



AVALIAÇÃO DA INTEGRIDADE DOS TUBOS DAS CALDEIRAS 8 & 9 DA CENTRAL TERMOELÉTRICA 1¹

Luiz Antônio da Silva²
André do Carmo Lage³

Resumo

Este trabalho tem como objetivo apresentar os resultados da avaliação de integridade realizada nas Caldeiras 8 & 9 da Central Termoeletrica 1, para avaliar a vida residual dos componentes tubos, bem como a implementação das ações recomendadas, após resultado dos ensaios de endoscopia, metalografia, medição da camada de óxido e dimensional (US, A/B Scan e Eddy current). A avaliação aborda os estudos efetuados nos principais componentes da Caldeira, aos quais foram aplicadas técnicas modernas para avaliar o mecanismo de danos atuante. Os ensaios não destrutivos (END's) utilizados permitiram indicar seus danos acumulativos e os pontos críticos para correção. A realização deste teve como benefício o aumento da confiabilidade e disponibilidade operacional das Caldeiras.

Palavras-chave: Caldeira; Avaliação de integridade; Ensaios mecânicos.

INTEGRITY ASSESSMENT OF THE TUBES OF THE BOILERS 8 & 9 AT POWER PLANT

Abstract

This work presents the results of the integrity analysis made in the boiler number 8 and 9 of Thermoelectric Center number 1 of CSN to evaluate the residual life of components tubes, as well as the implementation of best recommended actions, after results of the tests of endoscopy, metallography, measurement of oxide layer and dimensional (US, a/b Scan and Eddy current). This work evaluates the studies performed in the main components of the boilers, which were applied modern techniques to analyse the failure mechanisms. The non-destructive testing (NDT) used allowed indicate its damage accumulative and critical points for correction. The realization of this work had the benefit increased operational reliability and availability of boilers.

Key words: Boiler; Integrity analysis; Non-destructive testing.

¹ Contribuição técnica ao 31º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 25º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 17 a 20 de agosto de 2010, Foz do Iguaçu, PR

² Engenheiro Mecânico – Engenheiro Especialista da Gerência de Geração de Energéticos da CSN.

³ Técnico de Mecânica – Técnico de Manutenção Mecânica da Gerência de Geração de Energéticos da CSN.



1 INTRODUÇÃO

O Processo da Unidade Geradora de Energia de 50 Hz⁽¹⁾ é composto por três caldeiras⁽²⁾ constituídas por tubos especiais de aço refratários, conforme Figura 1, que fazem a geração de vapor para a produção de energia elétrica de 50 Hz na Usina Presidente Vargas (UPV).

