



FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA



Validação da Técnica SSAM na Avaliação da Segurança em Interseções

Avaliação operacional e ambiental de rotundas | Seminário final
do projeto AROUND. Coimbra, 9 de dezembro de 2014

Luís Vasconcelos
Instituto Politécnico de Viseu

Luís Neto, Álvaro Seco e Ana Bastos Silva
Universidade de Coimbra

O Que é a SSAM (Surrogate Safety Assessment Model) ?

- Software desenvolvido pela **FHWA**
- A partir de dados gerados por um modelo de micro-simulação é feita a **avaliação de cada interação veículo-veículo** para avaliação do grau de conflito envolvido
- É calculado um conjunto de **indicadores indiretos de segurança** caracterizadores das interações que, a partir de determinados critérios de referência, permitem determinar a sua perigosidade

- **TTC** – mínimo tempo para a colisão, observado na interação entre dois veículos em rota de colisão ($\leq 1,5s$)
- **DeltaS** – diferença entre as velocidades dos veículos registadas no momento do TTC mínimo (norma do vetor de velocidade de cada veículo).

Porquê o SSAM (Surrogate Safety Analysis Module) ?

- Alternativa a **Modelos de Previsão de Acidentes**
 - Dificuldades de disponibilidade de dados em qualidade e quantidade:
 - Períodos de estabilidade de tráfego
 - Problemas de under-reporting
- Alternativa a **Técnicas de Análise de Conflitos** tradicionais
 - Evita problemas de subjetividade
 - Apresenta custos de aplicação mais reduzidos
- Permite testar **layouts e condições de tráfego hipotéticas e especiais**

Métodos de validação da abordagem SSAM ?

- **Validação Conceptual**
 - Comparação de estimativas **SSAM** e de **Modelos de Previsão de Acidentes** de referência em diferentes interseções idealizadas
- **Validação de Campo**
 - Comparação de estimativas **SSAM** e de **Técnica de Análise de Conflitos** do FHWA em várias interseções reais

Os Modelos Preditivos de Acidentes – Interseções Prioritárias

Model type	Origin	Expression
3-leg priority intersection	USA: Harwood and Council (21)	$A = AMF_1 \cdot AMF_2 \cdot AMF_3 \cdot AMF_4 \cdot e^{-10,9+0,79 \ln ADT_1 + 0,49 \ln ADT_2}$
	UK: Maher and Summersgill (22)	$A = 0.049 \left(\frac{IF_1}{1000} \right)^{0.80} \left(\frac{IF_2}{1000} \right)^{0.36}$
	PORTUGAL: Vieira Gomes (23)	$A = 4.7078 \times 10^{-6} IF^{1.1884}$
4-leg priority intersection	USA: Harwood and Council (21)	$A = AMF_1 \cdot AMF_2 \cdot AMF_3 \cdot AMF_4 \cdot e^{-9,34+0,6 \ln ADT_1 + 0,61 \ln ADT_2}$
	PORTUGAL: Vieira Gomes (23)	$A = 3.8765 \times 10^{-5} IF^{1.167}$

- **A** - predicted number of total intersection-related accidents per year.
- **AMF1** - accident modification factor for there being a **left-turn lane on major**,
- **AMF2** - accident modification factor for there being a **right-turn lane**,
- **AMF3** - accident modification factor for the **sight restrictions**,
- **AMF4** - accident modification factor for the conversion from minor road **to all-way stop-control**,
- **ADT1** and **ADT2** is the **annual average daily traffic** on the major and minor roads, respectively
- **IF**, **IF1** and **IF2** – **total inflow** (ADT) in the intersection, major and minor directions, respectively

A Validação Conceptual – Modelos vs. Simulação

Os Modelos Preditivos de Acidentes – Rotundas

Origin	Conflict type	Expression
UK: Maycock and Hall (24)	Entry-circ.	$A_1 = 0.052Q_e^{0.7}Q_c^{0.4} \exp\left(-40C_e + 0.14e - 0.007ev - \frac{1}{1 + \exp(4R - 7)} + 0.2P_m - 0.01\theta\right)$
	Approach	$A_2 = 0.0057Q_e^{1.7} \exp(20C_e - 0.1e)$
	Other	$A_4 = 0.0026Q_e^{0.8}Q_c^{0.8} \exp(0.2P_m)$
Australia: Arndt (25)	Rear-end	$A_r = 9.62 \times 10^{-11} Q_e Q_c^{0.5} S^2$
	Entry-circ.	$A_c = 3.45 \times 10^{-12} Q_e \sum(Q_e^{0.5} S_i^2)$
Portugal: Vieira Silva (23)	All	$A = 2.3845 \times 10^{-8} FT^{1.5084} e^{0.5248 LEG}$

