



MOBILIDADE E SISTEMAS DE TRANSPORTES

PLANEJAMENTO DA OFERTA DE SISTEMAS DE TRANSPORTES



Prof. Dr. Daniel Caetano

2019 - 1

Objetivos

- Tomar contato com os principais conceitos de medida de qualidade da oferta de transportes
- Conhecer as noções básicas de oferta de infraestrutura
- Tomar contato com conceitos de segurança viária



Material de Estudo



Material	Acesso ao Material
Apresentação	http://www.caetano.eng.br/ (Mobilidade e Sistemas de Transportes – Aula 10)
Minha Biblioteca	Engenharia de Infraestrutura de Transportes , Caps 4 e 8
Biblioteca Virtual	-
Material Adicional	Introdução à Teoria do Fluxo de Tráfego: https://tinyurl.com/y4aktth4 A Teoria de Fluxo de Tráfego: https://tinyurl.com/yyt9x8zg Segurança de Trânsito: https://tinyurl.com/y6gwsrt7

RETOMANDO...

OFERTA DE TRANSPORTES



Oferta de Transporte

- Foco: Atender a demanda
- Objetivos (conflitantes?)
 - Eficiência econômica
 - Sustentabilidade financeira
 - Sustentabilidade ambiental
 - Qualidade de Serviço → **atrair o usuário**
- Equilíbrio Oferta x Demanda
 - Pode ocorrer em diferentes níveis de qualidade!

} “Preço” baixo?

Oferta de Transporte

- Cada modo depende de:
 - Entidades de fluxo (veículos)
 - Infra fixa (vias/terminais)
- A capacidade do sistema depende...
 - Capacidade das entidades de fluxo
 - Programação da operação
 - **Capacidade da infra fixa**

• **Mas antes...**



PLANEJAMENTO DA OFERTA DE TRANSPORTE, QUALIDADE E NÍVEL DE SERVIÇO



Oferta de Transporte

- Definir oferta?
 - Ajuste nas variáveis operacionais e produção
 - Tipo e característica do veículo
 - Número de veículos
 - Tarifa e seu esquema
 - Frequências
 - Rotas
 - Facilidades
 - integração, serviços etc.



Oferta de Transporte

- Insumos, Produção e Consumo

Insumos

- Pessoal
- Capital (vias, veículos...)
- Energia

Produtos

- Veículos x km
- Assentos x km
- Veículos x hora

Consumo

- Passageiros
- Passageiros x km
- Receita


Oferta de Transporte

- Horizonte de Planejamento
 - Períodos Curtos: infra fixa
 - Períodos Longos: demanda muda!
- Decisões afetam **quantidade e qualidade**
 - Ex.: Freq. de Viagens
 - Tempo de espera
 - Ocupação no veículo



Oferta de Transporte

- Medindo a Qualidade de Serviço
 - **Percepção** dos **atributos** pelo usuário

- 
- A close-up photograph of a young child with dark hair, wearing a green shirt, looking through a magnifying glass. The magnifying glass is held over a green plant, and the child's eye is visible through the lens. The background is a blurred outdoor scene with green foliage and a blue sky.
- Função de:
 - tipo de usuário
 - motivo da viagem
 - estado psicológico do usuário

Oferta de Transporte

- Várias interpretações do conceito de Q.S.
 - Nível de Utilização (Nível de Serviço)
 - Usado para tráfego
 - Indicador de qualidade
 - Aspectos não monetários do serviço
 - Custo Generalizado (Impedância)
 - Redução a um único indicador
 - Permitir comparação entre alternativas



Oferta de Transporte

- QS é construída em diferentes momentos
 - Projeto
 - Vias / Terminais / Veículos
 - Gestão e controle
 - Planejamento/Operação
 - Critérios de qualidade
 - Condições ambientais
 - Controle da operação



Oferta de Transporte

- Atributos de Qualidade de Serviço
 - Para projetar e planejar, é necessário:
 - **Identificar** os atributos relevantes
 - **Quantificar** esses atributos
 - **Monetizar**, se possível



Exemplo de Atributos de Q.S.

