

ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DA SINISTRALIDADE NO CORREDOR LISBOA CASCAIS (1988-1997)

SANDRA VIEIRA GOMES

ENGENHEIRA, BOLSEIRA DE INVESTIGAÇÃO DO LNEC

JOÃO LOURENÇO CARDOSO

ENGENHEIRO, INVESTIGADOR PRINCIPAL DO LNEC

SUMÁRIO

Sendo elevados os custos sociais gerados pela sinistralidade importa quantificar o impacte dos investimentos rodoviários sobre o nível de segurança rodoviária, por forma a avaliar os ganhos de eficácia e eficiência do sistema de transporte por eles gerados.

Na presente comunicação apresentam-se os resultados da avaliação comparada da sinistralidade observada no corredor Lisboa-Cascais após construção da A5, com estimativas para diversos indicadores de segurança para cinco cenários alternativos de evolução das ligações rodoviárias no mesmo corredor. A análise dos cenários permitiu quantificar a frequência esperada de acidentes caso se optasse por uma evolução da rede diferente da efectivamente construída, tendo-se concluído que a sinistralidade nos cenários alternativos seria, genericamente, maior.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Âmbito do trabalho

Em 1991 abriu ao tráfego o prolongamento da A5 (então EN 7), desde o Nó do Estádio Nacional até Cascais (do km 8,000 ao km 24,900). Na sequência, em 1992 e 1993 foram realizadas pela então JAE na EN 6, no trecho entre o Alto da Boa Viagem e Paço de Arcos (do km 3,200 ao km 6,900), obras de remodelação, com o objectivo de melhorar o funcionamento da estrada, designadamente no que se refere aos aspectos mais ligados à segurança rodoviária.

A presente comunicação refere-se a um estudo “antes-depois” desenvolvido no LNEC como

objectivo de analisar o impacte do prolongamento da A5 sobre a evolução da segurança rodoviária no corredor Lisboa-Cascais, correspondendo o período “antes” aos anos de 1987 a 1991 e o “depois” aos anos de 1994 a 1997. Foram considerados cinco cenários de configuração da rede na análise da evolução do corredor.

2. MITIGAÇÃO DA SINISTRALIDADE POR INTERVENÇÃO DA ENGENHARIA

Na maioria dos casos, os estudos para avaliar os efeitos das intervenções para melhoria da segurança não são experimentais, na medida em que, por motivos práticos e éticos, não é possível aplicar o método experimental. Com efeito, a decisão de aplicar as medidas de segurança não é feita segundo critérios inteiramente aleatórios. Neste sentido, estes estudos são do tipo “observação”, envolvendo comumente a comparação entre parâmetros correspondentes à situação “antes da intervenção” e os mesmos parâmetros correspondentes à situação “depois da intervenção” [2]. Tomam a designação corrente de “estudos antes-depois” (EAD).

Basicamente, um “estudo antes-depois” consiste: a) na estimativa do nível de segurança de um local (ou conjunto de locais) num intervalo de tempo padrão anterior à aplicação da medida correctiva; b) na estimativa, para um intervalo de tempo posterior à referida aplicação, do nível de segurança efectivo e do nível que existiria sem intervenção; c) na aplicação de um algoritmo de comparação entre a evolução observada e a evolução que teria ocorrido sem intervenção [2]. Os resultados desta comparação podem ser expressos em termos de valores absolutos (variação no número de acidentes ou de vítimas) ou relativos (variação percentual no número de acidentes ou de vítimas), consoante o objectivo da comparação.

Importa reconhecer que a estimativa do nível de segurança efectivo no intervalo posterior à aplicação da medida correctiva pode não incorporar unicamente os efeitos originados pela medida e que podem influenciar o número de acidentes ou de vítimas, afectando, desse modo, a comparabilidade das estimativas efectuadas. De entre aquelas variáveis, salientam-se, como mais importantes, as seguintes: o regresso à média; as tendências de longo prazo no número de acidentes e de vítimas; as mudanças no número de acidentes que ocorram do período antes para o período depois, por outros motivos; alterações na percentagem de acidentes registados pelas entidades de fiscalização; as tendências no volume de tráfego; e outros acontecimentos afectando a segurança no período depois. Se não forem contemplados na análise, os efeitos destas variáveis perturbadoras podem ser somados com os efeitos das intervenções em avaliação, falseando as conclusões. De facto, tem-se verificado que a influência destas variáveis perturbadoras tende a exagerar o efeito das medidas de segurança, podendo as diferenças ser da ordem dos 20 a 30% do efeito real das mesmas [3].

