

ESTRATÉGIAS PARA GESTÃO DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

SAYMON RODRIGUES FERNANDES ¹

ANTONIO CARLOS ²

APARECIDO SERAPIÃO DOS SANTOS ³

SAULO AGUIAR SAES ⁴

Resumo

As organizações atuais buscam constantemente ferramentas de gerenciamento, onde proporcione competitividade através da qualidade e produtividade de seus produtos. Para se tornarem competitivas dentro do mercado empresarial, as empresas necessitam que todos os departamentos de sua estrutura resultem em melhores resultados na busca pela excelência operacional. A manutenção com sua função estratégica encarregam-se diretamente pela disponibilidade dos ativos de produção, sendo de importância extrema nos resultados das empresas. Este trabalho objetiva mostrar as práticas da engenharia de manutenção e a manutenção preditiva e os benefícios que elas trazem para o setor e para os lucros das empresas. As importantes estratégias dentro dessa pesquisa torna a gestão de manutenção nas empresas mais competitiva e eficiente através da gestão dos ativos e da manutenção preditiva dos equipamentos, contribuindo assim para alcançar metas propostas pelas empresas dentro de seu plano estratégico. Foram realizados levantamentos bibliográficos referenciados onde se descreve de modo abrangente informações técnicas, critérios e práticas para uma gestão

¹ Tecnólogo em Manutenção Industrial, da Faculdade de Tecnologia do Senai Londrina. E-mail: srf.senai@gmail.com

² Especialista em Engenharia de Manutenção Industrial, Senai Santa Catarina. E-mail: antonio.rodrigues@pr.senai.br

³ Especialista em Engenharia de Automação, Senai Santa Catarina. E-mail: aparecido.serapiao@pr.senai.br

⁴ Especialista em Gestão Industrial com Ênfase em Sistema da Produção, UTFPR - CP. E-mail: Saulo.saes@fiepr.org.br

com foco na busca da excelência empresarial. Com resultado apresentado por uma pesquisa realizada pela Plant Performance Group, grupo australiano especializado em consultoria de desempenho das plantas que através de 500 indústrias nos Estados Unidos, Canadá, Grã-Bretanha, França, e Austrália nos serviços de geração de energia elétrica, papel e celulose, processamento alimentício, têxteis, ferro e aço, alumínio, e outras indústrias de manufatura ou de processo onde expõe percentualmente os benéficos que se tem ao utilizar técnicas de manutenção preditiva como filosofia de manutenção. A partir do resultado do estudo concluiu-se que fábricas que implantaram métodos de manutenção preditiva indicaram melhorias substanciais na contabilidade, disponibilidade, e custos operacionais.

Palavras-chave: Estratégias, Gestão, Manutenção.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Brito (2003), “a globalização da economia mundial leva a um constante aumento na competitividade organizacional”. Desta forma Pereira (2010) descreve que as “empresas encontram-se imersas em um ambiente de negócios cada vez mais competitivos, onde buscam através de estudos reduzir custos, tornando-se cada vez mais excelentes”. Para isso, a gestão das empresas deve ser sustentada por uma visão de futuro e os processos gerenciais devem focar na satisfação plena dos clientes, através da qualidade essencial de seus produtos e serviços, tendo como sustentação a qualidade total dos processos produtivos (KARDEC, 2009). Kardec (2003) descreve que as “organizações vêm buscando incessantemente novas ferramentas de gerenciamento, que as direcionem para uma maior competitividade através da qualidade e produtividade de seus produtos, processos e serviços”.

Com isso uma empresa se torna lucrativa e a manutenção consequentemente ajuda a reduzir as despesas e aumentar o tempo de funcionamento das máquinas, pois assim parte a fonte do lucro, por outro lado às quebras como consequência reproduzem desperdício de matéria-prima, fontes de energia e mão de obra, e em decorrência, prejuízo na lucratividade (FILHO, 2010).

Uma falha inesperada de uma máquina além de comprometer a produção, causar acidentes de trabalho, impactar o meio ambiente e gerar a insatisfação do cliente final com a qualidade e prazo de entrega do produto compromete diretamente a rentabilidade econômica das empresas. Dentro desse contexto a manutenção em uma empresa precisa deixar de ser somente eficiente e se tornar eficaz, não se conformando apenas em reparar os equipamentos ou instalações o mais rápido possível, mas manter o equipamento a disposição para operação limitando a possibilidade de parada (KARDEC, 2009).

Para Dias (2007) “as empresas estão descobrindo a importância de um plano estruturado de manutenção dos equipamentos por meio da aplicação dos conceitos de confiabilidade, apesar de ainda existirem empresas experimentando soluções paliativas”.

Neste contexto, este trabalho objetiva mostrar práticas da engenharia de manutenção e a manutenção preditiva, e como a utilização traz benefícios positivos para o setor, através das estratégias de gerenciamento apresentadas a manutenção possa contribuir significativamente para a empresa, com finalidade de redução de custos, confiabilidade e disponibilidade de máquinas, qualidade final dos produtos, satisfação do cliente interno e externo, aumento da autoestima dos colaboradores envolvidos e foco em

metas que garantam a competitividade e sobrevivência da empresa no mercado.

2 HISTÓRIA E EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO

2.1 História

A manutenção, embora despercebida, sempre existiu, mesmo nas épocas mais remotas. Começou a ser conhecida com o nome de manutenção por volta do século XVI na Europa central, juntamente com o surgimento do relógio mecânico, quando surgiram os primeiros técnicos em montagem e assistência. Tomou corpo ao longo da Revolução Industrial e firmou-se, como necessidade absoluta, na Segunda Guerra Mundial. No princípio da reconstrução pós-guerra, Inglaterra, Alemanha, Itália e principalmente o Japão alicerçaram seu desempenho industrial nas bases da engenharia de manutenção (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, 2000).

