

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS-MG

ENGENHARIA MECÂNICA

PABLO FRANK COELHO NEVES

**IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL
EM UMA INDÚSTRIA DE ELETRODOMÉSTICOS**

**Varginha
2011**



PABLO FRANK COELHO NEVES

**IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL
EM UMA INDÚSTRIA DE ELETRODOMÉSTICOS**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG, apresentado como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof. Esp. Antônio Fernandes Grama.

Varginha
2011

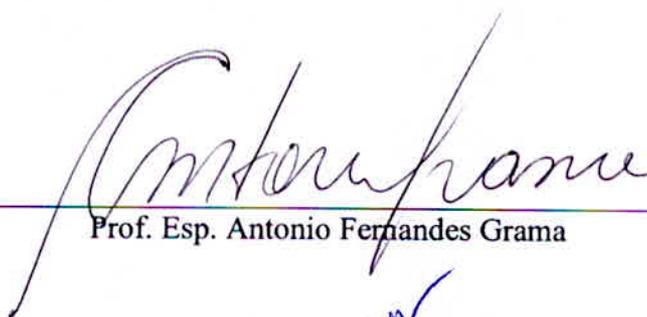


PABLO FRANK COELHO NEVES

**IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL
EM UMA INDÚSTRIA DE ELETRODOMÉSTICOS**

Monografia apresentada ao curso da Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, pela Banca Examinadora composta pelos membros:

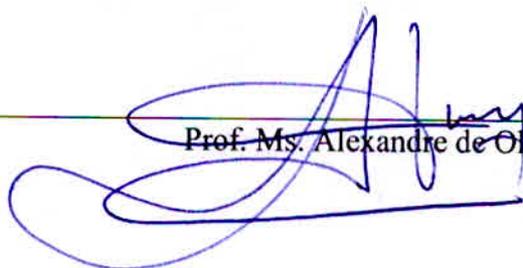
Avaliado em: / /



Prof. Esp. Antonio Fernandes Grama



Prof. Ms. Luiz Carlos Vieira Guedes



Prof. Ms. Alexandre de Oliveira Lopes

OBS.:

Dedico este trabalho ao meu amado pai, meus queridos irmãos, aos professores e colegas de classe e profissão, e em especial a minha família e a minha namorada por todo o apoio, paciência e companheirismo ao longo desse curso.

“Pouco conhecimento faz com que as pessoas se sintam orgulhosas. Muito conhecimento, que se sintam humildes. É assim que as espigas sem grãos erguem desdenhosamente a cabeça para o Céu, enquanto que as cheias as abaixam para a terra, sua mãe.”

Leonardo da Vinci

RESUMO

Quando avaliamos um processo produtivo, descobrimos diversos problemas relacionados à qualidade, custo, disponibilidade de equipamentos, segurança do trabalho, competitividade e satisfação do cliente. Diante desta conjuntura, alguns problemas estão diretamente ou indiretamente relacionados aos equipamentos envolvidos no processo produtivo e seja pelo seu estado de conservação ou forma de utilização, geralmente a responsabilidade de manter todo esse ciclo produtivo é do departamento de manutenção industrial. Como pode ter diversas causas para estes problemas. Uma maneira de evitá-las é através da implantação da ferramenta chamada Manutenção Produtiva Total ou *Total Productive Maintenance* mais conhecida por TPM, composta por doze etapas e oito pilares que direcionaram o setor produtivo na busca de sua capacidade total de produção de uma forma que garanta a qualidade do produto final e conseqüente à satisfação do cliente. Será apresentado um estudo de caso onde a implantação da manutenção produtiva total auxiliará na redução de horas paradas por falhas de alguns equipamentos de uma determinada célula piloto de uma empresa do segmento de montagem de eletrodomésticos, aumentando a disponibilidade destes e trazendo para a organização um aumento considerável na sua competitividade e atendendo aos requisitos do programa mundial de implementação do programa de produção enxuta.

Palavras-chave: Produção enxuta. Melhoria Contínua. Manutenção Produtiva Total.

ABSTRACT

When evaluating a production process, we discovered several problems related to quality, cost, equipment availability, safety, competitiveness and customer satisfaction. Given this situation, some problems are directly or indirectly related to the equipment involved in the production process and is by its condition or method of use, generally the responsibility of keeping this whole production cycle is the department of industrial maintenance. As can be several causes for these problems. One way to avoid them is through the implementation of a tool called Total Productive Maintenance Total Productive Maintenance, or better known as PMS, composed of twelve steps and eight pillars that directed the production sector in search of its total production capacity in a way that ensures the quality of the final product and the resulting customer satisfaction. We will present a case study where the implementation of total productive maintenance to help reduce downtime due to failures of some equipment for a given cell of a pilot company in the field assembly of appliances, increased the availability of the organization and bringing to an increase considerably in their competitiveness and meeting the requirements of the global implementation of lean manufacturing program.

Keywords: *Lean production. Continuous Improvement. Total Productive Maintenance.*

SIGLÁRIO

ABRAMAN: Associação Brasileira de Manutenção.

EMS: Engineering Materials & Standards, traduzido como Engenharia dos Materiais e Padrões.

TPS: Toyota Production System, traduzido como Sistema de Produção Toyota e que se refere ao sistema mundial de produção da Toyota.

JIPE - Japanese Institute of Plant Engineering, traduzido como Instituto Japonês de Engenharia de Planta.

JIPM - Japanese Institute of Plant Maintenance, traduzido como Instituto Japonês de Manutenção de Planta.

MA: Manutenção Autônoma

MCBF: Mean Cycles Between Failures, traduzido como Número Médio de Ciclos entre Falhas.

MCTF: Mean Cycles to Failure, Número Médio de Ciclos até a Falha

MTBF: Mean Time Between Failures, traduzido como Tempo Médio entre Falhas.

MTTR: Mean Time to Repair, traduzido como Tempo Médio de Reparo.

NBR: Norma Brasileira Regulamentadora.

OEE: Overall Equipment Effectiveness, traduzido como Eficiência Global do Equipamento.

PIB: Produto Interno Bruto.

PQCDSM: Resultados afetados pela implementação do TPM (Produtividade, Qualidade, Custo, Distribuição, Segurança e Moral).

RCM: Reliability Centered Maintenance, traduzido como Manutenção Centrada na Confiabilidade.

R&M: Reliability and Maintainability, traduzido como Confiabilidade e Manutenibilidade.

SAE: Society of Automotive Engineers, traduzido como Sociedade de Engenheiros Automotivos.

TPM: Total Productive Maintenance, traduzido como Manutenção Produtiva Total.

5S's: Seiri (organização), Seiton (arrumação), Seiso, (limpeza), Seiketsu (limpeza pessoal ou padronização) e Shitsuke (disciplina).

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	11
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
2.1.	A história da manutenção.....	12
2.2.	A evolução da manutenção.....	13
2.3.	Definição do termo manutenção.....	15
2.4.	O conceito atual de manutenção.....	15
2.5.	Os tipos de manutenção.....	16
2.6.	Métodos de manutenção.....	17
2.7.	Tendências dos tipos de manutenção.....	17
2.7.1	Manutenção corretiva.....	19
2.7.2	Manutenção preditiva.....	20
2.7.2.1	Estruturação da manutenção preditiva	21
2.7.2.2	Acompanhamento preditivo.....	22
2.7.2.3	Principais técnicas de manutenção preditiva.....	23
2.7.3	Manutenção de melhoria.....	25
2.7.4	Manutenção centrada na confiabilidade.....	25
2.7.5	Engenharia de Manutenção	27
2.7.6	Manutenção detectiva	28
2.7.7	Manutenção preventiva	29
2.8.	A manutenção produtiva total.....	30
2.8.1	Definições e características.....	30
2.8.2	Histórico da manutenção produtiva total.....	32
2.8.3	Resultados da Manutenção Produtiva Total.....	35
2.8.4	Prêmio de excelência em TPM	37
2.8.5	Pilares do TPM	37
2.8.6	Etapas de implementação.....	39
2.8.7	TPM e os 5S's	40
2.8.8	Manutenção autônoma.....	42
2.8.9	Eficiência global do equipamento (OEE)	43
2.8.10	A manutenção produtiva total e o gerenciamento da qualidade total	46
3	METODOLOGIA.....	48
3.1	Classificação.....	48
3.2	Coleta e análise dos dados.....	48
4	ESTUDO DE CASO.....	51
4.1	A formação da equipe responsável pela implantação.....	52
4.2	A Identificação dos Equipamentos Piloto.....	52
4.3	Gráfico de Disponibilidade dos Equipamentos.....	53
4.4	Máquinas parada por manutenção corretiva.....	54
4.5	Top 20 de horas paradas por manutenção corretiva não planejada.....	54
4.6	O Plano de Implantação.....	56
4.6.1	Etapa 1 - Declaração oficial da decisão da diretoria pela implementação do TPM.....	56
4.6.2	Etapa 2 -Educação, treinamento e divulgação do início da implementação	57
4.6.3	Etapa 3 -Estruturação das equipes de multiplicação e implementação.....	58

4.6.4	Etapa 4 -Estabelecimento da política básica e metas do TPM.....	59
4.6.5	Etapa 5 -Elaboração do plano diretor para implementação do TPM.....	60
4.6.6	Etapa 6 -Lançamento do projeto empresarial da produção enxuta e TPM.....	61
4.6.7	Etapa 7 - Sistematização para melhoria do rendimento operacional.....	62
4.6.8	Etapa 8 - Gestão antecipada.....	63
4.6.9	Etapa 9 - Realização da manutenção espontânea.....	64
4.6.9	Etapa 10 - Melhoria dos processos administrativos.....	64
4.6.9	Etapa 11 - Segurança, saúde e meio ambiente.....	64
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	69
5.1	Eficiência Global do Equipamento (OEE).....	69
5.2	Gráfico de Disponibilidade dos Equipamentos.....	72
5.3	Gráfico das medias de ideias na célula piloto.....	73
5.4	Top 20 de horas paradas por manutenção corretiva não planejada.....	73
6	CONCLUSÃO.....	75
7	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	76

1. INTRODUÇÃO

Em um cenário cada vez mais competitivo, empresas e indústrias de diversos setores vêm continuamente buscando mecanismos que permitam a otimização dos resultados, a redução nos prazos de entrega, a eliminação de desperdícios, alcançando assim, um aumento real de lucratividade e da rentabilidade.

Soma-se à importância que se tem dado à questão da implementação das ações estratégicas nas empresas na busca da melhoria de seus processos. Para tratar essa questão, esta monografia tem o objetivo de uma busca e análise do referencial teórico e um estudo de caso do processo de implementação em uma empresa de montagem de eletrodoméstico.

Quando avaliamos um processo produtivo, descobrimos diversos problemas relacionados à qualidade, custo, disponibilidade de equipamentos, segurança do trabalho, competitividade e satisfação do cliente.

Diante desta conjuntura, alguns problemas estão diretamente ou indiretamente relacionados aos equipamentos envolvidos no processo produtivo e seja pelo seu estado de conservação ou forma de utilização, geralmente a responsabilidade de manter todo esse ciclo produtivo é do departamento de manutenção industrial.

Como pode ter diversas causas para estes problemas. Uma maneira de evitá-las é através da implantação da ferramenta chamada Manutenção Produtiva Total ou *Total Productive Maintenance* mais conhecida por TPM, composta por doze etapas e oito pilares que direcionaram o setor produtivo na busca de sua capacidade total de produção de uma forma que garanta a qualidade do produto final e conseqüente à satisfação do cliente.

Será apresentado um estudo de caso onde a implantação da manutenção produtiva total auxiliará na redução de horas paradas por falhas de alguns equipamentos de uma determinada célula piloto de uma empresa do segmento de montagem de eletrodomésticos, aumentando a disponibilidade destes e trazendo para a organização um aumento considerável na sua competitividade e atendendo aos requisitos do programa mundial de implementação do programa de produção enxuta.

As informações obtidas nesta monografia permitem concluir que este modelo entusiasma gestores e colaboradores no alcance de metas e objetivos, para obtenção de um clima organizacional favorável e, conseqüentemente, bons resultados para os clientes internos e externos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. A história da manutenção

A história da Manutenção teve início com o desenvolvimento industrial no fim do século XIX com a mecanização das indústrias quando surgiu a necessidade dos primeiros reparos. Até o ano de 1914, a Manutenção tinha importância secundária e era executada pelos próprios operadores.

Logo em pouco menos de 100 anos, ela evoluiu de sua condição inicial de “socorro emergencial” para conseguir dar continuidade ao processo de produção, após uma quebra, para uma necessidade do processo produtivo, ou seja, uma ferramenta que confere confiabilidade a produção (ASSIS, 1997). Em curto espaço de tempo, o Socorro passa a ser uma Manutenção Corretiva, que evolui para uma Manutenção Preventiva, em seguida para uma Manutenção Preditiva, até a criação da TPM (Total Productive Maintenance) ou Manutenção Produtiva Total.

Até a década de 1950, a Manutenção era Corretiva ou de Emergência, também conhecida como a Manutenção de Quebra (SLACK, 1999), que apenas corrige o defeito declarado. Neste tipo de manutenção, de baixa confiabilidade, não há tempo para preparação do serviço, o departamento de manutenção é comandado pelos equipamentos, a produtividade é baixa, o tempo médio entre falhas (TMEF ou MTBF) é baixo, a qualidade do serviço é inconstante e, em decorrência, o custo é alto.

Para remediar estas características, e aumentar a confiabilidade, garantir melhores indicadores de qualidade, melhorar os indicadores de produtividade e o TMEF, na década de 50, a Manutenção passa a ter caráter Preventivo, atuando, em intervalos pré-planejados, na limpeza, lubrificação, substituição e verificação das instalações. Há dois tipos de Manutenção Preventiva: a baseada em tempo ou sistemática e a baseada em estado ou condição (CABRAL, 1998). Fator este que melhora a competitividade.

Com isso na década de 60, a Manutenção torna-se Preditiva, ocorrendo somente quando é necessária, o que permite a continuidade da produção pelo maior tempo possível. A prevenção das falhas ocorre através de mecanismo de monitoramento das condições, com as máquinas e equipamentos em operação. As características desta Manutenção são: antecipar as condições que se encontra os equipamentos, detectar os possíveis mau funcionamento e

planejar a intervenção com antecipação, além reduzir de certa forma o custo por evitar paradas desnecessárias, porém existe a necessidade de equipamentos de medição e instrumentação, inspeção simples com observações freqüentes, aumenta a disponibilidade, aumenta confiabilidade, qualidade mais constante, aumenta produtividade, melhora competitividade e aumenta o TMEF.

Já no início da década de 70, no Japão, surge o TPM (XENOS, 1998) criada e desenvolvida dentro da filosofia do Sistema Toyota de Produção (STP) com a mentalidade de eliminar os desperdícios, envolver todos os empregados e aprimorar continuamente as técnicas e pessoas envolvidas (ASSIS, 1997). Suas principais características são: respeito individualizado e participação geral dos empregados, os operadores detecta e soluciona as anomalias e falhas, as melhorias são direcionadas para operadores, integração dos processos de operação com os processos de manutenção, atuação da autônoma de todos os operadores no equipamentos que são operados, operador tem a consciência da sua responsabilidade pelo “seu equipamento”, o processo de manutenção dos meios produtivos deve é preocupação de todos os envolvidos, a máxima eficiência do sistema de produtivo, ocorrendo o aumento da disponibilidade, além do aumento significativo da confiabilidade, buscar em toda a organização o zero acidentes, qualidade mantem um processo constante, a busca do zero defeitos, buscar zero anomalias que afeta as quebra/falha, aumenta produtividade, melhora a competitividade e sustentabilidade da organização, aumenta o TMEF.

2.2. A evolução da manutenção

A necessidade de consertar ou reformar coisas sempre existiu, portanto é difícil definir de forma precisa quando surgiu de fato a atividade de manutenção. Sabe-se que historicamente na Europa em torno do século XVI, a fabricação dos primeiros relógios mecânicos fez surgir também os primeiros técnicos de montagem e reparação.

Com a ocorrência da revolução industrial e também a 1º grande guerra deram espaço a expansão das tarefas de manutenção emergenciais. Já na 2º grande guerra os conceitos de produtividade e disponibilidade já eram mais difundidos e levaram ao processo ao qual chamamos de manutenção preventiva e posteriormente aos modernos tipos de manutenção que veremos a seguir na presente monografia (GERAGHETY, 2000).

A evolução da Manutenção em um contexto mundial pode ser representada por três gerações descritas a seguir (SIEVULI, 2001) e resumidas na Figura 1:

- a) 1ª geração (1930 a 1940): caracterizada pelo conserto após a falha ou manutenção emergencial;
- b) 2ª geração (1940 a 1970): caracterizada pela disponibilidade crescente e maior vida útil dos equipamentos, pelas intervenções preventivas baseadas no tempo de uso após a última intervenção, pelo custo elevado de manutenção quando comparado aos benefícios, pelos sistemas manuais de planejamento e registro das tarefas e ocorrências de manutenção e posteriormente pelo início do uso de computadores grandes e lentos para execução dessas tarefas;
- c) 3ª geração (Apartir 1970): foi uma geração caracterizada pela ocorrência do aumento significativo da confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos, pela melhoria na relação entre o custo e o benefício da manutenção, pelas intervenções nos equipamentos baseadas na análise da condição e no risco da falha, pela melhor qualidade dos produtos, pelo controle dos riscos para a segurança e saúde do trabalhador, pela preocupação com o meio ambiente, por computadores portáteis e rápidos com potentes softwares para intervenções e gerenciamento da manutenção, além do surgimento dos grupos de trabalho multidisciplinares.

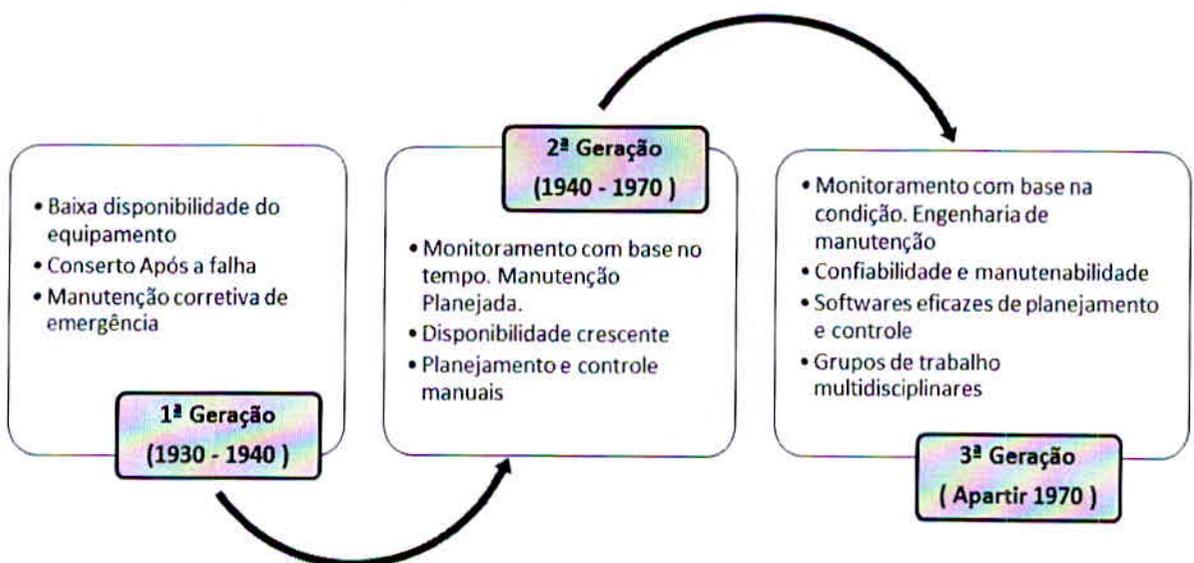


Figura 1: Principais características da evolução da manutenção. Fonte: Adaptação SIEVULI, 2001.

2.3. Definição do termo manutenção

Algumas definições podem ser apresentadas para o termo manutenção como podemos citar abaixo:

- a) “Combinação de 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” (NBR 5462, 1994).
- b) “Forma pela qual as organizações tentam evitar as falhas, cuidando de suas instalações físicas” (SLACK, 1999).
- c) “Um conjunto de atividades com o objetivo de suprimir defeitos de qualidade produzidos pelas avarias e eliminar a necessidade de ajustes dos equipamentos” (SHIROSE, 1994).
- d) “Ato ou efeito de manter” (MICHAELIS, 2003).
- e) “Os cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de motores e máquinas” (AURÉLIO, 2003).
- f) “Fazer tudo que for preciso para assegurar que um equipamento continue a desempenhar as funções para as quais foi projetado, em um nível de desempenho exigido” (XENOS, 1998).

