

RUÍDOS GERADOS NO INTERIOR DE VEÍCULOS CAUSADOS PELA COLUNA DE DIREÇÃO AUTOMOTIVA

Alexandre Carlos R. Ramos, Instituto Tecnológico de Aeronáutica-ITA, alexandre.carlos.ramos@gmail.com

Jefferson de Oliveira Gomes, Instituto Tecnológico de Aeronáutica-ITA, gomes@ita.br

César Abrahão Pereira Melo, Universidade Federal de Uberlândia-UFU, cesarabrahao@gmail.com

Isabel Cristina Sabatini Perez, Universidade de São Paulo – USP, isabel.perez@usp.br

Resumo. O objetivo deste trabalho é analisar os ruídos provenientes da coluna de direção automotiva que causa desconforto acústico no interior dos veículos gerando sensações de insegurança para os ocupantes. O ruído é causado devido à folga existente no garfo superior do cardan. A metodologia usada para este trabalho foi realizada por meio de um microfone de precisão instalado próximo a junta do cardan e de um sistema de aquisição LMS SCADAS da fabricante Siemens. Os ruídos foram analisados por meio de colormaps e curvas de um terço de oitava. No presente trabalho foi realizada uma investigação sobre os tipos de pistas que causam as perturbações sonoras, necessárias para a geração de ruído pela coluna de direção. O ruído foi avaliado por meio de notas subjetivas, de acordo com a tabela de GMUTS, que associa os ruídos com o incômodo provocado aos passageiros, assim como a insegurança sentida no interior pelos usuários do veículo.

Palavras chave: Acústica, Vibração, Sistema de Direção, Conforto, Automotivo

1. INTRODUÇÃO

Ensaio acústicos em sistemas veiculares são realizados para medir as pressões sonoras que são submetidos os passageiros dos veículos e/ou pedestres ao redor do mesmo. As medições podem ser realizadas tanto no interior quanto no exterior dos automóveis. Diversos itens e acessórios causam ruídos sonoros ao serem acionados, como por exemplo, o sistema de ar condicionado, ruídos de pneus, de ventoinha, de bomba de combustível, sistema de suspensão, correias, motor entre outros que geram desconfortos acústicos no interior dos veículos, Santos et al. (2014).

A tabela (1) mostra a origem do ruído em conjunto com a importância de sua contribuição para o ruído no interior e no exterior do veículo, Priede (1971).

Tabela 1 - Origem e contribuição do ruído no interior e exterior do veículo, Priede (1971).

Origem do Ruído	Ruído dentro do veículo	Ruído fora do veículo
Vibração do Motor	Principal fonte de ruído de baixa frequência	Não é importante
Ruído aéreo do motor e sua transmissão	Principal fonte de ruído de alta frequência	Principal fonte de ruído de alta frequência
Exaustão do Motor	Não é importante	Principal fonte de ruído de baixa frequência
Admissão do Motor	Não é importante	Principal fonte de ruído de baixa frequência seguido da exaustão
Ruído de ventilador / ventoinha	Pode ser notada	Significativo em faixas de baixa e média frequência
Vibração excitada pela estrada	Principal fonte de ruído de baixa frequência	Não significativa
Ruído de pneu excitado pela estrada	Não significativa	Significativa

Governos preocupados com meio ambiente e a saúde da população regulamentaram a poluição sonora com a criação leis que controlam as intensidades dos ruídos gerados por veículos automotores no ambiente externo, como é apresentado por Braun et al. (2013). Segundo Wang et al. (2010), os clientes estão cada vez mais exigentes em relação ao ruído no interior do veículo e as indústrias, como principais assimiladoras de novas tecnologias do mercado, buscaram nessas regras grandes oportunidades para superarem seus concorrentes por meio de veículos mais confortáveis e silenciosos.

Sensações de insegurança no interior de veículos podem ser causadas por ruídos de *Rattle*. Este efeito de insegurança está ligado à sensação, por parte dos usuários dos veículos, de existir alguma peça se desprendendo do sistema de direção. Cruz (2006) classifica o *Rattle* mecânico como sendo um ruído amplo e genérico semelhante a um chocalho e uma de suas divisões é conhecido como *Knock Noise*. Nesta categoria se encaixam os ruídos tipo *Rattle* de intensidade médio-alta que se assemelham a uma batida de metal contra metal. Gerges (2005) define o *Rattle* como sendo um conjunto de forças oriundas das irregularidades das pistas e também do volante de direção que atua diretamente no mecanismo, ocasionando impactos isolados ou em série que produzem os ruídos.