2.2 Evolução Histórica da Manutenção

De acordo com KARDEC (2012, 3-5 p.) a partir de 1930, a evolução da manutenção pode ser dividida em cinco gerações:

a) Primeira Geração: Engloba a época anterior a segunda guerra mundial, onde a indústria era limitadamente mecanizada, os equipamentos eram na sua maioria simples e superdimensionados. O ponto de vista em relação às falhas dos equipamentos era de que “todos os equipamentos se

desgastavam com o passar dos anos, vindo a sofrerem falhas ou quebras”. A capacidade buscada era basicamente a habilidade de o executante concluir o reparo necessário.

b) Segunda Geração: Aconteceu entre a década de 50 e 70. As pressões do período da guerra ampliaram a procura por natureza de produtos, ao mesmo tempo em que o contingente de mão de obra industrial reduziu sensivelmente no mesmo período houve um forte aumento na mecanização. Começa a obrigação de maior disponibilidade, na busca da maior produtividade, a indústria encontrava-se muito dependente do bom funcionamento das máquinas. Isto levou a ideia de que os danos por falhas das máquinas poderiam e deveriam ser evitadas, Assim sucedeu o pensamento da manutenção preventiva.

Na década de 60, a manutenção preventiva resumia-se em intervenções nos equipamentos realizadas a intervalos fixos onde elevou a despesa da manutenção comparada a outras despesas operacionais. Através desse evento fez complementar os sistemas de planejamento e controle de manutenção.

c) Terceira Geração: A partir da década de 70 aceleraram-se as técnicas de transformação nas indústrias. A interrupção na produção, que diminuía o volume produzido aumentava os custos e afetava a qualidade dos produtos, era um temor geral. Na manufatura, o impacto dos períodos da paralização foi piorando pela tendência mundial de consumir os sistemas just-in-time, onde estoques eram limitados para a produção em andamento, significavam que pequenas paradas na produção e entrega numa fase poderiam parar a fábrica.

d) Quarta Geração: A disponibilidade é uma das medidas de desempenho mais importantes para a manutenção nesta geração, se não a mais importante. A confiabilidade dos equipamentos é um fator de frequente procura pela manutenção. O fortalecimento das atividades de engenharia da manutenção, dentro da estrutura organizacional da manutenção, tem na garantia da disponibilidade, da confiabilidade e da manutenibilidade as três maiores justificativas de sua existência.

Uma das grandes mudanças nas práticas da manutenção é o aprimoramento da contratação ou da terceirização buscando contratos de longo prazo, em uma relação de parceria, com indicadores que medem os resultados que interessam ao negócio como a disponibilidade e confiabilidade.

e) Quinta geração: As práticas adotadas na Quarta Geração são mantidas, mas com enfoque nos resultados empresariais, razão principal para obtenção da competitividade, necessária a sobrevivência da empresa, é obtido através do esforço conjunto em todas as áreas coordenadas pela sistemática da gestão de ativos.

Os ativos devem produzir na sua capacidade máxima, sem falhas não previstas, de modo que seja obtido o melhor retorno sobre os ativos (ROA – Return on assets) ou Retorno sobre o Investimento (ROI – Return on Investment).

3 TIPOS DE MANUTENÇÃO

Os tipos de manutenção expressam a forma pela qual é realizada a intervenção nos equipamentos, sistemas ou instalações (KARDEC, 2001).

As manutenções dividem-se quanto à organização e quanto à classificação. Já a classificação inclui seis práticas, tipos ou estratégias de manutenção que englobam desde a restauração emergencial até a melhoria (KARDEC, 2012).

3.1 Manutenção Corretiva

Manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane ou de uma falha destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida como intitulada através da norma Confiabilidade e Manutenibilidade – NBR 5462 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994).

3.1.1 Manutenção corretiva não planejada

O conserto da falha ou da execução inferior ao desejado é realizada sempre depois da ocorrência da falha, sem assistência ou planejamento preliminar. Resulta em altos custos e baixa confiança na produção, gerando avarias grandes as máquinas em muitas ocasiões irreversíveis (OTANI, 2008).

3.1.2 Manutenção corretiva planejada

Em muitas ocasiões a manutenção é instruída. Acontece pela ordem gerencial de trabalhar até a quebra ou em função de uma companhia preditiva (OTANI, 2008).

3.2 Manutenção Preventiva

Propõe eliminar ou diminuir as probabilidades de quebra por manutenção (limpeza, lubrificação, substituição e verificação) das instalações em espaços de tempo Pré-planejados (SLACK, 2002). As generalizações são as principais responsáveis pelos dois problemas mais comuns ao se adotar à manutenção preventiva: reparos dispensáveis ou muito antecipados e falhas impensadas (ALMEIDA, 2008).

3.3 Manutenção Preditiva

A manutenção que executa acompanhamentos de variáveis e escalas de funcionamento de máquinas e equipamentos, onde através de análises é realizado o monitoramento das condições dos equipamentos definindo assim o momento certo para a intervenção com o máximo proveito do ativo (OTANI, 2008). Tem como objetivo prevenir falhas nos equipamentos ou sistemas através de diversos parâmetros, permitindo a operação continua do equipamento pelo maior tempo possível podendo assim Pré dizer as condições do equipamento. A manutenção privilegia-se pela disponibilidade à medida que não promove a intervenção nos equipamentos e sistemas, e pelo fato das verificações serem efetuadas com os equipamentos em funcionamento (KARDEC, 1998).

Os programas de gestão da manutenção preditiva utilizam uma combinação de ferramentas, como análise de vibrações, análise Termográfica, análise do óleo, análise por ultrassom com objetivo de identificar o estado atual do equipamento (SMITH, 2007).

3.4 Manutenção Detectiva

A condição manutenção detectiva vem de “detectar” e iniciou-se a partir da década de 90. O propósito é progredir a confiabilidade nos equipamentos, caracterizam-se pela mediação em sistemas de assistência para expôr falhas ocultas e não perceptíveis aos operadores (SOUZA, 2008).

3.5 Engenharia de Manutenção

A Engenharia de Manutenção significa “perseguir benchmarks”, aplicar técnicas modernas niveladas com a manutenção do Primeiro Mundo. Visa entre outros fatores ampliar a confiabilidade, disponibilidade, segurança e manutenibilidade; eliminando problemas crônicos e resolver problemas tecnológicos; aprimorar a gestão de pessoal, materiais e sobressalências; envolver-se em novos projetos e dar suporte à execução; executar análise de falhas e estudos; construir planos de manutenção, fazer análise crítica e conduzir indicadores, cuidando sempre da documentação técnica (KARDEC, 2009).

