

**UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
FACULDADE DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**A IMPORTÂNCIA DOS ASPECTOS BÁSICOS DA
MANUTENÇÃO PARA IMPLANTAÇÃO DO RCM:
UM ESTUDO DE CASO.**

Renzo Guedes Pinto

Orientador: Prof. Dr. Carlos Roberto Camello Lima

**Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Engenharia de Produção, da
Faculdade de Engenharia, Arquitetura e
Urbanismo, da Universidade Metodista de
Piracicaba – UNIMEP, como requisito para
obtenção do Título de Mestre em Engenharia
de Produção.**

**Santa Bárbara d'Oeste
2008**

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais João Carlos Guedes Pinto e Rosemari Torres Guedes Pinto, por mostrar o caminho correto da vida e o incentivo ao estudo.

A minha esposa Patrícia e meu Filho Lucas, pelo incentivo e compreensão.

Ao meu orientador Prof. Dr. Carlos Roberto Camello Lima, pela ajuda e incentivo.

À Cargill Agrícola S/A., pela oportunidade de desenvolvimento profissional.

SUMÁRIO

RESUMO.....	III
ABSTRACT	IV
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	V
LISTA DE FIGURAS.....	VI
LISTA DE QUADROS E TABELAS.....	VII
1. INTRODUÇÃO.....	01
1.1 OBJETIVO DO TRABALHO.....	04
2. MANUTENÇÃO INDUSTRIAL.....	06
2.1 A FUNÇÃO MANUTENÇÃO.....	06
2.2 EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO.....	07
2.2.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA.....	09
2.2.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA.....	10
2.2.3 LUBRIFICAÇÃO.....	11
2.2.4 MANUTENÇÃO PREDITIVA.....	13
2.2.4.1 ANÁLISE DE VIBRAÇÃO.....	15
2.2.4.2 ANÁLISE DE ÓLEO.....	17
2.2.4.3 ANÁLISE TERMOGRÁFICA.....	20
2.2.4.4 INSPEÇÕES SENSITIVAS.....	22
3. MÉTODOS DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO.....	24
3.1 TPM.- MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL.....	24
3.2 CONFIABILIDADE NA MANUTENÇÃO.....	27
3.3 RCM - MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE.....	29
3.3.1 ETAPAS DA IMPLANTAÇÃO DO RCM.....	30
3.3.2 BENEFÍCIOS DA IMPLANTAÇÃO DO RCM.....	32
4. APLICAÇÃO DA DIAGNOSE E ANÁLISE COMPARATIVA.....	33
4.1 METODOLOGIA APLICADA	33
4.2 FORMULÁRIOS E CRITÉRIOS PARA DIAGNOSE.....	35
4.3 APLICAÇÃO DA DIAGNOSE.....	37
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO DOS ASPECTOS BÁSICOS	37
4.4.1 PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO	37
4.4.2 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO.....	39
4.4.3 MANUTENÇÃO PREVENTIVA – LUBRIFICAÇÃO.....	41

4.4.4 MANUTENÇÃO PREDITIVA – ANÁLISE DE VIBRAÇÃO.....	43
4.4.5 MANUTENÇÃO PREDITIVA – ANÁLISE DE ÓLEO.....	45
4.4.6 MANUTENÇÃO PREDITIVA – TERMOGRAFIA.....	46
4.4.7 MANUTENÇÃO PREDITIVA – INSPEÇÃO SENSITIVA.....	47
4.4.8 PLANILHA DE RESULTADOS DA DIAGNOSE.....	49
5. RESULTADO DE EFICIÊNCIA E FINANCEIRO DAS PLANTAS ANALISADAS.	
5.1 EDT.....	50
5.2 CUSTOS DE MANUTENÇÃO.....	51
6. CONCLUSÕES.....	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
ANEXOS	

RESUMO

Nós últimos anos, a manutenção tem tido papel de destaque como um pilar que pode ajudar as empresas a se tornarem mais competitivas em um mundo cada vez mais globalizado. Ferramentas de gestão da manutenção, como o RCM e o TPM, têm tido destaque neste processo. Alguns aspectos básicos da manutenção, quando trabalhados de forma consistente, podem trazer resultados para a organização e preparar a mesma para a adoção de ferramentas de gestão. Este trabalho tem como objetivo mostrar que os aspectos básicos da manutenção, quando bem organizados e consistentes, podem trazer benefícios às empresas. Desenvolve-se a diagnose de alguns aspectos básicos da manutenção pré-determinados em uma empresa multinacional com destacado papel no ramo do agro negócio, sendo que a área escolhida para diagnose é a área de moagem de soja. O estudo abrange plantas do grupo no Brasil, comparando índices de custo e eficiência com resultados da diagnose, mostrando que, quanto mais consolidada a gestão dos aspectos básicos da manutenção, melhores os resultados obtidos nestas plantas em custos e eficiência. A metodologia de pesquisa está baseada em um estudo de caso entre três plantas do grupo, o qual oferece evidências de que a base de bons resultados da empresa passa pela organização consistente de aspectos básicos da manutenção, que muitas vezes são relegados a um segundo plano em diversas organizações.

ABSTRACT

Over the last few years, maintenance has had a prominent role as a pillar which can help companies become more competitive in a world that is becoming ever more globalized. Maintenance management tools like RCM and TPM have stood out in this process. Some basic aspects of maintenance, when worked with in a consistent way, can bring about results for the organization, and prepare it for the adoption of those management tools. The objective of this work is to show that the basic aspects of maintenance, when well organized and consistent, can produce real benefits to the companies. With a case study, a diagnosis of some pre-determined basic aspects of maintenance is developed in a multinational company with an outstanding role in the agro-business. The chosen area for diagnosis is soybean crushing. The study includes plants of the group in Brazil, comparing indexes of cost and efficiency with the results of the diagnosis, showing that the more consolidated the management of the basic aspects of the maintenance, the better the results obtained in these plants related to costs and efficiency. The research methodology is based on a case study among three of the group's plants and shows evidence that the basis for good company results goes through the consistent organization of the basic aspects of maintenance, which in several organizations is often left in the background.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRAMAN - Associação Brasileira de Manutenção

NBR - Norma Brasileira Regulamentadora

PNQC - Plano Nacional de Qualificação e Certificação

RCM - Manutenção Centrada em Confiabilidade (*Reliability Centred Maintenance*)

TPM - Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance*)

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Resultados x Tipos de Manutenção	08
Figura 02 – Fotos de uma chave seccionadora 15 KW e foto em infravermelho Mostrando ponto sobre aquecido “ <i>Infrared</i> ”	21

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 01 - Metais encontrados por desgaste e sua origem.....	19
Tabela 01 – Diagnose – Planejamento Estratégico da Manutenção.	36
Tabela 02 – Diagnose - Planejamento e Controle de Manutenção.....	38
Tabela 03 – Diagnose Manutenção Preventiva - Lubrificação... ..	40
Tabela 04 – Diagnose Análise de Vibração.....	42
Tabela 05 – Diagnose Análise de óleo.....	44
Tabela 06 - Diagnose Análise Termográfica.....	45
Tabela 07 – Diagnose Inspeção Sensitiva.....	46
Tabela 08 – Resultados da Diagnose.....	47
Tabela 09 – Resultado EDT.....	48
Tabela 10 – Resultados Custos por Tonelada.....	49
Tabela 11 – Resultados Finais.....	50

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento da concorrência entre empresas, a função manutenção vem tendo uma posição de destaque, sendo um pilar estratégico para aumentar a competitividade das empresas.

Muitos estudos são desenvolvidos para melhorar o desempenho dos ativos e alavancar a competitividade nas empresas. A correta gestão da manutenção é fundamental para promover uma melhora na competitividade.

Segundo Lofsten (1999), a manutenção representa uma função bastante significativa dentro da cadeia produtiva.

Segundo Souza & Lima (2003), a manutenção pode ser considerada uma função estratégica que agrega valor ao produto, sendo que as empresas buscam no departamento de manutenção os resultados positivos de desempenho do seu sistema produtivo, para garantir ganhos de produtividade e qualidade, simultaneamente a uma redução de custos.

Esta competitividade entre as empresas e a necessidade de sobreviver em um mercado cada vez mais competitivo, fez com que a manutenção passasse a ser tratada, nas últimas décadas, como uma ferramenta de gestão e não como uma função marginal.

Dentro deste cenário, muitas políticas na área de manutenção foram criadas, desde simples planos de manutenção preventiva e preditiva, até ferramentas de gestão complexas, como o TPM – *Total Productive Maintenance* (Manutenção Produtiva Total), já consagrada e, mais recentemente, o RCM – *Reability Centred Maintenance* (Manutenção Centrada em Confiabilidade) que,

conforme Possamai e Nunes (2001), são uma importante e moderna metodologias que contribui para a melhoria da qualidade da atividade de manutenção e a necessária avaliação permanente do desempenho operacional dos equipamentos.

As técnicas de monitoramento preditivo tiveram grande evolução nas diversas áreas de aplicação, como análise de vibração, análise de óleo, análise termográfica, ultra-sonografia, inspeções visuais e outras técnicas não destrutivas que auxiliam no monitoramento dos equipamentos.

Dentro deste contexto, a capacitação do pessoal da manutenção passou a ser fundamental para que as empresas possam utilizar novas tecnologias. Grandes empresas têm trabalhado em programas de qualificação de mão de obra de manutenção, e o PNQC – Programa Nacional de Qualificação e Certificação, que atualmente chegou à marca de dez mil profissionais certificados, se destaca neste cenário. Este programa tem como base o trabalho de instituições do porte da ABRAMAN, SENAI e INMETRO junto com destacadas empresas, como Petrobrás, Siemens e CST, com o objetivo comum de melhorar a qualificação da mão de obra da manutenção.

Segundo Montes e Marçal (2005), a iniciativa da ABRAMAN de instalar centros de qualificação de profissionais em vários estados do Brasil demonstra que experiências em certificação têm agregado valor ao profissional habilitado e qualidade nos serviços prestados às empresas.

Segundo Bueno *et al.* (2005), a educação profissional no Brasil vem conquistando, a partir das últimas décadas, importante espaço nas discussões. A nova ordem econômica mundial, os impactos provocados pelas mudanças

tecnológicas e as novas formas de gestão das organizações e estruturação do mundo do trabalho têm provocado na sociedade, de um modo geral, a percepção de que a educação profissional deve estar relacionada à educação em geral.

Com a necessidade de mão obra especializada aliada ao avanço tecnológico, várias empresas iniciaram suas atividades especializando-se em nichos específicos dentro da manutenção. Assim, os profissionais da manutenção, que antes eram tratados como “mal necessário”, agora são vistos como profissionais que, quando bem capacitados, podem gerar ganhos para a empresa.

O Brasil tem se deparado com uma série de ferramentas de gestão na área de manutenção, para as quais o sucesso da implantação depende essencialmente da mudança de cultura das organizações. A necessidade de mudança dentro da organização às vezes esbarra em técnicas de gestão ultrapassadas e falta de foco na função manutenção. Muitas empresas acabam investindo altas somas de dinheiro na implantação de ferramentas gerenciais sem o retorno esperado. Uma das explicações para isso é a falta de apoio dos altos escalões das empresas, o que acaba minando os esforços que conduzem às mudanças.

