

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
GUILHERME ROCHA ARAUJO**

**IMPACTO DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL
NA DISPONIBILIDADE DE MÁQUINAS
OPERATRIZES DE USINAGEM**

**Taubaté - SP
2019**

GUILHERME ROCHA ARAUJO

**IMPACTO DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL
NA DISPONIBILIDADE DE MÁQUINAS
OPERATRIZES DE USINAGEM**

Trabalho de Graduação apresentado para
obtenção do Certificado de Graduação do
curso de Engenharia Mecânica do
Departamento de Engenharia Mecânica da
Universidade de Taubaté.

Orientador: Prof. Me. Paulo Cesar Corrêa
Lindgren

Coorientadora: Profa. Me. Maria Regina
Hidalgo de Oliveira
Lindgren

**Taubaté – SP
2019**

SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU

A663i Araujo, Guilherme Rocha
Impacto da manutenção produtiva total na disponibilidade de máquinas
operatrizes de usinagem / Guilherme Rocha Araujo. -- 2019.
50 f. : il.

Monografia (graduação) – Universidade de Taubaté, Departamento de
Engenharia Mecânica e Elétrica, 2019.

Orientação: Prof. Me. Paulo Cesar Corrêa Lindgren, Departamento de
Engenharia Mecânica

Coorientação: Profa. Ma. Maria Regina Hidalgo de Oliveira Lindgren,
Departamento de Engenharia Mecânica

1. Manutenção Produtiva Total. 2. Custos. 3. Produtividade.
I. Graduação em Engenharia Mecânica. II. Título.

CDD – 658.562

Ficha catalográfica elaborada por Shirlei Righeti – CRB-8/6995

GUILHERME ROCHA ARAUJO

IMPACTO DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL NA DISPONIBILIDADE DE
MÁQUINAS OPERATRIZES DE USINAGEM

Trabalho de Graduação apresentado para
obtenção do Certificado de Graduação do
curso de Engenharia Mecânica do
Departamento de Engenharia Mecânica da
Universidade de Taubaté.

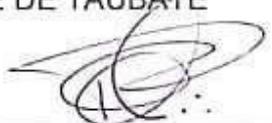
DATA: 27/11/2019

RESULTADO: Aprovado.

BANCA EXAMINADORA:

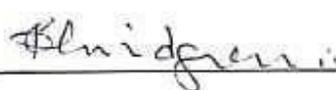
Prof. Me. Paulo Cesar Corrêa Lindgren (orientador)

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Assinatura:  _____

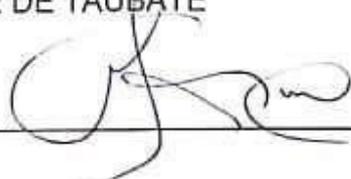
Profa. Me. Maria Regina Hidalgo de Oliveira Lindgren (coorientadora)

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Assinatura:  _____

Prof. Me. Antonio Carlos Tonini

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Assinatura:  _____

Dedico este trabalho aos meus pais Marcelo de Brito Araújo e
Andreia Serafim Rocha Araújo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade de estudo e pela força que têm dado até o presente momento.

Aos familiares, que auxiliaram nos momentos necessários a conclusão do curso.

Ao professor Paulo Cesar Corrêa Lindgren e à professora Maria Regina Hidalgo de Oliveira Lindgren, pelo grande apoio na orientação deste trabalho.

À Universidade de Taubaté – UNITAU, que ofereceu um excelente ambiente educacional com profissionais qualificados.

“Cada sonho que você deixa para trás, é um pedaço
do seu futuro que deixa de existir”
(STEVE JOBS)

RESUMO

A globalização rompeu fronteiras entre as nações, impactando nos meios de produção, desenvolvimento e expansão de novas tecnologias. Com isso, houve a internacionalização dos conhecimentos e de mercados consumidores. Os principais resultados dessa integração foram as desnacionalizações dos produtos e serviços. Nesse contexto, aumentou-se o nível de competitividade entre as empresas, onde um processo produtivo eficaz que atenda aos requisitos de qualidade e excelência do produto, com menor custo possível, é primordial para sua consolidação no mercado mundial. A manutenção produtiva total, ou popularmente conhecida como TPM - *Total Productive Maintenance*, é uma ferramenta utilizada para melhorar a produtividade da empresa, sendo um método de excelência na busca de defeito zero. Seus efeitos resultam no aumento da disponibilidade de máquinas e equipamentos produtivos. A implantação desse conceito têm como base 8 pilares de sustentação e aplicação dos 5S. Depois da aplicação da Manutenção Produtiva Total, foi possível encontrar resultados que mostraram sua viabilidade na rotina da empresa, sendo um sistema que controla os possíveis fatores de influência na falha prematura dos equipamentos. Sua aplicação contribui para a redução de custos e aumento de produtividade do setor de usinagem, impactando também nos demais processos relacionados.

Palavras-chave: Manutenção Produtiva Total. Custos. Produtividade.

ABSTRACT

Globalization has broken borders between countries, impacting the means of production, development and expansion of new technologies. With this, there was an internationalization of knowledge and consumer markets. The main results of this integration were the denationalization of products and services. In this context, the level of inter-company promotion has increased, where an effective process that meets product quality and excellence requirements at the lowest possible cost is paramount to its economy in the world market. Total Productive Maintenance, or popularly known as TPM, is a tool used to improve business recovery and is a method of excellence in zero defect search. Its effects result in increased availability of productive machinery and equipment. The implementation of this concept is based on 8 pillars of support and application of 5S. After the application of Total Productive Maintenance, it was possible to find results that show its viability in the routine of the company, being a system that controls the possible factors of influence on premature equipment failure. Its application contributes to reducing costs and increasing the machining sector, also impacting other related processes.

KEYWORDS: Total Productive Maintenance. Costs. Productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Formulário FMEA	21
Figura 2: 8 Pilares de Sustentação - TPM.....	26
Figura 3: OEE - <i>Overall Equipment Effectiveness</i>	37
Figura 4: Diagrama de Causa e Efeito	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comparativo de indicadores da máquina LT 2 - antes e depois da *TPM*..48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Pilares das Atividades de <i>TPM</i>	32
--	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Comparação da quantidade de quebras da máquina estudada	45
Gráfico 2: Comparação de capacidade de produção 2012/2013	45
Gráfico 3: Índice de OEE dos anos 2012 e 2013	46
Gráfico 4: Tempo de indisponibilidade - antes da implantação da TPM.....	47
Gráfico 5: Tempo de indisponibilidade - depois da implantação da TPM.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MCC	Manutenção Centrada na Confiabilidade
FMEA	Análise de Modos de Falhas e Efeitos
FEMECA	Análise de Modo de Falha, Efeitos e Criticidade
SDCD	Sistemas Digitais de Controle Distribuído
NBR	Norma Brasileira
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
PM	<i>Preventive Maintenance</i>
JIPM	<i>Japan Institute of Plant Maintenance</i>
MTBF	<i>Mean Time Between Failures</i> (Tempo Médio Entre Falhas)
QA	<i>Quality Assurance</i> (Garantia da Qualidade)
5'S	<i>Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke</i>
JIT	<i>Just in Time</i>
CCQ	Círculos de Controle de Qualidade
KPI	<i>Key Performance Indicator</i> (Indicador-Chave de Desempenho)
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i> (Eficiência Global do Equipamento)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Objetivo	16
1.2 Justificativa	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 Manutenção Industrial	17
2.1.1 Manutenção Planejada e Não Planejada	17
2.1.2 Manutenção Corretiva	18
2.1.3 Manutenção Preventiva	18
2.1.4 Manutenção Preditiva	19
2.1.5 Manutenção Centrada na Confiabilidade - MCC	20
2.1.6 Manutenção Detectiva	21
2.1.7 Engenharia da Manutenção	22
2.1.8 Planejamento da Manutenção	22
2.1.9 Qualidade na Manutenção	23
2.2 Manutenção Produtiva Total - MPT	24
2.2.1 Oito Pilares de Sustentação da Metodologia MPT	25
2.2.2 Implantação da MPT	30
2.2.3 Importância da ferramenta 5'S na MPT	34
2.3 Indicadores de Performance	36
3 METODOLOGIA	38
4 DESENVOLVIMENTO	39
4.1 Manutenção Autônoma em uma Indústria de Autopeças: Estudo de Caso	39
4.2 Melhoria do OEE por meio de Técnicas de TPM e 5S em uma Empresa de Usinagem CNC: Estudo de Caso	41
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
5.1 Resultados da Manutenção Autônoma em uma Indústria de Autopeças: Estudo de Caso	45
5.2 Resultados da Melhoria do OEE por meio de Técnicas de TPM e 5S em uma Empresa de Usinagem CNC	46
6 CONCLUSÃO	49
REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

Segundo Otani e Machado (2008) a globalização e a popularização da internet causaram enorme mudança na sociedade, afetando também a economia mundial. Com isso, grandes oportunidades foram criadas e empresas nacionais passaram a produzir seus produtos para atender mercados estrangeiros. Criou-se uma “via de mão dupla”, onde países passaram a importar e exportar com maior frequência.

Esse avanço resultou no aumento da competitividade no mercado, onde a qualidade, a inovação e a produtividade refletem no aumento de vendas de mercadorias, acarretando assim em maior lucro as empresas.

A manutenção, como função estratégica das organizações é responsável direta pela disponibilidade dos ativos, tem importância capital nos resultados da empresa. Esses resultados serão tanto melhores quanto mais eficaz for a gestão da manutenção. O Brasil tem custo de manutenção por faturamento bruto de 4,3% do PIB (Produto Interno Bruto) contra a média mundial de 4,1%, isso significa para um PIB FGV (Fundação Getúlio Vargas) de US\$ 451 bilhões - representam 19 bilhões em gastos em manutenção (OTANI, MACHADO, 2008, p. 2).

Portanto, os meios e métodos produtivos devem ser avaliados e estudados periodicamente para se manter atualizados, assegurando a rentabilidade da operação e evitando prejuízos ou custos desnecessários.

Nesse cenário, a manutenção tem papel fundamental na produção industrial, onde dispõe de práticas que auxiliam na sua execução, atendendo os requisitos de qualidade e segurança.

Segundo Moubray (1997), antes da Segunda Guerra Mundial, o ambiente fabril era totalmente diferente, onde além de ser pouco mecanizada, a indústria era composta de equipamentos simples e superdimensionados, sendo nítida a falta de padronização aos mesmos.

A produtividade não era prioritária, somente era feita a manutenção quando máquinas ou equipamentos apresentavam quebras, avarias ou danos que impossibilitavam o trabalho dos mesmos.

Assim era feita a Manutenção Corretiva, que segundo Moubray (1997) consiste na substituição de peças danificadas da máquina sem qualquer planejamento anterior a ocorrência do dano.

