

DIAGNÓSTICO DE FALHAS EM MANCAIS DE ROLAMENTOS NA INDÚSTRIA DE PAPEL ATRAVÉS DA ANÁLISE DE VIBRAÇÕES PELO MÉTODO DE SINAIS RESIDUAIS

Luiz Fernando Ribeiro Rocha

Universidade de São Paulo - Escola Politécnica - Departamento de Engenharia Mecânica

luiz.rocha@poli.usp.br

Linilson Rodrigues Padovese

Universidade de São Paulo - Escola Politécnica - Departamento de Engenharia Mecânica

lrpadove@usp.br

Resumo. *A análise de vibrações mecânicas constitui-se em uma das mais eficientes ferramentas empregadas nos programas de manutenção preditiva das indústrias de papel, cuja confiabilidade do processo operacional é normalmente baseada no estado das máquinas e equipamentos. Diante disso, é fundamental o desenvolvimento de novas tecnologias que aprimorem a produtividade e eficácia no diagnóstico de falhas dos equipamentos industriais. Este trabalho resume-se no estudo do método de sinais residuais e do parâmetro de análise de severidade de vibrações denominado energia residual (ER), obtidos a partir do conceito de transformações homomórficas por subtração e por deconvolução. Esta técnica é aplicada na detecção de defeitos em rolamentos industriais, utilizando para isto um banco de dados real do sistema de manutenção preditiva através da análise de vibrações de uma indústria de papel. O objetivo principal do trabalho é apresentar a comprovação da eficácia da energia residual como parâmetro escalar de avaliação da intensidade de defeitos em mancais de rolamentos autocompensadores de rolos instalados em cilindros secadores de uma máquina de papel. Como contribuição adicional ao estudo é feita uma análise espectral comparativa, apresentando as densidades espectrais de potência (DEP) e os espectros de envelope determinados em condições normais e com defeito para alguns dos casos estudados.*

Palavras chave: rolamentos, análise de vibrações, sinais residuais

1. MANUTENÇÃO PREDITIVA ATRAVÉS DA ANÁLISE DE VIBRAÇÕES

Na indústria de papel e celulose, assim como em outros setores de atividades industriais, são cada vez mais importantes o aumento da produtividade das máquinas e o incremento na qualidade dos produtos, para que as empresas continuem competitivas em um mercado globalizado. Para isto é necessário um rigoroso controle do processo de manufatura, através do desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias de manutenção, que contribuam com a continuidade operacional dos equipamentos. Os métodos tradicionais de manutenção são basicamente: corretiva, que consiste em deixar que os equipamentos apresentem alguma falha ou algo próximo disso antes de qualquer intervenção de manutenção, acarretando maiores custos associados às perdas de produção, devido a paradas não programadas; e preventiva, que consiste basicamente na programação das intervenções nas máquinas com base na estimativa de um período médio de ocorrência de falhas, resultando em maiores custos de manutenção, devido à substituição de componentes em bom estado. Novos métodos de manutenção foram desenvolvidos e implantados para aumentar a confiabilidade dos equipamentos, entre os quais a manutenção preditiva através da análise de vibrações, a qual está baseada no conhecimento do estado das máquinas através das medições periódicas dos níveis de

vibrações, que permite identificar os defeitos e prever a ocorrência de falhas, deste modo, evita-se paradas inesperadas e substituição de peças desnecessárias. Os resultados da aplicação desta técnica de manutenção são comprovadamente vantajosos para a indústria, tanto que está se tornando cada vez mais difundida no Brasil nos diversos seguimentos industriais. Durante os últimos anos, especialmente a partir de meados da década de 80, as aplicações das medições de vibrações e técnicas de análise e diagnóstico passaram a formar a base dos programas de manutenção preditiva das fábricas brasileiras de papel e celulose. Estes programas baseiam-se na associação das vibrações mecânicas manifestadas pelas máquinas às causas que as geram. Os problemas mecânicos, elétricos e operacionais criam forças dinâmicas de excitação e podem ser diagnosticados, com precisão de tempo e dimensão física, através da análise de vibrações. (Lyonnet, 1991)

Determinar os níveis de severidade de vibração de cada equipamento não é uma tarefa simples, pois cada máquina apresenta uma forma construtiva e características produtivas particulares. O comportamento dinâmico de um equipamento depende de muitos fatores: tipo de projeto; qualidade na fabricação e montagem; condições operacionais; condições mecânicas atuais, etc. É lógico afirmar que qualquer aumento do nível de vibração durante o funcionamento da máquina representa o crescimento de um determinado defeito. Este é o princípio básico das técnicas de manutenção que usam análise de vibrações. Da necessidade de mensurar os níveis de vibração surgiram diversas normas internacionais entre as quais pode-se destacar a ISO 10816-1: 1995, que é a norma de avaliação do nível de severidade de vibração mais utilizada nos programas de manutenção preditiva das industriais de papel. (Rocha, 2003)