- Transporte Público Coletivo

- Conforto no Veículo

- Ocupação na área de circulação
 - Condições ambientais na viagem
 - Movimentação do veículo
 - Adequação/disponibilidade de assentos



- Segurança na Viagem

- Acidentes com o veículo
 - Acidentes no veículo
 - Roubos ou crimes



Exemplo de Atributos de Q.S.

- Transporte Público Coletivo

- Acessibilidade (ao serviço e do serviço)

- Distância aos pontos de parada
 - Abrigo nos pontos de parada
 - Tempos de viagem
 - Destinos atendidos
 - Condições de embarque e desembarque
 - Transbordos: necessidade e condições

- Conveniência

- Horários adequados
 - Informação ao usuário
 - Regularidade das partidas e tempos de viagem



NOÇÕES DE OFERTA DE INFRAESTRUTURA



Oferta de Infraestrutura

- Capacidade das Vias e Terminais
 - Limitam Capacidade de Atendimento
 - Produção de transporte (assentos/armazenamento)
 - Consumo de transporte (passageiros/carga)
 - Atrito!
 - Capacidade de transbordo!
 - Aduana/Fiscalização
 - Semaforização
 - Entradas/saídas
 - ...

Capacidade: Vias Urbanas

- Tipos de Vias (urbanas):
 - locais, coletoras, **arteriais** e **trânsito rápido**
 - **30** km/h, **40** km/h, **60** km/h e **80** km/h
- Trânsito Rápido
 - Sem acesso a lotes, retornos, semáforos ou pedestres
- Arteriais
 - Semaforizadas, ligam bairros

Capacidade: Vias Urbanas

- Arteriais



Av. Paulista



Av. Atlântica

Capacidade: Vias Urbanas

- Trânsito Rápido (Expressas)



Av. 23 de Maio



Av. Brasil (RJ)

Capacidade: Fluxo Contínuo

- Conceitos Iniciais...
 - Volume de Tráfego N_T
 - Veículos que passam em uma seção no período T
 - Ex.: 200 veículos em 10 minutos
 - Volume Horário VH
 - Ex.: 1200 veículos por hora
 - Intervalo (ou *headway*) h
 - Tempo médio entre a passagem de dois veículos (s)
 - $h = 3600 / VH$ (em segundos)
 - Ex.: 3 segundos

Capacidade: Fluxo Contínuo

- Conceitos Iniciais... (continuação)
 - Fluxo de Tráfego q
 - Veículos que passam em uma unidade de tempo
 - Ex.: 20 veículos por minuto
28800 veículos por dia
 - Demanda de Tráfego Q
 - Veículos que deveriam passar na seção no período T
 - $Q = q + \Delta N_T/T$

q : fluxo que passa
 $\Delta N_T/T$: crescimento da fila com o tempo

Capacidade: Fluxo Contínuo

- Variáveis de Fluxo
 - Concentração ou Densidade **K**
 - Veículos em um km de via
 - Ex.: 100 veículos por km
 - Espaçamento **S**
 - Espaço para cada veículo: $S = 1/K$
 - Ex.: 10m por veículo



Capacidade: Fluxo Contínuo

- Variáveis de Fluxo

- Headway **h**

- Intervalo de tempo entre dois veículos: **h** = **S**/V

- Ex.: **S=10m** e V=36km/h (10m/s), **h = 1s**

- Equação da Continuidade do Tráfego

$$q = K \cdot V \quad \left[\frac{Veic}{h} \right] = \left[\frac{Veic}{km} \right] \cdot \left[\frac{km}{h} \right]$$

q : fluxo que passa

K : concentração
(veículos / km)

Capacidade: Fluxo Contínuo

- Capacidade **C**

- Fluxo máximo possível em um intervalo $q_{\text{máx}}$

- $C = 1 / \text{headway}_{\text{min}}$

- Ex,: “2000 veículos por hora”

- Varia com

- Geometria da via: faixas, largura, curvatura, rampa...

- Condições locais: tipo de motorista, interferências...

- Composição de Tráfego: tipo de veículos, movimentos...

- Controle de tráfego: sinalizações, fluxos conflitantes...

- Outros: acidentes, fatores climáticos...

Capacidade: Fluxo Contínuo

- Capacidade Real C_R
 - $C_R = f(\text{Cap. Ideal, Correção Fatores Intervenientes})$
- Desejável: $Q \ll C_R$
 - Sem filas
- Mas $Q = q + \Delta N_T/T$
- Por outro lado... $q = K \cdot V$
- Basta aumentar a velocidade?
 - Infelizmente, não!