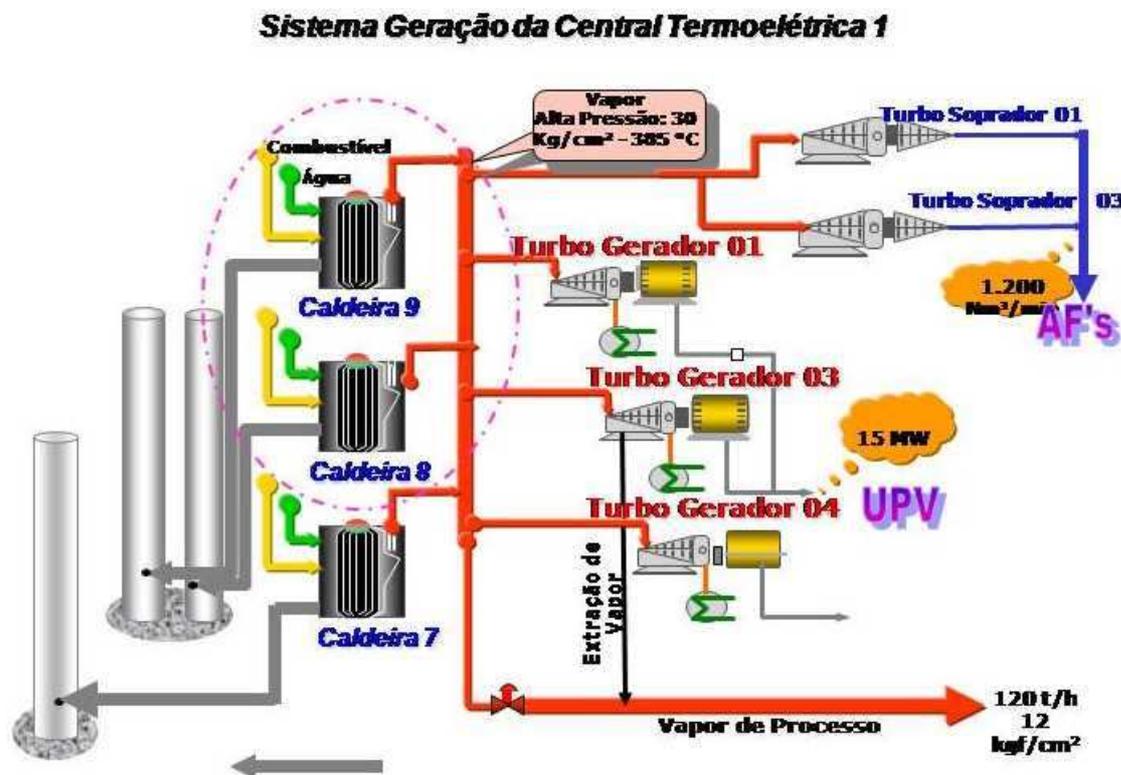


Figura 1. Fluxograma da unidade geradora de energia de 50 Hz.

Este trabalho tem como objetivo apresentar os resultados da avaliação de integridade realizada nas Caldeiras 8 e 9 da Central Termoeletrica 1, para avaliar a vida residual dos componentes tubos, bem como a implementação das ações recomendadas, após resultado dos ensaios de endoscopia, metalografia, medição da camada de óxido e dimensional (US, A/B Scan e Eddy current).⁽³⁾

As Caldeiras 8 e 9 entraram em operação em 1980, afim de compor o sistema de geração da CTE-1 da CSN. Os ensaios não destrutivos (END's) utilizados permitem indicar os danos acumulativos nos tubos e aumentar a confiabilidade e disponibilidade operacional das Caldeiras.⁽⁴⁾

2 DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO

Os geradores de vapor 8 e 9, Figura 2, têm as seguintes características:

- Fabricante: CBC;
- Tipo: Caldeira Aquatubular;
- Ano de Fabricação: 1980;
- Modelo: VU – 60;
- Pressão de Prova: 57 Kg/cm²;
- Pressão de Operação: 30 Kg/cm²;
- Capacidade de Produção: 100 Ton/h;



- Temperatura do Vapor: 385°C;
- Projeto dos Tubos: ASME SA 179 - SA 335 P1;
- Dimensões: Ø 50,8 X 4,0 mm - Ø 1370 X 63,5 mm.

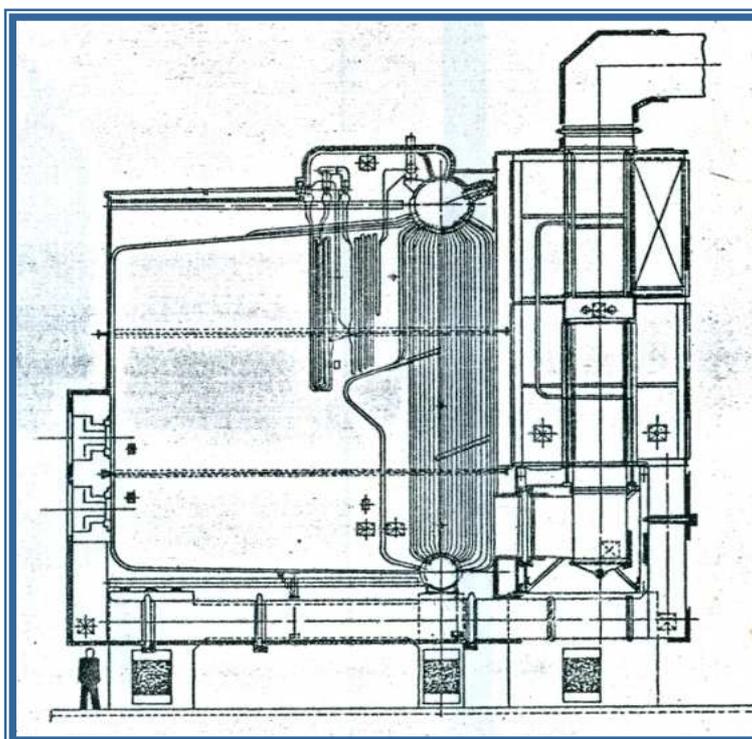


Figura 2. Ilustração das caldeiras 8 e 9.

