

## **ANÁLISE DE SINAIS DE VIBRAÇÃO E EMISSÃO ACÚSTICA PARA A DETECÇÃO DE DANOS EM ENSAIOS DE FADIGA DE CONTATO DO TIPO ESFERA CONTRA PLANO**

**Adriano Gonçalves dos Passos, [adriano.utfpr@gmail.com](mailto:adriano.utfpr@gmail.com)<sup>1</sup>**

**Gustavo Borges Tiboni, [gustavo@lactec.org.br](mailto:gustavo@lactec.org.br)<sup>2</sup>**

**Klaas Bastiaan Bronkhorst, [klaasbr@yahoo.com.br](mailto:klaasbr@yahoo.com.br)<sup>1</sup>**

**Carlos Henrique da Silva, [carlos@utfpr.edu.br](mailto:carlos@utfpr.edu.br)<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Av. 7 de Setembro, 3165, Curitiba, Paraná, 80230-901

<sup>2</sup>Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento - LACTEC, Av. Prof. Lothário Meissner, 01. Curitiba, Paraná, 80210-170

**Resumo.** Falhas em rolamentos são causas comuns de paradas em máquinas rotativas. Consequentemente, é necessária a aplicação de técnicas que permitam a detecção do problema o mais cedo possível com o intuito de evitar danos ao rolamento e a consequente parada da máquina. O modelo tribológico de desgaste esfera contra plano está presente em inúmeros elementos de máquinas, sendo os rolamentos alguns dos maiores representantes em que esse tipo de desgaste ocorre. Este trabalho teve como objetivo principal correlacionar danos típicos em um ensaio esfera contra plano com sinais de vibração e emissão acústica, sendo por exemplo possível a determinação do momento em que o dano presente na pista ultrapassa um limite definido como aceitável, caracterizando o final da vida útil e portanto o término do ensaio. Além disso, o projeto teve como desafio, a modernização do equipamento de ensaio anteriormente utilizado, necessitando-se de diversas implementações de sistemas de controle em malha fechada e um sistema supervisor amigável para a fácil coleta de dados. Os ensaios foram realizados em corpos de prova de aço carbono AISI 1020 e os contra corpos esferas de aço AISI 52100, estas, comuns de rolamentos comerciais. Foram capturados os sinais de vibração e os dados tratados basicamente com duas abordagens, uma determinística (fator de crista) e uma estatística (curtose). Além disso, o trabalho contou com a aquisição de sinais pela técnica de emissão acústica (EA). Concluiu-se que do ponto de vista dos sinais de vibração, a análise por curtose mostrou ser mais sensível para detectar o dano provocado na trilha de desgaste, em relação à análise pelo fator de crista. Para os sinais de EA, a taxa de hits mostrou-se mais significativa para detectar alteração na pista de desgaste, em relação ao RMS do sinal. Uso de duas técnicas de detecção de dano pode aumentar significativamente a confiabilidade do processo.

**Palavras-chave:** Tribologia, Esfera-contra-plano, Vibração, Emissão Acústica

### **1. INTRODUÇÃO**

O dano por fadiga de contato em rolamentos de máquinas rotativas submetidas a longos períodos de funcionamento não pode ser evitado, contudo, deve-se prevenir a propagação do dano até um regime severo, desta forma resguardando a integridade estrutural do equipamento e dos operadores (Vale, 2007). Segundo Almeida (2005) a maioria das fabricas de manufatura baseiam-se no uso de equipamentos mecânicos na maior parte de seus processos produtivos e a manutenção preditiva baseada em sinais de vibração é uma das técnicas mais utilizadas. Entretanto, o monitoramento de todas as maquinas críticas, equipamentos e sistemas em uma planta industrial, não se deve limitar a uma única técnica. Outras técnicas que são amplamente utilizadas são o monitoramento de temperatura e análise de partículas no óleo lubrificante (Cunha, 2005). Porém, uma das técnicas que mais ganhou espaço nas ultimas décadas é a análise de emissão acústica, devido a popularização e redução dos custos dos equipamentos de medição (Choudhury *et al.*, 2000).

Segundo Al-Ghamd *et al.* (2006) emissões acústicas são definidas por ondas elásticas geradas pela liberação de energia no momento que uma deformação ou dano ocorre tanto na superfície quanto no interior do material. Para Mori *et al.* (1996) os métodos de análise por emissão acústica (EA) mais comuns se baseiam nos sinais de contagem de *hits* e o de RMS. Para o primeiro, conta-se a quantidade de sinais cuja amplitude por um determinado tempo ultrapassou um nível limite, chamado *threshold*, já o RMS calcula a média da potência do sinal de cada *hit* (Choudhury *et al.*, 2000).

Quanto ao fenômeno de vibração, Bezerra (2004) afirma que técnicas de análise no tempo são as mais simples de serem aplicadas do ponto de vista matemático. Desses métodos, o Nível Global de aceleração (RMS) e o Fator de Crista

( $F_{cr}$ ) são os mais difundidos. Além disso, Martin *et al.* (1995) demonstram que análises estatísticas mais complexas do que uma simples média quadrática sobre o sinal no tempo, como a forma normalizada do quarto momento estatístico, comumente chamada de curtose (KUR), possuem uma robustez superior aos métodos determinísticos de análise.

