

Alterações introduzidas pela Diretiva (UE) 2015/996 (métodos europeus harmonizados para previsão do ruído de tráfego rodoviário, ferroviário, aéreo e indústrias)

VITOR ROSÃO¹

¹SCHIU – Engenharia de Vibração e Ruído Lda. | Portugal
Autor correspondente: vitor.schiu@gmail.com | Vitor Rosão

Palavras-chave

CNOSSOS, Diretiva 2015/996, Rodovias, Ferrovias, Indústrias, Aeronaves.

Resumo

A Diretiva 2002/49/CE, usualmente denominada por Diretiva de Ruído Ambiente, indicava a utilização de métodos interinos de cálculo, para elaboração de Mapas Estratégicos de Ruído e Planos de Ação, até que a Comissão Europeia estabelecesse métodos comuns a serem utilizados por todos os Estados Membros. A publicação da Diretiva 2015/996 estabelece os métodos comuns de cálculo a serem utilizados por todos os Estados Membros. Os novos métodos estabelecidos pela Diretiva 2015/996, e que de acordo com a Diretiva, deverão ser usados a partir de 1 de janeiro de 2019, são usualmente denominados por métodos CNOSSOS, pois foram desenvolvidos através do Projeto Europeu CNOSSOS-EU (*Common Noise Assessment Methods in Europe*). Os métodos interinos que os métodos CNOSSOS vêm substituir são: Indústrias: ISO 9613-2:1996; Rodovias: NMPB'96; Ferrovias: SRMII'96 (ou RMR'96); Aeronaves: ECAC.CEACA:1997. O objetivo da presente palestra é apresentar as principais alterações introduzidas pelos métodos CNOSSOS, de uma forma geral e em particular relativamente aos respetivos métodos interinos substituídos, face a um período de quase 16 anos (2018-2002) de estabelecimento e uso dos métodos interinos. Procura-se apresentar, para os interessados, informação associada julgada útil. Procura-se igualmente apresentar direções para que os interessados, assim querendo, possam aprofundar mais este tema.

1| INTRODUÇÃO

A Diretiva 2015/996 [1], que contém a descrição dos novos métodos europeus harmonizados para a previsão do ruído de tráfego rodoviário, ferroviário, aéreo e das indústrias, foi publicada em 1 de junho de 2015 e já foi alvo de uma retificação [2] em 10 de janeiro de 2018. Esta Diretiva concretiza o previsto na Diretiva de Ruído Ambiente 2002/49/CE [3] e substitui o seu Anexo II.

Os métodos da nova Diretiva [1] devem ser adotados até 31-12-2018, de acordo com os seus n.ºs 8 e 9 do preâmbulo e n.º 1 do Artigo 2.º. Assim, os Mapas Estratégicos de Ruído e Planos de Ação previstos na Diretiva de Ruído Ambiente 2002/49/CE [3], desenvolvidos a partir de 1 de janeiro de 2019 deverão utilizar os novos métodos da Diretiva 2015/996 [1].

A Diretiva de Ruído Ambiente 2002/49/CE [3] foi transposta para a legislação nacional através do DL 146/2006 [4]. A informação disponível é de que a Diretiva 2015/996 [1] ainda não foi transposta para a legislação nacional.

Os métodos interinos que a nova Diretiva 2015/996 [1] substitui são os seguintes:

- Indústrias: ISO9613-2:1996 [5].
- Rodovias: NMPB'96 [6].
- Ferrovias: SRMII'96 (também dito RMRII'96) [7].
- Aeronaves: ECAC.CEAC Doc. 29, 1997. Nova versão 2016 [8-10].

Os novos métodos da Diretiva 2015/996 [1] são também denominados por métodos CNOSSOS pois foram desenvolvidos através do Projeto Europeu CNOSSOS-EU (*Common Noise Assessment Methods in Europe*) [11].

O objetivo da presente palestra é apresentar as principais alterações dos novos métodos CNOSSOS relativamente aos métodos interinos substituídos, tentando fornecer informação/documentos úteis e direções para que os interessados possam aprofundar mais este tema.

2 | ÍNDICE DA DIRETIVA

Uma vez que a Diretiva 2015/996 [1] possui 823 páginas – quer na versão em Português quer na versão em Inglês – considerou-se útil, no âmbito da presente palestra, desenvolver o índice da Diretiva, de forma a facilitar a sua consulta, o índice desenvolvido (7 páginas) encontra-se disponível nos seguintes endereços:

- http://www.schiu.com/Diretiva2015_996/IndiceDiretiva2015_996.pdf.
- http://www.schiu.com/Diretiva2015_996/IndiceDiretiva2015_996.docx.

Os capítulos principais e Apêndices são os seguintes:

1 Introdução	4
2 Métodos comuns de avaliação de ruído	4
2.1 Generalidades (indústria, rodovias e ferrovias)	4
2.2 Ruído gerado pelo tráfego rodoviário.....	5
2.3 Ruído gerado pelo tráfego ferroviário	12
2.4. Ruído industrial	23
2.5 Cálculo da propagação do ruído (rodovias, ferrovias e indústrias).....	26
2.6. Disposições gerais (tráfego aéreo).....	44

2.7. Ruído gerado pelas aeronaves.....	50
2.8. Associação de níveis de ruído e de população a edifícios.....	92
3. Dados necessários.....	95
4. Métodos de medição.....	95
Apêndice A Dados necessários (Aeroportos).....	96
Apêndice B Cálculos do desempenho em voo.....	101
Apêndice C Modelos da dispersão lateral das rotas no solo.....	115
Apêndice D Recálculo de dados NPD para condições distintas das condições de referência.....	117
Apêndice E Correção do segmento finito (tráfego aéreo).....	120
Apêndice F Base de dados para as fontes associadas ao tráfego rodoviário.....	124
Apêndice G Base de dados para as fontes associadas ao tráfego ferroviário.....	129
Apêndice H Base de dados para as fontes industriais.....	140
Apêndice I Base de dados para as fontes associadas a aeronaves — dados NPD.....	141
Fim.....	823

Este Índice permite verificar que o corpo principal da Diretiva possui só 95 páginas e que toda a Diretiva, sem o Apêndice I que possui 683 páginas, possuiria só 140 páginas.