3 HISTÓRICO

As caldeiras 8 e 9 começaram a apresentar os problemas de indisponibilidade em 2007 provocados por falha na tubulação,⁽⁵⁾ rompimento de tubos. Em 2007 e em 2008 estas caldeiras apresentaram 19 paradas conforme Figura 3, com interferência na produção, causando uma redução na geração de Energia Elétrica na UG 50Hz de 7 MW/h por parada e uma perda total de geração de 9576 MW, conforme Figura 4.

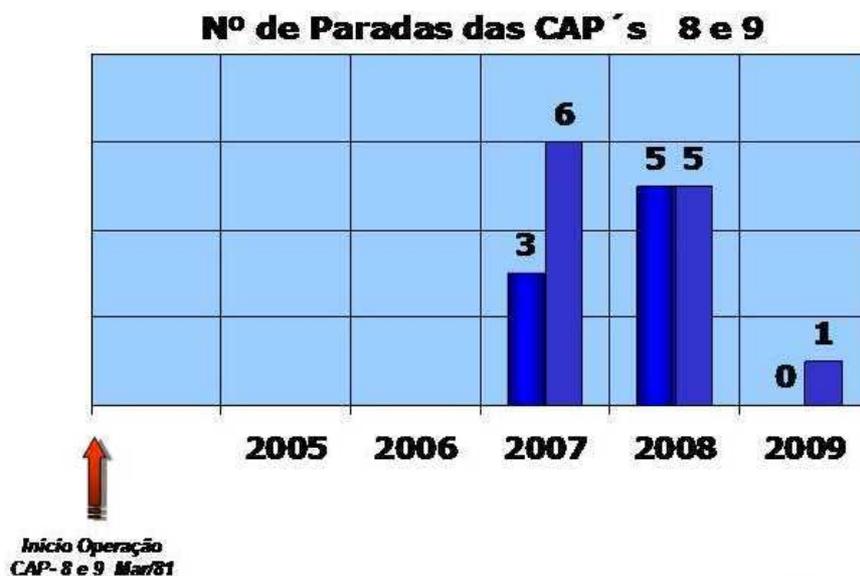


Figura 3. Gráfico do número de intervenção.

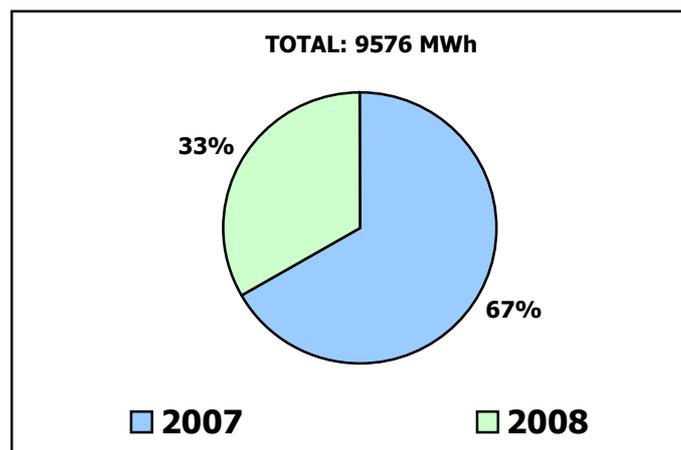


Figura 4. Gráfico da perda de geração.

Estas ocorrências foram causadas pelas alterações das propriedades físicas da estrutura interna do material, levando as tubulações a fadiga térmica, devido aos mecanismos de fluência.⁽⁶⁾

Considerando que uma avaria mais séria nesse equipamento redundaria na paralisação da Caldeira e conseqüentemente a não geração de 7 MW/h nominais da planta, o prejuízo foi em torno de R\$ 24.000,00/dia, logo a CSN começou a estudar e desenvolver uma alternativa para solução do problema.

4 DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO

Com o cenário supra citado, começaram as análises do projeto, verificando os componentes especificados, as condições operacionais e um estudo com análise do funcionamento da Caldeira.⁽⁴⁾

Conceito: As caldeiras tem seus tubos submetidos a alta temperatura, cerca de 400°C e pressurizados a 60 kgf/cm². Estas condições severas, altera as propriedades físicas e a estrutura interna do material, além de aumentar significativamente a condição os tubos e redução de sua resistência mecânica⁽⁷⁾ (Figura 5).