Do ponto de vista tribológico, um típico modo de falha para rolamentos é o *spalling*. O *spalling* é causado pela nucleação e crescimento de trincas, que surgem subsuperficialmente, e se propagam para a superfície das pistas do rolamento causando o desprendimento de porções de material, alterando assim a sua condição de funcionamento, elevando os níveis de vibração e ruído e reduzindo ou atingindo o final da vida útil do componente. Assim, diversos estudos tentam compreender esses mecanismos para melhorar a vida útil deste componente (Mori *et al.* (1996) e Brunetti (2008)).

Este artigo tem por objetivo comparar métodos de análise de sinais de vibração e de emissão acústica, com o intuito de identificar a formação de dano (*spalling*) na pista de contato de um rolamento.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para estudar os sinais de vibração e de EA, foram realizados ensaios de fadiga de contato em bancada laboratorial. Nos ensaios a aquisição dos sinais de vibração e de EA, para identificar a assinatura dos fenômenos, ocorreram em duas etapas distintas:

### Primeira Etapa

Aquisição de sinais em uma condição de superfície de desgaste sem defeitos, na qual há a formação de trilha de desgaste na superfície do material;

### Segunda Etapa

Aquisição de sinais em uma condição de superfície de desgaste com um dano severo (marca de uma indentação Vickers).

### 2.1 Equipamento de Ensaio

A Figura (1) mostra um desenho da câmara de ensaio de desgaste, o posicionamento do par tribológico esfera-plano da-se nas posições C e G respectivamente. Este equipamento simula as condições de contato de um mancal axial e o carregamento se dá pela aplicação de uma força axial  $F_n$ .

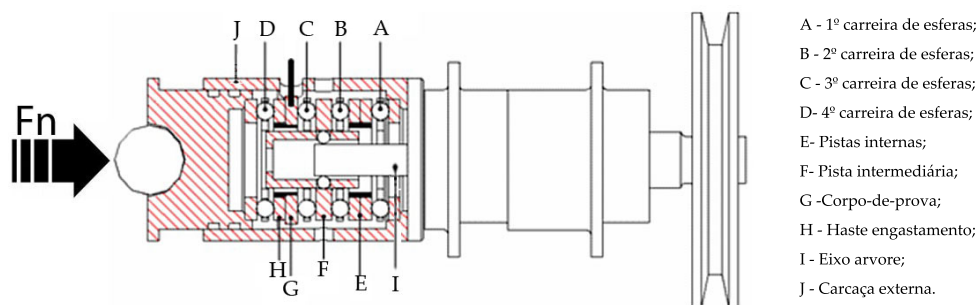


Figura 1: Vista em corte da câmara de ensaio (adaptado de Brunetti, 2008).

A Figura (2) mostra o equipamento de ensaio, no qual é possível observar como estão posicionados os sensores de emissão acústica (A) e de vibração (B) tal como os sistemas de aquecimento e lubrificação forçada.

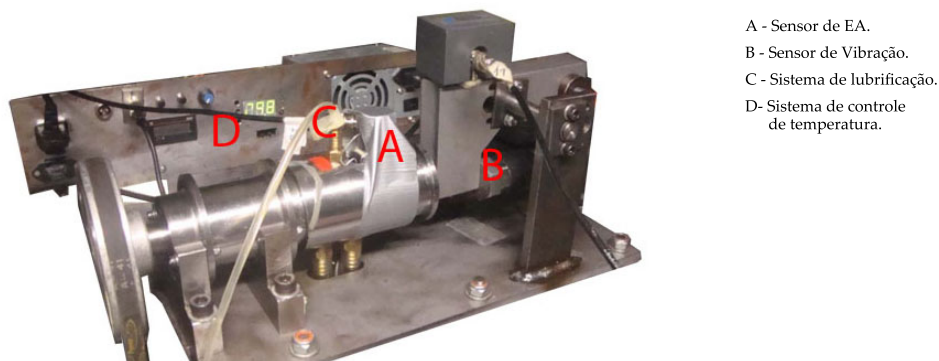


Figura 2: Imagem da montagem dos sensores no equipamento de ensaio.

## 2.2 Corpos de Prova

### 2.2.1 Material e Geometria

Os corpos de prova (CPs) foram confeccionados em aço AISI 1020, todos de um mesmo lote, torneados e retificados por processos convencionais. Os quatro CPs foram tratados termicamente após a usinagem sendo temperados em banho de óleo. A temperatura de austenitização foi de 900 °C e o período de homogenização de temperatura foi de 60 minutos. Em seguida os discos foram revenidos em uma temperatura de 180 °C durante 60 minutos. Para o acabamento final da superfície dos CPs, foi utilizado a sequência de preparação metalográfica até abrasivo de alumina de 3 $\mu$ m. As dimensões e a aparência final dos corpos de provas podem ser vistos na Figura (3).

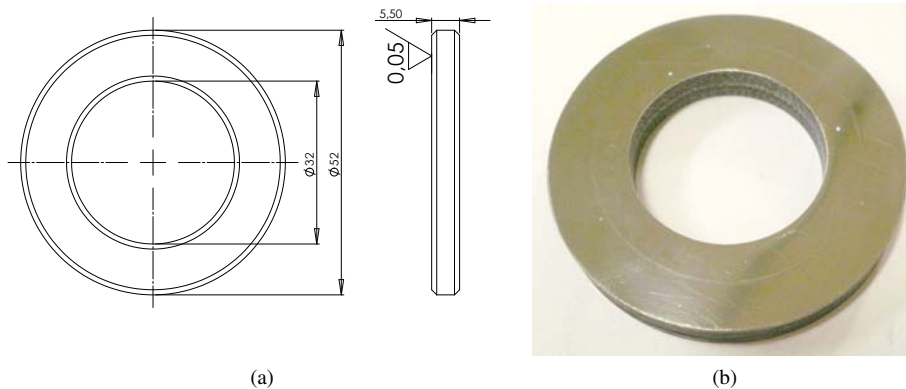


Figura 3: Corpos de prova, (a) dimensões principais, (b) aparência geral.