2. PARÂMETROS DE ANÁLISE DE VIBRAÇÕES

É notório o grande interesse dos pesquisadores em avaliar e desenvolver parâmetros de análise de vibrações, que possam representar a assinatura mecânica de máquinas industriais. Os resultados dos estudos sobre a eficácia dos parâmetros clássicos de análise de vibrações são muito diversificados, mesmo quando avaliados com dados colhidos em laboratórios. Isto significa que não existe um parâmetro que seja o mais eficiente para todos os tipos de defeitos localizados nos variados componentes ou equipamentos. No monitoramento de máquinas através da análise de vibrações na indústria é preciso utilizar parâmetros de análise que permitam identificar a maior gama de problemas em equipamentos, porém é fundamental que sejam de fácil utilização e com viabilidade técnica e econômica.

2.1. Domínio do Tempo

O sinal de vibração coletado pode ser apresentado em sua forma original e, em alguns casos, pode indicar defeitos, mas normalmente não é uma ferramenta muito utilizada por ser de difícil interpretação. Foram desenvolvidos alguns parâmetros escalares com o sinal de vibração no domínio do tempo, entre os quais pode-se destacar: RMS, Kurtosis, Skewness e Fator de Crista. (Shiroishi et al, 1999; Padovese, 2002; Tandon, 1994)

2.2. Domínio da Frequência

As técnicas de representação espectral mais utilizadas em análise de sinais de vibração advêm do processamento matemático do sinal no tempo através do método da Transformada de Fourier, cuja forma numérica otimizada é conhecida como a Transformada Rápida de Fourier, mais conhecido pela sigla *FFT*, decorrente da sua denominação em inglês “Fast Fourier Transform”. A Transformada de Fourier é definida pela Eq. (1).

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \cdot e^{-j2\pi ft} dt \quad (1)$$

Onde: $X(f)$ = resposta em frequência

Teoricamente, a energia contida em um sinal de vibração é a mesma tanto no domínio do tempo quanto no domínio da frequência, conforme o Teorema de Parseval mostrado na Eq. (2). (Proakis e Manolakis, 1996)

$$Energia = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)^2 dt = \int_{-\infty}^{\infty} |X(f)|^2 df \quad (2)$$

Geralmente, a análise espectral consiste em comparar espectros atuais com espectros que caracterizem o sistema sem defeito. Mas se torna difícil detectar falhas incipientes pelo espectro puro, pois as falhas em sistemas mecânicos geralmente acontecem em baixas frequências e que por isso podem ser facilmente contaminados por frequências de sinais de outras máquinas e de ruídos que quase sempre estarão presentes na medida. Por isso, foram desenvolvidos diversos métodos para a análise espectral de frequência, de modo a otimizar os cálculos e obter melhores resultados. Dentre as quais pode-se destacar a Densidade Espectral de Potência e o Método do Envelope. (Padovese, 2000; Wowk, 1991)

3. DIAGNÓSTICO DE FALHAS EM ROLAMENTOS

Rolamentos são os elementos rotativos mais importantes em fábricas de papel e celulose, devido a sua numerosa aplicação e importância em caso de falhas. As equações para a determinação as frequências de defeitos de rolamentos foram publicadas em 1939 em *‘The Mechanical Engineers Handbook’*. As frequências associadas a cada elemento do rolamento podem ser calculadas teoricamente em função da geometria do rolamento e da frequência de rotação. Estas frequências de defeito não são harmônicas da frequência de rotação do equipamento. Considerando o anel externo fixo e anel interno rotativo, pode-se determinar as frequências de defeito de gaiola (FTF) Eq. (3), defeito de elementos girantes (BSF) Eq. (4), defeito de anel externo (BPFO) Eq. (5) e defeito de anel interno (BPFI) Eq. (6). (Shirioshi et al, 1999; Tandon, 1994; Tandon e Choudhury, 1999)

$$FTF = \frac{f_{rot}}{2} \left(1 - \frac{d}{D} \cos \alpha \right) \quad (3)$$

$$BSF = f_{rot} \frac{D}{d} \left(1 - \frac{d^2}{D^2} \cos^2 \alpha \right) \quad (4)$$

$$BPFO = N_{bs} \cdot \frac{f_{rot}}{2} \left(1 - \frac{d}{D} \cos \alpha \right) \quad (5)$$

$$BPFI = N_{bs} \cdot \frac{f_{rot}}{2} \left(1 + \frac{d}{D} \cos \alpha \right) \quad (6)$$

