

## Manutenção preditiva por ultrassom

Bernardo Borba Severo (UTFPr-PG) berborbasevero@hotmail.com

Flávio Trojan (UTFPr-PG) trojan@utfpr.edu.br

João Luiz Kovaleski (UTFPr-PG) kovaleski@utfpr.edu.br.

**Resumo:** Entre os diferentes tipos de manutenção a manutenção preditiva se destaca por possibilitar aos gestores da manutenção obter dados e informações que servem como base para tomada de decisão a respeito da realização de intervenções que ocorrem no momento em que o equipamento necessita. Este trabalho é resultado de uma pesquisa de revisão bibliográfica sobre a manutenção preditiva com exemplos de aplicação desta manutenção pela análise por ultrassom.

**Palavras-chave:** gestores da manutenção, manutenção preditiva, ultrassom.

## Predictive maintenance by ultrasound

**Abstract:** Among the different types of maintenance the predictive stands by enabling managers to obtain data and information for decision making regarding the use of interventions only when the equipment needs. This work is the result of a research in the literature on predictive maintenance with examples using analysis by ultrasound.

**Key-words:** maintenance, predictive maintenance, ultrasound.

### 1. Introdução

No cenário econômico atual, a sobrevivência das organizações depende de sua habilidade e rapidez para inovar e incorporar a melhoria contínua. A busca por novas ferramentas de gerenciamento, que proporcionem um aumento na competitividade através da qualidade e produtividade de seus produtos, processos e serviços é um dos resultados deste cenário (KARDEC, 2004).

Para se tornarem mais competitivas as empresas necessitam que todos os seus setores obtenham resultados com status de excelência ou classe mundial (MIRSHAKWKA, 1993).

A manutenção tem importância capital nos resultados da organização, tais resultados são proporcionais pela eficácia da gestão da manutenção. Segundo dados estatísticos da Abraman (2011), o Brasil têm custo de manutenção por faturamento bruto de 3,95% do PIB (Produto Interno Bruto), isso significa que para um PIB Fundação Getúlio Vargas de 451 bilhões - os gastos em manutenção representam aproximadamente 18 bilhões. Este cenário justifica a busca das organizações por inovações e melhorias contínuas na sua gestão da manutenção, procurando novos conhecimentos e adotando a aplicação das práticas da manutenção utilizadas nas organizações dos países do primeiro mundo (OTANI & MACHADO, 2008).

Para melhor compreender a gestão da manutenção podemos começar com a década de 60, onde a prática comum era utilizar os equipamentos até os mesmos apresentarem sérios problemas de desempenho ou até mesmo quebrarem, que entendemos como manutenção corretiva. Devido às perdas de produção e outros prejuízos, esta prática foi substituída por manutenções planejadas, também denominadas de manutenção preventiva, minimizando efetivamente falhas graves.

De acordo com Tavares (1998), manutenção preventiva é caracterizada por intervalos pré-determinados e/ou condições pré-estabelecidas de funcionamento, objetivando reduzir a possibilidade de o equipamento atuar em uma condição abaixo do nível considerado aceitável pela organização.

Entretanto este modelo de manutenção pode ocasionalmente resultar em inspeções frequentes e custosas, envolvendo cuidados rotineiros nos equipamentos como a lubrificação e a reposição de peças de desgaste intensivo (SOTHARD, 1996). Para o mesmo autor, a manutenção preventiva isolada, não propicia condições de previsão e informações mais aprofundadas sobre possíveis falhas de componentes ou consequências negativas na produção, como por exemplo, a troca prematura de peças.

Para melhorar este panorama podem ser utilizadas análises estatísticas e de sintomas, permitindo a manutenção no momento exato, classificada como manutenção preditiva. Segundo Tavares (1998), entende-se por manutenção preditiva a determinação do ponto ótimo para executar a manutenção em um equipamento, no qual a probabilidade do mesmo falhar assume valores indesejáveis. Este tipo de manutenção, baseada na condição, permite que os equipamentos operem por mais tempo e a intervenção ocorra baseada em dados e não em suposições (XAVIER, 2007).

Esta também se destaca como importante ferramenta de apoio para programas modernos de manutenção, como o TPM (Total Productive Maintenance), onde é essencial no Pilar de Manutenção Planejada.