Para a caracterização mecânica da superfície dos CPs foi utilizado ensaio de microdureza Vickers. Foram realizadas oito identificações em cada CP igualmente espaçadas, o resultado das medições podem ser vistos na Tabela (1).

Tabela 1: Microdureza dureza Vickers (HV).

CP	Dureza (HV)
1	300 $\pm$ 60
2	290 $\pm$ 20
3	550 $\pm$ 60
4	420 $\pm$ 30

### 2.2.2 Produção Artificial do Dano

Para a aquisição dos sinais de um rolamento danificado (segunda etapa de ensaios), foi induzido um dano artificial na trilha de rolagem para simular uma falha por *spalling*, encontrado amplamente na literatura como por exemplo em Brunetti (2008). Para isso utilizou-se um indentador do tipo Vickers (pirâmide de base quadrada e ângulo de ponta de 136 °) com uma carga de 100kgf. Antes e depois do ensaio os danos foram medidos com o uso de um microscópio metalográfico (6) e o resultado das medições estão expostos na Tabela (2).

Tabela 2: Tamanho dos danos Artificiais antes e depois dos ensaios.

CP	Antes		Depois	
	d1	d2	d1	d2
1	729	729	647	527
2	724	658	583	492
3	581	566	517	348
4	691	685	616	519

(todas as unidades dadas em  $\mu$ m)

A Figura (4) apresenta micrografias da superfície dos CPs nas condições iniciais e finais da primeira etapa de ensaio.

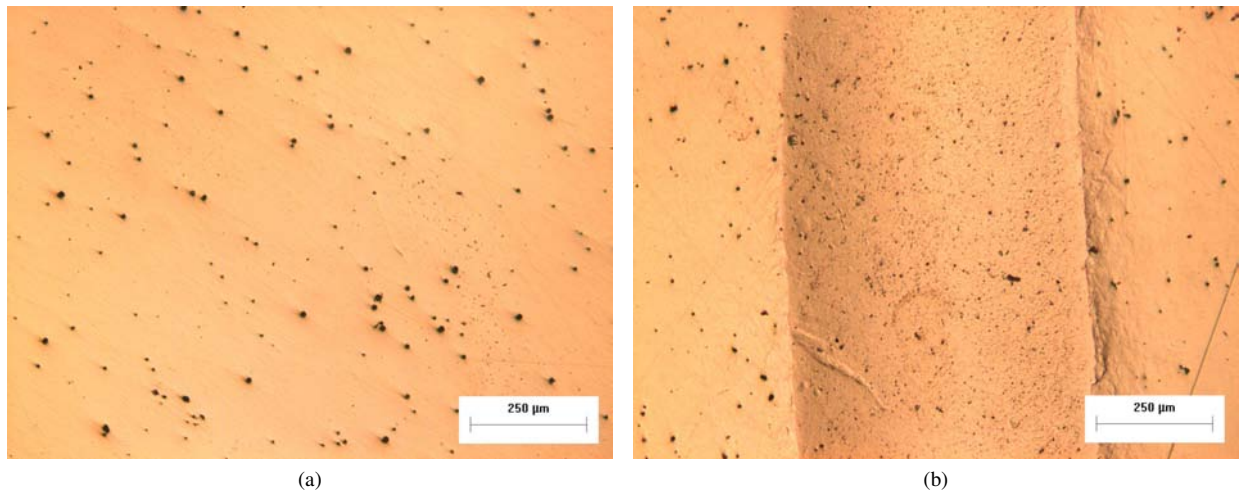


Figura 4: Micrografias do CP 4. (a) antes do ensaio, (b) trilha de desgaste formada.

Já na Figura (5) é mostrado as condições iniciais e finais da segunda etapa de ensaios. Também pode-se notar a visível diminuição das dimensões do dano resultante do rolamento. Além disso, evidencia-se o que a Tabela (1) indica, sendo a diagonal  $d1$  levemente maior que a  $d2$ , devido também as deformações preferenciais provocadas pelo sentido do rolamento.