Onde: α – ângulo de contato

f_{rot} – frequência de rotação

N_{bs} – nº de elementos girantes

D – diâmetro primitivo do rolamento

d – diâmetro dos elementos girantes

3. MÉTODO DE SINAIS RESIDUAIS

3.1. Sinais Residuais

Sendo $n(t)$ um sinal que descreve o comportamento normal e $d(t)$ a assinatura mecânica característica da falha, o sinal $s(t)$, oriundo do sistema ou processo em condição de falha, pode ser representado na forma de uma das três relações da equação acima. Como comentado anteriormente, estas relações podem ser transformadas de maneira a poder-se representá-las sob uma mesma forma aditiva. Assim, é possível isolar a componente característica do defeito, através da diferença entre o sinal a ser analisado e o sinal normal. Uma vez definido o sinal \hat{d} , pode-se, através de transformação homomórfica inversa, obter o sinal $\tilde{d}(t)$. A este sinal resultante dá-se o nome de sinal residual. , como mostra a Eq. (7). (Padovese, 2002)

$$\left. \begin{array}{l} s = n + d \\ s = n \cdot d \\ s = n \otimes d \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{Transformação Homomórfica}} \hat{s} = \hat{n} + \hat{d} \Rightarrow \hat{d} = \hat{s} - \hat{n} \quad (7)$$
$$\hat{d} \xrightarrow{\text{Transformação Homomórfica Inversa}} \tilde{d}(t)$$

“A idéia básica por trás da utilização de transformações homomórficas é que nos sinais residuais estariam de alguma forma sendo realçadas as características informacionais da falha constante do sinal em análise, facilitando assim a sua detecção. As informações contidas num sinal a ser caracterizado são de certa forma comparadas com aquelas obtidas em condições normais do equipamento ou processo, acentuando-se a visibilidade de desvios em relação à normalidade”. Uma vez obtido o sinal residual, todos os parâmetros de análise de sinais, nos domínios do tempo e da frequência usualmente utilizados para a detecção de falhas, podem ser empregados na sua análise. (Padovese, 2002)

3.2. Energia Residual

Almeida, Vicente e Padovese (2001) propuseram o conceito de Energia residual (ER), apresentado na Eq. (8), como um parâmetro escalar de avaliação da severidade de vibração, afim de detectar precocemente defeitos em rolamentos, e eventualmente, indicar o tipo de falha.

$$ER = \int_0^f \hat{D}(f) \cdot df \quad (8)$$

onde: $\hat{D}(f)$ - Espectro Residual

A energia residual representa a energia de vibração contida no sinal no domínio do tempo ou da frequência e deve ser obtida do mesmo modo para os sinais em diferentes condições serem analisadas.

Neste trabalho foram utilizados os conceitos de transformações homomórficas por adição e convolução para a determinação dos espectros e sinais residuais e, conseqüentemente, do parâmetro da energia residual, conforme apresentado Tab. (1).

Tabela 1. Determinação do Espectro Residual e Energia Residual

	Adição	Convolução
Transformação homomórfica	Transformada de Fourier $S(f) - N(f)$	Cepstro de Potência $C_{pot}(s) - C_{pot}(n)$
Espectro Residual $\hat{D}(f)$	$ S(f) - N(f) $	$\exp\{TF[(C_{pot}(s) - C_{pot}(n))]\}$
Energia Residual	$ER = \int_0^f \hat{D}(f) \cdot df$	$ER = \int_0^f \hat{D}(f) \cdot df$

4. MÉTODOS EXPERIMENTAIS

Os sinais selecionados nos bancos de dados das indústrias terão as seguintes designações, em função do momento da coleta:

“1” = condição normal, ou seja, anterior à condição com indícios de defeito, porém sem nenhuma suspeita de defeito

“2” = condição com indícios de defeito, ou seja, anterior à condição com defeito

“3” = condição com defeito, ou seja, última medição antes do evento de manutenção

“R” = condição de referência, ou seja, determinada pela média em frequência de três medições na condição normal

Os parâmetros para a determinação da densidade espectral de potência e do espectro de envelope, foram pré-determinadas no momento da coleta dos dados, através do ajuste de medição para cada equipamento. Neste trabalho são explorados apenas os dados de vibração existentes nos bancos de dados reais da indústria, ou seja, não foram realizadas medições específicas para serem apresentadas. Vale ressaltar que os ajustes das variáveis de medição foram determinados antes da aquisição dos sinais, conforme apresentado na Tab. (2).

