Dinâmica de peões e tráfego

Crispiniano de Jesus Furtado

Orientador: Professor Sílvio Gama

25 de janeiro de 2013

1. Introdução
   - Objetivo
   - Motivação
2. Multidão como um sistema físico
   - Social force Model
3. Modelos macroscópico vs modelos microscópicos
4. Car-Following Model
   - Modelos
   - Simulação

- Um bom sistema de evacuação em caso de emergência/pânicos pode prevenir que se ocorra uma catástrofe [2]
- É extremamente importante as decisões que se tomam numa situação de emergência em diversos sítios como: - estádios, aeroportos, grandes edifícios, etc.

- O estudo da multidão pode ser efetuada através de modelos que descrevem o comportamento de peões baseando em conceitos da física [2]
- Os modelos que descrevem os comportamentos de peões baseam-se em conceitos da física, definindo *forças* virtuais que modelam **movimento do peão e a tendência de evitar obstáculos** *agent - based modelling*

- Para tentar explicar a dinâmica do movimento pedonal, Helbing e Molnar introduziram *Social Force Model*[2]
- *O Social Force Model* é dado por:

$$m_i \frac{d\vec{v}_i}{dt} = \vec{f}_i(t)$$

onde $\vec{f}_i$ é a força de aceleração do peão i

$$\vec{f}_i = m_i \frac{1}{\tau}(v_i^0 \vec{e}_i - \vec{v}_i) + \sum_{j \neq i} \vec{f}_{ij}(t)$$

$\vec{f}_{ij}(t)$ é a força repulsiva que representa a tentativa do peão i de manter a uma distância segura do peão j e a vontade de ganhar espaço

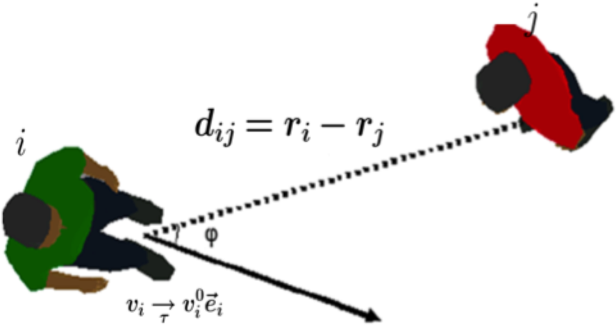


Figure: Ilustração

Força repulsiva

- $\vec{f}_{ij}(t) = F\Theta(\phi_{ij}) \exp[-d_{ij}/D_0 + (D_1/d_{ij})^k]\vec{e}_{ij}$
  - F é a força máxima repulsiva
  - d_{ij} diferênça entre centros de massa dos pedestres
  - k, D_0, D_1 são constantes
  - $\vec{e}_{ij}$ vector normalizado
  - ϕ_{ij} é o ângulo entre $\vec{e}_{ji}$ e $\vec{e}_i$
- $\Theta(\phi_{ij})$ se refere ao facto dos peões se reagirem muito mais rápido perante ao que vêem a frente e é dado por:
  - $\Theta(\phi_{ij}) = \lambda + (1-\lambda)\frac{1+\cos(\phi)}{2}$
  - onde $0 \leq \lambda \leq 1$. Isto, e o facto de $|cos(\phi_{ij})| \leq 1$ implica $\lambda \leq \Theta \leq 1$

Força repulsiva

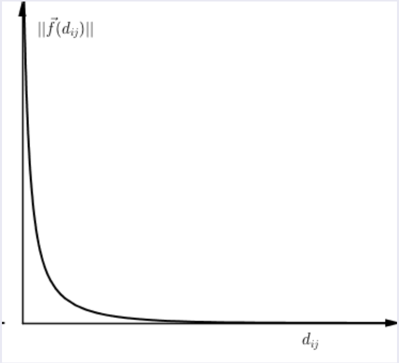
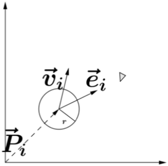
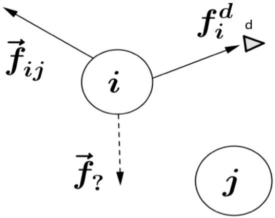


