

Determinação da Perda de Espessura em Tubulações de Caldeira por Ultra-Som

R.M.Braga, M. K de Macedo, A. Reguly, L. H. Schnor, T. R. Strohaecker UFRGS/ CGTEE

RESUMO

Eventuais falhas em tubulações de caldeiras para geração de vapor podem comprometer a geração de energia em Usinas Termoeletricas, resultando em perda de produção podendo eventualmente comprometendo todo o sistema elétrico de uma região. Assim sendo, a perfeita determinação da espessura de parede remanescente em tubos destes equipamentos é de fundamental importância para planejamento dos ciclos de manutenção. Este trabalho apresenta um comparativo de diversas técnicas de determinação da perda de espessura em tubos de parede d'água de caldeiras pelo método de ensaios não-destrutivos por ultra-som.

PALAVRAS-CHAVE

Ensaio não destrutivo, corrosão, ultra-som, tubulações de caldeira.

I. INTRODUÇÃO

Tubulações de caldeiras para geração de vapor por estarem sujeitas a fenômenos de corrosão e desgastes inerentes a sua utilização podem apresentar falhas em serviço. Um aumento da confiabilidade de operação destes equipamentos somente pode ser obtido através de dados confiáveis sobre as condições metalúrgicas destes equipamentos com o passar do tempo. Perdas de espessura em tubos de caldeira devem ser monitoradas de modo a garantir a máxima produtividade destes equipamentos a um menor passivo ambiental. Ensaio não destrutivo são uma ferramenta fundamental na indústria de geração elétrica sendo utilizados em todas as áreas desde a geração ao consumidor final. Entretanto a escolha do procedimento de inspeção adequado pode afetar grandemente a qualidade da informação obtida podendo levar o engenheiro de manutenção a decisões erradas. Neste trabalho é apresentado um comparativo de diversas técnicas de medição de espessura pelo método de ensaio não destrutivo por ultra-som para tubos de parede d'água.

II. PROBLEMÁTICA

Tubos de parede d'água de caldeiras apresentaram perfuração após um tempo de operação de aproximadamente 130000h (início em 1987). A tubulação apresentava falhas logo acima da trifurcação. As figuras 1 e 2 apresentam o aspecto geral da região afetada. Na figura 1 podemos observar parte da tubulação retirada para a análise onde a região circulada indica o local da perfuração. Na figura 2 observamos o aspecto interno do tubo após seccionamento. Podemos observar uma grande variação na espessura do

tubo em função da posição com intensa redução de espessura de parede junto à aleta. Buscando avaliar o comprometimento dos tubos da caldeira em outras posições foi utilizado o método de ensaios não-destrutivo por ultra-som. Entretanto as análises dos tubos retirados do equipamento após a análise não destrutiva levantaram dúvidas com relação à precisão do ensaio ultra-sônico para medir espessura nas condições encontradas em campo.

Foram obtidos, na ocasião, diferentes valores de medidas, influenciado por diversos fatores, que podemos mencionar como mais importantes:

1. Uma variação na posição onde era realizada a medição podia fornecer valores diferentes, mesmo na mesma distância da trifurcação;
2. A preparação da superfície para a medição podia afetar no resultado;
3. Conforme se utilizasse transdutor duplo cristal ou monocristal podia haver variação no resultado;
4. Conforme o aparelho utilizado (medidor ultra-sônico analógico, medidor de espessura digital, ou medidor ultra-sônico digital) o resultado podia variar.

Isto gerou dúvidas com relação aos critérios até então sugeridos e adotados, que previam a substituição dos tubos quando a espessura mínima chegasse a 2mm. Se na mesma região onde se encontravam espessuras de 2mm eram também encontradas espessuras superiores, como se poderia garantir que a espessura medida num ponto aleatório estava correta?



FIGURA 1. Aspecto da amostra de tubos examinados, observando-se o furo no lado fogo (região circulada).



