

ANÁLISE DE FALHA EM ROLAMENTO DE BAIXA ROTAÇÃO DO VASO CONVERTEDOR DO LD USANDO A TÉCNICA DE ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS POR EMISSÃO ACÚSTICA

Marco Antônio Costa da Silva ⁽¹⁾

Nestor Carlos de Moura ⁽²⁾

Marco Aurélio Luzio ⁽³⁾

Pedro Feres Filho ⁽⁴⁾

Resumo:

Este trabalho apresenta o estudo em desenvolvimento, pela Vallourec & Mannesmann Tubes – V & M do BRASIL S.A., em parceria com a PASA – Physical Acoustics South América, para a validação do ensaio não destrutivo, não convencional, baseado na técnica de emissão acústica (EA), associado aos conceitos de vibração, para avaliação da integridade estrutural do rolamento, montado nos mancais do vaso convertedor, de capacidade para 60 toneladas, girando a uma rotação de 0,74 rpm.

O presente trabalho descreve e apresenta a metodologia empregada, através da qual, foram obtidos resultados confiáveis para validação da técnica utilizada.

Foi neste aspecto, e, visando maior disponibilidade do equipamento em uso, em condições seguras de operação, sem causar danos materiais, pessoal e meio ambiente, e com o objetivo de contribuir para o avanço tecnológico na manutenção preditiva, empregada na Vallourec Mannesmann Tubes, que este trabalho foi desenvolvido.

Portanto, a maior contribuição e vantagem da técnica de emissão acústica são proporcionar uma avaliação global do equipamento **em serviço**, sobre o enfoque da presença de defeitos comprometedores da integridade estrutural.

Palavras-chave: integridade, criticidade de defeitos, emissão acústica.

XXXV Seminário de Fusão, Refino e Solidificação dos Metais
17 a 19 de Maio de 2004 - Salvador - BA - Brasil

⁽¹⁾ Eng. Mecânico pela PUC-MG, Coordenador de Gestão e Métodos e Novas Tecnologias de Manutenção da Vallourec Mannesmann Tubes – V & M do BRASIL S.A.

⁽²⁾ Eng. Mecânico pela Universidade de Taubaté, Gerente Técnico da PASA – Physical Acoustics South América.

⁽³⁾ Bacharelado em Física pela Universidade Rutgers, Analista da PASA – Physical Acoustics South América.

⁽⁴⁾ Eng. Mecânico pela Universidade de São Paulo, Doutorado pela Universidade de São Paulo, Diretor Presidente da PASA – Physical Acoustics South América.

1. OBJETIVO

Detecção de falhas no rolamento montado no mancal do vaso convertedor do LD, através do ensaio por Emissão Acústica (EA), associado aos conceitos de vibração.

2. EQUIPAMENTO E INSTRUMENTAÇÃO UTILIZADOS

2.1. INFORMAÇÕES DO EQUIPAMENTO

Tipo:	Vaso Convertedor LD
Capacidade:	60 toneladas
Dimensões do Eixo:	Ø externo = 600 mm LA = 2.480 mm LOA = 1.180 mm Distância entre mancais = 8.600 mm
Desenhos Consultados:	102183-Rev. 0 102150-Rev. A 102131-Rev.0
Rotação do Vaso Convertedor:	0,74 rpm
Número de Voltas do Ensaio:	5
Período:	85 segundos
Material do Eixo:	42CrMo4 – Beneficiado
Código do Rolamento:	SKF 230/600 CA
Temperatura de Trabalho:	Aproximadamente 800°C

2.2. INFORMAÇÕES DA INSTRUMENTAÇÃO UTILIZADA

Fabricante:	Physical Acoustics Corp.
Sensores Tipo:	R15I
Frequência:	100-300kHz
Acoplamento:	Graxa
Tipo de fixação:	Magnético
Pré-amplificadores:	40 dBs

3. MÉTODO

Foram instalados dois transdutores integrados R15I, um em cada lado do eixo do convertedor, como mostra a figura 1. Após o processo de instalação e calibração dos sensores, durante uma das paradas de operação do vaso do LD, o vaso convertedor foi submetido a um total de cinco rotações completas (360°). Durante essas rotações, foi feito o monitoramento dos sinais de EA provenientes dos defeitos existentes nos mancais e arquivados para pós-análise.

A análise dos dados coletados durante cinco revoluções do vaso convertedor foi realizada através do programa de reconhecimento de padrões, e está representado nas figuras 3, 4 e 7. Para complementação dos resultados, tomou-se como referência a tabela 1, para a identificação dos períodos de rotação, conforme a seguir:

Rotação de Trabalho: 0,74 rpm		
DESCRIÇÃO DA FALHA	FREQUENCIA (Hz)	PERIODO (Seg)
Pista Externa	0,163	6,134
Pista Interna (para 1 único pitting)	0,195	5,138
Elemento Rolante	0,069	14,589
Gaiola	0,006	177,887

