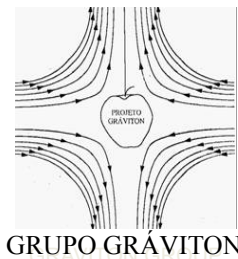


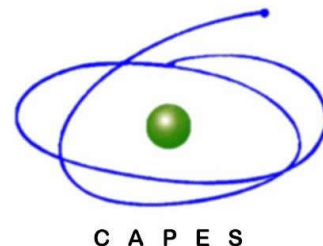
# DESENVOLVIMENTO DOS TRANSDUTORES DA ANTENA SCHENBERG

## MOLAS DE GÁS PARA O SISTEMA DE PÊNDULOS MULTI-ANINHADOS

Elvis Camilo Ferreira (Doutorado)  
Orientador: Dr. Odylio Denys de Aguiar  
Workshop DAS, 09 de abril de 2014.

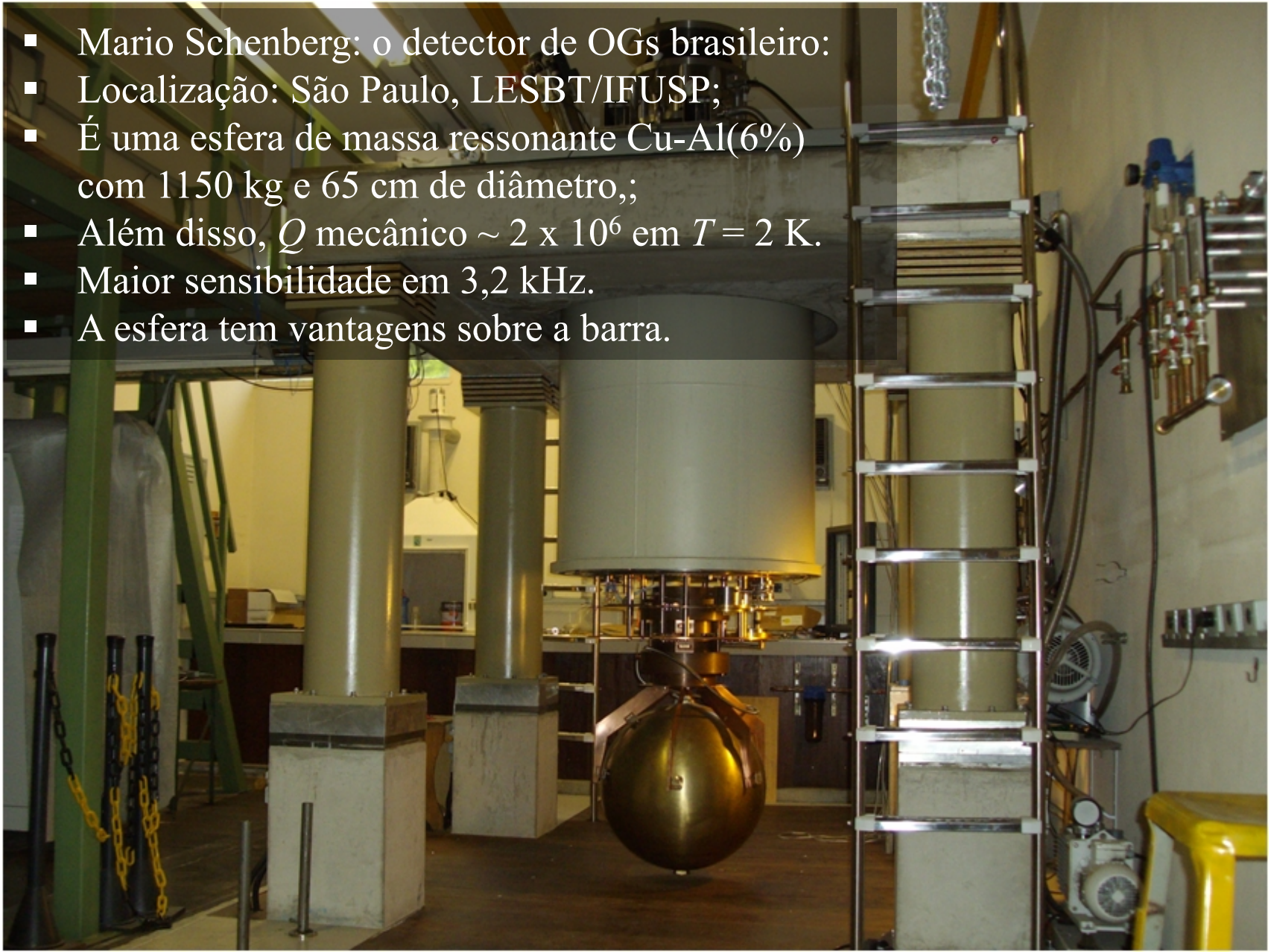


LIGO  
Scientific  
Collaboration

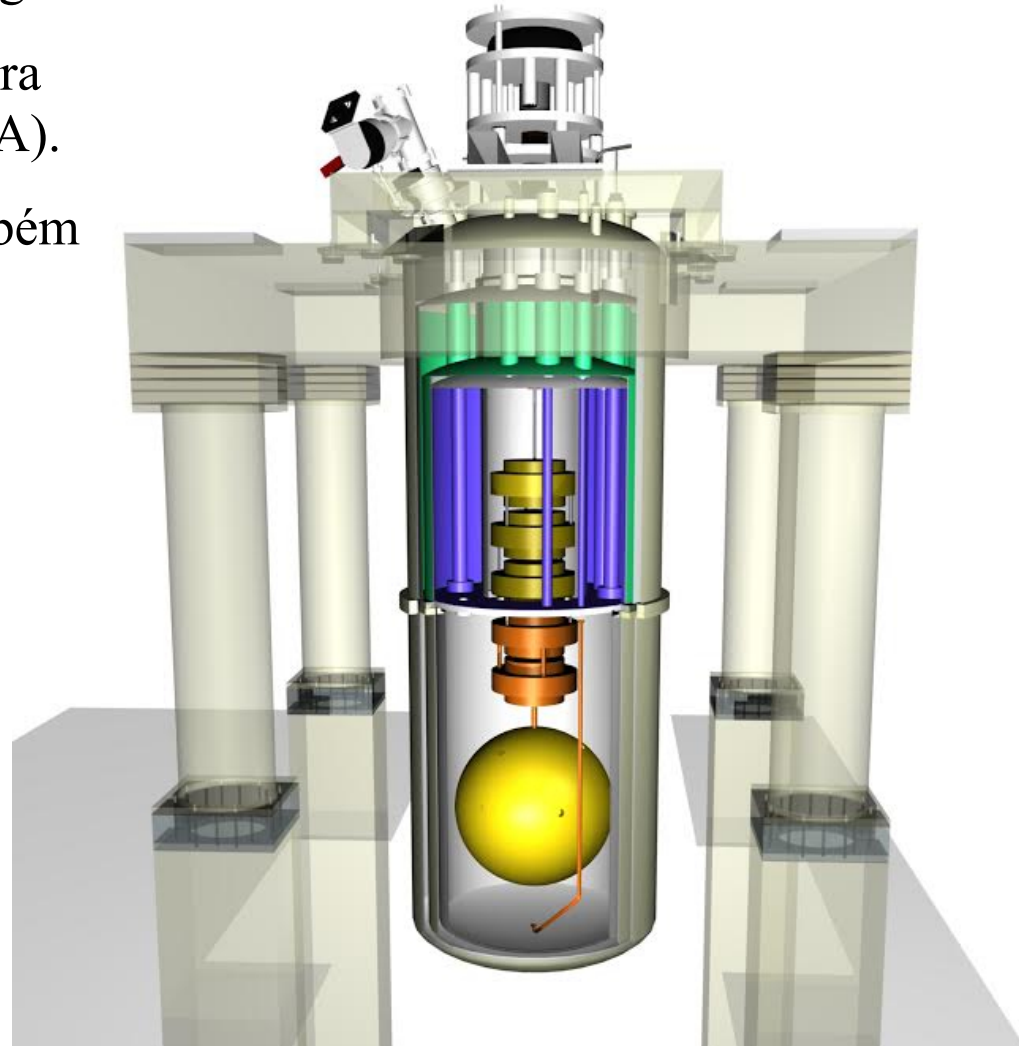
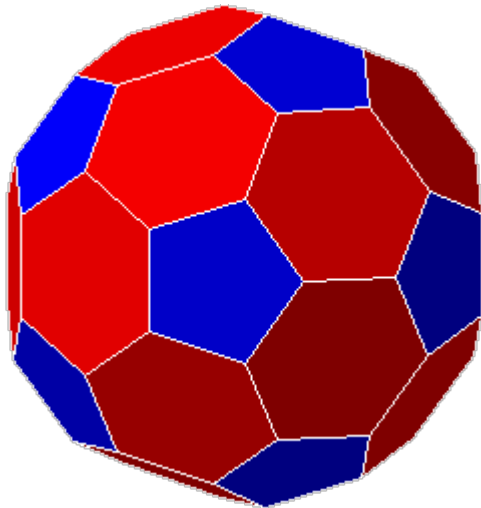


# DETECTOR DE MARIO SCHENBERG

- Mario Schenberg: o detector de OGs brasileiro;
- Localização: São Paulo, LESBT/IFUSP;
- É uma esfera de massa ressonante Cu-Al(6%) com 1150 kg e 65 cm de diâmetro,;
- Além disso,  $Q$  mecânico  $\sim 2 \times 10^6$  em  $T = 2$  K.
- Maior sensibilidade em 3,2 kHz.
- A esfera tem vantagens sobre a barra.



- A esfera possui cinco modos quadrupolares de massa efetiva 287 kg.
- O arranjo dos transdutores na esfera obedece um icosaedro truncado (TIGA).
- O modo monopolar da esfera também pode ser monitorado.

