

RECUPERAÇÃO DO RENDIMENTO DAS TURBINAS DE GERAÇÃO DA CENTRAL TERMOELÉTRICA Nº 2 DA USINA PRESIDENTE VARGAS - CSN¹

Márisson Pedro Baesso²

Luiz Antônio da Silva³

Luiz Carlos Beviláqua dos Santos Reis⁴

Reinaldo Lopes Baptista⁵

Resumo

A presente contribuição técnica apresenta os resultados da identificação da causa da perda de rendimento dos turbo-geradores da Central Termoelétrica nº2 da Companhia Siderúrgica Nacional e as alternativas para a solução do problema. A Central Termoelétrica n.º 2 possui dois turbo-geradores com capacidade nominal de 117,5 MW/cada. As turbinas de acionamento dos geradores de 60 Hz, iniciaram à partir de outubro/2006 um processo de perda de rendimento, fazendo com que a meta de geração de energia não fosse atingida, por conta de uma redução da ordem de 70 MW. As turbinas apresentavam alterações nos parâmetros operacionais relativos à temperatura e pressão que limitavam a retomada do patamar de geração. Hipóteses foram analisadas e a causa identificada e solucionada por intermédio de ações apropriadas e controladas no sentido de resguardar a integridade das máquinas. Como resultado, após a recuperação do rendimento das turbinas, voltamos ao patamar normal de geração de energia, evitando desta forma a necessidade de compra de energia externa à um custo maior.

Palavras-chave: Rendimento; Turbinas; Geração de energia; Central termoelétrica

RECOVERY OF THE EFFICIENCY OF THE TURBINES OF GENERATION OF THE CENTRAL THERMOELECTRICAL N.º 2 OF THE PLANT PRESIDENT VARGAS - CSN

Abstract

To present technical contribution it presents the results of the identification of the cause of the loss of income of the turbine-generators of the Thermoelectrical nº2 of the National Metallurgical Company and the alternatives for the solution of the problem. The Thermoelectrical n.º 2 have two turbines-generators with nominal capacity of 117,5 MW/each. The turbines of activate of the generators of 60 Hz, began her/it starting from outubro/2006 a process of income loss, doing with that the goal of generation of energy was not reached, due to a reduction of the order of 70 MW. The turbines presented alterations in the relative operational parameters to the temperature and pressure that limited the retaking of the generation landing. Hypotheses were analyzed and the identified cause and solved through appropriate actions and controlled in the sense of protecting the integrity of the machines. As result, after the recovery of the income of the turbines, we returned to the normal landing of generation of energy, avoiding this way the need of purchase of external energy at the one larger cost.

Key words: Efficiency; Turbines; Generation of energy; Central thermoelectrical

¹ *Contribuição técnica ao 29º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades,, 13 a 15 de agosto de 2008, Porto Seguro, BA*

² *Engenheiro Metalurgista – Eng. de Produção Sênior da Gerência de Geração de Energéticos*

³ *Engenheiro Mecânico – Eng. de Manutenção Sênior da Gerência de Geração de Energéticos*

⁴ *Engenheiro Mecânico – Eng. Especialista em Siderurgia da Gerência Técnica de Engenharia e Projetos*

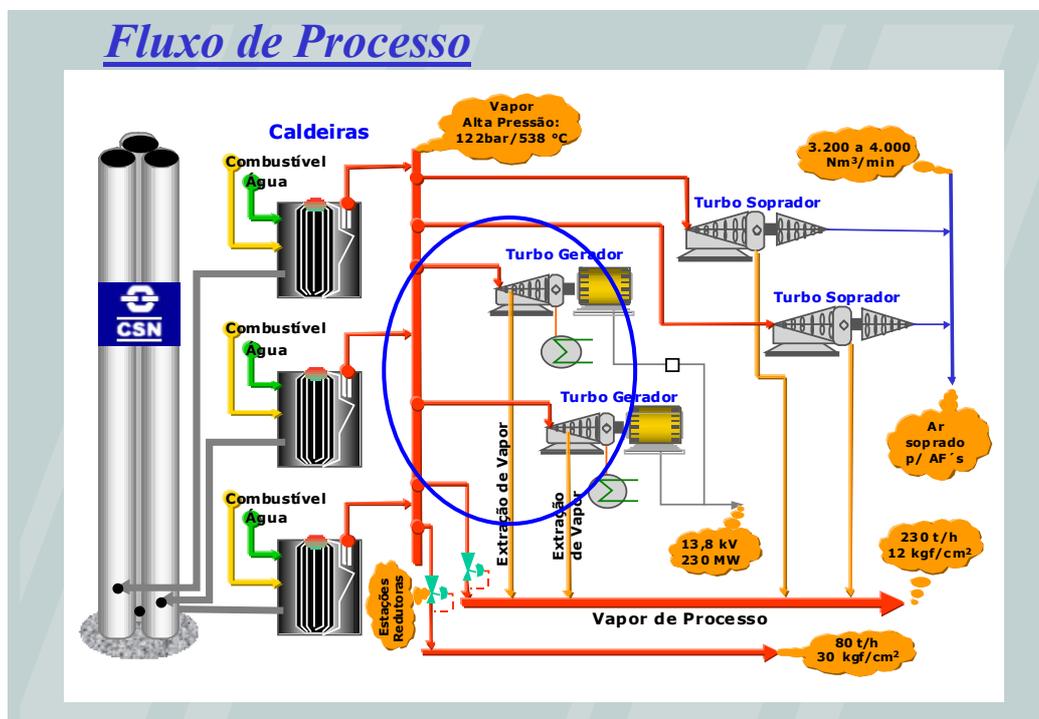
⁵ *Engenheiro Químico – Eng. Especialista da Gerência de Geração de Energéticos*

1 INTRODUÇÃO

A Central Termoelétrica nº 2 é composta por dois conjuntos turbo-geradores, responsáveis (vide figura 1) pela produção de energia elétrica de 60 Hz para Usina Presidente Vargas (UPV). Essas máquinas respondem por cerca de 60% da demanda interna de consumo de energia elétrica da UPV.

