

## MAPAS ESTRATÉGICOS DE RÚIDO E PLANOS DE ACÇÃO NAS AUTO-ESTRADAS PORTUGUESAS

PACS REFERENCE: 43.50.Sr

Braga, Margarida <sup>1</sup>; Preto, Jorge <sup>2</sup>; Matias, Christine <sup>2</sup>; Conde Santos, Luís <sup>2</sup>

<sup>1</sup> BRISA O&M, S.A.; <sup>2</sup> dBLab – Laboratório de Acústica e Vibrações, Lda

<sup>1</sup> Quinta da Torre da Aguilha – Edifício Brisa, 2785-599 São Domingos de Rana, Portugal, Tel: +351 214448500 / Fax: 214449589 / E-Mail: [maria.braga@brisa.pt](mailto:maria.braga@brisa.pt);

<sup>2</sup> R. Carlos Lopes, ALBIZ, Edifício A2, Albarraque, 2635-209 Rio de Mouro, Portugal, Tel: +351 214228950 / Fax: +351 214213555 / E-mail: [luis.conde@absorsor.pt](mailto:luis.conde@absorsor.pt)

### ABSTRACT

BRISA O&M is responsible for the operation of motorways in Portugal, of which over 600 Km are included in the first round of implementation of the END Directive. A case study is presented on three major Portuguese motorways, including important urban areas of the surroundings of the two major Portuguese cities, Lisboa and Porto. The methodology for action plans is described and the major problems and solutions found are discussed, namely those related to land use classification and corresponding noise limits, cost-benefit tradeoffs for noise exposure reduction and follow up strategies for action plan implementation.

### RESUMO

A BRISA O&M, S.A. é responsável pela operação e manutenção de auto-estradas em Portugal, nos quais, em mais de 600 km foi alvo da 1ª fase de implementação da Directiva 2002/49/CE. Neste artigo apresenta-se o caso de estudo de três das principais auto-estradas portuguesas, na qual estão incluídas importantes áreas urbanas dos arredores das principais cidades de Portugal, Lisboa e Porto. Apresenta-se a metodologia utilizada nos Planos de Acção, e são discutidos os principais problemas e soluções encontradas, nomeadamente os relacionados com classificação de zonas e correspondentes limites de ruído adoptados, os resultados da avaliação de custo-benefício na redução dos níveis de exposição ao ruído e estratégias delineadas para a implementação dos planos de acção.

### 1. INTRODUÇÃO

A concessão principal da Brisa, corresponde a uma rede de 11 auto-estradas, num total de 1095 km.

De acordo com o Decreto-Lei n.º 146/2006, de 31 de Julho, a legislação portuguesa que transpõe a Directiva Europeia 2002/49/CE, as entidades gestoras das principais infra-estruturas rodoviárias têm que elaborar os mapas estratégicos de ruído e planos de acção.

Portanto, é responsabilidade da BRISA identificar os sublanços da rede concessionada que integram a classificação de estradas principais, de acordo com a definição da Directiva sobre Ruído Ambiente e subsequentemente desenvolver os estudos para estas secções. Mais especificamente, após uma reestruturação do Grupo BRISA, a operacionalização desta responsabilidade incumbe à empresa Brisa O&M, S.A. (BO&M) que concentra as actividades da operação e manutenção das infra-estruturas rodoviárias.

Esta comunicação centra-se na elaboração dos Planos de Acção, na sequência dos Mapas Estratégicos de Ruído, para 3 das principais estradas de Portugal – A1 (295,2 km), conhecida como Auto-estrada do Norte, que é a auto-estrada mais importante em Portugal, ligando as duas principais cidades, Lisboa e Porto; A5 (25 km), conhecida como Auto-estrada da Costa do Estoril, uma auto-estrada metropolitana que percorre a área costeira entre Lisboa e Cascais; e A9, conhecida como CREL (Circular Regional Exterior de Lisboa), que é uma auto-estrada circundando a região de Lisboa nos lados oeste e norte. O desenvolvimento daqueles estudos envolveu o mapeamento acústico de uma área considerável (cerca de 700 km<sup>2</sup>), na qual estão incluídas importantes áreas urbanas dos arredores de Lisboa e Porto.