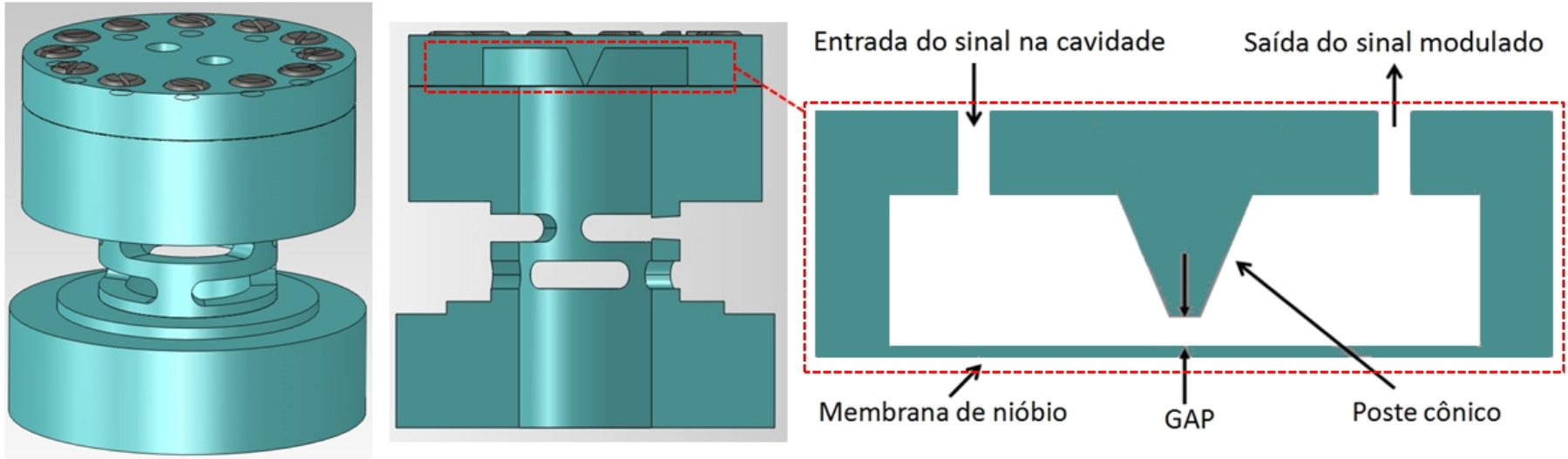




- Os transdutores ressonantes paramétricos serão acoplado à antena.







A amplitude de oscilação mecânica terá um ganho  $\sim 10^4$ .

Ressonância mecânica da membrana: 3,2 kHz.

Essa configuração forma uma capacitância e uma indutância na cavidade, que determinam a frequência de ressonância.

Meta: ressonância elétrica da cavidade em 9,44 GHz.  
(fonte do sinal, oscilador de Safira)

*Gap* de 3 microns.





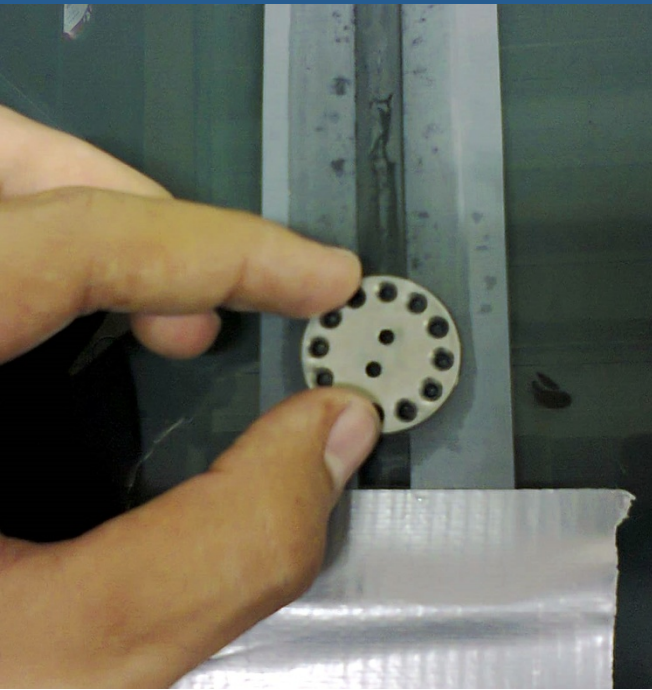
desgaste com retífica



lixamento no torno mecânico



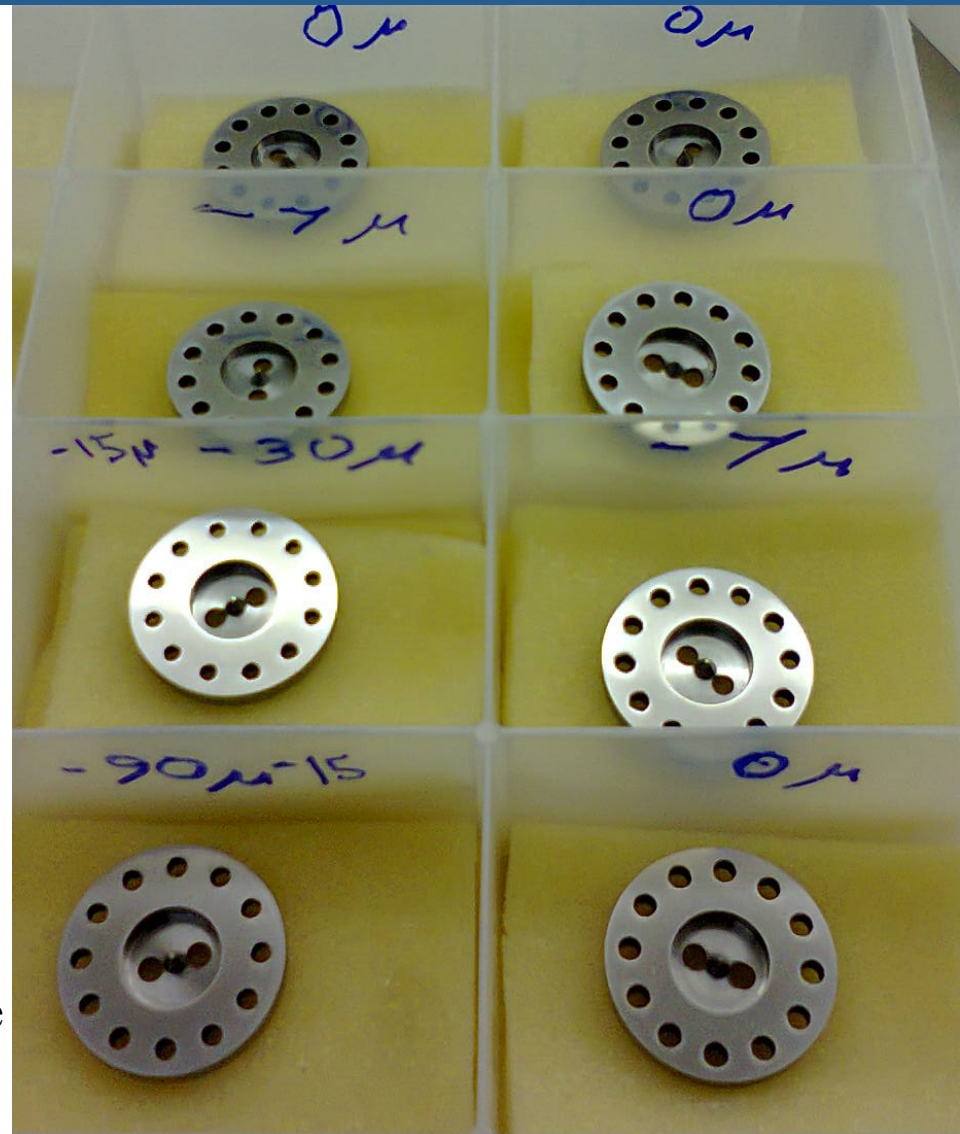
Resultado preliminar: *gaps* eram ~100 microns  
e se tornaram 10-20 microns



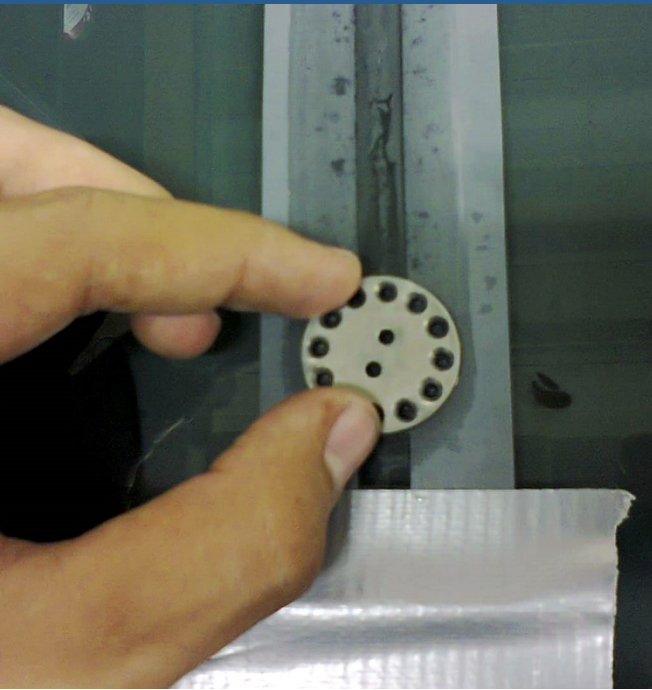
Irregularidades no procedimento anterior  
→ Lixamento manual.

Lixas 600, 1200 e 2000.

As amostras obtiveram um ótimo acabamento e os *gaps* se reduziram para a ordem de grandeza esperada.







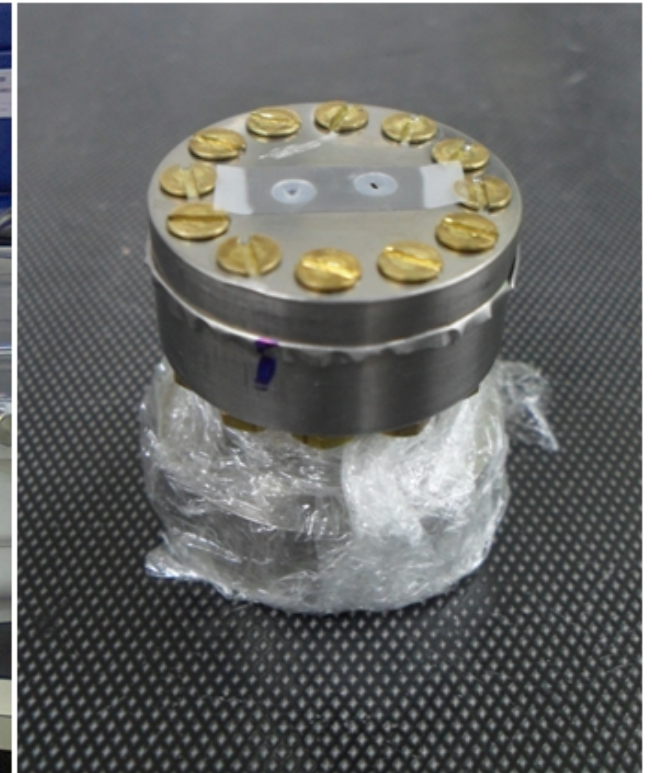
Irregularidades no procedimento anterior  
→ Lixamento manual.

