

PORQUÊ E COMO CONSIDERAR O RUÍDO DAS JUNTAS DE DILATAÇÃO NOS PROCESSOS DE MONITORIZAÇÃO DE RODOVIAS

Rui Leonardo¹, Vitor Rosão², Eusébio Conceição²

¹Schiu, Engenharia de Vibração e Ruído, Unip., Lda.
Avenida Villae de Milreu, Bloco E, Estoi
Tel.: 289998009 | Fax: 289998318
{ruileonardo@schiu.com}

²Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade do Algarve
Campus de Gambelas
8005-139 FARO - PORTUGAL
Tel.: 289800100 | Fax: 289800072
{vitordeiarosao@gmail.com; econcei@ualg.pt}

Resumo:

Pretende-se evidenciar a importância do ruído da passagem de veículos rodoviários sobre juntas de dilatação – usualmente associadas a viadutos ou passagens superiores – no ambiente sonoro apercebido pela população que vive próxima desta fonte de ruído especial, e as dificuldades de modelação e avaliação deste tipo de ruído, o que faz com que se apresente como extremamente importante a realização de monitorização direccionada, acompanhada de questionários específicos à população afectada, com vista à obtenção de mais informação que possa conduzir a uma maior capacidade futura de previsão e avaliação deste importante tipo de ruído, sobre o qual recaem habitualmente queixas da população. O presente trabalho realizará medições de ruído na proximidade de juntas de dilatação existentes, com vista à determinação de características de emissão sonora – a serem usadas em futuros modelos de simulação – em função da velocidade de circulação dos veículos e em função do tipo de veículo (ligeiros e pesados).

Palavras-Chave: Monitorização; Ruído Rodoviário; Juntas de Dilatação.

1 Introdução

Segundo informação recolhida junto da EP (Estradas de Portugal, S.A.), e de algumas concessionárias rodoviárias, existe um número não negligenciável de queixas devidas especificamente ao ruído da passagem de veículos rodoviários sobre juntas de dilatação, que fazem com que se apresente relevante o estudo deste problema.

Afigura-se adequado, para um estudo completo do problema, considerar pelo menos as seguintes 5 partes fundamentais: 1- Variáveis físicas com influência e sua relação com os níveis sonoros produzidos; 2- Características específicas da emissão/propagação sonora; 3- Relação dos níveis sonoros apercebidos com a incomodidade experimentada e com os limites legais; 4- Medidas de redução de ruído direccionadas; 5- Especificidades da monitorização acústica associada.

1.1 Variáveis físicas com influência e sua relação com os níveis sonoros produzidos

Afigura-se adequado assumir, à partida, que são as seguintes as principais variáveis com influência:

1. Tipo de junta de dilatação: Trata-se de uma variável que será abordada no presente Estudo apenas de forma específica, através dos resultados de medições *in situ* em 3 juntas de dilatação localizadas em 3 locais distintos. De notar que a Equipa não possui ainda, pelo menos de forma consolidada, informação sobre os diferentes tipos de juntas de dilatação existentes em Portugal, pelo que não é possível, nesta fase, dizer se as juntas caracterizadas se enquadram nas tipologias mais ou menos ruidosas nem se correspondem a tipos de juntas usados recorrentemente ou de forma esporádica. Considera-se ser de acrescentar que, de acordo com a referência [1], podem ocorrer diferenças de até 10 dB(A), em função do tipo de junta (incluindo tipo de caixa-de-ar).
2. Tipo de veículo rodoviário: Trata-se de uma variável que será abordada no presente Estudo de forma geral, em termos de princípios gerais do ruído de impacto, e de forma específica, através dos resultados de medições *in situ* com 2 veículos ligeiros e 1 veículo pesado.
3. Velocidade de circulação dos veículos: Trata-se de uma variável que será abordada no presente Estudo de forma geral, em termos de princípios gerais do ruído de impacto, e de forma específica, através dos resultados de medições *in situ* com controlo da velocidade dos 2 veículos ligeiros e do veículo pesado.

1.2 Características específicas da emissão/propagação sonora

No presente Estudo não serão abordadas, de forma mais aprofundada, as características específicas da emissão/propagação sonora associada ao ruído da passagem de veículos rodoviários sobre juntas de dilatação, sendo referidos apenas os seguintes aspectos gerais:

- Directividade: Deverá ser tido especial cuidado, em desenvolvimentos subsequentes, na obtenção da directividade horizontal e vertical deste tipo de ruído, pois afigura-se, à partida, deverem existir diferenças significativas de emissão/propagação em diferentes direcções. De referir, a título de exemplo, o estabelecido no capítulo “II.2.6 Source directivity” da referência [2] e no capítulo “3 State of the art of directivity” da referência [3].
- Método de cálculo: Deverá ser tido especial cuidado no uso de métodos de cálculo associados a fontes não impulsivas, como seja o método da referência [4], ou o método da referência [5], pois existem características específicas associadas aos ruídos impulsivos que podem fazer com que esses métodos não sejam válidos, conforme indicado, por exemplo, nas referências [6] e [7].