Baseando-se nas definições apresentadas podemos então dizer que o processo de manutenção é o ato de estabelecer e gerenciar de forma sistemática e contínua as ações para eliminação de falhas ou anomalias já ocorridas e/ou potenciais dos equipamentos, assegurando durante toda sua vida útil, as características especificadas em projeto ao qual se destina, além de garantir a saúde e segurança dos seus envolvidos em sua utilização e sem afetar o meio ambiente onde está inserido.

2.4. O conceito atual de manutenção

Na atual conjuntura empresarial, a missão da manutenção é o de restabelecer as condições pela qual os equipamentos foram projetados, mas isto não é a realidade trivial, a manutenção passa por um processo evolutivo, os profissionais técnicos de manutenção

assumem cada vez mais papéis de suma importância dentro da cadeia produtiva, não distante disso o setor de manutenção ganha o seu papel estratégico.

Segundo KARDEC & NASCIF, (2009, p. 23), “Garantir a confiabilidade e a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou de serviço, com segurança, preservação do meio ambiente e custos adequados [...]”

2.5. Os tipos de manutenção

Segundo Antunes (2001) quanto ao processo de centralização, a manutenção pode ser classificada em descentralizada, centralizada, e mista.

Na manutenção centralizada todos os recursos humanos e materiais são disponíveis em um único ponto e à partir de lá são destinadas para a realização do atendimento. Esse processo apresenta uma eficiência geral maior em relação a descentralizada.

Porém, o processo de centralização de certa maneira dificulta o acompanhamento das diversas tarefas, dada à necessidade de deslocamento dos supervisores aonde estão ocorrendo as execuções dos trabalhos. A realização de treinamento, especialização dos manutentores, maior quantidade de máquinas, além das distâncias maiores entre os diversos processos e áreas atendidas, também geram maiores riscos e custos.

Já no sistema de descentralização, a fábrica é dividida em diversas áreas, tendo assim cada uma o seu setor de manutenção. Esse principio é destinado principalmente em setores em que as tarefas de manutenção tendem a ter baixa complexidade e não necessita de grande especialização de seus manutentores.

As desvantagens e vantagens da estrutura centralizadas são aquelas consideradas respectivamente como vantagens e desvantagens na descentralização, logo, o que se entende como desvantagem em um processo se apresenta como vantagem em outra. Vale a pena ressaltar que no processo descentralizado a principal vantagem é a maior integração entre os setores de manutenção e produção.

Na interpretação de Almeida (1999) a mentalidade da política de manutenção não planejada nada mais é do que deixar que os equipamentos opere até a sua falha/quebra e a conseqüente parada para então realizar o seu reparo, onde então sua atuação, é de forma que as tomadas de decisão é totalmente reativa e ocupando para a realização do reparo um tempo que não estava programado no qual os equipamentos deveria estar operando.

Segundo Takahashi (1993) a esse sistema de ação também pode ser chamado de manutenção de crise, manutenção por avaria ou manutenção corretiva emergencial.

Já para Xenos (1998) a aplicação da filosofia da política de manutenção não planejada geralmente é adotada onde a condição de deixar quebrar ainda é a decisão mais econômica do que o processo de prevenção ou quando o processo de prevenção da falha não foi evidenciada como a mais eficaz.

Segundo Takahashi (1993) também são necessários com certa frequência a manutenção corretiva emergencial dos equipamentos que estão trabalhando em ambientes agressivos ou contaminados e que apresentam de certa forma algumas variações bruscas no seu processo de deterioração, dificultando assim a utilização da política de manutenção preventiva onde basea-se no tempo de utilização ou no seu número de ciclos efetuados.

2.6. Métodos de manutenção

Podem existir diferentes maneiras de classificar os diversos métodos de manutenção, apesar de algumas definições termos já está inserido no cotidiano e ser utilizado por diversos profissionais em diferentes organizações, porém em muitos casos, falta um real entendimento do seu verdadeiro significado. Sobre manutenção podemos então citar, às políticas chamadas de Corretiva, Preventiva, Preditiva, Corretiva Preventiva ou Manutenção de Melhoria, Manutenção Centrada na Confiabilidade Prevenção da Manutenção, Manutenção Detectiva, Engenharia da manutenção além da Manutenção Produtiva Total.

2.7. Tendências dos tipos de manutenção

Analisando-se as empresas líderes, ou de sucesso, percebe-se que as empresas estão adotando, mais amplamente as técnicas preditivas e o processo da engenharia de manutenção. A manutenção, assim, passa a ser considerada e direcionada de forma estratégica para as empresas, pois ela garante a disponibilidade dos equipamentos e instalações com confiabilidade, segurança e dentro de custos adequados (XAVIER, 2005). De acordo com a tendência mundial, entender o perfil de manutenção mais adequada para cada empresa é um

fator de sucesso, o que garante a otimização nos diversos processos e, por consequência, à atividade permitir a obtenção de lucros, ou seja, não apenas garantir a sobrevivência das empresas, mas possibilitar-lhes expansão e crescimento.

No Brasil ainda se trabalha com muita manutenção corretiva não planejada e com manutenção preventiva em excesso. Entre 1995 e 2011, o nível de atuação, segundo o Documento Nacional 2011 da Abraman – Tabela 1 ficou em média, nos seguintes valores percentuais:

Tabela 1 – Nível de atuação no Brasil

Tipos de Manutenção	%
Manutenção Corretiva	28,80
Manutenção Preventiva	36,65
Manutenção Preditiva	17,42
Outros	17,73

Fonte: Abraman, 2011.

Para promover uma mudança de modo que o nível de atuação, através da aplicação de manutenção preditivas, seja aumentado mais rapidamente. É necessário reduzir fortemente a manutenção preventiva e aumentar a participação da manutenção preditiva como forma de obtermos melhores resultados para empresas do nosso país. A manutenção preditiva é a 1º quebra de paradigma na manutenção e através dela estaremos no caminho para a excelência.

O uso das diversas técnicas da manutenção deve ser praticado de acordo com as características da organização, desta forma não estaria engessada para um padrão mundial, sendo necessário uma visão focada do sistema local.

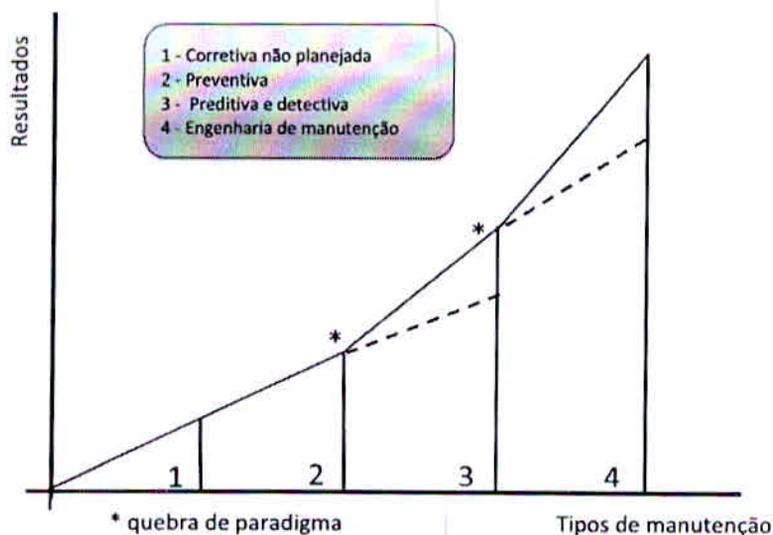


Figura 2 – Resultados esperados pelo uso da manutenção. Fonte: Kardec; Nascif, 2006.

Manutenção corretiva

Manutenção Corretiva significa deixar as instalações continuarem a operar até que quebrem. O trabalho de manutenção é realizado somente após a falha ter ocorrido (SLACK,1997).

Segundo Xenos (1998) “A Manutenção Corretiva sempre é feita depois que a falha ocorreu. Em princípio, a opção por este método de manutenção deve levar em conta fatores econômicos: é mais barato consertar uma falha do que tomar ações preventivas? Se for, a manutenção corretiva é uma boa opção. Logicamente, não podemos nos esquecer de levar em conta também as perdas por paradas na produção, pois a manutenção corretiva pode acabar saindo muito cara do que imaginávamos em princípio”.

A manutenção corretiva é a atuação para a correção da falha ou do desempenho que apresenta-se menor que o esperado (KARDEC; NASCIF, 2006).

Para Kardec; Nascif (2006) ao atuar em um equipamento que apresenta um defeito ou um desempenho diferente do esperado estamos fazendo manutenção corretiva. Assim, a manutenção corretiva não é, necessariamente, a manutenção de emergência.

Convém observar que existem duas condições específicas que levam à manutenção corretiva:

- a) Desempenho deficiente apontado pelo acompanhamento das variáveis operacional.
- b) Ocorrência da falha.

Desse modo, a ação principal na Manutenção Corretiva é corrigir ou restaurar as condições de funcionamento do equipamento ou sistema. A manutenção corretiva pode ser dividida em duas classes onde:

- a) Manutenção corretiva não planejada é a correção da falha de maneira aleatória.
- b) Manutenção corretiva planejada é correção do desempenho menor que o esperado ou da falha, por DECISÃO GERENCIAL, isto é, pela atuação em função de acompanhamento preditivo ou pela decisão de operar até a quebra.

Apesar da decisão gerencial em deixar o equipamento funcionar até quebrar, essa é uma decisão planejada. Assim, a manutenção pode ser preparada. A organização pode, aproveitar esse tempo por exemplo, para fazer a aquisição das peças necessárias para a substituição ou contratação de mão de obra especializada dependendo do nível técnico de exigência.

Tabela 2- Características dos Tipos de Manutenção Corretiva

Manutenção Corretiva Não Planejada	Manutenção Corretiva Planejada
Como ela não é planejada, geralmente implica em altos custos, pois a quebra inesperada pode gerar perdas de produção e de qualidade do produto.	Ocorre quando percebemos que o equipamento não está trabalhando como deveria. Ela é mais barata, rápida e mais segura que a manutenção corretiva não planejada.

Fonte: o autor, 2011

Quando adotada a manutenção corretiva planejada é necessário ter conhecimentos das conseqüências que a quebra possa gerar nos equipamentos, não afetando o seu uso posterior mesmo após a manutenção, além de preservar a segurança dos operadores.

A figura 3 mostra a representação da manutenção corretiva não planejada de um determinado equipamento ou sistema, onde se observa que o tempo até a falha é aleatório e $t_0 - t_1$ é diferente de $t_2 - t_3$.

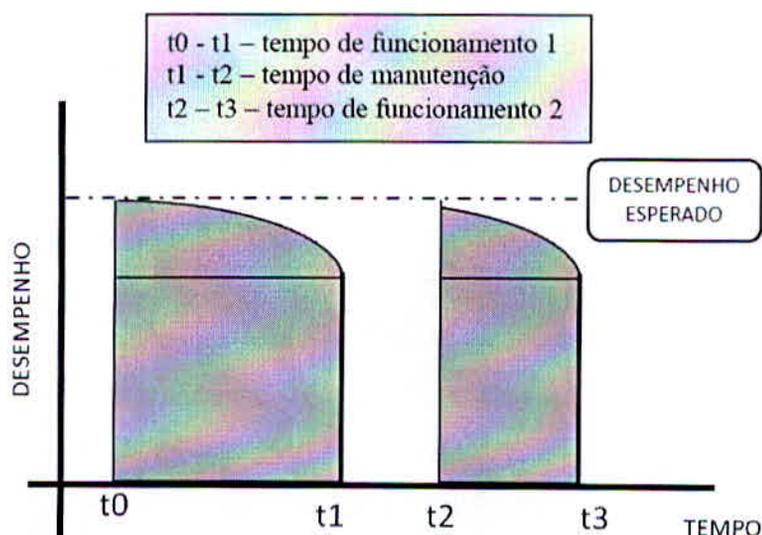


Figura 3 - Manutenção Corretiva não planejada. Fonte: Kardec; Nascif, 2006.

2.7.1. Manutenção preditiva

Para Nascif (2002), define que o processo de manutenção preditiva tem a sua atuação realizada baseando-se na modificação de parâmetro de condição pré-definidas ou de acordo

com o desempenho do equipamento, cujo acompanhamento deve obedecer a uma sistemática. A manutenção preditiva pode então ser comparada a um processo de inspeção sistemática onde realiza-se o acompanhamento das condições em que os equipamentos.

Quando existe a necessidade de intervenção da manutenção no equipamento, estamos de certa forma realizando uma manutenção corretiva planejada dada as suas características.

Outro termo também empregado é manutenção sob condição ou ainda manutenção com base no estado do equipamento mencionada em algumas organizações como (Condition Based Maintenance).

Outra nomenclatura associada à manutenção preditiva é o de “predizer”. Esse é o grande objetivo da manutenção preditiva: predizer que podemos tratar como prever as possíveis ocorrências de falhas nos sistemas ou equipamentos através de uma rotina de acompanhamento dos diversos parâmetros, permitindo que o sistema possa operar de forma contínua no maior tempo possível. Ou seja, a manutenção preditiva beneficia a “disponibilidade” visto que não promove intervenções sistemas e nos equipamentos que estão em operação.

Podemos então citar que a intervenção só é definida quando os parâmetros que são acompanhados indicam uma necessidade real. Onde temos que o grau de degradação está se aproximando ou atingindo o limite que foi previamente estabelecido, é realizado a tomada da decisão da necessidade de intervenção. Isto facilita uma preparação prévia do serviço, além de outros fatores decisórios alternativos relacionados com o processo produtivo.

2.7.1.1. Estruturação da manutenção preditiva

O indicado para uma estruturação da manutenção preditiva, é o desenvolvimento das tecnologias de diagnósticos onde podemos de forma básica defini-las em 8 etapas:

- a) Pesquisa das necessidades (custos);
- b) Seleção de componentes / equipamentos prioritários em classes ABC;
- c) Coleta de informações externas à empresa para obtenção de tecnologias;
- d) Estrutura para execução e fluxo do sistema de manutenção preditiva;
- e) Treinamento dos responsáveis;
- f) Testes;
- g) Seleção de software e hardware;

h) Desenvolvimento gradual do sistema na empresa:

Além das etapas um bom programa de manutenção preditiva deve atuar de forma continuada atendo aos seguintes critérios.

- a) Seleção e ampliação dos equipamentos e partes que são objetos da manutenção preditivas;
- b) Desenvolvimento de equipamentos e tecnologias de diagnóstico.

A manutenção preditivas é a atuação realizada com base em modificação de parâmetro de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática.

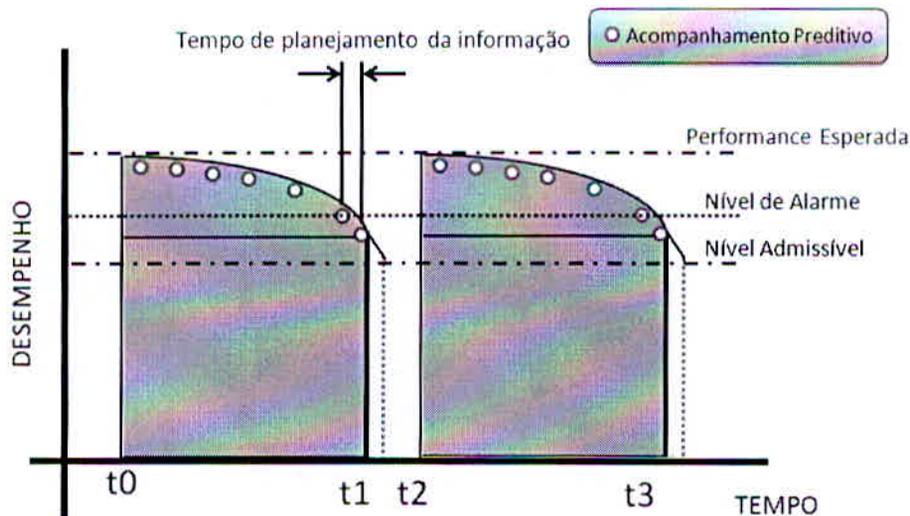


Figura 4 - Manutenção Preditiva. Fonte: Kardec; Nascif, 2006

A figura 4 mostra a representação da manutenção preditiva de um determinado equipamento ou sistema, onde se observa que o tempo até a intervenção é determinado de acordo com os acompanhamentos preditivos obtidos de padrões pré-estabelecidos.

2.7.1.2. Acompanhamento preditivo

A avaliação das condições do equipamento é realizada através de medição, monitoração ou acompanhamento de parâmetros. Sendo esse acompanhamento realizado de três formas:

- a) Acompanhamento ou monitoração subjetiva;
- b) Acompanhamento ou monitoração objetiva;
- c) Monitoração contínua.

Monitoração subjetiva - é aquela onde os manutentores executa utilizando os sentidos, ou seja, olfato, audição, tato, visão e audição. Quando um manutentor coloca a sua mão sobre o equipamento na caixa de mancal, pode perceber de certa forma a temperatura e a sua vibração. Logo quanto mais experiente, mais será confiável seus diagnósticos; porém esta

monitoração não deve ser estipulada como critério para uma decisão por ser extremamente subjetiva e sem fundamentação científica.

Monitoração objetiva - é o monitoramento e/ou acompanhamento realizado através de instrumentos específicos ou equipamentos. É objetiva, pois:

- a) Fornece um valor de medição do parâmetro que está sendo acompanhado;
- b) O valor medido independe do operador do instrumento, desde que utilizado o mesmo procedimento.

Monitoração contínua - é a monitoração em tempo real "on line" das variáveis dos equipamentos obtidas através dos sensores implantados nas regiões onde deseja-se coletar informações.

2.7.1.3. Principais técnicas de manutenção preditiva

Logo em termos práticos, as técnicas de manutenção preditiva necessariamente deve atender aos seguintes procedimentos:

- a) Permitir a coleta de dados com o equipamento em funcionamento, ou com o mínimo de interferência possível no processo de produção;
- b) Permitir a coleta dos dados que possibilitem a análise de tendência.

Somente para efeito ilustrativo, vamos classificar as técnicas preditivas em algumas categorias abaixo indicadas na Tabela 3.

Porém é importante ressaltar que algumas técnicas utilizadas de ensaios não destrutivos (END), como indicadas na tabela, só podem ser executadas quando o equipamento está fora de operação, nesses termos estaria invalidando a premissa de que as técnicas preditivas são executáveis com o equipamento em pleno funcionamento. Para um melhor entendimento adotamos que as técnicas preditivas listadas na tabela com negritos são executáveis com o equipamento em pleno funcionamento, já as presentes na tabela normais (não negritos) geralmente dependem da retirada do equipamento de seu funcionamento para sua realização.

Tabela 3 - As técnicas preditivas nas categorias

Radiações ionizantes Raios X Gama grafia	Energia eletromagnética Partículas magnéticas Correntes parasíticas
Inspeção visual Endoscopia ou boroscopia Detecção de vazamentos	Ferrografia Ferrografia quantitativa Ferrografia analítica
Análise de Óleos lubrificantes ou isolantes Viscosidade, Número de neutralização acidez ou basicidade, Teor de água insolúvel, Contagem de partículas metais por espectrometria por infravermelha Cromatografia gasosa, Tensão interfacial, rigidez dielétrica, ponto de fulgor.	Análise de temperatura – termometria Termometria convencional Indicadores de temperatura Pirometria de radiação Termografia
Ensaio elétrico Corrente, tensão, isolamento perdas dielétricas, rigidez dielétrica, Espectro de corrente ou tensão.	Energia acústica Ultra-som, Emissão acústica
Fenômenos de viscosidade (Líquidos penetrantes)	Análise de vibrações Nível global, Espectro de vibrações Pulso de choque
Verificações de geometria, Metrologia convencional, Alinhamento de máquinas rotativas,	Forças, Célula de carga teste de pressão, Teste hidrostático, Teste de vácuo, Detecção de trincas.

Fonte: Adaptado de Kardec, 2002.

2.7.2. Manutenção de melhoria

Segundo Xenos (1998) os processos de melhoria inseridos de forma contínua e gradativa trata-se do Kaizen de manutenção, uma mentalidade de origem japonesa que corresponde a idéia de aplicação e execução de melhorias.

A política de manutenção de melhoria, conhecida também por manutenção corretiva preventiva, consiste no reparo programado das avarias detectadas durante as inspeções preventivas ou preditivas. Também estão dentro dessa política os reparos que visam tornar o equipamento mais confiável e mais fácil para inspecionar e reparar.

Para Takahashi (1993) as atividades como melhoria dos sistemas de lubrificação, redução do risco de acidentes, eliminação de fontes de contaminação, melhoria de proteções, e melhorias na forma, acesso e tipos de componentes, caracterizam bem a pratica dessa política de manutenção.

2.7.3. Manutenção centrada na confiabilidade

Já a manutenção centrada na confiabilidade, que trata-se de uma política amplamente adotada pela iniciais RCM (Reliability Centered Maintenance) foi desenvolvida nas organizações da United Airlines no ano de 1978, a partir da real necessidade do setor aeronáutico para o aumento da confiabilidade dos aviões civis americanos (NETHERTON, 2001; GERAGHETY, 2000).