Existem diversas técnicas de manutenção preditiva, elas se caracterizam por permitir a coleta de dados que possibilitem análise de tendência, sendo com o equipamento em funcionamento ou com o mínimo de interferência possível no processo de produção (OTANI & MACHADO, 2008). Dentre estas técnicas de Ensaios Não Destrutivos (END), existe o ensaio por ultrassom, que tem por objetivo a detecção de defeitos ou descontinuidades internas, presentes nos mais variados tipos ou formas de materiais ferrosos ou não ferrosos. O ensaio por ultrassom possui alta sensibilidade na detecção de pequenas descontinuidades internas (ANDREUCCI, 2011)

Mesmo assim, as empresas brasileiras, segundo pesquisa realizada pela Abramam (Associação brasileira de manutenção), aplicam o dobro dos recursos na manutenção preventiva (37,17%), do que na manutenção preditiva (18,51%).

Considerando que a manutenção preditiva traz colaborações valiosas para o programa de gestão da manutenção das organizações, gerando melhoria contínua e competitividade, o presente artigo tem como objetivo apresentar conhecimentos acerca deste tipo de manutenção, mediante pesquisa bibliográfica e exemplificar sua aplicação através de estudos de caso utilizando a análise por ultrassom.

## **2. Manutenção preditiva**

A manutenção preditiva, dentre os três tipos de manutenção, apresenta como vantagem a capacidade de se programar o reparo quando ele terá o menor impacto sobre a produção. O tempo de produção perdido como resultado da manutenção reativa é substancial e raramente pode ser recuperado (WEIDLICH, 2009). Esta capacidade minimiza o número e os custos das paradas não programadas criadas por falhas no equipamento.

O princípio comum da manutenção preditiva é o monitoramento regular da condição mecânica real junto com outros indicadores da condição de operação das máquinas, fornecendo os dados necessários para o maior intervalo aceitável entre os reparos.

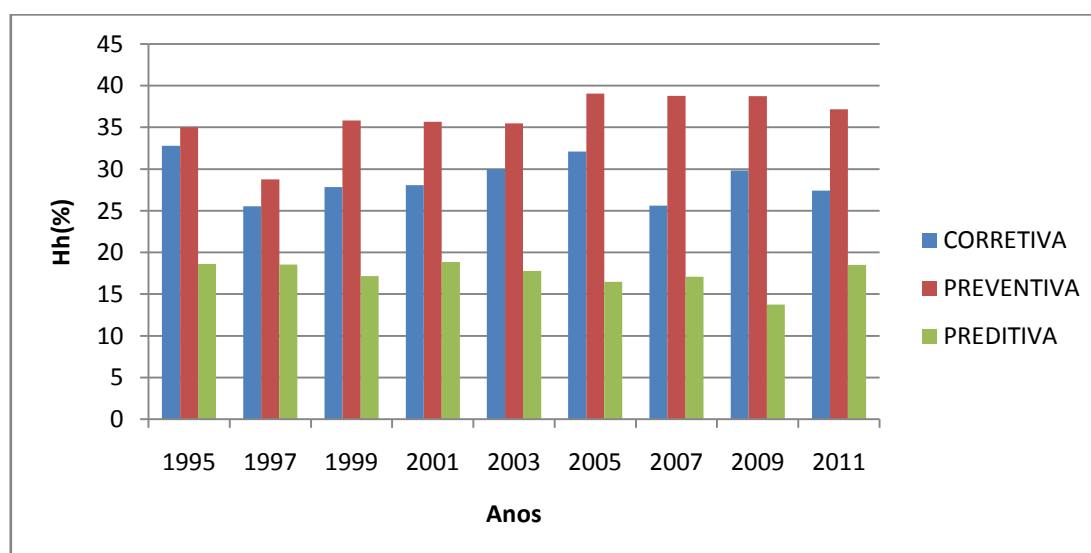
Como resultado do uso deste tipo de manutenção as organizações tendem a melhorar a produtividade, a qualidade do produto e o lucro. Segundo Kardec et al (2002), a manutenção preditiva é um programa de manutenção acionado por condições, onde é possível eliminar a generalização existente na determinação dos intervalos de reparo existentes na manutenção preventiva tradicional.

Faz parte do cotidiano dos programas preventivos e corretivos que a decisão final sobre os programas de reparos ou de reconhecimento seja baseada na intuição e experiência pessoal do gerente de manutenção. A adoção de um programa de manutenção preditiva pode fornecer dados sobre a condição mecânica real de cada máquina individualmente habilitando o gerente da manutenção a programar atividades de manutenção mais efetivas em termos de custo para a organização.