Tabela 1: Identificação dos Períodos de Rotação

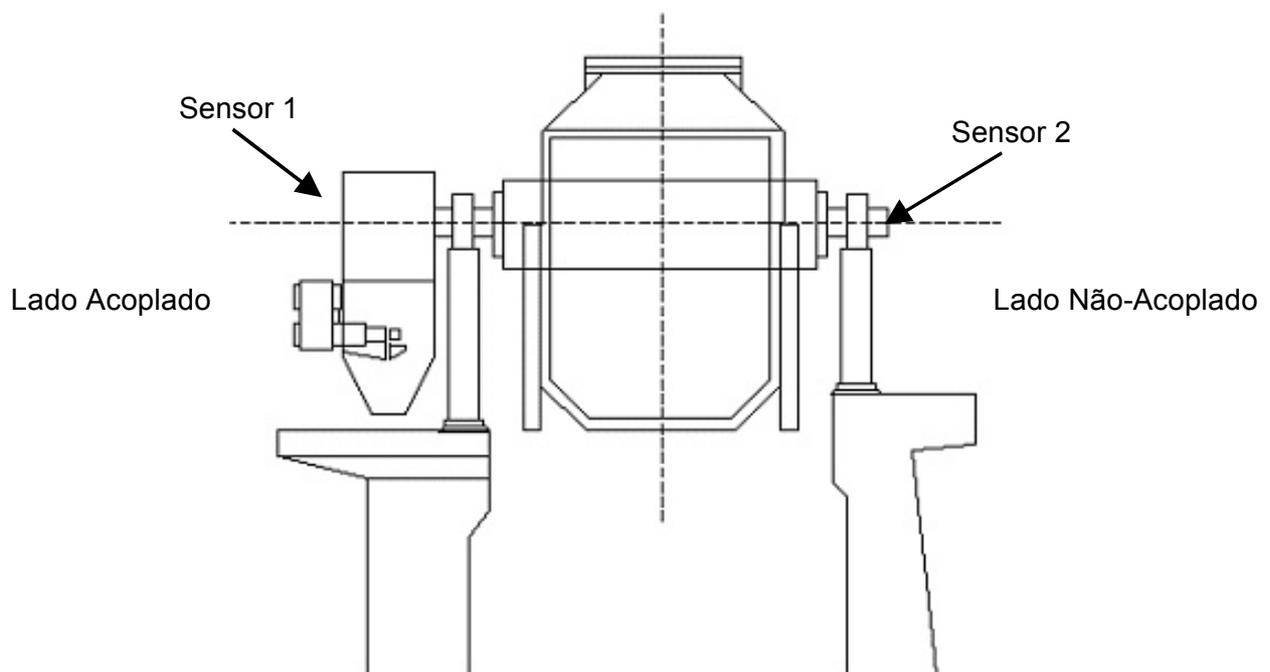
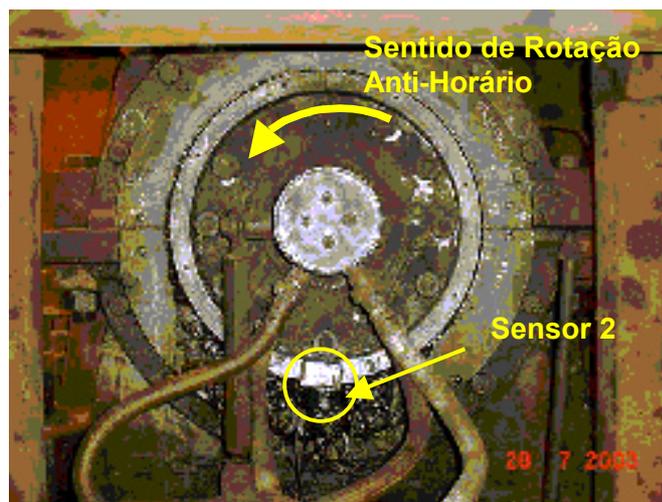
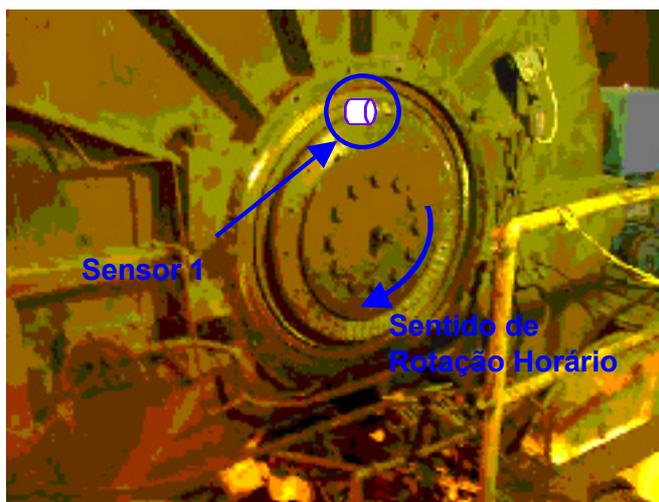


Figura 1: Identificação da Instalação dos Sensores



4. RESULTADO E ANÁLISE

4.1. PRIMEIRO ENSAIO

Durante a aquisição de dados foi observado um padrão cíclico característico dos períodos de rotação, ilustrada na figura 2. Após análise detalhada dessa periodicidade, foram identificados padrões distintos de resposta, conforme mostram as figuras 3 e 4, sendo a figura 3 extraída do período total do ensaio e a figura 4 de um intervalo de tempo de 30 segundos. No gráfico da figura 3, o período observado é de aproximadamente 85 segundos entre picos, o que equivale a uma volta completa do vaso convertedor. O gráfico da figura 4 mostra a repetibilidade de eventos em um período aproximado de 2,1 segundos, o qual está relacionado a múltiplos defeitos na pista interna.