Tabela 2. Informações das Medições dos Rolamentos de Cilindros Secadores

Informações dos Equipamentos					Informações dos Parâmetros de Medição						Análise de Parâmetros Espectrais				
Nº	Descrição	[rpm]	Tipo Rolamento	Tipo de Defeito Diagnosticado	Espectro de Frequência			Envelope (filtro 500-10k Hz)			Espectro de Frequência		Espectro de Envelope		Observações
					Faixa [Hz]	NFFT	Nº Média	Faixa [Hz]	NFFT env	Nº Média	f rotação	f rolamento	f rotação	f rolamento	
01	Secador 22	162	SKF 23044 C4	Rolamento danificado	1 - 100	792	3	1 - 100	792	2	1,2,3x	1xBPFO 2xBPFI 2xBSF	1,2,3x	*	*
02	Secador 26	164	SKF 23044 C4	Anel interno do rolamento trincado	1 - 100	792	3	1 - 100	792	2	*	1,2xBPFI	1,2x	2xBPFI	Envelope detectou 1x BPFI em janeiro de 2001 e valor global foi aumentando até 17/04/01
03	Secador 24	167	SKF 23044 C4	Rolamento danificado, pistas interna, externa e roletes	1 - 100	792	3	1 - 100	792	2	1x	1,2xBPFI 1xBSF	1,2x	1xBPFI 1xBSF	Picos defeitos bandas laterais da rotação no FFT e envelope detectou defeitos em 29/08/00
04	Secador 45	164	SKF 23044 C4	Anel externo danificado e anel interno trincado substituído em (13/07/00)	1 - 100	792	3	1 - 100	792	2	*	1,2xBPFI 1xBSF	*	*	*
05	Secador 17	164	SKF 23044 C4	Anel externo danificado	1 - 100	792	3	1 - 100	792	2	1x	1,2xBPFI 1,2xBPFO	*	*	*
06	Secador 11	168	FAG 23044 C4	Anéis interno e externo danificados - intervenção em 13/04/2003	1 - 100	792	2	0,5 - 150	1600	2	*	1xBPFI 1xBPFO	*	1xBPFO	Envelope detectou 1x BPFO em 31/03/03
07	Secador 18	168	FAG 23044 C4	Anéis interno e externo danificados - intervenção em 13/04/2003	1 - 100	792	2	0,5 - 150	800	2	*	1,2xBPFI 1,2xBPFO	*	*	Envelope detectou BPFO/BPFI em 17/02/03

Foram selecionados sete casos de defeitos em rolamentos de cilindros secadores de uma máquina de papel, que sofreram intervenções de manutenção no período de maio de 1999 a maio de 2003, de um total de 49 cilindros existentes em uma máquina de papel. Estes rolamentos tratam-se de componentes críticos, tanto pelo impacto de uma parada não programada da máquina quanto pela complexidade de manutenção envolvida. Os rolamentos são autocompensadores de rolos com furo cônico, modelo SKF/FAG 23044 C4, instalados nos mancais lado acionado de uma máquina de papel e operam com rotação em torno de 165 rpm e temperatura de 95 °C. Os parâmetros espectrais de análise de vibrações utilizados na indústria para detecção de falhas em rolamentos são espectro de frequência e espectro de envelope. O espectro de frequência mostrou-se eficiente na detecção de praticamente 100% dos casos estudados, porém na maioria dos casos os rolamentos já apresentavam desgaste avançado, ou seja, as detecções aconteceram apenas uma ou duas medições antes da intervenção de manutenção. O parâmetro do espectro de envelope obteve sucesso em quatro dos sete casos, sendo que para a maioria dos casos detectou o defeito na fase inicial. As medições de vibração na direção axial apresentam melhores resultados que na direção radial, sendo que o nível global de vibração RMS tem maior incremento, em todos os casos de defeitos analisados, na direção axial.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Pelos resultados obtidos, pode-se constatar que o parâmetro escalar da energia residual é eficaz na identificação dos defeitos de rolamentos, visto que o comportamento ou tendência do nível de vibração aumentou com a proximidade da intervenção de manutenção, ou seja, houve um acréscimo no valor da *ER* para as condições 1, 2 e 3. Por se tratar de componentes bastante semelhantes, tanto na forma construtiva como na condição operacional, pode-se analisar os valores médios dos casos de defeitos destes rolamentos. As Fig. (1) e Fig. (2) mostram os valores médios obtidos a partir da (DEP) e espectro de envelope (ENV), respectivamente.