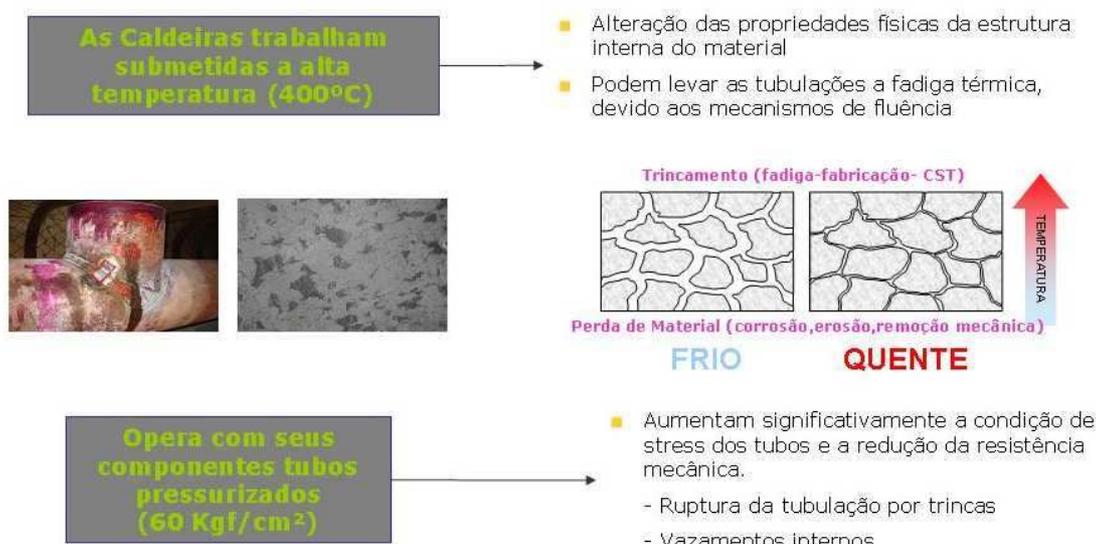


Figura 5. Figura mecanismo de falha das caldeiras.



4.1 Metodologia Aplicada

A Avaliação de Integridade das caldeiras⁽⁸⁾ serviu também para atender ao item 13.5.6 da NR-13. Sendo que o estado físico atual da caldeira foi avaliado com base nos registros históricos relevantes de inspeção, manutenção e operação, e principalmente nos resultados dos exames e testes executados nesta avaliação.

Os exames aplicados foram definidos segundo a seguinte metodologia (Figura 6): análise crítica dos dados de projeto e históricos de inspeção, manutenção e operação; determinação dos principais mecanismos de deterioração atuantes e danos associados em cada componente pressurizado, com base nas normas técnicas aplicáveis,⁽⁹⁾ na literatura especializada e em experiências adquiridas em outras avaliações de caldeiras; definição dos exames e testes dirigidos para detecção dos danos e defeitos prováveis e possíveis; planejamento da execução destes exames e testes; execução dos exames e testes ; análise dos resultados dos exames e testes executados, em relação aos critérios do código de projeto,⁽¹⁰⁾ normas API⁽⁹⁾ (Figuras 7 e 8), e literatura técnica aplicáveis.