Estes benefícios em termos de custo podem ser visualizado na tabela 1, que contém dados da pesquisa realizada no ano de 1988, pela *Plant Performance Group*, uma divisão da *Technology for Energy Corporation*, em 500 empresas de diferentes países que afirmara possuir um programa de manutenção preditiva estabelecido com no mínimo três anos de implementação.

Atividade	% Benefício
Custos de manutenção	Redução de 50 a 80%
Falhas nas máquinas	Redução de 50 a 60%
Estoque reposição	Redução de 20 a 30%
Horas extras manutenção	Redução de 20 a 50%
Tempo de paradas de máquinas	Redução de 50 a 80%
Vida dos equipamentos	Aumento de 20 a 30%
Lucratividade	Aumento de 25 a 60%

Mesmo diante destas informações, as organizações brasileiras destinam para a manutenção preditiva a menor porcentagem dos seus recursos (Hh% - serviços de manutenção/horas de trabalho), segundo pesquisas realizadas pela Abramam - Gráfico 1.



Fonte: Adaptado de Abramam (2011).

As médias da aplicação dos recursos das últimas pesquisas realizadas pela Abramam indicam que a maior aplicação é referente à manutenção preventiva (36,05%), seguida da manutenção corretiva (28,79%) e por último a manutenção preditiva (17,42%).

O cenário atual em que se situam as organizações exige que estes dados mudem e que a manutenção preditiva seja incorporada cada vez mais dentro dos programas de gestão da manutenção devido as vantagens oferecidas por este tipo de manutenção, a fim de obter maior competitividade e a melhoria contínua.

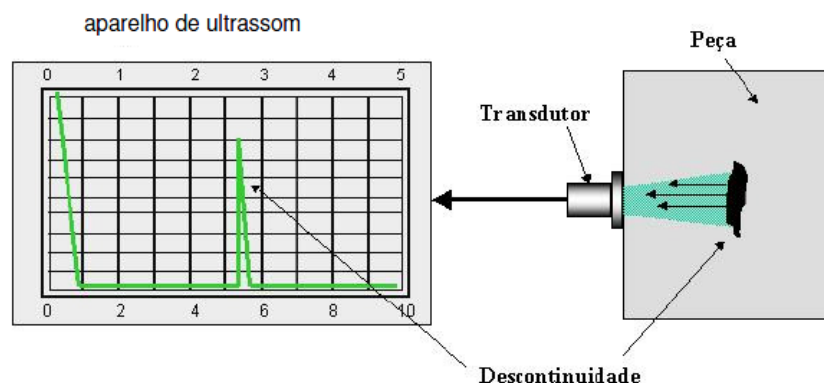
Existem diversas técnicas de manutenção preditiva baseadas nas condições do equipamento, dentre elas a vibração, considerada uma das mais antigas de predição na indústria, com a aplicação em equipamentos rotativos, turbinas, redutores, já que estes apresentam ciclos mais bem definidos e defeitos que são facilmente identificados por este método. Outra técnica preditiva é a por termografia, esta tem se desenvolvido muito nos últimos anos, utilizada no diagnóstico em componentes elétricos, mecânicos e em processos produtivos, pois permite o acompanhamento de temperatura e a formação de imagens térmicas a partir da radiação infravermelha naturalmente emitida pelos corpos (COSTA et. al. 2007).

Outra técnica preditiva utilizada é o ensaio por ultrassom, este é um método não destrutivo, que objetiva a detecção de defeitos ou discontinuidades internas, presentes nos mais variados tipos ou formas de materiais, ferrosos ou não. O ensaio por ultrassom é utilizado principalmente nas áreas de caldeiraria e estruturas marítimas, garantindo a qualidade em peças de grandes espessuras, geometria complexa de juntas soldadas ou chapas (ANDREUCCI, 2011).

### 3. Ensaio por ultrassom

Os fundamentos do ensaio por ultrassom são baseados em fenômenos simples do nosso cotidiano, como os sons produzidos em um ambiente qualquer que são refletidos ou reverberam nas paredes, podendo ainda ser transmitidos a outros ambientes. Estes sons passam despercebidos pelo aparelho auditivo humano, são inaudíveis por serem extremamente graves ou agudos, com frequências muito baixas (infra-som) ou muito altas (ultrassom), até 20Hz ou acima de 20kHz respectivamente (ANDREUCCI, 2011).

