

PTR 2580 – “Fundamentos” de ITS

**Modelagem Computacional para
Simulação Operacional de
Sistemas de Transportes**

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 ?

Agenda

- **Gerenciamento de Tráfego: Fluxos e Demanda**
- Modelos de Simulação de Tráfego

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

Operações e gerenciamento de tráfego (Traffic Management):

Serviços/funções envolvidas

- **Gerenciamento e controle (dos fluxos) de tráfego**
 - Traffic Management and Control (AUTROADS)
 - [Traffic Control](#) (CANADA)
- **Gerenciamento de incidentes relacionados ao transporte**
 - Incident Management (AUTROADS / CANADA)
- **Gerenciamento de demanda**
 - Demand Management (AUTROADS)
 - [Travel Demand Management](#) (CANADA)
- **Gerenciamento de manutenção da infraestrutura do transporte**
 - Infrastructure Maintenance Management (AUSTROADS)
- **Diretrizes/ cumprimento das regras de trânsito**
 - Policing / Enforcing Traffic Regulations (AUTROADS)
 - [Automated Dynamic Warning and Enforcement](#) (CANADA)
 - [Emissions Testing And Mitigation](#) (CANADA)

Operações e gerenciamento de tráfego: (ITS CANADA)

Gerenciamento e controle (dos fluxos) de tráfego

- Definição da Funcionalidade [**PROPÓSITO** (o que é ?)]:
- O Serviço de Gerenciamento e Controle do Fluxo de Tráfego prevê a integração e **controle adaptativo das vias** para:
 - melhorar o fluxo de tráfego
 - minimizar o congestionamento
 - maximizar o movimento de pessoas e bens
 - dar **preferência para o transporte público** e outros veículos de alta ocupação (HOV)

Operações e gerenciamento de tráfego: (ABNT/ISO 14813-1)

Gerenciamento e controle (dos fluxos) de tráfego

- Definição da Funcionalidade [**PROPÓSITO** (o que é ?)]:
 - Principais estratégias de controle:
 - **variação**, em tempo real, **do sincronismo dos sinais de trânsito** (semáforos) → **TSP (prioridade ao HOV)**
 - **controle responsivo do tráfego** das entradas em rampa para autoestradas/vias expressas → **Ramp Metering**
 - **controle de velocidade variável** (variação da velocidade máxima permitida ou da direção do tráfego) em tempo real, com relação:
 - ao volume de tráfego
 - existência ou formação de congestionamento
 - a ocorrência de incidentes ou condições ambientais adversas

Operações e gerenciamento de tráfego: (ABNT/ISO 14813-1)

Gerenciamento e controle (dos fluxos) de tráfego

- **Definição da Funcionalidade [PROPÓSITO (o que é ?)]:**
- **Outras estratégias de controle** incluem:
 - **priorização de rotas ao transporte público** e a veículos de emergência
 - **gerenciamento de acesso a terminais de transporte e ligações intermodais**
 - criação de **novas rotas dinâmicas de tráfego (desvios)** em função da ocorrência de **incidentes, obras na via, fechamentos na rede de rodovias ou até em função de eventos especiais** (de grande porte), tais como, shows, jogos, corridas, exposições, passeatas
 - **gerenciamento de áreas de estacionamentos**
 - **controle da emissão de gases poluentes**
 - ...
 - controle e **monitoramento de cruzamentos em nível com ferrovias** (para reduzir potenciais acidentes e colisões)
 - gerenciamento de acesso e **operações dentro de túneis e pontes** (incluindo pontes com vãos móveis)

Forma de Apresentação

❖ Considerações Gerais [“Dicas” (“Caveats”)]

- Alertas
 - Considerações práticas quanto à implementação
 - para o usuário, organizacionais, ...
 - Dificuldades tecnológicas
 - o lado “ruim” da tecnologia
 - problemas que podem ocorrer
- Reflexões
 - Aspectos de **custo-benefício** (Benefícios Diretos e/ou Indiretos)
 - **Potencial de Impactos e Impactos Medidos (Gerais na Operação)**
 - impactos causados pela aplicação dos serviços (ou variantes)


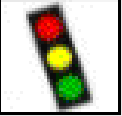
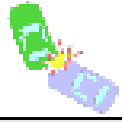
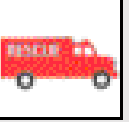



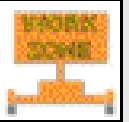






Operações e Gerenciamento de Tráfego: Gerenciamento e controle (dos fluxos) de tráfego

- **Reflexões: Potencial de Impactos e Impactos Medidos (Gerais na Operação)**
 - Quanto a **eficiência dos sistemas de controle dos semáforos**, o UTC **SCOOT**, que foi amplamente usado no Reino Unido e em vários países, inclusive no Brasil (São Paulo)
 - Faz ininterruptas pequenas mudanças nos tempos dos semáforos, baseado em informações em real tempo do fluxo do tráfego
 - Algumas versões do sistema introduziram muitas características que possibilitaram à autoridade local influenciar nos tempos dos semáforos
 - **Estudos detalhados na Europa mostraram que em média o SCOOT reduziu os atrasos em 12%, se comparados com planos fixos de tempo**
 - **Outros estudos em Londres mostraram que houve uma redução de 8% nos tempos de jornada**

Operações e Gerenciamento de Tráfego: Gerenciamento e controle (dos fluxos) de tráfego

- Impactos Medidos (Gerais na Operação)
- Eficiência dos sistemas de controle dos semáforos (UTC SCOOT)
 - No projeto PROMPT, o TPU utilizou os sistemas de controle de tráfego avançado UTC - SCOOT e o UTOPIA/SPOT em Londres, Turim e Gothenburg
 - Os resultados obtidos em Londres foram:
 - Atraso de ônibus: 22%-33%
 - Tempos de jornada: 7%-8%
 - Variação na demora de ônibus: 6%-25%
 - Os impactos medidos, com a aplicação dos Sistemas de Prioridade ao TPU em Gothenburg, chegaram às diminuições dos seguintes parâmetros:
 - Parada de Veículo: 23,3%
 - Consumo de Combustível: 5%
 - Emissões de CO₂, NO_x e CO: 4% a 5%

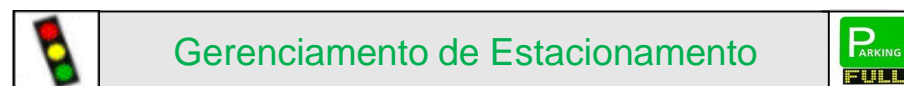
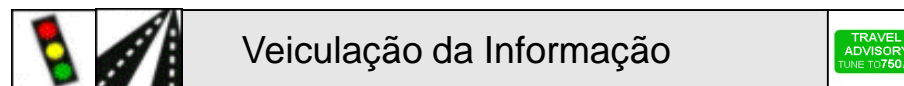
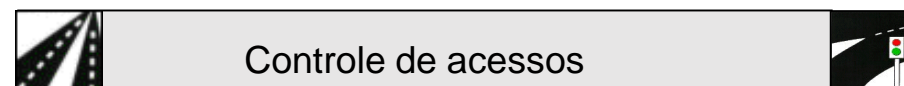
RITA - ITS: Áreas de Aplicação

INFRA-ESTRUTURA INTELIGENTE				
 Controle de Rodovias	 Controle de Tráfego Urbano	 Gestão de Transporte de Passageiros	 Gestão de Incidentes	 Gestão de Emergências
 Meios Eletrônicos de Pagamento e Tarifação	 Informação ao Usuário	 Gestão da Informação	 Prevenção de Acidentes e Segurança	 Operação e Manutenção Rodoviária
	 Gerenciamento das Condições Climáticas	 Operação de Veículos Comerciais	 Integração Inter-modal de Viagens	
VEÍCULOS INTELIGENTES				
	 Sistema de Prevenção de Colisões	 Sistema de Atendimento ao Motorista	 Sistema de Notificação de Colisão	

INFRA-ESTRUTURA INTELIGENTE

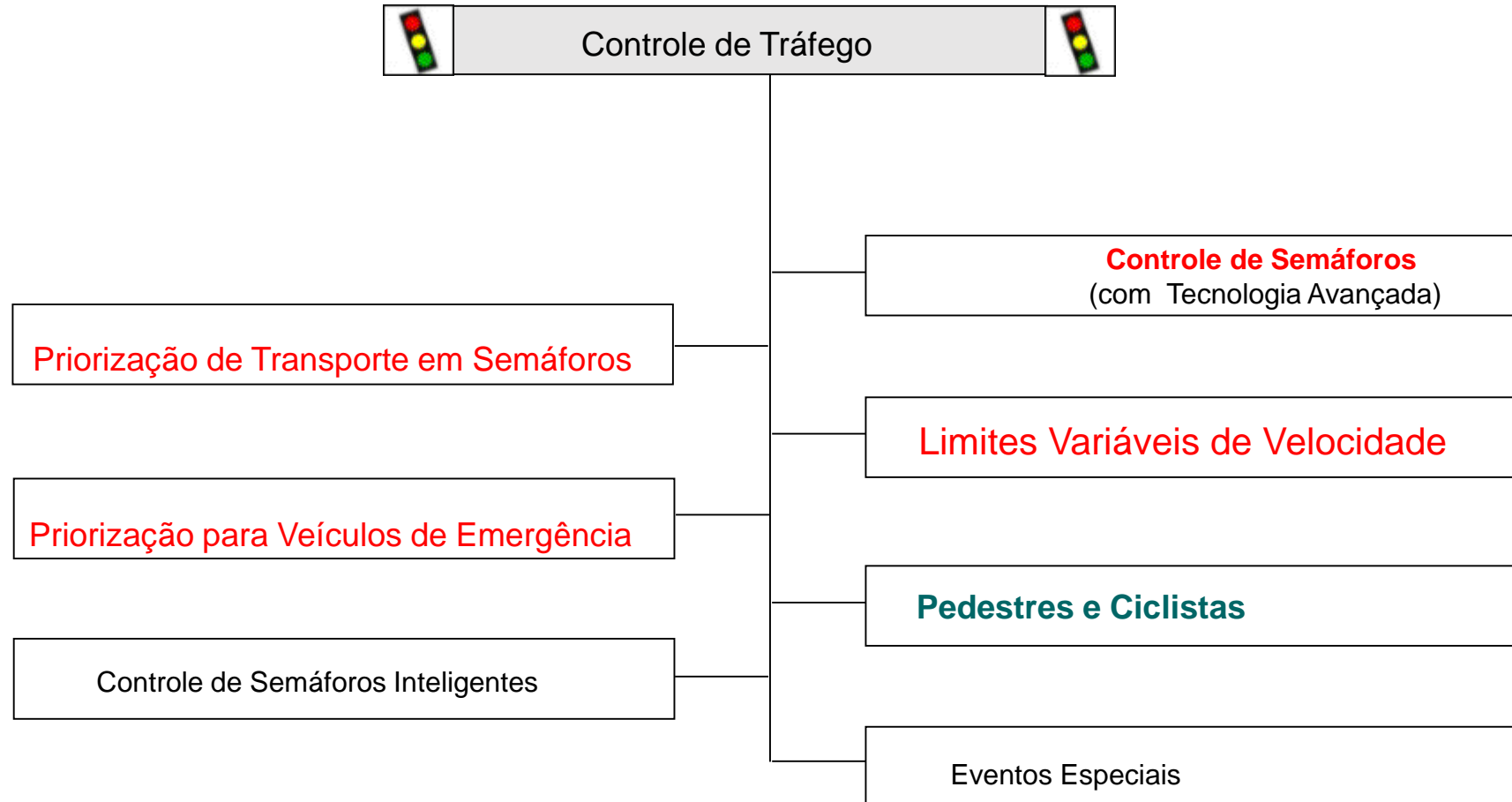
CONTROLE DE TRÁFEGO RODOVIÁRIO (RURAL) E URBANO

Sistemas de gestão do tráfego: monitoram vias e veículos - coletam dados - produzem informações para ajudar a decidir as ações operacionais – utilizam os recursos dos sistemas para implementar melhorias na segurança e fluidez das vias - disseminam aos usuários informações sobre as condições do percurso através de tecnologias variadas, objetivando a racionalização e conforto dos deslocamentos.