Com a utilização do RCM o objetivo é que o equipamento possa cumprir, de uma maneira confiável, os desempenho e funções previstos em projeto para qual destina-se, através da otimização e combinação do uso das diversas políticas de manutenção disponíveis. Para que se possa atingir aos objetivos a filosofia do RCM adota necessário que os membros das equipes ligadas a operação ou execução da manutenção dos equipamentos devem claramente responder os seguintes questionamento:

- a) quais são as funções e níveis de desempenho previstos no projeto do equipamento e de seus subsistemas?
- b) por que e como podem ocorrer falhas nessas funções?
- c) quais as conseqüências da falha?

d) é possível prever ou prevenir a falha? Caso não, que outra política de manutenção pode ser utilizada para impedir a ocorrência da falha?

Dentro ainda da filosofia de confiabilidade, outro termo bastante útil e difundido para que possa garantir a eficiência dos equipamentos, é o termo de confiabilidade e manutenibilidade (SAE, 1993), amplamente representado pelas iniciais R&M (Reliability and Maintainability).

Logo então podemos entender por confiabilidade é a probabilidade de um equipamento operar de forma contínua sem a ocorrência de falhas por um período pré-definido de números de ciclos ou tempo, dentro dos parâmetros de desempenho anteriormente especificadas em seu projeto (SAE, 1993, e EMS, 1994).

Então podemos adotar que a confiabilidade dos equipamentos pode de maneira geral ser evidenciada pelas expressões abaixo (SAE, 1993):

- a) MTBF (Mean Time Between Failures) que representa o tempo médio de operação entre uma falha e outra do equipamento ou MCBF (Mean Cycles Between Failures) que representa o número médio de ciclos entre uma falha e outra;
- b) MTTF (Mean Time to Failure) ou MCTF (Mean Cycles to Failure) que representam respectivamente o tempo médio ou número médio de ciclos até a ocorrência da falha, aplicável a itens não reparáveis, ou seja que demandam substituição completa após a falha.

Para a obtenção desses valores é dividido a soma dos tempos em que o equipamento operou ou o número de ciclos que o equipamento executou sem falhas, pelo número de falhas que ocorreu naquele período.

Por manutenibilidade entende-se a probabilidade da ocorrência de um reparo em um determinado equipamento que deve ser executado dentro dos procedimentos, padrões e tempo que foram anteriormente determinados e depende de condições que permita um fácil acesso ao equipamento ou componente, além da capacidade para a realização do diagnóstico da falha tendo também a necessidade da disponibilidade de recursos humanos e materiais e adequados para a realização imediata do reparo (SAE, 1993).

Podemos então expressar que a manutenibilidade de um determinado equipamento representado pela sigla MTTR (Mean Time to Repair ou Mean Time to Replace) onde podemos representar que é o tempo médio para reparo ou substituição de um componente em falha. Para a obtenção desse valor é necessário dividir a somatória dos tempos utilizados com reparos ou substituições pela quantidade de vezes que se realizou as tarefas.

Quando associamos os índices de manutenibilidade e confiabilidade podemos definir a disponibilidade (D) dos equipamentos em percentuais (EMS, 1994), conforme mostrado na Equação 1.

$$D\% = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

D%= disponibilidade percentual do equipamento

MTBF = tempo médio entre falhas

MTTR = tempo médio para reparos

O mesmo conceito é aplicável quando se utiliza o tempo médio entre ciclos ou tempo médio para substituição.

2.7.4. Engenharia de Manutenção

A engenharia de manutenção parte do conceito de minimização do custo do ciclo de vida dos equipamentos esse processo é baseado ainda durante a etapa do projeto, visto que o custo do ciclo de vida é não é alterado após o término do projeto, sendo que 90% a 95% dos equipamentos não sofrem alterações após seu processo construtivo (NAKAJIMA, 1989).

Então entendemos que a engenharia de manutenção, é a uma metodologia prevencionista da manutenção onde adota o conceito de melhorar a manutenibilidade e confiabilidade dos equipamentos quando ainda estão na fase de projeto no computador ou na prancheta, através da identificação e modificação das causas que seriam básicas de situações crônicas que causaria o mau desempenho (XENOS, 1998).

O conceito do custo do ciclo de vida dos equipamentos surgiu com o Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América em 1966 (NAKAJIMA, 1989) e engloba os seguintes custos (SAE, 1993):

- a) custos de aquisição: preço de compra do equipamento pago ao fornecedor, custos internos de administração e engenharia, transporte e taxas, custos de instalação e custos de treinamento em operação e manutenção;
- b) custos de operação: custos de mão de obra direta para operação, consumo de energia elétrica, ar, água, vapor, gás e outras fontes de energia, custos de materiais consumíveis

- como lubrificantes, refrigerantes e filtros, coleta e descartes de resíduos, custos das perdas de produção por falha do equipamento ou baixo desempenho, além dos custos de manutenção dos estoques de peças consumíveis e de reposição;
- c) custos de manutenção planejada e não planejada: custos fixos e variáveis de mão de obra de manutenção, custos com peças de reposição realmente utilizadas;
 - d) custos de conversão e descarte: custos associados a conversão ou Adaptado de do equipamento a um novo produto; custos com descarte de peças de reposição e do próprio equipamento incluindo-se a limpeza e em alguns casos a descontaminação da área de utilização após o descarte.

Portanto para que o custo do ciclo de vida do equipamento seja mensurado corretamente, é primordial a aliança e a retroalimentação de informações entre fornecedores e clientes. Essa aliança pode também identificar em equipamentos similares ou iguais as possíveis oportunidades de melhoria da manutenibilidade e da confiabilidade, à serem avaliadas e implementadas ainda na fase de projeto de novos equipamentos (SAE, 1993; NAKAJIMA, 1989; XENOS, 1998).

2.7.5. Manutenção detectiva

Já a manutenção detectiva é uma metodologia aplicada em equipamentos ou mecanismos onde as políticas de preditiva, preventiva e corretiva emergencial, não são totalmente adequadas. Geralmente são os equipamentos de proteção onde qualquer falha só deverá ser identificada dada a necessidade de sua utilização, assim poderá comprometer de maneira substancial as suas funcionalidades. Podemos citar como exemplos os equipamento que são utilizados em sistemas de combate a incêndios, alarmes e sistemas de iluminação de emergência (GERAGHETY, 2000).

A detecção de falhas ocultas dos equipamentos, deve ser utilizados por dispositivos como alarmes de painel sonoros, lâmpadas coloridas de sinalização, Com os benefícios computacionais e o elevado crescente nível de automação nos processos produtivos, diversas são as maneiras de desenvolver os controle, podendo ser utilizadas na adequação e implementação dos dispositivos de detecção (CAMARA, 2001), assim a metodologia da manutenção detectiva é fortalecida.

2.7.6. Manutenção preventiva

Considerada o coração da manutenção, a Preventiva se caracteriza por atividades periódicas como limpeza, lubrificação, inspeções simples, recuperação ou troca de componentes, executadas de forma programada antes da quebra do equipamento (SLACK,1997).

Na interpretação de (ANTUNES, 2001) para se definir o momento da troca de um componente com base na política preventiva, pode-se utilizar o histórico do equipamento ou de similares, a experiência da equipe ou orientações do fabricante que vão assegurar inclusive o direito à garantia do equipamento ou quando a inspeção é dificultosa ou mais onerosa,.

Manutenção preventiva é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em definidos de tempo (KARDEC; NASCIF, 2006), podemos perceber esses intervalos na figura 5.

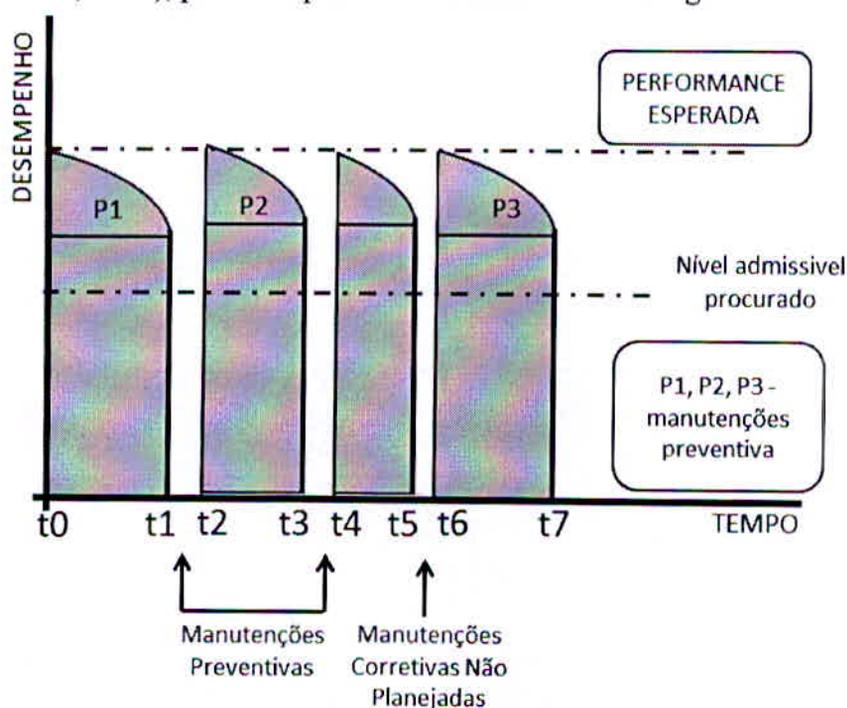


Figura 5 - Manutenção Preventiva. Fonte: Kardec; Nascif, 2006

Segundo Kardec; Nascif (2006) A manutenção preventiva, pela qual se exagerou muito no passado sem uma adequada análise do custo x benefício, só deve ser realizada nos seguintes casos:

- Quando não é possível a preditiva.
- Quando está envolvido segurança pessoal ou ocupacional.

- c) Quando há oportunidade em equipamentos críticos de difícil liberação.
- d) Em sistemas complexos de operação contínua – ex.: siderurgia, indústria automobilística, petroquímica entre outros.
- e) Quando pode colocar em risco o meio ambiente.

2.8. A manutenção produtiva total

2.8.1. Definições e características

Várias definições podem ser encontradas na literatura, para a política de Manutenção Produtiva Total, conhecida nos meios onde se aplica pela sigla TPM (Total Productive Maintenance). Entre elas, tem-se que TPM é:

Esforço elevado na implementação de uma cultura corporativa que busca a melhoria da eficiência dos sistemas produtivos, por meio da prevenção de todos os tipos de perdas, atingindo assim o zero acidente, zero defeito e zero falhas durante todo o ciclo de vida dos equipamentos, cobrindo todos os departamentos da empresa incluindo Produção, Desenvolvimento, Marketing e Administração, requerendo o completo envolvimento desde a alta administração até a frente de operação com as atividades de pequenos grupos. (JIPM, 2002)

“Falha zero ou quebra zero das máquinas ao lado do zero defeito nos produtos e perda zero no processo” (NAKAJIMA, 1989).

A idéia da “quebra zero” baseia-se no conceito de que a quebra é a falha visível, onde a falha visível é causada por uma coleção de falhas invisíveis como um iceberg como podemos evidenciar na figura 6.



Figura 6 – Adaptação do Iceberg de causas de falhas. Fonte: Takashi, 1993

“Campanha que abrange a empresa inteira, com a participação de todo o corpo de empregados, para conseguir a utilização máxima dos equipamentos, utilizando a filosofia do gerenciamento orientado para o equipamento” (TAKAHASHI, 1993).

“Processo de maximização da performance dos equipamentos, disponibilidade e qualidade, com o total envolvimento dos operadores de produção, técnicos, engenheiros, supervisores e gerentes” (PEREZ, 1997).

Com base nas definições acima, pode-se dizer que TPM não é apenas uma política de manutenção, mas sim uma filosofia de trabalho, com extrema dependência do envolvimento de todos os níveis da organização, capaz de gerar um senso de propriedade sobre os equipamentos, sobre o processo e sobre o produto. O conceito de perda zero, que leva a obtenção de resultados imediatos, acaba servindo também como fator motivacional para a continuidade e aceleração da implementação.

Três características importantes podem ser observadas no TPM (NAKAJIMA, 1989; XENOS, 1998):

- a) busca da economicidade, ou seja, tornar a manutenção uma atividade geradora de ganhos financeiros para a empresa. Essa característica está presente em todas as políticas de manutenção baseadas nos conceitos de prevenção de falhas e na melhoria da confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos;
- b) integração e otimização de todas as políticas de manutenção disponíveis, de maneira a promover a melhoria da eficiência global dos equipamentos;
- c) participação voluntária de operadores de produção nas atividades de manutenção, levados pelo conceito de gerenciamento dos resultados e de atividades de pequenos grupos.

A valorização dos operários que participam da implementação do TPM pode ser percebida na satisfação ao verem seus rostos estampados nos quadros de atividades das áreas, ao lado de mensagens de agradecimento e reconhecimento e ao lado de gráficos que mostram os resultados de seus esforços e participação (MORA, 2000, e WIREMAN, 2000).

Considerando que as falhas podem ser relacionadas ao comportamento organizacional da empresa, torna-se importante o entendimento de todos os envolvidos com os equipamentos de forma direta ou indireta além das áreas de suporte, no que refere aos papéis, responsabilidades e formas de se ajudarem mutuamente na eliminação das falhas. Nesse aspecto o TPM apresenta uma característica marcante de interação entre os departamentos e níveis organizacionais das empresas (SUZAKI, 1987).

Dentro da filosofia do TPM é preciso perceber o conceito da melhoria contínua representado pela busca do constante crescimento da eficiência global dos equipamentos. A

percepção e interiorização desse conceito de melhoria contínua, leva os envolvidos com TPM a auto-avaliação de suas condutas, gerando a já mencionada mudança cultural nas empresas (BECK, 1999).

2.8.2. Histórico da manutenção produtiva total

Com o final da Segunda Guerra mundial, as empresas japonesas obrigadas pela necessidade urgente e por metas governamentais agressivas de reconstrução do país, tornaram-se fiéis seguidoras das técnicas americanas de gestão e de produção.

A partir de 1950 deixaram de utilizar somente a política de Manutenção Corretiva de Emergência e deram início a implementação dos conceitos de Manutenção Preventiva baseada no tempo, aos quais se agregaram posteriormente os conceitos de Manutenção do Sistema de Produção, de Manutenção Corretiva de Melhorias, de Prevenção da Manutenção e de Manutenção Produtiva que buscavam a maximização da capacidade produtiva dos equipamentos (NAKAJIMA, 1989; NAKASATO, 1994 e PALMEIRA, 2002).

Até 1970, a aplicação desses conceitos era basicamente uma atribuição do departamento de Manutenção e não vinha atendendo de maneira efetiva aos objetivos de zero quebra e zero defeito da indústria japonesa (SHIROSE, 1994).

Em 1971, o envolvimento de todos os níveis da organização, o apoio da alta gerência e as atividades de pequenos grupos de operadores originaram a Manutenção Produtiva Total, mais conhecida como TPM (Total Productive Maintenance), aplicada pela primeira vez pela empresa Nippondenso, um dos principais fornecedores japoneses de componentes elétricos para a Toyota Car Company, sob a liderança do Instituto Japonês de Engenharia de Planta (JIPE - Japanese Institute of Plant Engineering) na figura de Seiichi Nakajima. O JIPE foi o precursor do Instituto Japonês de Manutenção de Plantas (JIPM - Japanese Institute of Plant Maintenance), o órgão máximo de disseminação do TPM no mundo (PALMEIRA, 2002; e KENEDY, 2004). A Figura 7 resume a evolução da manutenção preventiva no Japão.

Somente em meados dos anos 80, surgiram os primeiros livros e artigos sobre TPM, escritos por Seiichi Nakajima e por outros autores japoneses e americanos. O primeiro congresso mundial de TPM aconteceu nos Estados Unidos em 1990 (ROBERTS, 1997).

A partir também dos anos 80, os pequenos grupos de operadores puderam incorporar às suas atividades de TPM, as técnicas de manutenção preditiva que marcavam o início da era

da manutenção baseada não mais no tempo de uso do equipamento, mas sim na sua condição como podemos evidenciar no capítulo anterior.

DÉCADA	DÉCADA DE 50: Busca consolidação da função e performance por meio da manutenção preventiva	DÉCADA DE 60: Conceitos de confiabilidade, segurança e economicidade passam a ser visualizados como tópicos fundamentais dentro dos projetos de instalações industriais (Era da manutenção do sistema de Produção)	DÉCADA DE 70: Ênfase nas pessoas, administração participativa e visão global de sistema; incorporação dos conceitos de prevenção de manutenção com o desenrolar concomitante do TPM
TÉCNICAS ADMINISTRATIVAS	<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção Preventiva (MP a partir de 1951) • Manutenção do sistema Produtivo (MSP a partir de 1954) • Manutenção corretiva com a incorporação de melhorias (MM a partir de 1957) 	<ul style="list-style-type: none"> • Prevenção da Manutenção (PdM a partir de 1960) • Engenharia de confiabilidade (a partir de 1960) • Engenharia Econômica 	<ul style="list-style-type: none"> • Incorporação de conceitos das ciências comportamentais • Desenvolvimento da engenharia de sistemas • Logística e Terotecnologia
FASES EM DESTAQUE	<p>1951: Introdução da sistemática de Manutenção Preventiva (MP) nos moldes americanos pela Towa Fuel Industries.</p> <p>1953: Criação de um comitê para estudo da MP integrado por 20 empresas que abraçaram o programa dando origem ao embrião do JIPM</p> <p>1954: Visita de George Smith ao Japão para disseminação dos conceitos de MP</p>	<p>1960: I Simpósio Japonês de Manutenção</p> <p>1962: Visita aos Estados Unidos da 1ª Delegação Japonesa para Estudo da Manutenção de Instalações promovido pela JMA (Japan Management Association)</p> <p>1963: Simpósio Internacional de Manutenção em Londres</p> <p>1964: Início do Prêmio PM, de excelência em manutenção</p> <p>1968: Simpósio Internacional de manutenção em New York</p> <p>1969: Criação do JIPE (Japan Institute of Plant Engineering)</p>	<p>1970: Simpósio Internacional de Manutenção de Tokyo promovido em conjunto pelo JIPE e JMA, além do Simpósio Internacional de Manutenção na Alemanha Ocidental</p> <p>1971: Simpósio Internacional de Manutenção em Los Angeles</p> <p>1973: Simpósio de Manutenção e Reparo em Tokyo, além do Simpósio Internacional de Terotecnologia em Bruxelas</p> <p>1974: Simpósio Internacional de Manutenção em Paris</p> <p>1976: Simpósio Internacional de Manutenção na Iugoslávia</p> <p>1981: Fundação do JIPM (Japanese Institute of Plant Maintenance)</p>

Figura 7 – Evolução da Manutenção no Japão. Fonte: NAKAJIMA, 1989.

Desde seu nascimento em 1971 o TPM segue uma evolução constante que pode ser dividida em quatro gerações (PALMEIRA, 2002; JIPM, 2002).

No início do TPM as ações para maximização da eficiência global dos equipamentos focavam apenas as perdas por falhas e em geral eram tomadas pelos departamentos relacionados diretamente ao equipamento. Esse período pode ser denominado a primeira geração do TPM.

A segunda geração do TPM se inicia na década de 80, período em que o objetivo de maximização da eficiência passa a ser buscado por meio da eliminação das seis principais perdas nos equipamentos divididas em: perda por quebra ou falha, perda por preparação e ajuste, perda por operação em vazio e pequenas paradas, perda por velocidade reduzida, perda por defeitos no processo e perda no início da produção.

No final da década de 80 e início da década de 90 surge a terceira geração do TPM, cujo foco para maximização da eficiência deixa de ser somente o equipamento e passa a ser o sistema de produção. A maximização da eficiência passa a ser buscada então por meio da eliminação de dezesseis grandes perdas divididas em:

- a) Oito perdas ligadas aos equipamentos: por quebra ou falha, por instalação e ajustes, por mudanças de dispositivos de controle e ferramentas, por início de produção, por pequenas paradas e inatividade, por velocidade reduzida, por defeitos e retrabalhos e perda por tempo ocioso;
- b) Cinco perdas ligadas às pessoas: falha na administração, perda por mobilidade operacional, perda por organização da linha, perda por logística e perda por medições e ajustes;
- c) Três perdas ligadas aos recursos físicos de produção: perda por falha e troca de matrizes, ferramentas e gabaritos, perda por falha de energia e perda de tecnologia.

A quarta geração do TPM que se inicia a partir de 1999, considera que o envolvimento de toda a organização na eliminação das perdas, redução dos custos e maximização da eficiência ainda é limitado. Essa geração contempla uma visão mais estratégica de gerenciamento e o envolvimento também de setores como comercial, de pesquisa e desenvolvimento de produtos, para eliminação de 20 grandes perdas divididas entre processos, inventários, distribuição e compras.