## 2. REQUISITOS LEGAIS

A actual legislação de ruído que é fundamental observar no que se refere a infra-estruturas de transporte rodoviário, inclui o Decreto-lei n.º 146/2006, de 31 de Julho [1], rectificado pela Declaração de Rectificação n.º 57/2006, de 31 de Agosto, e o Decreto-lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro (Regulamento Geral do Ruído) [2], rectificado pela Declaração de Rectificação n.º 18/2007, de 16 de Março, e com as alterações introduzidas pelo Decreto-lei n.º 278/2007, de 1 de Agosto.

O Decreto-lei n.º 146/2006, de 31 de Julho, transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 2002/49/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Junho, relativa à avaliação e gestão do ruído ambiente [3], cujo objectivo é prevenir e reduzir os efeitos prejudiciais da exposição ao ruído ambiente, estabelecendo a obrigatoriedade de efectuar a recolha de dados acústicos nos vários Estados membros e de informação à Comissão Europeia.

## 3. ANTECEDENTES: MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUÍDO

A metodologia de elaboração de mapas estratégicos de ruído definida pela BRISA assentou na realização de mapas de ruído em duas fases, correspondendo a níveis diferentes de detalhe:

- Mapas estratégicos de ruído básicos – escala de trabalho 1/10.000, sendo os mapas de ruído apresentados à escala 1/25.000, e abrangendo toda a área de estudo definida, independentemente da existência ou não de receptores sensíveis.
- Mapas estratégicos de ruído detalhados – escala de trabalho 1/5.000, sendo os mapas de ruído apresentados à escala 1/5.000 e incluindo apenas áreas com receptores sensíveis, designadamente aglomerações urbanas.

Foi utilizada cartografia digital actualizada, preparada especificamente para este efeito pela Brisa, com altimetria 3D e planimetria com cota das edificações, numa faixa de 350 m para cada lado do eixo da via, à escala 1/10.000 para as zonas menos povoadas, e à escala 1/5.000 para as zonas urbanas. De modo a abranger toda a zona de ocupação sensível exposta a níveis de ruído significativos ( $L_{den} > 55$  ou  $L_n > 45$  dB(A)), a banda a considerar em redor da rodovia foi estendida até aos 1.000 m para cada lado do eixo de via, utilizando cartografia

adicional a 1/25.000. Todos estes dados cartográficos foram verificados e tratados no processo de elaboração do modelo acústico. Utilizaram-se ainda elementos cartográficos adicionais, nomeadamente breaklines: linhas 3D correspondentes a elementos acusticamente relevantes, como sejam limite da berma, linha de talude, muros de suporte, etc.

Foi coligida junto dos 33 municípios envolvidos, informação sobre usos e classificações acústicas do território, mapas de ruído municipais, planos de redução de ruído e outros dados de ruído ambiental relevante. A maioria dos municípios já dispunham de mapa de ruído municipal, no entanto a maior parte não dispunha ainda de zonamento acústico definido e incorporado nos seus Planos Municipais de Ordenamento do Território.

Para cálculo da população exposta foi necessário proceder à classificação dos edifícios, segundo o seu uso, dentro da área de estudo que englobou cerca de 50.000 edifícios. Essa classificação foi realizada na produção da cartografia da Brisa no âmbito da estéreo-restituição fotogramétrica, tendo sido efectuada sem completagem de campo. Essa classificação teve assim de ser aprofundada, na sua maior parte através de análise de imagens aéreas e de cartografia com toponímia bastante completa, realizada por equipa de técnicos com bom conhecimento dos vários locais, completada por trabalho de campo para esclarecimento de dúvidas quanto ao uso de edifícios, em particular os mais expostos ao ruído das auto-estradas em estudo.

Uma vez identificados no modelo os edifícios com uso residencial, é necessário atribuir população a cada um desses edifícios, ou seja, estimar quantas pessoas habitam em cada edifício residencial de modo a que, uma vez calculados os indicadores de nível de ruído incidente na respectiva fachada, se possa incluir esse número de pessoas na respectiva classe de exposição, a intervalos de 5 dB, como definido no DL 146/2006. A atribuição de população aos edifícios foi realizada a partir dos dados da Base Geográfica de Referência de Informação (BGRI) dos Censos 2001, que se desenvolve segundo uma estrutura poligonal hierárquica cuja unidade elementar de representação é a Subsecção estatística. Foi necessário georreferenciar correctamente esses polígonos, de acordo com o sistema de georreferenciação utilizado no modelo, tendo sido distribuída a respectiva população pelos edifícios identificados como de uso residencial, tendo em conta os polígonos da BGRI, com dados de densidade populacional, e a capacidade de cada edifício, definida pela área do polígono que define cada edifício individualmente multiplicada pelo número de pisos de cada edifício.

