



**XX SNPTEE SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0
GGH.YY
22 a 25 Novembro 2009
Recife - PE

GRUPO I

GRUPO DE ESTUDO DE GERAÇÃO HIDRÁULICA – GGH

RECENTES CASOS DE UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS DE MONITORAMENTO

Evandro Freire *

FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A.

RESUMO

O trabalho apresentará o uso de 4 diferentes sistemas de monitoramento de unidades hidrogeradoras, em 4 distintas plantas hidrelétricas de FURNAS e em também 4 diferentes casos, recentemente vivenciados pela empresa, ao longo de 2007 e 2008, que trouxeram uma maior eficiência na execução da manutenção, bem como a descoberta de defeitos, somente detectados através do uso dos sistemas de monitoramento que, por sua vez, resultaram em uma maior agregação de conhecimento na área.

PALAVRAS-CHAVE

Vibração, Manutenção, Hidrogerador

1.0 - INTRODUÇÃO

De forma análoga a um teste de esforço cardíaco, em que um indivíduo é solicitado gradativamente em uma esteira ou bicicleta, ao mesmo tempo em que são realizados eletrocardiogramas e tomadas medidas de pressão arterial, o monitoramento “on line” de unidades geradoras também aquisita continuamente vários “sinais” emanados pela própria máquina, em diferentes condições de funcionamento. Tipicamente, estes sinais são a vibração mecânica e a temperatura de várias partes da unidade hidrogeradora, os quais são correlacionados a diferentes variáveis de processo, tais como a potência gerada pela máquina. Estes sinais são, então, processados de forma adequada, através de diferentes tipos de gráficos, de modo a permitir que o especialista tenha uma visão do estado de funcionamento da máquina, ou seja, sua assinatura. Variações desta assinatura podem denotar anormalidades que, devidamente analisadas em conjunto com outros parâmetros, podem levar a intervenções de manutenção na unidade geradora. Face a detecção precoce do problema, a intervenção pode ser melhor planejada, na época mais oportuna e com os recursos mais adequados. É o que se chama usualmente de manutenção preditiva.

Assumindo a manutenção corretiva como tendo custo unitário, grosso modo, os custos relativos de cada estratégia de manutenção (1) são, 60%, para a clássica preventiva a intervalos de tempo regulares e, 30%, para a preventiva dispondo do monitoramento do estado de funcionamento e realizada a intervalos irregulares, ou seja, a manutenção preditiva. Basicamente, estas diferenças econômicas advêm dos gastos que virtualmente ocorreriam, caso não houvesse a detecção incipiente de um defeito através de sistemas de monitoramento, se a falha acontecesse. Desta forma os custos de manutenção são menores, visto que são evitados os danos secundários e

(*) Rua Real Grandeza, 219 – sala 701 - Bloco A – CEP 22283-900 Rio de Janeiro, RJ – Brasil
Tel: (+55 21) 2528-4862 – Fax: (+55 21) 2528-4057 – Email: efreire@furnas.com.br



também paradas mais prolongadas para a interver a unidade geradora. Contribui ainda para esta economia a maior disponibilidade operacional face à redução das paradas forçadas e imprevistas. Assim, a grande vantagem econômica da manutenção preditiva é justamente a sua capacidade de prevenir falhas e possibilitar a intervenção na unidade geradora com maior eficiência.

Em FURNAS, dispomos ainda dos monitoramentos "off line", ou seja, não contínuos ou periódicos, dos óleos lubrificantes em uso nas máquinas de hidrogeração e de descargas parciais nos geradores. Em ambos os casos, também com amostragens realizadas com a máquina em operação. A seguir são apresentados 4 casos recentes, ocorridos em 2007 e 2008, de uso de sistemas de monitoramento na análise e identificação de defeitos em unidades geradoras de 4 plantas de FURNAS.

