

RAFAEL MOYSÉS BARATELA

**PROPOSTA DE MELHORIA CONTÍNUA E
MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL NA
FABRICAÇÃO DE CARRETAS E ENGATES
UM ESTUDO DE CASO**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

2021

RAFAEL MOYSÉS BARATELA

**PROPOSTA DE MELHORIA CONTÍNUA E
MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL NA
FABRICAÇÃO DE CARRETAS E ENGATES
UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecatrônica da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos para a obtenção do título de **Bacharel em Engenharia Mecatrônica**.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Lourenço de Souza

UBERLÂNDIA-MG

2021

RAFAEL MOYSÉS BARATELA

**PROPOSTA DE MELHORIA CONTÍNUA E MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL
NA FABRICAÇÃO DE CARRETAS E ENGATES: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecatrônica da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos para a obtenção do título de **Bacharel em Engenharia Mecatrônica**.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Lourenço de Souza

Aprovado em ____ de _____ de 2021.

BANCA EXAMINADORA:

Professor Dr. Fernando Lourenço de Souza
Universidade Federal de Uberlândia – UFU - Orientador

Professor Dr. Fernando de Araújo
Universidade Federal de Catalão - UFCAT

Professor Dr. Márcio Peres de Souza
Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Uberlândia, 14 de Junho de 2021

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer às instituições UFU e FEMEC, reitores, coordenadores, secretários, professores, todos que foram essenciais para minha formação.

Ao nosso querido Professor Wisley Falco, que começou esse projeto como e me apoiou no início dessa jornada, e ao Professor Fernando que assumiu o mesmo e me ajudou a finalizar o trabalho.

Aos meus amigos e colegas de todos esses anos de graduação e à minha namorada por todo apoio, por todos os momentos vividos e compartilhados.

E também a minha família por todo apoio e suporte durante toda minha vida.

BARATELA, R. M. **PROPOSTA DE MELHORIA CONTÍNUA E MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL NA FABRICAÇÃO DE CARRETAS E ENGATES: UM ESTUDO DE CASO**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecatrônica) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia/MG, 2021.

RESUMO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso teve como tema a melhoria de processos na fabricação de carretas e engates, com foco na aplicação da manutenção produtiva total (TPM) em uma indústria de pequeno porte de Uberlândia – Minas Gerais. O objetivo deste trabalho é apresentar um estudo de caso da fabricação de carretas e engates, além de apontar propostas de manutenção produtiva total e melhoria contínua nesse processo de fabricação. A manutenção contínua propicia um melhor planejamento dos processos produtivos, com a premissa de ser sempre melhor do que é agora. Devido à concorrência acirrada do mercado atual e a crise econômica vivenciada no país, as indústrias são impulsionadas a melhorar e encontrar formas de organizar a produção e reduzir custos e paradas não planejadas. Foi possível iniciar a implementação da TPM, treinar os funcionários, listar os equipamentos que havia na empresa, determinar rotinas de manutenção. Além disso foi criado um plano a ser seguido pelos funcionários para iniciar a quantificação de manutenção, paradas não planejadas, e enfim começar uma rotina de indicadores.

Palavras-chave: TPM, carretas, engates, melhoria contínua, manutenção, produção.

ABSTRACT

This term paper had as theme the improvement of processes in the manufacture of trailers and couplings, with a focus on the application of Total Productive Maintenance (TPM) in a small industry of Uberlândia - Minas Gerais. The objective is to present a case study of the manufacture of trailers and couplings, which are the proposals for total productive maintenance and continuous improvement in this manufacturing process. Continuous maintenance provides better planning of production processes so that production is more effective. Announcing the fierce competition in the current market and the economic crisis experienced in the country, industries are driven to improve and find ways to organize production, and may even reach cost reduction and unplanned downtime. The objectives of implementing improvement in the company were achieved, there was acquisition of chassis marking equipment in the company, obtaining a technological advance and minimizing human error. It was possible to start the implementation of TPM, training employees, listing the equipment that was in the company, determining which maintenance routines and which would be the same. In addition, the plan to be followed by employees was created to start the quantification of maintenance, unplanned shutdowns, in short, to start a routine of indicators.

Keywords: *TPM, trailers, couplings, continuous improvement, maintenance, production.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tipos de Manutenção (Adaptado de KARDEC & NASCIF, 2009).....	11
Figura 2 - Os 8 Pilares da TPM (Adaptado de Ribeiro 2010)	18
Figura 3 - As 12 Etapas de Implementação da TPM (Adaptado de Peruchi e Menegaz2005).....	22
Figura 4 - Equipamento de pintura regula tensão e corrente individualmente.....	27
Figura 5 - Marcação de chassis.....	31
Figura 6 - Plano de Manutenção.....	33
Figura 7 - Comparação do antes e depois da Manutenção Preventiva.....	34
Figura 8 - Gastos anuais antes e depois da TPM.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- As seis grandes perdas	16
Tabela 2- Controle de manutenção	31