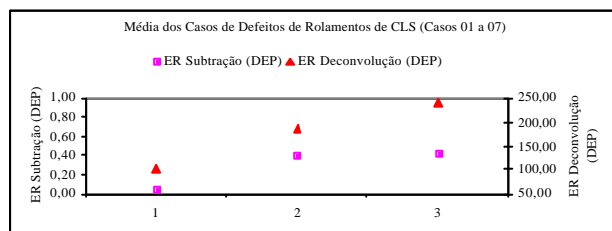


Figura 1. Energia Residual DEP Médios

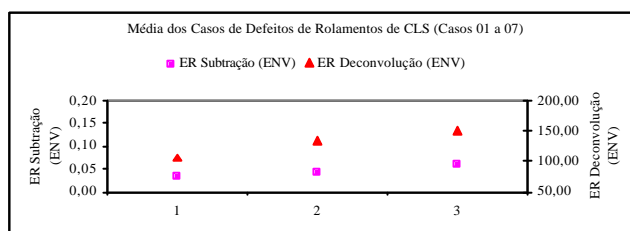


Figura 2. Energia Residual ENV Médios

Pode-se constatar também que a *ER* determinada por deconvolução apresentou bons resultados na identificação do defeito, sendo que apresentou uma melhor “tendência” do que os valores da energia espectral. Isto pode ser visto no caso do cilindro secador 17, cujos valores da *ER* estão plotados nas Fig. (3) e Fig. (4).

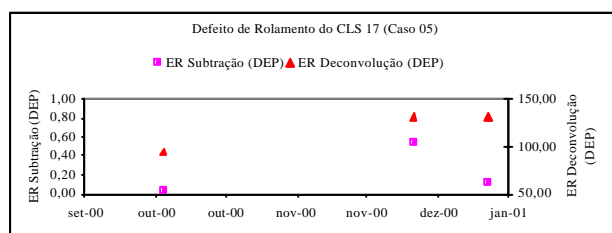


Figura 3. Energia Residual DEP – Secador 17

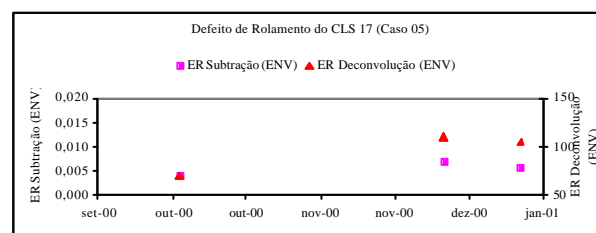


Figura 4. Energia Residual ENV – Secador 17

As Fig. (5) e Fig. (6) mostram a densidade espectral de potência para as condições de referência “R” e com defeito “3”, respectivamente. Na Fig. (6) podem-se notar os picos nas frequências que caracterizam defeitos do rolamento, ilustrado na Fig. (8), onde mostra o estado do rolamento após a substituição, com anel interno trincado e desgaste no anel externo.

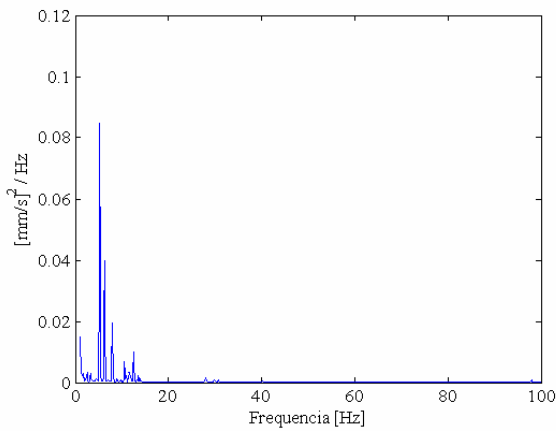


Figura 5. DEP Secador 17 “Condição R”

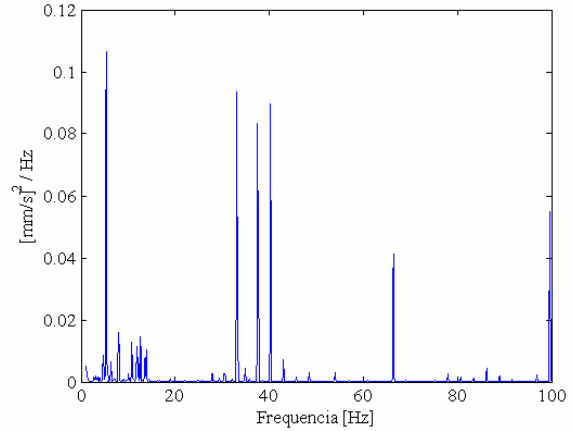


Figura 6. DEP Secador 17 “Condição 3”

