



CIDADES INTELIGENTES - SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE

0313562

PTR 2580 / PTR3514 / PTR5917

Objetivos do Módulo de Smart Mobility (ITS) em Cidades Inteligentes

- Aplicações ITS
 - ▣ Ênfase 1: **Operação de Ônibus Urbanos**
 - ▣ Ênfase 2: **Operação de Tráfego Urbano (Interurbano)**

- Modelos de Simulação
 - ▣ MacroModelos de Simulação
 - Ou Modelo Macroscópico de Tráfego
 - Não utilizar “Macrossimulação”

Objetivos desta aula 6 (ITS_1)

- O que são Sistemas Inteligentes de Transportes ?
- Quais as aplicações possíveis dessas tecnologias em transportes ?
- O que é a Simulação de Modelos de Transportes ?
- Como aplicar a Simulação de Modelos de Transporte ao ITS ?

ITS: Objetivos

- **Visa endereçar respostas nas seguintes áreas de aplicações** (WILLIAMS, Bob. *Intelligent Transport Systems Standards*. Artech House, 2008):
 - **Multimodalidade de viagem**: informações ao usuário
 - **Operações na “rede de transporte”**
 - **Gerenciamento de Tráfego**
 - **Gerenciamento do Transporte Público Coletivo**
 - **Operação de Veículos**
 - Outras Frotas
 - Mobilidade e conectividade da carga
 - **Atividades de coordenação de resposta a emergências e desastres**
 - **Tarifação variável**: para viagens pessoais e cargas

ITS: Objetivos

- ❖ Explorar a aplicação de “Pacotes de Serviços” (“Ferramentas Telemáticas”) TICs no setor de Transportes [“(Rodo)Viários”]:
 - ▣ Ger. de Transporte Público (de Passageiros)
 - APTS / IPTS: **Advanced** (Intelligent) Public Transportation Services
 - ▣ Ger. de Tráfego
 - ATMS / ITMS: **Advanced** (Intelligent) Traffic Management Services
 - ▣ Informações ao Usuário
 - ATIS: **Advanced** (Intelligent) Traveler Information Services
 - ▣ Pagamento relacionado ao Transporte (Tarifação Variável)
 - EFC / AFC: Electronic (Automatic) Fee Collection (Toll)
 - ▣ Operação de Veículos (Frotas e Mobilidade da Carga)
 - CVO: Commercial Vehicle Operations

14813 -1: Arquitetura(s) de modelo de referência para o setor de ITS



14813 – 1: Domínios de serviços (grupos) ITS

Arquitetura de referência de ITS

5. Transporte Público

5.1 Gerenciamento de transporte público

5.2 Transporte compartilhado e responsivo de demanda

Transporte Público Coletivo Urbano de Passageiros em São Paulo

Conhecimento do Problema

ESGOTAMENTO DE ALGUNS CORREDORES DE ÔNIBUS



Urban Public Passenger Transportation Management

“Modelo Tronco Alimentador”

REDE DE LINHAS & TERMINAIS MUNICIPAIS

MODELO TRADICIONAL DE LINHAS RADIAIS



MODELO TRONCO-ALIMENTADO



Urban Public Passenger Transportation Management

Encaminhamento da Solução



**NÃO BASTA IMPLANTAR OS
CORREDORES**

É NECESSÁRIO:

- OPERÁ-LOS
- TERMINAIS DE PONTA
- ULTRAPASSAGEM
- TRONCALIZAÇÃO
- BILHETAGEM AUTOMÁTICA
- COBRANÇA DESEMBARCADA
- PRIORIDADE DE PASSAGEM

Urban Public Passenger Transportation Management

Expresso Tiradentes (elevated road)

Encaminhamento da Solução

EXPRESSO TIRADENTES



Urban Public Passenger Transportation Management

Expresso Tiradentes (elevated road)

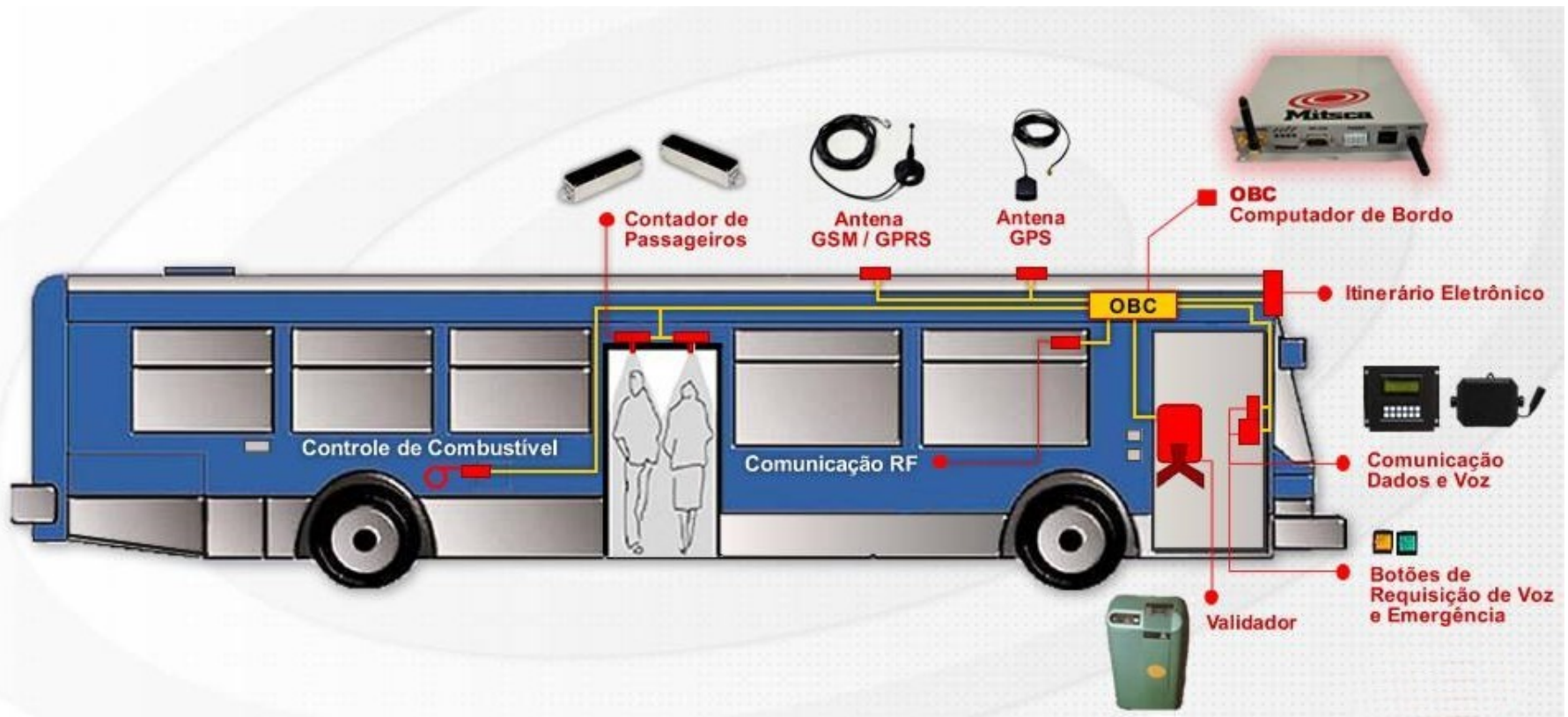
Encaminhamento da Solução

EXPRESSO TIRADENTES



Planning, Programming and Management

- Management (Supervision, Inspection and Operational Control)
 - Examples of onboard equipment on a bus



IPTS – Intelligent Public Transortation Systems

2011

Leitura Recomendada em PTR3514

- ANTP – Associação Nacional de Transportes Públicos. **Sistemas Inteligentes de Transportes**. Série Cadernos Técnicos – Volume 8. São Paulo. Maio de 2012.
 - http://issuu.com/efzy/docs/ct_its201208/1?e=2834637/4039886
 - **Artigo 6: Estudo sobre as funções ITS aplicadas na Operação de Sistemas BRT**



LONDON –

The City and the Bus Network

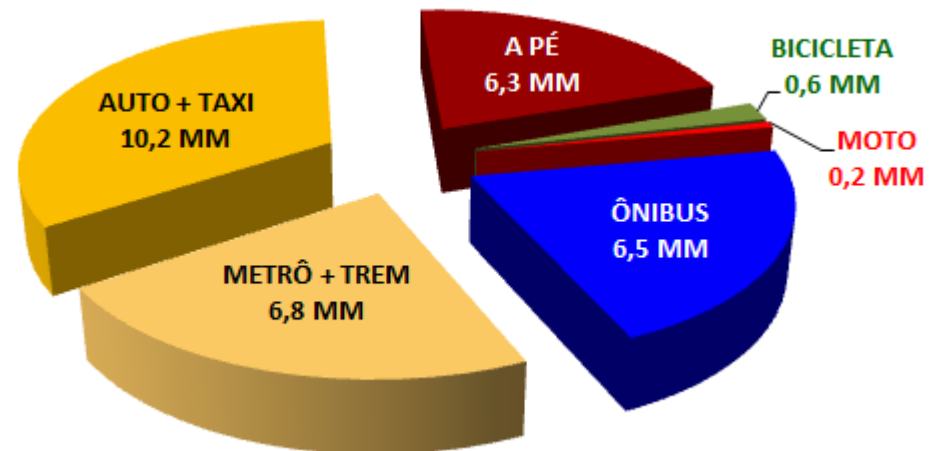
2014

ARNALDO Luís Santos Pereira

LONDON and the Transport Network - Numbers

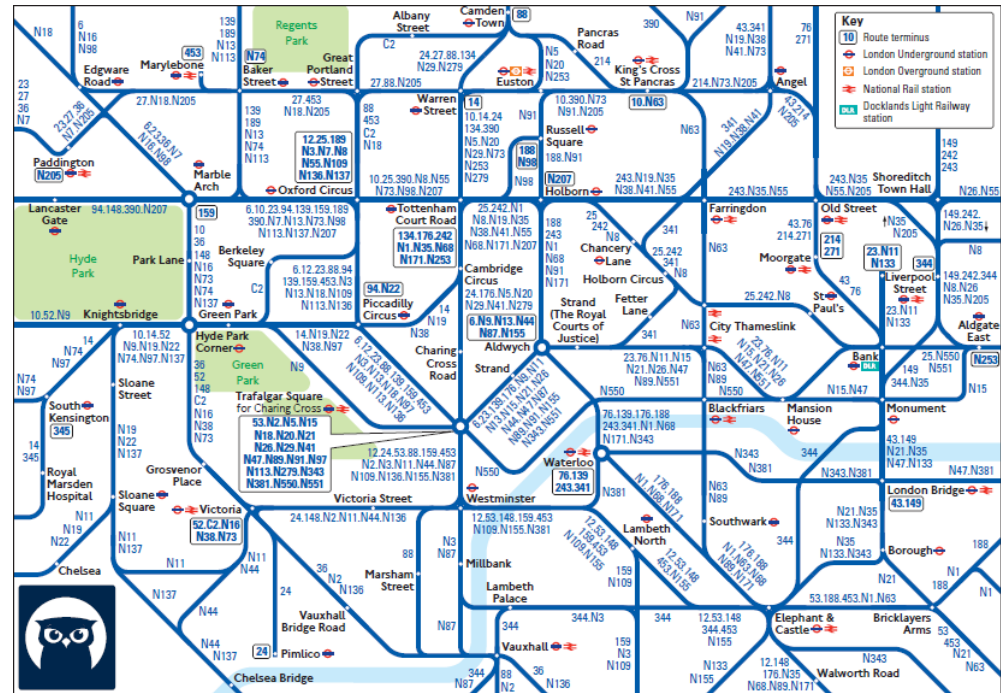
- POPULATION – 8,42 MILLION
- POPULATION DENSITY – 5.400 inhabitants / km²
- 30,6 MILLION TRIPS PER DAY (2013)

**London Transport –
Modal Division
Of Daily Travel
Values in
Millions of Travel**



Bus System - Numbers

- 6,5 MILLION TRIPS PER DAY
- 8.600 BUSES
- About 700 LINES
- All Accessible
- 24 hours x 7 days operation
- 19.000 BUS STOPS
- 24.000 DRIVERS

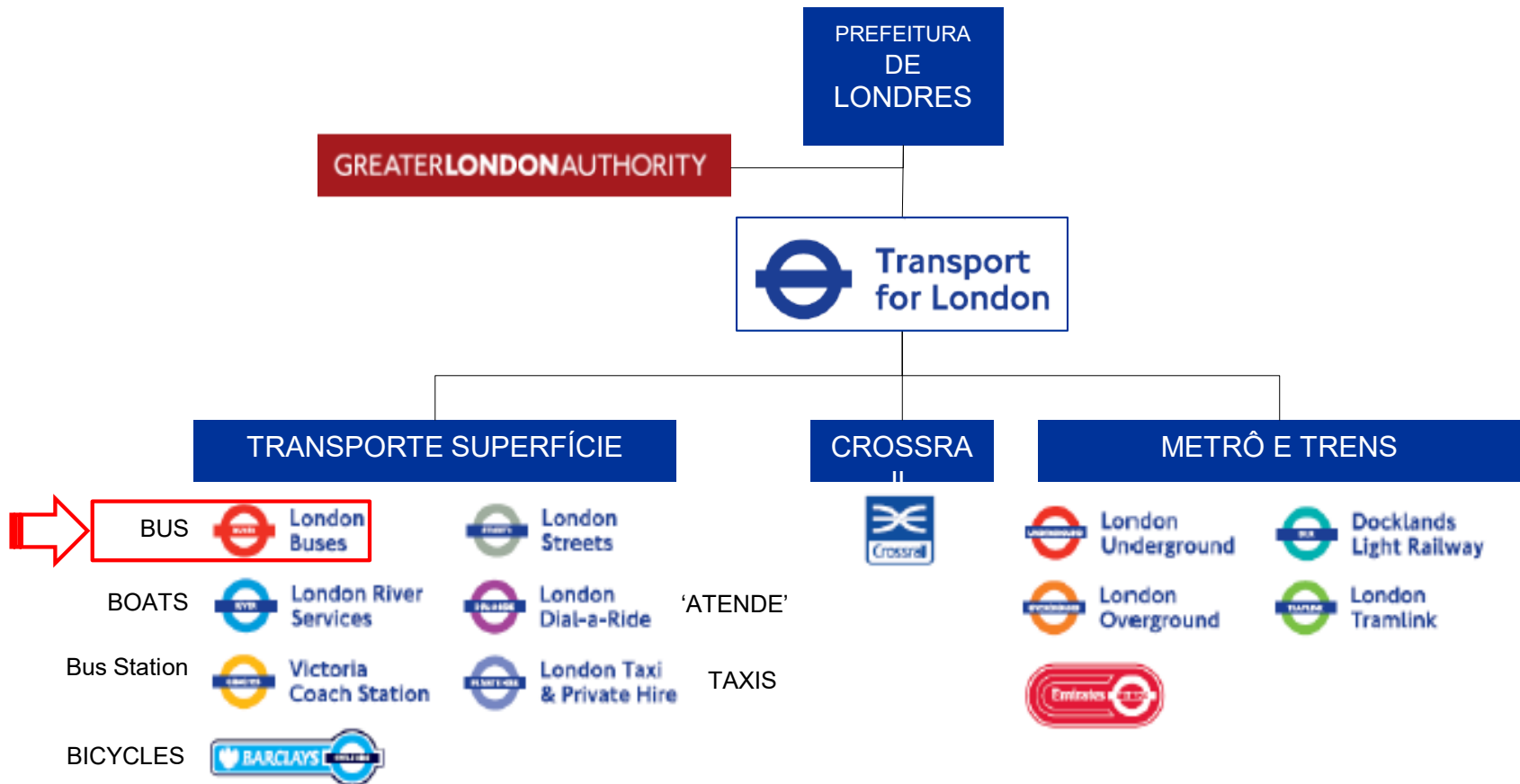


Night Bus Network Map
Source: The London Toolkit

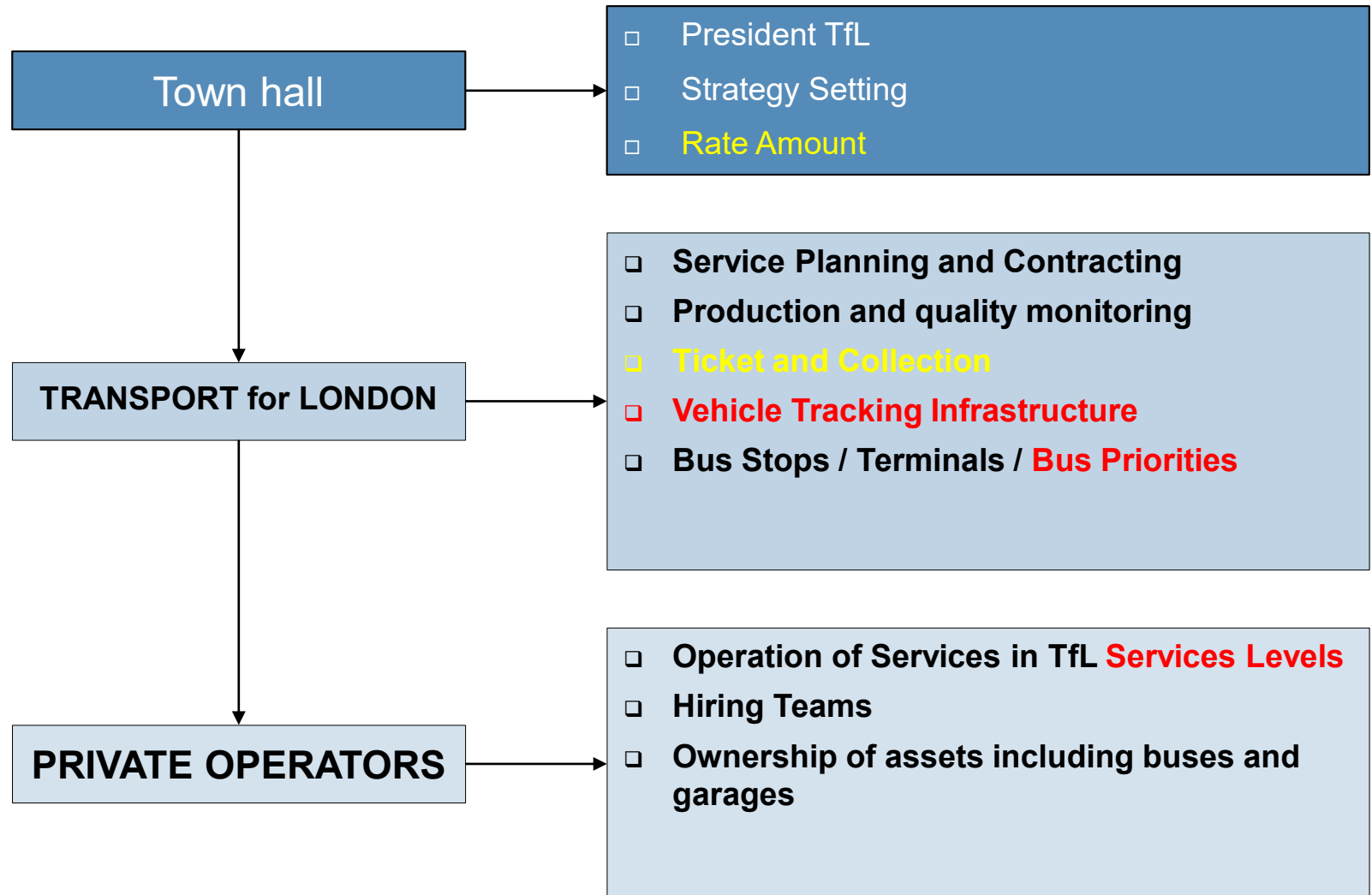
<http://content.tfl.gov.uk/bus-route-maps/central-london-night-bus-map.pdf>

TRANSPORT for LONDON – TfL - Organization

- Responsible for General Public Transport Management in Greater London



Bus System - Attributions



Operational Control Center – Functions

- CENTRAL FUNCTIONS
 - ▣ Service Monitoring
 - ▣ Incident Detection and Treatment

- OPERATIONAL CONTROL
 - ▣ Role of each Operator
 - ▣ **Interest: Remuneration for Regularity**

- TECHNOLOGICAL RESOURCES
 - ▣ In charge of TfL
 - ▣ Operators use TfL system
 - ▣ Monitoring System - TRAPEZE



**INTENSIVE USE OF AVAILABLE SYSTEMS -
MANAGER AND OPERATORS**

Service Monitoring - Products



❑ PRODUCTS

- Mileage operated and reliability
- Safety, accidents and incidents

❑ REMUNERATION

- km traveled + km on congestion
- Bus Stop Waiting Time Indicator

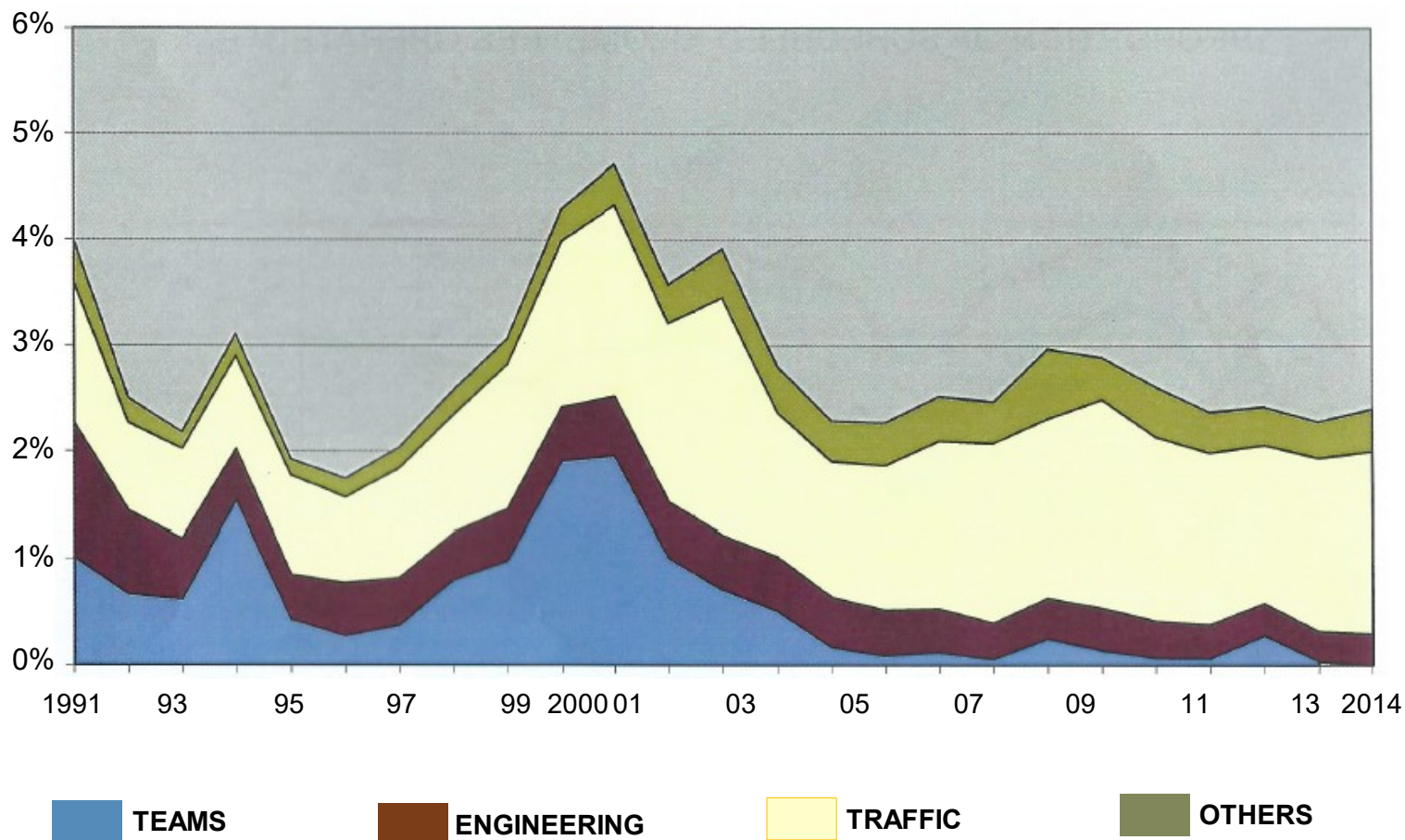
❑ TROUBLESHOOTING

- Roads, Operators and Vehicles

- ❑ TROUBLESHOOTING with Operators and Operating Central Agents
(Traffic and Policing)