2.0 – PRIMEIRO CASO: UHE FURNAS

2.1 Características Técnicas Básicas da Unidade Geradora

Número de Unidades Geradoras: 8
Vazão: 242 m³/s
Queda Nominal: 94 m
Potência: 152 MW
Rotação Nominal: 150 rpm
Número de Pólos: 48
Tipo de Turbina: Francis
Fornecedor do Sistema de Monitoramento: SKF

2.2 Descrição da Situação

Atualmente, as unidades geradoras da UHE Furnas estão passando por um processo de modernização quando, nestas ocasiões, estão sendo instalados os seus respectivos sistemas de monitoramento. Ao final da modernização das unidades geradoras 6 e 5, nesta ordem, foi observado que no núcleo do estator, a primeira possuía uma excitação na frequência dupla de rotação cerca de 10 vezes a amplitude de vibração da segunda, conforme as Figuras 1 e 2.

2.3 Abordagem

Foi verificado que o rotor do gerador 6 encontrava-se ovalizado, conforme a Figura 3, sendo capaz, portanto, de excitar o núcleo do estator na frequência dupla de rotação. Como os níveis globais rms, 1 mm/s, para a UG#6, e 0,5 mm/s, para a UG#5, encontravam-se baixos, não houve necessidade de quaisquer correções do formato do rotor.

3.0 - SEGUNDO CASO: UHE PEIXE ANGICAL

3.1 Características Técnicas Básicas da Unidade Geradora

Número de Unidades Geradoras: 3
Vazão: 643 m³/s
Queda Nominal: 24,30 m
Potência: 168,8 MW
Rotação Nominal: 85,71 rpm
Número de Pólos: 84
Tipo de Turbina: Kaplan
Fornecedor do Sistema de Monitoramento: MC Monitoring

3.2 Descrição da Situação



Com a instalação do sistema de monitoramento nas unidades geradoras da AHE Peixe Angical foi detectado pelo mesmo que havia o roçamento das pás do rotor Kaplan #2 com o seu aro de descarga, conforme a Figura 3. A parada para inspeção confirmou o problema, conforme Figura 4.

3.3 Abordagem

A correção do problema consistiu em aprimorar a concentricidade do conjunto girante, favorecendo a uniformização das folgas das pás do rotor Kaplan com o aro de descarga e também o esmerilhamento deste na região de roçamento.

4.0 – TERCEIRO CASO: UHE ITUMBIARA

4.1 Características Técnicas Básicas da Unidade Geradora

Número de Unidades Geradoras: 6
Vazão: 483 m³/s
Queda Nominal: 80 m
Potência: 354 MW
Rotação Nominal: 94,7 rpm
Número de Pólos: 76
Tipo de Turbina: Francis
Fornecedor do Sistema de Monitoramento: B&K

4.2 Descrição da Situação

Remotamente, do Escritório Central de FURNAS, foi detectada a elevação gradativa dos níveis de vibração da unidade geradora 2 da Usina de Itumbiara, conforme Figura 5. Após a análise dos sinais com a máquina em operação, se chegou a um diagnóstico da causa. A máquina foi mantida em operação sob uma observação mais detalhada durante alguns meses até que se pudesse pará-la para intervir.

4.3 Abordagem

A solução consistiu no balanceamento do conjunto girante, também foram trocados 2 polos que possuíam bobinas em curto. A Figura 6 mostra a vibração antes e depois da intervenção de manutenção.

5.0 – QUARTO CASO: UHE PORTO COLÔMBIA

5.1 Características Técnicas Básicas da Unidade Geradora

Número de Unidades Geradoras: 4
Vazão: 350 m³/s
Queda Nominal: 19,6 m
Potência: 80 MW
Rotação Nominal: 85,7 rpm
Número de Pólos: 84
Tipo de Turbina: Kaplan
Fornecedor do Sistema de Monitoramento: BENTLY

5.2 Descrição da Situação

Foi detectada a elevação do nível de vibração da unidade geradora 4 da Usina de Porto Colômbia, conforme a Figura 8. A análise dos sinais de vibração permitiu se chegar a um diagnóstico. Na Figura 9 observa-se uma órbita oblonga do eixo e a predominância de diferentes frequências de excitação para as direções radiais e perpendiculares do mancal guia do gerador. A máquina foi mantida em operação sob uma observação mais detalhada até que se pudesse parar para a intervenção, o que ocorreu em novembro de 2008.