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIações

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
JIPM	<i>Japan Institute of Plant Maintenance</i>
PM	<i>Preventive Maintenance</i>
RBM	<i>Reliability Based Maintenance</i>
RCM	<i>Reliability Centered Maintenance</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
CCQ	Círculos de Controle de Qualidade
DZ	Defeito Zero
MP	Manutenção Produtiva
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
PBT	Peso Bruto Total
CMT	Capacidade Máxima de Tração
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
NBR	Norma Brasileira
ISO	Organização Internacional de Normalização
MIG	<i>Metal Inert Gas</i>
MAG	<i>Metal Active Gas</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivos	2
1.1.1. Objetivos Gerais	2
1.1.2. Objetivos Específicos	2
1.2. Justificativa	2
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	4
2.1. A Definição de Manutenção	4
2.2. Métodos de Manutenção	5
2.2.1. Manutenção Corretiva	5
2.2.2. Manutenção Preventiva	7
2.2.3. Manutenção Preditiva	8
2.2.4. Manutenção Detectiva	9
2.2.5. Engenharia de Manutenção	10
2.2.6. Manutenção Proativa	11
2.3. A Filosofia Kaizen	12
2.4. TPM: Manutenção Produtiva Total	12
2.4.1. A História, Evolução e Objetivos da TPM	13
2.4.2. As Seis Grandes Perdas e o termo Quebra Zero	15
2.4.3. Os Oito Pilares da TPM	18
2.4.4. O Pilar Melhoria Específica	18

2.4.5. O Pilar Manutenção Autônoma	19
2.4.6. O Pilar Manutenção Planejada	19
2.4.7. O Pilar Educação e Treinamento	20
2.4.8. O Pilar Melhorias no Projeto.....	20
2.4.9. No Pilar Melhorias Administrativas	20
2.4.10. O Pilar Manutenção de Qualidade.....	20
2.4.11. O Pilar Segurança, Saúde e Meio Ambiente	21
2.4.12. As Doze Etapas para Implementação da TPM.....	21
3. METODOLOGIA.....	23
3.1. A Empresa.....	23
3.1.1. Produtos	23
3.1.2. Legislação sobre o produto	23
3.2. Estudo do Caso	24
3.2.1. Serralheria.....	24
3.2.2. Dobragem.....	25
3.2.3. Soldagem	25
3.2.4. Usinagem	26
3.2.5. Pintura ou outro Processo de Proteção Anticorrosiva	26
3.2.6. Cabine de Pintura à Pó com Filtro Cartucho	27
3.3. Metodologia Utilizada.....	27
3.3.1. Implementação da TPM na empresa	28

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	30
4.1. Problemas Observados e Melhorias Efetuadas	30
5. CONCLUSÕES.....	36

1. INTRODUÇÃO

Cenários de crise e recessão econômica são recorrentes na vida de uma empresa. Nesses momentos é necessário inovar, aprimorar produtos e processos continuamente, a fim de reduzir custos e aumentar a produtividade. No entanto, sabe-se que são projetos que devem ser elaborados e executados com cautela, estudos teóricos e práticos são necessários. Na tentativa de melhorar uma empresa de fabricação de carretas e engates, buscou-se conhecer a realidade de processos de produção, alinhando os conceitos teóricos e propondo ações de melhoria contínua para a mesma, dessa forma, a manutenção produtiva total, é essencial para alinhar o processo de gestão da empresa à fabricação.

Portanto, o presente trabalho propõe a aplicação da Manutenção Produtiva Total (TPM), objetivando uma melhora progressiva na industrialização de carretas e engates, com foco em análise dos melhores equipamentos, aprimorando o processo produtivo. Buscou-se então conhecer a realidade dos processos de manutenção e equipamentos da indústria.

Dessa maneira, optou-se por iniciar os estudos pelo conceito de melhoria contínua ou Kaizen, que pode ser entendido como um conjunto de atividades desenhadas por meio das quais todos os membros da organização têm o objetivo de acrescer a satisfação da clientela. Portanto, essa filosofia do *Total Quality Management* –Gerenciamento Total da Qualidade (TQM) transfere a responsabilidade pela qualidade aos funcionários de produção, estabelecendo metas e incentivos para que as ferramentas sejam melhoradas a longo prazo. (CORRÊA & CORRÊA, 2013.)

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivos Gerais

O objetivo deste trabalho é apresentar um estudo de caso de fabricação de carretas e engates, mostrando quais as propostas de manutenção produtiva total e melhoria contínua nesse processo de fabricação.

Partindo de um estudo bibliográfico, chegar a novas ideias e soluções para problemas de manutenção, implementando a TPM dentro da empresa envolvida.

1.1.2. Objetivos Específicos

Realizar um estudo bibliográfico de temas que envolvem manutenção produtiva total para a melhoria da fabricação de carretas e engates;

Analisar as inovações da engenharia que poderá contribuir para a melhoria contínua da fabricação de carretas e engates.

Aplicar os métodos, vistos dentro do estudo realizado, no dia a dia da empresa, e então, concluir o resultado das mudanças dentro da mesma após as implementações.

1.2. Justificativa

O trabalho propõe mostrar o quanto a manutenção produtiva total e a melhoria contínua industrial dos equipamentos pode ser de grande valia na produção industrial. As empresas necessitam de preparação por conta da grande competitividade do mercado.

Acompanhando internamente a rotina de uma empresa em um período de pandemia, foi evidenciada a importância de uma redução de custos, de uma melhor organização na rotina, e principalmente, na manutenção dos equipamentos e máquinas do local.

