

PTR-5732 - ANÁLISE E AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE TRANSPORTES

Aula 7 - Modelos macroscópicos e microscópicos de tráfego

Prof. Dr. Gabriel Feriancic



Departamento de Engenharia de Transportes
PTR5732 - ANÁLISE E AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE
TRANSPORTES



Tópicos da Aula

- Aulas 7 – Modelos macroscópicos e microscópicos de tráfego
 - Modelos para Planejamento de Transporte
 - Níveis de planejamento de transporte
 - Modelos macroscópicos
 - Modelos microscópicos



Modelos para Planejamento de Transporte

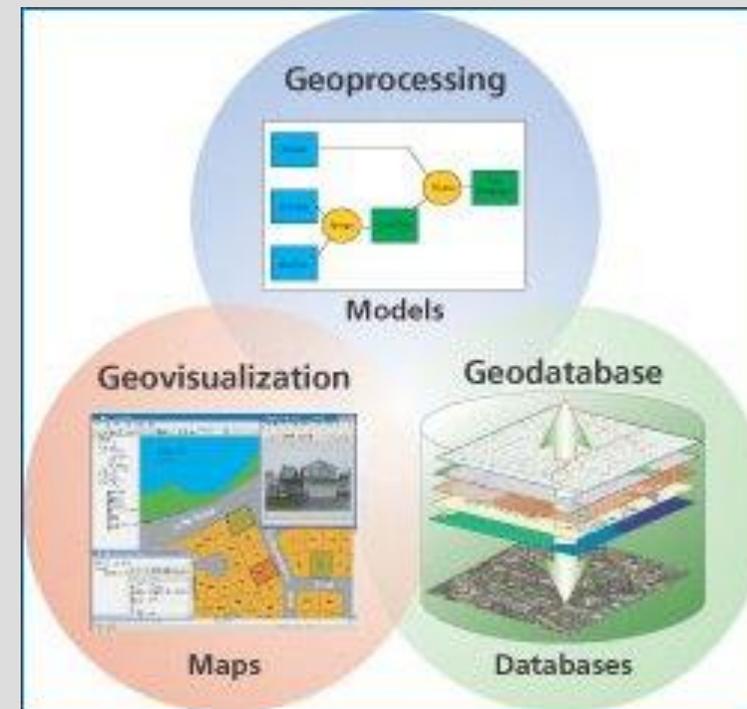


Departamento de Engenharia de Transportes
PTR5732 - ANÁLISE E AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE
TRANSPORTES

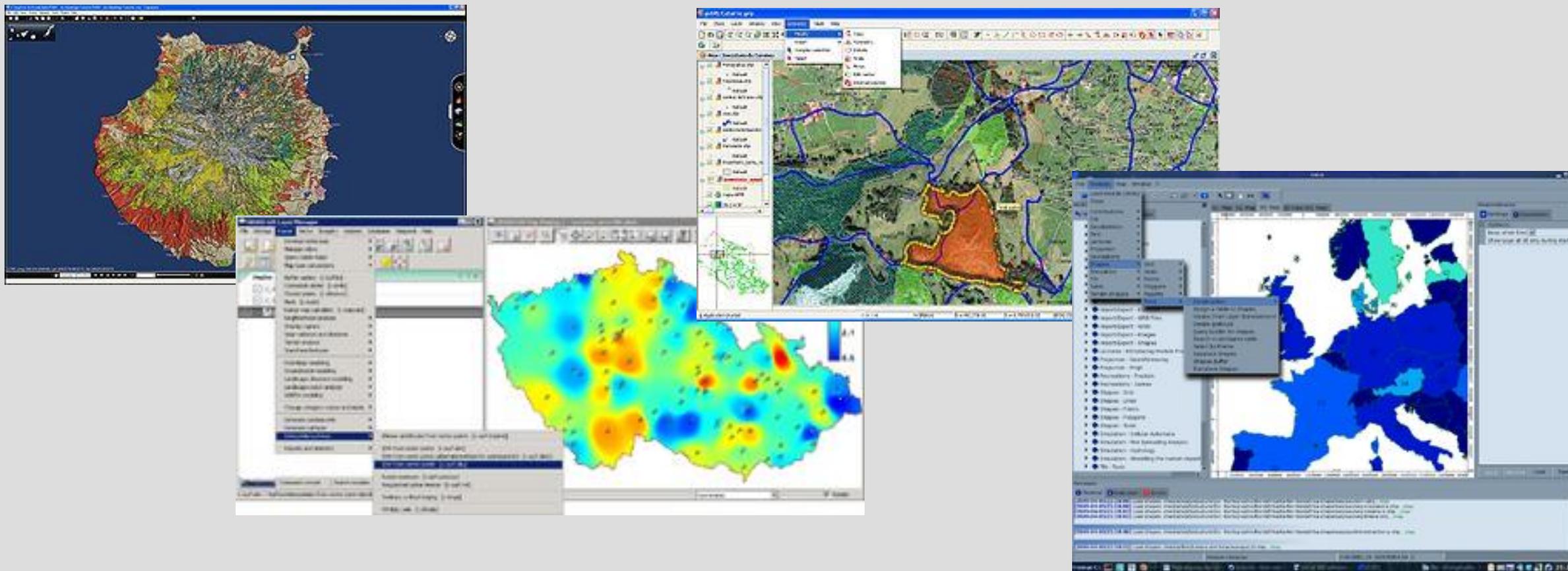


Modelos de Geoprocessamento

- Conceitos
 - Ponto
 - Linha
 - Polígono
 - Atributos



Modelos de Geoprocessamento

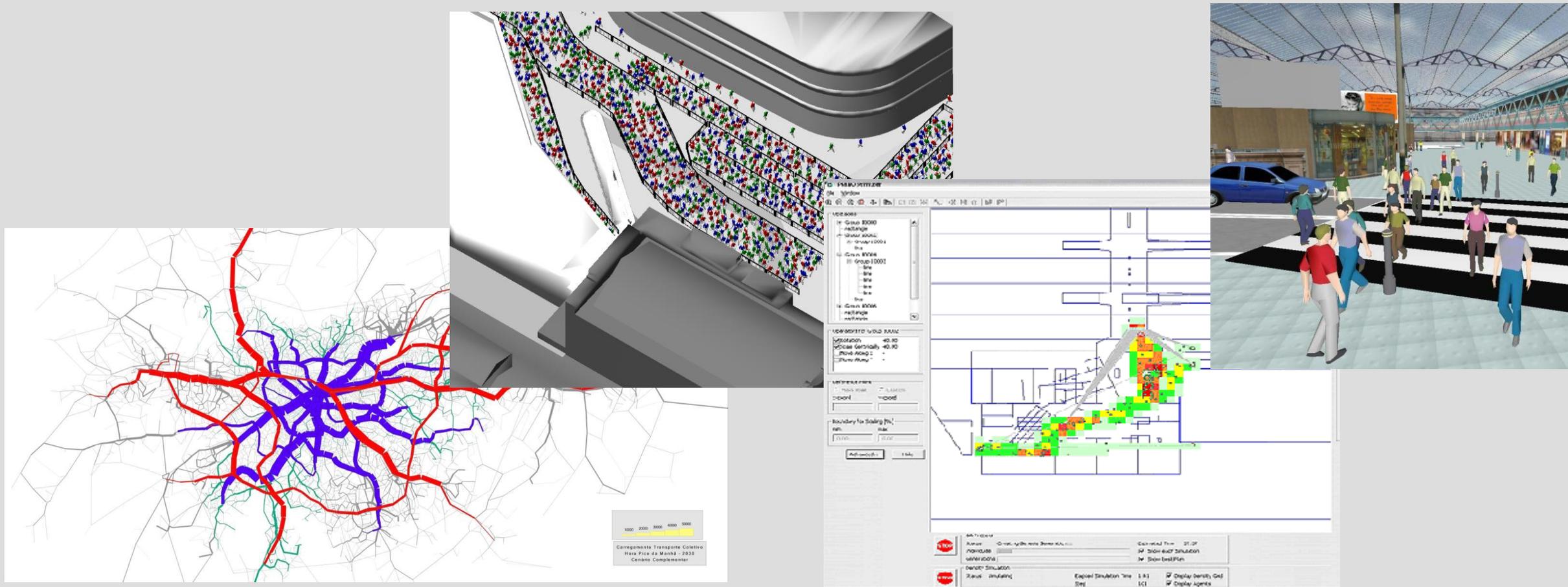


Modelos de Geoprocessamento

- Softwares GIS são fundamentais para a manutenção da base cadastral de toda a infraestrutura urbana e viária
- Exemplos de Softwares GIS (geographic information systems)
 - ESRI ArcGIS, PBS MapInfo, etc...
- Existem diversos softwares gratuitos e open source de GIS
 - http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_geographic_information_systems_software



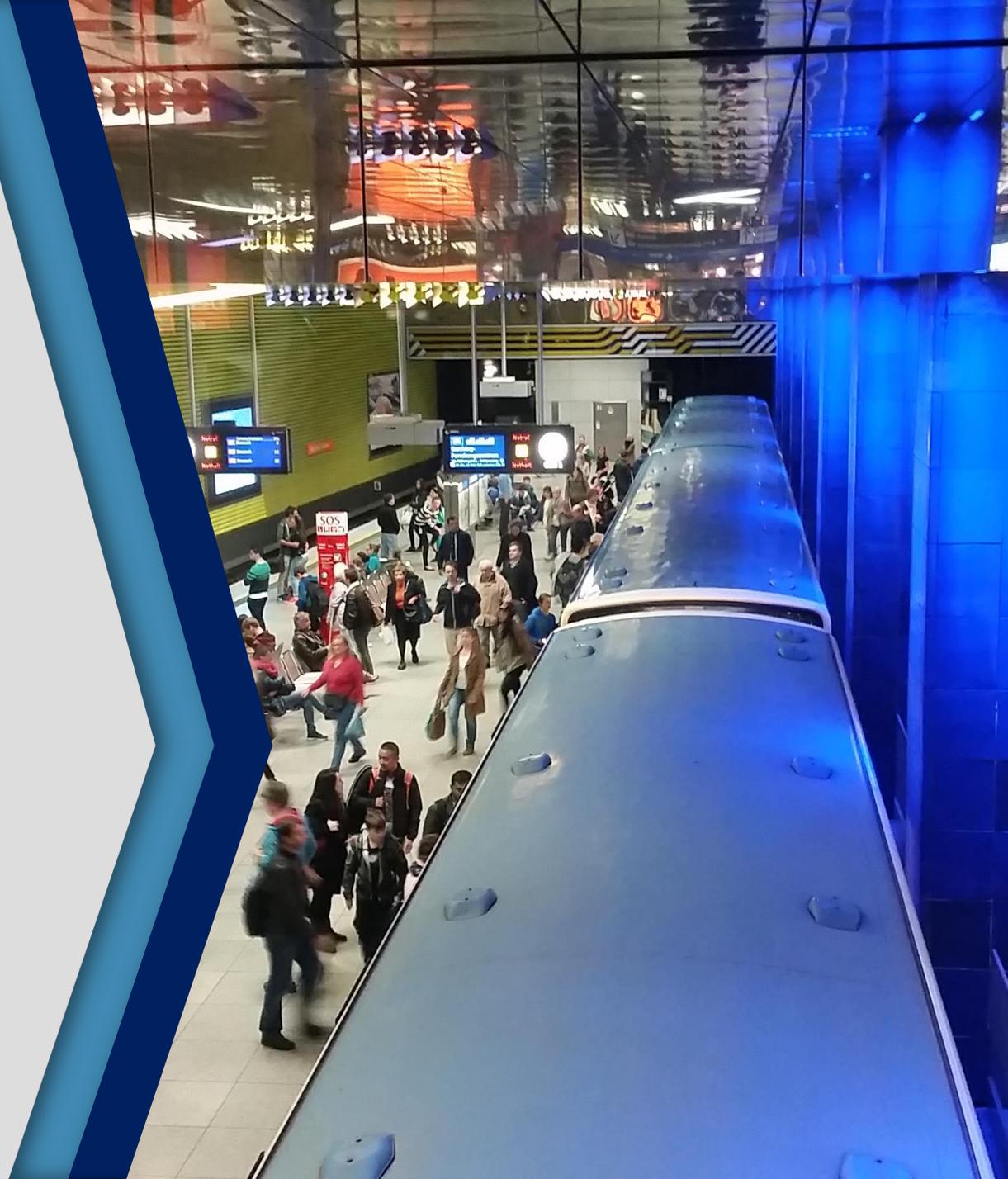
Modelos de Planejamento de Transporte



Níveis de planejamento de transporte

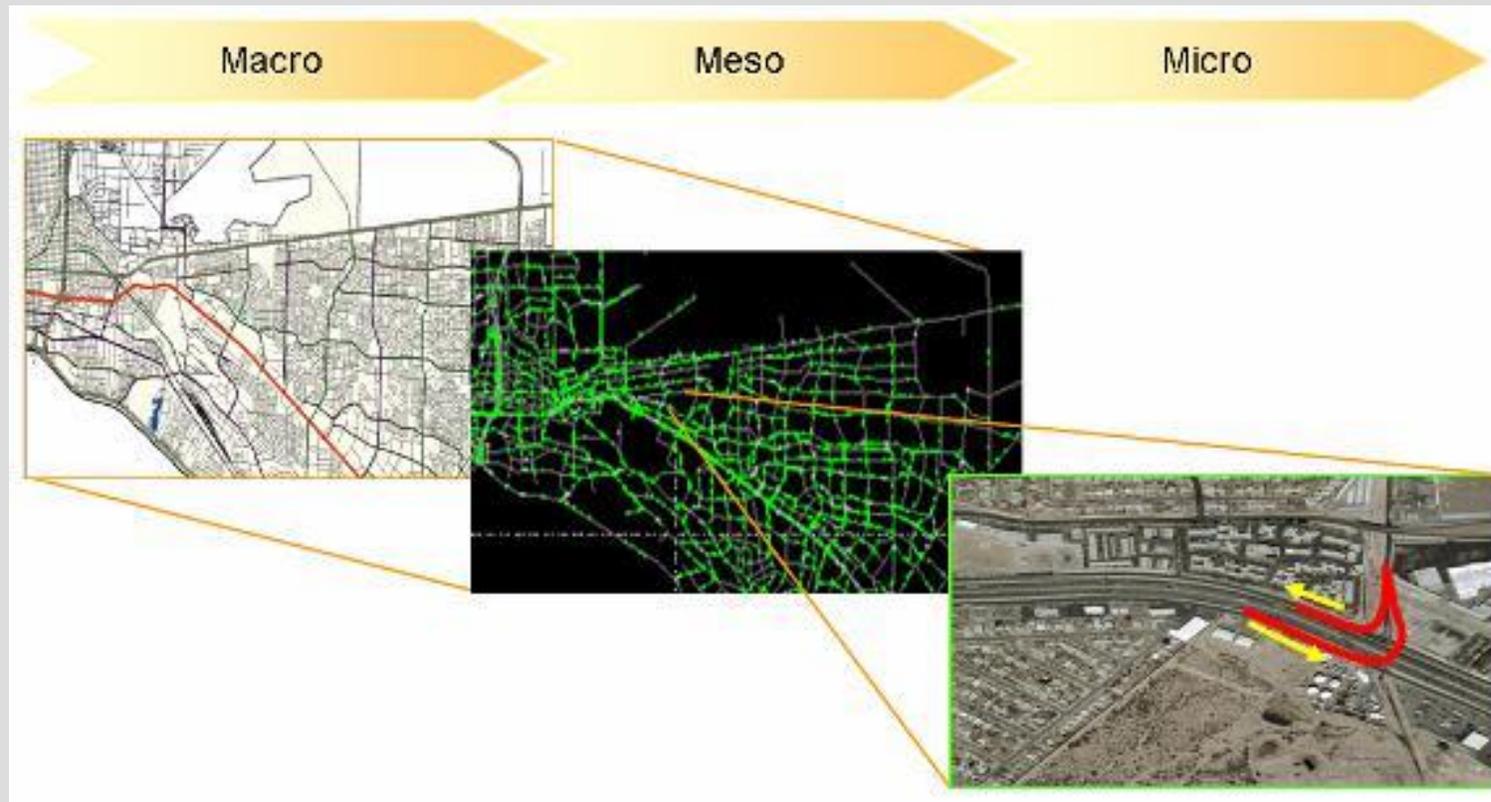


Departamento de Engenharia de Transportes
PTR5732 - ANÁLISE E AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE
TRANSPORTES



