

AVALIAÇÃO DE CONFORTO DE UM VEÍCULO DEVIDO À INFLUÊNCIA DA SUSPENSÃO MOTOPROPULSOR

Gustavo Reis Rodrigues, aceduard@demec.ufmg.br¹
Alexandre Carlos Eduardo, aceduard@demec.ufmg.br²

^{1,2} Universidade Federal de Minas Gerais - Av. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha - Belo Horizonte - MG
CEP 31270-901 - Fone: +55 (31) 3409.5000

Resumo: *Este trabalho aborda um estudo experimental relacionado à suspensão do motor e as vibrações que são transmitidas ao volante, pedana (Chassi) e trilho do banco através dos isoladores de um veículo, em condição de marcha lenta e em condição dinâmica, usando tipos de pistas de testes que tem grande influência sobre o conforto, tanto para o passageiro como para o motorista. Condições adversas da pista poderão expor ambos a desconforto. Foram selecionadas três configurações de isoladores com diferentes características da borracha e foram realizados testes de vibração próximos a cada isolador, no volante e chassi para cada configuração. São destacadas as principais fontes de ruído/ vibrações de um veículo, formas de transmissão e os efeitos das vibrações sobre o homem. O aparato experimental, a seqüência dos testes, os procedimentos e os instrumentos utilizados são descritos de forma detalhada. Os resultados demonstram que à medida que se aumenta a rigidez dos isoladores, os níveis de vibrações do motor em marcha lenta aumentam. Os níveis de vibrações transmitidos ao chassi também aumentam acompanhando esta mesma tendência.*

Palavras-chave: *Conforto, Vibração; Suspensão; Isoladores*

1. INTRODUÇÃO

Os primeiros veículos dotados de um motor de combustão interna como fonte de potência datam de aproximadamente um século. Intensas pesquisas e desenvolvimentos tornaram o automóvel um meio de transporte rápido, confortável e confiável. Ao longo do desenvolvimento a suspensão tomou uma grande responsabilidade: conciliar a desempenho e o conforto, duas características conflitantes.

Suspensões automotivas podem ser otimizadas tanto para garantir a desempenho (aumentando a aderência do pneu ao solo) como o conforto (aumentando o nível de isolamento de vibração), porém não se pode obter ambos em nível ótimo concomitantemente (Reimpell et al., 2001).

Atualmente, o mercado consumidor tem o poder de exigir e decidir pelo melhor produto com o custo reduzido e as empresas que não se adaptarem a esta filosofia estarão certamente condenadas a perder mercado. Assim sendo, a indústria automobilística vem buscando cada vez mais qualidade para seus produtos, com custo reduzido.

Dentre os vários itens de qualidade, um que vem se destacando é o conforto acústico e vibracional dos veículos, devido às exigências e conhecimento dos consumidores que estão mais atentos em relação a este item. A concorrência atual faz com que os clientes busquem cada vez mais rapidez e evolução dos automóveis. A cada ano surgem novos componentes, materiais e sistemas com inovações tecnológicas, proporcionando uma melhoria contínua nos níveis de ruído e vibrações dos veículos.

Este trabalho apresenta um estudo experimental de vibrações do volante, com o veículo em marcha lenta e análise de acelerações na pedana (chassi) com pistas de conforto e velocidades pré-estabelecidas. Para os testes de vibrações do volante foi utilizado acelerômetro piezoelétrico. Utilizaram-se três configurações de isoladores com diferentes características da borracha, sendo a primeira configuração com durezas que cada isolador é produzido hoje para aplicação no veículo (normal produção), a segunda com durezas maiores e a terceira com as durezas menores através de acelerômetros na pedana do veículo. Os resultados de cada metodologia são discutidos e comparados.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

2.1 Descrição do Experimento

O desenvolvimento do experimento se iniciou com um planejamento dos parâmetros dos testes, ou seja, definição do veículo a ser utilizada, definição dos isoladores a serem utilizadas, condições dos testes, definição dos pontos de medição, seqüência dos testes e definição dos equipamentos a serem utilizados.

O veículo utilizado para a realização dos testes foi um modelo Fiat Punto com motor 1,4 litros de 8 válvulas, mostrado na Fig. (2.1a). Este veículo possui suspensão do motor de três pontos sendo um do lado direito (motor), outro do lado esquerdo (cambio) e um posterior (diferencial), que estão dispostos conforme a Fig. (2.1b).

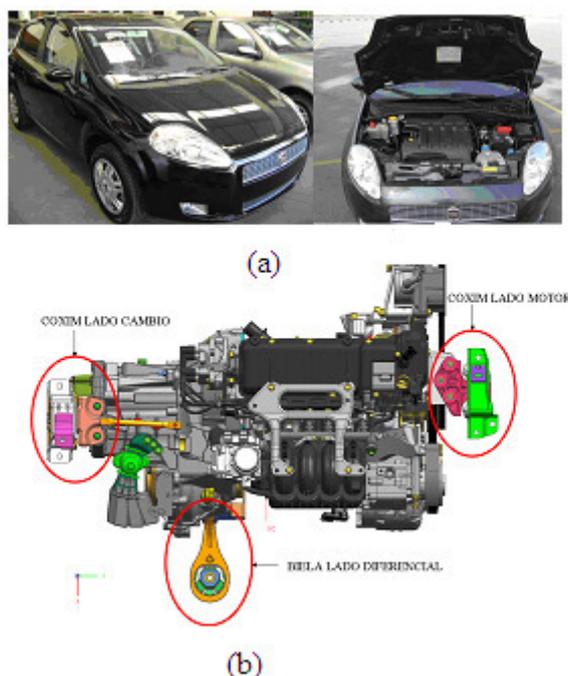


Figura 2.1. (a) Veículo utilizado para medições – Fiat Punto motor 1.4 8V; (b) Posicionamento dos isoladores da suspensão motor punto 1.4 – vista de cima