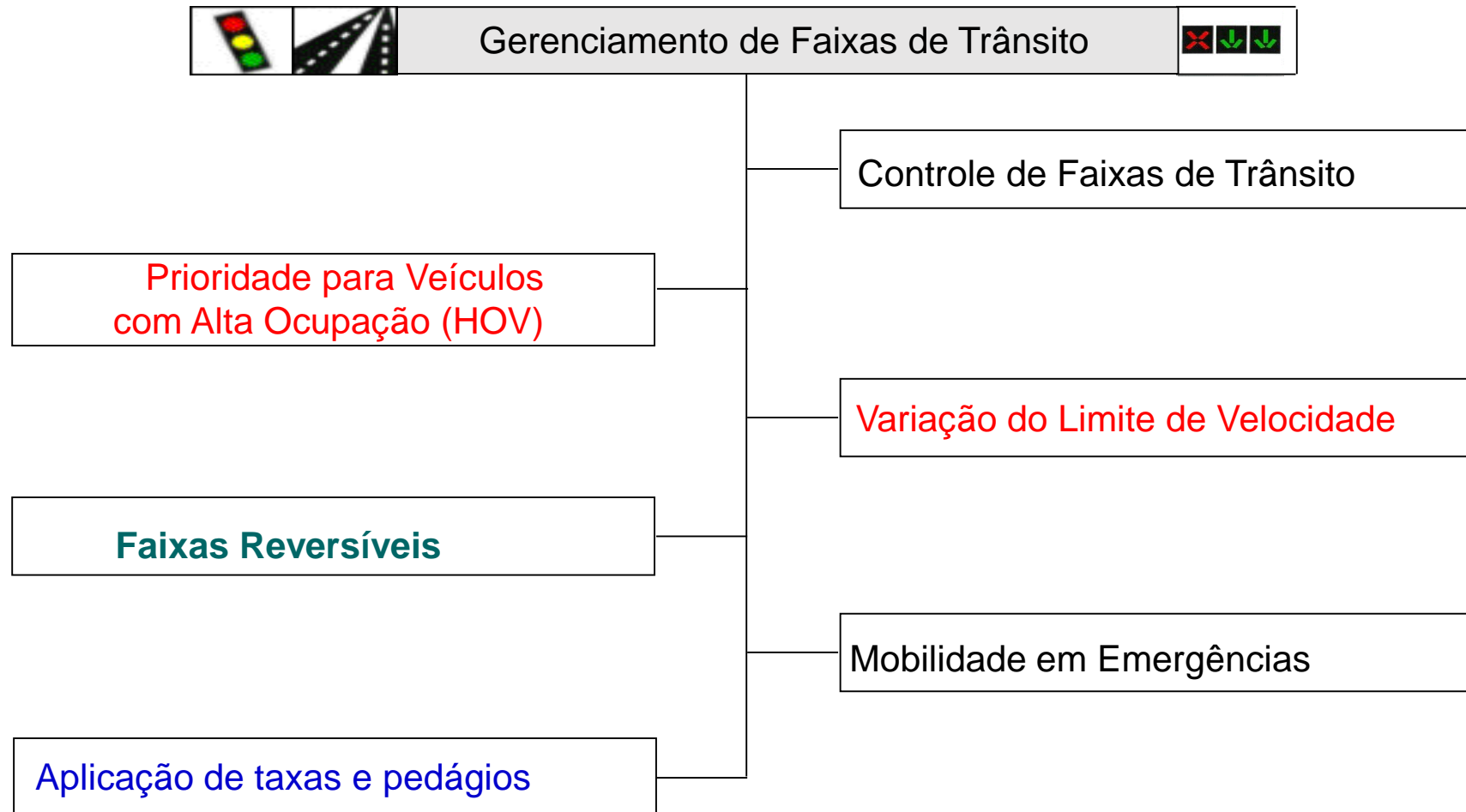
INFRA-ESTRUTURA INTELIGENTE

CONTROLE DE TRÁFEGO RODOVIÁRIO (RURAL) E URBANO



INFRA-ESTRUTURA INTELIGENTE

CONTROLE DE TRÁFEGO RODOVIÁRIO (RURAL) E URBANO



Gerenciamento e controle dos fluxos de tráfego (urbano)

ATMS: *Advanced Traffic Management Services*

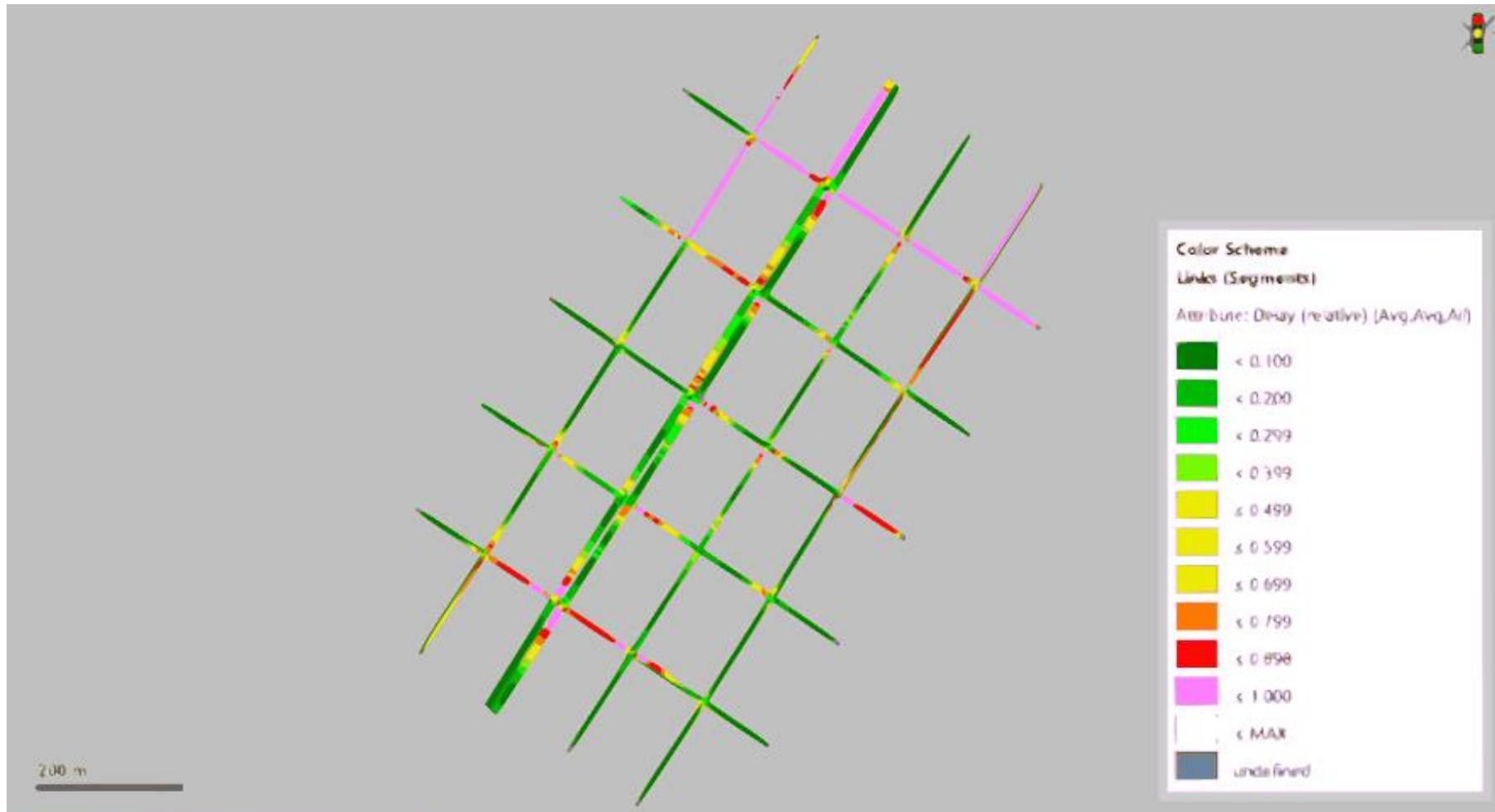
- **ATCS:** *Adaptive Traffic Control Systems*
 - **SCOOT:** *Split Cycle Offset Optimization Technique*
 - (HUNT et al., 1981)
 - **SCATS:** *Sydney Coordinated Adaptive Traffic System*
 - (LOWRIE, 1982)
 - **BALANCE:** *Balancing Adaptive Network Control Method*
 - (MERTZ, 2001)
 - **EPICS:** *Entire Priority Intersection Control System*
 - (BRAUN et al., 2008)

Gerenciamento e controle dos fluxos de tráfego (urbano)