1.3 Relação dos níveis sonoros apercibidos com a incomodidade experimentada e com os limites legais

No presente Estudo não será abordada de forma aprofundada a relação entre os níveis sonoros apercibidos e a incomodidade experimentada, sendo apenas evidenciado [no capítulo “3.5 Influência dos níveis sonoros individuais impulsivos no nível sonoro global (Junta 3)”], com base nos resultados das medições e nos requisitos acústicos legais em vigor para rodovias [8], que o ruído da passagem de veículos rodoviários sobre juntas de dilatação contribui muito pouco, dentro do valor de incerteza típica das medições e das previsões rodoviárias normais, para a média energética anual estabelecida na legislação, o que denuncia a necessidade de Estudos mais aprofundados sobre as relações dose-efeito aplicáveis e, à partida, a necessidade de complementação dos requisitos acústicos legais (ou critérios de boas práticas), para poderem contemplar devidamente este tipo de incomodidade. Apresenta-se, no

capítulo 3.5, face aos resultados obtidos, uma sugestão de limitação que deverá ser aferida em desenvolvimentos subsequentes.

1.4 Medidas de redução de ruído direccionadas

Conforme referido no capítulo “1.1 Variáveis físicas com influência e sua relação com os níveis sonoros produzidos”, podem ocorrer diferenças de até 10 dB(A), em função do tipo de junta de dilatação, pelo que a selecção de juntas de dilatação menos ruidosas pode corresponder a uma medida de redução de ruído eficaz. Referem-se, a título de exemplo as juntas de dilatação tipo AGOM (www.agom.it), HIGHWAY AGFLEX, ou MAGEBA (www.mageba.ch) TENSA®GRIP SILENT, ou ainda o sistema GU das juntas de dilatação da MAURER SÖHNE (www.maurer-soehne.com).

A redução de ruído das soluções referidas é conseguida de forma distinta: no sistema AGFLEX é usada uma cobertura de borracha e um desenho optimizado da junta de dilatação, no caso do TENSA®GRIP SILENT são usadas placas metálicas rômbricas, e no caso da MAURER SÖHNE (sistema GU) é utilizado um sistema de absorção sonora localizado na caixa-de-ar, por baixo da junta de dilatação.

De referir que apesar das Barreiras Acústicas usuais poderem ser uma solução de redução válida para este tipo de ruído, chama-se a atenção para o facto da sua eficácia poder não ser devidamente determinada pelos métodos comuns de modelação de ruído de tráfego rodoviário, dadas as características impulsivas do ruído em causa.

Estudos mais pormenorizados da relação dose-efeito deste tipo de ruído poderão conduzir a outras soluções direccionadas e optimizadas.

1.5 Especificidades da monitorização acústica associada

Uma vez que as formas de monitorização habituais estão direccionadas para a verificação do cumprimento ou incumprimento dos requisitos legais, e uma vez que os requisitos acústicos legais actuais não são suficientes para contemplar devidamente a incomodidade associada a este tipo de ruído [como se demonstrará no capítulo “3.5 Influência dos níveis sonoros individuais impulsivos no nível sonoro global (Junta 3)”], é necessário estabelecer métodos diferenciados de caracterização deste tipo de ruído.

Considera-se ser de salientar, face aos resultados obtidos nas medições efectuadas no âmbito do presente Estudo, ser importante que futuras medições do ruído de passagem de veículos sobre juntas de dilatação, por exemplo no âmbito de planos de monitorização, incluam a caracterização por bandas de 1/3 de oitava dos níveis sonoros de 125 ms em 125 ms (ou menos), pois isso permitirá uma maior possibilidade de análise futura, na presença de novos desenvolvimentos que, eventualmente, venham a especificar um método de análise/limitação associado a um determinado parâmetro e a uma dada ponderação em frequência (de referir que o Anexo B da referência [9] indica a ponderação C para a caracterização de ruídos impulsivos). Se for medido, por exemplo, apenas o valor máximo, por bandas de frequência, para uma dada ponderação em frequência, não vai ser possível conhecer o valor de outro parâmetro nem sequer o valor máximo para outra ponderação em frequência, pois podem não ser coincidentes os instantes de ocorrência dos valores máximos para diferentes ponderações em frequência, como se exemplifica na Figura 1 [no exemplo, o máximo associado à passagem na junta ocorre aos 3,3 segundos, para os valores em dB(A), e aos 3,6 segundos para os valores em dB(C); faz-se notar ainda que, antes da passagem sobre a junta, a diferença entre dB(C) e dB(A) é cerca de 2 dB e depois da passagem na junta passa a ser cerca de 6 dB].

