

# *Introdução à Ressonância*

An Introduction to Resonance

Presented

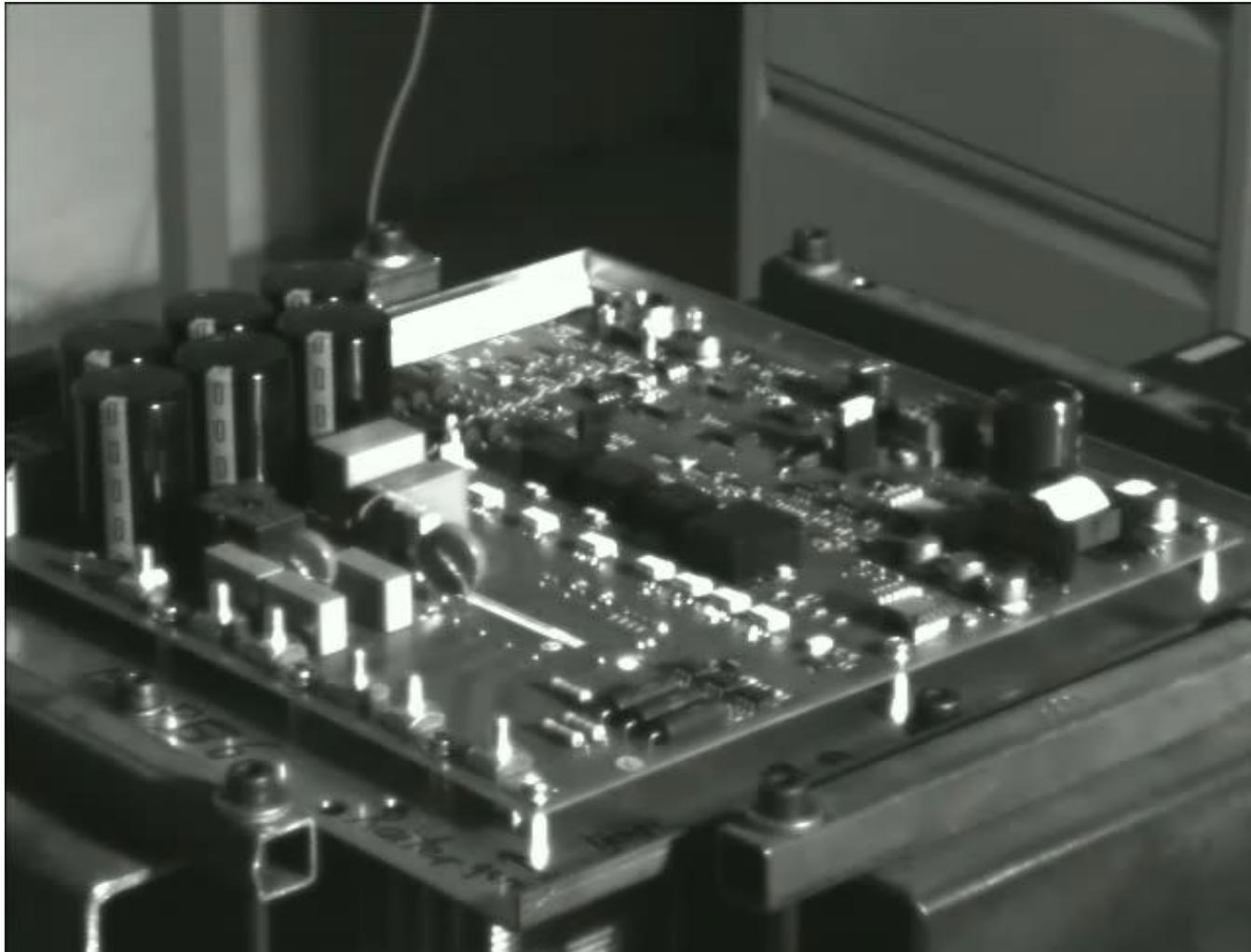
by

Trevor Harrison

LDS Customer Training Manager

- *A ressonância de um sistema é a frequência natural de oscilação, quando ocorre a amplitude máxima, quando estimulado.*
- The **resonance** of a system is a natural frequency when oscillation occurs at maximum amplitude, when stimulated.
- *Um produto, pode ser severamente comprometido, se a sua própria ressonância natural coincidir com a mesma frequência que está presente no ambiente ou numa situação de manipulação.*
- A product, can be severely compromised because its own natural resonance coincides with the same frequency that is present in an environment or handling situation.

# *Placa de Circuito na Ressonância* Circuit board at resonance



# Fator Q Q Factor

- *Tente imaginar um sistema que foi projetado para fazer uso desta freqüência de ressonância, como uma guitarra ou um sino. Este instrumento musical terá uma ressonância natural ajustada e vários Harmônicos que lhe darão uma boa qualidade de tom.*
- Try to imagine a system that is designed to make use of this resonant frequency such as a guitar or a bell. This musical instrument will have a Tuned natural resonance and several Harmonics that give it a nice tonal quality.
- *Quando tocar um sino, este badalará. Esta é a ressonância natural do sino e tem um fator de alta qualidade ou fator Q.*
- When we tap a bell, it “rings”. This is the natural resonance of the bell and has a high quality factor or **Q factor**.