Figure: A força de repulção cresce exponencialmente a medida que a distância do peão *i* ao peão *j* se diminui



(a)



(b)

- O fluxo e tráfego de peões podem ser descrito de maneira semelhante ao fluxo e tráfego de carros [4]
- Os fisícos destacam o **Movimento Pedonal** em duas grandes categorias:
  - Macroscópico
  - Microscópico

- Modelos macroscópicos são caraterizados por
  - Densidade de tráfego, fluxo e área
- Modelos microscópicos se classificam em duas classes diferentes
  - *Car-following model.* Cada posição do veículo é tratado como uma função contínua e cada veículo é governado por uma EDO
  - *Cellular automata.* Considera uma via como uma string de células que pode estar vazio ou ocupada por um carro

Princípio Fundamental

- O carro n que segue o carro $n+1$ $(n = 1, 2, \ldots, N-1)$ responde com aceleração ou desaceleração em função do estimulo que recebe do carro $n+1$
- O carro N é designado por *Leading Car* e os restantes por *Following Cars*.

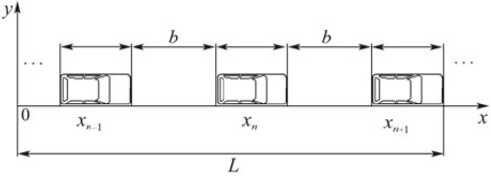


Figure: *Car-following Model*

Caraterização

- Descreve o carro como uma entidade individual
- Pressupõe-se que o condutor segue o outro tendo em conta a:
  - Distância
  - Diferença de velocidade
  - Tempo de reação
  - Performance do veículo

General Motor (GM) Model

- Descreve o estimulo em função da velocidade relativa. Cada veículo tende a mover-se com a mesma velocidade do veículo que o precede

$$\ddot{x}_n(t) = c(\dot{x}_{n+1}(t) - \dot{x}_n(t)) \tag{1}$$

- c é a constante de sensibilidade e mede a intensidade de resposta ao estimulo

Modelos GM

- Em 1959, Gazis e colaboradores [1] mostraram que modelo GM não explica a situação de tráfego quando a densidade é muito alta já que o comportamento do condutor não releva espaçamento relativo entre os carros. Proposeram o modelo mais realista
- $$\ddot{x}_n(t) = k\frac{\dot{x}_{n+1}(t) - \dot{x}_n(t)}{x_{n+1}(t) - x_n(t)}. \tag{2}$$
- Integrando (2) em t, obtém-se

$$\dot{x}_n(t) = k\ln(x_{n+1}(t) - x_n(t)) + \underbrace{\dot{x}_n(0) - k\ln(x_{n+1}(t) - x_n(0))}_{d_n} \tag{3}$$

Para fazer a simulação partimos do seguinte PVI

$$\begin{cases} \dot{x}_n(t) = k \ln(x_{n+1}(t) - x_n(t)) + d_n \\ x_n(0) = X_0 \end{cases}$$

onde $n = 1, \dots, N-1$
$d_n = \dot{x}_n(0) - k \ln(x_{n+1}(t) - x_n(0))$ e $x_N(t)$ é dado.

- Consideramos 100 carros, sendo os *following* $x_1, x_2, \ldots, x_{99}$ com velocidade uniforme de $25ms^{-1} \pm 1ms^{-1}$ e o *leading car* (x_{100}) possui um movimento retilíneo uniforme. Consideramos ainda que a distância inicial entre os carros é de 20 metros, possuindo todos o mesmo comprimento (4 metros) e $k = 1$

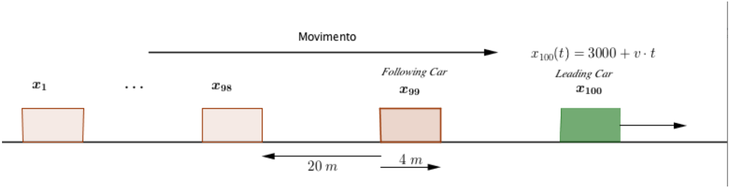


Figure: Esquema da disposição de carros

```
Delta = distancia_entre_carros + comprimento_carro

DO i = 1, nm1
   a = (i-1)*Delta
   b = i*Delta
   x(i)  = Dist_Uniforme(seed, a, b, opcao)
   xl(i) = 25.d0 + Dist_Uniforme(seed, -1.D0, 1.D0, opcao)
END DO
```