O critério de definição das características dos isoladores utilizados dependeu da capacidade de fabricação que o fornecedor possui, ou seja, das limitações das máquinas e das matérias-primas utilizadas. Foram selecionados três conjuntos de isoladores modificando a dureza da borracha destes, sendo o primeiro com durezas que cada isolador é produzido hoje para aplicação no veículo (normal produção), o segundo com durezas maiores e o terceiro conjunto com as durezas menores, cada conjunto possuindo um do lado direito, um do lado esquerdo e um posterior. O material dos isoladores é a borracha natural, a quantidade de negro-de-fumo na composição da borracha é o fator que modifica a dureza. Quanto maior a quantidade deste componente mais dura será a borracha.

Os testes foram divididos em duas etapas. A primeira consistiu em caracterizar os isoladores e a segunda em realizar os testes no veículo. Na primeira etapa do experimento foram realizados os testes para determinação da rigidez estática nas direções axiais e radiais e da rigidez dinâmica na direção axial de cada isolador.

2.2 Caracterizações dos isoladores

Para cada teste foi aplicada a pré-carga na direção axial que é a parcela da carga estática do conjunto motor-câmbio que cada isolador sustenta. A rigidez estática foi obtida com o isolador fixo na máquina de teste estático com a pré-carga aplicada na direção axial e em cada uma das três direções ortogonais X,Y e Z foi aplicada uma força para determinar o deslocamento equivalente até o batente de cada direção que os isoladores possuem e que determinam o fim de curso. O equipamento utilizado para a determinação da rigidez dinâmica só permite a realização dos testes na direção axial. A máquina de teste dinâmico do fabricante *MTS* possui um sistema hidropulsador (pistão excitador). O isolador foi fixado na base onde está a célula de carga que mede a resposta. O pistão aplica uma força estática equivalente à pré-carga do isolador, e uma força harmônica que o excita nas frequências de 0 a 100 Hz. O deslocamento do pistão é de 0,2 mm pico a pico. A Fig. (2.2) ilustra a Máquina MTS utilizada.



Figura 2.2 – Máquina MTS de teste estático e dinâmico.

O coxim de motor é solicitado em diversos eixos, na prática o desenho do produto especifica o ensaio para avaliação do diagrama carga-deformação nos eixos X, Y e Z, identificando também a força (F) ao respectivo eixo de aplicação conforme Fig. (2.3a e 2.3b),

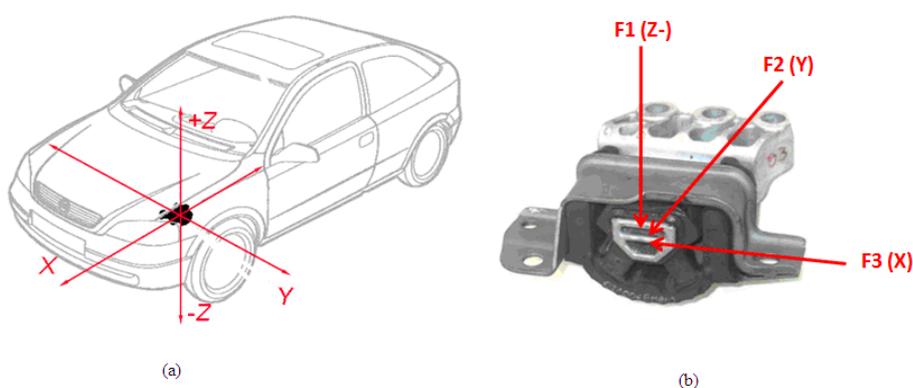


Figura 2.3 – (a) Indicação da direção da aplicação da força (F) através de eixos; (b) Sentido da força (F) aplicação sob os eixos X, Y e Z (Barbetti, 2005).

Onde :

- Força F1. *Sentido Z-*. O sentido Z é considerado o mais importante, pois este sentido suporta integralmente o peso do motor e oscila de acordo com os movimentos verticais do motor como, por exemplo: oscilações devido à rotação do motor e oscilações devido a buracos, lombadas, etc...
- Força F2. *Sentido Y*. O sentido Y atua para reter o motor em movimento lateral como, por exemplo: veículo realizando curvas.
- Força F3. *Sentido X*. O sentido X atua para reter o motor quanto ao movimento do veículo em aceleração e desaceleração (frenagem).

2.3. Testes em veículo

Na segunda etapa foram realizadas as medições de vibração dos isoladores para verificar a atenuação de cada isolador, medição de vibração objetiva e subjetiva no volante e medição objetiva e subjetiva de vibrações na pedana do veículo.

2.3.1 Testes de medição de vibração dos isoladores (atenuação dos isoladores)

Para os testes de medição de vibração dos isoladores foi considerada a rotação nominal de marcha lenta de 850 rotações por minuto (rpm), com o motor quente, ou seja, com temperatura aproximada de 90°C e somente com o eletroventilador do radiador parado.