FIGURA 2. Aspecto interno do furo, após seccionado o tubo. Observa-se a intensa redução de espessura de parede junto à aleta e no lado do fogo. No lado do isolamento praticamente não há redução de espessura (seta).

III. METODOLOGIA

As amostras de tubos ensaiados foram identificadas por "tubos 58 e 59 da parede d'água, lado esquerdo, Caldeira 3".

Conforme mostrado na Figura 3, as duas amostras estavam unidas pela aleta, sendo que a extensão de ambas, a partir da solda da trifurcação, estava identificada por "tubo novo". A seguir vinha uma solda de reparo e o resto estava identificado por "tubo original". A amostra 59 tinha um furo que ocorreu em operação, situado no tubo original a 100mm da solda para reparo.

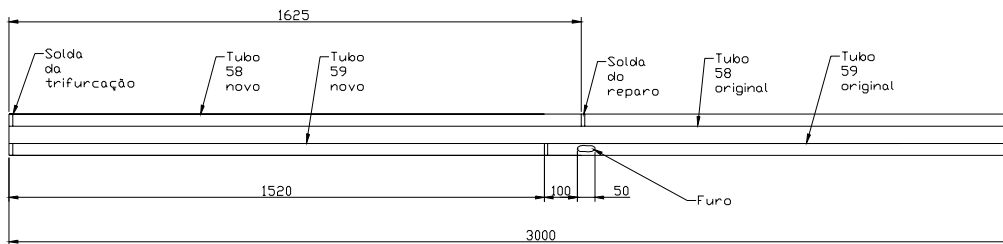


FIGURA 3. Desenho esquemático da amostra com dois segmentos de tubos com a aleta.

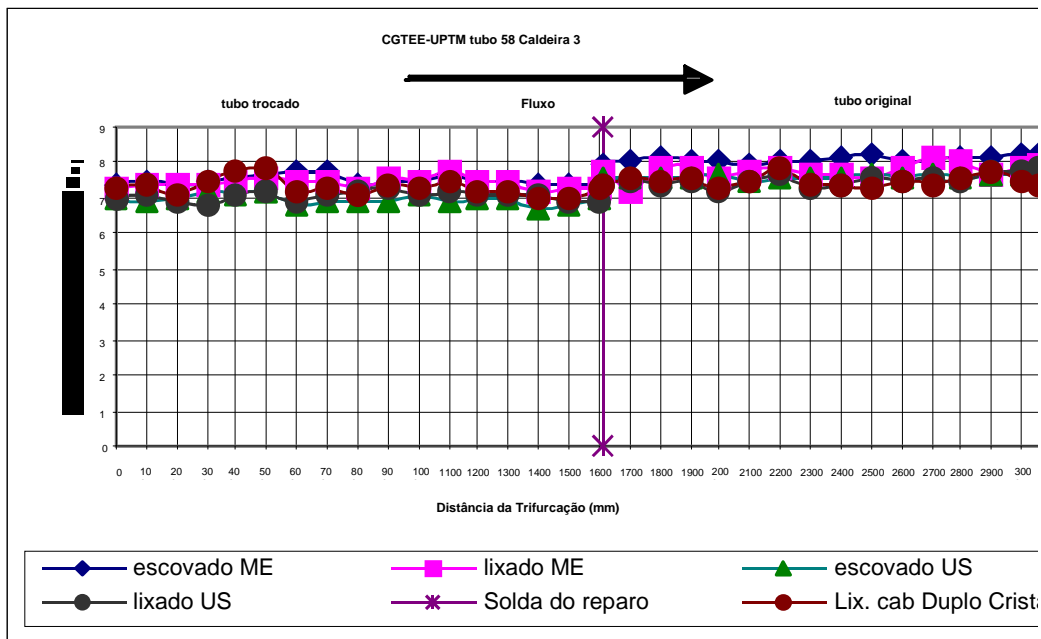


FIGURA 4. Espessuras residuais em função das distâncias da trifurcação para o tubo 58 da caldeira 3. Os valores encontrados indicam que o tubo novo apresentava uma menor espessura que o original.

