

**Apresentação Comercial**  
***Instrumento para análise de***  
***resposta em frequência M5400***

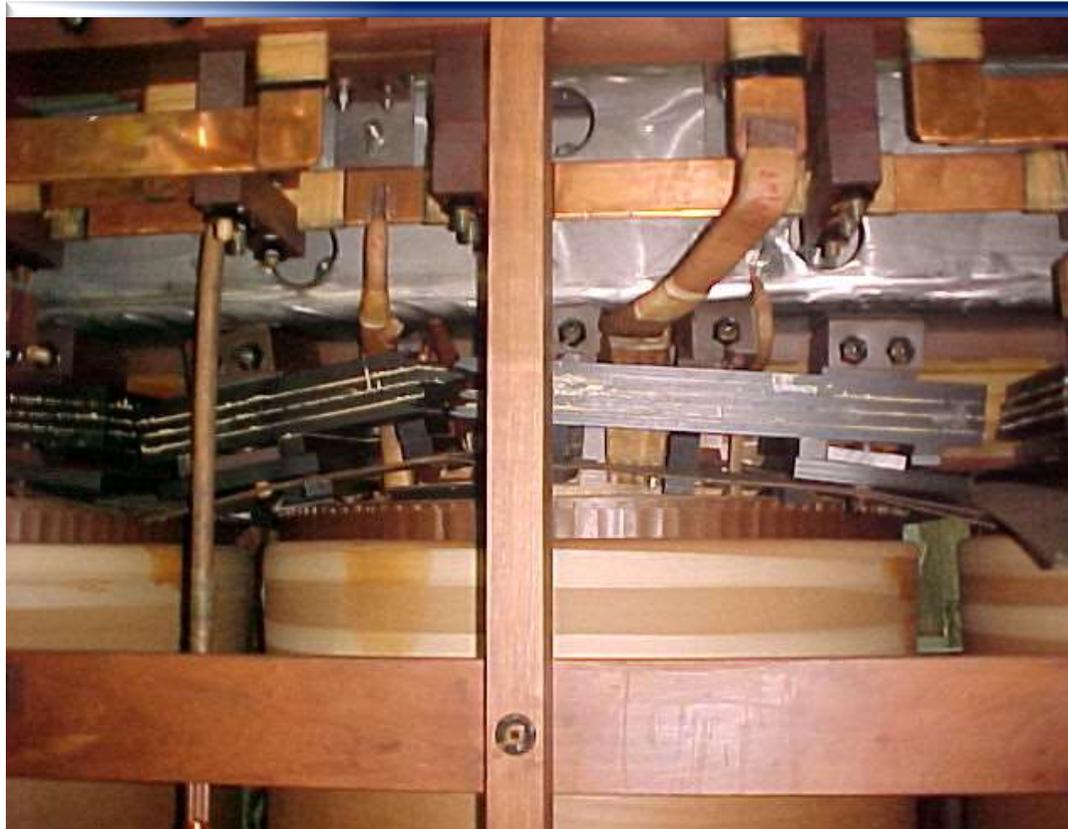
Tradução de SFRA: Analisador da Resposta da Varredura de Freqüência.

Esse teste é realizado a mais de 10 anos em todo o mundo para localizar problemas decorrentes movimentações mecânicas de transporte, falhas elétricas (ex.: curto circuitos) e raios, etc.....,

Ou seja, todo distúrbio que possa causar solicitações mecânicas indesejáveis ao equipamento.

Estes distúrbios, podem não levar o equipamento ao sinistro, porém O mesmo pode não suportar outra solicitação.





Os tipos de problemas apresentados não são detectáveis com outros tipos de testes, pois as características elétricas não sofreram alteração. O Ensaio de varredura em frequência pode detectar este problema.





# SFRA – Sweep Frequency response analyser: Familia SFRA



A Doble é a pioneira em equipamentos portáteis para ensaios de SFRA.

O conjunto SFRA M5400 é composto de:

Cabo de medição com terminais BNC e garras e impedância característica de  $50\Omega$  com 18 ou 30 metros;

Cabo de terra;

Cabo de Alimentação;

Jumpers para curto circuito;

Cabo de comunicação USB;

Cabo de rede crossover;





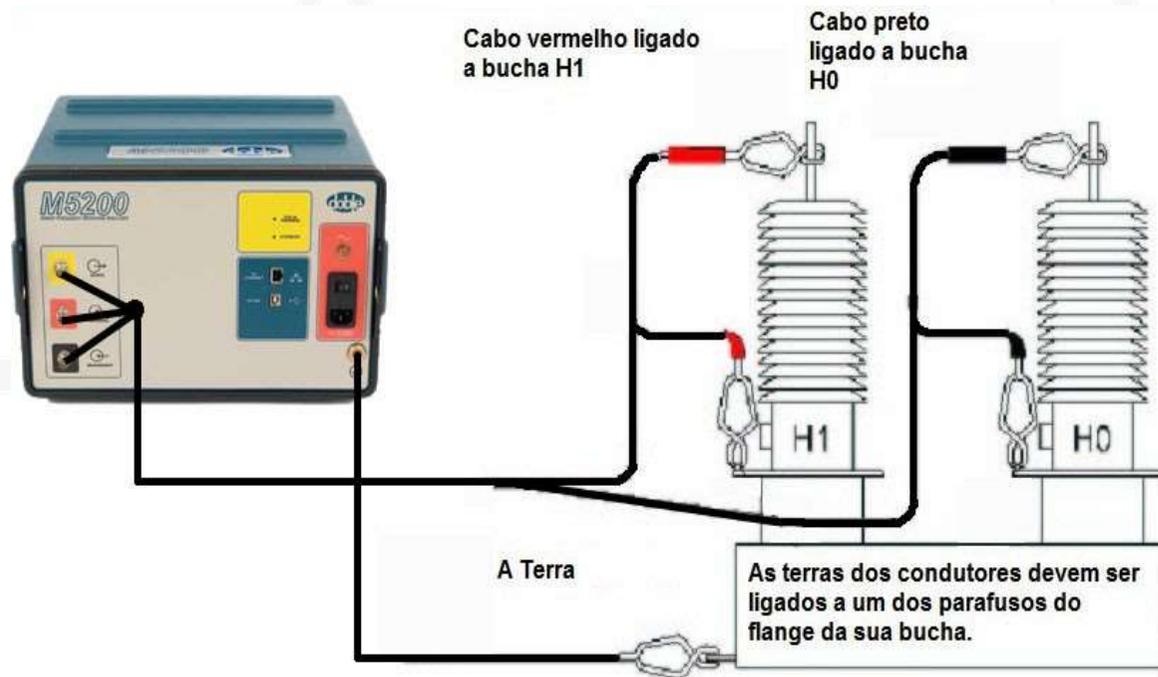
- Medição da resposta em frequência de instrumentos indutivos e capacitivos – Mais utilizado em transformadores;
- Injeção de sinal variável na frequência com amplitude de 20Vpp a 50 Ohms;
- Canal de injeção possui proteção contra curto-circuito;
- Dois canais de medição com amostragem simultânea;
- Taxa de amostragem de máxima de 10MS/S;
- Ampla faixa de frequência – 10Hz a 25Mhz selecionável;