Foram considerados também dois pontos de medição para cada isolador, sendo um próximo à fixação do suporte do isolador ao motor (ponto 1) e outro próximo à fixação do suporte ao chassi (ponto 2), ou seja, um ponto mede as vibrações do motor e o outro as vibrações do chassi. Estas duas medidas têm o objetivo de verificar a atenuação de cada isolador. A Figura 2.4 ilustra os pontos de medição para testes de vibração.

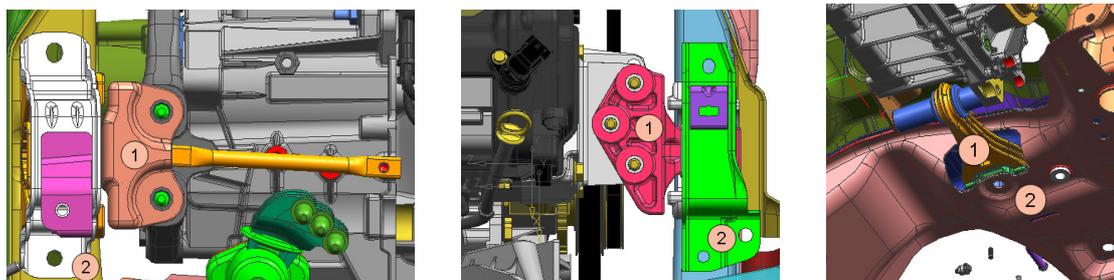


Figura 2.4 - Pontos de medição para testes de vibração.

O primeiro ponto de medição será chamado de “ponto do lado do motor” e o segundo “ponto do lado do chassi”. Em cada ponto foi medida a vibração nas três direções ortogonais, ou seja, longitudinal (x), transversal (y) e vertical (z), sendo que cada medição realizou-se em um tempo de aquisição, até 200 Hz com 2048 linhas. Para estas medições foram utilizados acelerômetros tri-axiais que foram devidamente calibrados.

A Tabela 1 ilustra os sensores posicionados no veículo para teste de medição de vibração dos isoladores (coxins).

Tabela 1. Sensores Posicionados no Veículo para Teste de medição de vibração dos isoladores (coxins).

Tipo de Instalação	Tipo de Sensor	Especificação
XYZM1 – motor (lado direito)	Acelerômetro Capacitivo	Setra 141A – 15g
XYZM2 – chassi (lado direito)	Acelerômetro Capacitivo	Setra 141A – 15g
XYZM1 – motor (lado esquerdo)	Acelerômetro Capacitivo	Setra 141A – 15g
XYZM2 – chassi (lado esquerdo)	Acelerômetro Capacitivo	Setra 141A – 15g
XYZM1 – motor (lado posterior)	Acelerômetro Capacitivo	Setra 141A – 15g
XYZM2 – chassi (lado posterior)	Acelerômetro Capacitivo	Setra 141A – 15g

2.3.2 Testes de medição objetiva e subjetiva de vibração no volante em marcha lenta

Para a medição de vibração do volante serão utilizados acelerômetros de referência para o analisador realizar o processamento do comportamento dos pontos de medição em relação à referência. Os dois pontos estão ilustrados na Fig. (2.5).

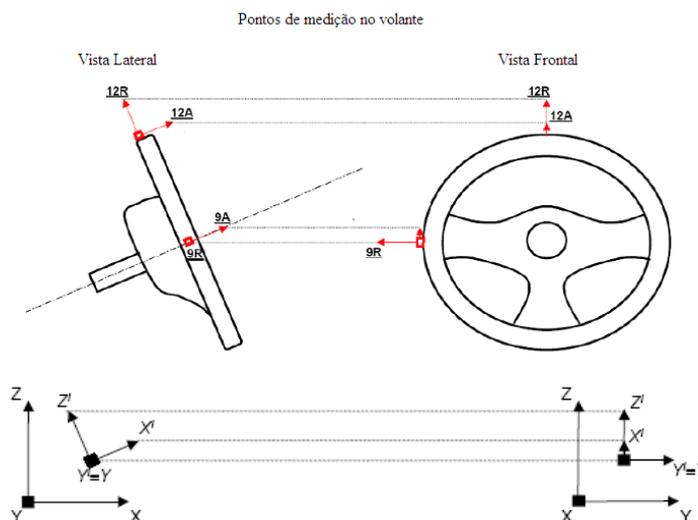


Figura 2.5 – Pontos de medição de vibração do volante.

Posições dos pontos de medição, seguindo a posição anti-horária:

- 12 horas (no alto, centralmente) na direção *axial* (12A) e *radial* (12R) – posição coroa (X e Z).
- 9 horas (a esquerda) na direção *axial* (9A) e *radial* (9R) – posição raza (Y e X).

Direções de medição (eixo acelerômetros, eixo força):

$X' \equiv$ *axial* volante; $Y' \equiv$ *radial transversal* volante coincide com eixo Y veículo; $Z' \equiv$ *radial vertical* volante.

A Tabela (2) indica o tipo de sensor utilizado para medição da aceleração.

Tabela 2. Sensores Posicionados no Veículo para Teste de vibração no volante.

Tipo de Instalação	Tipo de Sensor	Especificação
Posição corona – eixos X e Z	Acelerômetro Capacitivo	Setra 141A – 15g
Posição razza – eixos X e Y	Acelerômetro Capacitivo	Setra 141A – 15g

Para os testes de medição de vibração do volante foi considerada apenas a posição corona (X e Z) do volante, pois é a região mais significativa para analisar as vibrações devido às grandes amplitudes de aceleração.