O objetivo deste trabalho foi o de identificar e solucionar a causa da perda de rendimento das turbinas dos geradores de 60 Hz da CTE-2, que estava impactando em uma redução da ordem de 70 MWh. Esta redução implicava obrigatoriamente na necessidade de aquisição de energia externa à um custo maior, para atendimento da demanda interna de consumo na UPV.

Hipóteses foram analisadas e a causa identificada e solucionada por intermédio de ações apropriadas e controladas no sentido de resguardar a integridade das máquinas.



Fonte: Central termelétrica n.º 2 da CSN

Figura 1. Fluxo do processo da Central Termoelétrica 2

2 CARACTERÍSTICAS DOS TURBO-GERADORES

As duas turbinas da Central Termoelétrica nº 2 tem capacidade nominal de geração de 117,5 MW em 60Hz cada.

CARACTERÍSTICAS DOS TGEs 10 E 20

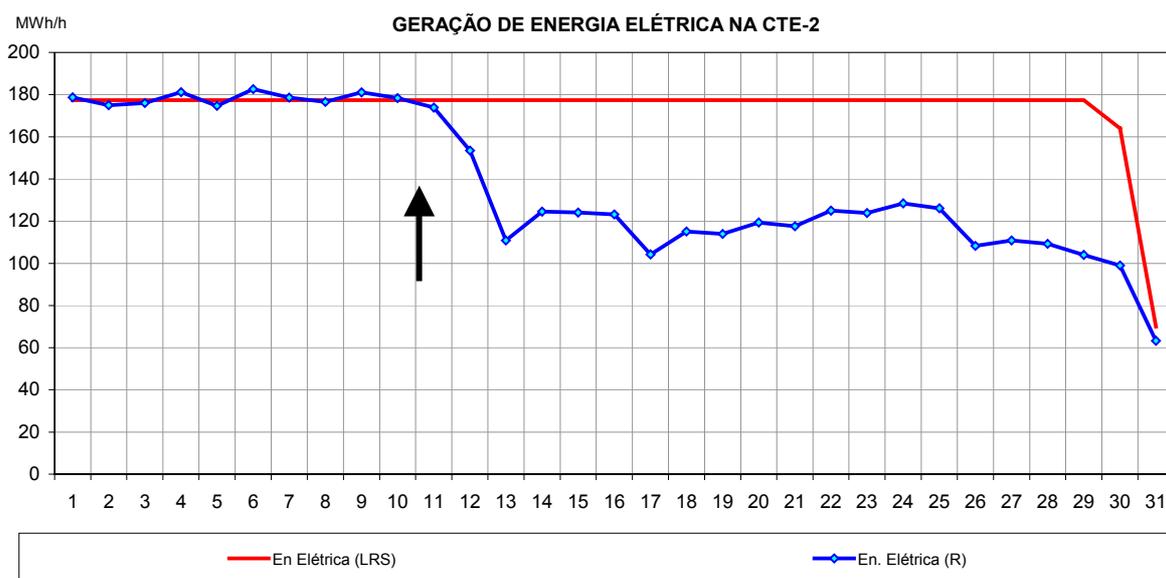


Fonte: Central termelétrica n.º 2 da CSN

Figura 2. Dados de placa dos turbo geradores.