Logo fica notório que a manutenção produtiva total, assim como a manutenção sofreu um processo evolutivo obtendo características particulares em cada período de tempo, todo esse processo transformou o TPM em uma ferramenta primordial para as empresas pois é capaz, de integrar processos cada vez mais enxutos e confiáveis, além da motivação do capital humano.

	1ª geração 1970	2ª geração 1980	3ª geração 1990	4ª geração 2000
ESTRATÉGIA	Máxima eficiência dos equipamentos		Produção e TPM	Gestão e TPM
FOCO	Equipamento		Sistema de Produção	Sistema geral da Companhia
PERDAS	Perda por falha	Seis principais perdas nos equipamentos	Dezesseis perdas (equipamentos, fatores humanos e recursos na produção)	Vinte perdas (processos, inventário, distribuição e compras)

Figura 8 – As quatro gerações da manutenção produtiva total. Fonte: PALMEIRA, 2002

2.8.3. Resultados da Manutenção Produtiva Total

Benefícios não mensuráveis podem ser atribuídos a implementação do TPM, tais como uma maior interação da organização, melhoria no ambiente de trabalho, desenvolvimento intelectual, motivação e autoconfiança dos empregados (NAKASATO, 1994, e PALMEIRA, 2002). Porém, é por meio de resultados mensuráveis que se observa, de forma mais efetiva, os benefícios passíveis de serem obtidos com a implementação do TPM. Esses resultados podem se divididos em seis grandes grupos representados pela sigla PQCDMS e estão mostrados nas Figuras 9, 10 e 11.

<p>Aumento da Produtividade Disponibilidade para Produção</p>	<p>Defeitos no processo Reclamação de clientes Custos de produção</p>
PRODUTIVIDADE	QUALIDADE
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da produtividade de mão de obra de 1,4 a 1,5 vezes; • Aumento da produtividade em termos de valor agregado de 1,5 a 2 vezes; • Aumento do índice operacional dos equipamentos de 1,5 a 2 vezes; 	<ul style="list-style-type: none"> • Redução do índice de falha de processo para até 10% dos níveis anteriores de falha; • Redução do índice de refugo para até 3% dos níveis anteriores; • Redução do nível de reclamações de clientes para até 25% dos níveis anteriores;

Figura 9 – Resultados mensuráveis passíveis de obtenção com o TPM. Fonte: adaptado de NAKAJIMA, 1989; NAKASATO, 1994, e SHIROSE, 1994.

Além dos resultados obtidos em produtividade e qualidade podemos citar também algumas melhorias em custos e distribuição como podemos ver na figura 9.

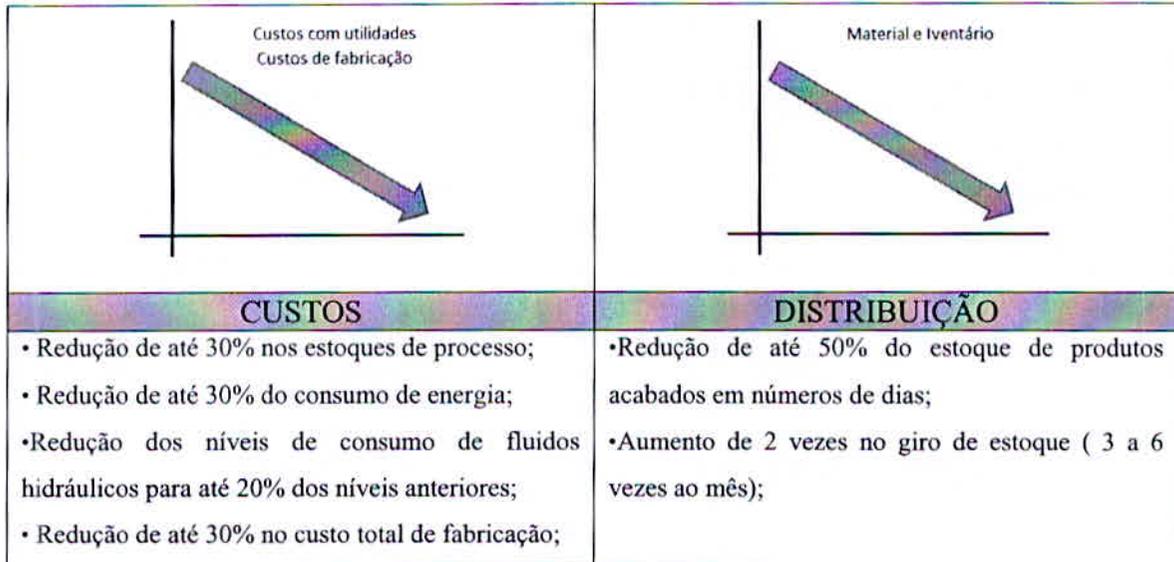


Figura 10 – Resultados mensuráveis passíveis de obtenção com o TPM. Fonte: adaptado de NAKAJIMA, 1989; NAKASATO, 1994, e SHIROSE, 1994.

Outro fator onde a manutenção produtiva total pode afetar são os indicadores relacionados a saúde, segurança, meio ambiente que de uma forma indireta atua na melhoria da qualidade de vida dos profissionais, melhorando assim a moral do grupo onde podemos constatar na figura 11.

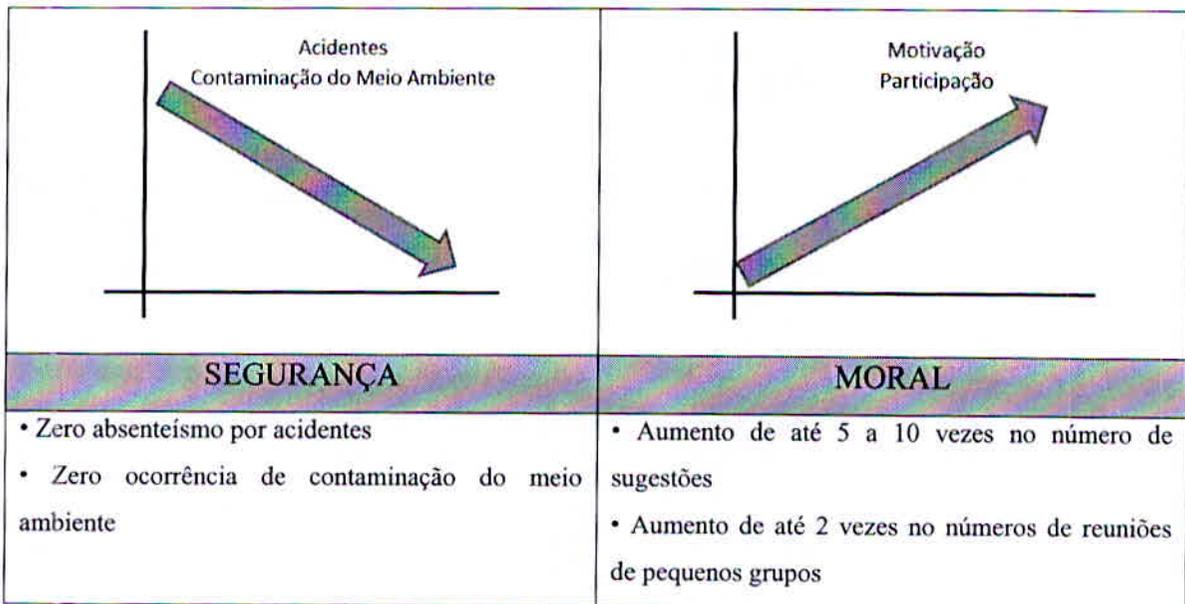


Figura 11 – Resultados mensuráveis passíveis de obtenção com o TPM. Fonte: adaptado de NAKAJIMA, 1989; NAKASATO, 1994, e SHIROSE, 1994.

2.8.4. Prêmio de excelência em TPM

Desde 1971 o JIPM vem premiando empresas dentro e fora do Japão que apresentam excelência na implementação e sustentação do TPM. Nessa avaliação é considerada a efetividade de aspectos práticos relacionados aos meios produtivos, tais como: padronização, sistematização, administração, melhoria da qualidade e da produtividade, redução de custos, eliminação de desperdícios, aumento da confiabilidade dos equipamentos, segurança das pessoas e do meio ambiente (NAKAJIMA, 1989).

O JIPM divide a premiação de excelência em TPM nas seguintes categorias (JIPM, 2002,):

- a) por classe mundial em resultados;
- b) especial para resultados em TPM;
- c) excelência e consistência na continuidade do TPM (primeira categoria);
- d) excelência em TPM (primeira categoria);
- e) excelência e consistência na continuidade do TPM (segunda categoria);
- f) excelência em TPM (segunda categoria);

A primeira empresa a conquistar o prêmio de excelência foi a Nippondenso, uma empresa de autopeças japonesa, pioneira na implementação do TPM. (NAKAJIMA, 1989).

2.8.5. Pilares do TPM

Embora cada empresa, em função de sua cultura, tenha suas peculiaridades para a implementação do TPM, existem alguns princípios que são básicos para todas elas e que são denominados os pilares de sustentação do TPM (Nakajima, 1989, JIPM, 2002, e PALMEIRA, 2002).

- a) Pilar da Melhoria Focada ou Específica: utiliza-se do conceito de Manutenção Corretiva de Melhorias para atuar nas perdas crônicas relacionadas aos equipamentos;
- b) Pilar da Manutenção Autônoma: baseia-se no treinamento teórico e prático recebidos pelos operários e no espírito de trabalho em equipe para a melhoria contínua das rotinas de produção e manutenção;

- c) **Manutenção Planejada:** refere-se as rotinas de manutenção preventiva baseadas no tempo ou na condição do equipamento, visando a melhoria contínua da disponibilidade e confiabilidade além da redução dos custos de manutenção;
- d) **Treinamento e educação:** refere-se a aplicação de treinamentos técnicos e comportamentais para liderança, a flexibilidade e a autonomia das equipes.
- e) **Gestão antecipada:** baseia-se nos conceitos de Prevenção da Manutenção onde todo o histórico de equipamentos anteriores ou similares é utilizado desde o projeto afim de que se construa equipamentos com índices mais adequados de confiabilidade e manutenibilidade;
- f) **Manutenção da qualidade:** refere-se a interação da confiabilidade dos equipamentos com a qualidade dos produtos e capacidade de atendimento a demanda
- g) **Segurança, Saúde e Meio Ambiente:** dependente da atuação dos demais pilares, esse pilar tem o enfoque na melhoria contínua das condições de trabalho e na redução dos riscos de segurança e ambientais.
- h) **Melhoria dos processos administrativos:** também conhecido como TPM de escritório, utiliza-se dos conceitos de organização e eliminação de desperdícios nas rotinas administrativas, que de alguma maneira acabam interferindo na eficiência dos equipamentos produtivos e processos.

Os pilares de sustentação é amplamente utilizado de acordo com cada particularidade das empresas onde está ocorrendo a implementação do TPM, não sendo regra geral o uso de todos os pilares, conforme figura

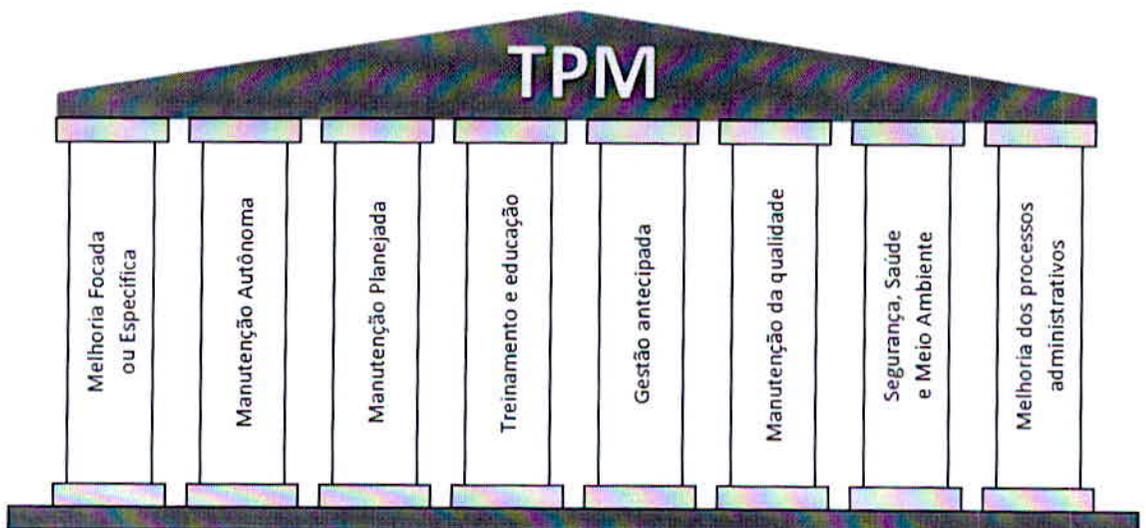


Figura 12 – Pilares de sustentação do TPM. Fonte: Adaptado de Nakajima, 1989.

2.9.6. Etapas de implementação

Para que o TPM seja implementado com sucesso e alcance os resultados esperados, se faz necessário cumprir 12 etapas descritas na Figura 13.

FASES	ETAPAS	CONTEÚDO
Preparação	1- Declaração oficial da decisão da Diretoria pela implementação do TPM	• Uso de todos os meios de comunicação disponíveis.
	2 - Educação, treinamento e divulgação do início da implementação	• Seminários para gerência média / alta. • Vídeos para os operadores.
	3- Estruturação das equipes de multiplicação e implementação	• Identificação das lideranças e montagem dos comitês.
	4 - Estabelecimento da política básica e metas do TPM	• Identificação das grandes perdas e definição dos índices relativos ao PQCDSM.
	5 - Elaboração do plano diretor para implementação do TPM	• Detalhamento do plano.
Introdução	6 - Lançamento do projeto empresarial TPM	• Convite a fornecedores, clientes e empresas afiliadas.
Implantação	7 - Sistematização para melhoria do rendimento operacional	• Incorporação da das melhorias específicas • Condução da manutenção preventiva e autônoma • Educação e treinamento em cascata de todos os envolvidos com a implementação com foco na autonomia da equipe.
	8 - Gestão antecipada	• Prevenção da manutenção com o controle da fase inicial dos equipamentos e do custo do ciclo de vida. • Prevenir perdas crônicas.
	9 - Realização da manutenção espontânea	• Foco nas falhas frequentes e ocultas, e nos processos que afetam a qualidade do produto e as entregas.
	10 - Melhoria dos processos administrativos	• TPM de escritório, revisão das rotinas administrativas com base na filosofia do TPM de eliminações de perdas.
	11- Segurança, Saúde e Meio Ambiente	• Ações e recuperação e prevenção de riscos a saúde e segurança dos operários e do meio ambiente.
	12 - Aplicação total do TPM	• Obtenção de resultados que demonstrem o alcance e a manutenção da excelência em TPM Candidatura ao Premio de excelência do JIPM.

Figura 13 – As 12 etapas de implementação do TPM Fonte:NAKAJIMA, 1989, e PALMEIRA, 2002.

Por ser o TPM uma filosofia que transforma as organizações e que também depende do aprendizado, da motivação e amadurecimento intelectual dos envolvidos, em geral as suas 12 etapas requerem aproximadamente 3 anos para a implementação e podem ser agrupadas em quatro fases (NAKAJIMA, 1989):

1ª fase: Preparação que corresponde a obtenção de um ambiente propício para o início da implementação, onde se busca a conscientização e o comprometimento de toda a organização;

2ª fase: Introdução onde ocorre o lançamento do projeto. As atividades relacionadas ao lançamento devem servir como elemento motivador para toda a organização

3ª fase: Implantação, onde todas as atividades relacionadas a melhoria da eficiência global dos equipamentos e sistemas são postas em marcha.

4ª fase: Consolidação, onde a manutenção dos resultados obtidos durante a implementação passa a ser o grande desafio, incluindo a candidatura ao prêmio de excelência do JIPM.

2.9.7 TPM e os 5S's

O envolvimento dos funcionários com a implementação do TPM e o comprometimento com a manutenção dos níveis de excelência alcançados podem ser observados pelo gerenciamento dos 5S's na fábrica. Fontes de contaminação, desorganização e outros indícios de descaso com o ambiente de trabalho e com os recursos produtivos denotam que o TPM não tem bases sólidas de implementação e que os resultados relacionados ao PQCDMS não poderão ser mantidos por muito tempo (TAKAHASHI, 1993, e NAKAJIMA, 1989).

Ao entenderem a natureza das falhas e os princípios de funcionamento dos equipamentos os operadores deixam de praticar os 5S's somente nas áreas de mais fácil aplicação como por exemplo nos corredores e armários e passam a aplicá-los também nas partes mais complexas e menos visíveis dos equipamentos onde a contaminação e a falta de limpeza geralmente atuam como aceleradores das falhas (XENOS, 1998).

Os cinco conhecidos S's são: Seiri (organização), Seiton (arrumação), Seiso, (limpeza), Seiketsu (limpeza pessoal ou padronização) e Shitsuke (disciplina).

- a) Seiri (organização): consiste em distinguir itens necessários e desnecessários com base no grau de necessidade, que determinará onde o item deverá ser guardado ou se deverá ser descartado. Itens raramente utilizados serão aqueles com frequência maior que seis meses. Os utilizados ocasionalmente têm frequência de uso entre dois e seis meses e os utilizados frequentemente podem ser divididos entre uso horário até diário ou semanal (TAKAHASHI, 1993).
- b) Seiton (arrumação): consiste em definir a forma e identificação da armazenagem bem como a quantidade e a distância do ponto de uso. Fatores como frequência de uso, tamanho, peso e custo do item influem nessa definição.
- c) Seiso (limpeza): limpar significa muito mais do que melhorar o aspecto visual de um equipamento ou ambiente. Significa preservar as funções do equipamento e eliminar riscos de acidente ou de perda da qualidade. Eliminação das fontes de contaminação, a utilização de cores claras e harmoniosas e o revezamento nas tarefas de limpeza, contribuem para a motivação e manutenção desse senso.
- d) Seiketsu (limpeza pessoal ou padronização): a ênfase na padronização, no cuidado e asseio com uniformes, com ferramentas e com os objetos e utensílios utilizados no setor de trabalho é o ponto marcante desse senso.
- e) Shitsuke (disciplina): esse conceito prega a educação, obediência às regras de trabalho, principalmente no que se refere a organização e segurança. É uma mudança de conduta que assegura a manutenção dos demais sentidos já implementados. Um sexto S foi apontado na implementação do TPM na unidade de Nishio, Japão, da empresa Aisin Seiki Co, uma planta de usinagem e montagem de bombas d'água automotivas. A possibilidade de seus operários participarem com opiniões e ações para melhoria do ambiente de trabalho e da eficiência global, os motivou de tal maneira, que passaram a comparecer em dias de descanso na fábrica para a reconstrução de suas áreas de trabalho. A essa atitude se denominou Shikkari Yarou que pode ser traduzido como "Vamos prosseguir coesos e com passos firmes" (NAKAJIMA, 1989).

2.9.8 Manutenção autônoma

Considerada como um dos pilares do TPM e iniciada a partir da sétima etapa de implementação, a Manutenção Autônoma (MA) consiste nas atividades que envolvem os operadores na manutenção de seus próprios equipamentos, independentemente da interferência do departamento de manutenção (JIPM, 1997). A filosofia da MA consiste na quebra de barreiras entre as funções de operação e manutenção. A expressão “da minha máquina cuido eu” é a tônica da MA (NAKAJIMA, 1989).

A capacitação e principalmente o convencimento dos operadores de que a saúde dos equipamentos depende diretamente deles é uma das chaves do sucesso da implementação da MA.

As sete etapas de implementação da MA são mostradas na Figura 14, das quais, as três primeiras podem ser consideradas críticas por influenciarem diretamente e de forma mais significativa, o nível de deterioração dos equipamentos (TAKAHASHI, 1993, e NAKAJIMA, 1989).

ETAPA	ATIVIDADE	CONTEÚDO
1	Limpeza inicial	Limpeza, inspeção, lubrificação e aperto das partes dos equipamentos, identificando e corrigindo as anomalias.
2	Eliminação das fontes de inconveniências e locais de difícil acesso	Eliminação das fontes de contaminação, melhoria na posição de elementos do equipamento à inspecionar, mudanças de altura e fixação de proteções.
3	Elaboração de padrões de lubrificação e inspeção	Implementação de ações e procedimentos que permitam a inspeção, lubrificação e aperto de forma rápida e eficaz e nas frequências pré-estabelecidas.
4	Inspeção geral	Elaboração de manuais simples e eficazes para inspeção e reparos. Identificar e eliminar as causas das inconveniências
5	Inspeção voluntária	Elaboração de listas de verificação dos equipamentos para execução do autocontrole.
6	Organização e ordem	Padronização de atividades de inspeção, de lubrificação, de manutenção de ferramentas e moldes além da padronização dos registros de dados.
7	Consolidação da manutenção autônoma	Melhoria contínua do nível de excelência do autocontrole dos equipamentos, atrelada ao gerenciamento dos objetivos e metas da organização.