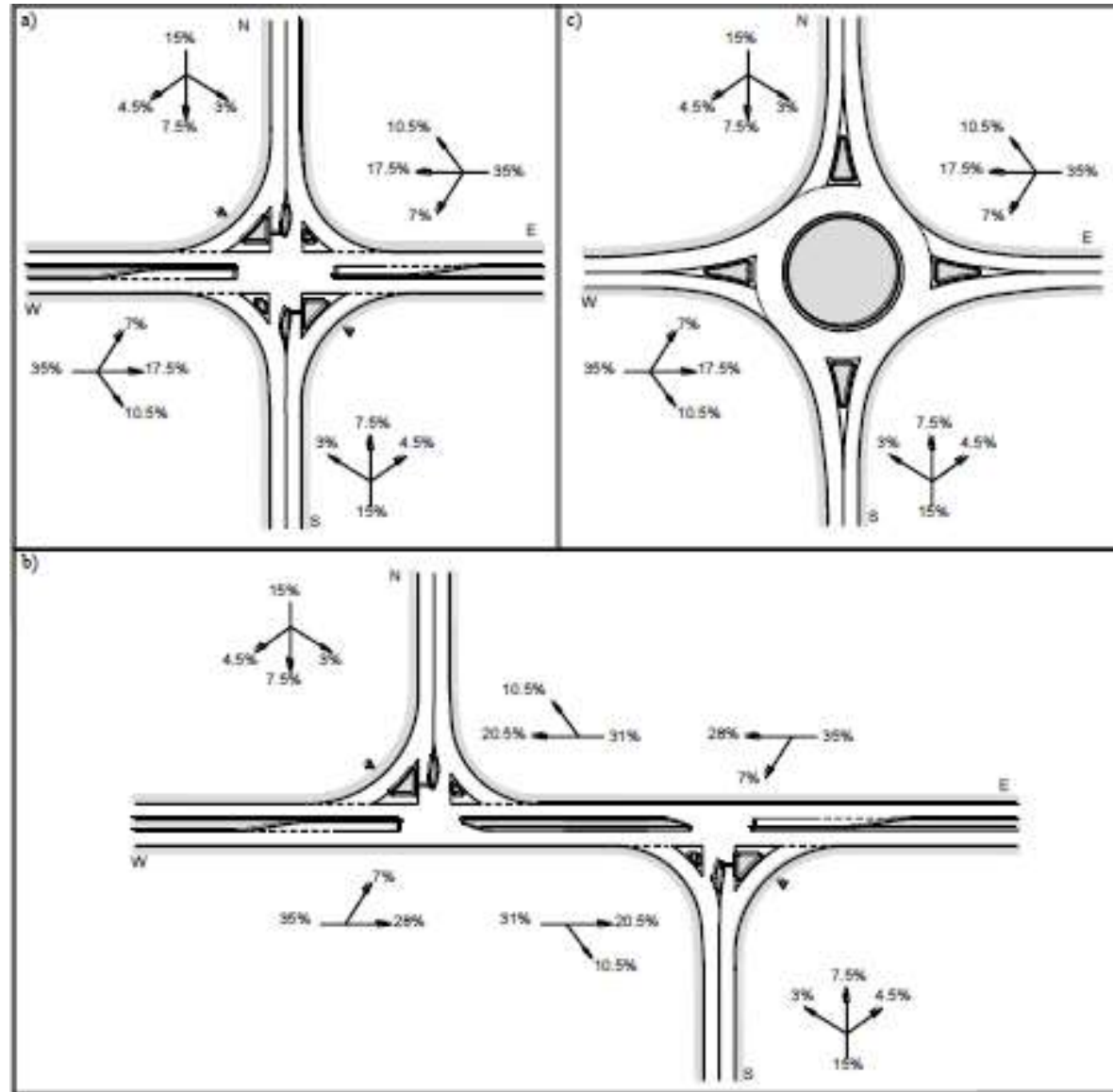
- **A_i** - personal injury accidents (including fatalities) per year per roundabout approach (A₁ entering-circulating accidents, A₂ approaching accidents, A₄ other accidents (variety of non-pedestrian accidents)),
- **Q_e and Q_c** - entering and circulating flow, respectively (1000s of veh/day),
- **C_e** - entry curvature (C_e = 1/R_e and R_e is the entry path radius for the shortest vehicle path (m)),
- **e** - entry width (m), **v** - approach width, **R** - radius of the inscribed circle diameter,
- **P_m** - proportion of motorcycles (%) **θ** - angle to next leg measured centerline to centerline

