

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS,
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SERVIÇO SOCIAL – FACES
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

HUMBERTO BASTOS VIRGÍLIO

MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL NO MELHORAMENTO
PRODUTIVO ORGANIZACIONAL

UBERLÂNDIA – MG

2018

HUMBERTO BASTOS VIRGÍLIO

**MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL NO MELHORAMENTO
PRODUTIVO ORGANIZACIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à banca examinadora da
Universidade Federal de Uberlândia
como parte das exigências para a
obtenção do título de bacharel em
Engenharia de Produção.

Ituiutaba, ____ de _____ de ____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fernando Lourenço de Souza
Orientador

Prof. Dra. Débora Oliveira Almeida Carvalho

Prof. Dr. Fernando de Araújo

AGRADECIMENTOS

Agradeço à empresa estudada e aos supervisores que acreditaram e valorizaram a grandiosidade do projeto. Assim como, os grandes ensinamentos que pude abstrair dos momentos em que estive presente como estagiário que me proporcionaram a busca pelo crescimento profissional.

Agradeço aos meus pais por sempre estarem me apoiando nesta jornada e influenciando com suas palavras de carinho e auxílio.

Aos amigos que convivi grande parte da minha vida acadêmica, foram os grandes influenciadores para meu amadurecimento e avaliação crítica dos caminhos a serem selecionados.

Agradeço à Universidade Federal de Uberlândia e ao meu orientador professor Dr. Fernando Lourenço, por investirem na minha educação e busca pela excelência profissional.

“Se você conhece o inimigo e conhece a si mesmo, não precisa temer o resultado de cem batalhas. Se você se conhece, mas não conhece o inimigo, para cada vitória, sofrerá também uma derrota. Se você não conhece nem o inimigo nem a si mesmo, perderá todas as batalhas...”

Sun Tzu

RESUMO

O presente estudo tem objetivo de demonstrar a importância da Manutenção com foco em TPM e sua implementação em um estudo de caso em uma empresa do setor agroindustrial. Mostrar que, quando inserida, traz benefícios de produtividade, disponibilidade do equipamento e qualidade do produto. Para isso foram realizados programas de controle de lubrificação de equipamentos, cronogramas e roteiros de manutenção e ferramentas indicadores de gargalos produtivos. Como resultado, para que se tenha sucesso na implementação, é necessário que todos os níveis da empresa participem da manutenção, com disposição de recursos, gestão e operação.

Palavras-chave: TPM, OEE, Manutenção, Manufatura enxuta.

ABSTRACT

The present study aims to demonstrate the importance of Maintenance with a focus on TPM and its implementation in one case studies in a agroindustrial business. Show that, when inserted, it brings benefits of productivity, equipment availability and product quality. For this, programs were carried out to control the lubrication of equipment, schedules and maintenance routines and tools to identify productive bottlenecks. As a result, for successful implementation, it is necessary that all levels of the company participate in maintenance, with provision of resources, management and operation.

Keywords: TPM, OEE, Maintenance, Lean manufacturing.

SUMÁRIO

1.Introdução	1
1.1 Considerações iniciais.....	1
1.2 Objetivo.....	1
1.2.1 Objetivo geral.....	1
1.2.2 Objetivo específico.....	1
1.3 Justificativa.....	2
2.Referencial Teórico.....	2
2.1 Lean manufacturing.....	2
2.1.1. Os sete desperdícios de Ohno.....	4
2.2 A Gestão da manutenção.....	6
2.2.1 Manutenção.....	6
2.2.2 Falhas.....	7
2.2.3 As Gerações da Manutenção.....	9
2.3 A origem e evolução da Manutenção Produtiva Total.....	11
2.3.1 Os Pilares da Manutenção Produtiva Total.....	12
2.3.2 JIPM.....	14
2.3.3As 6 Perdas dos equipamentos.....	15
2.3.4 OEE.....	16
3.Metodologia.....	18
4.Apresentação do estudo de caso.....	19
4.1 A empresa estudada.....	19
4.2 A necessidade do TPM na Empresa.....	19
4.3 Resultados.....	20
5.Conclusão.....	25
6.Referências bibliográficas.....	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Aspectos de Análise e de Construção do Sistema Toyota de Produção

Figura 2: Sete tipos de perda

Figura 3: Curva da banheira

Figura 4: Etapas da Evolução da Manutenção

Figura 5: Cronologia da Evolução da Manutenção

Figura 6: 4 gerações TPM

Figura 7: 8 pilares do TPM

Figura 8: 6 Grandes perdas do TPM

Figura 9: Fatores que compõe o OEE

Figura 10: Benchmark de eficiência da planta

Figura 11: Fluxo de embalagem do óleo refinado

Figura 12: Planilha de cálculo do OEE

Figura 13: Legenda e dados

Figura 14: Planilha de coleta de dados

Figura 15: Gráfico comparativo OEE

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Média da linha total

Tabela 2 – Comparativo Empresa vs World Class

1. Introdução

1.1 Considerações Iniciais

A manutenção tem por finalidade, manter as máquinas e equipamentos em bom estado de conservação, minimizando o risco de quebra ou paradas indesejadas durante uma operação.

Se a manutenção não for executada corretamente e com a importância que precisa, o percentual de confiabilidade das peças é reduzido e as possibilidades de defeito aumentam.

Conforme explica Oliveira *et al* (2009), a TPM é uma metodologia que busca o envolvimento de todos os setores da organização nas atividades de manutenção, conforme responsabilidades e posição hierárquica. Não só o setor de manutenção é responsável pelos cuidados que a linha precisa, os operadores contribuem com sua análise constante e conhecimento, os gestores cooperam organizando as atividades e a direção alocando recursos.

Esta monografia tem por objetivo apresentar um assunto de grande importância para as empresas, o programa de Manutenção Produtiva Total (TPM – *Total Productive Maintenance*) e a implementação do indicador de Eficácia Geral do Equipamento (*OEE - Overall Equipment Effectiveness*).

1.2 Objetivo

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo desse trabalho é demonstrar a importância da manutenção, destacando a metodologia da Manutenção Produtiva Total na indústria.

1.2.2 Objetivo específico

Para comprovar a qualidade e eficiência do TPM, apresenta-se uma análise de resultados com a implementação do indicador OEE para demonstrar os gargalos da linha de produção e os pontos iniciais de manutenção que se encontra uma indústria de processamento de soja.

1.3. Justificativa

O desenvolvimento da manutenção produtiva total (TPM) foi de extrema importância estratégica e econômica para o Japão pós 2ª Guerra Mundial. Um país que estava devastado em população e era necessária uma reconstrução total do seu sistema para voltar a prosperar.

Com todas as limitações comerciais e trabalhistas que uma montadora automotiva estava enfrentando, era necessário buscar métodos que auxiliassem a organização em uma progressiva redução de custos operacionais e junto a isso, um grande aumento na qualidade do trabalho de seus funcionários e dos produtos a serem entregues.

Os resultados trazidos pela criação dessas ferramentas de melhoria, foram inseridas, quase de forma revolucionária e global, em empresas de diversos ramos de produção, tendo sempre como características primordiais a redução de custos e aumento de qualidade operacional. Segundo Taktica (2008) “O Lean é um sistema integrado de princípios, técnicas operacionais e ferramentas que levam à incessante busca pela perfeição na criação de valor para o cliente”.

As propostas totalmente plausíveis e alcançáveis da Manufatura Enxuta, aliadas com a busca incessante da empresa a ser estudada, por reduções de custos em um momento de instabilidade econômica no país e melhor agregação de valor às atividades dos colaboradores, formaram os requisitos essenciais para a implementação das teorias Toyotistas, porém com um grande desafio, uma indústria com produção sazonal e um extenso processo até a finalização do produto principal.

A única certeza que se tem da implementação dessas ferramentas e práticas *Lean* é que pode ser considerado um caminho sem volta e que deve ser mantido, ou seja, os resultados são realistas e visíveis, as práticas agregam tanto valor à ponto de ser inserido na cultura organizacional, porém a manutenção do sistema a longo prazo é o ponto chave para se alcançar a Classe Mundial.

2. Referencial Teórico

2.1 Lean manufacturing

O *lean manufacturing* é o nome do método relacionado ao Sistema Toyota de Produção, que busca, a partir, de uma abordagem sistemática, encontrar e eliminar o

desperdício, ou, algo que não agrega valor, por meio da melhoria contínua, do fluxo de produção puxado e da qualidade total.