# Fator Q Q Factor

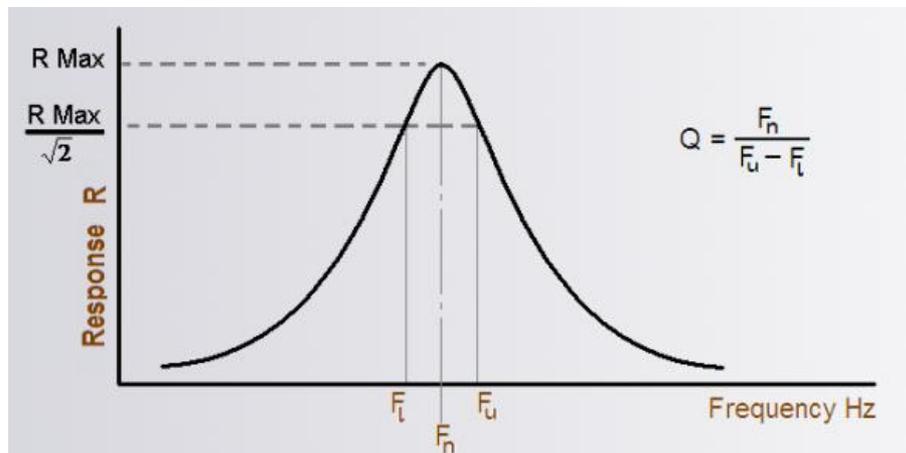
- *Se mantiver o sino apertado ou preencher o espaço vazio com algodão o sino não tocará mais. Usa-se um método de "amortecimento" para alterar a frequência de ressonância e impedi-lo de "tocar".*
- If we hold the bell tight or fill the air space with cotton wool the bell no longer rings. We have used a method of “**damping**” to change the resonant frequency and prevent it from “**ringing**”.
- *O fator Q descreve a "nitidez" da ressonância.*
- The **Q factor** describes the “sharpness” of the resonance.
- *Quanto maior o amortecimento aplicado - mais largo e mais baixo o pico.*
- The higher damping that is applied - the wider and lower the peak.



# Amortecimento Damping

*O amortecimento é medido pelo Q, que está relacionado com a largura de banda nos pontos de alimentação do meio, como no gráfico a seguir -  $R_{Max} / \sqrt{2}$*

Damping is measured by the Q that is related to the bandwidth at the half power points as in the graph below  $R_{Max} / \sqrt{2}$



$$\zeta = \frac{1}{2Q}$$

$$Q = \frac{1}{2\zeta}$$

*Em outras palavras, Q é inversamente relacionada com a relação de amortecimento  $\zeta$  (zeta)*

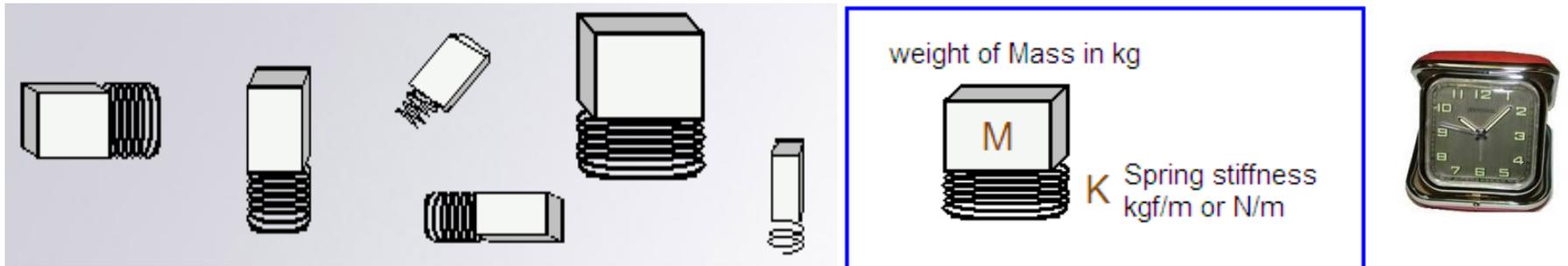
In other words, Q is **inversely** related to the damping ratio  $\zeta$  (zeta)

*Por exemplo, um Q de 5 tem uma relação de amortecimento de 10%*

For example a Q of 5 has a Damping Ratio of 10 %

# Modelo representativo do sistema A model to represent a system

- *O Modelo de Massa da Mola é usado para simplificar produtos de teste como um único componente de massa de mola de múltiplos graus de liberdade.*
- The **Spring Mass Model** is used to simplify our test product as multiple single degree of freedom Spring Mass components.



- *É preciso um pouco de imaginação para aplicar este modelo a objetos do cotidiano, mas é desnecessário dizer que todos os itens têm uma massa e todos os materiais podem esticar como uma mola.*
- It takes some imagination to apply this model to everyday objects but needless to say all items have a mass and all materials can stretch like a spring.