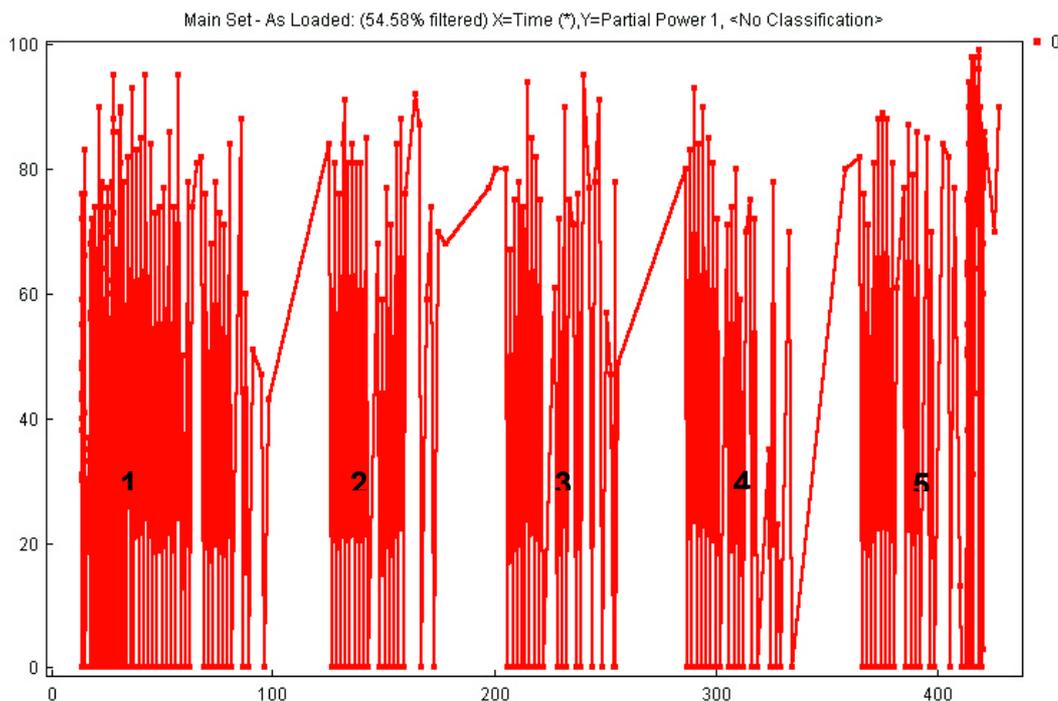


Figura 2: Gráfico do padrão cíclico característico da frequência de rotação.

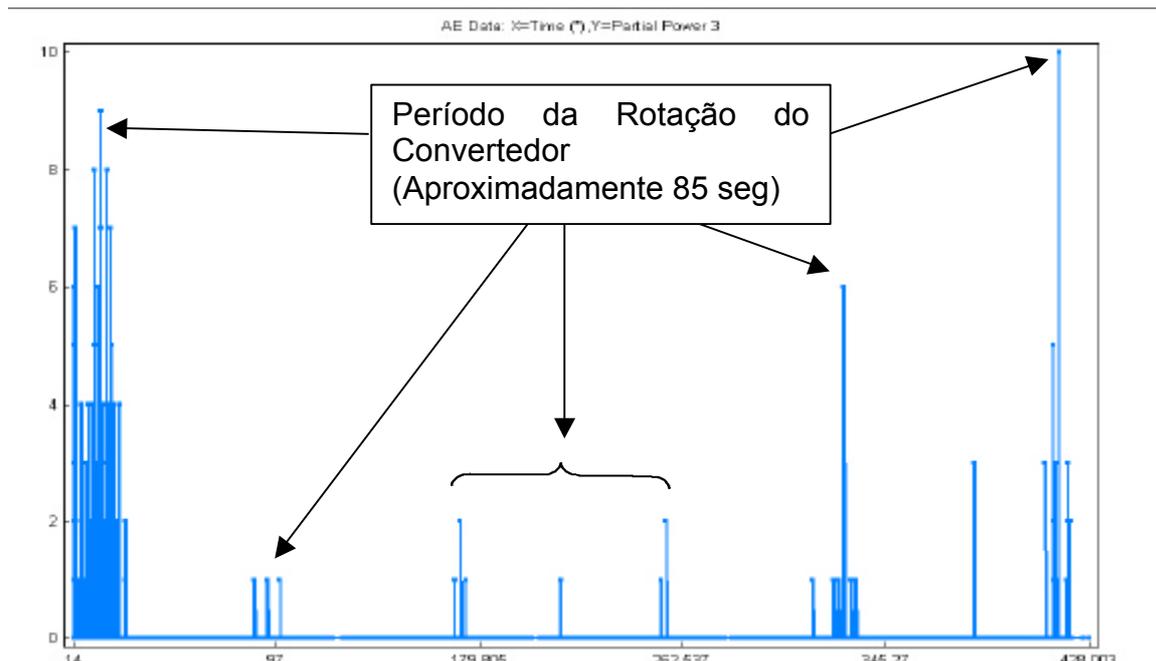


Figura 3: Período da Rotação do Convertedor (Aproximadamente 85 seg).

