



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

**ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DO TPM EM UMA EMPRESA
DO RAMO FARMACEUTICO**

Guaratinguetá

2012

LUCAS ANDRADE RODRIGUES

ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DO TPM EM UMA EMPRESA DO RAMO FARMACEUTICO

Trabalho de Graduação
apresentado ao Conselho de Curso de
Graduação em Engenharia Mecânica da
Faculdade de Engenharia do Campus de
Guaratinguetá, Universidade Estadual
Paulista, como parte dos requisitos para
obtenção do diploma de Graduação em
Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Muniz Junior

Guaratinguetá

2012

R696a	Rodrigues, Lucas Andrade Análise da implantação do TPM em uma empresa do ramo farmacêutico / Lucas Andrade Rodrigues – Guaratinguetá : [s.n], 2012. 74 f : il. Bibliografia: f. 71-74 Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2012. Orientador: Prof. Dr. Jorge Muniz Junior 1. Controle de produção 2. Produtividade industrial 3. Processo decisório I. Título CDU 658.5
-------	---

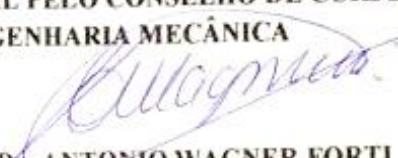
ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DO TPM EM UMA EMPRESA DO RAMO FARMACEUTICO

LUCAS ANDRADE RODRIGUES

**ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO PARTE
DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE**

"GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA"

**APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**


Prof. Dr. ANTONIO WAGNER FORTI

Coordenador

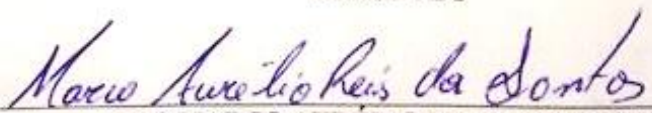
BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. JORGE MUNIZ JUNIOR

Orientador/UNESP-FEG


Prof. Msc. BRUNO CHAVES FRANCO

UNESP-FEG


Prof. MARCO AURÉLIO REIS DOS SANTOS

UNESP-FEG

Dezembro de 2012

DADOS CURRICULARES

LUCAS ANDRADE RODRIGUES

NASCIMENTO	27.09.1987 – RIO CLARO / SP
FILIAÇÃO	Salvador Rodrigues da Conceição Laura Emilia Andrade da Silva Rodrigues
2007/2013	Curso de Graduação em Engenharia Mecânica, na Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista

DEDICATÓRIA

de modo especial, à minha família e amigos, que representam força vital para o meu desempenho, através do poder de incentivar e inspirar cada conquista e cada desafio presente no meu caminho.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a minha família e meus amigos,

ao meu orientador, Prof. Dr. Jorge Muniz Junior que me incentivou e buscou, juntamente comigo, novos conhecimentos e desafios. Sem a sua orientação, dedicação e auxílio, o estudo aqui apresentado seria praticamente impossível,

aos meus pais Salvador e Laura, que apesar das dificuldades enfrentadas, sempre incentivaram meus estudos,

à Andressa Zabaleta, Mateus Machado da Mota, Marcelo Faria Renó, Leandro Alves da Silva e Thiago Martins Monti, que foram e são, desde sempre, pessoas muito importantes em minha vida e ótimos amigos,

ao Jessé Emilio Dela Rosa Pelegrino e Pedro Luis Caetano de Souza, pelos conhecimentos compartilhados e a amizade,

à Republica Abate, por todos esses anos de aprendizado e alegrias também.

“O único lugar onde o sucesso vem antes do trabalho é no dicionário”

Albert Einstein

RODRIGUES, L. A. **Análise da implantação da metodologia TPM em uma empresa de bens de consumo do ramo farmacêutico**. 2012. 73 f. Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Guaratinguetá, 2012.

Resumo

Através de observação dos processos das indústrias atuais, pode-se deparar com necessidades de melhorias ligadas as grandes incertezas e variações no ambiente produtivo, fato que inspirou a busca por soluções capazes de responder rapidamente as estas mudanças.

Desta maneira, este trabalho descreve a análise da aplicação do TPM (gerenciamento total da produtividade), que visa otimizar dois processos distintos em uma indústria do setor farmacêutico do Vale do Paraíba através do pilar de melhoria específica. O objetivo principal é propor uma análise eficaz propondo alternativas para gestão das perdas nos processos, identificando e eliminando as mesmas em um processo sistemático. Para o desenvolvimento desta análise foi necessário explorar conceitos de TPM e ferramentas que auxiliam na tomada de dados, identificação e clarificação dos fenômenos que originam as falhas nos processo, os quais foram primordiais para garantir o desenvolvimento da análise. Os conceitos abordados são, normalmente, apresentados durante um curso de graduação em Engenharia. Os dados compilados pela análise são capazes de servir como referencial estratégico, para tomada de decisão por parte dos gestores, apresentando alternativas de resposta as variáveis e incertezas do ambiente organizacional, fato que facilita a administração dos recursos humanos e produtivos.

PALAVRAS-CHAVE: TPM, melhoria específica, gestão de perdas, tomada de decisão, ambiente organizacional.

RODRIGUES, L. A. Analysis of the implementation of TPM methodology in a company of consumer goods branch pharmacist.. 2012. 73 f. Mechanic Engineering Graduation Work - Engineering College of Guaratinguetá, São Paulo State University (UNESP), Guaratinguetá, 2012.

ABSTRACT

Through observation of the production process industries today, one can encounter the needs of the large uncertainties related improvements and changes in the production environment, a fact that inspired the search for solutions that can respond quickly to these changes.

Thus, this paper describes the review of implementation of TPM (total productivity management), which aims to optimize two distinct processes in the Vale do Paraíba's pharmaceutical industry one of through the pillar of specific improvement. The main objective is to propose an efficient alternative to proposing loss management processes by identifying and eliminating the same in a systematic process. To develop this analysis was necessary to explore concepts of TPM and tools that help in taking data, identification and clarification of the phenomena that cause failures in the process, which were essential to ensure the development of the analysis. The concepts covered are usually presented during an undergraduate degree in Engineering. Data compiled by the analysis are able to serve as a strategic benchmark for decision making by managers, providing alternative response variables and uncertainty of the organizational environment, a fact that facilitates the management of human resources and productive.

KEYWORDS: TPM, improving specific, loss management, decision making, organizational environment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Standard Mundial de OEE	24
Figura 2: Sistemática para Cálculo do OEE	25
Figura 3: Pilares do TPM	36
Figura 4: Perdas em sanitização	55
Figura 5: Diagrama 5W1H	56
Figura 6: Análise do aspecto dos equipamentos antes da limpeza final de turno	58
Figura 7: Evolução das Perdas.....	61
Figura 8: Meta X Real	61
Figura 9: Árvore de Oportunidades - ETE	64
Figura 10: Projeção das melhorias.....	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: 19 Grande Perdas.....	22
Quadro 2: Grandes Perdas de Utilidades	23
Quadro 3: Fases de implantação do TPM.....	35
Quadro 4: Árvore de Oportunidades - Fio Dental	53
Quadro 5: Custos referentes à perdas por sanitização	55
Quadro 6: Etiquetas atrasadas	56
Quadro 7:: Análise 5 porquês	57
Quadro 8: Diagrama de 5W2H.....	58
Quadro 9: Análise microbiológica antes da limpeza	60
Quadro 10: Análise microbiológica após a limpeza	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TPM – *Total Productive Management*

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

BM – *Breakdown Maintenance*

CM – *Corrective Maintenance*

CBM – *Condition Based Maintenance*

TBM – *Time Based Maintenance*

JIPM – *Japan Institute of Plant Maintenance*

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	15
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	16
1.2	OBJETIVO DA PESQUISA	16
1.2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.3	DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	17
1.4	MÉTODO DA PESQUISA	17
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	18
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	GESTÃO DE PERDAS	19
2.1.1	CARACTERÍSTICAS DAS PERDAS CRÔNICAS E ESPORÁDICAS	20
2.1.2	AS GRANDES PERDAS DO TPM	21
2.1.3	OEE (OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS) – EFETIVIDADE GLOBAL DO EQUIPAMENTO	23
2.1.3.1	CÁLCULO DO OEE	24
2.2	MANUTENÇÃO.....	25
2.2.1	DEFINIÇÃO DE MANUTENÇÃO	26
2.2.2	EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO	26
2.2.3	TIPOS DE MANUTENÇÃO	28
2.2.3.1	MANUTENÇÃO CORRETIVA.....	28
2.2.3.2	MANUTENÇÃO PREVENTIVA	29
2.2.3.3	MANUTENÇÃO PREDITIVA	30
2.3	GERENCIAMENTO TOTAL DA PRODUTIVIDADE (TPM).....	31
2.3.1	HISTÓRICO DO TPM.....	31

2.3.2	DEFINIÇÃO DO TPM	33
2.3.3	OBJETIVOS DO TPM	34
2.3.4	FASES DE IMPLANTAÇÃO DO TPM	34
2.3.5	PILARES DO TPM	36
2.3.5.1	PILAR DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA	36
2.3.5.1.1	IDENTIFICAÇÃO DE ANOMALIAS	37
2.3.5.2	PILAR DE MANUTENÇÃO PLANEJADA	38
2.3.5.3	PILAR DE EDUCAÇÃO E TREINAMENTO	39
2.3.5.4	CONTROLE INICIAL	40
2.3.5.5	MELHORIA ESPECÍFICA	41
2.3.5.6	MANUTENÇÃO DA QUALIDADE	41
2.3.5.7	TPM NAS ÁREAS ADMINISTRATIVAS	42
2.3.5.8	SEGURANÇA, HIGIENE E MEIO AMBIENTE	43
3.	ESTUDO DE CASO	45
3.1	ESTRUTURA PRODUTIVA E DE QUALIDADE	45
3.2	HISTÓRICO DO TPM NA EMPRESA	45
3.2.1	1ª FASE DA IMPLANTAÇÃO	45
3.2.2	RE-CERTIFICAÇÃO JIPM E INÍCIO DA 2º FASE	46
3.2.2.1	CONFRONTO COM OUTROS PROGRAMAS JÁ INICIADOS NA COMPANHIA	46
3.2.2.2	CAPACITAÇÃO E TREINAMENTO	47
3.2.2.3	APOIO DA LIDERANÇA E DE OUTRAS ÁREAS	47
3.2.2.4	GESTÃO DO PROCESSO	47
3.3	DESCRIÇÃO DOS PILARES	48
3.3.1	PILAR DE EDUCAÇÃO E TREINAMENTO	48
3.3.2	PILAR DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA	49
3.3.3	PILAR DE MANUTENÇÃO PLANEJADA	50
3.3.4	PILAR DE MELHORIA ESPECÍFICA	51

3.4	AS 10 ETAPAS DO CICLO DE MELHORIA	51
3.4.1	FÁBRICA DE FIO DENTAL	52
3.4.1.1	ETAPA 1 – SELEÇÃO DO TEMA DE MELHORIA	52
3.4.1.1.1	ÁRVORE DE OPORTUNIDADES	52
3.4.1.2	ETAPA 2 – FORMAÇÃO DA EQUIPE DE PROJETO	54
3.4.1.3	ETAPA 3 – VERIFICAÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL	54
3.4.1.4	ETAPA 4 – LEVANTAMENTO DAS ANOMALIAS E ELIMINAÇÃO DE PEQUENAS DEFICIÊNCIAS	56
3.4.1.5	ETAPA 5 – ANÁLISE DAS CAUSAS DO PROBLEMA	57
3.4.1.6	ETAPA 6 – PLANEJAMENTO DA IMPLEMENTAÇÃO	58
3.4.1.7	ETAPA 7 – IMPLANTAÇÃO DA MELHORIA	59
3.4.1.8	ETAPA 8 – VERIFICAÇÃO DOS RESULTADOS	61
3.4.1.9	ETAPA 9 – MEDIDAS CONTRA A RECORRÊNCIA DO PROBLEMA E CONSOLIDAÇÃO	62
3.4.1.10	ETAPA 10 – REPLICAÇÃO HORIZONTAL	62
3.4.2	SETOR DE UTILIDADES	63
3.4.2.1	CRIAÇÃO DA ÁRVORE DE OPORTUNIDADES E INÍCIO DA ETAPA 1 – SELEÇÃO DO TEMA DE MELHORIA	64
3.4.2.2	ETAPA 2 - FORMAÇÃO DA EQUIPE DE PROJETO	65
3.4.2.3	ETAPA 3 – VERIFICAÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL	66
3.4.2.4	ETAPA 4 – LEVANTAMENTO DAS ANOMALIAS E ELIMINAÇÃO DAS PEQUENAS DEFICIÊNCIAS	67
3.4.2.5	SITUAÇÃO ATUAL	68
4.	ANÁLISES E CONCLUSÕES	69
4.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	69
5.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	70

1. INTRODUÇÃO

A crescente evolução nos processos e automatização dos mesmos e a necessidade de constantes resultados positivos, acelerados pelo processo de globalização da economia, têm levado as empresas à, cada vez mais, buscarem mudanças no gerenciamento baseados nos conceitos de eliminação de desperdícios, melhoria da qualidade, aumento da produtividade e redução de custos. Tais mudanças instigaram alterações nos negócios e na estratégia de manufatura (VOKURKA e LUMUS, 2000). Esta busca se torna ainda mais eficaz quando incorporada a uma adequada estratégia da empresa.

Para incorporar esta demanda de informações na estrutura organizacional as empresas contam principalmente com a capacitação técnica de seus colaboradores.

As diretrizes estratégicas das organizações norteiam as ações para atingirem o crescimento de mercado, com o desenvolvimento de *softwares* específicos, implantação de normas internacionais, automatizando processos, utilizando-se da robotização. Entretanto as instalações e os equipamentos não são o suficiente para compor o sucesso destas organizações.

O fator humano, baseado tanto na evolução da capacitação técnica quanto na otimização dos trabalhos executados pelas pessoas são imprescindíveis ao sucesso de qualquer empreendimento. A reeducação e a pró-atividade para as ações de prevenção torna-se no século XXI o grande aliado ao sucesso das organizações. A manutenção dos meios de produção passa, então, a envolver a preocupação e a ação de todos (NAKAJIMA, 1989).

As organizações, cada vez mais, têm a necessidade de serem flexíveis e capazes de se ajustar rapidamente às mudanças constantes de mercado.

A quebra dos paradigmas e superar os limites fazem o sucesso de uma empresa. O exame minucioso de como seu trabalho está sendo realizado exige uma metodologia baseada nos principais valores da empresa que englobam as pessoas, os meios de produção e os produtos e serviços oferecidos.

Para possibilitar o envolvimento de todas as áreas no sentido de fortalecer os processos, estabelecendo assim uma vantagem competitiva, utiliza-se a implantação do Gerenciamento Total da Produtividade (TPM – *Total Productive Management*), um modelo de gestão de trabalho, dependente do envolvimento de toda a empresa e que possibilita melhorias significativas de produtividade e qualidade dos processos (PEREZ, 1997, p.1).

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

Diversas empresas iniciaram a implantação do TPM, mais somente algumas centenas tiveram sucesso (MORA, 2000, p.1). Diversos fatores podem explicar esta falta de sucesso na grande maioria das empresas.

Diferentes culturas e prioridades, excesso de programas mal sucedidos, falta de envolvimento de toda a organização, falta de uma rotina de controle de resultados de eficiência, falta de conhecimento e de liderança podem ser apontadas como causas de insucesso na implantação do TPM nas empresas (WILLIAMSON, 2002, P.3-7).

Alguns paradigmas criam resistência, característica inerente ao ser humano, e acabam dificultando ou até inviabilizando a aplicação do TPM e que pode ser verificada em posicionamentos tais como: funciona apenas em outro país; isto é bom para outra empresa; funciona apenas em outro setor; TPM é carga de trabalho para produção.

À luz dessas dificuldades apontadas, se faz necessário demonstrar os benefícios e dificuldades encontradas durante a aplicação do TPM. Este trabalho apresenta um caso real da implantação do TPM em uma empresa do ramo farmacêutico, mostrando as dificuldades no confronto com iniciativas já existentes na companhia, a aplicação em uma área onde o TPM é pouco difundido e os resultados obtidos.

1.2 OBJETIVO DA PESQUISA

Analisar a implantação do TPM em uma empresa de bens de consumo do ramo farmacêutico, com foco no pilar de melhoria específica em dois setores distintos da empresa.