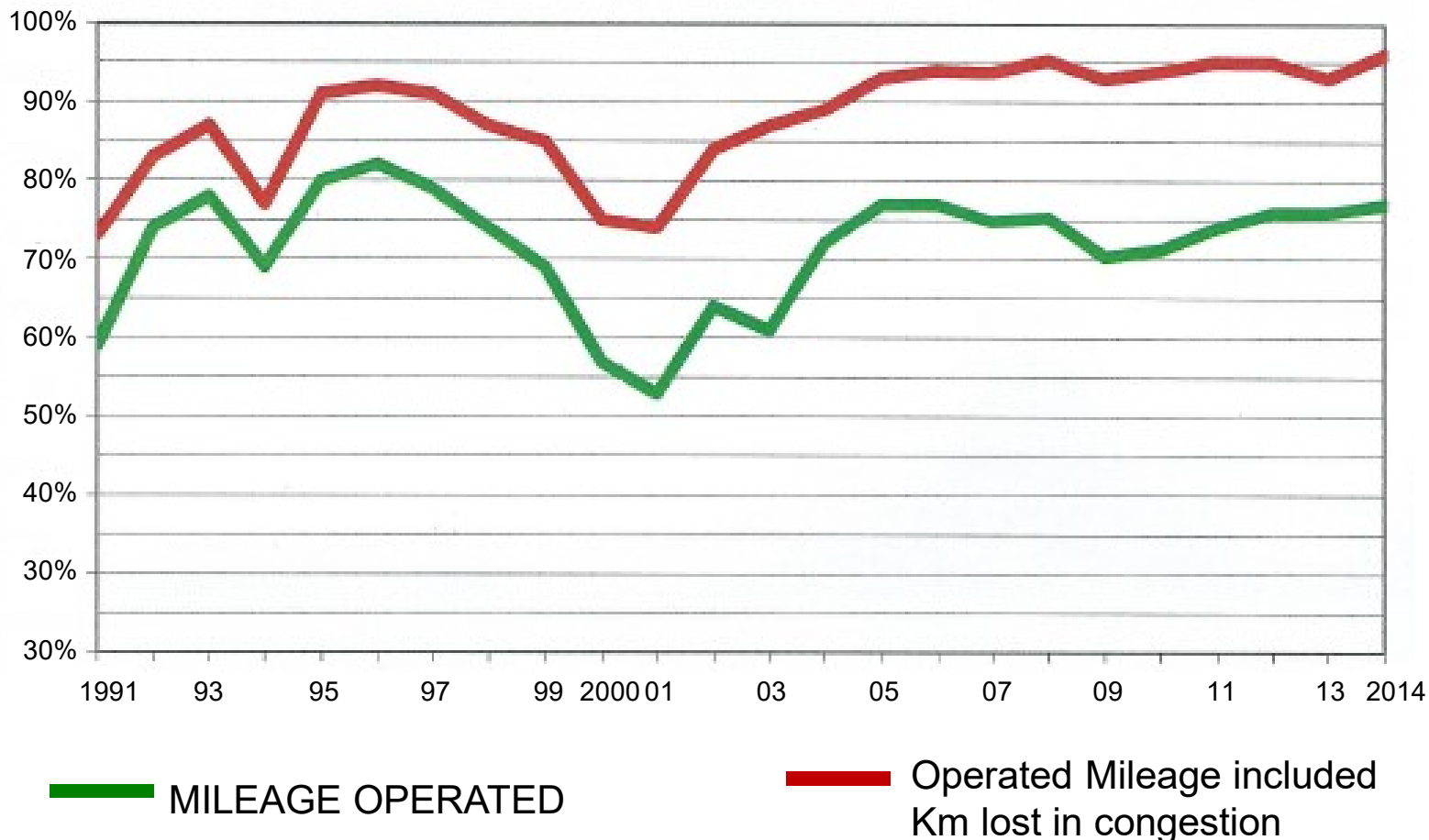
London (TfL): “Lost” Mileage Measurement

Percentage per Reason for Programmed Mileage



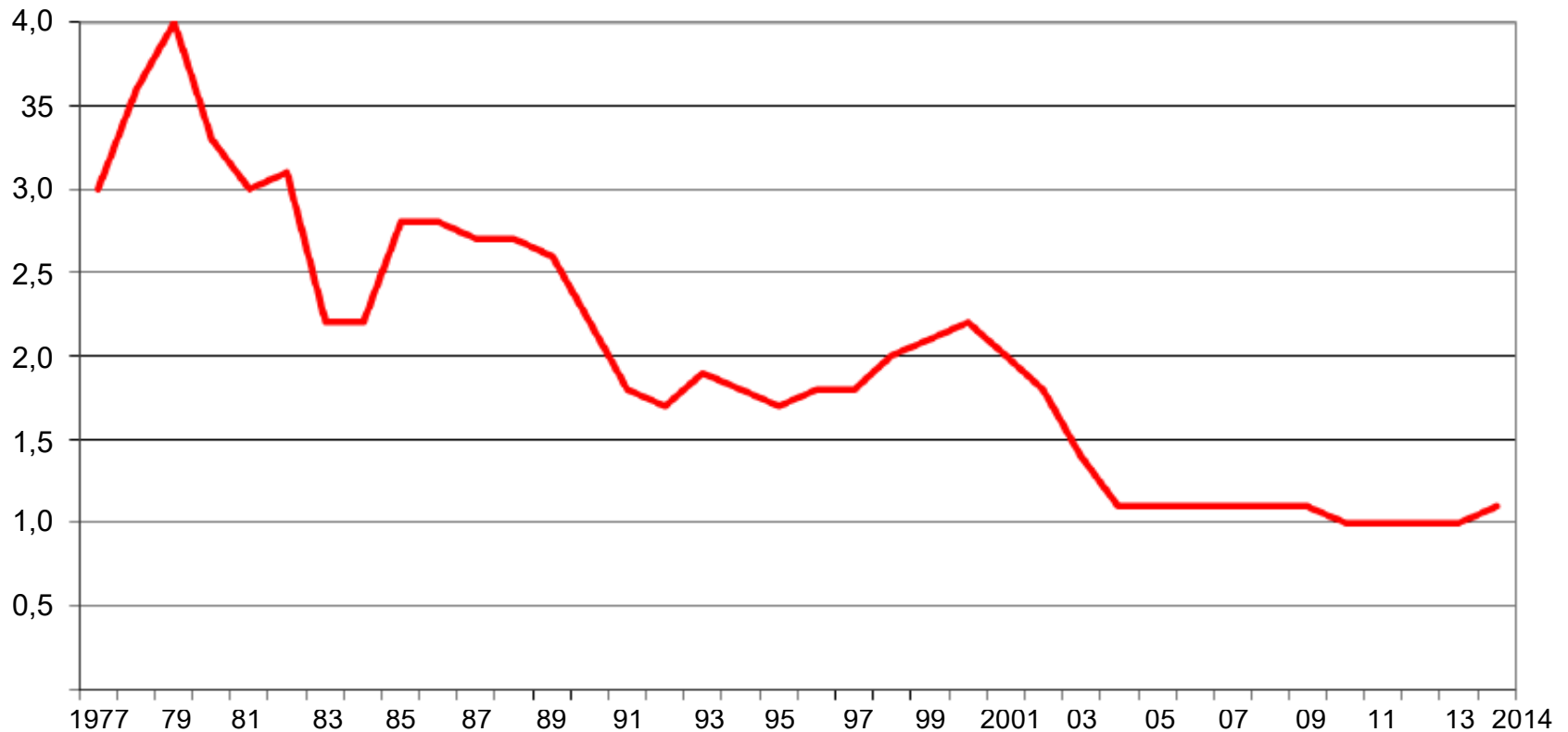
London (TfL): Measuring the Cost of Operator Compensation Congestion

Percentage in relation to Programmed Mileage With and Without Inclusion of Congestion



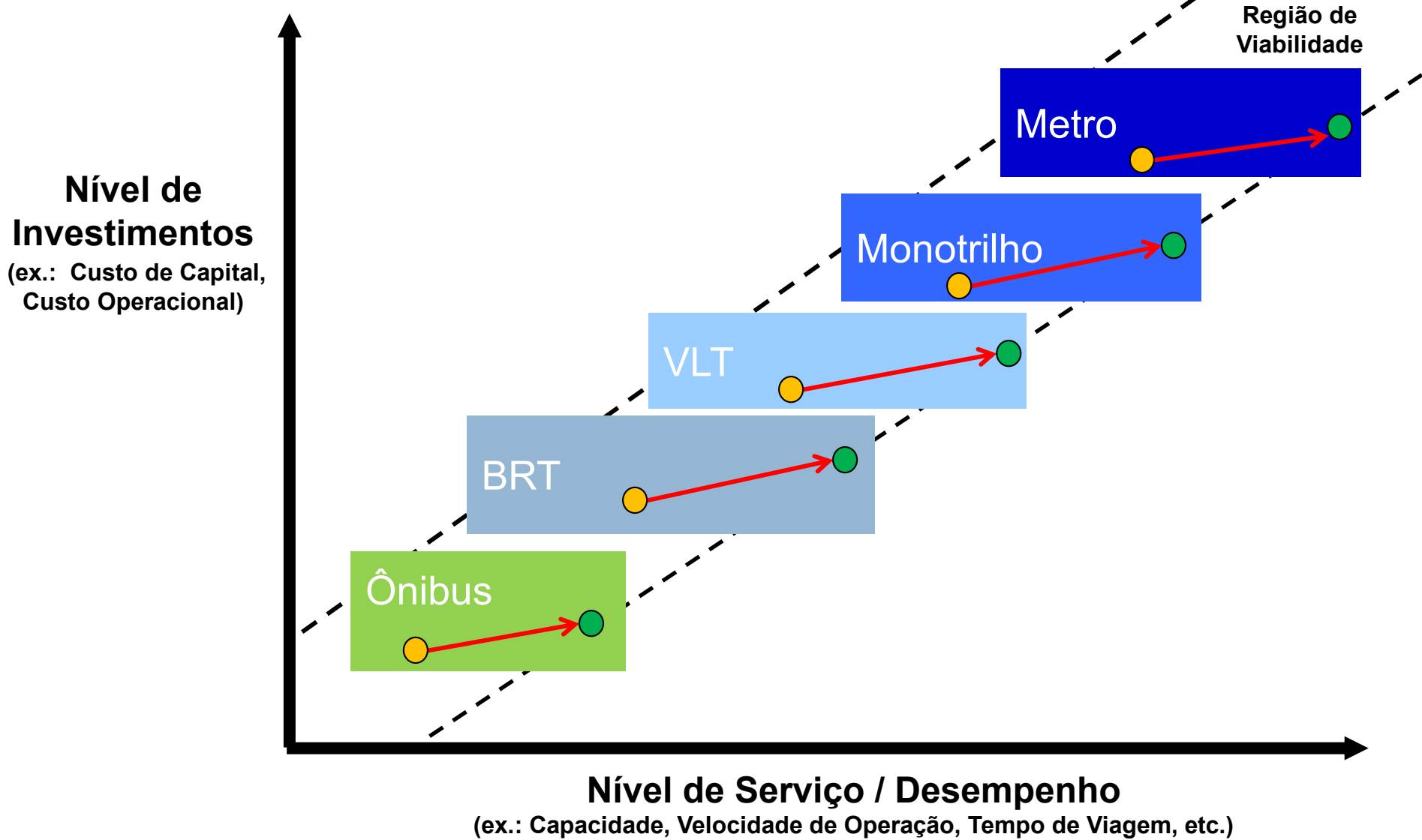
Reliability Evolution

Reliability - Excess Waiting Minutes





Custo x Desempenho



14813 -1: Arquitetura(s) de modelo de referência para o setor de ITS



14813 – 1: Domínios de serviços (grupos) ITS

Arquitetura de referência de ITS

2. Operações e gerenciamento de tráfego

2.1 Gerenciamento e controle de tráfego

2.2 Gerenciamento de incidentes relacionados ao transporte

2.3 Gerenciamento de demanda

2.4 Gerenciamento de manutenção da infraestrutura do transporte

2.5 Diretrizes/ cumprimento das regras de trânsito

Ger. de Tráfego em Rodovias

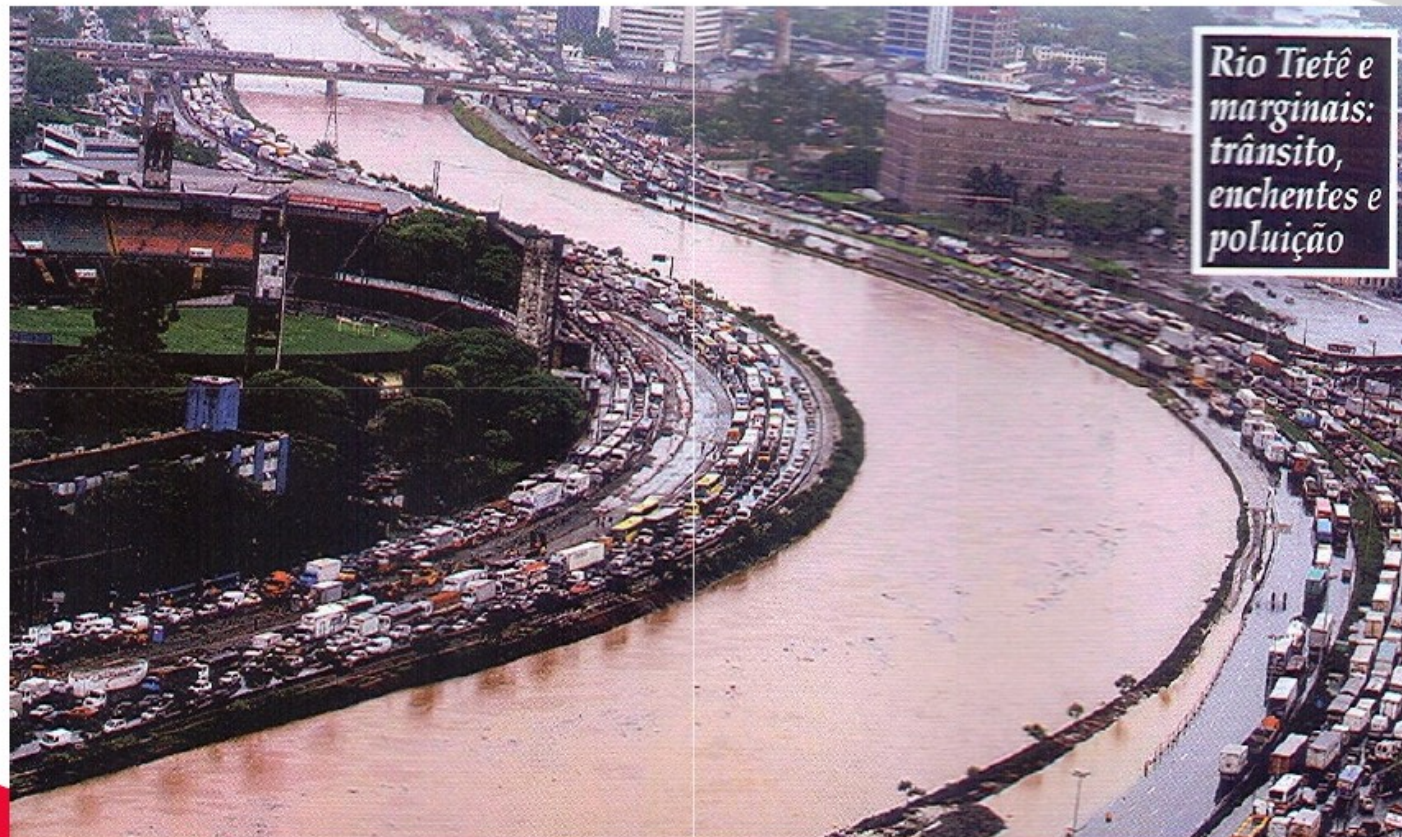
Supervisão Aplicada às Autoestradas: Mapa de CCO



Gerenciamento de Tráfego

Conhecimento do Problema

AV. MARGINAL TIETÊ: 1 MILHÃO DE VEÍCULOS/DIA



Radars: equipamento/sistema tipo fixo



ATMS - (Intelligent) Advanced Traffic Management Services

Leitura Recomendada em PTR3514

- ANTP – Associação Nacional de Transportes Públicos. **Sistemas Inteligentes de Transportes**. Série Cadernos Técnicos – Volume 8. São Paulo. Maio de 2012.
 - http://issuu.com/efzy/docs/ct_its201208/1?e=2834637/4039886
 - **Artigo 8: ITS em Rodovias Brasileiras**

<https://vimeo.com/94343080>

<http://leapcraft.dk/cits/>

<https://stateofgreen.com/en/profiles/leapcraft/solutions/cits-copenhagen-intelligent-traffic-solutions>

Curso: Fundamentos de X CITS project on Vimeo X

https://vimeo.com/94343080

vimeo Inscreva-se Entrar Hospede videos Assistir On Demand

Pesquisar videos, pessoas e ... Carregar

CITS Online

Live Simulation

DIGGING PLANNING EMERGENCY SIMULATION SPEED LIMIT SIMULATION CO2 IMPACT VISUALIZATION SIGNAL SIMULATION WEATHER SIMULATION ITS STORE

Andelsboligforeningen Viktoriagade 14-14 A Færgekroen

H.C. Andersens Blvd Copenhagen Design Week Design Society Foreningen Ssp København Rio Bravo Running Sushi Vester Voldgade Hereford House Dantes Pl. I pyramidernes skygge Dante

RECORD DATA PLAYBACK 14:00 15:00

CITS project

Vídeos Relacionados

Reprodução automática ligada

Pergunte-me alguma coisa

POR 03:52 PTB2 04/10/2016

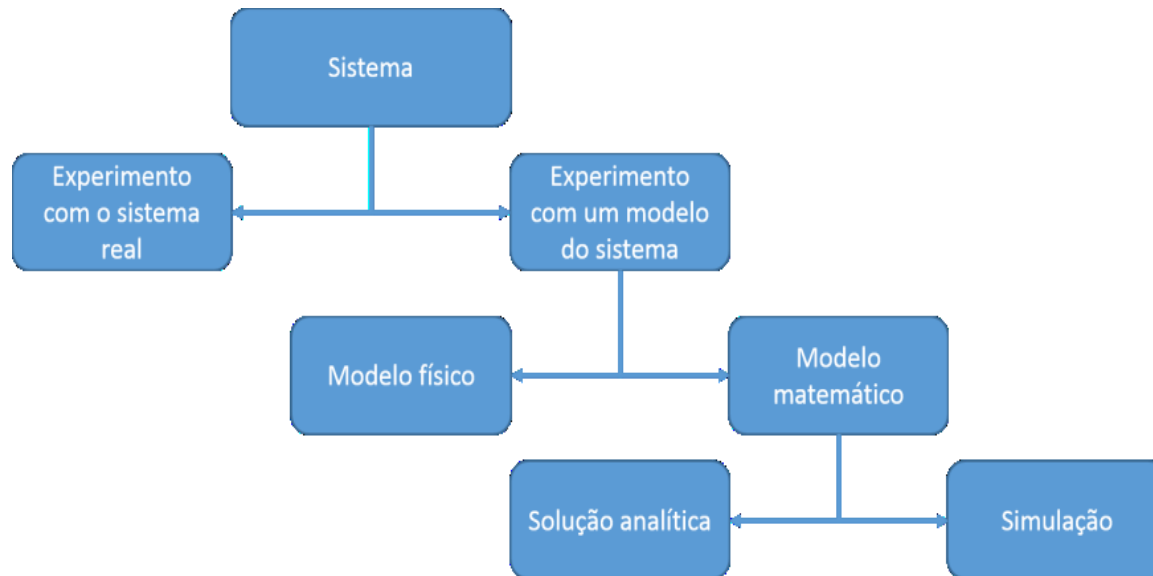
Desafios dos sistemas de transportes

- Como introduzir mudanças eficientes nos sistemas de transportes ?
- Como fazer para que os acertos nessas mudanças sejam mais imediatos e não necessitem de muita experimentação de campo ?

Objetivos desta aula 6 (ITS_1)

- O que são Sistemas Inteligentes de Transportes ?
- Quais as aplicações possíveis dessas tecnologias em transportes ?
- O que é a Simulação de Modelos de Transportes ?
- Como aplicar a Simulação de Modelos de Transporte ao ITS ?

Modos de se estudar um sistema



Fonte: (LAW, 2010 apud ALLIL et al., 2017, p. 18)

Modelos

- De acordo com Ortúzar e Willumsen (2011)
 - ▣ É uma **representação simplificada** de parte da realidade (*), com **foco em aspectos considerados relevantes**, para uma determinada análise ou ponto de vista
 - podendo constituir tanto num **modelo físico quanto num modelo abstrato**.

(*) uma vez que a análise ao envolver todos os fatores e condicionantes seria extremamente complexa.

- ▣ **Modelos abstratos** baseiam-se em equações matemáticas para compreender e prever o comportamento da realidade.
 - Eles são **amplamente empregados no planejamento e análise de sistemas de transportes**.

Modelos de Simulação

- A palavra simulação é derivada do latim “*simulatus*” cujo significado é **imitar**
 - A simulação pode ser entendida como a imitação de uma situação real através do uso de modelos.
- A simulação envolve o estabelecimento de um modelo do sistema em estudo, em que todos os componentes são definidos e o modo que variam durante o tempo, e se afetam, é especificado com exatidão
- O modelo é então simulado e seu comportamento observado
 - Os valores obtidos são comparados com os observados na realidade (*), se houver uma correspondência próxima, então o **modelo é uma boa representação da realidade** (Balmer e Paul, 1985)

(*) CALIBRAÇÃO

Simulação Computacional e de Tráfego

- Os Modelos de **Simulação computacional**, de modo geral, consistem em **representações matemáticas da realidade**
- Os **Simuladores de Tráfego** começaram a ser desenvolvidos na década de 1950 e buscam:
 - Representar a utilização das vias pelos veículos e demais usuários, a fim de possibilitar o planejamento de **situações futuras** e análises de **novos projetos** e **soluções de controle de tráfego**. (PORTUGAL, 2005)
 - Simular as situações e condições de tráfego de uma via, cruzamento ou rede viária.

Abrangência

- As funções da técnica de simulação podem abranger:
 - ▣ a avaliação do desempenho de um sistema - quando comparado a critérios específicos,
 - ▣ a comparação entre diversos sistemas e cenários possíveis,
 - ▣ a previsão do desempenho de um sistema - dadas certas condições,
 - ▣ a análise de sensibilidade do sistema frente aos fatores envolvidos,
 - ▣ a otimização de um sistema, ou seja, a escolha da combinação de fatores que maximiza o seu funcionamento (Oliveira, 1988).