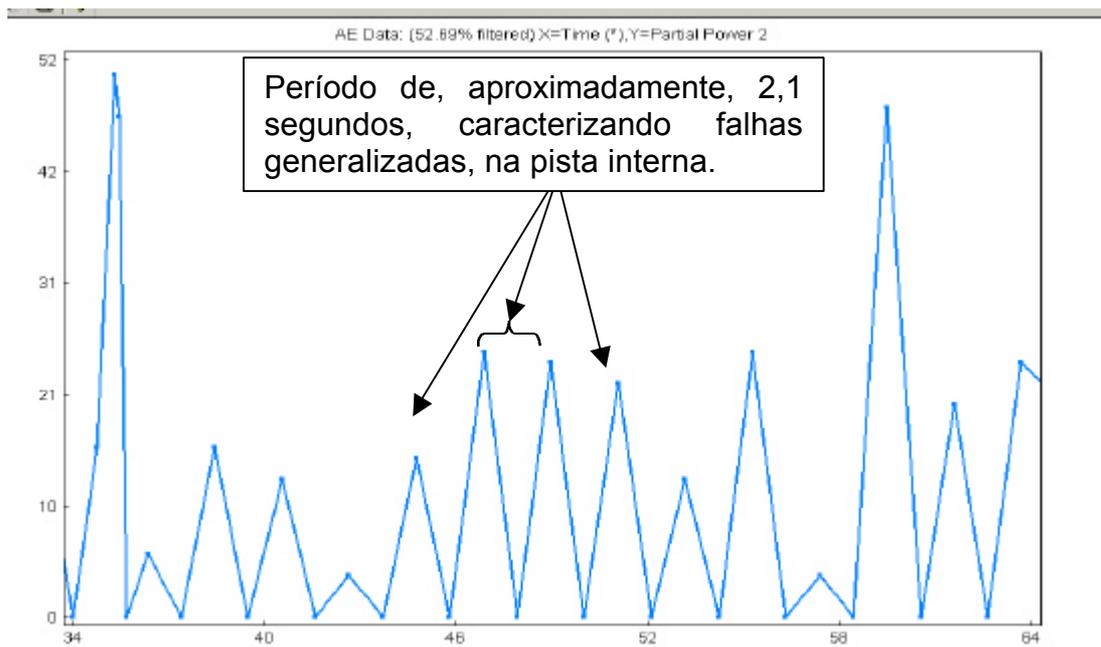


Figura 4: Período de aproximadamente, 2,1 segundos, caracterizando falhas generalizadas.

Nota:

Avaliando a condição dinâmica do rolamento para rotação de 0,74 rpm, uma falha na pista interna gera eventos próximos a este período de rotação, o que pode ser observado no gráfico da figura 3 e constatado na foto da figura 5. Pode-se também notar a existência de períodos secundários que compõe cada um destes ciclos. Esses períodos estão correlacionados a defeitos generalizados na pista interna, por exemplo “pittings” (conforme figura 6) ou pequenas trincas. No caso do início de um

ponto de falha, o período de atividade desta falha, seria o mesmo da passagem dos roletes pelo defeito e teria o valor igual a 5,1 segundos, conforme tabela 1, entretanto falhas presentes em mais de um ponto geram atividade em períodos de valor inferior a 5,1 segundos. No gráfico da figura 4, o período medido é de 2,1 segundos, o que caracteriza frações do período calculado, para defeitos na pista interna, conforme evidenciado nas fotos das figuras 5 e 6.

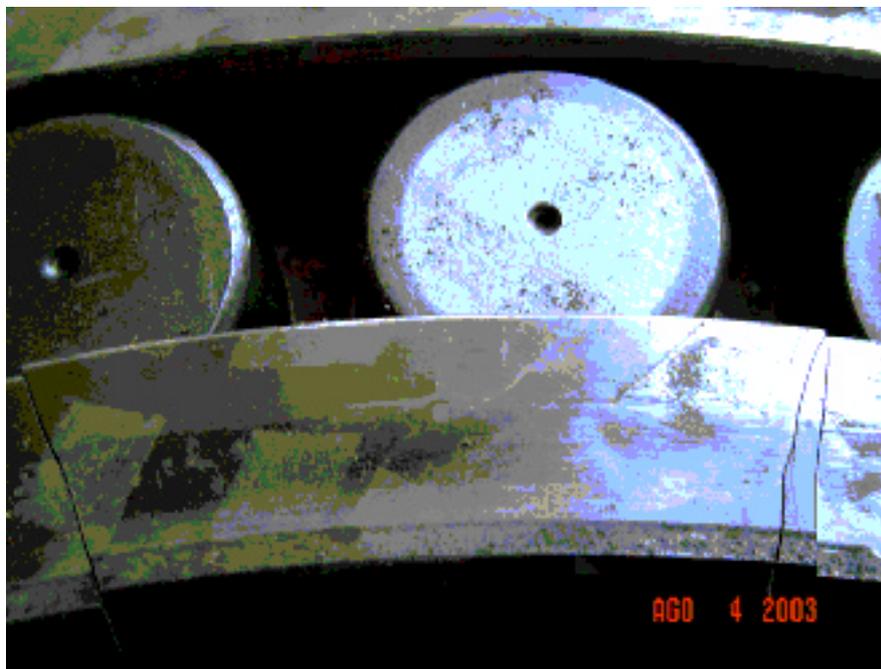


Figura 5: Detalhe da trinca na pista interna do rolamento.