A Fig. 7 apresenta o espectro de envelope para a condição “1” com defeito e pode-se constatar que não apresenta sinais de detecção de defeito no rolamento. Este fato, foi observado em vários outros casos de defeitos de rolamentos com avançado estado de desgaste, ou seja, a técnica de envelope não se mostra eficaz para estas situações na maioria das vezes.

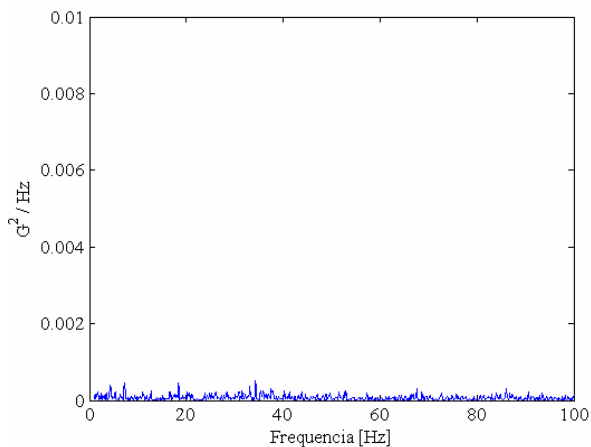


Figura 7. ENV Secador 17 “Condição 3”

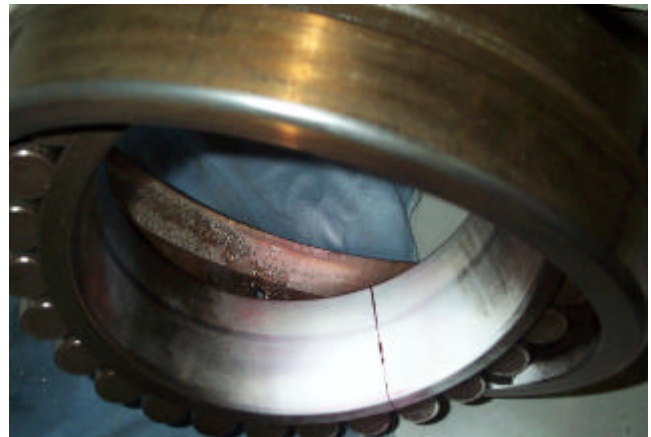


Figura 8. Defeito Rolamento Secador 17

Para o caso do rolamento do Secador 11 foi observado um comportamento crescente da *ER* por deconvolução determinada pela *DEP*, como apresentado na Fig. (9). Já com os valores da *ER* por deconvolução a partir do espectro de envelope o comportamento foi similar à Energia da *DEP* do espectro de envelope, como pode ser observado na Fig.(10).

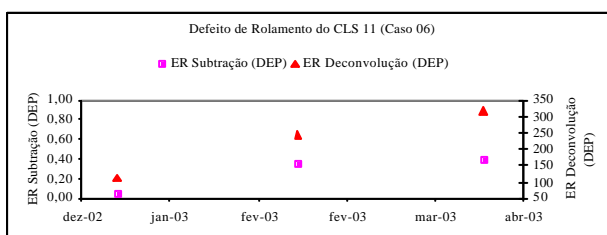


Figura 9. ER DEP Secador CLS 11

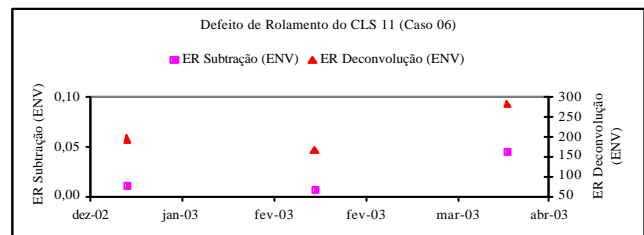


Figura 10. ER ENV Secador CLS 11

As Fig. (11) e Fig. (12) mostram as densidades espectrais de potência para as condições de referência “R” e com defeito “3”, respectivamente. Pode-se observar na Fig. (11), que na condição “R”, não existe nenhum pico de defeito na DEP, porém na Fig. (12) pode-se notar os picos nas frequências que caracterizam defeitos do rolamento.