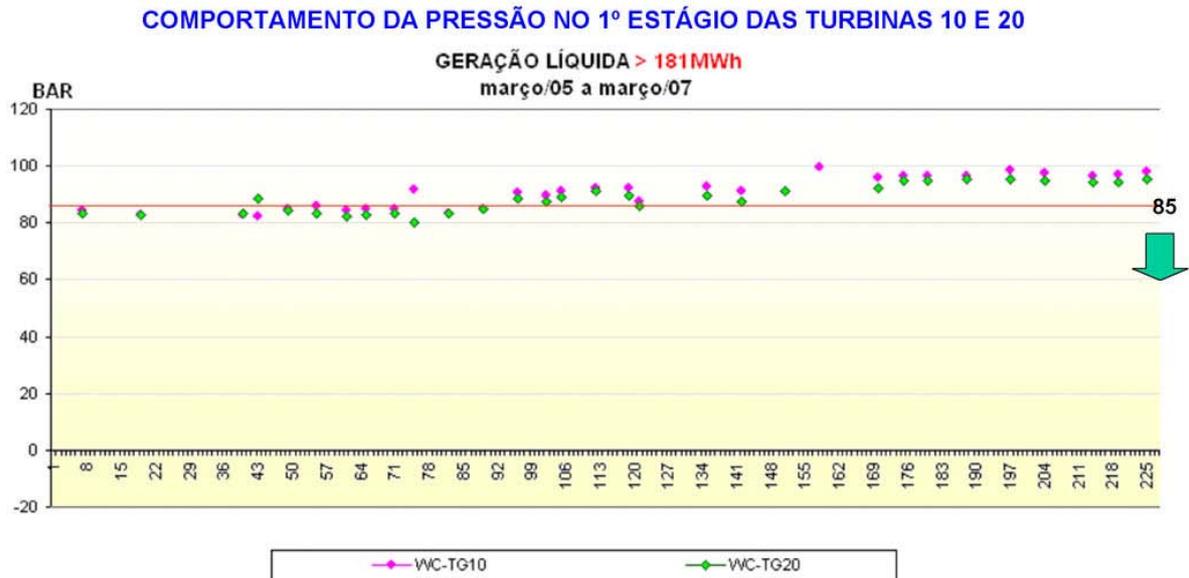
3 HISTÓRICO

As turbinas de acionamento dos geradores de 60 Hz da Central Termoelétrica nº 2, iniciaram à partir de outubro/2006 um processo de perda de rendimento, fazendo com que em março/2007 (Figuras 3 e 4) a meta de geração de energia não fosse atingida por conta de uma redução da ordem de 70 MW. As turbinas apresentavam alterações nos parâmetros operacionais relativos à temperatura e pressão que limitavam a retomada do patamar de geração.



Fonte: Central termelétrica n.º 2 da CSN

Figura 3. Histórico da geração de energia elétrica em março de 2007



Fonte: Central termelétrica n.º 2 da CSN

Figura 4. Histórico da pressão na 1º estágio das turbinas

Considerando que a progressiva perda de rendimento das turbinas certamente culminaria na paralisação das mesmas para uma intervenção prolongada, o que iria impactar diretamente em custo maior para aquisição de energia externa, começamos a estudar e desenvolver uma alternativa que demandasse uma rápida solução para o problema.

4 DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO

Mediante o cenário que se apresentava, avaliamos várias hipóteses que poderiam estar impactando na perda de rendimento das turbinas e, uma delas, os depósitos de sais e sílica que provocam o aumento da pressão no 1º estágio (wheel chamber) foi comprovadamente a principal. Estes depósitos causam obstrução (Figura 5), dificultando a passagem do fluxo de vapor pelos estágios da turbina, tendo como consequência o aumento das variáveis temperatura e pressão, impactando no rendimento do ciclo térmico.



Fonte: Central termelétrica n.º 2 da CSN

Figura 5. Exemplo de depósito de sais e sílica em turbinas

Para comprovar esta hipótese, programamos a parada de uma das turbinas para inspeção na válvula LP que interliga a zona intermediária com a zona de baixa pressão da turbina. A presença de depósitos na sede da referida válvula caracterizaria a presença destes nas palhetas das turbinas (Figuras 6 e 7).



Fonte: Central termelétrica n.º 2 da CSN

Figura 6. Inspeção na sede da válvula LP e filtro de vapor de extração da turbina 20 realizado dia 01/04/2007

Em seguida efetuamos a coleta e análise do material depositado na sede da referida válvula (Figura 7).

- A análise revelou alta concentração de Cloreto de Sódio (NaCl) e Sulfato de sódio ($\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5$). Ambos são solúveis em água.
- Hidróxido de Óxido de ferro (FeOOH) talvez sejam partículas que podem ocasionar corrosão de erosão na área de baixa expansão de vapor.
- Material amorfo Sílica (SiO_2 amorfo).

Elemental Analysis by X-Ray Fluorescence

The sample preparation was: Dried at 105 °C

Sodium as (Na2O)	36 %
Chloride as (Cl)	26 %
Silicon as (SiO2)	21 %
Sulfur as (SO3)	6 %
Iron as (Fe2O3)	3 %
Calcium as (CaO)	2 %
Potassium as (K2O)	2 %
Aluminum as (Al2O3)	1 %
Magnesium as (MgO)	1 %
Total From XRF: 98 %	