Moubray (1997) afirma que após a Segunda Guerra Mundial, a necessidade de produção de bens de consumo e pouca disponibilidade de mão de obra para indústria

resultou em forte mecanização e em maior complexidade das instalações industriais, exigindo maior disponibilidade e confiabilidade de máquinas e equipamentos.

Desse modo, o ambiente deve atender a rigorosas normas e regras, reduzindo paradas de produção geradas por manutenção não planejadas em máquinas-ferramentas, que podem causar queda na qualidade e atrasos na entrega dos itens fabricados.

A implantação da Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance*) – TPM em máquinas operatrizes de usinagem é uma forma de se obter maior produtividade, interferindo por consequência em todos os processos de produção relacionados ao setor, diminuindo o número de retrabalho em peças e a frequência de manutenções corretivas, assim como no tempo de parada das máquinas.

1.1 Objetivo

O objetivo deste trabalho de graduação é realizar um estudo baseado nos impactos da implantação da Manutenção Produtiva Total em máquinas operatrizes de usinagem, respeitando as normas ambientais e de segurança, atendendo os requisitos necessários para seu ideal funcionamento.

1.2 Justificativa

Com a implantação desta ferramenta, serão geradas melhorias na produtividade do setor de usinagem, refletindo assim na diminuição do índice de paradas de produção por manutenção corretiva e de custos relacionados a refugo de matéria prima, improdutividade e indisponibilidade de máquinas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Manutenção Industrial

Atualmente é nítida a importância de um plano de manutenção bem definido, para obtenção de lucros cada vez mais significativos e diminuição de gastos desnecessários, refletindo no custo do produto final.

A manutenção deve ser encarada como uma função estratégica na obtenção dos resultados da organização e deve estar direcionada ao suporte do gerenciamento e à solução de problemas apresentados na produção, lançando a empresa em patamares competitivos de qualidade e produtividade (KARDEC, NASCIF, 2001, p. 43).

Kardec e Nascif (2001) afirmam que a manutenção passou a desempenhar papel estratégico nas organizações modernas - onde é a gestão da mesma baseada em métodos que possibilitam a diminuição de paradas e assim, no aumento de produtividade - sendo um dos diferenciais das empresas líderes em seus segmentos.

A manutenção existe para garantir a disponibilidade dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou de serviço, com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custos adequados.

Os conceitos que serão abordados a seguir são essenciais para o entendimento do estudo em questão. A ferramenta Manutenção Produtiva Total está relacionada com os demais tipos de manutenção - planejadas e não planejadas – assim como estratégias de gerenciamento desse importante setor no processo produtivo.

2.1.1 Manutenção Planejada e Não Planejada

Segundo Kardec e Nascif (2001), a utilização da manutenção pode ocorrer de duas formas: de maneira não planejada ou planejada. É importante analisar, conhecer e distinguir de forma adequada os resultados obtidos com a manutenção planejada e não planejada. Enquanto na manutenção planejada as perdas de produção são reduzidas a níveis muito baixos e os custos e tempos de reparos são minimizados, com a manutenção não planejada ocorre o oposto.

De acordo com Kardec e Nascif (2001) as razões que levam a manutenção executada de forma planejada a obter melhores resultados são:

- a) Compatibilização das necessidades de intervenção com os interesses de produção.

- b) Planejamento dos serviços mais eficiente.
- c) Garantia da existência de peças de reposição, equipamentos e ferramental.
- d) Garantia da existência de mão de obra qualificada e em quantidade suficiente para execução dos serviços.
- e) Aspectos relacionados com segurança – a antecipação à falha evita situações de risco para as pessoas e instalações.

2.1.2 Manutenção Corretiva

Apesar de se apresentar como a mais rudimentar das formas de manutenção, a intervenção corretiva (sem planejamento) se aplica em muitas situações dentro dos processos produtivos em função do custo benefício apresentado.

Pinto e Xavier (2009) afirmam que a manutenção corretiva apresenta um maior custo devido ao fato que quando ocorre a quebra do equipamento, sem um conhecimento prévio, isso faz com que haja compras urgentes sem possíveis negociações na maioria das vezes.

Conforme Pinto e Xavier (2009), a máquina fica parada mais tempo para que seja solucionado o problema e também por mais tempo para novos ajustes operacionais. A falha pode envolver ainda mais partes da máquina do que se tivesse sido feito o acompanhamento de tal problema.

A manutenção programada faz com que haja uma redução do gasto com peças, pois já se tem previamente estabelecido a necessidade de peças e o tempo de funcionário (já está programado determinada quantidade de tempo para certa manutenção). Na manutenção detectiva e preditiva, além de redução do tempo do funcionário da manutenção, há a diminuição ainda mais do gasto com peças, pois nesses tipos de manutenção só é trocado quando se sabe que o item está apresentando parâmetros que indique a necessidade da troca (PINTO, XAVIER, 2009, p. 67).

2.1.3 Manutenção Preventiva

Na maior parte dos casos, porém, a melhor maneira de se efetuar a manutenção é através de um planejamento, onde se leva em consideração uma série de fatores que podem ser afetados pela execução da mesma. Há diversos tipos de manutenções planejadas, sendo uma delas a manutenção preventiva.

Kardec e Nascif (2001) definem a manutenção preventiva como a manutenção desempenhada para manter um item em condições satisfatórias de operação, através de inspeções sistemáticas (intervalo de tempo fixo), detecção e prevenção de falhas incipientes.

Segundo Kardec e Nascif (2001), a manutenção preventiva foi utilizada no passado em larga escala sem uma adequada análise de custo benefício. Desta forma, para aplicação da manutenção preventiva se faz necessário uma análise de custo benefício criteriosa, sendo aplicada nos seguintes casos:

- a) Quando não é possível a preditiva, ou o custo para tal procedimento é demasiado elevado.
- b) Quando estão envolvidas segurança, tanto pessoal quanto operacional.

Segundo Otani e Machado (2008), de acordo com a tendência mundial, compreender o tipo de manutenção adequada para cada organização é fator de sucesso, garantia de otimização nos processos e, por conseguinte, à atividade auferir lucros, ou seja, não apenas garantir a sobrevivência das organizações, mas possibilitar-lhes crescimento e expansão.

2.1.4 Manutenção Preditiva

Otani e Machado (2008) afirmam que no Brasil ainda se trabalha com muita manutenção corretiva não planejada e com manutenção preventiva em excesso.

Tem de promover uma mudança de modo que o nível de atuação, através da aplicação de manutenção preditivas, seja aumentado mais rapidamente. É necessário reduzir fortemente a manutenção preventiva e aumentar a participação da manutenção preditiva como forma de obtermos melhores resultados para empresas do nosso país. A manutenção preditiva é a 1º quebra de paradigma na manutenção e através dela estaremos no caminho para a excelência (OTANI, MACHADO, 2008, p. 7).

Para Otani e Machado (2008), quando é necessária a intervenção da manutenção no equipamento, estamos realizando uma manutenção corretiva planejada. É conhecida também como manutenção sob condição ou manutenção com base no estado do equipamento (*Condition Based Maintenance*).

O termo associado à manutenção preditiva é o de “predizer”. Esse é o grande objetivo da manutenção preditiva: predizer (ou prever) as falhas nos equipamentos ou sistemas através de acompanhamento dos diversos parâmetros, permitindo a operação contínua pelo maior tempo possível. Ou seja, a manutenção preditiva privilegia a “disponibilidade” á medida que não promove intervenções nos equipamentos em operação (OTANI, MACHADO, 2008, p. 7).

De acordo com Otani e Machado (2008), a estruturação da manutenção preditiva, desenvolvimento das tecnologias de diagnósticos é basicamente definida em 8 etapas:

- a) Pesquisa das necessidades (custos);

- b) Seleção de componentes / equipamentos prioritários em classes ABC;
- c) Coleta de informações externas à empresa para obtenção de tecnologias;
- d) Estrutura para execução e fluxo do sistema de manutenção preditiva;
- e) Treinamento dos responsáveis;
- f) Testes;
- g) Seleção de software e hardware;
- h) Desenvolvimento gradual do sistema na empresa:

A manutenção preditiva é a atuação realizada com base em modificação de parâmetro de CONDIÇÃO ou DESEMPENHO, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática.

2.1.5 Manutenção Centrada na Confiabilidade – MCC

Métodos e ferramentas foram criadas para aumentar a produtividade industrial, e assim surgiram a Manutenção Preventiva e a Manutenção Centrada na Confiabilidade - MCC.

A MCC é a aplicação de um método estruturado para estabelecer a melhor estratégia de manutenção para um dado sistema ou equipamento. Esta começa identificando a funcionalidade ou desempenho requerido pelo equipamento no seu contexto operacional identifica os modos de falha e as causas prováveis e então detalha os efeitos e consequências da falha. Isso permite avaliar a criticidade das falhas e onde podemos identificar consequências significantes que afetam a segurança, a disponibilidade ou custo. A metodologia permite selecionar as tarefas adequadas de manutenção direcionadas para os modos de falha identificados (BARBOSA, 2009, p. 13).

A MCC está intimamente ligada à confiabilidade, logo em falhas. Uma das definições de falha, diz que é considerada falha, qualquer interrupção ou alteração que reduza, minimize ou interrompa a capacidade de determinado sistema desempenhar suas funções rotineiras.

“Uma falha consiste na interrupção ou alteração da capacidade de um item desempenhar uma função requerida ou esperada“ (BARBOSA, 2009, p. 19).

Uma ferramenta de grande importância para avaliação e análise de falhas é a FMEA/FMECA.

A FMEA/FMECA é muito útil para avaliar um projeto, pois identifica os efeitos de cada modo de falha sobre os demais componentes e sobre o sistema e estabelece sugestões de melhorias do projeto no sentido de evitar ou mitigar os efeitos das falhas, critérios para realização de testes, programas de manutenção e elaboração de rotinas operacionais (BARBOSA, 2009, p. 37).

2.1.7 Engenharia da Manutenção

A utilização de todos os tipos de manutenção em conjunto, possibilitando assim a extração das melhores características de cada uma, somente é possível através da engenharia de manutenção.

Engenharia de manutenção é o que se tem de melhor desenvolvido para a manutenção, pois a engenharia de manutenção envolve muitos conceitos de manutenção aplicados juntos. Na engenharia de manutenção leva-se em consideração todo o estudo e planejamento de manutenção em caráter preventivo e corretivo, o estudo e levantamento de possibilidade de causa de falhas, desenvolvimento de peças e melhorias de máquinas, estudo de mudança de material de peças e de design, levantamento de atualização de componentes de máquinas, desenvolvimento de fornecedores e outros meios de acompanhamento e desenvolvimento de manutenção (PINTO, XAVIER, 2009, p. 77).