4 ESTRATÉGIAS NA GESTÃO DE MANUTENÇÃO

Segundo Kardec (2012) “o gerenciamento pelas diretrizes é realizado pelo sistema de gestão que se baseia no estabelecimento de um plano estratégico que prevê ações de curto, médio e longo prazo, promovendo verificar a visão e direcionar os rumos de uma organização para o sucesso do negócio”.

A manutenção, para ser relacionada como função estratégica, deve ter por meta o alcance dos resultados empresariais, e isso é obtido através da eficácia nas intervenções que devem estar focadas para manter a função dos equipamentos disponíveis para a produção (KARDEC, 2006). O custo da indisponibilidade aplica-se na consequentemente na perda de produção e não qualidade dos produtos acarretando possíveis conseqüências sobre a imagem da empresa (MIRSHAWA, 1993).

Para obter o sucesso desejado com o negócio, a manutenção é significativa, pois tem a capacidade de intervir na produtividade através da disponibilidade dos ativos, interferir nos lucros, pois influencia os custos, interferir na segurança interna e do meio ambiente e interferir na qualidade constatada pelos consumidores (KARDEC, 2006).

4.1 Agentes de Mudança

A implantação de um método estratégico dentro da manutenção começa como um processo sistemático, planejado, gerenciado, executado e acompanhado sob a liderança da alta administração da instituição, envolvendo e comprometendo todos os gerentes, responsáveis e colaboradores da organização (COSTA, 2003).

Segundo KARDEC (2012, p. 46-47) Para deflagrar um processo de mudança e necessário o conhecimento de 10 condições ou características que se deve ter para liderar este processo, São elas:

- Objetivo: é preciso ter clareza de que se quer mudar e imprescindível ter foco;
- Disciplina: estabelecer um plano de ação e disciplina pra cumpri-lo;

- Conhecimento: é preciso ter clareza e propósito e, sobretudo, ser “mestre” para transmitir pra os demais envolvidos;
- Articular aliados: não se vai a lugar algum sozinho, sobretudo para enfrentar as naturais resistências que, inevitavelmente, surgirão pelo caminho;
- Convicção de mudança: o líder tem que transmitir confiança na mudança e que ela será beneficiária para as diversas partes envolvidas;
- Comunicação das vantagens da mudança: nenhuma mudança deve ser deflagrada sem se ter uma clareza de seus benefícios e que isto seja mostrado para todos;
- Energizador: o agente de mudança tem que ser uma permanente luz e energia para aqueles que tendem a fraquejar ao longo do caminho
- Coragem: é necessária muita garra para ir em frente, apesar de resistências que, naturalmente, ocorrerão;
- Estratégia: vários dos pontos já citados devem compor uma estratégia que garanta uma boa margem de sucesso na implantação do processo.
- E, sobretudo, PERSISTÊNCIA.

4.2 Profissionais da Manutenção

Segundo Kardec (2012) “o gerenciamento estratégico de manutenção consiste em ter a equipe atuando para evitar que ocorram falhas e não atuando apenas na correção destas falhas”.

Devido às mudanças os profissionais de manutenção devem quebrar o paradigma do passado onde o profissional sente-se bem quando executa um bom reparo, Mudando esse paradigma para que o profissional sente-se bem quando ele consegue evitar todas as falhas não previstas, o profissional da manutenção do presente e do futuro precisa ser bastante “cabeçudo” não no sentido de ser teimoso mais no sentido de usar muito a cabeça para evitar que os problemas aconteçam. Sem essa mudança de paradigmas terá de ser feito um grande esforço para obter uma melhoria pouco significativa nos

resultados, melhorias que não é suficiente para que a empresas permaneçam no mercado (KARDEC, 2012).

Figura 1 - Profissionais da manutenção: Profissional do presente e futuro x Profissional do passado



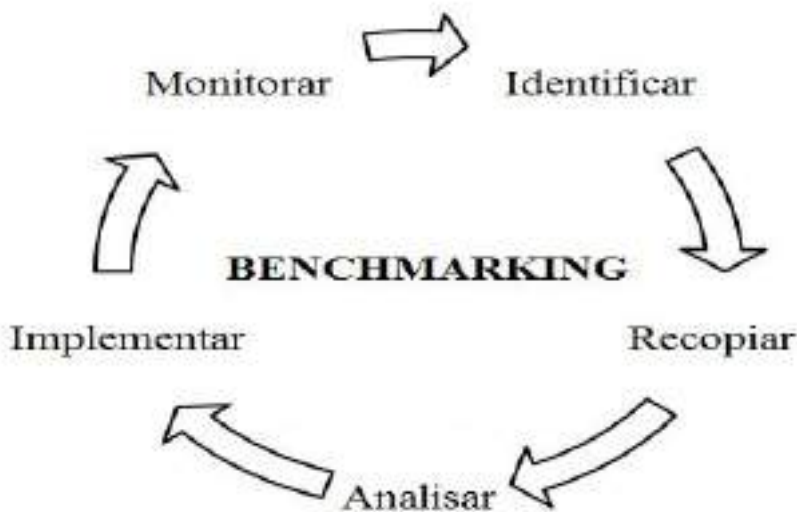
Fonte: Gestão e terceirização na manutenção (KARDEC, 2013).

4.3 Benchmarking e Benchmark

Segundo Eaton (1996) “benchmarking significa o estabelecimento de uma prática, de recolha de dados, de objetivos e comparadores, com os quais é possível identificar determinados níveis de performance”. Através da adoção dessas melhores práticas (Best practices) identificadas é suposto melhorar a performance de determinadas áreas da empresa. É definido a situação atual da manutenção tendo conhecimento do estágio em que se encontra e usando o sistema Benchmark que segundo Kardec (2012) “é uma medida, uma referência, um nível de performance, reconhecimento como

padrão de excelência para um processo de negócio específico”. Através desse processo é definida a visão do futuro como metas que expressam de maneira transparente os objetivos da empresa.

Figura 2 – Ciclo Benchmarking



Fonte: Adaptado de (CARE, 1999).

4.4 Qualidade na Manutenção

Para Souris (1992) “a busca pela qualidade do processo e do produto passa pela qualidade da manutenção”. A qualidade da função manutenção pode evitar a deterioração das funções operacionais dos equipamentos, especialmente aquelas que levam a falhas ocultas, que resultam na incapacidade do processo. Apenas uma manutenção adequada pode garantir que o processo não perderá sua capacidade devido a desvios provocados por problemas no equipamento. A manutenção é encarada como essencial

também nos sistemas de gestão da qualidade, como a ISO 9000 (KARDEC, 2001).