# Modelo de Massa da Mola Spring Mass Model

• *Considerar um único grau de liberdade, sistema da massa da mola, e assumir amortecimento zero*

• Consider a single degree of freedom, spring mass, system and assume zero damping

$$F_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}}$$

• *Agora pode-se calcular a frequência de ressonância*

• Now we can calculate the resonant frequency

•  *$F_n$  é a frequência de ressonância natural (Hz)*

•  $F_n$  is the natural resonant frequency (Hz)

•  *$K$  é a rigidez da mola (N/m)*

•  $K$  is the stiffness of the spring (N/m)

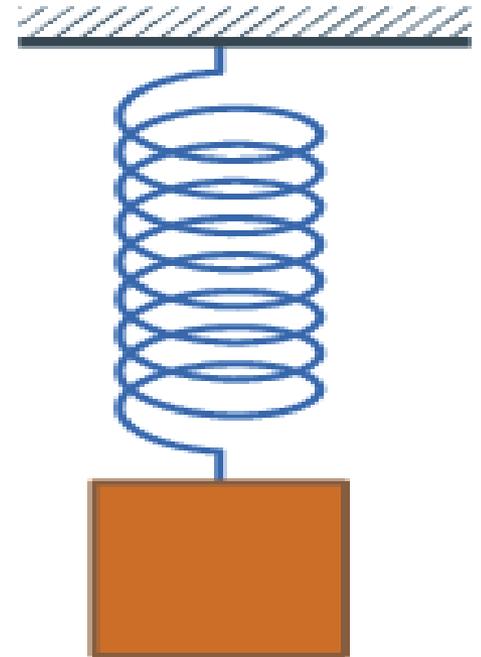
•  *$M$  é a massa suportada (Kg)*

•  $M$  is the supporting mass (kg)



# *Frequência de Ressonância* Resonant Frequency

- *Para o modelo ao lado, pode-se facilmente testemunhar a frequência de ressonância. Se puxar a massa para baixo e, em seguida, liberá-la, a mola irá oscilar e a massa saltará, pois a mola tem um modo de frequência natural.*
- For our Model we can easily witness the resonant frequency. If we pull the mass down and then release it, the spring will oscillate and the mass will bounce because the spring has a natural frequency mode.
- *Podemos influenciar essa frequência, modificando: a massa, a rigidez ou a quantidade de amortecimento.*
- We can influence this frequency by modifying; the mass, the stiffness or the amount of damping.

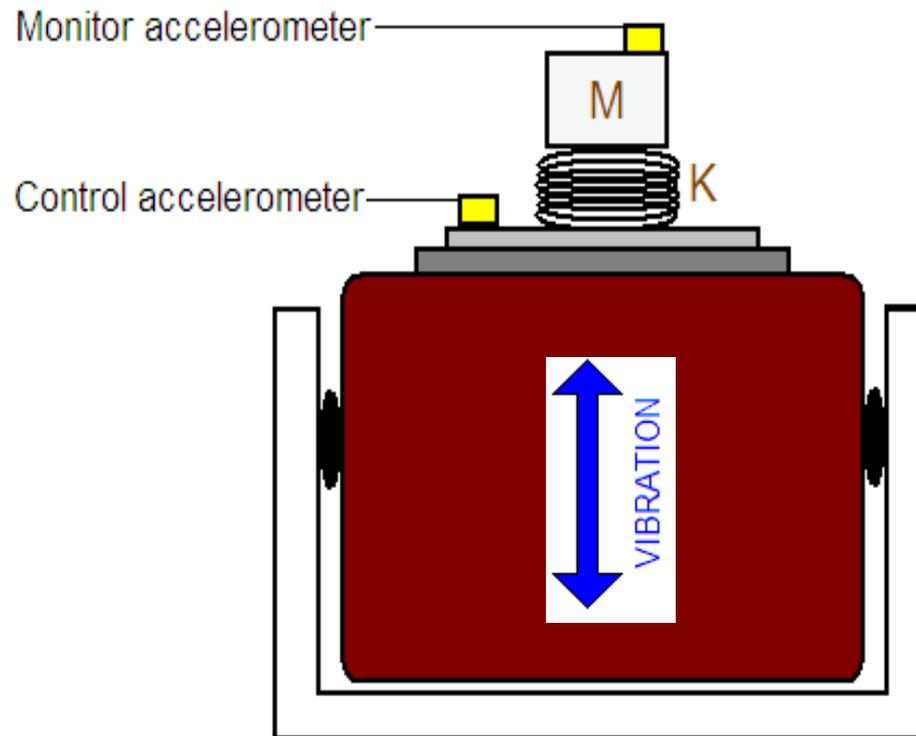


# *Frequência de Ressonância* Resonant Frequency

- *Sabe-se que a Frequência Natural  $F_n$  é determinada pela rigidez da mola e peso da massa. Exemplo: uma mola mole com grande massa oferecerá um frequência natural baixa.*
- We now know that the Natural Frequency  $F_n$  is determined by the stiffness of the spring and the weight of the mass. For example, a soft spring with a heavy mass will give a low natural frequency.
- *Se o modelo for invertido e anexado a uma fonte de vibração, pode-se fazer alguns testes práticos para encontrar e medir as ressonâncias. Isto é normalmente conhecido como busca de ressonância e é muito útil para encontrar as características iniciais de um produto.*
- If we now invert our model and attach it to a vibration source, we can run some practical tests to find and measure the resonances. This is typically known as a resonance search and is very useful to find the initial characteristics of a product.