A denominação dos capítulos principais permite verificar que existem, no essencial, 2 metodologias de cálculo: a) uma associada às indústrias, rodovias e ferrovias (capítulos 2.1 a 2.5), e b) outra associada às aeronaves (capítulos 2.6 e 2.7). A metodologia associada às indústrias, rodovias e ferrovias, possui um método comum de determinação da propagação sonora (capítulo 2.5) e metodologias diferenciadas de cálculo da emissão sonora das diferentes fontes (capítulos: 2.2 rodovias, 2.3 ferrovias; 2.4 indústrias).

Verifica-se ainda a existência de capítulos próprios de “Associação de níveis de ruído e de população a edifícios” (capítulo 2.8) e sobre “Métodos de medição” (capítulo 4) que não serão abordados na presente palestra.

Julgou-se igualmente pertinente, no âmbito da presente palestra, dividir os diferentes conteúdos da Diretiva, nas partes associadas às Indústrias, ao tráfego rodoviário, ao tráfego ferroviário e ao tráfego aéreo, estando estes documentos disponíveis nos seguintes endereços, com o seguinte n.º de páginas:

- Indústria (28 páginas): http://www.schiu.com/Diretiva2015_996/Industrias.pdf.
- Rodovias (36 páginas): http://www.schiu.com/Diretiva2015_996/Rodovias.pdf.

- Ferrovias (47 páginas): http://www.schiu.com/Diretiva2015_996/Ferrovias.pdf.
- Aeronaves (765 páginas): http://www.schiu.com/Diretiva2015_996/Aeroportos.pdf (sem o Apêndice I: 82 páginas).

3| PRINCIPAIS ALTERAÇÕES

Considera-se que as principais alterações são de 3 tipos:

1. Exigências de qualidade.
2. Dados de entrada e formas de cálculo.
3. Resultados:

Como as alterações dos resultados estão associadas às alterações dos dados de entrada e formas de cálculo, agrupam-se em seguida no mesmo subcapítulo.

3.1. EXIGÊNCIAS DE QUALIDADE

A Diretiva 2015/996 [1] introduz exigências de qualidade a 3 níveis:

1. Exatidão dos dados de entrada.
2. Utilização de valores predefinidos.
3. Qualidade do *software* utilizado nos cálculos.

Estas exigências constam nos capítulos 2.12 (indústrias, rodovias e ferrovias) e 2.6.2 (aeronaves) da Diretiva.

3.1.1. EXATIDÃO DOS DADOS DE ENTRADA

A Diretiva estabelece o seguinte relativamente à exatidão dos dados de entrada:

“Os valores que afetem o nível de emissão de uma fonte devem ser determinados com, pelo menos, a exatidão correspondente a uma incerteza de ± 2 dB(A) no nível de emissão da fonte (mantendo inalterados os outros parâmetros)”.

Tendo em conta a variação teórica dos níveis sonoros com 10 vezes o logaritmo da quantidade de tráfego, apresenta-se na Tabela 1 qual a variação de tráfego associada aos ± 2 dB definidos como limite na Diretiva, para diferentes valores base de tráfego.

Tabela 1. Variação de tráfego que significa variação de ± 2 dB

Tráfego Médio Horário (TMH) base	Tráfego Médio Horário		Porcentagem	
	+2dB	-2dB	+2dB	-2dB
1	0,6	1,6	-37%	+58%
10	6,3	15,8		
50	31,5	79,2		
100	63,1	158,5		
200	126,2	317,0		
500	315,5	792,4		
1000	631,0	1584,9		
$L_2 - L_1 \approx 10 \log(\text{TMH}_2/\text{TMH}_1)$				

Julga-se assim que a indicação dos ± 2 dB deve tentar ser seguida pelas Entidades responsáveis pelas infraestruturas no sentido de terem contadores de tráfego, ou contagens de tráfego, em secções diferenciadas de tráfego, de acordo com as variações explicitadas na Tabela 1 para ± 2 dB, dentro da viabilidade económica. Viabilidade económica que é de facto explicitada na Diretiva, como se verá em seguida.

Apresenta-se na Tabela 2 a variação típica dos níveis sonoros com a variação da velocidade de circulação para diferentes tipos de veículos rodoviários (C1: ligeiros; C2: pesados de 2 eixos; C3: pesados de 3 ou mais eixos), e na Tabela 3 para veículos ferroviários (categorias do método SRMII: C1: comboio elétrico com travões de bloco; C3: comboio elétrico com travões de disco; C6: comboio a diesel com travões de disco) de acordo com os dados do método CNOSSOS conforme explicitado na Diretiva 2015/996.

Tabela 2. Variação dos níveis sonoros em função da variação da velocidade de circulação (rodovias)

Velocidade [km/h]	Tráfego rodoviário [emissão Sonora, dB(A)]		
	C1	C2	C3
10	33	43	46
20	33	43	46
30	34	42	45
40	35	42	45
50	37	43	45
60	39	43	46
70	40	44	47
80	41	45	47
90	43	45	48
100	44	46	49
110	45	47	49
120	46	47	50

Tabela 3. Variação dos níveis sonoros em função da variação da velocidade de circulação (ferrovias)

Velocidade [km/h]	Tráfego ferroviário [emissão Sonora, dB(A)]		
	C1	C2	C3
10	61	54	55
20	68	51	52
30	56	49	50
40	55	48	49
50	54	47	48
60	55	48	48
70	55	49	49

80	57	50	50
90	57	50	50
100	58	51	51
110	59	52	52
120	60	52	52

A análise das tabelas anteriores permite verificar que, para tráfego rodoviário – para os dados/coeficientes do modelo – a variação dos níveis sonoros é menor para as categorias C2 e C3 (pesados) do que para a categoria C1 (ligeiros), o que indicia a possibilidade de menor exatidão na determinação da velocidade de circulação dos veículos pesados relativamente aos veículos ligeiros, para obtenção da mesma variação de ± 2 dB na emissão sonora.