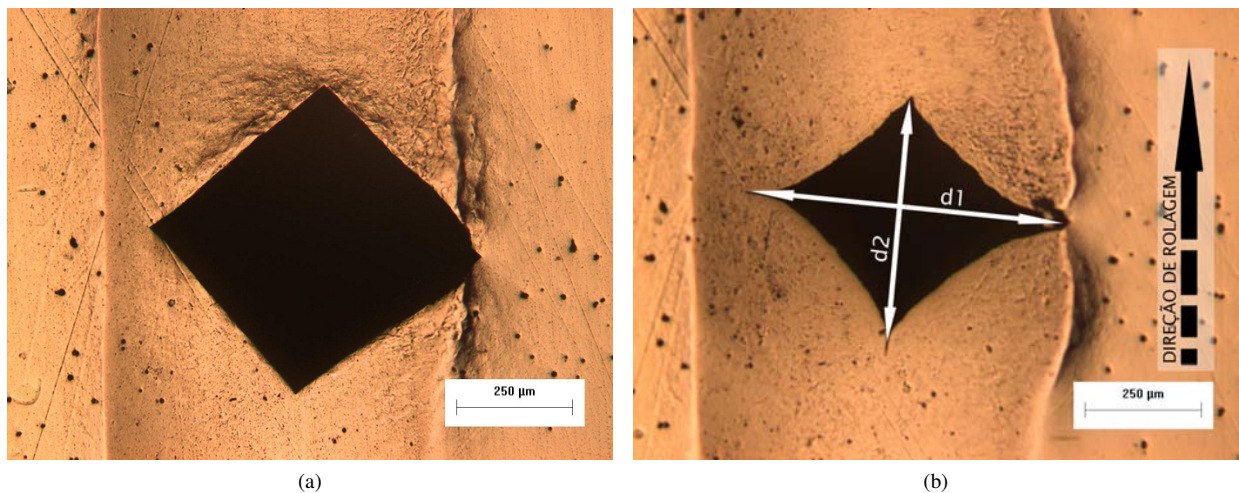


Figura 5: Micrografias do CP 4. (a) marca de dureza na trilha, (b) marca de dureza na trilha de desgaste no final do ensaio (seta mostrando a direção de rolamento).

A Figura (6) mostra os danos produzidos em cada um dos CPs antes do início da segunda etapa de ensaios.

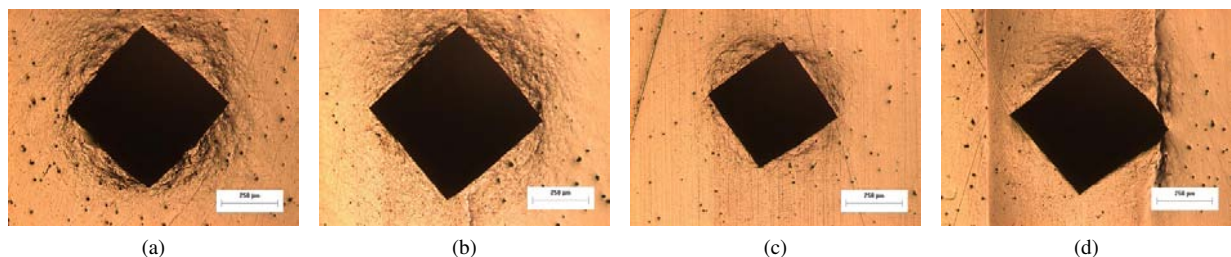


Figura 6: Micrografias dos quatro CPs antes da segunda etapa de ensaios. (a)CP1, (b)CP2, (c)CP3, (d)CP4.

### 2.3 Condições de Ensaio

No ensaio, utilizou-se um sistema lubrificado com óleo ISO VG 46 e circulação forçada, mantendo a temperatura constante de  $30 \pm 0,5$  °C. Em cada esfera a força normal de contato da esfera sob o plano foi de aproximadamente 130N.

A primeira etapa de ensaios teve a duração de 10 minutos e a segunda de 5. Nos ensaios realizados após a implementação de um dano forçado na pista, a frequência de contato esfera-dano, de acordo com as informações da Equação (1) (Brunetti, 2008), é de 25Hz.

$$f_{\text{Hz}} = \frac{n_{\text{eixo}}}{60} \times \frac{N_{\text{esfera}}}{2} \quad (1)$$

Na qual:

- $n_{\text{eixo}}$  = rotação do eixo arvore (1000 rpm);
- $N_{\text{esfera}}$  = número de esferas = 3 (posição C na Figura 1);
- $f_{\text{Hz}}$  = frequência de contato (Hz).

## 2.4 Emissão Acústica

O sistema de aquisição e processamento de sinais de EA é composto por uma placa modelo DISP, de fabricação da *Physical Acoustics Corporation* (PAC), com quatro canais. O transdutor utilizado foi o PAC R-15I, com pré-amplificador integrado de 40dB e frequência ressonante de aproximadamente 150kHz, ligado à placa através de cabo coaxial de 50Ω. A placa de EA foi instalada em um microcomputador, o qual através do software AEWIn (PAC), parametriza, processa e armazena os dados coletados.

O monitoramento por EA foi realizado acoplando-se o transdutor piezelétrico na carcaça externa do equipamento, utilizando graxa como elemento interfacial entre o transdutor e a carcaça. A Figura 2 mostra uma fotografia da montagem do acoplador na amostra. A verificação da eficiência do acoplamento fez-se pelo sinal de resposta da quebra de grafite 0,5mm (com dureza 2H) na superfície em que o sensor se acoplava. Este procedimento foi adotado conforme indica a norma ASTM E 2075.

A placa de EA tem uma capacidade limitada de aquisição e processamento de sinais e, alguns ajustes foram necessários para evitar a saturação da mesma e conseqüente perda de sinais durante os ensaios. O parâmetro a ser ajustado é o limiar de referência (*threshold*). Este parâmetro funciona como um filtro passa alta de amplitude. Somente sinais que têm picos de amplitude com valores acima do limiar serão coletados e parametrizados pelo sistema de EA. Antes da realização dos ensaios foi determinado um valor ótimo para o limiar de referência. Este valor foi obtido avaliando-se a taxa de sinais coletadas, uma vez que a característica do sinal foi previamente determinada.