1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O presente trabalho teve como objetivo realizar uma análise da implantação do TPM com foco nas dez etapas do ciclo de melhoria específica, demonstrando as dificuldades e benefícios de cada etapa, o impacto na Eficiência Global do Equipamento (OEE – *Overall Equipment Effectiveness*), os ganhos relacionados ao projeto de melhoria realizado em um

caso real de uma empresa de bens de consumo do ramo farmacêutico, servindo como base para estudos posteriores.

1.3 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

A empresa é uma companhia de produtos para cuidados da saúde com aproximadamente 122.000 funcionários trabalhando nas mais de 200 companhias presentes em 57 países. A matriz localizada em *New Brunswick*, no estado de *New Jersey*, nos Estados Unidos da América, desde sua fundação em 1886. Atualmente, o grupo compreende diversas companhias ao redor do mundo; no Brasil se encontram três delas.

Inaugurado em 1954, o Parque Industrial situado no Vale do Paraíba é um dos maiores complexos de manufatura da companhia no mundo e, conseqüentemente, da América Latina.

O Parque possui uma área de 910 mil metros quadrados, onde são fabricados diversos produtos pertinentes ao mercado consumidor, farmacêutico e médico - profissional.

Comporta também um Centro de Pesquisa e Desenvolvimento, um Centro Social, armazéns, oficinas, escritórios e, entre outros setores, possui seis poços semi-artesianos e uma estação de tratamento de efluentes e conta com aproximadamente 6800 funcionários no Brasil.

Para o estudo deste trabalho, foi feita uma análise da implantação da TPM em dois setores distintos dentro da empresa, sendo eles: fábrica de fio dental e estação de tratamento de efluentes.

Ela possui um compromisso muito exigente com a qualidade, portanto uma estrutura totalmente voltada para os valores do consumidor, e para isso, busca continuamente a adoção de programas que buscam a redução das perdas e dos defeitos nos processos.

Por questões estratégicas e de confidencialidade, o nome da companhia, assim como o nome dos funcionários e os equipamentos envolvidos não serão citados.

1.4 MÉTODO DA PESQUISA

Do ponto de vista de sua natureza, este trabalho pode ser considerado um estudo de caso, já que é orientado à geração de conhecimentos dirigidos a uma análise.

Segundo Yin (2001), a essência de um estudo de caso é tentar esclarecer uma decisão ou um conjunto de decisões, avaliando o motivo pelo qual foram tomadas, como foram tomadas, como foram implementadas e quais os resultados.

O estudo de caso é caracterizado por um modelo de pesquisa que possui como objetivo principal a análise intensa de uma unidade, podendo ser um indivíduo, um grupo de indivíduos ou mesmo uma empresa (GODOY, 1998). Portanto foi selecionado como o método mais coerente para análise deste presente estudo para descrever os fatos com acuracidade.

O estudo de caso permitirá a coleta de informações necessárias de tal forma que os resultados obtidos possam ser descritos, tabulados e analisados, permitindo, assim, um profundo e exaustivo estudo de objetivo deste trabalho, de maneira que se alcance o seu *amplo e detalhado conhecimento (ZAIONS, 2003).

Para atingir os objetivos que este trabalho propõe, utilizou-se um método com uma análise bibliográfica sobre o tema, visando conhecer o pensamento original de diversos autores, onde foram consultadas obras técnicas, didáticas, científicas e em artigos periódicos.

A análise da implementação do TPM na empresa dividiu-se da seguinte forma: (i) preparação do estudo; (ii) levantamento das perdas; (iii) caracterização das perdas; (iv) análise das oportunidades de melhoria; (v) definição do tema de melhoria e; (vi) análise das dez etapas do ciclo de melhoria específica.

Por ultimo, com base nas informações obtidas, foram elaboradas as conclusões e as sugestões para futuros trabalhos sobre o tema.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este presente trabalho apresenta uma análise da implantação do TPM em uma empresa do ramo farmacêutico, dividido em quatro principais partes.

A primeira nos mostra uma introdução referente a estrutura do trabalho, o método utilizado e a delimitação do estudo. A segunda parte, nos mostra o contexto em que o TPM está inserido mundialmente, um breve histórico a respeito da manutenção e análise teórica das perdas existentes nos processos.

O estudo de caso se inicia na terceira parte, com a análise das duas áreas distintas dentro de uma companhia.

A quarta e última parte apresenta as conclusões a respeito deste estudo e uma indicação para trabalhos futuros.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 GESTÃO DE PERDAS

Caracteriza-se como uma perda, qualquer desvio da situação atual com relação a condição ideal. A eficiência do equipamento é uma medida do valor agregado à produção através de atividades qualitativas e quantitativas. Medidas qualitativas visam aumentar a disponibilidade total do equipamento e melhorar sua produtividade dentro de um período considerado como tempo de operação.

Medidas quantitativas têm como objetivo a redução do número de produtos defeituosos, estabilizando e melhorando a qualidade do processo como um todo.

A meta do TPM é aumentar a eficácia do equipamento de forma que ele possa ser operado de modo contínuo e com excelência. O operador e o equipamento devem funcionar ambos de maneira estável, com quebra zero e defeito zero.

Existem dois tipos diferentes de perdas encontradas nos processos como um todo, perdas crônicas e perdas esporádicas. As perdas crônicas são causadas por defeitos ocultos nos equipamentos, componentes e métodos. Para melhorar a efetividade da fábrica é necessário eliminar completamente as perdas crônicas e os defeitos ocultos.

Normalmente, o trabalho de manutenção é centralizado fundamentalmente nos problemas que podem ser caracterizados como esporádicos, são aqueles pouco frequentes que causam a quebra repentina ou perda de qualidade. Já as perdas crônicas são sutis e muito difíceis de detectar. Com algum trabalho, suas causas podem ser detectadas e eliminadas mudando o enfoque da manutenção da fábrica.

2.1.1 CARACTERÍSTICAS DAS PERDAS CRÔNICAS E ESPORÁDICAS

Para reduzir as perdas crônicas, é necessário conhecer profundamente suas características. Não podemos determinar as causas sem compreender a fundo as condições que rodeiam a perda em particular. Devem-se evitar as conclusões precipitadas porque se baseiam em uma investigação inadequada. As numerosas combinações de causas de problemas crônicos produzem uma complexidade de fenômenos que surgem a todo o momento em diferentes combinações. Portanto, é mais prudente afirmar que não conhecemos a causa. Muitas vezes, pode-se desenvolver uma contramedida eficaz para uma causa, mas, enquanto existirem outros casos ocultos, a melhoria será limitada ou quase nula.

Geralmente perdas esporádicas são visíveis, apresentam causas claras, possuem um alto custo para correção e baixa incidência. Já as perdas crônicas são normalmente ocultas, causam perdas insignificantes no momento em que ocorrem, acontecem com uma frequência

elevada, são de fácil restauração pelos operadores, raramente chegam ao conhecimento dos supervisores, são extremamente difíceis de quantificar e devem ser detectadas realizando-se comparações com as condições ótimas.

Como dito anteriormente, as perdas crônicas são as principais causas de baixa efetividade no equipamento. Geralmente são imperceptíveis, especialmente quando estão ocultas em uma situação considerada normal. A maioria das vezes resulta em pequenas paradas, redução de velocidade, retrabalhos e perdas no *start-up*.

As perdas crônicas podem ser muito reduzidas e até mesmo eliminadas, aumentando-se a confiabilidade do equipamento, restabelecendo sua condição original, identificando e estabelecendo as condições ótimas de operação, assim como eliminando os pequenos defeitos que muitas vezes passam despercebidos.

2.1.2 AS GRANDES PERDAS DO TPM

O TPM tem como objetivo principal, a redução das perdas de uma empresa para aumento do rendimento global dos equipamentos e instalações (NAKAZATO, 2011). Para clarificação dos fenômenos que ocorrem nas fábricas e um gerenciamento mais eficaz das perdas, foram definidas as 19 grandes perdas do TPM, sendo 11 relacionadas a falhas nos equipamentos, 5 relacionadas a perdas com mão-de-obra e 3 relacionadas aos insumos das fábricas.

Um fato que deve ser levado em conta, é que nem sempre as grandes perdas são adotadas em todas as fábricas. Muitos autores citam as perdas como sendo 16 (8 relacionadas a falhas nos equipamentos e 8 relacionadas aos recursos humanos e insumos). A análise e caracterização das perdas devem ser feitas de acordo com as necessidades do processo que está sendo estudado, podendo diminuir ou aumentar as definições das perdas.

Neste presente estudo, um setor de utilidades será analisado, e por não apresentar tempo de parada não é possível determinar sua eficiência global dos equipamentos. Portanto será feita uma recharacterização das 19 grandes perdas utilizadas na fábrica, sendo adaptada para as necessidades do setor. Os quadros 1 e 2 apresentam a lista das perdas utilizadas em um setor fabril e das perdas adaptadas para o setor de utilidades respectivamente:

EQUIPAMENTO	1	Quebra Falha	Interrupção total ou parcial da função do equipamento, com intervenção da manutenção e/ou operação, para correção da falha ou ajuste de máquina com tempo superior a 10 min.
	2	Change Over / Set Up e seus ajustes	Tempo de troca e ajuste de um produto para outro até que este esteja dentro dos padrões.
	3	Troca de ferramental	Tempo para troca de ferramentas que atingiram sua vida útil quer seja planejado ou não
	4	Start up	Tempo de preparação da máquina para início de produção.
	5	Pequenas paradas	Interrupção total ou parcial da função do equipamento, com intervenção da manutenção e/ou operação, para correção da falha ou ajuste de máquina com tempo inferior a 10 min com troca ou não de peças.
	6	Perda de velocidade	Perda devido a diferença de velocidade de projeto e a velocidade real
	7	Defeito de Qualidade	Tempo necessário para retrabalhar produtos defeituosos transformando-os em produtos bons
	8	Shut Down (Parada programada)	Perda de hora máquina por manutenções preventivas, inspeções TPM, reuniões, treinamentos, testes de Engenharia/Pesquisa
	9	Sanitização	Tempo de limpeza e sanitização, conforme especificação
	10	Eventos Inesperados	Paradas não planejadas em consequência das perdas de hora homem e insumos (paradas sindicais, falta de energia do nosso provedor)
	11	Abastecimento de material	Tempo de abastecimento de material e/ou retirada de scrap superior ao standard da pequena parada
MÃO DE OBRA	12	Falha administrativa	É a parcela de tempo na execução da tarefa que excede o tempo planejado
	13	Movimentação	Tempo de movimentação desnecessária na execução de tarefas.
	14	Desorganização na linha	Headcount adicional para manter eficiência ou escoar produção por ineficiência de lay out
	15	Falta de automação	Perdas de homem hora por não utilização de pequenas automações que podem ser feitas com baixo investimento.
	16	Perdas por medição (ajustes excessivos)	Perda de hora homem por inspeção de qualidade rotineira/extraordinária de produção e ajustes frequentes no equipamento para manter o produto dentro do especificado.
INSUMOS	17	Rendimento Matéria Prima	Toda matéria prima NÃO convertida em produto acabado e/ou consumida a mais que o especificado (Consumo mais compulsória)
	18	Desperdício de energia	Perdas que englobam todos os tipos de energia (elétrica/vapor/ar comprimido / água)
	19	Baixa eficiência de ferramental	Perdas por baixa performance do ferramental. Troca precoce do ferramental antes do fim da vida útil projetado.

Quadro 1: 19 Grande Perdas

MÃO-DE-OBRA E EQUIPAMENTOS	1	Quebra/Falha - MC	Interrupção total ou parcial da função do equipamento, com intervenção da manutenção e/ou operação, para correção da falha ou ajuste de máquina.
	2	Manutenção Planejada	Interrupção total ou parcial da função do equipamento, com intervenção da manutenção para a ocorrência de Manutenção Planejada.
	3	Desperdício de Energia Elétrica	Gasto de Energia Elétrica além do previsto, devido a falhas na utilização do equipamento ou deterioração dos mesmos.
	4	Start up	Tempo de preparação da máquina para início de produção.
	5	Eficiência	Deficiência na entrega devido a baixa eficiência dos equipamentos.
	6	Parada Programada	Perda de hora homem por inspeções TPM, reuniões, treinamentos, testes de Engenharia/Pesquisa
	7	Defeito de Qualidade	Tempo necessário para correção do processo devido a defeitos na entrega do insumo
	8	Eventos Inesperados - Parada Externa	Falta de fornecimento por parte dos provedores (gás natural, energia elétrica, água).
	9	Abastecimento de material	Hora homem para abastecimento de material.
	10	Limpeza e Sanitização	Hora homem para realização das limpezas nos equipamentos.
	11	Falta de automação	Perdas de hora homem por não utilização de pequenas automações que podem ser feitas com baixo investimento.
	12	Perdas por medição (ajustes excessivos)	Perda de hora homem por inspeção de qualidade rotineira/extraordinária de produção e ajustes frequentes no equipamento para manter o insumo dentro do especificado.
	13	Troca de ferramental	Perdas por baixa performance do ferramental. Troca precoce do ferramental antes do fim da vida útil projetado.

Quadro 2: Grandes Perdas de Utilidades

2.1.3 OEE (OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS) – EFETIVIDADE GLOBAL DO EQUIPAMENTO

Overall Equipment Effectiveness (OEE) é uma hierarquia de métricas desenvolvidas por Seiichi Nakajima em 1960, que avalia e indica a forma como a operação de fabricação é utilizada. Os resultados são apresentados de forma genérica que permite a comparação entre as unidades de fabricação em indústrias diferentes. Contudo, não é uma medida absoluta e é mais usado para identificar possibilidades de melhoria de desempenho de processos, e como obter a melhoria.

A utilização do indicador OEE, conforme proposto pelo método TPM, permite que as empresas analisem as reais condições da utilização de seus ativos. Estas análises das condições ocorrem a partir da identificação das perdas existentes em ambiente fabril, envolvendo índices de disponibilidade de equipamentos, desempenho e qualidade (SANTOS e SANTOS, 2007).

$$\text{OEE} = \text{disponibilidade} * \text{performance} * \text{qualidade}$$

Segundo Nakajima (1989), a meta ideal de um OEE para os equipamentos é de 85%. Empresas que obtiveram OEE superior a 85% ganharam o prêmio *TPM Award*. Para se obter esse valor de OEE é necessário que seus índices sejam de: 90% para disponibilidade * 95% performance * 99% qualidade. Conforme ilustrado na Figura 1:

Fator	Standard Mundial
disponibilidade	90%
performance	95%
qualidade	99,9%
OEE	85%

Figura 1: Standard Mundial de OEE

2.1.3.1 CÁLCULO DO OEE

Para o cálculo do OEE de um equipamento, faz-se a multiplicação dos três índices chaves que são: disponibilidade, desempenho e qualidade.

Disponibilidade representa a relação entre o tempo real disponível (TRD) - tempo de carga (TC) disponível descontado das paradas não programadas, como quebras, falta de operador, limpeza e sanitização, etc – e o tempo de carga – tempo teórico disponível descontado das paradas programadas como manutenções preventivas ou programadas, reuniões, treinamentos, etc). Conforme a equação (1):

$$Disponibilidade(\%) = \frac{TRD}{TC} \times 100 \quad (1)$$

O índice de desempenho é calculado através da relação entre o total de peças produzidas e tempo real disponível multiplicado pelo tempo *standard* do ciclo para produção do produto. Conforme a equação (2):

$$Performace(\%) = \frac{Peças\ Produzidas(pcs)}{TempoStandard(pcs / h) \times TemporealDisponível(h)} \times 100 \quad (2)$$

Segundo Nakajima (1989), há diferença entre o desempenho real e o teórico se deve às perdas encontradas nas pequenas paradas do equipamento e na queda de velocidade na qual a máquina foi projetada para operar.