Para o tráfego ferroviário, verifica-se que – para os dados/coeficientes do modelo – os comboios com travões de bloco, mesmo elétricos, são em média mais ruidosos do que os comboios diesel com travões de disco, tal facto está associado à típica maior irregularidade no rodado criada pelo travão de bloco (travão aplicado à superfície do rodado que contacta com o carril) do que o ocorrente com o travão de disco (travão aplicado na lateral do rodado).

Verifica-se também que diminuir a velocidade de circulação não significa obrigatoriamente diminuir a emissão sonora, neste exemplo (Tabela 3), para 60 km/h, as emissões sonoras dos comboios são menores do que para 10 km/h. De notar que a diminuição da velocidade de circulação faz usualmente diminuir a potência sonora da fonte mas faz também aumentar o tempo de exposição do recetor a essa fonte pelo que em termos médios anuais se o decréscimo de potência sonora não compensar o aumento do tempo de exposição o nível sonor médio energético no Recetor pode aumentar.

Principalmente no caso das rodovias, por tipicamente possuírem uma maior variabilidade da velocidade de circulação por tipo de veículo – mas também para as ferrovias – caso seja possível conhecer exatamente qual a distribuição de velocidades de circulação de um determinado tipo de veículo em uma determinada secção, chama-se a atenção que poderá não ser o valor médio da distribuição o valor mais adequado a considerar no modelo.

Julga-se que será importante reconhecer que, teoricamente, para diferentes velocidades, vamos ter diferentes níveis sonoros e o que nos interessa é a média energética desses níveis sonoros. Assim, a velocidade de circulação constante a considerar no modelo deverá ser aquela que produz os níveis sonoros médios energéticos em causa. É assim necessário introduzir o conceito de Velocidade Contínua Equivalente.

Se os níveis sonoros variarem com “ $a \log(v)$ ”, pode-se demonstrar que a Velocidade Contínua Equivalente é dada por:

$$V_{eq} = \left(\frac{v_1^{a/10} + v_2^{a/10} + \dots + v_n^{a/10}}{n} \right)^{10/a}$$

Para $a = 10$ trata-se da média aritmética, para $a = 20$ trata-se da média quadrática e para $a = 30$ da média cúbica das velocidades.

3.1.1. UTILIZAÇÃO DE VALORES PREDEFENIDOS

Relativamente à “*utilização de valores predefinidos*” a Diretiva estabelece:

“Na aplicação do método, os dados de entrada devem refletir a realidade. Em geral, não deve recorrer-se a valores predefinidos para os dados de entrada nem a assunções, que só são aceitáveis se a obtenção dos dados reais implicar custos desproporcionadamente elevados”.

Verifica-se assim o cuidado da Diretiva relativamente à viabilidade económica.

Julga-se importante perceber que a “realidade” referida na Diretiva é uma “realidade” incerta, pois corresponde a uma média energética anual em termos de níveis sonoros. Ou seja, mesmo que conheçamos os valores exatos dos parâmetros com influência ao longo do ano, é importante perceber que, como na média energética dos níveis sonoros é dado mais peso aos níveis sonoros mais elevados, a “realidade” adequada para a modelação do ruído poderá não corresponder à média aritmética dos parâmetros ao longo do ano. Como exemplificado atrás, no caso da velocidade de circulação, a Velocidade Contínua Equivalente poderá não corresponder ao valor médio aritmético das diferentes velocidades de circulação de um determinado tipo de veículo ao longo do ano.

Estes processos são sempre evolutivos e dependentes da vontade dos intervenientes. Assim, julga-se que o texto “*não deve recorrer-se a hipóteses ou valores predefinidos para os dados de entrada nem a assunções, que só são aceitáveis se a obtenção dos dados reais implicar custos desproporcionadamente elevados*” deve ser entendido sobretudo no sentido de que as entidades deverão estar cientes da necessidade de perceber qual a informação específica da infraestrutura em apreço, por exemplo não considerar a velocidade máxima de circulação, mas ter em conta a efetiva variação das velocidades de circulação da via, de acordo com a viabilidade económica de obtenção dessa informação.

Chama-se a atenção que não se deverá perder de vista que o estudo de análise dos dados específicos deve ser efetuado com algum cuidado e conhecimentos acústicos, pois poderá, caso não exista esse cuidado e conhecimentos, obter-se resultados mais afastados da realidade média anual que se pretende modelar.

Em linha com esta chamada de atenção, apresenta-se outro exemplo, em que se julga que é necessário evoluir nos modelos de simulação acústica: trata-se da informação associada à Temperatura e à Humidade Relativa específicas do caso em Estudo. Como aqui se exemplifica será também necessário ter algum cuidado na utilização de uma eventual informação disponível mais detalhada.

Na Tabela 4 e na Tabela 5, apresenta-se, tendo em conta dados do site <http://portaldoclima.pt/pt/>, os valores mensais de Humidade Relativa e Temperatura, para o Algarve e Trás-os-Montes, e os valores mensais da atenuação sonora devido à absorção atmosférica [12]. Compara-se a atenuação anual associada à média aritmética da humidade e temperatura, e à média energética das atenuações mensais, para 4 espectros teóricos: Ruído Branco (cresce 3 dB/oitava), Ruído Rosa (cresce 0 dB/oitava), Ruído Castanho (diminui 3 dB/oitava) e Ruído Castanhão (diminui 6 dB/oitava; na ausência de nome para este decréscimo afigurou-se adequado denominá-lo por Ruído Castanhão).