Foi considerada para este teste a rotação nominal de marcha lenta de 850 rotações por minuto (rpm).

O veículo Punto 1.4 8V utilizou duas configurações de rigidez dos coxins: sendo o primeiro com durezas maiores e o segundo conjunto com as durezas menores.

A avaliação subjetiva é realizada segundo a percepção dos avaliadores quanto ao comportamento do veículo. A configuração montada no veículo não é conhecida no momento da avaliação. Será respondida uma tabela contemplando cada item avaliado com uma nota entre 1 e 10 segundo critérios mostrados na Tabela (3):

Tabela 3. Escala para Avaliação Subjetiva (Norma di Prova 7-T0250 – Fiat Auto normazione, 2004)

Aceitabilidade		Não Aceitável					Aceitável				
Ótica do Cliente sobre o Item Avaliado	Mensurável	Todos		Clientes Normais		Clientes Críticos		Clientes Experientes			
	Percepção	Alta			Moderada			Baixa		Muito Baixa	Nula
	Sensação	Intolerável	Forte Incômodo	Incômodo	Pequeno Incômodo	Leve Incômodo	Mínimo Incômodo	Nenhum Incômodo			
	Reação	Reação	Protesto		Complacente	Aceitação	Apreciação		Entusiasmo		
Escala Alfa-numérica	Julgamento	Muito Pobre	Pobre	Menos que Mediocre	Mediocre	Limite de Aceitação	Aceitável	Discreto	Bom	Muito Bom	Excelente
	Nota	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ação Corretiva Requerida		Ação Radical e Imediata		Ação Imediata de Melhoramento		A Melhorar		Requer Atenção		OK	

Segundo H. Braess (2005), apesar da disponibilidade de equipamentos de alta qualidade e tecnologia para avaliação de componentes, como a análise virtual, por exemplo, a avaliação subjetiva continua sendo uma importante ferramenta para refinarem-se as propriedades de conforto e dirigibilidade de componentes veiculares. Isto pode ser atribuído principalmente à habilidade e experiência de Engenheiros experimentais, percepção esta conseguida através de constantes avaliações e testes veiculares por vários anos consecutivos.

2.3.3 Testes de medição objetiva e subjetiva de vibração na pedana (pavimento)

A medição objetiva de vibração na pedana será através da coleta, tratamento e análise de sinais obtidos da instrumentação montada no veículo utilizando as três configurações de rigidez dos coxins: sendo o primeiro com durezas maiores, o segundo conjunto com as durezas menores e o terceiro com a configuração de normal produção. O veículo Punto 1.4 8V será submetido a rodagem em pista de conforto, realizadas em pista apropriada, e segundo padrões de maneira que possam ser repetidas conforme Fig. (2.6).



Figura 2.6 – Manobras de conforto realizadas nas pistas: (a) C5 – LEAR 40 Km/h e (b) A4 – BR381 90 Km/h.

A pista C5 – Lear 40 Km/h = CONFORT(asfalto irregular): - fora da missão da cidade; - força constante aleatória; - massas não suspensas, motor (energia até 40 ~ 50 Hz), chassis movimentos rígidos. A velocidade implementada na faixa de medição foi 40 Km/h. A pista A4 – BR381 90 Km/h = HIGHWAY (asfalto liso): - missão rodovia; - Estado estacionário; A velocidade implementada na faixa de medição foi 90 Km/h.

Os sinais dos acelerômetros instalados em pontos definidos do veículo permitirão a análise comparativa entre o desempenho das propostas, visto que todo o restante do carro permanecerá inalterado e as leituras serão realizadas para manobras controladas e pré-definidas. Para a realização da avaliação objetiva o veículo será devidamente instrumentado conforme Tabela (4):

Tabela 4. Sensores Posicionados no Veículo para Teste (Norma di Prova 7-T0250 – Fiat Auto normazione, 2004).

Tipo de Instalação	Tipo de Sensor	Especificação
ZZP – (Pedana) Assoalho em Z	Acelerômetro Capacitivo	Setra 141A – 15g
XXG – Trilho do Banco em X	Acelerômetro Capacitivo	Setra 141A – 15g
XZP – (pedana) Assoalho em X	Acelerômetro Capacitivo	Setra 141A – 15g
ZXG – Trilho do Banco em Z	Acelerômetro Capacitivo	Setra 141A – 15g

A aquisição dos sinais foi realizada utilizando o sistema HBM MGC Plus juntamente com o software HBM Catman 4.5, onde serão tratados os dados, bem como gerados os gráficos necessários para análise comparativa dos componentes, conforme ilustrado na Fig. (2.7).

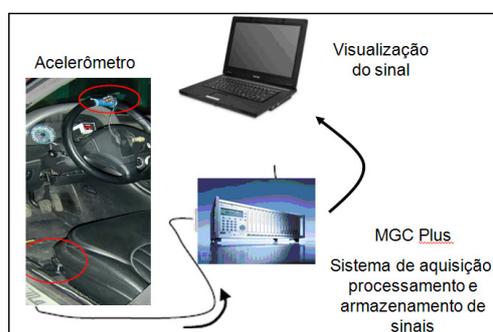


Figura 2.7 – Cadeia de Aquisição (CENTRO RICERCHE FIAT – “Basics of Vehicle Dynamics”, 2007).