O ensaio por ultrassom era utilizado antigamente para testar eixos ferroviários e sinos, ao realizar testes com um martelo, o som produzido pela peça denunciava a presença de rachaduras ou falhas. Atualmente o ensaio é realizado através de aparelhos especiais que detectam as reflexões da onda ultrassônica derivada do interior da peça localizando e expondo as discontinuidades - Figura 1.



Fonte: Adaptado de (ANDREUCCI, 2011).

Nenhuma técnica de ensaio preditiva deve ser considerada a mais sensível ou mais completa, as limitações e vantagens de cada caso em particular devem ser estudadas em conjunto com as normas e códigos do fabricante para decidir qual técnica é mais adequada. Em particular o ensaio por ultrassom possui alta sensibilidade para detectar pequenas discontinuidades internas como trincas e fissuras, além de dispensar processos intermediários na interpretação dos resultados agilizando a inspeção.

Outros ensaios como a radiografia ou gamagrafia necessitam do processo de revelação do filme retardando o tempo de obtenção dos resultados, estes ensaios, ao contrario do ultrassônico, detectam o defeito, mas não informam sua profundidade, o que em muitos casos é uma informações importante para proceder a intervenção (ANDREUCCI, 2011).

#### 4. Exemplos de aplicação

Dentre as diversas aplicações do ensaio por ultrassom podemos citar a avaliação da lubrificação de rolamentos de motores elétricos, inspeção em casco de navio e a verificação da resistência à flexão das telhas em cerâmica . Todas estas aplicações vão ser exemplificadas através de trabalhos acadêmicos já publicados (tabela 2).

Número do trabalho	Título	Objetivo	Ano de publicação
1	DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA AUTOMATIZADO PARA INSPEÇÃO ULTRA-SÔNICA EM CASCO DE NAVIO	Desenvolvimento de um veículo automatizado par inspeção de perda de espessura por corrosão em navios FPSO.	2001
2	APLICAÇÃO DO ULTRA-SOM PARA VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE TRAÇÃO À FLEXÃO DAS TELHAS EM CERÂMICA VERMELHA	Correlacionar os dados obtidos no ensaio por ultrassom com os de tração à flexão em telhas de cerâmica vermelha.	2004
3	AVALIAÇÃO DA LUBRIFICAÇÃO DE ROLAMENTOS DE MOTORES ELÉTRICOS POR ULTRASSOM	Avaliar por ultrassom dois motores elétricos por seis horas ininterruptas.	2009

No trabalho número 1, os alunos do Laboratório de Ensaios Não Destrutivos da EE/COPPE/UFRJ (LABOEND), desenvolveram um protótipo do veículo automatizado para inspeção por ultrassom de perda de espessura por corrosão interna ou externa e defeitos no interior da chapa em navios de processamento e estocagem temporária de petróleo (FPSO). As inspeções periódicas tradicionais realizadas por mergulhadores, determinadas pelas sociedades classificadoras implicam em custos elevados advindos da paralisação da produção e a preparação para inspeção, além das severas consequências de um vazamento como multas e indenizações, e também a imagem da empresa.

O veículo já realizou testes preliminares com um corpo de prova confeccionado a partir de uma chapa de aço carbono de 20mm de espessura, contendo defeitos gerados propositalmente por usinagem de três diferentes profundidades (5, 10 e 15mm) e diâmetros cinco diâmetros (5, 10, 15, 20 e 30mm). Os defeitos com diâmetros maiores que o espaçamento entre os transdutores (30mm) e que estava na linha de varredura foram detectados pelo scaneamento.

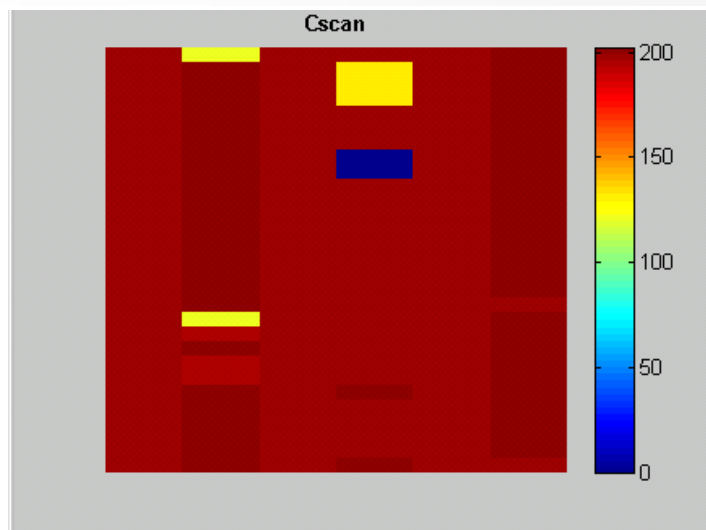


Figura 2. Imagem do scanner (C-scan).  
Fonte: CARVALHO et. al., 2001.