A aplicação de programas de gestão como o RCM deve ser efetuada de forma criteriosa e planejada, para evitar esforços desnecessários e a conseqüente falta de resultados. Normalmente, para se implementar tais programas, é necessária uma equipe treinada e um líder de implantação com vasta experiência, para que o processo tenha consistência. A produção deve participar ativamente do processo, sendo que os resultados desse trabalho estruturado e em equipe serão expressivos para a área produtiva.

As técnicas de manutenção que utilizam a confiabilidade como base tendem a tratar o ativo com mais racionalidade sem um aumento excessivo nos custos de manutenção. O RCM, como ferramenta de gestão na área de manutenção, tem se mostrado uma ferramenta bastante racional, levando às vezes, após cuidadosa análise efetuada num determinado equipamento, à opção da política corretiva como sendo a mais adequada.

Segundo Nunes e Valladares (2002), o RCM configura-se como uma estratégia organizacional, da área de manutenção, que agrega valor ao processo produtivo.

Mas, antes de se iniciar a efetiva implementação deste modelo gerencial, é necessário que os aspectos mais básicos da manutenção, que definem o dia-a-dia das atividades, estejam plenamente definidos e em funcionamento, trazendo resultados práticos que antecedem e servem de base para o desenvolvimento pleno do RCM.

Analisando este contexto de evolução na área de manutenção e técnicas cada vez mais complexas de monitoramento, a profissionalização da gestão de manutenção torna-se necessária para que as empresas possam obter a competitividade necessária para sobreviver num ambiente globalizado.

1.1 Objetivo do trabalho

Este trabalho tem como objetivo geral estudar a influência da organização dos aspectos básicos da manutenção na melhoria dos indicadores de custo e eficiência.

Como objetivos específicos, podem ser destacados:

- Avaliar a estrutura da manutenção para a implantação do RCM - Manutenção Centrada em Confiabilidade
- Avaliar a importância das diversas técnicas preditivas no desempenho da manutenção.

A metodologia de pesquisa está baseada em um estudo de caso entre três plantas do mesmo grupo industrial, no qual será realizada uma diagnose dos aspectos básicos de manutenção e levantados os resultados entre as plantas, de forma comparativa, mostrando a influência desta organização nos resultados de produtividade, eficiência e custos.

A abordagem destaca que os aspectos básicos da manutenção, quando bem estruturados, podem ser de extrema ajuda para a organização aumentar sua competitividade, preparando a empresa para se aprofundar em novas técnicas de gestão.

A diagnose destes aspectos básicos da manutenção servirá de base para que se possa comparar a consistência destes aspectos básicos da área de manutenção em relação aos índices de eficiência e custos de manutenção de cada planta.

O RCM é previsto como o programa de gestão a ser aplicado em todas as plantas do grupo, localizadas em mais de 100 países. O nome da empresa será omitido por questões de confidencialidade, sendo que os dados vão manter a proporcionalidade para efeito de análise.

2. MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

Neste capítulo, será abordada a função manutenção e sua evolução, mostrando as diferentes ferramentas e técnicas utilizadas.

2.1 A Função Manutenção

Com a revolução industrial e o surgimento dos primeiros teares mecânicos, no século XVI, surgiu a necessidade de reparar os equipamentos na produção.

Diversos autores definem a função manutenção conforme a análise que segue.

A origem do termo manutenção vem do vocabulário militar e significa manter, nas unidades militares, o efetivo e o material num nível adequado. Em 1950, surgiu a palavra manutenção nos Estados Unidos da América. Na França, o termo manutenção é associado à conservação de um determinado equipamento ou ativo (MONCHY, 1989).

A manutenção deve ser encarada como uma função estratégica para obtenção dos resultados de uma empresa e deve estar direcionada para o suporte do gerenciamento e a solução dos problemas na área de produção, alavancando a empresa em patamares competitivos de qualidade e produtividade (PINTO & XAVIER, 2001).

De acordo com Kelly (1980), a manutenção pode ser considerada como uma combinação de ações conduzidas para substituir, reparar, revisar ou modificar componentes ou grupos identificáveis de componentes de uma indústria para que a mesma opere dentro de uma disponibilidade especificada, em um intervalo de tempo especificado.

De acordo com Mirshawka (1991), manutenção é um conjunto de ações que permitem manter ou restabelecer um bem a um estado específico, ou ainda assegurar um determinado serviço.

A NBR-5462 (1994) define manutenção como a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida.

Para Nepomuceno (1989), a finalidade da manutenção de uma máquina ou de um dispositivo é evidente: mantê-lo funcionando com desempenho satisfatório à medida que o tempo corre.

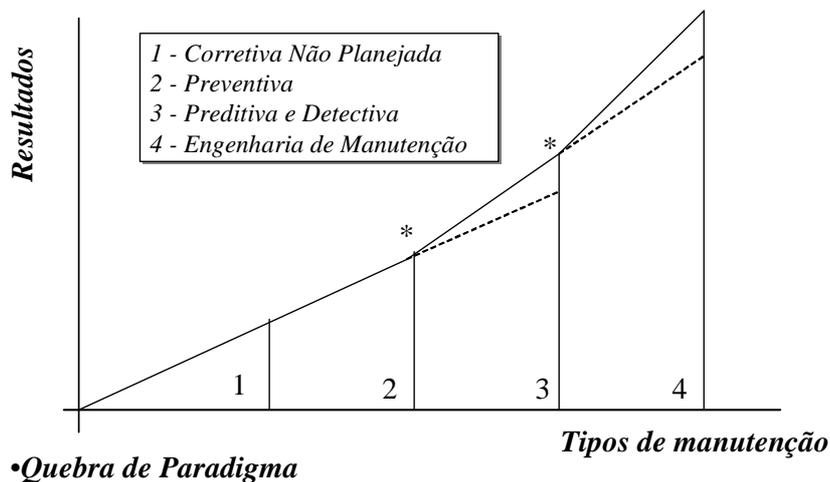
Segundo Tavares (1999) manutenção pode ser definida como todas as ações necessárias para que um item seja conservado ou restaurado de modo a poder permanecer de acordo com uma condição especificada.

Segundo Moubray (2000), a manutenção tem que assegurar que os ativos físicos continuem a fazer o que seus usuários querem que ele faça.

Conforme Arts *et al.* (1998), com o aumento da competitividade entre as empresas, os gestores de manutenção têm trabalhado no aumento de eficiência, custos e segurança.

2.2 A Evolução da Manutenção

Historicamente, a evolução da função manutenção fez surgir diferentes ferramentas para tratar um determinado ativo ou sistema. No gráfico da Figura 01, pode-se ver que, dependendo do tipo de manutenção praticada, tem-se um resultado diferente.



•4- ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO: RCM/WORD CLASS MAINTENANCE

Figura 01 – Resultados X Tipo de Manutenção

FONTE: Pinto e Xavier (1999).

Observando a Figura 01, os resultados vão evoluindo à medida que melhores técnicas vão sendo utilizadas. Entre a manutenção corretiva e a preventiva, a melhora é contínua e, quando se muda para a manutenção preditiva, ocorre uma melhora mais significativa. Um maior índice de melhora de resultados ocorre quando se aplica a engenharia de manutenção (PINTO e XAVIER, 1999).

A seguir, serão discutidos os tipos de manutenção e suas principais características.

2.2.1. Manutenção corretiva

Pode-se entender como manutenção corretiva o reparo de um determinado equipamento quando este tem sua função principal inoperante devido a uma falha (WAEYENBERGH *et al.*, 2000). Os profissionais de manutenção que trabalhavam no início da era industrial tinham em mente a necessidade de ter

todas as ferramentas necessárias e peças de reposição para efetuar a manutenção o mais rápido possível. Esta política tinha como consequência a formação de grandes estoques de peças e, dependendo do processo, grandes equipes de manutenção disponíveis, já que os equipamentos apresentavam falhas a qualquer momento, sem nenhuma ferramenta de monitoramento, e as manutenções eram efetuadas após a quebra, sem ter uma ferramenta de controle de custos (PINTO & XAVIER, 2001).

Para Mirshawka (1991), a manutenção corretiva é uma política de manutenção que corresponde a uma atitude de reação aos eventos mais ou menos aleatórios e que se aplica após a avaria.

Alguns aspectos negativos podem ser citados na manutenção corretiva:

- Diminuição da vida útil da máquinas e equipamentos
- Paradas de equipamentos em momentos inoportunos
- Devido à complexidade dos equipamentos, a falha de um determinado componente pode gerar falha em outros componentes, aumentando o custo de manutenção.

A pesquisa da ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção (2005) aponta que 31,89% dos homens-hora apropriados em serviços de manutenção no ano de 2005 foram em trabalhos corretivos. Pode-se perceber, daí, que a manutenção corretiva ocorre em proporção elevada, sendo que os principais motivos são falta de conhecimento e a postura inadequada em relação à função manutenção dentro do processo produtivo.

2.2.2 Manutenção preventiva

A manutenção preventiva é baseada em revisões de manutenção programadas em intervalos de tempo determinados (semanal, mensal, anual) ou em horas máquinas trabalhadas. A manutenção é efetuada no equipamento, mesmo que ele ainda esteja em condição de trabalhar mais um período. Esta política ainda gera estoques desnecessários, manutenções desnecessárias que elevam os custos totais e ainda podem introduzir defeitos não existentes antes das intervenções pela intrusão às vezes até desnecessária (PALMER, 1999).

Conforme a Norma Brasileira NBR-5462 (1994), manutenção preventiva é a manutenção efetuada em intervalos pré-determinados, ou de acordo com critérios prescritos, destinados a reduzir a probabilidade de ocorrer falha ou a degradação do funcionamento de um item.

.Conforme Zaions (2003), o objetivo da manutenção preventiva é obter o máximo do equipamento nas tarefas de produção, com a redução das horas paradas e dos custos de manutenção, sendo que algumas medidas devem ser tomadas para se atingir estes objetivos:

- Ter tempo para planejar e programar.
- Assegurar que tanto a mão de obra quanto o equipamento estarão disponíveis para manutenção.
- Trabalhar na produtividade da mão obra de manutenção, diminuindo atrasos.
- Determinar padrões que permitam medir e avaliar a eficiência da manutenção.

Viana (2002) define manutenção preventiva como todo serviço de manutenção realizado em máquinas que não estejam em falha, estando em condições normais de operação, sendo realizada em intervalos pré-determinados, proporcionando a tranquilidade operacional necessária para o bom andamento do processo produtivo.

Conforme pesquisa realizada pela ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção (2005), 38,35% dos homens-hora apropriados em serviços de manutenção naquele ano foram em manutenções preventiva.

2.2.3 Lubrificação

Os lubrificantes são substâncias que, colocadas entre duas superfícies móveis ou entre uma fixa e outra móvel, formam uma película protetora que tem como função principal reduzir o atrito, o desgaste, bem como auxiliar no controle da temperatura e na vedação dos componentes de máquinas e motores, proporcionando a limpeza das peças, protegendo contra a corrosão decorrente de processos de oxidação, evitando a entrada de impurezas, podendo também ser um agente de transmissão de força e movimento.

A lubrificação é um dos principais itens de manutenção de máquinas industriais e automotivas e deve, portanto, ser entendida e praticada para garantir um real aumento da vida útil dos componentes.