“Três” abordagens em simulação

- Os Modelos de Simulação de Tráfego podem ser classificados de diversas formas
- A principal classificação está relacionada com sua abordagem e resolução
- Quanto maior a resolução maior a complexidade do modelo (BURGHOUT; KOUTSOPOULOS; ANDREASSON, 2006a; PORTUGAL, 2005; SLOBODEN et al., 2012)

BURGHOUT, W.; KOUTSOPOULOS, H. N.; ANDREASSON, I. A Discrete-Event Mesoscopic Traffic Simulation Model for Hybrid Traffic simulation. **Proceedings of the IEEE Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC)**, September 2014, p. 1102–1107, 2006a

SLOBODEN, J. et al. **Guidebook on the Utilization of Dynamic Traffic Assignment in Modeling**. Disponível em: <<https://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop13015/fhwahop13015.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2018.

“Três” abordagens em simulação

- Para a simulação de tráfego e transporte público podem-se contemplar “três” tipos de **abordagem**, de acordo com o nível de detalhamento e abrangência da simulação (Poyares, 2000; TRB, 2000):
 - **Macroscópica**,
 - Mesoscópica e
 - **Microscópica**

POYARES, C. N. **Critérios para Análise dos Efeitos de Políticas de Restrição ao Uso de Automóveis em Áreas Centrais**. Tese de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2000

TRB. **Transit Capacity and Quality of Service Manual (TCQSM)**, 3ª Edição. Disponível em <http://www.trb.org/Main/Blurbs/169437.aspx>

Softwares disponíveis

Para a escolha de um software de simulação devem-se considerar os seguintes critérios (TRB, 2000):

- **Tamanho da rede**
 - muitos softwares apresentam limitação no tamanho da rede de simulação.
- **Representação da rede**
 - relacionado a capacidade do modelo em representar geometricamente a rede
- **Representação de tráfego:**
 - modelos microscópicos têm habilidade de simular movimentos sofisticados dos veículos, permitindo uma análise complexa do tráfego, sendo que os modelos macros não possuem tal detalhamento.
- **Operação de tráfego:**
 - o modelo deve ser capaz de simular operações reais de tráfego como rampas, restrições e canalizações de tráfego, operações de transporte público, atividades de estacionamento, etc.
- **Controle de tráfego:**
 - para interseções urbanas devem incluir semáforos, controle de velocidade, etc.
- **Output do modelo:**
 - deve-se verificar se a forma de apresentar os resultados do modelo é adequada ao objetivo de estudo

Empresa	Software	Tam. da rede	Representação da rede	Representação do tráfego	Operação de tráfego	Controle de tráfego	Output do modelo	Disponibilidade de dados	Recursos Necessários	Diferenciais:
PTV	Vissim	Micro	Movimentação e interação veicular detalhados	Tráfego urbano em redes e vias expressas	Permite analisar o tráfego, operações de ônibus e pedestres, considerando a configuração das faixas de tráfego, a composição do tráfego, os semáforos, as paradas de ônibus entre outros.	É capaz de modelar interseções e ultrapassagens com regras de prioridade, sinais semafóricos, faixas exclusivas de ônibus.	Resultados sobre tempo de viagem e atrasos para cada segmento da rede: Avaliação de volumes, tempo de viagem, atraso, formação de filas, tempo de espera, densidade de fluxo, entre outros.	Resultados obtidos através de um txt ao final da simulação. Requer tratamento da informação para a obtenção dos parâmetros de interesse	Software pago, desenvolvido na Alemanha	Modelo de comportamento psicofísico do motorista. Interação entre pedestres e forças de atração/repulsão entre usuários
	Vissum	Macro	Formação de macro redes com ruas(links), cruzamentos(nós) e áreas. Visualização ampla e com ferramentas GIS	Sem representação detalhada. Os sentidos de fluxo podem ser observados dentro da rede construída.	Integração da oferta de transporte público e privado na rede. Construção de sub redes. Modelagem de sistemas e modos de transporte, além de classes de uso.	Não aborda o controle de tráfego detalhado	Inclui cálculo de demanda com modelos consolidados, como o modelo de 4 etapas. Capaz de realizar análises e relatórios estatísticos com base na comparação de cenários, redes de fluxo e acidentes, busca do menor caminho na rede, análises ambientais (como ruídos e emissões).	Interface com o usuário intuitiva. Relatórios e análises são output do modelo.	Software pago, desenvolvido na Alemanha	Produz mapas mapas de calor para representação de fluxo temporal
Caliper	Transmodeler	Híbrido	Representação em 2 ou 3 dimensões. Nível de detalhamento elevado na escala microscópica.	Simulação de de redes urbanas e de auto-estradas/rodovias mistas, podendo ser aplicado a áreas geográficas específicas (centros urbanos, corredores rodoviários, circuitos e redes circulares).	Análise de tráfego multimodal, atendendo o tráfego privado, transporte público (tanto por ônibus como ferrovias). Semáforos, estacionamentos e pedágios e outras variantes de um sistema de transporte representados. Considera a velocidade por cada link da rede e leva em conta o sentido da via. Porém não consegue analisar operações semafóricas ou interseções	Permite controle de trafego semafórico para intervalos pré-determinados bem como o uso de semáforos atuados. Análise do uso de velocidade variável no sistema, bem como o uso de mensagens eletrônicas e restrições de tráfego.	Dentre os resultados possíveis, destacam-se a apresentação de um panorama completo e preciso das filas formadas, além mapas de fluxo/refluxo, e um monitoramento de detalhes do transporte público dentro da própria simulação.	Relatórios e resultados são gerados sob a forma de gráficos, histogramas, mapas temáticos e análises estatísticas.	Software pago, desenvolvido nos EUA.	Presença de recursos avançados, incluindo suporte para Sistemas Inteligentes de Transporte.
	TransCad	Macro	Rede macro, formada por links, nós e áreas. Não considera interação veicular detalhada. A simulação ocorre de forma determinística	Não há representação de tráfego, indica apenas os volumes nas vias		Não aborda o controle de tráfego detalhado	Gráficos de carregamento, Embarques e desembarques por pontos, Transferência modal, tempo de viagem para pares OD, alocação por link, roterização, entre outros	Resultados obtidos por meio de tabelas que são abertas através da própria interface do software. Pode apresentar alguns resultados em mapas.	Software pago, desenvolvido nos EUA	Por ser um SIG permite gerar mapas temáticos e georreferenciadas informações.

Empresa	Software	Tamanho da rede	Representação da rede	Representação do tráfego	Operação de tráfego	Controle de tráfego	Output do modelo	Disponibilidade de dados	Recursos Necessários	Diferenciais:
INRO	Dynameq	Meso	Comumente associado a simulações mesoscópicas, variando de acordo com o tamanho da rede a ser calibrada. Representação de vias, interseções e áreas com muitas opções de rotas.	Simulação dinâmica com representação simplificada de tráfego. Sentidos, velocidades e fluxos podem ser percebidos na interface.	Busca modelar a escolha de rotas sob condições de congestionamento, principalmente para alocação de tráfego dinâmico	Inclui representação em rede realista com detalhamento das interseções, pontos de parada e sinalização horizontal; A edição da rede é mais representativa e flexível; permite importação de mapas online do ArcGIS;	Gera um modelo dinâmico de rotas buscando refletir a tomada de decisão de motoristas do tráfego individual. Usa aprendizado acumulado e adaptativo ao longo de toda a simulação.	Os resultados das simulações são apresentados como animações e gráficos de séries temporais. Os dados disponibilizados são majoritariamente representações visuais das condições de tráfego dinâmicas, desde a visão do todo até eventos individuais e localizados.	Software pago, desenvolvido no Canadá	Interatividade e dinamismo e realocação de fluxo. Modelo representativo da tomada de decisão do usuário.
	Emme	Macro	Semelhante ao Transcad voltado para a associação de redes multimodais integradas, além de ajustes e cálculos de demanda, transporte público, caminho de tráfego, etc.	Não há representação dinâmica de tráfego.	Baseado em escolhas modais e numa projeção do número de viagens, o software estima o fluxo de tráfego e a velocidade em cada link da rede através do equilíbrio estático e de curvas de fluxo de velocidade definidas pelo operador.	Não aborda o controle de tráfego.	Além de trabalhar com previsões de demanda variadas, procedimentos repetitivos e macros podem ser aplicados, Gráficos de saída são também facilmente obtidos.	Relatórios e resultados são gerados sob a forma de gráficos, histogramas, mapas temáticos e análises estatísticas.	Software pago, desenvolvido no Canadá	Não trabalha por meio de SIG, mas permite a importação para estudo e análise na simulação.

Micromodelos de Simulação



Modelos de Simulação de Tráfego: Micromodelos

- De resolução detalhada, tanto quanto necessário à análise pretendida
- Baseia-se no **comportamento individual dos usuários**
 - ▣ especialmente no tocante à interação entre os mesmos (carro seguidor e mudança de faixas)
- Utilizado nas **análises de trechos de via e pequenas áreas**
- Simula o **comportamento dos usuários com relação às alterações nos sistemas de controle como semáforos e rotatórias**

Modelos de Simulação de Tráfego: Micromodelos



*Simulação gráfica
de semáforo
pelo software VISSIM.
(PERON, 2015)*

Como aplicar simulações à decisões sobre ITS ?

- Representar o sistema de transportes em um modelo computacional (vias de transporte urbano e interurbano, redes de trem, metrô etc)
- Verificar se essa representação é precisa o suficiente
- Introduzir mudanças (**ITS**) que considera serem benéficas no modelo computacional
- Simular o modelo com as mudanças feitas e coletar resultados (índices significativos)
- Comparar as diferentes soluções através de cenários
- Adotar a solução mais eficaz (a que reduza mais o congestionamento, a mais barata, a mais rápida ou, ainda, a que combine melhor esses benefícios na quantidade desejada)



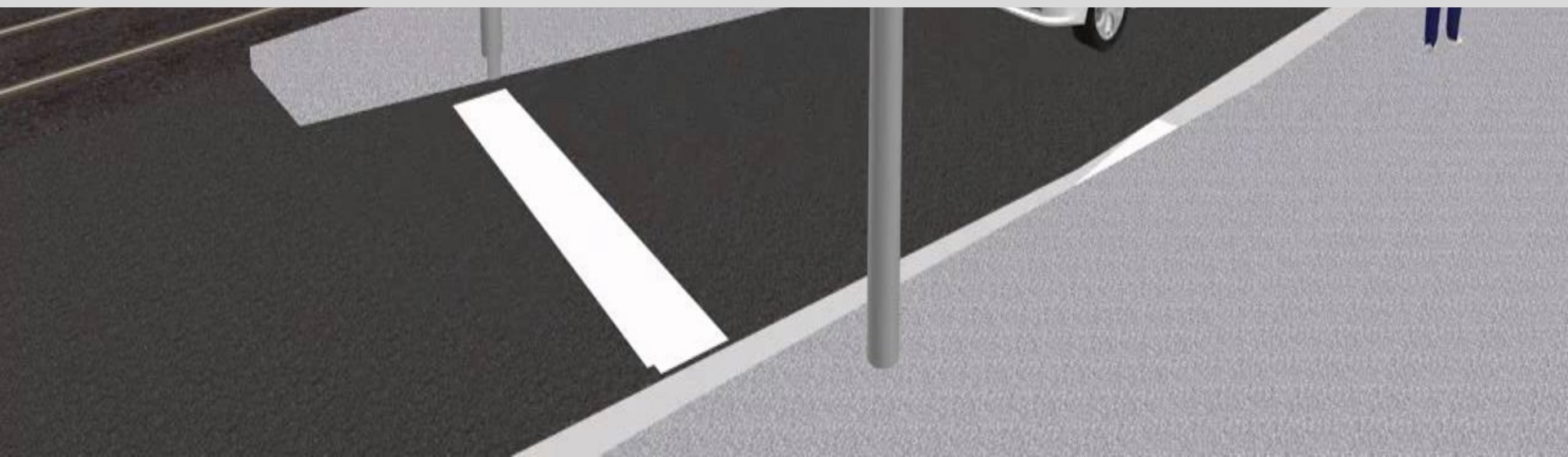
IPTS – Intelligent Public Transortation Systems

2011



Micro simulation with

PTV VISWALK



Simulação e Análise do Fluxo de Pedestres em Terminais

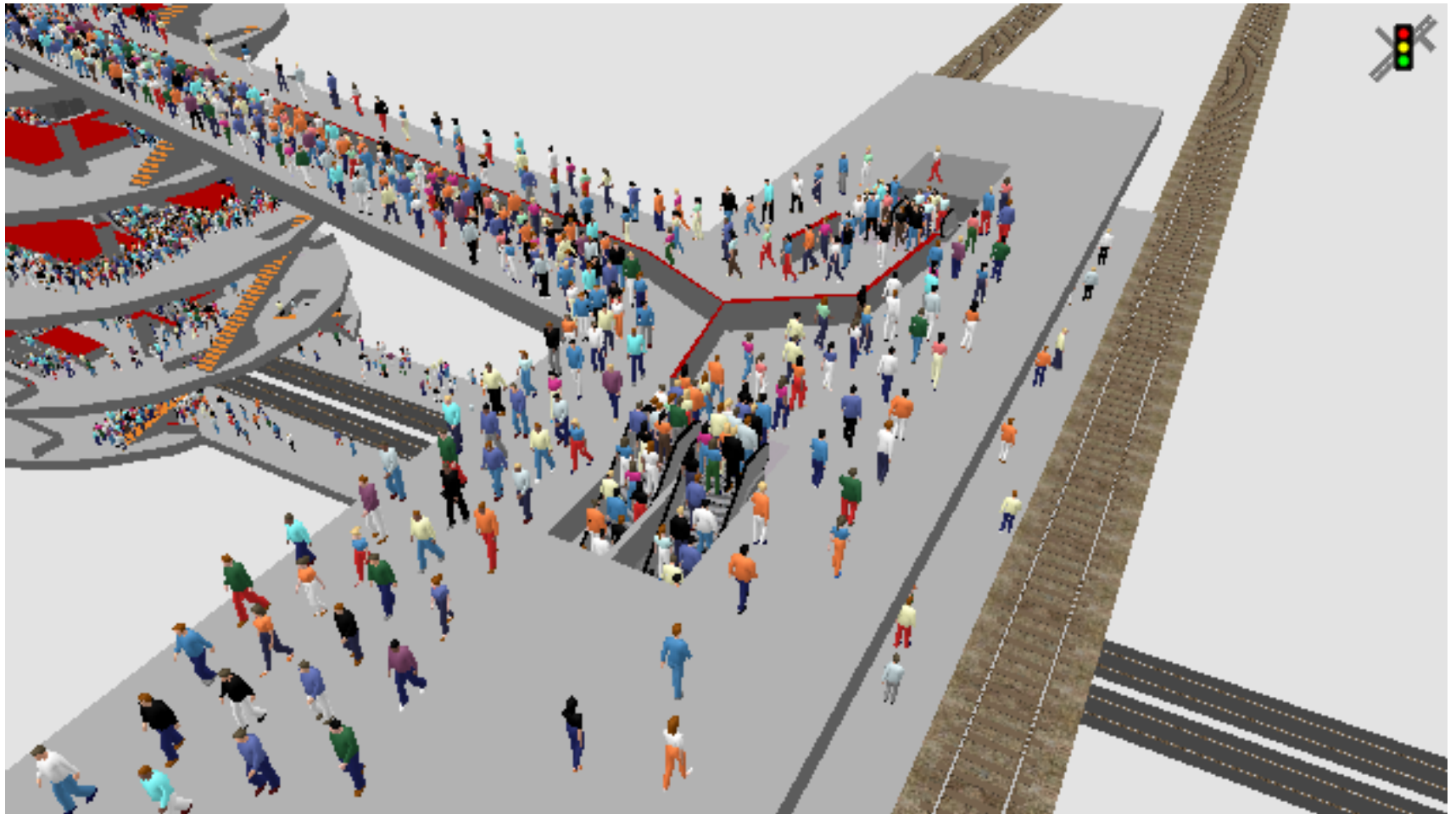
2017

MARTIN, B. M.; SANTIAGO, J. M.;
ALILL, L. V.; SOUZA, L. F.

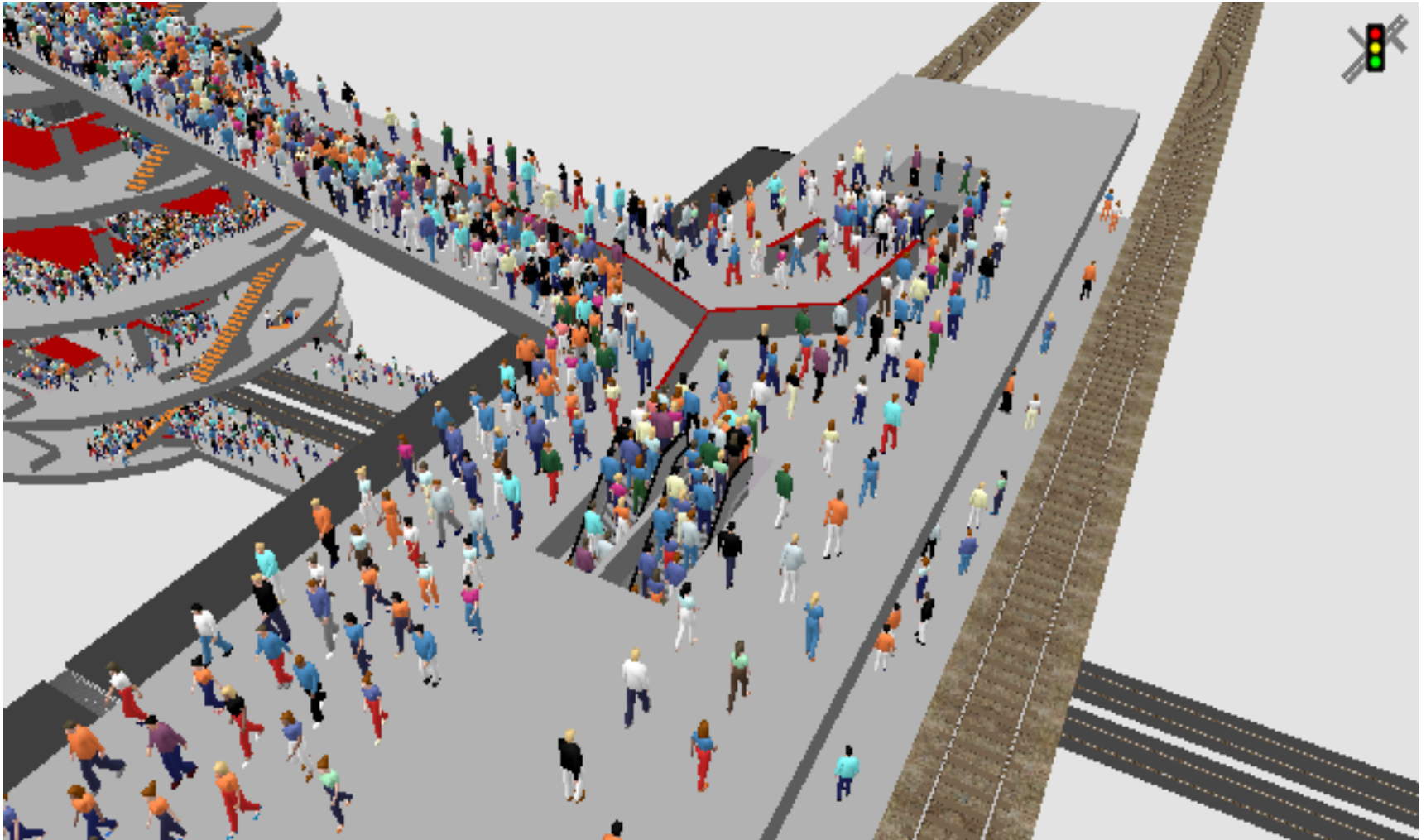
Terminal Pinheiros



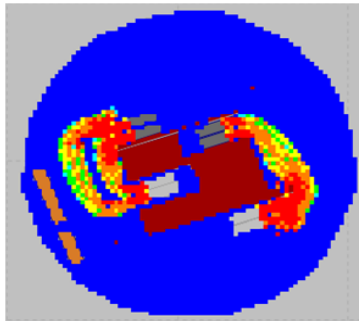
Terminal Pinheiros: Cenário 2017



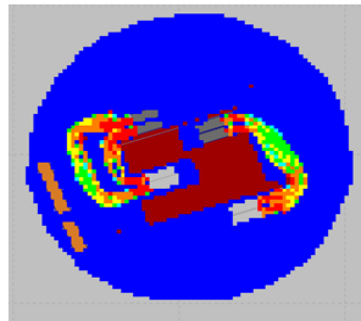
Terminal Pinheiros: Cenário 2030



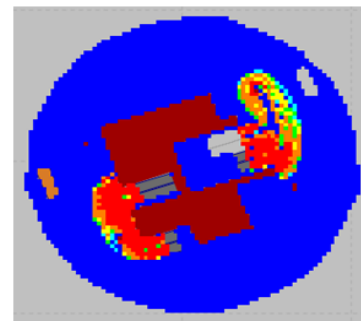
Scenario comparison



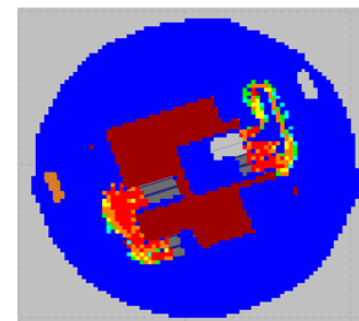
(A)



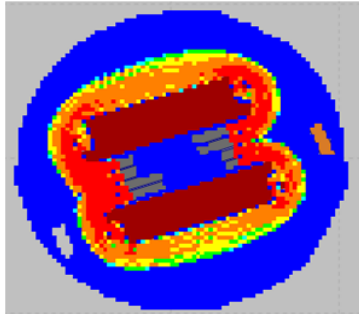
(B)



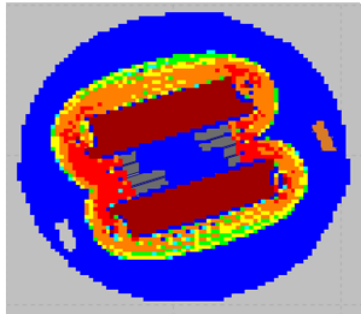
(A)



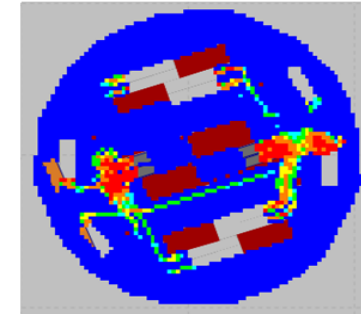
(B)



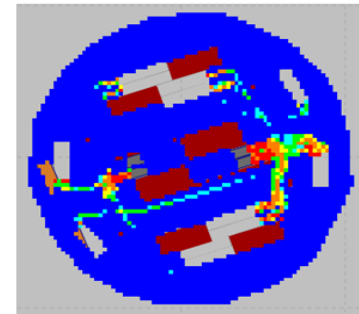
(A)



(B)



(A)



(B)