A monitorização deverá incidir, como normalmente acontece para outros casos, sobre os receptores com sensibilidade ao ruído mais próximos das juntas de dilatação, com especial necessidade de

auscultação da sensibilidade dessas pessoas [10], dada a pouca informação actual sobre a adequada relação dose-efeito. Deverá o técnico explicitar, durante as medições/auscultações, qual a sua sensibilidade auditiva relativamente ao ruído da passagem de veículos sobre a junta de dilatação (distinguindo pelo menos se é ou não, para si, perceptível o ruído) e distinguindo pelo menos veículos ligeiros e pesados. Deverá também ser registada, paralelamente ao registo dos níveis sonoros, a velocidade de circulação dos veículos (ligeiros e pesados) aquando da passagem sobre a junta de dilatação e, se existir reclamação, a confrontação dessas velocidades com as velocidades alegadamente praticadas normalmente segundo o reclamante.

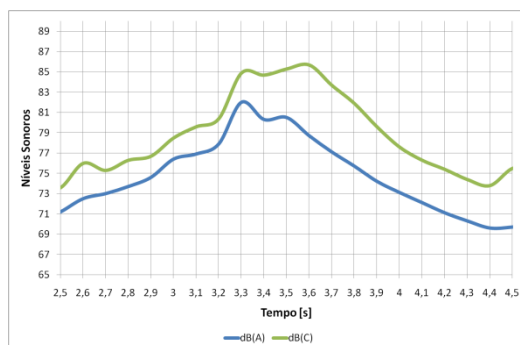


Figura 1 – Exemplo da variação dos níveis sonoros à passagem de veículo sobre junta de dilatação, em dB(A) e dB(C)

1.6 Equipamento

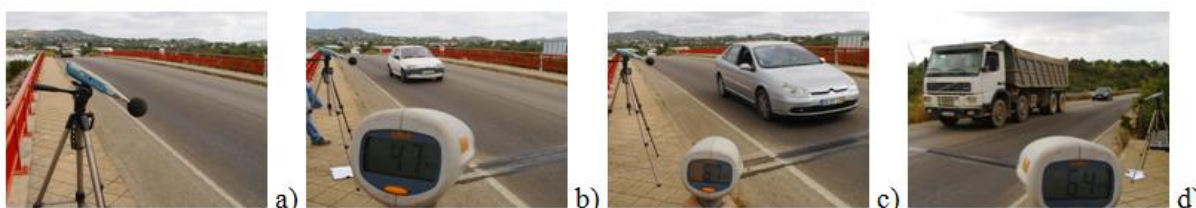


Figura 2 – Apontamentos fotográficos dos equipamentos e dos veículos: a) sonómetro, b) velocímetro e Fiesta, c) velocímetro e C5, d) velocímetro e FM12

Nas medições realizadas no âmbito do presente Estudo foram utilizados os seguintes equipamentos e veículos, cujos apontamentos fotográficos se apresentam na Figura 2: 1- Sonómetro integrador de classe 1, da marca RION e modelo NA27, através do qual se registaram os níveis sonoros; 2- Velocímetro Bushnell, para medição da velocidade de circulação efectiva dos veículos na passagem sobre a junta de dilatação; 3- Ford Fiesta, de 1992, com tara de 870 kg, doravante designado apenas por Fiesta; Citroen C5, de 2005, com tara de 1500 kg, doravante designado apenas por C5; Volvo FM12, de 1999, com tara de 14540 kg, doravante designado apenas por FM12.

2 Ruído de Impacto (teoria e medições de ruído de impacto em laboratório)

Assumindo que o Ruído de Impacto está associado à conversão da Energia Cinética do movimento dos corpos em Energia Sonora, pode-se escrever, à partida e de forma simplista (desprezando, por simplicidade, a conversão em outras formas de energia), que a Intensidade Sonora I deverá ser proporcional à Energia Cinética do movimento, ou seja:

$$I \cong \frac{1}{2} m v^2$$

onde m [kg] corresponde à massa do objecto e v [m/s] à sua velocidade. Tal relação é equivalente à seguinte, onde a Intensidade Sonora é convertida em Nível Sonoro, L :

$$L \cong 10 \log[(1/2 m v^2)/I_0]$$

Variando apenas a massa do objecto, resulta a estimativa de uma variação dos níveis sonoros na seguinte proporção:

$$10 \log(m)$$

Ou seja, o duplicar da massa deverá implicar o aumento de 3 dB nos níveis sonoros.

Variando apenas a velocidade do objecto, resulta a estimativa de uma variação dos níveis sonoros na seguinte proporção:

$$20 \log(v)$$

Ou seja, o duplicar da velocidade deverá implicar o aumento de 6 dB nos níveis sonoros.

Em termos de área de contacto/choque (a), para a mesma massa e para a mesma velocidade, dada a relação directa da área com a Intensidade Sonora, estima-se uma variação dos níveis sonoros na seguinte proporção:

$$10 \log(a)$$

Ou seja, o duplicar da área de choque deverá implicar o aumento de 3 dB nos níveis sonoros.