A importância do atrito e a resistência do movimento têm sido muito reconhecidas através da nossa civilização. O problema é percebido desde o Antigo Egito, com a necessidade de “transportar” colossos e blocos para a construção de Esfinges e Pirâmides. Como a lubrificação era desconhecida, os

escravos egípcios usavam galhos de árvores para arrastar e puxar os trenós com, aproximadamente, 60 toneladas de blocos. A função dos galhos de árvore (roletes) era reduzir o atrito de deslizamento entre o trenó e o solo, transformando-os em atrito de rolamento (CARRETEIRO e MOURA, 2006).

Nos dias atuais, assim como as máquinas, os lubrificantes sofreram alterações tecnológicas para atender as necessidades extremas em processos industriais. Hoje, existem várias empresas no mercado que fabricam vários tipos de lubrificantes, de origem mineral, sintético e especiais. Além de ter uma grande utilização, o lubrificante tem formas de aplicações corretas. Para isso existem equipamentos para lubrificação, disponíveis no Brasil desde 1950, que são de uso fundamental e também minimizam o risco da contaminação dos lubrificantes.

Com a preocupação mundial ao meio ambiente, foram feitas vários estudos e pesquisas para os lubrificantes pudessem ser usados sem agredir a natureza. Para isso, existe a refinação do lubrificante usado, e o “óleo verde” que é vegetal biodegradável e uma opção aos usuários para que evitem mais agressões ao meio ambiente. Atualmente, a lubrificação é fator decisivo na competitividade, sendo uma fonte de ganhos, proporcionando melhorias no desempenho dos equipamentos e, principalmente, na redução nos custos de manutenção.

2.2.4 Manutenção preditiva

Manutenção preditiva pode ser definida como qualquer atividade de monitoramento que seja capaz de fornecer dados suficientes para uma análise

de tendências, emissão de diagnóstico e tomada de decisão (KARDEC *et al.*, 2002).

Conforme a norma Brasileira NBR-5462 (1994), manutenção preditiva pode ser definida como o tipo de manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem para reduzir a um mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva.

Conforme Tavares (1999), manutenção preditiva ou previsiva pode ser definida por serviços de acompanhamento de desgaste de peças ou componentes de equipamentos prioritários através de análise de sintomas, ou estimativa feita por avaliação estatística, visando extrapolar o comportamento dessas peças ou componentes e determinar o ponto exato de troca ou reparo.

Nepomuceno (1989) comenta que a manutenção preditiva tem por finalidade estabelecer quais parâmetros devem ser escolhidos em cada tipo de equipamento, em função das informações que as alterações de tais parâmetros revelam sobre o estado mecânico de um determinado componente. Com base nestas informações, a análise dos mesmos permitirá que sejam tomadas as ações necessárias, visando a evitar quebras ou mesmo situações catastróficas.

Algumas vantagens da manutenção preditiva são:

- Diminuição equipamentos reservas, diminuindo custo dos ativos.
- Diminuição das paradas de máquinas.
- Redução dos custos de manutenção.

De acordo com Mobley (1990), foi efetuada uma pesquisa, no ano de 1988, com 500 empresas de países como Estados Unidos, Canadá, Inglaterra, França e Austrália, que implementaram métodos de manutenção preditiva, e os principais resultados obtidos foram os seguintes:

- Redução de custos de manutenção em 50%
- Redução do tempo de reparos em 60%
- Redução de falhas inesperadas em 55%
- Aumento da vida útil das máquinas em 30%
- Aumento de produção em 30%
- Aumento de segurança dos operadores
- Redução dos estoques em 30%

Pesquisa realizada pela ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção (2005) aponta que 16,21% dos homens-hora apropriados em serviços de manutenção naquele ano foram em manutenção preditiva.

A manutenção preditiva se baseia em medições, sendo que os equipamentos podem estar funcionando durante este monitoramento. Com o monitoramento, o gestor tem uma série de dados para analisar a saúde do equipamento e definir o melhor momento para parada. A tendência é a redução dos custos da manutenção, já que as manutenções são efetuadas apenas quando necessário, e os estoques de peças sobressalentes tendem a diminuir.

Uma das desvantagens da manutenção preditiva é o alto custo de implantação inicial, seja ele na compra dos equipamentos ou na capacitação de pessoal,

mas, atualmente, muitas empresas prestam serviços nesta área, podendo-se optar pela terceirização, evitando investimentos iniciais.

As ferramentas de monitoramento preditivo devem ser escolhidas de acordo com a função do equipamento e a criticidade do mesmo, sendo que, dependendo desta análise, pode-se utilizar uma ou mais ferramentas preditivas num mesmo equipamento. O conjunto das informações obtidas vai determinar as ações necessárias quando identificado o início de uma falha.

As principais ferramentas preditivas que são utilizadas pelas empresas são:

- Análise de vibração
- Análise de óleo
- Análise termográfica
- Inspeções sensitivas

2.2.4.1 Análise de vibração

Este método é particularmente útil na monitoração de operação mecânica de máquinas rotativas (ventiladores, compressores, bombas, turbinas, etc.), na detecção e reconhecimento da deterioração de rolamentos, no estudo de mau funcionamento típico em maquinaria com regime cíclico de trabalho, laminadores, prensas, etc., e na análise de vibrações dos processos de trincamento, notadamente em turbinas e outras máquinas rotativas ou vibratórias.

Este método também permite uma grande confiabilidade na operação de

instalações e na interrupção de uma máquina em tempo hábil para substituição de peças desgastadas. Na usinagem mecânica com ferramental sofisticado, a medição das vibrações é essencial para a melhoria da qualidade final do produto. O método é aplicado na engenharia civil para o estudo do comportamento das estruturas sujeitas a carregamento provocados por um tráfego de alta velocidade

O ensaio de Análise de Vibrações é um método muito valioso, pois a identificação das falhas no monitoramento de máquinas e motores é feito por medições eletrônicas das vibrações, não percebidas pelo ouvido humano, eliminando assim a subjetividade do ensaio (INFRARED SERVICE, 2007).

A avaliação das vibrações pode ser efetuada em dois níveis:

- Medição do nível global de vibração: determinação do estado geral dos equipamentos.
- Análise dos espectros: num sistema ou equipamento, cada componente possui seu próprio padrão de frequências; a análise destas frequências pode determinar a condição de cada componente do sistema ou equipamento.

Conforme Gonçalves *et al.* (2002), o resultado da medição de vibração pode ser influenciado por diversos fatores:

- Rigidez da estrutura de fixação do equipamento
- Características de fixação do equipamento
- Posição do ponto de fixação
- Posição e fixação do sensor na máquina

- Características do sensor
- Amplificação e transmissão do sinal
- Desempenho do aparelho de medição
- Potencial absorção das rotações
- Condição do alinhamento, balanceamento, rolamentos, etc.

Pode-se perceber que a análise de vibração é uma ferramenta poderosa, sendo que as empresas terão a opção de formar mão de obra especializada e investir em equipamentos ou contratar uma empresa especialista no assunto.

2.2.4.2 Análise de óleo

Todo equipamento se desgasta com o passar do tempo pelo funcionamento e pelos inúmeros agentes contaminantes. O líquido lubrificante é uma fonte preciosa de informações sobre a vida útil dos equipamentos.

Pelas funções que exerce, ou seja, refrigeração, limpeza, proteção contra agentes corrosivos e pelo acesso aos vários pontos da máquina, o óleo constitui-se num agente de extrema importância na determinação de elementos de desgaste e contaminação dos equipamentos.

Pelos resultados das análises, é possível conhecer, controlar e, normalmente, combater a origem da contaminação e, com base nestes dados, ações podem ser tomadas no sentido de aumentar a vida útil do equipamento (SOUZA, 2007).

A ferrografia é uma técnica utilizada para análise do lubrificante utilizado no equipamento, sendo que o objetivo é analisar o aspecto e o tamanho das

partículas presentes no óleo, permitindo identificar com precisão em que nível está ocorrendo o desgaste (SOUZA, 2007).

Existem muitos testes disponíveis para análise de fluidos usados. Alguns testes são qualitativos, enquanto outros são quantitativos. Um teste freqüentemente ignorado é a ferrografia analítica. A ferrografia analítica completa é freqüentemente referida como equivalente à ciência forense criminalística na análise de óleo. O método de teste conta com avaliação microscópica visual de partículas extraídas e depositadas em uma lâmina de microscópio chamada de ferrograma. Com base no exame da forma, cor, detalhe das bordas, efeitos de um campo magnético e outros testes de diagnóstico, como tratamento térmico e adição de reagentes químicos, pode-se fazer uma determinação do mecanismo de desgaste ativo. A ferrografia analítica, quando realizada com outros testes de análise, é capaz de determinar a causa raiz de uma falha, o que pode levar à prevenção da falha. A ferrografia analítica utiliza análise microscópica para identificar a composição do material presente. Essa tecnologia diferencia o tipo de material contido na amostra e determina o componente de desgaste a partir do qual ele foi gerado. Esse método de teste é usado para determinar características de uma máquina avaliando o tipo, tamanho, concentração, distribuição e morfologia das partículas. Isso permite que um diagnosticador habilidoso determine a causa raiz de um problema tribológico específico (HUYSMAN, 2005).

O laudo de uma análise ferrográfica oferece resultados quantitativos e qualitativos. A análise permite identificar as tendências de agravamento e desgaste, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1. Metais encontrados por desgaste e sua origem

Metais	Origem do desgaste
<i>ferro</i>	<i>Cilindros, engrenagens, anéis, eixo, virabrequim, rolamentos, bomba de óleo, compressor de ar, eixo de comando de válvulas, guias e sedes, águas, impurezas.</i>
<i>cromo</i>	<i>Anéis, rolamentos, cubos de freio, cilindros e partes de sistemas hidráulicos.</i>
<i>cobre</i>	<i>Buchas, rolamentos, discos de transmissão, aditivos, arruelas de encosto, mancais, casquilhos.</i>
<i>alumínio</i>	<i>Pistões, rolamentos, bombos, rotores, tuchos de bombas injetoras.</i>

Fonte: Engeoil – Engenharia de Processos e Análises de Óleos Ltda.

Para determinar causas e severidade dos desgastes, utiliza-se a ferrografia analítica. A utilização de um microscópio permite que se tenha a forma das partículas que permite uma inferência quanto à causa, enquanto que a medição do tamanho e a avaliação da incidência levam à conclusão sobre a severidade.

2.2.4.3 Análise Termográfica

A análise termográfica é a técnica que estende a visão humana através do espectro infravermelho. A vibração de campos elétricos e magnéticos que se propagam no espaço a velocidade da luz, gerando uma onda eletromagnética e o conjunto de ondas eletromagnéticas formam o espectro eletromagnético. O

infravermelho é uma frequência eletromagnética naturalmente emitida por qualquer corpo, com intensidade proporcional a sua temperatura. (CPFL,2007).

Segundo Filho *et al.* (2006), a termografia é uma técnica de análise térmica de um corpo, ou sistema, sem que haja contato físico com ele. Essa técnica se baseia de que qualquer corpo com temperatura acima de zero K emite uma radiação eletromagnética na faixa do infravermelho.

É a técnica de registrar irradiações infravermelhas, em irradiações visíveis através do vídeo, produzindo imagens térmicas denominadas termogramas, as quais permitem a visualização de calor na área focada. O mapeamento térmico permite a determinação das condições de operações anormais de equipamentos e maquinas evitando situações emergenciais através da intervenção preventiva (CPFL, 2007).