A manufatura enxuta surgiu no Japão em um período pós 2ª Guerra Mundial, dentro da fábrica de automóveis da Toyota. Nesse cenário o desafio era grande, com recursos limitados pela devastação como é citado em Womack *et al* (2004), o mercado doméstico estava limitado, precisava de grande customização, a economia encontrava-se devastada, o que dificultava compras de tecnologia no ocidente, grandes concorrentes dispostos a operarem no Japão e os trabalhadores japoneses não estavam dispostos à carga de trabalho com baixos salários e baixas condições, além da presença de fortes sindicatos. Dessa forma, era quase acompanhar o ritmo de produção em massa das indústrias nos EUA, como Ford Company e General Motors.

Dessas sequências de dificuldades, surgiram necessidades de um novo modelo gerencial, estruturado por Eiji Toyoda, presidente da Toyota e Taichii Ohno, vice-presidente.

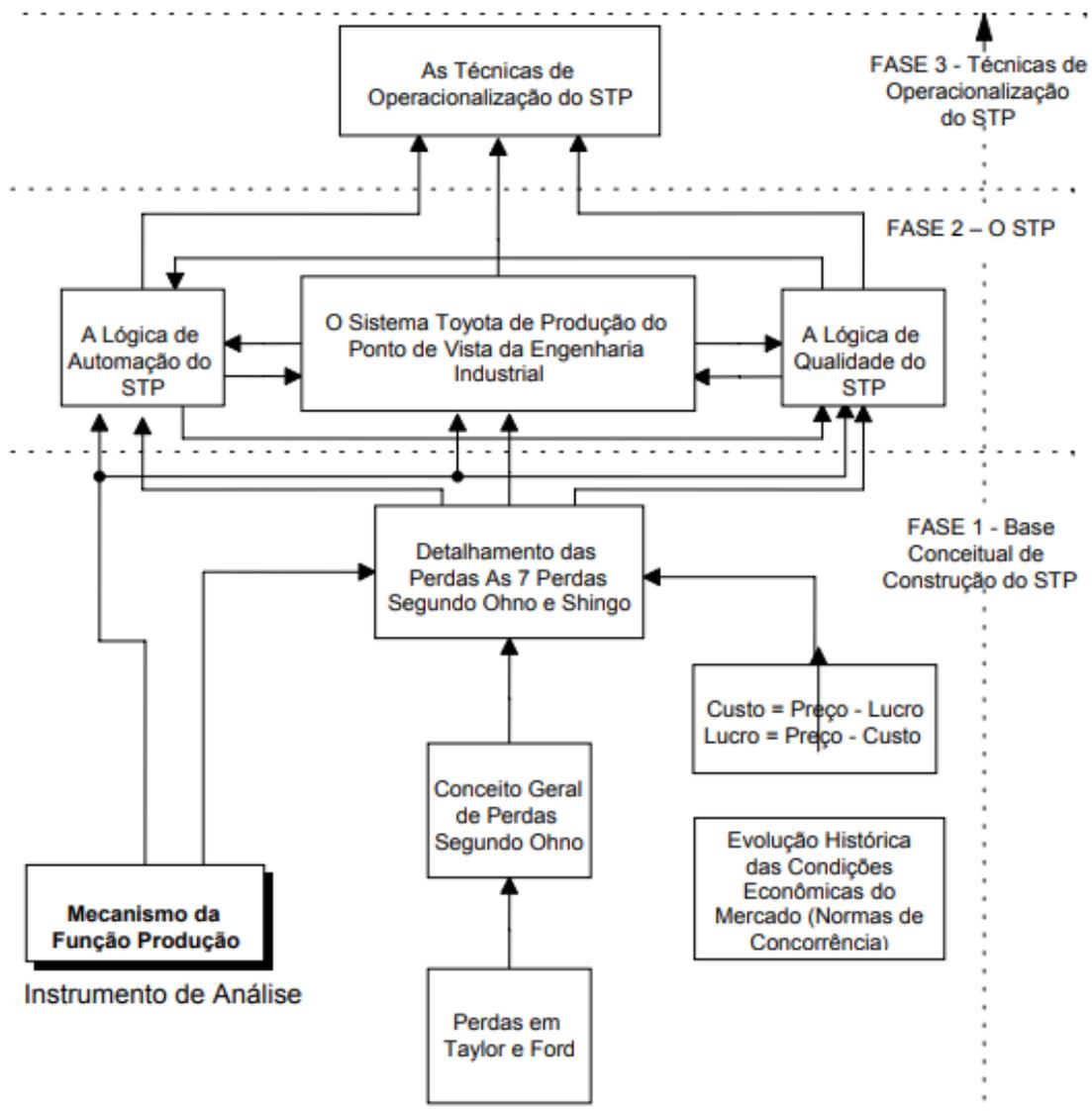
A eliminação de desperdícios e elementos desnecessários com o objetivo de reduzir custos; a ideia básica é produzir apenas o necessário, no momento necessário e na quantidade requerida (OHNO,1997).

Ohno (1998), ainda definiu desperdício como qualquer atividade que consome recursos, somando custos e que não agrega qualquer valor ao produto desejado pelo cliente.

A busca de um modo de produção que utilize a menor quantidade de equipamentos e mão-de-obra para produzir bens sem defeitos no menor tempo possível, entendendo como desperdício, todo elemento que não contribua para a definição de qualidade, preço ou prazos requeridos pelo cliente. Eliminar todo desperdício através de esforços da administração, pesquisa e desenvolvimento, produção, distribuição e todos os departamentos da empresa (SHINOHARA,1988).

A partir da Figura 1 percebe-se que o Sistema Toyota de Produção foi construído baseado em três pilares fundamentais: I) As Normas da Concorrência; II) O Mecanismo da Função Produção; e III) As Perdas nos Sistemas Produtivos (Antunes, 1998).

Figura 1: Aspectos de Análise e de Construção do Sistema Toyota de Produção



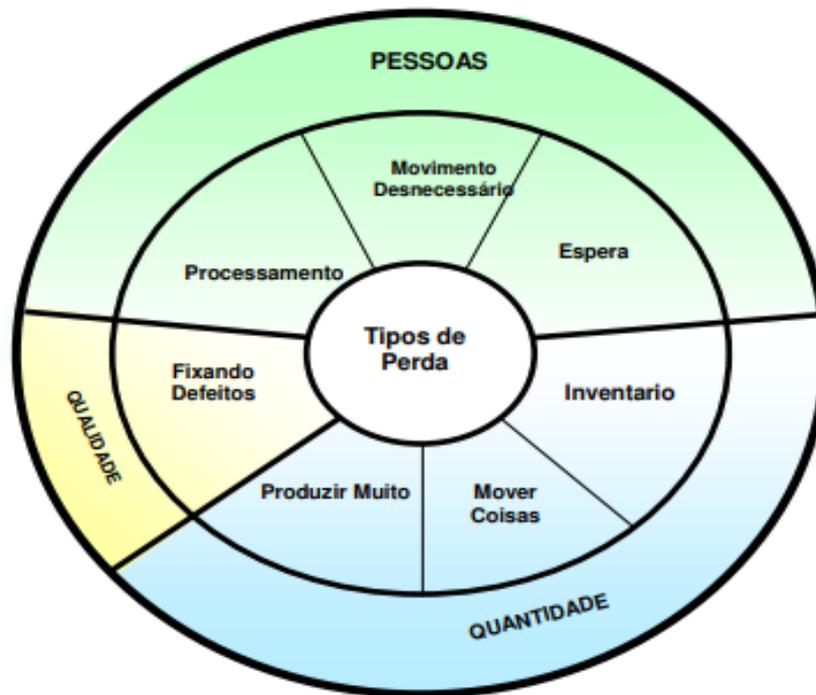
Fonte: Prodttare

2.1.1 Os sete desperdícios de Ohno

As visitas de Ohno à Ford possibilitaram-no a perceber que o sistema vigente era cheio de *muda*, termo em japonês para “desperdício”, contemplando desperdícios de esforços, materiais e tempos (WOMACK *et al*, 2004). Para Ohno (1997), produzir de maneira enxuta é o resultado da eliminação dos sete tipos de desperdícios, também conhecidos como perdas, dentro das organizações. De acordo com Shingo (1996), perda é toda e qualquer atividade que não contribui para as operações, ou seja, não agregam valor.

A Figura 2 relaciona os sete tipos de perdas descritas por Taichii Ohno com pessoas, quantidade e qualidade.

Figura 2: Sete tipos de perda



Fonte: LIMA (2007).