Figura 14 – As sete etapas de implementação da Manutenção Autônoma. Fonte: adaptado de NAKAJIMA, 1989, e JIPM, 1997.

2.9.10 Eficiência global do equipamento (OEE)

As perdas abordadas pelo TPM, apresentadas anteriormente na presente monografia, afetam diretamente a eficiência dos equipamentos ou dos sistemas de produção por meio de três fatores principais que são a Disponibilidade do Equipamento, a Performance Operacional e a Qualidade dos produtos.

Conforme mostrado na Figura 15, a multiplicação desses três fatores na forma percentual determina o índice de Eficiência Global do Equipamento, representado pela sigla OEE do inglês Overall Equipment Effectiveness.

Esse índice é mundialmente usado para medir os resultados oriundos obtidos com a implementação do TPM (JIPM, 2002; NAKAJIMA, 1989).

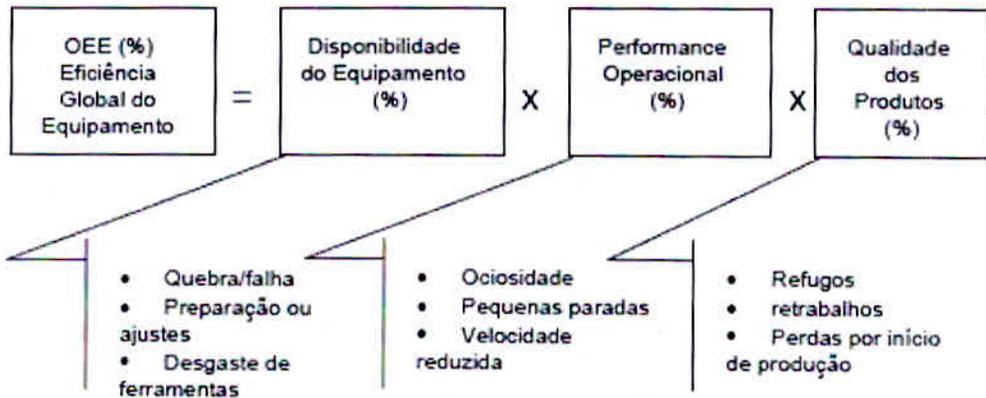


Figura 15 – Fatores para determinação do OEE. Fonte: adaptado de JIPM, 2002; NAKAJIMA, 1989

a) Índice de disponibilidade

Expressa a relação percentual entre o tempo em que o equipamento realmente operou e o tempo que deveria ter operado, conforme Equação 2:

$$\text{Disp} (\%) = \frac{\text{Tempo total programado} - (\text{Paradas planejadas} + \text{Paradas não planejadas})}{\text{Tempo total programado} - \text{Paradas planejadas}} \times 100 \quad \text{Equação 2}$$

- Tempo total programado: tempo de carga programado para o equipamento, com base no tempo teórico de ciclo e na demanda de produção.

- Paradas planejadas: tempo programado para descanso, almoço, reuniões, treinamentos, manutenção planejada.

-Paradas não planejadas: tempo gasto com paradas inesperadas, como por exemplo, manutenção de emergência, aquecimento no início de produção, troca de modelos, troca ou ajustes de ferramentas.

b) Índice de performance operacional

É a relação percentual entre o tempo de ciclo real do equipamento quando o mesmo está em operação e o tempo teórico de ciclo normalmente determinado pela Engenharia de Industrial, conforme Equação 3. Esse índice é normalmente afetado por reduções intencionais na velocidade de operação dos equipamentos, por pequenas paradas não registradas, por espera de algum recurso faltante, por bloqueio causado por algum outro recurso à frente no fluxo de produção.

$$\text{Perf} (\%) = \frac{\text{Tempo teórico de ciclo} \times \text{Total de peças produzidas}}{\text{Tempo total programado} - (\text{Paradas planejadas} + \text{Paradas não planejadas})} \times 100 \quad \text{Equação 3}$$

c) Índice de qualidade de produto

Expressa a capacidade de fazer o produto corretamente na primeira vez. Relaciona percentualmente, a quantidade de peças refugadas e retrabalhadas com a quantidade total de peças produzidas, conforme Equação 4:

$$\text{Qual} (\%) = \frac{\text{Total de peças produzidas} - (\text{Total de refugos} + \text{Retrabalhos})}{\text{Total de peças produzidas}} \times 100 \quad \text{Equação 4}$$

Empresas que utilizam o OEE para medição da eficiência dos equipamentos, em geral se deparam inicialmente com valores entre 30% e 60% (SHIROSE, 1994, e NAKAJIMA, 1989).

Como exemplo iremos adotar que a empresa trabalhe em 1 turno de 8 horas (480 minutos), na empresa o horário de almoço é o equivalente a 1 hora (60 minutos), além do almoço é realizado 1 parada para o café com um intervalo de (15 minutos), a empresa realiza também a ginástica laboral com uma parada de (10 minutos), no processo também e realizado reuniões (5 minutos), check-list (5 minutos) e processo de limpeza da área no final

do turno (5 minutos), durante o processo ocorreu algumas paradas não planejadas para a realização de ajustes com um tempo de (25 minutos), além de uma ocorrência de falta de matéria prima ocasionado uma parada na linha de (10 minutos), o ciclo de produção de uma peça é de 1 peça a cada minuto, a produção do turno foi de 300 peças considerando peças conformes e peças não-conformes, o controle de qualidade detectou 25 peças com defeitos necessitando de retrabalhos, de acordo com essa vamos calcular o OEE com o apoio de uma planilha já preparada previamente, conforme ilustra a Figura 16 onde apresenta um exemplo teórico de cálculo de OEE.

OEE - OVERAL EQUIPMENT EFFECTIVENESS			
Equipamento:	Dpto:	Data:	Mês:
Máquina de Solda	Produção	4/10/2011	Outubro
Responsável:	Turno	OEE 72,4%	
Pablo Frank Coelho Neves	Primeiro		
Observação:			
Disponibilidade Operacional(ITO)			
T.Calendario (Disponibilidade bruta)	480	minutos	
Tempo de Parada Programada	100	minutos	
Almoço	60	min.	
Café	15	min.	
Ginastica	10	min.	
Reuniões	5	min.	
Check List	5	min.	
Limpeza	5	min.	
Set up		min.	
Manutenção Plan.		min.	
Outros		min.	
Tempo de Carga	380	minutos	
Tempo de Parada não Planejado	35	minutos	
Quebras		min.	
Preparo / Ajustes	25	min.	
Pequenas paradas registradas		min.	
Falta abastecimento		min.	
Falta Material	10	min.	
Setup		min.	
Reinicio		min.	
Reunião		min.	
Outros		min.	
Tempo Operacional	345	minutos	
Disponibilidade operacional(ITO)	90,8%		
Performance(IDO)			
Total de peças produzidas (Boas + Ruins)	300	peças	
Tempo Teórico de Ciclo	1	min / pcs	
Eficiência Operacional	87,0%		
Qualidade (IPA)			
Defeitos	25	peças	
Produtos aprovados	91,7%		

Figura 16 – Exemplo teórico de cálculo de OEE. Fonte: Adaptado de NAKAJIMA, 1989; e SHIROSE, 1994

Um estudo realizado em uma célula de manufatura de um fornecedor inglês de autopeças considerado um dos líderes mundiais no seu seguimento, aponta valores de disponibilidade de 84%, performance de 76% e taxa de qualidade de 97% que multiplicados resultam em um OEE de 62% (SHIRVANI, 2000).

Um OEE de 85% pode ser considerado um excelente resultado, desde que se tenha levado em conta os três índices que o constituem e também desde que os dados para o cálculo sejam confiáveis, dada a grande dificuldade que as empresas tem em registrar corretamente suas ocorrências diárias (NAKAJIMA, 1989).

Em um primeiro momento, a multiplicação dos três índices constituintes do OEE pode não parecer correta. Ao se avaliar, por exemplo, um equipamento que tenha uma capacidade teórica de 1000 peças/hora e que apresente uma disponibilidade de 60%, uma performance operacional de 60% e um índice de qualidade de 60%, pode-se ficar tentado a afirmar que esse equipamento tem um OEE de 60% e, portanto, uma capacidade de 600 peças/hora.

Porém considerando-se que esse equipamento trabalha apenas 60% do tempo disponível para operação, equivale a dizer que sua produção cai de 1000 pç/h para 600pç/h. Se essas 600 pç/h são produzidas a uma velocidade de 60% da velocidade teórica, equivale a dizer que sua produção atinge 360 pç/h. Se dessas 360 pç/h apenas 60% são peças boas, equivale a dizer que a capacidade final de produção é de 216 pç/h, ou seja, um OEE de 21,6%

2.9.11 A manutenção produtiva total e o gerenciamento da qualidade total

O Gerenciamento da Qualidade Total, representado pela sigla TQM do inglês Total Quality Management, é uma importante, senão vital, iniciativa dentro da indústria e tem como objetivo a manutenção da excelência na qualidade dos produtos e processos por meio: do envolvimento de todos os níveis organizacionais partindo necessariamente dos altos escalões, de operários motivados com poder de decisão, além do envolvimento de fornecedores e dos clientes de forma a exceder as expectativas dos clientes (MCKONE, 2001; e ROBERTS, 1997).

Embora o TPM e o TQM tenham algumas práticas básicas e distintas pelas suas naturezas técnicas, as duas filosofias coincidem no que se refere a importância estratégica e a orientação para utilização do potencial das pessoas envolvidas nos processos (MCKONE, 2001). As interações entre TPM e o TQM são mostradas na Figura 17.

As práticas comuns para a manutenção produtiva total (TPM) e o gerenciamento total da qualidade (TQM) são ambas focadas em resultados obtidos com a valorização do capital humano.

<p>PRÁTICAS BÁSICAS ESPECÍFICAS TPM</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manutenção Planejada • Manutenção Autônoma • Senso de propriedade sobre o equipamento 	<p>PRÁTICAS BÁSICAS ESPECÍFICAS TQM</p> <ul style="list-style-type: none"> • Projeto multidisciplinar do produto • Gerenciamento das características do processo • Gerenciamento da qualidade de fornecedores • Envolvimento do cliente.
<p style="text-align: center;">PRÁTICAS ESTRATÉGICAS COMUNS E ORIENTADAS PARA AS PESSOAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Planejamento estratégico • Compromisso da liderança • Treinamento multidisciplinar • Envolvimentos dos operários <li style="padding-left: 40px;">• Comunicação 	

Figura 17 – Interações entre TPM e TQM. Fonte: Adaptado de MCKONE, 2001.

3. METODOLOGIA

3.1. Classificação

Com relação a metodologia aplicada nesta monografia podemos classificar como explicativa quanto aos fins, quanto aos meios, podemos considerar esta monografia como um estudo de caso e investigação (VERGARA, 2000), pois descreve os passos para a implementação da metodologia da manutenção produtiva total utilizada pela organização como meu objeto de estudo, por meio da evidencia de material teórico dessa metodologia, e da análise prática dos resultados e índices obtidos em uma implementação real da ferramenta TPM.

3.2. Coleta e análise dos dados

Adotando a padronização da organização em nível mundial de medição dos seus indicadores chave de processo obtidos através da implementação da manutenção produtiva total, a organização utiliza-se também do índice do OEE (Overall Equipment Effectiveness) onde podemos traduzir em Eficiência Global do Equipamento, para mensurar os resultados da implementação da manutenção produtiva total.

De acordo com o evidenciado nessa monografia, a metodologia do OEE (Overall Equipment Effectiveness) é um índice percentual que obtemos pela multiplicação dos índices de disponibilidade, performance e qualidade onde podemos citar:

- a) Disponibilidade do Equipamento, é a medida definida de acordo com o tempo teórico que os equipamentos deveria estar em processo de operação e o tempo em que realmente o equipamento operou, devido as falhas e paradas por quebras com
- b) Performance operacional, é a medida entre a velocidade teórica de produção de peças e a realidade de operação do equipamento, abordando nesse aspectos as perdas por bloqueio, espera, índice de velocidades reduzidas e pequenas paradas.
- c) Qualidade do produto é a medida que expressa a quantidade de peças conformes (boas) e peças não conformes (refugadas) ou retrabalhadas.

Para a realização desta monografia foram coletados e avaliados os valores mensais de OEE (Overall Equipment Effectiveness) e de seus três índices que o compõem esses valores que foram registrados pela equipe, desde do principio da implementação da manutenção produtiva total do mês de junho de 2009 até julho de 2010.

Antes do mês de junho de 2009 os valores de OEE (Overall Equipment Effectiveness) e de seus indicadores que o compõem não eram registrados, porém existia gráficos de controle de horas improdutivas e de disponibilidade dos equipamentos emitidos pelo departamento de manutenção e produção.

Esses índices que foram coletados foram realizados uma série de análises das causas de variação que estavam impactando nos resultados e das melhorias ocorridas devida as diversas implementações no mesmo período, além das sugestões efetuadas para a melhoria dos processos impactando diretamente nos resultados.

Esta monografia está baseada em alguns passos conforme apresentados abaixo, estes passos foram nesta monografia para análise da implementação do processo de manutenção produtiva total na célula piloto com a equipe responsável pela implementação, retirando assim alguns valores e resultados:

Passo 1: Definição da equipe e do tempo necessário para estudo com base em indicadores existente com critérios de qualidade e disponibilidade dos dados;

Passo 2: Coleta dos dados que são registrados via software de gerenciamento da empresa ou em arquivos de papel;

Passo 3: Analise e coleta dos registros resultantes da melhoria devido a implementação da manutenção da produtiva total. Esses registros referem-se a quantidade e tipo de kaizen proposto, plano de lubrificação, plano de limpeza, lições de um único ponto e etiquetas de identificação;

Passo 4: Disponibilização e elaboração dos indicadores de OEE (Overall Equipment Effectiveness), além dos índices que o constituem como performance operacional, disponibilidade do equipamento, e qualidade dos produtos;

Passo 5: Análise dos indicadores avaliando as tendências e dos valores mais significativos nos indicadores, Nesta etapa buscou-se avaliar se a tendência, ou seja, se os valores estudados estavam comportando de maneira positiva ou negativa. Também foi a analise das principais causas de variação com base nos histórico de cada indicador e nas melhorias implementadas levantadas no passo 3;

Passo 6: Comparação dos valores de OEE estabelecidos pelo programa mundial de implementação e estabelecidos pela liderança da fábrica. Nessa etapa buscou-se comparar os

resultados obtidos com as previsões e com o OEE de 60% estabelecido inicialmente pela liderança da equipe de 75% estabelecido corporativamente pela organização mundial. Essa comparação teve o intuito principal de verificar se os resultados que realizados com a implementação da manutenção produtiva total estão sendo sustentados ao longo prazo;

Passo 7: Criação de sugestões para melhoria referente aos indicadores e aos processos avaliados nessa monografia. Nessa etapa foram utilizados a filosofia da manutenção produtiva total além dos conceitos do sistema de produção Toyota estudados na revisão da literatura dessa monografia, para propor algumas melhorias capazes de impactar positivamente nos resultados e no alcance dos objetivos estipulado pela organização e equipe.

4. ESTUDO DE CASO

A organização onde foi realizado o projeto de implantação atua no segmento de manufatura, realizando a montagem de eletrodomésticos, a organização trata-se de uma multinacional de grande porte, e como toda mudança gera grandes obstáculos em sua implantação por envolver diversas mudanças comportamentais além de quebrar os paradigmas, o plano de implementação foi realizado de forma gradual, atendendo ao plano mundial de implementação do lean conforme (figura 18), a organização realizou uma célula piloto que após mensurados os resultados foi disseminado o conceito para toda a organização.

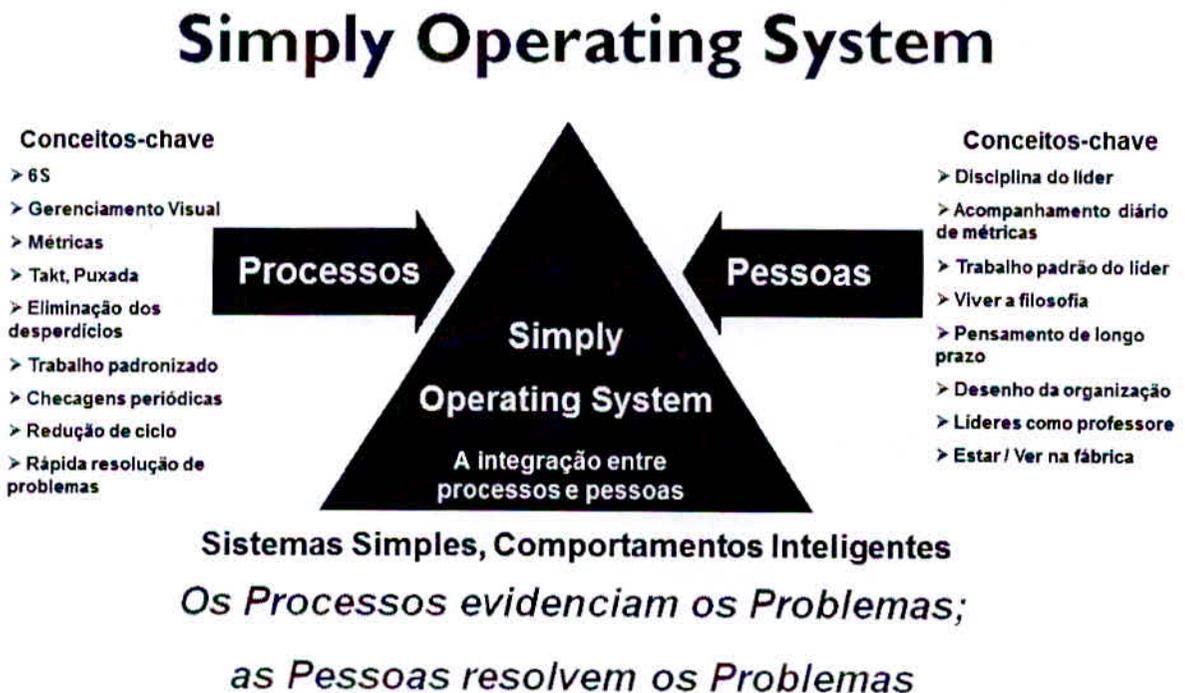


Figura 18 – Diretrizes do programa mundial. Fonte: O autor, 2009.

A célula piloto que foi escolhida estava apresentando um alto índice de problemas em relação a perda de produtividade ligadas exclusivamente a quebras de equipamentos o que resultava em diversas paradas não planejadas da produção causando alguns prejuízos para a organização e os processos posteriores.

Após evidenciado essas premissas de que este área estava gerando grandes prejuízos, e que em termos técnicos é um setor menos complexo e fundamental na organização, foi

iniciado a implantação desta ferramenta com o intuito de melhorar a vida útil e disponibilidade para a o processo produtivo dos equipamentos chave.

4.1. A formação da equipe responsável pela implantação

A equipe foi escolhida de uma forma estratégica contendo representantes de vários departamentos da organização, sendo assim, a equipe foi composta por um coordenador do departamento de manutenção, outro do departamento de engenharia industrial, dois manutentores sendo um técnico de manutenção mecânica, e um da área técnica de eletro-eletrônica, um da área de melhoria continua e os demais da área de produção do setor a ser implantado o projeto.

Desta maneira foi possível juntar os representantes das principais áreas da organização podendo assim ser discutido as principais ocorrências de problemas e viabilizar as possíveis soluções para os diversos casos encontrados.

4.2. A Identificação dos Equipamentos Piloto

Foi realizado um levantamento para identificar os equipamentos chaves que fariam parte do processo de implementação, alguns questionamentos foram levantados para o enquadramento dos equipamentos nas condições abaixo:

- a) Se o equipamento é gargalo e/ou de grande potencial para a redução de perdas;
- b) Se o equipamento é responsável em manter a linha em produção contínua;
- c) Se as perdas podem ser mensuradas facilmente;
- d) Se é possível apresentar uma melhoria significativa em curto prazo.
- e) Se o equipamento pode impactar na segurança dos operadores
- f) Se o equipamento apresentou diversas paradas nos últimos meses

Apartir de uma análise criteriosa do sistema de gerenciamento da manutenção através de seu software de controle e gerando uma análise gráfica capaz de permitir o dimensionamento da criticidade do problema, como podemos verificar abaixo.

4.3. Gráfico de Disponibilidade dos Equipamentos

Abaixo podemos verificar o gráfico que demonstra o quanto estava grave a situação do setor tal visualização foi necessária para a tomada da decisão na implementação, o gráfico e gerado a partir das horas disponíveis ao processo de produção menos as horas paradas por intervenção da manutenção.