# Preparação para o teste de Ressonância

Resonance search preparation



# Teste de ressonância Resonance search test

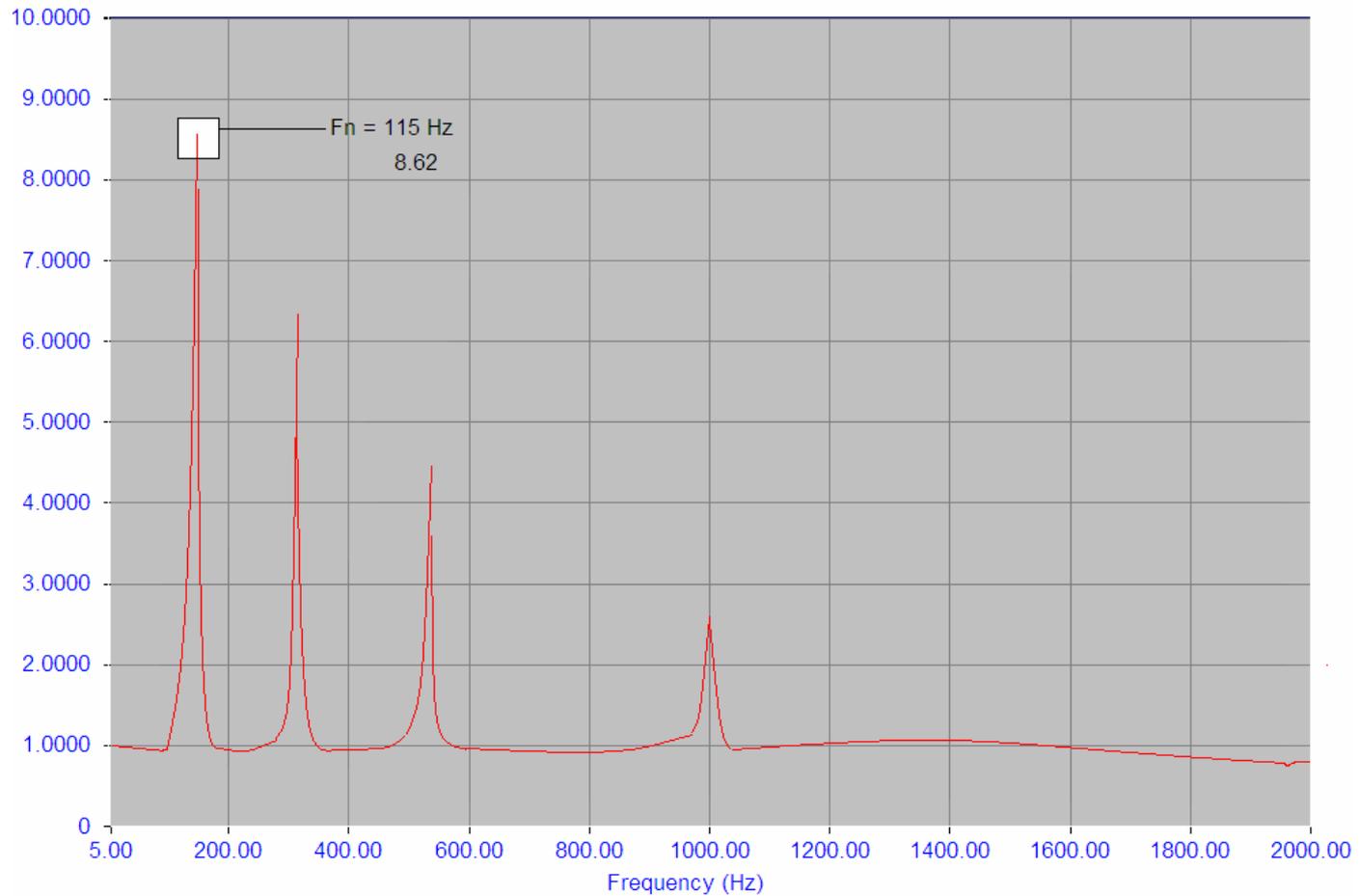
- *Considerar um teste de varredura de seno de 5 a 2000 Hz a 0,5 gn e 1 oct / min. Enquanto a freqüência faz a varredura, a Massa irá responder e o acelerômetro irá medir essa resposta em gn. Em algumas freqüências, a massa vibrará ao mesmo nível da entrada e, em outras, ficará isolada e não se moverá.*
- Let us consider a swept sine test from 5 Hz to 2000 Hz at 0.5 gn and 1 Oct/min. As the frequency sweeps the Mass will respond and the accelerometer will measure this response in gn. At some frequencies the Mass will vibrate at the same level as the input and at some, it will become isolated and not move at all.

# *Teste de ressonância* Resonance search test

- *O interessante são as frequências que excitam o modelo de massa da mola, oscilando a uma amplitude máxima. Estas frequências e amplitudes podem ser representadas como uma razão para a entrada para fornecer um gráfico de transmissibilidade útil.*
- We are interested in the frequencies that excite the spring mass model to oscillate at maximum amplitude when stimulated. These frequencies and amplitudes can be plotted as a ratio to the input to provide us with a useful transmissibility plot.