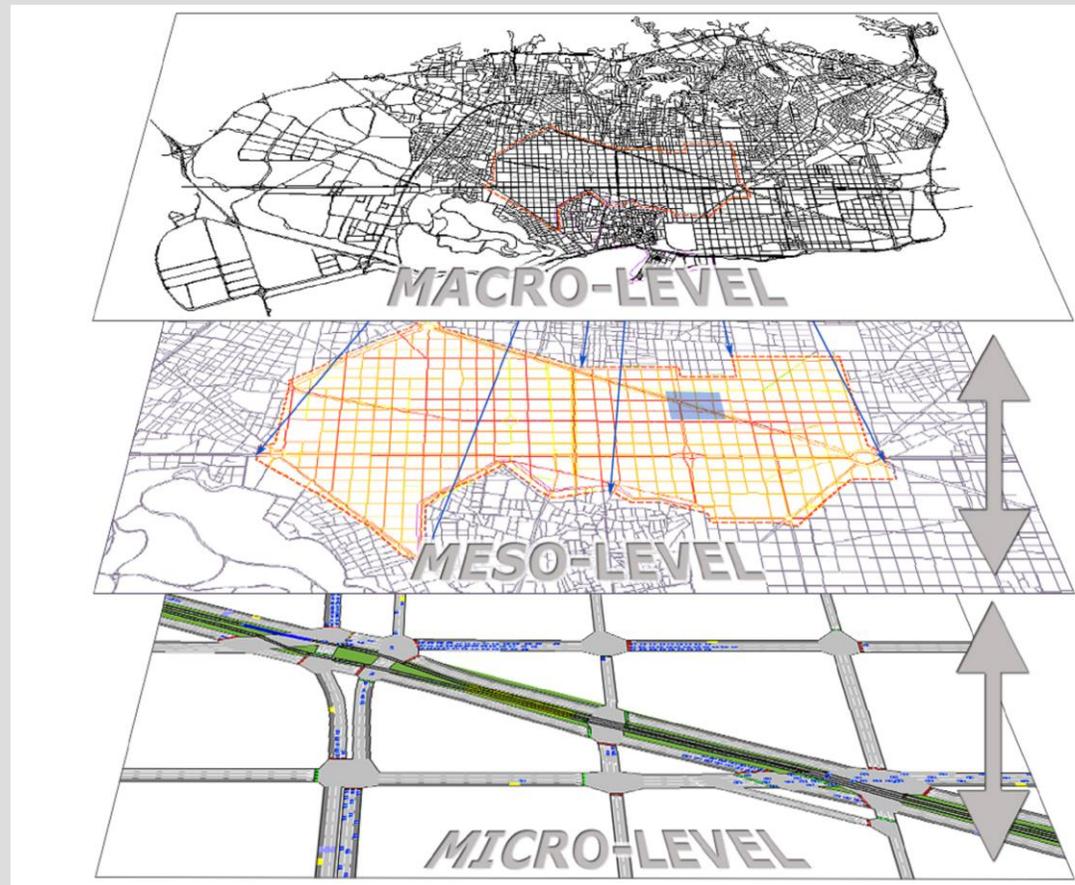
Softwares de Planejamento de Transporte

- Conceitos



Softwares de Planejamento de Transporte

- Conceitos



*Fonte: METHODOLOGICAL NOTES ON
COMBINING MACRO, MESO AND
MICRO MODELS FOR
TRANSPORTATION ANALYSIS J. Barceló,
J. Casas, D. García and J. Perarnau*



Softwares de Planejamento de Transporte

The screenshot displays the AIMSUN NG Advanced Edition 5.0.5 interface. The top window shows a network map with two views: View 1 (554x695) and View 2 (554x695). The bottom-left window shows the 'Section: 566, External Id: 1059 (Layer: Network, Level: 0)' settings. The 'Main' tab is active, showing the following parameters:

- Name: External Id: 1059
- Type: **Microscopic**
- Road Type: 108: street
- Maximum Speed: 40 Km/h
- Capacity: 400 vehs/h
- Distance Zone 1: 15 sec
- Distance Zone 2: 5 sec
- Distance On Ramp: 5 sec
- Yellow Box Speed: 14.4 Km/h
- Velocity Distance: 25 meters
- Jam Density: 200 veh/Km/lane
- Reaction Time factor: 1
- User Defined Cost: 0
- Second User Defined Cost: 0
- Third User Defined Cost: 0
- Volume Delay Function: 2334: VDF 31

The bottom-right window shows the 'Node: 789, Name: F3020 (Layer: Network, Level: 0)' settings. The 'Main' tab is active, showing the following parameters:

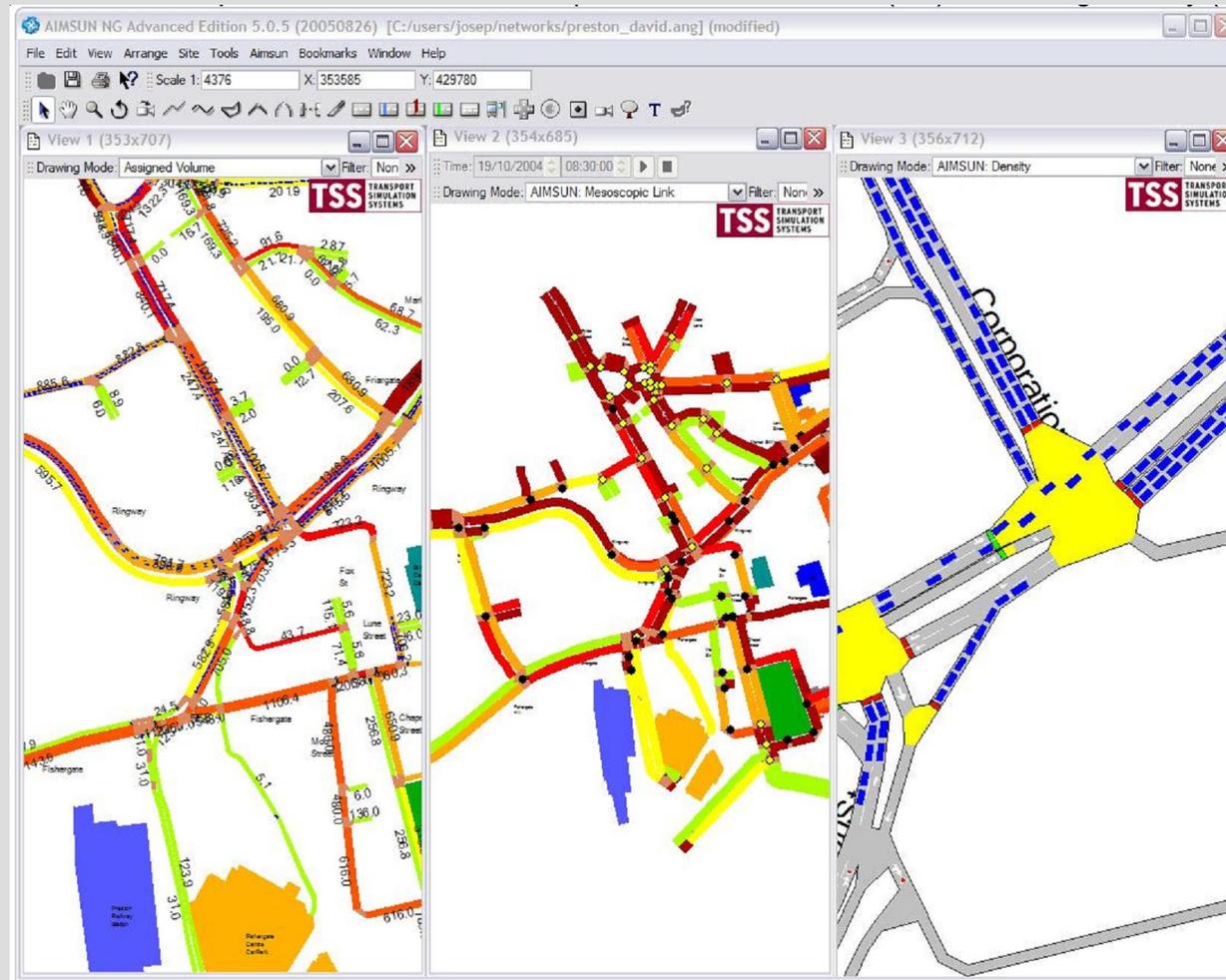
- Control Plan: AMPeak
- Type: Fixed
- Cycle: 120 secs.
- Offset: 24
- Yellow Time: 3 secs.

The 'Phases' section shows a preemption diagram with a cycle of 120 seconds. The phases are: 1 (green, 27s), 2 (green, 9s), 3 (red, 4s), 4 (red, 36s), 5 (green, 6s), and 6 (green, 7s). The 'Basics' section shows the 'Interphase' checkbox is unchecked, and the 'Signal' section shows 'Signal 2' is checked.

Fonte: METHODOLOGICAL NOTES ON
COMBINING MACRO, MESO AND
MICRO MODELS FOR
TRANSPORTATION ANALYSIS J. Barceló,
J. Casas, D. García and J. Perarnau



Softwares de Planejamento de Transporte



*Fonte: METHODOLOGICAL NOTES ON
COMBINING MACRO, MESO AND
MICRO MODELS FOR
TRANSPORTATION ANALYSIS J. Barceló,
J. Casas, D. García and J. Perarnau*



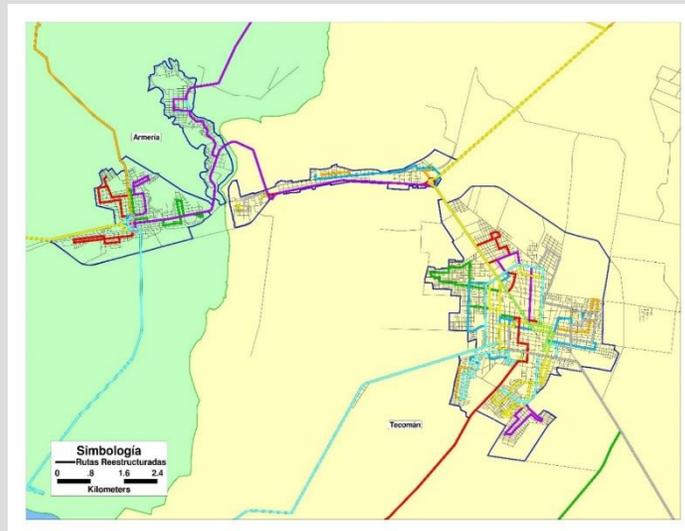
Softwares de Planejamento de Transporte

- Conceitos: Macro simulação
 - A demanda por transporte é uma demanda derivada das atividades humanas.
 - O padrão do fluxo no sistema de transporte é determinado tanto pelo sistema de transporte como pelo sistema socioeconômico.



Softwares de Planejamento de Transporte

- Softwares de Simulação – Exemplos de Softwares
 - Modelística TRANUS
 - Sistema de modelagem de uso da terra e transporte
 - <http://www.tranus.com/tranus-portugues/baixar-instalar>



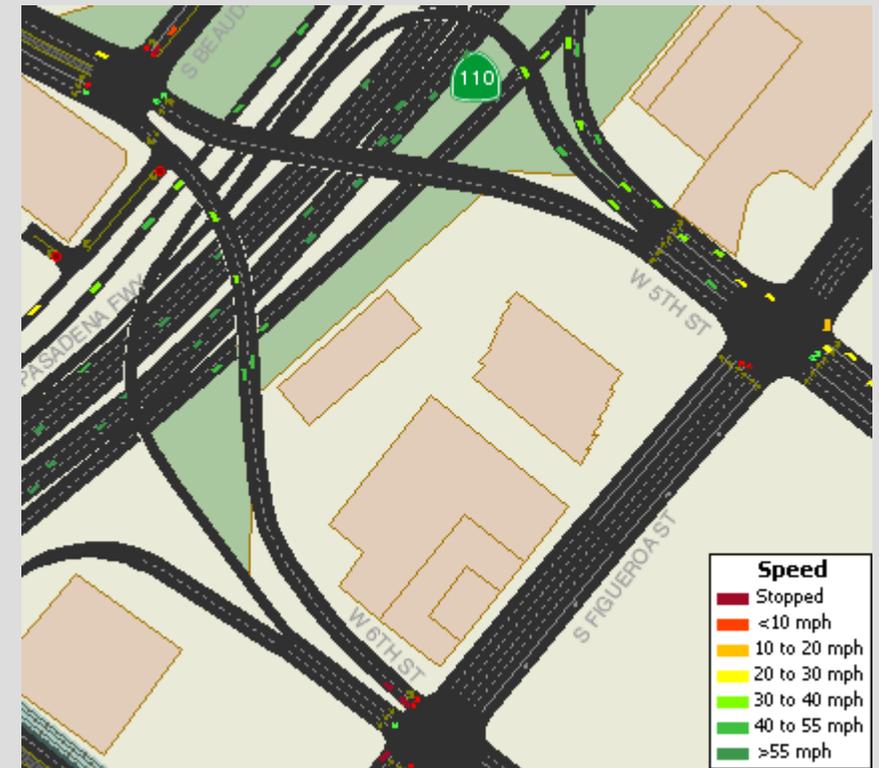
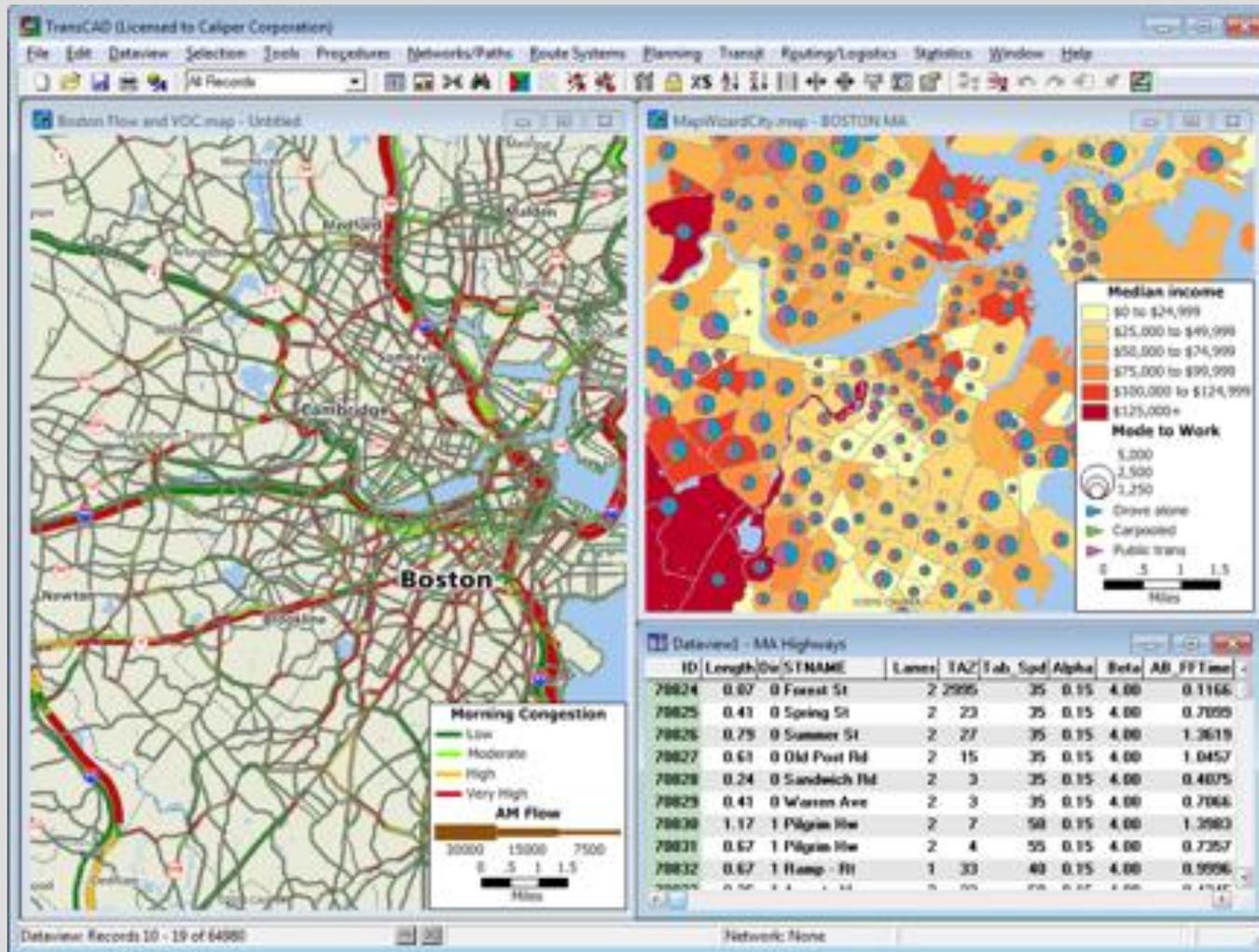
Softwares de Planejamento de Transporte

- Softwares de Simulação – Exemplos de Softwares
 - Plataforma Caliper
 - Maptitude - Georeferenciamento
 - TransCAD – Modelagem de transporte (Macro)
 - TransModeler – Modelagem de tráfego (Micro)