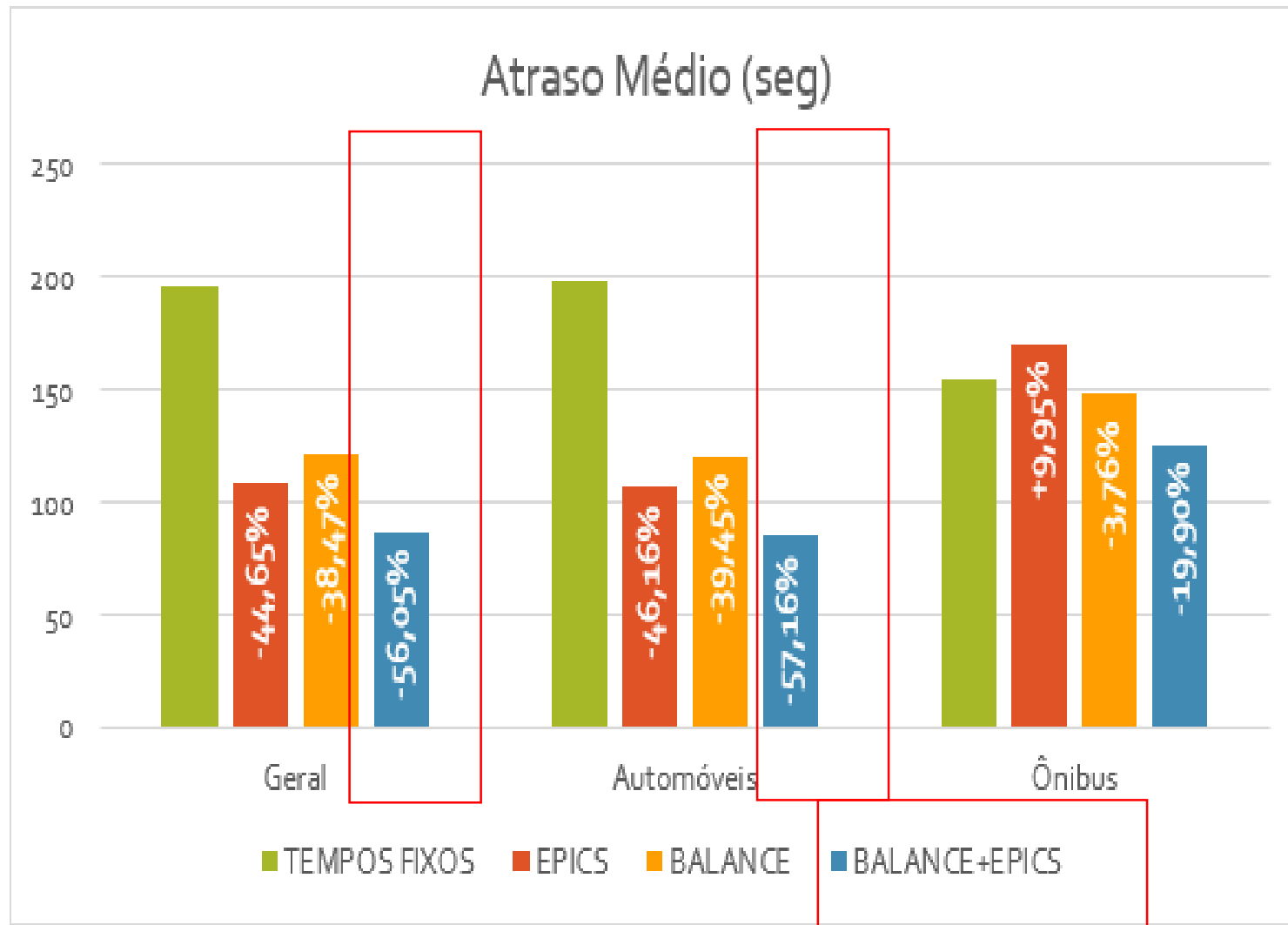
- HUNT, P. B.; ROBERTSON, D. I.; BRETHERTON, R. D.; WINTON, R. I. **SCOOT**— A Traffic Responsive Method of Coordinating Signals. **Report TRRL 1014**. Transport and Road Research Laboratory, London, 1981.
- LOWRIE, P. R. **SCATS** principles, methodologies, algorithm. IEEE CONFERENCE ON ROAD TRAFFIC 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.

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

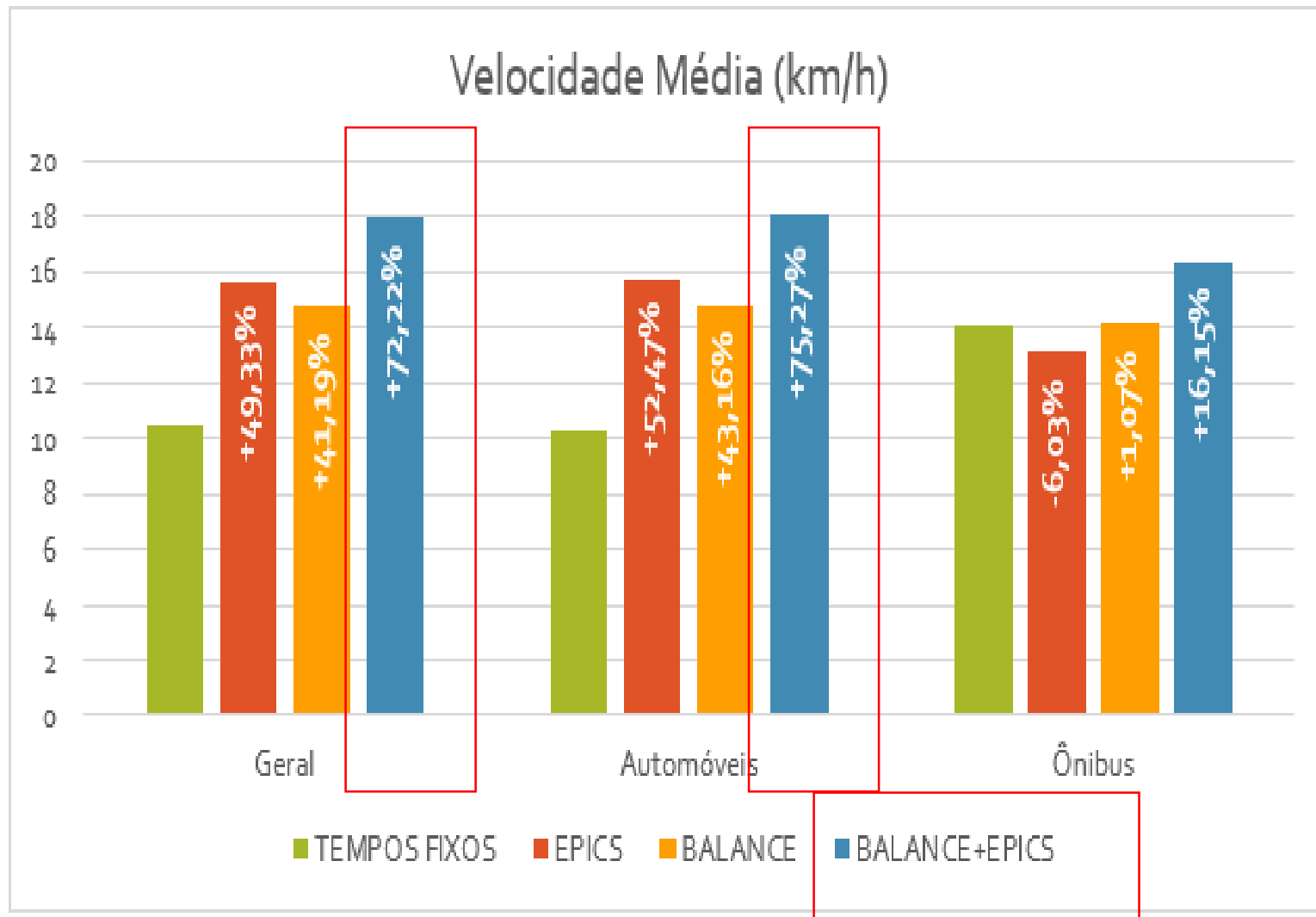
Mapa de calor do indicador “Atraso Médio” para o cenário atual / referência (Tempos Fixos)



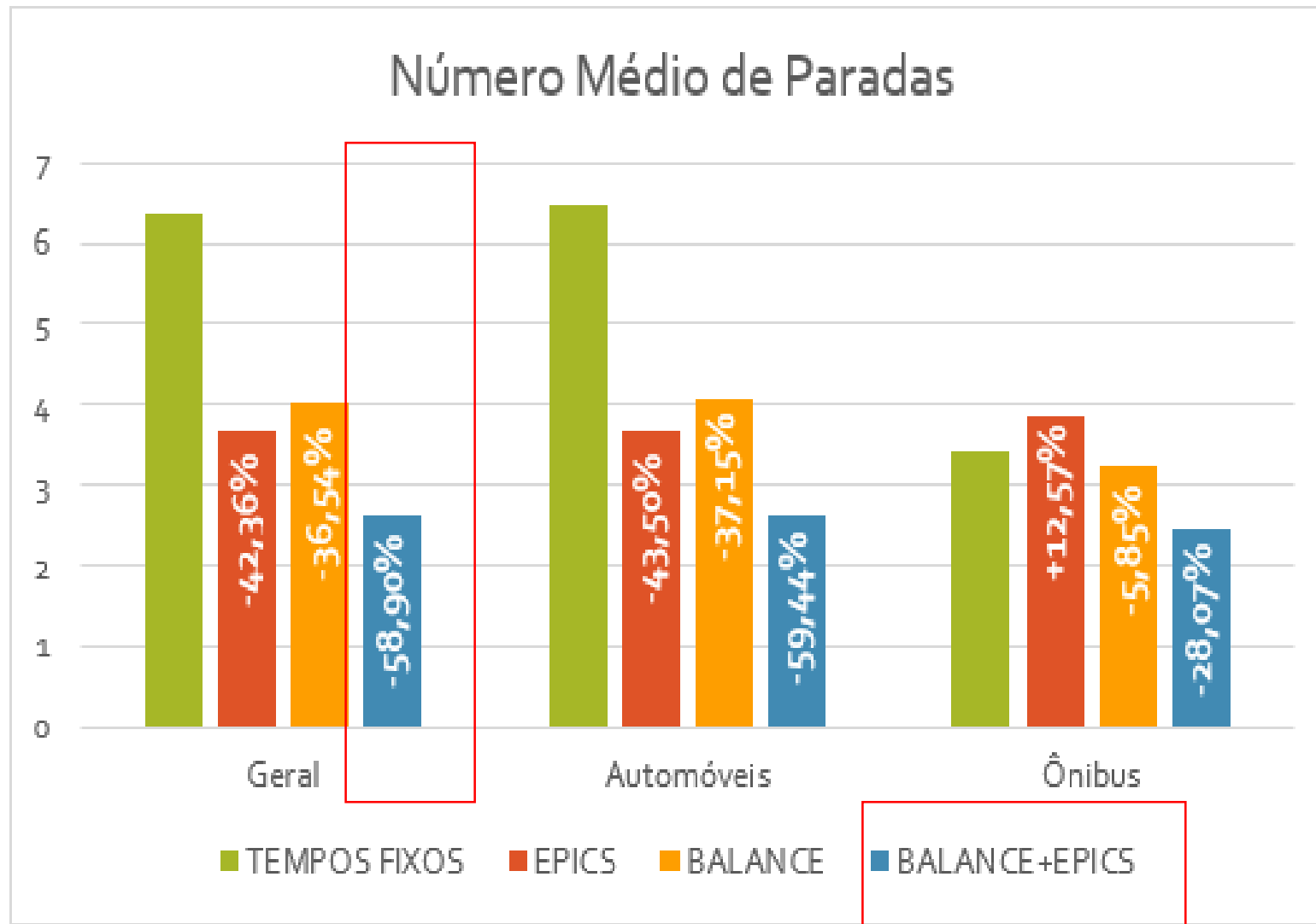
Comparação entre cenários considerando o indicador “Atraso Médio”