# Função Transmissibilidade / Transferência

Transmissibility / Transfer function

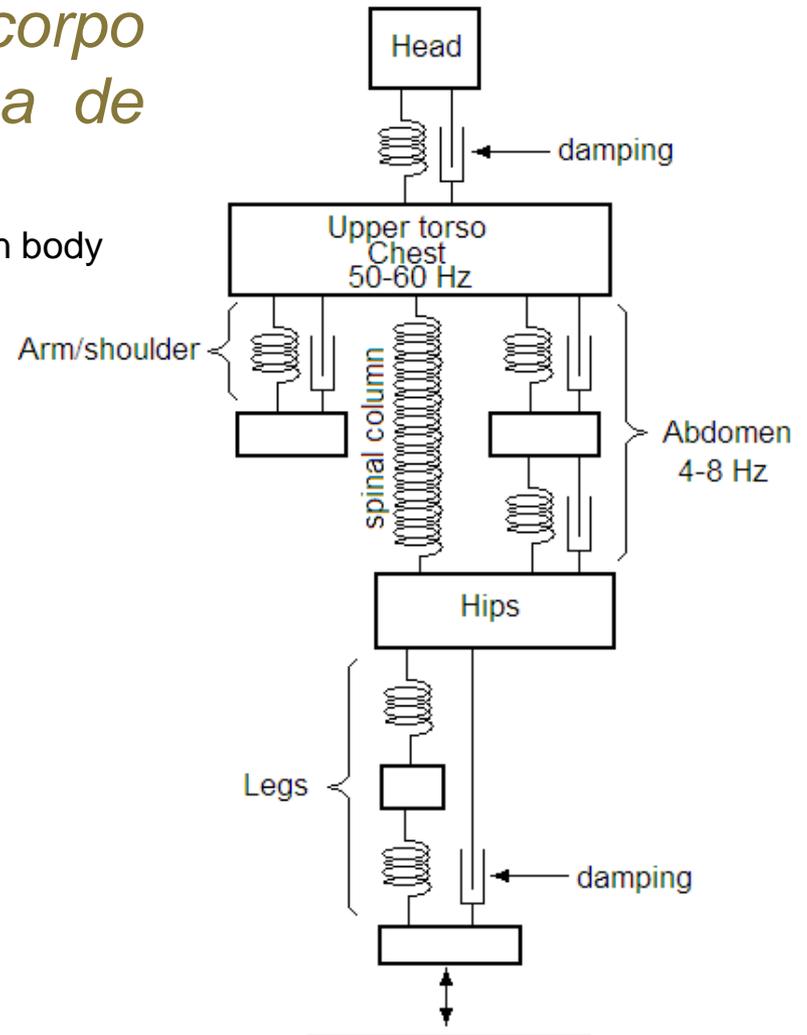
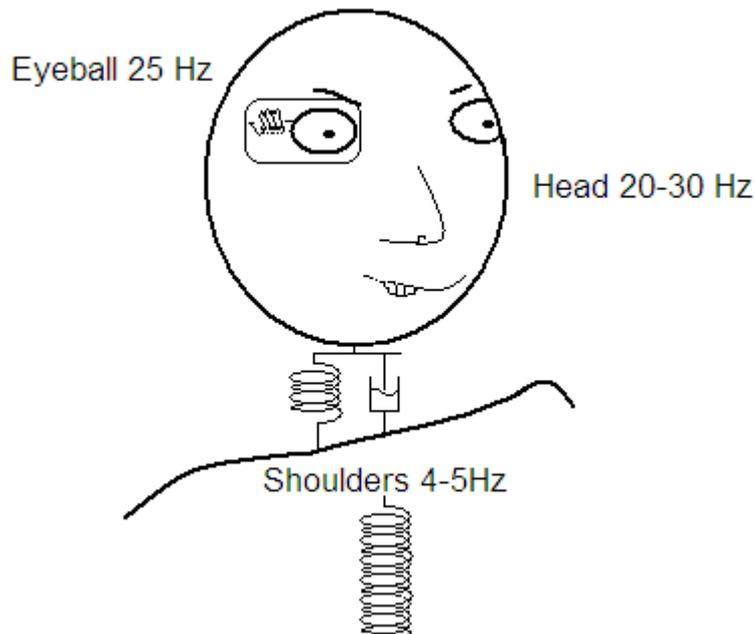


# *Aplicação na Vida Real* Real Life Application

- *O corpo humano tem muitas ressonâncias e se vibrar cada um por sua vez, será observado algum desconforto.*
- The human body has many resonances and if we vibrate each one in turn, we will observe some discomfort.
- *O corpo humano é uma série de sistemas de massa de mola. Articulações, órgãos, tecidos, gordura e músculos, todos têm uma frequência de oscilação que quando excitados, pela frequência correta, irá ressoar causando estranhos efeitos.*
- We are in fact a series of spring mass systems. Our joints, organs, tissue, fat and muscle all have a frequency of oscillation that when excited, by the correct forcing frequency, will resonate with some strange affects.