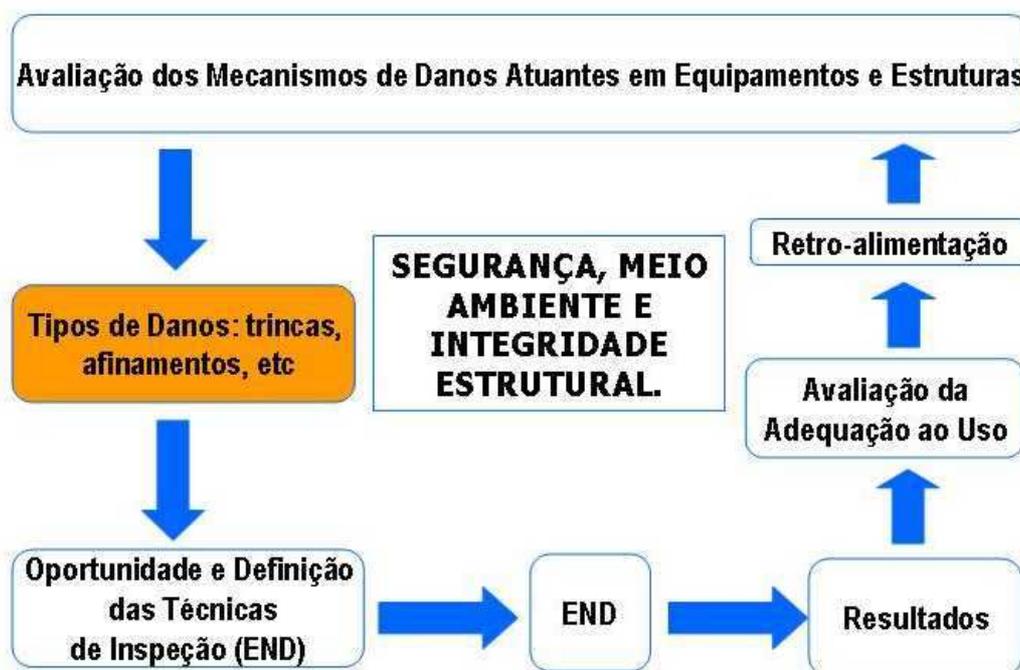


Figura 6. Fluxograma da avaliação dos mecanismo de falha.



CÓDIGO ASME Edição 2001, SecV-Artigo 1, Pag 15.2, Tabela A-110
Recomendação do Método END e PDD (Probabilidade de Detecção)

1 - 80% > PDD > 100% 2 - 60% > PDD > 80% 3 - 50% > PDD > 60% -- NA PDD < 50%

Método END	VT	PT	MT	ET	RT	UTA	UTS	AE	UTT
Trincas em todos Materiais	3	1	1	2	2	2	3	1	--
Porosidade	1	1	3	--	1	3	3	3	--

API – 581 Inspeção Baseada em Risco

Técnica de Inspeção	Afinamento	Trinca Superficial	Trinca Interna	Micro Fissura	Alterações Metalúrgicas	Alterações Dimensionais	Empolamento
Inspeção Visual	1-3	2-3	X	X	X	1-3	1-3
Ultra-som Normal	1-3	3-X	3-X	2-3	X	X	1-2
Ultra-som Angular	X	1-2	1-2	2-3	X	X	X
Partículas Magnéticas	X	1-2	3-X	X	X	X	X
Líquidos Penetrantes	X	1-3	X	X	X	X	X
Emissão Acústica	X	1-3	1-3	3-X	X	X	3-X
Correntes Parasitas	1-2	1-2	1-2	3-X	3-X	X	X
Fluxo Magnético	1-2	X	X	X	X	X	X
Radiografia	1-3	3-X	3-X	X	X	X	X
Medições Físicas	1-3	X	X	X	X	1-2	X
Metalografia	X	2-3	2-3	2-3	1-2	X	X

Figura 7. Ensaios recomendados (probabilidade de detecção).

COMPONENTES DA CALDEIRA	MÉTODO DE INSPEÇÃO									
	IV	LP	US	ME	ABS	EC	MCM	RM	DU	END
TUBOS SUPERAQUECEDOR	X		X	X	X		X	X		
TUBULÕES ÁGUA E VAPOR	X	X	X			X		X	X	
CIRCULAÇÃO DE ÁGUA (COLETORES)	X	X		X	X	X				
TUBOS FORNALHA (BANK E PAREDE)	X			X	X			X		X
CONEXÕES DE VAPOR	X	X	X		X	X		X		

Legenda:

IV- Inspeção visual	EC- Ed current
LP- Líquido penetrante	MCM- Medição da camada de magnetita
US- Ultra som	RM- Réplica Metalográfica
ME- Medição de espessura	DU- Dureza
ABS- AB Scan	END- Endoscopia

Figura 8. Métodos de inspeção para avaliação de integridade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise dos resultados dos exames e testes,⁽³⁾ conforme exemplos das Figuras 10 e 11, executados em relação aos critérios do código de projetos e literatura técnica aplicáveis nos principais componentes das caldeiras (Figura 9), focando na extensão de vida útil mostraram que as condições operacionais das caldeiras atendem aos limites estabelecidos no projeto original, sendo a produção atual a de projeto, a temperatura do vapor na saída após o dessuperaquecedor igual a 380°, podendo alcançar picos de até 440° antes do dessuperaquecedor conforme verificado nos registros de operação.