5.3 Abordagem



Como os níveis de vibração na rotação da máquina eram bastante diferenciados nas direções ortogonais não havia indicativos de desbalanceamentos. Por outro lado, para as condições de estabilidade hidráulica, a órbita oblonga do eixo no mancal guia do gerador e a frequência predominante de vibração no mancal guia da turbina, correspondendo à dupla de rotação, corroboraram a ocorrência de forças elásticas perturbadoras no eixo (2). Assim, com a parada da máquina, o diagnóstico foi confirmado, sendo que a causa principal para o aumento da vibração, a não uniformidade da rigidez no mancal guia do gerador, foi corrigida com o reaperto dos parafusos radiais da caixa deste mancal. A Figura 10 apresenta o resultado desta intervenção.

6.0 – CONCLUSÃO

O uso de sistemas de monitoramento “on line” em FURNAS tem se mostrado efetivo na detecção e diagnóstico precoce de defeitos, antecipando-se, inclusive, à intervenção do pessoal de manutenção de campo. Tal fato tem levado a um melhor planejamento das atividades de manutenção e da mobilização de pessoal especializado, bem como prevenido a ocorrência de falhas e de danos secundários, que se não fossem percebidas somente poderiam ser, eventualmente, notadas em revisões programadas, contribuindo, desta forma, para reduzir os custos com a manutenção. Por outro lado, seu uso tem servido também para avaliar o estado de componentes das unidades geradoras e correlacioná-lo à condição de funcionamento da máquina como um todo, possibilitando que, desta forma, um aparente defeito não seja momentaneamente considerado como tal.

Em que pese a poderosa ferramenta em que vêm se tornando os sistemas de monitoramento “on line” no âmbito da empresa, a adequada análise dos dados extraídos dos mesmos deve estar sempre correlacionada ao histórico de manutenção das unidades geradoras, bem como à capacidade e experiência do especialista de avaliar o estado de funcionamento das máquinas e de realizar o diagnóstico.

7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Bryan, W. E., Predictive Maintenance of Rotating Eletro-Machinery, Power Generating Technology, 1989.
- (2) Freire, E., Vibrações em Hidrogeradores, III ENAM, Foz do Iguaçu-PR, Novembro de 2006.