4.4.1 Utilização do programa 5S

O modelo é baseado na filosofia japonesa que envolve cinco sentidos: Seiri: senso de utilização; Seiton: senso de arrumação; Seiso: senso de limpeza; Seiketsu: senso de padronização; Shitsuke: senso de disciplina. O objetivo principal do programa é envolver toda a equipe em um processo contínuo de organização, arrumação, limpeza, padronização e autodisciplina visando à melhoria nas condições do ambiente de trabalho, tornando mais ágil e eficaz o desenvolvimento das tarefas rotineiras (NATALI, 1995).

4.5 Indicadores de Desempenho da Manutenção

Para Filho (2006) “os indicadores de manutenção podem ser descritos como dados estatísticos relativos à situação da manutenção, sua performance e o crescimento de sua qualidade e desempenho de suas funções”.

Os indicadores são criados e usados pelos gerentes para verificar o desempenho e conduzir a pretensão das metas estabelecidas pela empresa. Estes indicadores devem expor onde e quais as melhorias devem ser inseridas para melhorar os processos ou mesmo para ressaltar o desempenho convincente (KARDEC, 2002).

O indicador de manutenção, perfeitamente gerenciado, deve favorecer amplas benfeitorias no desempenho das máquinas e da manutenção e pode demonstrar algumas soluções simples, como a despesa de manutenção, a taxa ou o

tempo de parada de produção por um período de tempo, ou até mesmo o número de falhas sucedidas em um período (XENOS, 2004).

Nascif (2013) indica alguns indicadores de desempenho que são referências na manutenção, são eles:

- a) MTBF – Mean Time Between Failures ou Tempo Médio Entre Falhas

$MTBF = \text{tempo total do bom funcionamento em um período} / \text{número de falhas}$

- b) MTTR – Mean Time Between Repair ou Tempo Médio Entre Reparos

$MTTR = \text{total de horas de parada causadas por falhas} / \text{número de falhas}$

- c) Availability – Fator disponibilidade

$A = \text{tempo disponível} / (\text{tempo disponível} + \text{tempo indisponível}) \times 100 \%$

- d) GE – Giro do estoque

$GE = (\text{total R\$/ano utilizados do estoque}) / (\text{valor total do estoque (valor do inventário)})$

- e) IMF – Custo total de manutenção por faturamento bruto

$IMF = (\text{custo total de manutenção (materiais, serviços, mão de obra própria e terceiros)}(R\$)) / (\text{Faturamento bruto (R\$)})$

- e) MO – Custo de mão-de-obra

$MO = (\text{custo da mão de obra} / \text{custo total da manutenção}) \times 100(\%)$

- f) CM – Custo de materiais

$CM = (\text{Custo total de materiais aplicados pela Manutenção} / \text{Custo total da manutenção}) \times 100(\%)$

4.6 Custos da Manutenção

Segundo Kardec (2001) “a necessidade das indústrias em reduzir custos de manutenção, custos de qualidade e o avanço tecnológico que a cada momento vêm se desenvolvendo, a manutenção busca novos métodos e novas técnicas para combater às quebras e outras perdas relacionados ao equipamento”.

Faria (1994) enfatiza que “os custos em torno de um departamento de manutenção devem ser gerenciados para que seja o mínimo necessário e suficiente”. Kelly (1980) aborda que “as organizações industriais existem em função do lucro, utilizando equipamentos e mão de obra para transformar materiais em produtos acabados”.

Para Mirshwa (1993) o custo de manutenção correspondente aos recursos de mão de obra, subcontratações, ferramentas e instrumentação e materiais aplicados nas intervenções.

A importância da manutenção dentro do modelo estratégico empresarial se dá por conta do aumento da complexidade e a grande inserção da automação nos mais diversos sistemas de produção, sendo assim a fim de manter máquinas e equipamentos em níveis de performance desejados, é preciso reduzir as paradas por manutenção e consequentemente os custos envolvidos. Sendo os custos de manutenção que definem e expressam as ações tomadas, bem como, as estratégias de manutenção adotadas para manter a disponibilidade operacional e a eficiência dos equipamentos (KARDEC, 2009).

Chiu (1996) conclui que a melhor relação de custo-benefício é quando a manutenção é tratada de forma planejada em vez de situações de descontrole como a manutenção corretiva.

5 IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PREDITIVA

Mobley (2002) define a manutenção preditiva como uma regular monitorização do atual estado das condições mecânicas, eficiência de operação, e outros indicadores, de forma a proporcionar dados que assegurem o máximo intervalo entre reparações e minimizem o número e custo das paragens não agendadas.

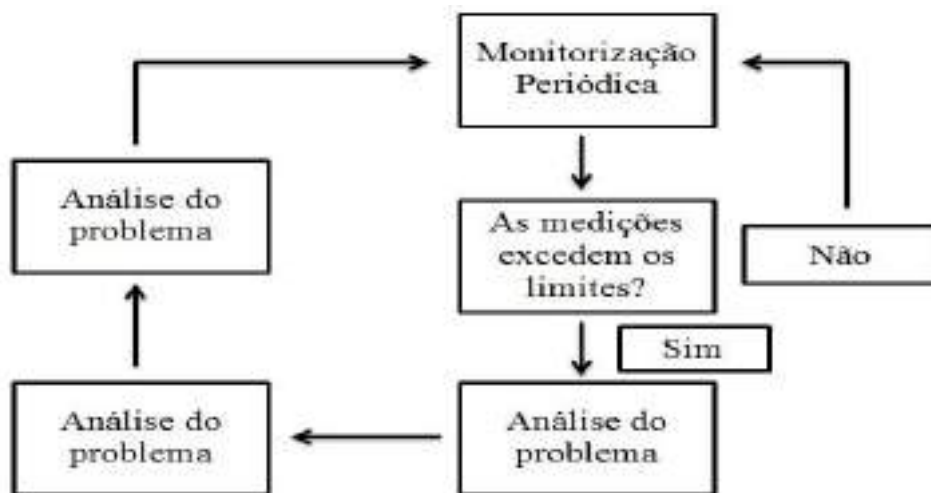
A aplicação de um sistema de manutenção preditiva apresenta várias vantagens em comparação a manutenções mais comuns como preventiva e corretiva. O sistema implica parar o equipamento apenas quando este começa a entrar em falha, utilizando-o até o máximo do seu ciclo de vida. Desta forma não existe desperdício de tempo relativo a paradas não programadas e paradas programadas desnecessárias, aumentando a confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos (TELANG, 2010).