• Todo os tubos , com ênfase aos Pontos Críticos (junções soldadas)

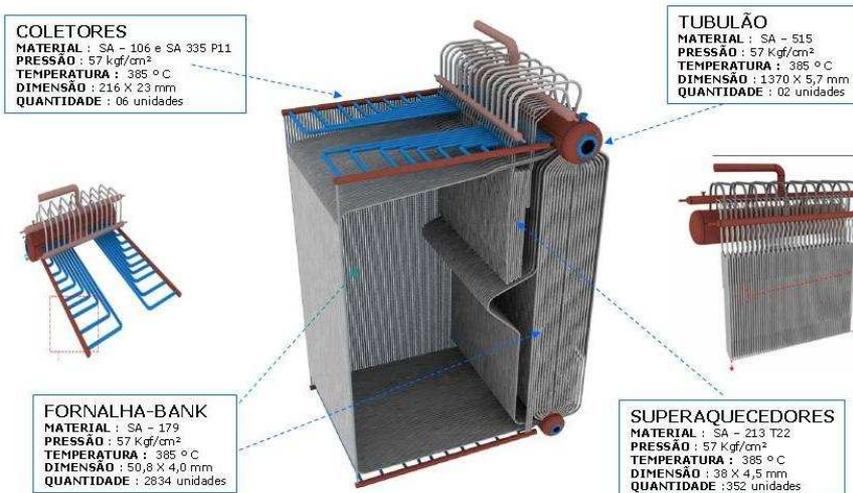


Figura 9. Principais componentes das caldeiras.

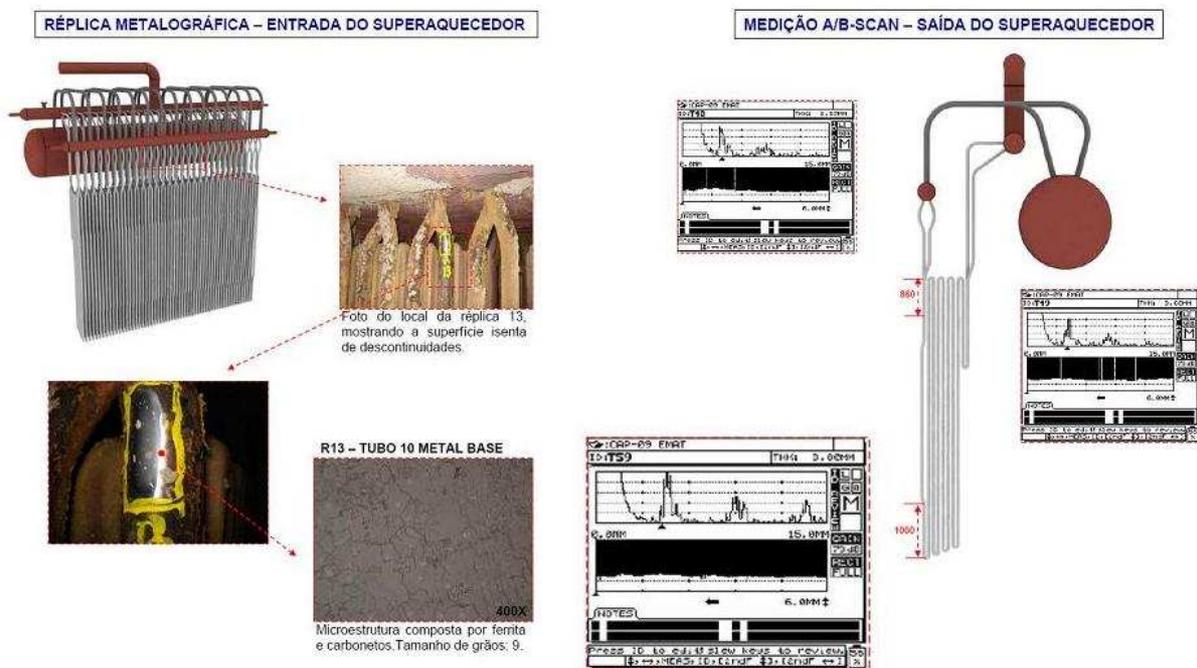


Figura 10. END (Réplica metalográfica e medição A/B Scan).