A inspeção termográfica pode ser efetuada com equipamentos em funcionamento, não ocasionando nenhum risco para segurança tanto do equipamento quanto das pessoas envolvidas na inspeção. O instrumento utilizado para as inspeções é a câmara termográfica, sendo o custo deste equipamento é alto e requer capacitação do operador.

Atualmente, existem várias empresas especializadas no mercado que trabalham prestando serviços na área de inspeções termográficas, sendo que estas inspeções podem contemplar além de painéis elétricos, equipamentos mecânicos. Os relatórios normalmente têm fotos de cada ponto quente identificado e a classificação do mesmo em relação a severidade.

A Figura 2 é uma foto típica de uma inspeção termográfica, onde o equipamento é fotografado em modo normal e ao lado são mostrados os pontos de aquecimento.

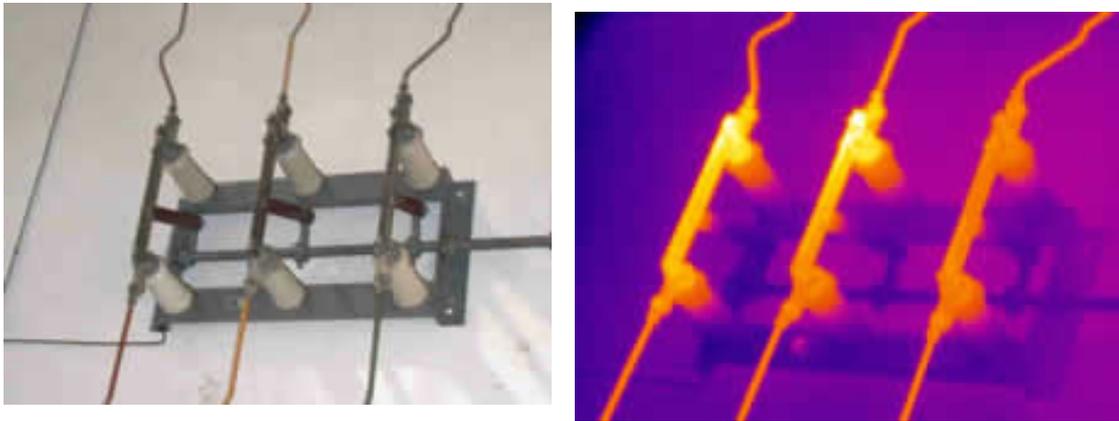


Figura 2. Fotos de uma chave seccionadora 15 KW e foto em Infravermelho, mostrando ponto sobreaquecido (*Infrared*)

Fonte: CPFL, 2007

2.2.4.4 Inspeções sensitivas.

Pinto & Xavier (2001) analisam que, com uma simples inspeção utilizando os sentidos humanos, é possível detectar irregularidades em um determinado equipamento evitando paradas não programadas.

Os sentidos humanos são uma ferramenta poderosa na detecção de falhas em equipamentos, mas seria incorreto pensar que os sentidos humanos podem detectar falhas de forma infalível substituindo as inspeções utilizando instrumentos de diagnostico como analise de vibração, análise óleo e termografia.

As inspeções sensitivas utilizam a audição, visão, tato e olfato como instrumentos para detecção de falhas em equipamentos.

Segundo Pinto & Xavier (2001), algumas ferramentas podem ser utilizadas para auxiliar a inspeção visual como:

- Microscópios
- Lentes
- Lupa

Para Viana (2002), apesar da inspeção sensitiva ou rotineiras ser a primeira ferramenta de inspeção a ser aplicada em um determinado equipamento, e considerada a mais simples a sua importância não deve ser minimizada.

Isto vem de encontro com a dificuldade que muitas empresas tem de adquirir equipamentos de monitoramento tanto pelo custo de aquisição quanto pelo custo de treinamento e retenção de mão obra qualificada.

É importante que o inspetor tenha experiência e seja treinado para que as inspeções tenham um retorno adequado, sendo que as inspeções devem ter uma rotina com formulários e os resultados da inspeção devem ser analisados para que o planejamento possa programar as intervenções necessárias.

A engenharia de manutenção deve trabalhar na elaboração das rotas, formulários e definição do tipo de inspeção sensitiva mais adequada para cada equipamento visando extrair o maximo desta modalidade de inspeção.

Dependendo da criticidade do equipamento um bom plano de inspeções sensitivas pode ser uma alternativa de custo baixo com resultados que podem atender as expectativas da empresa.

3. MÉTODOS DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO

Neste tópico, serão abordadas algumas ferramentas utilizadas para gestão da manutenção, apresentando suas principais características.

3.1 TPM - Manutenção Produtiva Total.

Depois da segunda guerra mundial, o Japão tinha como meta a reconstrução nacional. As empresas japonesas, que até o final da guerra estavam voltadas para a produção militar, tinham como desafio recompor suas indústrias e alcançar as metas governamentais de reconstrução nacional.

Como o Japão possuía poucos recursos naturais, tinha um grande desafio, que era a exportação de produtos manufaturados, sendo na época considerado um país que exibia produtos de baixa qualidade ou produtos de segunda linha (TENORIO, 2002).

Foi dentro deste movimento japonês em busca da qualidade que surgiu o TPM- *Total Productive Maintenance* ou Manutenção Produtiva Total, que, ao longo dos últimos 50 anos, vem evoluindo de um programa de manutenção para um completo sistema de gestão empresarial.

A primeira empresa que aplicou o TPM no Japão foi a *Nippon Denso* (Grupo Toyota), entre 1961 e 1969, e com este trabalho recebeu o primeiro prêmio PM do JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*). O TPM se popularizou no Japão na década de 70, e foi apresentado ao Brasil em 1986 pelo Sr. Seiichi Nakajima.

O princípio básico do TPM é a eliminação total das perdas por toda empresa, o que acaba transformando o ambiente de trabalho e elevando, de maneira considerável, o conhecimento e a auto-estima dos colaboradores.

O TPM distingue seis fontes principais causadoras de perdas (NAKAJIMA, 1989):

- Perdas por quebra em equipamentos
- Perdas por ajustes na preparação
- Perdas por paradas curtas de produção
- Perdas por velocidades abaixo da nominal
- Perdas devidas a peças defeituosas e retrabalhos
- Perdas decorrentes de *start-up* (regime de partida)

O trabalho sistemático de redução de perdas gerado pelo TPM redundava em uma mudança na organização, com resultados bastante significativos, sendo que alguns são tangíveis e outros intangíveis. Exemplos de resultados tangíveis são (FLEMING & FRANÇA, 1997):

- Aumento da produtividade líquida de 1,5 a 2 vezes
- Aumento eficácia global de 1,5 a 2 vezes.
- Redução custos produção em 30%
- Redução dos estoques de produtos e trabalhos em curso em até 50%
- Índice de acidentes de trabalho zero
- Índice de incidentes meio ambiente zero
- Aumento sugestões de melhoria de 5 a 10 vezes.

Como resultados intangíveis, podem-se relacionar:

- Melhoria da imagem da empresa
- Melhora ambiente trabalho
- Aumento da confiança
- Aumento da auto-estima
- Rompimento da divisão entre manutenção e produção.

A aplicação do TPM nas empresas tem se mostrado complexa, sendo que a implantação se inicia com o compromisso da alta gerência, onde o apoio dos níveis mais altos da empresa tem se mostrado fundamental para o sucesso do programa.

O TPM promove uma mudança de cultura dentro da empresa que pode ser sentida nos diferentes departamentos da mesma, sendo que diversos paradigmas são derrubados durante sua implantação. A determinação de todos os envolvidos na implementação do programa é fundamental para que se possam transpor as diferentes barreiras, que aparecerão durante a implantação dos pilares do programa.

O TPM tem pilares básicos que devem ser seguidos e trabalhados durante sua implementação para que os resultados sejam atingidos. Os pilares do TPM são (NAKAJIMA, 1989):

- Melhorias específicas
- Manutenção autônoma
- Manutenção planejada

- Educação e treinamento
- Controle inicial

Durante a implementação do TPM, várias mudanças são sentidas dentro da empresa, sendo que estas mudanças entram em um ciclo virtuoso, onde a cultura de mudança é contínua e as melhoras são medidas através de metas estabelecidas e ajustáveis de acordo com o progresso do programa.

3.2 Confiabilidade na manutenção

Com a concorrência cada vez mais acirrada entre as empresas, a confiabilidade dentro da manutenção passou a ser uma ferramenta estudada crescentemente.

O Departamento de Defesa norte americano (*U. S. DEPARTMENT OF DEFENSE*, 1998) define que confiabilidade pode ser entendida como a probabilidade de um item executar a função para qual foi projetado, por um tempo específico, e sob determinadas condições.

Pinto e Xavier (2001) definem a confiabilidade como a probabilidade de que um equipamento ou sistema possa desempenhar sua função requerida, por um intervalo de tempo estabelecido, sob condições normais de uso não excedendo os limites especificados.

Branco Filho (2000) define que confiabilidade é a probabilidade de que um item ou uma máquina funcione corretamente em condições especificadas durante um determinado período de tempo ou de ainda estar em condições de trabalho.

Para Morita (1993), alguns conceitos de confiabilidade podem ser enumerados:

- Disponibilidade: pode ser definida como um percentual do tempo em que o sistema funciona com sucesso.
- Falha: condição em que determinado equipamento ou sistema não consegue cumprir a missão para qual foi especificado.
- Modo de falha: é a maneira como um determinado sistema falha.
- Falha funcional: é a falha de uma determinada função de um sistema,
- Taxa de falha: quantidade de falhas em um determinado tempo.
- MTBF: tempo médio entre falhas
- MTTR: tempo necessário para reparar a função de um equipamento ou sistema.

Para Lafraia (2001), a confiabilidade operacional é um fator de grande importância para empresas, tornando relevantes os seguintes fatores:

- Segurança – integridade das pessoas e dos ativos da empresa associada a sua imagem perante a sociedade.
- As perdas de produção podem ser críticas num cenário de aumento de demanda
- Automação - a implantação da automação para melhorar a eficiência das empresas e a confiabilidade dos sistemas sendo um fator de apoio.
- Mercado competitivo - cada vez mais exigindo que as empresas entreguem produtos dentro da especificação.

Segundo Abackerli e Marcorin (2001), o domínio da confiabilidade dos produtos pode conferir ao fabricante uma vantagem competitiva sobre seus concorrentes.

Ferramentas de gestão da manutenção como o RCM e o TPM trabalham para melhorar a confiabilidade dos ativos.

Atualmente, com a evolução das ferramentas preditivas e das ferramentas utilizadas para analisar as falhas ocorridas nos equipamentos, pode-se, sabendo utiliza-las, aumentar a confiabilidade dos ativos.

3.3 RCM – Manutenção Centrada em Confiabilidade

O RCM - *Reliability Centred Maintenance* ou Manutenção Centrada em Confiabilidade foi desenvolvido num período de trinta anos. Um dos principais marcos no seu desenvolvimento foi um relatório comissionado pelo departamento de defesa dos Estados Unidos da América para a *United Airlines* e preparado por Stanley Nowlan e Howard Heap em 1978. O relatório proveu uma compreensiva descrição do desenvolvimento e da aplicação do RCM pela indústria da aviação civil (MOUBRAY, 2000).