Segundo Brown (1999) “a manutenção preditiva tem uma abordagem que compara a tendência das medições dos parâmetros físicos analisados com os limites estabelecidos para esses parâmetros, de forma a detectar, analisar e corrigir problemas antes que levem à falha dos equipamentos”.

Uma abordagem preditiva pode ser aplicada a qualquer problema de equipamentos se pelo menos um parâmetro físico, como vibrações, temperatura, pressão, tensão, corrente, ou resistência pode ser medida. Um limite para a medida parâmetro físico deve ser estabelecido de modo um problema pode ser detectado durante a monitorização de rotina, Esse limite

deve ser baixo o suficiente para detectar o problema antes de ocorrer falhas ou quebras, buscando corrigir a causa raiz do problema torna-se a chave para a maioria dos esforços preditivos (BROWN, 1999).

Figura 3 – Manutenção Preditiva: Ciclo de monitoramento das condições dos equipamentos



Fonte: Adaptado de (BROWN, 1999).

Os parâmetros estabelecidos são medidos periodicamente semanal, bissemanal, mensal. Se a medida excede o limite estabelecido pelos fornecedores dos equipamentos de análise, grupos industriais ou organizações internacionais como a Organização Internacional para a Padronização, deve ser analisado o problema ocorrido, sendo que a análise pode ser feitas de muitas formas. Tomando como exemplo a análise de vibrações que pode ser feita em equipamento rotativo como motores, o técnico analisador pode avaliar o problema levando em consideração problemas já ocorridos e problemas comuns como desalinhamento e desbalanceamento. Assim que a origem do problema é determinada é

escolhida a melhor forma de reparo, o tempo para corrigir o problema deve ser analisado para que não ocorra à falha ou quebra ocasionados danos maiores aos equipamentos. Normalmente uma ordem de serviço é aberta para iniciar o processo de reparação. Após a Correção do problema raiz o equipamento fica sujeito novamente a monitorização periódica (BROWN, 1999).

A muitas técnicas preditivas que podem ser utilizadas para monitorar as condições operacionais e eficiência de equipamentos e sistemas, sendo na maioria das situações necessárias recorrerem a mais do que uma técnica para obter uma cobertura completa de todos os aspectos críticos e maximizar os benefícios da sua utilização (SMITH, 2007).

5.1 Principais Análises & técnicas preditivas

As análise e técnicas preditivas são classificadas como ensaios não destrutivos que segundo a Associação Brasileira de Ensaios Não Destrutivos e Inspeção (ABENDI) são procedimentos realizados na manutenção em que os materiais, equipamentos, máquinas não passam por um processo de danificação, considerado assim como ensaio não destrutivos.

5.1.1 Análise de Vibrações

A análise de vibrações avalia o estado operacional e mecânico dos equipamentos e tem a capacidade de detectar problemas muito antes destes se tornarem graves. A vibração corresponde a uma oscilação em torno de um ponto de referência e existe quando um sistema reage a forças internas e

externas. Problemas mecânicos como desalinhamento e desbalanceamento geram vibrações apenas numa única frequência, sendo assim possível analisar a vibração do equipamento e identificar qual o seu problema (MAIS, 2002).

Uma das técnicas de análise de vibrações muito utilizada é o nível global de vibração. Esta técnica mede a amplitude total de vibração, expressa em deslocamento, velocidade ou aceleração, para uma gama específica de frequências. O nível global de vibração pode ser obtido através de um equipamento de medição próprio ou do somatório dos valores de amplitude do espectro de frequências, dentro da gama de vibrações estabelecida. A identificação de problemas no nível global de vibrações é efectuada através de comparação de valores pelas normas ou históricos do próprio equipamento (SCHEFFER, 2004).

5.1.2 Análise do lubrificante

A análise do lubrificante consiste em coletar amostras de óleo em um determinado período de funcionamento do equipamento e, posteriormente, avaliá-las para determinar tanto o estado do equipamento quanto do lubrificante (FYGUERO, 1997). O estado em que o óleo sofre determinada degradação é aquele em que ele perde sua capacidade de lubrificar devido a uma variação das propriedades físicas e químicas de seus aditivos (KIMURA, 2010).

Por meio de análises em laboratório é possível expressar a existência de partículas metálicas no óleo, indicando se os desgastes nos equipamentos estão ou não de acordo com os parâmetros pré-estabelecidos. A qualidade do

óleo, aliás, pode indicar algumas alterações no desempenho das máquinas, como trabalho em temperaturas elevadas ou a presença de contaminantes no sistema como água ou outros produtos (KARDEC, 2009).

5.1.3 Análise de Ultrassom

A análise de Ultra-Som é empregada para detectar, localizar e dimensionar discontinuidades. Atualmente sua aplicação vem se estendendo para outros tipos de ensaios tais como a avaliação da textura dos materiais, medida de tensões residuais, determinação do tamanho de grão, estudo de constantes elásticas, avaliação de porosidades em materiais cerâmicos e outros. Para cada aplicação faz-se uso de certos fenômenos que ocorrem quando a onda ultrassônica atravessa o material, como o retroespalhamento da onda, que através da medida da atenuação permite definir alguns parâmetros do material. Para a medição das tensões residuais utiliza-se do fenômeno da variação da velocidade da onda ultrassônica, que ocorre nos materiais metálicos devido à anisotropia acústica gerada pela textura e tensão residual (BITTENCOURT, 1998).

Baseado na utilização de pulsos de ultrassom lançados sobre o material, refletindo quando encontra qualquer obstáculo. O obstáculo pode ser alterações no material ou a superfície oposta do mesmo. O ensaio também permite medir espessuras de materiais onde a medição direta não é possível como em paredes de tubulações, vasos de pressão, grandes estruturas, medição de corrosão, ou a existência de alterações com razoável precisão, permitindo a aceitação ou rejeição dos materiais. Outra utilização é a detecção de vazamentos onde utiliza um receptor que detecta os sons

emitidos e os compara com uma base de dados, identificado assim através do tipo de som emitido, o tipo de vazamento (KARDEC, 2007).