Para os cálculos dos mapas estratégicos de ruído foi utilizado o programa CadnaA, versão 3.7, correndo num centro de cálculo com 20 computadores em paralelo, utilizando a técnica PCSP (Programme controlled segment processing).

De acordo com as Directrizes da APA, os mapas estratégicos de ruído têm de ser validados mediante medições in situ com um mínimo de 48 h de monitorização contínua em cada ponto de validação. Para o efeito foram seleccionados pontos de monitorização de acordo com o seguinte critério: 2 pontos por cada sublanço, um de cada lado da auto-estrada, ou 3 pontos para sublanços com mais de 15 Km de extensão, colocados a 4 m de altura do solo e em locais onde o ruído particular do tráfego da auto-estrada fosse claramente dominante em relação a outros ruídos. O número de pontos de monitorização foi de 46 para a A1, com uma distância média de 6,4 Km entre eles, e de 24 para a A5+A9, com uma distância média entre eles de 2,5 Km, representando um total de aproximadamente 150 dias completos de monitorização contínua. O critério de validação foi definido como uma diferença de  $\pm 2$  dB entre valores medidos e calculados, sendo que no modelo final o critério foi verificado em 90% dos 60 pontos, ou seja, em apenas 6 pontos apresentaram desvios superiores a 2 dB, sendo o desvio máximo obtido de 3,8 dB. Esses 6 casos foram analisados em detalhe e em todos eles foram justificados os desvios obtidos.



Figura 1 – Exemplos de monitorização contínua de ruído para validação dos cálculos.

Toda a informação relevante dos Mapas Estratégicos de Ruído das auto-estradas A1, A5 e A9 está disponível na página da APA, em:

<http://www.apambiente.pt/politicasambiente/Ruido/SituacaoNacional/Paginas/default.aspx>

Os quadros seguintes resumem de forma muito sintética os resultados dos Mapas.

Quadro 1 - Áreas totais expostas a ruído das A1/A5/A9 e n.º estimado de habitações e pessoas, em centenas, que vivem nessas áreas, incluindo as grandes aglomerações (Lisboa).

$L_{den}$	Área total (km <sup>2</sup> )	N.º estimado de habitações (centenas)	N.º estimado de pessoas (centenas)
> 75	19,7	4	9
> 65	78,9	123	251
> 55	320,1	942	1919

Quadro 2 – População exposta ao ruído das A1/A5/A9, excluindo as grandes aglomerações.

$L_{den}$	N.º de pessoas expostas (centenas)	$L_n$	N.º de pessoas expostas (centenas)
55 - 59	972	45 – 49	2920
60 - 64	560	50 – 54	735
65 - 69	184	55 – 59	306
70 - 74	55	60 – 64	76
> 75	8	65 – 69	22
		> 70	1

Quadro 3 – Análise complementar para as auto-estradas, incluindo as grandes aglomerações (Lisboa)

$L_{den}$	Distância média da isófona limite ao eixo da via (m)	N.º estimado de habitações expostas por Km de auto-estrada (unidades)	N.º estimado de pessoas expostas por Km de auto-estrada (unidades)
> 75	27,7	1	2
> 65	110,9	35	71
> 55	450,2	265	540

Estes resultados podem ser comparados com os obtidos noutros países europeus, consultando por exemplo os dados disponíveis em: <http://noise.eionet.europa.eu/index.html>

## 4. PLANOS DE ACÇÃO

### 4.1 Metodologia

Os mapas estratégicos de ruído foram elaborados para a situação de referência do ano 2007 e, por isso, quando durante os anos de 2010 e 2011 se começaram a executar os Planos de Acção, verificou-se que os respectivos dados de base estavam em grande parte desactualizados. Efectivamente, no período de 2007 a 2009, as auto-estradas foram submetidas a modificações significativas e, para além disso, muitas eram as alterações planeadas para os 5 anos vindouros.