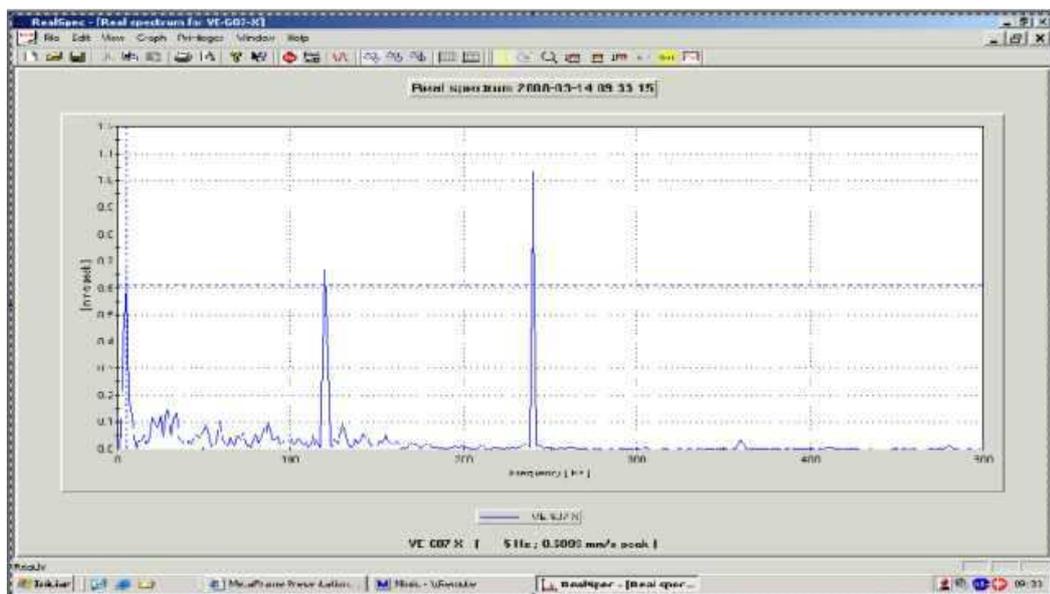


Figura 1 – Espectro do núcleo do estator da UG#6 (cursor em 5 Hz)