5.1.4 Análise termográfica

A inspeção termográfica é uma análise realizada para medir temperaturas ou observar os padrões de distribuição de calor utilizando sistema infravermelho. O objetivo é obter informações relativas à condição operacional de um componente, equipamento ou processo (VERATTI, 1992). Utiliza-se da radiação térmica para quantificar a temperatura emitida pelas superfícies. Qualquer superfície à temperatura de zero absoluto ($T = 0K$ ou $T = -273,15^{\circ}C$) emite radiação eletromagnética. A quantidade de radiação depende da temperatura onde quanto mais quente a superfície mais energia emite e propriedades do material (VOLLMER, 2010).

A Termografia é uma técnica para avaliar a condição do equipamento, através da comparação dos valores de temperatura com equipamentos idênticos, valores de referência ou limites. Um exemplo deste método é o caso de duas máquinas que estejam a funcionar no mesmo ambiente sob as mesmas condições, e uma apresenta uma temperatura superior à outra. É provável que uma condição de deterioração possa existir. Embora as medições qualitativas possam detectar deficiências, é através das medições quantitativas que se tem a capacidade para determinar a gravidade. Este critério define a rapidez da intervenção a efetuar de acordo com o valor obtido através da subtração do maior valor de temperatura em relação a uma temperatura de referência, que normalmente é a temperatura do ar ambiente,

um componente semelhante nas mesmas condições ou a temperatura máxima admissível do componente (HITCHCOCK, 2003).

5.1.5 Inspeção visual

É uma das técnicas mais antigas de inspeção utilizadas pelo homem. É utilizada detecção de alterações visíveis ao olho humano, em materiais, peças, componentes e equipamentos. A tecnologia tem dado mais importância para essa inspeção, Onde é possível utilizar câmeras de alta resolução e softwares específicos para averiguar a existência de alterações, como dimensão, qualidade do acabamento, alterações superficiais visíveis como trincas, corrosão, deformações, porosidades. Em locais de difícil acesso, ou no interior de máquinas, ao invés de desmontar o equipamento para a inspeção, utiliza-se o equipamento de boroscópio que é um longo fio flexível ligado a uma câmera que ilumina áreas dentro dos equipamentos e tubulações (KARDEC, 2007).

A Administração Nacional Aeronáutica e Espacial (NASA) é um exemplo de uma grande organização que utiliza a manutenção preditiva. O quadro abaixo mostra as análises preditivas utilizadas e em quais equipamentos dentro da agência.

Quadro 1 – Manutenções preditivas utilizadas pela NASA

Tecnologias \ Aplicações	Bombas	Motores elétricos	Geradores diesel	Disjuntores	Permutadores de calor	Sistemas elétricos
Análise de Vibrações	☒	☒	☒			
Análise de lubrificação	☒	☒	☒			
Monitorização do desempenho	☒	☒	☒		☒	
Análise por ultrassons	☒	☒	☒		☒	☒
Termografia infravermelha	☒	☒	☒	☒	☒	☒
Inspeção visual	☒	☒	☒	☒	☒	☒

Fonte: Adaptado de (NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION, 2016).

6 ANÁLISE DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Uma pesquisa em 500 fábricas, onde foi executado técnicas de manutenção preditiva, apresentou melhorias relevantes na contabilidade, disponibilidade, e custos operacionais. Realizado pelo grupo Australiano “Plant Performance Group”, onde o objetivo do levantamento foi classificar os benefícios da utilização de técnicas de manutenção preditiva como parte chave da filosofia de manutenção. O grupo de fábricas incluiu uma variedade de indústrias nos Estados Unidos, Canadá, Grã-Bretanha, França, e Austrália. As indústrias incluídas são dos ramos de geração de energia elétrica, papel e celulose, processamento alimentício, têxteis, ferro e aço, alumínio, e outras indústrias de manufatura ou de processo. Cada participante tinha um programa de manutenção preditiva com um mínimo de três anos de

implantação. Os programas bem sucedidos incluídos ofereceram uma visão geral dos tipos de melhorias, que são esperadas a partir de um programa de gerência de manutenção preditiva abrangente. De acordo com resultados do levantamento, as maiores melhorias podem ser obtidas nos custos de manutenção, falhas não programadas, tempo parado para reparo, redução de estoque, redução de hora extra. Em complemento, o levantamento indicou melhorias essenciais na vida das máquinas, produção, segurança do operador, qualidade do produto, e lucro absoluto (ALMEIDA, 2008).

Tabela 1 – Pesquisa Plant Performance Group: Benefícios percentuais da manutenção preditiva

Benefícios	Percentual
Redução dos custos de manutenção	50 a 80 %
Redução de falhas nas máquinas	50 a 60%
Redução de estoques sobressalentes	20 a 30 %
Redução de horas extras	20 a 50 %
Redução do tempo de parada	50 a 80 %
Aumento na vida das máquinas	20 a 40 %
Aumento da produtividade	20 a 30 %
Aumento dos lucros	25 a 60 %

Fonte: Adaptado de (ALMEIDA, 2008).

7 CONCLUSÃO

Analisando-se as empresas líderes, ou de sucesso, percebe-se que essas organizações, adotam cada vez mais, técnicas preditivas e a prática da engenharia de manutenção. A manutenção, desta forma, é considerada estratégica para as organizações, pois ela garante a disponibilidade dos equipamentos e instalações com confiabilidade, segurança e dentro de custos adequados (KARDEC, 2003).

Para garantir a disponibilidade dos equipamentos e instalações com confiabilidade é fundamental que a Manutenção atue: Privilegiando a adoção da Manutenção Preditiva e Adotando a Engenharia de Manutenção como uma maneira de analisar e promover as melhorias necessárias. Além de reduzir os custos envolvidos, como demonstrado na tabela abaixo onde demonstra os tipos de manutenção com os seus custos anuais em dólares medidos em Horse Power.