Portanto, estando os Planos de Acção a ser ultimados em 2011, ficou decidido que as medidas de minimização de ruído deveriam ser projectadas para o tráfego de 2010 e que o modelo do mapa de ruído se deveria adaptar às alterações, como os alargamentos das infra-estruturas de transporte rodoviário ou modificações do pavimento, que tivessem já ocorrido ou que fossem ocorrer brevemente.

A elaboração dos Planos de Acção demonstrou ser um processo bastante complexo porque o actual quadro legislativo nacional, demasiado restritivo, estava a conduzir à implementação de um conjunto desmesurado de medidas de minimização de ruído, envolvendo elevados montantes e extensões elevadíssimas de barreiras acústicas que, em determinadas situações, se têm revelado como medidas disfuncionais com impactes negativos sociais e paisagísticos significativos. Efectivamente são várias as circunstâncias que estão a contribuir para esta situação:

- Proliferação de novos edifícios habitacionais ao longo das infra-estruturas de transporte (apesar de existir legislação de controlo das operações urbanísticas em locais com níveis de ruído superiores aos legislados e a restringir esta prática);
- As concessionárias não dispõem das licenças de construção de todas as edificações existentes ao longo da respectiva rede concessionada, pelo que não dispõem de informação para o efectivo apuramento da responsabilidade de protecção, estando a assumir encargos que não lhes incumbiriam e a ser, desta forma, penalizadas;
- A existência de legislação demasiado restritiva com prazos de implementação demasiado apertados para se poderem ter em conta cenários de evolução tecnológica, empurrando à adopção de medidas disfuncionais, que não integram uma avaliação de custo-benefício e a implicar investimentos que a médio prazo se poderão tornar inúteis.

Perante estas circunstâncias, os Planos de Acção sofreram uma série de evoluções metodológicas que permitissem, dentro de um quadro regulamentar muito restritivo, e de forma tecnicamente consistente, apresentar propostas razoáveis de redução da incomodidade devida ao ruído.

A metodologia que foi seguida para preparar os planos de acção está resumida nos seguintes passos:

1. Confirmação no terreno da localização e características das barreiras acústicas existentes e tipos de pavimentos;
2. Adaptação do modelo de cálculo ao cenário de tráfego de 2010;
3. Cálculo dos mapas de conflito, com a identificação das áreas com níveis de ruído acima dos valores legislados por forma a identificar as situações para as quais se deverão preconizar medidas de minimização de ruído:

Aproximadamente 700 situações foram identificadas ao longo dos 335 km da A1, A5 e A9, i.e. 2 situações por km (ver exemplos na Figura 2).

- Os mapas de conflito foram exportados para o Google Earth para uma identificação mais fácil.

Trabalho de campo para reconhecimento *in situ* das áreas de conflito e captura de fotos e outros dados relevantes.

4. Estudo e optimização das medidas de minimização de ruído no modelo de cálculo de ruído (ver Figura 3), condicionando os investimentos à prévia oportunidade de intervenção nas vias, privilegiando o princípio de redução na fonte.
5. Avaliação do custo-benefício das barreiras acústicas, cuja metodologia se exporá mais detalhadamente no ponto 4.2.
6. Recálculo dos mapas de ruído e da população exposta no cenário de 2010 com todas as medidas de redução de ruído propostas implementadas.
7. Estabelecimento de um plano de acção, com a hierarquização das medidas de redução com base nos resultados apurados, sendo atribuída maior prioridade às medidas para as quais se tiver apurado uma maior diferença entre os benefício totais actualizados e os respectivos custos.
8. Preparação do Relatório do Plano de Acção para Consulta Pública.
9. Período de Consulta Pública, registo dos comentários e participação do público.
10. Reformulação do Plano de Acção, se necessário.
11. Preparação do relatório final do Plano de Acção e especificação das medidas de controlo de ruído, incluindo desenhos para implementação das barreiras acústicas, etc.