# Corpo Humano Human Body

- *Representação simples do corpo humano em modelo de massa de molas*
- Simple spring Mass Model representation of the human body



# Efeitos da Baixa Frequência sobre o Corpo Humano

## Low frequency effects on the human body

- *Um helicóptero de passageiros tem níveis de até 20 gn e componentes de frequência de 5 Hz a 2000 Hz*
- Let us take a passenger helicopter that has levels up to 20 gn and frequency components from 5Hz to 2000 Hz.
- *Existem altas senoidais (gn) forçando frequências que varrem de forma aleatória. É importante evitar essas frequências induzidas e prover um bom isolamento para os ocupantes.*
- There are high gn sinusoidal forcing frequencies that sweep on a random background. It is important for our designer to avoid these induced frequencies and provide good isolation to our occupants.



# *Efeitos da Baixa Frequência sobre o Corpo Humano*

Low frequency effects on the human body

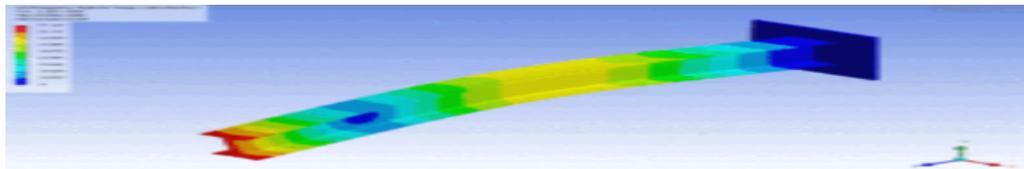
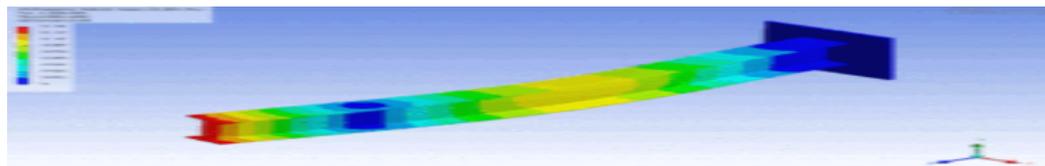
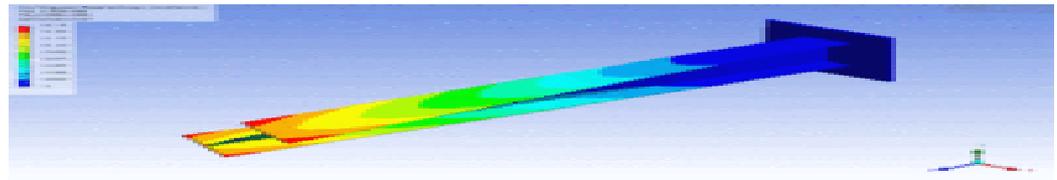


# Plataformas e Suportes Rigs and Fixtures

- *A finalidade do dispositivo de ensaio é a interface de uma unidade em teste para a mesa de vibração.*
- The purpose of the test fixture is to interface a UUT to our vibration table.
- *Um acessório ideal irá transferir a entrada de vibração diretamente para a unidade em teste, sem adição ou subtração de qualquer sinal.*
- An ideal fixture will transfer the vibration input directly to the UUT without adding or subtracting any signal.
- *A ressonância do dispositivo será preferencialmente maior que a exigência de teste e dinamicamente inerte quando apoiando a unidade em teste.*
- The resonance of the fixture will preferably be higher than the test requirement and dynamically inert when supporting the UUT.