Tabela 4. Variação das atenuações devido à absorção atmosférica (Algarve)

Algarve	HR%	T°C	Atenuação Absorção Atmosférica [dB/km]			
			Ruído Branco (3dB/oitava)	Ruído Rosa (0dB/oitava)	Ruído Castanho (-3dB/oit.)	Ruído Castanhão (-6dB/oit.)
Janeiro	83%	10	-52,8	-25,4	-7,9	-2,2
Fevereiro	80%	10,4	-52,8	-25,4	-7,9	-2,2
Março	77%	11,8	-52,8	-25,4	-7,9	-2,2
Abril	73%	13,4	-62,7	-29,8	-8,9	-2,3

Maio	67%	16,2	-50,9	-24,6	-7,9	-2,3
Junho	59%	20,1	-48,3	-23,8	-8,1	-2,6
Julho	53%	23,8	-47,6	-23,9	-8,5	-2,9
Agosto	54%	24	-47,6	-23,9	-8,5	-2,9
Setembro	61%	21,2	-48,3	-23,8	-8,1	-2,6
Outubro	72%	16,8	-50,9	-24,6	-7,9	-2,3
Novembro	79%	13,2	-43,4	-21,4	-7,2	-2,3
Dezembro	83%	10,7	-52,8	-25,4	-7,9	-2,2
Média (Temp. Humid.)	70%	16	-50,9	-24,6	-7,9	-2,3
Média Energética	http://portaldoclima.pt/pt/		-49,1	-24,4	-8,0	-2,4
Máximo			-43,4	-21,4	-7,2	-2,2
Mínimo			-62,7	-29,8	-8,9	-2,9

Tabela 5. Variação das atenuações devido à absorção atmosférica (Trás-os-Montes)

Trás-os-Montes	HR%	T°C	Atenuação Absorção Atmosférica [dB/km]			
			Ruído Branco (3dB/oitava)	Ruído Rosa (0dB/oitava)	Ruído Castanho (-3dB/oit.)	Ruído Castanhão (-6dB/oit.)
Janeiro	85%	4	-62,0	-29,4	-8,6	-2,1
Fevereiro	83%	5	-65,1	-31,3	-9,3	-2,2
Março	79%	6,7	-65,1	-31,3	-9,3	-2,2
Abril	76%	8,5	-52,8	-25,4	-7,9	-2,2
Maio	73%	11,3	-62,7	-29,8	-8,9	-2,3
Junho	65%	15,5	-50,9	-24,6	-7,9	-2,3
Julho	54%	19,8	-56,5	-27,4	-8,9	-2,7
Agosto	53%	20	-56,5	-27,4	-8,9	-2,7
Setembro	63%	16,2	-58,5	-28,0	-8,7	-2,4
Outubro	78%	11,1	-52,8	-25,4	-7,9	-2,2
Novembro	85%	7,2	-62,0	-29,4	-8,6	-2,1
Dezembro	87%	4,7	-62,0	-29,4	-8,6	-2,1
Média (Temp. Humid.)	73%	11	-62,7	-29,8	-8,9	-2,3
Média Energética	http://portaldoclima.pt/pt/		-56,4	-27,7	-8,6	-2,3
Máximo			-50,9	-24,6	-7,9	-2,1
Mínimo			-65,1	-31,3	-9,3	-2,7

A variação das atenuações devido à absorção atmosférica, para diferentes tipos de espectro é muito significativa a 1000 metros de distância: desde cerca de -50 dB para Ruído Branco até cerca de -2 dB para Ruído Castanhão, o que demonstra a importância de consideração adequada dos espectros das fontes de ruído em análise, sobretudo se existe interesse nos níveis sonoros a maiores distâncias da fonte. Para 100 metros de distância à fonte temos variação de cerca de -5 dB (Ruído Branco) a cerca de -0.2 dB (Ruído Castanhão). De notar que estas variações dependem apenas da variação do espectro, sendo o valor global (banda larga), junto à fonte, o mesmo.

Para o Algarve a diferença entre considerar a média aritmética de humidade e temperatura, ou a média energética das atenuações mensais, não é muito significativa (no máximo, para Ruído Branco: 50,9-49,1=1,8 dB). Para Trás-os-Montes a diferença entre considerar a média aritmética de humidade e temperatura, ou a média energética das atenuações mensais, já é mais significativa (no máximo, para Ruído Branco: 62,7-56,4=6,3 dB), o que demonstra a necessidade de análise caso a caso para uma modelação mais rigorosa.

3.1.2. QUALIDADE DO SOFTWARE UTILIZADO NOS CÁLCULOS

Relativamente à “*qualidade do software utilizado nos cálculos*” a Diretiva estabelece:

“O software utilizado nos cálculos deve ser comprovadamente conforme, por meio da certificação dos resultados obtidos em casos ensaiados, com os métodos aqui descritos”.

De facto tem vindo a ser desenvolvido um trabalho relevante neste aspeto da qualidade, tendo sido desenvolvida a série de normas internacionais ISO 17534, com partes 1 a 3 já publicadas e com a parte 4 em desenvolvimento especificamente associada à implementação dos métodos CNOSSOS [13-16].

Recomenda-se que os interessados estejam atentos a estes desenvolvimentos e exijam que o vosso *software* seja devidamente certificado.

3.2. DADOS DE ENTRADA, FORMAS DE CÁLCULO E RESULTADOS

3.2.1. GERAL

Considera-se ser de referir, de forma resumida, que as maiores alterações ocorrem no método de previsão do ruído de tráfego ferroviário (SRM ou RMR [7]), pois:

1. passa-se de um método (SRMII) com dados e cálculos em bandas de oitava (63Hz a 8kHz) para um método (CNOSSOS) com dados e cálculos em bandas de 1/3 de oitava (50Hz a 10kHz).
2. passa-se de um método (SRMII) em que a probabilidade de ocorrência de condições favoráveis e desfavoráveis/homogéneas de propagação sonora é efetuado de forma geral, tendo por base a metodologia de correção C_0 [17] da ISO 9613-2: 1996, para um método com fórmulas de cálculo diferenciadas para as condições desfavoráveis/homogéneas e condições favoráveis.
3. Semelhantes alterações, associadas à probabilidade de ocorrência de condições favoráveis e desfavoráveis/homogéneas de propagação sonora, ocorrem para o cálculo do efeito de barreira e para o efeito do terreno.
4. passa-se de um método que utiliza uma base de dados associada a diferentes tipos de comboios, para um método em que se têm de preencher/conhecer as características físicas do comboio e da linha com influência na produção de ruído (por exemplo rugosidade do carril, rugosidade do rodado, etc.).

Em segundo lugar, em termos de maiores alterações, o método das indústrias (ISO 9613-2 [5]), portanto o método das denominadas fontes fixas: fontes em área, fontes em linha e fontes pontuais:

1. mantêm-se (CNOSSOS/ISO9613-2) dados e cálculos por bandas de oitava (63Hz a 8kHz).