O fenómeno do regresso à média consiste na tendência estatística para, nos períodos subsequentes a um período com frequências muito afastadas do valor médio, se observarem

frequências mais próximas daquele valor. Assim, após um período com frequências muito elevadas a tendência normal é que em períodos subsequentes se observem frequências mais baixas do que a inicial; inversamente, nos períodos subsequentes a um período com frequências muito baixas a tendência é para observar frequências mais altas do que a inicial.

Nos estudos relativos à aplicação de medidas correctivas para redução da sinistralidade, a influência da tendência para regresso à média, a manifestar-se, corresponde à observação de um abaixamento do número de acidentes em períodos subsequentes. Por este motivo, nos estudos de segurança rodoviária a estimativa do número expectável de acidentes raramente pode ser feita com recurso unicamente ao número observado de ocorrências. Uma das formas de mitigar o problema associado ao regresso à média consiste no uso de estimadores estatisticamente mais robustos, como descrito em relatório do LNEC [1], que permitem combinar a informação sobre a sinistralidade num local com o conhecimento pré-existent sobre a sinistralidade em locais "semelhantes".

A consideração do efeito dos restantes factores perturbadores (tendências de longo prazo no número de acidentes e de vítimas; outros acontecimentos afectando a segurança no período depois; e as tendências no volume de tráfego) não pode ser conseguida exclusivamente por ferramentas matemáticas, uma vez que a sua natureza é eminentemente física. Existem duas grandes vias para considerar tais efeitos: a estimação estatística dos efeitos das variáveis perturbadoras; e o recurso a grupos de controlo, nos quais se admite que o efeito das variáveis perturbadoras, será idêntico ao ocorrido no grupo de locais intervencionados. No caso do presente estudo foi utilizada a segunda via.

2.1 Estimação da frequência esperada de acidentes

Relativamente à consideração do efeito do regresso à média [4] foi utilizado o estimador proposto por Abbess. No que se refere à influência do volume de tráfego na variação da frequência de acidentes, foi utilizado o modelo de estimativa da variação da frequência anual de acidentes em função do volume de tráfego médio anual desenvolvido pelo LNEC para o caso das estradas de faixa única e múltiplas vias da Rede Rodoviária Nacional (RRN). O modelo é expresso pela equação seguinte:

$$E = 2,7493 \times 10^{-4} \times \text{Ext} \times \text{TMDA}^{1.102}$$

em que:

- E - Número esperado de acidentes durante um período de cinco anos num lanço de estrada
- Ext - comprimento do lanço em análise (km);

TMDA- média dos tráfegos médios diários anuais num período de cinco anos (veículos).

A análise de acidentes foi realizada recorrendo à informação contida na base de dados de acidentes rodoviários da DGV existente no LNEC, tendo sido considerados apenas os acidentes corporais.

2.2 Cenários de avaliação considerados

Foram analisados cinco cenários de infra-estrutura:

- Cenário 1: Situação real - execução completa da A5 e construção de medidas correctivas entre os quilómetros 3.2 e 6.9 da EN6;
- Cenário 2: Execução completa da A5 mas sem o TMDA gerado pela sua abertura, o que permite contabilizar, indirectamente, o número de acidentes associados à geração de tráfego;
- Cenário 3: Execução completa da A5 e EN6 sem intervenção (considerando o TMDA do Cenário 1);
- Cenário 4: A5 incompleta (apenas entre Lisboa e o Estádio Nacional) e aplicação de medidas correctivas em trecho da EN6 (considerando o TMDA do Cenário 2);
- Cenário 5: A5 incompleta (apenas entre Lisboa e o Estádio Nacional) e EN6 sem intervenção (considerando o TMDA do Cenário 2);

Na análise da sinistralidade foram considerados para além da frequência de acidentes com vítimas, as frequências de colisões frontais (uma vez que as medidas de engenharia adoptadas pretendiam minimizar este tipo de acidentes) e as frequências de acidentes com mortos e feridos graves.