Lixas 600, 1200 e 2000.

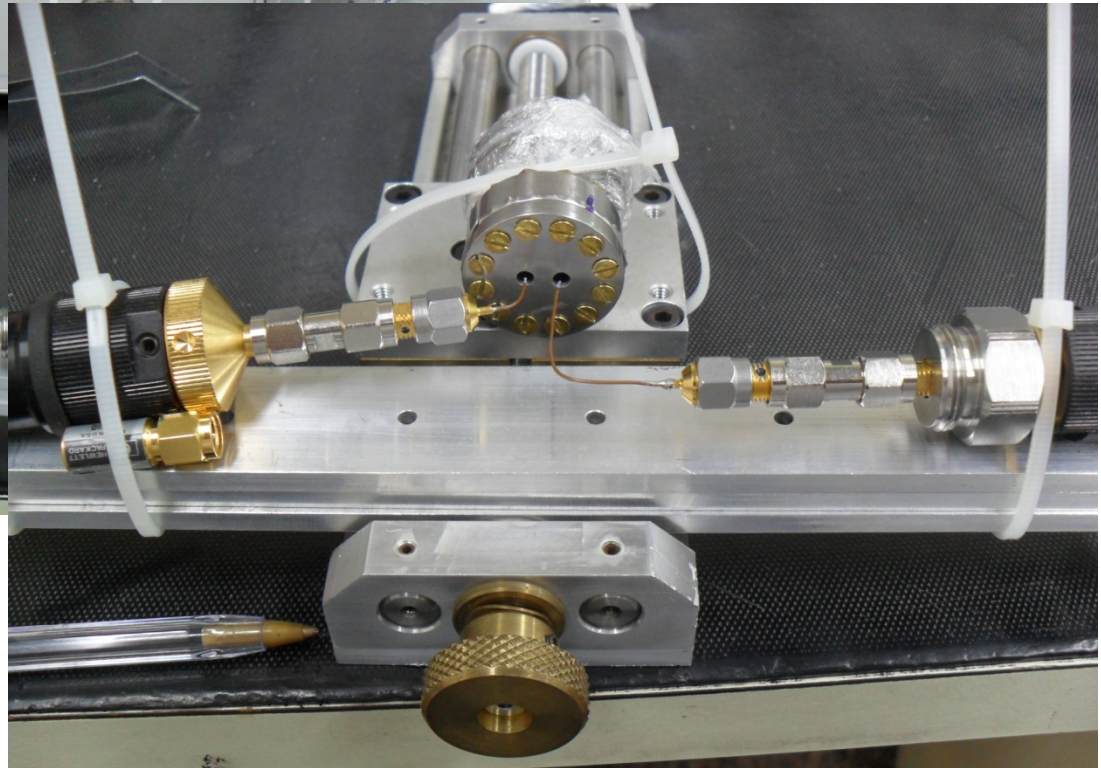
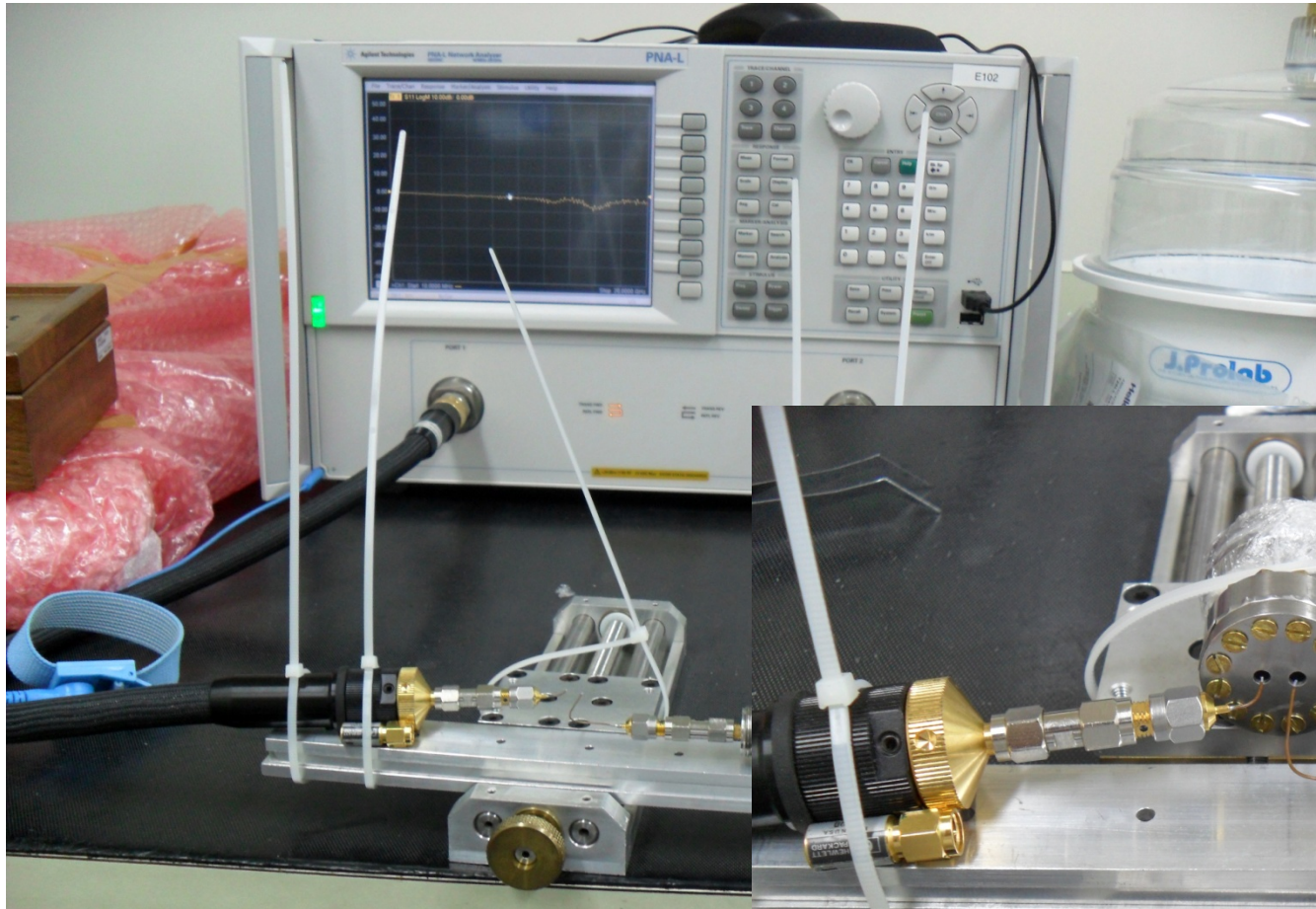
As amostras obtiveram um ótimo acabamento e os *gaps* se reduziram para a ordem de grandeza esperada.

Amostra	Gap médio aproximado [em $\mu\text{m}$ ]
1	0
2	0
3	0
4	-7
5	0
6	-15
7	0
8	-15

# DESENVOLVIMENTO DOS TRANSDUTORES Montagem das cavidades









Amostra	$f_0^{\text{cav}}$ [GHz]				
	Etapas 1	Etapas 2	Etapas 3	Etapas 4	Etapas 5
1	12,76	12,88	9,52	9,52	9,52
2	12,44	12,32	9,52	9,52	9,52
3	13,40	13,88	13,36	13,16	12,76
4	10,96	10,92	9,88	9,88	9,88
5	13,12	13,28	13,00	12,76	12,64
6	12,64	13,20	12,36	12,00	11,74
7	9,76	9,76	9,76	9,76	9,76
8	11,28	11,28	10,60	10,08	9,48

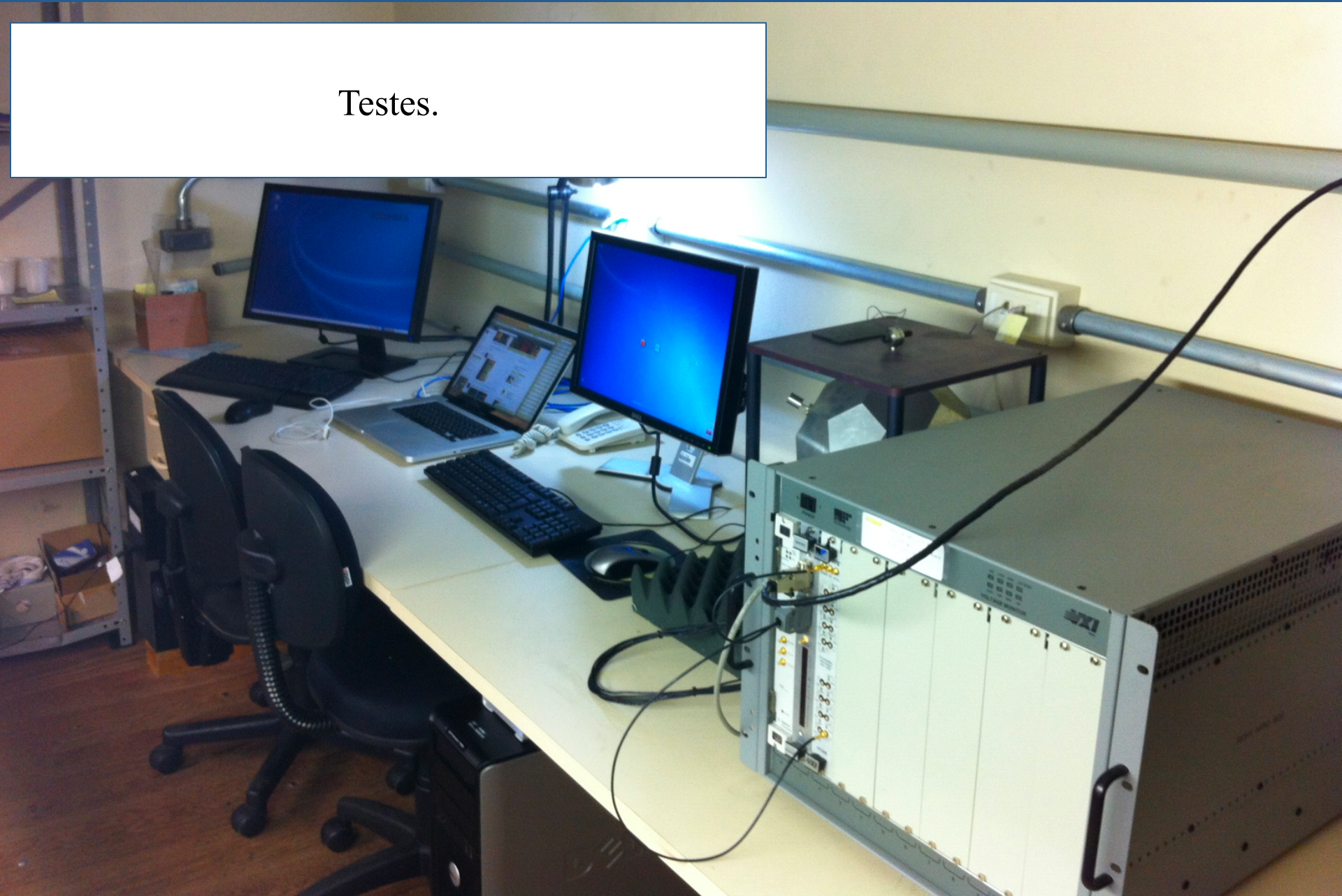
Amostra	$f_0^{\text{cav}}$ [GHz]			
	Etapas 6	Etapas 7	Etapas 8	Etapas 9
1	9,52	9,52	9,52	9,52
2	9,52	9,52	9,52	9,52
3	12,72	12,32	12,06	11,08
4	9,88	9,88	9,88	9,88
5	12,08	11,92	11,56	10,54
6	(nenhum pico)	12,52	12,20	12,13
7	9,76	9,76	9,76	9,76
8	9,48	9,48	9,48	9,48