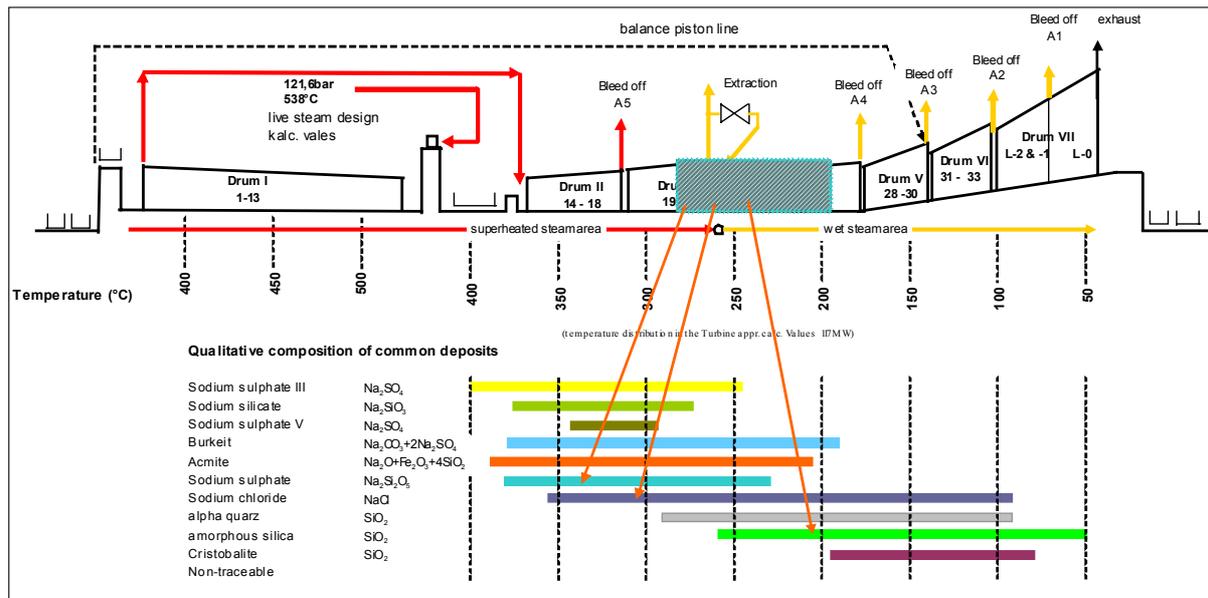
Deposit Analysis Report

X-Ray Diffraction Analysis	Semiquant Method
<i>The XRD was performed on: Sample dried at 105 °C</i>	
Sodium Chloride - NaCl	44 - 54 %
Sodium Sulfate - $\text{Na}_2\text{Si}_2\text{O}_5$	29 - 35 %
Iron Oxide Hydroxide (Lepidocrocite) - FeOOH	<5 %
Amorphous Material	14 - 18 %

Fonte: Nalco do Brasil

Figura 7. Análise química do material coletado da sede da válvula LP das turbinas

Depósitos de sais e sílica são normalmente comuns em turbinas e são carregados pelo vapor superaquecido produzido nas Caldeiras. Para tanto, faz-se necessário um controle rigoroso dos parâmetros (sílica, sódio e condutividade) da água de alimentação das Caldeiras. Altas taxas de deposição de sais e sílica, comprometem num curto espaço de tempo o rendimento das turbinas. Para turbinas de grande porte, estima-se um tempo de 10 anos para sua abertura e conseqüente processo de limpeza mecânica dos internos. Em virtude das condições de temperatura e pressão ao longo dos estágios da turbina vários tipos de depósitos podem ocorrer de acordo com a susceptibilidade (Figura 8).



Fonte: Siemens

Figura 08. Condição de depósitos por região da turbina

Com a identificação da causa do problema, tornou-se necessário a definição de uma alternativa para remoção destes depósitos, que em princípio não demandasse um tempo prolongado e que o custo fosse mínimo. De acordo com a tabela abaixo (Quadro 1), foi efetuado um estudo detalhado levando em consideração as vantagens e desvantagens de cada alternativa para a remoção dos sais e da sílica.

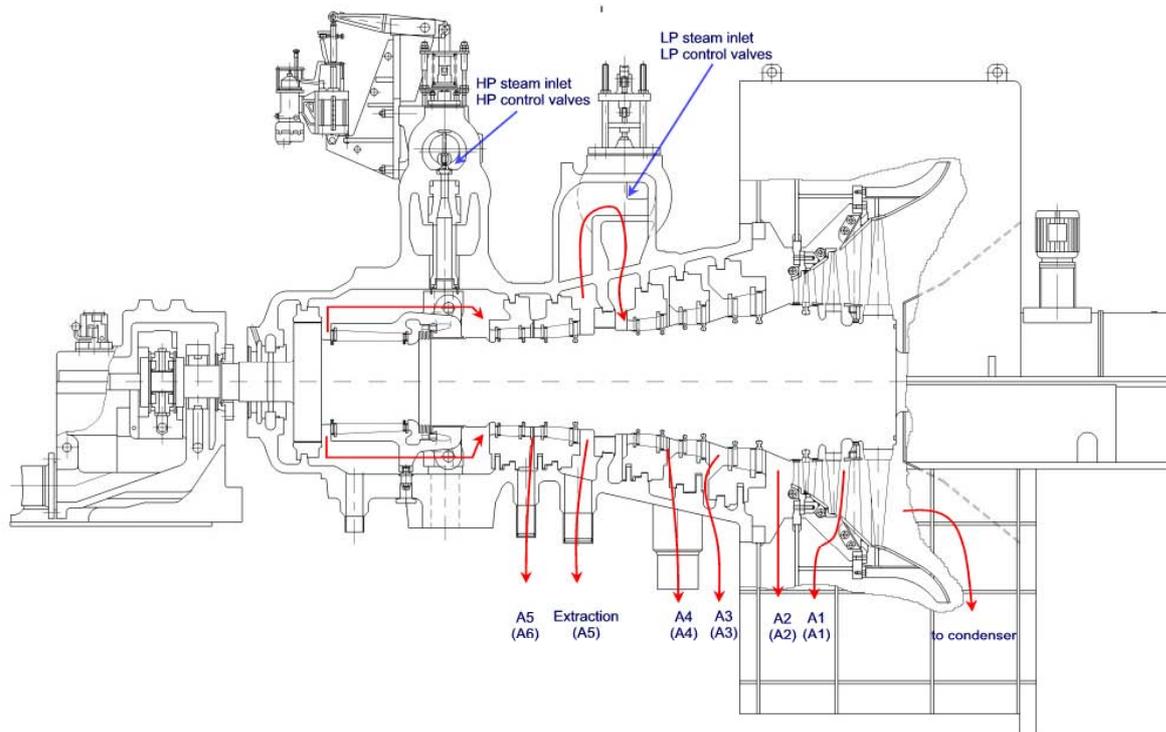
Quadro 1. Procedimentos de limpeza da turbina (vantagens e desvantagens)