Para confirmar ou infirmar estas relações teóricas simplistas, foram realizadas medições de ruído do impacto associado a deixar cair objectos, com diferente massa e diferente área de contacto, de diferentes alturas (diferentes velocidades de choque), sobre uma dada superfície, cujos resultados se apresentam em seguida.

As massas, áreas de choque e velocidades de choque utilizadas foram as seguintes:

- $m_1 = 125\text{g}$, $m_2 = 250\text{g}$ e $m_3 = 500\text{g}$; $a_1 = 0,006 \text{ m}^2$ e $a_2 = 0,016 \text{ m}^2$; $v_1 = 0,45 \text{ m/s}$, $v_2 = 0,9 \text{ m/s}$ e $v_3 = 1,8 \text{ m/s}$.

Foram efectuadas 54 medições associadas à realização de 3 medições para cada uma das seguintes 18 combinações: (m_1, v_1, a_1) (m_1, v_2, a_1) (m_1, v_3, a_1) (m_2, v_1, a_1) (m_2, v_2, a_1) (m_2, v_3, a_1) (m_3, v_1, a_1) (m_3, v_2, a_1) (m_3, v_3, a_1) (m_1, v_1, a_2) (m_1, v_2, a_2) (m_1, v_3, a_2) (m_2, v_1, a_2) (m_2, v_2, a_2) (m_2, v_3, a_2) (m_3, v_1, a_2) (m_3, v_2, a_2) (m_3, v_3, a_2).

Em termos médios foram obtidas as seguintes relações de variabilidade dos níveis sonoros, em função da massa m , da área de choque a e da velocidade de choque v :

$$L \cong 5 \log(m); L \cong 12 \log(a); L \cong 8 \log(ma); L \cong 26 \log(v)$$

De notar que estes valores são apenas indicativos, e revelam uma maior variação em função da velocidade (conforme previsto teoricamente) e uma menor variação em função da massa (não previsto teoricamente), e podem não ser extensíveis ao ruído de impacto da passagem de veículos sobre juntas de dilatação, dadas as maiores massas, áreas e velocidade em causa.

3 Juntas de dilatação (medições *in situ*)

Foram efectuadas medições em 3 juntas de dilatação, designadas por Junta 1, Junta 2 e Junta 3, cujos apontamentos fotográficos e localizações em fotografia aérea (*Google Earth*) são apresentados nas Figuras 3, 4 e 5.

CNAI'10 | 4ª Conferência Nacional de Avaliação de Impactes | 20 a 22 Out'10, Vila Real

Na Junta 1 foram efectuadas medições em 1 ponto em linha com a junta, à passagem dos 3 veículos (Fiesta, C5 e FM12) a diferentes velocidades (de acordo com o velocímetro dos veículos: 50 km/ e 70km/h, para os 3 veículos, e também 90 km/h para o Fiesta e C5), o que permite analisar a variabilidade para as diferentes velocidades e para os diferentes veículos.

Na Junta 2 e na Junta 3 foram efectuadas medições em 1 ponto em linha com a junta, à passagem apenas do C5 a diferentes velocidades (de acordo com o velocímetro: 50 km/ e 70km/h, para as 2 juntas, e também 90 km/h na Junta 2), o que permite analisar a variabilidade para as diferentes juntas e para as diferentes velocidades, mas apenas para o veículo C5.

Na Junta 3 foram efectuadas também medições em 1 ponto à mesma distância da via mas não em linha com a junta, à passagem apenas do C5 a diferentes velocidades (de acordo com o velocímetro: 50 km/ e 70km/h), o que permite comparar a curva de passagem com e sem junta.

Em todas as medições foram caracterizados 3 vezes o mesmo veículo e a mesma velocidade.

Em cada uma das passagens foi determinada a velocidade efectiva de passagem através do velocímetro Bushnell.

Em cada uma das passagens foram registados os níveis sonoros, por bandas de 1/3 de oitava, de 100ms em 100ms, sendo retirado, dessa variação, o valor máximo em dB(A) e o valor máximo em dB(C). No caso da Junta 3 foi ainda obtido o L_{eq} , em dB(A) e dB(C), com e sem o efeito da junta de dilatação.



Figura 3 – Apontamento fotográfico da Junta 1 e sua localização geográfica



Figura 4 – Apontamento fotográfico da Junta 2 e sua localização geográfica



Figura 5 – Apontamento fotográfico da Junta 3 e sua localização geográfica

3.1 Influência do tipo de veículo (Junta 1)

Apresentam-se na Figura 6, em função do logaritmo da massa [kg] dos veículos testados na Junta 1, os valores máximos dos níveis sonoros [dB(A) e dB(C)] obtidos.