Para o cálculo do índice de qualidade utiliza-se a relação das peças produzidas descontada das peças de refugo e das peças retrabalhadas, dividida pela quantidade de peças produzidas. Conforme a equação (3):

$$Qualidade(\%) = \frac{Peças\ Produzidas - Peças\ Refugadas - Peças\ Retrabalhadas}{Peças\ Produzidas} \quad (3)$$

Na Figura 2, ilustra-se uma sistemática de cálculo do indicador OEE:

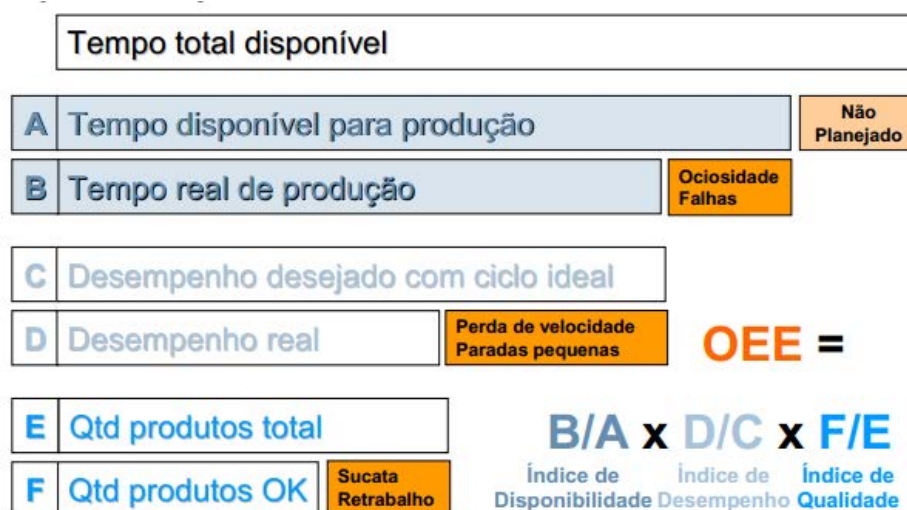


Figura 2: Sistemática para Cálculo do OEE

Fonte: Santos e Santos, 2007

2.2 MANUTENÇÃO

O conceito de manutenção teve seu início no final do século XIX com o surgimento da indústria mecanizada, com poucos traços de organização e planejamento (ZAIONS, 2003). Com o surgimento do Fordismo, a necessidade de uma manutenção mais elaborada e organizada foi se tornando cada vez mais frequente.

Devido ao grande aumento na complexidade dos equipamentos e dos sistemas produtivos nestes últimos anos, notamos uma evolução expressiva nos moldes da manutenção mais do que qualquer outra disciplina de gerenciamento.

Nos dias de hoje a manutenção apresenta uma constante reação à crescente conscientização do impacto que as falhas nos equipamentos afetam segurança e meio ambiente, ao aumento da relação que esta apresenta com a qualidade dos produtos e com os custos relacionados à disponibilidade dos equipamentos.

2.2.1 DEFINIÇÃO DE MANUTENÇÃO

Entende-se por manutenção o conjunto das ações que têm por fim executar as operações necessárias para que os equipamentos sejam mantidos ou restabelecidos num estado especificado ou com possibilidade de assegurar um serviço determinado, por um custo global mínimo. Em termos operacionais pretende-se que:

- Seja permitida uma execução normal das operações fabris nas melhores condições de custo, segurança e qualidade, como é o caso da manutenção dos equipamentos da produção.
- Seja fornecido um serviço nas melhores condições de conforto e custo, como é o caso de serviços prestados na área dos transportes, hospitais e serviços em geral.

Fazer manutenção é, portanto, efetuar as operações de lubrificação, observação dos equipamentos, reparação e melhoramentos, que permitem conservar o estado do equipamento, de forma a assegurar a continuidade e qualidade da produção, sendo que fazer uma boa manutenção é executar todas estas operações por um custo global mínimo (DIDELET e VIEGAS, 2003).

2.2.2 EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO

De acordo com Pires (2005), muita coisa aconteceu no desenvolvimento da engenharia desde a revolução industrial, mas talvez as mudanças mais significativas ocorreram nos últimos 50 anos. Essas mudanças claramente impactaram no desenvolvimento da planta de uma fábrica.

Antes do período da Segunda Guerra Mundial as máquinas eram um tanto quanto robustas e de execução muito lenta; os sistemas de instrumentação e controle eram muito

básicos. As demandas de produção não eram excessivamente graves, de modo que o tempo de inatividade não era normalmente uma questão crítica e foi adequado para manter em uma base de colapso. Estas máquinas apresentavam alta confiabilidade. Ainda hoje podemos ver exemplos de máquinas feitas nesse período que tiveram alta utilização e apresentam suas características tão boas quanto na época em que foram feitas.

A partir da década de 1950 com a reconstrução da indústria pós-guerra, particularmente as do Japão e Alemanha, desenvolveu-se um mercado muito mais competitivo, houve crescente intolerância em relação a inatividade dos equipamentos. O custo do trabalho tornou-se cada vez mais importante, o que levou a um aumento na mecanização e automação. Os equipamentos se tornaram menos robustos e com um aumento expressivo em suas velocidades. As máquinas eram utilizadas com maior frequência, possuíam uma rotatividade muito alta em suas trocas e por este motivos eram vistas como menos confiáveis. Desta forma, as máquinas necessitavam de uma melhor manutenção, conduzindo assim o desenvolvimento de uma manutenção preventiva.

Em um contexto geral, a evolução da manutenção pode ser caracterizada em três gerações distintas, descritas a seguir:

- 1ª geração (1930 a 1940): Manutenção emergencial, caracterizada pelo conceito após a falha;
- 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;
- 3ª geração (De 1970 até o presente período): caracterizada pelo aumento significativo da disponibilidade e confiabilidade 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 (MORAES, 2004).

2.2.3 TIPOS DE MANUTENÇÃO

Nos moldes da manutenção atual existem três abordagens diferentes: Manutenção Corretiva, Manutenção Preventiva e Manutenção Preditiva.

2.2.3.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA

É o que trata da reparação uma vez que a falha ocorreu com parada repentina de máquina ou sistema. Dentro deste tipo de manutenção podemos prever dois tipos de abordagens:

- Manutenção Paliativa: Cuida da operação de reabastecimento, apesar de não ser eliminada a fonte que causou a falha;
- Manutenção de Reparação: Responsável pela manutenção em si, eliminando as causas que levaram a quebra.

A função primordial de uma boa gestão de manutenção é diminuir o corretivo para o nível ótimo de rentabilidade para a empresa. A manutenção corretiva pode não ser eliminada em sua totalidade, porém, uma gestão adequada trará conclusões a respeito de cada parada e tentará realizar a reparação de maneira definitiva. É importante realizar uma análise eficaz da manutenção a ser realizada, pois em alguns casos, a manutenção corretiva pode ser mais rentável para a companhia.

- Vantagens da manutenção corretiva:
 - Se a equipe estiver preparada para intervir na reposição da falha, a manutenção na maioria dos casos, será feita de maneira rápida e na maioria dos casos com um tempo mínimo;
 - Não há necessidade de uma infraestrutura excessiva, um grupo de operadores será o suficiente, de modo que o custo de trabalho seja mínimo. A prioridade será a experiência e especialização dos operadores, a capacidade de analisar ou estudar o tipo de problema;
- Desvantagens da manutenção corretiva:

- Podem ocorrer paradas e danos imprevisíveis, afetando o planejamento da produção de maneira incontrolável;
- Podem ser realizadas manutenções de má qualidade devido a rapidez com que devem ser feitas as intervenções, e a velocidade na resposta antes de reparado totalmente o equipamento. Desta forma se reproduz um hábito de trabalho de má qualidade, sensação de insatisfação, já que estes tipos de intervenções acabam gerando outras falhas no equipamento devido ao baixo tempo de reparação.

2.2.3.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Este tipo de manutenção surge da necessidade de diminuir as manutenções corretivas e todas as ações relacionadas a esta atividade. Pretende reduzir a reparação mediante a uma rotina de inspeções periódicas e na troca dos elementos danificados.

Consiste basicamente na programação de revisões das equipes, se apoiando no conhecimento da máquina com base na experiência dos operadores e nos históricos das mesmas. É criado então um plano de manutenção para cada máquina, onde se realizam as ações necessárias, como lubrificações, troca de correias, limpeza, etc.

- Vantagens da manutenção preventiva:
 - Se feito de maneira correta, exige um conhecimento de todas as máquinas e um tratamento dos históricos que ajudará na realização de um controle dos equipamentos e das instalações;
 - O cuidado periódico leva a um ótimo estudo de conservação do equipamento, se tornando indispensável na melhoria e na qualidade dos mesmos;
 - Redução de manutenção corretiva representa redução de custos de produção e aumento de disponibilidade no equipamento, possibilitando um planejamento dos trabalhos de manutenção, assim como uma previsão mais eficaz dos materiais necessários em trocas;
 - Possui um alinhamento com a produção quanto ao melhor momento para realizar os reparos das instalações.

- Desvantagens da Manutenção Preventiva:
 - Representa uma inversão inicial de infraestrutura e mão-de-obra. Os desenvolvimentos dos planos de manutenção devem ser feitos apenas por técnicos especializados;
 - Se não houver uma análise correta do nível de manutenção preventiva, pode-se sobrecarregar o custo da manutenção sem que ocorram melhorias substanciais na disponibilidade;
 - Os trabalhos de rotina quando se tornam prolongados, acabam produzindo falta de motivação nos operadores.

2.2.3.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA

Este tipo de manutenção se baseia em prever a falha antes que a mesma ocorra. Trata-se de conseguir adiantar-se à falha ou ao momento em que equipamento deixa de operar em suas condições ótimas. Para alcançar este patamar, utilizam-se ferramentas e técnicas de monitoramento.

- Vantagens da Manutenção Preditiva:
 - Ocorre ação sobre o equipamento ou a troca de elementos;
 - Obriga o domínio do processo e a ter dados técnicos, comprometendo-se com um método científico de trabalho rigoroso e objetivo.
- Desvantagens da Manutenção Preditiva:
 - A implantação de um sistema deste tipo requer uma inversão inicial importante, as equipes e os responsáveis por analisarem as variações nos processos, apresentam alto custo. Da mesma maneira, deverá ser destinadas mais pessoas para leitura dos dados;
 - Deve-se ter operadores que sejam capazes de interpretar os dados que os equipamentos geram e tomar conclusões adequadas, atividade que requer um conhecimento técnico elevado na aplicação.

2.3 GERENCIAMENTO TOTAL DA PRODUTIVIDADE (TPM)

As estratégias de manufatura têm um viés incrementalista baseado na escola do aprendizado que é fortemente apoiada pela gestão estratégica das áreas que a compõe. Assim, o TPM como ferramenta que apoia o gerenciamento sistêmico de todos os setores de manufatura e administrativos, tem implicação na formação das estratégias da organização. Qualquer que seja o grupo de áreas de decisão desdobrada da função manufatura deverá ser administrada estrategicamente, ou seja, planejar, implantar, agir, medir e corrigir as ações para fomentar o aprendizado necessário nesse nível.

2.3.1 HISTÓRICO DO TPM

O Gerenciamento da Produtividade Total é um conceito Japonês inovador, segundo Kardec e Nascif (2002), a qual tem sua origem em 1951 quando a Manutenção Preventiva primeiramente identificada nos EUA, foi introduzida no Japão na empresa Nippon Denso KK, integrante do Grupo Toyota.

Sendo a Nippon Denso à primeira companhia a introduzir amplamente um programa de manutenção preventiva na década de 60, além de aplicar somente a manutenção preventiva, ela também criou a Manutenção Autônoma executada pelos operadores. Desta forma, Kardec e Nascif (2002) defendem que a manutenção preventiva, juntamente com manutenção autônoma e melhoria da manutenibilidade, deu origem a Manutenção Produtiva Total em 1970.

Levando assim ao reconhecimento da importância da manutenibilidade e da confiabilidade como primordial para a melhoria da eficiência das empresas, evitando falhas nos recursos físicos, podendo gerar desde perdas financeiras, de imagem, de vidas humanas, entre outros.

Assim, de acordo com Kardec e Nascif (2002), o conceito de TPM iniciou-se na indústria automobilística, e disseminou-se rapidamente para a cultura organizacional de empresas de outros ramos industriais, como: eletrodomésticos; alimentícios; farmacêuticos; plásticos; eletrônicos; entre outros.

Porém, visando certas particularidades de cada empresa o conceito de TPM deve ser implantado de forma certa e atendendo as necessidades requeridas de cada uma, pois o mal resultado na execução de um programa gera prejuízo e descrédito por parte dos funcionários.

Desta forma, seguindo conceitos de Takahashi (1993), a análise e o ajuste da filosofia da TPM às características de cada empresa como: arranjo físico fábricas; capacidade de produção; MIX de produtos; escala de negócios; entre outros é primordial.

Como complemento ao conceito abordado por Takahashi no parágrafo anterior, Kardec e Nascif (2002, p. 181) afirmam que a TPM objetiva a “eficácia da empresa por meio da maior qualificação das pessoas e melhoramentos introduzidos nos equipamentos”. Isto, pois o desenvolvimento e qualificação de pessoas contribuem com a melhoria da qualidade dos serviços executados, possibilitando modificações em equipamentos, e tornando o resultado global final mais satisfatório.

Fernandes (2005) explora ainda mais os resultados atingidos através da TPM, considerando que através da eliminação progressiva dos danos identificados e quantificados nos diversos itens dos sistemas produtivos, ou pela obtenção ou aumento de novas e mais eficientes tecnologias, pode-se atingir a diminuição de custos, do treinamento dos funcionários e do aperfeiçoamento contínuo dos processos. Tendo em vista que o objetivo da TPM não é apenas a prevenção de quebras e defeitos dos equipamentos, mas também a manutenção produtiva rentável, de forma efetiva e econômica.

Para desenvolver a TPM junto à organização existem etapas a serem realizadas, sendo que os detalhes são específicos a cada empresa, pois os objetivos e metas também são exclusivos em cada caso. Porém existem os alicerces comuns a todos, que se denominam pilares básicos de sustentação da TPM (NAKAJIMA, 1989).

Tendo em vista que algumas particularidades devem ser consideradas para a implantação da TPM, as estratégias para condução dos negócios, que as organizações ocidentais procuram utilizar, é um dos principais fatores controversos para a implantação da TPM, como uma ferramenta da escola japonesa de produção.

Portanto algumas necessidades de adaptação tiveram que ser executadas. Foi WILLMOTT (1994), que adotou passo a passo à abordagem de TPM de NAKAJIMA (1989) e a adaptou a cultura ocidental.

Uma visão ocidental mais apropriada e aceitável de TPM é melhorar a eficiência global dos equipamentos permanentemente, com o envolvimento ativo de operadores e não em todos os empregados (NAKAJIMA, 1989). Esta definição põe ênfase na eficiência global do equipamento e não na manutenção, e em envolvimento ativo de operadores em vez de todos os empregados (HARTMAN, 1992). Portanto, enquanto os japoneses utilizam a TPM, como programa de manutenção, envolvendo todos os colaboradores, a cultura ocidental

aplica a TPM, como ação estratégica de gerenciamento do (OEE – *Overall Effectiveness Equipment*), Efetividade Global do Equipamento, assim envolvendo apenas os operadores e manutenção.

Na visão ocidental de Maggard (1992), acredita-se que a TPM é a fase inicial de uma estratégia global. Portanto responsável por levar a transferência de habilidade a todos os níveis organizacionais e entre interações diferentes existentes dentro da organização. A TPM trata especificamente da combinação de operadores e mecânicos em um único time que identifica tarefas existentes que causam demoras, cria desperdício e reduz produtividade (MAGGARD, 1992).

2.3.2 DEFINIÇÃO DO TPM

A sigla TPM, Gerenciamento da Produtividade Total, traduzida do inglês ***Total Productive Maintenance*** foi criada em 1971, para expressar as atividades de todos os funcionários na manutenção da produção.

Segundo Wireman (2004), o TPM é um dos conceitos mais mal entendidos e mal aplicados nas organizações modernas. O TPM não é apenas uma iniciativa da manutenção ou um programa de melhorias, mais uma filosofia estratégica que envolve toda a operação até o nível hierárquico mais alto.

Como principais características deste método, podemos definir:

- Participação total de todos os departamentos e funcionários;
- Estabelecimento de metas (zero) visando a eliminação de todas as perdas;
- Desenvolver a mentalidade das pessoas, utilizando o equipamento como método de aprendizado;
- Trabalhar com rigor e continuidade;
- Realizar as atividades “in loco” onde as perdas ocorrem (*Genba*);
- Tornar o TPM parte da rotina de trabalho;
- Evidenciar as atividades, tornando-as visíveis através de quadros de atividades;
- Reduzir custos (o principal objetivo do TPM é ser lucrativo).

O TPM se constitui atualmente como um método de gestão focado na identificação e eliminação das perdas nos setores produtivos e administrativos. A utilização plena dos

equipamentos, a eficácia dos processos e o melhor desempenho do fator humano conduzem a empresa a um cenário de custos competitivos e produtos de qualidade total.

As ações de prevenção, motivadas pela reeducação das pessoas e trabalho de equipe, permitem a aplicação do método com baixos investimentos e alta capacidade de retorno financeiro.