IV. MEDIÇÕES DE ESPESSURA POR ULTRA-SOM

Foram realizadas medições de espessura por ultra-som nas seguintes condições:

- Condição 1: Preparação por escovamento e espessura medida por medidor de espessura por ultra-som Karl Deutsch Echometer 1073 utilizando transdutor duplo cristal de 8MHz Karl Deutsch DSE4.2/4PB8;
- Condição 2: Preparação por escovamento e espessura medida por aparelho de ultra-som digital Krautkrämer USD-15 e transdutor normal de 10MHz Krautkrämer-Branson KBA;
- Condição 3: Preparação por lixamento e espessura medida por medidor de espessura igual à condição 1;
- Condição 4: Preparação por lixamento e espessura medida por aparelho de ultra-som digital similar à condição 2;
- Condição 5: Preparação por lixamento e espessura medida por aparelho de ultra-som digital Krautkrämer USD-15 e transdutor de duplo cristal Du Pont NDT de 5MHz DVF052.

V. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figura 4 e 5 apresentam as espessuras residuais em função das distâncias dos pontos medidos, tomando como referência a solda da trifurcação. As simbologias adotadas são as seguintes:

- Condição 1: Escovado ME;
- Condição 2: Escovado US;
- Condição 3: Lixado ME;
- Condição 4: Lixado US;
- Condição 5: Lixado transdutor Duplo Cristal.

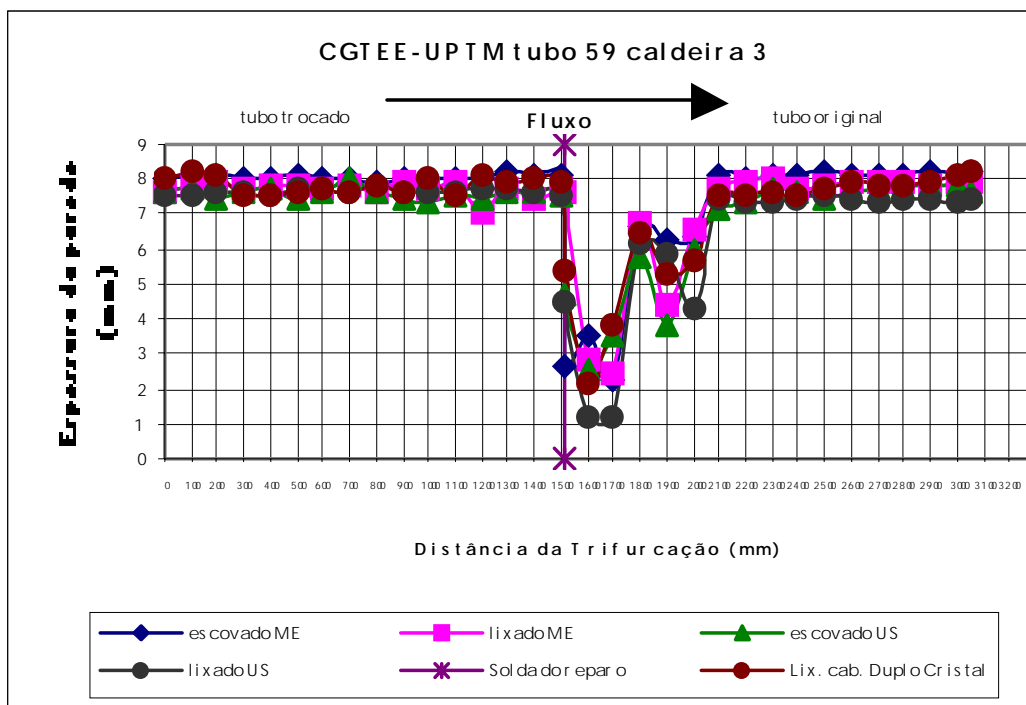


FIGURA 5. Espessuras residuais em função das distâncias da trifurcação para o tubo 59 da caldeira 3. Nesse caso as espessuras indicam que, após ter sido substituído o trecho inicial, a corrosão continuou a ocorrer no tubo original até a distância de 2100mm.