Maptitude
Geographic Information System



Softwares de Planejamento de Transporte

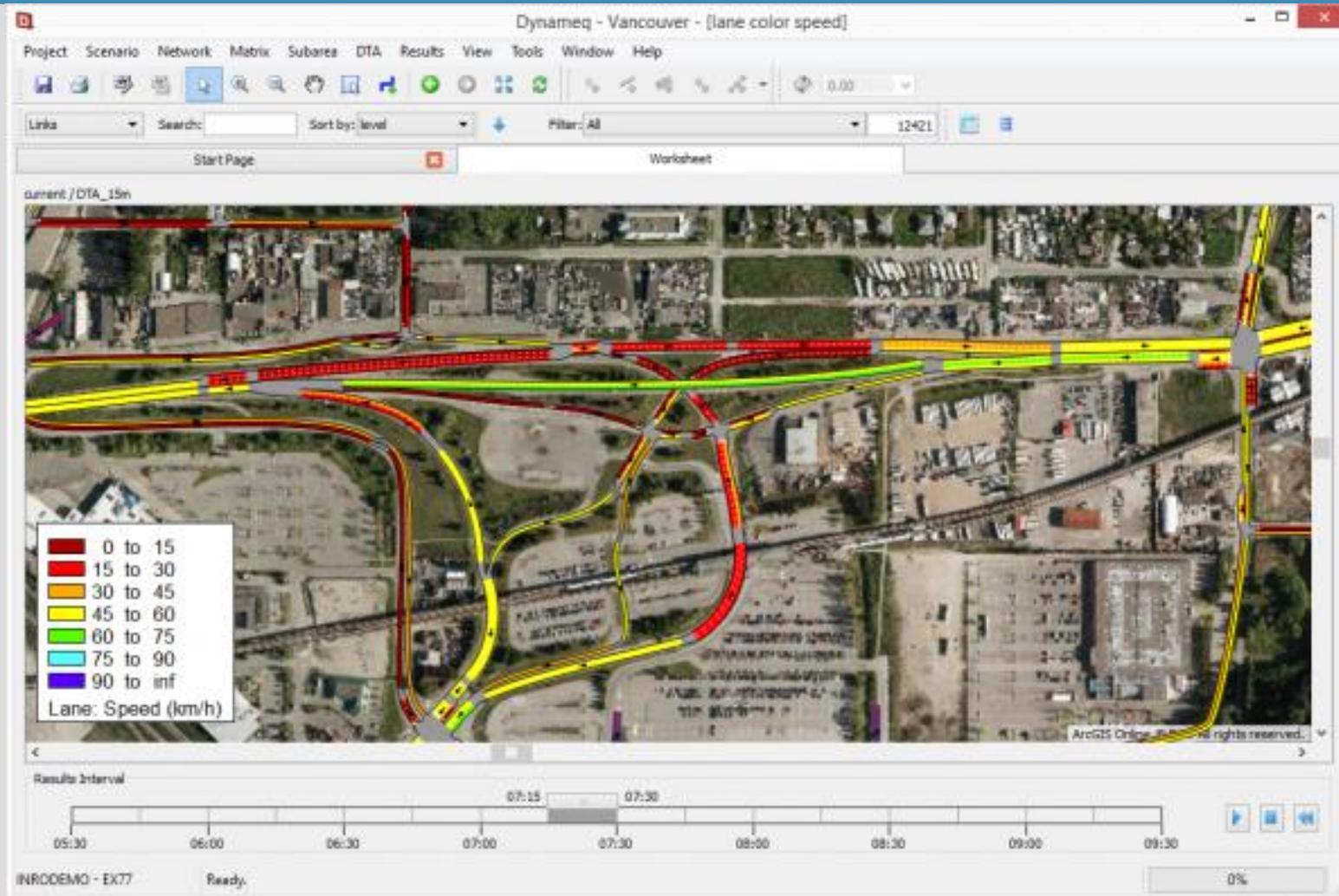


Softwares de Planejamento de Transporte

- Softwares de Simulação –
Exemplos de Softwares
 - Plataforma Inro
 - Inro CityPhi – Modelagem de terrenos e atividades (vídeo)
 - Inro Emme – Modelagem de transporte (Macro) (vídeo)
 - Inro Dynameq – Modelagem de tráfego (Micro) (imagem)



Softwares de Planejamento de Transporte



Softwares de Planejamento de Transporte

- Softwares de Simulação – Exemplos de software
 - Plataforma TSS-Aimsum
 - Aimsun macro, meso and micro integration - <https://www.youtube.com/watch?v=V3hF87X97hw>
 - Aimsun 7 hybrid simulation - <https://www.youtube.com/watch?v=AMk1H2I2D5I>
 - Aimsun 3D freeway simulation - <https://www.youtube.com/watch?v=8OBKipKiahY>



Softwares de Planejamento de Transporte

- Softwares de Simulação

- Plataforma PTV Group

- PTV Visum – Modelagem de Transporte (Macro/Meso)
 - PTV Vistro – Engenharia de Tráfego (Macro/Meso)
 - PTV Vissim – Simulação de Tráfego (Micro)
 - PTV Viswalk – Simulação de Pedestres (Micro)

- PTV Vissim: Simulation of Non-Lane-Based Traffic -
https://www.youtube.com/watch?v=IF_RoSlofyA

- PTV Vissim: A Roundabout with Tram Priority -
<https://www.youtube.com/watch?v=RtxEZINCpCw>

- PTV Vissim and Viswalk: Simulation of a Signalised Pedestrian Crossing -
<https://www.youtube.com/watch?v=NrpW1e8IFeA>



Softwares de Planejamento de Transporte

- Softwares de Simulação – Exemplos de software

- Simulação de Pedestres (Micro)

- Legion

- Legion Rail & Metro Overview -

- <https://www.youtube.com/watch?v=vGg-aEK2gzc>



- SimWalk

- 3D Rail and Passenger / Pedestrian Simulation with SimWalk

- [Transport - https://www.youtube.com/watch?v=b3VwMdhoMrY](https://www.youtube.com/watch?v=b3VwMdhoMrY)



Modelos macroscópicos



Departamento de Engenharia de Transportes
PTR5732 - ANÁLISE E AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE
TRANSPORTES



Modelos Macroscópicos

- Objetivos
 - Estudos agregados de demanda: modelo 4 Etapas
 - Avaliações macroscópicas de fluxos veiculares: equação de fluxo e avaliação de capacidade
- Nomenclatura pode variar: “mesoscópica”



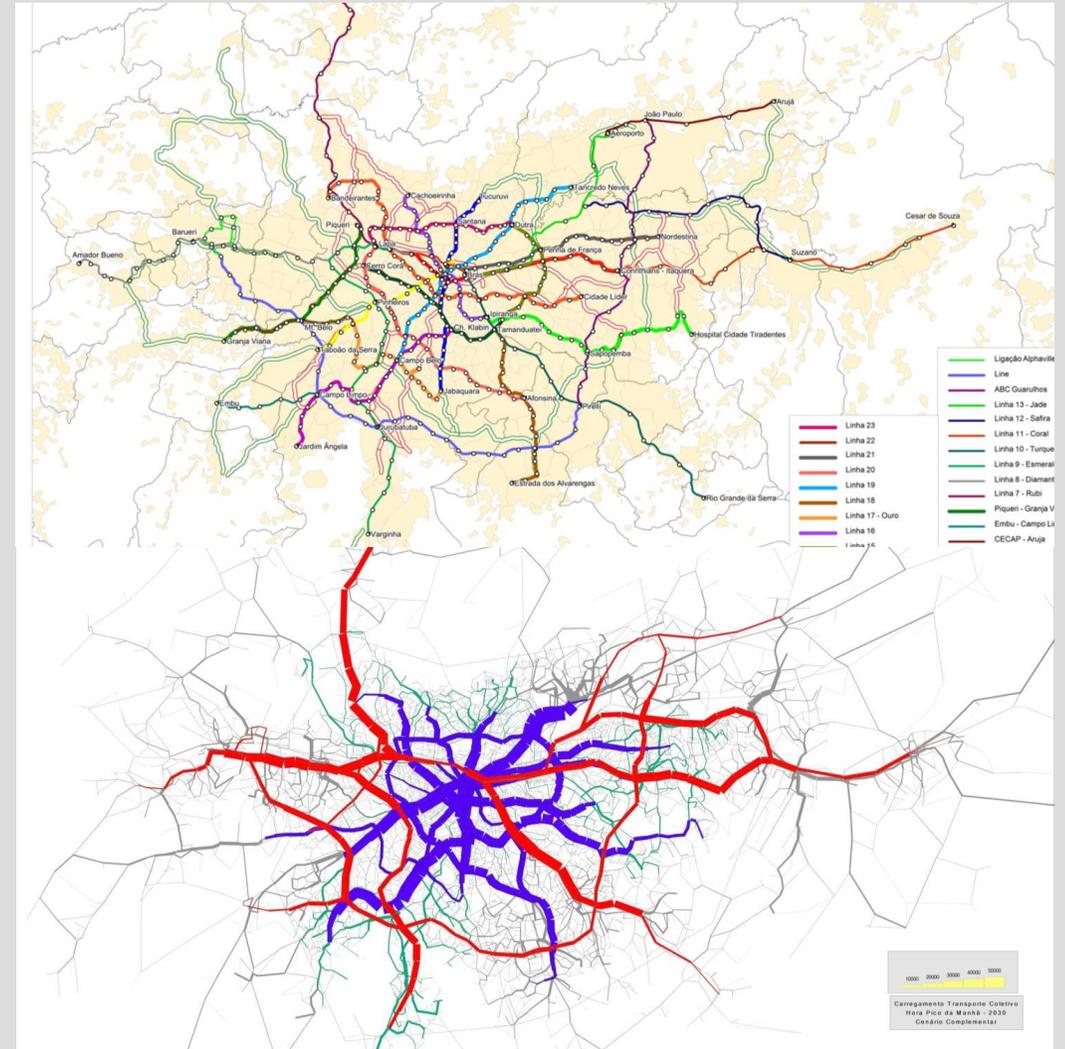
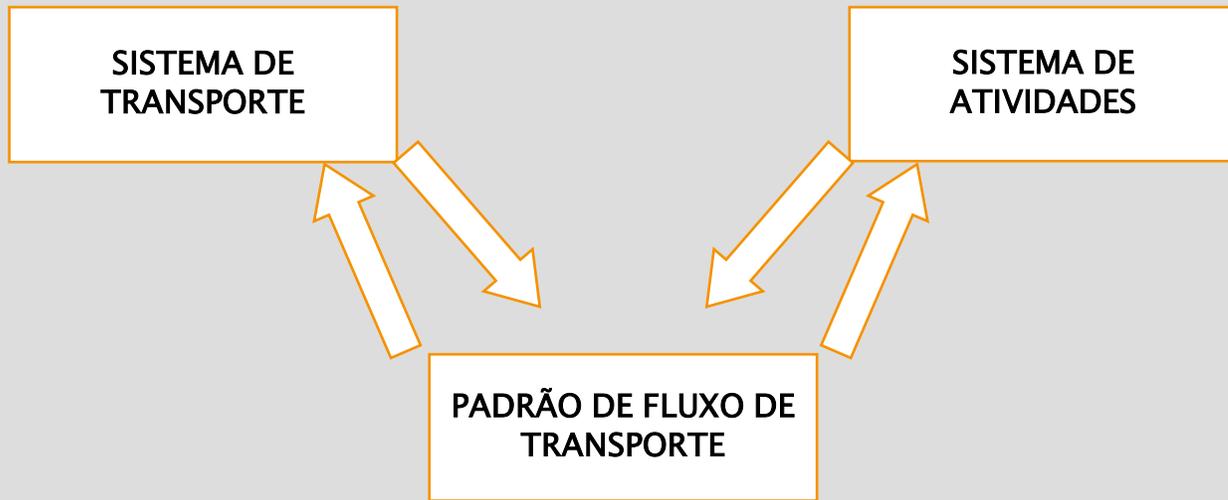
Modelos Macroscópicos

- Modelo 4 Etapas
 - Objeto de outra disciplina específica do curso, mas em resumo...