Através da sobreposição de gráficos “Aceleração x Tempo” obtidos do software, para as duas configurações do veículo, será possível a transformação para o domínio da frequência para observar e analisar as diferenças das configurações dos coxins. Serão consideradas apenas as acelerações na pedana do veículo por ser a de maior relevância e influência da suspensão motor.

A análise subjetiva também foi realizada para o teste de conforto para as pistas C5 e A4. A Tabela 5 ilustra as instrumentações utilizadas.

Tabela 5. Instrumentação utilizada

Instrumentos	Especificação do fabricante	Quantidade
Acelerômetro triaxial	356B08-PCB	12
Acelerômetro	4375-Bruel and Kjaer	2
Calibrador de acelerômetros	SN 2661 - PCB	1
Amplificador de carga	480E09 - PCB	2
Tacômetro digital	C 118 – Braun GMBH	1
Tacômetro digital FFT	CF 3400 – Onno Sokki	1
Máquina de teste de rigidez estática/dinâmica	2000 Kgf - MTS	1

3. RESULTADOS E ANÁLISE

3.1 Efeitos dos isoladores nas vibrações do volante

Para confrontar os resultados das provas realizadas e verificar os efeitos dos isoladores nas vibrações do volante serão analisadas as atenuações dos isoladores e as vibrações do volante para cada conjunto testado: menor dureza A e maior dureza B.

3.1.1 Atenuação dos isoladores de menores e maiores durezas

Os testes de vibração dos isoladores tiveram o objetivo de determinar a atenuação dos isoladores em cada uma das três direções ortogonais. Com as medidas da vibração do motor e do chassi próximo a cada isolador, ou seja, antes e depois dos isoladores, verificou-se o quanto cada isolador atenuou de níveis de vibrações em cada direção. Para esta análise será considerada a frequência de segunda ordem que é 28,3 Hz, por ser a frequência onde se temos maiores níveis de aceleração e onde o isolador é projetado para atuar. As Figuras 3.1 a 3.6 ilustram os resultados dos testes de vibração dos isoladores do lado cambio, lado motor dos conjuntos de menor dureza e maior dureza nas direções x, y e z, respectivamente. Por ser suspensão baricêntrica o lado diferencial, que tem a função apenas de restritor de torque, não foi considerado para análise, pois os níveis de atenuação são de baixa amplitude sendo desprezados.

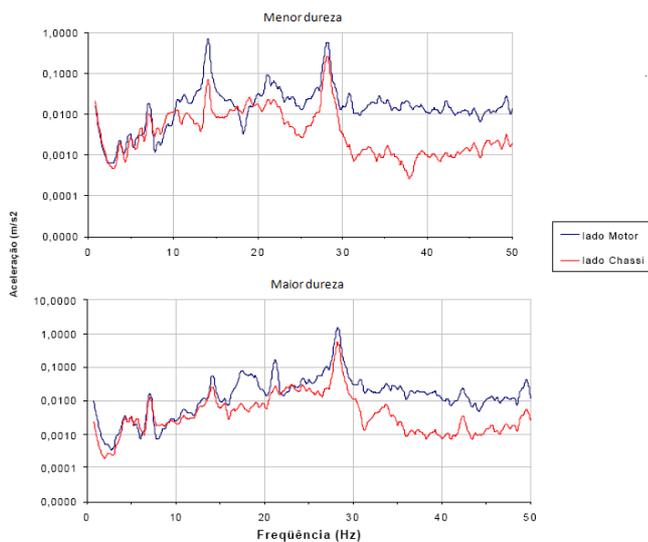


Figura 3.1: Isolador lado cambio direção z.