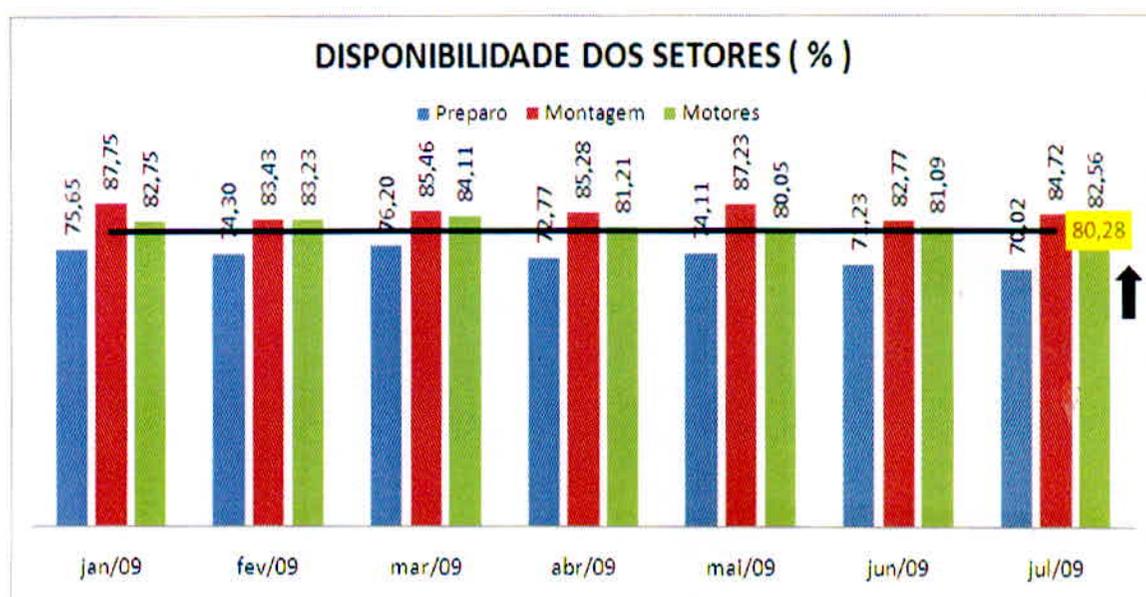


Figura 19: Gráfico de disponibilidade dos equipamentos no 1º Semestre de 2009. Fonte: O autor 2009.

Podemos então verificar que os valores acima a situação que estava mais preocupante e também com maior geração de prejuízos com relação às constantes paradas do processo produtivo, resultando em perdas irreparáveis além do alto custo dos reparos de emergência executados pelo departamento de manutenção que sempre ocorria de forma não planejada e quase nunca estava preparados para atuar de forma rápida, eficaz e eficiente, já que não era possível prever o que iria quebrar ou falhar da próxima vez.

Partindo desta primeira visualização, foi possível analisar com mais clareza o setor mais problemático e identificar quais os equipamentos chaves estavam ocasionando os maiores prejuízos para os processos da organização.

4.4. Máquinas parada por manutenção corretiva

O gráfico abaixo representa o número de horas de máquina parada por problemas de manutenção corretiva não planejada do setor em estudo durante o segundo semestre de 2009.

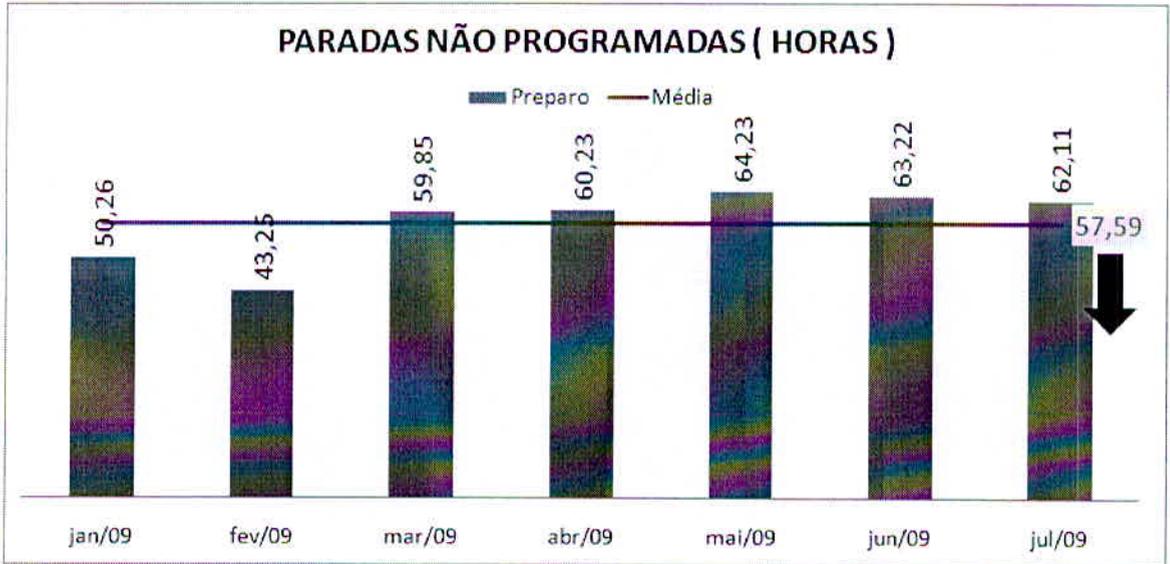


Figura 20: Gráfico de paradas não programadas no 1º Semestre de 2009. Fonte: O autor 2009.

Observando o gráfico acima, pode ser feita uma análise que se tratando de um setor que trabalha constantemente em dois turnos de produção que somam em média 360 horas mensais e considerando os resultados acima, a média mensal está em torno de 57,59 horas mensais de paradas não planejadas.

4.5. Top 20 de horas paradas por manutenção corretiva não planejada

O gráfico top 20 das maiores paradas (figura 21) do setor de preparo abaixo demonstra os equipamentos críticos que são responsáveis pela maioria das paradas deste setor.

No topo do gráfico está o equipamento ME 23 somando cerca de 24,6 horas paradas por falhas inesperadas durante o primeiro semestre de 2009 e o equipamento ME 22D somando uma quantidade de 23,43 horas paradas também por falhas inesperadas, que juntos são responsáveis por 11,94% do tempo parado por manutenções corretivas do setor, em um

universo de 40 equipamentos.

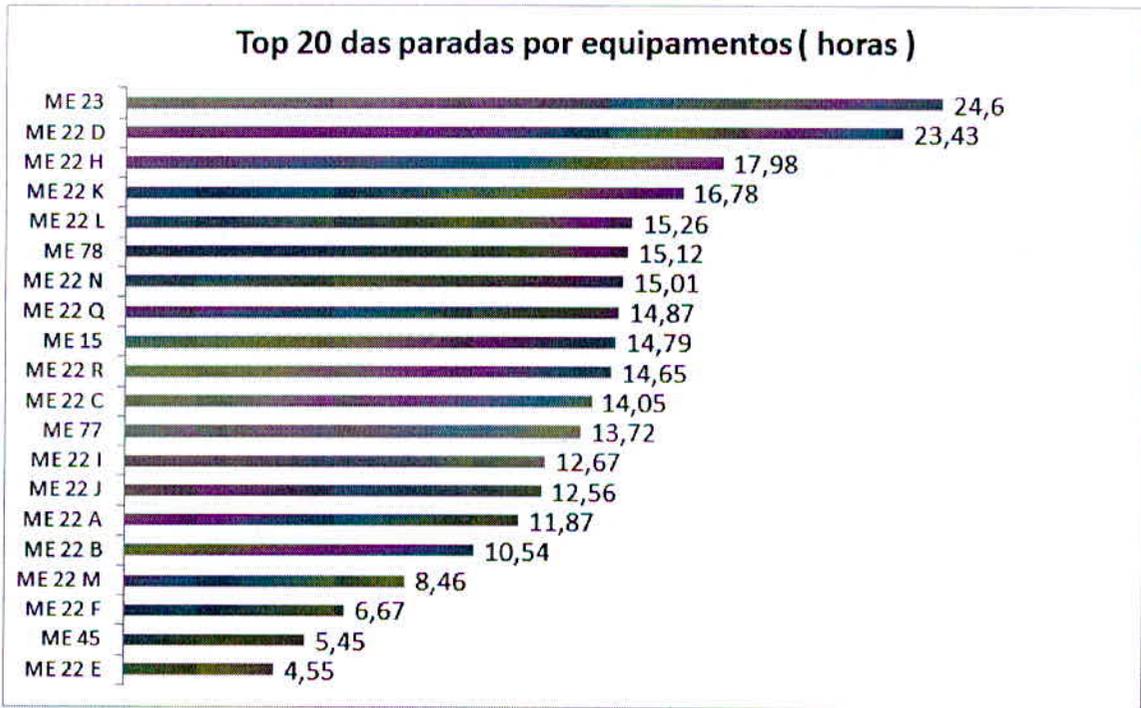


Figura 21: Gráfico de Top 20 de paradas por equipamentos no 1º Semestre de 2009. Fonte: O autor 2009.

Com base no gráfico acima, foi possível ser identificados quais os equipamentos que eram responsáveis pela maioria das paradas por manutenção corretivas não planejadas, na figura 22 podemos identificar alguns dos equipamentos que sofreram grande perdas de horas improdutivas.

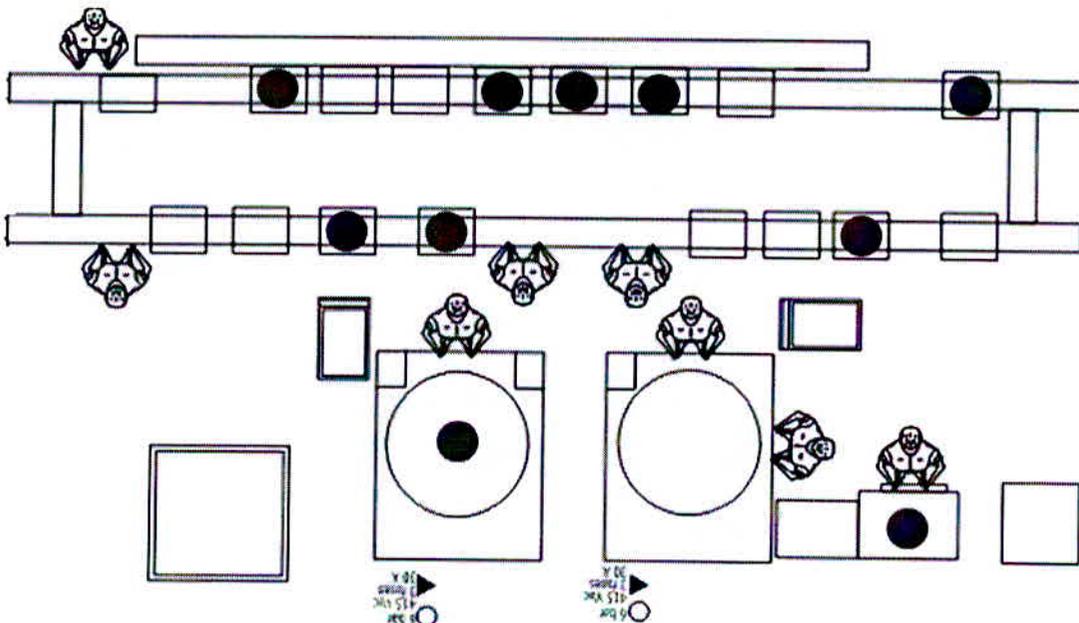


Figura 22: Estratificação no layout das máquinas como maior índice de paradas. Fonte: O autor 2009.

A partir desta fase, foi realizado o plano de implementação baseado nas 12 etapas proposta por Nakajima e o JIPM.

4.6. O Plano de Implantação

O plano de implantação da manutenção produtiva total teve como objetivo nortear o seu desenvolvimento na célula piloto e após por toda a organização, de forma estruturada e coordenada, definindo os objetivos, as metas, a estratégia, as responsabilidades, os equipamentos piloto e as previsões de despesas caso está sejam relevantes ou que envolvam algum investimento relativamente alto. (KARDEC & RIBEIRO, 2006).

Segue abaixo uma seqüência de todo o processo de implantação da manutenção produtiva total que define os processos adotados que deverão ser desenvolvidos criteriosamente e cuidadosamente para garantir a implantação e o sucesso desta ferramenta fundamental do sistema de produção Toyota.

4.6.1. Etapa 1 - Declaração oficial da decisão da diretoria pela implementação do TPM

Quando a alta direção toma a decisão da implementação do TPM está deverá ser comunicada a todos os colaboradores, pois todos deverão se preparar psicologicamente e com recursos para colaborar para atingir as metas e expectativas a serem atingidas com o programa de manutenção produtiva total.

Para a divulgação da declaração oficial da decisão da diretoria pela implementação do TPM, foi realizado alguns passos.

- a) comunicação da alta direção mundial acerca da adoção do sistema de produção Toyota englobando a ferramenta TPM numa reunião para o board corporativo;
- b) realização de reuniões iniciais de planejamento e apresentação do TPM para evidenciar os principais elementos-chaves da empresa, contando também com a presença da gerencia regional que confirma a adoção das práticas junto à empresa;
- c) divulgação pelos meios de comunicação da empresa sobre a decisão assumida pela alta direção em implementar o sistema de produção enxuta contemplando o TPM.

4.6.2. Etapa 2 - Educação, treinamento e divulgação do início da implementação

Para o aperfeiçoamento dos equipamentos e profissionais o TPM gera a melhoria e a conseqüente quebra de paradigmas na organização. Com o desenvolvimento e a condução do programa de manutenção produtiva mantido em todos os níveis, gera-se uma linguagem que abrangem a todos, o que gera um elo de comunicação efetivo.

Quando busca-se um objetivo que afeta comumente a todos, também estamos a desenvolvendo um estado de espírito positivo a favor de uma causa, transformando em mais mecanismo de ligação e motivação.

Para a implementação e realização dos treinamentos iniciais o programa de manutenção produtiva total foi estratificado e direcionado de acordo com cada nível de forma a atender as suas reais necessidades. Os níveis hierárquico superior participou de seminários destinados a elementos de supervisão, coordenação e direção e também de cursos na área de facilitadores em manutenção produtiva total. Aos colaboradores técnicos e manutentores, que são responsáveis por suportar o processo de manutenção produtiva total, os treinamentos foram realizados na própria organização, pelos concluintes do curso de facilitadores.

Já para os colaboradores de uma maneira geral os cursos disponibilizados foram realizados entre a sala de aula e a prática, os temas em sala de aula estavam diretamente relacionados as práticas da manutenção produtiva total na rotina de seu trabalho, após a teoria os cursos eram conduzidos no próprio setor da célula piloto seguindo o princípio de (OJT-on-the-jobtraining), como podemos evidenciar na figura 23.



Figura 23: Treinamento pratico na linha de produção. Fonte: O autor 2009.

4.6.3. Etapa 3 - Estruturação das equipes de multiplicação e implementação

Para a implementação e condução da manutenção produtiva total, foi adotado uma equipe multidisciplinar interagindo entre diversos setores, principalmente por colaboradores do processo produtivo e do departamento de manutenção. Os colaboradores que foram escolhidos receberam todos os treinamentos, desta forma estavam aptos a conduzir o sistema e propor melhorias de adaptação do plano geral as características da locais da organização.

Em nível hierárquico o coordenador era o responsável pelo acompanhamento e diretrizes da manutenção produtiva total na célula piloto, porém as atividades não eram de responsabilidade somente do departamento de manutenção elas foram estabelecidas e modificadas de forma participativa em todos os membros da equipe.

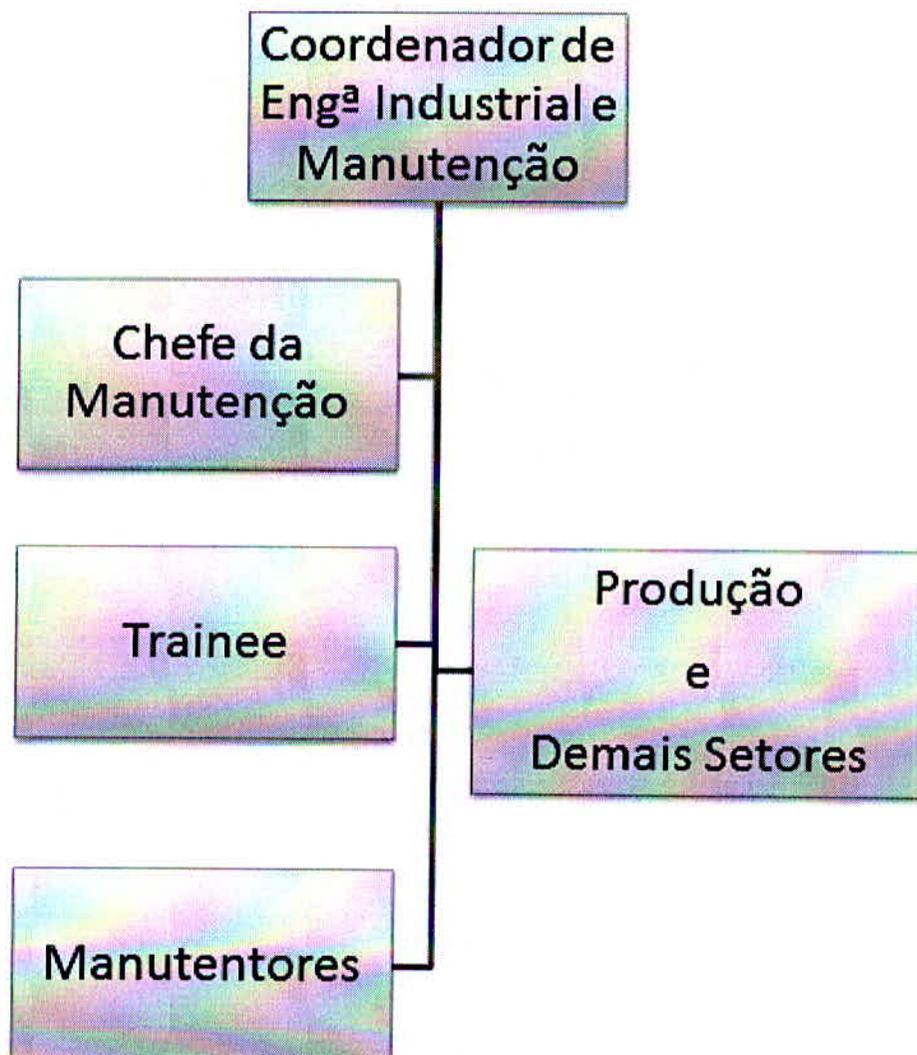


Figura 24: Hierarquia de responsabilidade da implementação do TPM. Fonte: O autor 2009.

4.6.4. Etapa 4 - Estabelecimento da política básica e metas do TPM

A manutenção produtiva total foi implementada dentro do planejamento estratégico mundial da organização atendendo as expectativas de longo e médio prazo da utilização da filosofia de produção enxuta. Além do processo evolutivo da competitividade regional e como parte da diretriz básica da organização, para a realização dessa etapa foi necessário criar além de metas que mensura de forma quantitativa os processos, políticas de aprimoramento da liderança como podemos ilustrar na figura 25.

Para atendimento dos objetivos do plano mundial foi necessários criar algumas diretrizes para atendimento da sua realização:

- a) Incorporar de forma clara a utilização da manutenção produtiva total como item básico da diretriz de implementação da filosofia de produção enxuta.
- b) Foi definido um prazo para atingir um nível adequado das metas que possibilite a melhora dos indicadores chave do processo, em relação aos demais setores sem o processo de implementação. Para isto, foi estabelecido algumas metas (tais como: Percentual de rendimento do OEE, índices de qualidades mínimas, números de kaizens da equipe, horas indisponíveis para a produção e etc...).
- c) Conhecimento da situação atual por meio dos indicadores capaz de avaliar, e efetuar os níveis de monitoração anterior e proposto.
- d) Estabelecer comparações indicativas entre a situação anterior com a visão de futuro do processo, prevendo alguns resultados e disponibilidade de recursos orçamentários suficientes para sua completa execução.

No	Paradigma da liderança tradicional	Paradigma da liderança Lean
1	Foco em result financeiros de curto prazo	Foco de longo prazo com propósito
2	Faça o produto sair	Faça o mercado puxar
3	Otimização local (faça mais rápido)	Otimização geral (reduza os desperdícios)
4	Padrões limitam a criatividade (não se aplicam além da fábrica)	Padrões viabilizam a melhoria contínua
5	Esconda os problemas	Faça os problemas visíveis
6	Não podemos parar o processo	Pare e conserte o problema
7	Pessoas não são confiáveis	Pessoas são ativos da empresa
8	Um líder é um chefe	Um líder é um professor
9	Veja através do indicador on line	Veja você mesmo na fábrica
10	Quem culpar?	Por que? Por que? Por que?
11	Planeje rapidamente, aja com calma	Planeje com calma, aja rapidamente
12	Experts & especialistas resolvem problemas	Todos resolvem problemas

Figura 25: Comparativo das quebras de paradigmas desejados. Fonte: O autor 2009

4.6.5. Etapa 5 - Elaboração do plano diretor para implementação do TPM

Para a elaboração do plano diretor de implementação da manutenção produtiva total foi avaliado desde a sua fase introdutória até a finalização do suporte total dado pelo departamento de engenharia industrial e manutenção, podemos verificar claramente essas fases na figura 26. O plano teve como objetivo avaliar as principais dificuldades de sustentação por parte do processo produtivo, além de estabelecer prazos fixos para cumprir as metas e etapas, assim como validar o cumprimento das metas parciais para atender aos objetivos globais.