Ohno (1998), cita sete tipos de desperdícios que precisam ser eliminados, classificando-os por:

1. Superprodução (produzir muito): significa produzir mais, e antes do necessário, o que ocasiona excesso de produtos e, conseqüentemente, aumento do inventário;
2. Esperas: significa os momentos em que os operadores estão à espera de algo necessário à produção;
3. Transporte (movimento desnecessário): representam aqueles movimentos desnecessários de material;
4. Retrabalho (processamento): são as operações de reprocessamentos, necessárias quando ocorrem defeitos, excesso de produção ou de inventário;
5. Inventário: este desperdício se refere aos materiais produzidos, matérias-primas utilizadas e estoques que existem no meio da linha de produção e que não foram solicitados pelo cliente;

6. Movimento (mover coisas): são os movimentos realizados pelos operadores e que são considerados desnecessários. Isso ocorre devido ao *layout* da empresa, defeitos, retrabalhos, superprodução ou excesso de inventários;

7. Defeitos (fixando defeitos): representa aqueles produtos prontos e que não atendem às especificações dos clientes. Significa, também, as falhas operacionais causadas por problemas na concepção do produto ou por processos inadequados.

De modo geral, *Lean Manufacturing* representa “produção magra” caracterizada por usar menos de tudo o que é disponibilizado para o processo produtivo em comparação com o sistema de produção em massa, ou seja, espera-se a aplicação de metade do esforço humano, metade do espaço da fábrica, metade do investimento e metade do tempo. Também se caracteriza por haver menos produtos em estoque, o que significa menos defeitos na linha de produção e sua maximização (HOLWEG, 2007).

2.2 A Gestão da manutenção

2.3.1 Manutenção

Monchy (1987) define manutenção em sua relação de origem com o vocábulo militar, cujo objetivo era manter em condições de uso o efetivo e o material, em níveis constantes de aceitação.

O termo manutenção é também definido como:

Um conjunto de atividades com o objetivo de reduzir os defeitos de qualidade produzidos pelas avarias e eliminar a necessidade de ajustes dos equipamentos (SHIROSE, 1994, MORAES, 2008).

Segundo Xenos (1998,), deve-se fazer tudo que for preciso para assegurar que um equipamento continue a desempenhar as funções para as quais foi projetado, quando estiver em um nível de alta exigência.

Slack et al (2008), classifica os objetivos da manutenção da seguinte forma:

- Segurança melhorada: Instalações que são mantidas adequadamente apresentam menor probabilidade de ocorrência de comportamentos não previsíveis ou não padronizados. Evita-se, também, que estas falhem totalmente, admitindo que a incidência de falhas apresenta riscos para a equipe de trabalho.

- Confiabilidade aumentada: Objetivo, quando alcançado, resulta em menos tempo perdido com reparos nas instalações, menos interrupções nas atividades produtivas e menos variação nas taxas de produtos gerados.
- Qualidade maior: Objetivo que tem como fundamento o fato de equipamentos mal mantidos acarretarem maior probabilidade de desempenho abaixo do padrão e, por conseguinte, isso afeta a qualidade dos produtos.
- Custos de operação mais baixos: Fundamenta-se na concepção de que os elementos de tecnologia funcionam melhor quando recebem manutenção com regularidade e constância.
- Tempo de vida mais longo: Implica em cuidados regulares, limpezas ou lubrificações visando aumentar a vida efetiva das instalações. Com isso, busca-se reduzir os problemas menores relacionados à operação, entendendo que estes, cumulativamente, causarão desgaste ou deterioração.
- Valor final mais alto: Instalações bem mantidas têm sua venda facilitada no mercado de segunda mão.

2.3.2 Falhas

Segundo Slack *et. al.* (2008), as falhas têm origens diversas podendo ser agrupadas em: falhas em relação à manufatura do produto, falhas ligadas a fornecedores e falhas decorrentes de ações por parte dos clientes. No documento da ISO/CD10303-226, uma falha, ou *fault*, é conceituada como não conformidade ou anormalidade relativa a um componente, equipamento, subsistema ou sistema que, em termos práticos, impede seu adequado funcionamento, gerando uma situação denominada fracasso, ou *failure*. Também podem ser definidas como mau funcionamento ou avarias estas interrupções da função do equipamento, no que Moraes (1993,) apresenta a seguinte classificação:

- Avarias abruptas:
 - Fatais: aquelas que duram por mais de três horas;
 - De longa duração: interrupção por período acima de 30 minutos;
 - Gerais: entre cinco e dez minutos de interrupção;
 - Menores: interrupção com duração de até cinco minutos.
- Avarias por deterioração: num primeiro momento, não ocasionam paradas, porém, não sendo resolvidos implicam no comprometimento da função do equipamento:

- Por deterioração funcional;
- Por deterioração da qualidade.

Xenos (1998) explica, ao se referir à classificação de avarias por deterioração, que esta equivale a falha potencial ou anomalia, isto é, sua ocorrência não se dá abruptamente. Segundo esse autor, esse tipo de avaria se desenvolve ao longo do tempo e pode ser constatada em dois períodos distintos: inicialmente, entre a condição normal e o primeiro sinal da falha. Em seguida, entre o surgimento do primeiro sinal de falha até a perda total ou parcial da operacionalidade do equipamento. O autor cita como exemplo dessa incidência o surgimento de uma trinca que, *a priori*, não irá afetar o funcionamento do equipamento, mas, no decurso do tempo e mediante uso, se propagará levando a perda total ou parcial de sua função.

Complementarmente, e fazendo referência aos conceitos de Engenharia de Confiabilidade, Xenos (1998) descreve que as falhas decorrentes de mal funcionamento em determinado equipamento podem ser classificadas em decrescente, constante ou aleatória e crescente. De modo geral, estas estão ligadas ao estágio e ciclo de vida do equipamento.

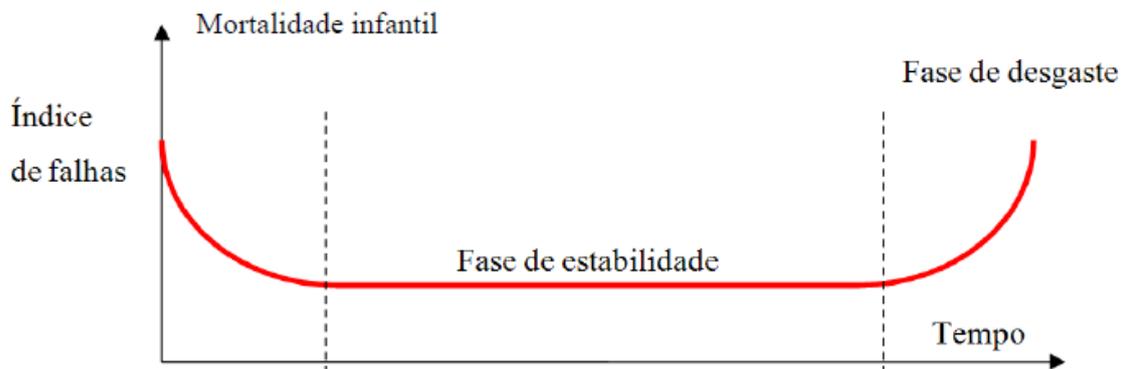
Com relação às falhas de frequência decrescentes, estas ocorrem no início da vida útil do equipamento e sua origem está ligada a problemas de projeto, fabricação e instalação ou erro na operação decorrentes de falta de treinamento inicial. Denomina-se mortalidade infantil ou vida inicial esse período em que as falhas são decrescentes e prematuras (XENOS, 1998).

Já as falhas de frequência constante ou aleatória estão associadas ao período denominado vida normal ou fase de estabilidade do equipamento. Estas falhas, em grande parte, são menores em comparação às falhas de frequência crescente ou decrescentes e se devem à aplicação de esforços acidentais ou erros de manutenção e operação. Uma característica desse tipo de falha de frequência é o fato de que estas não variam conforme o equipamento envelhece (XENOS, 1998).

Por fim, tem-se as falhas de frequência constante, ligadas ao período de instabilidade que caracteriza o fim da vida útil do equipamento. Nesse período, portanto, o equipamento entra em processo de degeneração devido a fadiga e desgaste (XENOS, 1998).