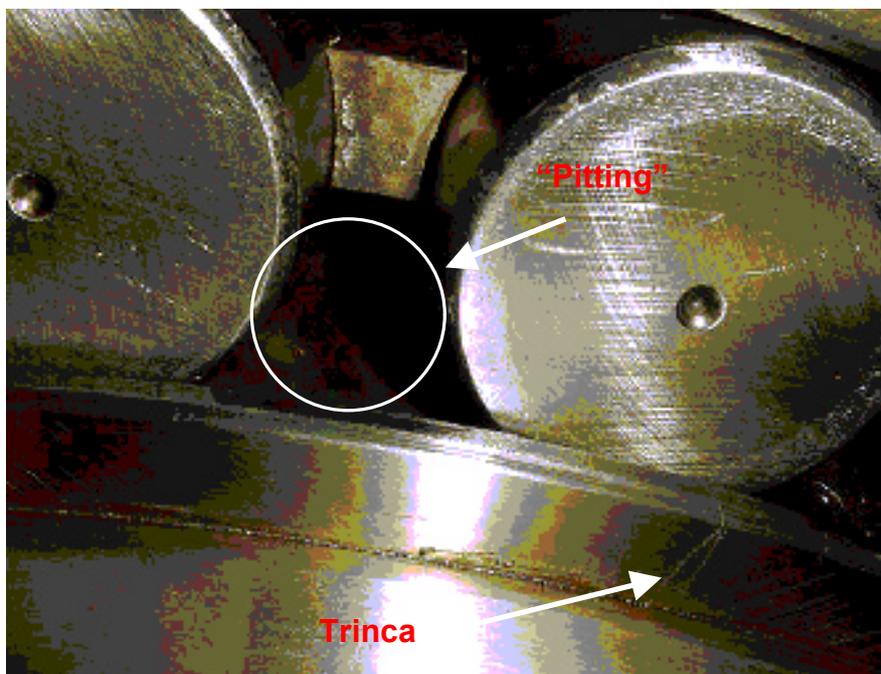


Figura 6: Detalhe de "pitting" na pista interna do rolamento.

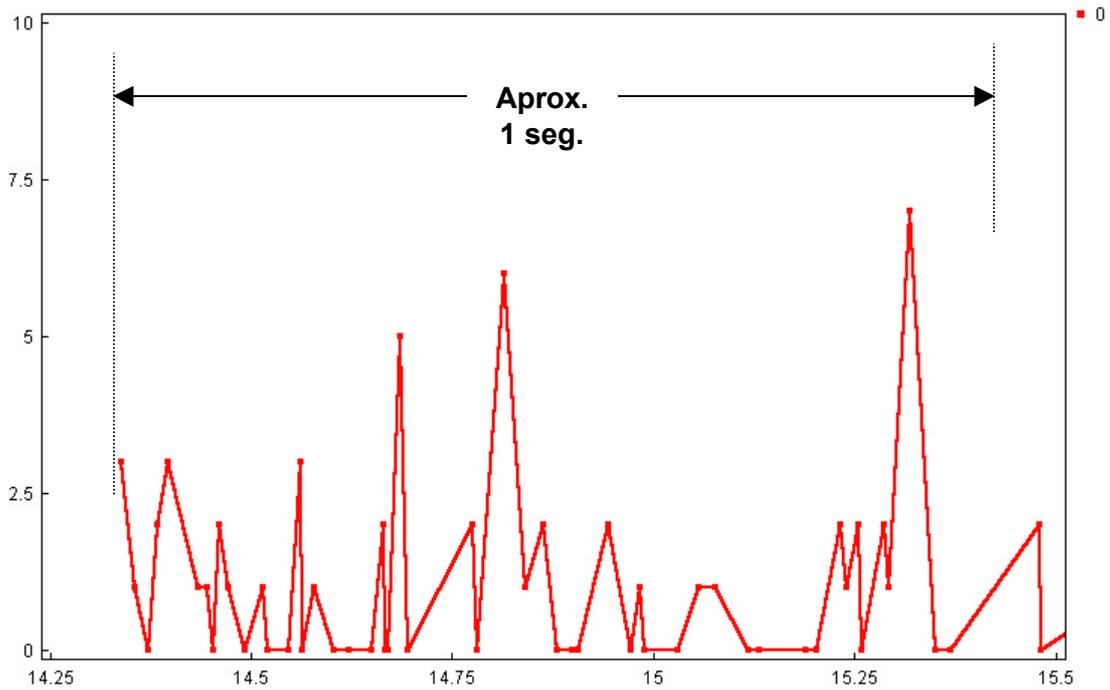


Figura 7: Gráfico indicando início do ensaio até a ocorrência do primeiro evento.