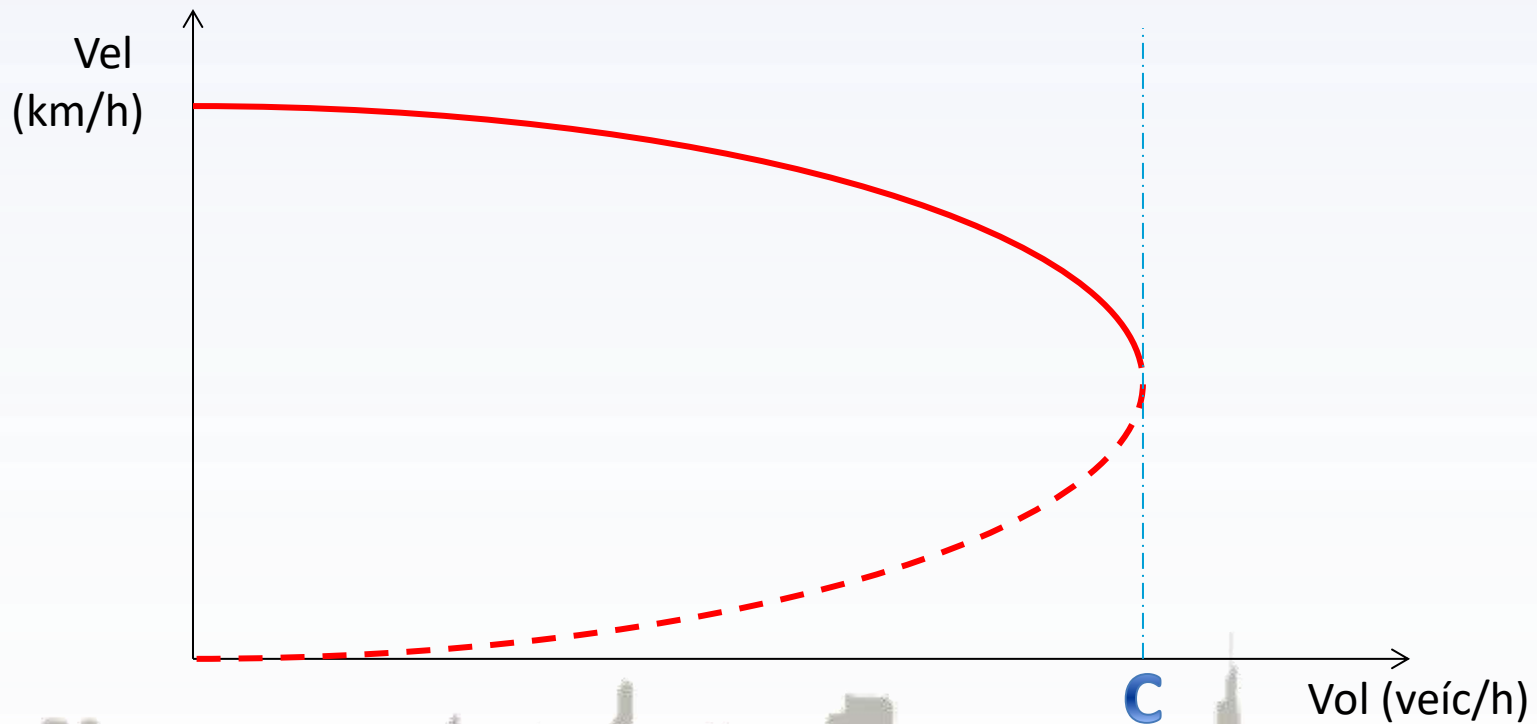
q : fluxo que passa
 $\Delta N_T/T$: crescimento da fila com o tempo

Capacidade: Fluxo Contínuo

- Segurança limita!
 - Espaçamento x Velocidade
 - Desaceleração Normal
 - Desaceleração Emergencial
 - Parada Imediata
 - Maior Velocidade → Maior Espaçamento
- Fluxo: $q = K \cdot V$
- Concentração: $K = 1/S$
- Logo... $q = V/S$