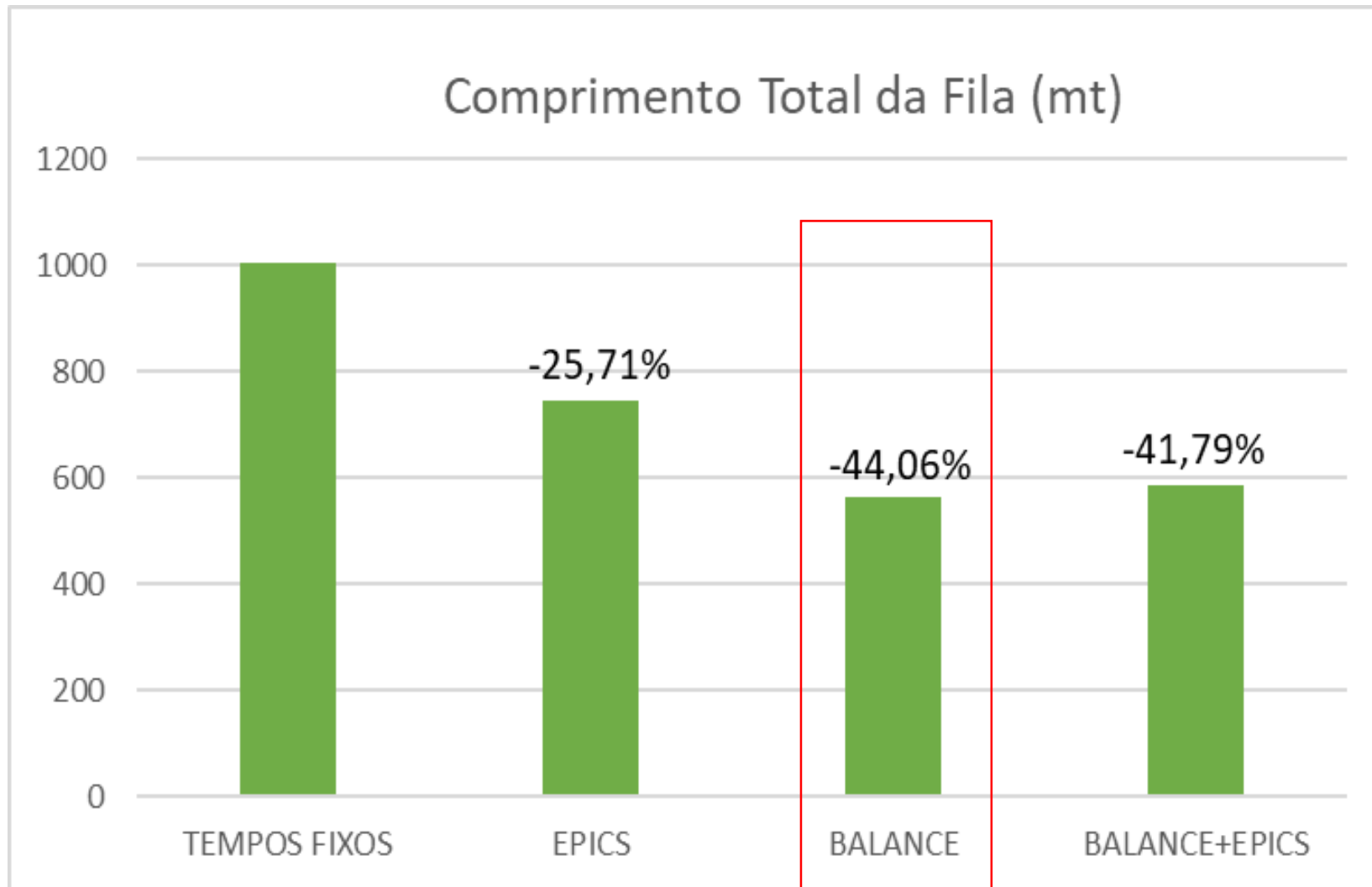
Comparação entre cenários considerando o indicador “Velocidade Média”



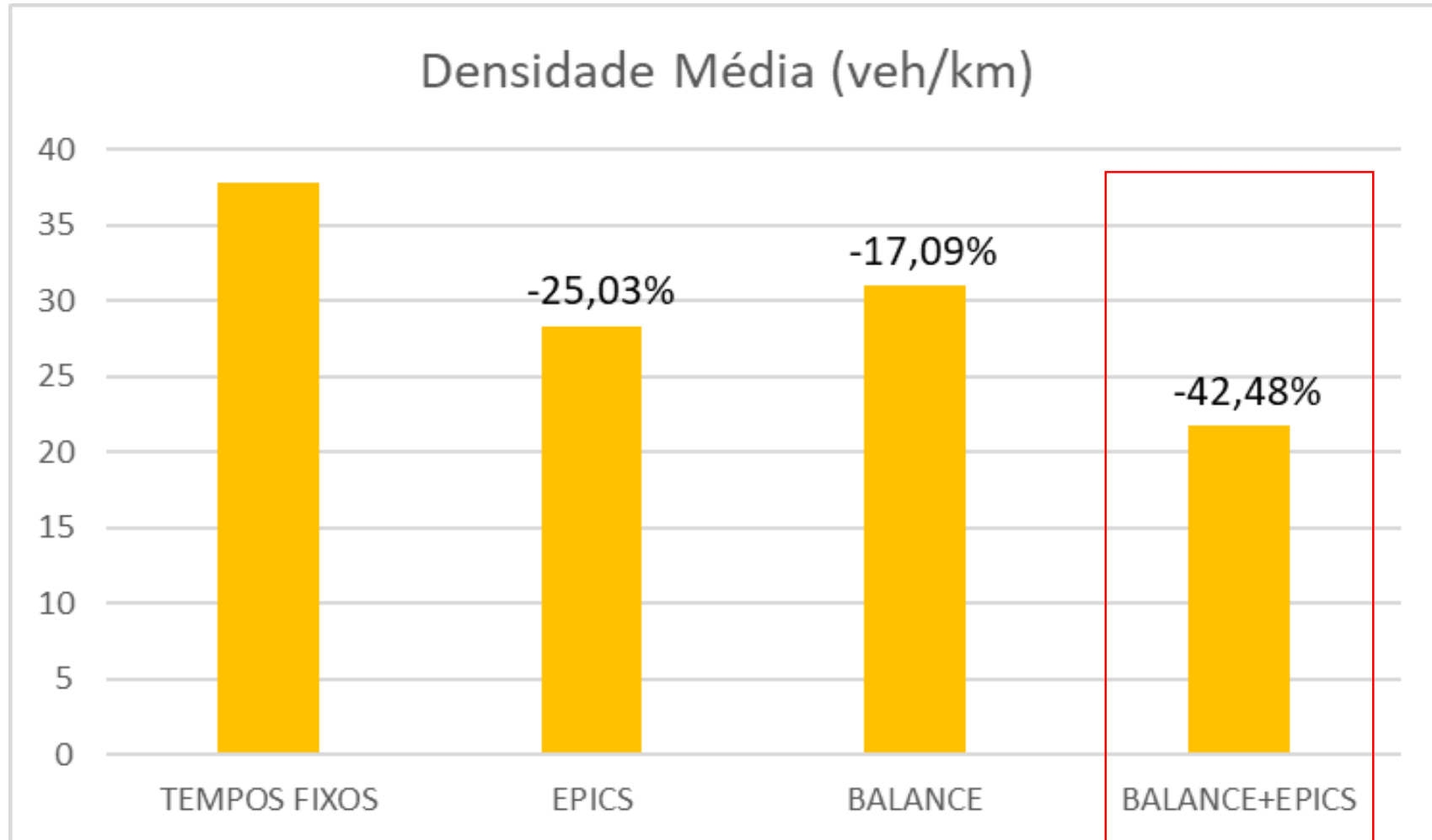
Comparação entre cenários considerando o indicador “Número Médio de Paradas”



Comparação entre cenários considerando o indicador “Comprimento da Fila”



Comparação entre cenários considerando o indicador “Densidade Média”



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

Operações e gerenciamento de tráfego (Traffic Management): Serviços/funções envolvidas

- **Gerenciamento e controle (dos fluxos) de tráfego**
 - Traffic Management and Control (AUTROADS)
 - [Traffic Control](#) (CANADA)
- Gerenciamento de incidentes relacionados (à rede) de transportes
 - Incident Management (AUTROADS / CANADA)
- **Gerenciamento de demanda**
 - Demand Management (AUTROADS)
 - [Travel Demand Management](#) (CANADA)
- Gerenciamento de manutenção da infraestrutura do transporte
 - Infrastructure Maintenance Management (AUSTROADS)
- Diretrizes/ cumprimento das regras de trânsito
 - Policing / Enforcing Traffic Regulations (AUTROADS)
 - [Automated Dynamic Warning and Enforcement](#) (CANADA)
 - [Emissions Testing And Mitigation](#) (CANADA)

Operações e gerenciamento de tráfego: (ABNT/ISO 14813-1)

Gerenciamento de demanda

- **Definição da Funcionalidade [PROPÓSITO (o que é ?)]:**
 - Abrange o desenvolvimento e a implementação de **estratégias de gerenciamento e controle** que possam **influenciar a demanda** por viagens
 - **Por exemplo - em períodos diferentes do dia/semana:**
 - pela **tarifação**: variável, menor fora do horário de pico (FHP)
 - pelo **controle de acesso**: bicicletas permitidas aos domingos
 - pela **disponibilização de modos variados de transporte**: **maior** integração entre controle de estacionamento e TPU

Operações e gerenciamento de tráfego: (ABNT/ISO 14813-1)

Gerenciamento de demanda

- **Definição da Funcionalidade [PROPÓSITO (o que é ?)]:**
 - Serviços tais como:
 - **Pedagiamento** para circulação em áreas mais congestionadas ou com baixa qualidade do ar
 - **Controle de acesso e circulação** em determinadas áreas
 - controlar o acesso de veículos particulares em regiões históricas ou centros de cidade
 - Exemplos: Barcelona (Espanha) e Roma (Itália)
 - **Rodízio** para circulação de veículos
 - **Gerenciamento de estacionamentos**
 - por meio de PMVs os condutores podem ser alertados sobre o **número de vagas nos estacionamentos em determinadas regiões, nas ruas ou fora delas,**
 - Exemplo: Cologne - Alemanha
 - **Gerenciamento de tarifas do transporte público**
 - **“Gerenciamento ambiental”**

Exemplo de Soluções para Gerenciamento da Demanda

Soluções para o Tráfego Urbano
Kapsch TrafficCom



Operações e Gerenciamento de Tráfego

Gerenciamento de demanda

Sistemas de Pedagamento nas Cidades



- Vários esquemas (zona, cordão, tempo)
- Estático, variável, precificação dinâmica

Sistemas de Restrição de Acesso



- Áreas Sensitivas
- Áreas Residenciais
- Centros históricos
- Zonas de Estacionamento nas ruas