- 1000 (normal) a 1800 (faixa extendida) pontos de amostragem;
- Resultado gráfico em Frequência $\times$ dB e Frequência $\times$ Fase;
- Rosbustos e próprios para utilização em campo;
- Comunicação via USB ou Ethernet;
- Simplicidade em conexões – Apenas 4 garras devem ser fixadas no Equipamento;

Medição de um sinal de 20V pico a pico senoidal com frequência variável entre os terminais do equipamento.

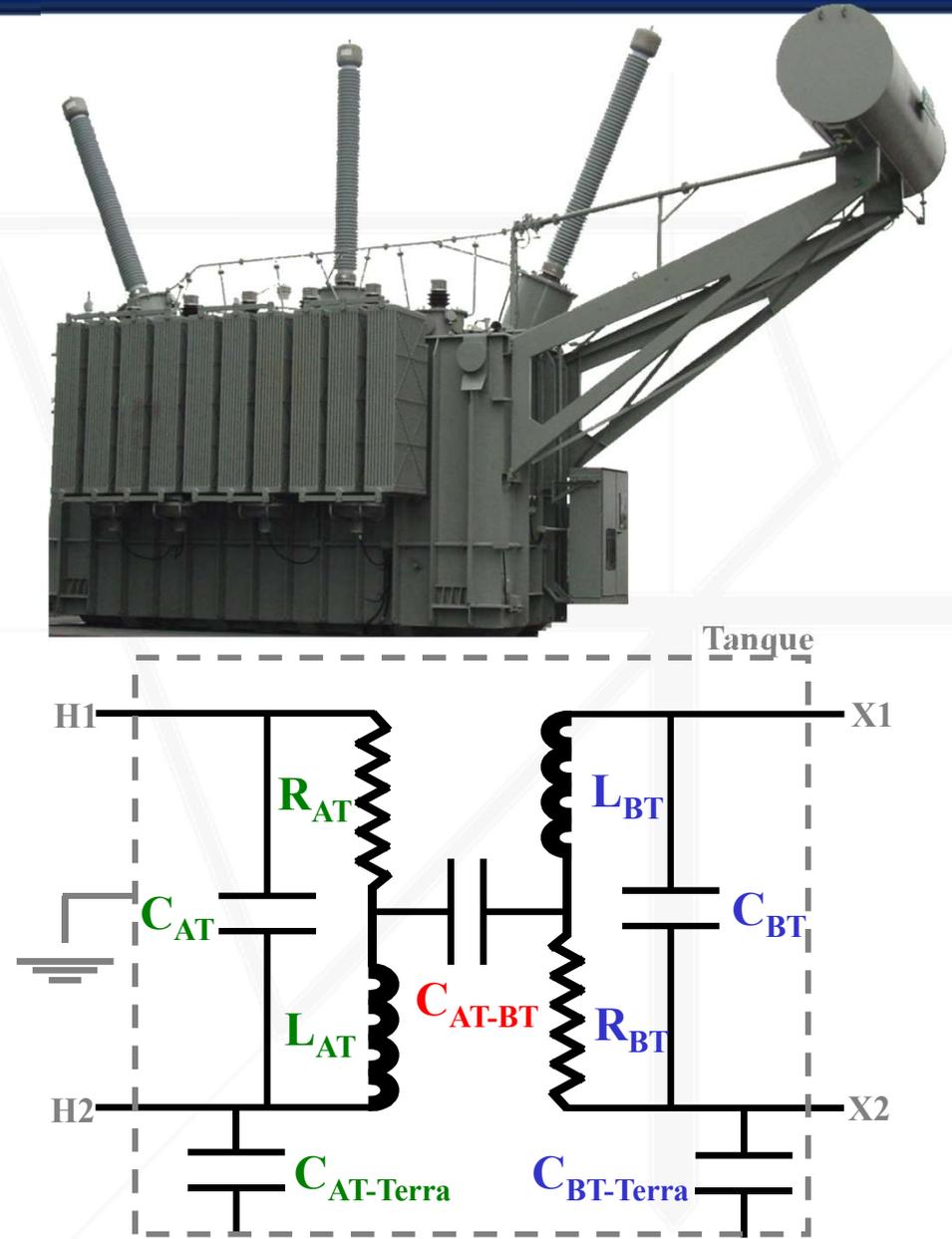
Esse sinal traz a resposta dos elementos passivos existentes em vários tipos de equipamentos de potência.



Essa resposta é uma função de transferência que produz um padrão associado com a geometria mecânica do equipamento i.e. transformadores, reatores, geradores, e motores.

Transformadores são circuitos RLC, ou seja, possuem componentes Resistivos, Indutivos e Capacitivos.

Cada um destes elementos R, L e C, possui uma resposta diferente em função da frequência.





# SFRA – Sweep Frequency response analyser: Princípio de funcionamento



Aplicando uma forma de onda de amplitude fixa e variando a sua frequência, podemos levantar uma curva característica do transformador.

Em função da tensão (medição):

$$H(j\omega) = \left( \frac{V_{out}(j\omega)}{V_{in}(j\omega)} \right)$$

Em função da impedância (gráfico):

$$H(j\omega) = \frac{50}{Z(j\omega) + 50}$$

$$Magnitude = 20 \log \left( \frac{50}{Z(j\omega) + 50} \right)$$



# ***SFRA – Sweep Frequency response analyser: Princípio de funcionamento***



A função de transferência apresentada graficamente, funciona como uma “foto” da parte interna do transformador devido a repetibilidade que o teste fornece.

Todo equipamento elétrico tem em sua composição elétrica básica componentes resistivos, capacitivos e /ou indutivos configurados para um propósito específico.