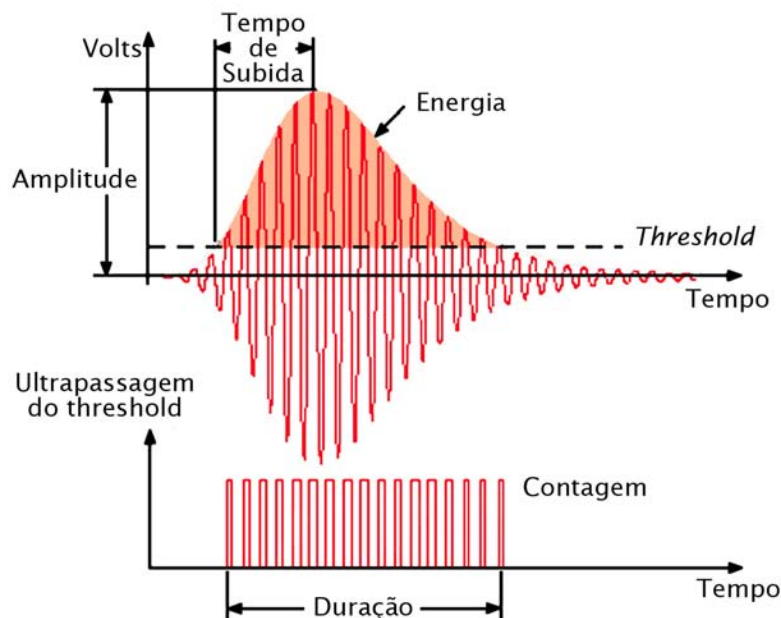


Figura 7: Características de uma onda de EA.

A Figura (7) apresenta os parâmetros de uma onda de EA onde é possível observar, em detalhe, o parâmetro de duração de um *hit* e a área do sinal que se mensura a potência média do sinal (RMS). Na aquisição dos sinais de EA, foi avaliado um minuto de ensaio.

## 2.5 Vibração

Os sinais de vibração foram captados por um acelerômetro piezelétrico do tipo sísmico de sensibilidade de 1025mV/g e a aquisição dos dados foi realizada utilizando-se um sistema *National Instruments* (NI) composto de placa de aquisição e ambiente de programação LabView. Os sinais foram coletados em uma frequência de amostragem de 20kHz em um *buffer* de 10k valores, com isso conseguiu-se reconstruir sinais de frequências até 10kHz e armazenados em vetores de 0,5s de duração. A amostragem foi realizada coletando-se um vetor (0,5s) a cada 10 segundos, e para os cálculos desenvolvidos foram escolhidos apenas os cinco últimos vetores da primeira etapa, tal como os cinco primeiros vetores da segunda etapa, para assim caracterizar a pista de desgaste em um estado mais estável, e o dano em um estado mais recente. A Figura (8) apresenta sinais típicos de um dos corpos de prova ensaiados nas condições sem e com dano.

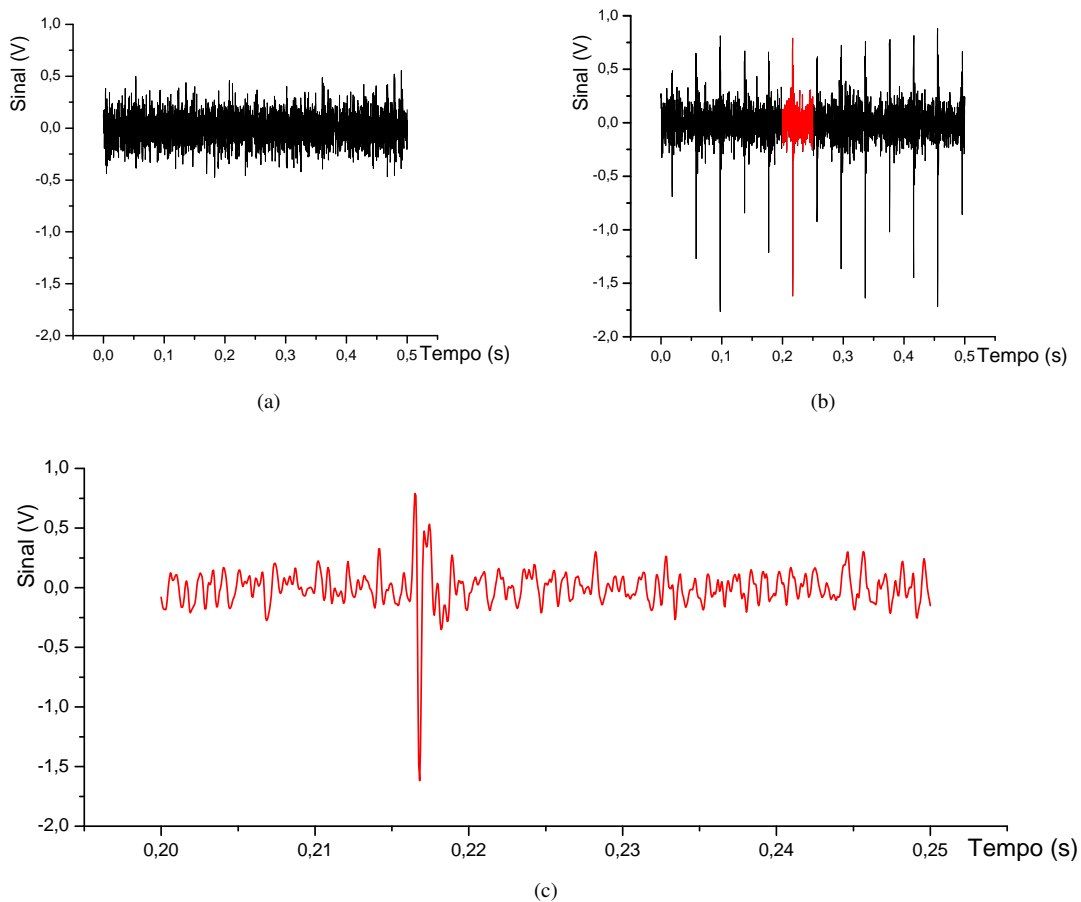


Figura 8: Intensidade do sinal de vibração em função do tempo. (adquiridos na bancada de ensaio) (a) Corpo de prova sem dano, (b) corpo de prova com dano, (c) detalhe de um pico local. (destacado da Figura (b))