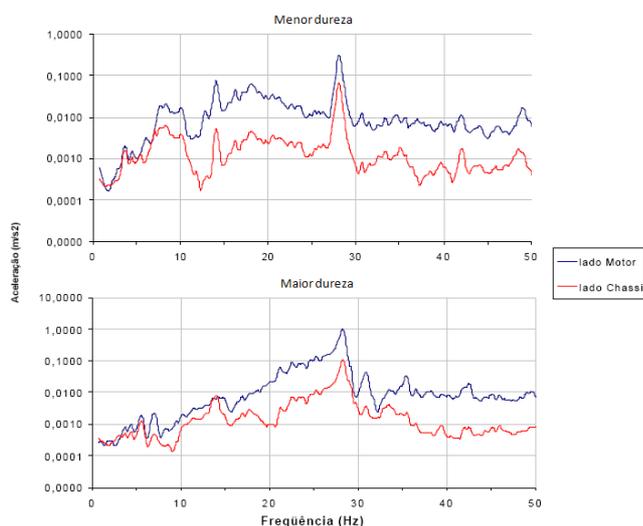


Figura 3.2: Isolador lado cambio direção x

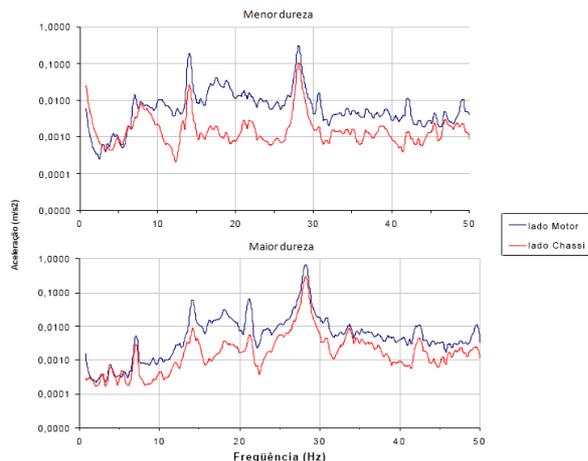


Figura 3.3: Isolador lado cambio direção y

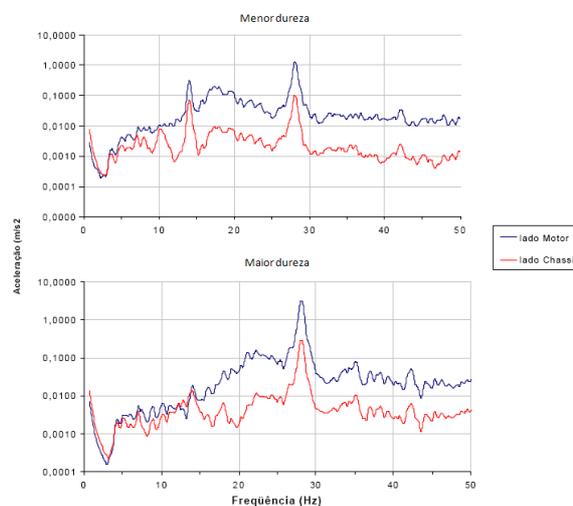


Figura 3.4: Isolador lado motor direção z.

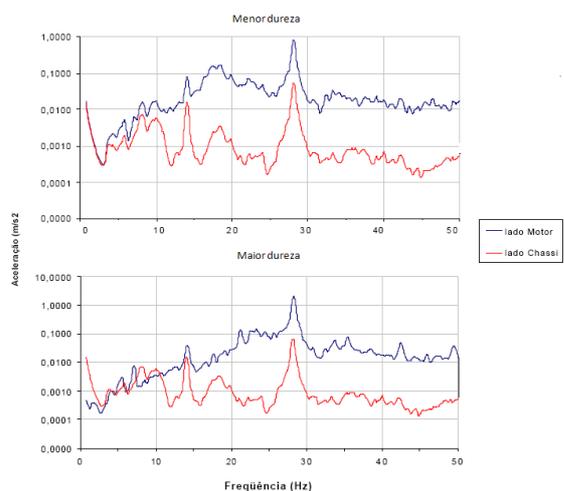


Figura 3.5: Isolador lado motor direção x.

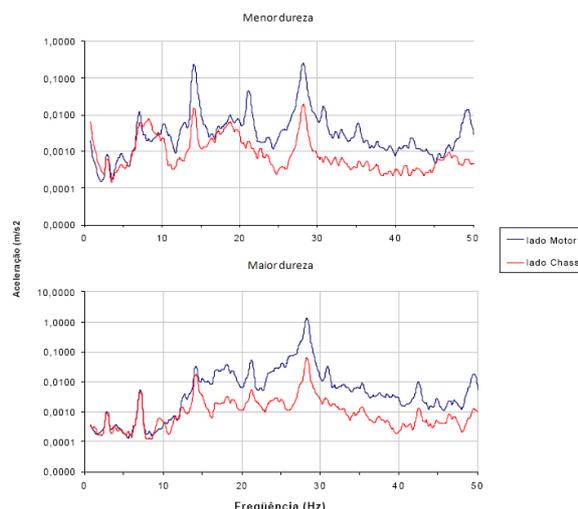


Figura 3.6: Isolador lado motor direção y.

Os gráficos ilustram que os níveis mais altos de vibração e de atenuação dos isoladores estão na frequência relativa à segunda ordem do motor, que é de 28,3 Hz para a rotação de 850 rpm.

- os níveis de vibrações no lado do motor apresentaram variações nos três pontos de medição nos três conjuntos. Para o conjunto de dureza menor os níveis foram um pouco mais baixos que os do conjunto de dureza maior.

- a direção em que se têm os maiores níveis de vibração é a axial (z), para todos os isoladores testados, em todos os conjuntos;

- os níveis de vibração mais elevados se encontram nos isoladores do lado cambio e motor; quanto aos níveis de vibração no lado do chassi o conjunto de dureza menor apresentou níveis um pouco mais baixos que o conjunto de dureza maior.

Dos comentários acima se pode concluir que a rigidez dos isoladores têm grande influência no comportamento vibracional do motor, ou seja, para cada conjunto testado as vibrações nos pontos de medição no lado do motor apresentaram variações. Pode-se concluir também que as vibrações na direção vertical (z) do motor (axial aos isoladores) são de grande amplitude.

Portanto, é a direção mais importante que os isoladores devem atuar, e que os isoladores câmbio e motor são o mais importante por receber os maiores níveis de vibração enquanto a biela tem pouca influencia nas amplitudes não sendo analisada para esse estudo.

3.1.2 – Avaliação objetiva e subjetiva da vibração do volante utilizando os isoladores de menores e maiores durezas

Com o objetivo de avaliar sob o ponto de vista de NVH o veículo ponto 1.4 8 válvulas Flex na condição de Marcha Lenta, realizamos provas de vibração de volante conforme norma Fiat 7.R0052 e foi considerado apenas a posição corona (eixo X e Z) por ter as maiores amplitudes de aceleração facilitando a análise.