Quando comparado com a inspeção tradicional feita manualmente por mergulhadores, onde é coletado um ponto por  $m^2$ , o sistema automático permitirá uma coleta de dados pelo menos 400 vezes maior, fornecendo um sistema que garanta a qualidade e produtividade obtidos apenas por equipamentos existentes no mercado exterior, colocando as empresas que utilizam destas embarcações para estocagem de petróleo em um nível bastante competitivo.

No trabalho número 2, os dados do uso da análise por ultrassom foi correlacionada com os dados da análise por tração à flexão, utilizadas para verificação da resistência de tração à flexão das telhas em cerâmica vermelha em três pontos diferentes.

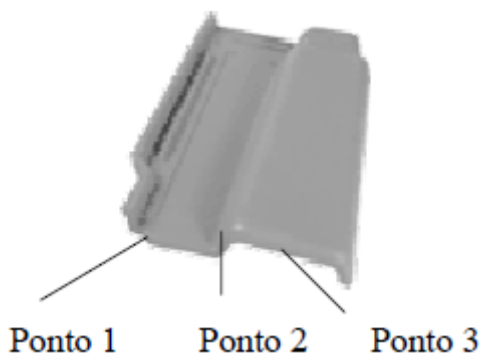


Figura 3-Pontos de análise  
Fonte: NETO & CASTRO, 2004

O alto grau de correlação entre os dois métodos de ensaio ressaltam a potencialidade da utilização do ensaio por ultrassom nas telhas de cerâmica vermelha, possibilitando obter a resistência das telhas sem que seja necessário rompê-las. Além de contribuir diminuindo o custo de análise, uma vez que as telhas analisadas ainda podem ser comercializadas, o equipamento utilizado para análise de ultrassom é de fácil manuseio, proporcionando uma verificação menos demorada da resistência mecânica das telhas.

No terceiro trabalho, foi realizada a análise por ultrassom em dois motores elétricos durante um intervalo de seis horas ininterruptas, apesar desta análise não ser uma das principais para este tipo de equipamento, onde predomina o uso da análise de vibração. Durante o período da análise variou-se a quantidade de graxa lubrificante aplicada nos mancais de rolamento e as respostas a estas variações foram adquiridas por sensores de ruído ultrassônico.

Regime	Qtd. (kg)
0%	Zero
20%	0,025
40%	0,050
60%	0,075
80%	0,100
100%	0,125

Figura 4 - Quantidade de graxa inserida para cada regime de trabalho de experimento.

Fonte: WEIDLICH, 2009.

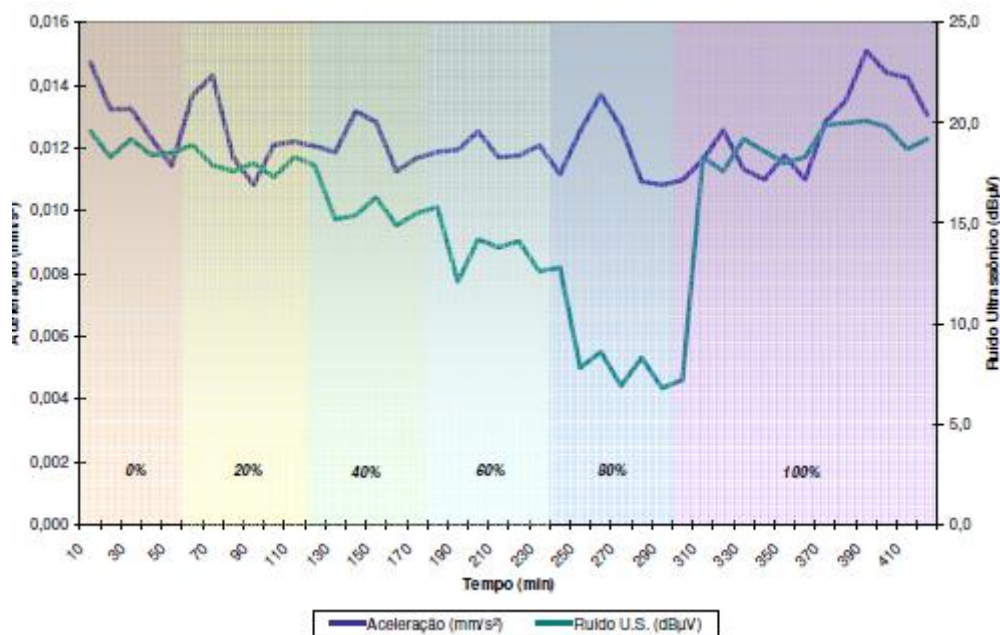


Figura 5- Resultado na coleta de vibração e ruído ultrassônico para o mancal de rolamento dianteiro.