Capacidade: Fluxo Contínuo

- Velocidades Altas \rightarrow Espaçamentos Altos
– **Menor fluxo (com segurança)**



Capacidade: Fluxo Contínuo

- Regimes de Operação

- $Q \ll C_R$

- Fluxo Livre

- $Q \sim C_R$

- Congestionado

- $Q > C_R$

- Saturado

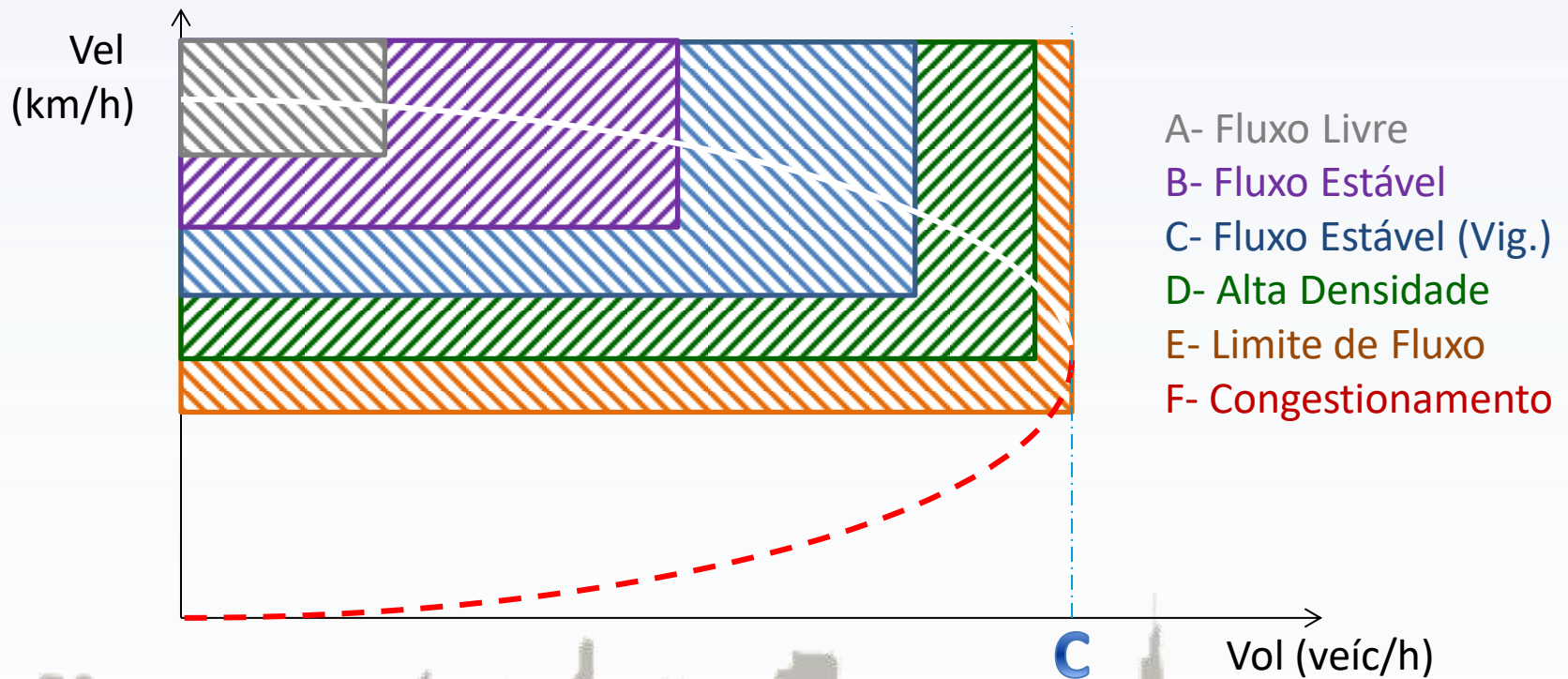
- $Q \gg C_R$

- Supersaturado



Capacidade: Fluxo Contínuo

- Níveis de Serviço
 - Restrições de Capacidade → Variação do N.S.