A Figura 3, chamada curva da banheira, exemplifica o comportamento das falhas nos equipamentos:

Figura 3: curva da banheira



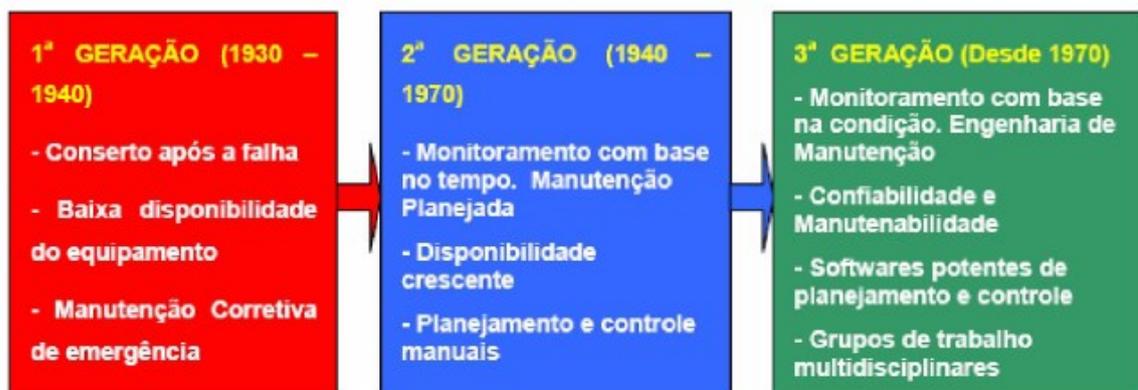
Fonte: Kardec e Nascif (2009)

Conforme a Figura 3 demonstra, o índice de falhas dos equipamentos nos tempos de instalação e próximos a manutenções tendem a serem maiores. Comprovando a necessidade de atenção para amaciamento das peças bem como proximidade de revisões.

2.3.3 As Gerações da Manutenção

A manutenção se desenvolveu em 3 etapas importantes, Figura 4:

Figura 4: Etapas da Evolução da Manutenção



Fonte: MORAES (2004).

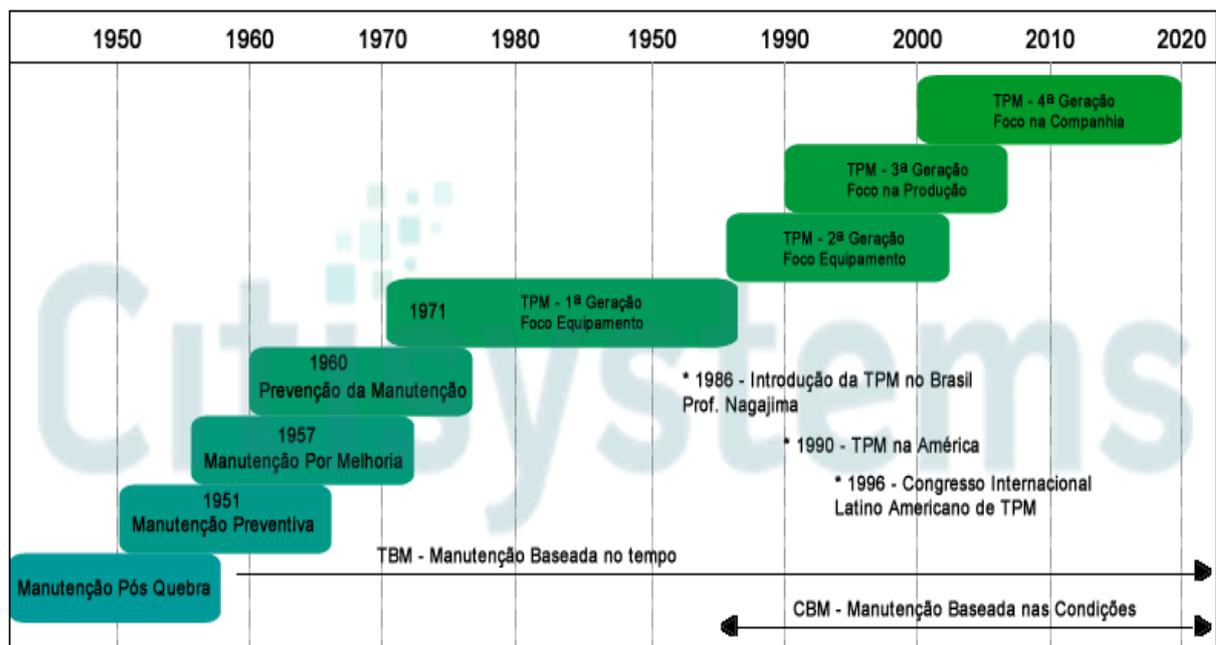
Sievuli (2001, MORAES, 2004) explica as três gerações da manutenção da seguinte forma:

- 1ª Geração (1930 a 1940): conserto logo após a falha ou manutenção emergencial;

- 2ª Geração (1940 a 1970): marcada pela disponibilidade crescente e maior vida útil dos equipamentos. Nesta geração, tem-se também as intervenções preventivas com base no tempo e uso contado a partir da última intervenção. Esta geração é marcada, ainda, pelo alto custo de manutenção em relação aos benefícios, sistemas manuais de planejamento, registro de tarefas e ocorrências de manutenção e, por último, uso de computadores grandes e lentos na execução de tarefas;
- 3ª Geração (Desde 1970): são marcas desta geração: aumento expressivo da disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos; melhorias no tocante à relação custo x benefício em termos de manutenção; intervenções com base na condição e risco de falhas; melhorias na qualidade dos produtos; controle dos riscos quanto à segurança e saúde do trabalhador; preocupação com o meio ambiente; uso de computadores portáteis e rápidos com agregação de softwares eficientes na intervenção e gerenciamento da manutenção; e origem dos grupos de trabalho multidisciplinares.

A Figura 5 mostra um gráfico com a cronologia da evolução da manutenção:

Figura 5: Evolução Cronológica da Manutenção



Fonte: Citisystems

2.3 A origem e evolução da Manutenção Produtiva Total (TPM)

A história da TPM está diretamente ligada à situação de recuperação econômica do Japão do pós-guerra e sua cultura de prosperidade.

Este fato é melhor explicado no trecho a seguir:

“Com o final da Segunda Guerra mundial, as empresas japonesas obrigadas pela necessidade urgente e por metas governamentais agressivas de reconstrução do país, tornaram-se fiéis seguidoras das técnicas americanas de gestão e de produção. A partir de 1950 deixaram de utilizar somente a política de Manutenção Corretiva de Emergência e deram início a implementação dos conceitos de Manutenção Preventiva baseada no tempo, aos quais se agregaram posteriormente os conceitos de Manutenção do Sistema de Produção, de Manutenção Corretiva de Melhorias, de Prevenção da Manutenção e de Manutenção Produtiva que buscavam a maximização da capacidade produtiva dos equipamentos” (NAKAJIMA, 1989; NAKASATO, 1994; PALMEIRA, 2002; MORAES, 2004).

Segundo Kardec e Nascif (2009), a TPM nasceu na Nippon Denso KK, uma das empresas do grupo Toyota, e, em 1971, recebeu o prêmio PM, destinado a empresas que se destacaram na condução desse programa.

De acordo com Moraes (2004), desde o surgimento a TPM é caracterizada por um processo de evolução constante, podendo ser tipificado em quatro gerações, no que diz respeito à manutenção produtiva total:

- Na primeira geração, a TPM tinha como ações a maximização da eficiência total dos equipamentos com foco restrito às perdas por falhas. Nessa primeira geração, as ações eram decididas pelos departamentos responsáveis diretamente pelos equipamentos;
- Na segunda geração, iniciada na década de 1980, caracteriza-se pela maximização da eficiência a partir da eliminação das seis principais perdas relacionadas aos equipamentos, que são: por quebra ou falha, por preparação e ajuste, por operação em vazio e pequenas paradas, por velocidade reduzida, por defeitos no processo e perdas verificadas no início da produção;

- Na terceira geração tem seu início entre o final da década de 1980 e início da década de 1990. A maximização da eficiência passa a considerar, também, o sistema de produção como um todo.
- Já na quarta geração, iniciada a partir de 1999, mediante identificação de que o envolvimento necessário de toda a organização em prol da eliminação das perdas, redução dos custos e maximização da eficiência era ainda muito limitado. Assim, trouxe uma visão estratégica para o gerenciamento da manutenção produtiva total, inclusive, promovendo o envolvimento de outros setores, dentre eles o comercial e o de pesquisa e desenvolvimento de produtos em prol da eliminação de 20 grandes tipos de perdas que podem ocorrer entre processos, inventários, distribuição e compras.