Nos cenários em que se considerou que o trecho entre os quilómetros 3.2 e 6.9 da EN6 não foi intervencionado (Cenários 3 e 5) foi necessário calcular a evolução dos acidentes caso não tivessem havido alterações da infra-estrutura. Consideraram-se dois trechos da EN 125 (km 97 a 103.4 e 107.4 a 113.9) como grupo de controlo, uma vez que os mesmos apresentavam características geométricas e TMDA semelhantes aos da EN6 antes da intervenção para o período entre 1994-1997. Esta escolha foi ainda devida ao facto de a evolução da sinistralidade no período antes ter sido semelhante no trecho intervencionado da EN6 e nos dois trechos da EN125. Para efeitos de análise, a evolução da sinistralidade no trecho intervencionado da EN6 e na EN125 é semelhante para o período depois. Estes valores foram ainda ajustados para o TMDA referente ao período depois (1994-1997).

3. CARACTERIZAÇÃO DA INFRA-ESTRUTURA DO CORREDOR

3.1 Evolução no tempo da rede

Até 1991, o corredor de ligação entre Lisboa e Cascais era percorrido fundamentalmente através de dois itinerários:

- Circulação integral pela EN6 (conhecida por “Estrada Marginal”);
- Circulação pelo trecho existente da EN7 (futura A5) entre Lisboa e o Estádio Nacional, com ligação à EN6 no Alto da Boa Viagem pela estrada EN6-3 e circulação até Cascais pela EN 6.

No ano de 1991 foi completada a A5, o que permitiu estabelecer uma ligação directa em auto-estrada entre Lisboa e Cascais, servindo simultaneamente este corredor. Esta nova alternativa possibilitou uma reafecção do tráfego e uma diminuição significativa no número de percursos efectuados na EN6. Tal redução do volume de tráfego na EN6 foi aproveitada pela Administração Rodoviária (JAE) para realizar obras de remodelação, com vista ao melhoramento da segurança rodoviária nessa estrada (ver 3.2.2).

3.2 Características do traçado das principais estradas do corredor

3.2.1 A5

A A5 estabelece actualmente a ligação entre Lisboa e Cascais. A sua construção foi faseada, sendo em 1944 construída a primeira fase, que ligou Lisboa (Amoreiras) ao Estádio Nacional, em Caxias. As características principais da faixa de rodagem desta estrada são: do km 0.0 ao 3.3, 4 vias, com 14 m de largura total de faixa de rodagem; do km 3.3 ao 4.1, 3 vias, com 10.5 m de largura total de faixa de rodagem; do km 4.1 ao 5.5, 4 vias, com 14 m de largura total de faixa de rodagem; do km 5.5 ao 15.4, 3 vias, com 10.5 m de largura total de faixa de rodagem; e do km 15.4 ao 25.0, 2 vias, com 7.5 m de largura total de faixa de rodagem.

Só em 1991 é que o prolongamento até Cascais ficou concluído. Desenvolve-se numa extensão de 25km, tendo sido estabelecidas duas praças de portagem, uma em Oeiras e outra em Carcavelos.

3.2.2 EN 6

Em 1988, a EN 6 foi alvo de um estudo sobre a sua segurança, efectuado por um consultor (COBA), a pedido da JAE, no qual o LNEC e o Instituto para a Investigação em Segurança Rodoviária da Holanda (SWOV) realizaram a caracterização da sinistralidade e do comportamento do tráfego [6]. Os dados obtidos através deste estudo permitiram definir com

rigor as características geométricas básicas da EN 6 naquela data. Esta estrada apresentava na altura um perfil transversal praticamente constante, com uma faixa de rodagem de 12 m de largura, dividida em quatro vias, e passeios. Para além da sinalização vertical e horizontal, existiam 8 sinais luminosos, posicionados nos cruzamentos de maior importância (aos km 1.3, 9.9, 10.8, 12.3, 14.2, 15.9, 16.7 e 16.9).