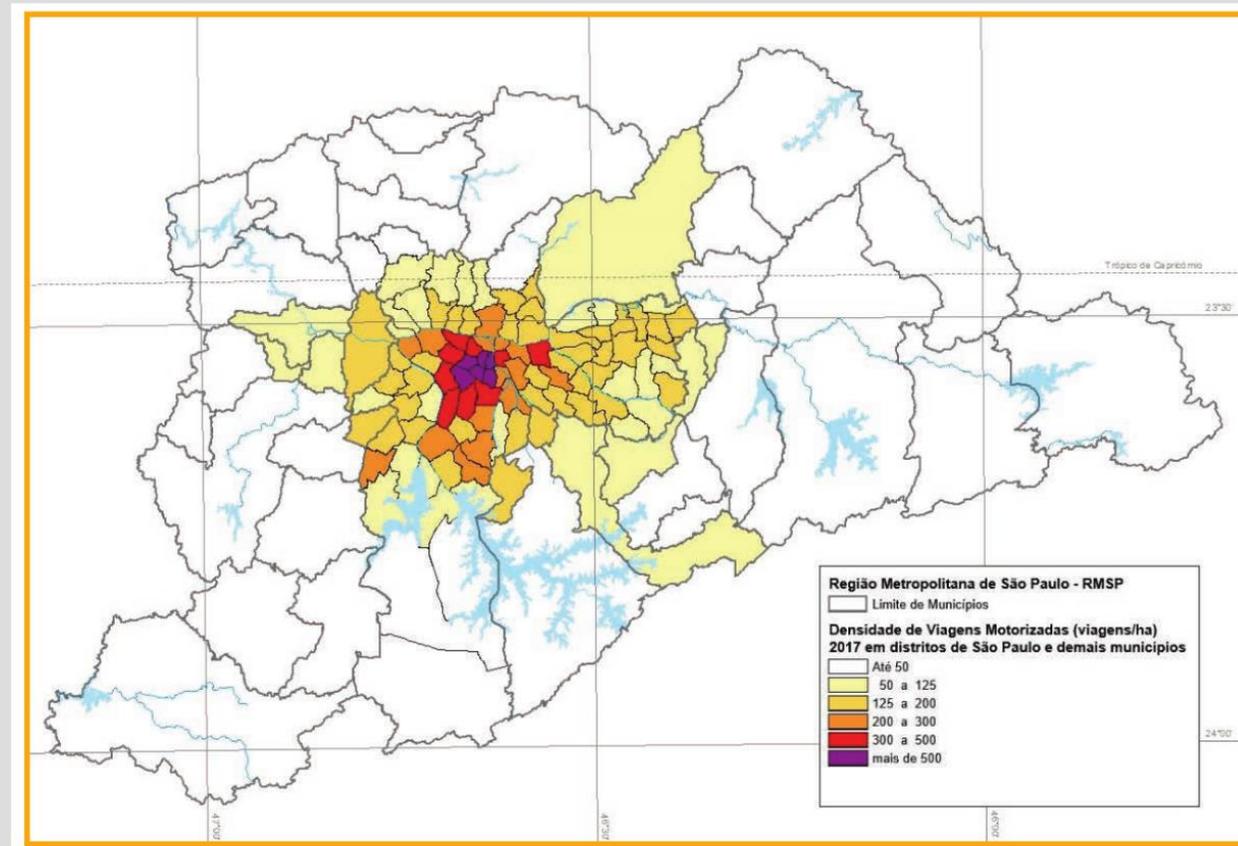
Modelos Macroscópicos

- Macro simulação



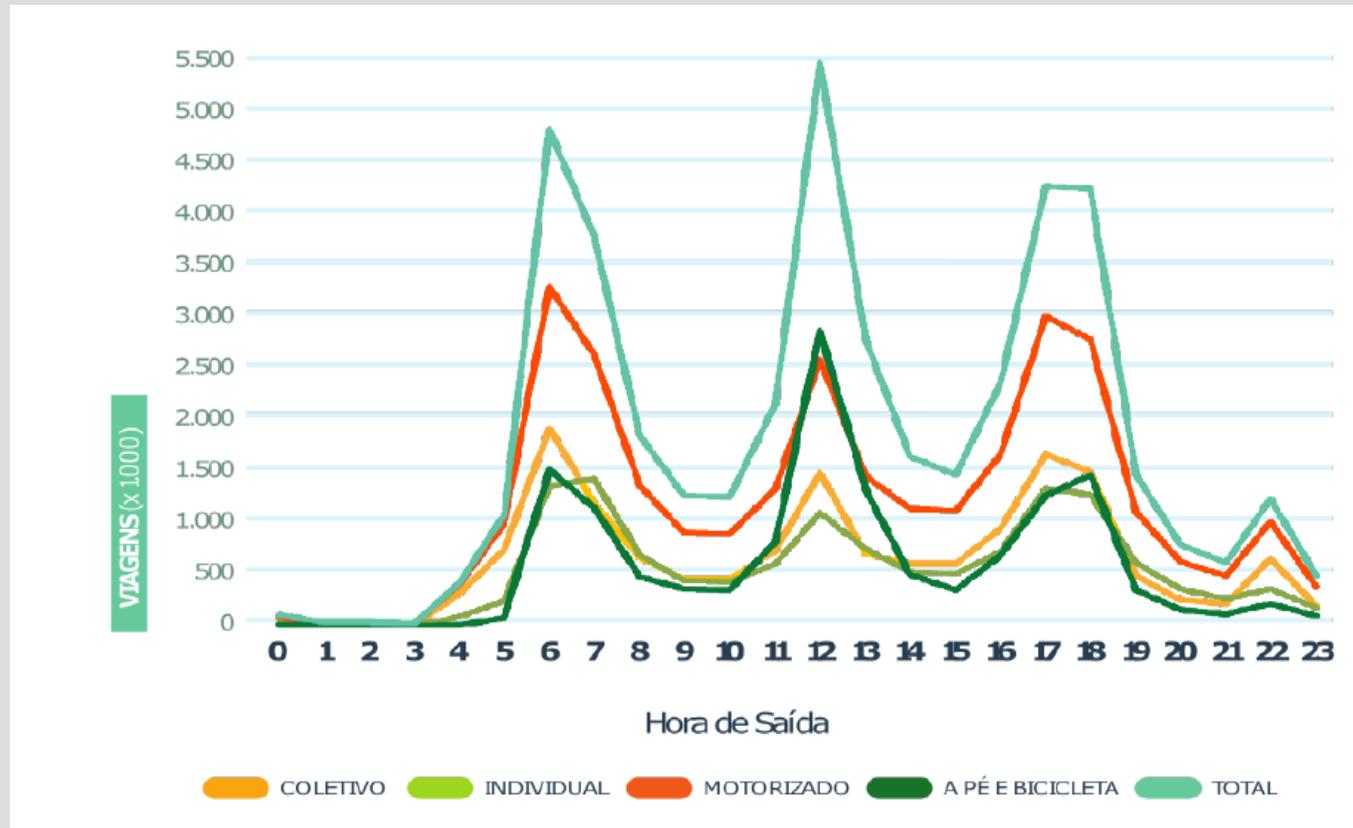
Modelos Macroscópicos

- Macro simulação

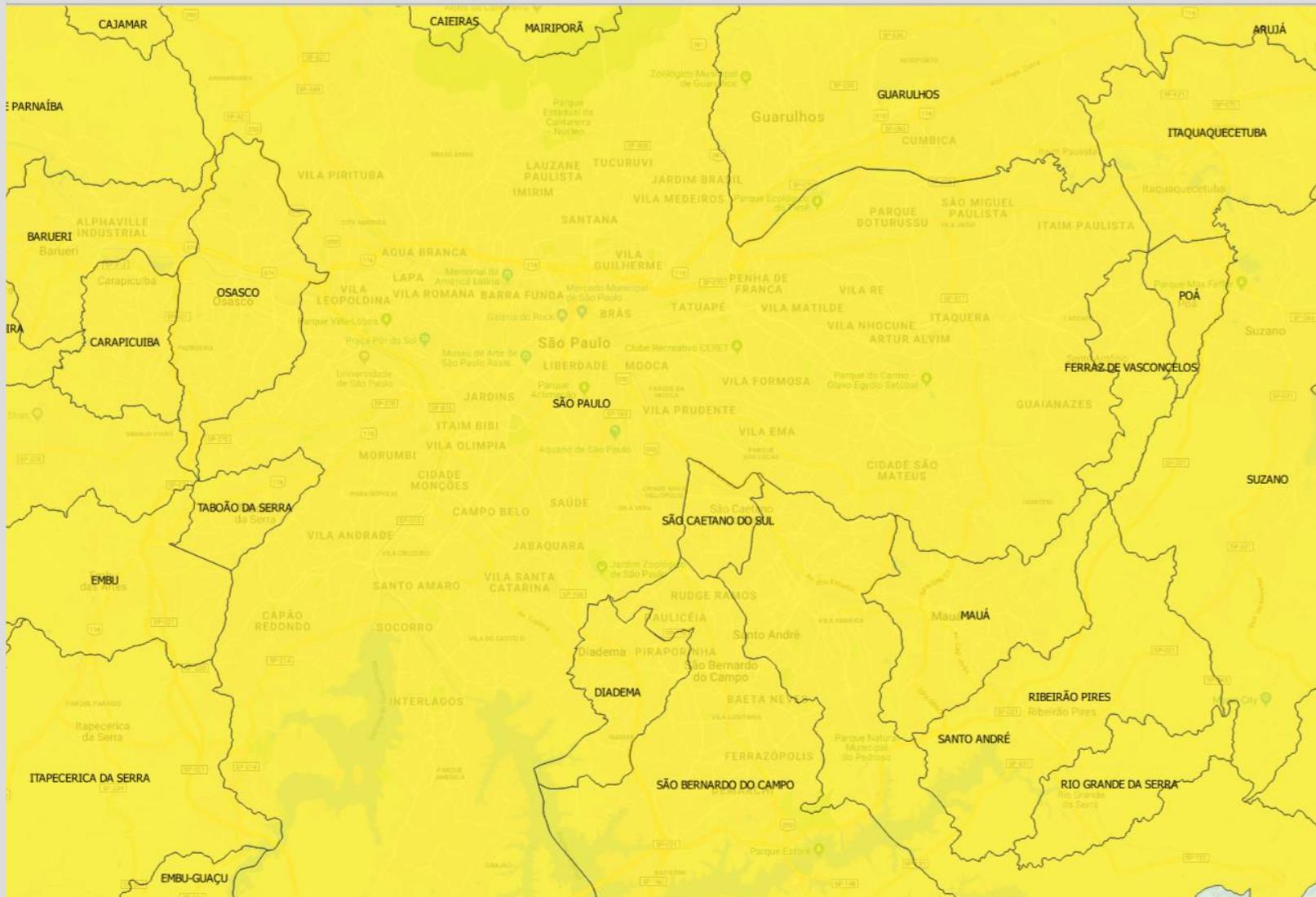


Modelos Macroscópicos

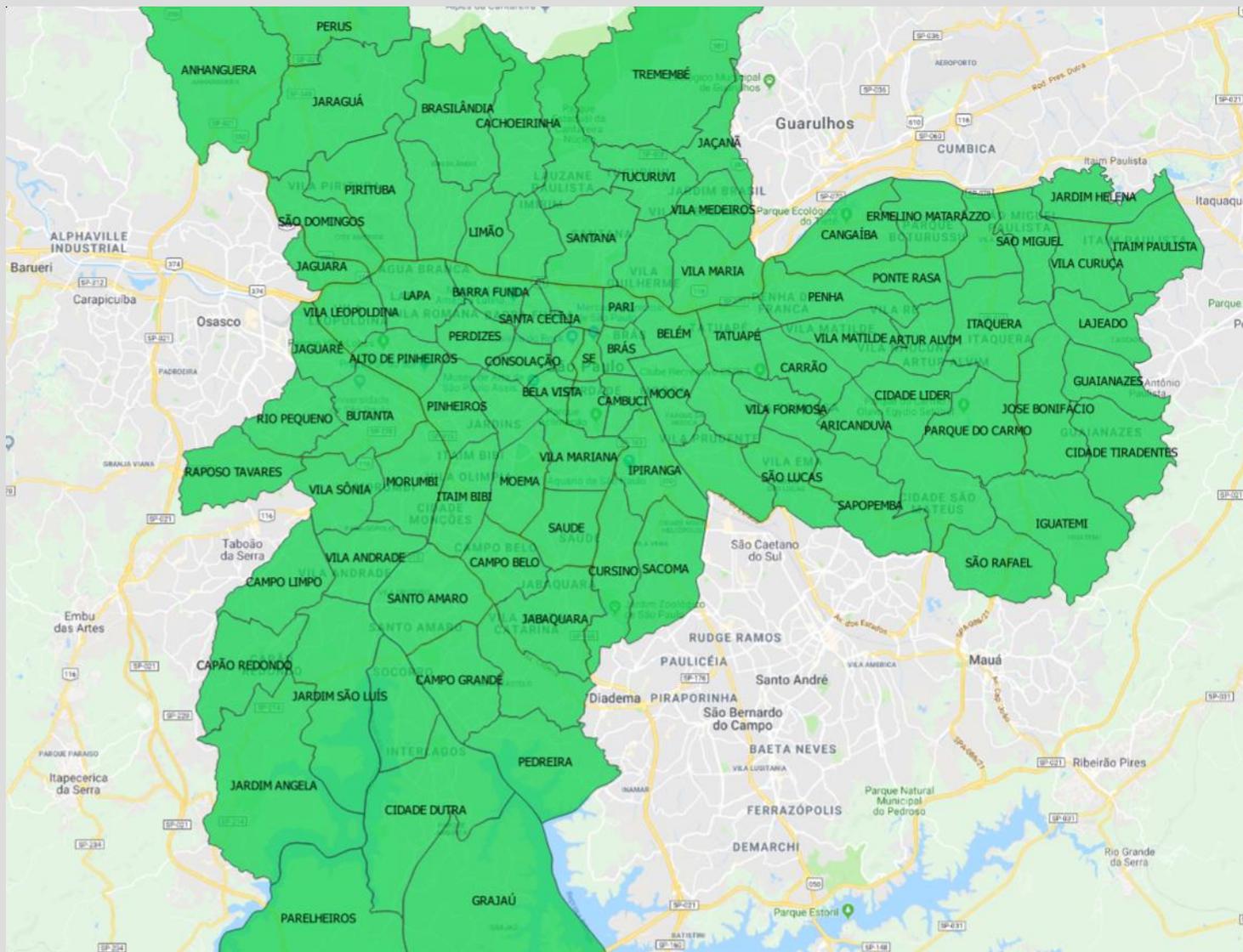
- Macro simulação



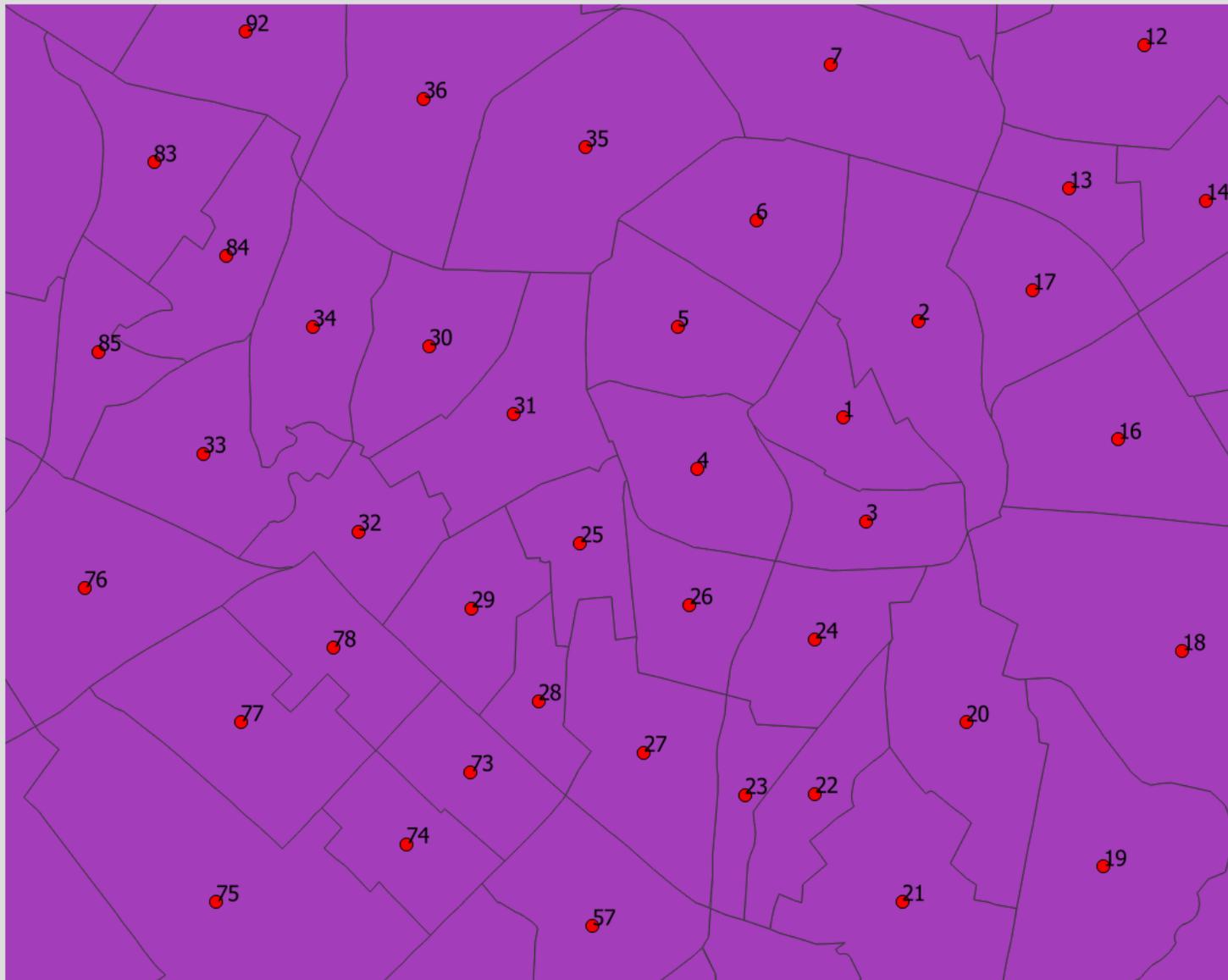
Modelos Macroscópicos



Modelos Macroscópicos



Modelos Macroscópicos

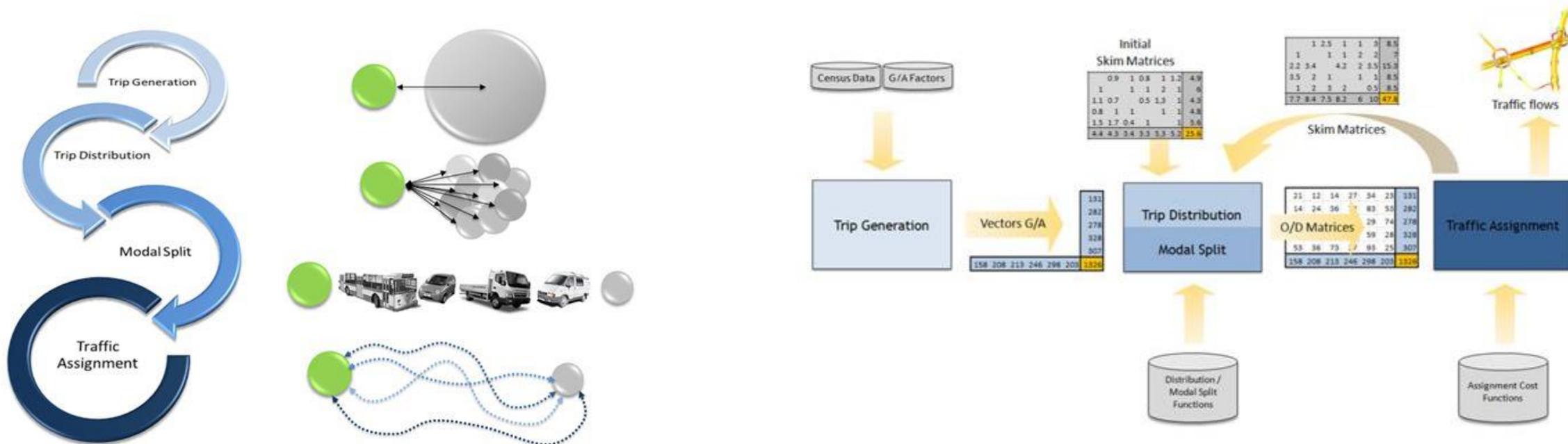


Modelos Macroscópicos



Modelos Macroscópicos

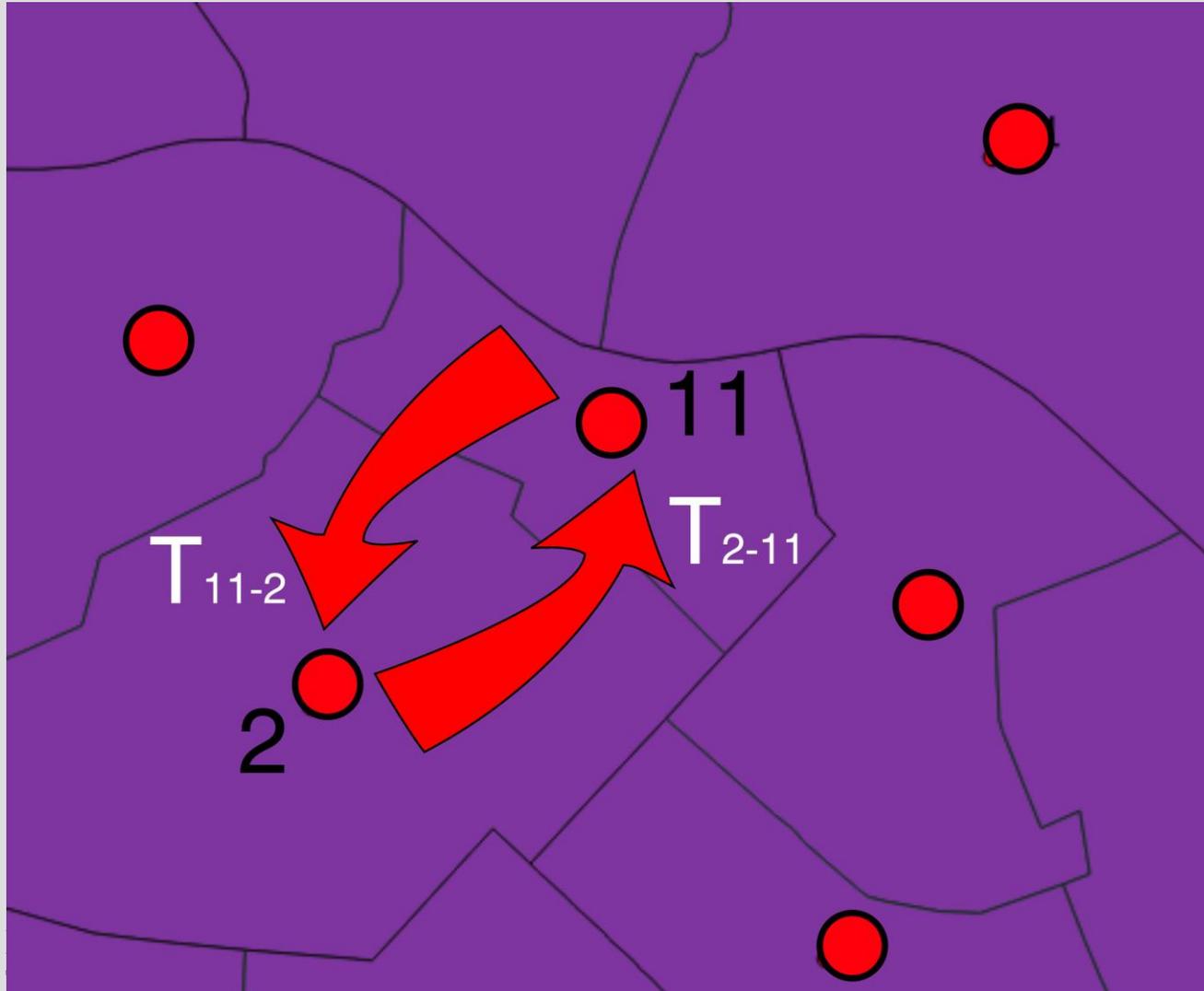
- Macro simulação
 - Modelo Agregado: Método 4 etapas



Fonte: TSS, Aisum, divulgação



Modelos Macroscópicos

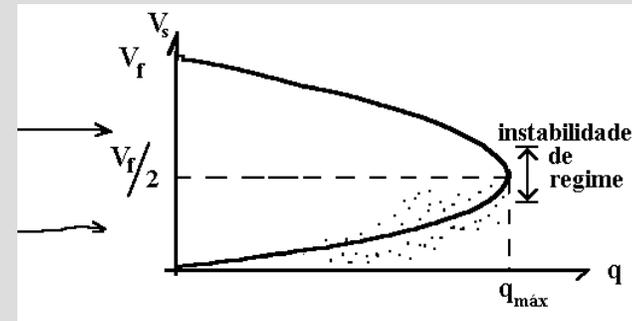
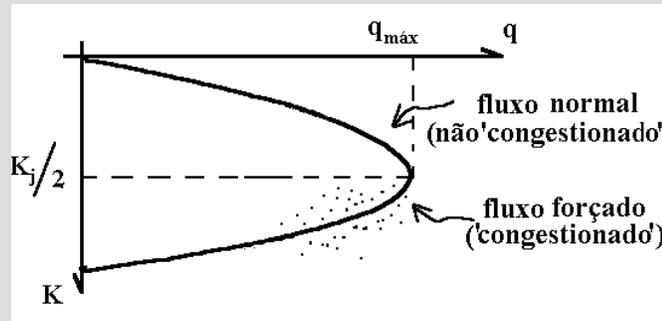


Modelos Macroscópicos

- Modelo de Fluxo de Tráfego
 - Abordagem macroscópica (ou **meso**) considera a corrente de tráfego como um fluxo contínuo de veículos com comportamento homogêneo, sem se preocupar com o desempenho individual dos veículos e a interação entre eles.