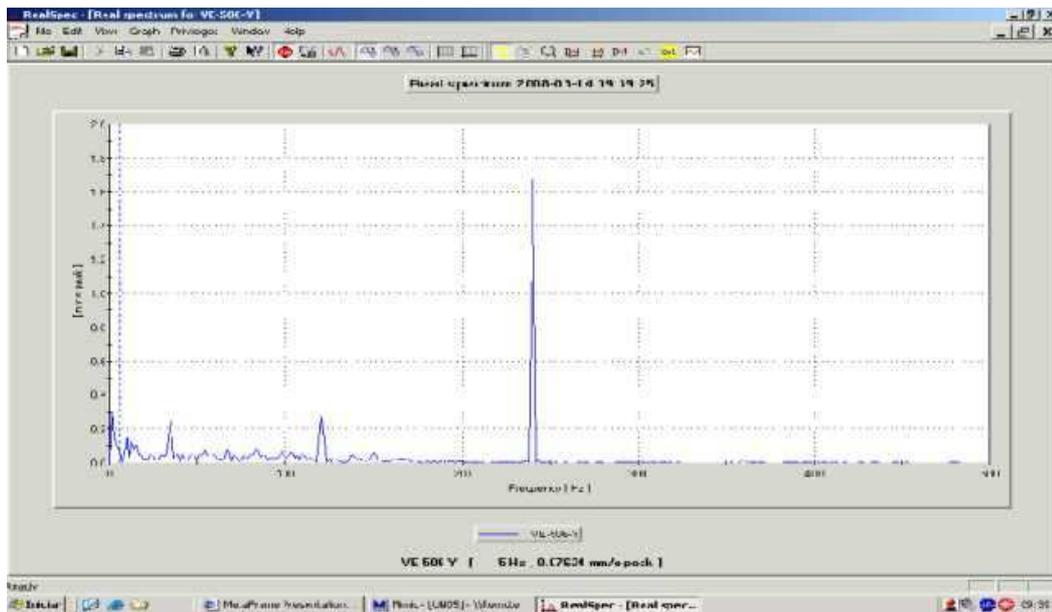


Figura 2 – Espectro do núcleo da UG#5. Valor em 5 Hz cerca de 1/10 da UG#6

5

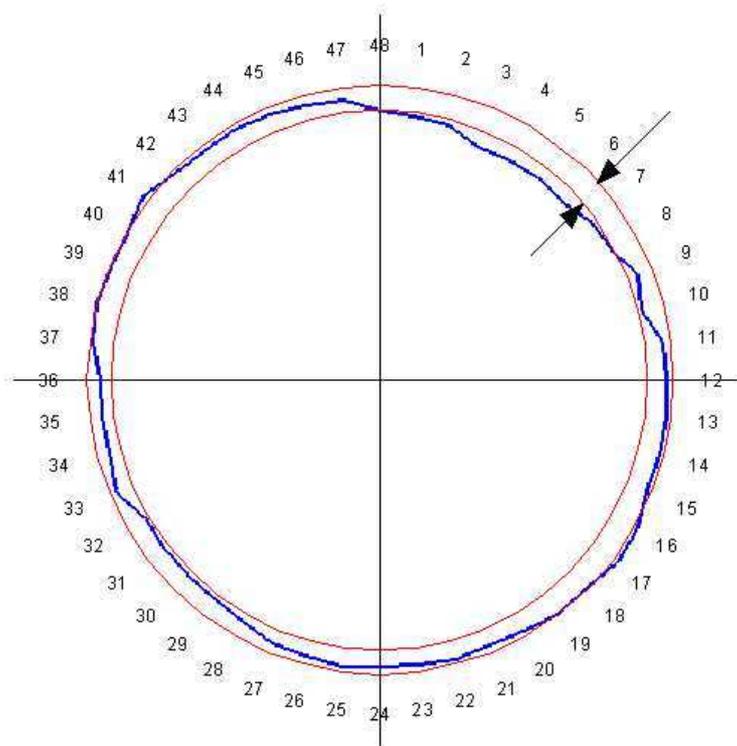


Figura 3 – Formato elíptico do rotor do gerador da UG#6 da UHE Furnas

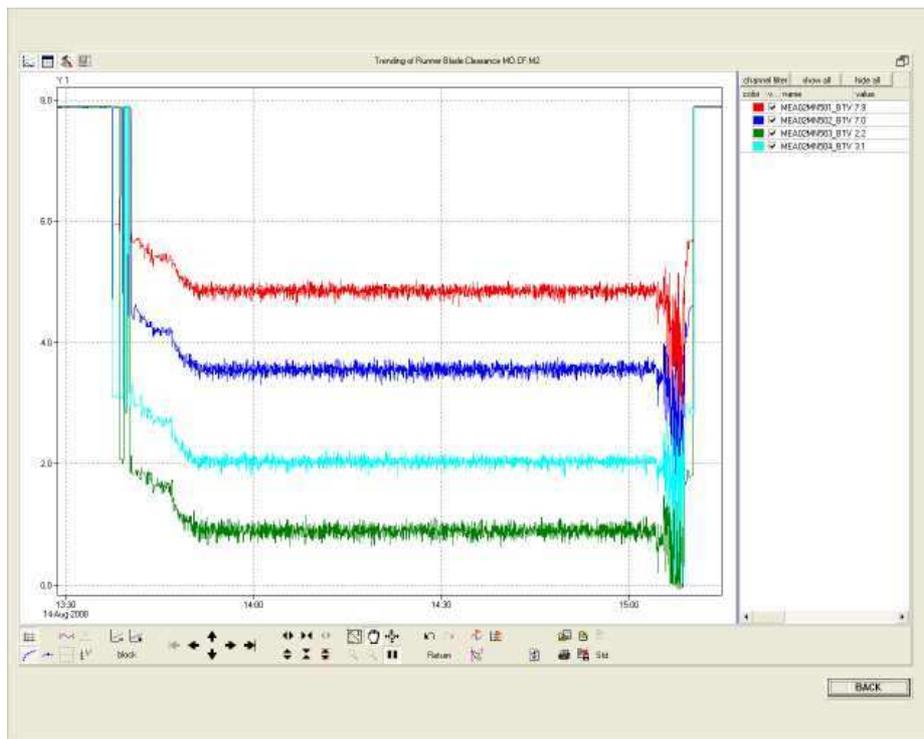


Figura 4 – Monitoramento das folgas das pás Kaplan e aro de descarga em 4 posições. Na posição verde houve roçamento, durante a sobrevelocidade.