Para que esse aspecto fique claro, utilizaremos um equipamento elétrico para visualizar os componentes RLC presentes.



# ***SFRA – Sweep Frequency response analyser: Princípio de funcionamento***



A experiência com SFRA tem indicado que certos problemas podem ser identificados em certas bandas

2kHz - sensível a deformações no núcleo, circuitos abertos, voltas em curto circuito e magnetismo residual

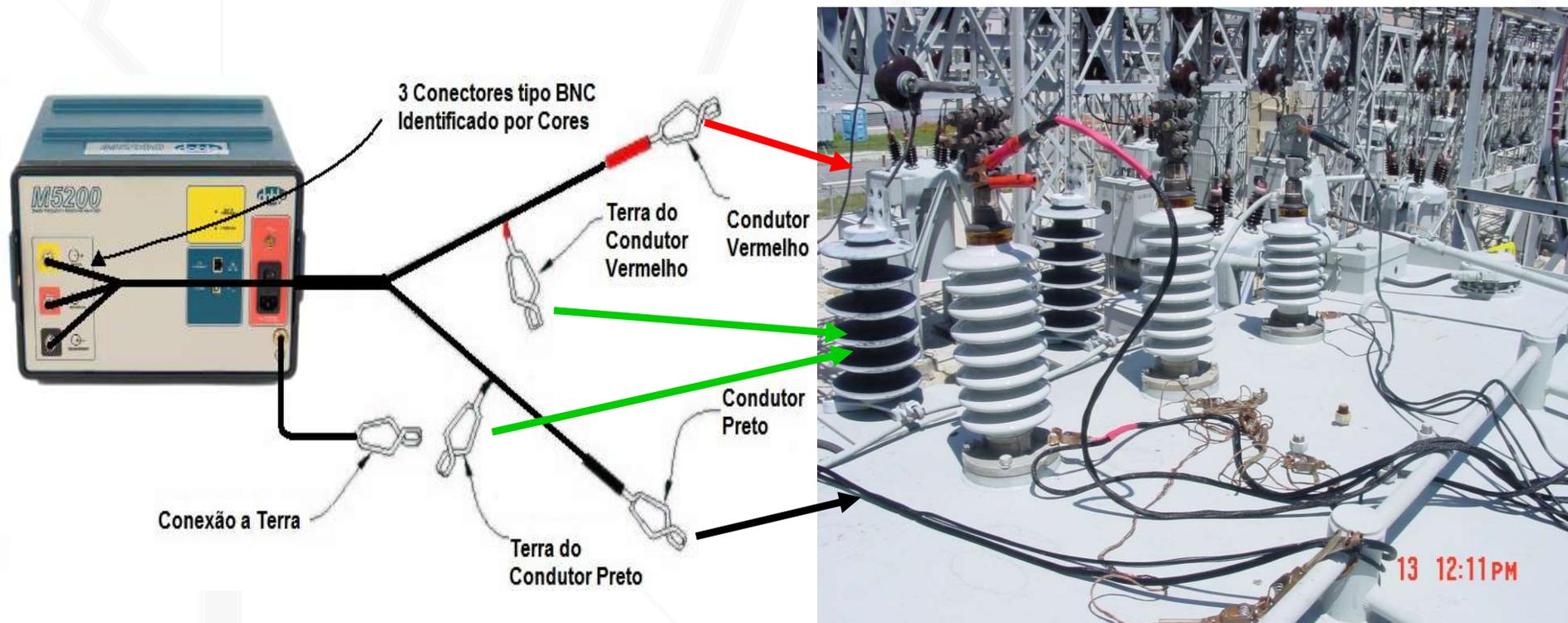
20kHz - sensível principalmente a grandes movimentos de enrolamentos

200kHz e 2MHz - sensível a deformações dentro do enrolamento

10MHz - sensível a movimentos dos conectores dos enrolamentos

A maneira mais eficiente para se analisar dados é utilizando o método da comparação.

Para montar o ensaio fisicamente, basta conectar as pontas vermelha no início do enrolamento que deseja medir e a ponta preta no final do mesmo enrolamento. Os terras dos condutores devem ser conectados nas suas respectivas bases de buchas (ponto metálico LIMPO).



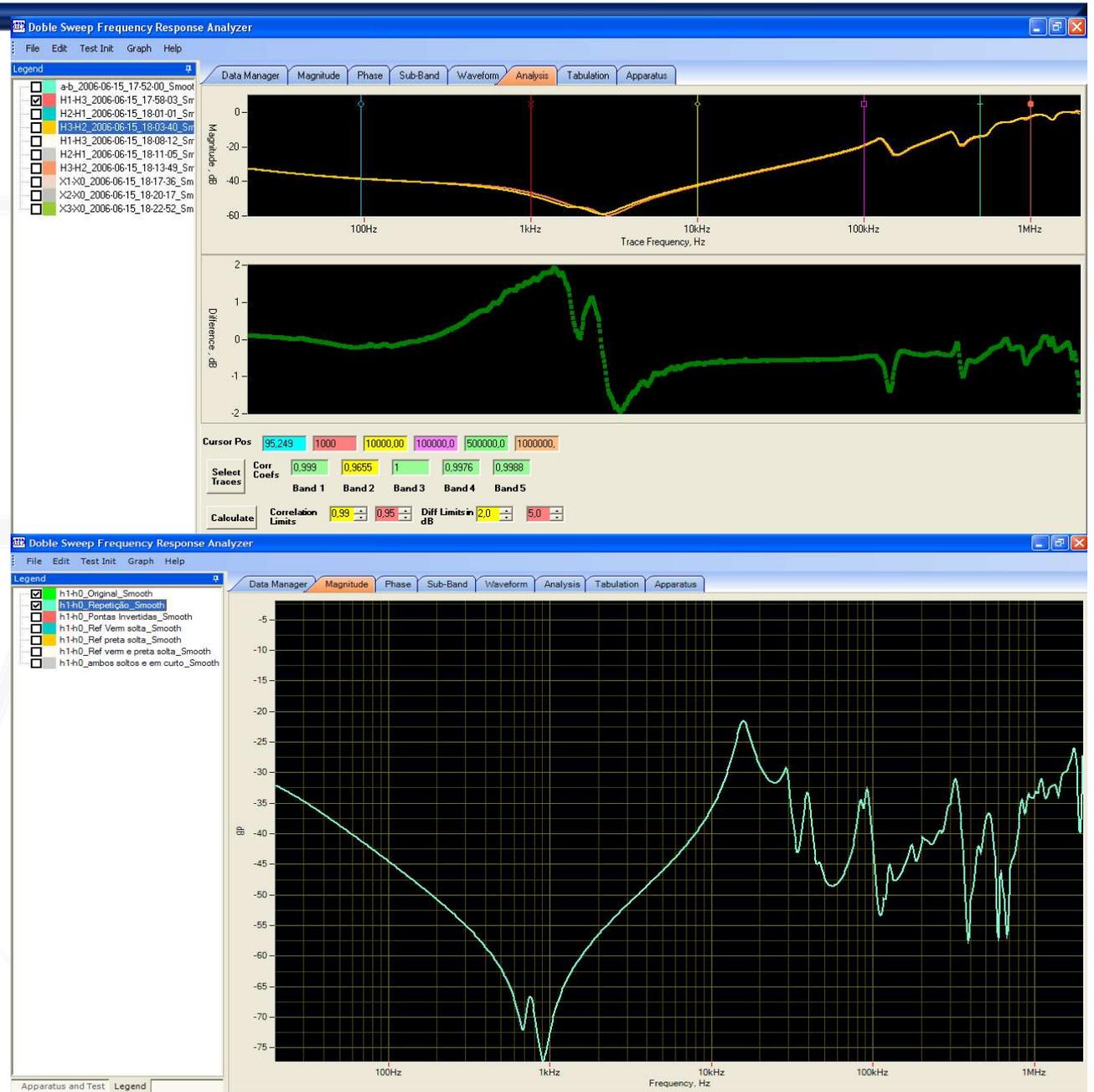
-Permite a visualização de múltiplas curvas;