2.3.3 OBJETIVOS DO TPM

O conceito de desenvolvimento do TPM é baseado na capacitação do homem, dando aos colaboradores a habilidade de monitorar seu equipamento através dos cinco sentidos e realizar pequenas intervenções, eliminar as perdas buscando a máxima eficiência do sistema de produção, assim como capacitar o homem de manutenção em analisar as causas das quebras, melhorar projetos e garantir a qualidade dos equipamentos.

O processo de mudança da empresa deve passar por duas fases:

- Mudar as pessoas:
 - Mudar a mentalidade de todos os funcionários com relação aos equipamentos;
 - Incrementar as habilidades, aprendendo técnicas de manutenção dos equipamentos.
- Mudar os equipamentos, processos de trabalho, serviços:
 - Aumentar a eficiência dos equipamentos, processos de trabalho ou serviços através do planejamento da vida útil e melhoria do índice operacional.

O resultado destas duas etapas deverá fornecer uma mudança estrutural empresarial, com uma melhoria nos resultados da empresa, ambiente de trabalho eficiente e agradável e funcionários participativos e motivados.

2.3.4 FASES DE IMPLANTAÇÃO DO TPM

A empresa pode adotar o método TPM em toda sua estrutura como modelo de gestão, em um departamento específico, em uma célula de manufatura ou linha produtiva, conforme os critérios de priorização adotados (necessidade de mercado, custo, equipamento crítico e desafios). O tempo de implantação depende dos seguintes fatores:

- Situação atual da empresa;
- Estado de conservação dos equipamentos;
- Cultura e comportamento das pessoas.

Esta implantação é aplicada em etapas para garantir a consistência e continuidade do programa. O quadro 3 tem por finalidade, uma descrição sucinta de cada etapa:

FASES	ETAPAS	ELEMENTOS BÁSICOS
PREPARAÇÃO	1. Decisão da alta administração (diretoria)	> Comprometimento da alta administração
	2. Treinamento inicial	> Cursos/Palestras para todos os níveis hierárquicos
	3. Estrutura organizacional do TPM	> Formação de comitês e pequenos grupos
	4. Estabelecer diretrizes	> Objetivos > Indicadores e Metas
	5. Plano diretor	> Planejamento para implantação
INTRODUÇÃO	6. Partida do TPM	> Comunicação formal das diretrizes (convite a empresas afiliadas, fornecedores e clientes)
IMPLEMENTAÇÃO	7. Estruturação dos pilares para confiabilidade do sistema produtivo	> Busca da máxima eficiência produtiva nos equipamentos já existentes
	7.1 Melhoria Específica	> Eliminar as grandes perdas através de pequenos grupos multifuncionais
	7.2 Manutenção Autônoma	> Aumento da capacidade técnica do operador
	7.3 Manutenção Planejada	> Quebra/falha zero > Restauração e confiabilidade
	7.4 Educação e Treinamento	> Elevar os níveis de conhecimento > Mudanças culturais - Reeducação
	8. Controle inicial	> Minimização das ineficiências em novos produtos, processos e equipamentos
	9. Manutenção da Qualidade	> Eliminar defeitos em produtos
	10. TPM nos departamento administrativos	> Maximização da eficiência administrativa > Informações confiáveis
	11. Segurança, Higiene e Meio Ambiente	> Zero acidentes > Zero poluição
CONSOLIDAÇÃO	12. Aprimoramento	> Corrigir desvios > Novas metas

Quadro 3: Fases de implantação do TPM

Adaptado de NAKAJIMA, 1989, p.47.

Por ser uma filosofia que transforma as organizações e que também depende do aprendizado, da motivação e amadurecimento intelectual dos envolvidos, em geral suas doze etapas requerem três anos para a implantação e podem ser agrupadas em quatro fases (NAKAJIMA, 1989, p. 45-46).

- 1ª fase: Preparação que corresponde a obtenção de um ambiente propício para o início da implantação, 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 (Japan Institute of Plant Maintenance).

2.3.5 PILARES DO TPM

Embora cada empresa, em função de sua cultura tenha suas peculiaridades para a implantação do TPM, existem alguns princípios que são básicos para todas elas e que são denominados os pilares de sustentação do TPM (Nakajima, 1989, p.42 JIPM, 2002, p.2 e PALMEIRA, 2002, p.113). A figura 3 ilustra esses pilares:



Figura 3: Pilares do TPM

2.3.5.1 PILAR DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA

O TPM melhora os resultados da empresa, cria locais de trabalho agradáveis e muda a atitude das pessoas, trabalhando com os equipamentos e todo o pessoal produtivo inicialmente.

A manutenção autônoma como um dos principais pilares do TPM, restaura as condições do equipamento, atuando inicialmente nos equipamentos mais importantes (críticos) e posteriormente uma fábrica.

Com foco no homem de operação, visa a mudança na sua concepção sobre a rotina de trabalho, capacitando-o e habilitando-o para a administração autônoma de seu equipamento, o que faz com que tenha o domínio sobre o mesmo, conseguindo assim tanto prever “sinais de defeitos ou falhas” quanto tomar as ações necessárias para evitar que estes sinais se desenvolvam e se transformem em problemas graves.

As atividades que o operador executa para este fim, incluem limpeza, a lubrificação, o reaperto, a inspeção e pequenos reparos, aumentando desta forma a eficácia da produção e impedindo a deterioração acelerada do equipamento.

2.3.5.1.1 IDENTIFICAÇÃO DE ANOMALIAS

No momento da limpeza o equipamento é inspecionado e as anomalias detectadas devem ser identificadas e etiquetadas para que posteriormente sejam tomadas as ações corretivas pelo próprio operador ou pela manutenção.

O método de identificação é realizado através de “etiquetas” fixadas sempre que possível no local da anomalia encontrada. As etiquetas de identificação de inconveniências, são uma importante ferramenta de controle utilizada na manutenção autônoma para detectar possíveis anomalias em máquinas, identificando os pontos de deterioração forçada, prevenindo a ocorrência de falha que poderá levar a parada da máquina e consequentemente o processo de produção (BORMIO e FORTUNATO, 2006).

Alguns exemplos de anomalias mais comuns são:

- Desgaste;
- Folga;
- Vazamento;
- Corrosão;
- Vibração;
- Ruído;
- Deformação;
- Aderência de matéria prima;
- Trinca;

- Sobreaquecimento;
- Fonte de Sujeira;
- Local de Difícil Acesso, etc...

Há três definições de etiquetas diferentes para identificação das anomalias, sendo elas etiquetas azuis, amarelas e vermelhas.

Etiquetas azuis são destinadas a manutenção, e apenas técnicos especializados podem realizar a correção da anomalia. Etiquetas amarelas são também de manutenção, porém se o operador do equipamento possuir habilidade e materiais suficientes poderá conduzir a melhoria no equipamento. Nestes dois casos, existem campos para a definição de prioridade (definidos por cada companhia) quanto à criticidade da anomalia.

Etiquetas vermelhas são colocadas nos casos em que a anomalia pode apresentar risco na segurança da operação, ou apresentar riscos que possam afetar a sua saúde ou prejudicar o meio de trabalho. Neste caso, a anomalia deve passar pela aprovação de um líder, para que as medidas cabíveis devam ser tomadas.

2.3.5.2 PILAR DE MANUTENÇÃO PLANEJADA

De acordo com Suzuki (1994), a área de manutenção planejada é um setor dentro da organização empresarial responsável por realizar os reparos emergenciais nos equipamentos e instalações bem como desenvolver um trabalho de forma preventiva para que não existam quebras inesperadas.

Infelizmente para as organizações a “Quebra Zero” ainda é utópico, ou seja, falar em quebra zero é pura retórica sem muita crença na possibilidade da existência de um processo produtivo sem quebras.

Dentro do TPM a manutenção planejada utiliza os recursos disponíveis, as técnicas de manutenção conhecidas, a estrutura existente e o potencial pensante para, de forma consistente, construir um sistema que resulte na quebra zero, inicialmente nos pontos estratégicos da organização e a partir da internalização do método, expandir para a empresa como um todo.

Um eficiente programa de manutenção planejada combina, tanto quanto seja possível, a manutenção baseada no tempo (TBM – *Time Based Maintenance*), a manutenção baseada nas condições (CBM – *Condition Based Maintenance*), a manutenção pós-quebra (BM –

Breakdown Maintenance) e a manutenção por melhoria (CM – *Corrective Maintenance*). Segue abaixo as características detalhadas de cada tipo de manutenção:

- Manutenção baseada no tempo (TBM – *Time-Base Maintenance*): A manutenção baseada no tempo consiste em inspecionar, executar serviços, limpar os equipamentos e substituir peças periodicamente para evitar quebras inesperadas e problemas nos processos.
- Manutenção Baseada nas Condições (CBM – *Condition-Based Maintenance*): Este tipo de manutenção torna necessário o desenvolvimento de tecnologias de diagnóstico e inspeção para prever a deterioração dos componentes do equipamento através da detecção dos sintomas de anormalidades. O controle de tendência é realizado através da medição e análise objetivando a utilização dos componentes até o fim da sua vida útil, tendo como resultado baixo custo de manutenção e redução das quebras.
- Manutenção Pós-Quebra (BM – *Breakdown Maintenance*): Ao contrário dos sistemas anteriores, com este sistema se espera que os equipamentos quebrem para repará-los. Utiliza-se o conceito de manutenção pós-quebra quando a quebra não afeta significativamente as operações ou a produção, nem tão pouco gera perdas financeiras além dos custos de reparo.
- Manutenção por Melhoria (CM – *Corrective Maintenance*): A manutenção por melhora aperfeiçoa os equipamentos e seus componentes de modo que a manutenção preventiva seja confiável. Os equipamentos com debilidades de projeto devem ser reprojitados.

2.3.5.3 PILAR DE EDUCAÇÃO E TREINAMENTO

As instituições de um modo geral formam-se por conjuntos de pessoas ligadas umas às outras por objetivos organizacionais em comuns, trabalhando caracterizadas pela mesma “missão”, do ponto de vista da organização.

Para uma organização tornar-se competitiva e de qualidade, não basta investir em tecnologia e em equipamentos de última geração. O processo de definição de estratégias de mudanças passa necessariamente, pelo fator de informação e investimentos na qualificação de recursos humanos como elementos essenciais ao desenvolvimento e crescimento organizacional.

Todos os profissionais precisam de atualização para estarem preparados às mudanças de cenários, mas nem todos precisam do mesmo treinamento, nem demonstram níveis iguais de aproveitamento.

Cada um chega a uma sessão de treinamento com diferentes capacidades cognitivas, níveis de intelecto, experiências passadas, bagagem cultural, personalidade e níveis educacionais. Os programas de treinamento padronizados e inflexíveis não surtem efeito quando imposto a esse contingente de pessoas diversas.

A educação e treinamento são os principais responsáveis pela evolução das pessoas envolvidas direta e indiretamente com o processo produtivo, o que influencia no crescimento e em alguns casos, na sobrevivência da empresa.

Com isto o pilar de educação e treinamento tem papel fundamental na implantação dos demais pilares, uma vez que todas as atividades desenvolvidas pelos pilares do TPM dependem principalmente de capacitação das pessoas.

2.3.5.4 CONTROLE INICIAL

A tendência à diversificação dos produtos, apresentando um ciclo de vida cada vez menor, sugere às empresas a velocidade com que efetivamente possa planejar, projetar, fazer protótipos e avaliar estes novos produtos, ao mesmo tempo desenvolvendo equipamentos eficazes para a produção sem defeitos.

A meta do TPM é reduzir drasticamente o tempo decorrido desde o desenvolvimento inicial até a produção em escala, obtendo a inicialização vertical (rápida, sem falhas e no rendimento projetado).

O TPM confere igual importância ao controle inicial do produto, controle inicial de equipamentos e outras atividades do TPM. A base do controle inicial é, naturalmente, a avaliação do desempenho econômico (otimização dos custos do ciclo de vida) e projetos de prevenção de manutenção.

Os custos do ciclo de vida são todas as despesas geradas ou de geração previsível durante o projeto e os processos de desenvolvimento, produção, operação, manutenção e apoio. As atividades do projeto de prevenção de manutenção minimizam os futuros custos de manutenção e perdas por deterioração de um novo equipamento, ao levar em consideração (durante o planejamento e a construção) tanto os atuais dados de manutenção do equipamento

quanto novas tecnologias desenvolvendo projetos que visem altos níveis de confiabilidade, facilidade de manutenção, economia, capacidade operacional e segurança.

2.3.5.5 MELHORIA ESPECÍFICA

A atividade de melhoria específica é prioridade de qualquer programa de desenvolvimento de TPM e por este motivo está no topo da lista dos oito pilares de sustentação e desenvolvimento. Ele inclui todas as atividades que maximizam a efetividade global do equipamento, processos e da planta como um todo através da eliminação efetiva e sistêmica das perdas da empresa, e por esses motivos será o alvo de estudo deste trabalho.

Cada vez mais, com a automatização da fabricação, o índice de eficácia global do equipamento é quem determina os fatores importantes de produção, tais como: qualidade, custo e prazo de entrega.

Para a manutenção da eficácia do equipamento devemos ter um monitoramento da qualidade, com ações constantes para eliminar as perdas relacionadas com paradas de máquinas e eliminar produtos defeituosos.

Como um dos principais pilares de sustentação do TPM, e grande responsável por resultados em médio prazo, suas atividades buscam alcançar a máxima eficiência do sistema produtivo (homem, máquina, método e material), pela identificação e eliminação sistemática das perdas do sistema produtivo.

2.3.5.6 MANUTENÇÃO DA QUALIDADE

A qualidade necessária somente pode ser obtida através do estabelecimento das condições de zero-defeito no estágio de *design* e planejamento do produto, no estágio da tecnologia da produção e em vários estágios da produção e, através das observações das condições de cada um desses estágios.

Resumindo, a manutenção da qualidade pode ser dividida em “Manutenção da Qualidade na expressão plena do termo”, o qual inclui o controle das condições que englobam os estágios de *design* e planejamento do produto, estágio que aplica a tecnologia de produção e, todos os estágios de manufatura; e a “Manutenção da Qualidade” na sua versão mais restrita do termo”; e que busca controlar a família de causas do estágio de manufatura.

A pré-condição para a implantação da “Manutenção de Qualidade” é colocar o equipamento, gabaritos e ferramentas em condições de garantir a alta qualidade no processo de manufatura, assim como, as condições de processo, habilidades das pessoas e métodos de trabalho, dentro do estado ideal.

Somente após o estabelecimento das condições de “livre defeito” (*defect free*) no campo tecnológico, baseado na implementação dos 5 pilares e estabelecer procedimentos que permitam o controle das condições “livre de defeitos” no campo gerencial, será possível construir um sistema que possa obter falha zero e manter esse objetivo.

2.3.5.7 TPM NAS ÁREAS ADMINISTRATIVAS

As empresas são obrigadas a ajustar-se às mudanças severas, como tendências do mercado em relação a uma grande variedade de produtos e redução do tempo de “*lead time*” da produção, e à informatização avançada. Sua tarefa urgente é construir uma estrutura que garanta o desenvolvimento e a sua sobrevivência dentro da concorrência nacional e internacional.

As empresas devem deixar claras as suas estratégias de gerenciamento de forma a acompanhar estas tendências. A tarefa mais importante dentro do gerenciamento da empresa é a rápida apresentação ao mercado de novos produtos e do diferencial dos concorrentes tanto em qualidade quanto em custo.

O departamento de produção precisa atingir uma organização da planta de forma a produzir produtos para o departamento de vendas dentro dos prazos de entrega, a um nível de qualidade e custo programado pelos departamentos de desenvolvimento e engenharia. Isto requer as atividades de TPM durante todo o projeto, que inclui o departamento de produção, mas também as áreas administrativas e indiretas.

Isto prova que o TPM não se aplica apenas a áreas onde existam equipamentos de produção. Mais do que o mero aprimoramento do trabalho administrativo como redução de desperdício e perdas, geradas como resultado de trabalho no escritório e desenvolvimento, é necessária uma abordagem que contribua de forma a tornar os sistemas de produção eficientes em todas as atividades organizacionais. Os resultados concretos devem ser alcançados como contribuição para o gerenciamento da empresa.