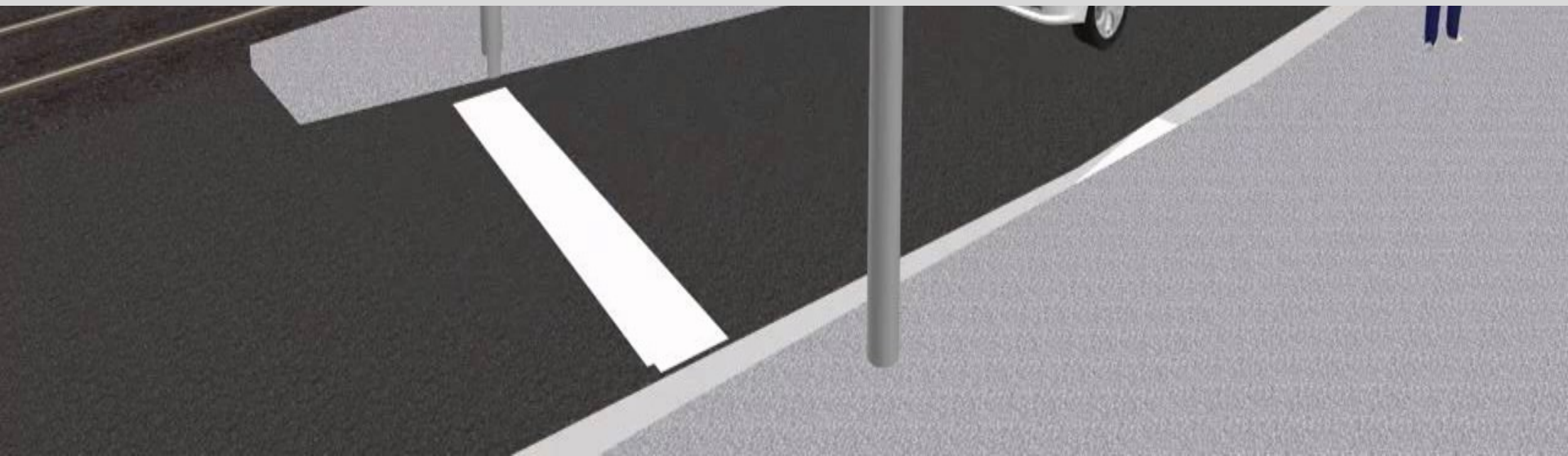
(A) 2030
(B) 2017

Nível de Serviço	Pessoas / m ²	
A	0 - 0,308	Blue
B	0,308 - 0,431	Cyan
C	0,431 - 0,718	Green
D	0,718 - 1,07	Yellow
E	1,07 - 2,153	Orange
F	>2,153	Red



Micro simulation with

PTV VISSIM



Viability and Impact Study of ITS applications in bus corredors

2015

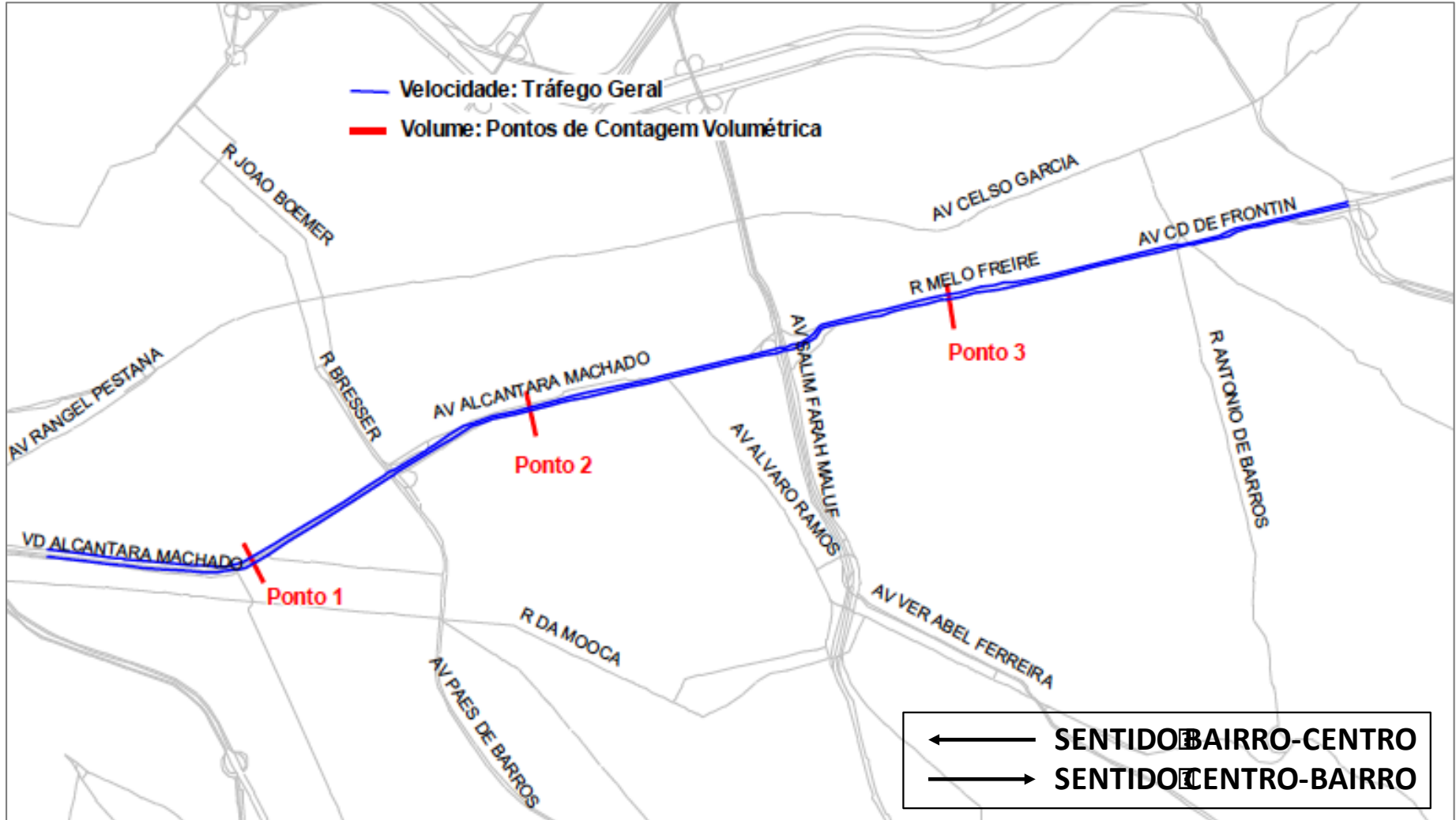
HOSHINA, L. N. N; CHIOVETTI, P. B.;
DELUCA, R. S.



Case study: Av. RADIAL LESTE



7G Route



Actual situation



BRT /Bus corridor

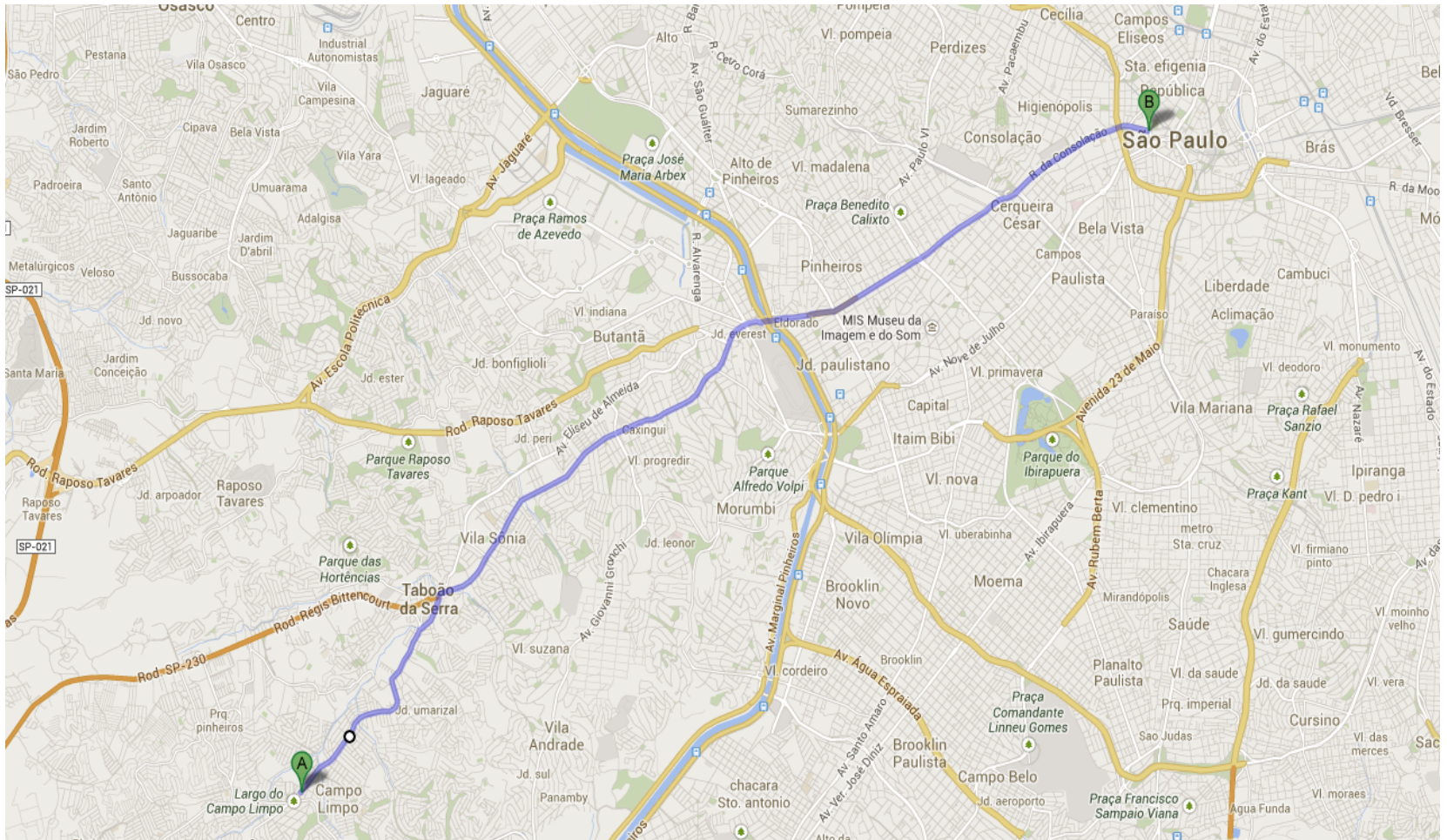


Contribuição metodológica para aplicação de prioridade semafórica condicional em corredores de ônibus

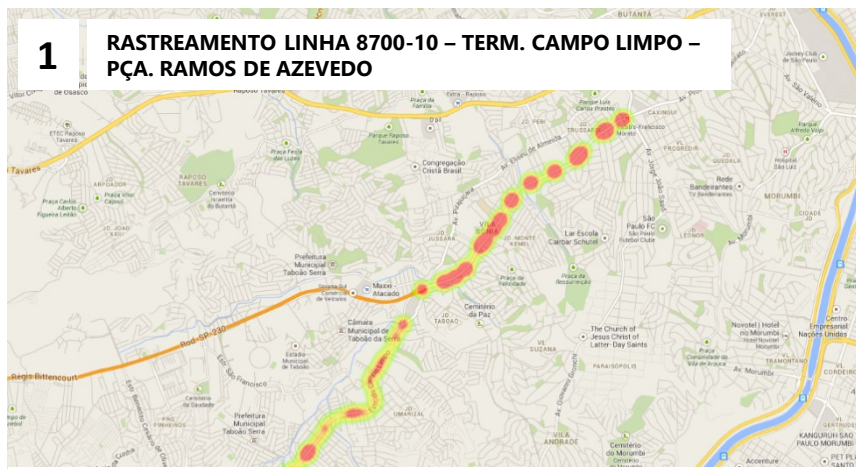
2015

LUCIANO Peron

Transit Signal Priority (TSP): Bus Corridor Campo Limpo - Rebouças - Centro



Transit Signal Priority (TSP): Bus Corridor Campo Limpo - Rebouças - Centro



Trechos onde ocorrem mais retenções



Trechos com retenções. Obras no sistema viário



Trecho com retenção isolada (semáforo)



Trecho onde as retenções são mais intensas

Transit Signal Priority (TSP): Bus Corridor Campo Limpo - Rebouças - Centro



Transit Signal Priority (TSP): Bus Corridor Campo Limpo - Rebouças - Centro



Cenário 1

Transit Signal Priority (TSP): Bus Corridor Campo Limpo - Rebouças - Centro

Velocidades Média (km/h)

CENÁRIOS	ÔNIBUS	AUTO	MOTO
Referência	20,7	35,0	49,0
Cenário 1	22,5	32,5	47,3
Cenário 2	22,6	39,7	50,9
Cenário 3	22,5	40,0	50,2
Cenário 4	22,6	40,2	51,2
MÉDIA GERAL	22,2	37,5	49,7

Tempos médios de viagem (%)

Rede	Automóvel	Moto	Ônibus
Sentido Bairro - Centro			
Cenário 1	+50%	-2%	-11%
Cenário 2	-5%	-12%	-4%
Cenário 3	-10%	-15%	-10%
Cenário 4	-9%	-15%	-12%
Sentido Centro - Bairro			
Cenário 1	31%	-2%	-8%
Cenário 2	+6%	-14%	-4%
Cenário 3	-4%	-16%	-5%
Cenário 4	-5%	-18%	-10%

Resultados:

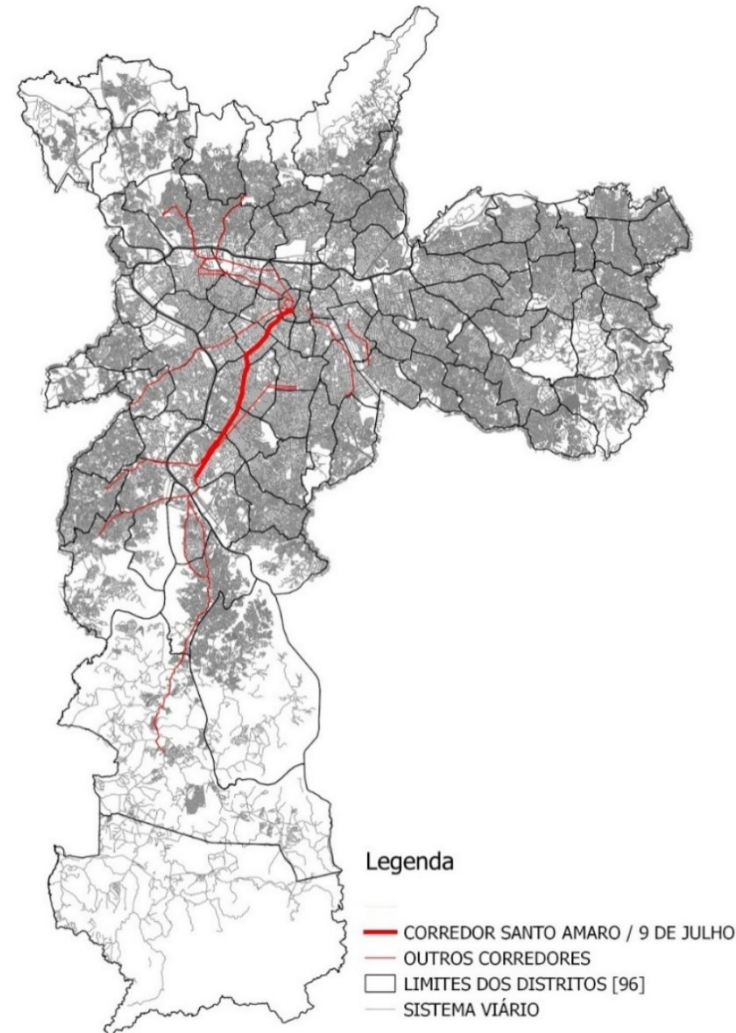
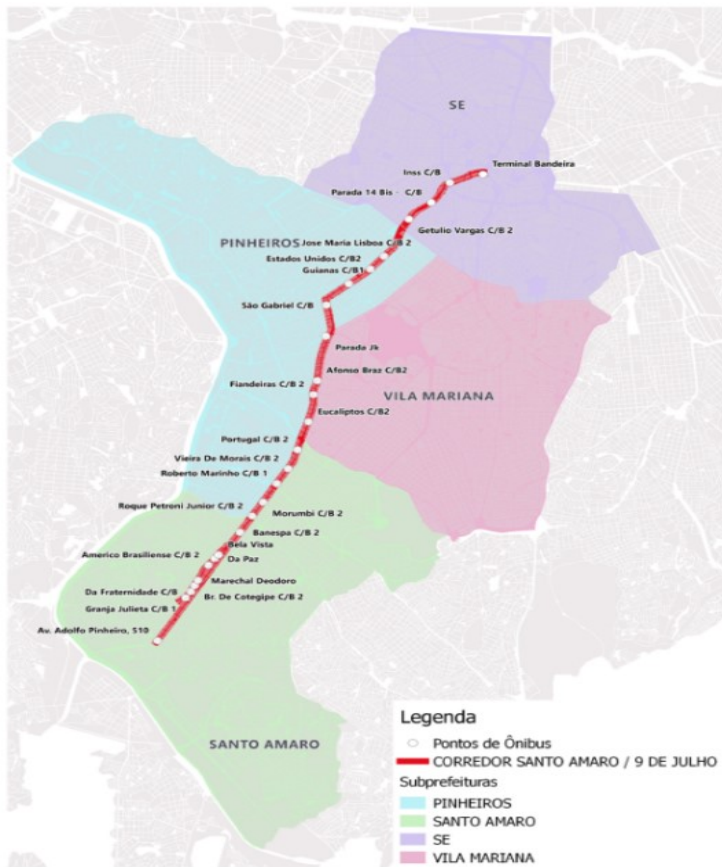
- ✓ Cenários 2 e 4 apresentaram **aumento da velocidade média de 8,5%** para os ônibus;
- ✓ O **Cenário 4** apresentou os maiores ganhos de velocidade para os três modos simulados. Nele se constata, inclusive, as mais **significativas reduções nos tempos médios de viagem para o modo ônibus (até -12%)**;
- ✓ O Cenário 1 se mostrou como o mais desfavorável para o modo automóvel.

Intervenções operacionais visando a regularidade e a eficiência de sistemas de ônibus urbanos: resenha de estudos acadêmicos e simulação de aplicações com dados reais

Bus Corridor Santo Amaro – Nove de Julho



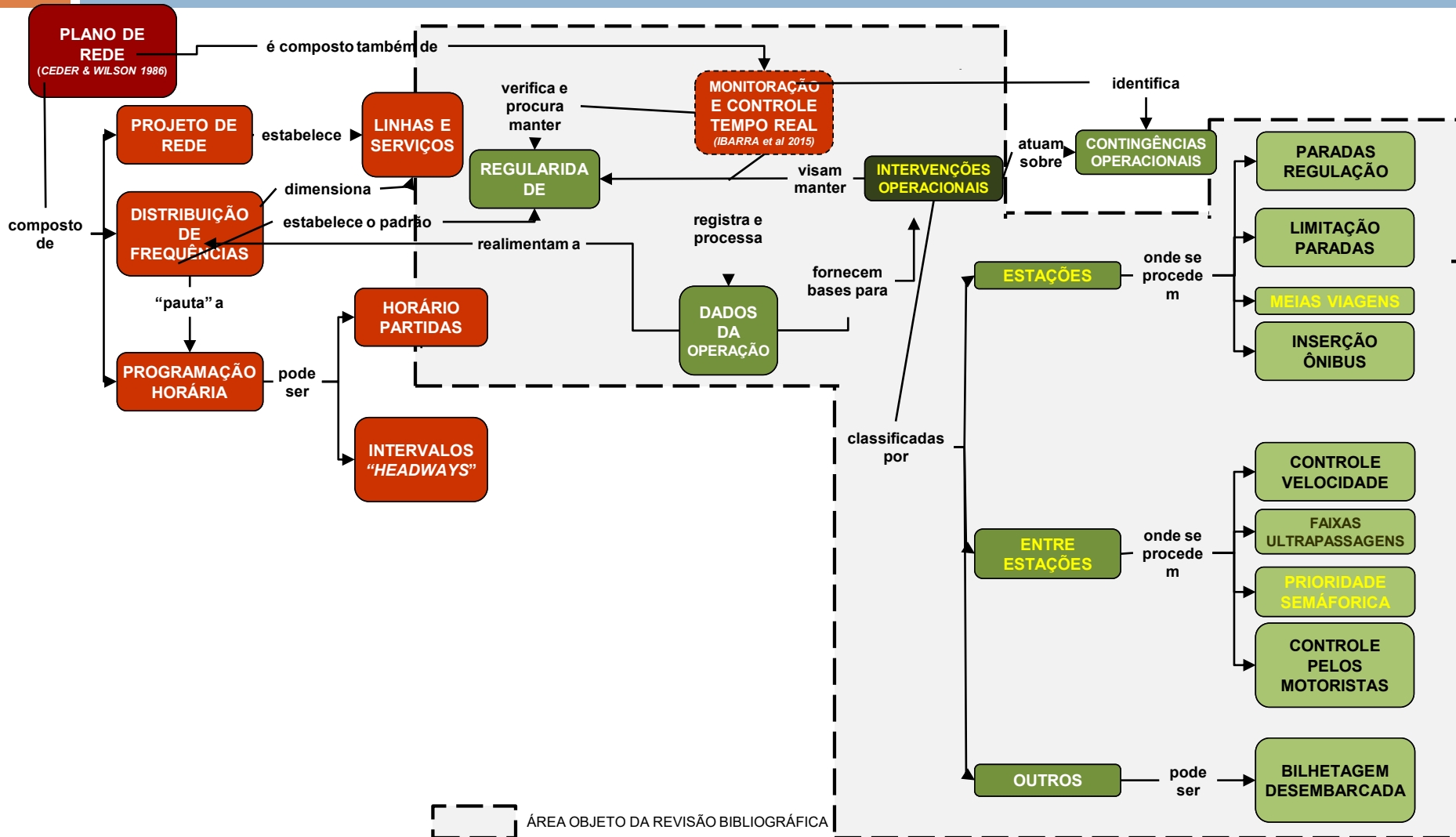
Bus Corridor Santo Amaro – Nove de Julho



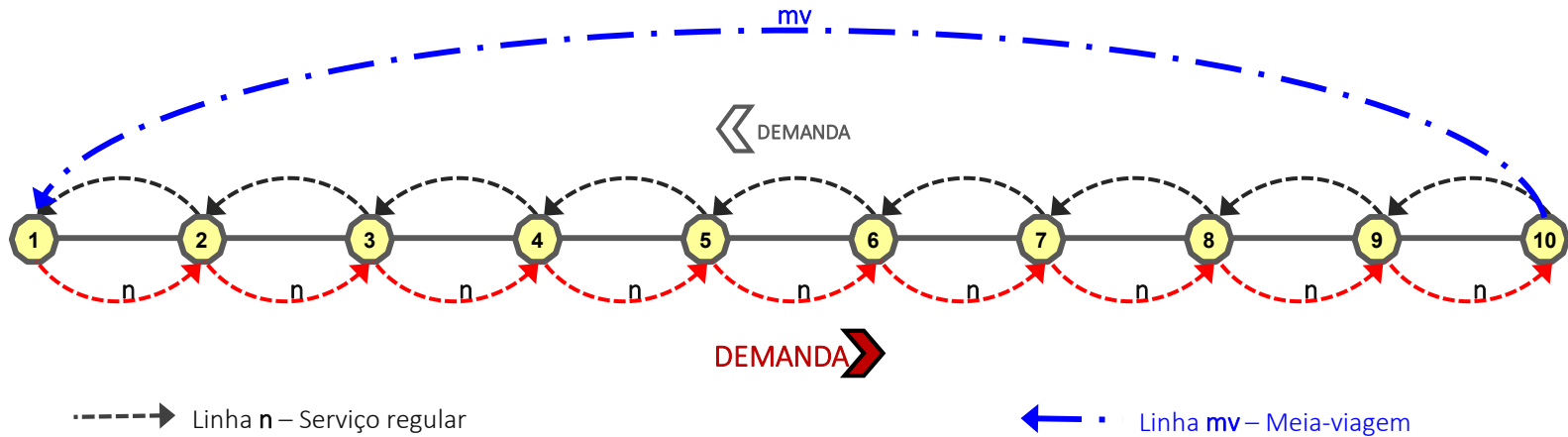
Selected segment



Monitoring, Control and Operational Interventions



“MEIAS VIAGENS” – Concepts



OBJETIVO

- DIMINUIÇÃO DE TEMPOS DE ESPERA E DE VIAGEM

AÇÃO

- NO SENTIDO DE MENOR DEMANDA, ALTERNÂNCIA ENTRE PARTIDAS COM SERVIÇO NORMAL E PARTIDAS SEM SERVIÇO

RESULTADO

- MENORES TEMPOS **DE** PERCURSO / MAIOR FROTA DISPONÍVEL / MAIOR OFERTA

“MEIAS VIAGENS” – Studies

AUTOR(ES)	OBJETO	ESTAÇÕES	DADOS	VARIÁVEL CONTROLE	RESULTADOS (% Reduções)
Furth (1985)	Linha 14 Trolebus San Francisco, USA	N/I	Reais	Frota (ônibus)	6,9% a 10,3%
Eberlein (1995)	Metrô Boston, USA	52	Reais	Custo Gen. (pax.min)	1,2% a 20,7% ⁽¹⁾
Leiva et al (2010)	Corredor Santiago - CHI	19	Demandas Plano	Custo Gen. (pax.min)	8,7%
Larrain, Giesen e Muñoz (2010)	Corredor ⁽²⁾ Santiago - CHI	19	Demandas Plano	Custo Gen. (pax.min)	0,0% to 6,0%

OBSERVAÇÕES

(1) 4 diferentes métodos de cálculo, cada um simulado em 10 dias diferentes.