Para os diversos métodos de medição de espessura residual por ultra-som utilizados, verifica-se que há uma incerteza nos resultados, que dependem de vários fatores, sendo os principais:

- Preparação e estado da superfície onde vai ser acoplado o transdutor;
- Tipo e orientação dos alvéolos internos com relação à direção do feixe sônico;
- Transdutor e equipamento de ultra-som utilizado;

Observou-se essas dificuldades no trabalho de campo e em laboratório confirmou-se a dispersão nos resultados dos ensaios, conforme se modificava as variáveis acima citadas.

Nas áreas medidas com espessura alta (acima de 7mm), a média dos resultados pode ser considerada como variando entre 7,5 e 8,5mm nos tubos 58 e 59 originais, o que permite concluir que nas áreas não afetadas a espessura do tubo está bastante próxima da espessura original nominal de 8mm. Em outras palavras, o problema é localizado até uma distância de 2100mm da bifurcação e o restante dos tubos praticamente não está afetado.

Já nas áreas afetadas, os valores de espessura variam, conforme o ponto medido, procedimento, transdutor e equipamento utilizado, entre 1,5 e 3,5mm. Isto permite concluir que, nas áreas mais afetadas, a espessura é inferior a 4mm, independentemente do método de medição e preparação utilizado. Em outras palavras, se um tubo apresentar numa região espessuras residuais inferiores a 4mm, o mesmo está comprometido e há a possibilidade de serem encontrados alvéolos onde a espessura residual está abaixo de 2mm, só que não há condições para se realizar uma varredura completa e localizar essas áreas devido a limitações de técnicas e tempo.

Com essas considerações, pode-se chegar à conclusão que, embora a espessura mínima que se pode medir esteja em torno de 2mm, não é necessário procurar até encontrar áreas com 2mm de espessura residual em tubos com parede inferior a 4mm, por dois motivos básicos:

1. Os tubos sempre apresentam espessura superior a 6mm nas regiões em bom estado;
2. Valores de uma mesma região seriamente comprometida podem variar entre 1,5 e 4mm conforme o ponto onde se mede a espessura.

VI. CONCLUSÕES

Pode-se classificar o desgaste dos tubos em 3 etapas:

1. Regiões com espessura residual inferior a 4mm indicam o comprometimento do tubo, independentemente de terem sido encontradas ou não regiões com espessura inferior a 2mm;
2. Regiões com espessura residual entre 4 e 6mm indicam áreas não comprometidas mas que estão em acelerado processo de degradação, principalmente se o tubo for de 8mm de parede original;
3. Em tubos originais, regiões com espessura residual superior a 6mm indicam processo de desgaste normal;
4. Os tubos comprometidos estudados até o presente momento apresentaram desgaste excessivo até uma distância de 2100mm da solda da trifurcação. Acima disso, os mesmos apresentam desgaste normal.

VII. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as contribuições de Ney, Arthur Regis Proença e Ângelo Daniel Magalhães.

VIII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Krautkrämer, J.; Krautkrämer, M.; Ultrasonic Testing of Materials, 3ª edição, Springer-Verlag, 1983.
- Spoerer, A.; Curso de Introdução aos Ensaios Não Destrutivos, Panambra.
- Braga, R.; Reguly, A et alli, Special Probe Fixture for Pipe Inspection - NDTISS'99 - Torres - 1999.
- Braga, R., "Sondas para Medir Espessura Residual de Tubos por Ultra-som", Dissertação de Mestrado, PPGEM, UFRGS, 2002