Sistemas de Zonas de Baixa Emissão



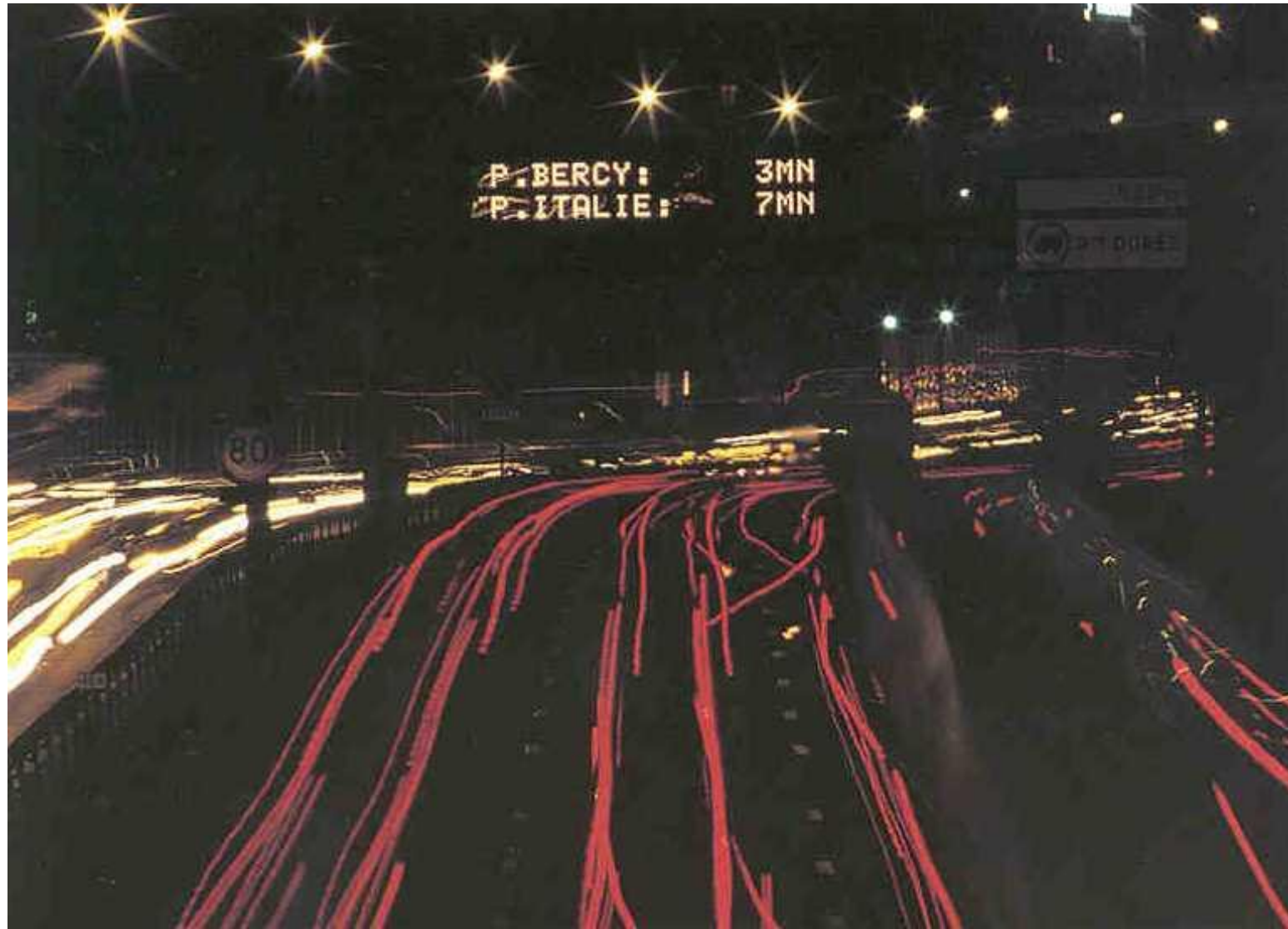
- Zonas de Baixa Emissão
- Sensitiva à poluição
- Sensitiva aos veículos

Sistemas de Estacionamento de Zona Aberta



- Estacionamento nas ruas
- Sensitiva ao usuário

Painéis de Mensagens Variáveis informando aos motoristas sobre o tempo de viagem para determinados destinos (Paris / França)



Sistema de Controle de Vagas em Estacionamentos em Cologne / Alemanha (<http://www.netcologne.de/koelnverkehr>)



Sistema de Avisos sobre Poluição em Atenas / Grécia



Reflexões: Potencial de Impactos e Impactos Medidos

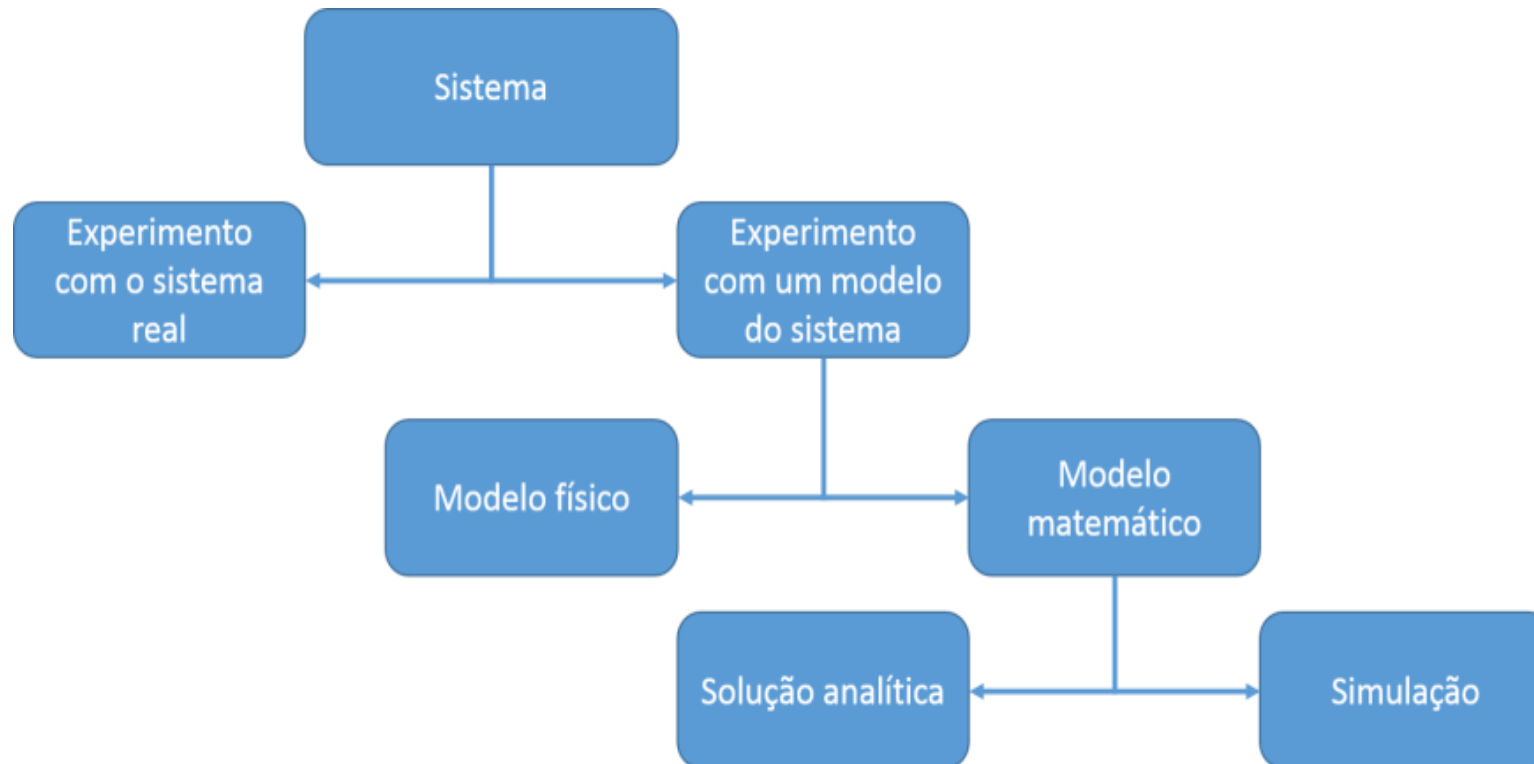
“Gerenciamento ambiental”: Atenas (Grécia)

- **Cidades sensíveis às condições climáticas** e que podem se complicar
 - piorando a qualidade do ar
 - devido ao aumento no volume de tráfego
- Necessitam de sistemas:
 - para medir esses parâmetros
 - relacionando qualidade do ar e condições atmosféricas
- Repassando as informações aos condutores
 - pelo rádio, PMVs
 - sistemas de controle de acesso determinando o **valor dos sistemas de pedágio urbano** (***Congestion pricing*** / *Air quality based zone pricing*) em função da qualidade do ar

Agenda

- Gerenciamento de Tráfego: Fluxos e Demanda
- **Modelos de Simulação de Tráfego**

Modos de se estudar um sistema



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**.
 - **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, uma vez que a análise envolvendo todos os fatores e condicionantes seria extremamente complexa.

ORTÚZAR, J. D. ; WILLUMSEN, L. G. **Modeling Transport**. 4ª Edição. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2011. *ISBN 978-0-470-76039-0*.

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)

BALMER, D. W.; PAUL, R. J. **Casm-The Right Environment for Simulation**. The Journal of the Operational Research Society, v. 37, p. 443-452, Maio, 1986.

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.

Métodos: Determinístico e Estocástico

- O funcionamento e a interação entre os elementos do modelo de simulação podem seguir dois métodos: Determinístico e Estocástico.
- No **determinístico** as **variáveis contêm um fator de aleatoriedade**, ou seja, elas são definidas em termos matemáticos com precisão e exatidão: onde e quando o evento ocorre, sua duração, etc (Portugal, 2005).
 - Pode-se afirmar que um conjunto de dados de entrada produzirá sempre os mesmos resultados de saída.
- No **método estocástico** possíveis variações podem ocorrer com as **variáveis** que são consideradas **aleatórias**, obedecendo a leis estatísticas de distribuições predeterminadas. (Portugal, 2005).
 - Nesse método o modelo contém uma ou mais variáveis aleatórias, cujo papel será representado através de **amostras** (Saliby, 1989).
 - Os resultados desse método não serão exatos, mas sim estatísticos.

PORTUGAL, L. S. **Simulação de tráfego: conceitos e técnicas de modelagem.** Rio de Janeiro : Interciência, 2005.

SALIBY, E. **Repensando a simulação: A amostragem descritiva.** São Paulo: Atlas, Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 1989.

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).