2. METODOLOGIA

O ruído de coluna de direção é causado devido à folga existente no garfo superior do cardan, esse espaçamento de 3,5 mm, em alguns tipos de pistas em movimentos de giro de volante, gera uma batida e um ruído chamado de *Rattle Noise*.

Na figura (1) é observado o sistema de coluna de direção automotiva no qual temos no cardan os garfos superiores e inferiores, dumper e tubo.

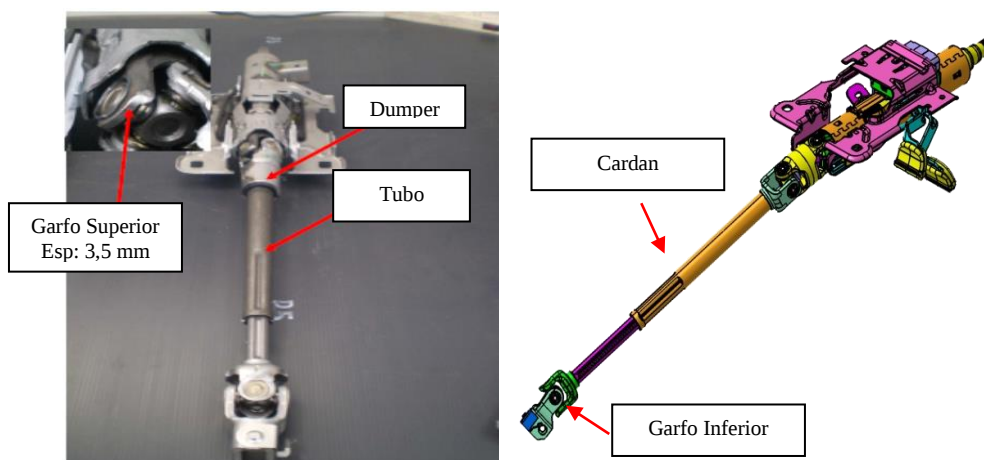


Figura 1. Cardan e Coluna de direção

No presente trabalho, um microfone modelo 4189-A-021 Brüel & Kjær foi posicionado a 10 cm da junta do cardan, para que fosse possível a análise acústica do ruído gerado, conforme mostrado na figura (2). O sinal foi obtido por meio do sistema de aquisição LMS SCADAS da fabricante Siemens. Os dados foram processados e analisados utilizando o software LMS Test.Lab v.12A.



Figure 2. Microfone próximo à junta do cardan e LMS Scadas

Duas condições de testes foram realizadas. A primeira foi realizada em uma pista conhecida como senoidal ou costela de vaca e a segunda em uma pista granulosa. Nas duas pistas foram realizadas passagens em 2ª marcha a 10, 20 e a 30 km/h e subida de regime de 10 a 30 km/h com movimentos leves do veículo em zigue-zague. Em todas as condições de teste, as aquisições foram obtidas a uma banda de frequência de 0 a 16.384 Hz, com resolução de 2 Hz e frequência de amostragem de 32.768 Hz. Para a visualização das batidas da coluna de direção foi utilizado o gráfico conhecido como *colormap*, que apresenta a distribuição dos níveis de energia do sistema ao longo das frequências de forma facilitada. Os dados foram processados em valores RMS e ponderação dB(A).



Figure 3. Pista Senoidal e Pista Granulosa

3. RESULTADOS

Os resultados foram analisados por gráficos de um terço de oitava e colormap que mostra os níveis totais de energia pela frequência por meio dos gráficos de cores.

Na figura (4), observa-se que as curvas destacadas na cor verde são as pressões sonoras reais no interior do veículo considerando os ruídos de fundo e parasita, e a curva de coloração azul é a média das pressões sonoras sem tais ruídos. É notado nestes gráficos que em determinadas velocidades e tipos de pista, as pressões sonoras decaem a partir dos 800 Hz.