2. existem as mesmas alterações referidas para o método SRMII em termos do cálculo das condições favoráveis de propagação sonora, e do efeito do terreno e do efeito de barreiras.
3. O novo método para Indústrias possui agora uma base de dados muito pequena, com 4 tipos de fonte de ruído, mas já é mais do que o método anterior ISO 9613-2 que não possuía base de dados de emissão sonora (mas possuía, por exemplo, base de dados de absorção sonora/ou reflexão sonora, para diferentes tipos de edifícios, o que não existe agora). De referir que existem outras referências onde podem ser obtidos dados de base de emissão sonora, por exemplo as Normas Alemãs VDI 2571 [18] e VDI 3770 [19].

Em penúltimo lugar de alterações, a NMPB'96 (tráfego rodoviário [6]):

1. no essencial mantém-se o mesmo método de cálculo.
2. altera-se apenas, ainda que significativamente, o tipo de veículos a considerar, passando de apenas 2 tipos de veículos (ligeiros e pesados) para 5 tipos de veículos: ligeiros, pesados de 2 eixos, pesados de 3 ou mais eixos, ciclomotores e motocicletas.

Por último, as aeronaves, em que se mantém o mesmo método ECAC.CEAC, na sua versão mais recente, de 2016 [8-10].

Listam-se aqui alguns artigos sobre a matéria, para quem a queira desenvolver em mais profundidade.

- Geral:
 - Vergoed, Tim; et. al. – Evaluation and Validation of the CNOSSOS calculation method in the Netherlands. Euronoise 2018. [20]
 - Instituto Nacional Holandês de Saúde Pública e Ambiente (Holanda) - *Amendments for CNOSSOS-EU: Description of issues and proposed solutions*. 2019. [21]
- Ferrovias:
 - Paviotti, Marco; et. al. – *Conversion of existing railway source data to use CNOSSOS-EU*. Euronoise 2015. [22]
 - van Leeuwen, Hans J. A. – *CNOSSOS-EU Railway noise versus the EU Interim Railway noise Standard Calculation Method II*. UIC 2016. [23]
 - Verheijen, Edwin – *Position Paper – Proposal on contact filters, roughness and stiffness for CNOSSOS*. dBVision 2018. [24]
- Rodovias:
 - Peeters, Bert; et. Al. – *Correcting the CNOSSOS-EU road noise emission values*. Euronoise 2018. [25]

- Indústrias:
 - Witte, Rob – *CNOSSOS and industrial noise*. Euronoise 2018. [26]

Chama-se a atenção que quase todos os documentos aqui apresentados têm alguma referência menos positiva sobre a Diretiva, ou indicam a necessidade de revisão da Diretiva 2015/996, para além da retificação já existente.

De referir em particular a referência [21], de 15 de maio de 2019, em que se abordam de forma extensa os principais problemas da Diretiva 2015/996 [1] e se apresentam soluções.

Julga-se assim ser muito provável que a Diretiva 2015/996 venha a ser revista.

Enquanto a mesma não é revista e estando em vigor, julga-se que devemos assumir a sua validade para podermos seguir em frente. Devemos ter é alguma precaução.

3.2.2. INDÚSTRIAS

Utilizando o *software* Cadna A, efetuou-se um modelo simples de propagação em campo livre, de uma fonte pontual a 4 metros de altura e de recetores igualmente a 4 metros de altura, a 10, 100 e 1000 metros de distância horizontal da fonte, e efetuaram-se previsões para 0%, 50% e 100% de probabilidade de ocorrência de condições favoráveis e para 0, 0.5 e 1 para o coeficiente de absorção sonora do solo, e para as bandas de oitava entre 63 Hz e 8000 Hz. Efetuou-se também um modelo simples de existência de Barreira Acústica, com a fonte a 0,5 metros de altura uma Barreira Acústica com 3 metros de altura e 20 metros de comprimento, a 3 metros distância da fonte, e Recetores a 10 metros de distância da fonte e a 0.5, 2, 4 e 10 metros de altura. As previsões foram efetuadas para o método ISO 9613-2 e para o método CNOSSOS (coeficientes da Diretiva 2015/996 e retificação publicada [2]).

Os resultados dos percentis de todas as diferenças obtidas [27], apresenta-se na Tabela 6.

Verifica-se que para certos casos particulares ocorrerem diferenças significativas entre os resultados dos dois métodos, o que deverá ser devidamente tido em conta.

As maiores diferenças em campo livre ocorreram para (+17 dB) a banda dos 125Hz, 0% de probabilidade, Alfa de 1 e 1000 m de distância à fonte, e para (-9dB) a banda dos 500Hz, 0% de probabilidade, Alfa 0.5 e 1000 m de distância à fonte. Para a existência de Barreira Acústica, as maiores diferenças ocorreram para vários casos por exemplo (+7dB) a banda de 2000Hz, para 100% probabilidade, Alfa 0.5 e Recetor a 10 m de altura, e para (-6dB) a banda de 4000 Hz, 100% de probabilidade, Alfa 1 e Recetor a 10 m de altura.

É expetável que, em campo livre, as diferenças sejam maiores para maiores distâncias à via e para menores probabilidades de ocorrência de condições favoráveis de propagação sonora, pois a ISO 9613-2 possui um método geral de correção das condições atmosféricas enquanto o método CNOSSOS possui um método de cálculo que separa as condições favoráveis e a para cálculo em condições favoráveis e uma forma geral e simples de ajuste para condições desfavoráveis/homogéneas. Para a existência de Barreira Acústica, são expetáveis maiores diferenças para maior probabilidade de ocorrência de condições favoráveis pois o método CNOSSOS considera um percurso difratado diferente, mais alto, para condições favoráveis de propagação sonora.

Tabela 6. Comparação das previsões com os métodos CNOSSOS e ISO 9613-2

Percentil	CNOSSOS – ISO 9613-2 [dB(A)]	
	Campo Livre	Barreira
0 %	17,1	7,3
10 %	5,4	2,3
20 %	2,2	0,2
30 %	2	0
40 %	1,0	-0,7
50 %	0,3	-1,5
60 %	0	-2,1
70 %	0	-3
80 %	0	-3,5
90 %	-0,7	-4,4
100 %	-9,1	-5,6

3.2.3. RODOVIAS

Apresentam-se na Tabela 7, as emissões sonoras das diferentes categorias de veículos de acordo com o método CNOSSOS em vigor na Diretiva 2015/996 [2], de acordo com o estabelecido na referência [28], e conforme constante nas recomendações de correção do método CNOSSOS da referência [21].

