

USINAGEM DE CAMPO DAS PALHETAS DO ULTIMO ESTAGIO DA TURBINA A VAPOR Nº6 DA ARCELORMITTAL TUBARÃO*

Eduardo Luiz Sales Marinho¹

Rogélio Dias²

João Victor de Carvalho Bomfim³

Resumo

A Central Termelétrica SOL, ou CTEs 5 e 6, foi construída com o objetivo de fazer o aproveitamento da energia do gás oriundo do processo de coqueificação do carvão mineral realizado em fornos específicos para este fim, em um processo denominado "Coqueria Heat Recovery". Nesta unidade operacional de responsabilidade da área de energia da ArcelorMittal Tubarão, seguindo o plano plurianual de manutenção nas turbinas Fuji, foi realizada intervenção de manutenção nos dois turbo gerados CTE's 05 e 06 no ano de 2015. Durante as atividade de inspeção de manutenção foi detectado que existiam trincas nos pés das palhetas encaixadas no rotor da turbina nº6. A partir desta constatação, o equipamento ficou sem confiabilidade para operação contínua, precisando de substituição das palhetas danificadas. O trabalho proposto apresenta as alternativas possíveis até a solução definitiva que foi a substituição das palhetas defeituosas por novos spare parts. As possibilidades descritas a seguir, serão o objeto de tomada de decisão até a normalização do equipamento: i) Montar TG e operar com palhetas do ultimo estágio trincadas até a chegada do sobressalentes para troca; ii) Deixar equipamento parado aguardando chegada dos sobressalentes para troca e conclusão da montagem e testes; iii) Remover por usinagem de campo, o ultimo estágio de palhetas do rotor montagem e operação do TG6 até a chegada do sobressalentes vindos da Fuji Japão.

Palavras-chave: Turbina; Palhetas; Trincas; Usinagem de campo.

FILED MACHINING BLADES LAST STAGE OF STEAM TURBINE NUMBER SIX ARCELORMITTAL TUBARÃO

Abstract

Central Thermoelectric Sun or power plant number five and six, was constructed in order to make use of the energy of the gas from the coking process of coal carried out in specific ovens for this purpose, in a process called "Coke Heat Recovery". The power plant operation is responsibility for ArcelorMittal Tubarão energy area. Following the maintenance plan Fuji turbine, the work was carried out in two turbines in 2015. During maintenance inspection activity was detected there were cracks in the blades of last stage of turbine number six. The equipment was not reliable for continuous operation, requiring replacement of damaged blades. The proposed work shows the possible alternatives until final solution to replacement for new spare parts. The possibilities below: i) Assembly turbine and operate with the last stage vanes cracked until the arrival spare parts to change; ii) Leave standing equipment waiting for arrival of parts for exchange and completion of the assembly and testing; iii) Remove by field machining, the last rotor blade and turbine operation until the arrival spare parts from Fuji Japan.

Keywords: Turbine; Blades; Cracks; Field machining.

¹ Graduação em Engenharia mecânica, na função de especialista de confiabilidade de equipamentos, área / departamento IGE / IDG, Empresa: ArcelorMittal Tubarão, Serra ES Brasil.

² Graduação em Engenharia mecânica, na função de especialista de manutenção mecânica da área de energia, área / departamento IGE / IDG, Empresa: ArcelorMittal Tubarão, Serra ES Brasil.

³ Graduação em Engenharia mecânica, na função de especialista de manutenção mecânica da área de energia, área / departamento IGM / IDG, Empresa: ArcelorMittal Tubarão, Serra ES Brasil.

1 INTRODUÇÃO

A Central Termelétrica SOL, ou CTEs 5 e 6, foi construída com o objetivo de fazer o aproveitamento da energia do gás oriundo do processo de coqueificação do carvão mineral realizado em fornos específicos para este fim, em um processo denominado “Coqueria Heat Recovery”. O gás, chamado de Flue Gas, é um sub-produto natural do processo de Coqueificação neste sistema “Heat Recovery”

O Flue Gas é basicamente um gás sem poder de combustão, com resíduos de SO_x, NO_x e material particulado, dotado de grande poder energético, ou entalpia, na forma de calor (altas temperaturas).