As abordagens utilizadas para o tratamento dos sinais de vibração foram o fator de crista ( $F_{cr}$ ) e a curtose (KUR). O fator de crista é um parâmetro calculado pela simples razão entre o valor de pico e de RMS da aceleração do ponto de medição. Este fator busca relacionar a presença de picos ou cristas acima da média de potência do sinal. No cálculo do ( $F_{cr}$ ), para minimizar erro e influencia de fatores externos, foram utilizados separadamente todos os picos locais de cada vetor. Por exemplo: em uma frequência de contato de 25Hz, como o utilizado, e um tempo de amostragem de 0,5s pode-se encontrar aproximadamente 12,5 picos, com isso  $X_{pico}$  foi mensurado sendo a maior distância entre pico negativo e positivo em apenas uma região. Neste caso para cada vetor calculou-se 12 fatores de crista e depois fez-se a média. A Figura(8-c) mostra uma das 12 regiões extraídas do vetor mostrado na Figura (8-b) e as Equações (2) e (3) representam o método de cálculo deste parâmetros.

$$X_{rms} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k^2} \quad (2)$$

$$F_{cr} = \frac{X_{pico}}{X_{rms}} \quad (3)$$

Para a curtose, que é a forma normalizada do quarto momento estatístico central aplicado a um grupo de dados, pode ser calculada a partir da definição do  $i$ -ésimo momento central:

$$M_i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^i \quad (4)$$

Sendo  $N$  o número total de pontos amostrados,  $x_i$  a amplitude do  $i$ -ésimo ponto e  $\bar{x}$  a média de todos os valores. A Figura Equação (5) mostra como o quarto momento é calculado.

$$M_4 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^4 - \frac{4}{N} \bar{x} \sum_{i=1}^N x_i^3 + \frac{6}{N} \bar{x}^2 \sum_{i=1}^N x_i^2 - 3\bar{x}^4 \quad (5)$$

Finalmente normalizando, se tem:

$$\text{KUR} = \frac{M_4}{(M_2)^2} \quad (6)$$

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Sinais de Vibração

A análise dos resultados dos sinais de vibração procedeu-se com base em duas abordagens de similares objetivos, porém com significativas diferenças matemáticas. Os resultados do fator de crista  $F_{cr}$  de cada corpo de prova, o qual tem uma abordagem mais determinística, está representado na Figura (9-a). Pode-se notar que há uma baixa dispersão dos valores de  $F_{cr}$  devido a semelhança das superfícies envolvidas. Além disso, os valores médios do Fator de Crista também se mostraram muito próximos ( $F_{cr} = 1,5 \pm 0,3$ ), o que mostra um certo nível repetibilidade do processo de preparação dos corpos de prova, bem como da aquisição dos sinais.

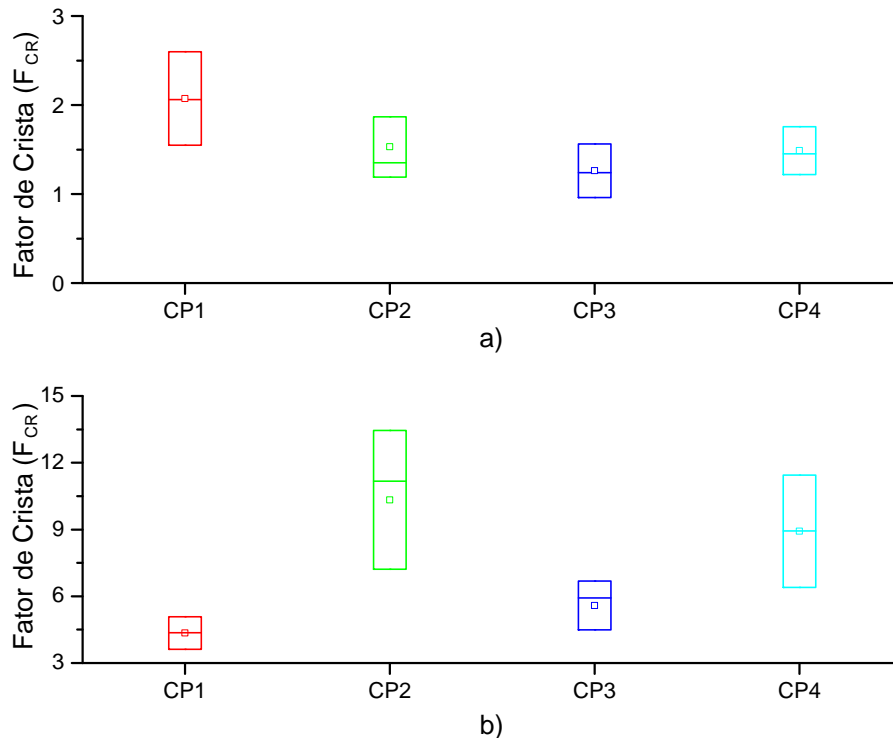


Figura 9: Resultados do parâmetro  $F_{cr}$  de cada corpo de prova. (a) sem dano, (b) com dano.