(2) Variação de modelagem no mesmo Corredor estudado por Leiva et al (2010)

Results – travel times

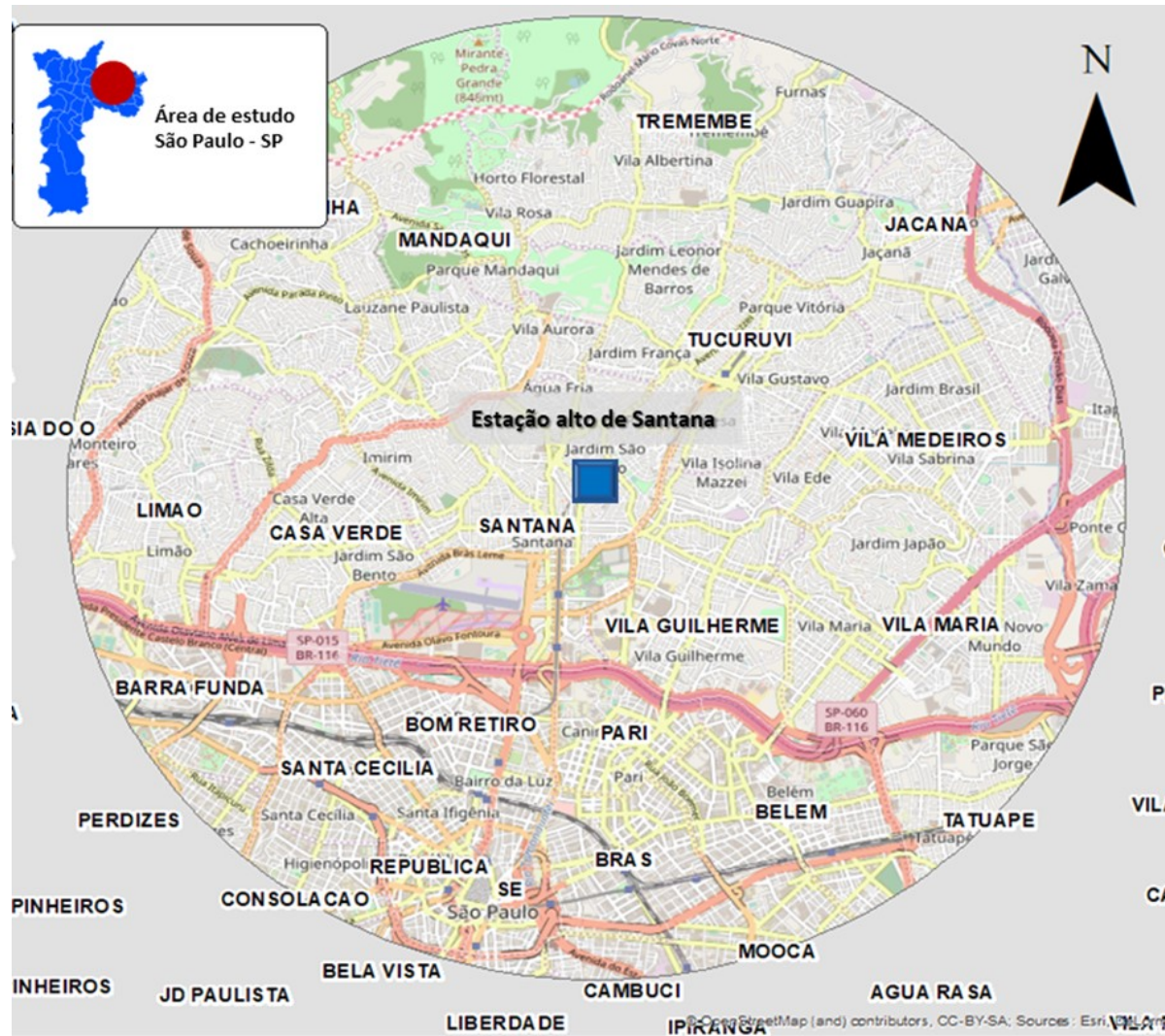
TIPO DE INTERVENÇÃO	RESULTADO MÁXIMO		RESULTADO MÍNIMO	
	TEMPO TOTAL DE VIAGEM (min)	REDUÇÃO TEMPO VIAGEM (%)	TEMPO TOTAL DE VIAGEM (min)	REDUÇÃO TEMPO VIAGEM (%)
OPERAÇÃO NORMAL	444,68	N/A	444,68	N/A
MEIAS-VIAGENS	387,52	12,9%	407,03	8,5%
SKIP-STOP	423,60	4,7%	431,62	2,9%
LINHAS EXPRESSAS	442,65	0,5%	447,57	-0,6%

Análise de Comportamento de Operação de Ônibus Urbanos sob o impacto de chuva utilizando as Técnicas de Árvores de Regressão ChAID e Estatística Geográfica

2017

Erick Sobreiro GONÇALVES

Study Area



Data Fusion: pluviometric precipitation and bus tracking data

Registros telemétricos linha "a"

Dados telemétricos:
14:01

Dados telemétricos:
14:07

Dados telemétricos:
14:23

Dados telemétricos:
14:37

Dados telemétricos:
14:56

Precipitação acumulada 14:00 hs

8 mm

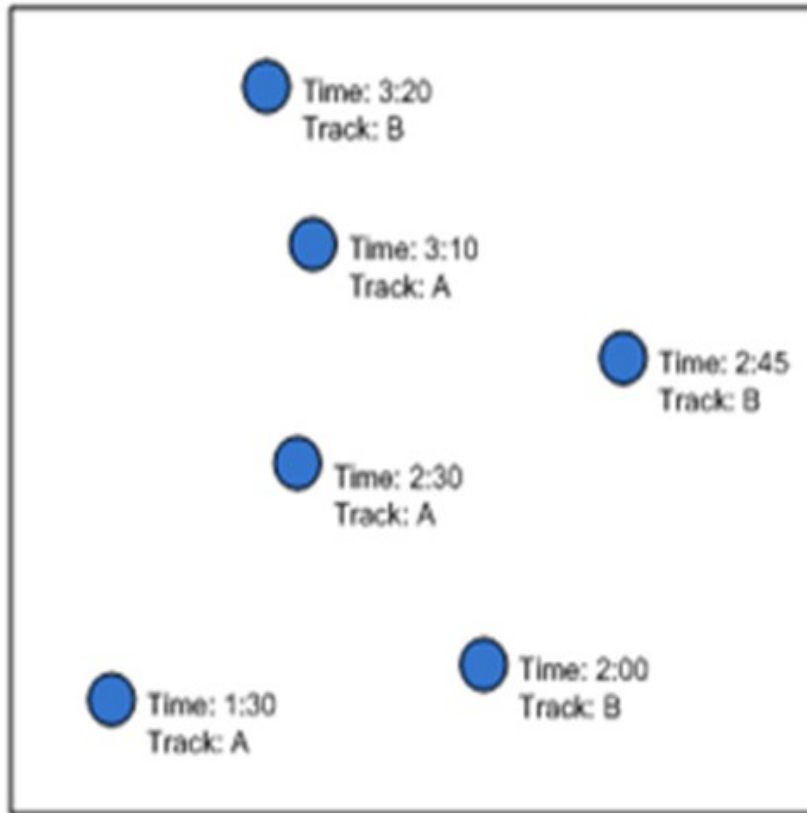
8 mm

8 mm

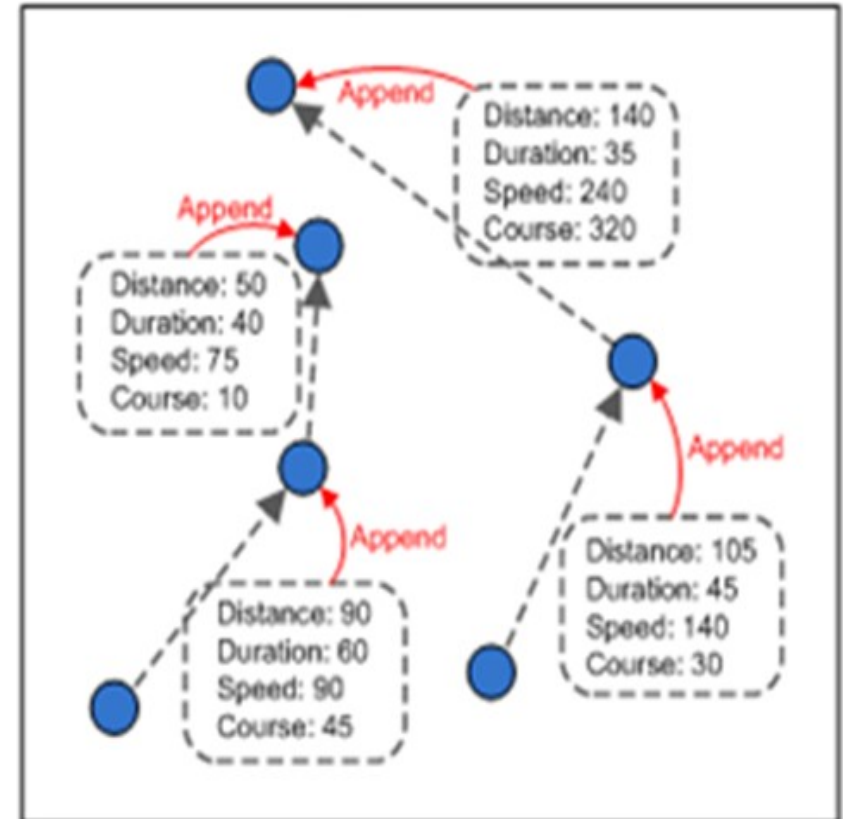
8 mm

8 mm

Bus speed calculation

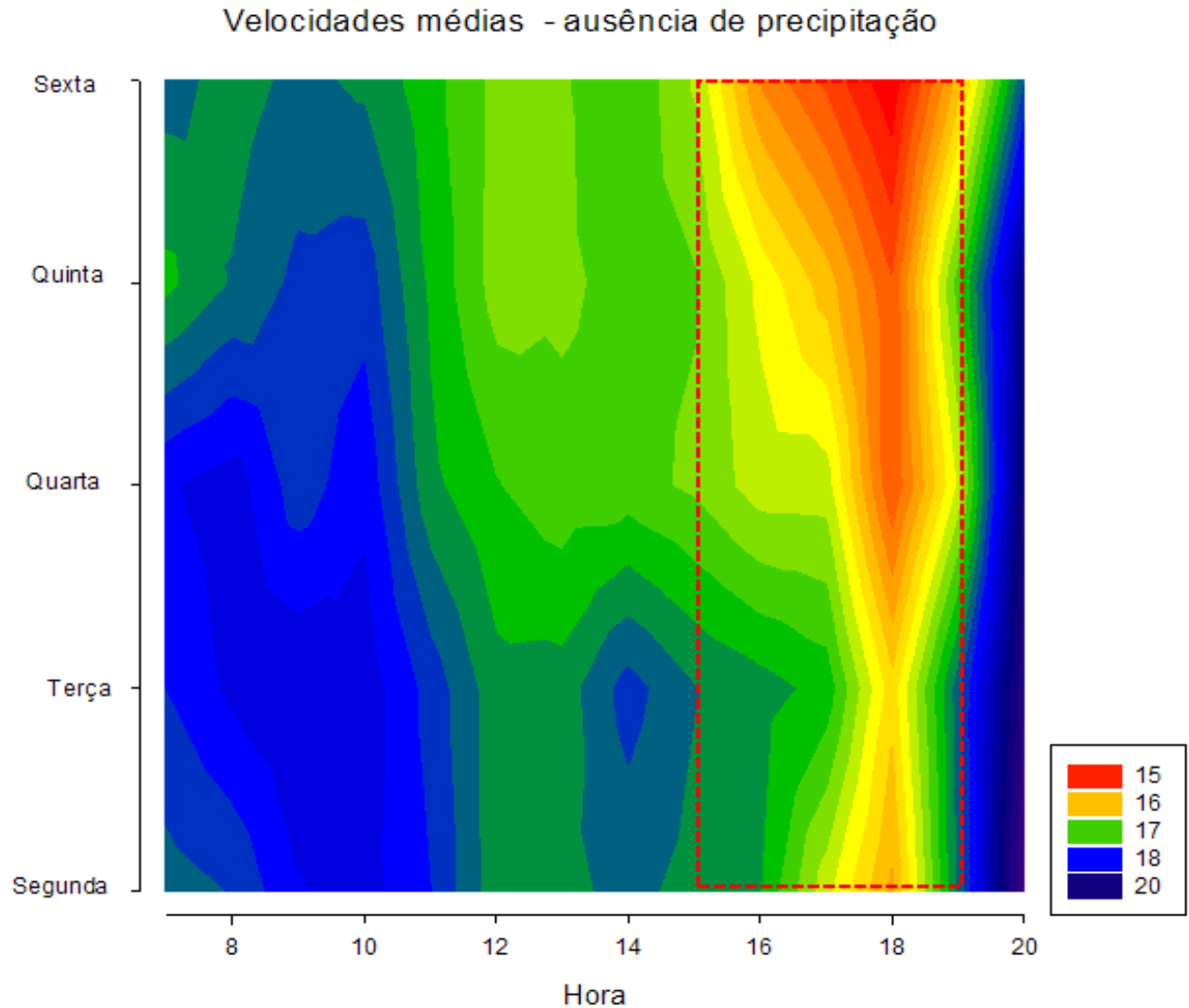


GPS points with: latitude, longitude, date and time

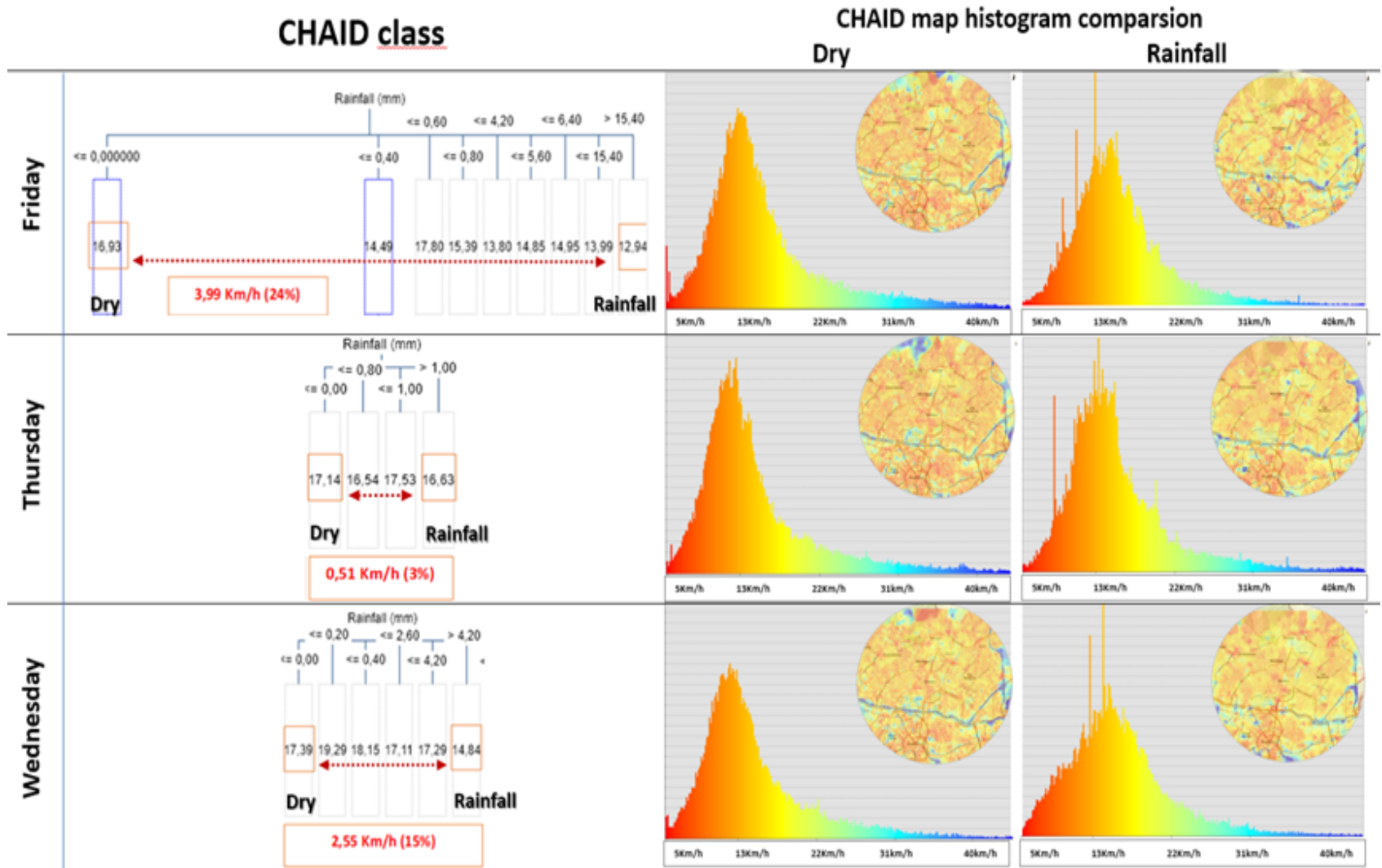


Parameters inclusion: **distance**, **duration**, **speed** and **direction**

Average speed (km/h) per week day and hour of day



Árvores ChAID, superfícies e histogramas das VM dos ônibus urbanos frente à ausência e com precipitação de chuva, para os dias de quartas, quintas e sextas-feiras, no horário de pico (4:00 – 6:00 PM)



Leitura Recomendada em PTR3514

- **Big Data Analytics in Intelligent Transportation Systems: A Survey**
- Li Zhu, Fei Richard Yu , Yige Wang, Bin Ning, and Tao Tang
- IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS, VOL. 20, NO. 1, JANUARY 2019

Leitura Recomendada em 0313562

- **European-wide study on big data for supporting road transport policy**
- Elena Paffumi*, Michele De Gennaro, Giorgio Martini
- Case Studies on Transport Policy 6 (2018): 785–802

Questão sobre IPTS e Simulação ?

- Dissertação do Erick → ATMS

Como aplicar simulações à decisões sobre ITS ?

- Representar o sistema de transportes em um modelo computacional (vias de transporte urbano e interurbano, redes de trem, metrô etc)
- Verificar se essa representação é precisa o suficiente
- Introduzir mudanças (**ITS**) que considera serem benéficas no modelo computacional
- Simular o modelo com as mudanças feitas e coletar resultados (índices significativos)
- Comparar as diferentes soluções através de cenários
- Adotar a solução mais eficaz (a que reduza mais o congestionamento, a mais barata, a mais rápida ou, ainda, a que combine melhor esses benefícios na quantidade desejada)



ATMS - (Intelligent) Advanced Traffic Management Services

Gerenciamento e controle dos fluxos de tráfego (urbano)

ATMS: *Advanced Traffic Management Services*

□ **ATCS:** *Adaptive Traffic Control Systems*

□ **SCOOT:** *Split Cycle Offset Optimization Technique*

■ (HUNT et al., 1981)

□ **SCATS:** *Sydney Coordinated Adaptive Traffic System*

■ (LOWRIE, 1982)

□ **BALANCE:** *Balancing Adaptive Network Control Method*

■ (MERTZ, 2001)

□ **EPICS:** *Entire Priority Intersection Control System*

■ (BRAUN et al., 2008)

Gerenciamento e controle dos fluxos de tráfego (urbano)

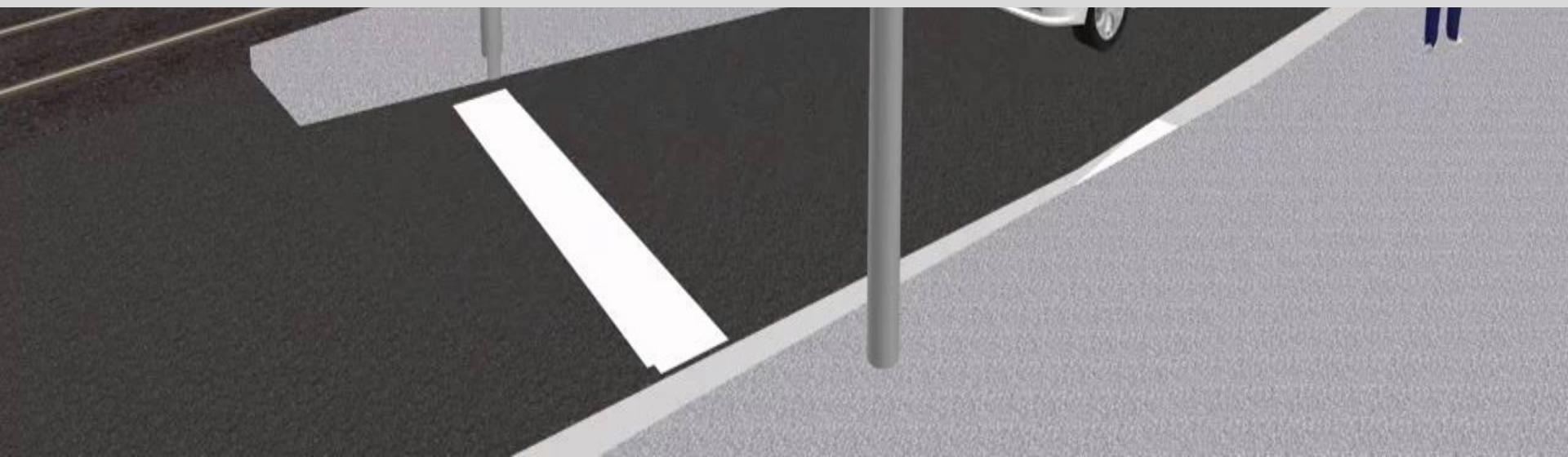
- HUNT, P. B.; ROBERTSON, D. I.; BRETHERTON, R. D.; WINTON, R. I. **SCOOT**— A Traffic Responsive Method of Coordinating Signals. **Report TRRL 1014**. Transport and Road Research Laboratory, London, 1981.
- LOWRIE, P. R. **SCATS** principles, methodologies, algorithm. IEEE CONFERENCE ON ROAD TRAFFIC SIGNAL, 1982, London. **Proceedings...**London: IEEE Publications, 1982.
- MERTZ, J. *Ein mikroskopisches Verfahren zur adaptiven Knotenpunktsteuerung mit Vorrang des öffentlichen Verkehrs*. Veröffentlichung des Fachgebiets Verkehrstechnik und Verkehrsplanung der Technischen Universität München, 2001.
- BRAUN, R.; KEMPER, C.; WEICHENMEIER, F.; MENIG, C.; WEGMANN, J. Comparing different adaptive traffic signal control optimization methods – field test results. 15TH WORLD CONGRESS ON ITS, 2008, New York City. **Proceedings...**New York City, 2008.