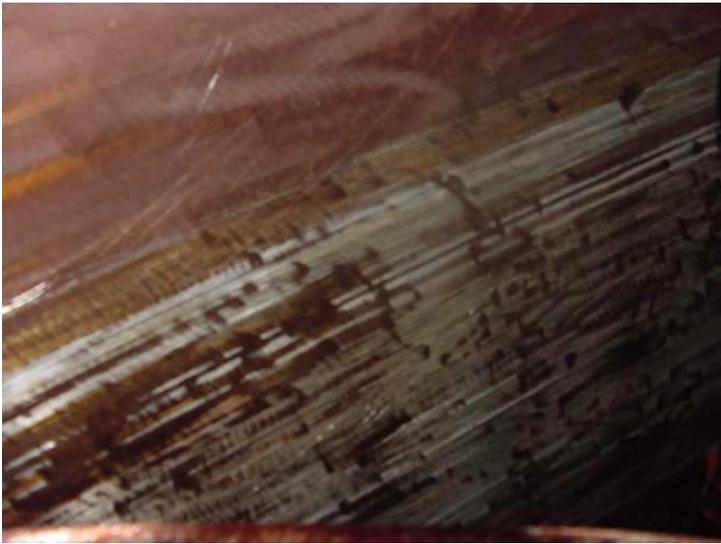


Figura 5 – Roçamento entre a pá, na parte inferior da foto, e aro de descarga



Figura 6 – Curvas de tendência permitiram estimar a evolução da vibração da magnitude de 1ª ordem ao longo do tempo



Figura 7 – Gráfico da magnitude de 1ª ordem, antes e depois do balanceamento

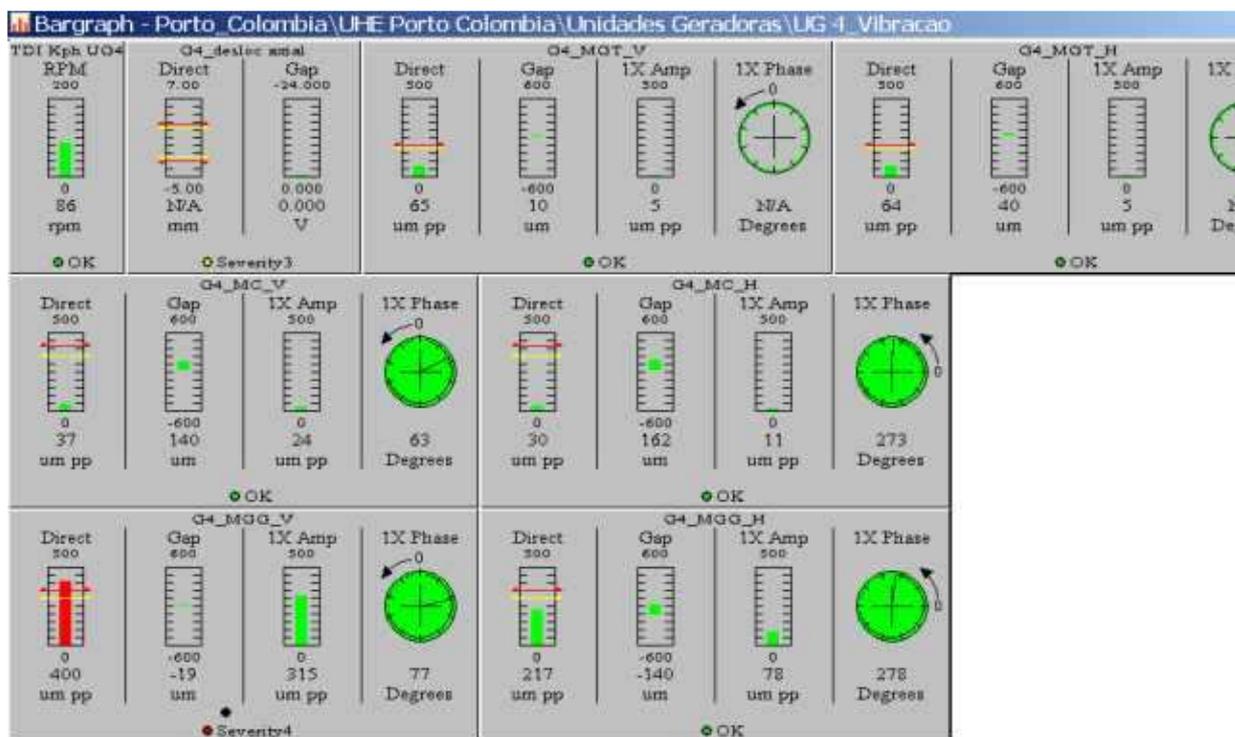


Figura 8 – O nível de vibração no mancal do gerador alcançou valores acima do normal