Departamentos como o de planejamento e desenvolvimento, técnico e administrativo, não produzem um valor direto como o departamento de produção. Como objetivos associados

ao desenvolvimento do TPM administrativo, estes departamentos devem processar informações em campos funcionais do sistema de produção e fornecer orientações necessárias e apoio às atividades de produção e outros departamentos, de forma a reduzir os custos e reforçar o poder de concorrência; a produtividade individual deve ser aumentada e o custo deve ser reduzido a fim de contribuir para a evolução estratégica exigida pela empresa para sobreviver à concorrência, ajustando-se rapidamente a mudanças nas esferas social e econômica de hoje e deve contribuir de forma a corresponder à confiança do cliente e aprimorar a imagem da empresa com base naquela confiança.

A função das áreas administrativas e de apoio podem melhorar de dois modos: melhorando a eficiência, de modo que cada departamento possa realizar satisfatoriamente sua própria função particular e desenvolvendo pessoas capazes de sustentar e melhorar continuamente com sistemas novos e eficientes.

Melhorar a eficiência significa aumentar a saída enquanto se reduz a entrada. Para aumentar a saída, é preciso eliminar tudo o que reduza a eficiência do sistema de produção, aumentando a eficácia das funções de trabalho. Para reduzir a entrada, é preciso eliminar as perdas administrativas associadas com o trabalho e criar um sistema administrativo eficaz quanto a custos que facilite informação confiável, de alta qualidade e oportuna quanto aos prazos.

Estes são os objetivos visíveis para melhorar a organização e gestão das áreas administrativas e de apoio, inclusive é fundamental desenvolver administradores que sejam extremamente eficazes no uso de informação.

Contudo, cada empresa deve atacar esse desafio de modo diferente. As necessidades e problemas atuais e futuros de uma empresa dependem de seu tipo, escala, histórico, circunstâncias e ambiente de negócios. Cada empresa deve aperfeiçoar um melhor enfoque para sua própria situação. As funções administrativas são tarefas necessárias para assegurar que o trabalho seja processado com precisão.

2.3.5.8 SEGURANÇA, HIGIENE E MEIO AMBIENTE

Assegurar a confiabilidade do equipamento, evitar erros humanos, e eliminar os acidentes e a poluição são alguns dos objetivos deste pilar. A prática do TPM cria segurança na execução das tarefas contribui consideravelmente na criação de um ambiente limpo e confortável.

A perfeita segurança e limpeza do ambiente são requerimentos básicos para uma produção de excelência. Entretanto, na prática, sempre há uma possibilidade de que as instalações ou equipamentos provoquem acidentes ou poluição. Os riscos potenciais estão sempre presentes mesmo em uma fábrica com excelentes índices de segurança.

A implantação do pilar de segurança, higiene e meio ambiente é dividida em sete etapas, sendo elas:

- Etapa 1 – Limpeza Inicial: A atividade principal nesta etapa é detectar e corrigir problemas que podem afetar a segurança ou o meio ambiente.
- Etapa 2 – Eliminação das fontes de contaminação e locais de difícil acesso: Realizar atividades de melhoria para facilitar a limpeza e inspeção, pois os locais que proporcionam pontos de risco significativos devem ser identificados e eliminados adequadamente.
- Etapa 3 – Elaboração de padrões provisórios: Estabelecer e revisar dos padrões provisórios com a inclusão dos pontos de inspeção essenciais para garantir a segurança do homem, manter o ambiente de trabalho livre de problemas causados por vazamentos ou sujeira e impedir que haja poluição externa.
- Etapa 4 – Inspeção Geral e Etapa 5 – Inspeção Autônoma: Nestas etapas o objetivo é desenvolver a habilidade das pessoas, pois quanto mais se conhece as condições do equipamento e do processo, mais seguramente se pode trabalhar. O conhecimento advém de treinamentos realizados através do estudo de casos de ocorrências de acidentes passado, dos pontos de risco identificados e planos de prevenção para evitar a reincidência de acidentes. É importante portanto revisar o padrão provisório e a matriz de habilidades incluindo novas habilidades necessárias para que os operadores e mantenedores executem corretamente suas atividades, observando as normas de segurança e meio ambiente.
- Etapa 6 – Padronização e Etapa 7 – Auto-Controle: Desenvolver condições essenciais para o gerenciamento da segurança e do meio ambiente, estimulando os operadores a cuidarem do seu local de trabalho com disciplina, mantendo o ambiente de trabalho e equipamentos livres de problema, realizando inspeções periódicas e no manutenção dos padrões de acidente e poluição zero.

3. ESTUDO DE CASO

3.1 ESTRUTURA PRODUTIVA E DE QUALIDADE

A primeira análise será feita em uma fábrica de fio dental, onde duas linhas de produção com duas máquinas serão estudadas. A primeira linha corresponde ao processo de impregnação de cera no fio dental e o segundo é o processo de enrolamento e colocação do fio dentro da caixa de fio dental. O processo de fabricação do fio dental possui requisitos de qualidade muito severos, pois o produto final tem interação direta com o consumidor e com a sua saúde. Sendo assim, qualquer alteração na estrutura de fabricação, passa por um severo processo com vários níveis aprovação.

A segunda análise na empresa foi feita no setor de utilidades que constitui uma estação de tratamento de água, estação de tratamento de efluentes, transmissão de energia, ar comprimido e caldeiras de vapor. Quando fazemos a aplicação do TPM na área de utilidades, devemos tomar alguns cuidados quando comparamos com uma estrutura de manufatura, e estas diferenças serão apresentadas no estudo a seguir.

3.2 HISTÓRICO DO TPM NA EMPRESA

1994: Início da estrutura de gestão de eficiência e de falhas com o início do Projeto IROG (Índice de Rendimento Operacional Global) e a implantação do 5's.

1997: Visita da JIPM e criação da estrutura TPM – 1ª fase.

2007: Segunda visita da JIPM – processo de re-certificação do sistema TPM.

2012: Início de uma nova estrutura – 2ª fase.

3.2.1 1ª FASE DA IMPLANTAÇÃO

Em 1994 a companhia iniciou um planejamento estratégico das operações, onde com a criação do IROG e com a implantação do 5's, buscou organizar a operação em processos focados e autogeridos, baseado na disseminação adequada da tecnologia, da perícia, do conhecimento e das habilidades, de modo a estimular as pessoas ao envolvimento e senso de prioridade.

As estruturas de fábricas focadas e equipes de melhoria contínua direcionariam à formação de grupos multidisciplinares, focados em operar, controlar, desenvolver processos completos, dentro das fábricas focadas, com poder de decisão de modo a atingir suas metas.

Com esta nova organização foi possível estabelecer um suporte adequado para que no ano de 1997, fosse criada a estrutura TPM dentro da companhia.

Nos dois primeiros anos de implantação, o TPM voltou-se para apenas duas fábricas da companhia, com o início dos treinamento e disseminação da cultura. Após o desenvolvimento nas “fábricas piloto”, o TPM se desenvolveu para todas as manufaturas da empresa.

3.2.2 RE-CERTIFICAÇÃO JIPM E INÍCIO DA 2º FASE

Passados cinco anos da criação da estrutura inicial, devido a falta de treinamentos, investimentos inadequados nos projetos e falta de acompanhamento por parte de diretoria, a estrutura se enfraqueceu, tendo que passar por uma re-certificação pelo JIPM em 2007.

Mesmo após a re-certificação, aos olhares da diretoria, empresa não apresentou evolução na produtividade e muito menos diminuição nas perdas e quebras nos equipamentos.

Vários motivos são apontados como os responsáveis por essa falta de crescimento. Dentre eles podemos destacar:

3.2.2.1 CONFRONTO COM OUTROS PROGRAMAS JÁ INICIADOS NA COMPANHIA

Por ser uma empresa multinacional, vários programas são de cultura global e acabam enfraquecendo o sistema TPM (que não está entre as prioridades) dentro da companhia. Programas como “Defeito Zero” e outros como o de incentivo a melhorias por parte dos operadores, tomam frente perante a TPM ao invés de fazer parte de sua estrutura. A maioria dos colaboradores não vem à possibilidade dos programas auxiliarem no desenvolvimento do sistema.

3.2.2.2 CAPACITAÇÃO E TREINAMENTO

Todos os envolvidos nos processos devem estar treinados e capacitados quanto ao sistema TPM. Cada um deve saber a sua importância e responsabilidades dentro do processo para que ocorra o desenvolvimento. Neste caso a falta de treinamento e capacitação, ou até mesmo a inconsistência deste pilar, levou a sobrecarga de alguns elementos. As responsabilidades de liderança dos pilares, de melhorias na linha e de atualização do quadro de atividades, ficavam a cargo dos facilitadores de TPM, já que poucos operadores, engenheiros e liderança, haviam sido treinados.

3.2.2.3 APOIO DA LIDERANÇA E DE OUTRAS ÁREAS

Não apenas os envolvidos diretamente no processo são responsáveis pelo desenvolvimento do sistema TPM. Nas empresas denominadas “*World Class*”, o TPM é adotado como cultura, a ponto de que todas as decisões tomadas dentro da companhia estão de acordo com o sistema, favorecendo seu crescimento e a melhora no rendimento da planta. Para isso ocorrer, a presença da liderança é fundamental. Além de fornecer o investimento para as operações, a liderança deve ser treinada e capacitada, dar o suporte necessário às fábricas e participar das reuniões e rituais de rotina do TPM.

A falta de conhecimento de toda a planta com o processo e a falta de apoio da liderança, enfraqueceu a estrutura, fazendo com que os ciclos do TPM não fossem continuados e os projetos não fossem entregues.

3.2.2.4 GESTÃO DO PROCESSO

Um ponto importante que deve ser levado em consideração é a gestão do processo. Uma vez que o TPM se baseia na análise das perdas, a empresa deve fornecer um gerenciamento eficaz de seus processos. A falta ou precariedade desta análise, fez com que determinadas ações tomassem muito tempo e os projetos fosse entregues com atraso.

Outro fator levado em consideração para que a eficiência global não se alterasse, foi o aumento no rigor dos requisitos de *compliance*. Para o processo entrar em concordância com essa alteração, muitas máquinas foram modificadas e a produtividade não conseguiu seguir o mesmo ritmo.

Procurando vencer todas essas dificuldades, iniciou-se a segunda fase de implantação do TPM na empresa, e tudo começou, com uma mudança por parte da liderança, que chegou com uma mentalidade onde o sistema TPM deve ser o “carro-chefe” de todos os projetos de gestão de perdas e de melhorias nos processos nas fábricas (de novo notamos que a influência da liderança é de total importância no desenvolver do sistema dentro da empresa).

A partir deste momento, a retomada do desenvolvimento se baseou em aproveitar os pontos fortes já existentes, reforçar metodologicamente o TPM através da educação, disciplina nas atividades definidas, criar os processos dos pilares e por último a liderança tem que dar o exemplo e cobrar as atividades diretamente – não delegar o estratégico.

A partir desta nova mentalidade, a empresa estabeleceu algumas metas listadas abaixo:

- estar no passo 7 de implementação do TPM;
- Visão OEE 85% (82% para 2012) – a ser validado por planta;
- Redução de Quebras em 50%;
- Aumento do atendimento ao plano de treinamento para 95%;
- Redução significativa das três principais perdas da fábrica em 30%;
- Aumento do número de sugestões de melhoria para 1000 na fábrica/ano;
- 60% das máquinas no passo 3 até fim de 2012.

3.3 DESCRIÇÃO DOS PILARES

Como listado anteriormente, uma das metas para a nova estrutura de TPM na empresa, é estar no passo sete de implantação, que consiste na sistematização para melhoria do rendimento operacional através da educação e treinamento em cascata de todos os operadores envolvidos com foco na autonomia da equipe, condução da manutenção autônoma e preventiva e incorporação das melhorias específicas.

3.3.1 PILAR DE EDUCAÇÃO E TREINAMENTO

A educação e treinamento são os principais responsáveis pela evolução das pessoas envolvidas direta e indiretamente com o processo produtivo, o que influencia no crescimento e em alguns casos, na sobrevivência da empresa.

Com isso, o pilar de educação e treinamento tem papel fundamental na implantação dos demais pilares, uma vez que todas as atividades desenvolvidas pelos pilares TPM dependem principalmente de capacitação das pessoas.

Desta forma, o pilar dividiu sua atuação em seis etapas:

- Etapa 1 – Estabelecimento de políticas e diretrizes:

Estabelecimento de políticas e medidas prioritárias através da investigação e verificação do estado atual de Educação e Treinamento. Definição de visão, missão, políticas e indicadores.

- Etapa 2 – Programa de desenvolvimento e capacitação:

Estabelecimento de sistema de treinamento para aprimoramento de habilidades de manutenção e operação.

- Etapa 3 – Aprimoramento das habilidades de operação e manutenção:

O objetivo desta etapa é elaborar a matriz de habilidade e de treinamento.

- Etapa 4 – Estabelecimento e início de desenvolvimento de treinamentos e habilidades:

Início dos treinamentos específicos para as áreas de gestão, desenvolvimento e operação.

- Etapa 5 – Consolidação do ambiente de desenvolvimento voluntário:

Criar um ambiente baseado em treinamento com vídeo, introdução de livros e revistas, internet e intranet.

- Etapa 6 – Avaliação de atividades e estudos de abordagem futura:

As atividades realizadas devem ser avaliadas, examinando como as habilidades necessárias a cada categoria e grau de trabalho, foram promovidas em cada trabalhador. Realizar estudos e dirigir esforços no sentido de aprimorar os sistemas de treinamento, cursos, com a finalidade de acompanhar e superar a evolução.

3.3.2 PILAR DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA

Dentre as sete etapas da manutenção autônoma, a empresa estipulou como meta até o final do ano de 2012 o cumprimento das três primeiras, que são:

- Etapa 1: Limpeza é inspeção:

Nesta etapa deve-se realizar a limpeza inicial no equipamento, fazendo a inspeção para identificar todas as anomalias que estavam escondidas sob a sujeira, e manter o equipamento

sempre limpo. Neste processo serão utilizadas as etiquetas para identificar as anomalias detectadas durante as inspeções e durante a operação.

- Etapa 2: Eliminação das fontes de sujeira e locais de difícil acesso:

O objetivo deste passo é consolidar a restauração conseguida no passo anterior e preparar o equipamento para o próximo passo, tornando a inspeção, a limpeza e a lubrificação mais fáceis, eliminando todos os pontos que ocasionam sujeira, disponibilizando mais tempo para operação.

- Etapa 3: Padrões provisórios de inspeção, limpeza e lubrificação:

O objetivo desta etapa é elaborar procedimentos e padrões para executar as operações de limpeza, inspeção e lubrificação no menor tempo possível bem como garantir sua execução de forma correta por todos os colaboradores.

3.3.3 PILAR DE MANUTENÇÃO PLANEJADA

Como missão para o ano de 2012 o pilar de manutenção planejada busca obter a máxima disponibilidade, desempenho e confiabilidade dos equipamentos, ao menor custo, através de estratégias de padronização, confiabilidade e parceria com a manutenção autônoma.

O principal objetivo deste pilar é atingir um nível de redução nas quebras de 90% para os equipamentos críticos até o ano de 2014. E para gradativamente alcançar este objetivo, o processo foi dividido em seis etapas:

- Etapa 1 – Avaliar o equipamento e compreender a situação atual: Revisão dos registros dos equipamentos no SAP; classificar equipamentos por criticidade; definir conceito de quebra / falha; implantar processo de análise de quebras/falhas; implantar indicadores de manutenção.
- Etapa 2 – Restaurar a deterioração e corrigir debilidades: Suporte a manutenção Autônoma; implantar rotas de inspeção; planejamento das etiquetas e tratamento das reincidências.
- Etapa 3 – Criar sistema de gestão da informação: Implantar padrão para geração de histórico SAP; sistema de gestão de custos e processo de monitoramento das informações.

- Etapa 4 – Criar um sistema de manutenção periódica: Revisar sistema de manutenção periódica; aplicação de estudos de confiabilidade e revisar gerenciamento de inventário de peças.
- Etapa 5 – Criar um sistema de manutenção preditiva: Analisar e preparar um sistema de manutenção preditiva.
- Etapa 6 – Avaliar o sistema de manutenção planejada: Avaliação do sistema de manutenção; avaliar confiabilidade e manutenibilidade.

3.3.4 PILAR DE MELHORIA ESPECÍFICA

O objetivo principal do pilar de melhoria específica para o ano de 2012 consiste no cumprimento das 10 etapas do ciclo de melhoria num período de cinco meses, com três projetos de melhoria diferentes para cada fábrica da planta.

Para o cumprimento desta meta o primeiro passo foi construir e padronizar a árvore de oportunidades de cada área com as mesmas 19 perdas. Com isso, a empresa busca uma análise geral da planta e também uma análise pontual de cada fábrica.