Ensino de engenharia e Simulações computacionais [EPUSP / PTR]

- LUCA DI BIASE
 - ▣ Análise de sistemas de **otimização semafórica** em tempo real para a melhoria do desempenho da rede viária: um estudo de caso na Cidade de São Paulo
- OLÍMPIO MENDES DE BARROS
 - ▣ Caracterização das Condições de Tráfego - em tempo próximo ao real - para uso em Sistemas de **Previsão de Tráfego** em cidades de grande porte
- DOUGLAS CAPELLOSSI MARTINS
 - ▣ Scalable method for **origin-destination demand estimation** using automatic vehicle identification data



**Micro simulation with
PTV EPICS and BALANCE**

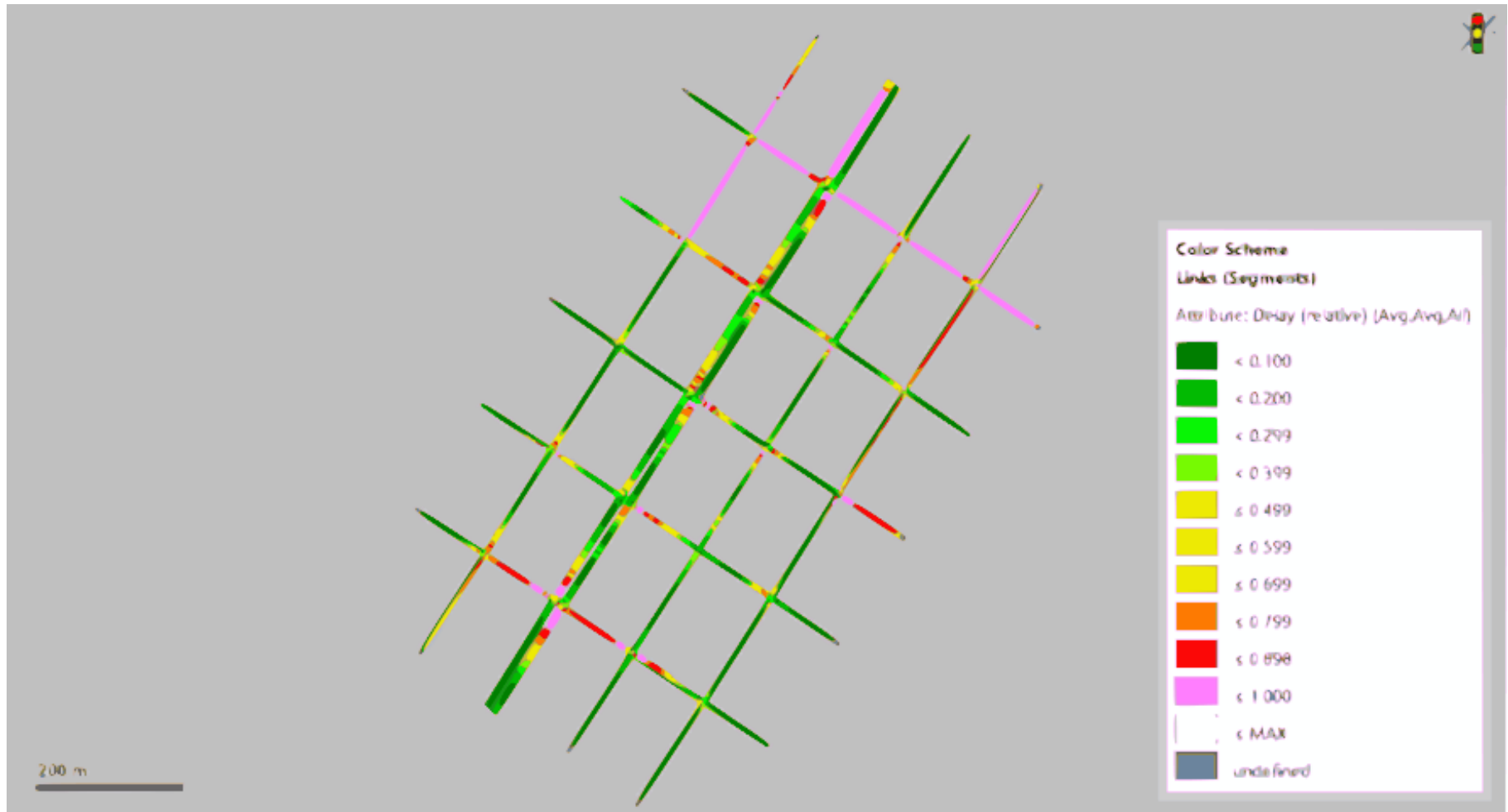


Avaliação de sistemas de otimização semafórica em tempo real: um estudo de caso na Cidade de São Paulo

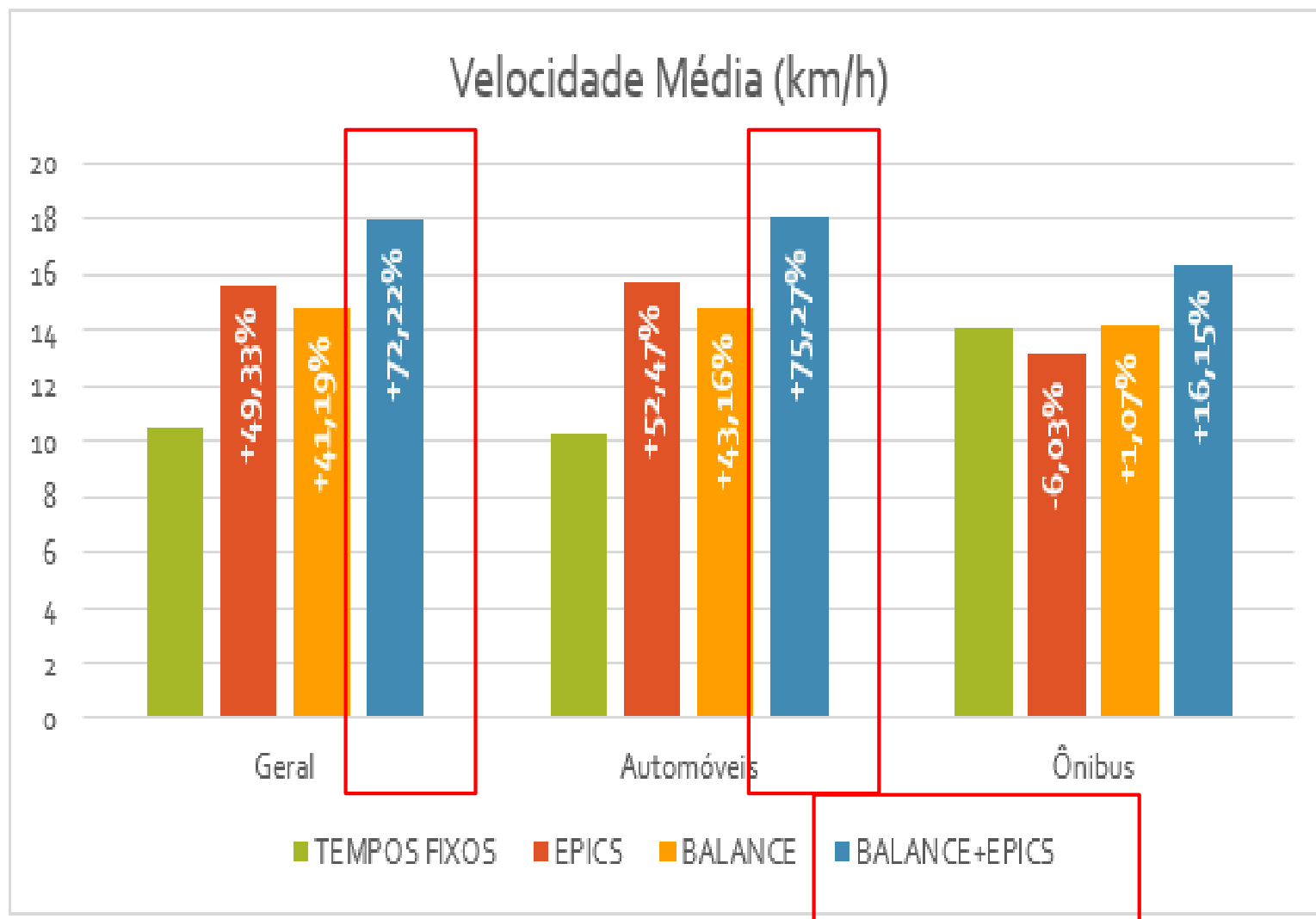
2019

LUCA Di Biase

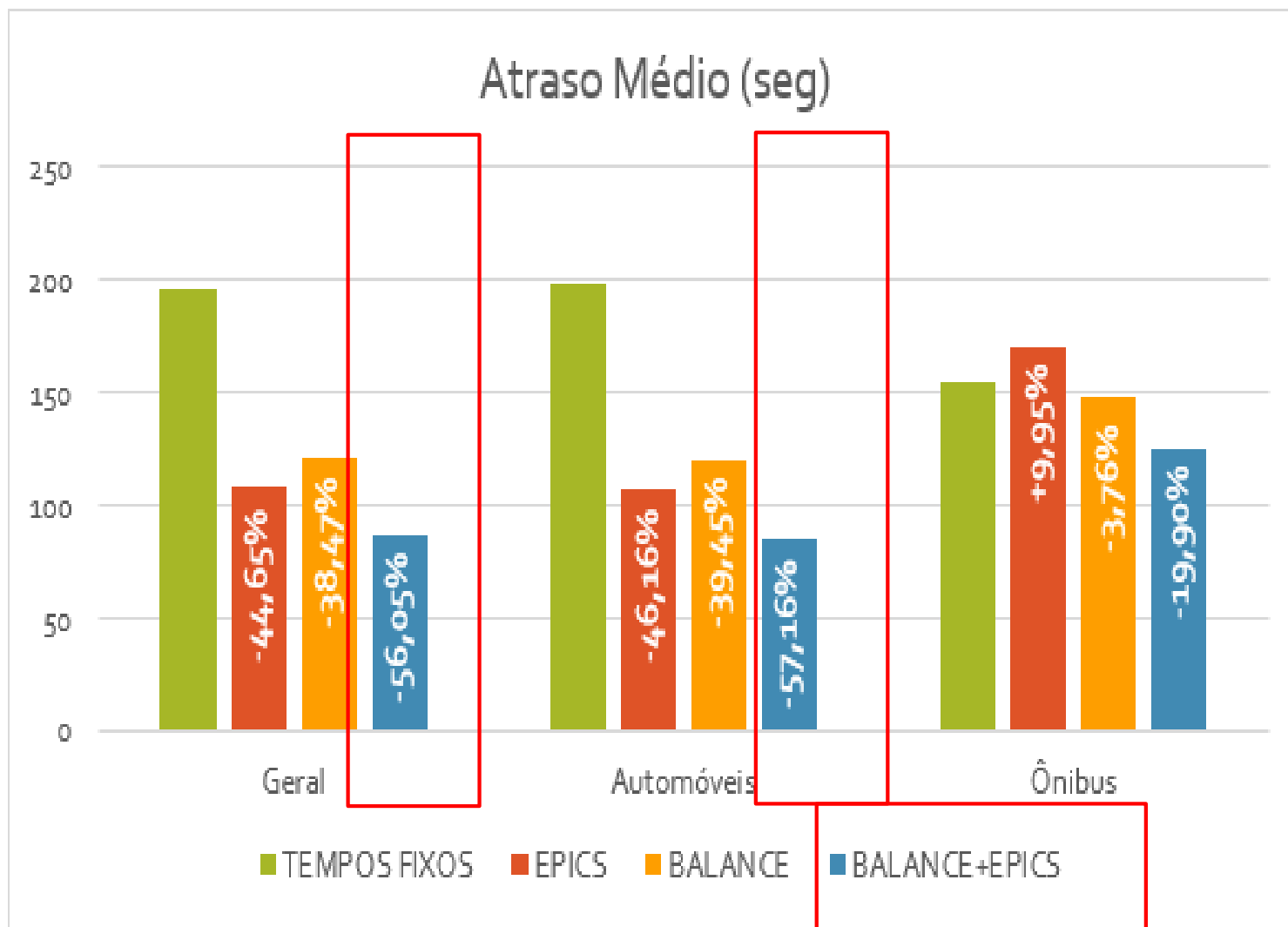
Mapa de calor do indicador “Atraso Médio” para o cenário atual / referência (Tempos Fixos)



Comparação entre cenários considerando o indicador “Velocidade Média”



Comparação entre cenários considerando o indicador “Atraso Médio”





Modelos de Simulação de Tráfego: Mesomodelos

- Modelos de resolução intermediária
 - ▣ onde os usuários podem ser identificados individualmente,
 - ▣ mas a dinâmica do tráfego é estudada de modo agregado,
 - ▣ onde os pelotões possuem velocidade e comportamento uniforme.
- Trabalham com base na Teoria da Dispersão de Tráfego.
- Estes modelos tem recebido grande atenção nas pesquisas dos últimos anos, e tem servido de base para diversos modelos de simulação que trabalham integrados com sistemas em tempo real.

Modelos de Simulação de Tráfego: Multi-Resolução

- Tem sido usado mais recentemente
- Consiste na **utilização conjunta e integrada das 3 abordagens anteriores**
- São avaliados /nível:
 - ▣ macroscópico: manipulação dos padrões de viagens
 - ▣ mesoscópico: comportamento do usuário
 - ▣ microscópico: impactos das estratégias de controle em intersecções

Simulação de Cidades Inteligentes

- É necessário modelar os veículos individualmente para analisar e modelar cenários
- Não é necessário modelar os detalhes de interação entre veículos, como ocorre nos modelos microssimuladores, além da capacidade de modelar grandes redes viárias e um grande número de atores (SANTANA, 2019)
- Os mesossimuladores se mostram mais adequados à essa tarefa

SANTANA, F. E. Z. **InterSCSimulator: A Scalable, Open Source, Smart City Simulator**. [s.l.] Universidade de São Paulo - USP, 2019.

Macromodelos de Simulação



Planejamento de Transportes (*)

- **Nível Estratégico**
 - ▣ Garantir que a oferta de transportes esteja em um nível de serviço adequado para um período de longo prazo
 - ▣ Necessita de dados que caracterizem a região
 - população
 - fatores econômicos e
 - pesquisas de origem e destino (O/D)
 - ▣ Adequar a oferta de transporte à demanda da população
- Neste nível também se encontram os **modelos macroscópicos de tráfego**
 - ▣ Permitem simular as políticas e estratégias que os gestores pretendem implantar, avaliando seus resultados e julgando sua **viabilidade**

(*) Vânia Barcellos Gouvêa Campos. Planejamento de Transportes
– Conceitos e Modelos



Modelos macroscópicos de tráfego

- Sua lógica consiste em definir áreas de interesse num mapa e indicar as vias desejadas para se analisar o tráfego de veículos
- Pode-se observar
 - o fluxo total desejado entre as áreas de interesse
 - o tempo necessário para chegar a qualquer região do mapa
 - partindo de um ponto pré-definido
- De forma específica (*):
 - é possível medir velocidades, densidades e fluxos **de forma agregada** e relativa aos **valores médios dos vários arcos / links** (considerados constantes ao longo do mesmo), chegando a uma representação estática da rede
 - um único estado da rede (“foto”) // **Macrossimulação x MacroModelo**
 - avaliado a partir de determinadas condições específicas
 - que geralmente dizem respeito as características topológicas e viárias da rede

(*): AQUINO, 2013; ARIOTTI et al., 2004; MAIA, 2007

Modelos macroscópicos de tráfego

- Principais tipos de aplicações:
 - ▣ implementação de novas vias de tráfego [Lab ITS12]
 - ▣ duplicação de vias e
 - ▣ implantação de corredores exclusivos de transporte público (AQUINO, 2013)
- Softwares de Macromodelos mais conhecidos:
 - ▣ TransCAD
 - ▣ AIMSUN
 - ▣ EMME e
 - ▣ **VISUM**

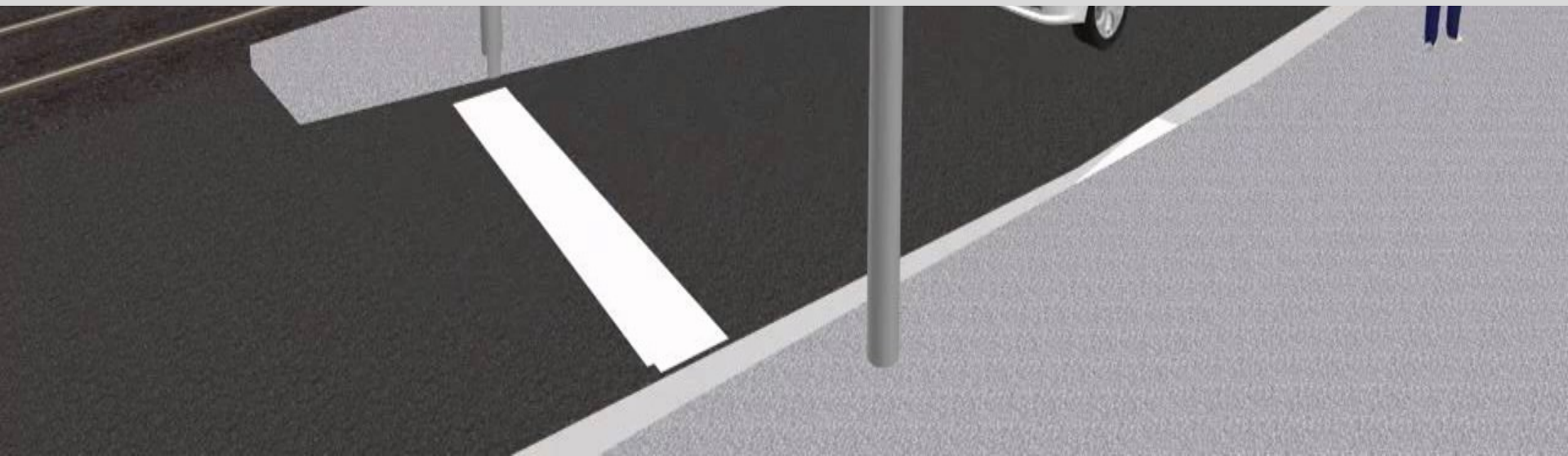
Modelos Computacionais de Simulação de Tráfego

MODELOS	APLICAÇÃO
Macroscópico	Planejamento de intervenções estratégicas
	Simulação de médias/grandes áreas
	Implementação de novas vias
	Duplicação de vias
Mesoscópicos	Análises de intervenções táticas
	Simulação de médias/grandes áreas
	Implementação de novas vias
	Duplicação de vias
	Definição de rotas de veículos
Microscópico	Verificação das mudanças de rotas de veículos segundo estímulos
	Análises de intervenções operacionais
	Simulação de pequenas/médias áreas
	Análises de esquemas alternativos de controle de tráfego
	Alteração na operação semafórica
	Entrada e saída - acessos "agulhas"
	Definição de rotas de veículos
	Análise de esquemas de operação de tráfego em área
Verificação das mudanças de rotas de veículos segundo estímulos	



Macro simulation with

PTV VISUM

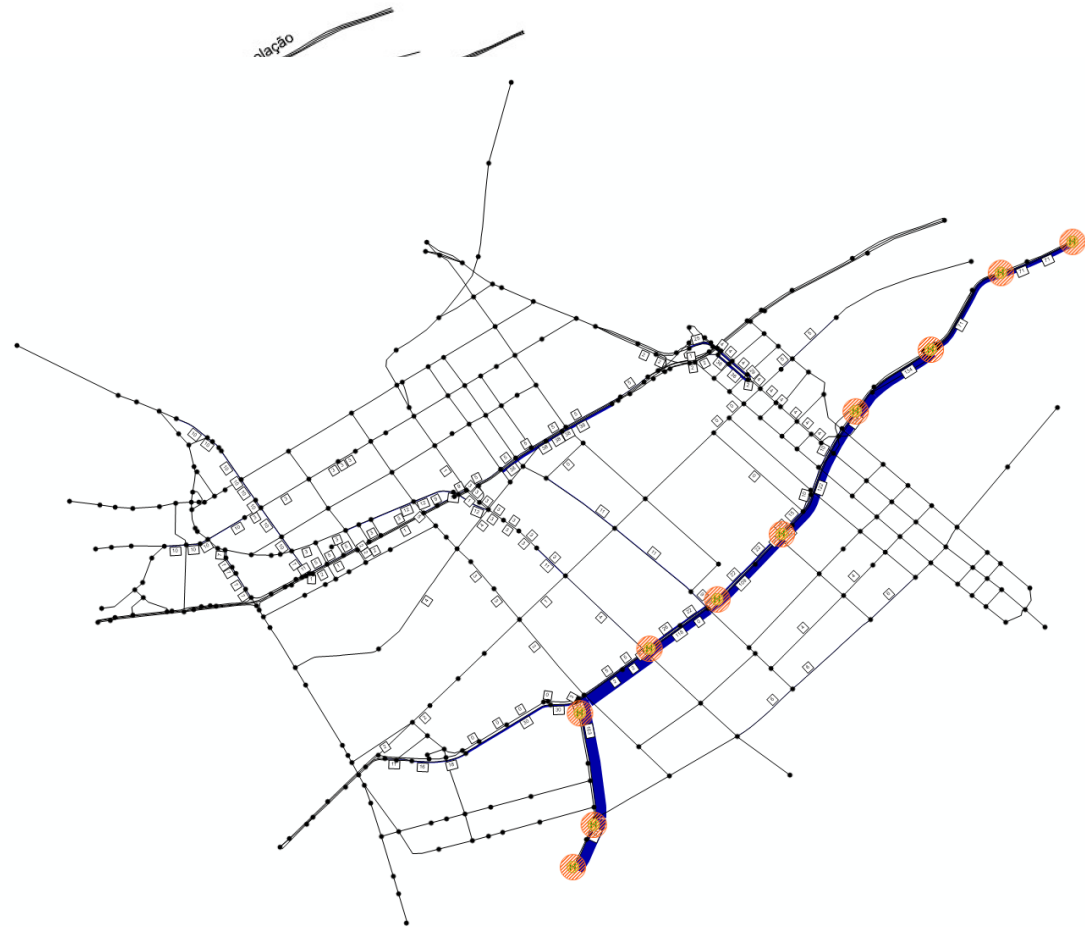


Corredor de ônibus Santo Amaro – Nove de Julho

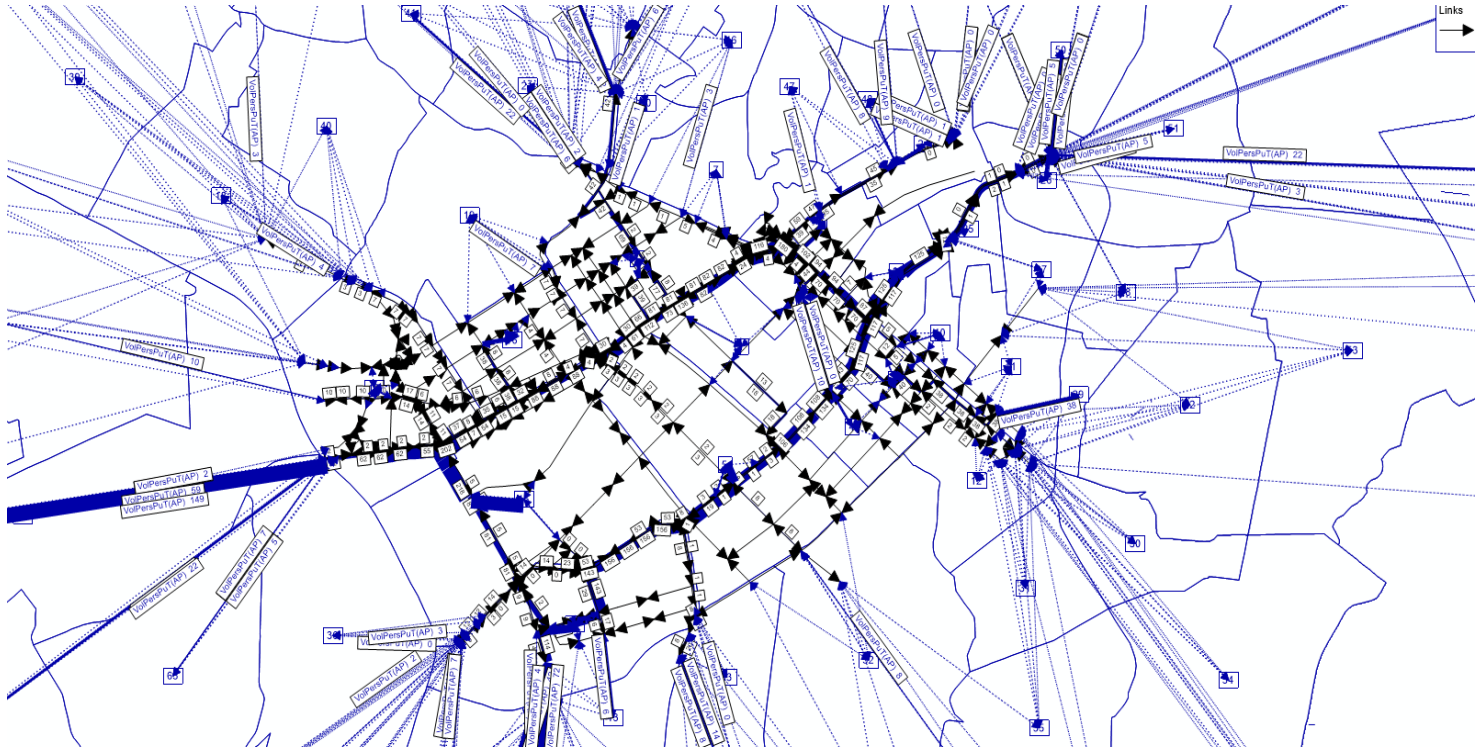
Corredor	Quantidade de PMV's	Exibe Mensagem de Previsão
Pirituba/Lapa/Centro	60	SIM
Campo Limpo/Rebouças/Centro	16	SIM
Parelheiros/Rio Bonito/Santo Amaro	7	NÃO
Santo Amaro/9 de Julho/Centro	58	SIM
Expresso Tiradentes	8	SIM
TOTAL	149	