Desde o começo dos anos 80, o RCM foi aplicado em diversas companhias fora da aviação civil ao redor do mundo, o que ajudou no desenvolvimento do RCM2 para outras indústrias fora da aviação civil, a partir de 1990.

RCM é um processo usado para determinar o que deve ser feito para assegurar que qualquer ativo físico continue a fazer o que seus usuários querem que ele faça no seu contexto operacional (MOUBRAY, 2000). O

processo de RCM implica em sete perguntas sobre cada um dos itens sob revisão ou sob análise crítica, como a seguir:

- Quais são as funções e padrões de desempenho de um ativo no seu contexto presente de operação?
- De que modo ele falha em cumprir suas funções?
- O que causa cada falha funcional?
- O que acontece quando ocorre cada falha?
- De que forma cada falha importa?
- O que pode ser feito para prever ou prevenir cada falha?
- O que deve ser feito se não for encontrada uma tarefa pró-ativa apropriada?

3.3.1 Etapas do processo de implantação do RCM

No RCM, cada tarefa de um programa de Manutenção Programada (MP) é gerada a partir da avaliação das conseqüências das falhas funcionais do sistema, seguindo do exame explícito da relação entre cada tarefa e as características de confiabilidade dos modos de falha do equipamento para determinar se a tarefa é:

- Essencial do ponto de vista ambiental e segurança.
- Desejável do ponto de vista do custo benefício.

Para implantação do RCM, algumas etapas devem ser seguidas, através de reuniões dos chamados grupos de trabalho, com pessoal capacitado nas

diferentes áreas, dependendo do equipamento analisado e do conhecimento necessário para se analisar o sistema. Esses grupos de trabalho devem sempre ter pessoal de operação e manutenção para que se possa ter uma visão ampla dos modos de falha que podem ocorrer no equipamento ou sistema.

A figura do facilitador é muito importante nas reuniões de RCM, já que, em geral, as reuniões são demoradas e cansativas e o facilitador tem papel fundamental em dinamizar o trabalho e manter a equipe focada no trabalho.

Uma visão geral das etapas do processo RCM pode ser designada como:

- Definição do sistema (fronteiras/interfaces)
- Funções e análises das falhas funcionais
- Análise dos modos de falha e seus efeitos (FMEA)
- Diagrama de decisão para seleção de tarefas de manutenção.
- Formulação/ implantação do plano de manutenção baseado no RCM.

A implantação do RCM não termina na formulação e implantação do plano de manutenção, sendo necessário um banco de dados adequado para todas as informações, pois se trata de um processo contínuo, onde o plano é periodicamente revisado em função dos dados de falhas e de reparos que devem ser continuamente coletados e analisados. É importante frisar que os sistemas de implantação e os métodos de análise podem variar para se adaptar à realidade de cada empresa.

A base para a implementação eficaz do RCM é uma estrutura de manutenção adequada, onde os aspectos básicos estejam sendo atendidos, permitindo, então, aprofundar-se nos problemas mais específicos de confiabilidade.

3.3.2 Benefícios da implantação do RCM

A aplicação do RCM nos mais variados setores industriais tem demonstrado claramente os grandes benefícios em relação às técnicas tradicionais. Alguns fatores em que o RCM obtém ganhos significativos são (MOUBRAY, 2000):

- Maior disponibilidade e confiabilidade
- Maior segurança
- Melhor qualidade dos produtos
- Ausência de danos ao meio ambiente
- Maior vida útil dos equipamentos
- Maior custo-eficácia

Segundo Lucatelli e Ojeda (2001), a aplicação do RCM promove o aprimoramento do desempenho operacional, pela adoção da política de manutenção mais eficaz para cada equipamento, com uma redução estimada de 40 % a 70% das tarefas programadas e de 10% a 30% nos trabalhos emergenciais.

A generalidade de conceitos e as técnicas do RCM são aplicáveis atualmente a qualquer sistema, independente da tecnologia, onde seja necessário manter a funcionalidade de processos ou ativos (SIQUEIRA, 2005).

4. APLICAÇÃO DA DIAGNOSE E ANÁLISE COMPARATIVA

Neste capítulo, será tratada a diagnose dos aspectos básicos, critérios para aplicação dos formulários e resultados obtidos.

4.1 Metodologia aplicada

A metodologia adotada nesta pesquisa é o estudo de caso, centrada na análise bibliográfica do tema em questão e na coleta de dados e informações empíricas ao objeto de estudo.

Segundo Godoy (1995), o estudo de caso é um tipo de pesquisa que procura enumerar ou medir os eventos estudados partindo de focos ou questões de interesses amplos que vão se definindo à medida que o estudo se desenvolve. Para Guizé (2005), o estudo de caso é uma pesquisa empírica que utiliza múltiplas fontes de informações (o que se define como triangulação) e uma variedade de processos de investigação (pesquisa documental, entrevistas formais e informais etc.), tendo o objetivo de identificar a estrutura e a dinâmica de um sistema complexo cujas fronteiras e elementos integrantes não estão perfeitamente definidos. Ele implica uma visão holística e busca identificar as inter-relações entre fatores técnicos organizacionais, humanos e culturais que explicam o funcionamento do sistema. Dessa forma, tenta captar informações que nem sempre podem ser coletadas através de metodologias quantitativas.

Na definição de Yin (2001), o estudo de caso tem por objetivo “investigar um fenômeno contemporâneo, no contexto da vida real, especialmente quando as

fronteiras entre o fenômeno e o contexto não estão perfeitamente delimitadas”.

Este autor acrescenta outras condições:

a) Consideradas as clássicas questões de *o que, quem, por quê, como, quando e quanto*, o estudo de caso é mais apropriado para responder perguntas *por quê? E como?*

b) nos estudos de casos, são tratadas as questões contemporâneas e não há controle sobre os eventos. Assim, eles se diferenciam da história (que trata de fenômenos passados), do experimento (quando há controle sobre os eventos) e do “*survey*” (que raramente pode levar em conta o contexto).

O estudo de caso permite uma análise abrangente e em profundidade, ao invés de limitar-se a aspectos muito restritos ou selecionados como ocorrer com avaliações quantitativas. Um conjunto de estudos de casos permite estabelecer padrões de similaridades e diferenças que propiciam um entendimento mais completo dos fenômenos observados.

Os estudos de casos podem ser *descritivos, exploratórios* ou *explanatórios* (ou *explicativos*, ou, ainda, *avaliativos*). Em termos gerais, pode-se dizer que os estudos *descritivos* são aqueles que não têm por objetivo formular ou testar uma teoria, mas basicamente descrever a natureza, ocorrência ou seqüência dos fenômenos que caracterizam uma realidade, na plenitude de suas múltiplas e complexas manifestações. Os estudos *exploratórios* vão mais adiante, buscando levantar hipóteses e proposições relevantes que possam orientar futuros esforços de pesquisa. Já os estudos *explanatórios* ou *explicativos* (ou *avaliativos*) procuram identificar aquelas hipóteses – dentre diferentes teorias alternativas – que melhor explicam a realidade ou conjunto

de eventos pesquisados. Em síntese, um descreve, outro teoriza e a terceira testa a teoria. Se considerado nesta última alternativa o estudo de caso se assemelha à pesquisa experimental, mas dela se diferencia porque mais indicado para a análise de situações em que a complexidade dos fenômenos e de suas relações causais dificilmente pode ser captada por uma pesquisa experimental (YIN, 2001).

4.2 Formulários e critérios para diagnose

Segundo Muhaisen (2002), a auditoria nos sistemas de manutenção vai determinar a eficiência existente nas operações e mostrará os pontos fortes e pontos de melhoria, o que proporcionará que a empresa monte um plano próprio para elevar o nível do sistema de manutenção.

A empresa avaliada no estudo é uma multinacional de destaque no Brasil, sendo uma das principais exportadoras de grãos. As plantas em análise estão localizadas em três diferentes estados do Brasil: São Paulo, Mato Grosso e Bahia. As três plantas têm como objetivo a moagem da soja e extração do óleo degomado (bruto). Posteriormente, este óleo é refinado e envasado para consumo no mercado interno e exportação. O foco do trabalho será a planta de moagem, que compreende a recepção da soja em grãos, a preparação da soja para extração do óleo e a extração do óleo bruto e farelo de soja. A capacidade das plantas é de aproximadamente 3.000 tons/dia de farelo de soja e 600 tons/dia de óleo degomado.

As plantas em questão têm uma idade média de 25 anos, trabalhando no regime de 24 horas, 07 dias por semana, parando apenas para manutenção

programada ou corretiva. A diagnose da situação de cada planta em relação aos principais aspectos de manutenção é realizada de forma comparativa, avaliando-se os resultados de cada planta nos últimos dois anos.

Para facilitar o trabalho, será usada a seguinte nomenclatura para designar as plantas:

- Planta A - Planta localizada no estado de São Paulo
- Planta B - Planta localizada no estado do Mato Grosso
- Planta C – Planta localizada no estado da Bahia.

Foi realizada uma visita a cada uma das plantas com o objetivo de diagnosticar a situação de alguns aspectos da manutenção e comparar com os resultados financeiros e de eficiência destas três plantas durante os últimos 02 anos.

Foi preparado um questionário aproveitando a experiência de 13 anos do autor trabalhando na área de manutenção e produção em plantas de moagem de soja , com 77 questões abrangendo alguns aspectos básicos da manutenção. A mesma pessoa aplicou o questionário nas três plantas, para evitar diferentes interpretações.

O sistema de pontuação foi estipulado da seguinte maneira:

- Atende a solicitação da questão - nota 02
- Atende parcialmente a solicitação da questão - nota 01
- Não atende a solicitação da questão – nota zero.

4.3 Aplicação da diagnose.

A diagnose foi aplicada nas plantas em um intervalo de dois meses, onde cada planta recebeu a visita do auditor por um período médio de 04 dias.

A aplicação da diagnose compreendeu as seguintes etapas:

- Reunião de abertura

Na reunião de abertura, o trabalho de diagnose é apresentado em detalhes para o gerente de manutenção, o responsável pela planta e todas as duvidas em relação ao trabalho são sanadas.

- Diagnose dos pilares (trabalho de campo)

Os documentos são checados no campo e algumas entrevistas são realizadas, quando necessárias, para que a diagnose possa ser efetuada.

- Reunião de fechamento, apresentação de resultados.

Na reunião de fechamento, o resultado do trabalho é apresentado para o responsável pela planta e para o gerente de manutenção, sendo discutidas algumas ações para melhorar os aspectos básicos da manutenção.

4.4 Resultados e discussão dos aspectos básicos.

4.4.1 Planejamento estratégico

Segundo Kotler (1975), planejamento estratégico é uma metodologia gerencial que permite estabelecer a direção a ser seguida pela organização, visando maior grau de interação com ambiente.

A Tabela 1 mostra os resultados da diagnose do Planejamento Estratégico da Manutenção. Como pode ser avaliado com a diagnose a seguir, apenas a planta A trabalha com planejamento estratégico da área, sendo que, antes do início do ano, os objetivos são discutidos e aprovados pelo superintendente da planta.

Tabela 01. Diagnose do Planejamento Estratégico da Manutenção.

PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DA MANUTENÇÃO		SP	MT	BA
Item		SCORE	SCORE	SCORE
1	A MANUTENÇÃO TEM PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO?	2	0	0
2	AS AÇÕES FORAM DISCUTIDAS COM GERENTES AREA?	2	0	0
3	O SUPERINTENDENTE APROVOU O PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO?	2	0	0
4	O PLANEJAMENTO FOI APRESENTADO PARA FUNCIONARIOS?	2	0	0
5	O PLANEJAMENTO ESTÁ EM LOCAL DE FÁCIL VISUALIZAÇÃO?	1	0	0
6	É FEITO UM ACOMPANHAMENTO DURANTE O ANO?	1	0	0
7	OS COLABORADORES SÃO ENVOLVIDOS NO PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO?	1	0	0
8	NO FINAL ANO FISCAL, O PLANEJAMENTO É DISCUTIDO E FECHADO COM EQUIPE?	1	0	0
9	O RESULTADO PLANEJAMENTO É DISCUTIDO E APRESENTADO PARA GERENTES E SUPERINTENDENTE?	1	0	0
TOTAL SCORES		13	0	0

O planejamento estratégico deveria fazer parte da realidade de todas as plantas. Como afirmam Marucheck *et al.* (2008), em um estudo envolvendo empresas de diversos setores com estratégias distintas, mas adaptadas a suas realidades, a força competitiva, nos dias de hoje, sustenta-se através da inovação, da qualidade e do correto serviço.

Assim, não é possível trabalhar com eficácia sem uma clara e prévia definição coletiva dos reais problemas e dos objetivos e metas a serem alcançados.

4.4.2 Planejamento e controle da manutenção

Segundo Carvalho e Junior (2005), as intervenções na manutenção devem ser planejadas e executadas, evitando gastos desnecessários com pessoal, parada de máquina e perda de produção.

Para Camargo *et al.* (2005), o planejamento da manutenção é responsável por toda a logística necessária para se realizar o trabalho de manutenção.

Assim, existe certo consenso sobre a necessidade desta ferramenta no sistema de gestão de manutenção nas organizações que querem gerir seus negócios numa visão estratégica é essencial.

A Tabela 2 mostra os resultados da diagnose no pilar Planejamento e Controle da Manutenção.

Na planta A, o setor de planejamento e controle de manutenção está bastante estruturado, ao contrário da planta B e C, onde a manutenção trabalha com baixo índice de planejamento e os trabalhos são programados, em sua maioria, sem um planejamento anterior.

Em relação ao controle de manutenção, as plantas A e B utilizam um *software* comercial de alto desempenho, enquanto a planta C utiliza um *software* desenvolvido na planta utilizando "Acess", o que dificulta o controle da manutenção. Em relação aos índices de manutenção, a planta A tem gestão à vista para acompanhamento dos índices, enquanto nas plantas B e C os índices não são acompanhados pelos funcionários.

Tabela 02. Diagnóstico no pilar Planejamento e Controle de Manutenção

PLANEJAMENTO E CONTROLE DE MANUTENÇÃO		SP	MT	BA
Item		SCORE	SCORE	SCORE
1	PLANEJADOR TEM TREINAMENTO BASICO 16 H - PLANEJAMENTO MANUTENÇÃO	2	0	0
2	PLANEJADOR CONHECE PACOTE OFFICE?	2	2	2
3	PLANEJAMENTO É COLOCADO EM LOCAL VISÍVEL PARA MANUTENÇÃO?	2	2	2
4	TODAS AS AÇÕES TÊM O.S. CORRESPONDENTE?	1	1	1
5	AS AÇÕES SÃO PLANEJADAS (MATERIAL, FERRAMENTAS, M.O. ETC)	1	1	1
6	O TEMPO DEDICADO AO PLANEJAMENTO E PROGRAMAÇÃO É ADEQUADO À PLANTA?	1	1	1
7	A EFICÁCIA DO PLANEJAMENTO É MEDIDA SEMANALMENTE?	2	0	0
8	A EQUIPE TRABALHA SEGUINDO A PROGRAMAÇÃO DE MANUTENÇÃO?	2	1	1
9	REUNIÕES SEMANAIS SÃO EFETUADAS JUNTO PRODUÇÃO?	2	1	1
10	PADRONIZAÇÃO DOS INDICES DE MANUTENÇÃO FOI FINALIZADA?	2	1	1
11	EXISTEM INDICADORES DE DESEMPENHO DA MANUTENÇÃO?	2	2	2
12	OS INDICADORES ESTÃO DISPONIVEIS EM LOCAL VISIVEL?	2	1	1
13	OS INDICADORES SÃO DIVULGADOS E DISCUTIDOS?	2	1	1
14	AS O.S. SÃO FECHADAS SEMANALMENTE?	2	1	1
15	AS O.S. SÃO PREENCHIDAS CORRETAMENTE E COM HISTÓRICO?	1	1	1
16	OS EQUIPAMENTOS ESTÃO CADASTRADOS COM DADOS	1	1	1
17	OS PROGRAMAS DE PREVENTIVA/PREDITIVA/LUBRIF.TÊM HISTORICO GERENCIADOS ATRAVÉS DE	2	1	1
18	O GERENTE DISPÕE DE RELATORIO DE FALHAS PARA DIRECIONAR AÇÕES?	1	1	1
19	FUNCIONÁRIOS RECEBEM O.S. ANTES DE INICIAR TRABALHO?	2	1	1
20	A MANUTENÇÃO UTILIZA O.S. PARA TRABALHOS FORA DE HORÁRIO?	2	2	2
TOTAL SCORES		34	22	22

4.4.3 Manutenção Preventiva – Lubrificação.

Segundo Jamieson (2006), para que uma planta tenha uma manutenção classe mundial ela necessita ter um programa de lubrificação no mesmo nível, e alguns pontos são fundamentais para que ela atinja um programa lubrificação classe mundial:

- Escolher com critério a companhia que ira fornecer os lubrificantes atentando para qualidade.
- Atentar para estocagem e conservação dos lubrificantes.
- Monitorar e remover contaminações
- Ter plano de gerenciamento de todos os pontos a serem lubrificados.
- Ter plano de capacitação de pessoal

A Tabela 3 mostra os resultados da diagnose no pilar Manutenção Preventiva - Lubrificação.

A planta A tem contrato com uma empresa especializada na área de lubrificação há mais de dez anos, sendo que todo o plano de lubrificação foi revisado no último ano. A lubrificação é efetuada por um lubrificador treinado pela própria empresa.

O plano é totalmente informatizado, sendo que a área de moagem tem aproximadamente 1.000 pontos cadastrados com todas as informações necessárias para lubrificação. O *software* gera rotas de lubrificação junto com ordens de serviço, sendo que todo histórico é armazenado no *software*.

Tabela 3. Diagnose manutenção preventiva - lubrificação.

PREVENTIVA/LUBRIFICAÇÃO		SP	MT	BA
Item		SCORE	SCORE	SCORE
1	A PLANTA TEM SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO IMPLANTADO?	2	2	2
2	É UTILIZADO <i>SOFTWARE</i> DE LUBRIFICAÇÃO?	2	0	0
3	TODOS OS PONTOS DE LUBRIFICAÇÃO ESTÃO CADASTRADOS?	2	1	1
4	AS ROTAS LUBRIFICAÇÃO TÊM INFORMAÇÕES COMO PERÍODO, LUBRIFICANTE , FORMA DE LUBRIFICAÇÃO, QUANTIDADE, ETC?	2	0	0
5	AS ROTAS DE LUBRIFICAÇÃO SÃO GERADAS COM O.S.?	2	0	0
6	O GERENTE DISPOE DE RELATORIO MENSAL GERENCIAL COM INFORMAÇÕES COMO: CUSTOS, PONTOS POR ÁREA, CONSUMO LUBRIFICANTES/GRAXAS, HORAS TRABALHADAS POR ÁREA?	2	0	0
7	É UTILIZADO LUBRIFICANTE <i>FOOD GRADE</i> EM PONTOS CRÍTICOS?	2	2	2
8	AS QUEBRAS GERADAS POR PROBLEMA DE LUBRIFICAÇÃO SÃO DISCUTIDAS?	1	0	0
9	O LUBRIFICADOR TEM TREINAMENTO EM LUBRIFICAÇÃO (16 HORAS) ?	2	0	0
10	O LUBRIFICADOR RECEBE RECICLAGEM ANUAL?	2	0	0
TOTAL SCORES		19	5	5

Cada ponto de lubrificação tem as seguintes informações:

- Localização do ponto
- Intervalo de lubrificação
- Tipo lubrificante utilizado
- Equipamento utilizado para lubrificação

- Quantidade de lubrificante a ser aplicado
- Observações

No final de cada mês, o gerente de manutenção tem um relatório gerencial com as seguintes informações:

- Custo lubrificação por ponto
- Custo de lubrificação por área
- Custo lubrificação por equipamento
- Consumo de cada lubrificante.
- Custo por cada lubrificante.

O programa de lubrificação nas plantas B e C é menos eficaz. Foi possível apontar que, nas plantas B e C, o programa de lubrificação tem falhas básicas como:

- Falta de cadastro adequado
- Não utilizam *software*
- Falta de informações em relação ao ponto
- Falta de controle de rotas
- Falta relatório gerencial
- Lubrificação sendo efetuada pelos próprios mecânicos.
- Falta treinamento e reciclagem

4.4.4 Manutenção Preditiva – Análise de vibração

A Tabela 4 mostra os resultados da diagnose no pilar ferramentas preditivas/ análise de vibração.

Tabela 4. Diagnose análise de vibração.

FERRAMENTAS PREDITIVAS ANÁLISE DE VIBRAÇÃO		SP	MT	BA
Item		SCORE	SCORE	SCORE
1	EQUIPAMENTO PRÓPRIO (P), TERCERIZADO (T)?	P	T	T
2	AS ROTAS ESTÃO ORGANIZADAS POR ÁREA DA PLANTA?	2	2	2
3	OS GESTORES DE ÁREA RECEBEM RELATÓRIO COM <i>STATUS</i> EQUIPAMENTOS?	2	0	0
4	AS ROTAS ESTÃO CADASTRADAS EM DOCUMENTO/ <i>SOFTWARE</i> ?	2	1	1
7	A FERRAMENTA É UTILIZADA EM TODAS AS ÁREAS DA PLANTA?	2	1	1
8	OS RELATÓRIOS SÃO ARMAZENADOS NO <i>SOFTWARE</i> DE GESTÃO?	2	1	1
9	O TÉCNICO TEM TREINAMENTO MÓDULO 1 E 2 SKF OU SIMILAR	2	1	1
10	AS INTERVENÇÕES EM EQUIPAMENTOS DE CRITICIDADE 1 ESTÃO EM DIA? (15/30 DIAS)	2	0	0
11	AS INTERVENÇÕES EM EQUIPAMENTOS DE CRITICIDADE 2 ESTÃO EM DIA? (60/90 DIAS)	1	2	1
12	É MEDIDA A EFICÁCIA DA ANÁLISE DE VIBRAÇÃO? (FALHAS DETECTADAS X FALHAS REAIS).	0	0	0
TOTAL SCORES		15	8	7

O acompanhamento e a análise de vibração tornaram-se dos mais importantes métodos de predição em vários tipos de indústria. A maior ênfase está nos equipamentos rotativos, para os quais tanto a metodologia de análise, quanto os instrumentos e aparelhos, além de *software* de apoio e sistemas especialistas, se encontram num estágio bastante avançado (PINTO e XAVIER, 2001).