Este trabalho tem como objetivo principal, demonstrar todas as dificuldades e acertos encontrados principalmente durante o cumprimento das etapas do ciclo de melhoria, de modo que possa servir de base para pesquisas posteriores sobre a implantação do sistema TPM em diferentes empresas de setores diferentes.

3.4 AS 10 ETAPAS DO CICLO DE MELHORIA

Segundo Takahashi e Osada (1993) deve-se investigar a eficiência dos ativos produtivos segundo a utilização da sua capacidade de projeto e segundo os índices de qualidade dos produtos gerados.

Desta forma para a seleção do tema de melhoria, devemos primeiramente realizar o levantamento de todas as perdas do processo produtivo para a caracterização das mesmas e criação da Árvore de Oportunidades.

Nos estudos de caso, a primeira dificuldade encontrada foi realizar este levantamento. Para uma boa escolha dos projetos de melhoria deveremos ter valores confiáveis das perdas do nosso processo. O TPM por si só, não terá eficiência se os controles dos processos não

forem eficazes. Se esta análise for incorreta estaremos investindo tempo e dinheiro em projetos que não trarão o retorno esperado.

3.4.1 FÁBRICA DE FIO DENTAL

A fábrica de fio dental em estudo possui uma estrutura de processo dividido em três níveis:

- Primeiro nível: consiste na impregnação do fio dental virgem com a cera que fornece as propriedades características do produto;
- Segundo nível: consiste no enrolamento do fio em seu suporte plástico e no posicionamento do mesmo dentro de sua embalagem;
- Terceiro nível: posicionamento da embalagem dentro do *blister* e acondicionamento dentro das caixas para posicionamento nos paletes.

3.4.1.1 ETAPA 1 – SELEÇÃO DO TEMA DE MELHORIA

Para o levantamento das maiores perdas na fábrica de fio dental, utiliza-se um supervisório chamado PDA. Porém há um grande problema encontrado quando os dados são imputados no supervisório pelos operadores. A falta de treinamento dos mesmos ou até mesmo a *interface* ineficiente do programa, faz com que as perdas sejam lançadas de forma errônea.

Uma medida adotada foi delimitar o acesso aos lançamentos a apenas uma pessoa por turno totalmente treinada e capacitada para realizar os lançamentos.

Outro problema encontrado foi que o cálculo do OEE estava sendo feito de maneira incorreta. Várias paradas caracterizadas como programadas não se encaixavam nas definições pré-estabelecidas pela empresa. De acordo com o que foi levantado, algumas perdas não deveriam ser consideradas como parada programada e deveriam impactar no desempenho do equipamento.

3.4.1.1.1 ÁRVORE DE OPORTUNIDADES

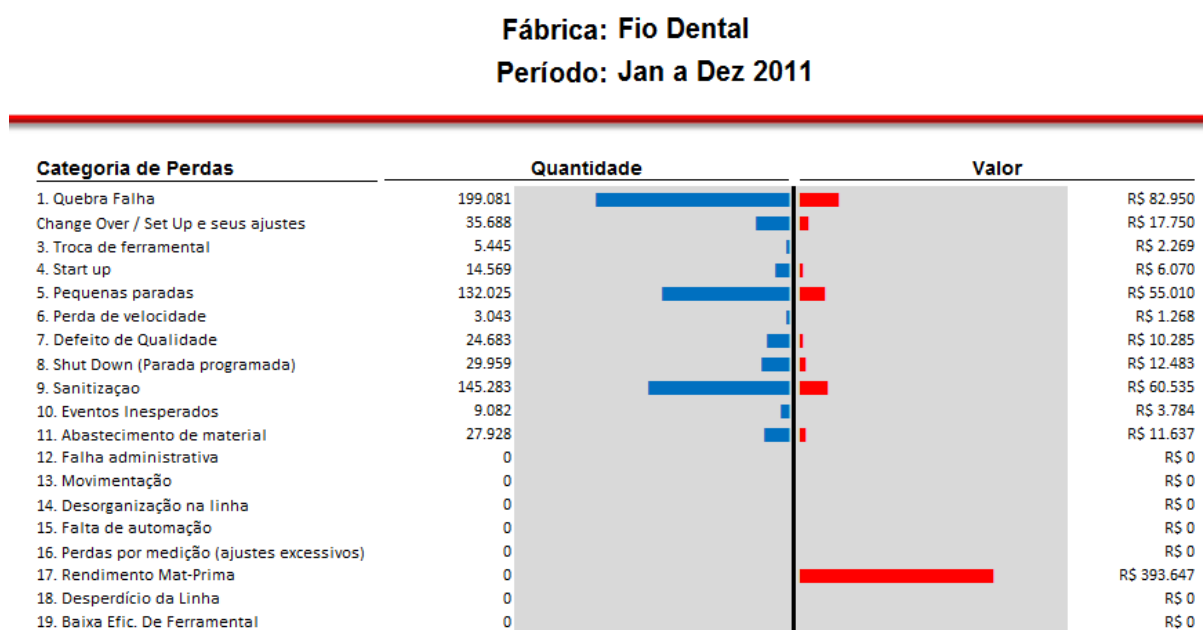
Após sanar todas as falhas do supervisório, a próxima etapa foi exportar os dados e caracterizar todas as perdas da fábrica de acordo com as dezenove grandes perdas fornecidas

pela companhia através de uma consultoria especializada. Desta forma juntamente com os valores de hora homem média referente à fábrica e com todos os tempos de parada estabelecidos, foi possível dar início à criação da árvore de oportunidades.

O cálculo para determinação do tamanho da oportunidade é simples, basta multiplicar o valor do tempo gasto pela parada, pelo valor determinado pela fábrica de hora homem conforme a equação 4:

$$\text{Custo} = (\text{Tempo de parada} \times \text{Hora Homem}) \quad (4)$$

Após caracterizar e valorizar todas as perdas referentes a cada máquina do processo foi criada a árvore de oportunidades, conforme quadro 4:



Quadro 4: Árvore de Oportunidades - Fio Dental

Notamos a partir da árvore um valor expressivo de “Rendimento de Matéria-Prima”. Porém, não será tratado como uma das perdas principais, visto que ela se encontra abaixo da perda *Standard* do processo.

Portanto as três grandes perdas que foram o foco dos projetos no ciclo de melhoria são as perdas relacionadas à “Quebra falha”, “Pequenas Paradas” e “Sanitização”.

Para um levantamento das linhas, processos e equipamentos que tenham maior impacto dentre as perdas selecionadas, visto que esta foi a primeira onda de ciclo de

melhorias do TPM dentro desta fábrica, foi selecionada a perda com menor complexidade e maior capacidade de replicação horizontal. Neste caso, “Quebra Falha” e “Pequenas Paradas”, apresentam um subconjunto muito vasto de outras perdas e uma necessidade muito grande de investimentos. Em contrapartida, sanitização apresenta um subconjunto muito reduzido se comparado com as outras perdas e os investimentos relacionados não são tão agressivos, sendo considerado como o projeto piloto neste estudo de caso.

3.4.1.2 ETAPA 2 – FORMAÇÃO DA EQUIPE DE PROJETO

Para formação da equipe de projeto, foram selecionadas cinco pessoas, sendo elas:

- Engenheiro de Processos: Responsável pela seleção e liderança dos projetos, e desenvolvimento da árvore de oportunidades;
- Supervisora de Manufatura: Liderança dentro da fábrica. Toda e qualquer alteração deverá passar pela sua avaliação;
- Analista de Qualidade: Validação das alterações nos processos. Verificar o impacto no produto final;
- Operação: Responsáveis pelo funcionamento do equipamento. Apresentação das dificuldades relacionadas a esta perda e pela gestão do processo;
- Estagiário de Engenharia: Suporte na aquisição dos dados e na criação e desenvolvimento da árvore de oportunidades.

Após a seleção do time de melhoria, foi realizado o registro da equipe junto a secretaria de TPM.

3.4.1.3 ETAPA 3 – VERIFICAÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL

Dentre as perdas de sanitização foi feita uma análise dos principais subconjuntos de perdas. O objetivo desta análise dos subconjuntos é priorizar qual a perda de maior impacto no processo e em qual máquina se iniciará o primeiro projeto do ciclo de melhoria. Todas as perdas relacionadas à “Sanitização” estão na figura 4:

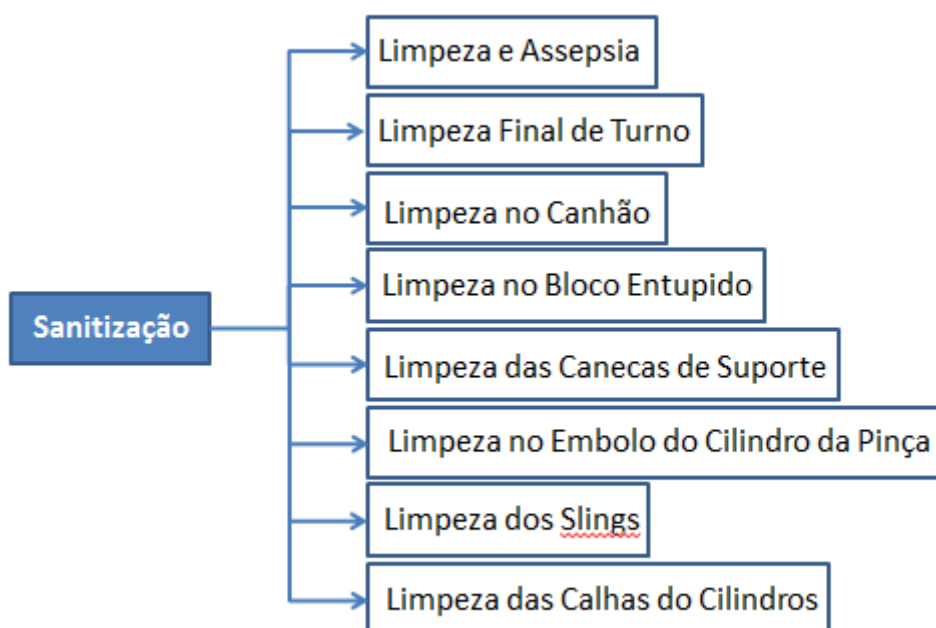


Figura 4: Perdas em sanitização

Dentre todos os subconjuntos listados apenas dois foram considerados de impacto significativo nas perdas da fábrica. O quadro 5 mostra os valores em reais das duas principais perdas em comparação com os três níveis do processo:

	LIMPEZA E ASSEPSIA	LIMPEZA FINAL DE TURNO	OUTROS
IMPREGNAÇÃO	R\$ 7.861,25	R\$ 12.966,67	R\$ 4.267,92
ENROLAMENTO E MONTAGEM	R\$ 22.177,08	R\$ 22.716,67	R\$ 288,75
BLISTAGEM	R\$ 10.112,50	R\$ 10.112,50	R\$ 4.878,33
TOTAL	R\$ 40.150,83	R\$ 45.795,83	R\$ 9.435,00

Quadro 5: Custos referentes à perdas por sanitização

Notamos que “Limpeza Final de Turno”, corresponde a cerca de 48% das perdas de sanitização. E esta perda em sua maioria, ocorre nos equipamentos do segundo nível de processo: Enrolamento e Montagem.

Como todas as máquinas de enrolamento apresentam processos extremamente semelhantes foi adotada como piloto uma das máquinas com maior volume de produção,

sendo assim a replicação do projeto para as outras máquinas se efetuará de forma mais simples. Para uma clarificação do fenômeno, a Figura 5 ilustra um diagrama de 5We1H:

	Fenômeno
O que (What)	Alto tempo para limpeza e assepsia das máquinas
Quando (When)	Duas vezes por turno
Onde (Where)	Máquinas de enrolamento e montagem dos fios
Quem (Who)	Operadores
Por que (Why)	Grande impacto na produtividade
Como (How)	Reduzir tempo de limpeza

Figura 5: Diagrama 5W1H

Assim, como direcionamento do projeto, a perda a ser priorizada será a “Limpeza Final de Turno”. Esta limpeza é realizada ao início e ao final do turno pelo operador especializado da máquina e tem uma duração aproximada por limpeza de 20 minutos.

3.4.1.4 ETAPA 4 – LEVANTAMENTO DAS ANOMALIAS E ELIMINAÇÃO DE PEQUENAS DEFICIÊNCIAS

Para reestabelecimento das condições básicas do equipamento, foi realizado um levantamento de todas as pequenas anomalias e deficiências em conjunto com os pilares de manutenção, com o intuito de resolver todas as etiquetas atrasadas que poderiam afetar o desenvolvimento do projeto. Conforme o quadro 6:

Etiquetas atrasadas	Amarela	Azul	Vermelha
Antes do início do ciclo	1	15	1
Após início do ciclo	0	4	0

Quadro 6: Etiquetas atrasadas

Pode-se notar que as etiquetas azuis (etiquetas de manutenção), apresentavam um alto valor de atraso. Isto se deve ao fato do equipamento em questão apresentar um alto índice de deterioração. Apesar de não comprometer a qualidade do produto, estas anomalias estavam afetando diretamente a produtividade do equipamento devido a grande quantidade de

pequenas paradas que estavam ocorrendo. Uma das etiquetas abertas atrasadas apresentava risco ao operador (etiqueta vermelha), sendo resolvida imediatamente após sua detecção de atraso.

Resolvido a maior parte das etiquetas em atraso, foi possível partir para a quinta etapa do ciclo de melhoria.

3.4.1.5 ETAPA 5 – ANÁLISE DAS CAUSAS DO PROBLEMA

Para detecção das causas raízes dos problemas, foi feita uma análise dos 5 Por quês e das hipóteses levantadas no GENBA. O quadro 7 mostra a análise realizada pelo método dos cinco Por quês:

1º POR QUÊ ?	2º POR QUÊ ?	3º POR QUÊ ?	4º POR QUÊ ?	5º POR QUÊ ?	AÇÃO CORRETIVA
Tempo elevado no processo de sanitização	Porque é o tempo que consta no procedimento	Exigência da qualidade	Máquinas apresentavam um aspecto "sujo"	Porque há fontes de sujeira no equipamento	Eliminar fontes de sujeira
Tempo elevado no processo de sanitização	Porque é o tempo que consta no procedimento	Exigência da qualidade			Diminuir a frequência de limpeza e rever aspectos de qualidade

Quadro 7:: Análise 5 porquês

De acordo com o quadro 6 duas hipóteses foram levantadas. A primeira consta que o problema ocorre devido à presença de fontes de sujeira no equipamento. Já a segunda hipótese leva em conta que exigências de qualidade são as responsáveis pelo alto tempo de limpeza no equipamento.

De acordo com a hipótese levantada com os operadores especializados e manutentores das máquinas referentes aos três turnos, o alto tempo utilizado para a “Limpeza Final de Turno” se explica também pela exigência da qualidade, confirmando a segunda hipótese.

Uma pesquisa histórica revelou a ocorrência de um aumento no tempo da limpeza em março de 2011. Esta redução foi implantada após uma auditoria interna realizada na empresa, onde os auditores alegaram que as perdas de cera na produção no processo de enrolamento, estavam causando um aspecto de equipamento “sujo”.

Para validar esta informação, foi feita uma análise do aspecto do equipamento realizando as duas limpezas e outra excluindo a limpeza realizada no meio do turno.

A figura 6 ilustra o equipamento antes da realização da limpeza nas duas situações:

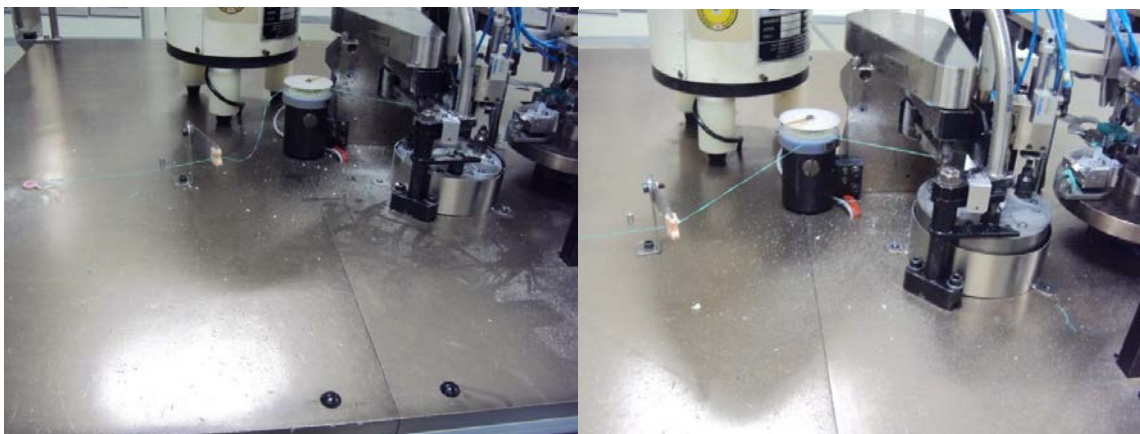


Figura 6: Análise do aspecto dos equipamentos antes da limpeza final de turno

Depois de analisar os testes realizados, seu impacto e a opinião dos operadores, verificou-se que é desnecessária a realização de duas limpezas no turno de trabalho, visto que se torna apenas um fator visual, já que não afeta a qualidade do produto nem o processo de fabricação.