A menor pressão sonora no interior do veículo foi registrada a 10 km/h na passagem pela pista senoidal. Já as maiores fontes de perturbações sonoras foram em subida de regime de 10 km/h a 30 km/h em ambas as pistas analisadas.

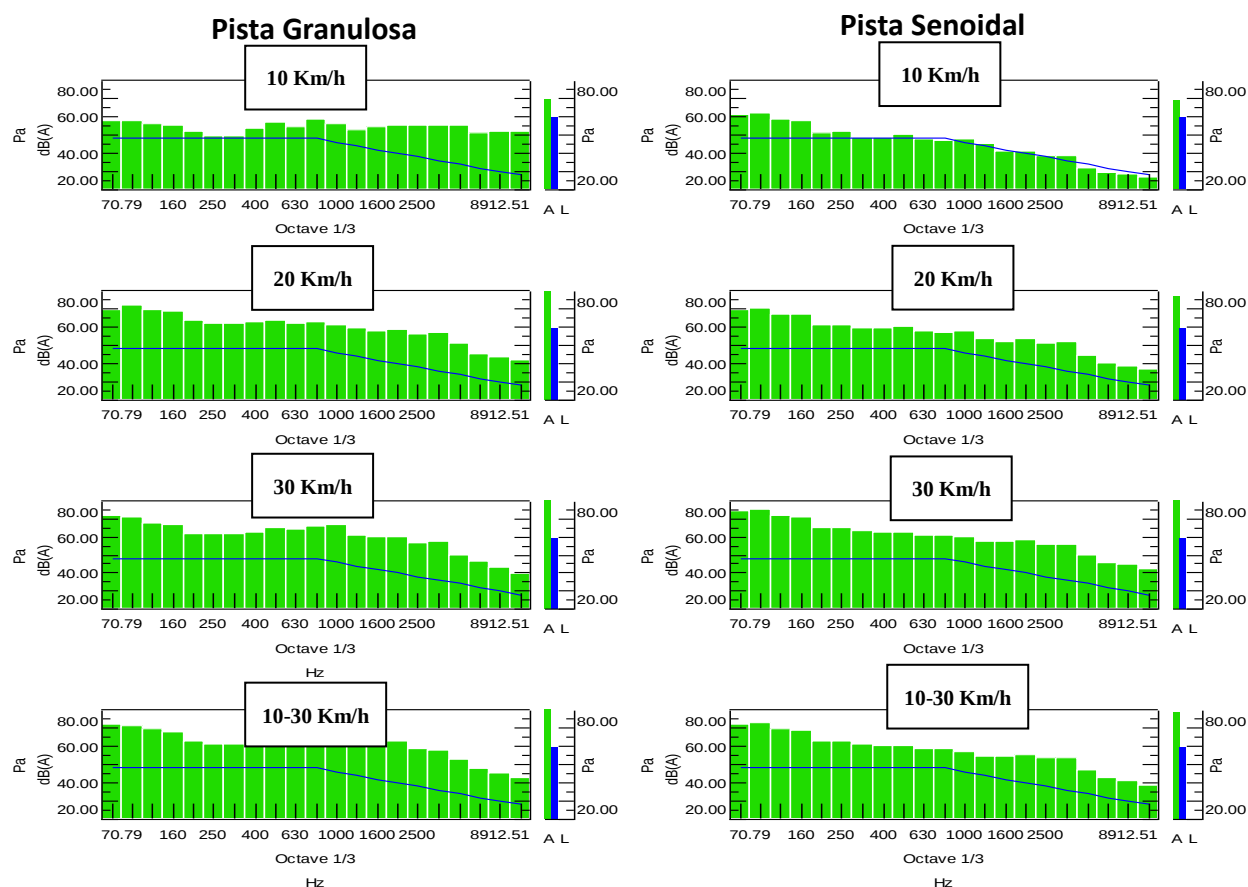


Figura 4. Gráficos de um terço de oitava

Para a avaliação subjetiva foi utilizado a tabela GMUTS (General Motors Uniform Test Standard) apresentada por Aimi (2010) que é avaliada notas de 1 a 10, sendo que na primeira nota o veículo é completamente inaceitável e a nota 10 é um veículo completamente aceitável.