Tabela 7. Emissões sonoras de tráfego rodoviário (CNOSSOS e NMPB'96)

Categoria de Veículo	Níveis Sonoros de Referência [dB(A)]		
	NMPB'96	CNOSSOS 2015	CNOSSOS Proposta revisão 2019 [21]
C1 (Ligeiros)	71	66	71
C2 (Pesados 2 eixos)	86	75	78
C3 (Pesados 3 ou mais eixos)		78	81
C4a (Ciclomotores)	-	69	70
C4b (Motociclos)	-	68	70

Como a base de dados da NMPB'96 é bastante antiga (dos anos 70/80 do séc. XX,) é expeável que as emissões sonoras da nova base de dados do método CNOSSOS sejam mais reduzidas. Fica-se assim na dúvida relativamente à recomendação de correção da referência [21], na medida em que considera uma emissão sonora igual à da NMPB'96, para veículos de categoria C1.

Em rigor, como o método CNOSSOS deve ser adaptado ao caso concreto do Estado Membro em causa – ou ao caso concreto da via em Estudo – assume especial importância a realização de medições e a consideração dos coeficientes adequados ao caso em Estudo.

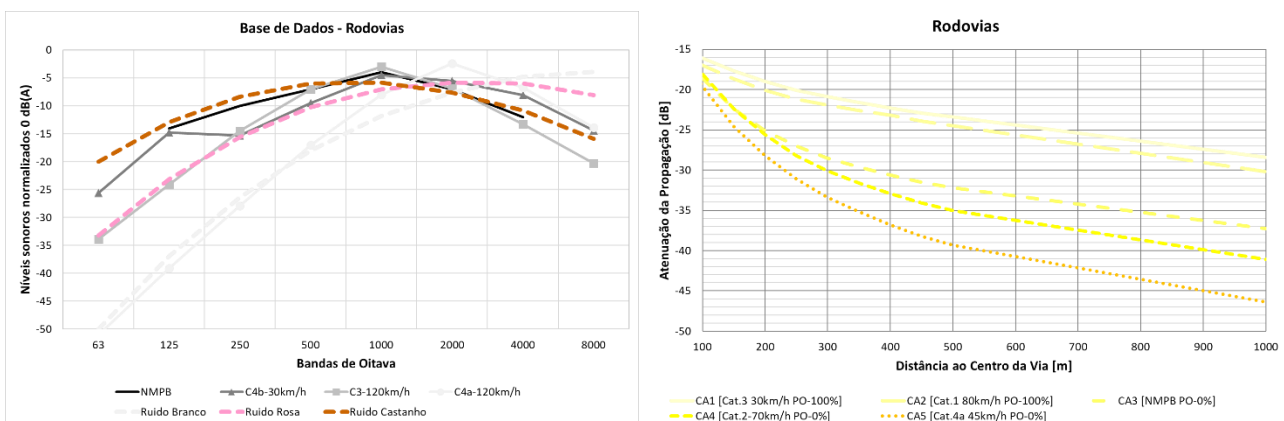
As diferenças do método CNOSSOS não ocorrem apenas em termos de valor absoluto da emissão sonora, mas também em termos de espectro de emissão sonora. A NMPB'96 considera um único tipo de espectro independentemente do tipo de veículo e da velocidade de circulação, enquanto o novo método CNOSSOS considera espectros diferentes para diferentes tipos de veículos, para diferentes tipos de velocidade de circulação e para diferentes tipos de pavimento.

O espectro da NMPB'96 é o que possui mais componentes graves.

Apresentam-se na Figura 1 a) (à esquerda) exemplos de espectros rodoviários considerados no método CNOSSOS, e do espectro único da NMPB, comparados com espectros teóricos com mais e menos componentes de baixa/alta frequência. Os espectros estão normalizados a um valor global (banda larga) de 0 dB(A).

Para distâncias à via de 1000 metros podem ocorrer diferenças de atenuação sonora de 18 dB (ver Figura 1b; à direita), devido apenas à alteração do tipo de espectro de emissão, o que demonstra a importância da adequada seleção do espectro em causa.

Figura 1. a) Comparação de espectros de emissão sonoras de tráfego rodoviário (CNOSSOS e NMPB'96); b) Alteração da atenuação na propagação sonora só devido à alteração do espectro (CNOSSOS e NMPB'96)



3.2.4. FERROVIAS

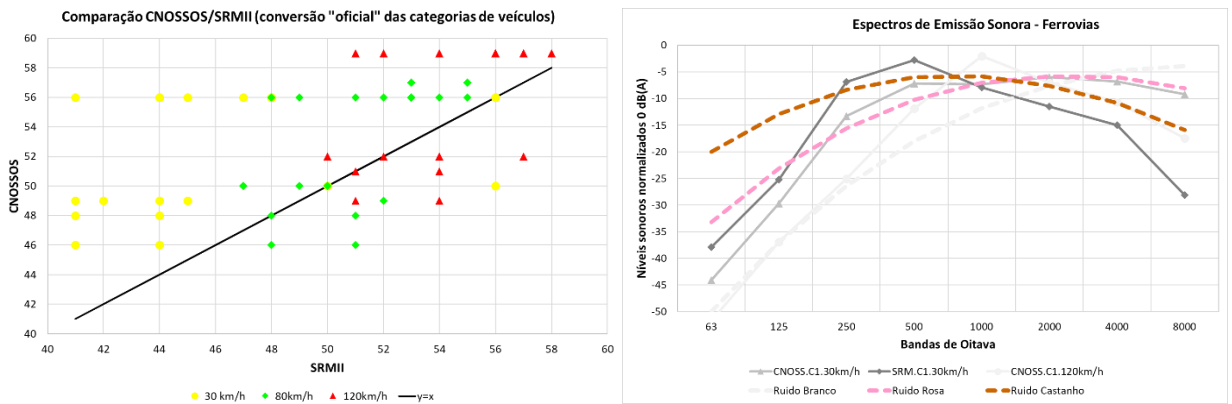
Na referência [29] apresenta-se a forma de modelação dos Comboios Portugueses utilizando as Categorias de Comboios do método SRMII'96 [7]. Na referência [22] apresenta-se a forma de modelação das Categorias de Comboios do método SRMII'96 utilizando o método CNOSSOS.