O total dos ativos (Coqueria e Termelétrica) é propriedade da SOL Coqueria Tubarão S.A., empresa formada pela ArcelorMittal Tubarão e a empresa Norte americana SunCoke; a Central Termelétrica é operada pela ArcelorMittal Tubarão, que arrendou da SOL os ativos da unidade.

A capacidade de geração das CTE's 05 e 06 é de 196,6 WV/h. As unidades partiram em 05/2007 e operam desde então seguindo as recomendações de operação e manutenção do fabricante do equipamento a empresa Japonesa Fuji.

Seguindo o plano plurianual de manutenção nas turbinas Fuji, foi realizada intervenção de manutenção nos dois turbo geradores das CTE's 05 e 06 no ano de 2015. Durante as atividade de inspeção de manutenção foi encontrado trincas nos pés das palhetas do rotor da turbina nº6. A partir desta constatação, o equipamento ficou sem confiabilidade para operação contínua, precisando de substituição das palhetas danificadas. O trabalho realizado pela AMT proporcionou um funcionamento contínuo do TG nº6 até a chegada do sobressalentes para troca , com a confiabilidade e segurança requerida pela operação.

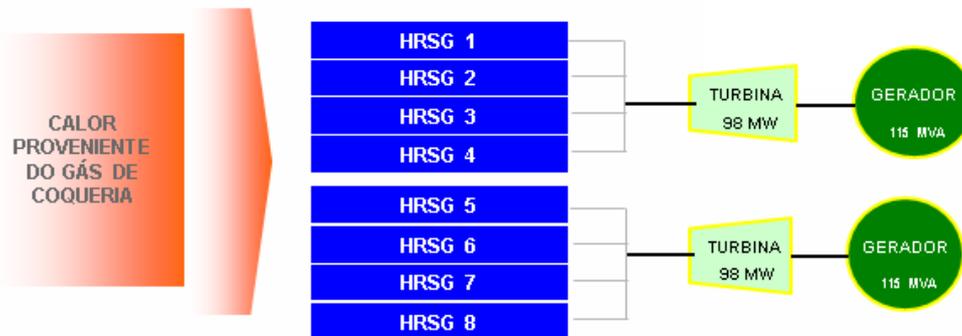
As opções para tomada de decisão estão apresentadas a seguir:

- 1) Montar TG e operar com palhetas do ultimo estágio trincadas até a chegada do sobressalentes para troca;
- 2) Deixar equipamento parado aguardando chegada dos sobressalentes para troca e conclusão da montagem e testes;
- 3) Remover por usinagem de campo, o ultimo estágio de palhetas do rotor, montagem e operação do TG nº6 até a chegada do sobressalentes vindo da Fuji Japão.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O fluxograma da planta da coqueria Heat recovery de uma forma macro , recebe o calor dos gases de combustão proveniente das baterias de Coque, sendo utilizado como fonte geradora de calor para geração de vapor nas oito caldeiras instaladas na planta. O vapor produzido é enviado as CTE's 05 e 06 da ArcelorMittal Tubarão e convertido em energia elétrica em seus dois turbo geradores.

Planta Coqueria Heat Recovery – Fluxograma Macro



Fonte: ArcelorMittal Tubarão

TURBINA

Turbina é uma máquina rotativa que transforma a energia potencial (ou de pressão) do vapor em energia mecânica por intermédio da energia cinética, oriunda da expansão do vapor nas palhetas do rotor da Turbina. Basicamente as turbinas a vapor são constituídas de duas partes principais: rotor e estator. O estator é o elemento fixo destinado a transformar a energia potencial (ou térmica) do vapor em energia cinética. O rotor é o elemento móvel destinado a transformar a energia cinética em mecânica.

O Gerador é acoplado ao eixo da Turbina e a energia mecânica é transformada em energia elétrica.