Com o objectivo de aumentar a segurança rodoviária, foi executada uma obra de requalificação viária, entre o Alto da Boa Viagem e Paço de Arcos (do km 3.2 a 6.9), que decorreu entre Agosto de 1992 e Dezembro de 1993. Foram efectuadas várias alterações, entre as quais se salientam a introdução de um separador central constituído por um lancil; a remoção da camada de desgaste do trecho acima referido e respectiva repavimentação (com material betuminoso anti-derrapante em curva); introdução de sobrelarguras e sobreelevações nalgumas curvas em planta; substituição do equipamento de segurança, diminuição dos limites de velocidade e colocação de sinais luminosos para controlo de velocidade, alguns associados a passagens para peões.

Após esta intervenção seguiram-se outras, de carácter pontual, noutros trechos da EN6, que não foram mencionadas no presente estudo por ausência de informação precisa sobre a respectiva referência espacial e temporal. Estas alterações não afectaram a análise realizada, uma vez que não ocorreram entre os km 3.2 e 6.9.

3.2.3 EN 6-3

A EN 6-3 faz a ligação entre a A5 e a EN6. Apresenta desde a data da sua construção um perfil transversal constante, constituído por uma faixa de rodagem, com quatro vias de 3m de largura, duas por sentido, bermas pavimentadas com 1.3m de largura, num desenvolvimento de 1.3 quilómetros.

3.3 Características do tráfego

Na análise da evolução real do TMDA das várias estradas pertencentes ao corredor foram considerados os valores apresentados em relatório do LNEC, baseados nos resultados dos recenseamentos de tráfego das Estradas de Portugal [1].

Na abordagem comparativa foram considerados cinco cenários. No segundo, quarto e quinto cenário excluiu-se o efeito da geração de tráfego associado à abertura da A5. A quantificação deste efeito foi efectuada com base na diferença entre as taxas de crescimento médias no ano primeiro e segundo ano de abertura do prolongamento e a taxa de crescimento média dos dois anos seguintes. Esta diferença, que corresponde à taxa de crescimento associada unicamente à geração de tráfego, ao ser multiplicada pelo tráfego dos dois primeiros anos de abertura, permite a obtenção dos valores de TMDA correspondentes. Assim, ao tráfego dos anos

posteriores à abertura do prolongamento é retirado o TMDA associado à geração de tráfego, permitindo obter valores de TMDA corrigidos (sem o efeito da geração de tráfego).

Nos cenários 4 e 5 foi considerada uma distribuição do TMDA pelos trechos diferente da dos outros cenários: o tráfego relativo ao período posterior à construção do prolongamento da A5, iria passar pela EN6-3 e pela EN6, em direcção a Cascais. Para tal, foram calculadas as proporções entre o tráfego que circulava na A5, na EN6 e na EN6-3 antes da abertura do prolongamento da A5. Nestes cenários, uma parcela do tráfego do sentido Cascais-Lisboa, que antes da abertura da A5 seguia pela EN6, após o prolongamento da A5, passou a circular por esta auto-estrada até ao nó do Estádio Nacional, seguidamente pela EN6-3, entrando então na EN6 até Lisboa. Este tráfego na EN6-3 (sentido N-S) foi também gerado pela abertura da A5; no entanto, não foi possível quantificá-lo, uma vez que não estão disponíveis contagens bi-direccionais nesta estrada.

4. COMPARAÇÃO DE CENÁRIOS DE SINISTRALIDADE

Os cenários de sinistralidade considerados foram analisados com base nos dados de acidentes e vítimas registados, nomeadamente: frequências observadas de acidentes com vítimas, acidentes com mortos e feridos graves e colisões frontais para as quatro estradas incluídas na análise.