As regressões lineares obtidas apontam para as seguintes relações de variação:

- 50 km/h: $L \cong 11 \log(m)$, para os valores em dB(A); $L \cong 10 \log(m)$, para os valores em dB(C).
- 70 km/h: $L \cong 9 \log(m)$, para os valores em dB(A); $L \cong 11 \log(m)$, para os valores em dB(C).
- 90 km/h: $L \cong 7 \log(m)$, para os valores em dB(A); $L \cong -4 \log(m)$, para os valores em dB(C).

Verifica-se, assim, que apesar do Fiesta ser cerca de 2 vezes mais leve do que o C5, os níveis sonoros são menores para o C5 do que para o Fiesta, para os 50 km/h em dB(A) e para todas as velocidades em dB(C), o que revela a influência de outra(s) variável(eis) para além da massa e da área de choque (a largura dos pneus do C5 é maior do que a largura dos pneus do Fiesta), eventualmente o tipo de suspensão do veículo e/ou o tipo de pneu/pressão. Para as velocidades em que foi possível testar o FM12 (50 km/h e 70 km/h), o qual possui uma massa cerca de 10 vezes superior ao C5 e 17 vezes superior ao Fiesta, a variação é praticamente independente da ponderação em frequência e é próxima da variação prevista teoricamente [$10\log(m)$] e da variação obtida em laboratório em função da massa vezes a área de choque (ma).

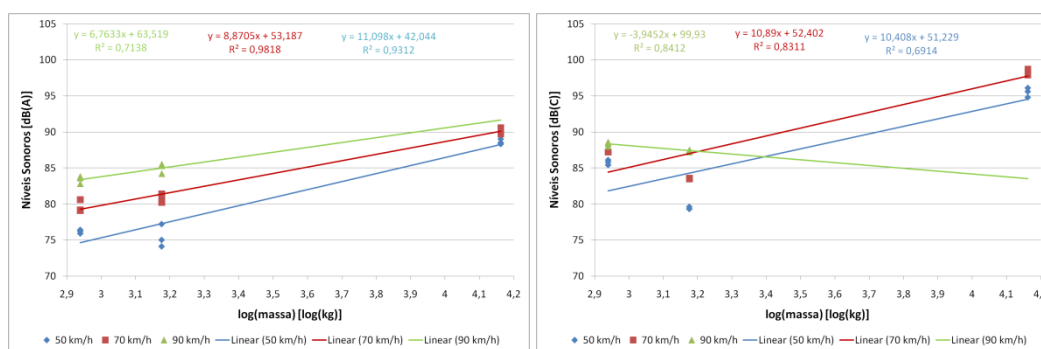


Figura 6 – Níveis sonoros em função da massa de cada veículo [dB(A) à esquerda e dB(C) à direita] (Junta 1)

3.2 Influência da velocidade (Junta 1)

Apresentam-se na Figura 7, em função do logaritmo das velocidades [km/h] efectivas (Bushnell) testadas, os valores máximos dos níveis sonoros [dB(A) e dB(C)] obtidos, para cada um dos veículos testados na Junta 1.

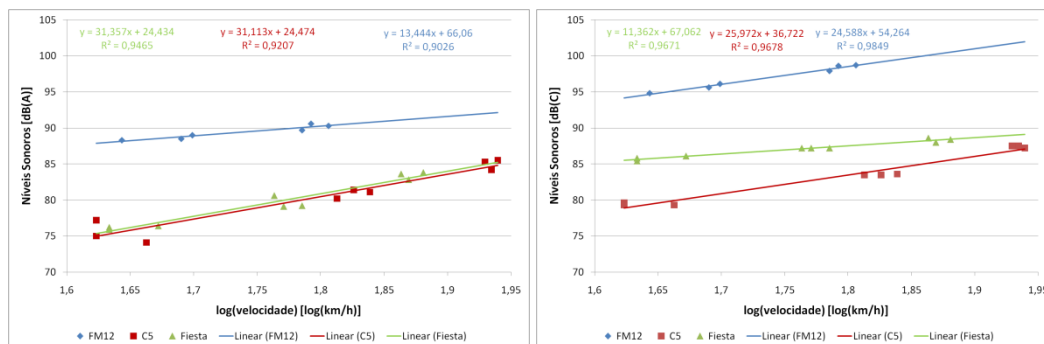


Figura 7 – Níveis sonoros em função da velocidade de cada veículo [dB(A) à esquerda e dB(C) à direita] (Junta 1)

As regressões lineares obtidas apontam para as seguintes relações de variação:

- Fiesta: $L \cong 31 \log(v)$, para os valores em dB(A); $L \cong 11 \log(v)$, para os valores em dB(C).
- C5: $L \cong 31 \log(v)$, para os valores em dB(A); $L \cong 26 \log(v)$, para os valores em dB(C).
- FM12: $L \cong 13 \log(v)$, para os valores em dB(A); $L \cong 25 \log(v)$, para os valores em dB(C).