Na Figura 2a) apresenta-se a comparação das emissões sonoras, e na Figura 2B) a comparação de alguns espectros de emissão sonora, para as diferentes Categorias de Comboios, e diferentes velocidades de circulação, e para o método CNOSSOS e para o método SRMII'96.

Verifica-se a existência de diferenças significativas o que deverá ser devidamente tido em conta. De realçar em particular o facto de os espectros das mesmas Categorias de veículos possuírem menos componentes de baixa frequência no método CNOSSOS do que no método SRMII'96, o que deverá ser tido devidamente em conta.

De notar que as referências [21, 24] recomendam a alteração dos coeficientes do método CNOSSOS para tráfego ferroviário. Não foi possível testar o efeito de tais alterações pois o *software* Cadna A não possui possibilidade de alteração dos coeficientes. Em casos concretos recomenda-se a realização de medições, idealmente com caracterização do espectro e da caracterização de diferentes velocidades de circulação, para uma modelação mais rigorosa.

Figura 2. a) Emissões sonoras de tráfego ferroviário; b) espectros de emissão sonora (CNOSSOS e SRMII'96)



3.2.5. AERONAVES

De referir que não devem ser as tabelas do Apêndice I a ser utilizadas nas modelações de Tráfego Aéreo, mas sim as versões mais recentes disponíveis no endereço www.aircraftnoisemodel.org, desenvolvido pela Eurocontrol, portanto um site oficial, que possui as atualizações da base de dados ANP (*Aircraft Noise and Performance*).

De notar que a base de dados ANP não é completa, existindo alguns aviões em que, em vez de tabelas ANP, existem as denominadas recomendações "Proxies", ou seja, para os aviões não constantes na base de dados ANP é referido qual o avião da base de dados que deve ser utilizado e com que alterações. As recomendações "Proxies" estão disponíveis no seguinte endereço: <https://www.aircraftnoisemodel.org/aircraft/substitutions>.

Um exemplo de tabelas de um avião que não se encontram no Apêndice I da Diretiva mas se encontram nas novas tabelas da base ANP (www.aircraftnoisemodel.org): o Boeing 7378Max.

Tabela 8. Exemplo de tabela NPD não disponível na Diretiva 2015/996 (Boeing7378Max)

NPD_ID	7378MAX									
Noise Metric	LAm _{ax}									
Op Mode	A					D				
Power Setting	3000.0	4000.0	5000.0	6000.0	7000.0	13000.0	16000.0	19000.0	22000.0	24500.0
L_200ft	91.3	91.7	92.0	92.3	92.7	94.2	96.0	97.6	99.2	100.6
L_400ft	84.3	84.6	85.0	85.3	85.6	87.7	89.4	91.0	92.6	94.0
L_630ft	79.6	80.0	80.3	80.6	80.9	83.2	84.9	86.5	88.1	89.5
L_1000ft	74.6	74.9	75.3	75.6	75.9	78.4	80.1	81.8	83.4	84.8
L_2000ft	66.6	67.0	67.3	67.6	67.9	70.7	72.4	74.0	75.6	77.0
L_4000ft	57.7	58.0	58.3	58.7	59.0	62.0	63.7	65.3	67.0	68.5
L_6300ft	51.2	51.5	51.8	52.2	52.6	55.6	57.3	59.0	60.8	62.4
L_10000ft	44.2	44.4	44.8	45.2	45.6	48.5	50.3	52.1	54.0	55.7
L_16000ft	37.1	37.3	37.6	38.0	38.5	41.4	43.2	45.1	47.1	48.9
L_25000ft	30.3	30.5	30.8	31.3	31.8	34.6	36.5	38.4	40.5	42.5

Um exemplo de um avião que se encontra na lista “Proxies” mas não se encontra nas tabelas da base de dados ANP: o Airbus A320Neo.

Tabela 9. Exemplo de avião que se encontra na lista “Proxies” mas não se encontra nas tabelas ANP

AIRFRAME_MANUFACTURER	ICAO_CODE	AIRCRAFT_VARIANT	ANP_PROXY	DELTA_DEP_dB	DELTA_APP_dB	N_DEP	N_APP
Airbus	A20N	A320neo CFM engines	A320-211	-6,7	-3,5	0,21	0,45
Airbus	A20N	A320neo IAE engines	A320-232	-3,5	-2,0	0,45	0,63

De referir também que existe um *software* Europeu para cálculo do ruído de tráfego Aéreo denominado por IMPACT: <https://www.eurocontrol.int/articles/impact>.

4 | CONCLUSÕES

Em conclusão:

- A Diretiva 2002/49/CE [3] estatuiu que a Comissão Europeia iria estabelecer métodos comuns de análise para os Estados Membros, o que de facto foi feito através da Diretiva 2015/996.
- A Diretiva 2015/996 estatuiu os métodos comuns de cálculo que devem ser usados, pelo menos para os Mapas Estratégicos de Ruído e Planos de Ação, pelos Estados Membros a partir de 01-01-2019, e estabeleceu requisitos de qualidade relevantes.
- A “leva” de mapas estratégicos de ruído em que é obrigatório o uso dos métodos CNOSSOS é: entrega em 2022 dos mapas relativos a 2021.
- Espera-se que até lá o método CNOSSOS fique mais consolidado. Julga-se ser provável uma nova retificação.
- Para já, recomenda-se que os interessados estejam atentos e que utilizem o método CNOSSOS com precaução. Recomenda-se igualmente, em linha com o estabelecido no método CNOSSOS, que sejam encetados esforços no sentido de obtenção de informação mais concreta de emissão sonora e propagação sonora dos casos em análise.
- A complexidade e exigências do método CNOSSOS, nomeadamente a análise da distribuição dos dados de entrada mais relevantes ao longo do ano e a seleção dos dados adequados de modelação, tornam muito relevante a competência técnica dos utilizadores. De referir a este respeito o sistema de Qualificação de Peritos Competentes em AIA (<https://www.qpcaia.pt/>), o qual prevê a existência de Peritos em Ruído e Vibrações.