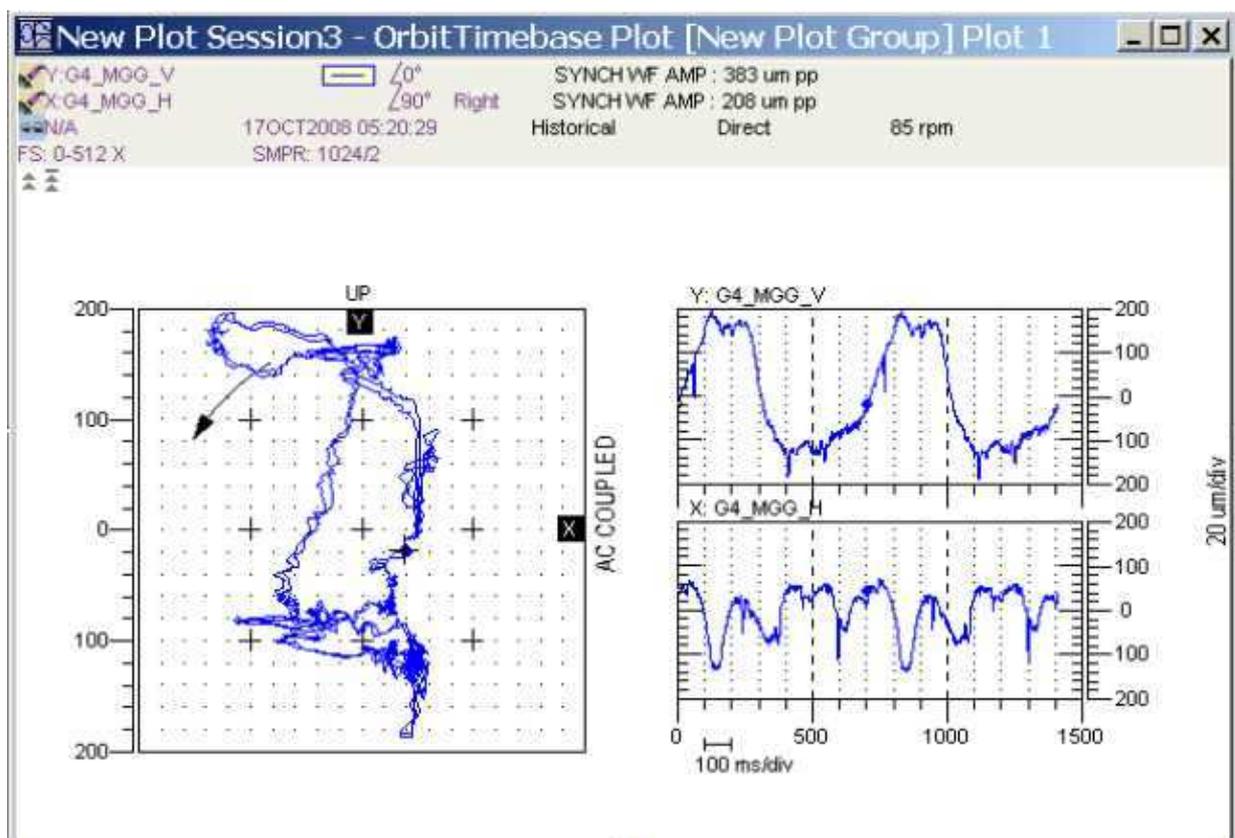


Figura 9 – A órbita alongada sugere uma restrição ao passeio do eixo