Fonte: WEIDLICH, 2009.

Apesar do estudo demonstrar que não existe uma correlação entre as duas técnicas, o ensaio por ultrassom possibilitou definir quais são as quantidades ótimas de graxa lubrificante para cada mancal de rolamento e também a determinação dos intervalos de relubrificação para cada rolamento. Estes resultados permitem tratar cada caso particularmente, tornando a avaliação do equipamento mais objetiva, auxiliando nas tomadas de decisão e, por consequência, na gestão da manutenção da empresa.

#### 4. Conclusão

A manutenção preditiva realizada através do ensaio não destrutivo por ultrassom pode ser utilizada em diversas ocasiões, é importante ressaltar que a adoção ou não do método depende de variáveis como tipo do equipamento, sua composição, conhecimento dos mantenedores, dentre outros.

Quando realizada eficientemente o ensaio por ultrassom pode reduzir o custo da operação de manutenção, influenciando também no tempo de intervenção. Outra vantagem do ensaio por ultrassom é fornecer dados para os gestores da manutenção, tornando-os mais capazes de realizar a manutenção no exato momento em que o equipamento necessita, aumentando o

rendimento de produção, evitando perdas de produto e paradas desnecessárias e/ou imprevistas.



## Referências

- ABRAMAN.** Associação Brasileira de Manutenção. < <http://www.abraman.org.br/> >. 2011. Acesso em 05 set. 2013.
- ANDREUCCI, R.** *Ensaio por ultrassom: aplicação industrial*. 1ªed. Jan/2011
- CARVALHO, A. A; SUITA, R.C.S.B; SILVA, I.C, REBELLO, J.M.A.** *Desenvolvimento de um sistema automatizado para inspeção ultra-sônica em casco de navio*. Cobenge 2001.
- COSTA, A, H.; MARUYAMA, M. H.; NETO, R. R. I.** *Manutenção preditiva*. São Paulo. Unesp. 2007
- KARDEC, A; NASCIF, J; BARONI, T.** *Gestão Estratégica e Técnicas Preditivas*. Coleção Manutenção – ABRAMAN. Editora Qualimark. Rio de Janeiro, 2002.
- KARDEC, A.; NASCIF, J.** *Manutenção Função Estratégica*, 2ª edição, 1ª Reimpressão 2004. Editora Quality Mark, Rio de Janeiro, Coleção Manutenção, Abraman.
- MIRSHAWKA, V.; OLMEDO, N.L.** *Manutenção - Combate aos Custos da Não-Eficácia: A Vez do Brasil* . São Paulo: Makron Books do Brasil Editora Ltda., 1993.
- NETO, A. P. S; CASTRO, P. F.** *A aplicação do ultra-som para verificação da resistência de tração à flexão das telhas em cerâmica vermelh*. Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção. n.3, p. 15-26. out. 2004.
- OTANI, M.; MACHADO, W. V.** *A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial*. Paraná, Revista Gestão Industrial, v.04, n. 02: p.01-16, 2008.
- SOTHARD, T.** *Crane maintenance directly affects overall costs, operating efficiency*. Pulp & Paper, 70 (7) 95-101
- TAVARES, L.** *Administração Moderna de Manutenção*. Ed. Novo Pólo – New York, 1998.
- WEIDLICH, F.** *Avaliação da lubrificação de rolamentos de motores elétricos por ultrassom*. Porto Alegre. Set. 2009.
- XAVIER, J. N.** *Manutenção Preditiva Caminho para a excelência*. Disponível em: <[http://www.engeman.com.br/site/ptb/artigostecnicos.asp/manutencaopreditiva\\_Nascif.zip](http://www.engeman.com.br/site/ptb/artigostecnicos.asp/manutencaopreditiva_Nascif.zip)>, 2005. Acesso em 05 set. 2013.