OLIVEIRA, M. J. F. Notas de aula do Curso de Simulação da Área de Pesquisa Operacional do Programa de Engenharia de Produção.1988

“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>

“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)**, n. September 2014, p. 1102–1107, 2006a

SLOBODEN, J. et al. **Guidebook on the Utilization of Dynamic Traffic Assignment in Modeling.**

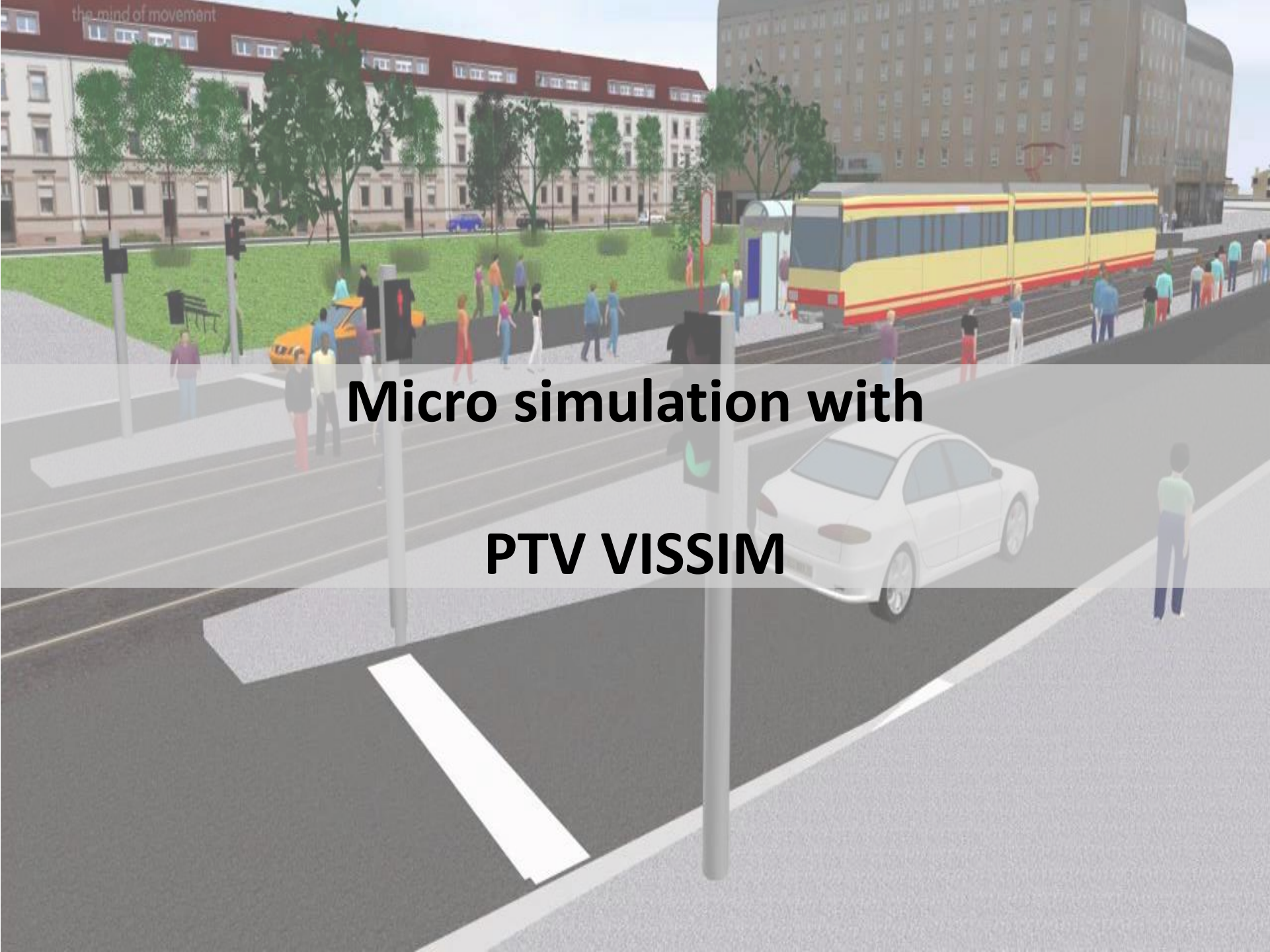
Disponível em: <<https://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop13015/fhwahop13015.pdf>>. Acesso em: 14 jan. 2018.

Bibliografia de referência (1)

- PORTUGAL, L. DA S. **Simulação de Tráfego: Conceitos e Técnicas de Modelagem**. Editora Interciência Ltda., 2005.
- 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)**, n. 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.

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**



Micro simulation with

PTV VISSIM

Actual situation



BRT /Bus corridor



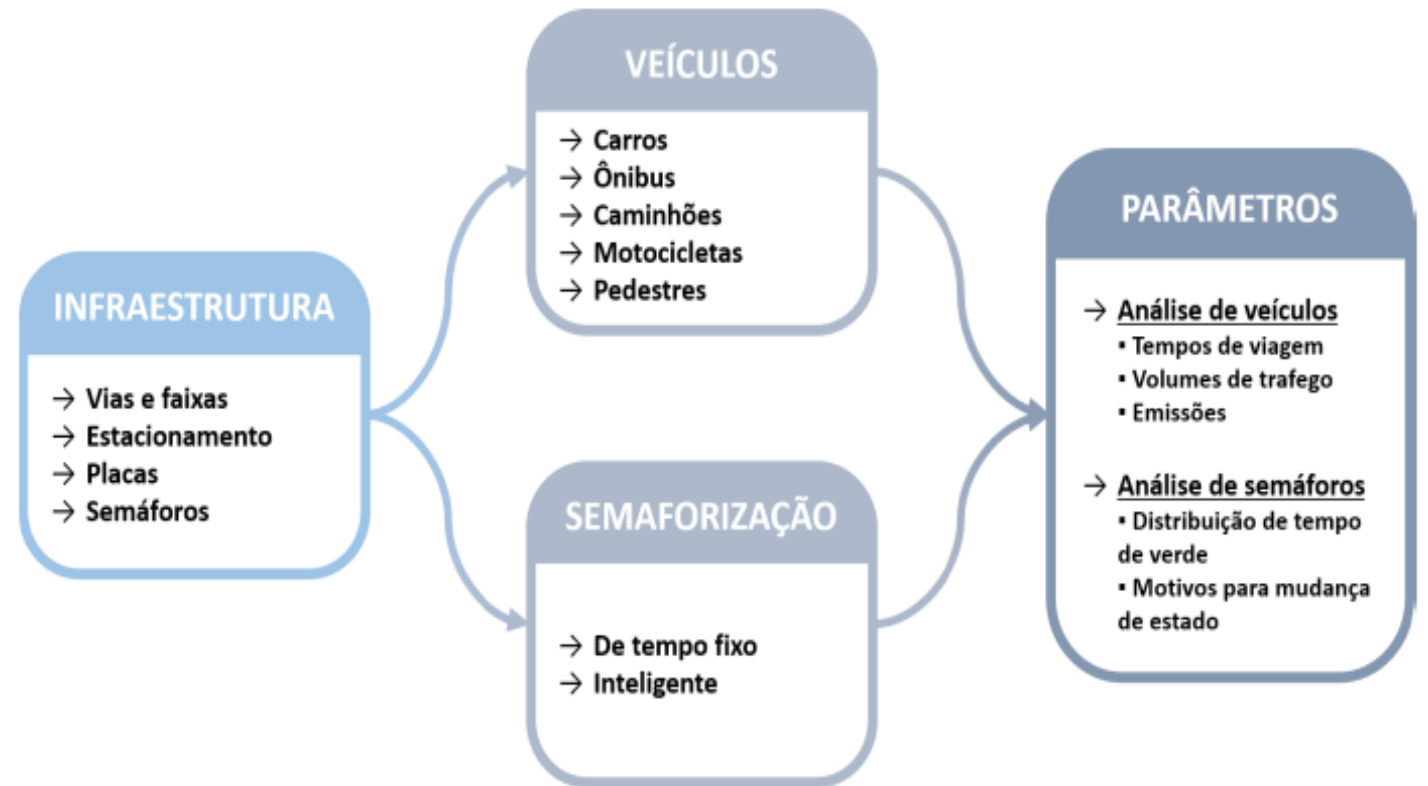
Modelos de Simulação de Tráfego: Micromodelos



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

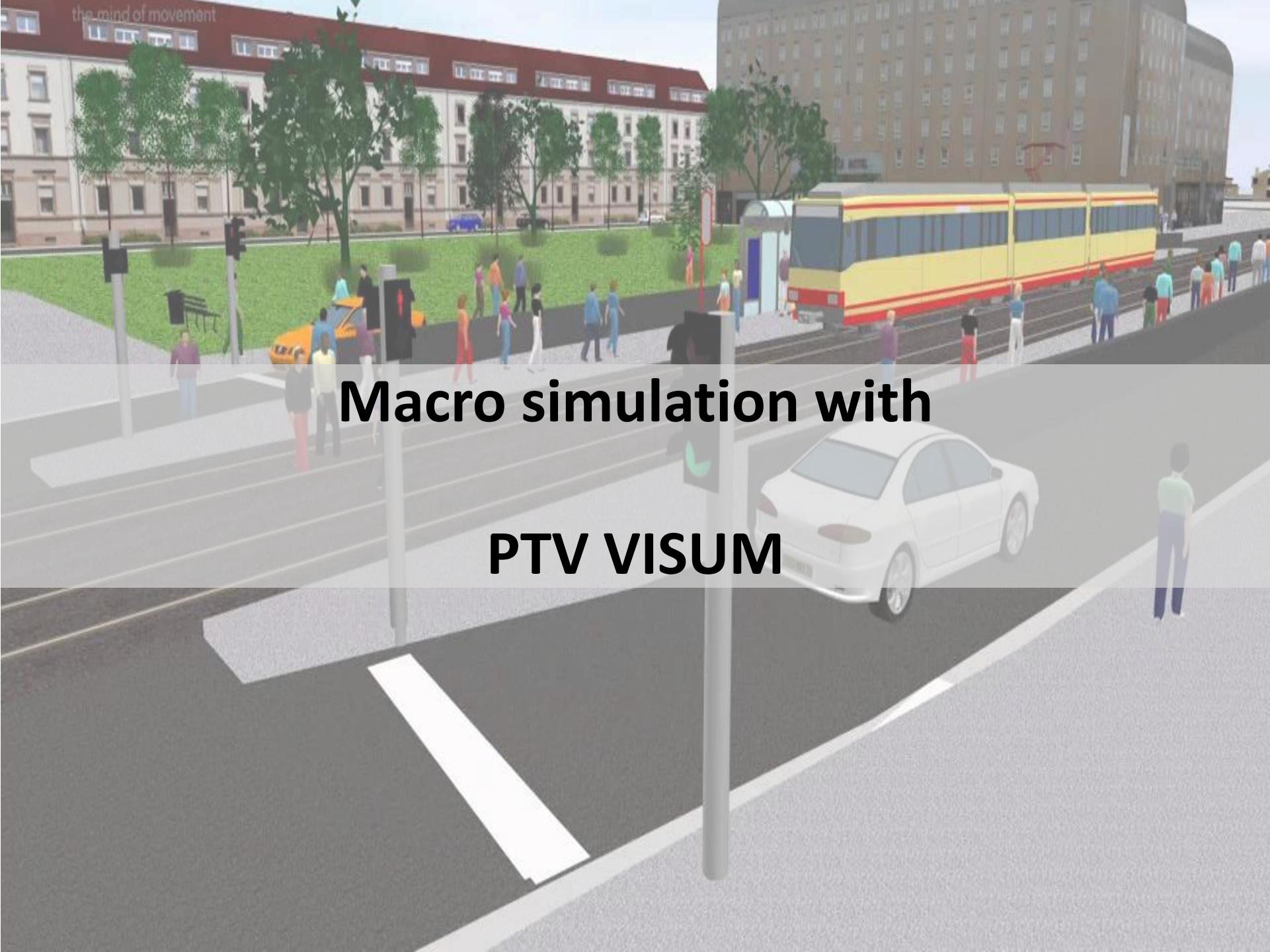
VISSIM: funcionamento

O VISSIM trabalha a partir de um esquema de modelagem de tráfego que considera objetos como: a infraestrutura da rede, a semaforização (controle), veículos e diferentes parâmetros (atributos)