Segundo Maciel *et al* (2005), a manutenção preditiva baseada em análise de vibrações indica, através do acompanhamento do nível global, o ponto ótimo para o planejamento da interferência, tornando-se caminho certo para a obtenção de resultados com relação a redução de custos operacionais e de manutenção em geral.

Segundo Sundberg (2003), em seu artigo sobre utilização de manutenção por condição na indústria marítima, uma boa escolha dos equipamentos e um treinamento completo e eficaz são fundamentais para se manter um programa eficiente de monitoramento.

Na planta A, a análise de vibração foi estruturada por uma consultoria há aproximadamente sete anos, sendo que um técnico da empresa acompanhou todo o processo e foi treinado pela consultoria e pela empresa que vendeu o equipamento de monitoramento.

Nas plantas B e C, a análise de vibração é terceirizada, sendo que o monitoramento em ambas as plantas não contempla todos os equipamentos e, principalmente, a análise não segue um intervalo padrão. Na planta C, a última análise tinha ocorrido há aproximadamente quatro meses quando da visita.

4.4.5 Manutenção Preditiva – Análise de Óleo

A Tabela 5 mostra os resultados da diagnose na análise de óleo.

Na planta A, todos os equipamentos considerados críticos pela política da empresa estão sendo monitorados (18 equipamentos) quatro vezes por ano.

Na planta B, apenas 05 equipamentos são monitorados e na planta C apenas 04, sendo que o período entre análises não está sendo respeitado e os históricos de alguns equipamentos não foram encontrados.

Tabela 5. Diagnose da análise de óleo.

ANÁLISE DE ÓLEO		SP	MT	BA
Ítem		SCORE	SCORE	SCORE
01	A ANALISE É TERCERIZADA (S) SIM (N) NÃO	S	S	S
02	TODOS OS EQUIPAMENTOS CONSIDERADOS CRITICOS ESTÃO SENDO MONITORADOS?	2	0	0
03	O INTERVALO DE ANAÁISE PARA EQUIPAMENTOS CRÍTICOS É 3 MESES (4 X ANO ?)	2	0	0
04	ANÁLISE DE ÓLEO DE TRANSFORMADORES É EFETUADA 1 X ANO?	2	2	2
05	EXISTE HISTÓRICO INFORMATIZADO DAS ANÁLISES?	2	0	0
06	FORAM TOMADAS AÇÕES BASEADAS NO RELATÓRIO?	2	2	2
07	CHECAR ANÁLISE EQUIPAMENTOS CRÍTICOS COMO: REDUTOR DT, CENTRÍFUGA, REDUTOR ROTATIVO, REDUTOR 517, REDUTOR, 516, COMPRESSORES PET E FÁBRICA, REDUTORES PRINCIPAIS SIDEL, CORNIANI, KRONES, REDUTOR ROTOCEL, PELETIZADORAS.	2	1	1
08	EXISTE RELATÓRIO E ROTA DE COLETA DOCUMENTADA/ SOFTWARE?	2	1	1
09	OS GESTORES DA ÁREA RECEBEM RELATÓRIO COM ANÁLISES?	2	1	1
TOTAL SCORES		16	7	7

O controle de partículas indesejáveis nos lubrificantes faz parte da manutenção pro ativa. Este controle e a eliminação das partículas indesejáveis fazem com que a vida útil do óleo lubrificante e do equipamento seja maximizada, reduzindo os custos da manutenção (TRICO, 2008).

4.4.6 Manutenção Preditiva – Análise Termográfica

A Tabela 6 mostra os resultados da diagnose no aspecto Análise Termográfica.

Tabela 6. Diagnose da análise termográfica.

TERMOGRÁFIA		SP	MT	BA
Ítem		SCORE	SCORE	SCORE
01	A TERMOGRAFIA É EFETUADA A CADA 3 MESES ? (4X ANO)	2	1	1
02	O PERIODO ENTRE AS INSPEÇÕES SÃO RESPEITADOS	2	1	1
03	O RELATÓRIO TEM DIFERENTES NÍVEIS DE CRITICIDADE?	2	2	2
04	É ABERTO O.S PARA REGISTRAR TRABALHO?	2	1	1
05	FORAM EFETUADAS TODAS AS PENDÊNCIAS DO ÚLTIMO RELATÓRIO?	2	1	1
06	A EMPRESA FORNECE COMPROVANTE DE TREINAMENTO DO FUNCIONÁRIO?	2	2	2
07	O RELATÓRIO DISPÕE DE FOTOS DOS PONTOS COM PROBLEMAS?	2	2	2
TOTAL SCORES		14	10	10

As três plantas utilizam esta ferramenta, mas apenas a planta A está fazendo a inspeção quatro vezes por ano, como planejado, sendo que as plantas B e C utilizam a ferramenta apenas duas vezes por ano, com justificativas de pressão no trabalho, não aceitáveis para tarefas programadas..

Em relação ao relatório, todos os pontos foram tratados na planta A no último relatório, sendo que na planta B e C alguns pontos não foram tratados em relação ao último relatório.

4.4.7. Manutenção Preditiva – Inspeções Sensitivas

A Tabela 7 mostra os resultados da diagnose inspeção sensitiva.

Tabela 7. Diagnose da inspeção sensitiva.

INSPEÇÃO SENSITIVA		SP	MT	BA
Ítem		SCORE	SCORE	SCORE
01	EXISTE INSPEÇÃO SENSITIVA? EM CASO POSITIVO, EXISTENTE EM TODAS AS ÁREAS?	2	2	2
02	O INSPETOR TEM TREINAMENTO PARA EXECUTAR INSPEÇÕES?	2	0	0
03	O INSPETOR UTILIZA EQUIPAMENTOS COMO: CANETA VIBRAÇÃO, ESTROBO, <i>INFRARED</i> ?	2	1	1
04	O INTERVALO ENTRE AS INSPEÇÕES É RESPEITADO?	2	0	0
05	OS FORMULARIOS SÃO CLAROS E TEM RESULTADO PARA COMPARAÇÃO?	2	0	0
06	AS INFORMAÇÕES SÃO ANALISADAS POR PESSOA QUALIFICADA?	2	2	2
07	SÃO ABERTAS O.S. PARA CASOS APONTADOS NA INSPEÇÃO?	2	1	1
08	O INSPETOR RECEBE FEED BACK DAS AÇÕES PROGRAMADAS E EFETUADAS?	1	0	0
09	EXISTE ACOMPANHAMENTO O.S. ABERTAS POR EQUIPAMENTO E <i>STATUS</i> (DOC./ <i>SOFTWARE</i>)?	2	1	1
10	O SITE TEM PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE MOTORES EM FUNCIONAMENTO?	1	1	0
TOTAL SCORES		18	8	7

Na planta A, existe um inspetor treinado para fazer as inspeções sensitivas.

Nas plantas B e C, o mecânico de área faz as inspeções e não tem treinamento específico.

Os formulários na planta A têm um campo com informações necessárias para uma boa inspeção e um campo com os dados considerados normais para que o inspetor possa comparar imediatamente.

Nas plantas B e C, os formulários são bastante básicos e também o inspetor não tem todos os equipamentos necessários para uma boa inspeção.

4.4.8. Planilha de resultado da diagnose.

A Tabela 8 mostra os resultados da diagnose com todos os aspectos básicos, mostrando o quadro geral de pontos de cada planta.

Tabela 8. Resultado geral da diagnose

	PLANTA A SP	PLANTA B MT	PLANTA C BA
PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO	13	0	0
PLANEJAMENTO E CONTROLE MANUT.	34	22	22
PREVENTIVA - LUBRIFICAÇÃO	19	5	5
PREDITIVA - ANÁLISE VIBRAÇÃO	15	8	7
PREDITIVA - ANÁLISE OLEO	16	7	7
PREDITIVA - TERMOGRÁFIA	14	10	10
PREDITIVA - INSPEÇÕES SENSITIVAS	18	8	7
TOTAL GERAL DE PONTOS	129	60	58

Como pode ser observado, existe uma diferença grande de pontuação em todos os aspectos básicos, o que demonstra que a planta A está num nível de manutenção diferenciado em relação às plantas B e C.

As plantas B e C estão em um nível de pontuação bastante similar sendo que, em todos os aspectos básicos, a pontuação foi bastante próxima.

Na seqüência, são levantados os dados de custo e eficiência das plantas para que seja possível fazer um comparativo e ver se esta diferença está impactando nos custos e na eficiência das plantas.

5. RESULTADOS DE EFICIÊNCIA E FINANCEIROS DAS PLANTAS ANALISADAS

Neste capítulo, serão analisados os resultados financeiros e de eficiência das plantas A, B e C.

5.1 EDT – *Parada por emergência*

O EDT (*EMERGENCY DOWN TIME*) é a porcentagem de horas não programadas (paradas emergenciais da planta) em relação ao total de horas trabalhadas. Para que a parada seja considerada emergencial, considera-se toda parada da planta não planejada e programada na semana anterior.

Considera-se o ano fiscal da empresa, que se inicia no primeiro dia de junho e se encerra no dia 31 de maio do ano seguinte.

Em todas as plantas, o EDT é padronizado e o apontamento é efetuado diariamente para evitar que os números se percam durante o período.

A Tabela 9 apresenta dados de EDT das plantas nos anos 2005/06 e 2006/07

Tabela 9. Resultados EDT (%)

EDT (%)			
PLANTA	2005/2006	2006/2007	MÉDIA
A	3.1	3.3	3.2
B	5.4	4.2	4.8
C	5.4	7.6	6.5

5.2 Custos de manutenção

Foram utilizados relatórios gerenciais para extrair os custos de manutenção das plantas. Os números apresentados não são reais, por motivo de confidencialidade, mas a proporção foi mantida para efeito de análise.

O custo de manutenção padronizado em todas as plantas compreende os seguintes itens:

- Peças de reposição
- Mão obra de terceiros
- Assistência técnica
- Salários e encargos de manutenção
- Locação de equipamentos

Os custos de manutenção são apurados anualmente e divididos por tonelada processada.

A Tabela 10 mostra o custo por tonelada nas plantas, nos anos 2005/2006 e 2006/2007.

Tabela 10 – Resultados custos por tonelada

CUSTO U\$/TON			
PLANTA	2005/2006	2006/2007	MÉDIA
A	3.15	3.12	3.13
B	3.23	3.92	3.57
C	3.16	3.82	3.49

Quando se analisam os dados de EDT das plantas e os dados de custo por tonelada na manutenção, percebe-se, claramente, que a planta A tem resultados melhores que a planta B e C, fato este plenamente justificado pelo melhor desempenho de seus aspectos básicos da manutenção, apurados e discutidos na diagnose.

Quando comparados o EDT das plantas B e C nota-se que a planta B tem um EDT menor que a planta C, mas analisando os dados da diagnose pode-se concluir que os dados EDT da planta C podem ter alguma inconsistência.

Na Tabela 11, são apresentados os dados comparativamente, para que fique mais fácil a visualização.

Tabela 11. Resultados finais.

	PLANTA A	PLANTA B	PLANTA C
RESULTADO DIAGNOSE	129	60	58
MÉDIA CUSTO U\$/TON	3.13	3.57	3.49
MÈDIA EDT (%)	3.2	4.8	6.5

A planta A tem resultados na diagnose superiores a 100% em relação às plantas B e C. Em relação aos custos, a planta B tem 14% a mais de custo em relação à planta A e, em relação à planta C, tem aproximadamente 12 %.