Instalação





Testes.





# DETECTOR INTERFEROMÉTRICO LIGO



braços de 4 km de comprimento

$\sim 3000$  km

$$h \sim 10^{-21} / \sqrt{\text{Hz}}$$

- O detector está sendo atualizado para *Advanced LIGO* (ou aLIGO), previsto para ser ligado em 2014.

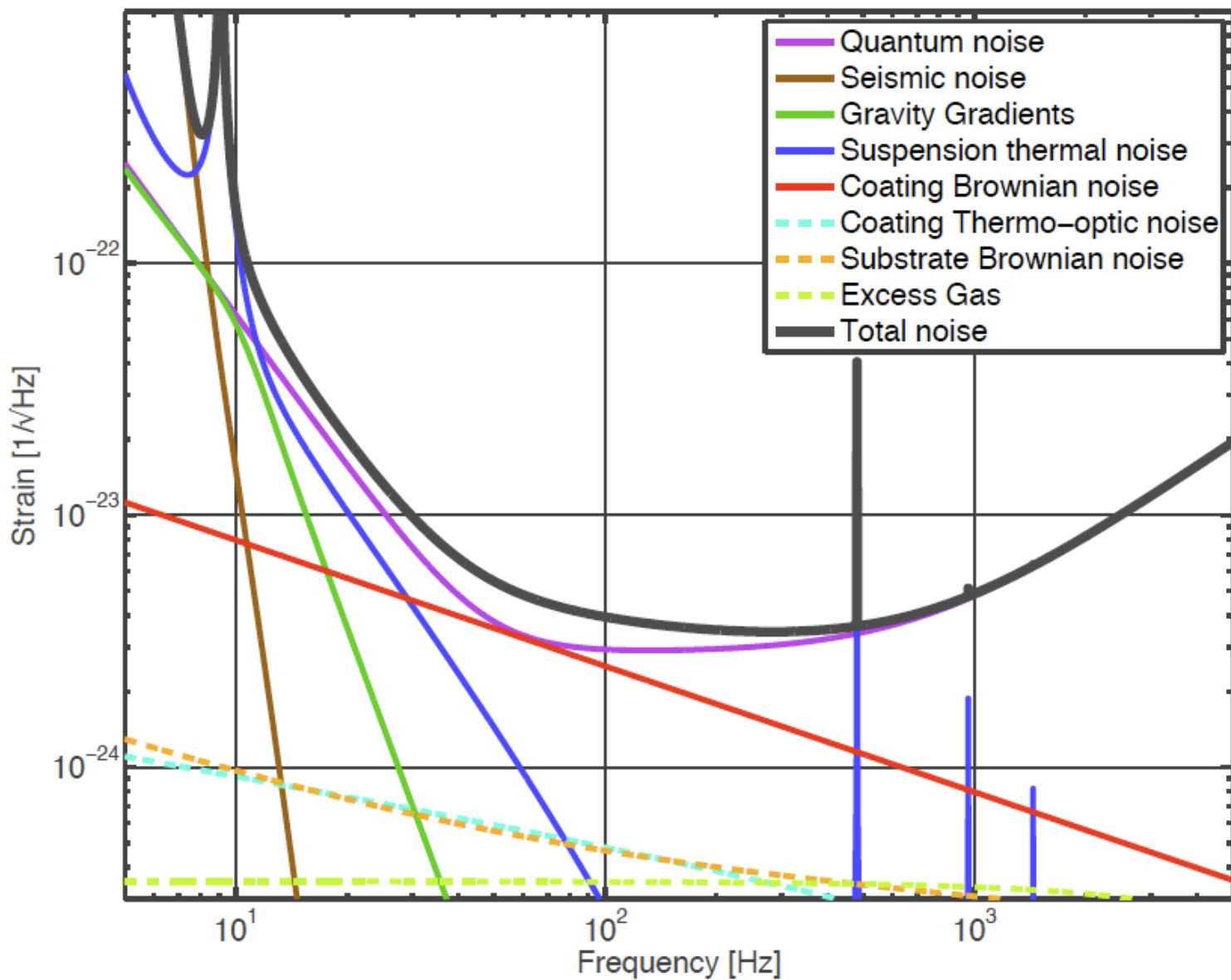
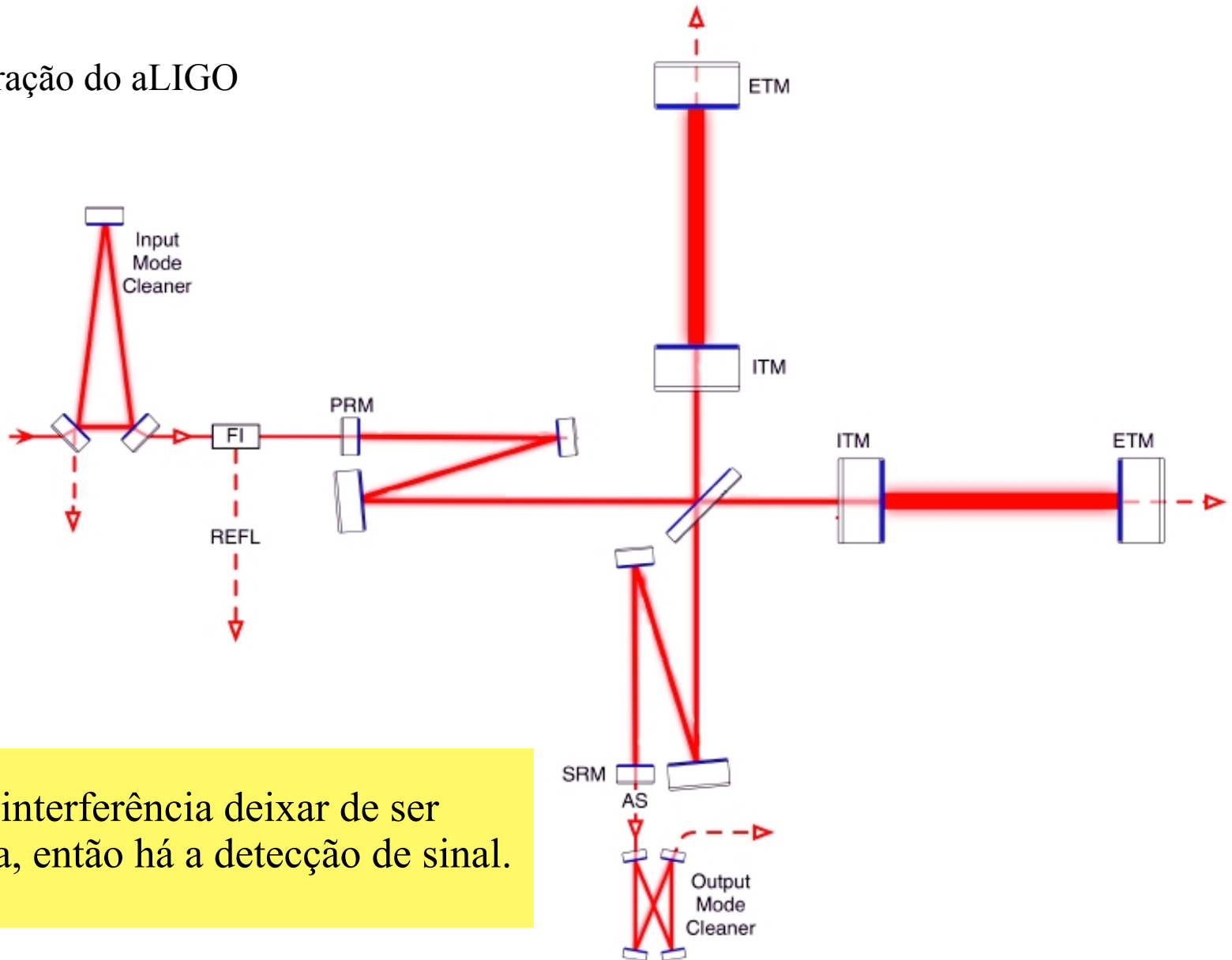


Figure 2: Baseline aLIGO Noise Budget (GWINC v2.0). Power into the interferometer is 125 W. Arm cavity power is 730 kW. SRM position is tuned to 0 deg for broadband operation.