4.1 Cenário 1 (situação real)

Dado neste cenário não existir variação de tráfego relativamente ao real, apenas é calculada a frequência esperada de acidentes, através da utilização do estimador de Abbess para a correcção do efeito da aleatoriedade.

4.2 Cenário 2

Como referido anteriormente, foi considerada uma variação à situação real no que diz respeito ao tráfego, nomeadamente no que se refere à supressão do efeito que é gerado para abertura de uma auto-estrada. Uma vez que se considera que apenas o TMDA dos quilómetros 0 a 8 da A5 é alterado (por ser retirado o efeito da geração de tráfego), os acidentes correspondentes a este trecho foram ajustados ao TMDA corrigido, através da seguinte expressão:

$$Acidentes_{A5} = Freq. esp. acidentes \times \frac{TMD_{94 \ 97}^{hipotético}}{TMD_{94 \ 97}^{real}}^n \quad (1)$$

(n- expoente em função do tipo de estrada)

Feito este cálculo, foi possível então contabilizar a frequência esperada de acidentes com vítimas, com mortos e feridos graves e de colisões frontais para o corredor completo entre Lisboa e Cascais.

4.3 Cenário 3

Este cenário difere do Cenário 1 por se considerar a ausência de alterações à EN6, entre o quilómetro 3.2 e 6.9. Por este facto, apenas é necessária uma correcção ao número esperado de acidentes para este trecho. Essa correcção passa pelo cálculo do que teria sido a evolução natural dos acidentes nesta estrada se não tivesse havido intervenção. Após este cálculo, foi então possível calcular o número esperado de acidentes com vítimas, acidentes com mortos e feridos graves e colisões frontais para o corredor Lisboa-Cascais.

4.4 Cenário 4

No Cenário 4 foi considerado que a A5 não teria sofrido qualquer alteração relativamente à situação inicial, ou seja, não seria construído o prolongamento desta auto-estrada desde o nó do Estádio Nacional até Cascais. Isto significa que o cálculo da frequência esperada de acidentes de todos os trechos teve de ser ajustado ao TMDA do Cenário 2 através da expressão:

$$Acidentes_{A5incomp} = Freq. esp. acidentes \times \left(\frac{TMD_{94-97 \text{ hipotético}}}{TMD_{94-97 \text{ real}}} \right)^n \quad (2)$$

(n- expoente em função do tipo de estrada)

4.5 Cenário 5

O Cenário 5 corresponde à situação mais distante da realidade, em que se considera que a A5 não teria sido prolongada até Cascais e nem teriam sido efectuadas as intervenções correctivas entre os quilómetros 3.2 e 6.9 da EN6. O cálculo da frequência esperada de acidentes foi efectuado através de uma conjugação dos cenários anteriores; foi necessário calcular a frequência esperada de acidentes que ocorreria na EN6, caso não tivessem sido feitas as intervenções correctivas e ainda ajustar a frequência esperada de todos os trechos ao TMDA do Cenário 2 (expressão 2).

5. CONCLUSÃO

A frequência esperada de acidentes para os cinco cenários analisados é apresentada no quadro seguinte.

Quadro 1 – Frequência esperada de acidentes com vítimas, acidentes com mortos e feridos graves e colisões frontais para os cinco cenários analisados.

Cenários	Frequência esperada		
	Acidentes com vítimas	Acidentes com mortos e feridos graves	Colisões frontais
1 Caso real (cenário de referência)	276	59	25
2 Caso real considerando o TMDA da A5 corrigido para eliminar o efeito da abertura da A5	272	58	25
3 EN6 não intervencionada e A5 completa	345	99	65
4 EN6 intervencionada e A5 incompleta	464	108	50
5 EN6 não intervencionada e A5 incompleta	519	168	124

No Quadro 2 apresenta-se a variação da frequência esperada de acidentes dos diferentes cenários relativamente ao cenário real.

Quadro 2 – Variação da frequência esperada de acidentes dos diferentes cenários relativamente ao cenário real.