Já para a situação com dano Figura (9-b), a dispersão aumenta significativamente, fato causado pela não tão alta repetibilidade do processo de produção do dano devido a possíveis erros de posicionamento no momento da indentação. Nota-se também que os valores de  $F_{cr}$ , para todos os corpos de prova estão relativamente mais afastados ( $\bar{F}_{cr} = 7 \pm 3$ ).

A Figura (10) também evidencia a diferença entre  $F_{cr}$  nas duas etapas de ensaios, mas a informação mais importante é a comparação com a outra abordagem de análise dos sinais de vibração utilizada, a curtose. A curtose é uma abordagem estatística com a característica de ser extremamente influenciável por pontos aberrantes fora da distribuição normal(ver Eq.(6)), tornando seus valores mais sensíveis à alterações bruscas de comportamento do sinal.

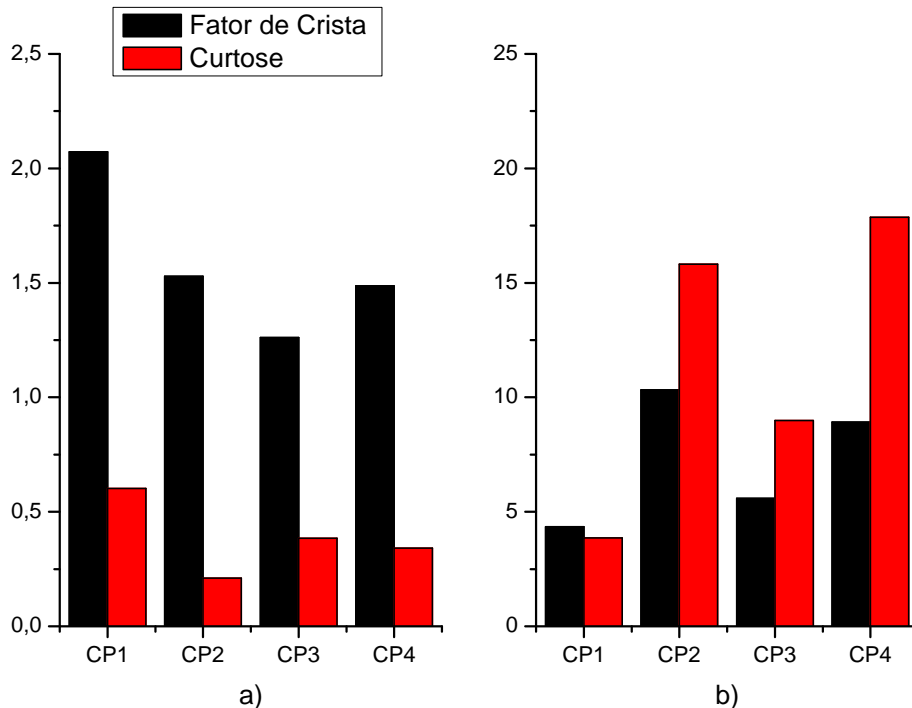


Figura 10: Resultados de Fator de crista e Curtose para cada corpo de prova. (a) Sem dano, (b) com dano.

Apesar de o  $F_{cr}$  ter apresentado um aumento médio de  $5\times$ , da etapa 1 para a etapa 2, a abordagem utilizando a curtose de destacou muito mais com um aumento médio de  $30\times$ . Este resultado é reflexo de sua maior sensibilidade para detectar este tipo de dano.

### 3.2 Sinais de Emissão Acústica

A análise dos dados de emissão acústica também seguiu duas abordagens, em uma delas calculou-se a quantidade de *hits* (sinais de EA) em relação ao período de ensaio, obtendo-se assim a taxa de *hits* (*hits/s*) para cada CP. Para a outra abordagem, mediu-se a média RMS dos sinais de EA durante as duas etapas do ensaio.

A Tabela (3) mostra que houve um grande acréscimo nos parâmetros taxa de *hits*, cerca de 400%, e uma elevação menos intensa no sinal da potência RMS de cada etapa de ensaio, aproximadamente 27%.

Tabela 3: Resultados obtidos pela técnica de EA

Etapa	CP	Taxa( <i>hits/seg</i> )	RMS(mV)
Sem Dano	2	146,0	2,54 ± 0,10
	3	59,4	2,20 ± 0,02
	4	72,4	2,27 ± 0,10
Com Dano	2	669,7	3,21 ± 0,04
	3	328,0	2,81 ± 0,11
	4	369,4	2,91 ± 0,14

Durante a etapa de análises dos resultados de EA, observou-se inconsistências dos dados referente ao CP1. Isto ocorreu devido a falhas no sistema de aquisição e tratamento de dados, por isso seus dados foram omitidos da Tabela (3).



No entanto, os resultados obtidos com os sinais provenientes dos ensaios nos CPs de 2 a 4 foram condizentes com o esperado segundo a literatura (Mori *et al.*, 1996). Nota-se que, para uma pista de desgaste com dano, os sinais de EA ultrapassaram mais vezes o *threshold*, assim como, a potência média (RMS) de cada *hit* é superior. Isto mostra que a energia liberada no momento do contato da esfera com o dano é elevada e que o sensor de EA é capaz de detectar a presença desta falha na pista de rolamento.