A manutenção contínua propicia um melhor planejamento dos processos produtivos para que a produção seja mais eficaz. Devido à concorrência acirrada do

mercado atual e a crise econômica vivenciada no país as indústrias são impulsionadas a melhorar e encontrar formas de organizar a produção.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. A Definição de Manutenção

As normas regulamentadoras definem “manutenção” como sendo um conjunto de ações técnicas, administrativas e de supervisão, designadas a conservar ou recolocar um elemento em um estado que permita desempenhar uma função atribuída (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1994). É a combinação de elementos que possibilita que um equipamento possa cumprir seus papéis, sendo eles técnicas de reparo ou até de simples revisões e fiscalizações reiteradas.

Kardec & Nascif (2009) especificam a manutenção industrial como uma maneira de asseverar a função dos equipamentos e instalações de maneira que atenda a um processo de produção específico e a preservação do meio ambiente, atuando de modo seguro, confiável e com custos adequados.

Segundo Xenos (1998), fundamentalmente, as atividades de manutenção são para evitar a degradação dos equipamentos e instalações, ocasionada pelo seu desgaste natural e pelo uso. Esta deterioração se torna visível de distintas configurações, desde a aparência externa deteriorada dos equipamentos até falhas de performance e paradas na produção. Outros fatores como a fabricação de produtos de má qualidade e poluição ambiental também são indicativos.

De acordo com Monchy (1987), a palavra “manutenção” tem sua origem no vocábulo militar, cujo sentido era preservar nas unidades de combate o material bélico em um nível constante de aceitação e uso.

Ainda de acordo com Monchy (1987), “A manutenção é a medicina das máquinas”. Em seu livro ele faz uma comparação entre o homem e a máquina e a forma como a medicina cuida do homem da mesma forma que a manutenção cuida das máquinas.

Segundo Xenos (1998), num sentido limitado, as atividades de manutenção permanecerão restritas ao retorno de um equipamento às suas condições usuais. As atividades de manutenção devem envolver a alteração das categorias originais do equipamento por meio da introdução de progressos para evitar a ocorrência ou reincidência de avarias, reduzir custos e aumentar a eficiência.

2.2. Métodos de Manutenção

Segundo Kardec & Nascif (2009), os tipos principais de manutenção são: Preventiva, Corretiva (planejada ou não), Preditiva, Detetiva e Engenharia de Manutenção. Além dessas práticas de manutenção que são aceitas pela maioria dos autores, discutiremos também uma classificação um pouco mais atual, a Manutenção Proativa, que é considerada uma das bases do TPM.

Existem ferramentas que são adotadas no processo de manutenção e levam a palavra Manutenção em seus nomes. Porém, segundo Kardec & Nascif (2009), é respeitável salientar que essas não são novas formas de manutenção, mas instrumentos que admitem a aplicação dos tipos de manutenção referidos anteriormente. Entre elas, destacam-se: Manutenção Produtiva Total (TPM) ou *Total Productive Maintenance* (que é o tema central deste trabalho), Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM) ou *Reliability Centered Maintenance* e Manutenção Baseada na Confiabilidade (RBM) ou *Reliability Based Maintenance*.

Pode-se expor os distintos métodos de manutenção, caracterizando suas diferenças e particularidades.

2.2.1. Manutenção Corretiva

Segundo a ABNT (1994), manutenção corretiva pode ser designada como a manutenção realizada após o acontecimento de uma pane, proposta a colocar um item em qualidade de executar uma função exigida.

Segundo Kardec & Nascif (2009), manutenção corretiva é uma forma de atuação visando a reparação de uma falha ou de um desempenho abaixo do esperado para determinado equipamento ou peça.

É uma das configurações de manutenção mais iniciais, constitui em permitir que as instalações fiquem operando até falharem, onde a manutenção só é feita após o acontecimento da quebra (Slack, 2002).

Observando o custo de manutenção, a corretiva tem um custo menor do que precaver as falhas nos equipamentos. Em contrapartida, também pode custar grandes perdas por suspensão da produção. É respeitável advertir também que, mesmo que a manutenção corretiva tenha permanecido escolhida por ser mais lucrativa, não devemos nos conformar com o surgimento de falhas como uma ocorrência já esperada e, assim, natural. Uma aparência essencial, mesmo no caso da manutenção corretiva, é se empenhar para reconhecer precisamente as razões principais da falha e impedi-las, evitando sua reincidência (XENOS, 1998).

Existem segundo Kardec & Nascif (2009) duas condições específicas que induzem a manutenção corretiva: desempenho deficiente apontado pela verificação e acompanhamento de variáveis operacionais, e ou, ocorrência da falha.

Dessa forma, a manutenção corretiva é aquela feita após a falha acontecer, é o conserto de uma instalação que teve falha. Segundo os mesmos autores, ela pode ser ainda dividida em dois tipos: Manutenção Corretiva Não Planejada e Manutenção Corretiva Planejada, que serão exemplificados a seguir.

2.2.1.1. Manutenção Corretiva Não Planejada

Segundo Kardec & Nascif (2009), ainda pode ser denominada de Manutenção Corretiva Não Programada ou meramente Emergencial. Este tipo de manutenção se distingue pela ação da manutenção em um fato já acontecido, seja esta uma falha ou um comportamento abaixo do previsto. Assim, não há tempo para que o serviço possa ser planejado. De acordo com Otani & Machado (2008), a correção da falha ou do desempenho menor que o esperado é feita sempre após o fato consumado, não tendo um acompanhamento devido ou um plano anterior, aleatoriamente. Sugere em altos

custos e baixa credibilidade de produção, já que suscita paradas de produção e grandes avarias aos equipamentos, em muitos casos, irreversíveis.