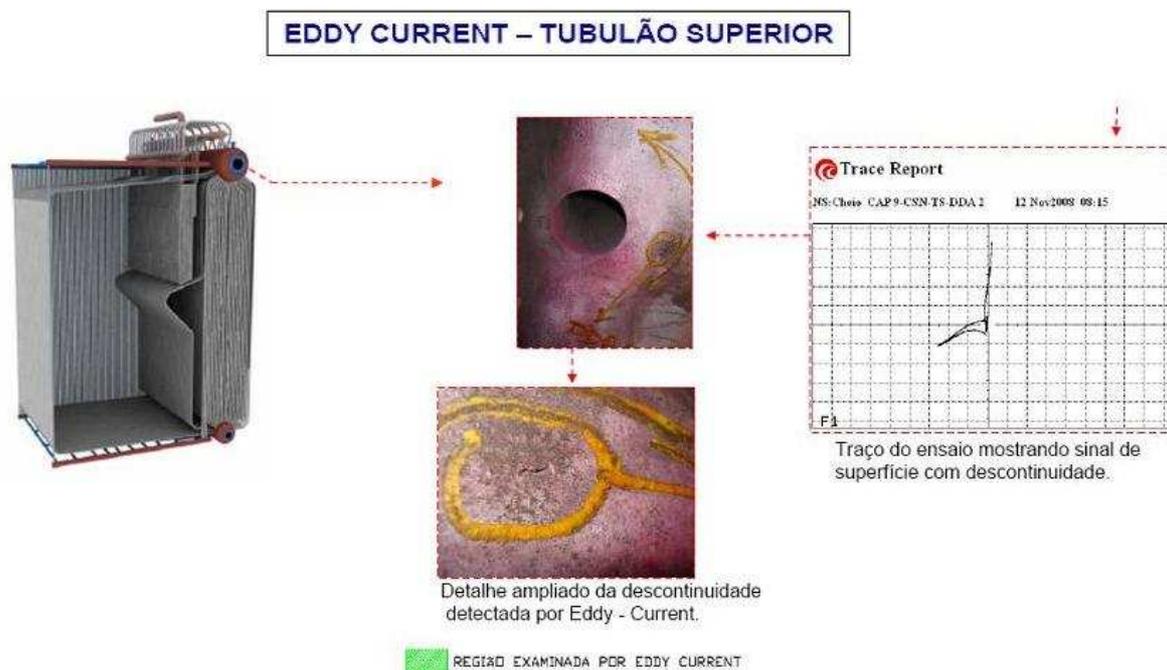


Figura 11. Ensaio Eddy Current – tubulão superior.

Após realizações dos ensaios e testes nos principais componentes das caldeiras⁽⁸⁾ após reparos pode ser verificada as condições operacionais conforme Figura 12. Então, pôde-se afirmar que a vida residual dos tubos pode-se estimada em 4,45 anos conforme Figura 13, e o número de falhas após a execução da avaliação de integridade e reparos foi reduzido a zero conforme Figura 14.

COMPONENTES DA CALDEIRA	DDA's (danos, defeitos ou avarias)	FOTO	REPARO EXECUTADO	LAUDO FINAL
TUBOS SUPERAQUECEDOR	Não determinado			OK
TUBULÕES ÁGUA E VAPOR	Trinca superficial		X	OK
CIRCULAÇÃO DE ÁGUA (COLETORES)	Trinca de 2 x 22 mm		X	OK
TUBOS FORNALHA (BANK E PAREDE)	Perda de espessura		X	OK
CONEXÕES DE VAPOR	Trinca superficial		X	OK

Figura 12. Resultados da inspeção e avaliação da integridade.



• Vida residual tubos do SH (SA 213 - T 22)

CONDIÇÃO		
Tempo de operação	219000	horas
Espessura da camada de magnetita	0,68	mm
Espessura atual do tubo	3,53	mm
Taxa de corrosão	0,0228	mm/ano
Diâmetro interno	50,8	mm
Nº de períodos	13	3000 h
Vida Residual	4,45	Anos
Percentual de vida	101,998	

Referência norma API 581 (cálculo LM)

Figura 13. Vida residual dos tubos dos superaquecedores.