PROCEDIMENTO	VANTAGENS	DESvantagens
Enxágüe com solução alcalina	Sem necessidade de abertura da turbina	1. Tempo prolongado para execução do procedimento 2. Necessidade adequação da turbina para acondicionamento da solução 3. Alto Custo
Limpeza com vapor úmido	1. Sem necessidade de abertura da turbina 2. Tempo reduzido para execução do procedimento	Alto custo e tempo prolongado para instalação de sistema de dessuperaquecimento de vapor para as turbinas
Limpeza mecânica (jateamento)	1. Melhor avaliação dos internos das turbinas 2. Alta eficiência de limpeza	Alto custo e tempo prolongado para abertura e limpeza das turbinas

Fonte: Central termelétrica n.º 2 da CSN

5 FLUSHING (LIMPEZA) COM VAPOR ÚMIDO

O mecanismo para remoção dos depósitos de sais e sílica das turbinas utilizando vapor úmido consiste no princípio da abrasividade. A presença de gotículas de água associada à alta velocidade do fluxo de vapor (Figura 9) nas palhetas das turbinas, promovem por abrasão a remoção destes depósitos.



Fonte: Manual Siemens

Figura 9. Direção do fluxo de vapor dentro da turbina

A utilização de vapor úmido, foi em princípio a alternativa mais viável em virtude do tempo de execução do procedimento e da não necessidade de abertura da turbina. Porém, haveria a necessidade de instalação de um sistema de dessuperaquecimento (injeção de água para umidificar o vapor) para cada turbina, o que demandaria um alto investimento e um tempo prolongado para a implementação. No entanto, como a remoção dos depósitos fazia-se necessária, vislumbramos uma possibilidade interna que retirava a necessidade de instalação de sistemas de dessuperaquecimento de vapor para as turbinas.

A Central Termoelétrica nº 2 possui 03 unidades geradoras de vapor, são as Caldeiras 81, 82 e 83. Estas Caldeiras, dispõem de sistemas de controle de temperatura de vapor independentes (Figura 9). Além disto, a configuração do sistema interno de distribuição de vapor da Central Termoelétrica nº 2 permite por meio de manobras de bloqueio, que apenas uma Caldeira forneça vapor prioritariamente para uma turbina (Figuras 10 e 11).

Desta forma reunimos as pré condições para execução do procedimento:

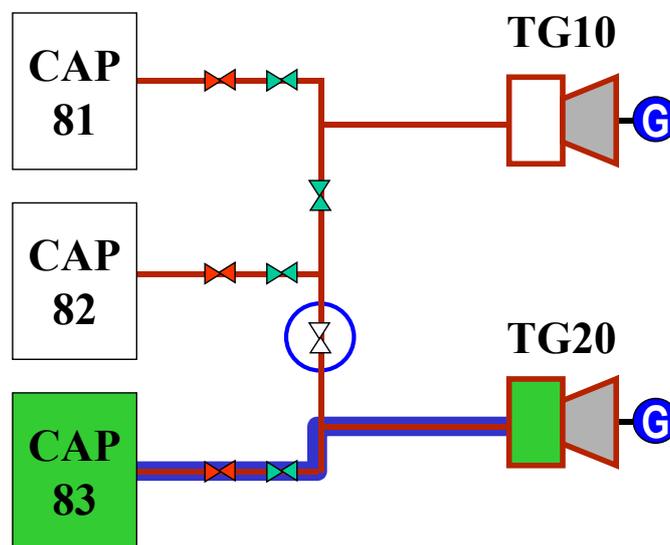
- Isolamento de 1 caldeira para o flushing (Figuras 10 e 11)
- Adequação da Temperatura do vapor (redução de 540°C para 380°C)
- Flushing – Remoção dos depósitos

Apesar de viável este procedimento, utilizando os próprios recursos da da CTE-2, vale ressaltar que o mesmo para este tipo de turbina de grande porte, jamais havia sido aplicado. Portanto, a remoção utilizando vapor úmido implicava em risco eminente para as turbinas:

- Desgaste excessivo das palhetas por abrasão;
- Quebra dos internos da turbina (palhetas, diafragmas).