Avaliamos o comportamento vibracional do veículo em diferentes condições de marcha lenta. Em paralelo realizamos um teste de jurados onde foram atribuídas nota na escala SAE para todas as condições de teste. Seguem abaixo os resultados das condições avaliadas:

A) Marcha Lenta Ar Condicionado Desligado (posição corona eixo X): 850RPM

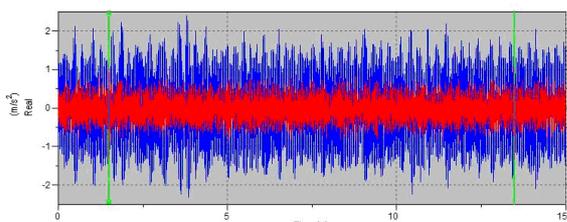


Figura 3.7: Nível de aceleração no volante eixo x com AC desligado, utilizando os coxins de menor dureza (vermelho) e de maior dureza (azul).

B) Marcha Lenta Ar Condicionado Desligado (posição corona eixo Z) : 850RPM

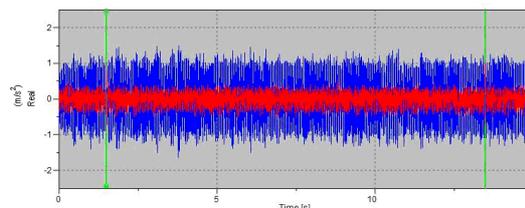


Figura 3.8: Nível de aceleração no volante eixo Z com AC desligado, utilizando os coxins de menor dureza (vermelho) e de maior dureza (azul).

C) Marcha Lenta Ar Condicionado ligado (posição corona eixo X): 850RPM

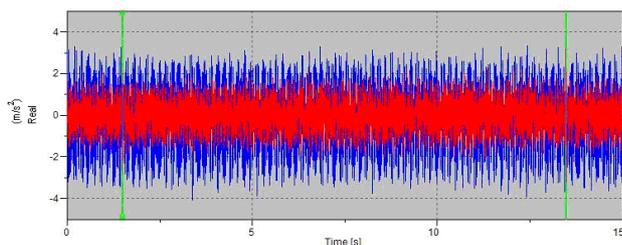


Figura 3.9: Nível de aceleração no volante eixo X com AC ligado, utilizando os coxins de menor dureza (vermelho) e de maior dureza (azul).

D) Marcha Lenta Ar Condicionado ligado (posição corona eixo Z): 850RPM

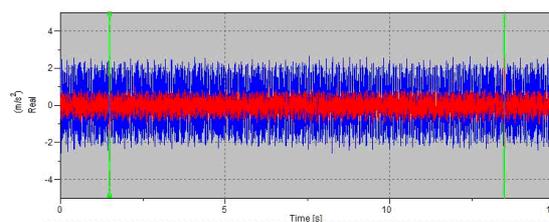


Figura 3.10: Nível de aceleração no volante eixo Z com AC ligado, utilizando os coxins de menor dureza (vermelho) e de maior dureza (azul).

O Objetivo de Vibração do Volante em Marcha Lenta: 1 m/s^2 – pico a pico (de $-0,5\text{ m/s}^2$ a $+0,5\text{ m/s}^2$).

O conjunto de maior dureza proporcionou níveis maiores de vibração estando fora do objetivo citado acima de 1 m/s^2 . Houve uma melhoria de 1 ponto SAE no conforto da marcha lenta (850 RPM) dos coxins com menor dureza em relação aos coxins de maior dureza na avaliação subjetiva.

Tabela 6. Análise Subjetiva de vibração do volante em marcha lenta- NOTA SAE

Análise Subjetiva		NOTA SAE
Ar condicionado ON	Coxins com maior dureza	5,5
	Coxins com menor dureza	6,5
Ar condicionado OFF	Coxins com maior dureza	5,0
	Coxins com menor dureza	6,0

3.1.3 – Avaliação objetiva e subjetiva do “traballamento”

O traballamento é gerado devido à presença de modos de vibração do motor na direção vertical na mesma faixa de frequência da excitação proveniente da carroceria. Este modo é excitado através da suspensão veículo proveniente a partir de irregularidades presentes no percurso (Gillespie, 1992) A Figura 3.11 ilustra de aceleração na pedana utilizando os coxins de menor dureza, de maior dureza e normal produção, com as seguintes condições: pista C5 – Lear 40 Km/h = CONFORT (asfalto irregular). A Figura 3.12 ilustra o nível de aceleração na pedana utilizando os coxins de menor dureza, de maior dureza e normal produção, para as seguintes condições: pista A4 – BR381 90 Km/h = HIGHWAY (asfalto liso):

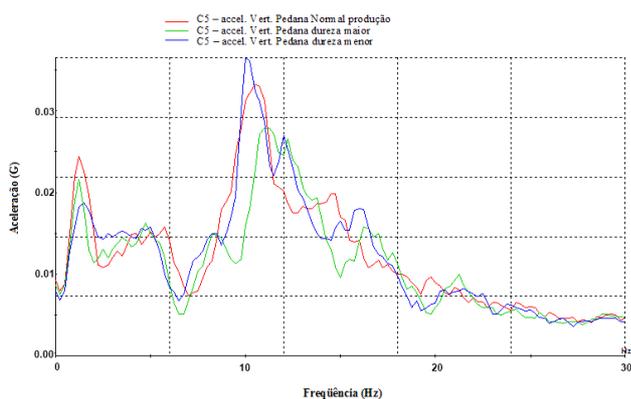


Figura 3.11: Pista C5 - Nível de aceleração na pedana utilizando os coxins de menor dureza (azul), de maior dureza (verde) e normal produção (vermelho).