Segundo Pinto e Xavier (2009), praticar engenharia de manutenção significa uma mudança cultural das pessoas que trabalham com manutenção. Para eles, a engenharia de manutenção significa aplicar técnicas modernas, estar nivelado com a manutenção do primeiro mundo e sempre visando a melhoria contínua.

Sobre os tipos de manutenção, sempre se discute e se levanta a questão dos gastos com cada tipo de manutenção.

O ideal planejamento da manutenção industrial é composto por diversas ferramentas, onde a integração destas é essencial para um resultado satisfatório. Um meio de integra-las é através do armazenamento e interpretação de dados, indicadores e informações.

As empresas pretendem integrar o fluxo de informação dos diferentes segmentos do seu negócio e, ao mesmo tempo, melhorar eficiências e reduzir custos. Teoricamente, esses sistemas integrados disponibilizam uma vasta funcionalidade relativamente a redução de problemas associados a fluxos de dados quando integrados a diferentes sistemas de *software* (ESTEVES, 2000, p. 1).

2.1.8 Planejamento da Manutenção

Para Takayama (2008) quando se desenvolve um planejamento da estratégia de manutenção implantada em uma instituição, primeiramente deve-se determinar a criticidade de todos os equipamentos envolvidos no processo produtivo. A criticidade do maquinário é uma maneira de seleção para priorizar os equipamentos, a fim de determinar como serão desenvolvidas as atividades de manutenção. A criticidade do equipamento é o fator que define a estratégia de manutenção a ser utilizada.

Assim a escolha de estratégia de manutenção para cada equipamento permite uma aplicabilidade mais simples da política de manutenção mais adequada ao equipamento, assim evidenciando os objetivos de qualquer manutenção, que são: maior disponibilidade possível dos equipamentos, confiabilidade, maximização da vida útil, redução ao máximo de paradas e custos de manutenção.

2.1.9 Qualidade na Manutenção

É incontestável a influência do fator humano quando se trata dos temas: qualidade e produtividade, ambos são interligados afim de complementarem o desenvolvimento e o êxito que todo meio almeja para se destacar cada vez mais no mercado, por trazerem reflexos positivos, na economia, no gerenciamento e todos os outros setores existentes.

Para que estes reflexos sejam conquistados, é preciso destacar alguns fatores, para Reis e Oliveira (2008), um exemplo é a capacitação de mão-de-obra, pois determina a tendência de melhoria ou declínio da produtividade e da qualidade, porque, por mais tecnologia que tenha uma instituição, quem manipula as máquinas e toma as decisões são as pessoas.

Para que possamos entender melhor o assunto, é necessário colocar uma definição do que significa o termo qualidade, “O termo qualidade é um conjunto de atributos (desempenho, confiabilidade, atendimento e qualidade percebida, por exemplo), os quais proporcionam o máximo de satisfação a quem o produto atende” (REIS, OLIVEIRA, 2008, p. 33).

A qualidade evoluiu de acordo com o tempo, segundo Reis e Oliveira (2008), esta evolução ocorreu do fruto da interação entre os vários fatores existentes na estrutura organizacional, sendo a revolução industrial o grande propulsor da necessidade da melhoria na qualidade dos processos, bem como, a melhoria da produção e do produto, é válido ressaltar que o conceito de qualidade é extremamente antigo, mas só muito depois surgiu como função da gerência e para o sucesso estratégico.

A partir do século XX, a qualidade passou a estar diretamente relacionada com às necessidades e anseios dos clientes, independentemente do porte da instituição, é possível observar a consistência quando são aplicados programas de qualidade e de melhoria de processos, refletindo assim na melhoria significativa nos bens de consumo (REIS, OLIVEIRA, 2008, p. 32).

Já a produtividade para Reis e Oliveira (2008), pode ser definida como a eficiência de um processo e otimização dos recursos utilizados (matéria-prima, equipamentos, energia, capital entre outros), levando também em consideração outras variáveis, como os recursos econômicos e de meio ambiente.

A racionalidade dos processos de produção melhora a produtividade, e esta é conquistada, por exemplo, com certificados pela norma da série NBR ISO 9000, e conseqüentemente por altos investimentos em novas tecnologias e pessoal.

2.2 Manutenção Produtiva Total – MPT

A produtividade das máquinas está atrelada diretamente com as condições que as mesmas possuem. As avarias que provocam paralisações não programadas e redução de rendimento dos equipamentos, causam um enorme impacto financeiro no processo produtivo, afetando a qualidade do produto e o cumprimento das datas de entrega.

A Manutenção Produtiva Total – MPT é também conhecida popularmente por TPM. Segundo Dantas (apud Nakazato, 1998), a sigla TPM significa *Total Productive Maintenance*. O primeiro termo significa eficiência global ou ciclo de vida útil do sistema de produção. Tem como objetivo a constituição de uma estrutura empresarial que permita alcançar a máxima eficiência do sistema produtivo. Conta com a participação de todos, desde a alta administração até os operários de primeira linha, envolvendo todos os departamentos.

Productive se refere à busca de máxima eficiência do processo produtivo, atingindo acidente zero, defeito zero e quebra/falha zero, eliminando qualquer perda que possa impactar negativamente a produção.

Maintenance, quer dizer manutenção, abrangendo o ciclo total de vida útil do equipamento.

Segundo Dantas (2016), a empresa japonesa Nippo Denso, do grupo Toyota, foi pioneira no desenvolvimento e utilização do método TPM em 1971. Seus resultados foram tão expressivos que a empresa recebeu o prêmio *Preventive Maintenance* (PM), concedido pela *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM).

Todas as ações da manutenção geram dados, e dependendo da forma com que são armazenados e relacionados, resultam em indicadores. Essas informações devem ser registradas para serem analisados, constituindo um importante histórico para a manutenção.

O método para obtenção e uso dos registros de manutenção está diretamente relacionado à avaliação “rápida” do nível de gerenciamento das atividades de manutenção e do nível de aptidão dos técnicos que as executam. Os registros de manutenção e seu uso constituem os fundamentos do gerenciamento da manutenção e são indispensáveis para as atividades de engenharia de manutenção (TAKAHASHI, OSADA, 1993, p. 70).

A medida que se são atualizados esses registros, anotam-se falhas e reparos de equipamentos que apresentam defeitos com frequência e de alta prioridade. Com isso, é facilitado a tomada de decisões por parte da gerência da manutenção com o objetivo de atacar as causas raízes das intervenções, auxiliando na prevenção de quebras de componentes e peças, muitas vezes críticos ao processo produtivo.

A manutenção produtiva total está intimamente ligada a qualidade dos produtos e processos realizados na empresa. Uma das técnicas utilizadas para ressaltar os problemas de qualidade é o conceito japonês “*Poka-yoke*” (garantia do perfeito funcionamento), uma ferramenta que geram melhorias significativas em equipamentos problemáticos, segundo Takahasi e Osada (1993). A correta aplicação dessa ferramenta depende do conhecimento prático do pessoal da fábrica, onde os operários precisam estar totalmente familiarizados com as funções do equipamento e a qualidade dos produtos finais.

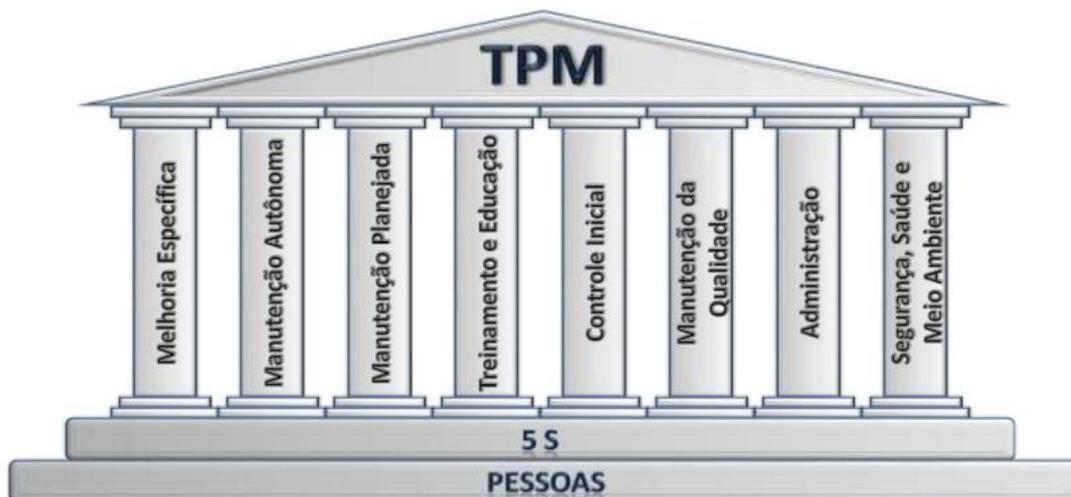
Takahasi e Osada (1993) afirmam que a partir dessa percepção, a “MP com participação total” concentrou-se nesse processo de treinamento e no desenvolvimento de pessoal completamente familiarizado com o equipamento e as instalações, fortalecendo sua habilidade de executar as melhorias por iniciativa própria.

É necessário que as equipes criem um “manual de conceitos de garantia do funcionamento perfeito”, para que todos os envolvidos possam aprender e utilizar esse método, utilizado através de uma rotina de verificação diária dos equipamentos.

2.2.1 Oito Pilares de Sustentação da Metodologia MPT

O programa de MPT/TPM se baseia em etapas e pilares fundamentais para serem aplicados de forma sistemática na empresa, conforme Figura 2.

Figura 2: 8 Pilares de Sustentação – TPM



Fonte: Belinelli (2009, p. 3)

Segundo Dantas (*apud* Nakajima, 1989), os oito pilares de sustentação da metodologia TPM são:

- a) Melhoria Específica;
- b) Manutenção Autônoma;
- c) Manutenção Planejada;
- d) Treinamento e Educação;
- e) Controle inicial ou Gerenciamento Antecipado;
- f) Manutenção da Qualidade;
- g) Administração
- h) Saúde, Segurança e Meio Ambiente;

2.2.1.1 Melhoria Específica

Para Oliveira (*apud* Sena, 2002), este pilar consiste em realizar as atividades que buscam melhorar a eficiência na utilização de equipamentos, materiais, métodos e pessoal, desta forma eliminando as perdas detectadas nos processos e/ou equipamentos.

O propósito fundamental é a eliminação de perdas e o desenvolvimento de melhorias nos equipamentos e processos. O conjunto dessas atividades se baseia no aprimoramento e na demonstração da capacidade de melhoria dos colaboradores.

Oliveira (2008) afirma que na Melhoria Específica, são combatidas as perdas de eficiência que têm um forte impacto no Rendimento Operacional Global. O aumento

da eficiência é a consequência da eliminação criteriosa destas perdas, que podem ser entendidas como a diferença entre a eficiência alcançada e a máxima eficiência possível.