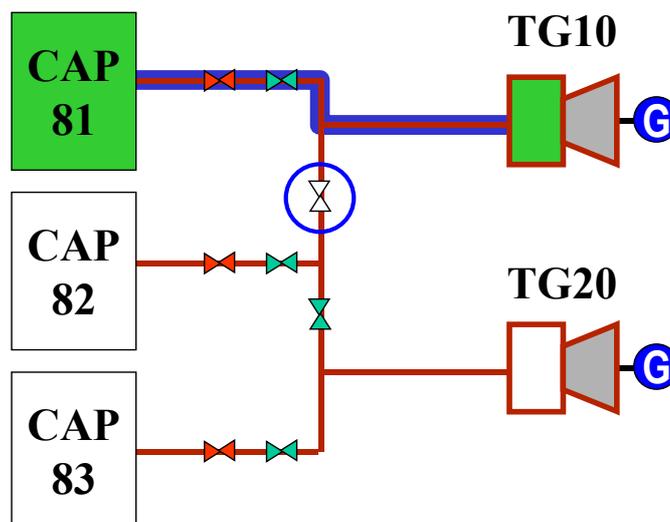
Para tanto, foram tomadas ações preventivas para minimizar os riscos:

- Controle da taxa de redução da temperatura (5°C/minuto) do vapor na Caldeira;
- Controle efetivo da pressão de vapor gerado na Caldeira (120 bar);
- Monitoramento dos parâmetros de condutividade e sílica do condensado da turbina (Figura 12)
- Monitoramento das variáveis operacionais das turbinas (pressão, vazão e temperatura – Figura 13)



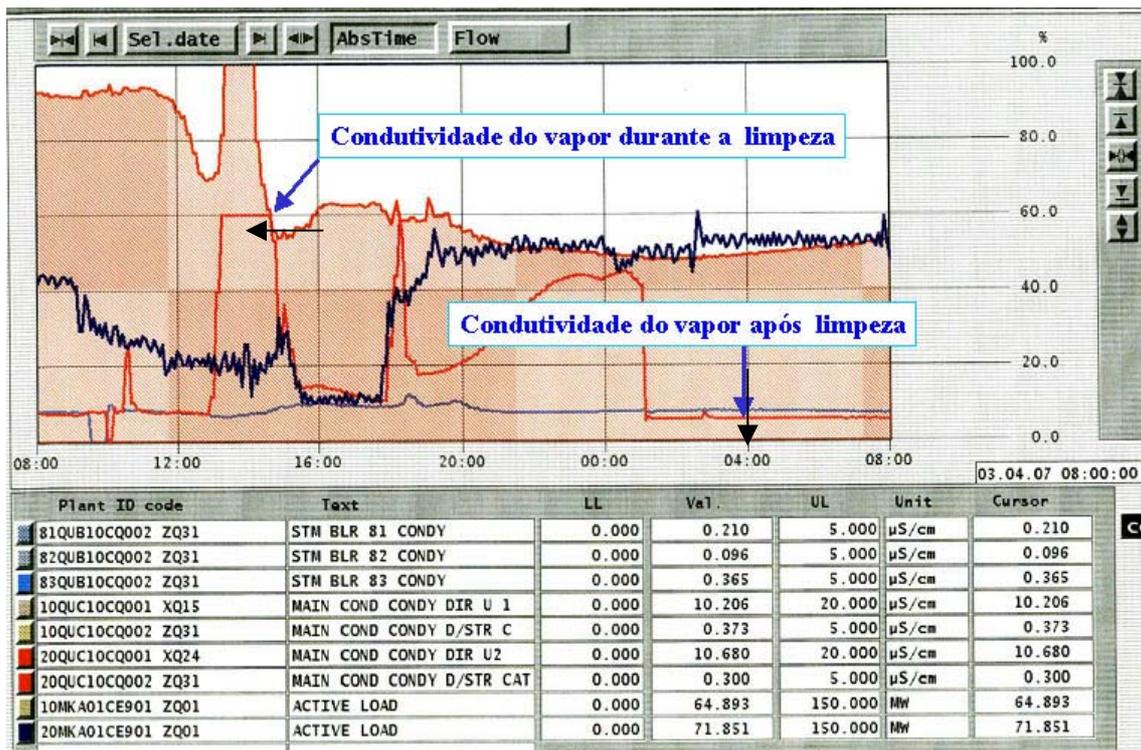
Fonte: Central termelétrica n.º 2 da CSN

Figura 10. Procedimento para limpeza da turbina 20 - dia 02/04/2007



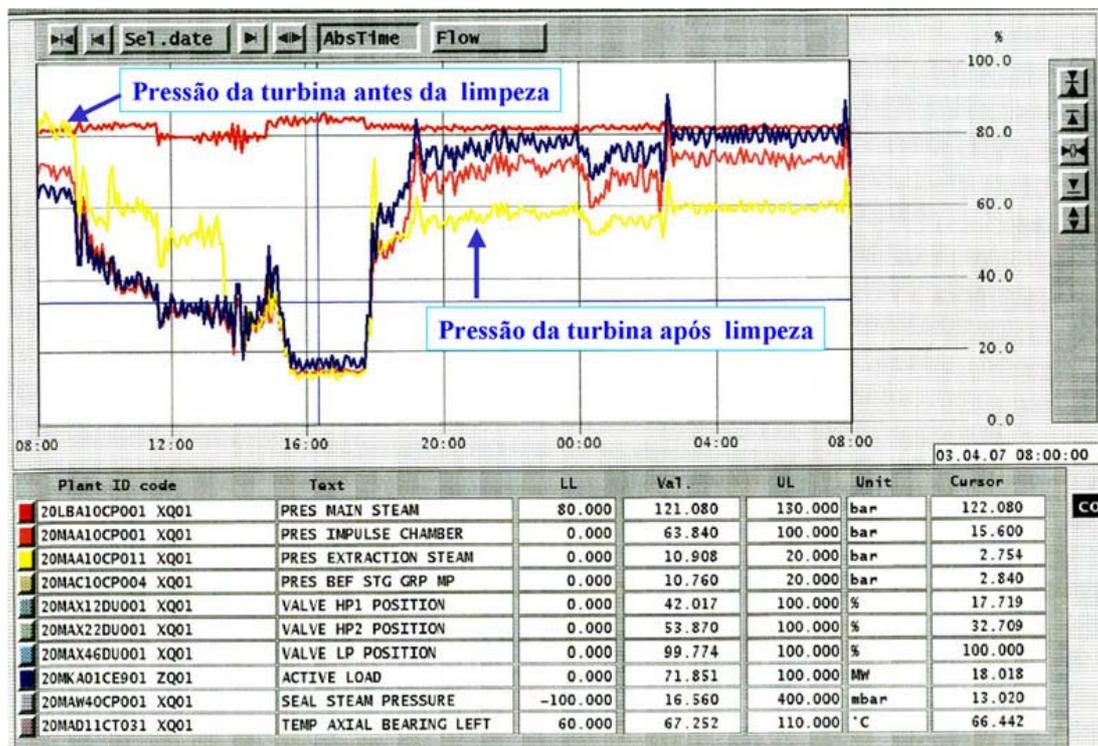
Fonte: Central termelétrica n.º 2 da CSN