Verifica-se, assim, existirem diferenças significativas, para o mesmo veículo, entre as relações de variação para valores em dB(A) e em dB(C), sendo semelhantes as variações para o Fiesta e para o C5, para os valores em dB(A), e para o C5 e para o FM12, para os valores em dB(C), o que se pode ficar a dever a factores não controlados, como seja o tipo de suspensão dos veículos e/ou o tipo de pneus/pressão.

3.3 Influência da velocidade (Junta 2)

Apresentam-se na Figura 7, em função do logaritmo das velocidades [km/h] efectivas (Bushnell) testadas, os valores máximos dos níveis sonoros [dB(A) e dB(C)] obtidos, para o veículo C5 testado na Junta 2.

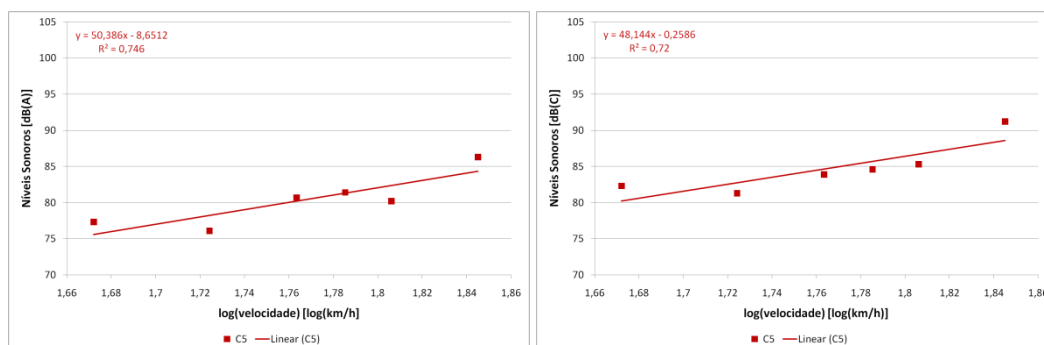


Figura 7 – Níveis sonoros em função da velocidade do C5 [dB(A) à esquerda e dB(C) à direita] (Junta 2)

As regressões lineares obtidas apontam para as seguintes relações de variação:

- C5: $L \cong 50 \log(v)$, para os valores em dB(A); $L \cong 48 \log(v)$, para os valores em dB(C).

Verifica-se, assim, serem semelhantes, para o C5 e para a Junta 2, as relações de variação para os valores em dB(A) e dB(C). Verifica-se ainda, comparando com as relações de variação obtidas para a Junta 1, existir uma significativa diferença.

3.4 Influência da velocidade (Junta 3)

Apresentam-se na Figura 8, em função do logaritmo das velocidades [km/h] efectivas (Bushnell) testadas, os valores máximos dos níveis sonoros [dB(A) e dB(C)] obtidos, para o veículo C5 testado na Junta 3.

As regressões lineares obtidas apontam para as seguintes relações de variação:

- C5: $L \cong 52 \log(v)$, para os valores em dB(A); $L \cong 27 \log(v)$, para os valores em dB(C).

Verifica-se, assim, serem diferentes, para o C5 e para a Junta 3, as relações de variação para os valores em dB(A) e dB(C). Verifica-se ainda, comparando com as relações de variação obtidas para a Junta 2, existir semelhança entre as relações de variação, em dB(A), para a Junta 2 e para a Junta 3.

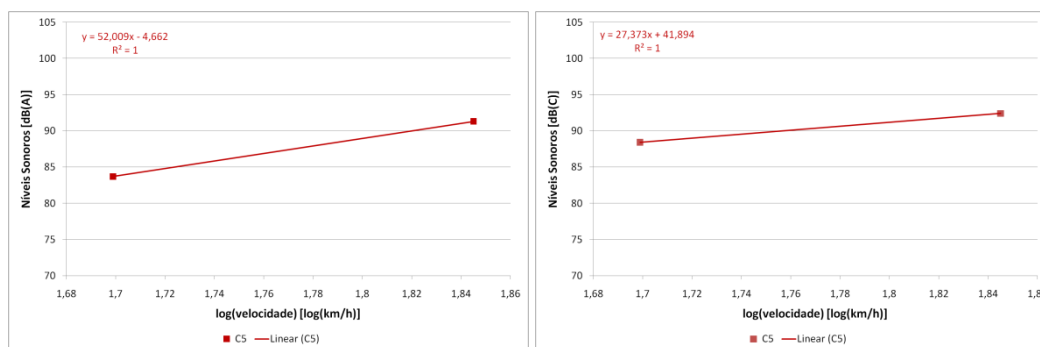


Figura 8 – Níveis sonoros em função da velocidade do C5 [dB(A) à esquerda e dB(C) à direita] (Junta 3)

3.5 Comparação Junta 1, Junta 2 e Junta 3

Apresentam-se na Figura 9 os valores médios dos valores máximos obtidos para as velocidades de 50 km/h e 70 km/h, na Junta 1, na Junta 2 e na Junta 3, para a passagem do C5, onde é possível constatar que, de acordo com as medições efectuadas, a junta de dilatação mais ruidosa corresponde à Junta 3 e a menos ruidosa à Junta 1. As conclusões são semelhantes para os valores em dB(A) e dB(C), verificando-se uma variação média de cerca de 9 dB entre a Junta 1 e a Junta 3.