Quando se faz uma análise mais detalhada, esses valores representam os milhares de dólares gastos inapropriadamente em manutenção em um ano fiscal.

Em relação ao EDT, os números são expressivos, sendo que a planta B tem 50% a mais de horas paradas por emergência que a planta A, e a planta C supera a planta A em mais de 100%.

Estes números demonstram a importância dos aspectos básicos da manutenção, tanto para preparar a manutenção para receber ferramentas de gestão, como o RCM, já programado para implementação na empresa estudada, como para que a manutenção possa contribuir de forma eficiente nos resultados da empresa.

6. CONCLUSÕES

Analisando a diagnose efetuada nas plantas e comparando com seus resultados financeiros e de eficiência, à luz dos conceitos e experiências aqui relatadas, pode-se concluir:

- O objetivo principal do trabalho foi cumprido, já que se conseguiu, através da diagnose, comprovar que os aspectos básicos da manutenção influenciam, de forma decisiva, na implantação de ferramentas de gestão, como o RCM.
- Há uma relação direta entre a pontuação que as plantas obtiveram na diagnose e os resultados financeiros e de eficiência.
- Os aspectos básicos da manutenção estudados e utilizados na diagnose são importantes e, quando trabalhados adequadamente, podem melhorar a competitividade das empresas.
- A pontuação da planta A, quase o dobro das plantas B e C, refletiu na consistência dos aspectos básicos da manutenção e, conseqüentemente, na redução dos custos de manutenção da planta e na melhoria da eficiência.
- As plantas B e C têm um trabalho grande em relação a estruturar e consolidar os aspectos básicos da manutenção, o que com certeza no futuro fará com que a eficiência da planta, em conjunto com a redução dos custos, possa alavancar sua competitividade.

- A diagnose é uma ferramenta importante para que o gestor perceba o nível em que se encontra e, a partir desta informação, possa montar um plano de trabalho para alcançar seus objetivos.
- A diagnose dos aspectos básicos da manutenção mostrou ser uma ferramenta simples que pode ser utilizada por empresas de qualquer porte para identificação de situação e planejamento de atividades.
- Antes de utilizar ferramentas complexas de gestão, um trabalho bem feito e consistente nos aspectos básicos da manutenção pode alavancar a competitividade da empresa, com baixo investimento inicial e complexidade reduzida, preparando a planta para receber ferramentas mais complexas de gestão, como o RCM e o TPM.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMAN – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO Documento Nacional, Rio de Janeiro, 2005.

ARTS R.H.P.M., KNAPP M. G.; JR M. L. Some aspects of measuring maintenance performance in process industry. Department of industrial and manufacturing system engineering, Louisiana USA. Journal of Quality in Maintenance Engineering. vol.4, n.1, p. 6-11, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5462; Confiabilidade e Manutenibilidade, Rio de Janeiro, 1994.

BRANCO FILHO, G. Dicionário de termos de manutenção, confiabilidade e qualidade, Rio de Janeiro, ed. Ciência Moderna Ltda., 2000.

BUENO, J. M., DUCCA, C.R.D., CORREA, F. D. D.. Capacitação e treinamento dos profissionais da manutenção e sua influência na qualidade e produtividade de pequenas e médias empresas – entre o discurso e a prática. XII SIMPEP.

CAMARGO, N. P., RESENDE, L.M., PILATTI, L.A. Planejamento e controle da manutenção: uma ferramenta no processo da gestão de manutenção em uma indústria de fios têxteis. XII SIMPEP – Bauru, 7 a 9 novembro, 2005.

CARRETEIRO, P. R. & MOURA, C.R.S. Lubrificantes e lubrificação; Editora Makron Books, 2006.

CARVALHO, A. C.B. D. e JUNIOR, J. B. C. A manutenção como ferramenta estratégica. XII SIMPEP, Bauru SP 7 a 9 novembro de 2008.

CPFL – COMPANHIA PAUISTA DE FORÇA E LUZ, Termografia, disponível em www.cpf.com.br, acesso em 18/11/07.

FILHO, O. F., ARAÚJO, S.I.A., FLÓRIO, A. F. M. R. Detecção automática do aquecimento em componentes de um sistema industrial, baseada no reconhecimento de imagens térmicas. XXVI ENEGEP – Fortaleza CE Brasil, 9 a 11 outubro, 2006.

FLEMING, P. V., FRANÇA, S. R. R. O. Considerações sobre a Implementação Conjunta de MCC e TPM na Indústria de Processos. In: Anais do XII Congresso Brasileiro de Manutenção, Associação Brasileira de Manutenção (ABRAMAN), São Paulo, 1997.

GERAGHERTY, T. Obtendo efetividade do custo de manutenção através da integração das técnicas de monitoramento de condição RCM e TPM. 2002, Disponível em www.confabilidade.com, acesso em 02/05/2006.

GODOY, A. S. – Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. Revista de administração de empresas (RAE). São Paulo: EASP- FGV, mar/abr, v. 35 n..2, p. 57-63.

GONÇALVES, A.C., CUNHA, R. C. e LAGO. D.F. Maintenance reduced by vibration and wear particles analysis. Journal of Quality in Maintenance Engineering. v. 12, n. 2, p.118- 132, 2006

Huysman,w. Ferrografia analitica para analise de causas raizes e prevenção de falhas, 2005 , disponível site www.skf.com acesso em 05/02/08.

INFRARED SERVICE, Análise de Vibração. Disponível em www.infraredservice.com.br, acesso em 21/10/2007

JAMIESON, S.; LIPPERT, S. Lubrication excellence: a case study at Clopay plastics. Asset management & maintenance journal, p. 8-13, 2006.

KARDEC, A; NASCIF, J.A.; BARONI, T. Gestão Estratégica e Técnicas Preditivas. Rio de Janeiro Editora Qualitymark; Abramam, 2002.

KELLY, A., HARRIS, M.J. Administração da manutenção industrial. Tradução de Mario Amora Ramos, Instituto Brasileiro de Petroleo. Rio de Janeiro, 1980. Título original: Management of Industrial Maintenance.

KOTLER,P. Administração de marketing. Editora Atlas, São Paulo, 1975.

LAFRAIA J. T. B. , Manual de Confiabilidade , Manutenibilidade e disponibilidade, Rio de Janeiro, Ed. Quialitymark: Petrobras, 2001.

LOFSTEN, H. Management of industrial maintenance: economic evaluation of maintenance policies. University of Technology. Goteborg, Sweden. International journal of operations & production management. vol. 19, n. 7, p.716 -737, 1999.

LUCATELLI, M. V.; OJEDA, R. G.; Proposta de aplicação da manutenção centrada em confiabilidade em estabelecimentos assistenciais de saúde. II congresso latinoamericano de engenharia biomedica, Cuba, 2001.

MACIEL, E. S.; MARÇAL, R. F. M.; KOVALESKI, J. L. A manutenção Preditiva através da analise de vibrações como garantia de produtividade na indústria. XII SIMPEP – Bauru SP, 7 a 9 novembro,2005.

MARCORIN, A. J.; ABACKERLI, A. J. Estudo exploratório sobre áreas potenciais de aplicação de técnicas de confiabilidade. ENEGEP 2001, TR250614.

MARUCHECK, A., PANNESI, R., ANDERSON, C. An exploratory study of the manufacturing strategy process in practice. Journal of Operations Management, v.26, n.1, p. 101-123, 2008.

MIRSHAWKA, V. **Manutenção Preditiva** – Caminho para zero defeitos, Makron Books, São Paulo, 1991.

MOBLEY R. K. An introduction to predictive maintenance: Van Nostrand Reinhold, New York, 1990.

MONCHY, François. A função da manutenção: Formação para a gerência de manutenção industrial, Rio de Janeiro: Durban: 1989.

MONTES, L.C.R.; MARÇAL, R.F.M. Certificação profissional: desdobramentos na manutenção e tercerização. XII SIMPEP, Bauru SP 7 a 9 novembro, 2005.

MORITA, A Confiabilidade em sistemas elétricos, Segundo Seminário Rhodia de Manutenção Industrial, São Paulo, 1993.

MOUBRAY, J. Manutenção Centrada em Confiabilidade, Aladon, Tradução Kleber Siqueira, Edição Brasileira, São Paulo, 2000.

MUHAISEN, A.M.; SANTARISI,N.; Auditing of the maintenance system of Fuhais plant Jordan cement factories Co.; Journal of quality engineering vol 8 n 1 pp. 62-76, 2002.

NAKAJIMA, S. Introdução ao TPM, Tradução de Mario Nishimura, IMC InternacioSistemas Educativos Ltda., São Paulo, 1989.

NEPOMUCENO L. X., Manutenção preditiva em instalações industriais, Procedimentos Técnicos, Ed. Edgard Blucher, São Paulo, 1985.

NUNES A. E.; VALLADARES, A. Potencialidades da MCC para gestão integrada da manutenção e da mudança de organizações. XXII Encontro de engenharia de produção. Curitiba – PR, 23 a 25 outubro de 2002.

PALMER, D. Maintenance Planning and Scheduling Handbook, MacGraw-Hill, New York, 1999

PINTO, A. K., XAVIER, J.A.N. Manutenção – Função Estratégica, Rio de Janeiro, Ed. Qualitymark Ltda, 2001.

POSSAMAI, O.; NUNES E N.; Falhas ocultas e a Manutenção Centrada em Confiabilidade. Encontro nacional de engenharia de produção Enegep, 2001, Salvador/Bahia V.1 p. 1-8. Rio de Janeiro; Ed. Qualitymark: Abraman , 2002.

SIQUEIRA, I. P. D.; Manutenção Centrada na Confiabilidade, manual de implementação- P.9- editora Qualimark, , Rio de Janeiro, 2005 .

SOUZA, M. S. M. Métodos analíticos para lubrificantes e isolantes; site www.quimica.com.br acesso em 01/09/07.

SOUZA, S. S., LIMA, C. R.C. Manutenção centrada em confiabilidade como ferramenta estratégica. XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção ENEGEP, Ouro Preto, MG , 2003.

SUNDBERG, A. Management aspects on condition based maintenance- The new opportunity for maritime industry. Internacional Cooperation on Marine Engineering Systems. Helsinki Univesity of Technology, 2003.

TAVARES, L. Administração Moderna da Manutenção. Rio de Janeiro, Novo Pólo Publicações, 1999.

TENORIO, F. Q. Flexibilização Organizacional, FGV/EBAPE, São Paulo, 2002. U.S. Department of Defense. MIL-HDBK-338B. Electronic reliability design handbook. Military handbook, 1998.

TRICO CORPORATION; Particulate contamination – Identifying, eliminating and removing it. Site www.tricocorp.com acesso em 21/12/07.

VIANA H.R.G.; PCM – planejamento e controle de manutenção, Rio de Janeiro, Ed Qualitymark, 2002.

WAEYENBERG, G. PINTELON, L.; GELDERS, L.; JIT and Maintenance. Maintenance, Modeling and Optimization. Boston, USA: Kluwer Academic Publisher, 2000.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROODS, D. A. – A máquina que mudou o mundo. São Paulo: Campos, 1992.

YIN, Robert K. Estudo de Caso: Planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2001, 2ª edição.

ZAIONS D. R. Consolidação da metodologia de manutenção centrada em confiabilidade em uma planta de celulose e papel, Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2003.