2.2.1.2. Manutenção Corretiva Planejada

Também conhecida como Manutenção Corretiva Delineada, este tipo de manutenção é o reparo do baixo desempenho ou correção da falha através de decisão gerencial. Normalmente, essa decisão se fundamenta na alteração dos padrões de condição ponderados pela manutenção preditiva (Kardec & Nascif, 2009). Mesmo que essa deliberação seja de deixar o equipamento trabalhar até a falha, essa é uma determinação já planejada e alguma preparação rápida pode ser feita quando a falha acontecer. Por exemplo, a troca de um equipamento por outro utilizando um kit para conserto rápido. Para Otani & Machado (2008), seu próprio nome já indica que exista um planejamento por trás das decisões da vida daquele equipamento, o que tende a ficar mais barato, seguro e rápido.

2.2.2. Manutenção Preventiva

Manutenção preventiva pode ser considerada como qualquer ação concretizada em equipamentos que ainda permaneçam em operação, com o objetivo de dificultar falhas ou baixas de performance. Essas ações são alcançadas em intervalos definidos e planejados, podendo ser de acordo com a recomendação do equipamento, tendo como objetivo aumentar a disponibilidade dos equipamentos (Viana, 2002).

Manutenção preventiva é a manutenção feita em períodos planejados, ou de conformidade com parâmetros predeterminados, a fim de encurtar a possibilidade de falha ou a deterioração da atuação de um item, desta forma adequando uma “tranquilidade” operacional imprescindível para o bom andamento das atividades produtivas (ABNT, 1994).

Segundo Kardec & Nascif (2009), a manutenção preventiva é a ação efetuada que visa deduzir ou evitar a quebra e/ou queda de performance, correspondendo a um plano antecipadamente construído organizado em intervalos estipulados de tempo.

De acordo com Xenos (1998), a manutenção preventiva é atividade de manutenção. Ela engloba determinadas tarefas sistemáticas, como as averiguações, reparos e substituições de peças, especialmente. Uma vez constituída, a manutenção preventiva deve ter caráter fundamental.

Ainda segundo Viana (2002) a manutenção preventiva oferece algumas vantagens, pois com o planejamento preciso, pode-se ter um bom controle de estoque, tendo elementos de quais peças são alteradas com maior frequência e a quantidade necessária para manter os equipamentos em funcionamento durante um certo período, fazendo com que o estoque seja menor e tenha custo inferior. Outro melhoramento é a possibilidade do setor do planejamento e controle da produção de analisar e planejar a quantidade que será produzida ou o tempo que o equipamento estará disponível, o que harmoniza uma previsão mais confiável e deixa também o produto ou serviço com maior qualidade.

Em compensação, Xenos (1998) diz que muitas empresas esperam ter um plano eficaz de manutenção preventiva, mas o que vemos no chão de fábrica de muitas delas é que, na maioria das vezes, o tempo poupado para a efetuação da manutenção preventiva acaba sendo tomado pelo conserto das falhas que surgem no cotidiano da produção. De forma geral, os itens da manutenção preventiva ficam ignorados e não são exercidos como deveriam.

De acordo com Kardec & Nascif (2009), uma das fraquezas da manutenção preventiva é o surgimento de problemas não existentes no equipamento como por exemplo, problemas devido a falha humana, danificações durante partidas e paradas de equipamentos ou máquinas, falha de sobressalentes e dos procedimentos de manutenção, etc.

2.2.3. Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva nada mais é do que um conjunto de execuções preventivas controladas, através de medições ou monitoramento estatístico, que tem como objetivo antecipar a próxima falha e estipular o tempo certo para que se faça uma intervenção de manutenção, otimizando o uso do equipamento e evitando outras inspeções (Viana, 2002).

Para Kardec & Nascif (2009), é a atuação feita baseada na alteração de parâmetros de desempenho ou condição, no qual o acompanhamento segue uma sistemática. Ainda de acordo com os mesmos, através de técnicas preditivas é realizado o acompanhamento de condição e a ação de correção, quando imprescindível, é efetivada através de uma manutenção corretiva organizada.

Pela ABNT (1994), manutenção preditiva é a manutenção que concede garantia de uma qualidade de serviço pretendida, se baseando na aplicação sistemática de técnicas analíticas, utilizando-se de meios de fiscalização centralizados ou de amostragem, buscando diminuir a manutenção preventiva e corretiva.

Assim, a manutenção preditiva pode ser alcançada como sendo uma evolução na manutenção preventiva, pois tenta amenizar um de seus problemas, onde trocou-se os equipamentos antes que eles tenham atingido o máximo de sua vida útil. Isso só é possível graças a evolução tecnológica que foi apresentada nos últimos anos, admitindo assim, medir através de estatísticas e monitoramento de dados, encontrar uma condição mais favorável para a troca do equipamento, usando o mesmo por mais tempo e de forma mais efetiva.

Para Xenos (1998) a tecnologia dos dias atuais permitiu o desenvolvimento de várias de técnicas de manutenção preditiva, algumas mais simples, mas também técnicas caras e sofisticadas. Mesmo assim, as empresas também devem praticar a manutenção preditiva, por se tratar de um método de manutenção eficaz e que traz resultados satisfatórios. Por exemplo, monitorando a alteração da vibração de determinado equipamento podemos presumir o momento da trocados rolamentos. Ao analisar o óleo lubrificante, podemos também prever o momento de reformar certos componentes mecânicos. Entretanto, ainda existem algumas limitações tecnológicas que dificultam a adoção da manutenção preditiva para todo tipo de peça ou componente de um equipamento.