Capacidade: Fluxo Contínuo

- Quais são os veículos usados no cálculo?
 - “Veículo Padrão” – Carro
 - Outros veículos: redutores do fluxo de saturação
 - Carro = 1,0
 - Moto = 0,33
 - Caminhão = 1,75
 - Ônibus = 2,25
- Fatores Ambientais?
 - Evitar saturação / congestionamentos



COMPARTILHAMENTO DE VIAS E SUAS CONSEQUÊNCIAS



Compartilhamento de Vias

- Plano Nacional de Mobilidade Urbana
 - Estimular multimodalidade



- Estimular desmotorização



Compartilhamento e Conflitos

- Diferentes modos concorrem por espaço
 - Gerando possibilidade de conflito



Curitiba

Compartilhamento e Conflitos

- Diferentes modos concorrem por espaço
 - Gerando possibilidade de conflito



Curitiba

Compartilhamento e Conflitos

- Diferentes modos concorrem por espaço
 - Gerando possibilidade de conflito



São Paulo

Compartilhamento e Conflitos

- Diferentes modos concorrem por espaço
 - Gerando possibilidade de conflito



Autoria: Pedro Callado / Washington Luiz



Compartilhamento e Conflitos

- Em alguns lugares...
 - Basta informar a população

Mudar a cultura!



Nova Zelândia

Compartilhamento e Conflitos

- Outros exigem Sistemas de Controle
 - Sinalização, regras de operação...



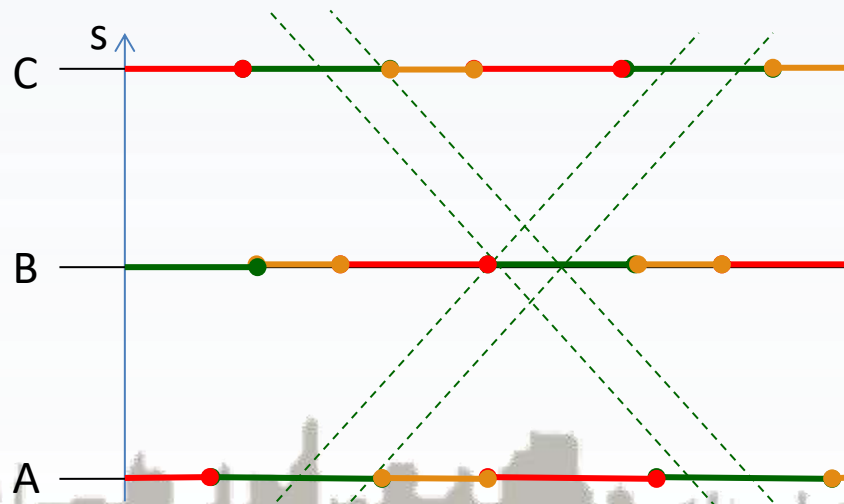
Capacidade: Vias Urbanas

- Capacidade em Fluxo Contínuo
 - Sem interseções / Semáforos
- Capacidade em Fluxo Descontínuo
 - Inferior à de Fluxo Contínuo
 - Interferências
 - Mais risco de atingir saturação
 - Paradas/Arrancadas: ineficiência energética
 - Aspecto ambiental?



Capacidade: Vias Urbanas

- Semáforos Inteligentes
 - Operam coordenadamente: maximizar fluxo
 - Temporizado
 - Acompanhamento de Fluxo
- Sincronia Semafórica



Segurança Viária

- Garantir circulação segura
 - Condições de condução
 - Minimizar risco de acidentes
- Elementos
 - Veículo: Frenagem, comprimento, largura
 - Via: Geometria, materiais, sinalização
 - Motorista: Acuidade visual e tempo de reação
- O que tem a ver com o ambiente?



Segurança Viária

- Processos para Segurança Viária
 - Projetar com segurança
 - Garantir a segurança na construção
 - Melhorar a segurança durante a operação
 - Identificar pontos de ameaça/risco
 - Identificar a origem da ameaça/risco
 - Eliminar/Mitigar problema
- Medida de Segurança
 - Acidentes e Fatalidades

CONCLUSÕES



Resumo

- Oferta: atender a demanda
 - Eficiência/economia e qualidade de serviço
 - Sistema de Transporte
 - Q.S. x Capacidade x Frequência
 - Capacidade de Vias
 - Conflitos x Segurança Viária
-

- E quando há várias alternativas?
 - Avaliação econômica de alternativas

PERGUNTAS?