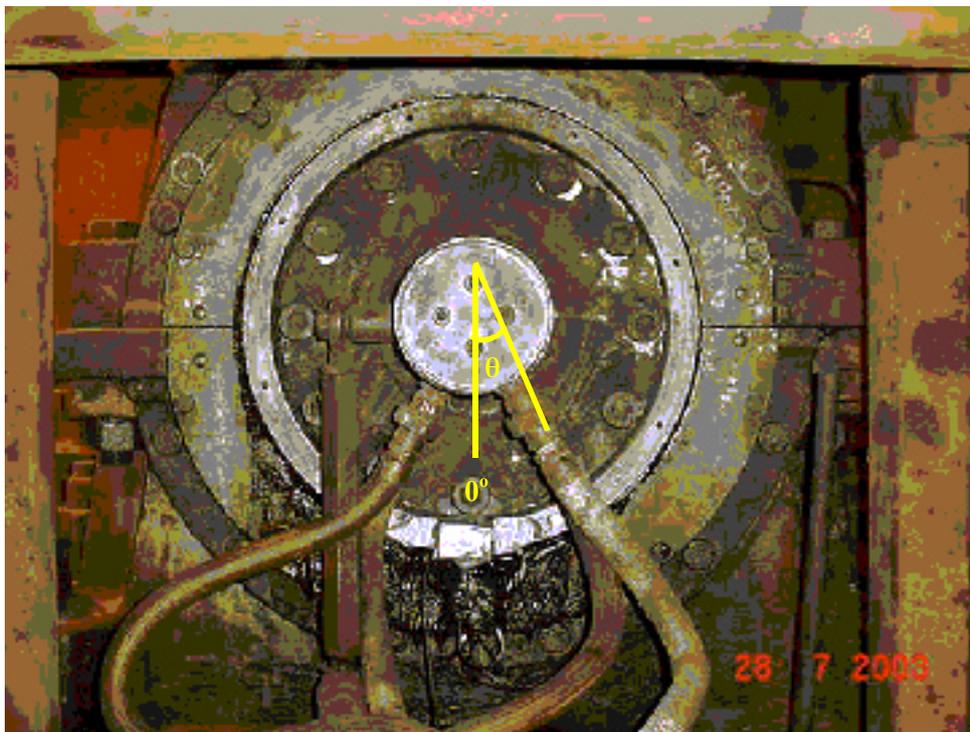


Figura 8: Ângulo da posição 0° até o ponto de maior concentração de tensões.

Pode-se observar na figura 7 que o primeiro ponto registrado, correspondente ao momento de partida da primeira rotação, encontra-se localizado por volta de 14,3 segundos após o início da aquisição de dados. Decorrido 1 segundo, verificamos a

emergência de um outro pico significativo, por volta de 15,3 segundos, o qual provavelmente corresponde ao primeiro contato da trinca com um dos elementos rolantes. Supondo-se que esse fato tenha ocorrido, pode-se calcular o ângulo de rotação do ponto de referência (ponto 0°, figura 8) ao primeiro ponto de contato da trinca com o elemento rolante onde ocorreu a geração do sinal em consideração, sendo esse ângulo de aproximadamente 4,4°. Levando-se em consideração a resultante das forças atuantes nessa parte do rolamento durante o processo de remoção das escórias da boca do vaso convertedor, pode-se verificar que a posição desse ângulo corresponde com a área onde ocorre maior concentração de tensões durante esse processo de limpeza das escórias.

4.2. SEGUNDO ENSAIO – ROLAMENTO NOVO (UMA SEMANA DE OPERAÇÃO)

Após o rolamento danificado ter sido trocado por um rolamento novo, foi feito um segundo ensaio de EA, com uma semana de operação, após a troca do rolamento, utilizando a metodologia e configuração de parâmetros idênticos ao do primeiro ensaio (rolamento danificado), com objetivo de comparar as características dos sinais provenientes dos rolamentos. O resultado da análise comparativa está representado na figura 9, com a sobreposição dos gráficos de ambos casos. Nestes gráficos, pode-se observar que os sinais de EA provenientes do rolamento danificado (em vermelho) apresentam características distintas dos sinais (em azul) provenientes do rolamento em boas condições. O padrão observado no gráfico do rolamento bom, difere do padrão do gráfico do rolamento danificado pelos fatos de não apresentar picos de intervalos definidos de, aproximadamente, 2,1 segundos e possuir quantidade bem menor de sinais. Em ambos os casos, pode-se observar sinais aleatórios, sem padrão definido, para o início/partida da primeira rotação e término/fim da quinta rotação.