2.2.4. Manutenção Detectiva

A manutenção detectiva é a atuação feita em sistemas de proteção, comando e controle, que busca descobrir falhas de difícil detecção ou não perceptíveis aos encarregados da operação e da manutenção. Identificar essas falhas ocultas é

fundamental para garantir a credibilidade. Em casos complexos, essas ações só devem ser executadas por profissionais treinados e habilitados da área da manutenção, assessorado pelos responsáveis da operação (Kardec & Nascif, 2009).

Para Ferreira (2008), a manutenção detectiva é de suma importância quando se tem um alto nível de automação dentro das indústrias ou quando o processo é crítico e não admite falhas. Um exemplo disso é o circuito que comanda a entrada de um gerador em um hospital. Se houver uma queda de energia e o circuito falhar, o gerador não atua. Devido à essa importância, este circuito é testado constantemente, para aferir sua funcionalidade.

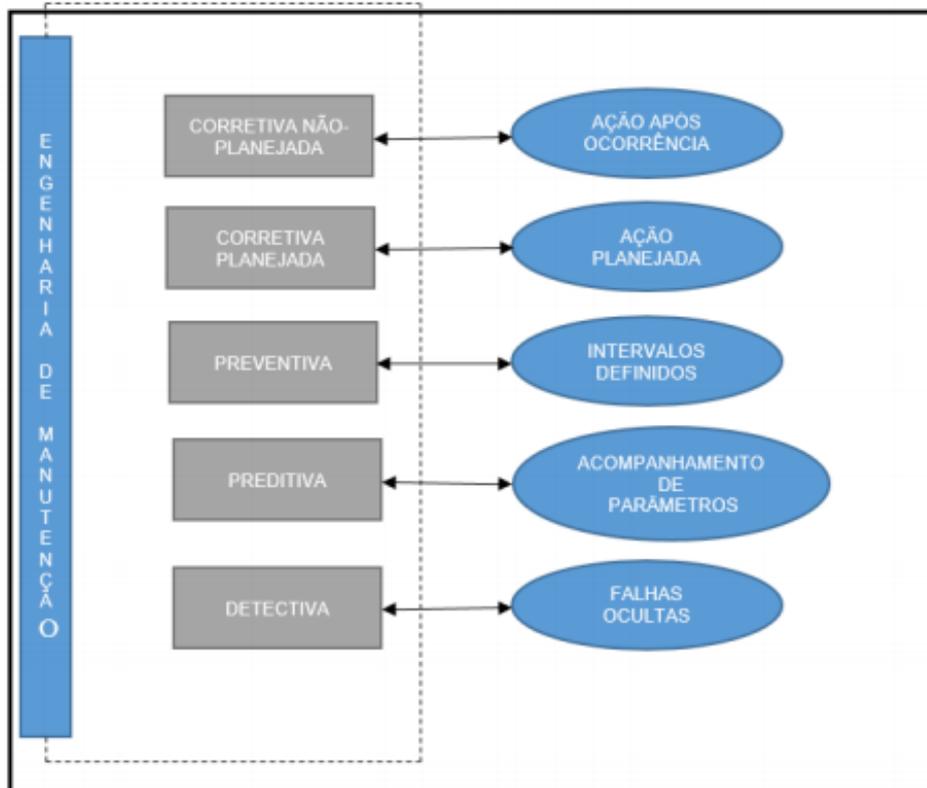
2.2.5. Engenharia de Manutenção

Para Pinto e Xavier (1999), a Engenharia de Manutenção tem como premissa permitir fazer os reparos sucessivamente, buscar as causas essenciais, remodelar situações de mau desempenho, solucionar problemas permanentes, aprimorar padrões e sistemáticos, trabalhar simultaneamente com o projeto, desenvolver a manutenibilidade e interferir, de forma técnica, nas aquisições ligadas à manutenção.

De acordo com Kardec e Nascif (2009), a Engenharia de Manutenção, é o suporte técnico da manutenção dedicado a estabelecer a rotina e implementar a melhoria, onde as suas principais são: aprimorar a confiabilidade, disponibilidade e segurança; aperfeiçoar a manutenibilidade e a capacitação do pessoal; eliminar problemas crônicos e tecnológicos; desenvolver planos de manutenção e de inspeção e analisar de falhas e estudos, seguindo critérios e zelando pela documentação técnica.

Dessa forma, a Engenharia de Manutenção é um englobamento das técnicas diferentes de manutenção e para Kardec & Nascif (2009) isso pode ser resumido através da Figura 1.

Figura 1 – Tipos de Manutenção



Fonte: Adaptado de Kardec & Nascif (2009).

Conforme Costa (2013), a empresa que pratica a Engenharia de Manutenção além de estar realizando acompanhamento preditivo de seus equipamentos, está também aprimorando sua base de informações sobre manutenção. Isso permitirá que ela realize análises e estudos para melhorias do processo no futuro.

2.2.6. Manutenção Proativa

Manutenção Proativa é um termo mais moderno e por isso não foi caracterizado pelos autores anteriormente já citados, porém devido à sua importância nos dias atuais, se tornou uma das bases do tema principal desse trabalho, a TPM.