- **A_r / A_c** - rear-end and entering/circulating accidents per year (> \$1000 property damage and/or personal injury)
- **Q_a** - AADT on approach (veh/d) **Q_{ci}** - AADT on circulating carriageway adjacent to the approach (i) (veh/d)
- **S_i** - various relative 85th percentile speed between vehicles on the approach curve and vehicles on the circulating carriageway from each direction (km/h).
- **Portugal - A** is the estimated number of accidents with injuries per year in the roundabout, **FT** is total entering traffic flow in vehicles per day (AADT), **LEG** is the number of legs of the roundabout

A Validação Conceptual – Modelos vs. Simulação

As Interseções de Teste

- Tipologias de referência
- Layouts típicos
- Níveis de tráfego comuns

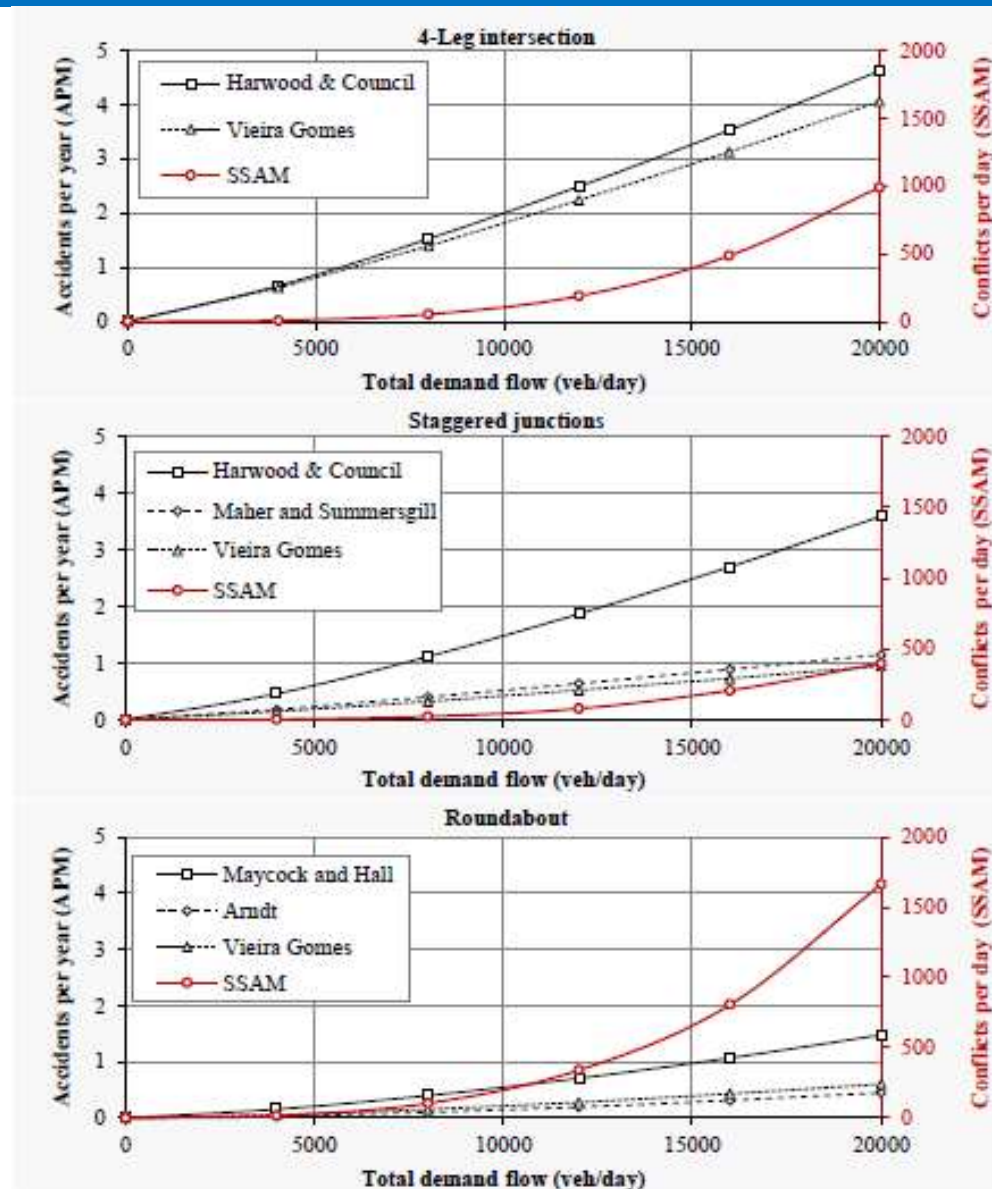


[Acidentes vs. Conflitos] / Fluxos

- Relações crescentes não lineares
- Para fluxos de 12000/dia
 - Cruz. em X
 - 25.000 – 30.000 conf./acidente
 - Cruz. envezados
 - 15.000 – 60.000 conf./acidente
 - Rotundas
 - 180.000 – 500.000 conf./acid.

Severidade dos acidentes

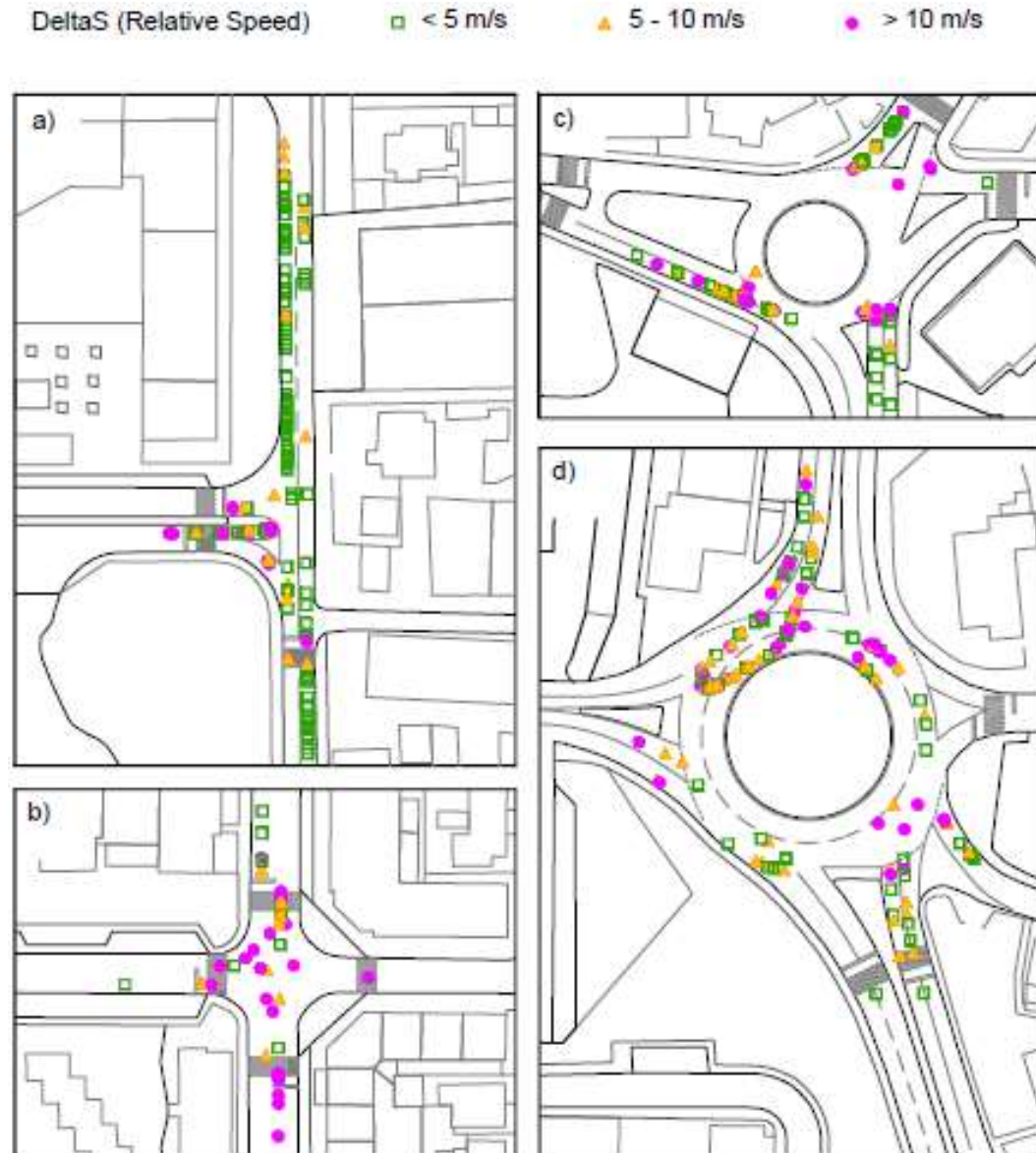
- Utilização de DeltaS
- Resultados das observações
 - Cruz. em X ----- 6,46 m/s
 - Cruz. envez. -- 6,19 m/s
 - Rotundas ----- 4,40 m/s