Conhecidas como 16 Grandes Perdas, estão distribuídas, conforme Oliveira (*apud* Palmeira e Tenório, 2001), em:

- a) Oito Perdas nos Equipamentos: perda por falha em equipamentos, perdas por instalações e ajustes, perda por mudança de gabarito e lâmina de corte, perda por inicialização, perdas por paradas menores e inatividade, perda de velocidade, perdas por defeito e retrabalho e perda por tempo ocioso;
- b) Cinco Perdas por Fatores Humanos: perda causada pela administração, perda de mobilidade operacional; perda de organização da linha; perda de logística, e perda por medições e ajustes;
- c) Três Perdas de Recursos de Produção: perda ocasionada por matrizes, ferramentas e gabaritos, perda de energia e perda de tecnologia.

Além disto, este pilar é responsável também pelo gerenciamento das modificações que ocorrem por conta de proposições de melhorias feitas pelos operadores, mantenedores e demais funcionários.

As modificações propostas devem ser cuidadosamente estudadas antes de sua implementação, garantindo que não levem a resultados ruins que possam colocar em risco a integridade física das pessoas, equipamentos ou instalações.

2.2.1.2 Manutenção Autônoma

Segundo Melo e Loos (2017), a Manutenção Autônoma é o pilar que visa capacitar os funcionários da fábrica através de pequenos grupos, denominados Grupos Autônomos, com objetivo de cuidar de seus equipamentos, identificar as perdas e implantar melhorias. Para Dantas (2016), a manutenção autônoma significa mudar o conceito de: “eu fabrico, você conserta! ”; para o de: “do meu equipamento cuidado eu!

Durante a inspeção, os operadores identificam as avarias de seus equipamentos e estes problemas ou inconveniências são identificados com etiquetas próprias para que sejam eliminados assim que uma parada seja possível. Os principais objetivos, segundo Melo e Loos (2017), são:

- a) Evitar o desgaste acentuado do equipamento por meio de uma operação correta e inspeção diária.

- b) Estabelecer os parâmetros básicos necessários para manter o equipamento permanentemente em boas condições.
- c) Manter as condições ideais do equipamento através da restauração e gestão apropriada.

Para Melo e Loos (2017), a implantação do Pilar de Manutenção Autônoma deve ter três propósitos:

- a) Determinar uma meta comum para a produção e manutenção, com o objetivo de se estabelecer condições básicas de funcionamento dos equipamentos a fim de reduzir o desgaste acelerado;
- b) Organizar programa de treinamento para os operadores aprenderem mais sobre as funções de seus equipamentos, os problemas mais comuns que podem ocorrer, como devem ser tratados e como podem evitá-los;
- c) Preparar os operadores para serem parceiros ativos da manutenção e engenharia em busca de uma melhora contínua do rendimento global e confiabilidade de seu equipamento.

2.2.1.3 Manutenção Planejada

A Manutenção Planejada engloba, no mínimo, duas formas de manutenção: preventiva e preditiva. Como outras atividades da MPT, para realizar um bom sistema de manutenção planejada, é preciso seguir a sistemática de um passo a cada vez

Oliveira (2008) afirma que o propósito de realizar manutenções preditivas e preventivas é o de eliminar as corretivas, mas, mesmo quando acontece a prática sistemática da manutenção, falhas inesperadas ainda ocorrem. Estas falhas revelam inadequações no tempo (periodicidade) e no conteúdo dos planos de manutenção.

Na MPT, as atividades de Manutenção Planejada enfatizam o uso do *MTBF* – *Mean Time Between Failures* (Tempo Médio entre Falhas) e o utilizam para especificar os intervalos de intervenção nos equipamentos.

2.2.1.4 Treinamento e Educação

O Pilar de Treinamento ou Pilar de Educação e Treinamento é significativo à sustentação da metodologia TPM. Segundo Dantas (2016), ocorre antes de se dar início às etapas de manutenção autônoma, sendo nevrálgica a realização de um treinamento rigoroso em todos os setores envolvidos, em paralelo à implantação do sistema TPM.

Para isso, todos os líderes de todos os setores da empresa devem transmitir detalhamento das etapas do desenvolvimento da manutenção autônoma para que assim, todos possam compreender de forma satisfatória o porquê da manutenção autônoma. Portanto, o desenvolvimento deste tipo de manutenção está diretamente condicionado ao grau de evolução dos colaboradores envolvidos.

2.2.1.5 Controle Inicial

Dantas (2016) afirma que o Pilar de Controle Inicial tem como objetivo romper a premissa do projeto focado no equipamento. Busca uma abordagem que considere o equipamento como sendo um sistema homem máquina, embutindo em uma condição ambiental e condição de produção.

A ideia básica é conceber equipamentos capazes de garantir as características de confiabilidade, qualidade, segurança, como também a economia de recursos. Além do desenvolvimento de novos equipamentos e instalações, o conceito de controle inicial deve ser aplicado no desenvolvimento de novos produtos.

2.2.1.6 Manutenção de Qualidade

Manutenção da Qualidade é o pilar que visa garantir a qualidade dos produtos no processo produtivo e atingir a meta de zero defeito. A garantia de qualidade no processo elimina, além das reclamações de clientes, o número de homens-hora utilizados para inspeção dos produtos, segundo Melo e Loos (*apud* Lampkowski, Masson, Carrijo, 2006).

A redução dos defeitos ocorre como o resultado da implantação do programa TPM e durante a sua implantação os resultados são significativos. O desenvolvimento do pilar da manutenção da qualidade se torna necessário para dar continuidade ao programa de redução dos defeitos.

Segundo Melo e Loos (2017), suas etapas de implantação são:

- a) Levantamento da situação da qualidade;
- b) Restauração da deterioração;
- c) Análise das causas;
- d) Eliminação das causas;
- e) Estabelecimentos das condições livres de defeitos;
- f) Controle das condições livres de defeitos;
- g) Melhorias das condições livres de defeitos.

2.2.1.7 Administrativo

Oliveira (2008) afirma que este é um pilar que consiste em processar informações de maneira rápida, com qualidade e confiabilidade, a fim de otimizar processos administrativos e reduzir perdas administrativas

2.2.1.8 Saúde, Segurança e Meio Ambiente

Saúde, Segurança e Meio Ambiente tem por objetivo atingir a meta de acidente zero. Para alcançar esse fim suas atividades são focadas na prevenção de acidentes, quer sejam acidentes pessoais ou acidentes ambientais, atuando para eliminar as condições inseguras e os atos inseguros para Melo e Loos (*apud* Yamaguchi, 2005). É o pilar responsável em manter o indicador de acidente zero, doenças ocupacionais zero e danos ambientais zero. Para Melo e Loos (2017), suas fases de implantação consistem em:

- a) Identificações de perigos, aspectos, impactos e riscos;
- b) Eliminação de perigos e aspectos;
- c) Estabelecimento do controle de impactos e riscos;
- d) Treinamento em segurança, saúde e meio-ambiente;
- e) Inspeções de segurança;
- f) Padronização;
- g) Gestão autônoma.

Como se observa a partir dos oito pilares citados, a metodologia TPM vislumbra a qualidade total em todo seu processo produtivo. Portanto, está presente em todas as etapas e para que ocorra de forma positiva e eficaz, faz-se necessário que o grupo dentro de suas atribuições estejam dispostos a cumprir suas etapas, sendo necessária formação prévia e pessoal capacitado para nortear todo o processo.

2.2.2 Implantação da MPT

Em busca de melhoria na produtividade, a eliminação de avarias é essencial para o bom funcionamento do maquinário. Takahashi e Osada (1993) afirmam que esse fenômeno provoca uma série de consequências negativas ao processo produtivo, tais como: paralisações menores, porém frequentes e perda de qualidade nas peças fabricadas, aumentando o número de refugos.

Para serem combatidos esses eventos, as equipes de manutenção e produção devem estar em contato e elaborarem, em conjunto, um programa de manutenção planejada, adequados ao intervalo de paralisação do maquinário.

A MPT enfatiza essas questões desde o início. Essa ênfase não só contribui para eficiência de várias atividades da fábrica, como tem um efeito marcante sobre a melhoria da produtividade e redução de custos. O número de fábricas que estão introduzindo a MPT está aumentando significativamente, como resultados silenciosos, porém contínuos (TAKAHASI, OSADA, 1993, p. 30).

O melhor caminho para implantação da MPT é por meio de um programa de manutenção produtiva. Porém, alguns elementos devem ser avaliados antes da elaboração do referido programa, com o objetivo de mitigar riscos que possam interferir diretamente no sucesso de sua aplicação. Durante o processo de implantação, provavelmente ocorrerão vários desafios a serem superados.

Para Takahasi e Osada (1993), em geral a manutenção produtiva é considerada cara demais. Outra dificuldade encontrada para sua execução é a baixa prioridade dada ao programa, além da falta de pessoal disponível para seu desenvolvimento, considerando um número excessivo de reuniões ao longo do processo de planejamento.

Tais dificuldades são superadas através da conscientização de todos os envolvidos, deixando claro os aspectos positivos que trarão essa mudança de cultura organizacional. Esse método de manutenção deve ser atrelado às demais sistemáticas de gerenciamento da fábrica.

Takahasi e Osada (1993) afirmam que é essencial o apoio da alta gerência e gerência de nível médio na realização da MPT, e que reconheçam o impacto positivo que a manutenção produtiva total causa no processo produtivo, oferecendo o maior rendimento possível das máquinas e equipamentos disponíveis.

De acordo com Takahasi e Osada (1993), é extremamente importante serem definidas planos e metas tangíveis, analisadas em termos de circunstanciais reais, fazendo com que cada departamento siga os procedimentos de implantação com compromisso e seriedade.

As metas da Manutenção Produtiva devem estar em sintonia com as atividades da fábrica e aos planos da empresa como um todo, com o objetivo de se obter ganhos na produtividade geral e redução de custos. Essas, devem vir “de cima para baixo”, onde os próprios responsáveis pela implementação estabelecem e convencem a alta

gerência, desde que possuam conhecimento e confiança para realização desse programa.

Uma forma conveniente de aplicação dos programas de MPT é por meio da criação de comitês liderados pela alta gerência, com o apoio de uma infraestrutura de grupos de promoção em cada seção e subseção, conforme informado por Takahasi e Osada (1993).

A organização desses grupos geralmente é feita com certa facilidade, promovendo o envolvimento de todos os colaboradores dos setores que serão afetados diretamente pelas ações a serem tomadas. Essas atividades dependem da natureza das demandas do processo de produção, do relacionamento entre colaboradores e supervisores, e do ambiente de trabalho.

Os gerentes precisam ter a aptidão necessária para motivar as atividades dentro dos pequenos grupos de trabalho (TAKAHASHI, OSADA, 1993, p. 37).