Essa técnica de manutenção essencialmente se baseia no histórico anterior dos equipamentos, baseando na frequência de falhas, podendo assim, identificar as

causas básicas das mesmas e mudar o projeto do equipamento de forma a diminuir suas ocorrências.

Dessa forma, a Manutenção Proativa, não atua nas falhas, mas sim nas causas delas, na raiz do problema, evitando assim os sintomas futuros. Ao invés de fazer reparos em peças que ainda não estão quebradas, essa técnica de manutenção visa aumentar a vida útil da máquina, mesmo que tenha que interferir no projeto da mesma.

2.3. A Filosofia Kaizen

A palavra Kaizen tem origem japonesa e tem como significado “mudança para melhor”. No contexto empresarial, essa filosofia traz práticas que buscam reduzir custos e aumentar a produtividade, partindo de um pressuposto de que as pessoas podem sempre melhorar continuamente no desempenho de suas atividades.

Com esse intuito, ela prioriza o trabalho coletivo acima do individual, sendo assim o homem, o bem mais valioso dentro de uma empresa. Além disso, a filosofia segue suas diretrizes que se resumem a práticas como a de eliminação de desperdícios, prezando pelo envolvimento de todos colaboradores, e seguindo uma estratégia sempre barata e transparente, para que assim, os envolvidos tenham consciência total dos processos, tornando os problemas visíveis a todos.

Dentro de uma empresa, a implementação da filosofia Kaizen está diretamente associada à ideia de melhoria contínua, em conjunto com o trabalho em equipe. Buscando a melhoria constante, ela incentiva diariamente a empresa se tornar mais lucrativa e produtiva do que é no momento.

2.4. TPM: Manutenção Produtiva Total

De acordo Peruchi e Menegaz (2005), a Manutenção Produtiva Total (TPM) é uma ferramenta de gestão que procura continuamente eliminar todas as perdas da cadeia produtiva, alcançando assim o progresso constante da estrutura empresarial

pelo permanente desenvolvimento dos funcionários, dos meios de produção e da qualidade dos produtos e serviços. É um processo que busca a implantação de uma cultura empresarial, proposta ao alcance de uma maior eficiência possível no método da produção industrial de maneira geral.

De acordo com Kardec & Nascif (2009), vários fatores econômicos-sociais transmitem ao mercado condições cada vez mais rígidas, obrigando as empresas a se tornarem cada vez mais competitivas para continuar a viver.

Com isso, elas são forçadas a eliminar desperdícios, melhorar o desempenho de seus equipamentos, reduzir os acontecimentos de interrupções e paradas na produção por causa de quebras, rearranjar o perfil de entendimento e capacidades dos funcionários da produção e manutenção, além de modificar a sistemática de trabalho.

Assim, empregando a sistematização de equipes de trabalho conhecidos como Círculos de Controle de Qualidade (CCQ) e Defeito Zero (DZ), foram determinadas as seguintes bases da TPM:

- Cada pessoa tem de praticar o autocontrole;
- A máquina que estiver sob meu uso e cuidado, deve ser preservada por mim;
- Homem, maquinário e empresa devem agir como um “corpo único”, estando integrados;
- A manutenção dos meios de produção tem de ser uma precaução de todos.

Tahashi e Osada (1993) assimilam o significado da TPM como uma manutenção preventiva ampla, fundamentada no proveito econômico vitalício de equipamentos, matrizes e gabaritos que exercem as funções mais significativas na produção.

2.4.1. A História, Evolução e Objetivos da TPM

Segundo Peruchi e Menegaz (2005), após a Segunda Guerra Mundial, as empresas japonesas se uniram para a busca de metas governamentais visando a

reconstrução do país, arrasado pela guerra, objetivando reestabelecer as indústrias que até o momento, estavam focadas com a produção bélica. Para sobreviver, o país necessitava produzir e exportar, além do fato de superar a imagem de fabricante de produtos de segunda linha, devido ao comércio de produtos de má qualidade antes da Segunda Grande Guerra. Graças à essa mobilização japonesa em busca da qualidade que nasceu a Manutenção Produtiva Total (TPM) concebido a partir do conceito manutenção preventiva ou manutenção produtiva (MP), de origem norte americana.

Para Kardec & Nascif (2009), a TPM iniciou-se no Japão na década de 70, por meio da empresa Nippon Denso KK, integrante do grupo Toyota. No Brasil ela aparece pela primeira vez nos meados dos anos 80.

O desenvolvimento do processo até a sua forma mais atual se deu da seguinte forma: por volta de 1950 é inicialmente adotado o processo PM (Manutenção Preventiva), dentro do conceito de que intervenções apropriadas evitariam falhas e melhorariam o desempenho e vida útil das máquinas. Após isso, já em 1957, surge a Manutenção com Introdução de Melhorias, com a criação de facilidades nas máquinas e nos equipamentos, facilitando assim as intervenções preventivas. Em 1960, a Prevenção de Manutenção quebra os paradigmas da época ao incorporar aos projetos das máquinas a não necessidade de manutenção, como por exemplo as articulações com lubrificação permanente que dessa forma, não necessitam de intervenções para manutenção.

Assim, em 1970, surge finalmente a ideia e caracterização da TPM, que chega as empresas japonesas seguindo os ideais de eliminação de desperdícios, de reduzir ao máximo a ocorrência de falhas e quebras e interligar toda as partes da produção.