Modelos Macroscópicos -



- Retomando da Aula 4 - Capacidade Viária
 - fluxo normal ($q=Q$)
 - fluxo forçado ($C < Q$)



Modelos Macroscópicos

- Modelo de Fluxo de Tráfego
 - A relação fundamental de tráfego é dada por

$$q = \bar{u}_s \cdot k$$

onde q = fluxo de tráfego (veic/h);

\bar{u}_s = velocidade média no espaço (km/h);

k = densidade de tráfego (veic/km).



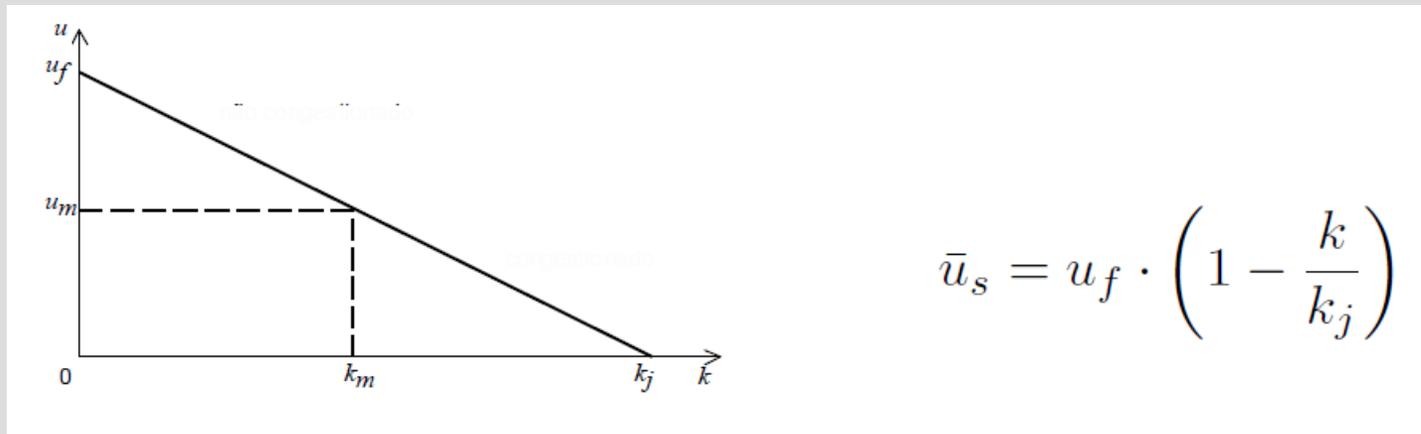
Modelos Macroscópicos

- Modelo de Fluxo de Tráfego
 - Se o número de veículos na via é muito grande, a velocidade média de tráfego (u_s) tende a diminuir e a densidade atinge um valor máximo denominado densidade de congestionamento (k_j).
 - Por outro lado, se a densidade é muito baixa, os veículos podem trafegar livremente na via e podem atingir a velocidade de fluxo livre (u_f).



Modelos Macroscópicos

- Modelo de Fluxo de Tráfego
 - Greenshields (1934) estabeleceu um modelo linear para explicar a relação entre a velocidade e a densidade no intervalo entre u_f e k_j .



Greenshields, B.D. A Study of Highway Capacity. Proceedings of the Highway Research Board, v.14, 1934.



Modelos Macroscópicos

- Modelo de Fluxo de Tráfego
 - Greenberg (1959) apresentou uma relação entre velocidade e densidade sob a forma logarítmica.

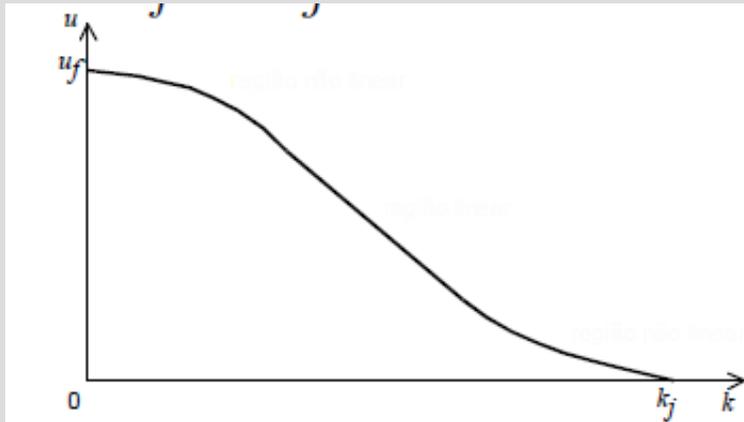
$$\bar{u}_s = c \cdot \ln \left(\frac{k}{k_j} \right)$$

Greenberg, H. An Analysis of Trac Flow. Transportation Research, v.7, 1959.



Modelos Macroscópicos

- Modelo de Fluxo de Tráfego
 - Underwood (1961) apresentou uma formulação não-linear nas imediações de u_f e k_j .



$$\bar{u}_s = u_f \cdot e^{-\frac{k}{k_j}}$$

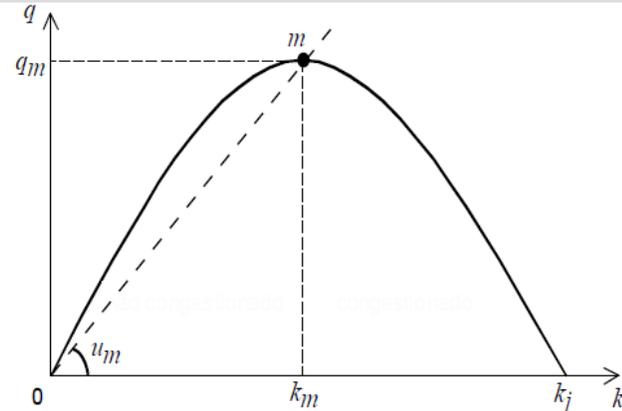
Underwood, R.T. Speed, Volume, and Density Relationships: Quality and Theory of Trac Flow. Yale Bureau of Highway Trac: 141-188. 1961.



Modelos Macroscópicos

- A partir do modelo linear de Greenchiolds (1939) para a relação entre velocidade e densidade e possível obter uma relação entre fluxo e densidade, dada por:

$$q = u_f \cdot \left(k - \frac{k^2}{k_j} \right)$$



onde $q_m = (u_f \cdot k_j)/4 =$ fluxo máximo ou capacidade (veic/h);

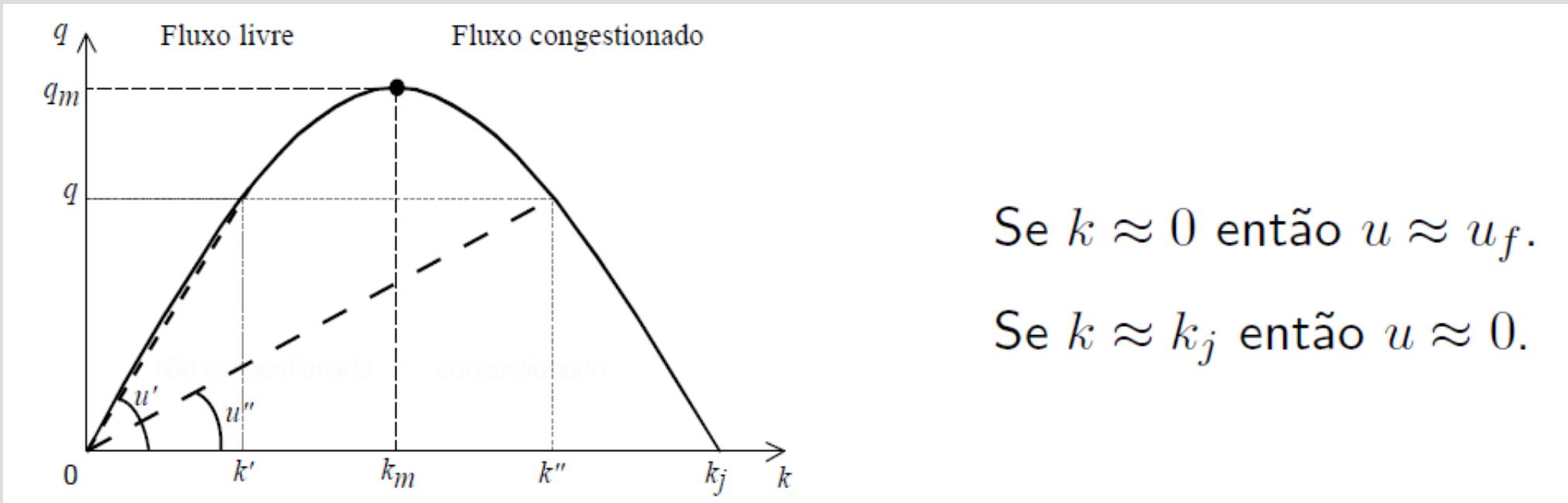
$u_m = u_f/2 =$ velocidade crítica (km/h);

$k_m = k_j/2 =$ densidade crítica (veic/km).

No ponto m ocorre a transição entre os fluxos livre e congestionado.



Modelos Macroscópicos

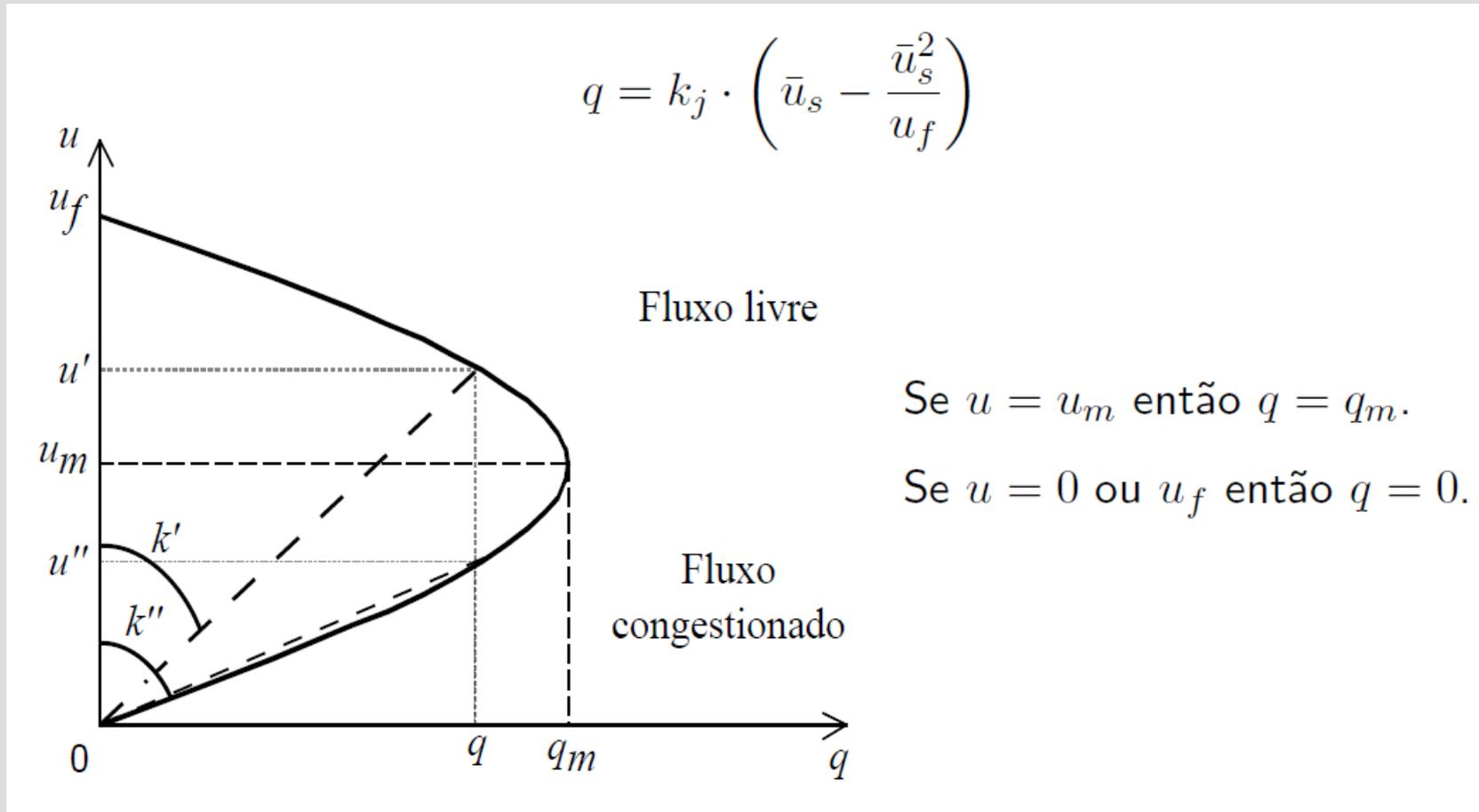


Se $k \approx 0$ então $u \approx u_f$.

Se $k \approx k_j$ então $u \approx 0$.



Modelos Macroscópicos



Modelos Macroscópicos

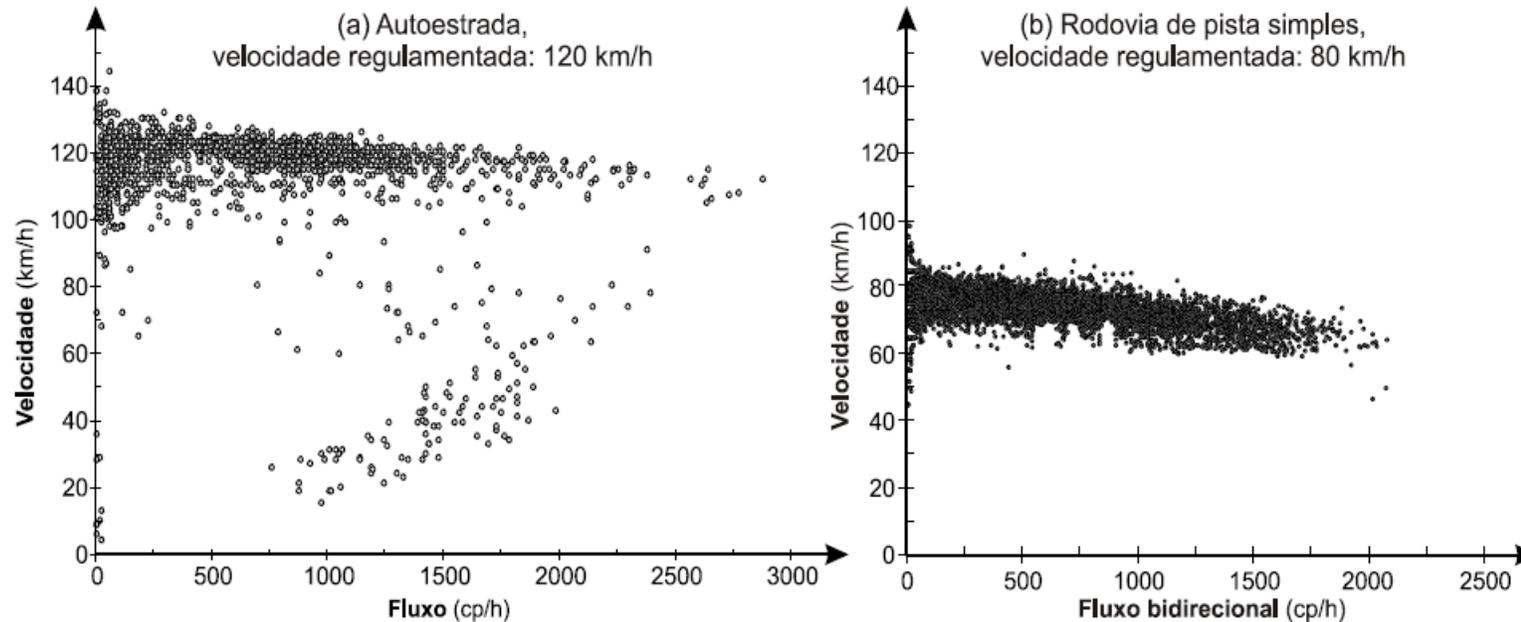


Figura 2: Observações fluxo vs. velocidade em rodovias do estado de São Paulo, com menos de 2% de veículos pesados: (a) faixa de tráfego próxima ao canteiro central de uma autoestrada de projeto geométrico com condições ideais; (b) rodovia de pista simples de projeto geométrico com condições ideais

³Setti, J. R. (2009). Highway Capacity Manual ou um manual de capacidade rodoviária brasileiro. In: Anais do Congresso Brasileira de Rodovias e Concessões.