Para atendimento dos objetivos do plano mundial foi necessários criar algumas diretrizes para atendimento da sua realização:

- a) Elaboração de um planejamento baseado nas 12 etapas para desenvolvimento de um programa efetivo da manutenção de produtiva total, principalmente em relação aos pilares de sustentação do TPM. O planejamento foi realizado em fases semanais.
- b) Delineamento das principais responsabilidade e atividades de cada colaborador atingindo os departamentos e setores, baseando-se no plano diretor. O planejamento foi validado e atendia todos os níveis da hierarquia das fases da implementação.
- c) Os prazos foram previamente delimitados de forma semanal e semestral para atender os objetivos em relação as metas pré-estabelecidas, o plano diretor sofreu alterações de acordo com as necessidades e dadas as oportunidades de melhorias encontradas ao longo de sua implementação.



Figura 26: Fases do plano diretor de implementação e sustentação do TPM. Fonte: O autor 2009

4.6.6. Etapa 6 - Lançamento do projeto empresarial da produção enxuta e TPM

Após toda as fases de planejamento iniciais o processo tornou-se confiável e capaz de ser implementado atendo as necessidades locais e os objetivos corporativos solicitado a nível mundial pela organização, nessa fase foi convidando todos os colaboradores para de forma motivacional reduzir as seis grandes perdas, ou seja, a está etapa ficou evidenciado a necessidade da participação coletiva para conseguirmos cumprir o desafio e conquistar os objetivos e da meta estipuladas.

Para tal, a gerência convidou além dos colaboradores envolvidos, clientes primários e, fornecedores (figura 27) que estão atrelados a toda cadeia produtiva através das seguintes etapas:

- a) Realização de uma cerimônia inicial onde foi reafirmada a necessidade do trabalho em equipe em torno de um objetivo comum, que é a eliminação das seis grandes perdas.
- b) Os principais eixos discutindo no programa cerimonial foram: reafirmação por parte da gerência com a finalidade de implementar a produção enxuta e a manutenção produtiva total; demonstração das metas e diretrizes básicas, a serem atingidas, O real empenho e papel dos agentes promotores para a execução da implementação; além dos prazos referente ao planejamento geral que foi baseado no plano diretor anteriormente planejado.



Figura 27: Lançamento do projeto inicial da produção enxuta e TPM. Fonte: O autor 2009

4.6.7. Etapa 7 - Sistematização para melhoria do rendimento operacional

A escolha dos equipamentos e célula piloto para estudo e implementação por parte da equipe multidisciplinar de trabalho, integrada por membros de setores que são impactados pela funcionalidade do processo produtivo, foi realizado de acordo com os levantamentos de horas improdutivas, e criticidade dos equipamentos no processo, conforme evidenciado anteriormente.

As melhorias que deverão ser implementadas à partir dos levantamentos reais das principais características dos equipamentos devem ser em:

- a) Os equipamentos piloto foi escolhido à partir da análise críticas dos dados coletados nos últimos semestre. Devendo ser os equipamentos que apresentaram paradas crônicas e são de importância para a célula. Isso nos dá a possibilidade de escolher os equipamentos onde as todas melhorias que podem ser introduzidas irão proporcionar resultados positivos e significativos.
- b) Como eixo base para a execução das atividades foi considerado e focado a eliminação das seis grandes perdas, ou seja, regulagens no set-up, os acidentes inesperados, pequenas paradas, tempo da operação vazio, perdas de produção por decréscimo da velocidade operacional, lentidão para entrada em regime etc.
- c) Para a melhoria real foi criado diversos grupos multidisciplinar de trabalho, atribuindo-lhes metas específicas, de modo a consolidar os aprendizados, experiência e confiança da equipe, tanto dos profissionais de produção, bem como das áreas de manutenção, engenharia e qualidade.
- d) Foram utilizadas também outras técnicas específicas, como as baseadas no controle de qualidade total, metodologias do 5 por quês, causa efeito, diagrama de pareto, lista de verificação, 5W2H, FMEA, Brainstorming com a equipe conforme figura 28 .



Figura 28: Equipe multidisciplinar realizando o brainstorming do TPM. Fonte: O autor 2009

4.6.8. Etapa 8 - Gestão antecipada

Nesta fase a gestão dos equipamentos passa a ser realizada na fase inicial da entrada do equipamento em funcionamento, de modo a verificar a economicidade por meio do conceito do custo do ciclo de vida (life cycle cost), adequação o projeto (PdM), tendo como membros principais a engenharia do industrial, manutenção e produção. alguns passos são importantes como:

- Adoção do critério de avaliar economicamente por meio da metodologia do custo do ciclo de vida (life cycle cost), na fase inicial do planejamento do projeto dos equipamentos.
- Realizar um histórico e coletânea das principais características relativas as inconveniências e disfunções anteriores, medidas para resolução dos pontos de difícil acesso e que possam gerar os problemas, assim como metas e melhorias do rendimento dos equipamentos, para servir como base para a criação de novos projetos.
- Elaboração e dedicação na criação de projetos do custo do ciclo de vida tendo como base normativa os diversos parâmetros do projeto com prevenção da manutenção.
- Elaboração de um check-list ou através da metodologia FMEA (figura 29) com os problemas que poderão ocorrer nas fases do planejamento do projeto, fabricação, instalação, try-out, produção-piloto e pré-produção, a fim de detecta-las e solucionar antes da sua produção.
- Constituição de uma equipe multidisciplinar para desenvolver os projetos envolvendo os departamentos como a Engenharia, a Produção, a Manutenção e os próprios operadores dos equipamentos já existente, com a finalidade de estruturar uma sistemática real de controle na fase inicial do funcionamento do equipamento.

ANÁLISE DE MODO E EFEITOS DE FALHA POTENCIAL										
Defeitos no processo de soldagem Bar Blender (reunião em 20/08/09) Particip: Reginaldo e Edson (DPFR), João, Elvelton e Frank (DQM), Vailton e Renato (DPQD), Ricardo (DFCO), Jorge (USPS) e Joab e Grama (DPEI)							Relatório : DPEI-010/09 emitido por Pablo - 26/09/09			
Função do Processo	Item	Função	Requisitos	Modo de Falha Potencial	Efeito(s) Potencial(is) da Falha	Causa(s) e Mecanismo(s) Potencial(is) da Falha	Ações Recomendadas	Responsável e Prazo	Status	Resultado das ações Tomadas
ACESSÓRIO BAR										
	1			Marcas de soldagem na face da proteção da faca	Reprovação visual - Estética		Fazer sonotrodo de alumínio - melhor acomodação à face de contato	Jorge USPS 717	ok 720	Resultado positivo com relação às marcas. O lote de corpo do bar que estava sendo utilizado estavam ovalizados (e reprovado por CDF) o que gerou uma abertura maior entre as peças
						Ondulação na face da proteção da faca Chupagem	Enviar 2º sonotrodo de teste Diminuir a amplitude e reensiar para Walita	Grana - 717 Jorge USPS 718	ok 720 ok 720	
							Verificar possibilidade de melhora no processo de injeção	Ricardo - 717	ok 720	A Inbrasmec realizou o processo de injeção e eles estão trabalhando na melhor condição possível. Solicito ao QM avaliar se realmente houve uma melhora nesse problema

Figura 29: FMEA realizado pela equipe multidisciplinar. Fonte: O autor 2009

**4.6.9. Etapa 9 - Realização da manutenção espontânea,
Etapa 10 - Melhoria dos processos administrativos,
Etapa 11 - Segurança, saúde e meio ambiente**

Nesta fase foi promovida a disseminação da filosofia “Da minha máquina, cuido eu”, ou seja, permitir de forma responsável a execução da manutenção espontânea em todas as camadas. Fazendo que todos os operadores dos equipamentos possam adquirir as habilidades e técnicas básicas para promover a manutenção espontânea.

Para esta etapa é necessário realizar programas de educação e treinamento de forma gradual e embasada, porém constante se faz necessário verificar o efetivo domínio sobre cada um dos temas abordados, superando cada uma das limitações individuais ou coletivas. Os passos, portanto, a serem vencidos são:

a) A limpeza é o grande segredo para a descoberta das inconveniências.

Nessa fase inicial, quando incentivamos a limpeza levamos os operadores ao descobrimento dos principais pontos de inconveniência como podemos verificar na figura 30, assim também é necessário treiná-los para poder sanear essas inconveniências. O grande intuito é aprender que “A limpeza é o segredo para o descobrimento das inconveniências”.



Figura 30: Limpeza executada pelos operadores. Fonte: O autor 2009

b) Atacar os pontos problemáticos de difícil acesso.

Introduzir melhorias de forma que seja possível eliminar ou reduzir os pontos de difícil acesso como podemos ver na figura 31, as atividades como limpeza, a lubrificação além das rotineiras atividades como os ajustes dos equipamentos. Isto torna mais fácil a detecção de eventuais anomalias.



Figura 31: Limpeza executada pelo operador em um ponto de difícil acesso. Fonte: O autor 2009

c) Elaboração do padrão de limpeza e de lubrificação.

Nesta etapa é necessário padronizar atividades importantes como o padrão de limpeza e de lubrificação a ser cumprido, é importante que todos os operadores e manutentores sejam capazes de executar suas atividades com a mesma qualidade técnica. Os planos de limpeza e lubrificação são descritos de forma simples e bem clara, como podemos ver na figura 32.

Porém é necessário que o plano de limpeza e manutenção sejam realizado por profissionais habilitados e sempre atentos a fatores como a segurança e saúde dos executores do plano, qualquer inconveniência ou risco as pessoas deve ser imediatamente comunicada e os planos para a sua realização alterados de forma a assegurar que nenhuma tipo de anomalias ou problemas ocorra tanto para os executores bem como aos equipamentos.

FICHA DE LUBRIFICAÇÃO			
TAG	EQUIPAMENTO	LINHA	
ME 23	ESTAÇÃO DE MONTAGEM CONJUNTO FUSÍVEL	PREPARO	
MEDIDAS DE SEGURANÇA			
JAMAIS REALIZE ATIVIDADES QUE VOCÊ NÃO ESTEJA PREPARADO!!			
É OBRIGATÓRIO O USO DOS EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL			
PONTOS DE LUBRIFICAÇÃO			
			
PONTO	COMPONENTE	PERIODICIDADE	OBSERVAÇÃO
1	UNID. DE CONSERVAÇÃO (LUBRIFIL)	QUINZENAL	EXPURGAR SE ESTIVER NO NÍVEL MÁXIMO

Figura 32: Ficha de lubrificação indicativa. Fonte: O autor 2009

A ficha de lubrificação é dividida em duas partes a primeira (figura 32) mostra os pontos de lubrificação do equipamento, a segunda (figura 33) mostra como realizar a lubrificação.

FICHA DE LUBRIFICAÇÃO			PONTO LUBRIFICAÇÃO 1
TAG	EQUIPAMENTO	LINHA	
ME 23	ESTAÇÃO DE MONTAGEM CONJUNTO FUSÍVEL	PREPARO BASE	
COMPONENTE	DESCRIÇÃO DO COMPONENTE	FREQUÊNCIA	
	UNIDADE DE CONSERVAÇÃO (LUBRIFIL)	QUINZENAL *	
DESCRIÇÕES			
* EXPURGAR A ÁGUA CASO ESTEJA NO NÍVEL MÁXIMO			
MEDIDAS DE SEGURANÇA			
JAMAIS REALIZE ATIVIDADES QUE VOCÊ NÃO ESTEJA PREPARADO!!			
É OBRIGATÓRIO O USO DOS EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL			
ETAPAS / MÓDULOS DE REALIZAÇÃO		MATERIAIS	
23  Torne a regulagem com a chave correta.	24  Ajuste a pressão da regulagem para o valor correto.	 FLANELA  LUBRIFICANTE  ÓCULOS DE PROTEÇÃO  LUVA DE PROTEÇÃO	
25  Verifique a leitura do manômetro no painel de controle. Sua leitura deve ser o valor correto.	26  Conecte a unidade de lubrificação.		
27  Conecte a unidade de lubrificação com a chave correta para o manômetro.	28  Ajuste a pressão da regulagem para o valor correto.		
29  Reconecte a unidade de lubrificação e ajuste a pressão para o valor correto.	30  Expulse o ar da água.		
EQUIP DE SEGURANÇA			
 ÓCULOS DE PROTEÇÃO  LUVA DE PROTEÇÃO		 VER SE A MANEIRA ESTÁ CORRETA  ADQUIRIR MANUTENÇÃO  VER SE A UNIDADE DE LUBRIFICAÇÃO ESTÁ SEM FALHA  ADQUIRIR MANUTENÇÃO  ADQUIRIR MANUTENÇÃO	

Figura 33: Ficha para realização da lubrificação. Fonte: O autor 2009

e) A organização e a sistematização do trabalho e consolidação do auto-controle

Essa etapa constitui os termos básicos para gerenciamento da área e atividades do trabalho. Buscando aprimorar ou aumentar a eficiência.

Baseando nas habilidades e as competências da estrutura anteriormente adquirida, nessa etapa deve-se realizar a promoção da manutenção espontânea, ou seja todos os membros da equipe são capazes de executar as atividades capazes de assegurar a disponibilidade dos equipamentos, a segurança dos envolvidos, além de proteger o meio ambiente.

Um dos mecanismos utilizados para assegurar a consolidação é o uso de etiquetagem, que são diferenciadas por cores conforme figura 36, cada cor destina a um grupo a responsabilidade de sua realização, sendo vermelha de responsabilidade da manutenção, a verde de responsabilidade dos operadores e manutenção, e a azul de responsabilidade dos operadores. Além do processo de etiquetagem também é necessário disponibilizar recursos para a realização dessas atividades como ferramentas e insumos.

Todas essas praticas quando efetuada de forma sistêmica juntamente com o processo de 5S são capazes de atender plenamente o processo de manutenção produtiva total, gerando resultados extremamente positivos de longo e curto prazo.



Figura 36: Etiquetas utilizadas para a detecção das anomalias e melhorias. Fonte: O autor 2009

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Vamos ver nesse capítulo os valores obtidos com a realização da implementação da manutenção produtiva total onde temos os valores mensais de Eficiência Global do Equipamento (OEE), coletados pela equipe após a sua implementação além dos três índices básicos do OEE que são Disponibilidade do Equipamento, Performance Operacional e Qualidade do Produto.

Além da evolução do OEE, veremos a evolução dos indicadores que são levantados pelo PQSDC, que engloba diversos departamentos alguns não são possíveis de ser mensurados.

5.1. Eficiência Global do Equipamento (OEE)

Abaixamos podemos avaliar a evolução dos indicadores da eficiência global dos equipamentos (figura 37) da célula piloto, os indicadores ainda são baixo se comparados com algumas empresas que são excelência nesse segmento, porem podemos evidenciar que houve melhoras significativas nesses valores, o que mostra que a implementação da manutenção produtiva total é capaz de melhorar a competitividade dos setores.

	Disponibilidade	Performance	Qualidade	
jul/09	52,00%	49,00%	82,00%	20,89%
ago/09	48,00%	51,00%	84,00%	20,56%
set/09	56,00%	65,00%	85,00%	30,94%
out/09	53,00%	67,00%	90,00%	31,96%
nov/09	64,00%	66,00%	76,00%	32,10%
dez/09	63,00%	56,00%	88,00%	31,05%
jan/10	65,00%	69,00%	91,00%	40,81%
fev/10	56,00%	62,00%	78,00%	27,08%
mar/10	76,00%	59,00%	87,00%	39,01%
abr/10	62,00%	61,00%	89,00%	33,66%
mai/10	65,00%	87,00%	75,00%	42,41%
jun/10	58,00%	76,00%	90,00%	39,67%
jul/10	59,00%	83,00%	82,00%	40,16%

Figura 37: Evolução da eficiência global dos equipamentos. Fonte: O autor 2010

Quando estratificamos os gráficos que compõem o OEE, verificamos que houve uma elevação nos seus resultados, avaliando o gráfico de disponibilidade (figura 38) podemos ver que é notório o crescimento da disponibilidade da linha, está elevação confirmar-se pela linha de tendência.

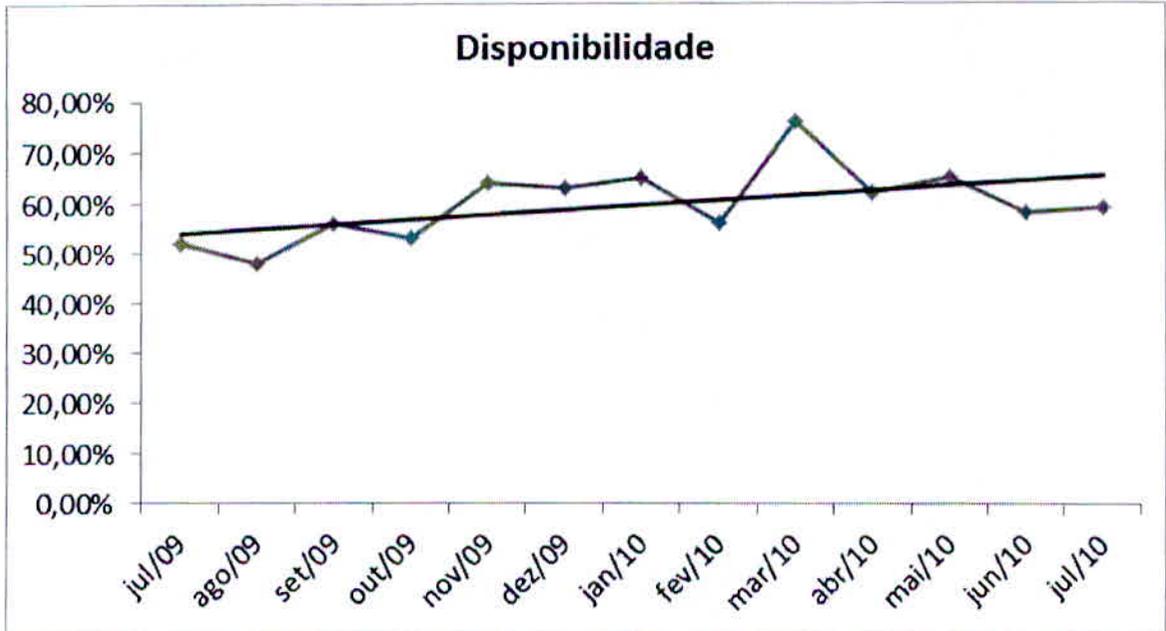


Figura 38: Gráfico da evolução da disponibilidade dos equipamentos. Fonte: O autor 2010

Além da clara elevação do gráfico de disponibilidade podemos também notar que os indicadores de performance (figura 39) também mantem com uma elevação gradual, essa elevação positiva e confirmada pela linha de tendência.