3.4.1.6 ETAPA 6 – PLANEJAMENTO DA IMPLEMENTAÇÃO

Para planejamento das ações foi feito um levantamento pela ferramenta 5W2H, que fornece um mapeamento destas atividades, onde fica estabelecido o que é feito, quem realiza as atividades, em qual período de tempo elas serão feitas, em qual área da empresa, todos os motivos pelos quais esta atividade deve ser feita e qual será o valor de tal processo. O Quadro 8 representa uma ilustração do cronograma 5W2H:

Which (Qual)	What (o que)	Where (Onde)	Who (Quem)	How (Como)	How Much (Custo)	When (quando)
Enrolamento	Redução da limpeza	Todo o equipamento	Operadores Especializados	Na limpeza no meio do turno	R\$ 0,00	4 semanas

Quadro 8: Diagrama de 5W2H

Um fator que deve ser ressaltado neste projeto é o custo quanto ao investimento e desenvolvimento do mesmo. Pelo fato de não haver a necessidade de compra de novos materiais ou alteração na estrutura do equipamento, seu retorno se torna imediato, apenas com o aumento da produtividade.

3.4.1.7 ETAPA 7 – IMPLANTAÇÃO DA MELHORIA

Esta etapa consiste na execução do plano de ação e no acompanhamento da melhoria.

O primeiro passo na aplicação do plano de ação foi a realização de uma alteração provisória na IT (instrução de trabalho). Uma instrução de trabalho é o documento utilizado para a descrição de funcionamento das atividades de um determinado processo, ou seja, todos os participantes do mesmo serão orientados através deste documento de como realizar suas funções e também como agir conforme uma determinada situação ou ocorrência de desvios durante o processo de manufatura.

Porém, somente a alteração na instrução de trabalho não é suficiente para que a melhoria seja implantada. O alinhamento com os operadores através de reuniões e treinamentos é essencial para a consolidação da alteração.

Um problema encontrado nesta etapa foi a falta de um alinhamento eficaz com os funcionários. Desta forma, apesar da IT estar alterada, os operadores continuaram realizando a limpeza conforme o padrão antes estabelecido. E esta falha só pode ser notada no momento em que se realizou o acompanhamento do processo, através dos supervisórios. Esta falha foi reportada a liderança, que era a responsável por validar e repassar as informações necessárias para os operadores.

Após o alinhamento com os operadores e realizado o treinamento adequado, foi possível iniciar o segundo passo na aplicação, que consistiu na reserva dos produtos em um lote de teste, até que a condição do equipamento pudesse ser validada conforme os novos padrões de processo. Os quadros 9 e 10, ilustram a análise microbiológica realizada no equipamento, antes e após um turno completo de trabalho (oito horas):

Data	Local	Descrição do Ponto	Contagem de bactérias aeróbias viáveis (UFC/25cm ²)	Contagem de fungos e leveduras (UFC/25cm ²)	Contagem total de microorganismos aeróbios viáveis (UFC/25cm ²)	Limites de Superfícies (UFC/cm ²)	Resultado
12/04/2012	Enrolamento 1	Conjunto Enrolador	1	0	1	≤ 200	Aprovado
		Mesa montadora	0	0	0	≤ 200	Aprovado
		Etiquetadora	0	0	0	≤ 200	Aprovado
		Conjunto alimentadores	0	2	2	≤ 200	Aprovado
		Conjunto de proteções	2	0	2	≤ 200	Aprovado
		Conjunto transporte de rolinho	0	0	0	≤ 200	Aprovado
		Mesa de suporte e estojo	0	0	0	≤ 200	Aprovado
		Conjunto de pinça	3	7	10	≤ 200	Aprovado
		Chapinha do zig-zag	2	1	3	≤ 200	Aprovado
		Canecas de suporte	0	0	0	≤ 200	Aprovado
		Mola da Pinça	0	1	1	≤ 200	Aprovado

Quadro 9: Análise microbiológica antes da limpeza

Data	Local	Descrição do Ponto	Contagem de bactérias aeróbias viáveis (UFC/25cm ²)	Contagem de fungos e leveduras (UFC/25cm ²)	Contagem total de microorganismos aeróbios viáveis (UFC/25cm ²)	Limites de Superfícies (UFC/cm ²)	Resultado
12/04/2012	Enrolamento 1	Conjunto Enrolador	0	0	0	≤ 200	Aprovado
		Mesa montadora	0	0	0	≤ 200	Aprovado
		Etiquetadora	0	0	0	≤ 200	Aprovado
		Conjunto alimentadores	0	0	0	≤ 200	Aprovado
		Conjunto de proteções	0	0	0	≤ 200	Aprovado
		Conjunto transporte de rolinho	0	0	0	≤ 200	Aprovado
		Mesa de suporte e estojo	0	0	0	≤ 200	Aprovado
		Conjunto de pinça	0	4	4	≤ 200	Aprovado
		Chapinha do zig-zag	0	0	0	≤ 200	Aprovado
		Canecas de suporte	0	0	0	≤ 200	Aprovado
		Mola da Pinça	0	1	1	≤ 200	Aprovado

Quadro 10: Análise microbiológica após a limpeza

As análises revelam que o equipamento se encontra bem abaixo dos limites especificados, que poderiam afetar a qualidade do produto. Portanto o lote de testes pode ser aprovado para comercialização. Após ser validado o processo, iniciou-se o acompanhamento semanal das ações através dos indicadores de produção.

Na figura 7, percebemos a redução no tempo de “Limpeza Final de Turno” medida no período de março de 2011 a abril de 2012:

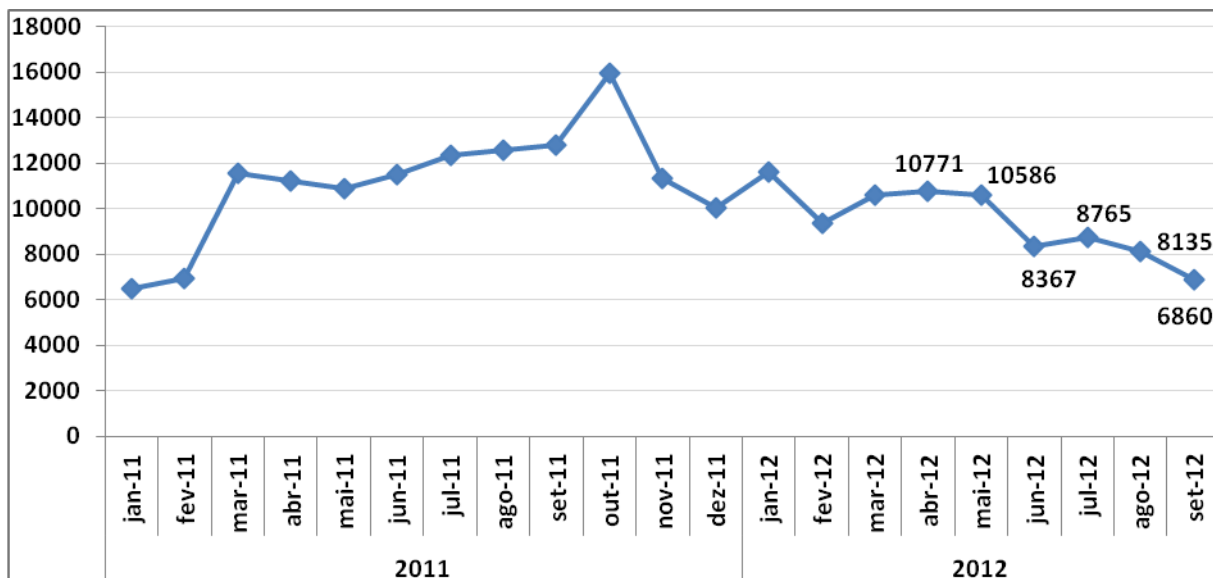


Figura 7: Evolução das Perdas

3.4.1.8 ETAPA 8 – VERIFICAÇÃO DOS RESULTADOS

Esta etapa visa a confirmação dos efeitos obtidos em relação a todos os tipos de perda após implementar o *Kaizen*, analisando o resultado da medida realizada.

Primeiramente realizou-se um confronto com as metas pré-estabelecidas pela companhia, que tem como principal objetivo a redução das maiores perdas em 30% e em seguida foi feita uma análise dos ganhos obtidos com a melhoria. Conforme ilustrado na figura 8:

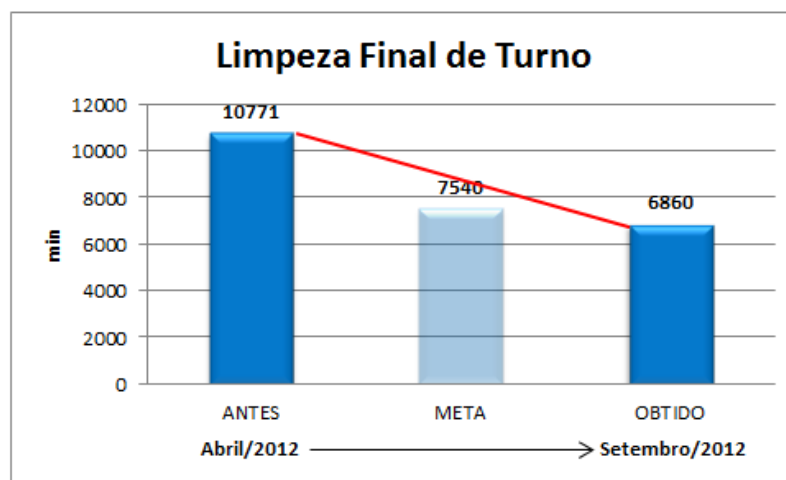


Figura 8: Meta X Real

Através das figuras 7 e 8, verificamos que os ganhos na redução das perdas, superaram as metas preconizadas pela empresa e impactaram positivamente no OEE do equipamento.

3.4.1.9 ETAPA 9 – MEDIDAS CONTRA A RECORRÊNCIA DO PROBLEMA E CONSOLIDAÇÃO

Para prevenir a recorrência desta falha, algumas medidas foram adotadas. Dentre elas podemos destacar:

- Alteração nos níveis de validação: o intuito desta medida é evitar que alterações nos processos sejam realizadas sem o consentimento de todos os envolvidos no processo. Desta forma, a opinião de todos deve ser levada em conta;
- Padrão visual: foi estabelecido um padrão visual e inserido nas instruções de trabalho, com o propósito de manter a variabilidade sobre controle;
- Revisão dos Procedimentos: procedimentos quanto a limpeza realizada nos equipamentos e sua frequência de validação, foram alterados conforme determinação do projeto de melhoria, afim de manter a qualidade do produto.

Para facilitar a próxima etapa do ciclo de melhoria, foi criado também um manual destinado a replicação horizontal, identificando todas as dificuldades e o caminho seguido para implantação do *kaizen*.

Após o término da aplicação, ocorreu um evento de reconhecimento de todos os membros do grupo que participaram do processo de redução de perdas.

3.4.1.10 ETAPA 10 – REPLICAÇÃO HORIZONTAL

Após a aplicação das nove primeiras etapas do ciclo de melhorias com a garantia da eficiência e qualidade do projeto, a etapa dez tem como objetivo principal a replicação do processo para outras máquinas similares e se possível para outras linhas que apresentem o mesmo tipo de falha.

Neste estudo de caso, a fábrica de fio dental apresenta mais cinco equipamentos idênticos ao piloto utilizado e foi identificado que na linha de impregnação do fio também existe a possibilidade do mesmo projeto ser aplicado.

Para a realização da replicação horizontal foi realizado um mapeamento, priorização de mais duas máquinas de enrolamento com grande volume de produção e um cronograma

para realização das atividades. Juntamente com o início da aplicação do projeto de melhoria foi iniciada a validação do equipamento de impregnação, com uma análise microbiológica num processo idêntico ao utilizado na etapa 7 deste estudo.

3.4.2 SETOR DE UTILIDADES

Para o setor de utilidades a análise das perdas se torna um pouco mais delicada. Devido à falta de supervisórios e a precariedade nos que se encontram ativos, antes de iniciar a aplicação da primeira etapa com a criação da árvore de oportunidades, tem sido necessário criar métodos para controle dos processos.

Poucos estudos sobre a aplicação do TPM em setores de utilidades são feitos. Devido ao fato do TPM ser aplicado geralmente em células de manufatura, todas as ações são voltadas para áreas fabris. Nem mesmo consultorias especializadas contratadas, souberam dar um direcionamento concreto quanto à estrutura do pilar de melhoria. Portanto uma das intenções da aplicação do TPM em utilidades nesta empresa é se tornar também *Benchmark* para outras empresas de diferentes setores.

Um importante detalhe desta análise, é que o índice de eficiência dos equipamentos leva em conta geralmente paradas de máquinas, caracterizadas dentre as dezenove grandes perdas identificadas pela companhia. Como não há, ou não deve ocorrer interrupção no fornecimento dos insumos, não são mensuradas as paradas dos equipamentos envolvidos, ou seja, na há índice de eficiência dos equipamentos, pois este se apoia exclusivamente nos tempos em que a falha se inicia, até o seu término. Geralmente as análises feitas levam em conta apenas as perdas relacionadas às diferenças entre a entrada, fabricação ou tratamento dos insumos, e a sua entrega para as fábricas e outros setores, desconsiderando assim todas as perdas relacionadas ao processo de transmissão. Portanto, para dar início a uma análise mais aceitável dos processos, foram listadas todas as quebras de equipamentos no período de um ano, em todo sistema de transmissão e fabricação dos insumos, juntamente com os valores e os tempos relacionados à manutenção dos mesmos. Sendo assim, foi feita uma recaracterização das grandes perdas, estruturadas em treze novas, voltadas especificamente para os detalhes dos setores envolvidos.

Para realizarmos uma primeira abordagem mais eficaz do TPM, decidimos escolher uma das áreas como piloto de nossa análise. Pela simplicidade e baixa quantidade de

manutenções encontradas, a área escolhida foi uma estação de tratamento de efluentes da empresa.

3.4.2.1 CRIAÇÃO DA ÁRVORE DE OPORTUNIDADES E INÍCIO DA ETAPA 1 – SELEÇÃO DO TEMA DE MELHORIA

Com os dados de manutenção coletados em um ano e com a criação dos controles de processo citados anteriormente, foi possível iniciar a criação da árvore de oportunidades e começar a identificar as possibilidades de melhorias no processo.

A primeira etapa na criação da árvore, foi caracterizar todas as perdas de manutenção dentre as treze grandes perdas escolhidas, e em seguida, para o cálculo do valor total, levou-se em conta o custo por hora de um operador do setor de utilidades, a duração do tempo levado para executar a manutenção e o custo da manutenção (compra de novos ativos, de peças, etc), conforme equação abaixo:

$$\text{Custo Total} = [(\text{Valor HH} \times \text{TM})/60] + \text{CF} \quad (5)$$

Sendo,

HH = Valor de Hora Homem estabelecido pela companhia;

TM = Tempo destinado apenas à manutenção dos equipamentos;

CF = Custo de novos equipamentos e/ou instalações.