Figure: Disposição de carros

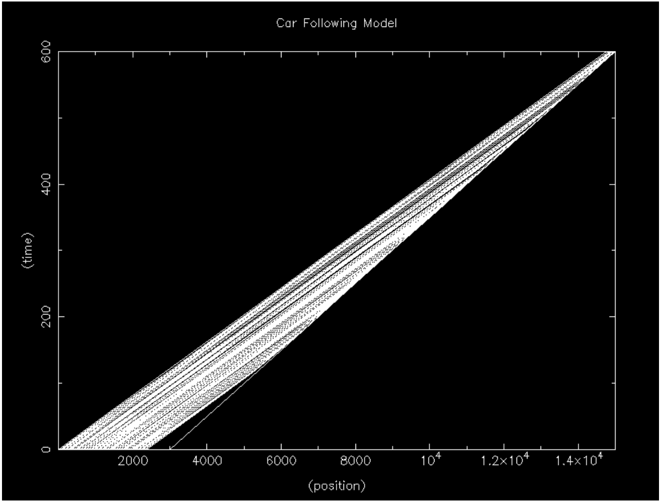


Figure: x_{100}(t)=3000+20t (num periodo de 10 minutos)

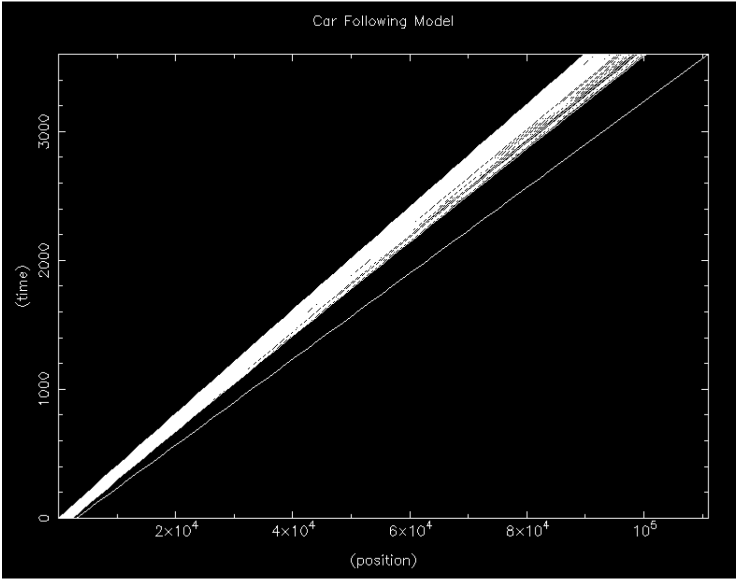


Figure: $x_{100}(t)$=3000+30t (num periodo de 1h)

Simulação

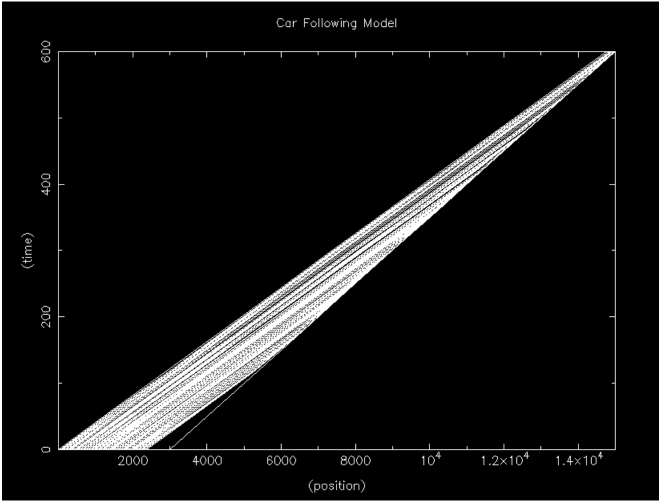


Figure: $x_{100}(t)=3000+25t$ (num periodo de 10 minutos)