Modelos Macroscópicos

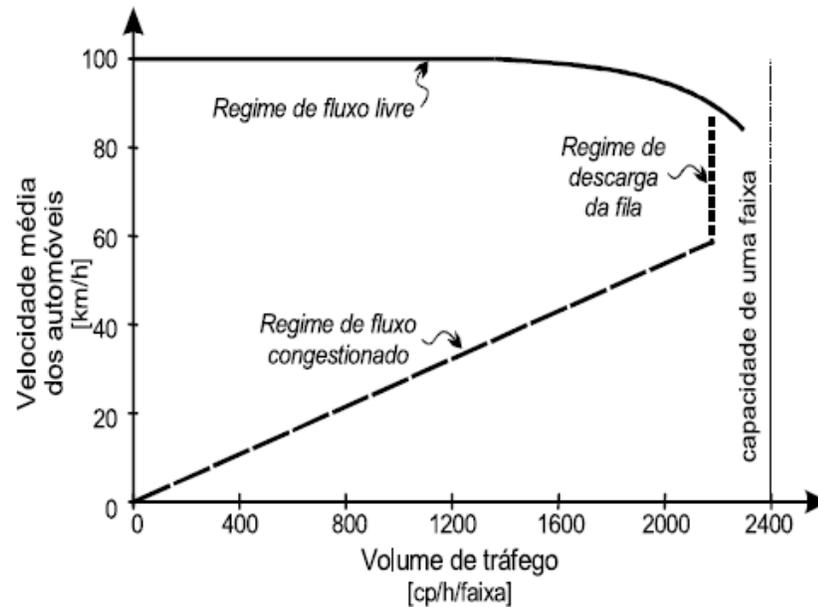


Figura 4: Regimes de fluxo em freeways (baseado em TRB, 2000, Figura 13-4, p. 13-5)

³ Demarchi, S. H. & Setti, J. R. (2009). Análise de Capacidade e Nível de Serviço de Segmentos Básicos de Rodovias utilizando o HCM 2000.



Modelos microscópicos

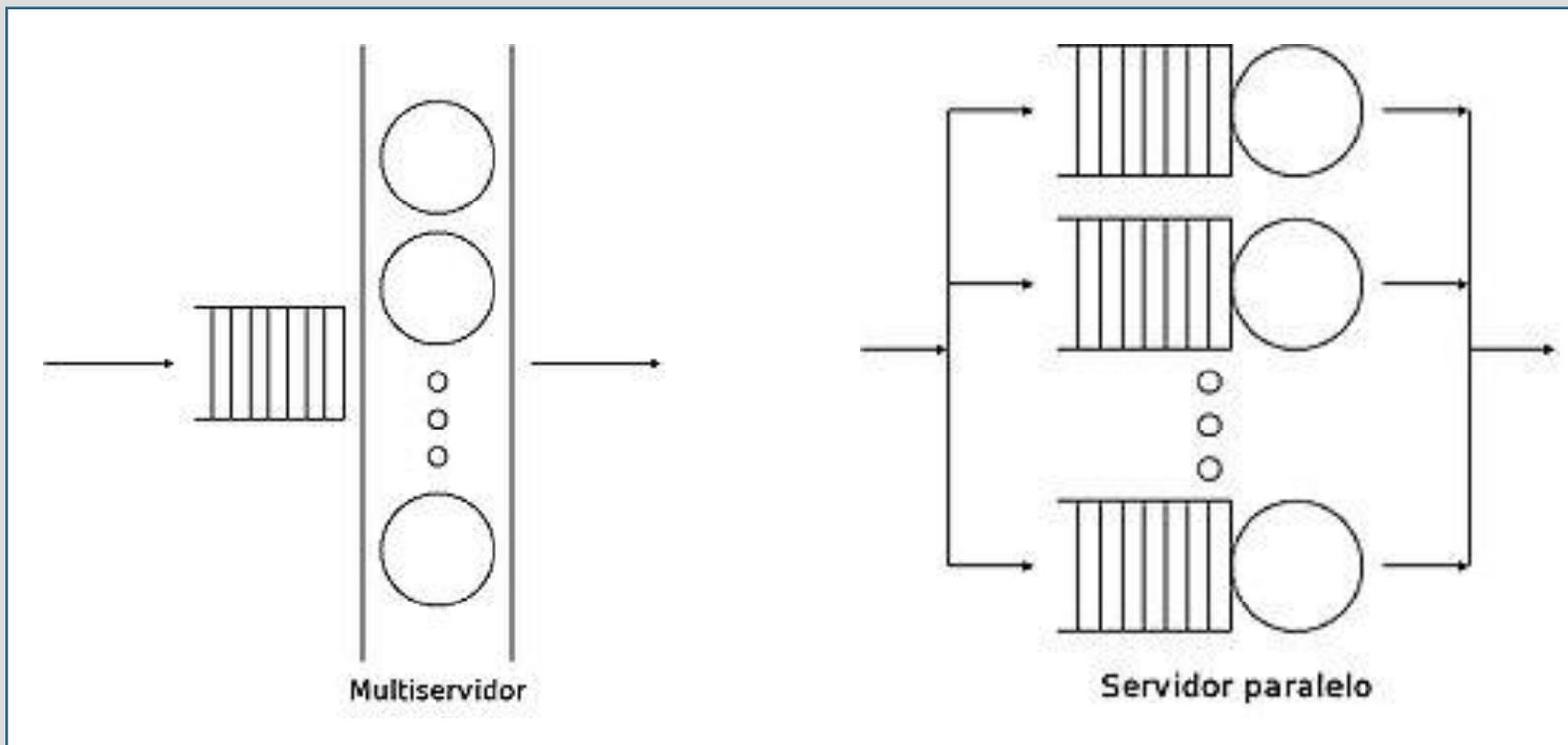


Departamento de Engenharia de Transportes
PTR5732 - ANÁLISE E AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE
TRANSPORTES

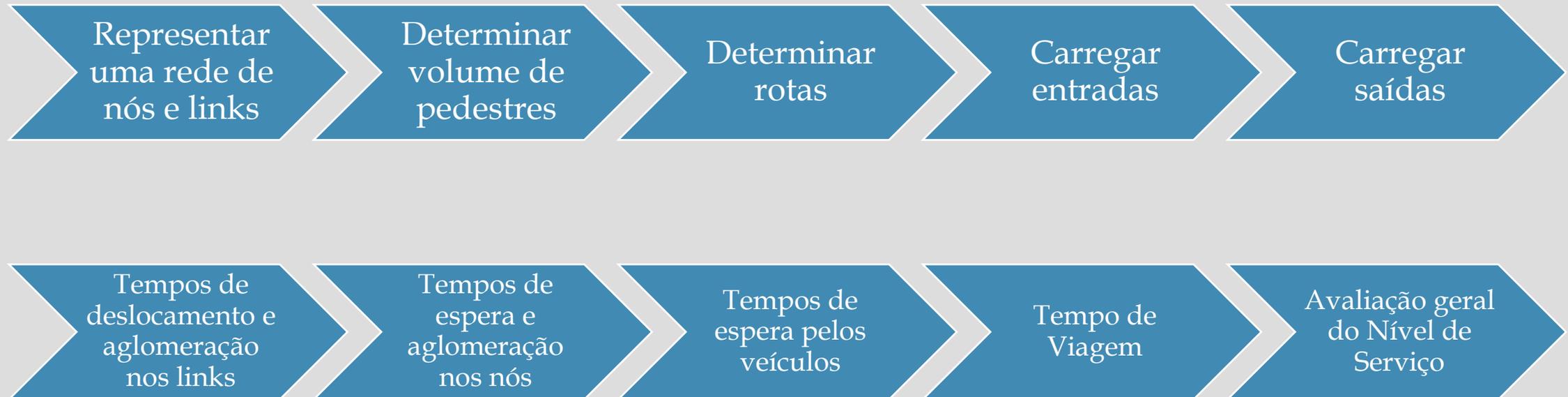


Modelos de Planejamento de Transporte

- Conceitos: Micro simulação – Teoria de Filas

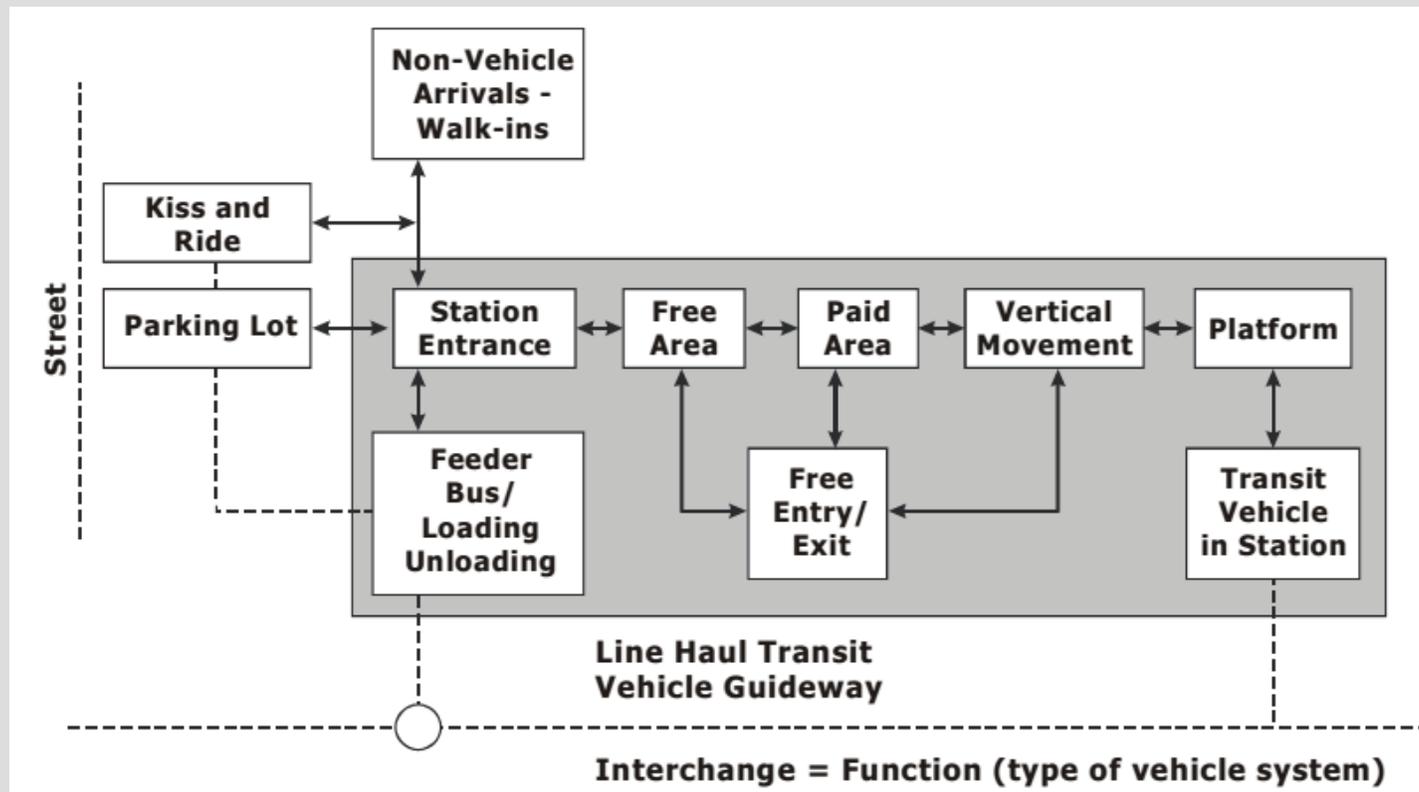


Modelos Microscópicos



Modelos Microscópicos

- Sistema de circulação (visto na aula 5)