Fábrica: UTILIDADES - E.T.E

Período: SAP SET/2011 à AGO/2012

Categoria de Perdas	Quantidade	Valor
1. Quebra/Falha - MC	20.076	R\$ 33.284
2. Manutenção Planejada	1.172	R\$ 1.074
3. Desperdício de Energia Elétrica	0	R\$ 0
4. Start up	0	R\$ 0
5. Eficiência	0	R\$ 0
6. Parada Programada	180	R\$ 165
7. Defeito de Qualidade	0	R\$ 0
8. Eventos Inesperados - Parada Externa	0	R\$ 0
9. Abastecimento de material	0	R\$ 0
10. Limpeza e Sanitização	11.711	R\$ 47.681
11. Falta de automação	1.410	R\$ 1.293
12. Perdas por medição (ajustes excessivos)	339.407	R\$ 311.190
13. Troca de ferramental	0	R\$ 0

Figura 9: Árvore de Oportunidades - ETE

A partir da árvore de oportunidades podemos fazer um levantamento das três maiores perdas da estação de tratamento de efluentes. “Perda por Medição (ajustes excessivos)”, é a perda com maior impacto na estação de tratamento de efluentes. Na listagem das perdas que caracterizaram este elemento da árvore, nota-se um grande volume de inspeção diária nos hidrômetros da estação. “Limpeza e Sanitização” aparece como segunda principal perda no processo seguida de “Quebra/Falha – MC”.

Com este levantamento, definimos estas três perdas como os temas de melhoria para início dos projetos dentro do setor de utilidades.

3.4.2.2 ETAPA 2 - FORMAÇÃO DA EQUIPE DE PROJETO

Nesta etapa foram selecionadas pessoas pertencentes aos departamentos de Engenharia, Manutenção e Capacitação e Treinamento, divididas com as seguintes responsabilidades:

- Engenharia:
 - Engenheira de Utilidades: Líder do projeto e representante no Pilar de Melhoria Específica. Responsável pela criação da árvore de oportunidades e pela determinação dos projetos do ciclo de melhoria. Elo com a gerência para a aquisição de recursos para os projetos.
 - Estagiário de Engenharia: Suporte na criação e desenvolvimento da árvore. Verificar a qualidade dos dados de manutenção e dos supervisórios. Suporte nas discussões referentes ao pilar.
- Manutenção:
 - Supervisor de manutenção: Responsável pelo setor de manutenção. Toda e qualquer alteração no processo deve passar pela sua aprovação. Suporte na coleta dos dados.
 - Técnico de manutenção: Coleta dos dados de manutenção e criação de alguns controles no processo.
 - Programador de manutenção: Criação de supervisórios e da interface eletrônica do TPM. Auxílio no desenvolvimento da árvore.

- Operação: Responsável pela operação da estação de tratamento de efluentes, *input* e coleta de dados nos supervisórios e controles de processo. Responsável também por realizar as manutenções nos equipamentos.
- Capacitação e Treinamento:
 - Facilitadora de Capacitação e Treinamento: Responsável por treinar todos participantes no processo quanto ao método TPM.

Um grande problema encontrado na seleção do time de melhoria foi à falta de treinamento devido à falta de recursos por parte da empresa, desde a operação aos líderes de projeto. Este problema acarretou na falta de sincronismo durante a maior parte das etapas quanto aos objetivos pertinentes ao método TPM. Apenas o estagiário de engenharia, a líder do projeto, um técnico e alguns operadores eram treinados. Desta forma ocorreu um grande atraso no desenvolvimento do ciclo, pois para o andamento das etapas todos os funcionários deveriam estar treinados e capacitados para o desenvolvimento de suas funções. Sanado este déficit, foi realizado o registro dos componentes junto à secretaria de TPM pelo líder de projeto.

3.4.2.3 ETAPA 3 – VERIFICAÇÃO DA SITUAÇÃO ATUAL

Nesta etapa devemos estabelecer as metas do nosso projeto. Como definição geral da companhia, os projetos devem ter como meta a redução de 30% das três maiores perdas do setor (geralmente é feito um levantamento de quanto esta redução impactará no OEE dos equipamentos, porém neste setor, como citado anteriormente, não foi possível realizar esta análise). A figura abaixo, ilustra a projeção das melhorias.

MAIORES PERDAS - UTILIDADES

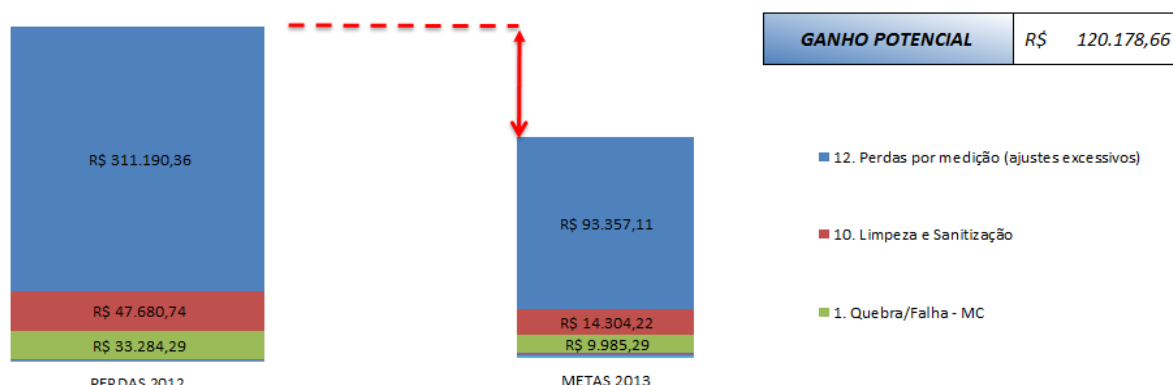


Figura 10: Projeção das melhorias

3.4.2.4 ETAPA 4 – LEVANTAMENTO DAS ANOMALIAS E ELIMINAÇÃO DAS PEQUENAS DEFICIÊNCIAS

Para eliminação das anomalias e de pequenas deficiências criou-se alguns padrões para controle do processo. Para isso, dividiu-se a estação em quatro principais áreas. Segue abaixo uma lista com os controles criados para cada divisão.

- Tanque de Equalização:
 - Vazão de entrada: Medição a cada dois minutos da vazão de entrada no tanque;
 - DBO (Demanda bioquímica de oxigênio) / DQO (Demanda química de oxigênio): Parâmetros para se avaliar o grau e capacidade de autodepuração do efluente;
 - Óleos e Graxas: quantidade de óleos e graxas presentes no efluente;
 - pH: Medição quinzenal do pH de entrada.
- Tanque de Aeração:
 - SSF: Sólidos suspensos fixos;
 - SSV: Sólidos suspensos voláteis;
 - pH: Medição quinzenal do pH no tanque;
 - OD (oxigênio dissolvido): quantidade de oxigênio dissolvido na água;
 - Temperatura: temperatura média do processo de aeração;
 - IVL: controle sedimentabilidade do lodo;

- Adensador:
 - Polímero: quantidade de polímero necessário para manter a densidade do lodo tratado na forma adequada;
- Saída:
 - Vazão de saída: Vazão medida na saída do processo;
 - DBO/DQO: Parâmetros para se avaliar o grau e capacidade de autodepuração do efluente tratado;
 - Óleos e graxas: Quantidade de óleos e graxas na saída do processo;
 - Fenóis: Presença de fenóis após o efluente ser tratado;
 - Sólidos sedimentáveis: Quantidade de sólidos presentes após o efluente ser tratado.

Desta forma, através da qualidade da água durante e ao final do processo, se pode mostrar qual a eficiência do conjunto de equipamentos referentes ao controle em questão.

Visto que o pilar de melhoria específica tem o apoio de outros pilares, principalmente os de manutenção autônoma e planejada, pequenas melhorias são realizadas diariamente com a colocação das etiquetas por parte dos operadores, que também são mantenedores dos equipamentos.

3.4.2.5 SITUAÇÃO ATUAL

Devido ao atraso decorrente da necessidade de criar controles no processo e da falta de treinamento de todos os envolvidos, esta análise para a estação de tratamento de efluentes, se encontra na análise das causas do problema, onde deverá ser realizadas a estratificação e análises de causas, aplicação das técnicas analíticas para definição das causas raízes dos problemas, verificação das hipóteses levantadas no processo e a definição detalhada das ações.

4. ANÁLISES E CONCLUSÕES

Através deste estudo das 10 etapas do ciclo de melhoria específica dentro de uma empresa em dois setores distintos, podemos perceber as dificuldades e benefícios encontrados na implantação do sistema TPM. Principalmente a importância do envolvimento de todas as pessoas no processo de implantação do método. A falta de treinamentos durante a aplicação, impossibilitou que as decisões pudessem ser tomadas com mais dinamismo e dentro dos prazos determinados.

Uma importante característica observada também foi como a precariedade nos supervisórios que fazem a gestão das perdas dentro da empresa influenciou no desenvolvimento do método e das decisões estratégicas. Como o pilar de melhoria específica tem como base a priorização de determinadas perdas, a falta de acuracidade nestes dados pode levar a um investimento de tempo e de dinheiro ineficientes nos projetos, não trazendo o retorno esperado. Portanto para se dar início a uma aplicação eficaz, a companhia deve estar atenta ao seu modelo de gestão das perdas e falhas no seu processo pois são consideradas bases fundamentais no desenvolvimento do TPM.

Considerações importantes devem ser feitas quanto ao TPM fora de áreas de manufatura. Neste estudo, a análise em uma estação de tratamento de efluentes, quebra este paradigma de que o TPM só se aplica a áreas fabris. Com treinamentos realizados de forma correta a todos os envolvidos, e após uma análise criteriosa de todas as perdas, foi possível através da árvore de oportunidades, identificar as potenciais falhas dentro deste setor e iniciar projetos de melhoria.

Como dito anteriormente, uma das grandes dificuldades na implantação do TPM, é uma base de dados fraca quanto à gestão das perdas. Porém isto se tornou um benefício devido à necessidade do TPM quanto aos dados necessários. A partir da implantação, a companhia iniciou um processo de reformulação de seus supervisórios, obtendo assim uma gestão mais eficaz dos processos e consequentemente de suas perdas, tornando as priorizações de projetos mais assertivas.

A aplicação do TPM possibilitou também redução do espaço que existia entre a liderança e a operação, favorecendo não só o TPM, mais também o desenvolvimento de outras atividades e projetos dentro da companhia.

4.1 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Tendo como base os resultados obtidos através desta análise da implantação do TPM, e buscando a implantação do método para a redução das perdas dentro da companhia, é importante focar nas dimensões que o TPM possa ter dentro de uma empresa.

Como visto na seção 2.3 deste presente estudo, o TPM não se aplica apenas a áreas de manufatura, podendo se estender a setores administrativos e também aqueles envolvem toda a companhia.

Poucos estudos são vistos a respeito destas áreas, devido a falta de aprofundamento da sociedade quanto aos desenvolvimentos que saem do âmbito manufatureiro.

É importante também uma análise mais eficaz da gestão das perdas nas empresas. Informações que não coincidem acabam gerando análises equivocadas dos processos em estudo, visto que a maioria dos projetos de melhoria nas companhias se baseia nestes dados. Portanto um estudo de maneira mais abrangente, desde as perdas com matéria-prima, até um controle de todas as saídas de uma fábrica, servirá de grande base para aplicações dos métodos que visam a gestão dos processos.

5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

ARAGÃO, Irlam Reis de. **A redução de perdas num processo produtivo através da implantação da sistemática da árvore de perdas.** Revista Produção On Line, Florianópolis, n. , p.1-29, 2 ago. 2007. Disponível em: <<http://producaoonline.org.br/rpo/article/view/74/76>>. Acesso em: 30 set. 2012.

BORMIO, M. R.; FORTUNATO, N. D. **A utilização de etiquetas de detecção de inconveniências na manutenção autônoma de TPM.** In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13., 2006, Bauru. Anais eletrônicos... Bauru: SIMPEP, 2006. Disponível em: < http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/26.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2012.

CARRIJO, J. R. S.; TOLEDO, J. C. **Benefícios da implantação do TPM (Total Productive Maintenance) no processo de desenvolvimento de produtos de uma indústria gráfica.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 26., 2006, Fortaleza. Anais eletrônicos... Fortaleza: ENEGEP, 2006. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006_TR490328_6771.pdf> . Acesso em: 22 set. 2012.

DIDELET, Filipe; VIEGAS, José Carlos. **MANUTENÇÃO.** Setúbal: Escola Superior De Tecnologia De Setúbal, 2003.

ESTANQUEIRO, R. F.; LIMA, C. R. C. **Discutindo as dificuldades na implementação do TPM.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 26., 2006, Fortaleza. Anais eletrônicos... Fortaleza: ENEGEP, 2006. Disponível em: < http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006_TR530354_8020.pdf> . Acesso em: 22 set. 2012.

FERNANDES, A. R. **Manutenção Produtiva Total: uma ferramenta eficaz na busca da perda-zero.** 2005, 18p. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Itajubá, 2005.

GODOY, A.S. (1998) - **Pesquisa Qualitativa: Tipos Fundamentais.** Revista de Administração de Empresas, v. 35, n. 3, p. 25-35.

JUNIOR, J. C.; SILVA, S. L. **Educação e treinamento como fator crítico para a manutenção autônoma (MA): estudo de caso de implementação do Total Productive Maintenance (TPM).** In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 13., 2010, São Paulo. Anais eletrônicos... São Paulo: SIMPOI, 2010. Disponível em: < http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2010/artigos/E2010_T00467_PCN37576.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2012.

KARDEC, Alan; NASCIF, J. **Manutenção: Função Estratégica.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998. 287p.

KMITA, S. F. **Manutenção Produtiva Total (TPM): uma ferramenta para o aumento do índice de eficiência global da empresa.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23., 2003, Ouro Preto. Anais eletrônicos... Ouro Preto: ENEGEP, 2003. Disponível em: < http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003_TR0109_1758.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2012.

MAGGARD, B.M. & RHYNE, D.V. **Total Productive Maintenance.** Cambridge, MA: Productivity Press, 1988.

MORA, E. **How to succeed in TPM implementation.** 2000. Disponível em: <www.swspitcrew.com/html/aug_00.html> Acesso em: 17 set 2012.

MORAES, P. H. A. **MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL: estudo de caso em uma empresa automobilística.** 2004. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Unitau, Taubaté, 2004.

MORALES, D.; ROSA, G. O. **Implantação do sistema de manutenção produtiva total na COCAMAR – Indústria de Fios e Seda: Um estudo de caso.** In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13., 2006, Bauru. Anais eletrônicos... Bauru: SIMPEP, 2006. Disponível em: < http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/760.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2012.

NAKAJIMA, Seichii. **Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda., 1989. 322p.

NAKAZATO, Koichi. **15º Curso de Formação de Facilitadores de TPM**. Guarulhos. 2001. (Apostila de curso).

NETTO, Wady Abrahão Cury. **A importância e a aplicabilidade da Manutenção Produtiva Total (TPM) nas indústrias**. 2008. 64 f. Dissertação (Graduação) - Ufjf, Juiz de Fora, 2008.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. 1ª ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

PALMEIRA, J. N.; TENÖRIO, F. G. **Flexibilização organizacional: aplicação de um modelo de produtividade total**. Rio de Janeiro: FGV Eletronorte, 2002. 276p.

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: 17.set 2002.

SANTOS, A. C. O.; SANTOS, M. J. **Utilização do indicador de eficácia global de equipamentos (OEE) na gestão de melhoria contínua do sistema de manufatura - um estudo de caso**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 17., 2007, Foz do Iguaçu. . Anais eletrônicos... Foz do Iguaçu: ENEGEP, 2007. Disponível em: <<http://www.volumetric.com.br/anexos/oe.pdf>>. Acesso em: 2. Nov. 2012.

SOUZA, Fabio Januario de. **Melhoria do pilar de "Manutenção Planejada" da TPM através da utilização do RCM para nortear as estratégias de manutenção**. 2004. 115 f. Tese (Mestrado) - UFRGS, Porto Alegre, 2004.

SUZUKI, Tokutaro. **TPM for Process Industries**. Portland: Productivity Press, 1994. 388 p.

TAKAHASHI, Yoshizaku; OSADA, Takahashi. **TPM / MTP – Manutenção Produtiva Total**. São Paulo: IMAN, 1993. 322p.

VOKURKA R.; LUMUS R. **International Journal of Logistics Management**. v.11. 2000.

WILLIAMSON, Robert M. **The Basic Pillars of Total Productive Maintenance**. Disponível em: <<http://www.mt-online.com/articles/10-00view.cfm?pf=1>>. Acesso em: 15 nov. 2012.

WILLMOTT, Peter. **Total Quality with Teeth**. MCB University Press: The TQM Magazine, vol. 6, no 4, 1994.

WIREMAN, T. **Total Productive Maintenance**. New York: Industrial Press Inc., 2004.

XENOS, H. G. **Gerenciando a manutenção produtiva – O caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ZAIONS, D. R. **Manutenção Industrial com Enfoque em Manutenção Centrada em Confiabilidade**. Porto Alegre: UFRGS, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Curso de pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.