TURBOGERADORES CTE SOL CARACTERÍSTICA

TURBINA

Tipo Condensador Multi Estágios com Carcaça Simples

Potência Nominal: 98000 KW

Pressão de Entrada: 100.0 bar

Temperatura de Entrada: 532 °C

Nº 1 Pressão de Extração de Vapor: 6,35 bar

Nº 2 pressão de Extração de Vapor: 1,22 bar

Pressão de Exaustão: 0,107 bar

Rotação: 3600 rpm

GERADOR

Tipo GTLRI 544/59-2

Saída: 15600 KVA

Tensão: 13800 V

Corrente: 4836 A

Nº de fases: 3

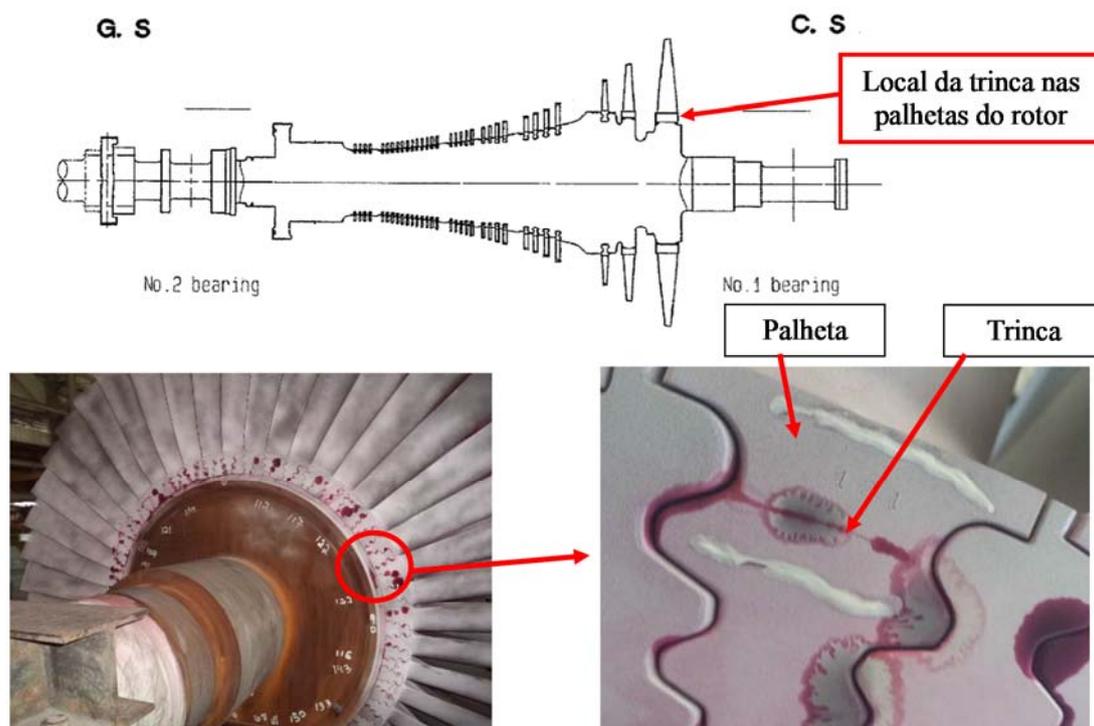
Fator de Potência: 0,85

Nº de Polos: 2

Frequência: 60 Hz

CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Durante a inspeção do rotor da turbina nº 6, em 27/07/15 foram encontradas trincas em 29 palhetas do último estágio conforme mostrado abaixo: (total 46 palhetas)



Fonte: ArcelorMittal Tubarão

HISTÓRICO DE MANUTENÇÃO DO EQUIPAMENTO

A recomendação de manutenção do fabricante pede uma abertura para inspeção de componentes a cada 04 anos e inspeção de integridade de carcaça, rotor, válvulas entre 10 e 12 anos, aplicando ensaios não destrutivos. O histórico de manutenção de o equipamento a seguir mostra que as manutenções de inspeção da turbina que estavam sendo respeitadas conforme orientação do fabricante.

Inspeções realizadas na turbina 06



Fonte: ArcelorMittal Tubarão

OPÇÕES DE MANUTENÇÃO ATÉ A TROCA DAS PALHETAS DO ROTOR

1) Montar TG e operar com palhetas do ultimo estágio trincadas até a chegada do sobressalentes para troca:

Não aceito pois colocaria em risco a segurança das pessoas assim como difícil mensurar qual a perda material causada ao ativo caso ocorra uma quebra de palhetas do rotor em operação.

2) Deixar equipamento parado aguardando chegada dos sobressalentes para troca e conclusão da montagem e testes 27 de agosto até 13 de setembro:

Não aceito pois iria aumentar a perda de geração de energia em mais 16 dias até que o sobressalente chegue do Japão e possa ser montado.