# DETECTOR INTERFEROMÉTRICO *Advanced LIGO*

## Configuração do aLIGO

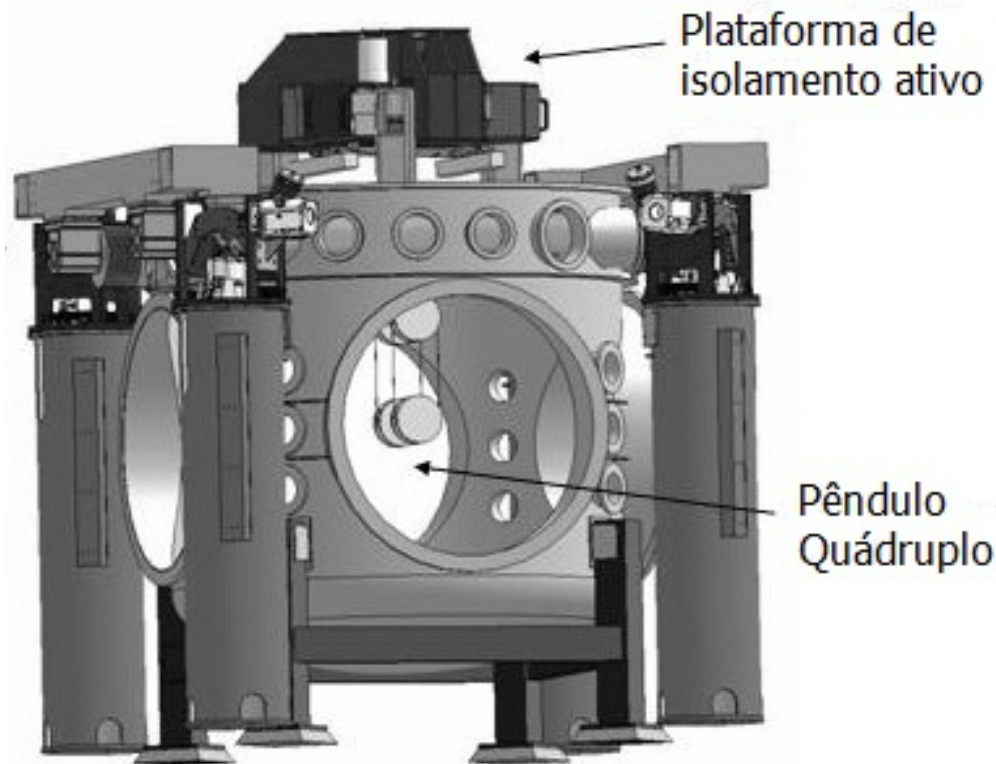


Se a interferência deixar de ser destrutiva, então há a detecção de sinal.



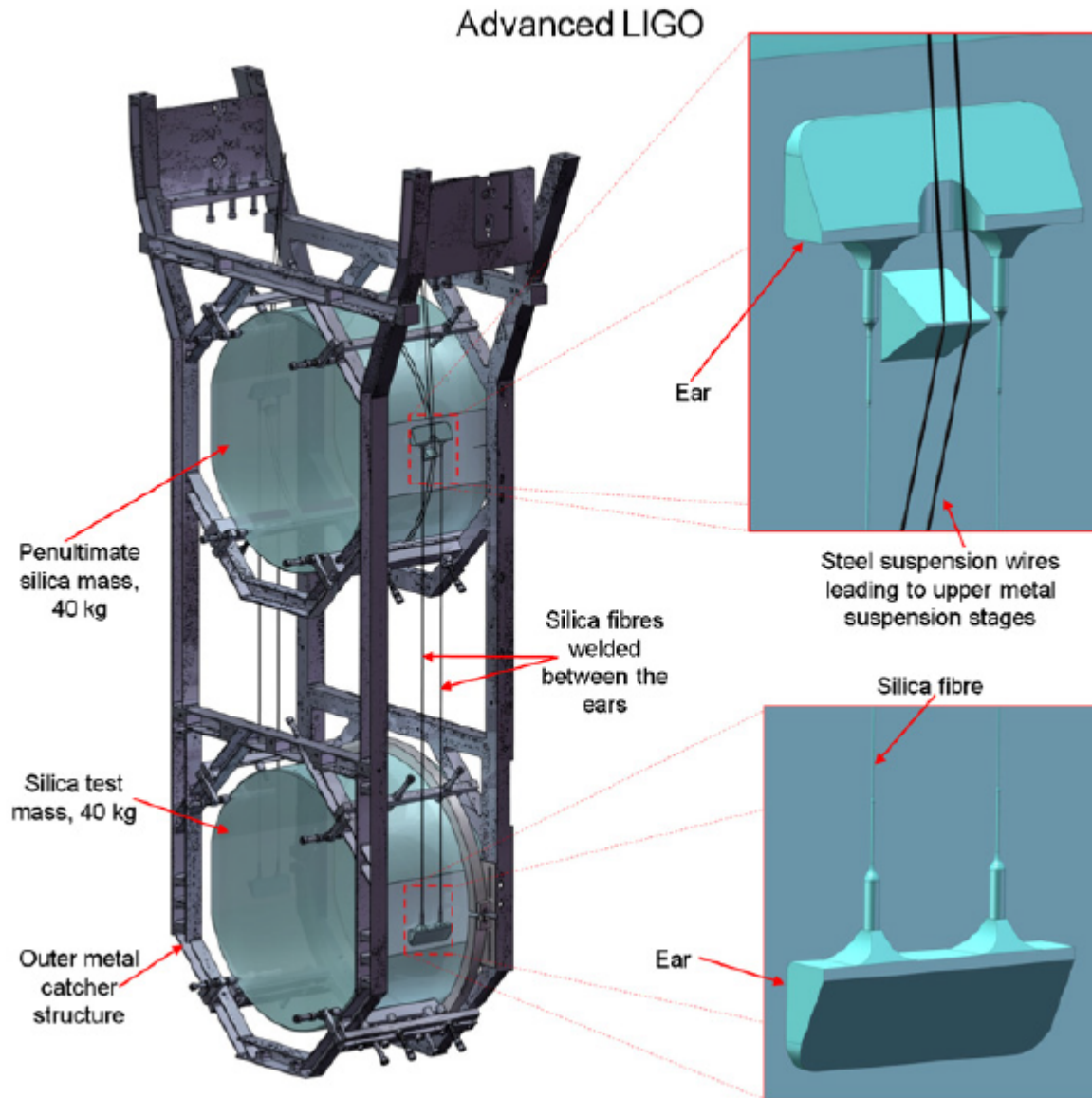
# DETECTOR INTERFEROMÉTRICO

## Isolamento sísmico



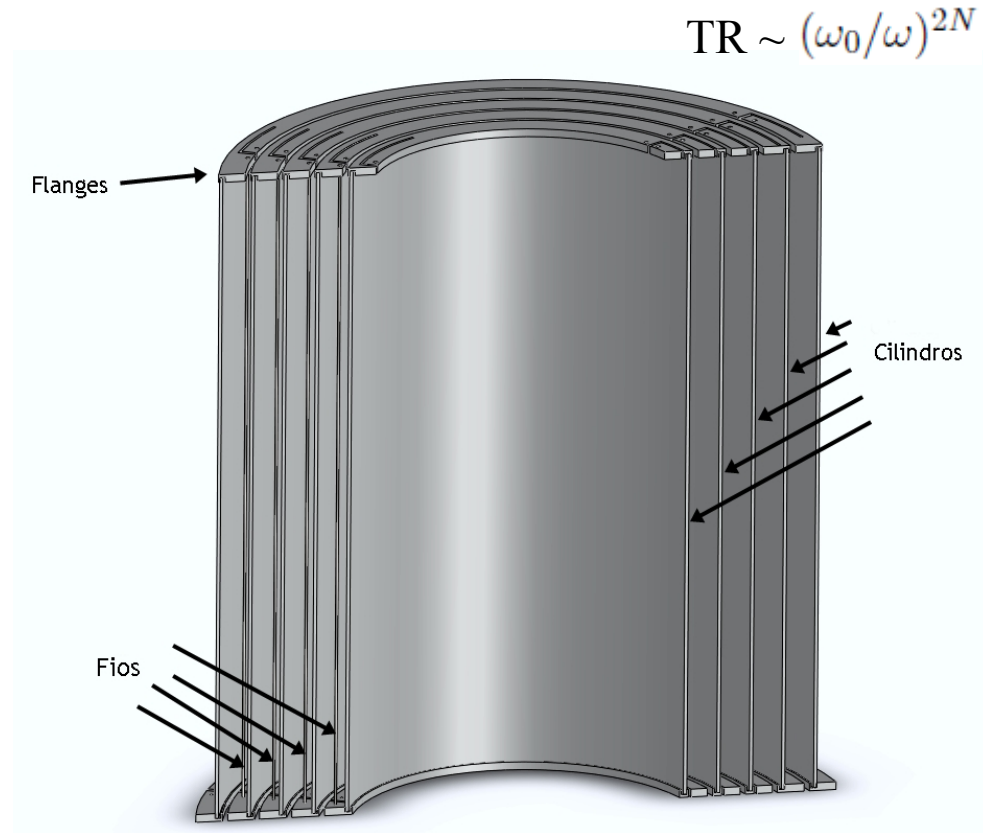
# DETECTOR INTERFEROMÉTRICO

## Isolamento sísmico



# DETECTOR INTERFEROMÉTRICO Sistema de Pêndulos Multi-Aninhados

Proposta do Multi-Nested Pendula (MNP): Isolamento adicional passivo em baixas frequências para o sistema de suspensão.