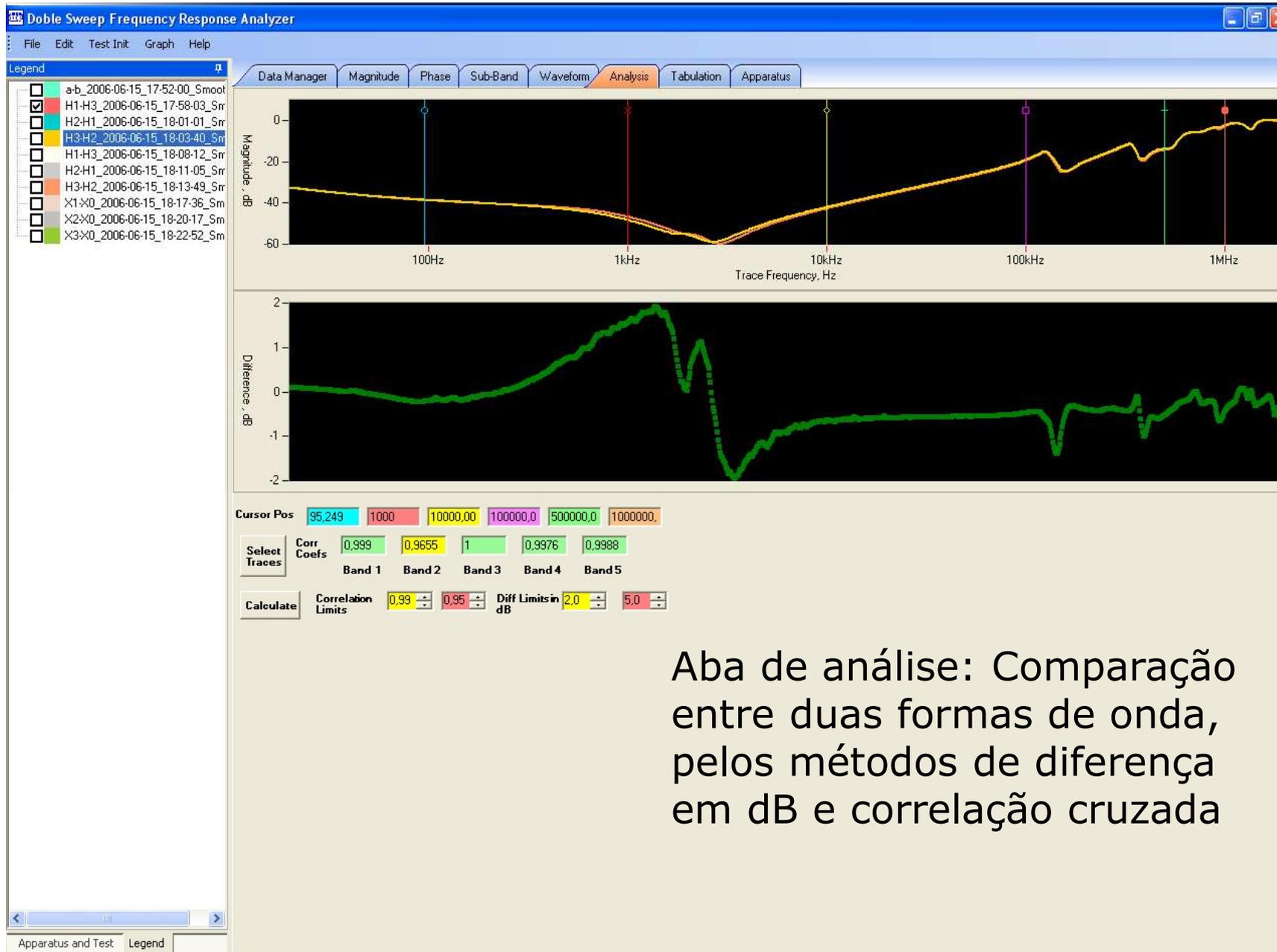
-Zoom e cursores para facilitar a análise;

-Dados em forma gráfica e tabulação;

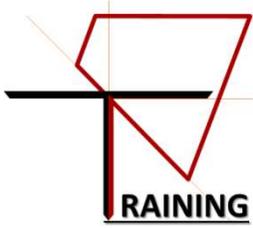
-Exportação dos dados para arquivos CSV (Excel);

-Aba de análise utilizado a diferença em dB e cálculos de correlação cruzada entre duas curvas;





Aba de análise: Comparação entre duas formas de onda, pelos métodos de diferença em dB e correlação cruzada



# SFRA – Sweep Frequency response analyser: Software dedicado

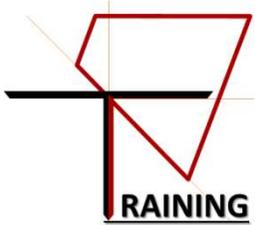


The screenshot shows the 'Doble Sweep Frequency Response Analyzer' software interface. The 'Tabulation' tab is active, displaying a table with the following data:

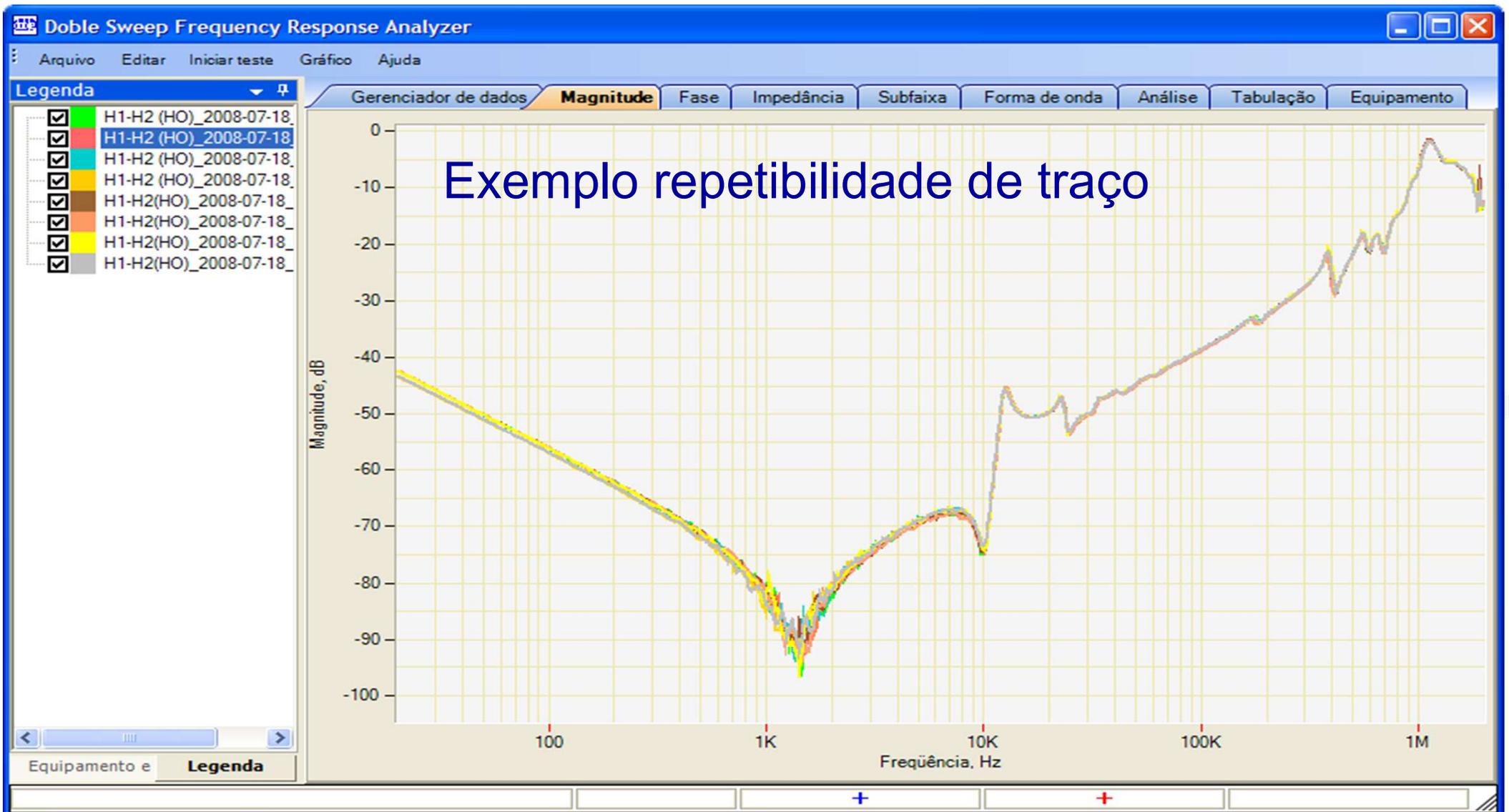
Frequency, Hz	Magnitude, dB	Phase, Deg
20,074	-32,602	-73,588
20,298	-32,649	-73,456
20,523	-32,698	-73,228
20,752	-32,750	-73,268
20,983	-32,805	-73,321
21,216	-32,861	-73,173
21,452	-32,914	-73,050
21,690	-32,967	-72,917
21,932	-33,022	-72,880
22,176	-33,076	-72,864
22,422	-33,131	-72,931
22,672	-33,184	-72,741
22,924	-33,237	-72,678
23,179	-33,291	-72,665
23,437	-33,344	-72,757
23,697	-33,396	-72,529
23,961	-33,450	-72,440
24,227	-33,502	-72,236
24,497	-33,555	-72,287
24,769	-33,609	-72,224
25,045	-33,661	-72,179
25,323	-33,713	-71,994
25,605	-33,763	-72,119
25,890	-33,815	-71,992
26,178	-33,866	-72,110
26,469	-33,915	-71,728
26,763	-33,966	-71,692
27,061	-34,019	-71,649
27,362	-34,072	-71,500
27,666	-34,125	-71,652
27,974	-34,178	-71,530
28,285	-34,231	-71,397
28,600	-34,282	-71,133
28,918	-34,334	-71,083
29,240	-34,384	-71,017
29,565	-34,435	-70,871
29,894	-34,485	-70,662
30,226	-34,533	-70,635
30,562	-34,583	-70,627
30,902	-34,633	-70,551
31,246	-34,680	-70,729
31,594	-34,728	-70,481
31,945	-34,777	-70,554
32,300	-34,829	-70,221
32,660	-34,877	-70,139
33,023	-34,926	-70,031
33,390	-34,977	-69,870
33,762	-35,029	-69,722