A experiência

- Análise de 4 cruzamentos
 - 1 intersecção em T, TMDA – 14.483 veículos/dia
 - 1 intersecção em X, TMDA – 5.135 veículos/dia
 - 1 rotunda via única, 4 entradas TMDA – 22.938 veículos/dia
 - 1 rotunda via dupla, 5 entradas, TMDA – 33.625 veículos/dia
- Método FHWA de observação de conflitos
 - Apenas conflitos veículo-veículo
 - Apenas conflitos nas vias prioritárias e vias de circulação nas rotundas
 - Severidade dos conflitos não foi registada pelos observadores
- Construídos modelos de micro-simulação baseados no AIMSUM
 - Atravessamentos pedonais tratados como “incidentes periódicos em seção”
 - Usados parâmetros *default* de calibração dos modelos *car-following* e *gap-acceptance*

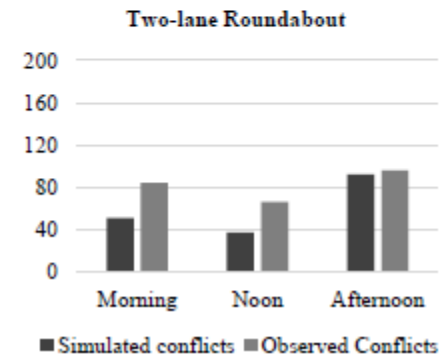
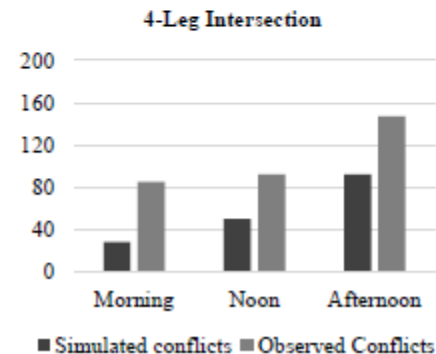
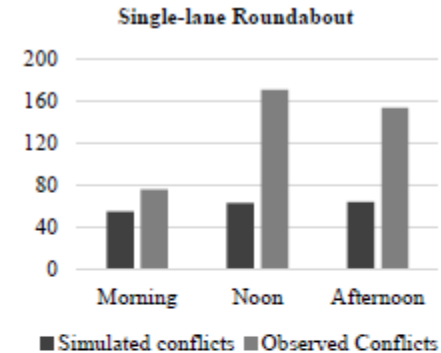
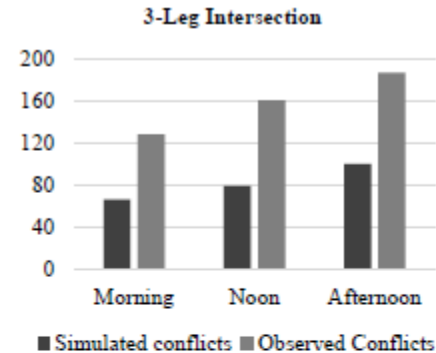
- **Análise SSAM**
- **Interseções em T**
 - Nas entradas principais há maioritariamente conflitos frente-traseira de baixa severidade
- **Interseções em X**
 - Percentagem significativa de conflitos severos resultantes de conflitos a 90°
- **Rotundas**
 - Conflitos principalmente de entrada vs. Circulação e de movimentos de entrecruzamento



SSAM Vs. Observação de Conflitos

Freq. Observadas vs. Simuladas

- Tendências semelhantes para diferentes fluxos
- Sistemática subestimação pelo SSAM → provavelmente por baixo limiar do TTC usado
- Resultados menos satisfatórios na rotunda de via simples → devido a passadeira presente no eixo sul, não simulada no modelo micro.





FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA



Validação da Técnica SSAM na Avaliação da Segurança em Interseções

Avaliação operacional e ambiental de rotundas | Seminário final
do projeto AROUND. Coimbra, 9 de dezembro de 2014

Obrigado!

Luís Vasconcelos
Instituto Politécnico de Viseu

Luís Neto, Álvaro Seco e Ana Bastos Silva
Universidade de Coimbra