$$TR \sim (\omega_0/\omega)^{2N}$$

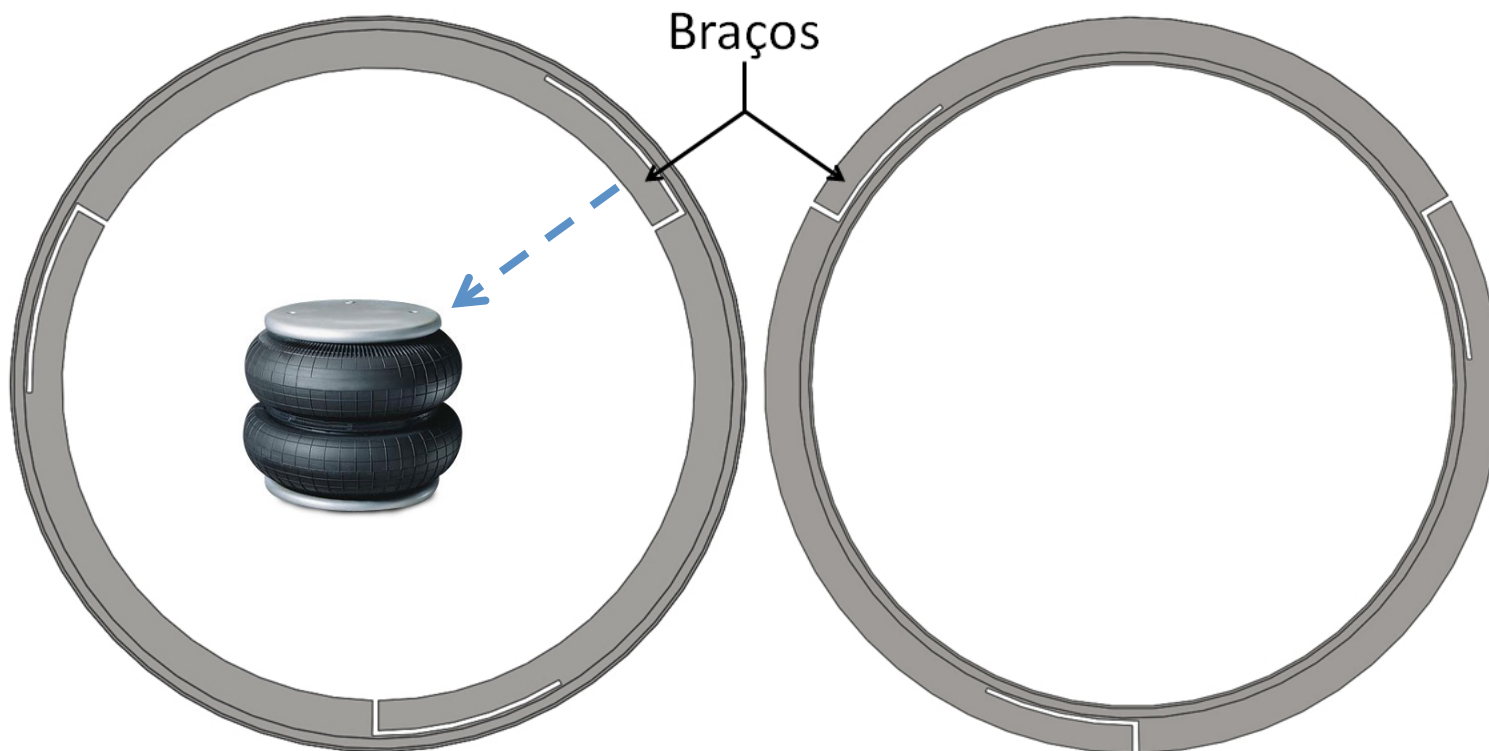
O movimento pendular é responsável pela atenuação de vibrações horizontais e os braços atuam como molas, atenuando as vibrações verticais.



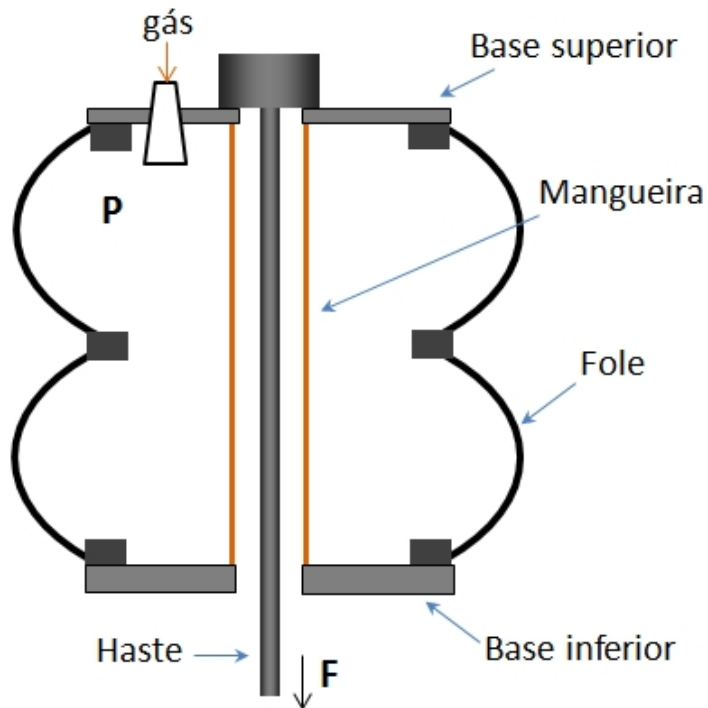
# MOLAS DE GÁS PARA ISOLAMENTO VERTICAL

Adicionar filtros ao MNP, substituindo os braços dos flanges por molas de gás: isolamento vertical.

Movimentos verticais podem gerar movimentos horizontais por um fator  $<10^{-2}$ , e ruídos.



Controle da constante elástica, independentemente em cada haste do MNP.  
Maior controle da estabilidade e amortecimento do sistema.



Diâmetro máximo	Altura mínima	Percentual aproximado de isolamento à 6,7 Hz
218,4 mm	80,0 mm	91,0



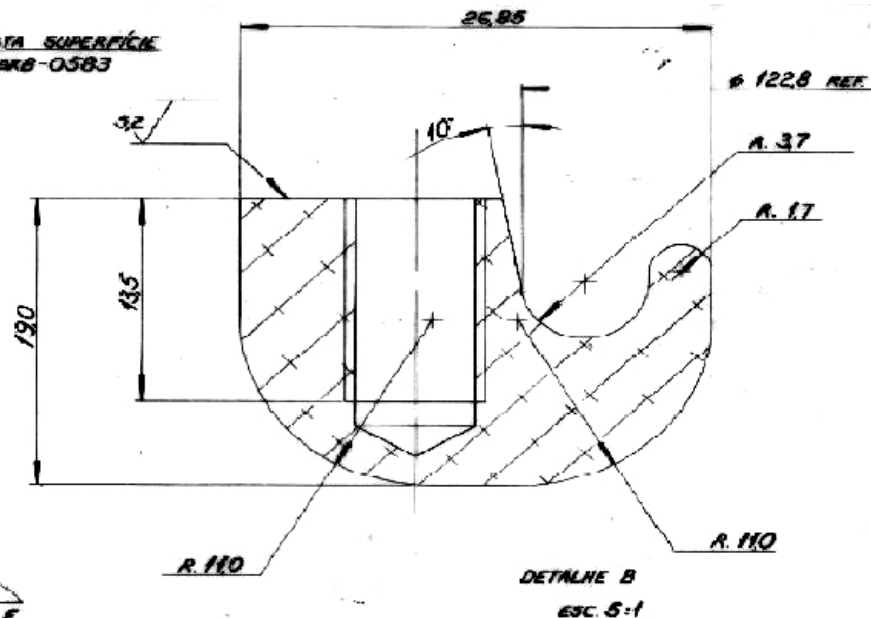
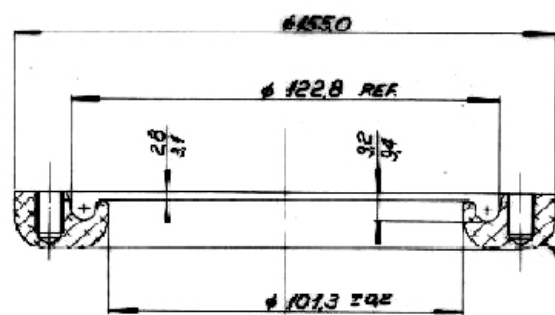
Após medições de  
transmissibilidade





# MOLAS DE GÁS

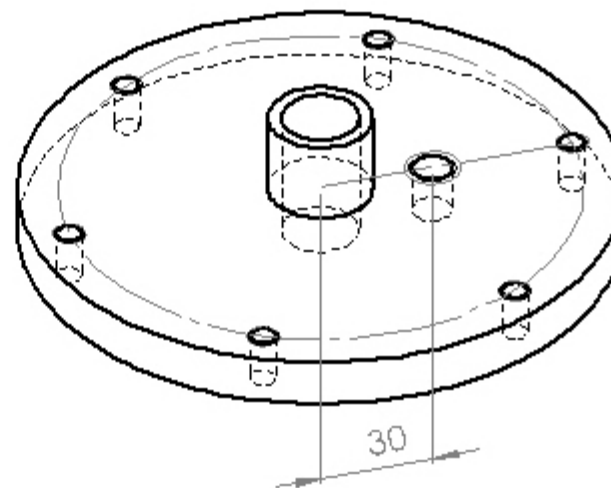
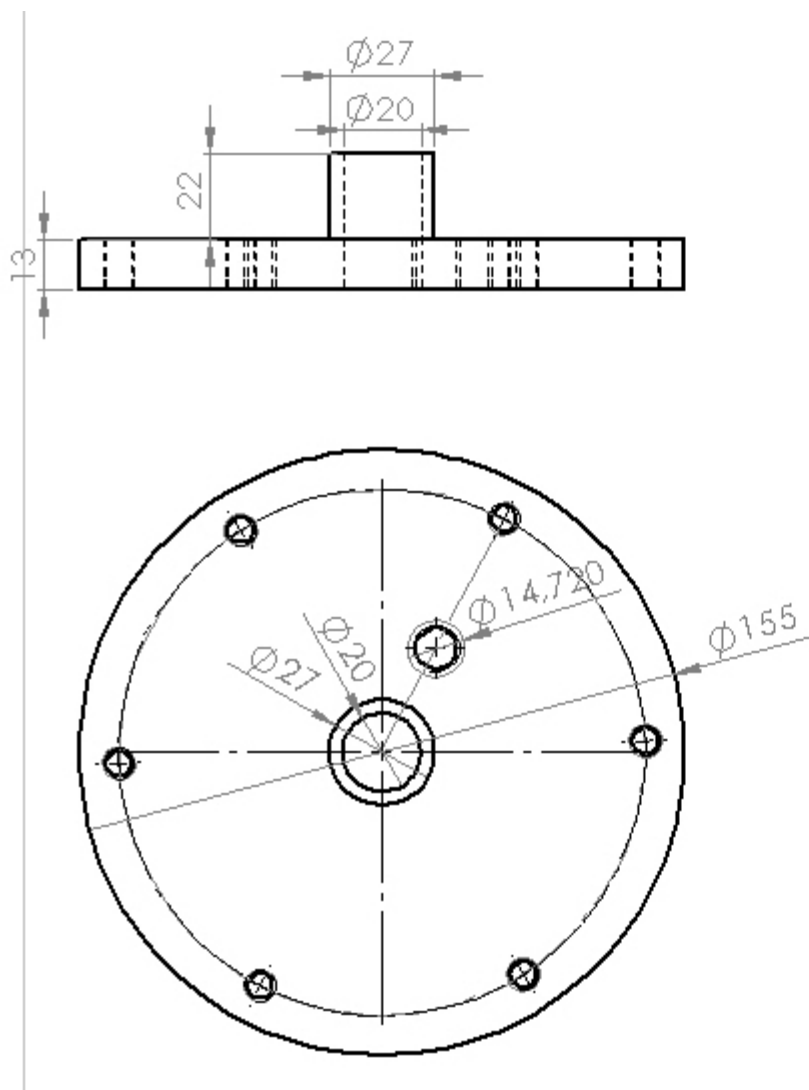
## Protótipo