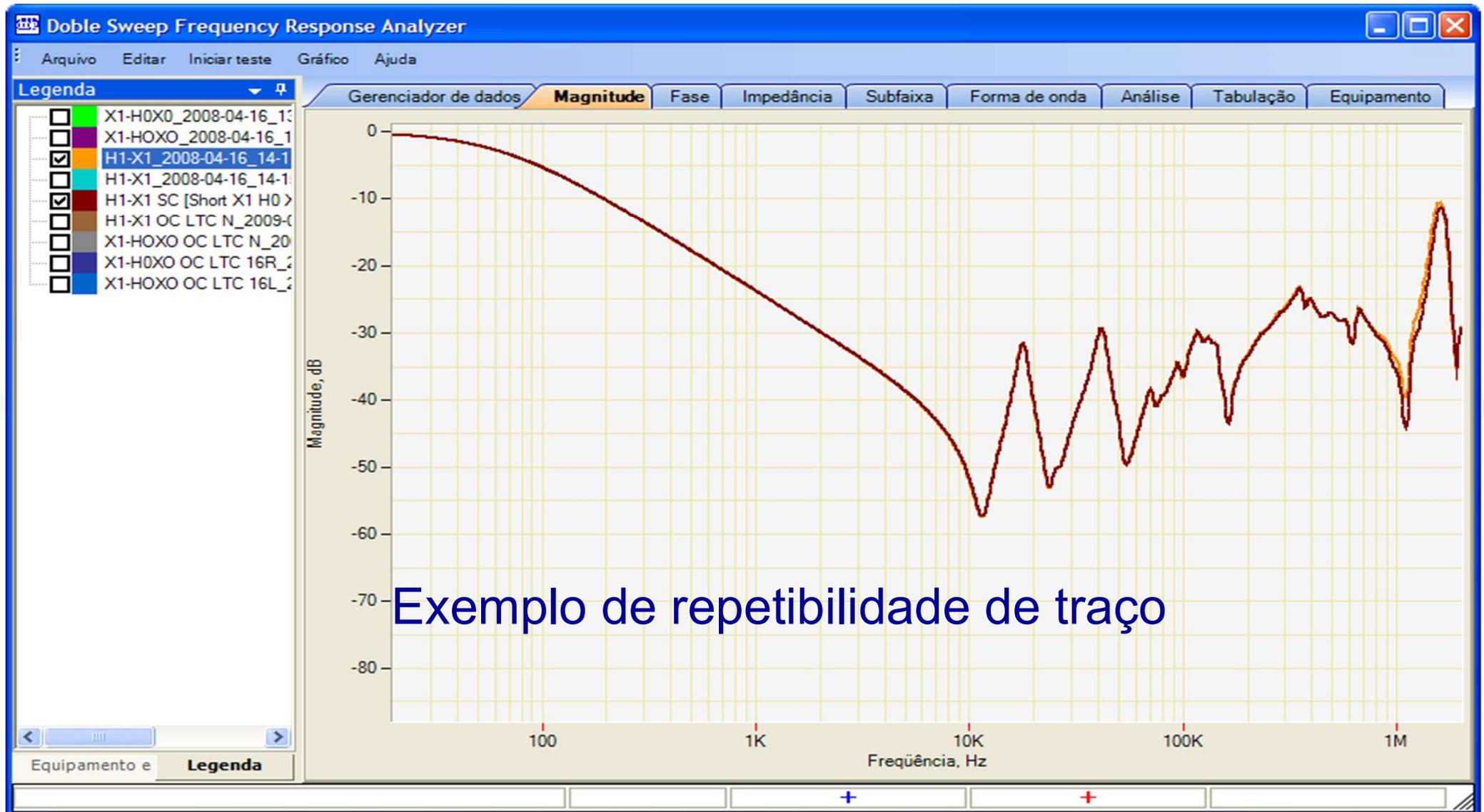
Aba de tabulação:  
Apresentação dos dados numéricos dos gráficos. Esses dados podem ser selecionados e copiados para uma planilha Excel.

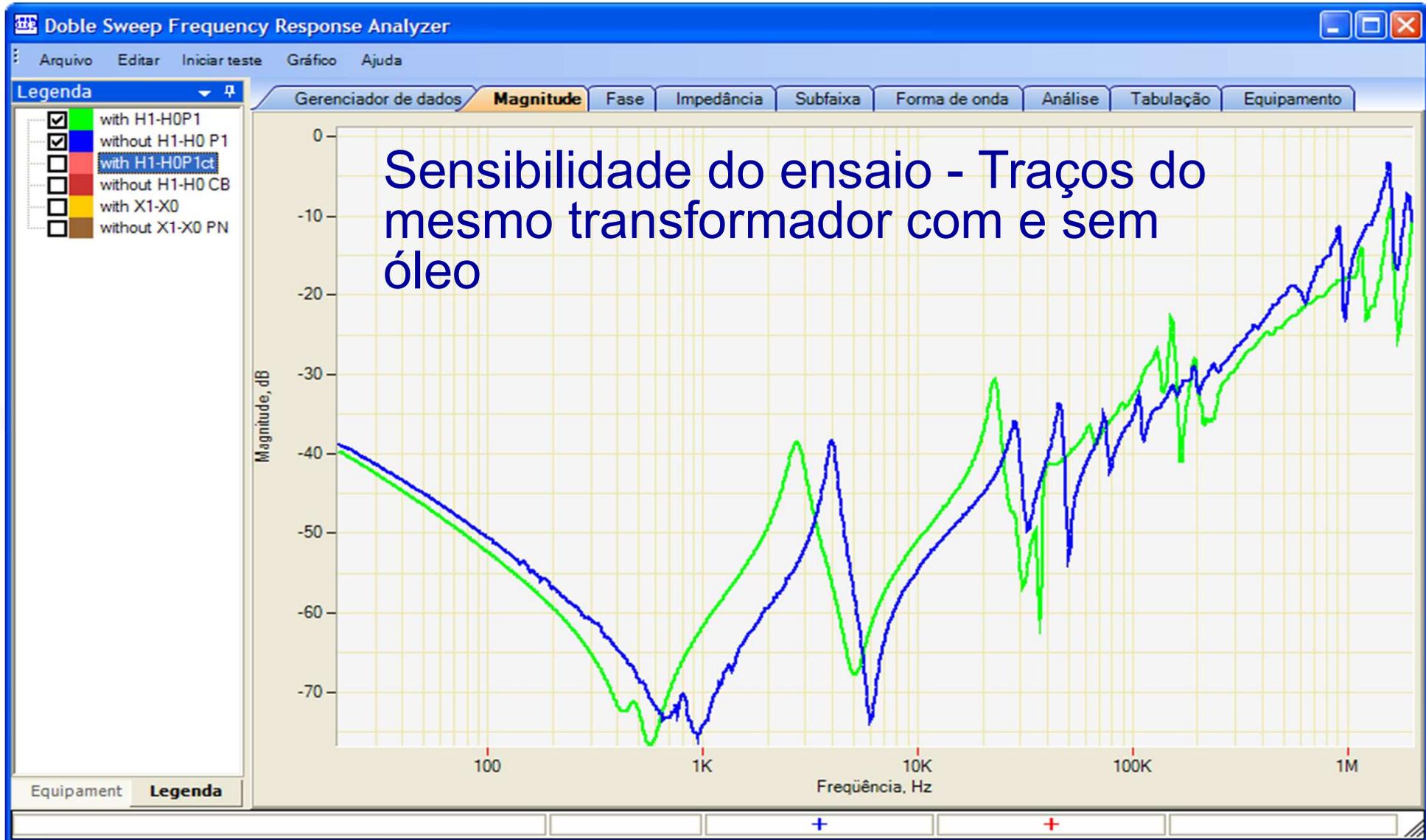
O Software também possui rotina de exportação automática para planilhas Excel.