A Figura 6 a seguir mostra as 4 gerações da TPM:

Figura 6: 4 gerações TPM

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

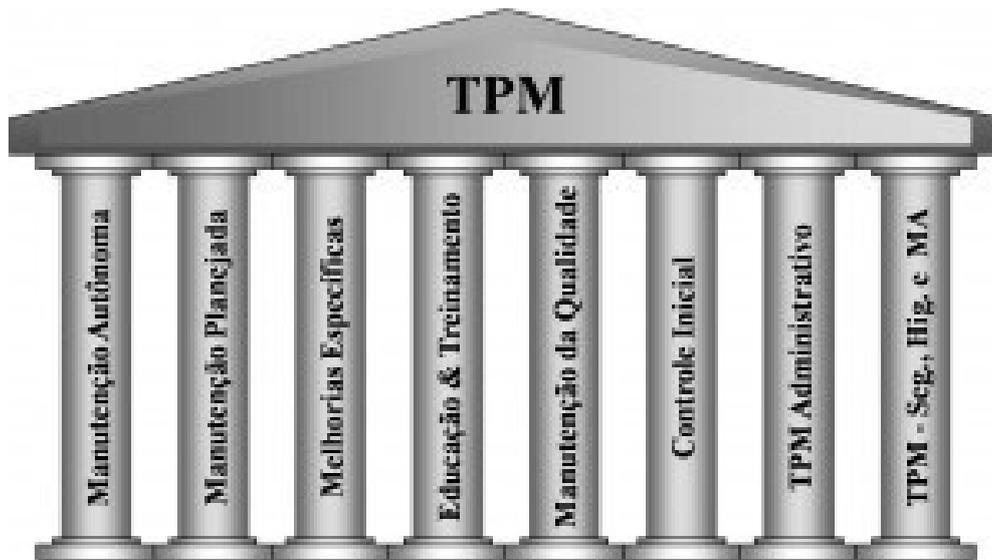
Fonte: Palmeira (2002).

2.3.1 Os Pilares da Manutenção Produtiva Total

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 determinados em cada caso. Porém existem os fatores comuns a todos, que se denominam pilares básicos de sustentação da TPM (NAKAJIMA, 1989).

A Figura 7 demonstra o palácio dos pilares da TPM:

Figura 7: 8 pilares do TPM



Fonte: Integra soluções

- *Manutenção Planejada*: Citada por Slack *et. al.* (2002) como aquela que acontece antes da ocorrência de falhas e quebras. De acordo com os autores, seu objetivo é eliminar e, ou, reduzir, a possibilidade de falhas promovendo manutenções em intervalos previamente programados. Monchy (1987), sobre esse tipo de manutenção, já dizia tratar-se de ação realizada visando reduzir a incidência de falhas ou a degradação de determinado serviço prestado.
- *Manutenção Autônoma*: A principal ideia da Manutenção Autônoma “é utilizar os operadores de máquina para executar algumas tarefas rotineiras de manutenção. Estas tarefas incluem a Limpeza Diária, Inspeção, reaperto requeridos pelo equipamento” (MOBLEY; HIGGINS; WIKOFF, 2008).
- *Melhorias Específicas*: Takahashi e Osada (1993) apontam como objetivo deste pilar a melhoria da eficiência da produção com base na visualização das perdas, avaliação constante da eficiência produtiva e elevação nos níveis relacionados a avanços tecnológicos.
Segundo Nakajima (1989), estas melhorias ocorrem nos equipamentos e buscam a elevação do seu desempenho visando a eliminação de perdas ao longo da produção.
- *Educação e Treinamento*: Estes são aspectos imprescindíveis para o sucesso dos programas TPM. Portanto, trata-se de um pilar que reforça a importância e necessidade de qualificar os operadores e aqueles que realizam manutenções

nos equipamentos. Aborda desde questões aparentemente insignificantes, como apertar parafusos, checar rolamentos, realizar lubrificação e verificar óleo e vazamentos de água até manutenções mais elaboradas.

- *Controle Inicial Segundo*: Segundo o JIPM (2014), este pilar faz referência ao período que começam no *design* do programa até o desenvolvimento e produção de novos produtos, até que produtos estáveis sejam alcançados.
- *Manutenção da Qualidade*: Segundo Takahashi e Osada (1993), esta manutenção atua sobre a eliminação de ocorrências crônicas de defeitos culminando na criação de linhas de *Quality Assurance*, ou seja, qualidade 100% assegurada.
- *Eficiência Administrativa*: Este pilar trata da utilização de metodologia específica nos setores de gestão da empresa objetivando a redução de perdas e desperdícios e a otimização dos processos se baseando no 5S e na padronização.
- *Segurança, Higiene e Meio ambiente*: JIPM (2014) cita que este pilar tem importância no quesito proteção dos funcionários e da comunidade local. Perseguindo como meta “zero acidentes”, reforça a necessidade de uso de equipamentos de proteção, por parte dos colaboradores, e redução de ruídos, odores e demais fatores de poluição.

2.3.2 JIPM

Caracterizado como *Japan Institute of Plant Maintenance*, refere-se ao instituto que tem como principal atribuição recolher e difundir informações pertinentes à manutenção preventiva total.

Tem como missão contribuir com a criação de um ambiente de trabalho e sociedade saudáveis, o que ocorre mediante orientação às empresas para que estas alcancem melhores níveis de produção. Portanto, o foco do JIPM é a agregação real de valor ao produto.

Como estratégia de incentivo às organizações, o JIPM é responsável pela premiação *TPM Award*, concedida anualmente àquelas empresas que conseguem utilizar com eficiência e excelência a ferramenta TPM.

2.3.3 As 6 Perdas dos equipamentos

Segundo Nakajima (1989) cita seis tipos de perdas que provocam menor rendimento operacional dos equipamentos. São elas:

1. Perda por parada acidental: são causadas por quebras nos equipamentos e podem significar perda total e, ou, parcial. A primeira quando a quebra da máquina representa sua inutilização permanente; e a segunda, quando o desgaste reduz sua capacidade produtiva.

2. Perda por *Setup*: são aquelas perdas decorrentes do uso do equipamento na produção de vários tipos de produtos, sendo que cada mudança implica em novas regulagens e ajustes.

3. Perda por pequenas paradas: ocorrem momentaneamente devido a problemas não caracterizados como quebras.

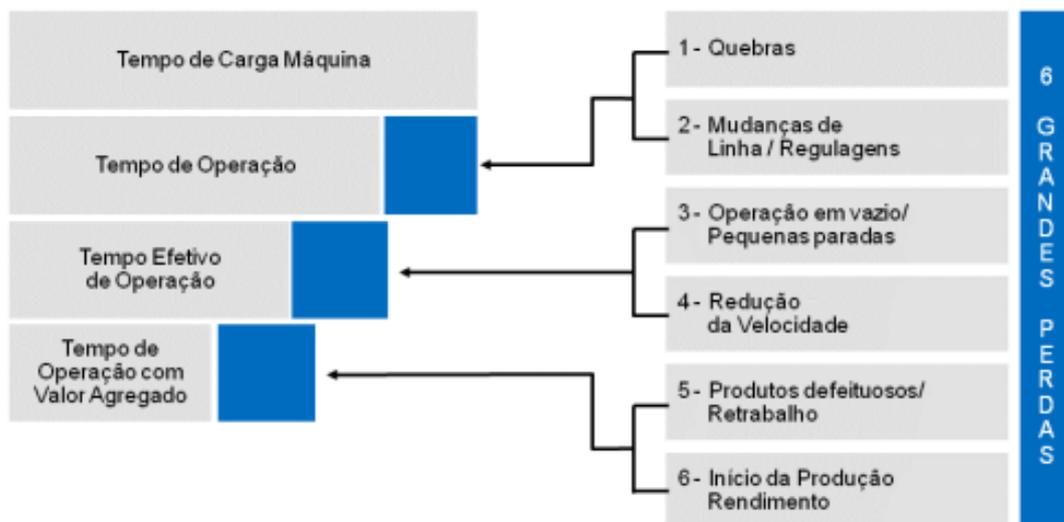
4. Perda por quebra de velocidade: são causadas por problemas mecânicos implicados pela qualidade ou outros aspectos que incidem em redução da velocidade de produção.

5. Perda por defeitos no processo: tipifica-se nas operações de retrabalhos e reprocessos.

6. Perda de arranque: São perdas que ocorrem durante o arranque ou aquecimento até serem normalizadas as condições de trabalho do equipamento

A Figura 8 traz um fluxo sobre as seis grandes perdas na visão de Nakajima (1989).