É de suma importância a definição de um tema, sendo um ponto de partida na implementação do programa. As atividades a serem realizadas envolverão diversos setores, como a manutenção, planejamento, produção e projeto.

Independente do nível de aptidão de cada gerente, é essencial que a alta gerência transmita aos escalões mais baixos uma forte noção de compromisso com o programa de MP; isso deve ser feito através de mecanismos promocionais verticalizados, tais como comitê de promoção da MPT e reuniões promocionais dos departamentos e seções. Além disso, é conveniente obter as opiniões dos membros da gerência sobre os aspectos operacionais reais e tomar as atitudes adequadas, quando necessário (TAKAHASHI, OSADA, 1993, p. 37).

Durante o processo de implementação do programa de Manutenção Produtiva, deve-se diagnosticar e avaliar os resultados obtidos por profissionais com aptidão, treinados por meio de consultores, seminários ou outras atividades de capacitação. Dessa forma, cada grupo receberá orientação adequada, aprimorando seus conhecimentos, compartilhando os pontos fortes com os demais grupos e introduzindo melhorias nos pontos fracos. No Quadro 1 estão destacados os pilares das atividades de MPT.

Quadro 1: Pilares das Atividades de MPT

Pilar	Meta
1. 5S's e manutenção voluntária	Organização de condições básicas e criação de um ambiente de trabalho disciplinado

2. Desenvolvimento de recursos humanos (treinamento de aptidões)	Produção de um contingente de operários versados no <i>know-how</i> de instalações de manufatura e versáteis em diferentes aptidões
3. Manutenção especializada (planejamento e gerenciamento da manutenção)	Manutenção planejada e melhorias das tecnologias de manutenção
4. Manutenção da qualidade (obtenção de qualidade através das instalações)	Eliminação de ocorrências crônicas de defeitos e criação de linhas de QA (com 100% de qualidade assegurada)
5. Melhorias na eficiência da produção e melhorias individuais	Visualização das perdas, avaliação da eficiência e elevação do nível de avanços tecnológicos
6. Tecnologias do equipamento (projeto de MP)	Inovação da produção e ascensão vertical

Fonte: TAKAHASI, OSADA (1993, p. 36)

Com o objetivo de se obter maior eficiência na implantação das atividades de Manutenção Produtiva, deve-se observar as características do equipamento em questão. Takahasi e Osada (1993) informam que o tempo de utilização e a natureza da operação influenciam diretamente na definição de um método de manutenção eficaz. Algumas máquinas exigem um maior nível de conhecimento técnico para realização da Manutenção Produtiva.

O sucesso na implantação da Manutenção Produtiva Total está ligado também a outros aspectos relacionados à manutenção industrial, buscando a eliminação total de avarias dos equipamentos.

Takahashi e Osada (1993) destacam a importância da criação de comitês especializados na análise do tempo médio entre falhas, gerenciamento de lubrificação e melhorias na utilização dos equipamentos pelo processo produtivo, com a meta de atingir a manutenção sistemática do equipamento.

Estruturados os comitês, devem ser estabelecidos os equipamentos críticos no processo produtivo, os quais exigem um gerenciamento mais rígido.

Afim de maximizar a eficiência e eficácia das atividades de MP, o equipamento crítico (ou as linhas de produção) deve ser compreendido em termos de (1) ambiente de produção atual, (2) recursos humanos limitados e (3) custos. Em algumas indústrias, o equipamento crítico ou as linhas de produção tendem a mudar sensivelmente, dependendo das demandas da produção e qualidade (TAKAHASHI, OSADA, 1993, p. 61).

Segundo Takahashi e Osada (1993), são considerados equipamentos críticos aqueles que:

- a) Apresentam avarias frequentes;

- b) Não possuem substitutos ou reserva;
- c) Impactam significativamente as datas de entrega em caso de parada não programada;
- d) Próximos as fases finais do processo produtivo

A implementação da TPM requer a observação de 12 etapas, objetivando o sucesso do sistema. Segue abaixo um passo-a-passo por Dantas (apud Nakajima, 1998):

- a) 1ª Etapa: Manifestação formal sobre a decisão de se implementar a TPM, ou seja, fazer com todos os empregados sejam informados da mudança para a nova cultura TPM;
- b) 2ª Etapa: Campanha de divulgação e treinamento para sua introdução;
- c) 3ª Etapa: Estrutura para sua implantação;
- d) 4ª Etapa: Criação da estrutura para seu desenvolvimento;
- e) 5ª Etapa: Desenhar um Plano Diretor para sua execução;
- f) 6ª Etapa: Início de sua implantação; 28
- g) 7ª Etapa: Estabelecimento do sistema para alavancar a eficiência das máquinas;
- h) 8ª Etapa: Implantação e Implementação da Manutenção Espontânea;
- i) 9ª Etapa: Estruturação da Manutenção Programada;
- j) 10ª Etapa: Treinamento para Melhoria do Nível de Capacitação da Operação e da Manutenção;
- k) 11ª Etapa: Estrutura para condução da gestão dos equipamentos na sua fase inicial;
- l) 12ª Etapa: Fomento efetivo da TPM e Melhoria Contínua de seus Métodos.

2.2.3 Importância da ferramenta 5'S na MPT

Segundo Takahashi e Osada (1993), os funcionários que farão a manutenção produtiva devem possuir as aptidões técnicas necessárias para realização de inspeções diárias, tais como verificação de lubrificação, precisão, ajustes, soluções de problemas e reparos, dominando totalmente cada função a ser desempenhada.

Essas tarefas devem ser adequadas as máquinas as quais serão realizadas as verificações periódicas, de forma com que sejam executadas de maneira ágil e eficaz.

O primeiro passo para a implantação da manutenção produtiva é a aplicação de atividades do 5S's, começando pela limpeza geral, limpeza pessoal e disciplina, segundo Takahasi e Osada (1993).

Segundo Alves *et al.* (2015), o "Programa 5'S" teve sua origem na década de 1950 no Japão e foi concebido por um dos gurus da qualidade e Engenheiro Químico, Kaoru Ishikawa. Essa técnica foi inspirada à partir da necessidade de colocar ordem na confusão que ficou o país após a Segunda Guerra Mundial, onde o Japão foi derrotado por forças aliadas e também para reerguer as indústrias japonesas possibilitando que elas oferecessem ao mercado produtos com preço e qualidade capazes de competir na Europa e Estados Unidos, afirma Alves *et al.* (apud Hirano, 1995).

“Na década de 1980 em Taiwan e Cingapura, o 5'S foi redescoberto como um jeito de inserir a ideia de qualidade como hábito e não como mero ato. Esses países após pesquisas, concluíram que o 5'S está na base da pirâmide da qualidade” (ALVES *et al.* apud HIRANO, 1995, p. 27).

Segundo Alves *et al.* (2015), todas as organizações japonesas são unânimes em afirmar que o 5'S é a base física e comportamental para o sucesso de algumas ferramentas gerenciais tais como:

- a) Qualidade Total;
- b) Sistema de Produção *Just-In-Time* – JIT;
- c) Manutenção Produtiva Total – TPM;
- d) Círculos de Controle de Qualidade – CCQ;
- e) Princípio de melhoria contínua – *KAIZEN*.

Desta forma, o 5'S passou a ser adotado por várias organizações do mundo, como um pré-requisito dos seus modelos de gestão.

Segundo Ribeiro (2014), quando a empresa *Nippon* lançou o TPM, ela tratava o 5'S como uma das atividades dentro da Manutenção Autônoma, porém a empresa concluiu que sem uma prática de 5'S em nível avançado o TPM não progredia nos equipamentos pilotos e nem se difundia nos outros equipamentos, para resolver este problema a referida empresa passou a adotar o 5'S como base para o TPM e teve por consequência uma alta facilidade de execução de todos os pilares da ferramenta.

O 5'S pode ser definido basicamente como um conjunto de cinco atividades de aperfeiçoamento comportamental humano, denominadas de “Sensos”, com o objetivo

de mudar 23 hábitos e melhorar os seus valores éticos, morais e também sua qualidade de vida, para Ribeiro (2014).

A seguir, são contextualizados cada um dos sentidos e sua aplicabilidade dentro do TPM:

O *SEIRI*, Senso de Utilização, prega que além da racionalização de recursos, que é um dos objetivos do Pilar Melhorias Específicas, Focadas ou Individuais, a necessidade de manter em boas condições todas as instalações, recursos e equipamentos. A restauração das condições básicas dos equipamentos é uma das atividades iniciais da Manutenção Autônoma e da Manutenção Planejada.

O *SEITON*, Senso de Ordenação recomenda que todos os recursos tenham seu local de guarda definidos e identificados, isto inclui equipamentos e seus diversos pontos. Exemplo: Tags; sinalização de sentidos de fluxo e de rotação; sinalização de mínimos e máximos; sinalização de pontos de inspeções; sinalização de riscos. Ou seja, todo o Controle Visual necessário para facilitar as atividades do Operador e do Mantenedor e para evitar riscos.

O *SEISO*, Senso de Limpeza, é a atividade do 5'S mais relacionada ao Pilar Manutenção Autônoma, já que a limpeza feita com postura de inspeção traz como resultados a identificação e eliminação das fontes de sujeira e a detecção de desgastes em sua fase embrionária. Com isto, o operador torna-se um importante aliado da manutenção para o aumento da disponibilidade operacional do equipamento.

O *SEIKETSU*, Senso de Higiene e Saúde, motiva o operador a manter sua área de trabalho livre de contaminações e seu uniforme sempre limpo. Para tanto, vazamentos e derramamentos provocados por problemas de conservação e/ou que acarretam o desgaste acelerado de partes dos equipamentos que são atacados.

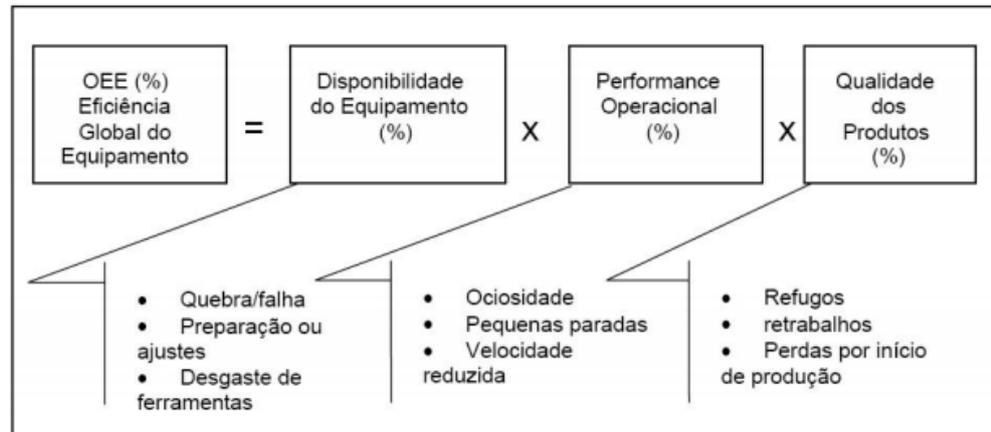
O *SHITSUKE*, Senso de Autodisciplina, contribui para vários aspectos do TPM: confiabilidade dos apontamentos feitos pelo operador; garantia de que os *check-lists* são utilizados de forma adequada; manutenção da limpeza do equipamento independente de cobranças ou auditorias; cumprimento das normas e dos procedimentos; melhor relacionamento entre Operadores e Mantenedores e postura proativa dos Operadores para sugerir melhorias (RIBEIRO, 2004, p.143).