Tabela 2. Índice Gmuts

Tabela GMUTS		
Descrição	Nota	Desempenho
Nada é percebido	10	Excelente
Sinais observados por alguns avaliadores treinados	9	Muito Bom
Sinais observados por todos avaliadores treinados	8	Bom
Sinais observados por todos avaliadores treinados, mas não é um incômodo.	7	Satisfatório
Incômodo para alguns consumidores	6	Aceitável
Incômodo para todos consumidores	5	Marginal
Incômodo para alguns consumidores e falha para os outros	4	Pobre
Falha para todos os consumidores	3	Muito pobre
Falha para alguns consumidores e não aceitável para os outros	2	Ruim
Falha severa para todos os consumidores	1	Muito Ruim

Para a análise acústica do ruído de coluna de direção foi necessário inserir um filtro passa-faixa entre as frequências de 800 a 2000 Hz devido ao alto grau de ruídos parasitas no interior do veículo. É observado que com o acréscimo de velocidade ocorre um aumento da pressão sonora na região da junta do cardan. Na pista senoidal é notado também que a excitação da junta aumenta ocasionando o *Rattle noise*, conforme pode ser visualizado na figura (5). Batidas foram observadas a partir de 20 km/h, sendo as mais críticas na subida de regime de 10 km/h a 30 km/h na pista senoidal.