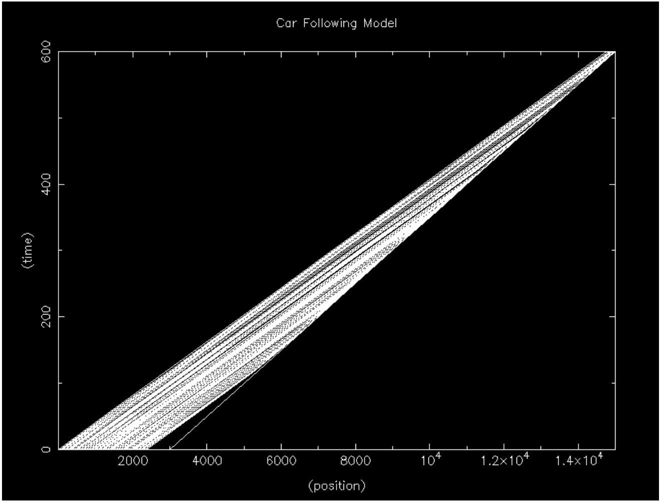


Figure: x_{100}(t)=3000+20t (num periodo de 10 minutos)

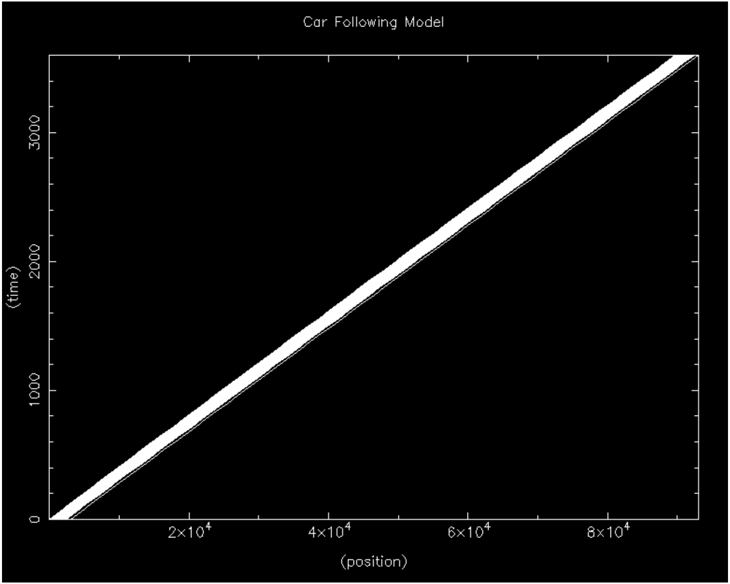


Figure: $x_{100}(t)=3000+25t$ (num periodo de 1h)

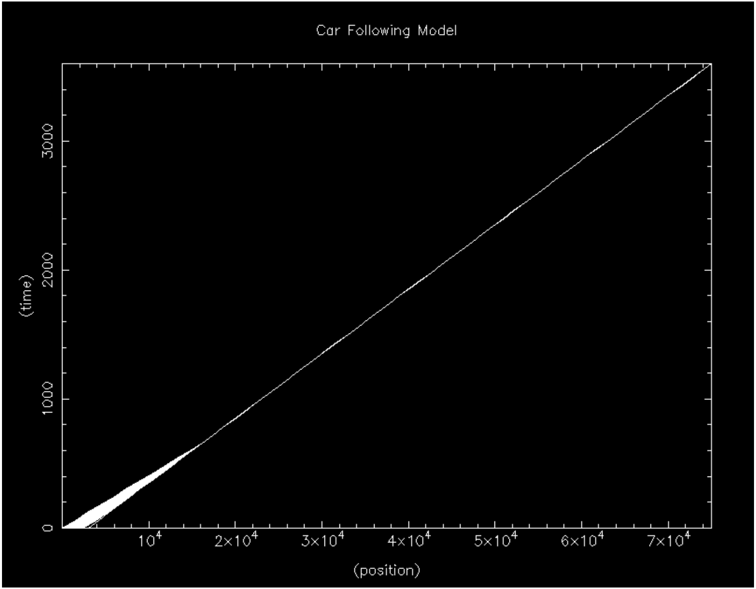


Figure: $x_{100}(t)=3000+20t$ (num periodo de 1h)

