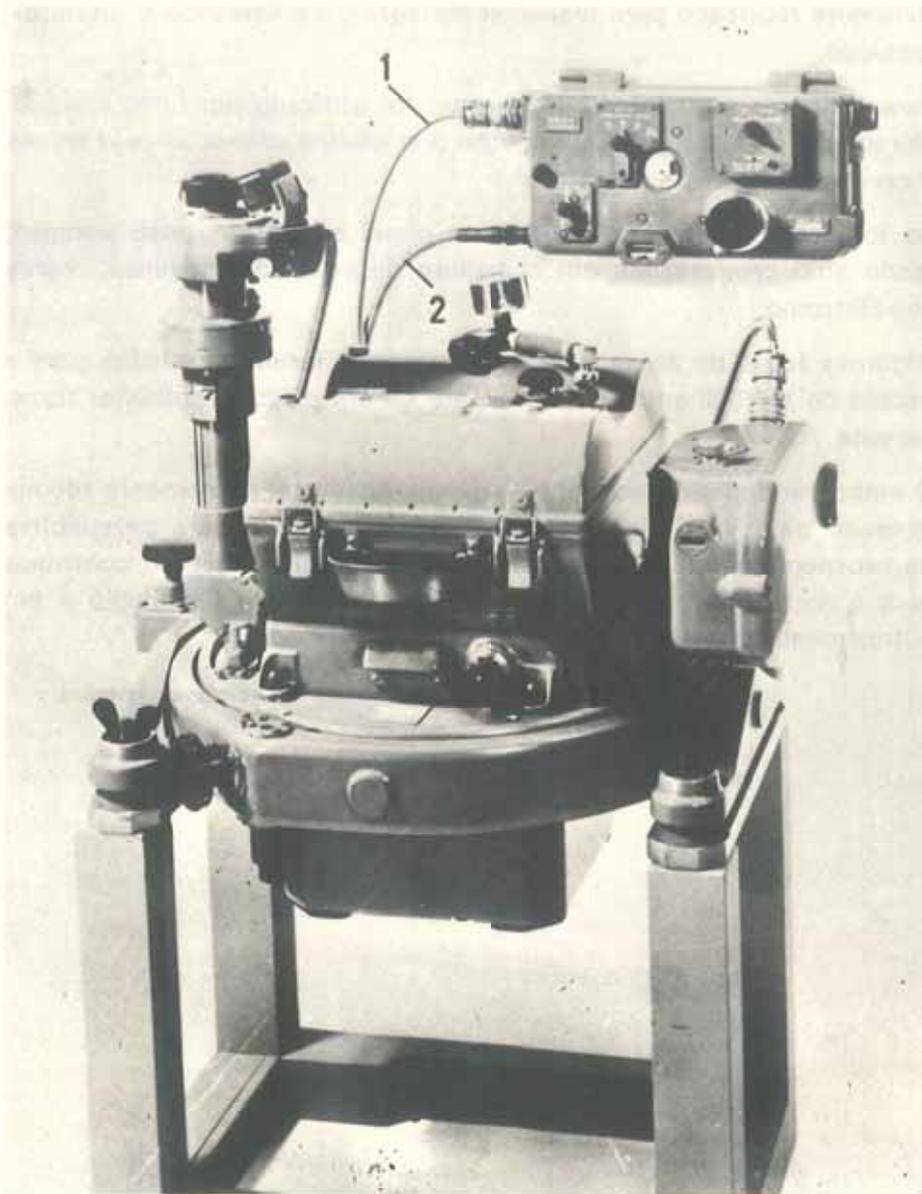
A tripulação foi composta por piloto, dirigente e operador de câmara. O piloto, além de, naturalmente, comandar o avião e mantê-lo estável durante o tempo que as fotos são tomadas, deve conservá-lo sobre a linha de vôo previamente estabelecida. O dirigente auxilia o piloto nesse trabalho, verificando se o avião está passando por pontos marcados em mapas da área a ele fornecidos. Cabe ao dirigente instruir o operador de câmara, quanto aos momentos adequados de início e fim das seqüências fotográficas. Embora a câmara fotográfica seja praticamente automática, é necessária a presença do operador, para eventuais correções de deriva, verificação do nivelamento e supervisão da operação geral do equipamento.