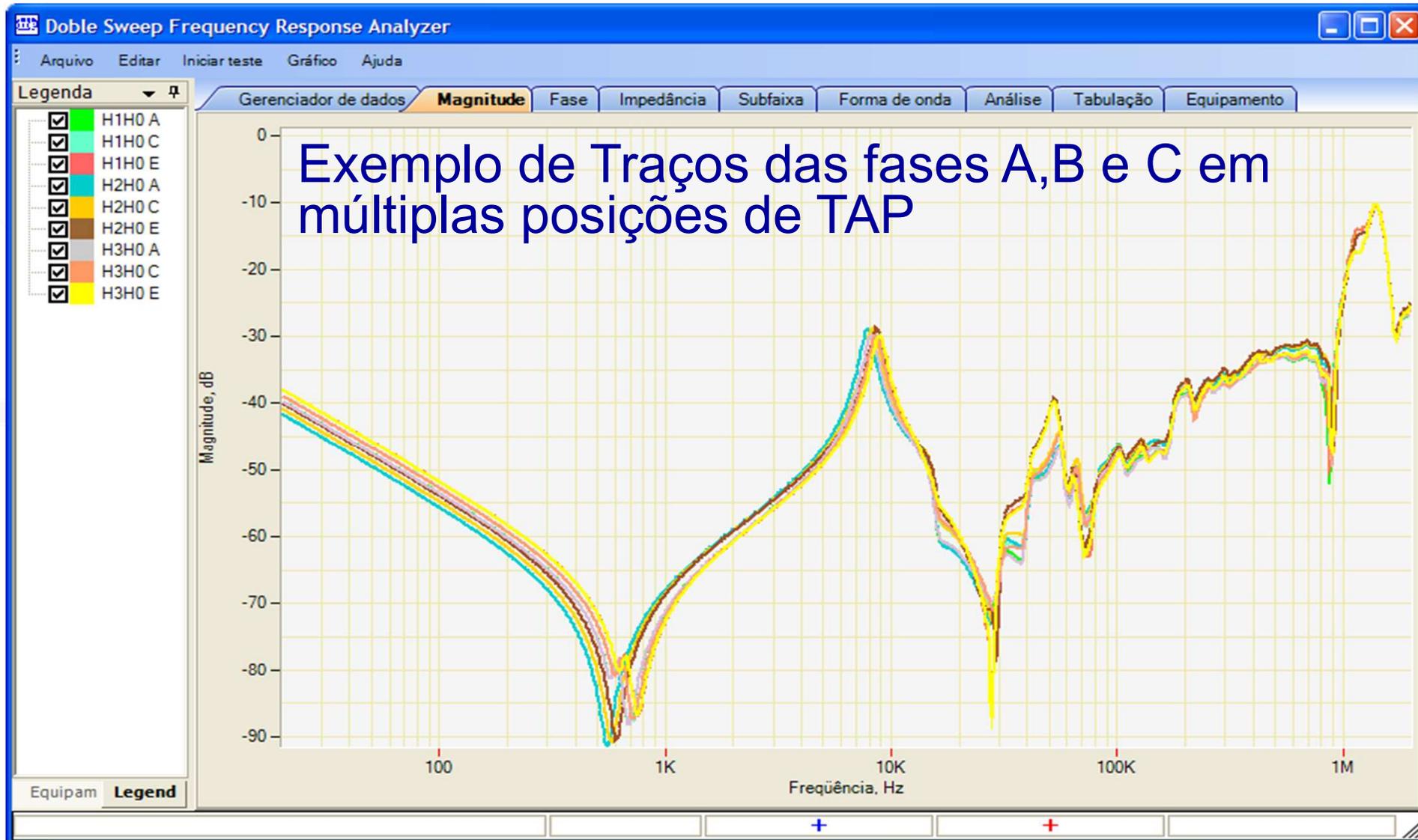


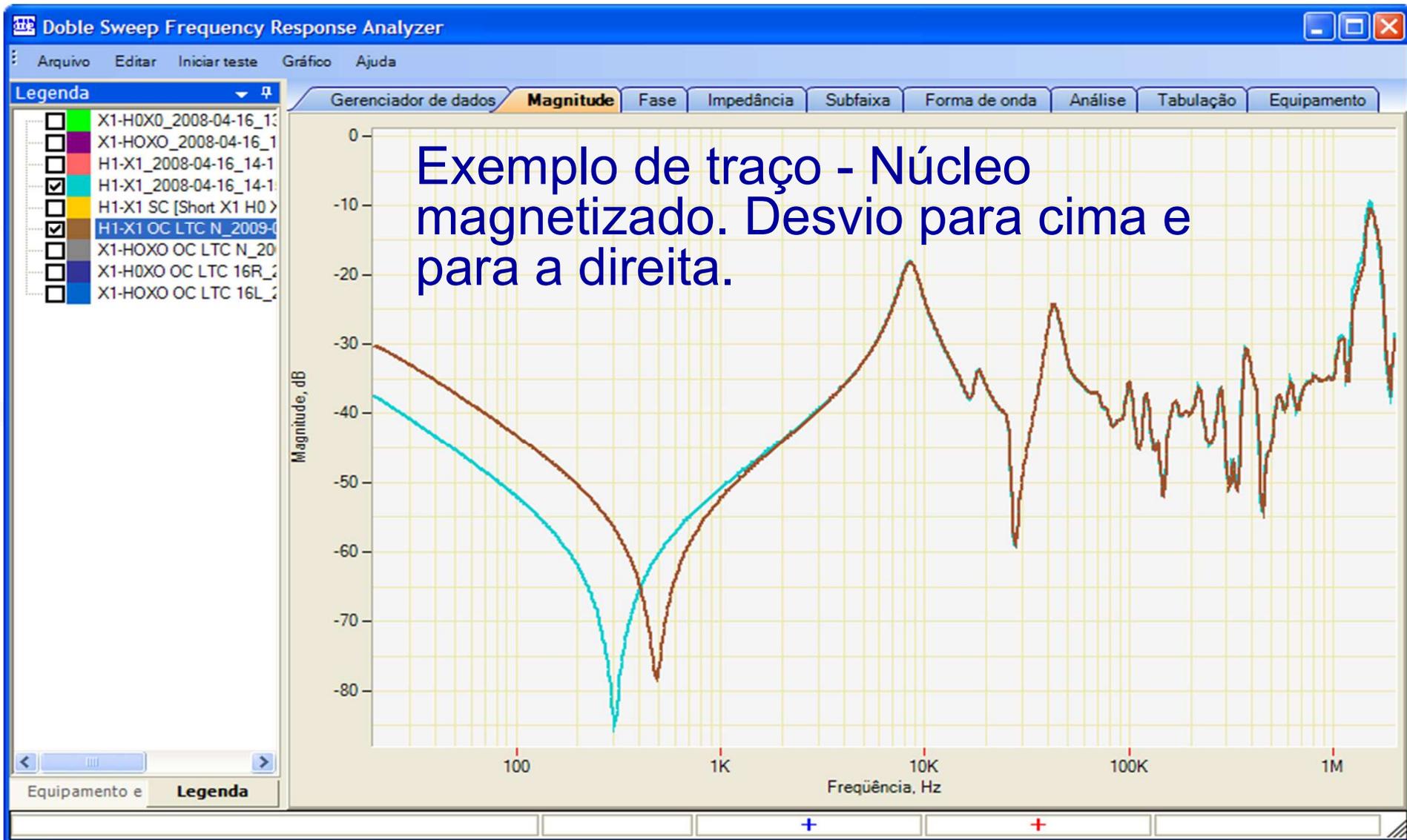
# SFRA - Sweep Frequency response analyser: Exemplo de traços