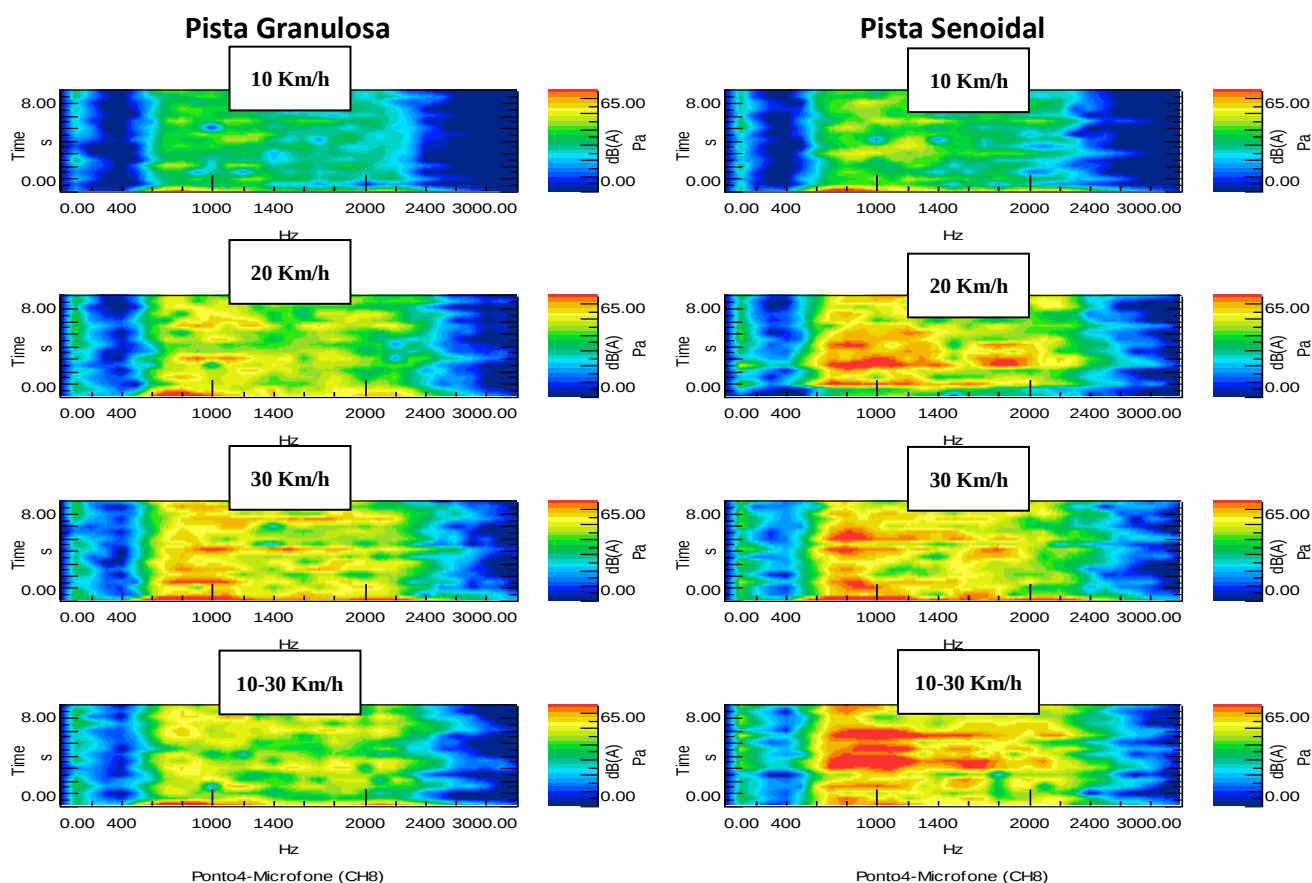


Figura 5. Colormap Velocidade x Pressão Acústica

Na tabela (3) é mostrada as análises subjetivas baseadas na tabela GMUTS, no qual foi possível ponderar as intensidades das batidas. Observam-se maiores valores de batimentos na subida de regime que vai de 10 a 30 km/h na pista senoidal. Os melhores resultados avaliados foram a 10 km/h, também na pista senoidal. Os ruídos de maiores pressões sonoras estão no cenário de subida de regime de 10 a 30 km/h em pista senoidal, apresentando maiores amplitudes em torno de 1000 Hz.

Tabela 3. Notas Subjetivas

Velocidades	Notas Subjetivas	
	Pista Granulosa	Pista Senoidal
10 Km/h	8	9
20 km/h	8	8
30 km/h	8	8
10-30 km/h	8	7

4. CONCLUSÕES

Ruídos no interior de automóveis como o *Rattle noise* são fontes consideráveis de perturbações sonoras, pois causam incômodos e insegurança para os passageiros. Este efeito de insegurança está ligado à sensação, por parte dos usuários dos veículos, de existir alguma peça se desprendendo do sistema de direção. Este tipo de ruído é observado na maioria dos veículos, porém com intensidades variadas. Aqueles que apresentam menores níveis de ruído geram menores sensações de insegurança para os passageiros.

Para a identificação do ruído de coluna de direção, foram realizados ensaios em duas pistas distintas que apresentam excitação elevada de vibração. Observou-se que as maiores perturbações sonoras ocorreram em subida de regime de 10 a 30 km/h em pista senoidal. Uma nota subjetiva no valor de 7 pontos foi atribuída ao pior cenário, conforme a tabela GMUTS, o que indica que o ruído foi observado por pessoas treinadas, porém não é um incômodo para os mesmos.

Portanto, no veículo avaliado observa-se que os ruídos de maiores pressões sonoras estão no cenário de subida de regime de 10 a 30 km/h em pista senoidal, apresentando maiores amplitudes em torno 1000 Hz.

5. REFERÊNCIAS

- Aimi, V., 2010. “Proposta de validação de uma nova metodologia para medição automatizada de folgas de trabalho em sistemas de direção automotiva”. UFRGS, Porto Alegre.
- Braun M.E., Walsh S.J., Horner S.J., Chuter R., 2013, Applied Acoustics, 1241-1265, “Noise source characteristics in the ISO 362 vehicle pass-by noise test: Literature Review”.
- Cruz, J. M. X., 2006. “Estudo de caso de ruído de Knock Noise em mecanismos de caixa de direção do tipo pinhão cremalheira”. USP, São Paulo.
- Gerges S. N. Y., 2005. “Ruídos e vibrações veiculares”. NR Editora, 1ª ed., Florianópolis.
- Priede T., 1971 J. Sound and Vibration 61-73, “Origins of Automotive Vehicle Noise”.
- Santos R. B., Nascimento J. P. S., Melo C. A. P., Ramos A. C. R., 2014. “Analysis of Vibro-Acoustic Propagation Generated by an Automotive Refrigeration System”. SAE International.
- Wang X., 2010, Woodhead Publishing “Vehicle noise and vibration refinement”.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecimentos especiais ao Programa de pós-graduação em engenharia Mecânica, à UFU, à FEMEC, ao CAPES, ao CNPQ e à FAPEMIG.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

O(s) autor(es) é (são) os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.