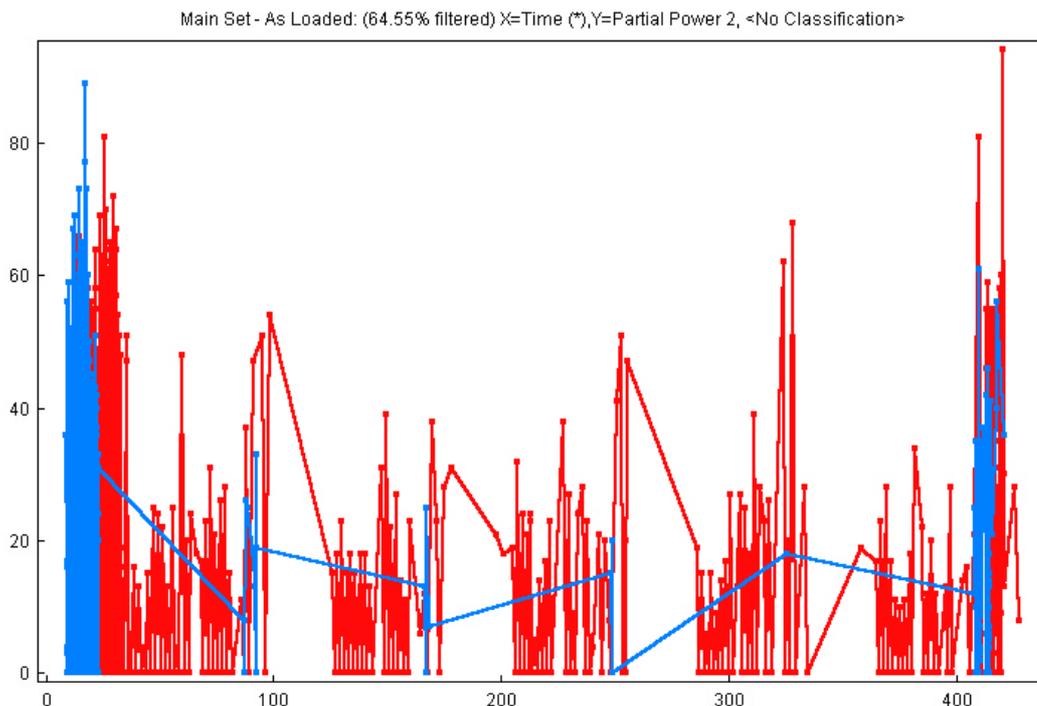


Figura 9: Gráficos de comparação entre sinais dos rolamentos: novo após 1 semana de operação (azul) e danificado (vermelho).

4.3. TERCEIRO ENSAIO – ROLAMENTO NOVO (TRÊS MESES DE OPERAÇÃO)

Mantendo as mesmas configurações e parâmetros de aquisição, foi efetuado novo monitoramento após um período de aproximadamente 3 meses de operação do novo rolamento. Os cinco ciclos podem ser observados de forma distinta, apresentando períodos iguais aos anteriores. Esse fato permite confirmar a repetitividade do ensaio. Porém nota-se nos resultados da análise a presença de sinais contínuos, de valores baixos, durante as cinco rotações, peculiaridade não identificada nos monitoramentos anteriores (figura 10, dados em verde). Tal observação implicou que fosse feita uma análise mais detalhada dos fatores geradores de tais sinais. Após avaliação da análise química da graxa, para determinação dos componentes presentes, foi constatada alta incidência de particulados metálicos, incluindo a presença de materiais abrasivos, como: ferro, alumínio, cobre, cromo, etc. Correlacionando os sinais de emissão acústica com o laudo da análise da graxa, pode-se levantar a hipótese dessas partículas estarem causando a geração de sinais de EA ao longo do período de teste.

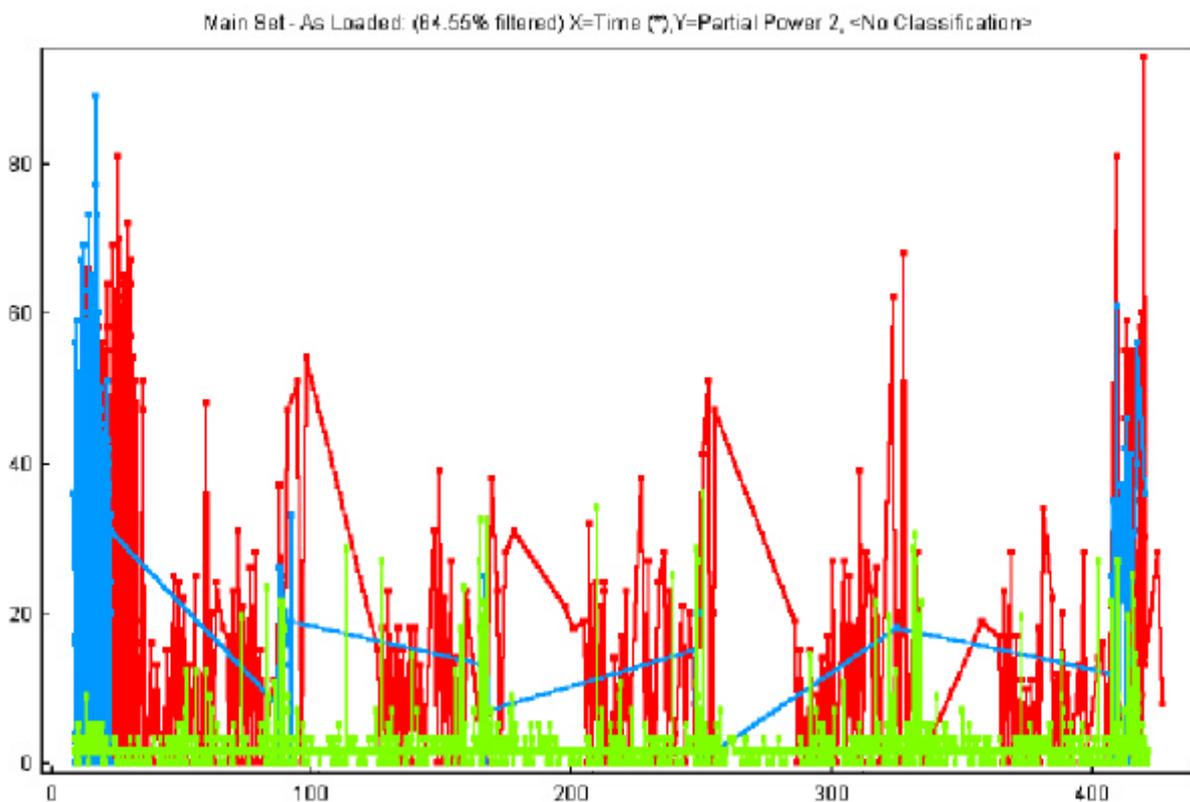


Figura 10: Gráficos de comparação entre sinais dos rolamentos: danificado (vermelho), novo após 1 semana de operação (azul) e novo após 3 meses em operação (verde).