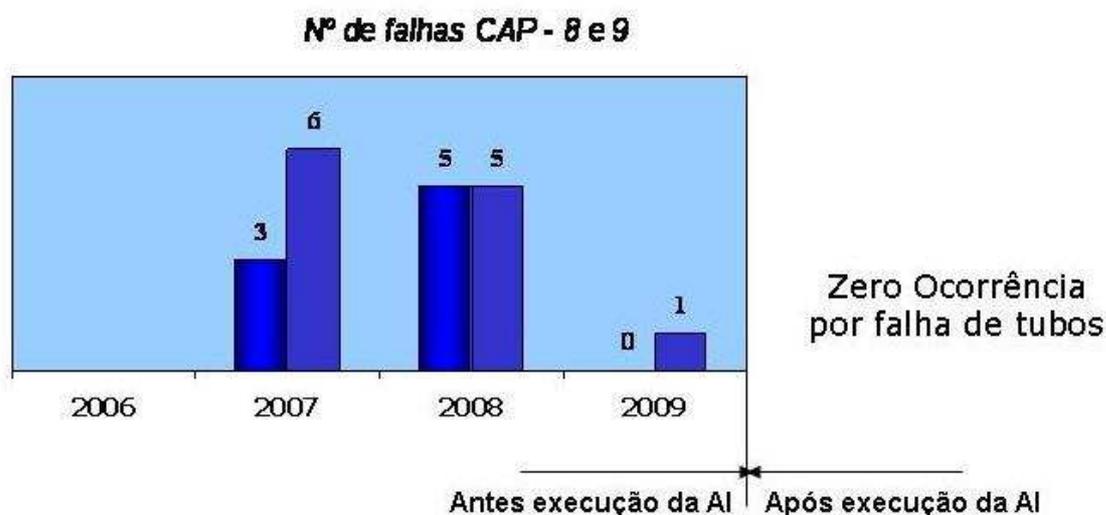


Figura 14. Números de falhas das caldeiras 8 e 9 após avaliação da integridade.

As avaliações executadas e os procedimentos adotados,⁽³⁾ se mostraram efetivos, uma vez que ocorrências de falhas não mais aconteceram, conforme Tabela 1, levando a:

- aumento da disponibilidade da Caldeiras;
- redução da mão de obra de manutenção nas Caldeiras;
- redução do custo operacional; e
- manutenção do período da NR-.

**Tabela 1.** Custo e disponibilidade das caldeiras antes e após AI

	Antes da AI	Após AI
Número de paradas	19	zero
Custo do Hh/h	338	zero
Horas Indisponíveis	1368	zero
Perda de Geração	9576 MWh	zero
Custo da Geração	R\$1.400.000,00	zero

6 CONCLUSÃO

Este trabalho mostrou que a metodologia e as ações adotadas pelo Grupo foram eficazes, pois as ocorrências não voltaram a se repetir e conduziu o equipamento para uma situação de operação confiável.

No resultado dos ensaios observou-se que as Caldeiras apresentaram um estado físico geral satisfatório e seguro nas condições de operação atual, o que representa aumento da segurança da integridade do equipamento e redução do custo operacional.

Portanto, fica claro que o trabalho realizado pelo grupo permitiu a melhoria de produtividade da geração de vapor e energia elétrica de 50Hz da Central Termoelétrica 1.

REFERÊNCIAS

- 1 TORREIRA, Raul Paragallo. GERADORES DE VAPOR / Companhia Melhoramentos, 1995.
- 2 Manual de Instalação e Operação CBC INDUSTRIA PESADA – Caldeiras VU-60 da Central Termoeletrica 1, Volta Redonda, 1978.
- 3 Relatório de Inspeção RI –1- CAP 8 e 9 - ARAUJO ENGENHARIA – Caldeiras 8 e 9, CSN - Volta Redonda, 2009.
- 4 WOODRUFF, Everett B. Steam Plant Operation; Seventh Edition; Hebert B. Lammers; Thomas F. Lammers ; Mc Graw – Hill , 1998.
- 5 GENTIL, Vicente. Corrosão Rio de Janeiro : Guanabara dois, 1982.
- 6 BRAMBILA, P. A. Curso de Inspeção de Caldeiras – Instituto Santista de qualidade Industrial, 1998 (Apostila).
- 7 TELLES, Pedro Carlos da Silva. Tubulações Industriais; Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1987.
- 8 Manual Técnico - Norma Regulamentadora – NR- 13 , Ministério do Trabalho - MTb , Caldeiras e Vasos de Pressão, São Paulo , 2001.
- 9 API Risk Based Inspection 581, American Petroleum Institute , 1st EDITION May, 2005.
- 10 ASME – American Society of Mechanical Engineers – SECTIONS I – Rules for Construcion of Power Boiler, Edition 1995.