Tabela 2 – Custo da manutenção pelo tipo

Tipo de Manutenção	Custo US\$/HP/Ano
Corretiva não Planejada	17 a 18
Preventiva	11 a 13
Preditiva / Corretiva Planejada	7 a 9

Fonte: Adaptado de (NASCIF, 2016).

Estaremos também privilegiando a Disponibilidade dos equipamentos e instalações. Mais ainda existe uma lacuna muito grande entre o que deveria ser feito e o que se pratica na Manutenção. No Brasil ainda se trabalha com muita Manutenção Corretiva Não Planejada e com Manutenção Preventiva em excesso. Segundo o Documento Nacional da Abraman, o nível de atuação, ficou nos seguintes valores percentuais.

Tabela 3 – Percentual da utilização da manutenção no Brasil

Tipos de Manutenção	%
Manutenção Corretiva	28
Manutenção Preventiva	36
Manutenção Preditiva	19
Engenharia de Manutenção	17

Fonte: Adaptado de (ABRAMAN, 2013).

Comparando a manutenção no Brasil com a de outros países onde a manutenção é considerada de primeiro mundo podemos visualizar que as manutenções planejadas como a preditiva e engenharia de manutenção é muito maior que a do Brasil, na Tabela 4 abaixo mostra como está a utilização da manutenção no Brasil e nos países de primeiro mundo.

Tabela 4 – Comparação entre a manutenção utilizada no primeiro mundo e no Brasil

Tipos de Manutenção	Primeiro Mundo em relação com o Brasil
Corretiva não planejada	Menor
Preventiva	Igual
Preditiva	Maior
Engenharia de Manutenção	Maior

Fonte: Adaptado de (KARDEC, 2013).

A partir dessas informações devemos promover mudanças de modo que o nível de atuação através da aplicação de Manutenção Preditiva e práticas da engenharia de manutenção sejam aumentados mais rapidamente no Brasil. E a Manutenção Preventiva e corretiva sejam reduzidas fortemente. E a partir do aumentando dessas Manutenções obtermos melhores resultados empresariais em nosso país e desta forma caminharemos para a excelência industrial.

8 SUGESTÕES PRA TRABALHOS FUTUROS

Após a implantação da manutenção preditiva com sucesso nas empresas. As organizações podem se consolidar buscando a manutenção mais desejada mundialmente a Manutenção Produtiva Total, pois além de englobar

a manutenção preditiva e outras manutenções planejadas, ela traz o conceito dos oito pilares para a gestão de manutenção.

A TPM abrange todo o setor de Produção, passando a focar o Processo de Produção e a eliminação de todas as perdas desse processo, além das perdas dos equipamentos. Assim a TPM passou a englobar todos os setores da empresa, estabelecendo um sistema de gestão totalmente integrado, focando o atendimento às diretrizes do negócio da empresa, passando a contribuir com todos os setores, além da manutenção (JIPM, 2008).

STRATEGIES FOR MANAGEMENT OF INDUSTRIAL MAINTENANCE

Abstract

Today's organizations are constantly seeking management tools, which provide competitiveness through quality and productivity of its products. To become competitive in the business market, companies require that all their structure departments result in better results in the search for operational excellence. Keeping with its strategic role in charge is directly the availability of production assets, are of utmost importance in the results of companies. This work aims to show the maintenance engineering practices and predictive maintenance and beneficial they bring to the sector and for corporate profits. The important strategies in this research makes the maintenance management in the most efficient and competitive enterprises through asset management and predictive maintenance of equipment, thus helping to achieve the business goals set in its strategic plan. bibliographic referenced were performed which describes comprehensively technical information, criteria and practices for management focused on the pursuit of business excellence. With results presented by a survey conducted by Plant Performance Group, an Australian group specializing in performance

consulting of plants through 500 industries in the United States, Canada, Britain, France, and Australia in electric power generation services, paper and pulp, food processing, textiles, iron and steel, aluminum, and other manufacturing industries or process which exposes the percentage that has beneficial when using predictive maintenance techniques such as maintenance philosophy. From the result of the study it was concluded that facilities implemented predictive maintenance methods showed substantial improvements in accounting, availability, and operational costs.

Key-words: Strategies, Management, Maintenance.

REFERÊNCIAS

ABRAMAN, Associação Brasileira de Manutenção. Documentos Nacionais: A Situação da Manutenção no Brasil. Salvador, 2013. 23 p.

ALMEIDA, Marcio Tadeu de. Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade. Itajubá, 2008. Disponível em: < <http://www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf> >, Acessado em: 26 Abril de 2016.

ALMEIDA, Márcio Tadeu de. Manutenção Preditiva: benefícios e lucratividade. Itajubá 2008. Disponível em: < <http://www.mtaev.com.br/download/mnt2.pdf> > Acessado em: 11 Maio de 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994. 37 p.

BITTENCOURT, M. S. Q; LAMY, C. A.; PAYÃO, J. C. F. Determinação da Direção de Laminação de Aços e Ligas de Alumínio por Ultra-Som. Revista de Soldagem & Inspeção, Curitiba, nº 3, ano 4, 1998, 12-16 p.

BRITTO, Ricardo Pitelli de; PEREIRA, Marcio Adão. Manutenção autônoma: estudo de caso em empresa de porte médio do setor de bebidas. In: VII SEMEAD, Seminário de Estudos de Administração da USP, 2003. Disponível em: < <http://docplayer.com.br/14571447-Manutencao-autonoma-estudo-de-caso-em-empresa-de-porte-medio-do-setor-de-bebidas.html> > Acessado em: 11 maio de 2016.

BROWN, M. Applying the Predictive Approach. 1999. Disponível em: < http://www.plantservices.com/assets/knowledge_centers/ansi/assets/Applying_the_Predictive_Approach.pdf > Acessado em: 11 Maio de 2016.

CARE, Benchmarking no desenvolvimento organizacional de saúde. 1999. Disponível em: < http://www.care.org.ec/apolo/bolet_99/abril_99.html >. Acessado em: 04 Julho de 2016.

CHIU, H.N. & HUANG, B.S. The economic design of $\bar{x}$ control charts under a preventive maintenance policy. Journal of Quality in Management engineering, Cambridge, n° 13, ano 1, 1996. 61-71 p.

COSTA, Eliezer Arantes da. Gestão Estratégica. São Paulo: Editora Saraiva, 2003. 424 p.