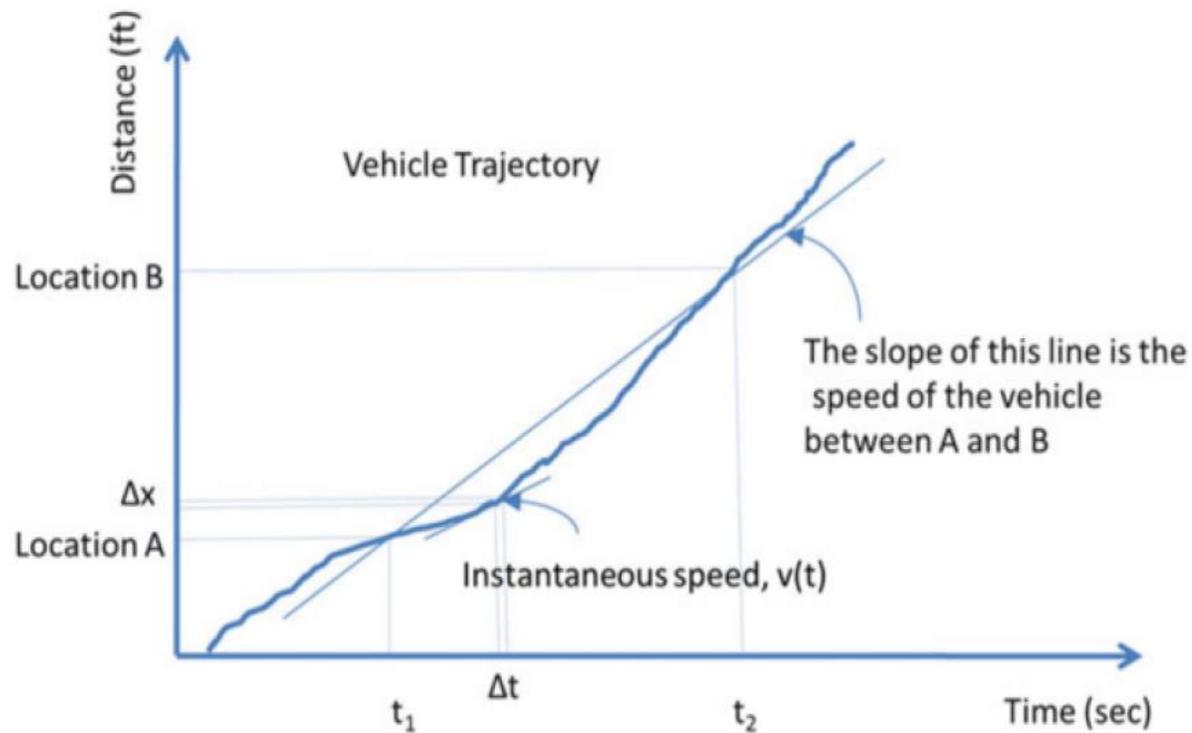


Fonte: *Transit Capacity and Quality of Service Manual, 2nd Edition (2003)*



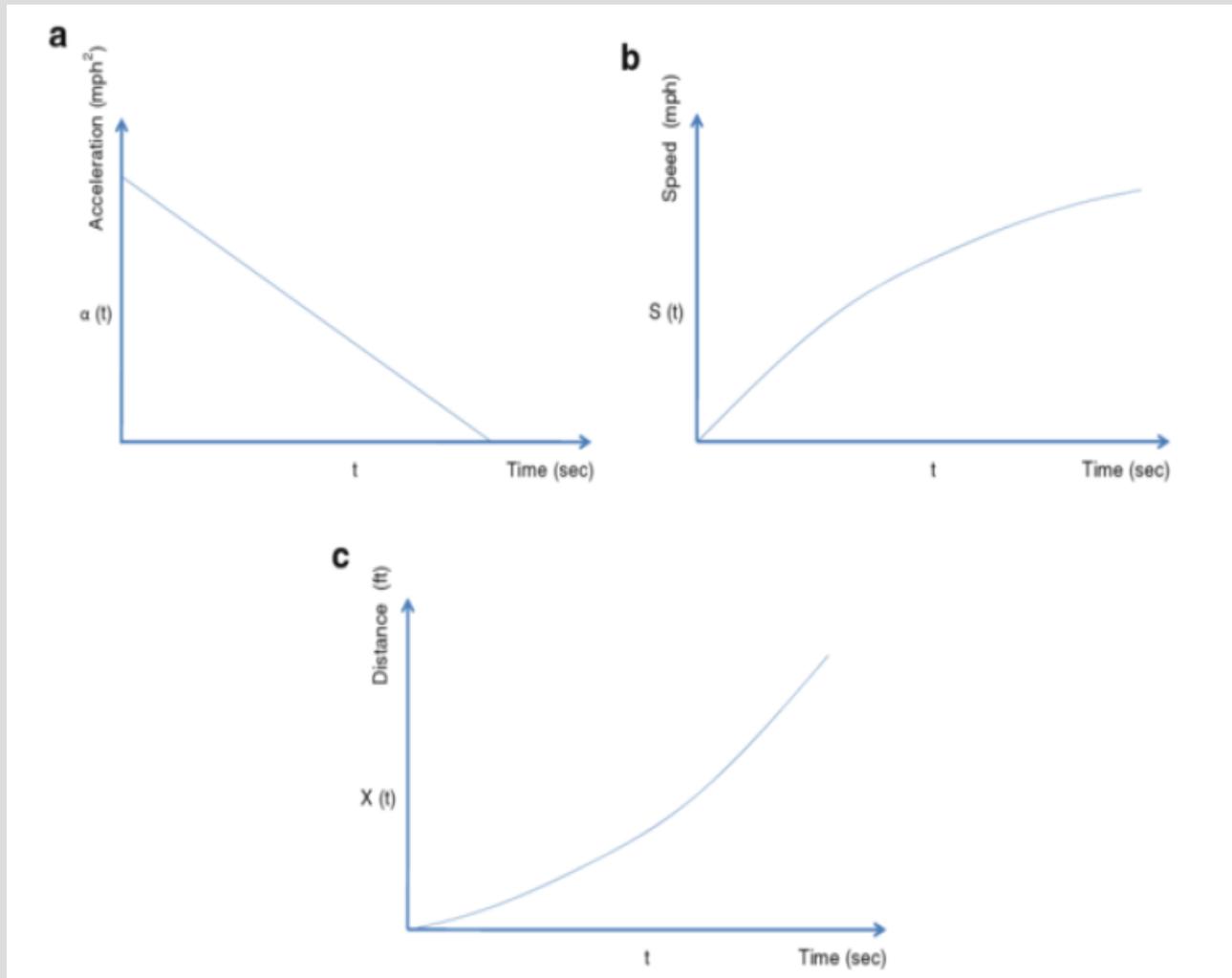
Modelos Microscópicos

- Movimiento de vehículo independiente



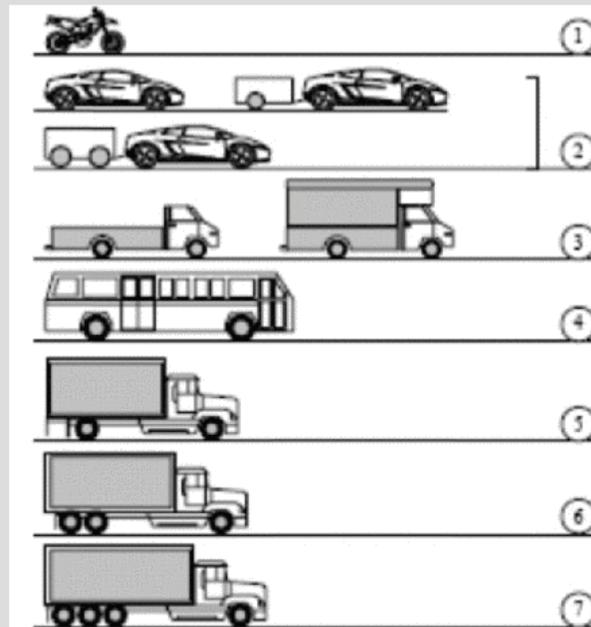
Modelos Microscópicos

- Aceleração variável



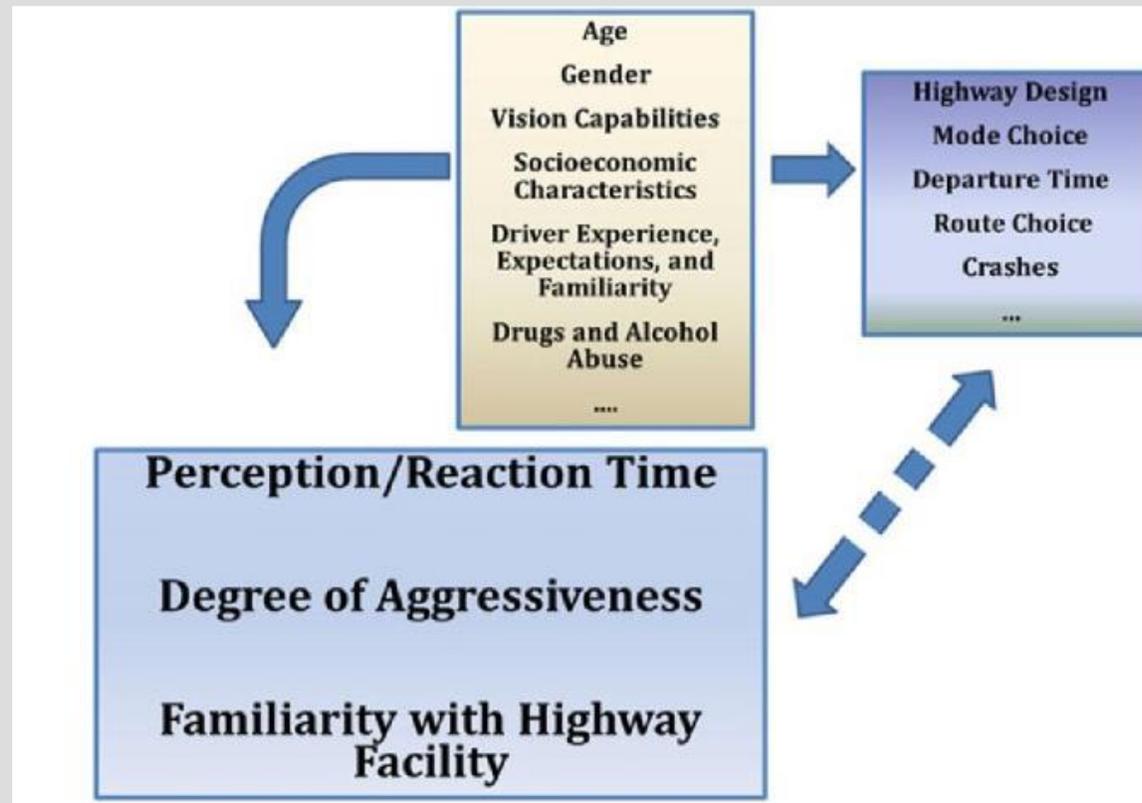
Modelos Microscópicos

- Efeito das características dos veículos



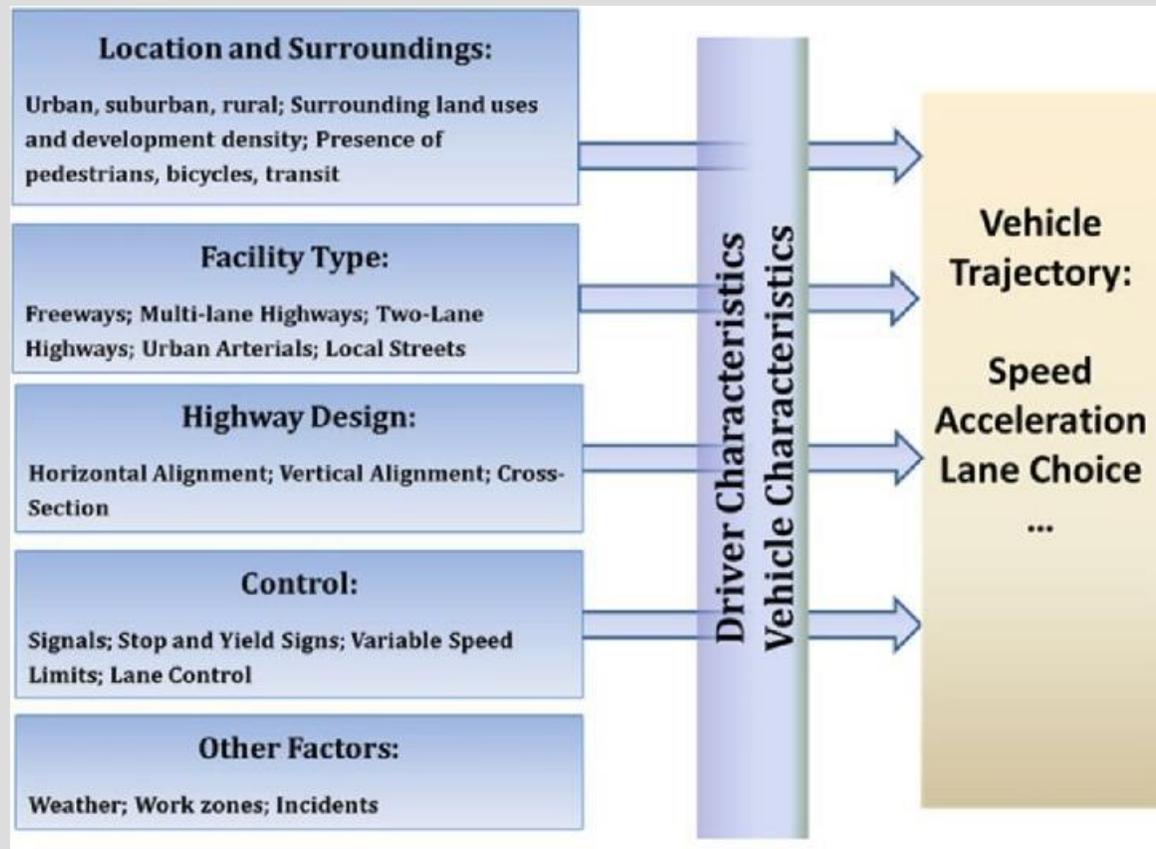
Modelos Microscópicos

- Efeito das características dos motoristas



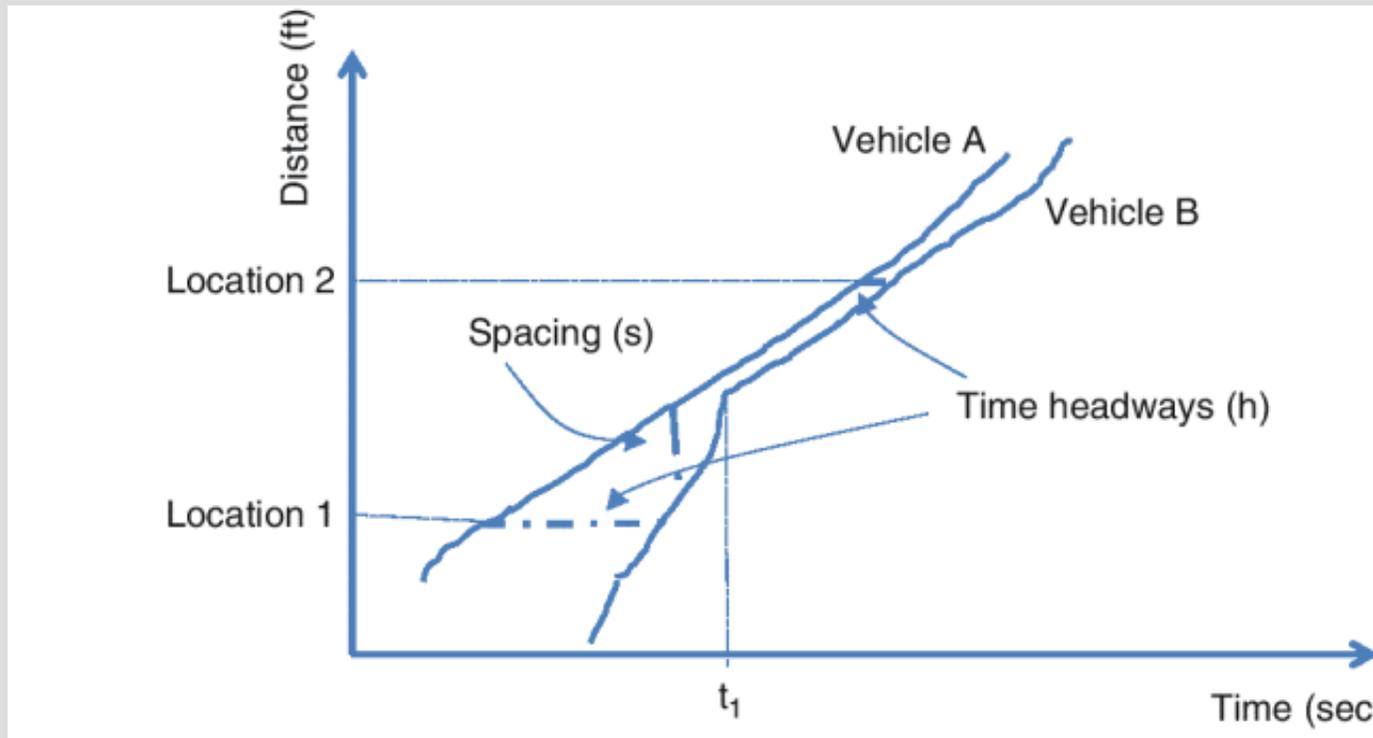
Modelos Microscópicos

- Efeito das características do ambiente



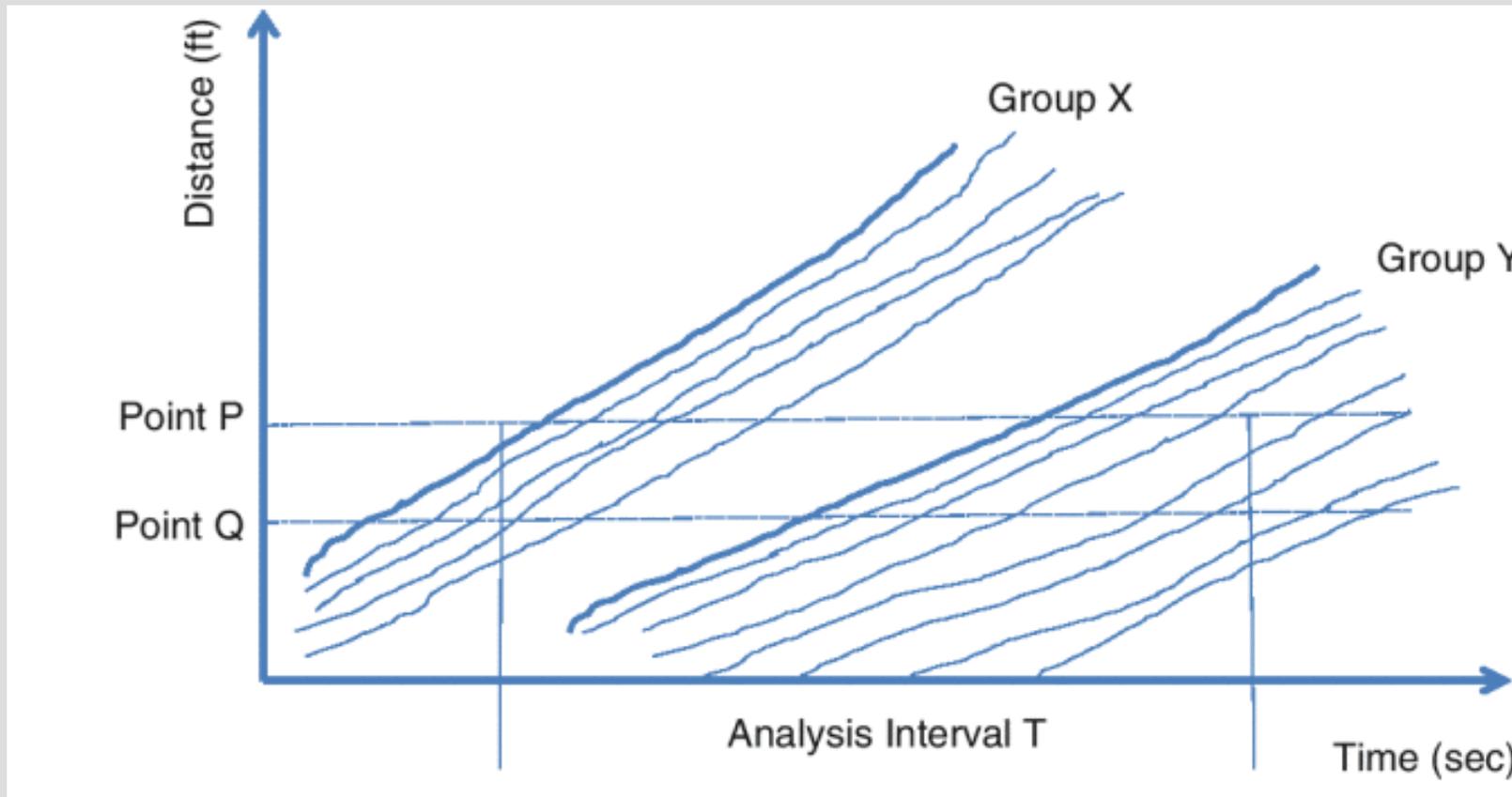
Modelos Microscópicos

- Seguimento Veicular (Car-Following)