2.3 Indicadores de Performance

O acompanhamento dos indicadores de performances ou KPIs é essencial para avaliar o desenvolvimento da metodologia aplicada. O OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) é um indicador de eficiência utilizado para explorar as perdas nas máquinas e sistemas produtivos, relacionando, para tanto, todas as possíveis em três grandes famílias: Disponibilidade, Performance (Desempenho) Operacional e Qualidade dos Produtos, afirma Dantas (apud Shirose, 1992).

Na Figura 3, é possível verificar a relação destes grupos de perdas.

Figura 3: OEE - Overall Equipment Effectiveness



Fonte: adaptado de Dantas (2016)

Outro KPI determinante para quantificar a evolução do programa é a produtividade. Por exemplo, numa empresa em que o estudo foi medido pela quantidade de peças produzidas por funcionário em um ano, levando-se em consideração os dias de funcionamento da fábrica, deste total de dias multiplicado por 24 horas, obtém-se o total de horas disponíveis.

Desse resultado, só foram descontadas as utilizadas com manutenção preventiva e treinamento. Assim, é possível dimensionar como a produtividade evoluiu com as melhorias e aumento do OEE do equipamento.

Do estudo do processo, é passível inferir-se conceito mais laborado que permita otimizar o chão de fábrica; diminuir perdas; aumentar a velocidade de produção; melhorar a utilização da capacidade da máquina. Portanto, é certo o quanto KPI de produtividade pode auxiliar no acompanhamento da evolução do TPM.

3 METODOLOGIA

A elaboração do presente estudo utilizou-se de uma abordagem qualitativa em artigos acadêmicos e de pesquisa exploratória.

Segundo Piovesan e Temporini (1995), define-se pesquisa exploratória, na qualidade de parte integrante da pesquisa principal, como o estudo preliminar realizado com a finalidade de melhor adequar o instrumento de medida à realidade que se pretende conhecer.

Foram estudados os conteúdos de artigos acadêmicos nacionais e internacionais disponíveis no Scielo e Google Acadêmico, com critério de seleção apontado ao longo desse capítulo, e a fim de exemplificar os principais fatores para se obter sucesso na implantação da manutenção produtiva total.

Identificados os artigos de maior relevância em relação ao tema sugerido, tornou-se possível descrever as características, divisões, influências da manutenção produtiva total e sua importância, bem como a complexidade do conhecimento e aplicação no uso desse método, com melhorias nos processos produtivos.

A seleção da amostra de artigos considerou o critério de maior acesso no Google Acadêmico e Scielo, foram selecionados os estudos de caso que atestam sucesso em relação a implantação da ferramenta de manutenção produtiva total.

O estudo de caso é uma inquirição empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto da vida real, quando a fronteira entre o fenômeno e o contexto não é claramente evidente e onde múltiplas fontes de evidência são utilizadas (YIN, 1989, p. 23)

Após a leitura dos estudos de caso selecionados, foram analisados impactos positivos comuns entre eles. Definiram-se as principais características da implantação da manutenção produtiva total, além dos principais fatores de atenção em relação ao uso dos mesmos para se obter sucesso.

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 Manutenção Autônoma em uma Indústria de Autopeças: Estudo de Caso

O estudo de caso analisado foi realizado numa empresa de usinagem localizada na região de Curitiba, a qual estava sofrendo elevados índices de indisponibilidade de máquinas operatrizes, em razão de constantes quebras desses equipamentos, impactando negativamente na produção e qualidade dos produtos fabricados.

Foram feitos estudos relacionados a causa raiz do problema, e a solução dada foi a implantação da manutenção autônoma das máquinas de usinagem, sendo um dos oito pilares de sustentação do sistema de manutenção produtiva total.

A adoção dessa ferramenta se fez necessária em virtude dos resultados positivos que a mesma possibilita, apresentando baixo custo e refletindo em melhorias na disponibilidade do equipamento.

A implantação da manutenção autônoma se deu através de algumas etapas:

- a) Treinamento dos operadores
- b) Limpeza dos equipamentos
- c) Inspeção periódica
- d) Registro de dados
- e) Consolidação da Manutenção

O desenvolvimento da capacitação e treinamento dos operadores foram fundamentais para o sucesso na implantação da manutenção autônoma.

Através do treinamento, os operadores adquiriram as aptidões requeridas para realização de pequenos reparos e foram instruídos de tal maneira que se tornaram capazes de realizar inspeções periódicas, com habilidade de detectar pontos de anomalia e comportamentos fora dos padrões da máquina, antecipando assim intervenções necessárias para que o equipamento funcionasse dentro das condições favoráveis para seu melhor desempenho.

Os operadores passaram a solucionar eventuais avarias de baixa complexidade, que se fossem detectadas em outro momento, causariam grandes impactos negativos à produção, com paradas não programadas, mantendo o equipamento em plenas condições para execução das tarefas.

Após o treinamento dos colaboradores, realizou-se um levantamento das reais condições em que as máquinas se encontravam. Feito isso, teve início a uma profunda limpeza dos equipamentos.

Constatou-se que era possível aplicar melhorias nos tanques de óleo, com a instalação de telas para contenção de cavacos, evitando contato com os fusos da máquina, inibindo danos que porventura poderiam ocorrer.

Realizaram-se melhorias também na saída de óleo, com a instalação de calhas, e realizadas trocas de juntas danificadas e reaperto dos parafusos. Com essas simples ações, tornou-se possível a detecção de vazamentos de óleo que antes não poderiam ser verificadas em razão do acúmulo de sujeiras e resíduos de cavaco.

Com os equipamentos em melhores condições, teve início as inspeções periódicas, com o objetivo de avaliar e manter as máquinas dentro dos padrões estabelecidos. Como procedimento, adotou-se a instalação de cartões de duas cores – vermelho e azul – utilizados caso sejam necessárias realização de serviços adicionais.

Destinaram-se os cartões azuis nos casos em que o operador encontrou alguma anomalia que não possa ser solucionada no momento da inspeção, sendo programada para um momento oportuno.

Utilizou-se os cartões vermelhos para anomalias de maior dificuldade de reparo, que necessitavam de um serviço técnico. Em ambos cartões eram preenchidas informações referentes a falha ou melhoria do equipamento, e pendurados em locais visíveis de fácil acesso.

Com as informações contidas nesses cartões, alimentou-se um banco de dados os quais indicavam a quantidade de horas dos serviços realizados, a frequência e periodicidade das intervenções, as datas, as máquinas e o número de anomalias encontradas nas inspeções.

Consolidou-se o procedimento de limpeza e inspeção das máquinas, por meio de um padrão de limpeza, inspeção e lubrificação, mapeando as fontes de contaminação, item a item, demarcando com cores diferentes para melhor visualização de como efetuar as vistorias, ponto a ponto na máquina, sendo estes os itens de fonte de sujeira: Cavaco, óleo hidráulico, fluido de corte, graxa, entre outros.

Definiu-se de uma rotina de inspeção e limpeza dos equipamentos através de um *check-list* padronizado, onde o operador é orientado sobre quais itens devem ser verificados, descrevendo detalhadamente o passo a passo a ser seguido.

Por fim, elaborou-se uma matriz de competência, com o intuito de padronizadas as atividades do pessoal envolvido no processo, a fim de manter seguidamente os ensinamentos recebidos nos treinamentos, juntamente com a experiência adquirida

nas primeiras etapas de implantação, para que não se perca esta cultura de zelo pelos equipamentos.

O treinamento realizado com os operadores foi crucial para o sucesso da ferramenta, utilizando as habilidades técnicas adquiridas para fazer pequenos ajustes, melhorias no processo, limpeza e organização, mudança de cultura, adotando a ideia "da minha máquina cuido eu".

4.2 Melhoria do OEE por meio de Técnicas de TPM e 5S em uma Empresa de Usinagem CNC: Estudo de Caso

O estudo de caso analisado foi realizado numa fabricante de componentes mecânicos de alta precisão, localizada na região de Bangalore, Índia, a qual estava buscando formas de se obter ganhos na performance de seus equipamentos, com o objetivo de se alcançar os padrões globais de desempenho, baseado em melhorias de processos produtivos.

A manutenção produtiva total demonstrou-se uma excelente estratégia para otimização da disponibilidade de máquinas e equipamentos, com ganhos de produtividade, eficiente e qualidade do produto final.

Durante o processo de implantação da TPM, envolveu-se membros de todos níveis hierárquicos, desde o chão de fábrica até a diretoria da empresa, principalmente os responsáveis pelas máquinas, departamento de planejamento e controle da produção, e integrantes da manutenção.

Aliado à TPM, para mensurar os impactos positivos após sua implantação, adotou-se a ferramenta OEE - *Overall Equipment Effectiveness* (Eficiência Global de Equipamento).

A execução da TPM em sua totalidade resulta em de 99% de disponibilidade, 95% de eficiência, e 99% de qualidade, sendo num total de 85% de OEE um índice de perfeição global.

Estabeleceu-se a meta de 75% de OEE, sendo um parâmetro utilizado mensurar o desempenho dos equipamentos de forma quantitativa. Comparou-se o índice de OEE dos equipamentos da empresa com o cenário global, e detectou-se que estava muito abaixo dos padrões considerados razoáveis. Como solução, iniciou-se a implantação da TPM e 5'S.