	Cenário de referência	Cenários alternativos			
		2	3	4	5
Acidentes com vítimas	276	-4 (-1.3%)	+69 (+25%)	+188 (+68%)	+243 (+88%)
Acidentes com mortos e feridos graves	59	-1 (-0.9%)	+40 (+67%)	+49 (+82%)	+109 (+185%)
Colisões frontais	25	0 (-0.7%)	+40 (+160%)	+25 (+100%)	+99 (+395%)

Relativamente ao Cenário 2, verifica-se que o tráfego gerado estaria associado a 1.3% de acidentes com vítimas, a 0.9% de acidentes com mortos e feridos graves e a 0.7% de colisões frontais. No que concerne à análise do Cenário 3, seria esperado para o corredor Lisboa-Cascais um acréscimo de 25% no número de acidentes com vítimas, 67% no dos acidentes com mortos e feridos graves e 160% no das colisões frontais. Para o Cenário 4, foram calculados acréscimos nos acidentes com vítimas de 68%, nos acidentes com mortos e feridos graves de 82% e nas colisões frontais de 100%. Finalmente, o último cenário analisado, foram calculados acréscimos nos acidentes com vítimas de 88%, nos acidentes com mortos e feridos graves de 185% e nas colisões frontais de 395%.

A análise dos cinco cenários permitiu quantificar a frequência esperada de acidentes caso se optasse por uma evolução da rede diferente da efectivamente construída. Constatou-se que,

tanto o prolongamento da A5, como a execução de medidas correctivas no trecho da EN6 tiveram um efeito positivo nos níveis de sinistralidade do corredor Lisboa-Cascais e que o TMDA gerado pelo prolongamento da A5 está associado a um número relativamente pequeno de acidentes corporais ou de acidentes corporais graves. Este acréscimo de sinistralidade foi mais do que compensado pelo melhor desempenho da rede resultante.

O investimento em novas ligações rodoviárias tem efeitos sobre diversos aspectos do funcionamento do sistema de tráfego, designadamente sobre os níveis de segurança rodoviária. Sendo elevados os custos sociais gerados pela sinistralidade, conforme reconhecido internacionalmente, importa poder quantificar o impacte daqueles investimentos por forma a avaliar os ganhos de eficácia e eficiência do sistema de transporte por eles gerados.

Com o trabalho desenvolvido foram identificadas as principais barreiras quer de disponibilidade quer de organização da informação existente no nosso País para este tipo de estudos, nomeadamente: a falta de informação sistemática sobre as intervenções correctivas, no que diz respeito à sua caracterização e localização espacial e temporal; e também a falta de informação sistemática de TMDA que permita, de forma directa, análises de evolução sem recurso a estimativas. Ainda assim, o presente estudo revelou-se positivo, uma vez que foi possível exemplificar o tipo de resultados susceptíveis de serem obtidos neste tipo de análise, mediante a quantificação de efeitos no corredor Lisboa-Cascais.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Gomes, S. V.; Cardoso, J. L. – Avaliação do impacte sobre a sinistralidade de medidas correctivas em trecho da EN6. Relatório 217/05 – NPTS, LNEC, Junho de 2005.
- [2] Hauer, E. - Observational before-after studies in road safety. Pergamon, Oxford, U.K., 1997.
- [3] Elvik, R. - The importance of confounding in observational before-after studies of road safety measures. *Accident Analysis & Prevention* Vol. 34, (2002), pp 631-635.
- [4] Abbess, C., Jarrett, D., Wright, C.C. - Accidents at black spots: estimating the effectiveness of remedial treatment, with special reference to the “regression-to-the-mean” effect. *Traffic Engineering and Control*, Vol. 22, Nº. 10, 1981, pp. 535-542.
- [5] Cardoso, J. L. – Sinistralidade na Rede Rodoviária Nacional no ano de 1990 – Relatório 152/94 NTSR. LNEC. Abril de 1994.
- [6] Cardoso, J. L.; Castilho, A. J. – Colaboração no estudo da segurança da EN 6 – Caracterização da sinistralidade e da circulação do tráfego rodoviário. Relatório 192/89 do Núcleo de Tráfego e Segurança Rodoviária. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Lisboa. 1989.