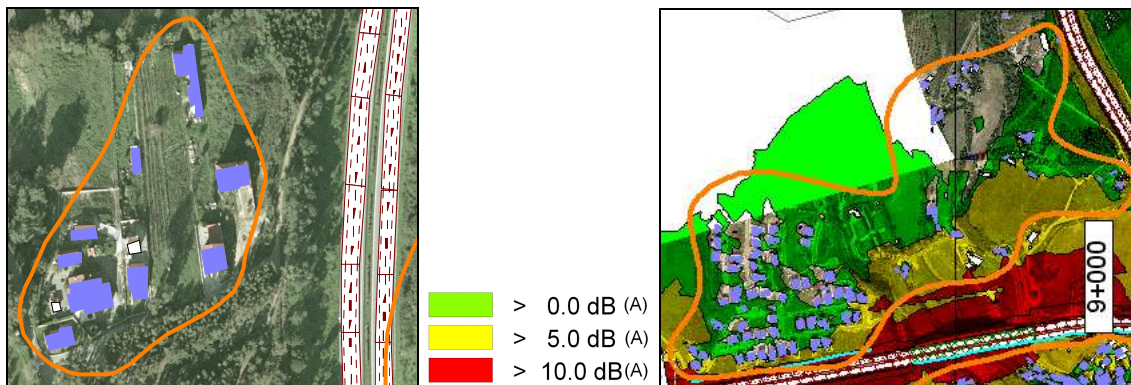


Figura 2 – Exemplo de mapas de conflito e situações identificadas para o plano de acção.



Figura 3 – Exemplo de uma medida de redução de ruído: barreiras acústicas na A1 para proteger uma pequena quantidade de edifícios habitacionais perto de Condeixa (esquerda); barreiras acústicas extensas para proteger uma área urbana densa na A5 (direita).

#### 4.2 Avaliação Custo-Benefício

Quanto aos Planos de Acção para as auto-estradas A1, A5 e A9, que são as que na Concessão Brisa têm um maior volume de tráfego e que concomitantemente atravessam as zonas mais densamente urbanizadas e com maiores quantitativos de população, era expectável, como já foi referido, que a sua implementação exigisse elevados investimentos.

Por isso, foi fundamental, para que esses investimentos não atingissem valores pouco razoáveis, estabelecer um quadro de análise rigoroso, assertivo e simultaneamente expedito para que os prazos de elaboração destes estudos não se tornassem incomportáveis. Nestes pressupostos, a BO&M, estabeleceu que o quadro de análise para delinear os Planos de Acção deveria incorporar:

**a. Optimização dos investimentos em medidas de minimização de ruído** para a qual é fundamental a realização de uma avaliação custo-benefício de várias opções através da estimativa dos seus custos vs. população beneficiada e reduções de ruído alcançadas. A metodologia utilizada para esta avaliação baseou-se no método descrito em “Cost-Benefit Analysis of Noise Control Measures: An Application of the Benefit Transfer Methodology” (Zsuzanna Marjainé Szerényi PhD; Gábor Harangozó PhD, Ana Séchy, Junho 2010) [4].

Os resultados obtidos pela aplicação desse método são apresentados numa tabela na qual deverão constar as medidas propostas e os seguintes itens de avaliação:

- i. Custos da barreira (tendo-se utilizado um custo médio de 150 €/m<sup>2</sup>)
- ii. Magnitude dos Impactos sociais (impacte negativo forte, médio, fraco, sem impacte)
- iii. Valoração monetária dos benefícios, utilizando o método supra referido em conjunto com os dados do projecto HEATCO – Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment [5] utilizando o parâmetro “Willing To Pay” (WTP) (constante da sua Tabela 6.9) actualizado à taxa de inflação
- iv. Os benefícios obtidos ao longo do tempo devem ser actualizados para o ano de início da implantação da medida, de acordo com a seguinte fórmula

$$Benefícios\ totais\ actualizados = \sum_{i=1}^n \frac{Benefício\_anual(€)}{(1+r)^i}$$

Em que:

r – taxa de actualização (pode ser utilizada uma r = 4%)

n – vida útil do investimento (ou seja, das barreiras acústicas que se pode considerar ser de 20 anos)

- v. No final, a avaliação efectuada é apresentada numa tabela como a que a seguidamente se apresenta:

ID Barreira	Custo Barreira (150€/m <sup>2</sup> )	Impactes Sociais	Distância Barreira - habitação	Benefício	Medida Viável	
					S	N

- vi. Apenas as barreiras cujos benefícios sejam superiores aos custos e que não tenham um impacte social muito negativo deverão ser implementadas.