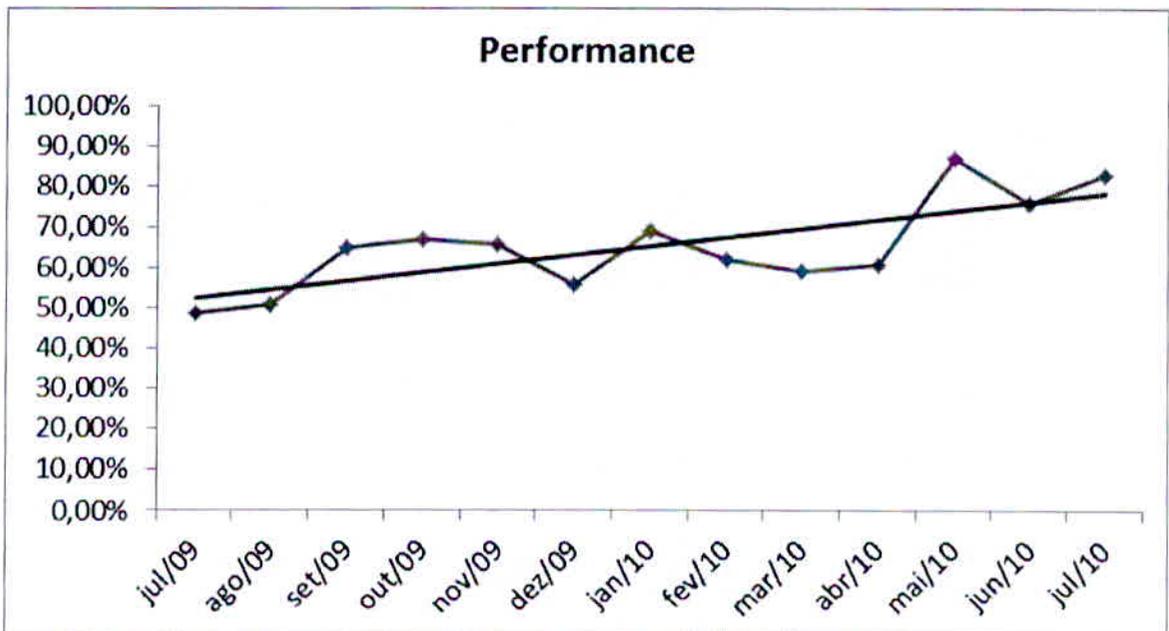


Figura 39: Gráfico da evolução da performance dos equipamentos. Fonte: O autor 2010

Os indicadores de qualidade (figura 40) foram os que menos sofreram modificações, o que podemos verificar e que os equipamentos da célula piloto não impactam tanto na qualidade do produto, visto que são dotados de mecanismos do tipo poka-yoke, o que permite maior confiabilidade do sistema produtivo

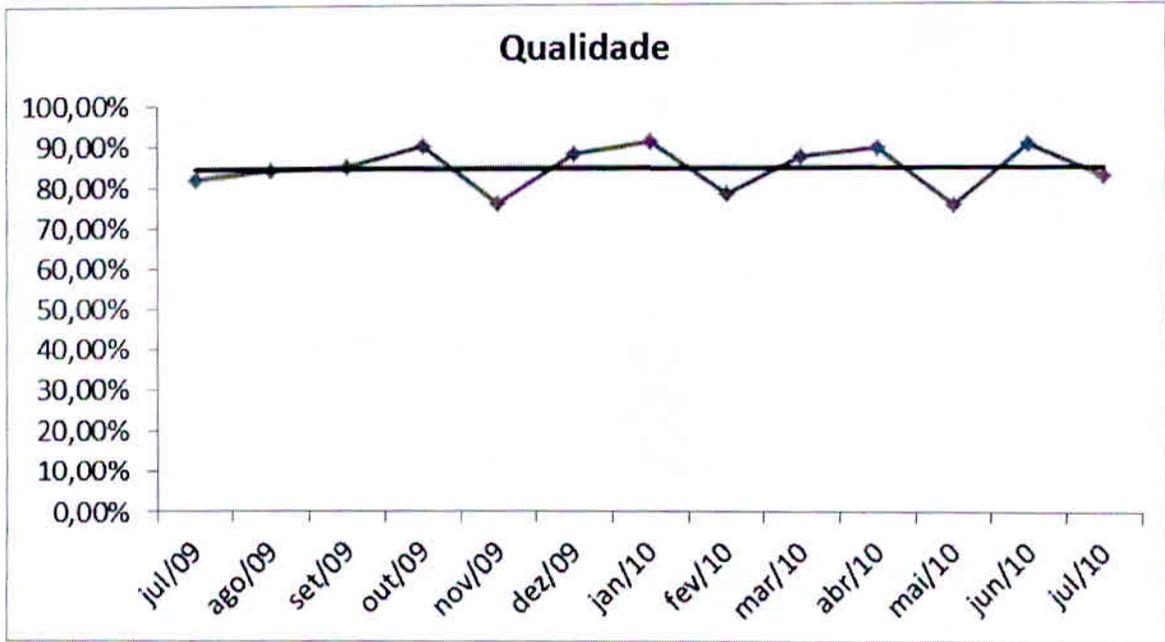


Figura 40: Gráfico da evolução da qualidade dos produtos. Fonte: O autor 2010

Os indicadores de eficiência global dos equipamentos (figura 41) sofreram uma forte elevação, quando avaliamos entre o menor resultado e o maior resultado obtido, temos uma melhora em torno de 51,52% impactando diretamente na competitividade da empresa.

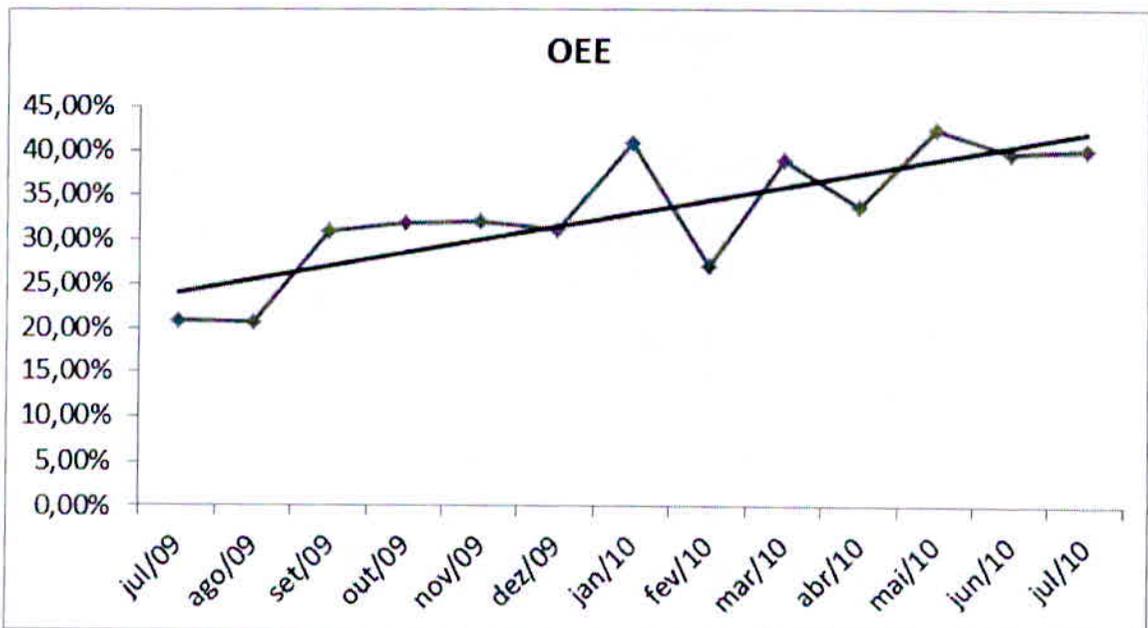


Figura 40: Gráfico da evolução da qualidade dos produtos. Fonte: O autor 2010

5.2. Gráfico de Disponibilidade dos Equipamentos

Os indicadores de disponibilidade dos setores sofreu melhoras na área do preparo, quando a avaliamos a média dos setores podemos verificar que houve um aumento 1,9 pontos, ou seja 2,37% porém esse valor não é uma realidade, visto que outros setores caiu a disponibilidade como é o caso do setor de motores.

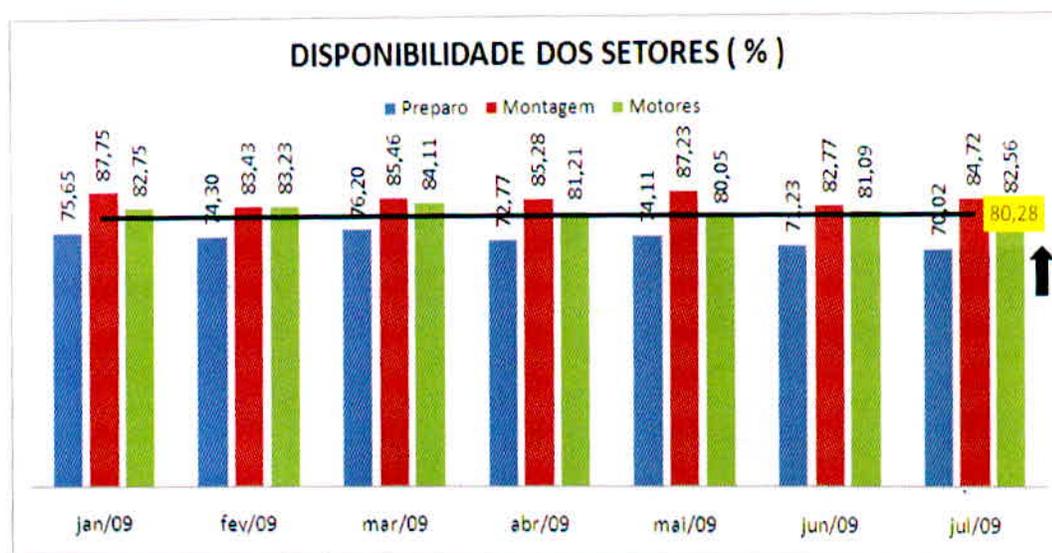


Figura 41: Gráfico de disponibilidade dos equipamentos no 1º Semestre de 2009. Fonte: O autor 2009

Abaixo verificamos o gráfico de disponibilidade dos setores do segundo semestre de 2009 e primeiro de 2010, ver figura 42.

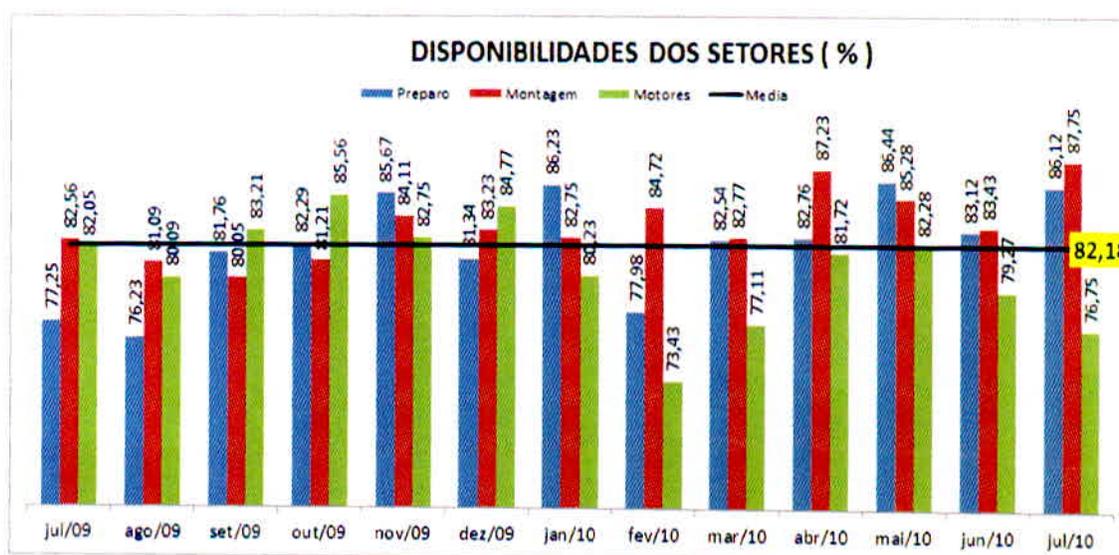


Figura 42: Gráfico de disponibilidade dos equipamentos no 2º Semestre de 2009 e 1º de 2010. Fonte: O autor 2010

5.3. Gráfico das médias de ideias na célula piloto

As ideias que foram geradas durante a fase inicial foram mensuradas e comparadas após a implementação temos neste termos uma média entre todas as somatórias ideias geradas pela quantidade colaboradores, podemos verificar que no gráfico existe uma elevação significativa da media de ideias, confirmada pela linha de tendência como podemos verificar na figura 43.

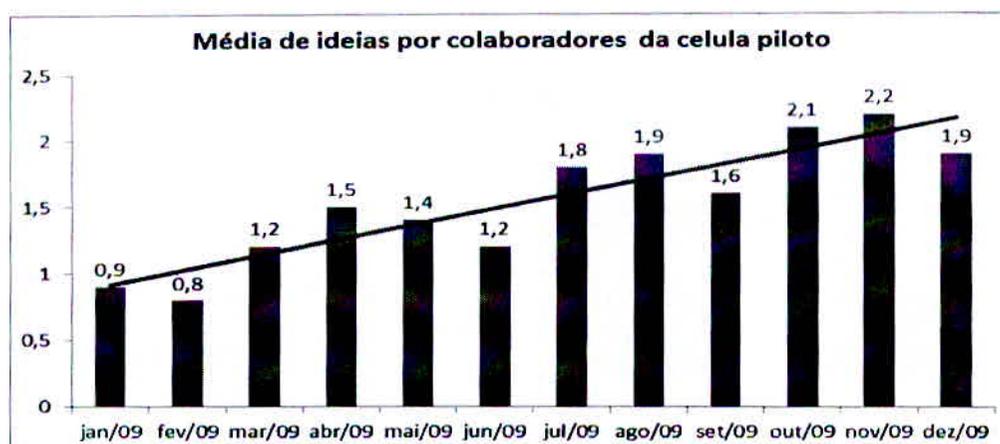


Figura 43: Gráfico da media quantidade de ideias geradas no ano 2009. Fonte: O autor 2009

5.4. Top 20 de horas paradas por manutenção corretiva não planejada

Abaixo podemos verificar o gráfico (figura 44) das 20 maiores paradas do segundo semestre de 2009.



Figura 43: Gráfico de Top 20 de paradas por equipamentos no 2º Semestre de 2009. Fonte: O autor 2009

Nos gráficos evidenciados podemos verificar que houve uma redução significativa do números de horas paradas por manutenção no primeiro semestre de 2009, quando executamos a media das horas improdutivas podemos verificar que anteriormente tínhamos 10,70 horas por equipamentos, e atualmente uma 8,23 horas no segundo semestre de 2009.

6. CONCLUSÃO

Esta monografia apresentou a implementação da manutenção produtiva total em uma empresa fabricante de eletrodomésticos na cidade de Varginha/MG, quando avaliado podemos verificar que o setor era uma área crítica, ou seja, considerado o “gargalo da produção” que vinha apresentando uma série de falhas e paradas no processo produtivo.

Foi desenvolvida e praticada a formação e qualificação dos colaboradores através de cursos de capacitação, permitindo que todos tivessem cada vez mais conhecimento, habilidades e competências sobre os equipamentos que operam.

Outro fator importante para o sucesso da manutenção produtiva total é a padronização das atividades de manutenção e produção, estas padronizações devem contemplar a coleta das informações de forma precisa, dadas as necessidades de avaliação do programa e suas metas. Quando bem padronizadas as atividades fica notório a facilidade de expansão do programa para as demais áreas da empresa.

Podemos verificar que como consequência geral, todo o processo da cadeia produtiva ganhou, foi possível verificar a diminuição do lead time dos principais produtos. Também o aumento de produção, o aumento da disponibilidade de horas produtivas e da qualidade dos produtos. Podemos verificar então que a aplicação da manutenção produtiva total colaborou para que a organização ficasse menos “pressionada”, ou seja, com menor pressão das lideranças superiores, havendo assim um maior apoio e cooperação entre os setores.

Podemos então considerar que a aplicação da manutenção produtiva total impacta diretamente no índice de eficiência global da organização, pois a ferramenta, quando bem implementada e estruturada, traz grandes resultados tanto para o processo produtivo bem como para a qualidade de vida dos colaboradores.

7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABRAMAN. Documento Nacional 2011. In: 26º Congresso Brasileiro de Manutenção da Associação Brasileira de Manutenção, 2011, Curitiba, PR. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br>>. Acesso em 11 out. 2011.

ALMEIDA, M.T. Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade. In: Curso de Análise de Vibrações I, Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria, 1999, Itajubá, MG. Disponível em: <<http://www.mtaev.com.br>>. Acesso em 18 set. 2011.

ALMEIDA, M.T. Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade. In: Curso de Análise de Vibrações I, Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria, 1999, Itajubá, MG. Disponível em: <<http://www.mtaev.com.br>>. Acesso em 18 set. 2011.

ASSIS, R. (1997) Manutenção centrada na confiabilidade – Economia das decisões, Lidel, Edições Técnicas, Lisboa.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994.

AURELIO, B.H.F. Novo Aurélio: Dicionário da Língua Portuguesa. Século XXI. Disponível em : < <http://www.uol.com.br/aurelio>> Acesso em 20 out 2011.

BECK, L. K. Speaking of continuous improvement. Engineer's Digest. Abril, 1999. Disponível em < www.findarticles.com/cf_0/m0BIM/4_27/54986446/print.jhtml > Acesso em 13 out 2011.

CABRAL, J. S. (1998) Organização e gestão da manutenção – dos conceitos à prática, Lidel, Edições Técnicas, Lisboa.

CAMARA, J. M; ARAÚJO, I. M; SANTOS, C. K. S. Manutenção Elétrica Industrial: apostila virtual. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Departamento de Engenharia Elétrica. 2001. Disponível em: < www.cace.ufrn.br/manut/index1.htm > Acesso em 18 out 2011.

E.M.S. Machinery & Equipment Guidelines: How to specify reliable machinery and equipment. Engineering Materials & Standards. Michigan: Automotive Safety & Engineering Standards Office, 1994. 107p.

GERAGHETY, T. Obtendo efetividade do custo de Manutenção através da integração das técnicas de monitoramento de condição, RCM e TPM. 2000. Disponível em < www.sqlbrasil.com.br/SQL-RCM2-ttec_integraçãombrcmtmp.html > Acesso em 12 nov 2011.

J. I. P. M. Autonomous maintenance for operators. Oregon: Productivity Press, 1997. 129 p. ISBN 1-56327-082-X.

J. I. P. M. Japanese Institute of Plant Maintenance. TPM frequently asked questions. 2002. Disponível em < www.jipm.or.jp/en/home > Acesso em 06 set 2011.

KENNEDY, R. Examining the process of RCM and TPM: what do they ultimately achieve and are the two approaches compatible?. Disponível em < www.plant-maintenance.com/articles/RCMvTPM.shtml > Acesso em 13 out 2011.

KARDEC, Alan e RIBEIRO, Haroldo, **Gestão Estratégica e Manutenção Autônoma**. – Rio de Janeiro: ABRAMAN, 2006.

KARDEC, Alan e NASCIF, Júlio, **Manutenção: Função Estratégica**. – 3ª Edição revisada e ampliada. – Rio de Janeiro: Qualitymark, Petrobrás, 2009.

MCKONE, K.E. ; CUA, K. O; SCHROEDER, R. G. Relationships between implementation of TQM, JIT and TPM and manufacturing performance. Journal of Operations Management. n.19. 2001. Elsevier Science S.A. Disponível em <www.elsevier.com/locate/dsw> Acesso em 16 set 2011

MICHAELIS. Moderno Dicionário da Língua Portuguesa Disponível em <<http://www.uol.com.br/michaelis>> Acesso em 20.nov.2011.

MIRSHAWKA, V. Manutenção Preditiva: caminho para zero defeitos. São Paulo: Makron McGraw-Hill, 1991. 318p.

NAKASATO, K. Segundo Curso de Formação de Instrutores de TPM. XV Evento Internacional de TPM. I.M.C Internacional Sistemas Educativos. 1994.

NAKAJIMA, S. Introdução ao TPM. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989. 110p.

MORA, E. How to succeed in TPM implementation. 2000. Disponível em < www.swspitcrew.com/html/aug_00.html. > Acesso em 17 set 2011.

PALMEIRA, J. N.; TENÓRIO, F. G. Flexibilização organizacional: aplicação de um modelo de produtividade total. Rio de Janeiro: FGV Eletronorte, 2002. 276p. ISBN 85-225-0402-4.

PEREZ, J. L.; LAFONT, B.S.I.E. Installation of a TPM program in caribbean plant. Computer . Computers ind. Engng. v 33. Elsevier Science Ltd. 1997. Disponível em < www.elsevier.com > Acesso em 16 out 2011.

ROBERTS, J. Total Productive Maintenance. 1997. Disponível em < <http://et.nmsu.edu/~etti/fall97/manufacturing/tpm2.html> > Acesso em 06 out 2011

S.A.E. Reliability and Maintainability Guideline for Manufacturing Machinery and Equipment. Michigan: National Center for Manufacturing Sciences, Inc., 1993. ISBN 1-56091-362-2.

SLACK, N. et al. (1999) Administração da Produção. Ed. Atlas.

SHIROSE, K. TPM para mandos intermédios de fábrica. Madrid: Productivity Press. 1994. 155p. ISBN 84-87022-11-1.

SHIRVANI, B.; CHAND, G. Implementation of TPM in cellular manufacture. Journal of Materials Processing Technology. n.103. 2000. Elsevier Science S.A. Disponível em < www.elsevier.com/locate/jmatprotc > Acesso em 16 set 2011

SIEVULI, W. Manutenção em tear Sulzer Ruti. 2001. Disponível em < www.lasid.funrei.br/planosdemantencao/tearsulzer-ruti/funrei.htm > Acesso em 20 out 2011.

SUZAKI, K. The New Manufacturing Challenge: techniques for continuous improvement. New York: The Free Press, 1987. 255 p. ISBN 0-02-932040-2.

TAKAHASHI, Y ; OSADA, T. Manutenção Produtiva Total. 2.ed. São Paulo: Instituto IMAN, 2000. 322p.

VERGARA, S. C. Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2000. 92 p. ISBN 85-224-2623-6.

XENOS, H. G. Gerenciando a Manutenção Preventiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade. Belo Horizonte. Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998. 302 p. ISBN 85-86948-04-7.

WIREMAN, T. How is TPM different?. Engineer's Digest. Fev 2000. Disponível em < www.findarticles.com/cf_0/m0BIM/2_28/64456545/print.jhtml > Acesso em 13 out 2011.