Figura 8: 6 Grandes perdas do TPM

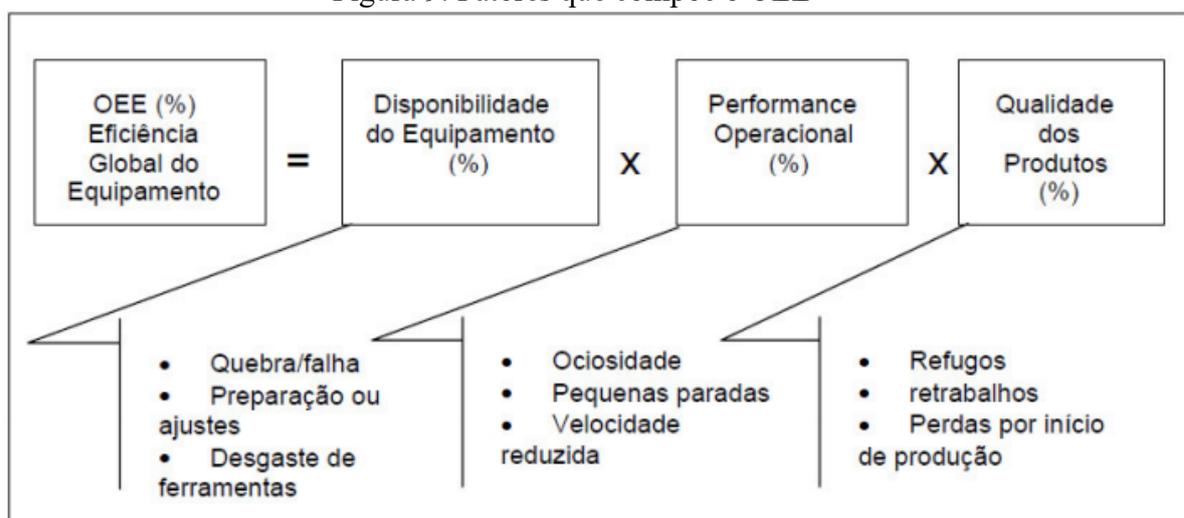


Fonte: Marcelo Justa

2.3.4 OEE (*Overall Equipment Effectiveness*)

Eficiência Global do Equipamento é um indicador usado juntamente com o TPM para uma análise completa da eficiência da linha de produção. Segundo a Figura 9, os fatores que compõe o OEE:

Figura 9: Fatores que compõe o OEE



Fonte: Adaptado de Nakajima (1989)

De acordo com Nakajima (1988), o OEE resulta da multiplicação de três variáveis, disponibilidade, desempenho e qualidade.

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Qualidade} \times \text{Desempenho} \quad (1)$$

Segundo Zuashkiani (2011), disponibilidade é a parte do tempo planejado para produzir multiplicado ao que o equipamento realmente esteve disponível para uso. O desempenho é medido pela velocidade que a máquina trabalhou durante o tempo planejado para produção em relação a sua capacidade nominal. A qualidade é o percentual de produtos conformes.

O índice de 85% apresentado por Nakajima (1989), é uma meta ideal a ser atingida pelos equipamentos. Este nível foi estabelecido pelo autor baseado em suas experiências e resultados obtidos.

Entretanto, destaca-se que este indicador pode atuar em todos os níveis da produção, desde os equipamentos individuais, para a planta como um todo. Calculando o OEE isoladamente para os equipamentos e linhas é possível identificar pontos que necessitam de maior dedicação dos recursos da TPM.

O *World Class* foi um padrão mundial estabelecido como a meta ideal a se atingir com a utilização do OEE e suas variáveis. Assim como é calculado de acordo com a Equação 2:

- Disponibilidade:

$$\text{Disp}(\%) = \frac{\text{Tempo Total Programado} - \text{Paradas Planejadas} - \text{Paradas não Planejadas} \times 100}{\text{Tempo total Programado} - \text{Paradas Planejadas}} \quad (2)$$

Tempo Total Programado: tempo programado para o equipamento baseado na demanda de produção.

Paradas Planejadas: Parada para almoço, descanso, reuniões, treinamentos.

Paradas Não Planejadas: tempo gasto com paradas inesperadas, como manutenção corretiva, mudança de linhas.

De acordo com o *World Class*, o índice de disponibilidade é de aproximadamente 90%.

- A determinação da performance é obtida com a Equação 3:

$$Perf(\%) = \frac{Tempo\ planejado\ de\ ciclo \times Total\ de\ peças\ produzidas \times 100}{Tempo\ Total\ Programado - Paradas\ Planejadas - Paradas\ não\ planejadas} \quad (3)$$

O *World Class*, define que o nível de performance é de aproximadamente 95%.

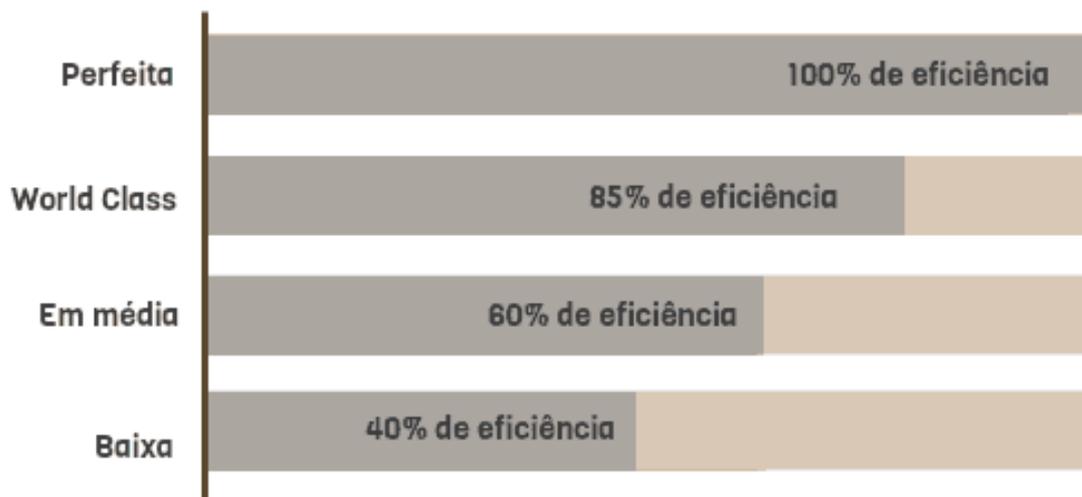
- A determinação da qualidade é obtida com a Equação 4:

$$Qual(\%) = \frac{Total\ Peças\ Produzidas - (Total\ refugos + retrabalho) \times 100}{Total\ peças\ Produzidas} \quad (4)$$

Conforme o *World Class*, índice de Qualidade é de aproximadamente 99%

A Figura 10 demonstra graficamente a correlação entre o índice OEE e sua classificação.

Figura 10: Benchmark de eficiência da planta



Fonte: Citisystems

3. Metodologia

Pelas características apresentadas pelo trabalho de conclusão, o método utilizado para descrever a importância e implementação da filosofia TPM, foi um estudo de caso.

O estudo se inicia a partir de novos objetivos definidos pela empresa, com foco na redução de custos de produção, devido à desaceleração industrial brasileira e o desaquecimento da economia.

A próxima etapa foi vincular a implementação do estudo teórico ao chão de fábrica da organização. Inicialmente, era nítido a visualização das sete grandes perdas classificadas por Ohno e os problemas com as manutenções das máquinas. Com isso,

determinou-se a implementação do TPM a partir do indicador OEE, que tem por objetivo, encontrar as principais quebras e falhas na linha de produção.

Com os resultados coletados, pode-se mensurar os pontos iniciais de atuação no melhoramento do processo.

4. Apresentação do estudo de caso

4.1 A empresa estudada

A empresa estudada tem um avançado complexo industrial de processamento de soja, nos quais são realizadas atividades de armazenagem de grãos, produção de óleo de soja e subprodutos como o farelo de soja, localizado na cidade de Uberlândia, MG. Tem alta preocupação com seus colaboradores e com o desenvolvimento de técnicas e projetos vinculados à área da inovação, visando o melhoramento contínuo dos seus processos e aumento da qualidade dos seus produtos e serviços.

A companhia conta, ainda, com outra unidade de processamento de grãos no norte do país, em Porto Franco, Maranhão, MA. Assim conseguir produzir e atender todo o seu mercado que se estende desde Minas Gerais até a exportação.

É com grande preocupação a segurança dos seus colaboradores e a importância dos seus clientes, pelo motivo de entregar produtos alimentícios de grande valor, que iniciativas de melhoria contínua são adotadas, como o *Lean Manufacturing* e o TPM.