Fonte: Informe SPTrans, 2009

Macromodelo de Simulação



Macromodelo de Simulação



Macromodelo de Simulação



Macromodelo de Simulação





Network editor (Edit: Links)

- Nodes
- Links**
- Turns
- Zones
- Connectors
- Main nodes
- Main turns
- Main zones
- Territories
- OD pairs
- Main OD pairs
- PrT paths
- POIs
- GIS objects
- Screenlines

Matrices

View (Links)



Count: 1

NodeNo	12235
To nodeNo	743
From nodeNo	700
Type	3
Transport system	B,C,W
Length	0.083km
Volume	24000
Speed	60km/h
PrT(AP)	105612



Edit link

Number: 12235

From node: 743

To node: 700

Type: 03 Arterial 2

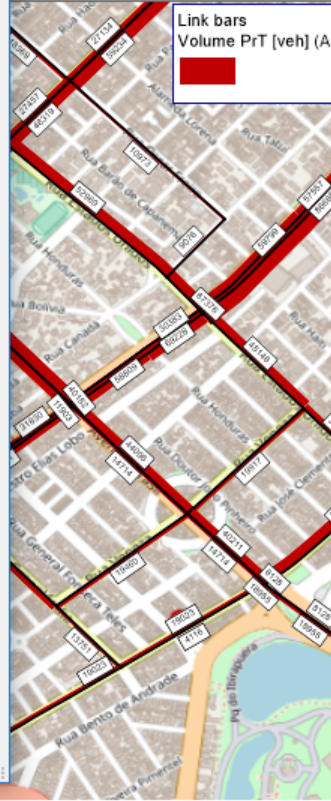
Set standard values for this link type

Transport systems: B,C,W

Basis	PrT TSys	PrT TSys	Congestion	DUE	ICA	User-defin
Number: 10						
Permitted		<input checked="" type="checkbox"/>				
v0		60km/h				
vCur		1km/h				
t0		5s				
tCur		4min 45s				
Volume		105612.000				
Cross-section		161671.685				
Impedance		28542				
AddVal		0				
Toll		0.00				

Transfer changes to reverse direction

Opposite OK Cancel



Marking

Network editor List (Links) Procedure sequence List (OD pairs) Matrix editor

12235(743->700)

1:17213

-46.6940

-23.5668

Development of metodological segment choice depending on his adequability to the cicloviary system

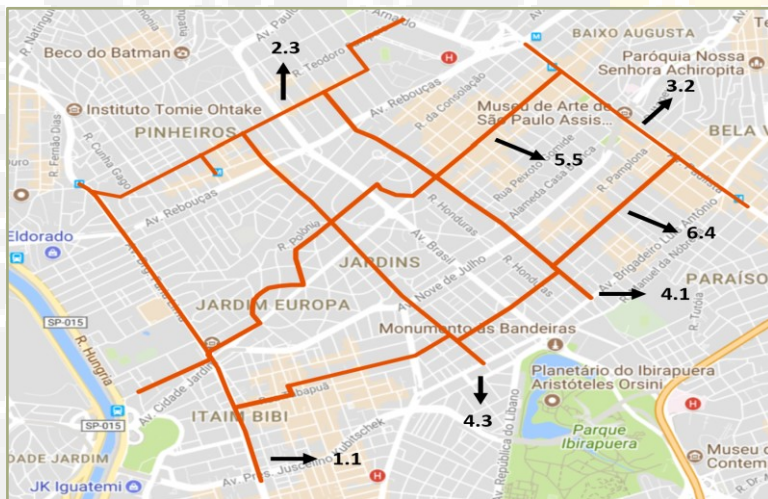
2017

FIORI, C.; MONTEIRO, J. H. M.;
SHINYE, L. T.; FALLAGUASTA, N. L.

Resultados e configuração da rede ótima

Classificação	Trecho 1	Trecho 2	Trecho 3	Trecho 4	Trecho 5	Trecho 6
1º	1.1	2.3	3.2	4.1	5.5	6.4
2º	1.4	2.1	3.1	4.2	5.2	6.3
3º	1.2	2.2	3.5	4.3	5.1	6.2
4º	1.3	2.4	3.4		5.3	6.1
5º			3.3		5.4	

Cenário A



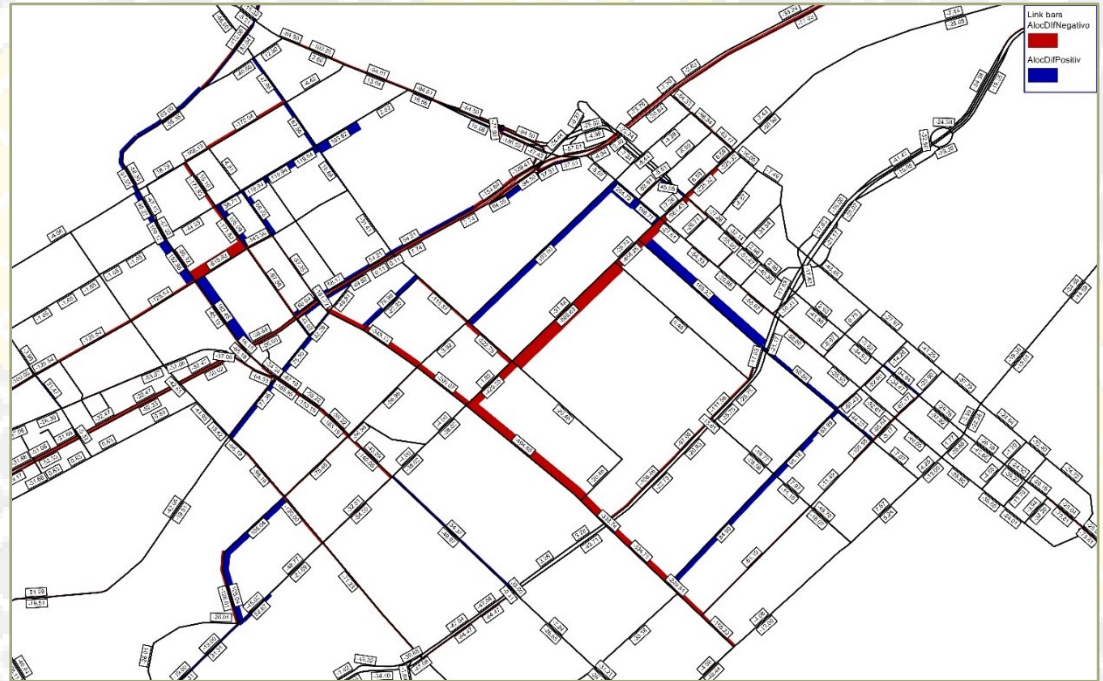
Cenário B



Macrossimulação dos resultados



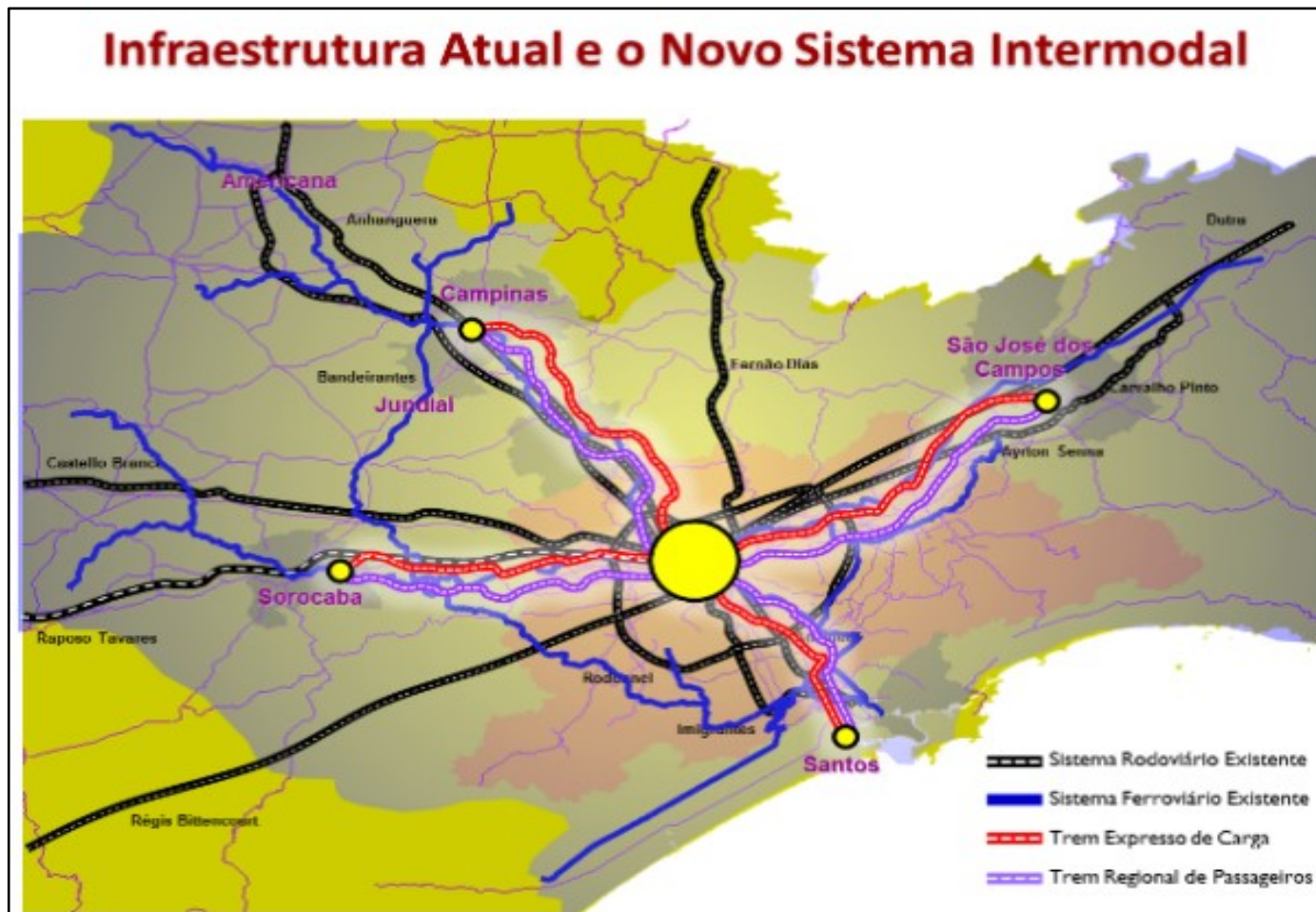
Alocação das cenários referencial e A



Diferença entre as alocações dos cenários referencial e A



Projeto Intermodal para Carga e Passageiros na Macrometrópole Paulista



Scalable method for origin-destination demand estimation using automatic vehicle identification data

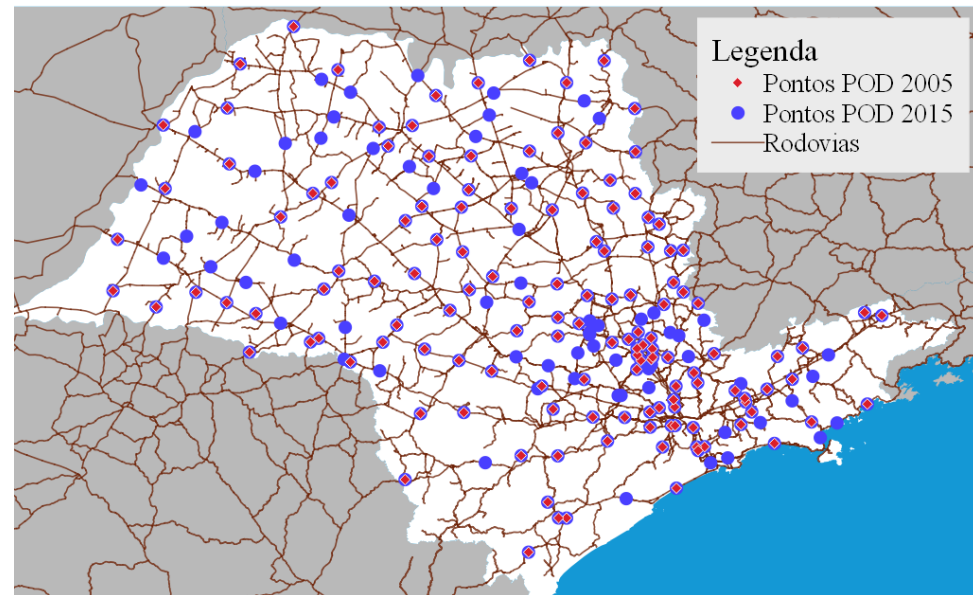
2019 (Qualif)

DOUGLAS F W Capelossi Martins

Pesquisas ODs no Estado de SP

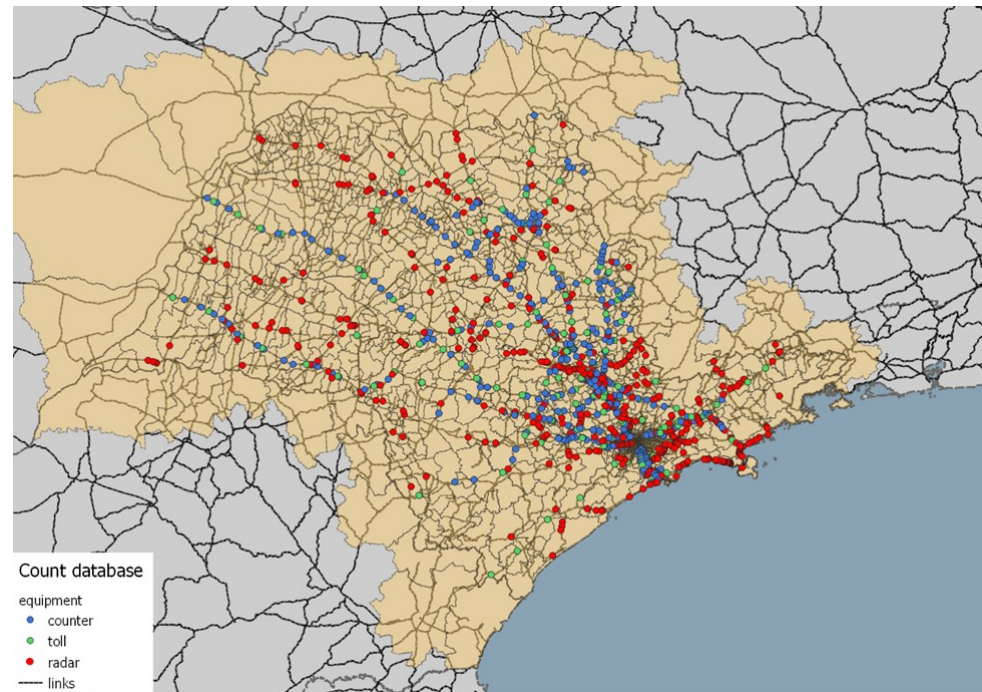
□ Rodoviária:

- 2005-2015
- 128-230 pontos de pesquisa
- Dificuldades com custo, interrupção de tráfego, segurança, aspectos sazonais da demanda.

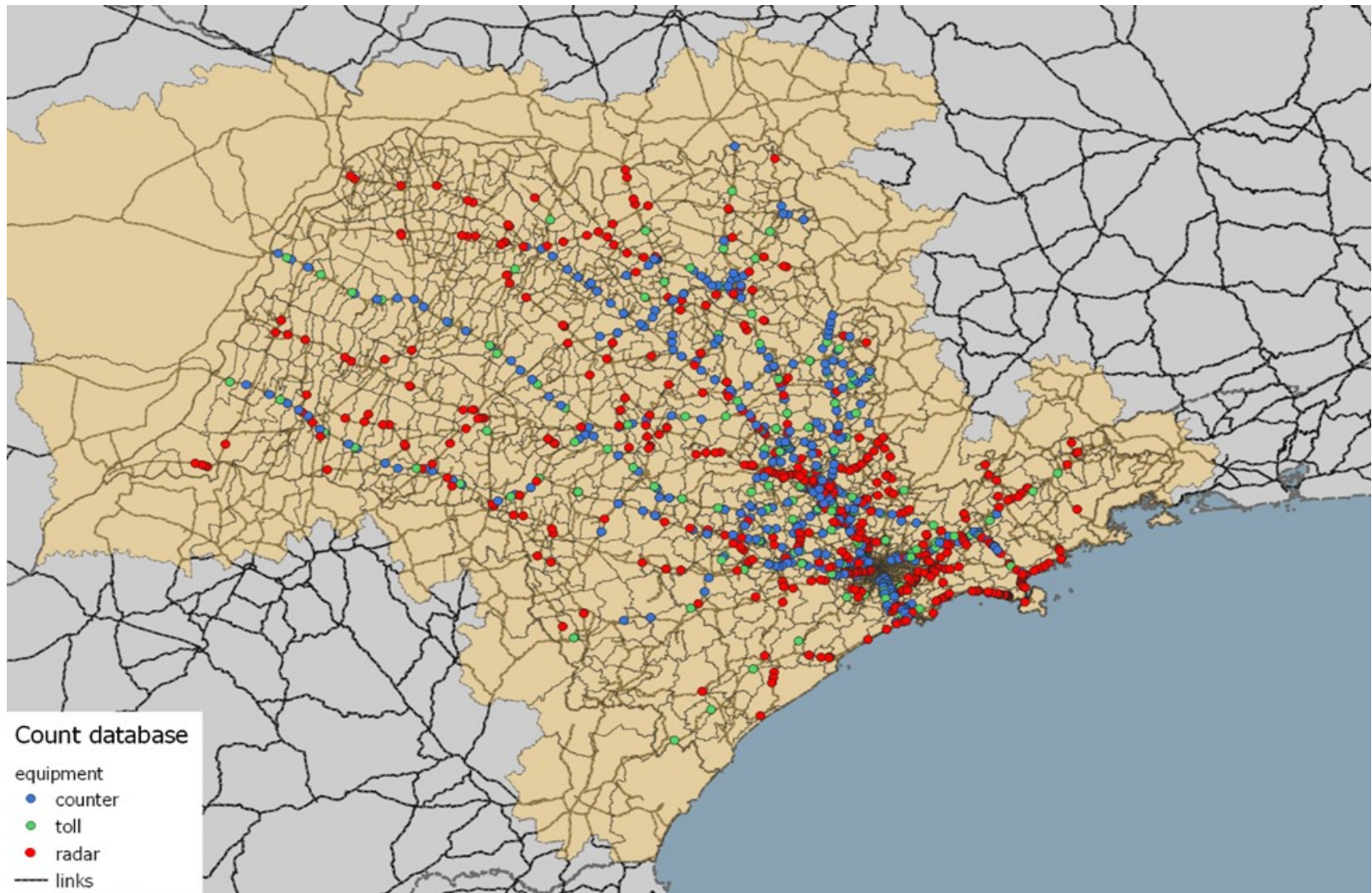


Dados disponíveis: contagens e sistemas AVI

- Equipamentos com informações disponíveis:
 - ▣ **Praças de pedágio:** com **sistemas AVI** de cobrança automática de pedágios.
 - ▣ **Radares:** com sistemas AVI e com captura por OCR de placas.
 - ▣ **Contadores de tráfego.**
- Acima de 2.000 pontos disponíveis.
Fontes ARTESP, ANTT, DER e COPOM.