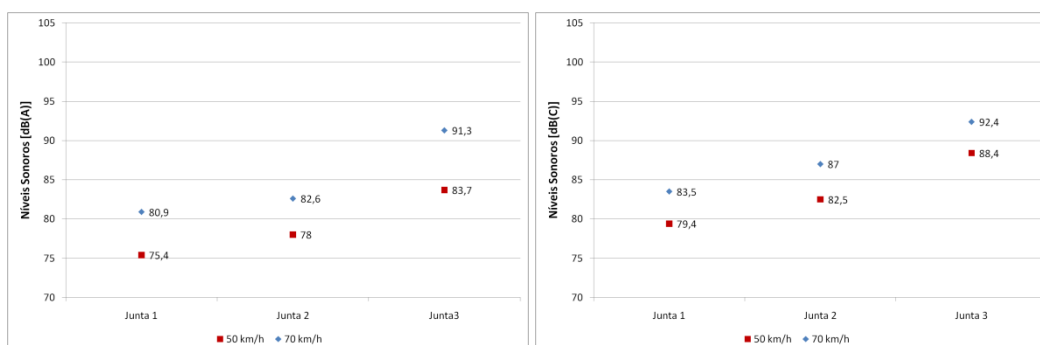


Figura 9 – Níveis sonoros nas 3 juntas de dilatação caracterizadas

3.6 Influência dos níveis sonoros individuais impulsivos no nível sonoro global (Junta 3)

Apresentam-se nas Figuras 10 e 11 a variação dos níveis sonoros à passagem do C5, a 50 km/h e a 70 km/h, com e sem influência da junta de dilatação, e os associados níveis sonoros contínuos equivalentes, Leq , em dB(A) e dB(C). Verificam-se as seguintes diferenças entre Leq com e sem junta: 50 km/h: 1,2 dB(A) e 1,1 dB(C); 70 km/h: 1,7 dB(A) e 2,3 dB(C). Estes valores correspondem, na situação desfavorável e próxima da junta de dilatação em que foram efectuadas as medições, a ligeiros acréscimos que se encontram dentro do limite típico de incertezas da medição e da previsão rodoviária normal, em termos médios anuais. Nestas circunstâncias, afigura-se adequado estender ao ruído da passagem de veículos rodoviários sobre juntas de dilatação, os limites estabelecidos na alínea b) do n.º 1 do Artigo 13.º da referência [8], considerando tratar-se sempre de ruído impulsivo e assumindo o ruído residual como sendo o ruído normal do tráfego rodoviário sem influência da junta, o qual deverá cumprir os limites normais estabelecidos no Artigo 11.º [8]. Uma vez que, de acordo com os resultados das medições, existem maiores diferenças, para maiores velocidades, entre os valores em dB(C), recomenda-se que os limites referidos sejam caracterizados em dB(C), ou seja, em suma e junto dos receptores com sensibilidade ao ruído deve verificar-se: Leq (com junta) – Leq (sem junta) menor ou igual a: Dia: 2 dB(C); Entardecer: 1 dB(C); Noite: 0 dB(C).

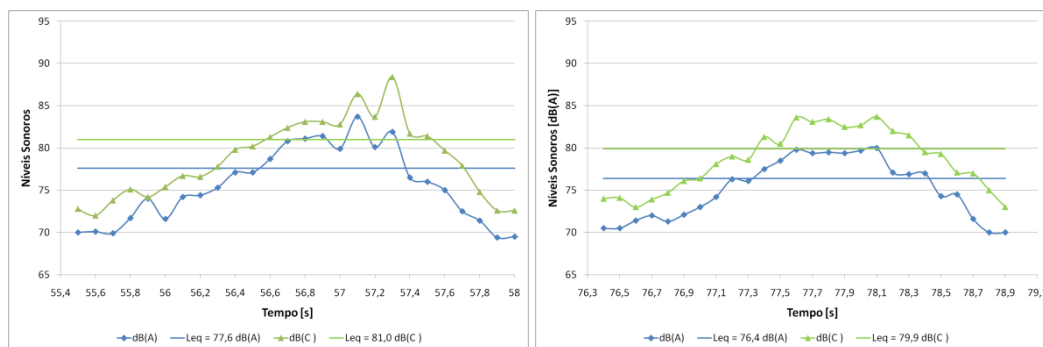


Figura 10 – Variação dos níveis sonoros a 50 km/h: à esquerda com junta e à direita sem junta