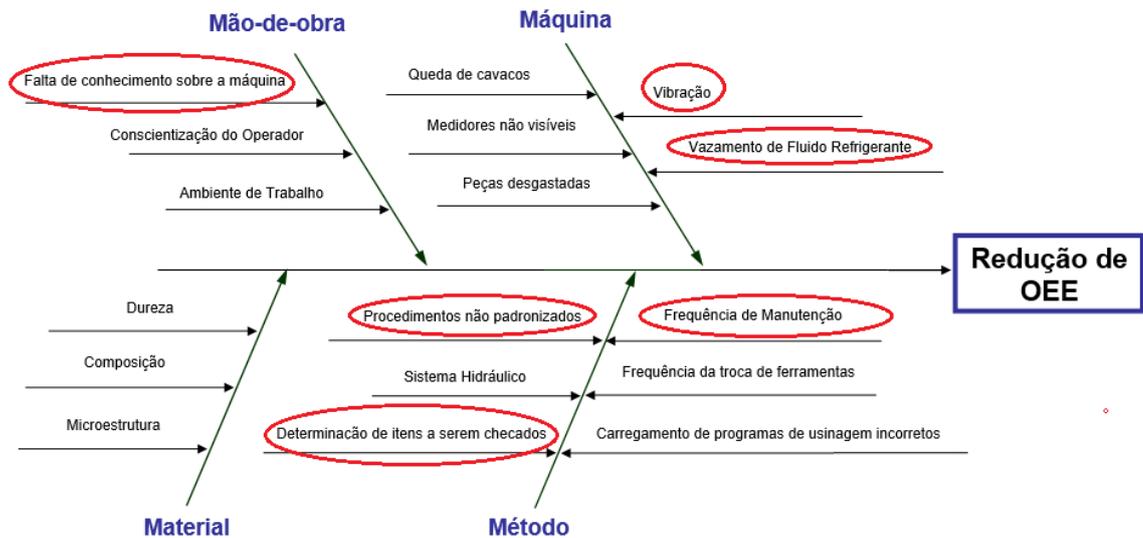
Primeiramente, localizou-se a máquina que, em caso de quebras ou paradas não planejadas, causava um gargalo no processo produtivo. Assim, priorizou-se a

implantação do TPM e 5S nessa máquina, denominada LT 2, transformando-a em máquina-modelo.

Coletaram-se dados da máquina, sendo realizado um estudo de seu histórico de operação. Analisou-se as causas raízes dos problemas da máquina utilizando ferramentas da qualidade, validando através de técnicas estatísticas de controle de processos. Dessa forma, realizou-se Diagrama de Causa e Efeito, conforme Figura 4, o qual foram listados os principais aspectos a serem corrigidos:

- a) Competências do operador: de nada adiantaria ter uma máquina apta a realização dos trabalhos se os colaboradores não possuísem a expertise necessária para operar os equipamentos de forma correta.
- b) Vibração: Um dos problemas mais comuns das máquinas. A vibração em excesso pode danificar as partes internas e estruturais do equipamento.
- c) Verificação de fluídos: Uma das principais razões de quebras e avarias nas máquinas é o excesso de atrito entre partes mecânicas, resultando em folgas excessivas e danificando rolamentos e outros elementos rotativos. Isso pode ser evitado através da verificação diária de fluidos, sejam lubrificantes ou de refrigeração, sempre mantendo nos níveis adequados para operação.
- d) Instrução de trabalho: estabelecer um procedimento de operação da máquina é essencial para produção de peças com qualidade e produtividade, atendendo as especificações técnicas do fabricante.
- e) Frequência de manutenção planejada: a realização de manutenção preventiva reduz drasticamente o número de paradas não programadas, evitando eventuais falhas ou quebras.
- f) Realização de *Check-List*: Avaliação dos pontos críticos da máquina pelo próprio operador, conforme treinamento realizado, respeitando a frequência pré-determinada.

Figura 4: Diagrama de Causa e Efeito



Fonte: Adaptado de HEGDE, MAHESH, DOSS (2014)

Após listados as principais causas do baixo índice de OEE, formou-se uma equipe de TPM para implantação das melhorias necessárias. Iniciaram-se atividades da equipe nas células, conscientizando os operadores sobre a importância da TPM naquela situação.

Treinarão-se os colaboradores para atingir metas individuais de manutenção das máquinas as quais operavam, divulgando a ideia "da minha máquina cuido eu". Feito isso, teve início a uma profunda limpeza dos equipamentos, identificando-se as anomalias encontradas por meio de cartões.

Implantou-se o sistema de etiquetagem de máquinas, identificando com cartões vermelhos e azuis os problemas das máquinas, sendo intervenções da equipe de manutenção e dos próprios operadores, respectivamente.

A equipe de TPM buscou formas de melhorar o tempo de ciclo de usinagem da máquina, o qual estava ineficiente. Após a inspeção do trabalho executado pelos operadores, realizou-se *brainstorming* com o intuito de se obter mais ideias para realização de novas melhorias.

Implantaram-se outras combinações de ferramentas, assim como mudanças nas tarefas de operação da máquina.

Observou-se que os operadores realizavam carregamento incorreto dos programas de usinagem na máquina com frequência. Com isso, alterou-se a instrução de trabalho, destacando o procedimento correto a ser realizado.

Analisou-se o excesso de vibração da máquina, o qual impactava na eficiência e tempo de vida útil das ferramentas. Após análise, verificou-se que essa vibração era causada por alguns fatores, dentre eles a dureza do material a ser usinado, o qual encontrava-se além do recomendado pelos parâmetros de usinagem e ferramentas utilizadas. Adotou-se inspeção de dureza dos materiais a serem usinados.

A vibração excessiva era causada também pelo uso de insertos desgastados. Alterou-se a frequência da troca periódica de insertos, com o objetivo de se obter melhor performance durante o processo de usinagem.

Alterou-se também a frequência de troca de ferramentas durante a operação de usinagem, com o intuito de se obter maior agilidade durante o processo. Realizavam-se dois *setups* da máquina, a equipe de TPM revisou o processo de usinagem, implantando mudanças que resultaram em somente um *setup*, reduzindo drasticamente o tempo dessa etapa.

Verificou-se a necessidade de redução de movimentação dos operadores, melhorando o tempo do *setup* da máquina. Organizou-se as ferramentas utilizadas, alterando suas respectivas localizações com o objetivo de otimizar o processo, alterando a distância de deslocamento de 5 metros para 0,5 metros.

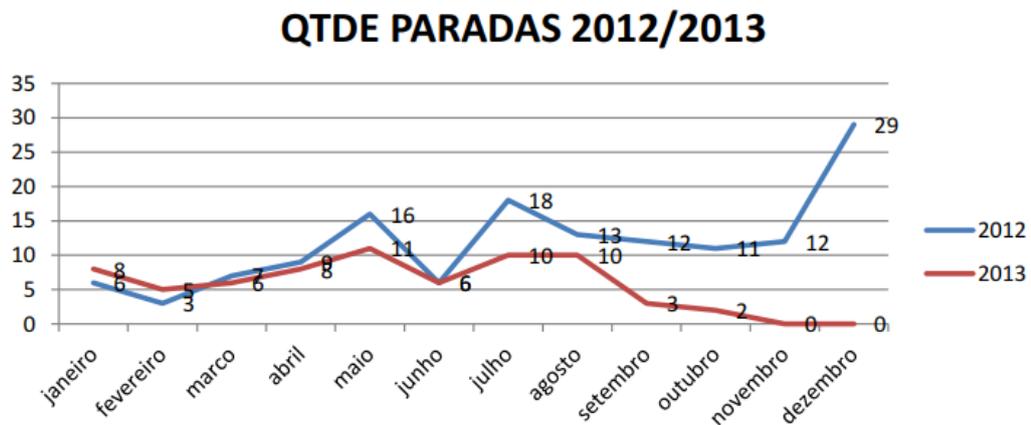
Alterou-se o layout da célula de produção com o objetivo de se obter maior produtividade e redução de *headcounts* (operadores) no setor. Estabeleceu-se um plano de manutenção preventiva, com o objetivo de ser realizado durante todo o ciclo de vida do equipamento. Replicou-se o sucesso da máquina modelo nas demais máquinas do processo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Resultados da Manutenção Autônoma em uma Indústria de Autopeças: Estudo de Caso

Os resultados obtidos após a aplicação da manutenção autônoma foram extremamente satisfatórios. Observou-se que a frequência de paradas de máquinas de usinagem não programadas diminuíram após implantação do pilar manutenção autônoma, entre os anos de 2012, antes da implantação e 2013, após implantação, conforme constatado no Gráfico 1.

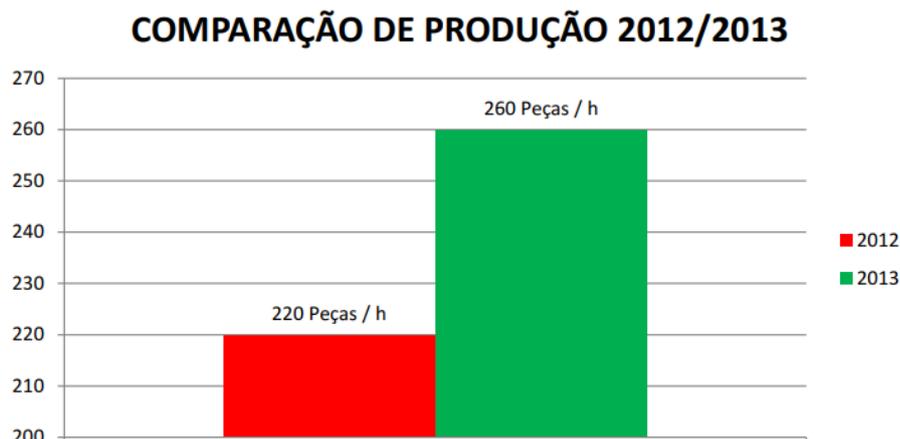
Gráfico 1: Comparação da quantidade de quebras da máquina estudada



Fonte: CEZAR, BOCHNEK, JESUS (2014)

Observou-se que, a capacidade da máquina, quando nova, era de 300 peças/h, sendo que antes da implantação do primeiro pilar da TPM, a manutenção autônoma, era de aproximadamente 220 peças/hora. Após a implantação, a produção passou a ser de aproximadamente 260 peças/hora, representado pelo Gráfico 2.

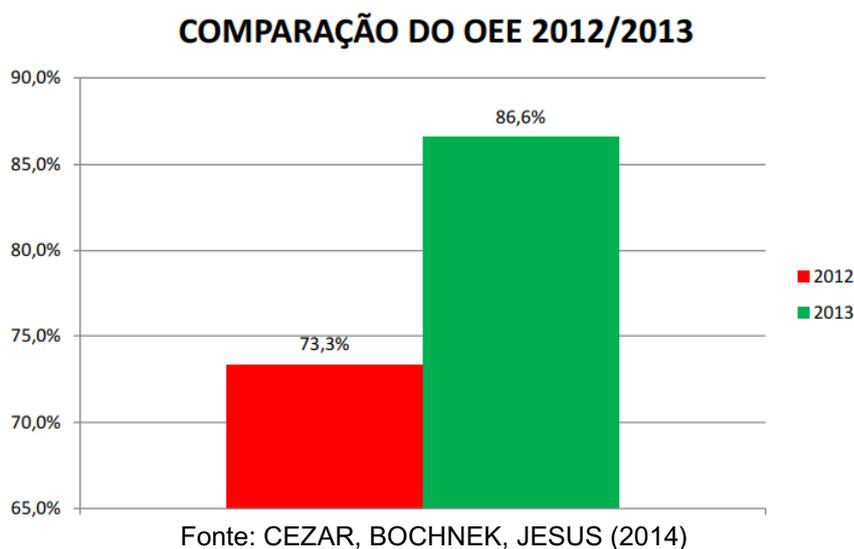
Gráfico 2: Comparação de capacidade de produção 2012/2013



Fonte: CEZAR, BOCHNEK, JESUS (2014)

O índice de OEE em 2012 era de 73,3%, sendo que em 2013 passou a ter um valor de aproximadamente de 86,6%, conforme Gráfico 3.