Agradecimentos

O Autor congratula a organização pela iniciativa de realização deste 2.º Simpósio de Acústica e Vibrações, muito relevante para a comunidade Acústica em Portugal. Bem hajam.

O Autor agradece o cordial e honroso convite que lhe foi endereçado para apresentação desta palestra. Muito obrigado.

O Autor agradece a todos os que o ajudaram na concretização desta palestra, em particular: Prof.ª Julieta António, Eng.º Octávio Inácio, Eng.ª Ana Aguilera e Dr.ª Telma Correia.

Referências

- [1] Jornal Oficial da União Europeia, L168, Diretiva (UE) 2015/996.
http://www.schiu.com/Diretiva2015_996/Diretiva2015_996.pdf
http://www.schiu.com/Diretiva2015_996/Diretiva2015_996EN.pdf
- [2] Jornal Oficial da União Europeia, L5, Retificação da Diretiva (UE) 2015/996.
http://www.schiu.com/Diretiva2015_996/RetificacaoDiretiva2015_996.pdf
http://www.schiu.com/Diretiva2015_996/RetificacaoDiretiva2015_996EN.pdf
- [3] Jornal Oficial da União Europeia, Diretiva 2002/49/CE.
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0049&from=en>
- [4] Diário da República Portuguesa, Decreto-Lei 146/2006. <https://dre.pt/application/conteudo/539393>
- [5] International Organization for Standardization – ISO 9613-2: Acoustics: Attenuation of sound during propagation outdoors: Part 2: General method of calculation. 1996.
- [6] Association Française de Normalisation – NF S31-133: Acoustique. Bruit des infrastructures de transports terrestres. Calcul de l'atténuation du son lors de sa propagation en milieu extérieur, incluant les effets météorologiques. 2007.
- [7] Tradução para Inglês do método SRM II:
<http://doutoramento.schiu.com/referencias/outras/Adaptation%20and%20revision%20of%20the%20interim%20noise%20computation%20methods%20for%20the%20purpose%20of%20strategic%20noise%20mapping%20-%20Calculation%20and%20measurement%20guide.pdf>
- [8] European Civil Aviation Conference, ECAC.CEAC Doc. 29, 4.ª Edição - *Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports: Volume 1: Applications Guide*. 2016.
http://www.schiu.com/Diretiva2015_996/ECACCEACVolume1.pdf
- [9] European Civil Aviation Conference, ECAC.CEAC Doc. 29, 4.ª Edição - *Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports: Volume 2: Technical Guide*. 2016.
http://www.schiu.com/Diretiva2015_996/ECACCEACVolume2.pdf

- [10] European Civil Aviation Conference, ECAC.CEAC Doc. 29, 4.ª Edição - Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports: Volume 3, Part 1 - Reference Cases and Verification Framework. 2016.
http://www.schiu.com/Diretiva2015_996/ECACCEACVolume3.pdf ; <https://www.ecac-ceac.org/ecac-docs>
- [11] Kephelopoulos, Stylianos; Paviotti, Marco; Anfosso-Lédée, Fabienne – *Common Noise Assessment Methods in Europe*. 2012. http://www.schiu.com/Diretiva2015_996/CNOSSOS.pdf
- [12] http://www.schiu.com/Diretiva2015_996//AtenuacaoAbsorcaoAtmosferica.xlsx
- [13] International Organization for Standardization – ISO 17534-1: Acoustics: Software for the calculation of sound outdoors: Part 1: Quality requirements and quality assurance. 2015.
- [14] International Organization for Standardization – ISO/TR 17534-2: Acoustics: Software for the calculation of sound outdoors: Part 2: General recommendations for test cases and quality assurance interface. 2014.
- [15] International Organization for Standardization – ISO/TR 17534-3: Acoustics: Software for the calculation of sound outdoors: Part 3: Recommendations for quality assured implementation of ISO 9613-2 in software according to ISO 17534-1. 2015.
- [16] International Organization for Standardization – ISO/DTR 17534-4: Acoustics: Software for the calculation of sound outdoors: Part 4: Recommendations for quality assured implementation of CNOSSOS EU calculation methods in software according to ISO 17534-1. Now under development.
- [17] Rosão, Vitor; Antunes, Sónia – *Limitações e Opções Alternativas da Modelação na Componente Ruído*. Conferência Nacional de Avaliação de Impactes (CNAI), Castelo Branco, 2006.
<http://www.schiu.com/sectores/artigos/Art-616-CNAI2006-Limitacoes&AlternativasModelacaoRuido.pdf>
- [18] VDI 2571 – *Sound radiation from industrial buildings*. 1976.
- [19] VDI 3770 – *Characteristic noise emission values of sound sources - Facilities for recreational and sporting activities*. 2012.
- [20] http://www.schiu.com/Diretiva2015_996/Euronoise2018Geral.pdf
- [21] http://www.schiu.com/Diretiva2015_996/NIPHEHolanda2019.pdf
- [22] http://www.schiu.com/Diretiva2015_996/Euronoise2015Ferrovias.pdf
- [23] http://www.schiu.com/Diretiva2015_996/UIC2016Ferrovias.pdf
- [24] http://www.schiu.com/Diretiva2015_996/dBvision2018Ferrovias.pdf
- [25] http://www.schiu.com/Diretiva2015_996/Euronoise2018Rodovias.pdf
- [26] http://www.schiu.com/Diretiva2015_996/Euronoise2018Industrias.pdf
- [27] http://www.schiu.com/Diretiva2015_996/CNOSSOSMenosISO9613-2.xlsx

[28] Rosão, Vitor; Aguilera, Ana – *Novo método expedito de previsão de ruído de tráfego rodoviário*. Coimbra, 2.º Simpósio de Acústica e Vibrações. 2019.

[29] Alarcão, Diogo; Bento Coelho, J. L. – *Modelação de ruído de tráfego ferroviário*. Coimbra, Acústica. 2008.
<http://schiu.com/utilidades/artigos/Artigo-ModelacaoTrafegoFerroviario.pdf>