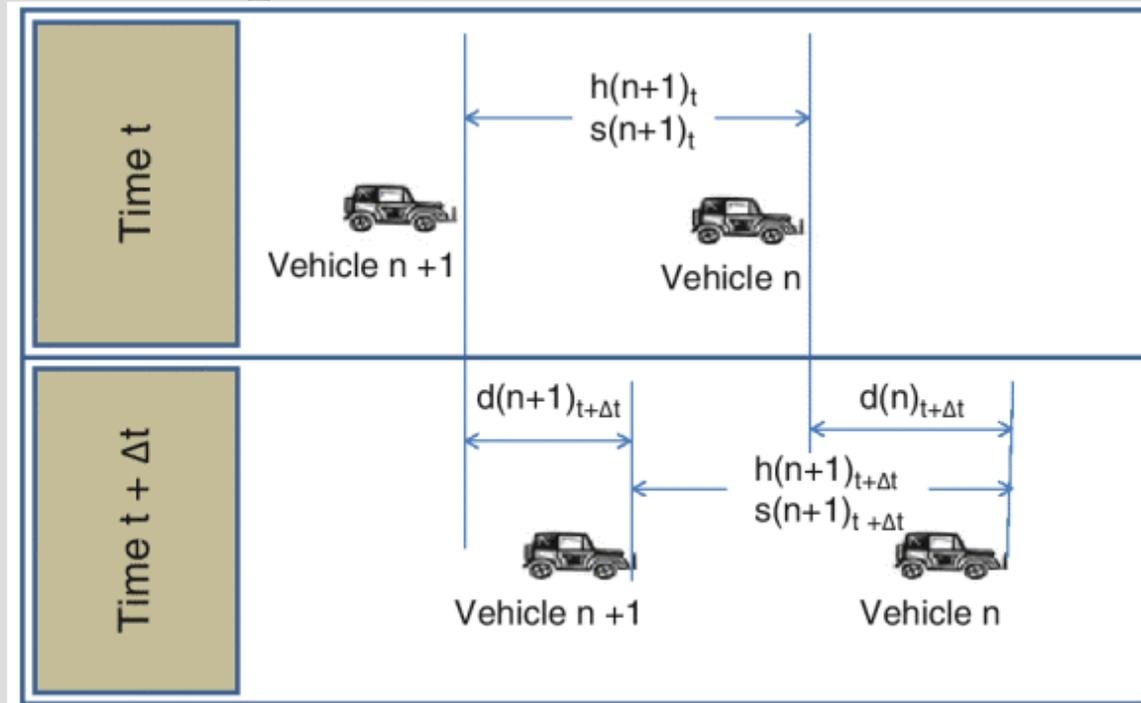
Modelos Microscópicos

- Car-Following - Pelotões



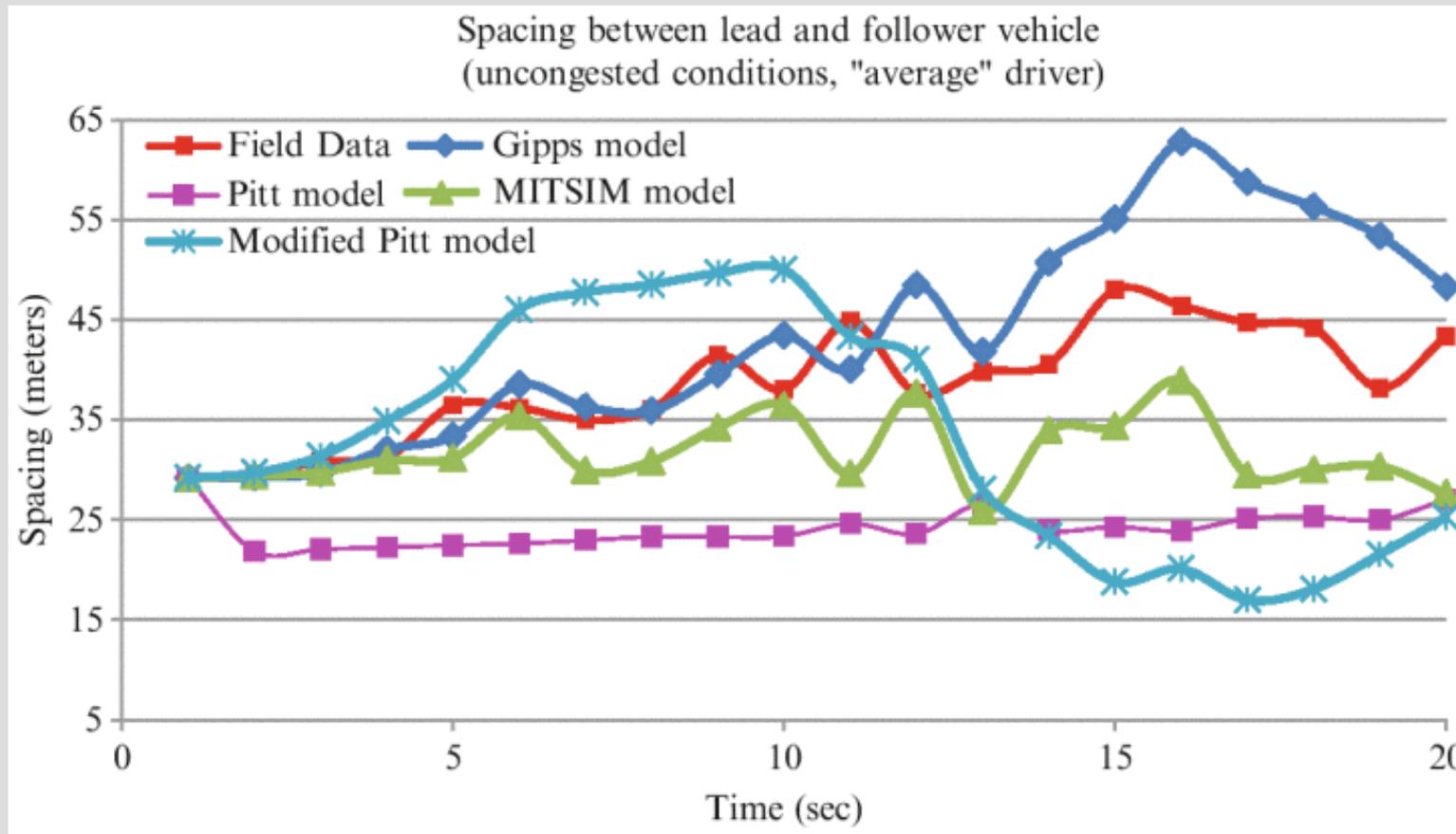
Modelos Microscópicos

- Movimento do veículo seguidor no tempo $(t + dt)$ como uma função da sua relação com o veículo líder no tempo (t)



Modelos Microscópicos

- Diversidade de modelos



- Simuladores comerciais, p.e.:
 - AIMSUN: Gipps
 - SUMO: Krauss
 - VISSIM: Wiedemann



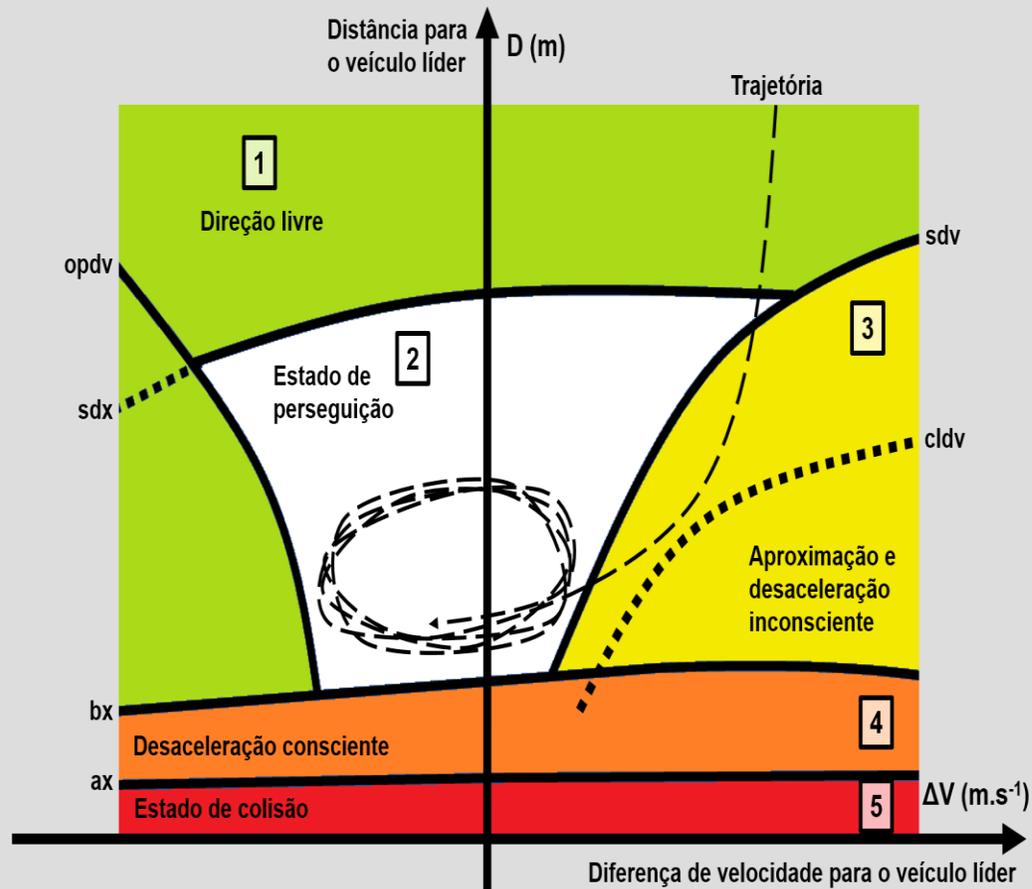
Modelos Microscópicos

- Wiedemann - Car Following
 - Quatro estados/modos de condução:
 - Free Driving (Dirigir livremente)
 - Consiste no estado de comportamento em que não há influência de nenhum veículo à frente
 - Approaching (Aproximação)
 - É o estado no qual o veículo perseguidor percebe um veículo à frente, passando a sofrer alguma influência em sua velocidade, desacelerando moderadamente para atingir uma velocidade mais baixa, próxima do veículo perseguido
 - Following (Perseguição)
 - Caracteriza-se pelo estado em que o motorista segue o veículo à frente, procurando se manter a uma certa distância do mesmo, acelerando quando começa a se distanciar e desacelerando quando fica muito próximo.
 - Braking (Frenagem)
 - Esse estado é desencadeado quando o veículo atinge uma distância menor que a distância de segurança desejada, aplicando desacelerações de moderadas a elevadas, para retomar a distância de segurança definida.



Modelos Microscópicos

• Wiedemann - Car Following

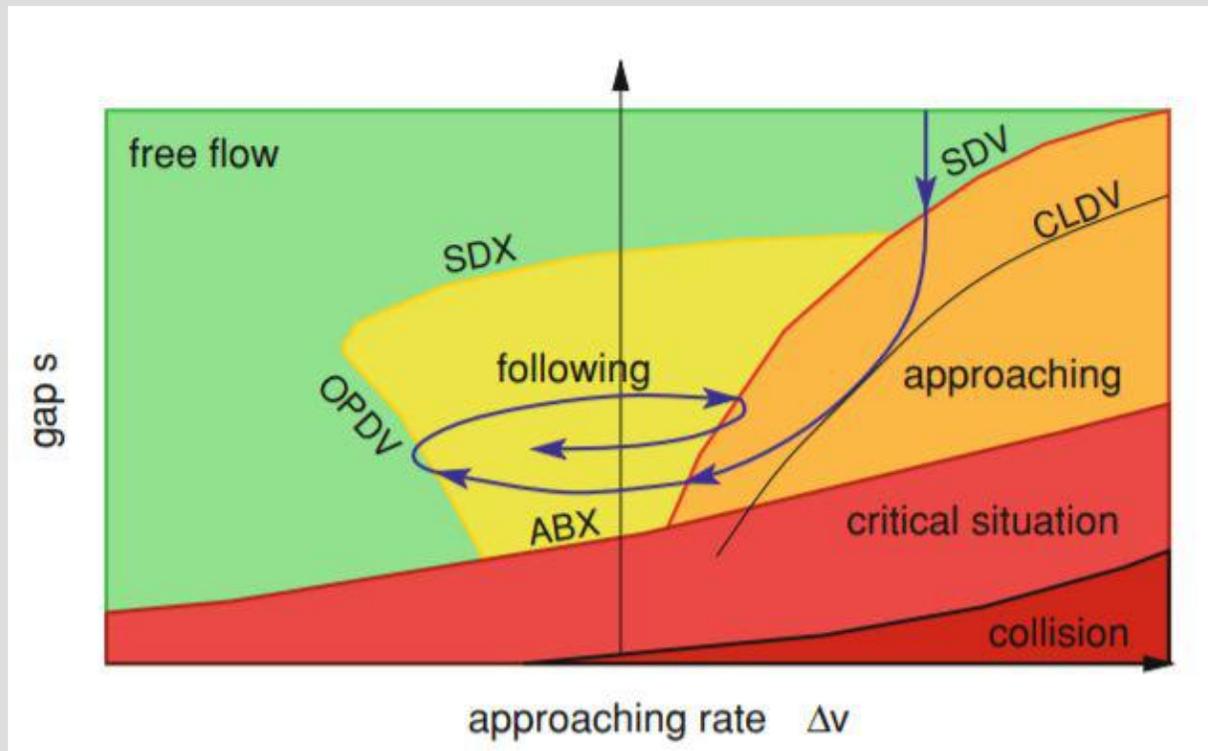


- SDV - Selective Vehicle Detection: onde o motorista reconhece que está dirigindo em uma velocidade maior do que o veículo da frente e começa a se aproximar
- OPDV - Opening Difference in Velocity: quando o motorista reconhece que está dirigindo em uma velocidade menor do que o veículo da frente e começa a acelerar para continuar seguindo
- CLDV - Closing Difference in Velocity: onde um motorista reconhece pequenas diferenças na velocidade, diminuindo as distâncias
- SDX: é a distância máxima de seguimento durante as mesmas condições de velocidade do ABX
- ABX: é a distância mínima de seguimento



Modelos Microscópicos

- Wiedemann - Car Following

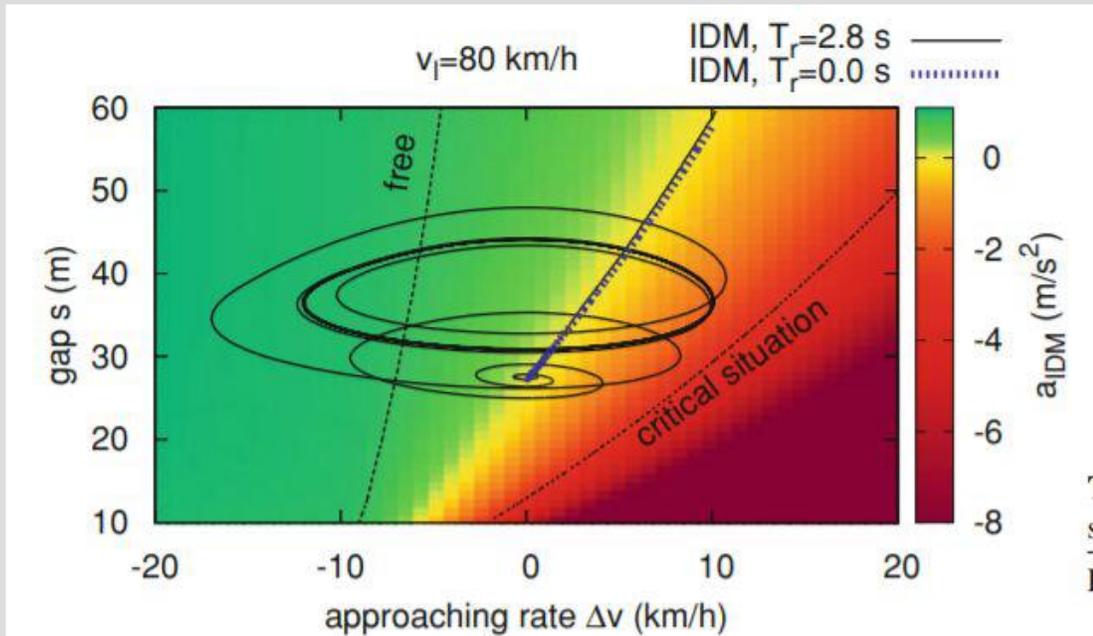


- Considera o tráfego local e os pontos de ação;
- Descreve os aspectos psicológicos de dirigir em quatro regimes:
 - Fluxo livre;
 - Aproximando-se de veículos mais lentos;
 - Carro andando próximo ao estado de equilíbrio;
 - Situações críticas, requerendo paradas bruscas.
- Para cada regime, uma função de aceleração diferente;
- Limites entre os regimes definidos por uma equação não linear na forma $f_k(s, v, \Delta v) = 0$



Modelos Microscópicos

- Modeling Human Aspects of Driving Behavior



- Na figura temos uma simulação com um veículo com velocidade desejada de 120 km/h aproximando-se de um veículo a 80 km/h.
- A curva representa o modelo IDM de acordo com a tabela 11.2

Treiber & Kesting (2013): Cap 12

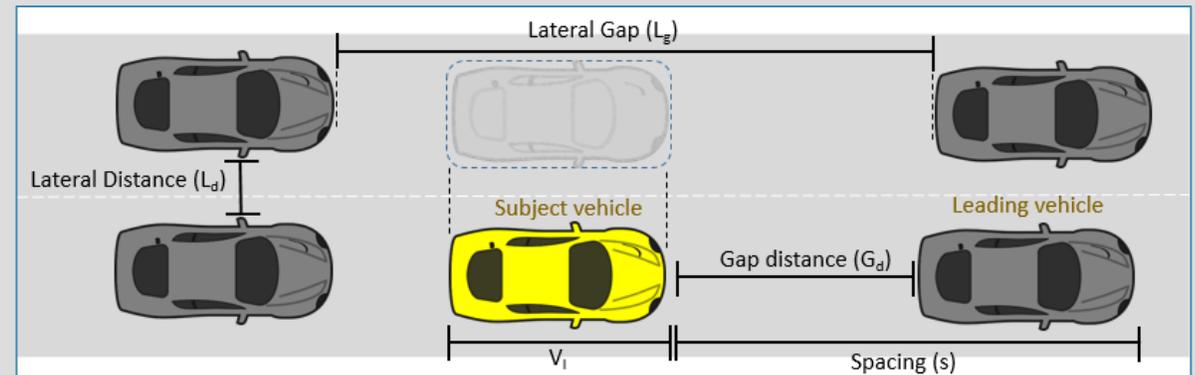
Table 11.2 Model parameters of the Intelligent Driver Model (IDM) and typical values in different scenarios (vehicle length 5 m unless stated otherwise)

Parameter	Typical value	Typical value
	Highway	City traffic
Desired speed v_0	120 km/h	54 km/h
Time gap T	1.0 s	1.0 s
Minimum gap s_0	2 m	2 m
Acceleration exponent δ	4	4
Acceleration a	1.0 m/s ²	1.0 m/s ²
Comfortable deceleration b	1.5 m/s ²	1.5 m/s ²



Modelos Microscópicos

- Wiedemann 74: Lane-Changing
- No VISSIM há uma diferenciação em duas situações que podem ocorrer a mudança de faixa
- Elas são:
 - necessary lane changing
 - free lane changing



Modelos Microscópicos

Exemplos
(Vídeos e VISSIM)



PTR-5732 - ANÁLISE E AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE TRANSPORTES

Aula 7 - Modelos macroscópicos e microscópicos de tráfego

Prof. Dr. Gabriel Feriãncic



Departamento de Engenharia de Transportes
PTR5732 - ANÁLISE E AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE
TRANSPORTES