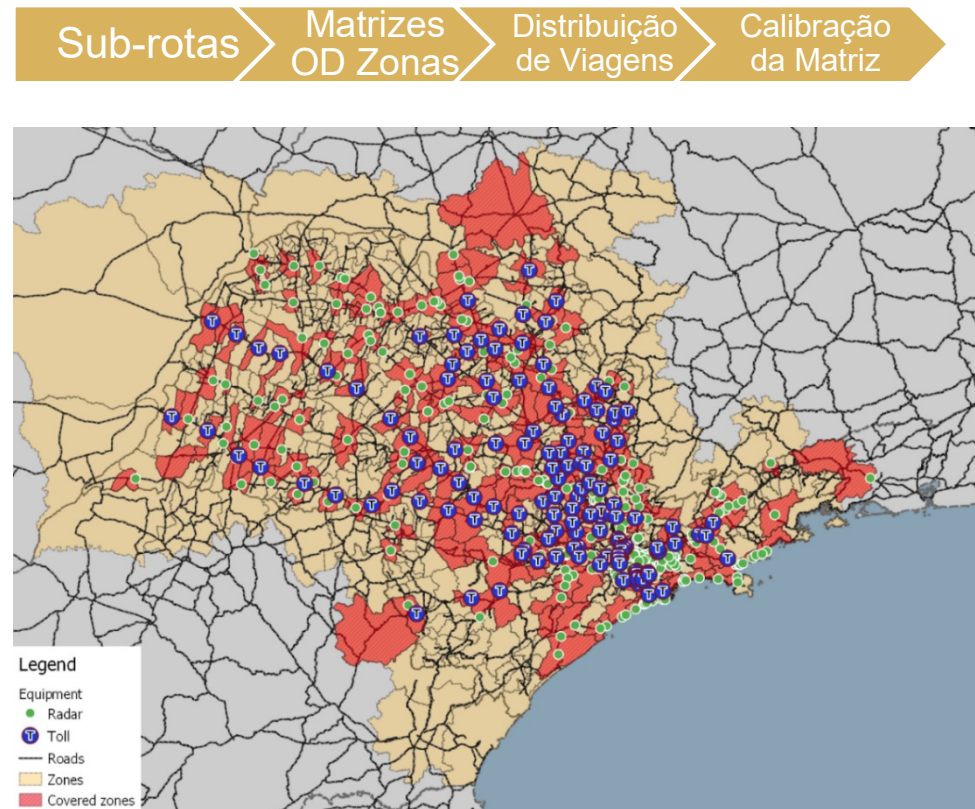


Pontos de coleta de dados disponíveis



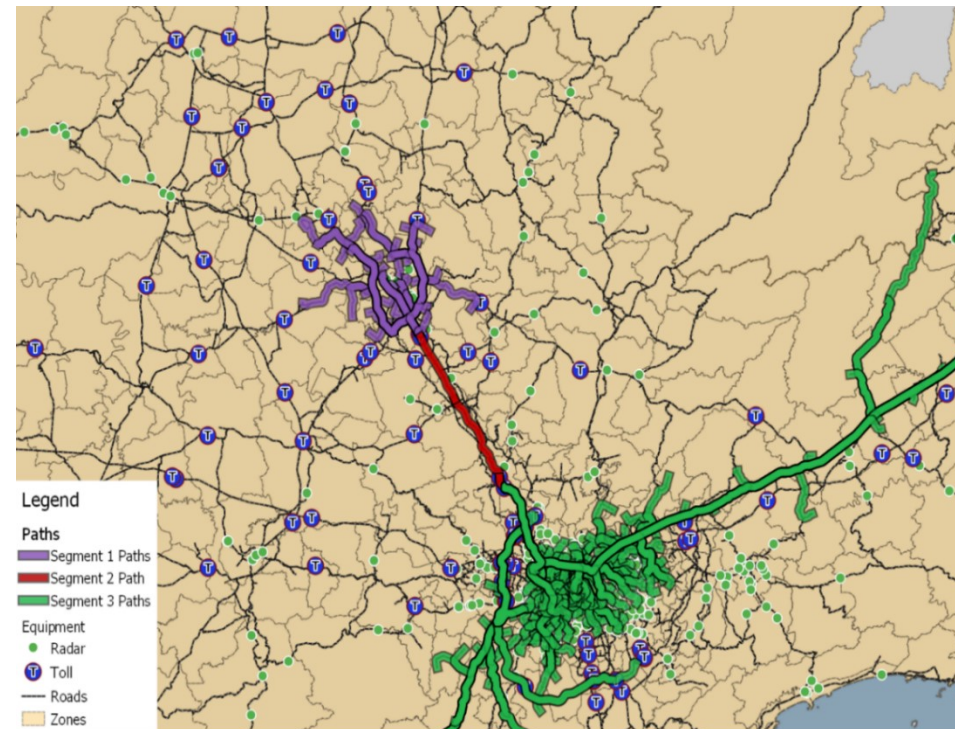
Método Proposto

- Utiliza os bancos de dados disponíveis e recursos selecionados
 - com o objetivo de construir matrizes origem-destino para o Estado de SP
- A figura apresenta a distribuição geográfica dos equipamentos de identificação automática disponíveis.



Matrizes OD Zonas

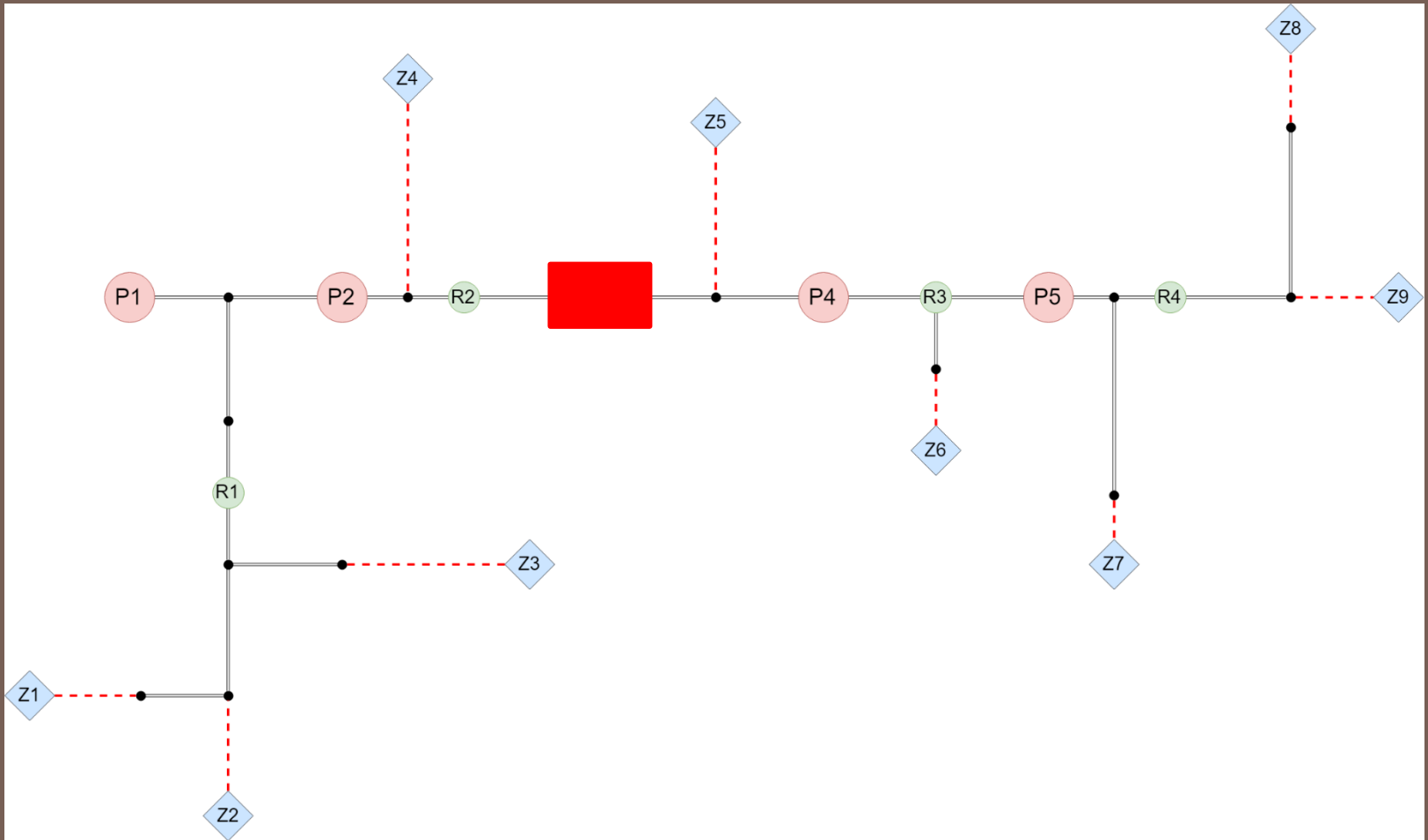
- Sub-rotas obtidas na etapa anterior são subdivididas em 3 segmentos:
 - i. Zona origem -> Primeiro equipamento;
 - ii. Primeiro equipamento -> Último equipamento;
 - iii. Último equipamento -> Zona destino.
- Procedimento determina o conjunto de zonas candidatas a origem (segmentos I) e zonas candidatas a destino (segmentos III).



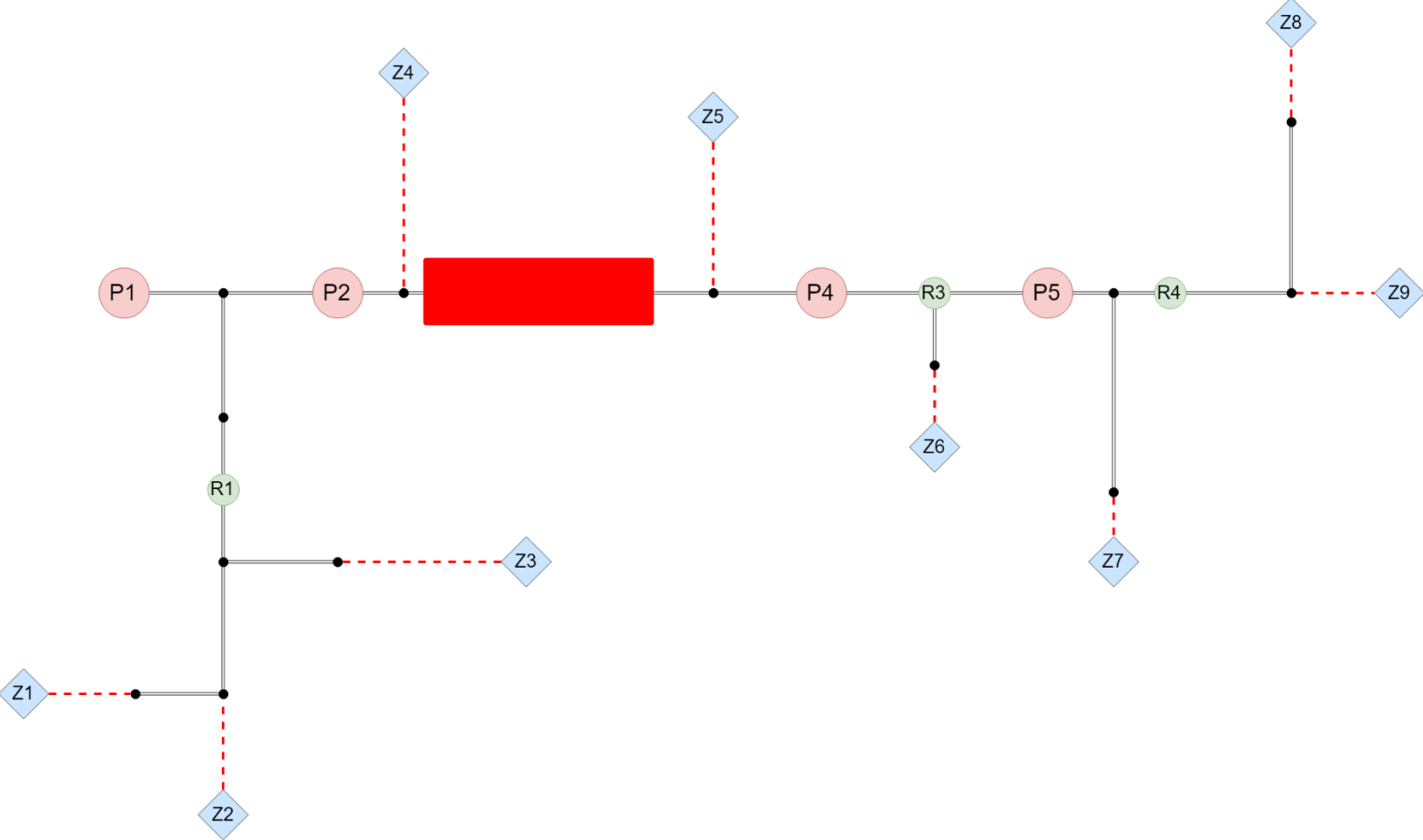
Matrizes OD Zonas

- Em seguida alguns exemplos práticos que ilustram o processo de seleção e eliminação.

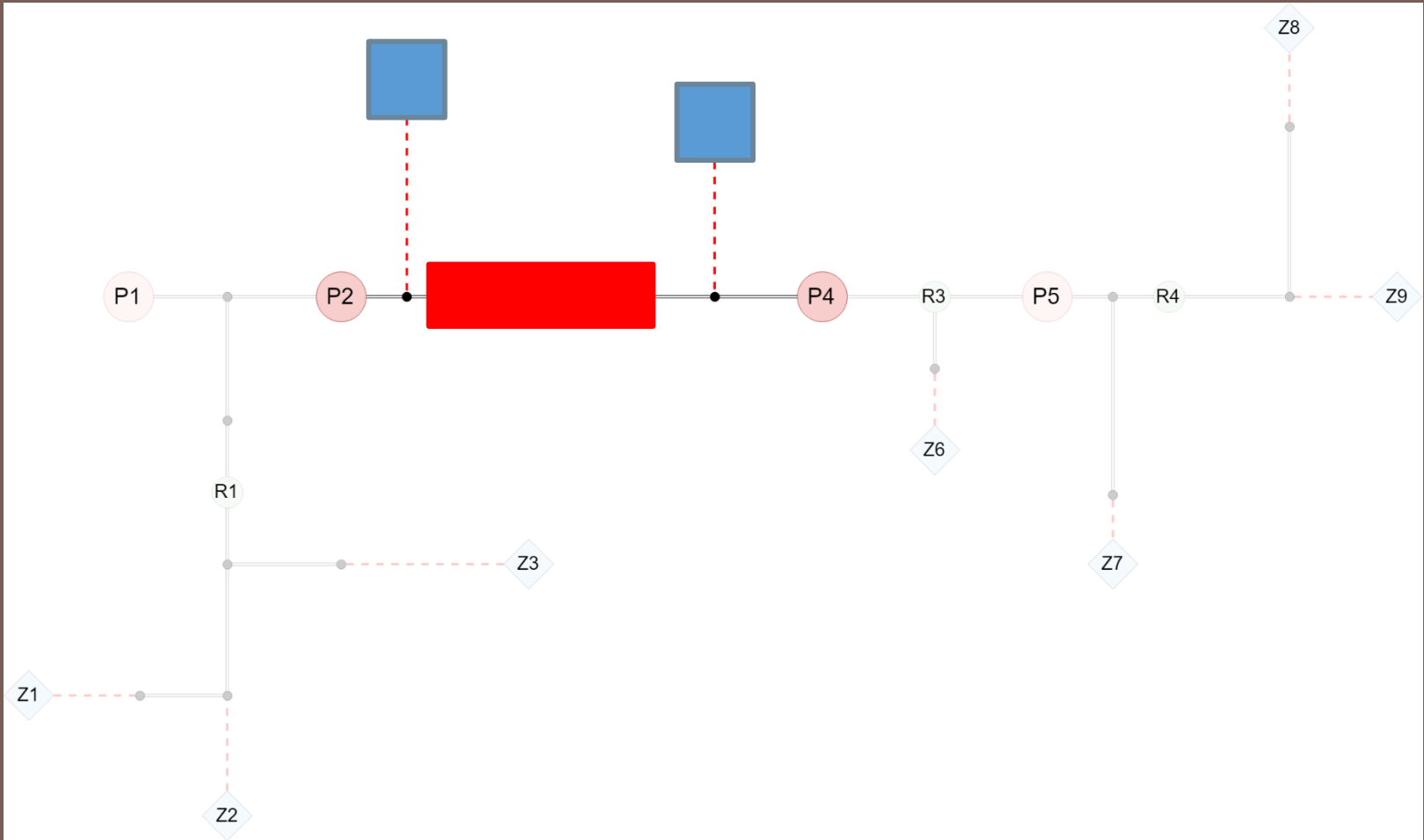
Sub-rotas: R2,P3



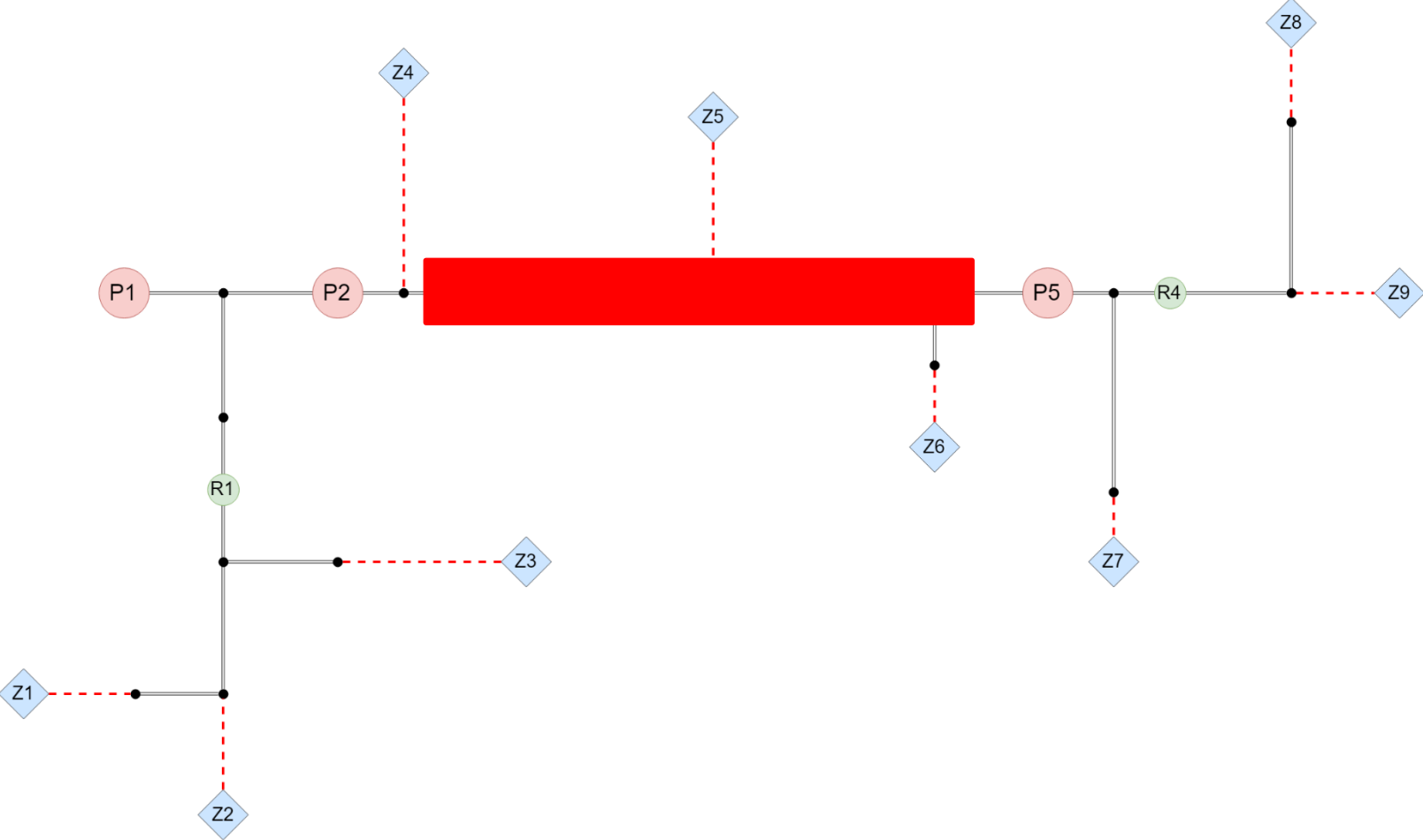
Sub-rota: R2,P3



Sub-rotas: R2,P3
Zonas Origem: Z4
Zonas Destino: Z5



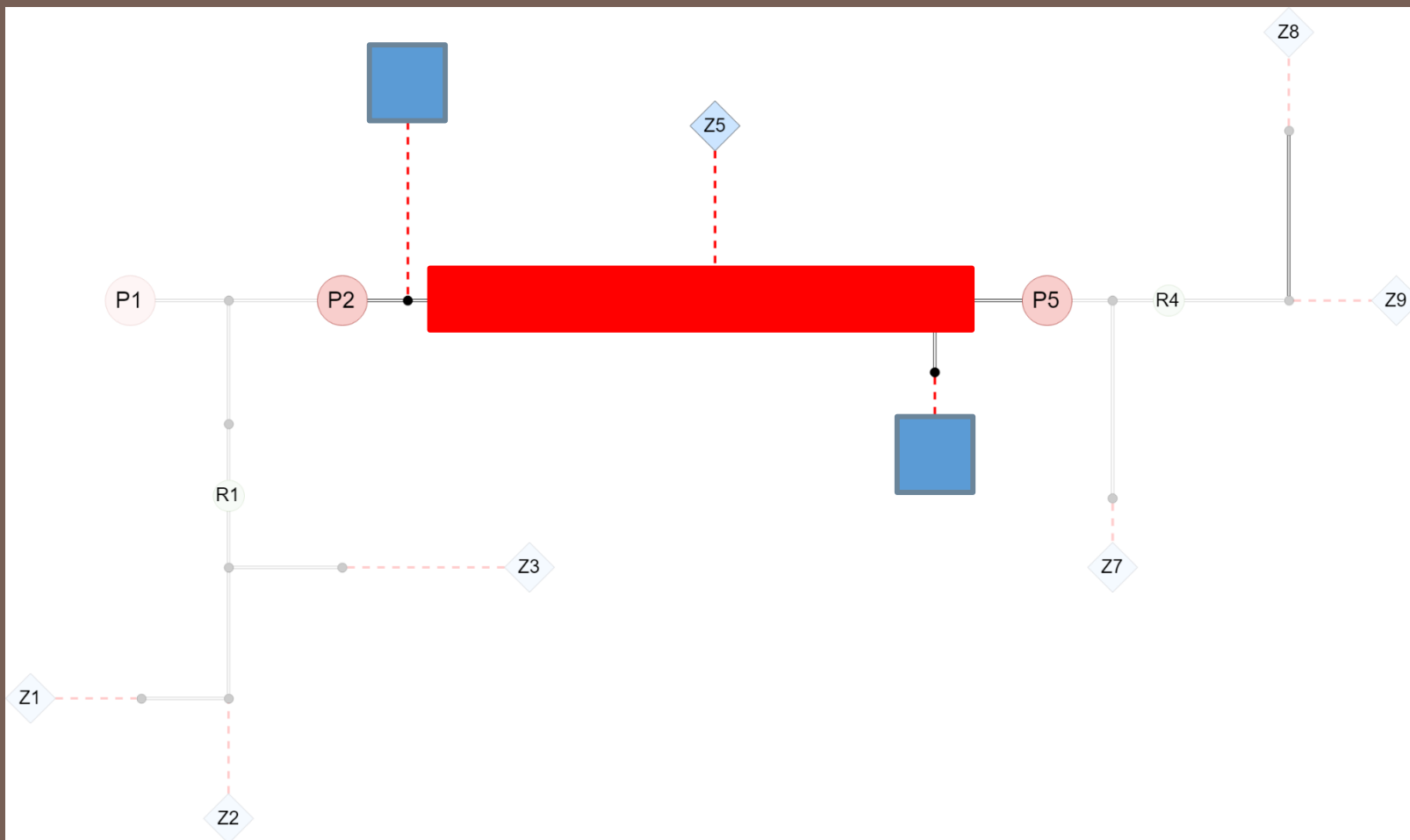
Sub-rota: R2,P3,P4,R3



Sub-rota: R2,P3,P4,R3

Zonas Origem: Z4

Zonas Destino: Z6



Questão sobre ITMS e Simulação ?