Figura 11. Procedimento para limpeza da turbina 10 - dia 04/04/2007



Fonte: Central termelétrica n.º 2 da CSN

Figura 12. Parâmetros monitorados na limpeza das turbinas

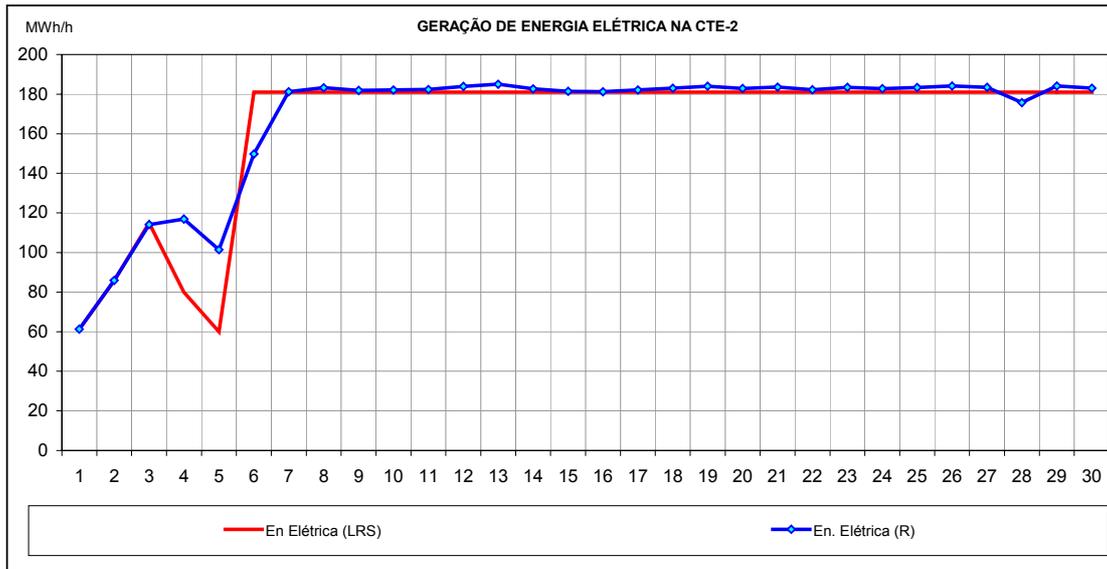


Fonte: Central termelétrica n.º 2 da CSN

Figura 13. Parâmetros monitorados na limpeza das turbinas

6 RESULTADOS

Após a execução do procedimento utilizando vapor úmido realizado nos dias 02 e 04/04/2007 respectivamente, as turbinas retomaram o patamar de rendimento esperado, restabelecendo a meta de geração de energia elétrica (Figura 14).



Fonte: Central termelétrica n.º 2 da CSN

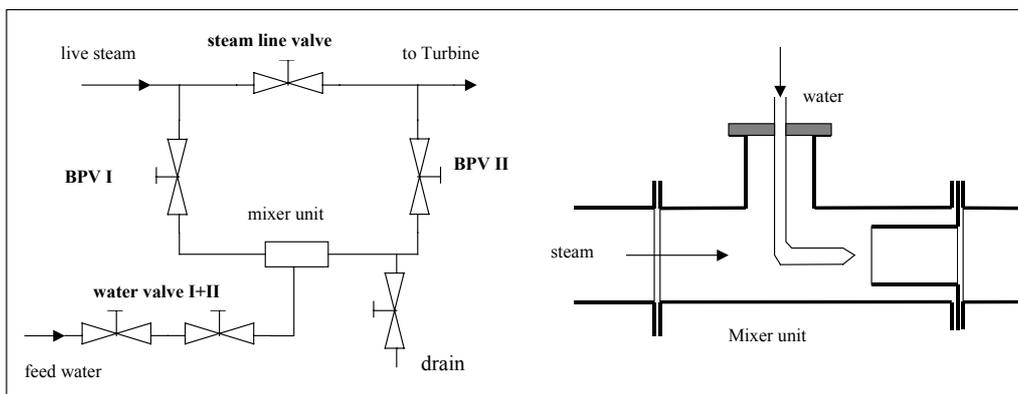
Figura 14. Perfil da geração de energia elétrica em abril de 2007