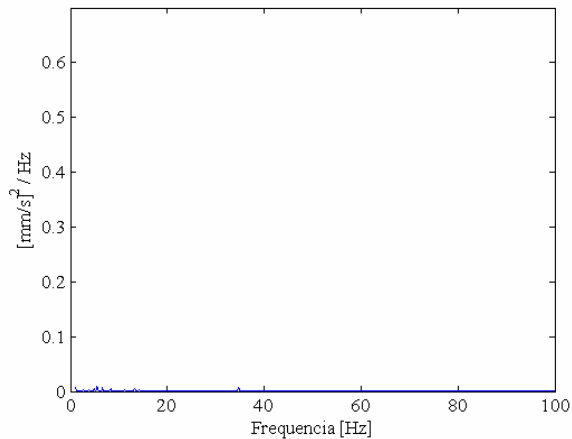


Figura 11. DEP Secador 11 “Condição R”

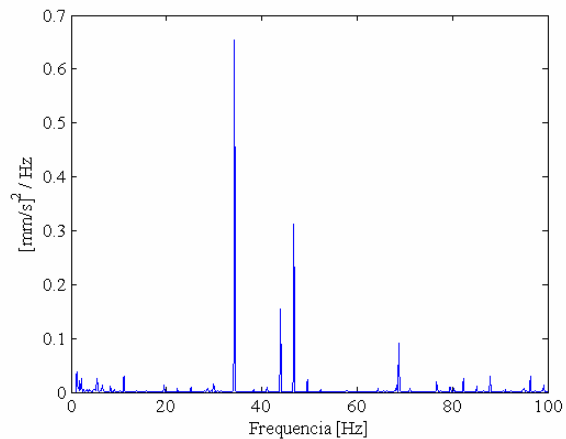


Figura 12. DEP Secador 11 “Condição 3”

A Fig. (13) apresenta o espectro de envelope na condição “3” com defeito, onde se observa picos indicando defeito de pista externa do rolamento. Neste caso a técnica espectro de envelope foi eficaz na detecção da falha no rolamento. A Fig. (14) mostra o estado do rolamento após a substituição, com anéis internos e externos danificados.

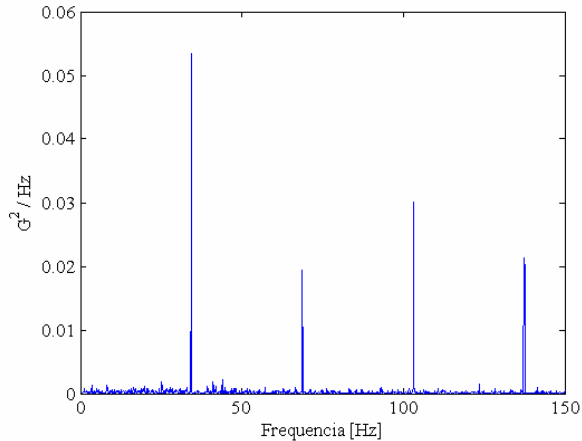


Figura 13. ENV Secador 11 “Condição 3”

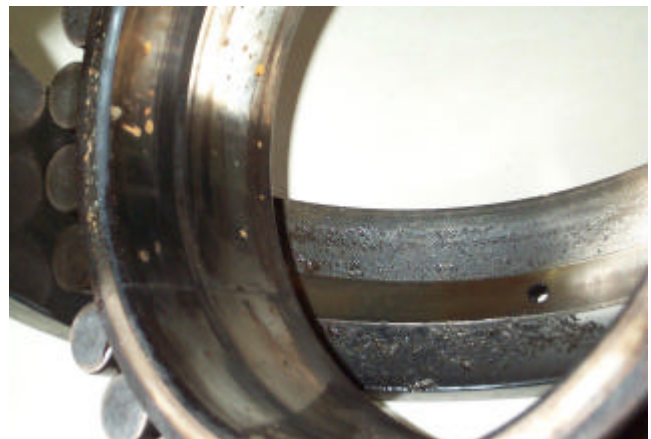


Figura 14. Defeito Rolamento Secador 11

6. CONCLUSÕES

O parâmetro da Energia Residual foi determinado através do método de sinais residuais obtido por transformações homomórficas para os casos de defeitos em rolamentos de cilindros secadores. Foram avaliados sete casos de falhas, cujos resultados possibilitam as seguintes conclusões:

- ✓ Através do parâmetro da energia residual é possível identificar e acompanhar a intensidade da vibração proveniente de defeitos em rolamentos de cilindros secadores.
- ✓ O ER obtido por deconvolução mostrou-se bastante eficiente na análise de defeitos de rolamentos de cilindros secadores. Para todos os casos de falhas estudados, a tendência dos valores do *ER* foi condizente com a evolução do defeito, ou seja, apresentou valores crescentes a cada medição.