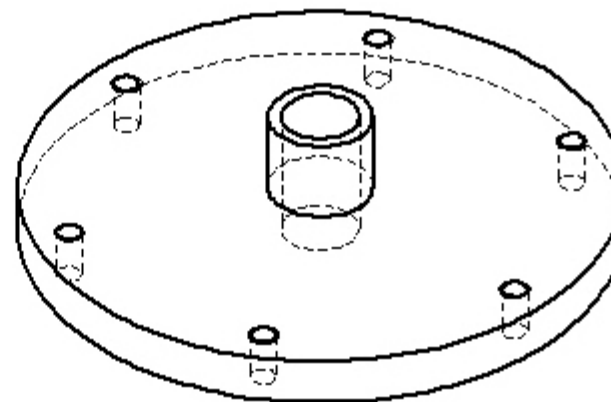
SUPERFÍCIE EM BRUTO,  
PORÉM LIVRE DE REBARBAS E  
SALIÊNCIAS

ROSCA 3/16" UNC (6 ROSCAS)

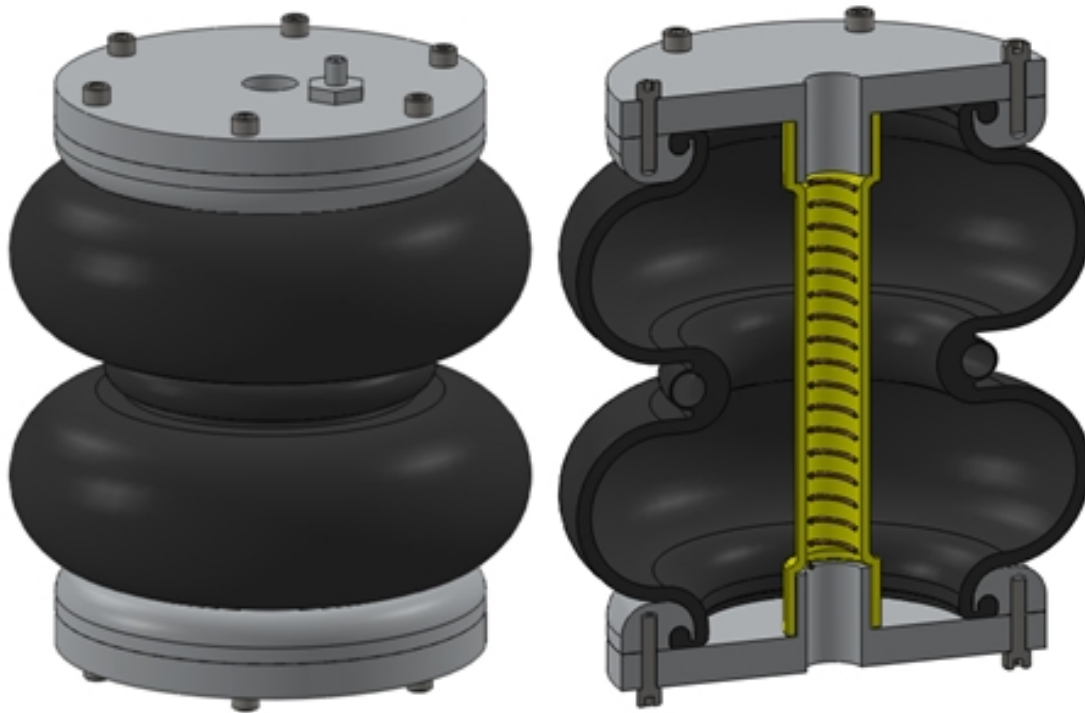
TOLERANCIA LINEAR:  $\pm 0.25\text{mm}$   
TOLERANCIA ANGULAR:  $\pm 30'$