# Plataformas e Suportes Rigs and Fixtures

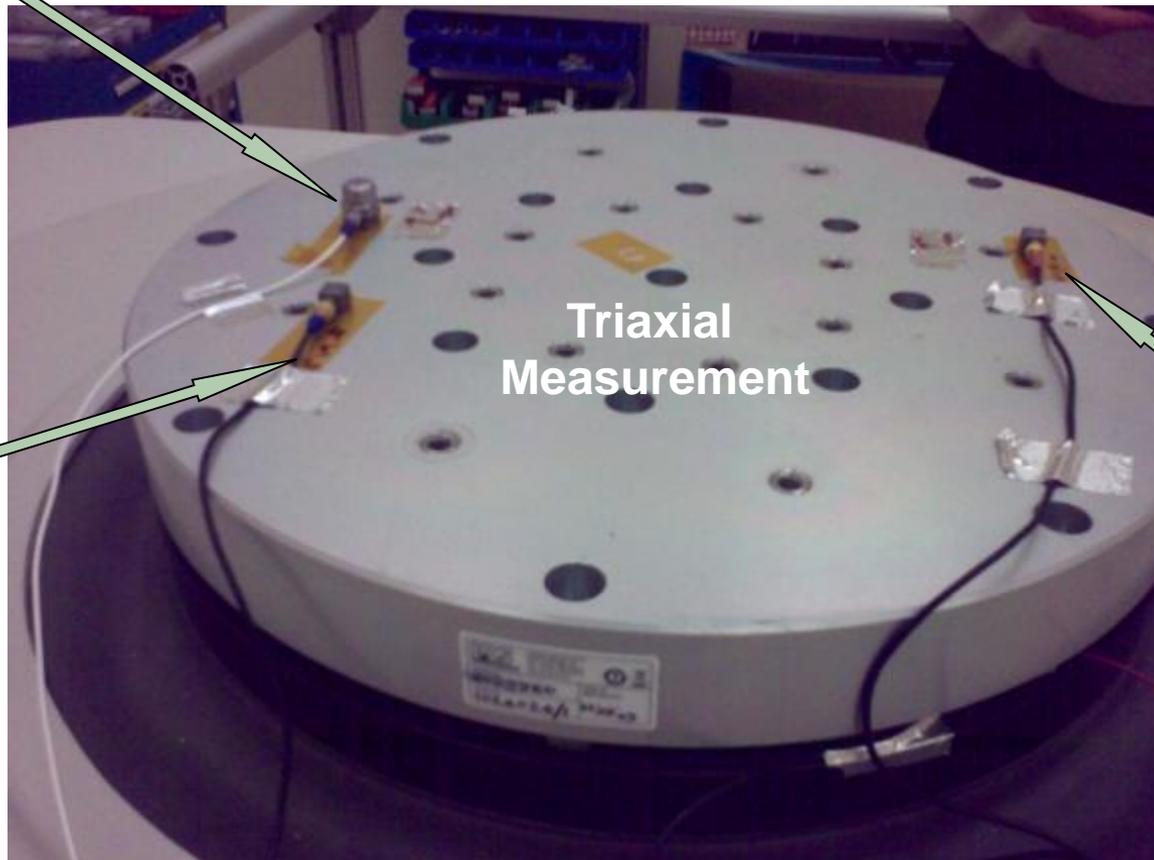
- *Para conseguir isto, o equipamento deve ser muito duro, baixo peso e fabricado a partir de um material com boas propriedades de amortecimento.*
- To achieve this, the fixture must be extremely stiff, low in weight and manufactured from a material with good damping properties.