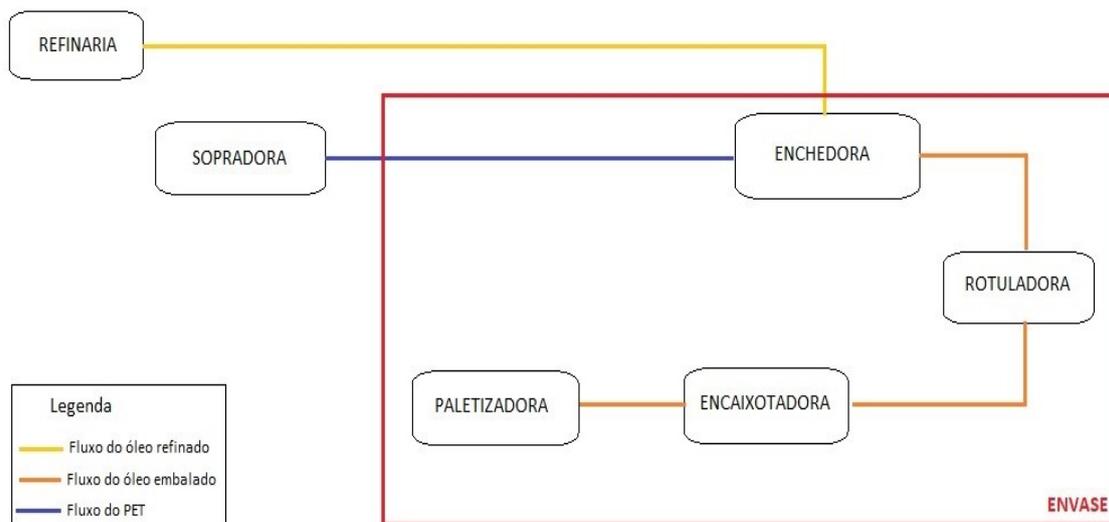
4.2 A necessidade da TPM na Empresa

Em um momento de baixa na economia do Brasil e pouco desenvolvimento industrial, a empresa passava por grandes pressões para cortes de custos e alterações administrativas.

Visando uma redução nos custos de produção, iniciou-se, no setor de envase do óleo de soja, um estudo para identificar os desperdícios classificados por Ohno e assim encontrar os gargalos que definiriam o ponto de partida para a implantação das teorias do *Lean Manufacturing*, começando por TPM.

A Figura 11 demonstra o sistema contínuo de produção do setor estudado.

Figura 11: Fluxo de embalagem do óleo refinado.



Fonte: Próprio autor

As perdas e retrabalhos no chão de fábrica eram visíveis, bem como a movimentação de materiais e organização como um todo. Muitos dos equipamentos estavam carentes de manutenção corretiva e preventiva, sendo alguns trabalhando em risco. Com quebras constantes dos maquinários e corriqueiras paradas, mostravam-se grande pontos de ineficiência, que resultavam em uma linha de produção comprometida com a demanda a ser produzida. A falta de indicadores de performance, ferramentas de detecção de falhas e desconexão entre qualidade e desempenho são exemplos a serem analisados.

4.3 Resultados

Os objetivos foram traçados durante uma reunião logo após a apresentação de um *briefing* do projeto. Foi realizado um trabalho de pesquisa de quebras das máquinas, cálculo de eficiência através da ferramenta indicadora do OEE (Eficiência Global do Equipamento) e elaborar um plano de ação de acordo com os resultados, visando um projeto de manutenção (TPM) para a linha.

Inicialmente foram desenvolvidas planilhas para identificar as quebras das máquinas que mais geravam perdas de produção e tempo e quantificar os desperdícios de material no processo. A implantação no chão de fábrica e educação dos operadores foi feita como forma de solucionar as dificuldades do trabalho, demonstrando a importância

que o trabalho estava para realizar e os benefícios que traria para a empresa e aos colaboradores.

Iniciado o projeto com o cálculo do OEE, conforme a Figura 12, a partir da criação de uma planilha de cálculo automatizado e um banco de dados para salvar as informações, já que era realizado diariamente.

Figura 12: Planilha de cálculo do OEE

Dados de Produção			
Tempo programado	24	Horas =	1440 Minutos
Paradas na linha		Paradas@	0 Minutos =
Falta de óleo		Paradas@	0 Minutos =
Paradas por quebra	20	Minutos	
Produção Ideal	416	PPM (Garrafas/caixas por Minuto)	
Total produzido	100.000	Garrafas/caixas	
Total de refugo	688	Garrafas/caixas	
Variáveis Suporte	Cálculo		Resultado
Tempo de Produção Planejado	Tamanho do turno - Paradas (linha, falta óleo)		1.440 Minutos
Tempo Operacional	Tempo de produção planejada - Paradas quebra		1.420 Minutos
Peças boas	Peças Totais - Peças rejeitadas		99.312 Garrafas/caixas
Fator OEE	Cálculo		Meu OEE%
Disponibilidade	Tempo Operacional / Tempo Produção Planejada		98,61%
Performance	(Total de Peças / Tempo Operacional) / Produção Ideal		16,93%
Qualidade	Peças boas / Total de peças		99,31%
OEE	Disponibilidade x Performance x Qualidade		16,58%
Fator OEE	World Class		Meu OEE
Disponibilidade	90,00%		98,61%
Performance	95,00%		16,93%
Qualidade	99,90%		99,31%
OEE	85,00%		16,58%

Fonte: Próprio autor

Através da planilha da Figura 12, foi possível calcular os indicadores de performance, disponibilidade e qualidade de maneira simples, apenas preenchendo os dados coletados durante o dia de trabalho. Os únicos pontos que eram necessários serem preenchidos estão demarcados com a célula escura na ficha pertencente aos dados de produção. É importante destacar a presença do dado “Falta de óleo” na Figura 12, esse indicador excluía a perda de tempo do sistema quando faltava óleo vindo da refinaria, um fator que não podia ser adicionado ao cálculo de ineficiência do processo, já que fazia parte de outro setor da empresa.

Na Figura 13 apresenta como foram classificados as legendas e cálculos para facilitar o preenchimento.

Figura 13: Legenda e dados

Produção ideal		
Enchedora = 420 garrafas/min	1 palet = 70 caixas	
Rotuladora = 416 garrafas/min		
Encaixotadeira = 24 caixas/min		
Paletizadora = 22 caixas/min		
Bobina de rótulos = 1000 g = 374,57 M = 37457 Cm		
1 garrafa = 24,5cm de rótulo		
cálculo cm para garrafas =	2293	1,5
peso perdas rótulo(gramas) =	1500	
conversao de caixas para garrafas=		400000
numero de caixas produzidas=		20000
Total paradas turno=		0
A	B	C

Fonte: Próprio autor

Os dados coletados e calculados, como o tempo de produção planejado, tempo total parado, total produzido, total de refugo, índice OEE, disponibilidade, performance e qualidade, eram armazenados em um banco de dados afim de serem utilizados como futuros indicadores de gargalos e falhas no processo de produção.

Para o preenchimento da planilha de cálculo do OEE, foram anexados a cada uma das máquinas da linha produção, planilhas com campos para anotações dos tempos de parada dos equipamentos, marcados por hora inicial e hora final e os motivos dessas pequenas paradas simbolizando os alarmes, conforme consta na Figura 14.

Figura 14: Planilha de coleta de dados

RELATÓRIO DE PARADA - ENCHEDORA					
OBS.: TODOS OS CAMPOS DEVEM SER PREENCHIDOS				DATA:	
<i>Turno A: 06:30 - 14:30</i>					
<i>Hora Início</i>	<i>Motivo da Parada</i>	<i>Hora final</i>	<i>Hora Início</i>	<i>Motivo da Parada</i>	<i>Hora final</i>
Total Produzido (caixas):					
<i>Turno B: 14:30 - 22:30</i>					
<i>Hora Início</i>	<i>Motivo da Parada</i>	<i>Hora final</i>	<i>Hora Início</i>	<i>Motivo da Parada</i>	<i>Hora final</i>
Total Produzido (caixas):					
<i>Turno C: 22:30 - 06:30</i>					
<i>Hora Início</i>	<i>Motivo da Parada</i>	<i>Hora final</i>	<i>Hora Início</i>	<i>Motivo da Parada</i>	<i>Hora final</i>
Total Produzido (caixas):					
Legenda de Alarmes		Resultado (LÍDER)			
DC - defeito no conversor		Tempo parada total (por turno)			
TA - transporte aereo (entrada da estrela dosadora)		A: B: C:			
ES - regulagem da estrela de saída		Perdas (por turno)			
RP - regulagem de pinça		Garrafas-A: B: C:			
PD - regulagem de pistoes de dosagem		Tam pas-A: B: C:			
PL - parada na linha		Tempo total de PL ou falta de óleo:			
OT - outros (descrever)					

Fonte: Próprio autor

Dessa maneira, foi possível determinar quais máquinas da linha de produção apresentavam mais falhas que prejudicassem a produtividade como um todo e, além disso, foi possível mensurar quais os defeitos mais constantes que levavam ao maior tempo de

parada. Todos os motivos de paradas coletados eram armazenados em um banco de dados afim de encontrar-se os principais causadores da ineficiência nas máquinas.

A máquina na linha que demonstrou maior ineficiência foi a máquina de rótulos, que entre os seus 12 alarmes disponíveis, apenas 2 tiveram grande participação nas paradas, sendo eles, o tambor de cola sujo e troca do rolo de rótulo.