5. CONCLUSÃO

O ensaio de emissão acústica apresentou resultados eficazes para detecção de falhas nos componentes do rolamento. A utilização do programa avançado de reconhecimento de padrões é recomendada para monitoramento da vida do rolamento, estabelecendo reconhecimento de padrões e a tendência de evolução

das falhas. Após terceiro monitoramento, pode-se concluir que a presença de partículas abrasivas pode acelerar o desgaste dos componentes, reduzindo o período de vida útil do rolamento.

6. RECOMENDAÇÕES

- (1) Realizar monitoramento a cada 3 meses para levantamento de um banco de dados com o objetivo de desenvolver um classificador de sinais, utilizando algoritmos de reconhecimento de padrões.
- (2) Avaliar as possibilidades de minimizar os impactos decorrentes do processo de limpeza para remoção das escorias na boca do vaso.
- (3) Programar para a próxima parada inspeção visual dos componentes do rolamento, para observação se, no momento, temos particulados originados pelo processo de produção ou de indicação de taxa de degradação anormal dos componentes do rolamento, que podem causar defeitos como: ranhuras, cavidades, amassamentos, etc. Durante esse período, também é recomendado substituir a graxa, e realizar novo monitoramento por emissão acústica.
- (4) Caso seja constatada a presença de descontinuidades ou desgaste do rolamento, recomenda-se reduzir o período entre as inspeções, de 90 dias para 45 dias.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] INTERNATIONAL STANDARDIZATION ORGANIZATION - ISO 10816 – Mechanical Vibration – Evaluation of Machine Vibration by Measurements on Non-Rotation Parts – First Edition – 1995
- [2] AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, “API 579 – Fitness for Service”.
- [3] AMERICAN SOCIETY MECHANICAL ENGINEER, “ASME SEC. V – Article 12 – Acoustic Emission Examination of Metallic Vessels During Pressure Testing”, Edition 1998.
- [4] MILLER R.K., “Acoustic Emission: An Application to Fracture Mechanics”, - 1979.
- [5] S. D. Soares, "Emissão Acústica", ABENDE – Associação Brasileira de Ensaio não Destrutivos, 2000..
- [6] McIntire, P., Miller, R. K., “Acoustic Emission Testing,” Nondestructive Testing Handbook (2nd ed.), Vol. 5, 1987.
- [7] McIntire, P., Miller, R. K., “Acoustic Emission Testing,” Nondestructive Testing Handbook (2nd ed.), Vol. 7, 1987.
- [8] AMERICAN SOCIETY FOR NON-DESTRUCTIVE TESTING, “Nondestructive Testing Handbook”, Second Edition, Volume Ten Nondestructive Testing Overview.

FAILURE EVALUATION OF LOW ROTATION ROLLER BEARING ASSEMBLY ON LD CONVERTER VESSEL APPLYING ACOUSTICS EMISSION NON-DESTRUCTIVE TESTING

Marco Antônio Costa da Silva ⁽¹⁾
Nestor Carlos de Moura ⁽²⁾
Marco Aurélio Luzio ⁽³⁾
Pedro Feres Filho ⁽⁴⁾

The work presented herein is an accomplishment of the partnership between Vallourec & Mannesmann Tubes – V&M do Brazil SA and Physical Acoustics South America – PASA. It consists of research and tests performed to validate unconventional non-destructive testing, based on the technique of Acoustic Emission (AE), in association with concepts of vibration analysis. The project focused in evaluating the structural integrity of roller bearings used in converter vessel with capacity to hold 60 tons. The test was performed by revolving the vessel at a rotation of 0.74 rpm.

The results presented in this document describe the applied methodology through which successful results were obtained, therefore validating the used technique of Acoustic Emission.

This research/development project envisioned longer availability of the equipment operating in safe conditions, minimizing material damage, and without inflicting personal injury or harm to the environment. It also aimed at making a contribution to the technological advancement of predictive maintenance, used at Vallourec & Mannesmann Tubes.

Based on these findings, the greatest contribution and advantage of Acoustic Emission is the fact that it can globally evaluate the structural reliability of the equipment while in service, by focusing in detecting the presence of defects that can jeopardize its structural integrity.

Key Words: integrity, severity of defects, Acoustic Emission

**XXXV Fusion, Refining and Solidification of Metals Seminar
May 17th to 19th, 2004 - Salvador - BA - Brazil**

- (1) Mechanical Engineer, PUC-MG, Coordinator of Management and Methods of New Maintenance Technologies - Vallourec & Mannesmann Tubes – V & M do BRASIL S.A.**
- (2) Mechanical Engineer - Taubaté University, Technical Manager – Physical Acoustics South America - PASA.**
- (3) Bachelor in Physics - Rutgers University, Analyst – Physical Acoustics South America – PASA.**
- (4) Mechanical Engineer - University of Sao Paulo, Masters Degree in Mechanical Engineering - University of Sao Paulo, President/Director– Physical Acoustics South America - PASA.**