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados dos ensaios apresentados neste trabalho nos permitiram concluir que:

- Do ponto de vista dos sinais de vibração a análise por curtose mostrou ser mais sensível para detectar o dano provocado na trilha de desgaste em relação à análise pelo fator de crista;
- Do ponto de vista dos sinais de EA a taxa de *hits* é mais significativa para detectar alteração na pista de desgaste em relação ao RMS do sinal;
- Uso de duas técnicas para a detecção de danos aumenta significativamente a confiabilidade do sistema de detecção de dano.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao CNPq por fornecer a bolsa de iniciação científica (PIBIC) processo 121.519/2009-0, ao Departamento Acadêmico de Mecânica (DAMEC) da UTFPR por fornecer suporte e laboratórios, ao Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC) por ceder equipamentos de medição de emissão acústica, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais (PPGEM) dentro do projeto “Desenvolvimento de pessoal técnico na utilização de técnicas de emissão acústica para a resolução de problemas do setor elétrico” do convênio UTFPR / LACTEC / COPEL, e finalmente, a empresa WEG Equipamentos Elétricos S.A. dentro do Projeto de Inovação de Laboratórios: Inovação tecnológica em componentes mecânicos para motores elétricos - Projeto FINEP 4931/06 - (Edital PROMOVE).

#### 6. REFERÊNCIAS

- Al-Ghamd, A., Mba, D. and , 2006. “A comparative experimental study on the use of acoustic emission and vibration analysis for bearing defect identification and estimation of defect size”. *Mechanical systems and signal processing*, Vol. 20, No. 7, pp. 1537–1571.
- Almeida, M.T., 2005. “Apostila de manutenção preditiva: Confiabilidade e qualidade.” <[http://www.joinville.ifsc.edu.br/coral/GERENCIA\\_EMPRESARIAL/](http://www.joinville.ifsc.edu.br/coral/GERENCIA_EMPRESARIAL/)> viewn at 25 Feb. 2010.
- Bezerra, R.A., 2004. *Deteção de falhas em rolamentos por análise de vibração*. Ph.D. thesis, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Brunetti, C., 2008. *Efeito da preparação de corpos-de-prova na vida em fadiga de contato em rolamento de ferro fundido nodular austemperado*. Master’s thesis, UTFPR.
- Choudhury, A., Tandon, N. and , 2000. “Application of acoustic emission technique for the detection of defects in rolling element bearings”. *Tribology international*, Vol. 33, No. 1, pp. 39–45.
- Cunha, R., 2005. *Análise do estado de conservação de um redutor de velocidade através da técnica de partículas de desgaste no óleo lubrificante auxiliada pela análise de vibrações*. Ph.D. thesis, UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA.
- Martin, H., Honarvar, F. and , 1995. “Application of statistical moments to bearing failure detection”. *Applied Acoustics*, Vol. 44, pp. 67–67.
- Mori, K., Kasashima, N., Yoshioka, T. and Ueno, Y., 1996. “Prediction of spalling on a ball bearing by applying the discrete wavelet transform to vibration signals”. *Wear*, Vol. 195, No. 1-2, pp. 162–168.
- Vale, A.F., 2007. *Análises Estatísticas e Reconhecimento de Padrão Aplicados em Diagnósticos de Defeitos em Rolamentos Através da Análise de Vibração*. Ph.D. thesis, UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ.

#### 7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

## **ANALYSIS OF VIBRATION AND ACOUSTIC EMISSION SIGNALS FOR DAMAGE DETECTION ON ROLLING CONTACT FATIGUE RIGS**

**Adriano Gonçalves dos Passos, [adriano.utfpr@gmail.com](mailto:adriano.utfpr@gmail.com)<sup>1</sup>**

**Gustavo Borges Tiboni, [gustavo@lactec.org.br](mailto:gustavo@lactec.org.br)<sup>2</sup>**

**Klaas Bastiaan Bronkhorst, [klaasbr@yahoo.com.br](mailto:klaasbr@yahoo.com.br)<sup>1</sup>**

**Carlos Henrique da Silva, [carlos@utfpr.edu.br](mailto:carlos@utfpr.edu.br)<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Av. 7 de Setembro, 3165, Curitiba, Paraná, 80230-901

<sup>2</sup>Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento - LACTEC, Av. Prof. Lothário Meissner, 01. Curitiba, Paraná, 80210-170

**Abstract.** *Bearings failure is a common cause of rotary machines to stop. Therefore, it necessary apply techniques wich allow the detection of the issue in its early stages with the propose of avoiding severe damage to the bearing and the machine stop. The tribological model ball-on-flat appears in many different machine elements, being the rolling bearings the most representative group where that kind of wear occurs. The main objective of this paper is to correlate typical damages in that kind of test with vibration and acoustic emission signals, being possible, for example, the detection of the moment that the damage in the track breaks an acceptable threshold. Moreover, this paper had challenge of refitting the old rig with new sensors, a closed loop control system capable of maintain the lubricant's temperature almost constant and a friendly user interface for easy data collection. The tests were conducted using discs of carbon-steel AISI 1020 and spheres of steel AISI 52100, this last one, extracted of commercials rolling bearings. The vibration signals were acquired and analyzed with two different mathematical approaches, one deterministic (crest factor) and one statistic (kurtosis). Beyond that, this work used the acoustic emission (AE) technique. Was detected that the kurtosis approach, for treating the vibration data, is more sensitive than the crest factor to detect spalling. For the AE, the hit rate was the most significant parameter analysed to detect the damage on the bearing track. Concluding that the use of more than one technique may increase the reliability of the system.*

**Key-words:** *Tribology, ball-disc, vibration, acoustic emission.*