DIAS, Hélio Junior. Manutenção Autônoma em Célula de Produção. 2007. Programa de Pós Graduação em Gerência de Manutenção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2007. 77 p.

EATON, Graham. Management Accounting Official Terminology. 1ª edição. Portland: CIMA, 1996. 120 p.

FARIA, José Carlos. Administração: introdução ao estudo. São Paulo: Pioneria, 1994. 168 p.

FYGUERO, A.; SIMÓN, J. Mantenimiento de Motores Diesel: Consejo de Estudios de Postgrado. Mérida: Universidad de Los Andes. 1997. 133 p.

FILHO, Gil Brando. Custos em Manutenção. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda, 2010. 160 p.

FILHO, Gil Brando. Dicionário de Termos de Manutenção, Confiabilidade e Qualidade. 4ª edição. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2006. 292 p.

HITCHCOCK; L. Using Thermal Imaging To Help Solve Lubrication Problems. SKF. 2003.

Disponível em: < <http://www.skf.com/de/knowledge-centre/index.html> >
Acessado em: 30 Junho de 2016

JIPM. Japan Institute of Plant Maintenance Solutions Company Limited. 2008. Disponível em: <<http://www.tpm.jipms.jp/>>. Acessado em: 07 Julho de 2016

KARDEC, Alan. Gestão e terceirização na manutenção. Belo Horizonte. 14 p. 2013. Disponível em: <<http://tecem.com.br/site/downloads/artigos/alan.pdf> > Acessado em: 04 Julho de 2016.

KARDEC; PINTO; FLORES; FORTES; SEIXAS, SANTANA. Gestão Estratégica e Indicadores de Desempenho. 1ª edição, Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2002. 120 p.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. Manutenção: Função Estratégica. 1ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 1998. 287 p.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. Manutenção: Função Estratégica. 2ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2001. 339 p.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. Manutenção: Função Estratégica, 2ª edição, 1ª reimpressão Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2003. 349 p.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. Manutenção: função estratégica, 2ª edição, 2ª reimpressão Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2006. 356 p.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. Manutenção: função estratégica. 3ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2009. 384 p.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. Manutenção: função estratégica, 4ª edição, Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2012. 440 p.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio; BARONI, Tarcísio. Gestão Estratégica e Técnicas Preditivas. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2007. 160 p.

KAZUO, Kayo Eduardo. Ativos Intangíveis, Ciclo de Vida e Criação de Valor. Revista de administração Contemporânea, Rio de Janeiro, v. 10, n. 3, p. 73-90, Jul./Set. 2006.

KELLY, A.; HARRIS, M. J. Administração da manutenção industrial. Rio de Janeiro: IBP, 1980. 258 p.

KIMURA, R. K. Uso da técnica de análise de óleo lubrificante em motores diesel estacionários, utilizando-se misturas de biodiesel e diferentes níveis de contaminação do lubrificante. São Paulo, Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 2010. 129 p.

MAIS, Jason; BRADY, Scott. Introduction Guide to Vibration Monitoring, SKF: San Diego, 2002. 30 p.

MIRSHAWKA, V.; OLMEDO, N.C. Manutenção: combate aos custos na não eficácia a vez do Brasil. São Paulo: McGraw-Hill Ltda, 1993. 378 p.

MOBLEY, R. K. An introduction to predictive maintenance. Knoxville: Butterworth-Heinemann, 2002, 437 p.

NASCIF, Júlio. Manutenção tipos e tendências. Belo Horizonte. 4 p. Disponível em: < <http://tecem.com.br/site/downloads/artigos/tendencia.pdf> > Acessado em: 16 maio de 2016.

NASCIF, Júlio. Indicadores de manutenção. Belo Horizonte. 2013. 14 p. Disponível em: < <http://www.dee.ufrn.br/~joao/manut/15%20-%20Cap%EDtulo%2013.pdf> > Acessado em: 28 Junho de 2016.

NATALI, M. Praticando o 5S: na indústria, comércio e vida pessoal. São Paulo: STS, 1995. 101 p.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. RCM guide for facilities and collateral equipment. 2008. 472 p. Disponível em: < <http://www.hq.nasa.gov/office/codej/codejx/Assets/Docs/NASARCMGuide.pdf> > Acessado em: 11 Maio de 2016.

OTANI, M.; MACHADO, W. V. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. Revista Gestão Industrial. Ponta Grossa, v.4, n.2, p 01 – 16, 2008.

Plant Performance Group, Página Eletrônica Disponível em: < <http://www.plantperformance.com.au/> >. Acessado em 16 Maio de 2016.

PEREIRA, Mário J. Técnicas avançadas de manutenção. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda, 2010. 96 p.

SCHEFFER, C. and GIRDHAR P. Practical Machinery Vibration Analysis and Predictive Maintenance, Amsterdã: Newnes. 2004. 272 p.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. Manutenção: Módulos especiais – mecânica. São Paulo: FIESP, 2000. Disponível em: < <http://bmalbert.yolasite.com/resources/Manuten%C3%A7%C3%A3o.pdf> > Acessado em: 25 Abril de 2016.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da produção. São Paulo: Atlas, 2002. 703 p.

SMITH, M; MOBLEY R. K. Rules of thumb for Maintenance and Reliability Engineers System. 1ª edição, Virginia: Butterworth-Heinemann, 2007, 336 p.

SOURIS, J. Manutenção industrial: custo ou benefício. Lisboa: Lidel, 1992. 192 p.

SOUZA, José. Barrozo. Alinhamento das estratégias do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) com as finalidades e função do Planejamento e Controle da Produção (PCP): Uma abordagem analítica, 2008. 169 p.

TELANG, A. Comprehensive Maintenance Management: Policies, strategies and Options, Pittsburgh: PHI Learning Private Limited, (2010). 192 p.

VERATTI, Attílio Bruno. Termografia: princípios, aplicações e qualidade. São Paulo: ICON Tecnologia e Serviços Ltda, 1992. Disponível em: < <http://www.termonautas.com.br/> > Acessado em: 11 Maio de 2016.

VOLLMER; M. & MÖLLMANN; K. PInfrared thermal imaging: fundamentals, research and applications, Weinheim:Wiley-VCH. 2010. 612 p.

XENOS, Harilaus Georgius D'Philippos. Gerenciando a manutenção produtiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004. 312 p.