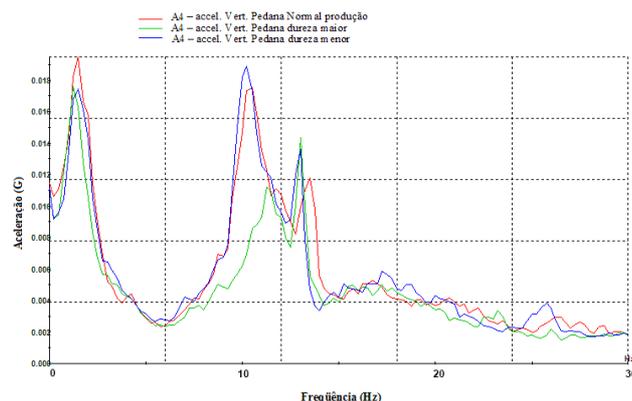


Figura 3.12: Pista A4 - Nível de aceleração na pedana utilizando os coxins de menor dureza (azul), de maior dureza (verde) e normal produção (vermelho).

Fazendo uma análise comparativa entre coxins normal produção (NP), coxim com maior dureza e menor dureza: houve um aumento do ganho o que implica em um maior nível de “traballamento” motor percebido na pedana do veículo com os coxins com dureza/rigidez menores.

4. CONCLUSÕES

Analisando os resultados obtidos, pode-se verificar que a metodologia utilizada para analisar vibrações que são transmitidas ao volante, pedana (Chassi) e trilho do banco, através dos isoladores de um veículo em condição de marcha lenta e em condição dinâmica em tipos de pistas de testes, mostrou-se eficaz e pode-se concluir que as hipóteses adotadas para as análises, são válidas e podem ser estendidas a outros modelos com dimensões semelhantes.

A escolha dos coxins mais rígidos leva a um acoplamento entre os modos de vibrar na frequência analisada, aumentando a transmissibilidade entre os sistemas. O desempenho do isolador depende muito de seu comportamento na direção axial, tanto na função de atenuar as altas amplitudes de vibrações do motor quanto na função de durabilidade;

A suspensão do motor do veículo testado foi uma suspensão de três pontos em que cada ponto sustenta uma parcela da carga estática do conjunto motor-câmbio. Nos projetos mais novos, o sistema de suspensão utilizado é o chamado "sistema TRA" mais conhecido como "sistema de pêndulo" ou ainda "suspensão baricêntrica". Neste sistema os isoladores são posicionados de forma tal que, apenas os isoladores direito e esquerdo sustentam o peso do conjunto motor-câmbio. Neste tipo de suspensão o isolador posterior exerce pouca influência quando o motor está em regime de marcha lenta. A suspensão baricêntrica é uma solução para diminuição dos níveis de vibração transmitidos ao veículo, porém, uma adaptação em um projeto existente implica em elevados custos desde o desenvolvimento às modificações no processo do fornecedor e na linha de montagem, tornando uma solução inviável.

5. REFERÊNCIAS

- AVL Acoustics Training, 1996a . Vehicle Noise Sources Características das Fontes de Ruído Veicular. Ciclo de Workshops I, Parte 4, Brasil.
- AVL Acoustics Training 1996b. Vehicle Noise Sources Ruído Interno e Otimização da Vibração. Ciclo de Workshops I, Parte 6, Brasil.
- Gillespie T.D., 1992 "Fundamentals of Vehicle Dynamics", Warrendale: SAE.
- Reimpell, J., Stoll, H. and Betzler, J.W., 2001 "The automotive chassis: engineering principles", Oxford Butterworth; Warrendale: SAE.
- Manfred, H., 2001. Antivibration Systems – Fundamentals, designs, applications. Verlag moderne industrie, Augsburg.
- Yunhe, Y.,; Nagi, G.N.,; Rao, V.D., 2001. A literature review of automotive vehicle engine mounting systems. Mechanism and Machine Theory, v.36, p.123-142.

6. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

EVALUATION OF COMFORT OF A VEHICLE DUE TO INFLUENCE OF MOTOPROPULSOR SUSPENSION

Gustavo Reis Rodrigues, aceduard@demec.ufmg.br¹
Alexandre Carlos Eduardo, aceduard@demec.ufmg.br²

^{1,2} Universidade Federal de Minas Gerais - Av. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha - Belo Horizonte - MG
CEP 31270-901 - Fone: +55 (31) 3409.5000

Abstract. *This paper investigates experimentally the study related to the suspension of the engine and the vibrations that are transmitted to a steering wheel, body chassis and guide rail of the bank of vehicle, through the isolators in condition of idling and in dynamic in types pavement test track that great influence for the comfort has that the passenger and driver could be displayed. Adverse conditions of the track will be able to display both the discomfort. Three configurations of isolators with different characteristics of the rubber had been selected and had been carried through next tests of vibration to each isolator, in the projection and chassis for each configuration. The noise and vibration sources of a vehicle, forms of transmission and the effect in the man are presented. The experimental apparatus, the used sequence of the tests, procedures and instruments detailed form are described. The results demonstrate that to the measure that if increases the rigidity of the isolators, the levels of vibrations of the engine in idling increase. The levels of vibrations transmitted to the chassis also increase following this same trend*

Keywords: *Comfort, Vibration; Suspension; Isolators.*