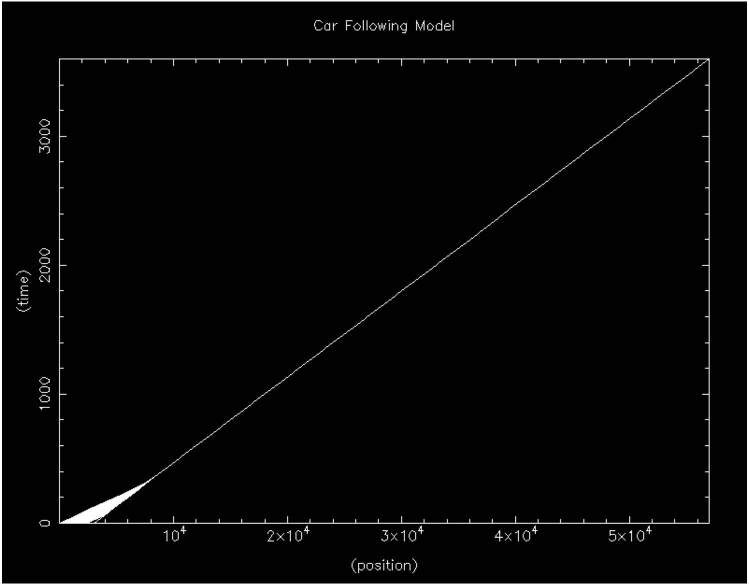


Figure: x_{100}(t)=3000+15t (num periodo de 1h)

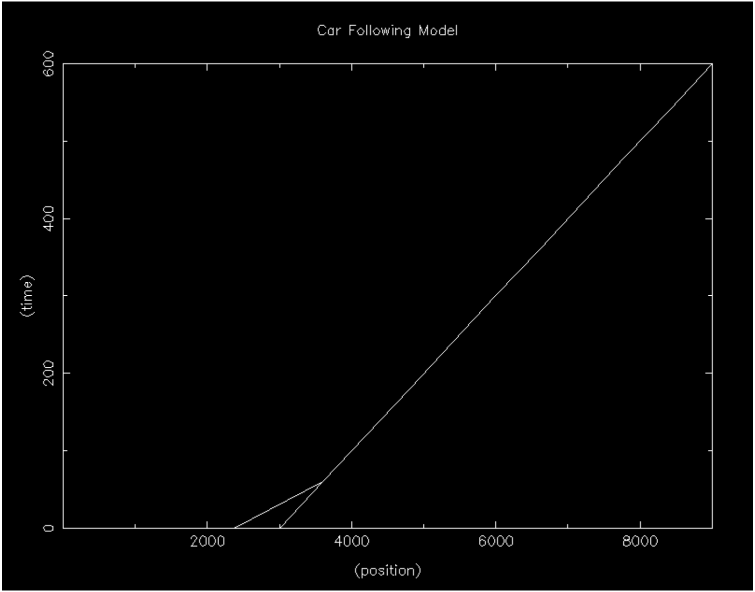


Figure: $x_{100}(t)=3000+10t$ (num periodo de 10 minutos)

Youngfu LI, Dihua SUN
Microscopic car-following model for the traffic flow: the state of the art.
China, 2012.

Kachroo, P. and Al-Nasur, S.J. and Wadoo, S.A. and Shende, A.
Pedestrians dyna*mics: Feedback control of crowd evacuation.*
Spring, 2008.

Yu, W. and Johansson, A.
Modeling turbulence by many-particle simulations.
APS, 2007.

Klingsch, W., Rogsh, C., Schadschneider, A. and Schreckenberg
Pedestrian and evacuation dynamics
Springer, 2008.