Como base de comparação da eficiência da linha, utiliza-se o indicador *World Class* para o OEE. Mesmo que os indicadores foram calculados separadamente para cada máquina, Tabela 1, e representado graficamente na Figura 15, foi verificado que alguns deles atingiam o objetivo Classe Mundial, Tabela 2.

Tabela 1 – Média da linha total

	Índice OEE	Disponibilidade	Performance	Qualidade
Enchedora	69%	96%	72%	100%
Rotuladora	68,19%	92,62%	73,65%	99,76%
Encaixotadora	61%	96%	64%	100%
Paletizadora	66%	99%	66%	100%
TOTAL	66%	96%	69%	100%

Fonte: Próprio autor

O trabalho foi feito individualmente com cada máquina na linha, afim de se observar qual delas apresentavam maior ineficiência e que comprometia a produtividade.

Tabela 2 – Comparativo Empresa vs *World Class*

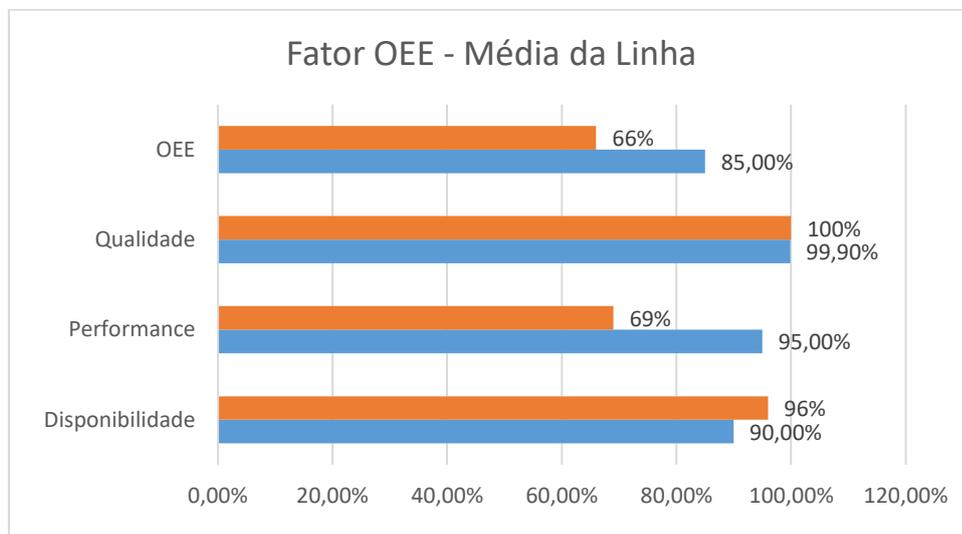
Fator OEE	World Class	EMPRESA
Disponibilidade	90,00%	96%
Performance	95,00%	69%
Qualidade	99,90%	100%
OEE	85,00%	66%

Fonte: Próprio autor

Esses resultados apresentados, de acordo com as Tabelas 1 e 2, foram os pontos chave para a elaboração do plano de manutenção preventiva de cada uma das máquinas, a partir dos motivos de paradas demonstrados que serviriam de auxílio estratégico para as principais necessidades de manutenção.

Representando graficamente a Tabela 2, a Figura 15 compara o OEE com o padrão *World Class*

Figura 15: Gráfico comparativo OEE



Fonte: Próprio autor

O primeiro ponto a ser desenvolvido após essa coleta de dados, foi o estudo das necessidades de manutenção que cada máquina exigia em seu manual, comparado ao atual estado da linha de produção. Dessa forma, foi possível saber quais os pontos primordiais para atuar.

O segundo ponto criado com base nos manuais foram, os planos de lubrificação para cada máquina da linha. Neles foram identificados o período de aplicação e a quantidade necessária para o tipo de trabalho realizado. Além disso, foi feita uma nova seleção de lubrificantes com os fornecedores, afim de se obter a melhor eficiência de lubrificação.

5 Conclusão

A TPM é um trabalho que traz muitos resultados para a empresa e deve ser desenvolvido continuamente. Deve contar, principalmente, com a colaboração e preocupação dos funcionários, pois ela não é apenas um método e sim, uma cultura organizacional, devendo estar agregado aos objetivos da organização.

A implantação da filosofia consiste, principalmente, em elaborar manutenções preventivas, limpezas e lubrificações dos equipamentos. E também em realizar treinamentos de inserção do método em todos os níveis hierárquicos da organização e

outras áreas que não sejam especificamente a produção, demonstrando a importância e organização que o projeto trará.

Deve-se destacar o pilar da “Manutenção Autônoma”. É por meio desse pilar, que os operadores, os que têm maior contato com o equipamento, incorporam conhecimentos de manutenção básica. Entendem sua importância para a qualidade e produtividade e de forma proativa observam as necessidades das máquinas e as mantêm em bom estado.

Para concluir, a oportunidade de desenvolver um tema que pode trazer grandes benefícios para as empresas é muito satisfatório. Especialmente por ter realizado um estudo de caso através de um estágio e presenciar os efeitos do método na cultura e eficiência operacional.

Os próximos passos do desenvolvimento desse trabalho consistem na instalação de sistemas automatizados para medição e coleta dos dados, afim de manter o processo produtivo em constante melhoria e reduzir o erro humano. A elaboração de um cronograma e fichas de manutenção preventiva dos equipamentos.

6 Referências Bibliográficas

FREITAS, Marco Antônio Scarela de. **Implementação da Filosofia TPM (Total Productive Maintenance) um estudo de caso.** Disponível em: <<http://www.epr.unifei.edu.br/TD/producao2002/PDF/Marco.PDF>>. Acesso em: 22 out. 2008.

HANSEN, R. C. **Overall equipment effectiveness: a powerful production / maintenance tool for increased profits.** New York: Industrial Press, Inc, (2002).

JIPM. Japan Institute of Plant Maintenance Solutions Company Limited. **JIPM-S.** Disponível em: <<http://www.tpm.jipms.jp/>>. Acesso em: 20 out. 2018.

KARDEC, Alan; NASCIF, Julio. **Manutenção: Função Estratégica.** Rio de Janeiro: Qualimark: Petrobras, 2009. KOBACZY, K. A., & Murthy, D. P. 2008. Complex system maintenance handbook. London: Springer-Verlang.

MONCHY, François. **A Função Manutenção.** São Paulo: Durban, 1987

MORAES, Paulo Henrique de Almeida. **Manutenção produtiva total: estudo de caso em uma empresa automobilística.** Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Sócioprodutivos, Universidade de Taubaté) - Taubaté: UNITAU, 2004paulo_henrique_de_almeida.pdf. Acesso em: 19 de junho de 2013.

NASCIMENTO, Rodrigo Coutinho. **Manutenção Produtiva Total – Uma abordagem teórica.** Monografia (Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora) - Juiz de Fora: UFJF, 2006.

NAKAJIMA, Seiichi. **Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance.** São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989.

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

OLIVEIRA, Claudiane Caldas; MARTINS, Rui Francisco; XAVIER, Antonio Augusto de Paula. **Aplicação da Manutenção Produtiva Total (TPM): estudo de caso em uma Indústria Alimentícia**. XVI Simpósio de Engenharia de Produção, SIMPEP 2009.

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

RIBEIRO, Celso Ricardo. **Processo de implementação da Manutenção Produtiva Total (T.P.M.) na Indústria Brasileira**. Monografia (MBA em Gerencia de Produção e Tecnologia, Departamento de Economia, Contabilidade e Administração da Universidade de Taubaté) – Taubaté, 2003.

SILVEIRA, Cristiano Bertulucci; **OEE, cálculo de eficiência da planta e integração de sistemas**. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/oeo-calculo-eficiencia-equipamentos-integracao-sistemas/>. Acesso em 25 de outubro de 2018.

SILVEIRA, Cristiano Bertulucci; **O que é TPM e Porque esta Ferramenta é Tão Popular na Indústria**. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/o-que-e-tpm/>. Acesso em 25 de outubro de 2018.

SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da engenharia de Produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2008.

SUZUKI, Tokurato. **TPM in Process Industries**. USA, Portland: Productivity Press, 1994.

TAKAHASHI, Y., & OSADA, T. (1993). **Manutenção Produtiva Total**. São Paulo: Instituto IMAM.

TAKTICA. Consultoria. **O que é Lean**. Alphaville, Campinas: Ed. Business Center I, 2008. Disponível em: . Acesso em: 25 mai. 2015.

XENOS, Harilaus G. P. **Gerenciando a manutenção produtiva**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.