Modelos de Simulação de Tráfego: Macromodelos

- O fluxo é tratado como fluido e o modelo segue a base das leis da hidrodinâmica e as equações usadas descrevem o fenômeno das **ondas de choque do tráfego**
- O **fluxo é tratado de modo indivisível**
- São utilizados nos **estudos de planejamento de longo prazo** e em grandes redes



Macro simulation with

PTV VISUM



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

Quick view (Links)

Count: 1	
No	12235
FromNodeNo	743
ToNodeNo	700
TypeNo	3
TSysSet	B,C,W
Length	0.083km
CapPrT	24000
VOPrT	60km/h
VolVehPrT(AP)	105612



Edit link

Number:

From node: 743
To node: 700

Type:

[Set standard values for this link type](#)

Transport systems:

Basis	PrT TSys	PuT TSys	Congestion	DUE	ICA	User-defir
Direct distance:	0.083km	v0 PrT:	60km/h			
Length:	0.083km	Lanes:	2			
AddVal 1:	0	Capacity PrT:	24000			
AddVal 2:	0	HGV share (%):	0			
AddVal 3:	0	VolCapRatio PrT:	440 %			
Plan no.:	0	Volume PrT [Veh]:	105612			
<input checked="" type="checkbox"/> Bar labels		Volume PuT-Walk: 0				
Name: <input type="text"/>						

[Transfer changes to reverse direction](#)

Network

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

Network x Matrices

Quick view (Links)

Count: 1

No	12235
FromNodeNo	743
ToNodeNo	700
TypeNo	3
TSysSet	B,C,W
Length	0.083km
CapPrT	24000
VOPrT	60km/h
VolVehPrT(AP)	105612

Network editor (Edit: Links)



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	Put TSys	Congestion	DUE	ICA	User-defir
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

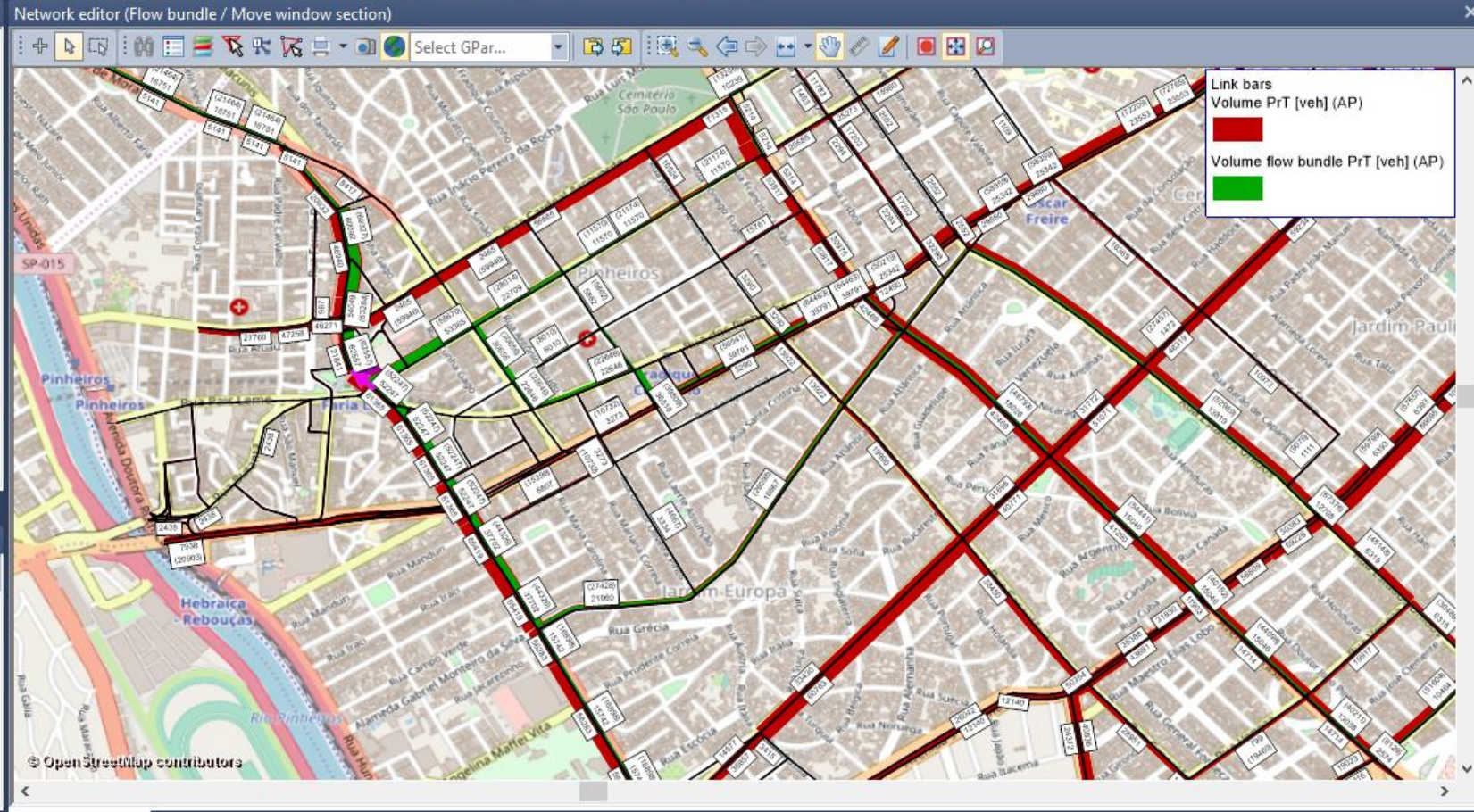
Opposite OK Cancel



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

Network x Matrices

Quick view



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

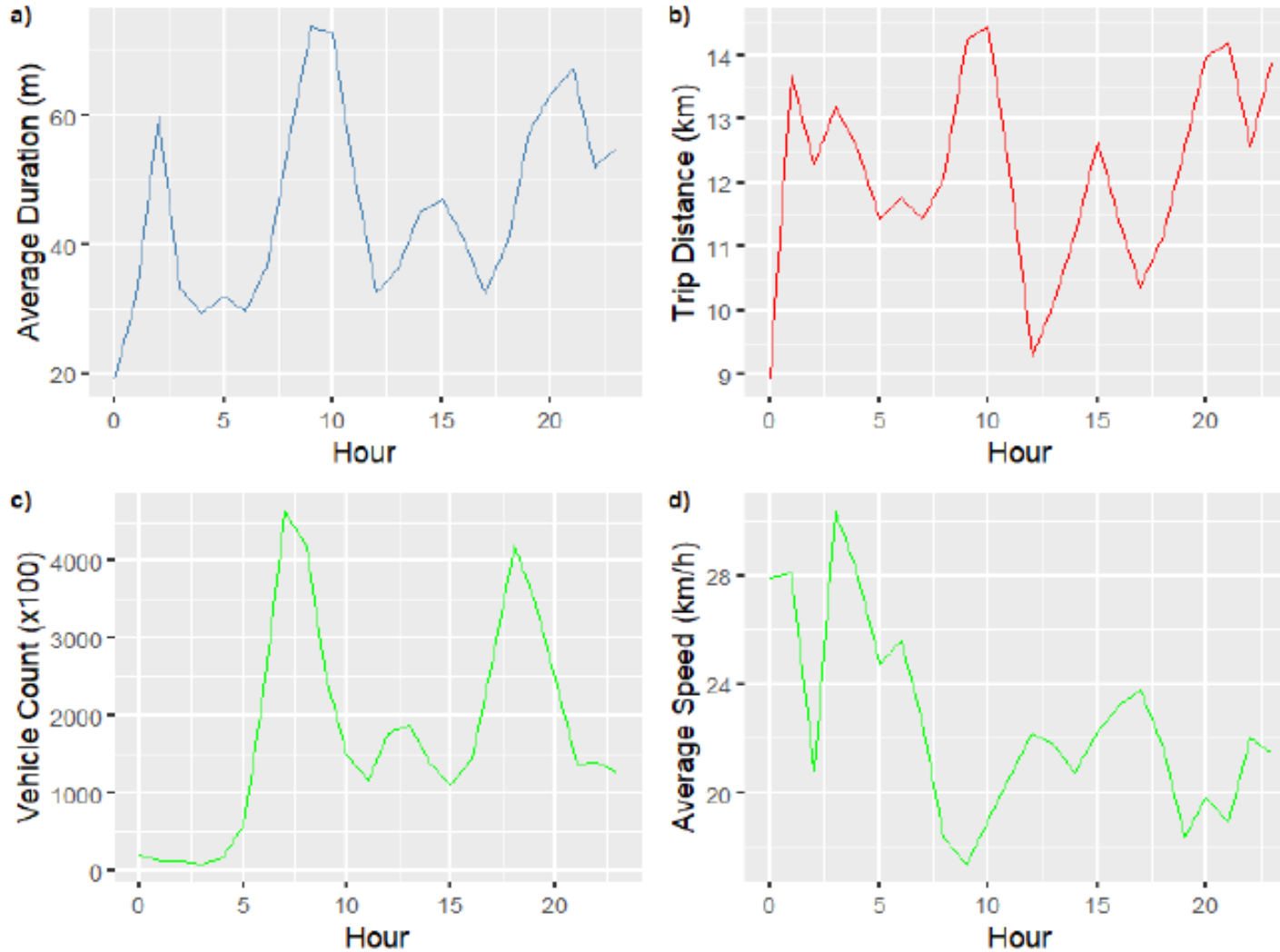
- Tem sido usado mais recentemente
- Consiste na **utilização conjunta e integrada das 3 abordagens anteriores**
- São avaliados /nível:
 - macroscópico: manipulação dos padrões de viagens
 - mesoscópico: comportamento do usuário
 - microscópico: impactos das estratégias de controle de intersecções