7 BALANÇO ECONÔMICO

Mediante os resultados obtidos, esta contribuição técnica representou para a Empresa sob o ponto de vista de custo, com a retomada do patamar de geração de energia, o menor impacto possível, uma vez que a alternativa aplicada demandou a utilização de recursos próprios. Na seqüência, apresentamos um balanço econômico onde foi levado em consideração os seguintes aspectos: custo comparativo entre as alternativas propostas para limpeza das turbinas, custo da energia externa e o tempo de parada dos equipamentos

7.1 Custo Comparativo entre as Alternativas

- Instalação de sistemas dessuperaquecedores nas turbinas
Custo: R\$ 3.000.000,00 - tempo de parada: 7 dias



Fonte: Central termelétrica n.º 2 da CSN

Figura 15. Diagrama da instalação dos dessuperaquecedores nas turbinas

- Abertura da turbina para limpeza mecânica
Custo: R\$ 4.000.000,00 - tempo de parada: 60 dias
- Limpeza utilizando sistema de dessuperaquecimento das Caldeiras da CTE-2
Custo: zero - tempo de parada: zero
Limpeza com as Turbinas em Operação
- Limpeza utilizando solução alcalina
Custo: R\$ 3.000.000,00 - Tempo de Parada: 10 dias
Obs.: Para esta alternativa não foi identificada no mercado nenhuma empresa capacitada para a execução do procedimento

Custo da Energia Externa = R\$ 164,00 MWh

Este custo representa o valor que a empresa necessitaria desembolsar para adquirir energia da concessionária (LIGHT).

Custo diário da Limitação das Turbinas de Geração

24hs x 70MWh x R\$164,00 = R\$ 275.520,00

Comparativo em Energia das Alternativas de Limpeza das Turbinas

Para quantificar este custo, utilizamos o número de dias de parada das turbinas, o montante de energia externa necessária para suprir a demanda da UPV e o custo da energia externa.

1) Instalação de 02 dessuperaquecedores nas Turbinas

14 dias x 24 h x 110 MW x R\$ 164,00 = R\$ 6.061.440,00

2) Abertura da turbina para limpeza mecânica

120 dias x 24 h X 110 MW x R\$ 164,00 = R\$ 51.955.200,00

3) Limpeza utilizando o sistema de dessuperaquecimento das caldeiras da CTE-2

3 h x 70 MW x R\$ 164,00 = R\$ 34.440,00

4) Limpeza utilizando solução alcalina

10 dias x 24 h X 110 MW x R\$ 164,00 = R\$ 4.329.600,00

Portanto, dentre as alternativas propostas, a número 3 foi a que apresentou a menor relação custo/benefício.

8 CONCLUSÃO

Esta contribuição técnica demandou um estudo detalhado das turbinas de geração da Central Termoelétrica nº 2, com o envolvimento de várias especialidades e teve como resultado imediato a recuperação do rendimento destas máquinas. Vale ressaltar que o procedimento executado, jamais havia sido adotado, por se tratar de máquinas térmicas de grande porte e em função dos riscos associados à integridade das mesmas. Porém, através de ações preventivas e de controle das variáveis de processo e operacional, tornou-se viável a execução do referido procedimento.

Outro ponto importante, que merece destaque foi o resultado da análise dos equipamentos e processos da Central Termoelétrica nº 2, que proporcionou a viabilidade de utilização dos recursos próprios da planta sem a necessidade de investimentos de alto custo.

O conhecimento técnico (know-how) adquirido neste processo configura um ganho intangível para os colaboradores e, que certamente poderá ser disponibilizado e patentado para equipamentos/processos afins.

Portanto, o resultado do desenvolvimento deste trabalho, mostra o compromisso da área de Energéticos e Utilidades quanto às metas e o impacto dos custos que envolvem o processo de obtenção do aço.

Agradecimentos

Engenheiros Raimundo Moreira Borges e Dener Vieira Cabreira, Líder de energéticos Mauro Cândido Menezes de Souza, Supervisor de energéticos Luís Paulo Silva

BIBLIOGRAFIA

- 1 AFONSO L. O. A., BRAMBILLA P. A., ALMEIDA W. P. Análise de Causa Básica de Falha em Palheta de Turbina Vapor. Salvador-BA: COTEC, 2002.
- 2 RAY BEEBE. Condition monitoring of steam turbines by performance analysis. Journal of Quality in Maintenance Engineering, v. 9, n. 2, p. 102-112, 2003.
- 3 MANUAL SIEMENS CENTRAL TERMELÉTRICA CTE-2 DA CSN. Steam Turbine, Operation Instructions Section 1.2, pasta MA.1.03+.
- 4 BRAILE P.M., CAVALCANTE J.E.W.A. Manual de tratamento de águas residuárias industriais – São Paulo: CETESB, 1993, 18 ed.
- 5 SANTOS FILHO D., Tecnologia de tratamento de água para indústria, Almeida Neves - Editores LTDA. 1976.
- 6 EVANDRO DANTAS, Tratamento de água de refrigeração e caldeiras, J.O Editora, Rio de Janeiro - 1988.