3) Remover Por usinagem de campo, o ultimo estágio de palhetas do rotor montagem e operação do TG6 até a chegada do sobressalentes vindo da Fuji Japão.

Aceito por dois motivos:

1º Dezesseis dias de geração até a chegada do sobressalentes ;

2º Desmontagem parcial da capota da turbina , reduzindo o tempo de colocação da unidade em operação após troca das palhetas do ultimo estágio;

USINAGEM DE CAMPO

Ponto de atenção do serviço:

O corte manual poderia danificar eixo e ou palhetas do estágio anterior. Instalado as proteções físicas conforme ilustrado a seguir:



Preparação para corte de palhetas , proteção do eixo e palhetas do estágio anterior

Corte manual das palhetas do rotor (46 palhetas)

Fonte: ArcelorMittal Tubarão

Não conseguir rodar o eixo garantindo sua posição geométrica concentrica no apoio de ambos os mancais no decorrer da usinagem. Fabricado e instalado lunetas de apoio do rotor , verificação de nivelamento , excentricidade e instalação de apoio axial para garantia não haver deslocamento do eixo durante usinagem.



Luneta de apoio do rotor instalada lado oposto ao acoplamento

Rotor TG 6 peso 24 toneladas apoiado sobre suportes

Luneta de apoio do rotor instalada lado acoplamento

Fonte: ArcelorMittal Tubarão

Risco de variação dimensional no corte individual de palhetas, que iria ocasionar um desbalanço de massa no eixo e conseqüente vibração em operação em função do aumento da força de excitação do eixo $F = m\omega^2 r$.

Instalado equipamento de usinagem de campo para fresagem de topo das palhetas. Definido a altura de corte da palheta em conjunto com o fabricante do equipamento. Instalado batente mecânico para garantir dimensional de usinagem.



Fresadora adaptada para usinagem de topo das palhetas do rotor

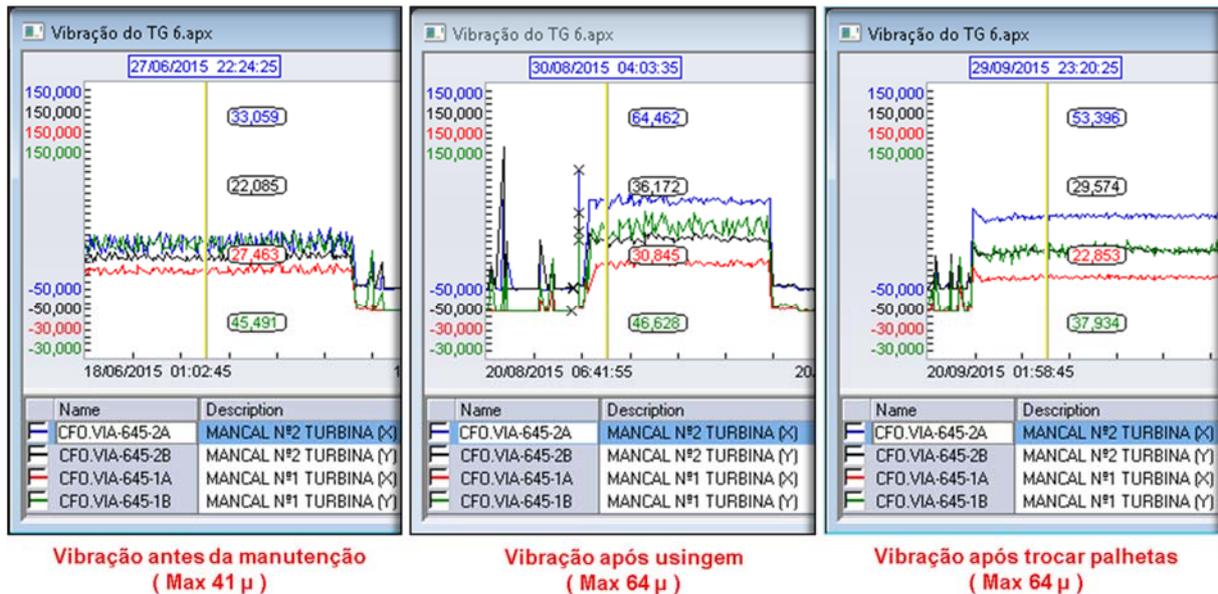
Batente mecânico instalado para garantir o dimensional de corte