# Suporte de Interface – Busca da Ressonância

Interface Fixture - Resonance Search

Single point control

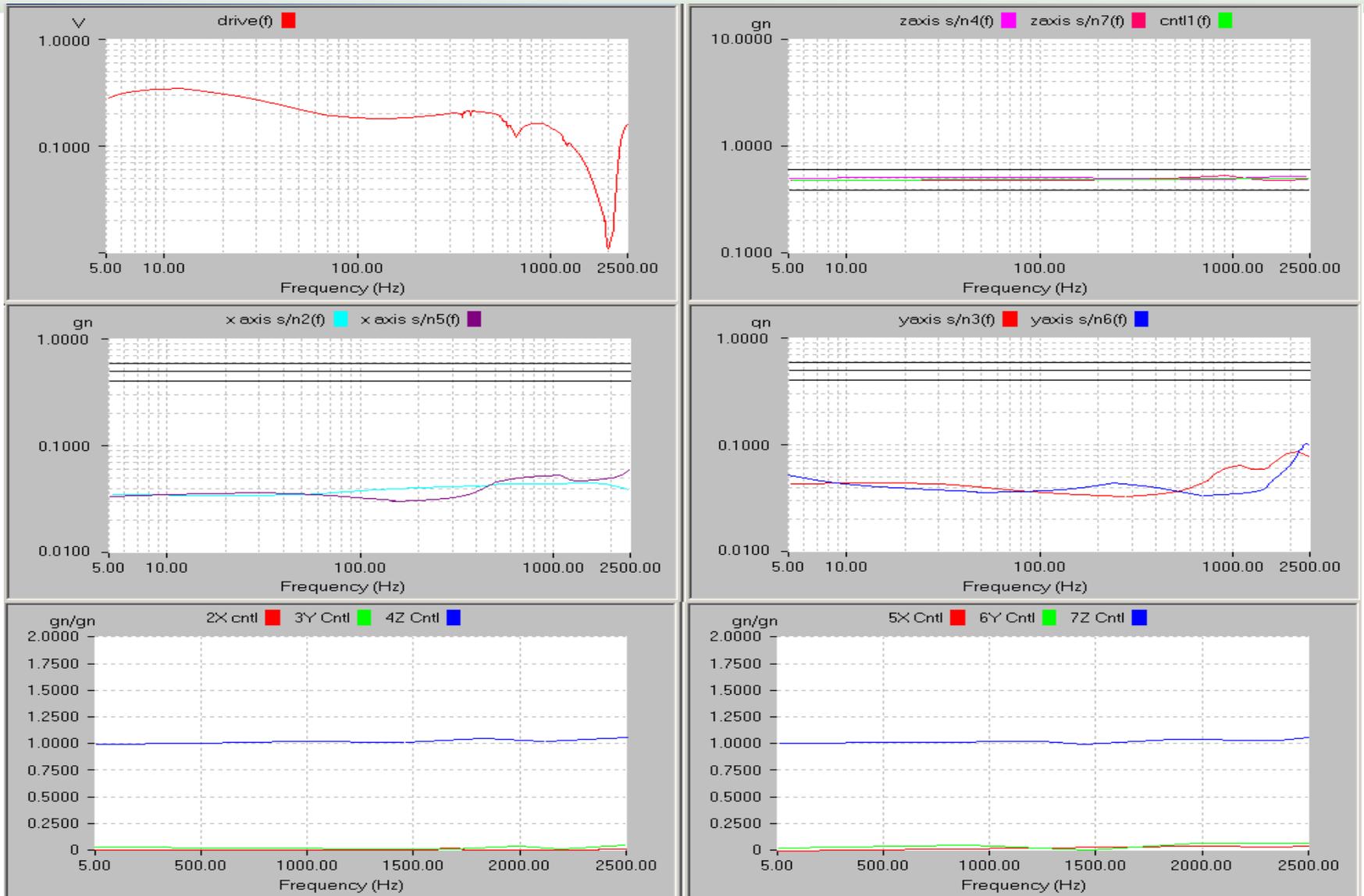


Triaxial Chans  
2X, 3Y and 4Z

Triaxial Chans  
5X, 6Y and 7Z

# Gráfico de Resposta do Suporte Ideal

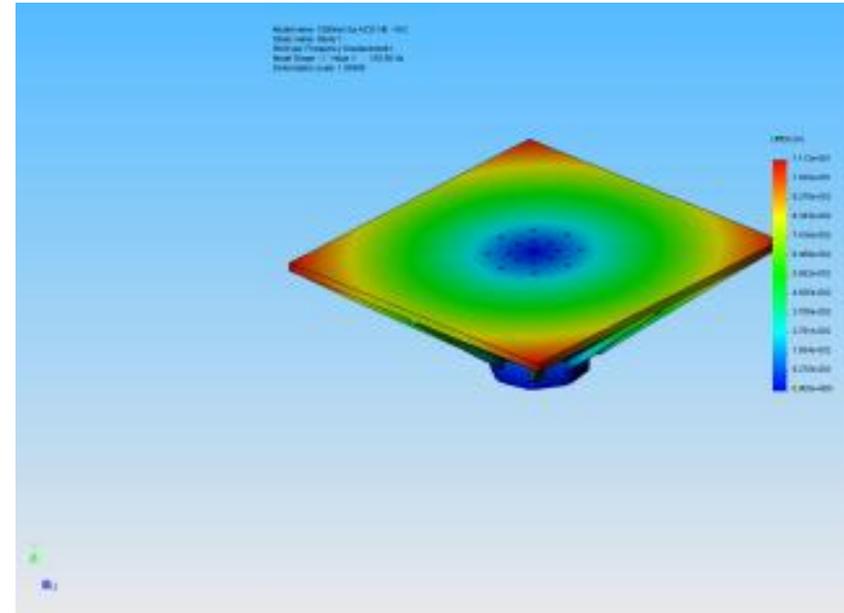
## Ideal Fixture Response Plots



# Mesas Expansoras

## Head expanders

- *O objetivo da mesa expansora é servir de interface entre uma grande unidade de teste e a armadura, evitando qualquer saliência ou que atravesse momentos axiais.*
- The purpose of the Head Expander is to interface a large UUT to our Armature without any overhang or cross axial moments.
- *Uma mesa expansora ideal irá transferir a entrada de vibração diretamente para a unidade em teste, sem adição ou subtração de qualquer sinal.*
- An ideal Head Expander will transfer the vibration input directly to the UUT without adding or subtracting any signal.



# Mesas Expansoras

## Head expanders

- *A ressonância da mesa expansora será preferencialmente maior que a exigência de teste e dinamicamente inerte quando apoiando a unidade em teste.*
- The resonance of the Head Expander will preferably be higher than the test requirement and dynamically inert when supporting the UUT.
- *Para conseguir isto, a mesa expansora deve ser muito dura, ter baixo peso e fabricada a partir de um material com boas propriedades de amortecimento.*
- To achieve this, the Head Expander must be extremely stiff, low in weight and manufactured from a material with good damping properties.



# Resumo

## Summary

- *A ressonância é a tendência de um sistema para vibrar à amplitude máxima no sistema de frequência natural. Nessas frequências, uma pequena força motriz pode produzir vibrações de grande amplitude, pois o sistema armazena energia vibracional.*
- Resonance is the tendency of a system to vibrate at maximum amplitude at the systems natural frequency. At these frequencies, a small driving force can produce large amplitude vibrations, because the system stores vibrational energy.
- *Frequência natural é determinada pela rigidez da mola e do peso da massa. Portanto, molas moles e massas pesadas têm baixas frequências ressonantes.*
- Natural frequency is determined by the stiffness of the spring and the weight of the mass. Therefore, soft springs and heavy masses have low resonant frequencies

**TACOMA NARROWS BRIDGE  
JULY 1 TO NOV 7 - 1940  
WASHINGTON STATE**



<b><i>Comprimento 853,44m</i></b>	<b>LENGTH 2800 ft</b>
<b><i>Largura 11,887m</i></b>	<b>WIDTH 39 ft</b>
<b><i>Velocidade do Vento 67,592 Km/h</i></b>	<b>WIND SPEED 42mph</b>
<b><i>Resistência 1 hora</i></b>	<b>ENDURANCE 1 hour</b>

***Fim da Apresentação***

***Obrigado***

End of Presentation

Thank you