Quando se trata da análise de vibrações na busca de um diagnóstico preciso do defeito e do modo de falha, faz-se necessário a utilização de todas as ferramentas de análise disponíveis. E comprovadamente o parâmetro da energia residual (ER) constitui-se em mais uma alternativa eficaz na detecção de defeitos através da técnica de análise de vibrações.

7. REFERÊNCIAS

- Almeida, R. G. T; Vicente, S. A. S.; Padovese, L. R. “New Technique for Evaluation of Global Vibration Levels in Rolling Bearings”. *Shock & Vibration*, v.9, n.4-5, 2002.
- Al-Najjar, B. “Accuracy, Effectiveness and Improvement of Vibration-Based Maintenance in Paper Mills: Case Studies”. *Journal of Sound and Vibration*, v.229(2), p.389-410, 2000.
- Bissessur, Y.; Martin, E. B.; Morris, A. J. “Monitoring the Performance of the Paper Making Process”. *Control Engineering Practice*, v.7, p.1357-1368, 1999.
- International Standards Organization. “Mechanical Vibration- Evaluation of Machine Vibration by Measurements on Non-rotating Parts: ISO 10816-1”. General guidelines, ISO, 1995.
- Lyonnet, P. “Maintenance Planning – Methods and Mathematics”. Chapman & Hall, English Edition, London, 1991.
- Padovese, L. R. “Apostila da Disciplina de Processos Aleatórios e Análise de Sinais Aplicados a Engenharia Mecânica”. Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000.
- Padovese, L. R. “Automação de Diagnóstico de Falhas em Plantas Industriais”. Tese de Livre Docência, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- Proakis, J. G; Manolakis, D. G. “Digital Signal Processing: Principle, Algorithms, and Applications”. Prattice-Hal, Inc, Third Edition, New Jersey/USA, 1996.
- Rocha, L. F. R. “Diagnóstico de Falhas Através da Análise de Vibrações pelo Método de Sinais Residuais na Manutenção Preditiva nas Indústrias de Papel e Celulose”. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- Shiroishi, J.; Li, Y.; Liang, S.; Daniluk, S.; Karfess, T. “Vibration Analysis for Bearing Outer Race Condition Diagnostic”. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences*, v.21, n.3, p.1-14, 1999.
- Tandon, N. “A Comparison of some Vibration Parameters for the Condition Monitoring of Rolling Elements Bearings”. *Measurement*, v.12, p.285-289, 1994.
- Tandon, N.; Choudhury, A. “A Review of Vibration and Acoustic Measurement Methods for the Detection of Defects in Rolling Elements Bearings”. *Tribology International*, v.32, p.469-480, 1999.
- Wowk, V. “Machinery Vibration – Measurement and Analysis”. McGraw-Hill, Inc, New York, 1991.

FAULT DIAGNOSTIC IN ROLLING BEARINGS IN PAPER INDUSTRIES THROUGH VIBRATION ANALYSIS BY RESIDUAL SIGNAL METHOD

Luiz Fernando Ribeiro Rocha

Department of Mechanical Engineering– University of Sao Paulo
luiz.rocha@poli.usp.br

Linilson Rodrigues Padovese

Department of Mechanical Engineering– University of Sao Paulo
lrpadove@usp.br

Abstract. *The analysis mechanical vibration methods consists in one of the most efficient tools used in predictive maintenance programs in paper industries, whose operational reliability normally is based on the condition of the machines and equipments. Ahead of this, the development of new technologies is very importante to improve the productivity and effectiveness in the fault diagnosis in industrial equipments. This work is summarized in the study of the method of residual signals and the scale parameter of severity vibration called residual energy (ER), determined from the concept of homomorphic transformations by subtraction and deconvolution. This technique is applied to diagnosis defects in industrial rolling bearings, using for this, a real data from vibration analysis system of predictive maintenance in a paper industry. The main objective of the work is to demonstrate the efficacy of the use of the residual signal method as a parameter of analysis and of fault diagnosis, from real data available from the paper industry, in rolling bearings installed in drying cylinders. As additional contribution, a comparative spectral analysis is presented, with Power Spectral Density (PSD) and Spectral Envelope in the normal and fault conditions for some of the studied cases.*

Key words: *rolling bearings, vibration analysis, residual signals*