Acabamento do após usinagem de topo das palhetas do rotor

Fonte: ArcelorMittal Tubarão

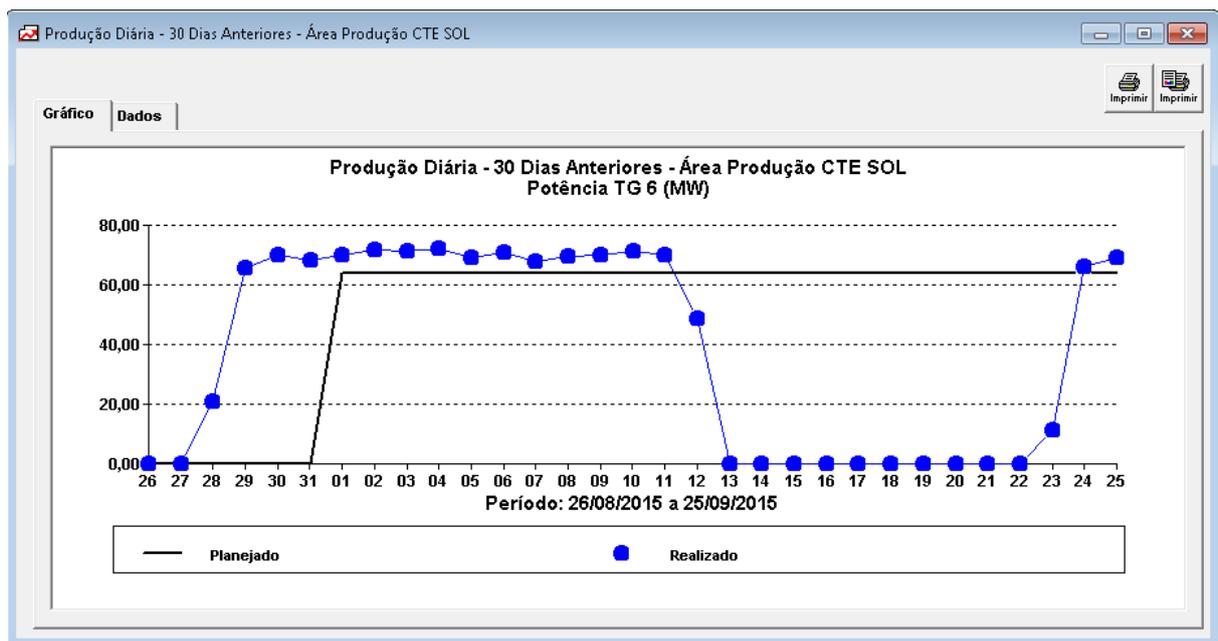
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após montagem e partida da unidade os níveis de vibração aumentaram, mas ficaram dentro dos níveis aceitáveis por norma, até a troca definitiva das palhetas.



Fonte: ArcelorMittal Tubarão

A unidade operou de 28 de agosto de 2015 durante 16 dias com uma geração média de 65.47 MW, contabilizando um ganho de R\$ 3.570.000,00.



Fonte: ArcelorMittal Tubarão

4 CONCLUSÃO

O trabalho apresentado atingiu os dois objetivos desejados. Operou dentro de limites aceitáveis de vibração e gerou um resultado de R\$ 3.570.000,00, período de 16 dias. Destaque para identificação e bloqueio dos riscos na operação de usinagem de campo mencionados acima.

Destaque para a visualização de uma solução de um problema de manutenção, mas com a preocupação de não estar causando ou imputando outro problema a partir da solução adotada.

Agradecimentos

A gerencia de planejamento e inspeção da área de energia, Eng. Adilson Ferrarini, a gerencia de produção da área de energia, Eng. Luiz Enrique Sturião, a gerencia de manutenção da área de energia Eng. Tarley Secchin e o Eng. Fabricio de Assis gerente da planta de energia da ArcelorMittal Tubarão, que apoiaram tecnicamente e assumiram juntos com os engenheiros de manutenção de área, a iniciativa de reduzir o tempo de máquina parada, minimizando os impactos com a perda da geração de energia.

REFERÊNCIAS

- 1 Fabricante do turbo gerador Fuji Japão
- 2 ISO 1940-1 -Mechanical vibration —Balance quality requirements for rotors in a constant (rigid) state