**Placa superior**  
Com furo para  
entrada de ar  
15 peças

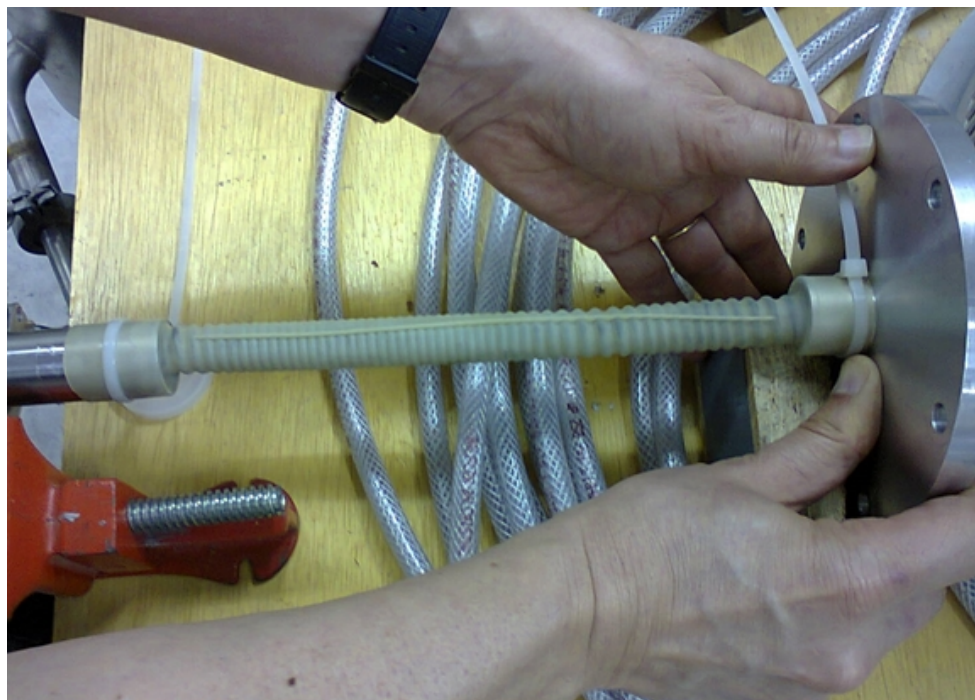


**Placa inferior**  
Sem furo para  
entrada de ar  
15 peças

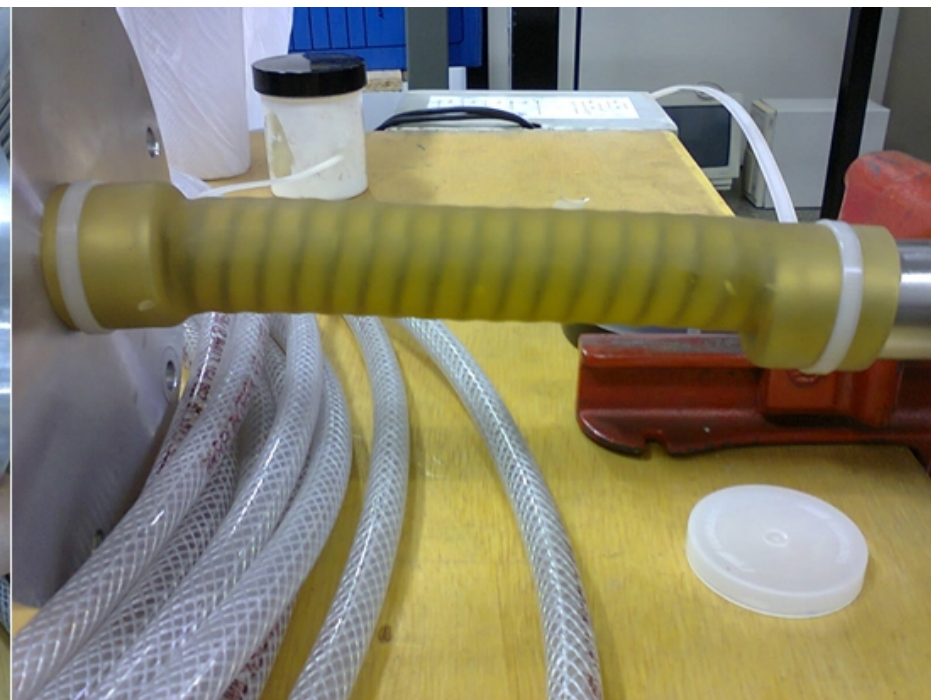


Testes de vazamento....OK





Modelo 504  
Diâmetro interno 19,05 mm  
Espessura 0,50 mm



Modelo 211  
Diâmetro interno 19,00 mm  
Espessura 3,18 mm

# MOLAS DE GÁS

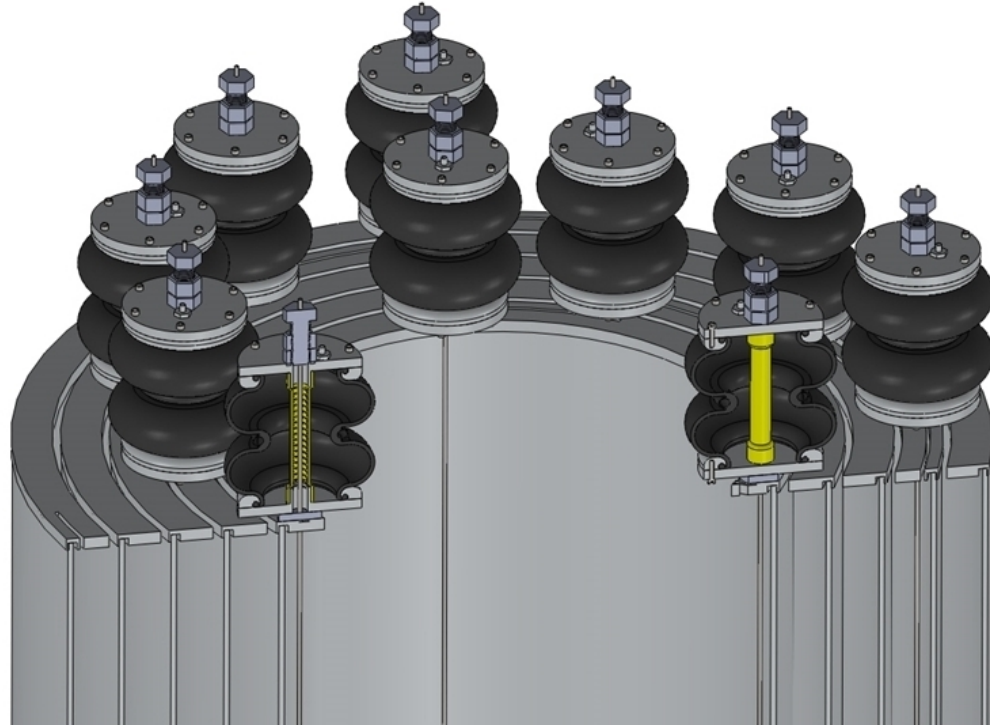
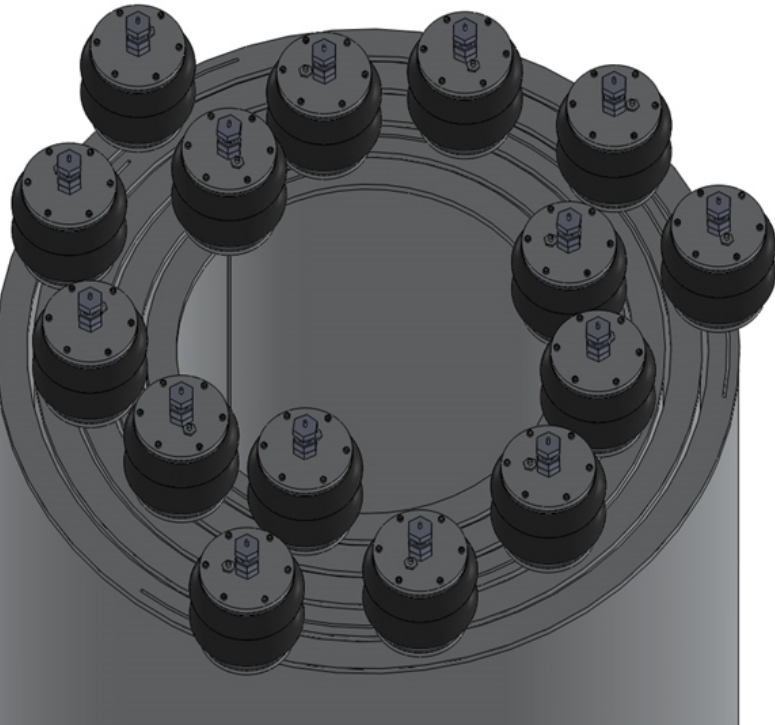


Futuras medições



# MOLAS DE GÁS

## Instalação no MNP





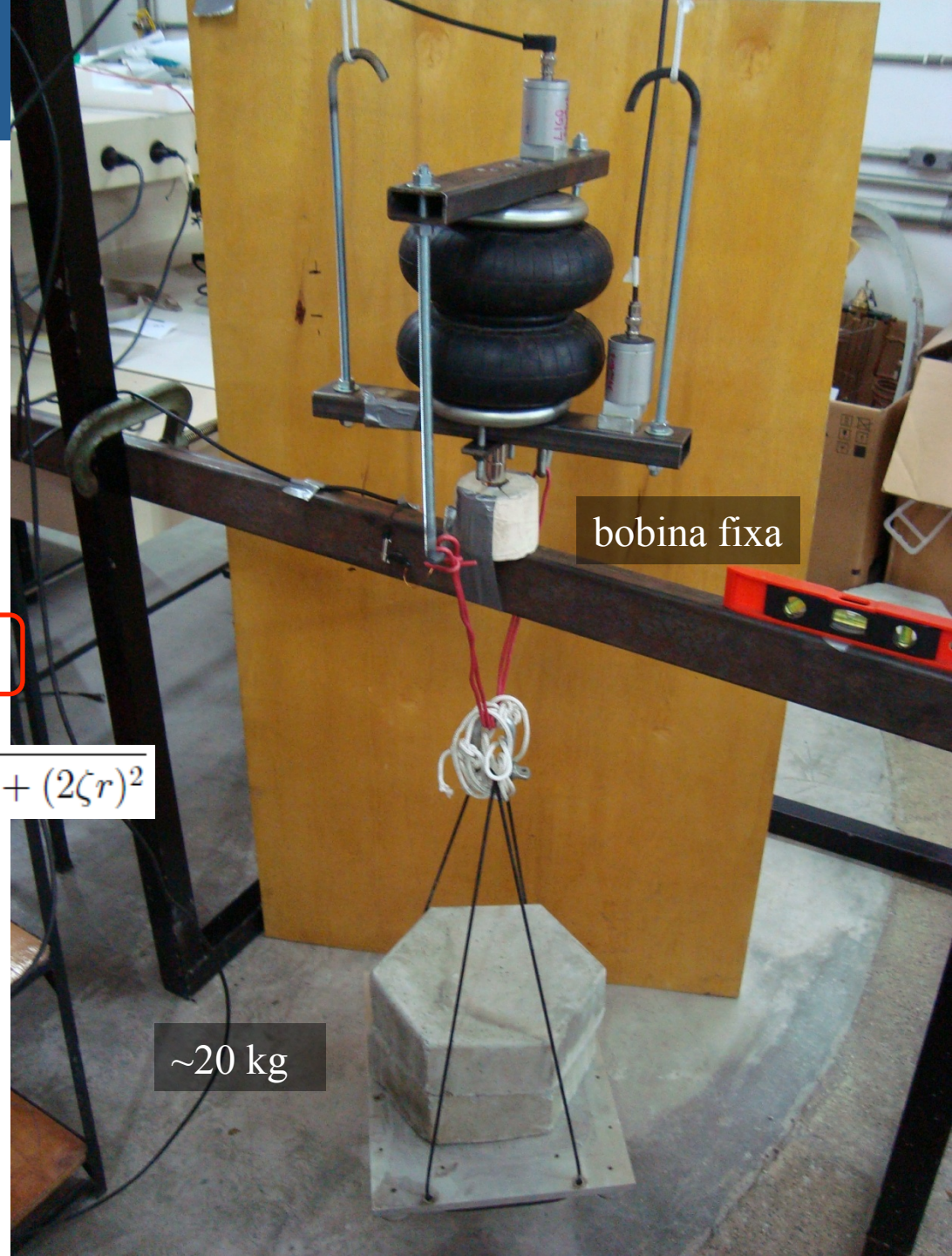
# MEDIÇÕES COM O ISOLADOR

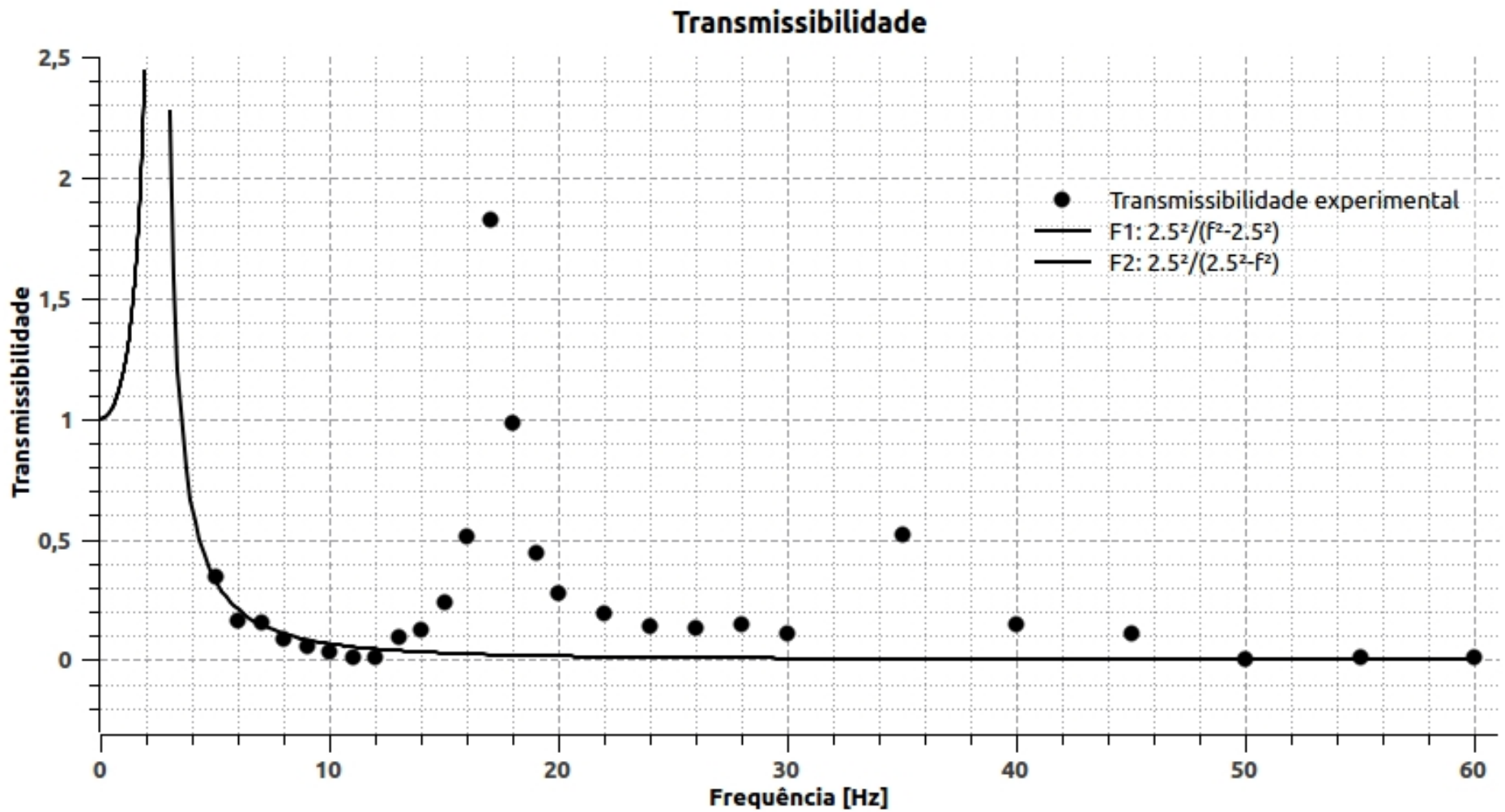
- Os dados são as amplitudes relativas, em decibéis.
- A diferença  $\Delta\text{dB}$  entre a base isolada e excitada fornece a *transmissibilidade* do isolador:

$$\Delta\text{dB} = 20 \log(A_t/A_0) = 20 \log(\text{TR})$$

$$\text{TR} = A_t/A_0 = \sqrt{1 + (2\zeta r)^2} / \sqrt{(1 - r^2)^2 + (2\zeta r)^2}$$

$$\text{TR} = \omega_0^2 / (\omega_0^2 - \omega^2)$$





Obrigado!