**b. “Dissecação” das situações abrangidas por medidas de redução de ruído** por forma a que essas medidas fossem apenas preconizadas para as situações com efectivo direito legal a protecção acústica imputável à concessionária. Esta revelou-se, eventualmente, ser a tarefa mais complicada devido ao generalizado desconhecimento das datas de licença de construção e de utilização e também às mudanças no quadro legal vigente em matéria de ruído que dificultavam a atribuição de responsabilidades na protecção acústica, mesmo das situações em que se detinha o conhecimento prévio das datas dos licenciamentos. Os Planos de Monitorização e Redução de Ruído elaborados para cumprimento da anterior legislação foram fundamentais porque forneciam um quadro de referência dos receptores existentes nas imediações das auto-estradas à data da sua elaboração e permitiram que se detectassem uma série de construções recentes.

**c. Alinhar o estabelecido nos Planos de Acção com as respostas às reclamações de ruído emitidas pela BO&M e pela Concessionária.** Algumas das respostas a reclamações de ruído, por implicarem uma análise muito concreta e objectiva das situações implicadas, permitem detectar receptores recentes cuja protecção acústica não deverá ser imputável à concessionária e também as situações de maior incomodidade;

**d. Estabelecimento de critérios justos e equitativos** no planeamento e calendarização das medidas através da hierarquização dos resultados obtidos na avaliação custo-benefício;

**e. Compatibilização desses critérios com outros de ordem logística, segurança, circulação e disponibilidade de empresas no mercado.** O planeamento das medidas de minimização de ruído deverá ter em conta que a sua implementação na infra-estrutura rodoviária não poderá comprometer a segurança, nem reduzir os níveis de circulação abaixo de determinados patamares. Para além disso, a oferta de empresas no mercado para realização de empreitadas de implementação de medidas de minimização de ruído é exígua pelo que necessariamente o planeamento da implementação daquele tipo de medidas deverá ter em conta a capacidade de resposta existente.

**f. Adaptação às alterações sofridas pela infra-estrutura,** nomeadamente alargamentos. Esta questão remete para o eterno problema sintetizado na expressão “quando se acaba um projecto, ele já está desactualizado”.

**g. Integração de vários tipos de medidas de minimização:** alterações de pavimento, designadamente para pisos drenantes e/ou BMB (betuminoso misturado com borracha) e enquadradas com o Plano de Conservação da Brisa, redução de velocidade para 100 Km/h nalguns sublanços em zonas densamente urbanizadas e barreiras acústicas com imite máximo de altura de 5 m.

## 5. CONCLUSÕES

Foi apresentada a metodologia utilizada na elaboração dos Mapas Estratégicos de Ruído e Planos de Acção para as auto-estradas A1, A5 e A9, que integram a Concessão Brisa, tendo sido discutidos os principais problemas e soluções encontradas, nomeadamente os relacionados com classificação de zonas e correspondentes limites de ruído adoptados, os resultados da avaliação de custo-benefício na redução dos níveis de exposição ao ruído e estratégias delineadas para a implementação dos planos de acção.

## REFERÊNCIAS

- [1] *Decreto-Lei n.º 146/2006* de 31 de Julho de 2006 e *Declaração de Rectificação n.º 57/2006* de 31 de Agosto de 2006.
- [2] *Decreto-Lei n.º 9/2007* de 17 de Janeiro de 2007, *Declaração de Rectificação n.º 18/2007* de 16 de Março de 2007 e *Decreto-Lei n.º 278/2007* de 1 de Agosto de 2007.
- [3] *Directiva n.º 2002/49/CE*, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Junho.
- [4] Marjainé Szerényi, Z.; Harangozó, G.; Séchy, A. *Cost-Benefit Analysis of Noise Control Measures: An Application of the Benefit Transfer Methodology*. Proceedings of Internoise 2010. 39<sup>th</sup> International Congress on Noise control Engineering, Lisboa, Portugal, Junho 13-16, 2010, in CD-ROM.
- [5] Bickel, P.; Friedrich, R.; Burgess, A.; Fagiani, P.; Hunt, A.; De Jong, G.; Laird, J.; Lieb, C.; Lindberg, G.; Mackie, P.; Navrud, S.; Odgaard, T.; Ricci, A.; Shires, J.; Tavasszy, L. *HEATCO. Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment. Deliverable 5. Proposal for Harmonised Guidelines*.