Os fundamentos da TPM foram determinados pelo Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM): Potencializar ao máximo a eficiência dos sistemas de produção; reduzir perdas, estabelecer metas direcionadas à filosofia de “zero acidentes”, zero perdas e defeitos no ciclo de vida dos componentes produtivos; envolvimento de todos os departamentos na implantação como: novos produtos, vendas e administração; envolvimento de todos os empregados desde a diretoria até os funcionários do chão de fábrica; e agir por ações de pequenos grupos (SUZUKI, 1994).

Da mesma forma, um dos objetivos da TPM para Peruchi e Menegaz (2005) é reorganizar a cultura das empresas por meio do aprimoramento dos recursos humanos e dos equipamentos industriais. Melhoria dos recursos humanos denota a educação e o patrocínio de todos os empregados para se adaptarem positivamente aos novos requisitos, assim impostos pela automação industrial.

Já para Kardec & Nascif (2009), a TPM tem como objetivo a eficiência da empresa por meio de maior qualificação dos colaboradores e tecnologias inseridas nos equipamentos. Também qualifica e desenvolve pessoas e organizações prontas para guiar as ações das fábricas do futuro, dotadas de automação industrial. O perfil dos funcionários deve ser adequado por meio da capacitação e treinamento da seguinte forma: operadores devem ser capazes de executar as atividades de manutenção espontaneamente, enquanto mantenedores executam tarefas na área mecatrônica, e por sua vez os engenheiros se responsabilizam pelo planejamento e desenvolvimento dos projetos.

2.4.2. As Seis Grandes Perdas e o termo Quebra Zero

Na visão da TPM existem seis tipos de perdas conhecidas como As Seis Grandes Perdas. Elas são as perdas por quebras, por mudanças de linha de produção, perda por operação em vazio ou por paradas, perdas por redução de velocidade, por defeitos na produção ou por queda de rendimento. Todas essas classes de perdas proporcionam atrasos, redução no desempenho e falhas das máquinas da indústria e elas são capazes de causar problemas como a paralisação da linha de produção, a queda na velocidade de produção e defeitos nos produtos finais, o que no fim custa ao processo em questões de tempo de operação, e tempo efetivo de produção.

Nakajima (1989) definiu seis grandes perdas em equipamentos, que têm potencial de influenciar diretamente na produção da fábrica. Elas estão descritas na Tabela 1 e foram resumidas por Tondato (2004), que usou e referenciou Salvendy (1992), Wireman (2004), Shirose (1992), e Kardec e Nascif (1998).

Tabela 1 – As seis grandes perdas

Tipos de Perdas	Descrição
Perdas por quebra	Falha ou quebra é a perda de uma função específica de um objeto, tal como uma peça ou componente, que ocorra de forma inesperada e acarrete parada de equipamento.
Perdas devido à ajustes e setup	São perdas de tempo observadas em equipamentos utilizados para vários produtos, principalmente para os setups e o ajuste de qualidade.
Perdas por pequenas paradas e trabalho lento ou em vazio	São interrupções de curto prazo que exigem imediata intervenção dos operadores para normalizar a produção. Exemplos: trabalho em vazio pelo entupimento pelo sistema de alimentação; Detecção de produtos não conforme por sensores e consequentemente parada da linha de produção e sobrecarga ocasionando o desligamento.
Perdas por redução da velocidade	Perdas devidas à redução da velocidade são definidas como a diferença entre a capacidade nominal do equipamento e à capacidade no qual o mesmo está operando. Os dois maiores fatores de impacto na capacidade do equipamento são a velocidade e o volume de produção.
Perdas por problema de qualidade	Estas perdas são relacionadas com defeitos de qualidade, retrabalhos ou reparos e podem ocorrer de forma ocasional e habitual. Os ocasionais ou especiais são causados por funcionamento inadequado. Ou pelo aparecimento repentino de um problema. Os habituais ou comuns são causados pela operação do equipamento com algum grau de deterioração que começou a ser aceito como operação normal, causados geralmente por problemas antigos diretamente relacionados ao equipamento, que nunca foram levados em conta.
Perdas de rendimento ou na partida	Essas perdas ocorrem sempre que um processo precisar ser interrompido e depois, reiniciado, tendo

	a ver com a produção de um item inaceitável quando o equipamento, por exemplo, atinge um certo parâmetro limítrofe de processos, tal como temperatura, velocidade ou pressão.
--	---

Fonte: Adaptado de Nakajima (1989).

Ainda seguindo a filosofia da TPM, outro conceito muito importante e seguido por essa filosofia é o termo Quebra Zero, visto que são as quebras que acarretam os maiores dispêndios no rendimento de um processo industrial.

Para Nascif & Kardec (2009), se levarmos em consideração que as máquinas e os equipamentos foram projetados para operar com zero defeito, o equacionamento dos parâmetros e soluções para alcançar esse objetivo passa a ser obrigação. É de grande importância observar que a quebra zero é totalmente diferente da afirmação de que “a máquina nunca pode parar”. A quebra zero presa pelo ideal de que a máquina pode parar, mas não pode nunca quebrar, ficar parada em um momento em que se esperava que ela funcionasse, em um momento de produção.