Gráfico 3: Índice de OEE dos anos 2012 e 2013

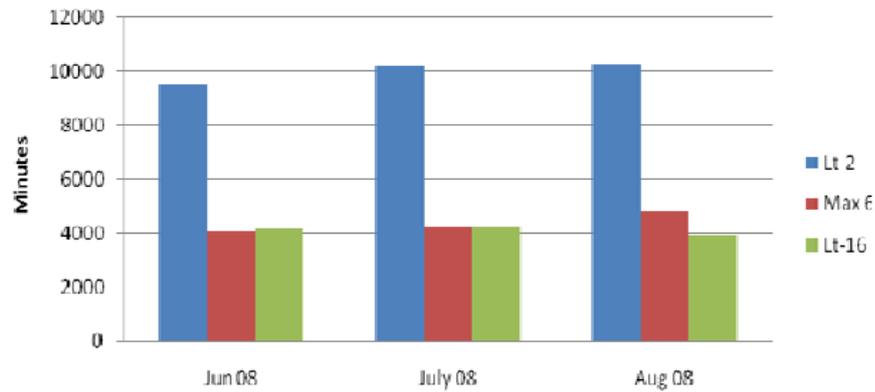


A implantação da manutenção autônoma foi satisfatória, resultando em melhoria no índice de OEE, reflexo do aumento de produção horária, de 220 peças/hora para 260 peça/hora, aumento de 18,2% no número de peças produzidas por hora. Reduziu-se o número de paradas de máquinas não programadas, em 2012 apresentava-se uma média de 12 paradas por quebras de máquina mensais, reduzindo para uma média de 7 paradas mensais em 2013.

5.2 Resultados da Melhoria do OEE por meio de Técnicas de TPM e 5S em uma Empresa de Usinagem CNC

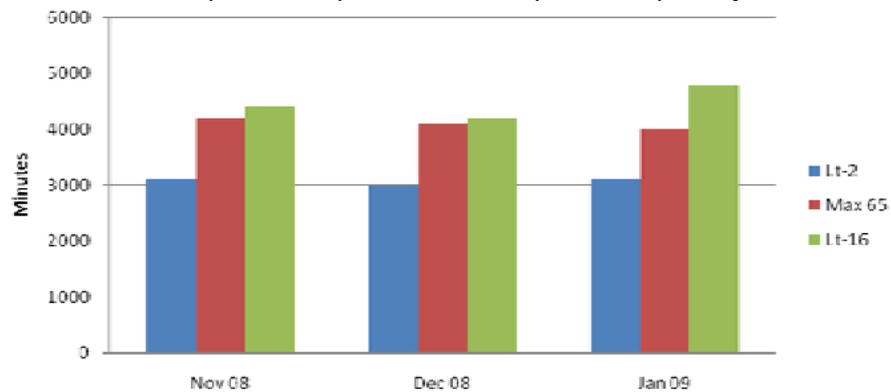
Antes da aplicação das melhorias apontadas pela equipe de TPM, havia perda de 35% de disponibilidade da máquina modelo LT 2 por manutenções corretivas, sendo por volta de 10.000 minutos. Após sua aplicação, reduziu-se para 10% o índice de indisponibilidade do equipamento, em média de 3.000 minutos, representando melhoria de 22% na disponibilidade do equipamento, conforme demonstrados nos Gráficos 4 e 5.

Gráfico 4: Tempo de indisponibilidade - antes da implantação da TPM



Fonte: HEGDE, MAHESH, DOSS (2014)

Gráfico 5: Tempo de indisponibilidade - depois da implantação da TPM



Fonte: HEGDE, MAHESH, DOSS (2014)

Antes da implantação da TPM, o tempo do ciclo de usinagem era de 4 minutos, com a produção de 68 peças por turno, onde o tempo de duração de *setup* era de 37 horas. Após a implantação da TPM, o tempo de duração do ciclo passou para 3.5 minutos, com 100 peças produzidas por turno, onde o tempo de *setup* caiu para 26 horas. Foram economizadas cerca de 10 horas do processo de *setup* com a combinação das duas operações.

Com essas informações, é calculado o índice de Performance da máquina, conforme equação a seguir:

$$P = \frac{T_c * Q_p}{T_{td}} \quad (1)$$

Onde:

P – Performance

T_c – Tempo do ciclo

Q_p – Quantidade produzida de peças por turno

T_{td} – Tempo total disponível por turno

A Performance da máquina LT 2 eram de 67% antes da introdução da TPM, onde o tempo de ciclo era de 4 minutos, com a produção de 68 peças durante os 410 minutos do turno, conforme abaixo:

$$P = \frac{(4*68)}{410} = 67\% \quad (2)$$

Após implantação da TPM, a performance da máquina LT 2 passou a ser de 85%, onde o tempo de ciclo passou a ser de 3.5 minutos, com a produção de 100 peças durante os 410 minutos do turno, conforme se segue:

$$P = \frac{(3.5*100)}{410} = 85\% \quad (3)$$

Com relação a qualidade, não houveram alterações significativas, mantendo os mesmos 95% das peças fabricadas dentro dos padrões estabelecidos, índice esse dentro dos parâmetros internacionais.

Tabela 1: Comparativo de indicadores da máquina LT 2 - antes e depois da TPM

Parâmetros	Antes	Depois
Disponibilidade	68%	90%
Performance	67%	85%
Qualidade	95%	95%
OEE	43%	72%

Fonte: Adaptado de HEGDE, MAHESH, DOSS (2014)

Os resultados obtidos após a aplicação da TPM foram extremamente satisfatórios. Observou-se que a OEE passou de 43% para 72%, representando ganhos significativos no processo de usinagem, com melhor eficiência e produtividade, diminuindo o número de perdas, aumentando a velocidade de produção e melhorando a utilização da capacidade da máquina.

6 CONCLUSÃO

A metodologia de Manutenção Produtiva Total otimizou a busca de soluções e prevenção de possíveis anomalias. Por força das inspeções de rotina, pode conservar o equipamento em bom estado; da estruturação do sistema, pode localizar potenciais falhas e proceder a modificações ou reparos, evitando-as.

Do ponto de vista econômico, a metodologia MPT incorporou vantagens como uma melhor utilização do ativo da empresa, aumento da capacidade produtiva, redução significativa no número de quebras de máquinas e equipamentos, elevação na qualidade de produtos e serviços.

Os KPI's demonstram esta evolução ao longo de sua execução, seja no quesito Qualidade, OEE, Produtividade e em conjunto com estes indicadores, quanto em aumento de Horas-Homem utilizadas em treinamento.

Os estágios de TPM, aplicados nos estudos de casos analisados, consistem em: compreender a situação atual dos processos; identificar as oportunidades; restaurar as condições básicas do equipamento e implementação de medidas para solução de problemas. Seguidos de monitoramento e redução no nível de perda e por último aperfeiçoamento do sistema de gestão.

Em várias empresas a implantação do TPM não chega ao seu final devido ao enorme tempo necessário para a aplicação de cada pilar. Desta forma, este trabalho propõe primeiramente o estudo da situação atual no setor que será implantado para que sejam priorizados os pilares realmente importantes. Assim, a metodologia TPM se mostra atrativa por sua rápida aplicação com ações direcionadas à otimização do OEE.

Este trabalho também mostra a extrema importância do estudo de perdas relacionadas à eficiência de máquinas operatrizes de usinagem em razão de manutenções não programadas e a busca por melhores resultados, uma vez que o seu potencial de ganho é grande.

É importante salientar que o aumento de eficiência nesses tipos de equipamentos contribui significativamente para a melhora de produtividade de todo processo produtivo. Com isso, novas propostas de trabalho poderão ser exploradas através da proposição de ações vinculadas ao TPM, na busca por maiores índices de OEE em equipamentos de usinagem.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, Alessandra da Costa. **Aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade na função transmissão a fim de reduzir o tempo de indisponibilidade**. 2009. 66 f.. Projeto final de graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.
- BELINELLI, Marjorie. **A Manutenção Produtiva Total (TPM) como ferramenta para aumento de disponibilidade de máquina**: estudo de caso em uma indústria do ramo Siderúrgico. XVII Simpósio de Engenharia de Produção – Ensino de Engenharia de Produção: Desafios, Tendências e Perspectivas, 2009.
- CEZAR, Celso Cerqueira. BOCHNEK, Ricardo. JESUS, Sidinei Almeida de. **Manutenção Autônoma em uma Indústria de Autopeças Estudo de Caso. Revista Eletrônica Multidisciplinar FACEAR**. Curitiba, v. 1, n. 3, jan./fev. 2014.
- DANTAS, José Cesar. **Aplicação da Manutenção Produtiva Total (TPM) em linha de envase de cosméticos**. 2016. 99 f.. Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, São Paulo, 2016
- KARDEC, Alan Pinto. NASCIF, Júlio de Aquino. **Manutenção – função estratégica**. 1.^a ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda., 2001.
- MOUBRAY, John. **Introdução à Manutenção Centrada na Confiabilidade**. 1.^a ed. São Paulo: Aladon, 1997.
- OTANI, Mario. MACHADO, Waltair Vieira. **A Proposta de Desenvolvimento de Gestão da Manutenção Industrial na Busca da Excelência ou Classe Mundial. Revista Gestão Industrial**. Ponta Grossa, v. 4, n. 2, p. 01-16, jan./mar. 2008.
- PINTO, Alan Kardec. XAVIER, Júlio Aquino Nascif. **Manutenção: função estratégica**. 2.^a ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.
- PIOVESAN, Armando. TEMPORINI, Edméa Rita. **A Proposta de Desenvolvimento de Gestão da Manutenção Industrial na Busca da Excelência ou Classe Mundial Pesquisa exploratória: procedimento metodológico para o estudo de fatores humanos no campo da saúde pública. Revista de Saúde Pública**. São Paulo, v. 8, n. 2, p. 13-21, jan./mar. 1995.
- TAKAHASHI, Yoshikazu. OSADA, Takashi. **Manutenção Produtiva Total**. 1.^a ed. São Paulo: IMAM, 1993.
- YIN, Robert K. - **Case Study Research - Design and Methods**. Sage Publications Inc., USA, 1989.