Simulação de Cidades Inteligentes

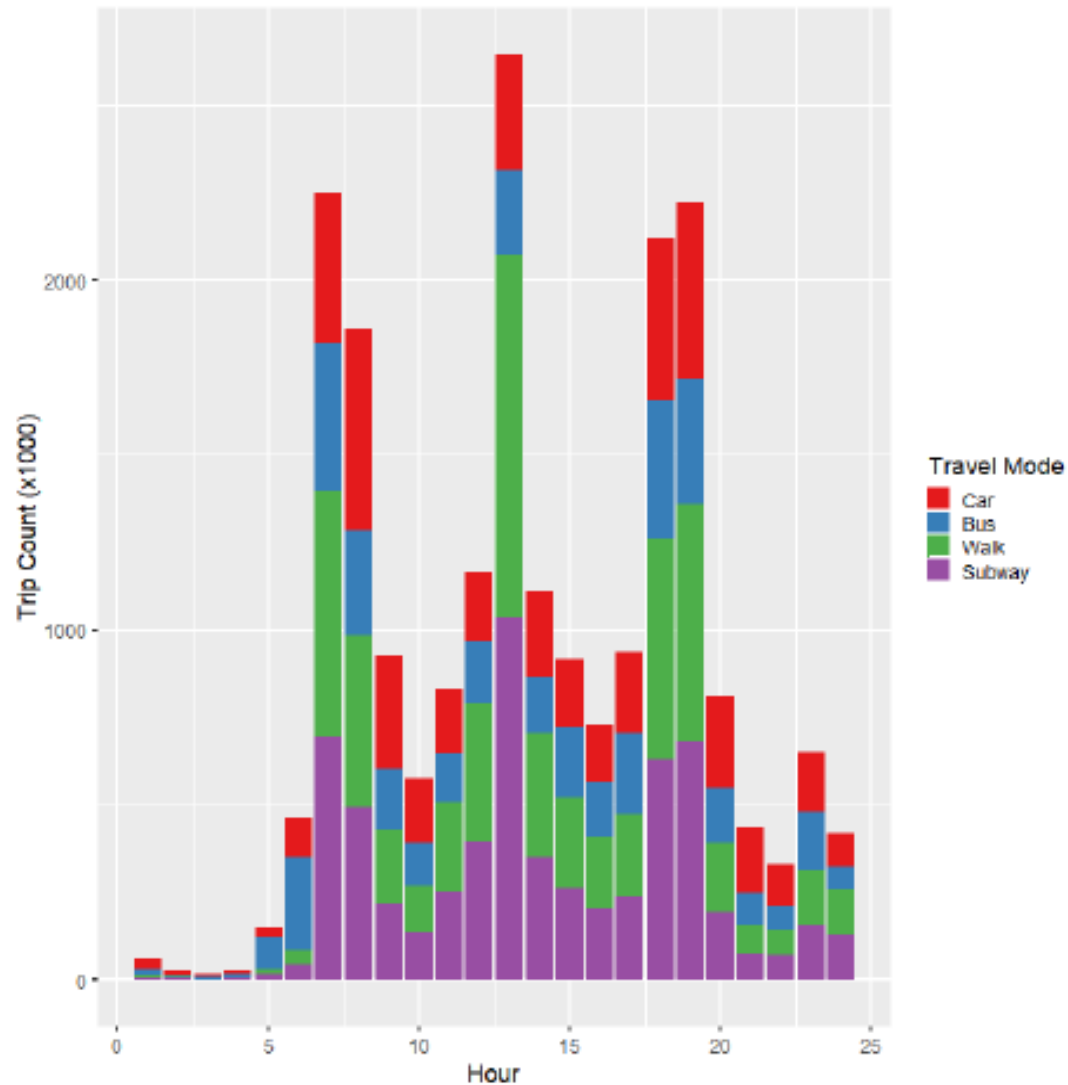
- É necessário modelar os veículos individualmente para analisar e modelar cenários
- Não é necessário modelar os detalhes de interação entre veículos, como ocorre nos modelos microssimuladores, além da capacidade de modelar grandes redes viárias e um grande número de atores (SANTANA, 2019)
- Os mesossimuladores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

Ensino de engenharia e Simulações computacionais [Santana (2019)]



Ensino de engenharia e Simulações computacionais [Santana (2019)]



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

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 tráfego 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, roteirização, 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 georreferenciar 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 intersecções, 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.



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”)
 - 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
 - duplicação de vias e
 - implantação de corredores exclusivos de transporte público (AQUINO, 2013)
- Softwares de “**macrossimulação**” 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
	Verificação das mudanças de rotas de veículos segundo estímulos
Microscópico	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

Fonte: Peron (2015), adaptado de Maia (1978) e Medeiros (2012)

Bibliografia de referência (2)

- **AQUINO, E. A. Validação do modelo mesoscópico de tráfego do SCOOT para o desenvolvimento de redes viárias urbanas microssimuladas.** 2013. 105 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.
- **ARIOTTI, P.; ARAÚJO, D. R. C.; MOSCARELLI, F. C.; CYBIS, H. B. B. Associação de Modelos Macroscópicos e Microscópicos de Tráfego para Estudo de Circulação.** XVIII CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, **Anais**, ANPET, Florianópolis, 2004.
- **MAIA, F. V. B. Calibração e validação de modelos de meso e microssimulação do tráfego para a avaliação de intervenções tático-operacionais na malha viária urbana.** 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.
- **PERON, Luciano. Contribuição metodológica para aplicação de prioridade semafórica condicional em corredores de ônibus.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

Modelos para Reflexões

Leitura Citada

- SMITH, Laurence C. **O mundo em 2050** – Como a demografia, a demanda de recursos naturais, a globalização, a mudança climática e a tecnologia moldarão o futuro. Campus (Elsevier Editora Ltda), 2011.
 - Caps. 1, 2 e 3
 - Cap 1: as forças globais
 - Cap 2: Que tipo de cidade queremos ? (pág 30)
 - **ONU: “XXI é o Século da Cidade”**
 - Cingapura *versus* Lagos (Nigéria)

Sistema de Controle de Acesso em Barcelona / Espanha



Reflexões: Potencial de Impactos e Impactos Medidos

Controle de Acesso: Barcelona (Espanha)

- Durante os Jogos Olímpicos de **1992** foi instalado um sistema de controle de acesso, visando à proteção de áreas residenciais da cidade
- Em **1995** esse sistema foi ampliado no centro histórico da cidade
 - Residentes e pessoas que trabalham na área puderam obter permissão eletrônica de entrada
 - Outros somente com permissão temporária ou restrita
- Este esquema
 - **reduziu para um terço o tráfego entrante em cada área**
 - **incrementou em 15% a disponibilidade de vagas em estacionamentos**

Modelo para Reflexões:

Barcelona (Espanha)

- Tem desenvolvido seguidos projetos para tornar-se uma **cidade que faz uso intensivo de tecnologia** para conectar **pessoas**, informações e **utilidades da cidade**, com os objetivos de:
 - Melhorar a qualidade de vida
 - **Atrair negócios inovadores** e competitivos
 - Tornar o gerenciamento e a manutenção mais fáceis e baratos
 - **Ser uma cidade sustentável e que faz uso de tecnologias limpas**
- Para isso, tem investido no uso de **serviços inteligentes e ricos em informação**
 - adotando tecnologias de última geração
- Possui um plano de infraestrutura que inclui um **reprojeto de toda a cidade**, com um **plano de mobilidade** que
 - contempla **150.000 pontos de conexão de transportes intermodais (commuters)**
 - **renovação do espaço público**
 - por ex.: **de 35 km de ruas**

Modelo para Reflexões:

Barcelona (Espanha)

- Desde 1994 vem sendo implantada uma forte estrutura de telecomunicações
 - entre outros usos tem sido utilizada para o gerenciamento de tráfego
- Alguns serviços disponíveis são
 - parquímetros, controle semaforico, painéis informativos, câmeras para controle do tráfego e para segurança
- Dentre os sensores de tráfego, existem 140 câmeras instaladas, além de 1080 laços indutivos
 - Como prova de conceito, foram instalados 13 sensores bluetooth e 8 câmeras com visão artificial (Traffic Now)
 - Mais 50 sensores bluetooth para medição de tráfego estão em experimentação num projeto piloto

Modelo para Reflexões:

Barcelona (Espanha)

- Também está em projeto piloto uma **plataforma única para gerenciamento de sensores** de vários fabricantes e que possuem diversos objetivos
 - tais como: sensores de estacionamento, fluxo de tráfego e poluição (do ar e sonora)
- Outros projetos em andamento tentam fazer o **rastreamento de visitantes e do compartilhamento de bicicletas**
- O projeto “22@ district” tenta fazer da cidade um campo de testes para a última fase de desenvolvimento de produtos e serviços inovadores com impacto urbano para tornar a cidade uma “**smart city**”
 - São mais de 20 aplicações estão em experimentação

Modelo para Reflexões:

Estocolmo (Suécia)

- Locais de trabalho predominantemente no norte da cidade e moradias no sul
- Número de ciclistas cresceu 75% nos últimos 10 anos
 - hoje a cidade possui 760 km de ciclovias
- O tráfego é a maior fonte de emissões prejudiciais à saúde e também a maior fonte de emissão de gás estufa
 - Mais de um terço dos carros novos vendidos são veículos limpos
 - Todos os veículos de propriedade da cidade são limpos
- Os ônibus utilizam combustíveis renováveis, crescendo fortemente a utilização de biogás
 - A frota de ônibus que utiliza etanol é a maior do mundo!
 - O objetivo é em 2025 não possuir ônibus com combustíveis fósseis
 - As empresas de ônibus trabalham para aumentar a utilização de transporte público, com estratégias tais como:
 - informações sobre o meio ambiente
 - aumento na frequência do serviço
 - investimentos em novas infraestruturas

Modelo para Reflexões: Estocolmo (Suécia)

- A **taxa de congestionamento** foi introduzida em 2006 para os carros que cruzam os limites da cidade durante o dia e em dias regulares de trabalho
 - Experimental entre jan e jul.2006 e implantada em 2007
 - Essa taxa, que depende do horário, é aplicada pelo governo aos carros registrados na Suécia
 - Os carros são automaticamente registrados em estações de pagamento e a taxa é paga mensalmente por meio de uma “invoice” enviada ao proprietário
- Os **gases de efeito estufa foram reduzidos em 14%** no centro da cidade e a **qualidade do ar subiu de 2 a 10%**
- O **tráfego entrando e saindo do centro da cidade caiu aproximadamente 20%** e o **tempo de filas no centro e em seu entorno caiu de 30 a 50 %**

Modelo para Reflexões:

Estocolmo (Suécia)

- O sistema é constituído de laser e câmeras utilizados para detectar, identificar e taxar veículos
 - O veículo cruza o primeiro detector laser, disparando transceivers, que sinalizam um transponder no veículo, capturando tempo, dia e valor a ser pago
 - Ao mesmo tempo, uma câmera fotografa a placa frontal do veículo
 - Ao passar por um segundo laser, uma segunda câmera é acionada, fotografando a placa traseira, tudo sem que o veículo tenha que diminuir sua velocidade
 - Caso o veículo não utilize tags, uma multa será aplicada
- <http://international.stockholm.se/Future-Stockholm/Infrastructure-and-accessibility/>
- <http://www.ibm.com/ibm/ideasfromibm/cz/cs/howitworks/040207/>
- http://www-07.ibm.com/innovation/au/howitworks/stockholm/pdf/HIW_tr_04022007.pdf

PTR 2580 – “Fundamentos” de ITS

Modelagem Computacional para
Simulação Operacional de
Sistemas de Transportes

claudio.marte@usp.br

Tel (PTR): 3091-9983

Tel (cel): 999 183 655