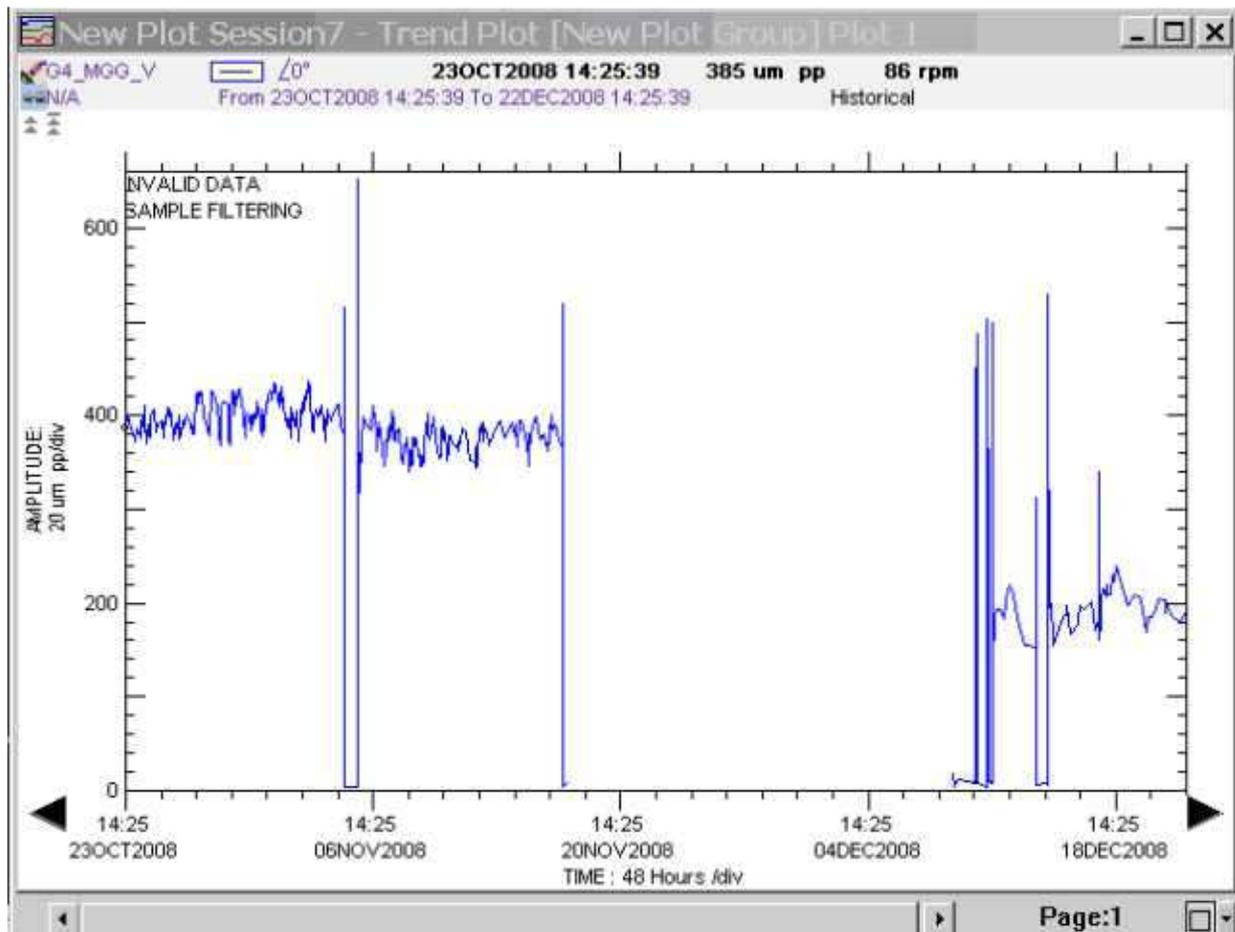


Figura 10 – Valores de vibração no MGG, direção montante, antes e depois da revisão