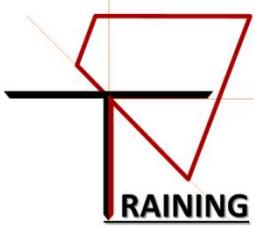








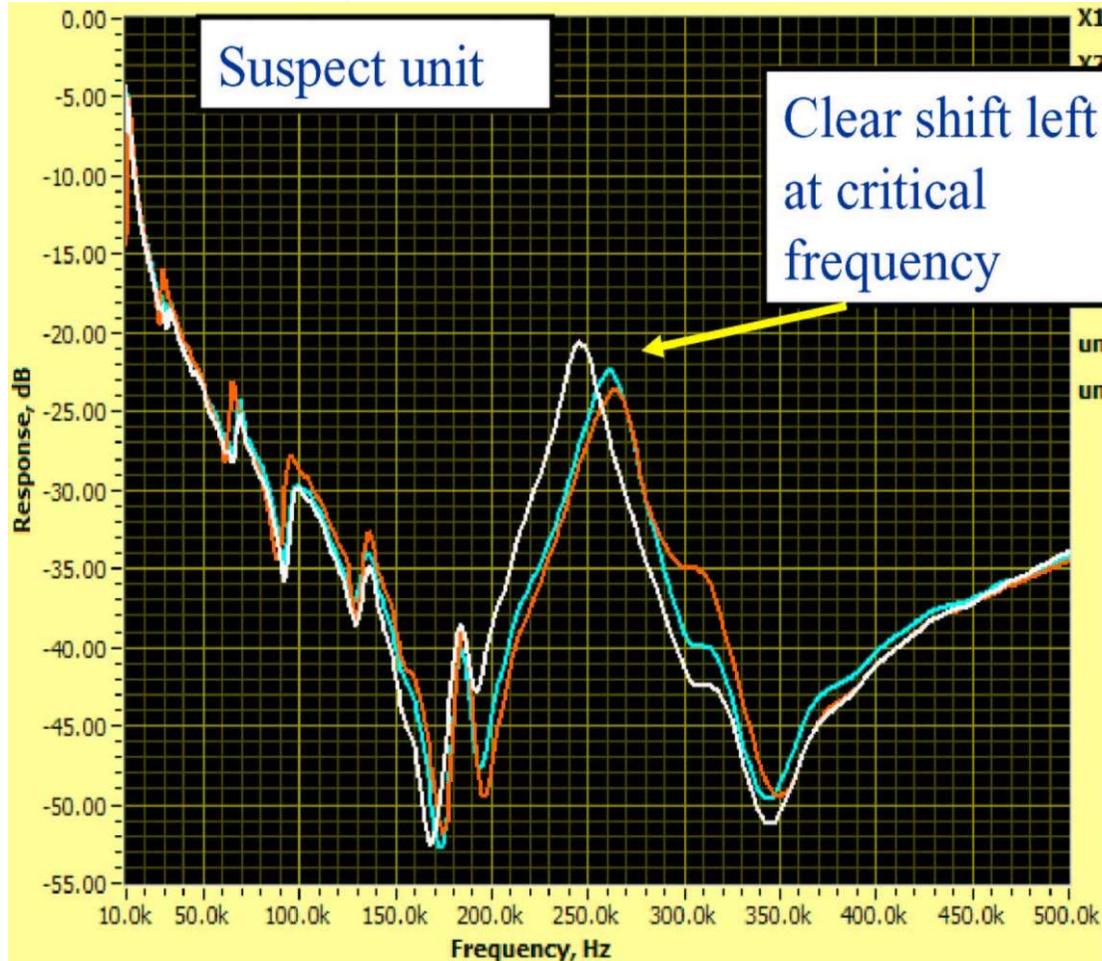




# SFRA – Sweep Frequency response analyser: Exemplo de detecção de falha



Deslocamento axial causado por um curto circuito elevado. Não causou danos a funcionalidade do transformador porém o mesmo foi comprometido.



Detectado através de deslocamento de pico ressonante na faixa de 250kHz, Que é característico de problemas na bobina.

OBRIGADO PELA SUA  
ATENÇÃO!

**Reynaldo Galera**

Engenheiro de Produtos e Aplicação

Tel: +55.11.5073.5222 Ramal 1937

rgalera@engemet.com

Skype: Reynaldo\_Galera\_Doble

[www.linkedin.com/in/reynaldo-galera](http://www.linkedin.com/in/reynaldo-galera)

[www.engemeteletrica.com.br](http://www.engemeteletrica.com.br)