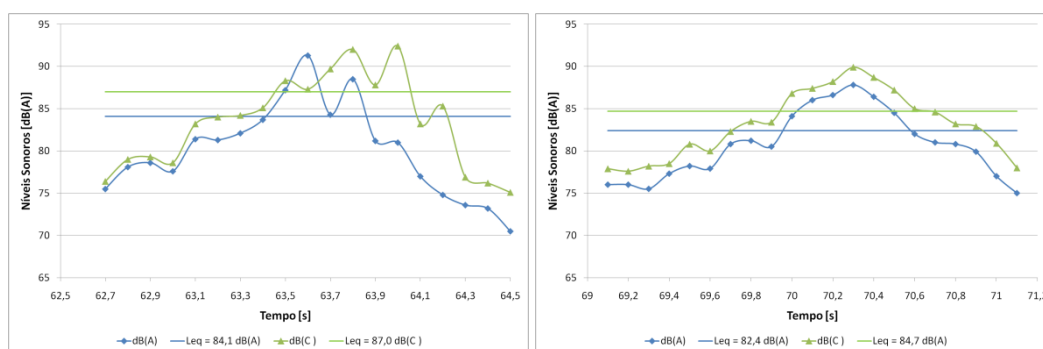


Figura 11 – Variação dos níveis sonoros a 70 km/h: à esquerda com junta e à direita sem junta

4 Conclusões

Considera-se ser de salientar que as expressões de variação obtidas no presente Estudo tiveram na base a assunção de uma variação logarítmica única (uma só constante multiplicativa do logaritmo) o que pode não corresponder exactamente à realidade e deverá ser devidamente aferido em desenvolvimentos subsequentes. As expressões de variação foram escritas em função dos valores máximos, mas podem e devem ser escritas em função de outros parâmetros, nomeadamente médias energéticas, caso isso se revele mais apropriado, o que deverá também ser devidamente aferido em

desenvolvimentos subsequentes. Apesar da característica preliminar do presente Estudo e da subsequente necessidade de aferição futura, existem aspectos julgados relevantes que foram desde já revelados/apresentados e que se resumem em seguida:

- As expressões de variação podem ser diferentes para diferentes tipos de veículo, diferentes tipos de ponderação em frequência e diferentes tipos de juntas de dilatação.
- Podem existir outras variáveis com influência não negligenciável nos níveis sonoros gerados à passagem de veículos sobre juntas de dilatação, para além da massa, da velocidade de circulação e do tipo de junta, como sejam o tipo de suspensão do veículo e/ou o tipo de pneu/pressão.
- Os limites acústicos legais de valor absoluto, aplicáveis a rodovias, não são suficientes para garantir a protecção da população contra o ruído impulsivo da passagem de veículos sobre juntas de dilatação, pelo que se propõe que seja estendida a necessidade de cumprimento do requisito legal de emergência sonoro (critério de incomodidade) a este tipo de ruído, assumindo como ruído residual o ruído rodoviário normal (sem junta) e a existência de característica impulsiva (+3dB).
- A malha C de ponderação em frequência conduz a diferenças entre os valores de *Leq* com e sem junta mais desfavoráveis, pelo que se recomenda, por segurança, a sua utilização na verificação do critério de incomodidade.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Transmedronhal, Transportes de Mercadorias Lda., na pessoa do seu Director Fernando Moleiro, e em especial a Nelson Ramos, a disponibilidade e condução do veículo pesado utilizado no presente Estudo.

Referências

- [1] Ancich, Eric J. – *Engineering Methods of Noise Control for Modular Bridge Expansion Joints*. Acoustics Austrália, Vol. 32 December (2004).
- [2] Technical advice on the preparation of the common European assessment methods to be used by the EU Member States for strategic noise mapping after adoption as specified in the Directive 2002/49/EC. *Common NOise ASSEssment MethOdS in EU (CNOSSOS-EU)*. Draft 28 May 2010.
- [3] H. Jonasson et al., *Source modeling of road vehicles*, EU-FP5 project “HARMONOISE” deliverable report n°D09 (VAR11TR-041210-SP10), SP, 2004.
- [4] NP 4361-2 – Acústica. Atenuação do som na sua propagação ao ar livre. Parte 2. Método geral de cálculo. 2001 (ISO 9613-2: 1996).
- [5] NF S 31-133 – *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.
- [6] ISO 10843 – *Acoustics, Methods for the description and physical measurement of single impulses or series of impulses*. 1997.
- [7] ISO 13474 – *Acoustics. Framework for calculating a distribution of sound exposure levels for impulsive sound events for the purposes of environmental noise assessment*. 2009.
- [8] Diário da República Portuguesa – Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de Janeiro.



CNAI'10 | 4ª Conferência Nacional de Avaliação de Impactes | 20 a 22 Out'10, Vila Real

- [9] ISO 1996-1 – *Acoustics. Description, measurement and assessment of environmental noise. Part 1: Basic quantities and assessment procedures*. 2003.
- [10] NP 4476 – *Acústica. Avaliação da incomodidade devida ao ruído por meio de inquéritos sociais e sócio-acústicos*. 2008. (ISO/TS 15666: 2003).