OPERADOR DE CÂMARA

Foi empregada uma câmara aerofotogramétrica de procedência suíça, marca Wild, tipo RC-8, automática, dotada de obturador rotativo de alta precisão, comandada por um motor elétrico, com velocidade de exposição de até 1:750. A câmara usa porta-filme com capacidade de utilização de rolos de até 76m de comprimento, por 23cm de largura.

A planicidade do filme, no momento da tomada da fotografia é assegurada por um sistema de vácuo. Ao mesmo tempo, um dispositivo elétrico denominado "Intervalômetro" assegura a execução da seqüência temporal das fotografias programada.



CÂMARA AEROFOTOGRAFÉTICA WILD, RC-8

A câmara possui um conjunto de objetivas Wild Aviogon, com poder resolutivo de até 53 linhas por milímetro, distorção máxima de 0,007mm, com distância focal de 152,45mm.

Foram tomadas fotografias no formato 23 x 23cm, utilizando-se filme pancromático Kodak Double X Aerographic Film, de base poliéster de 0,004", que garante uma excelente estabilidade dimensional. De alta sensibilidade, ótimo contraste, grande latitude de exposição e poder resolutivo de até 100 linhas por milímetro, esse filme é espe-

cialmente fabricado para mapeamento aerofotogramétrico e fotointerpretação.

Para melhorar a qualidade da imagem foi utilizado um filtro Pan-500, alaranjado, especial para eliminação dos efeitos causados pela bruma e correção do excesso de azul.

As fotografias foram fornecidas em papel semimate, peso simples, tendo sido processadas em copiadora de contato eletrônica, marca Log-Eletronic.

Algumas fotos de áreas de maior interesse foram ampliadas para a escala de 1:2 500 em papel semimate ou em plástico poliéster transparente.

O empenho dedicado ao trabalho desenvolvido foi plenamente recompensado pelo êxito das experiências realizadas e pela perspectiva de prosseguimento das atividades que, em muito, deverão contribuir para a melhoria das condições da vida urbana em São Paulo e em outros centros do País.

TerraFoto S. A. Atividades de Aerolevantamentos.

BIBLIOGRAFIA

1. SOCIÉTÉ de RECHERCHE et d'ÉTUDES AÉRIENNES — Recensement des indicateurs de la circulation et du stationnement par photographies aériennes.
Paris, Ministère de l'Équipement, 1975. 22 mapas.
2. CENTRE de RECHERCHE d'URBANISME — Photographie Aérienne et Urbanisme.
3. INSTITUTE of TRAFFIC ENGINEERS — The practicality of aerial traffic data collection (Informational Report). Virginia, EUA, 1975. 24 p.
4. TREITERER, J.; TAYLOR, J. I. — Traffic flow investigations by photogrametric techniques. Ohio, EUA, Ohio State University, s.d. 12 p. (artigo).
5. HERD, L.O. — An aerial photographic technique for presenting displacement data. Ohio, EUA, Department of Highways, s.d. 4 p. (artigo).
6. ASHWOOD, J.E.; INGLIS, P.F. — Time-lapse aerial photography: Application to traffic surveys. *Traffic Engineering & Control*, 16(1): 19-21, jan. 1975.

Série BOLETIM TÉCNICO DA GET

Redução do Consumo de Combustível:
Ações na Circulação e no Transporte — publicado

Redução dos Acidentes de Tráfego:
Propostas de Medidas para um Plano de Ação — publicada

São Paulo e a Racionalização
do Uso do Combustível — publicado

Resquisa Aerofotográfica
da Circulação Urbana:
Análise de um Projeto Piloto — publicado

Ação Centro — no prelo

Noções Fundamentais
de Engenharia de Tráfego — no prelo