Assim, algumas medidas são fundamentais para a conquista permanente da quebra zero: A Estruturação das Condições Básicas para a Operação (manter a ordem e limpeza do ambiente e das máquinas); a Obediência às Condições de Uso (obedecer as normas dos equipamentos não operando os mesmos fora dos limites permitidos); a Regeneração do Envelhecimento (extinguir motivos de envelhecimento dos equipamentos e ter domínio dos fatores que fazem com que os mesmos envelheçam mais rápido, podendo assim, evitar que isso ocorra); Sanar os Pontos Falhos Decorrentes de Projeto (corrigir as eventuais deficiências dos projetos) e Incrementar a Capacidade Técnica (treinar e capacitar o operador da máquina, de maneira que ele possa utilizá-lo da melhor forma, além de poder diagnosticar os problemas que aparecerem e atuar da melhor maneira possível).

2.4.3. Os Oito Pilares da TPM

Dessa forma, dizemos que a TPM é de maneira geral sustentada por 8 pilares, sendo eles, Melhoria Específica; Manutenção Autônoma; Manutenção Planejada; Educação e Treinamento; Melhorias no Projeto; Melhorias Administrativas; Manutenção de Qualidade e Segurança, Saúde e Meio Ambiente, assim como ilustra a Fig.2. De acordo com os autores já citados, seguindo as metodologias dos 8 pilares e tendo como base a filosofia Kaizen, pode-se implementar a TPM e obter assim uma maior eficiência produtiva dentro da empresa.

A seguir vamos descrever sucintamente cada um dos pilares que sustentam a TPM.

Figura 2 – Os 8 Pilares da TPM.



Fonte: Adaptado de Ribeiro (2010).

2.4.4. O Pilar Melhoria Específica

Segundo Kardec & Nascif (2009), também conhecida como Melhoria Focada, é o foco da melhoria universal do negócio, onde devemos nos preocupar em reduzir pontos como vibração, ruídos, temperatura, consumo de energia e de materiais,

interrupções, e custo, ao mesmo tempo em que devemos aumentar o rendimento, o tempo útil dos equipamentos, e a velocidade e confiabilidade dos mesmos. Para Wakjira e Singh (2012) é voltado a melhorias para eliminar as perdas. Assim sendo, busca minimizar os problemas para aprimorar o desempenho com base na organização de células de trabalho ou linhas de montagem com o objetivo de encontrar falhas escondidas pela desorganização, que não são visíveis em uma abordagem superficial.

2.4.5. O Pilar Manutenção Autônoma

Para Kardec & Nascif (2009) é o auto comando e controle, autonomia de ações, elaboração e execução dos padrões. Nesse pilar, o ideal é que o próprio operador realize as tarefas de manutenção, sendo assim, o operador tem a responsabilidade de conservar os equipamentos em boas condições de uso, tomando medidas para maximizar a vida dos mesmos. A ideia é que os próprios operadores realizem tarefas simples de manutenção como lubrificação, limpeza, e melhoria dos equipamentos.

2.4.6. O Pilar Manutenção Planejada

Segundo Suzuki (1994), esse pilar trata três formas de manutenção: após a quebra, preventiva e preditiva. A intenção de executar a manutenção preventiva e preditiva é extinguir as quebras. Entretanto, mesmo quando essas manutenções são feitas, ainda podem acontecer quebras inesperadas. Essas quebras expõem falhas nos planos de manutenção e revelam que existem certas medidas que são ineficazes de prevenção. De acordo com Nascif & Kardec (2009), expressa ter de fato o planejamento e o controle da manutenção, o que demanda treinamento em métodos de planejamento como a utilização de um sistema autônomo de planejamento da programação e elaboração das paradas das máquinas.

2.4.7. O Pilar Educação e Treinamento

Tem como objetivo como o próprio nome diz o aumento da capacitação técnica e comportamental das pessoas responsáveis pelos processos de operação e manutenção. Engloba um alto nível de competência e habilidade dos operadores e técnicos de manutenção, esperando que eles conheçam a maneira do o que fazer e de como fazer ao se deparar com um problema e ineficiência de um equipamento (Nascif & Karec, 2009).

2.4.8. O Pilar Melhorias no Projeto

Também conhecido como Controle Inicial, visa um gerenciamento na fase inicial de qualquer novo projeto. Se baseia na análise de produtos e equipamentos antes mesmos da fabricação ou instalação dos mesmos, atestando bons desempenhos. Esse pilar tem como finalidade eliminar os problemas dos novos equipamentos desde a sua especificação até sua entrada em operação, reduzindo prazos e problemas e aumentando sua eficiência (Suzuki, 1994)

2.4.9. No Pilar Melhorias Administrativas

Para Suzuki (1994), os setores administrativos e de suporte tem uma função fundamental como suporte a produção. As atividades de TPM executadas por esses setores não devem somente apoiar o TPM da planta como também fortificar suas próprias atribuições, aprimorando sua organização e cultura.

2.4.10. O Pilar Manutenção de Qualidade

Tem como objetivo garantir 100% de qualidade no produto, estabelecendo condições para zero defeitos. Ele promove melhorias para prever defeitos de qualidade antes que os mesmos ocorram. As características de qualidade são fundamentadas principalmente por quatro “incentivos de produção”: equipamentos, materiais, habilidades pessoais e métodos. Se os equipamentos ou instalações atuarem de modo a produzir com a máxima qualidade, por consequência os produtos finais terão a conformidade prevista e a qualidade desejada (Nascif & Kardec, 2009)

2.4.11. O Pilar Segurança, Saúde e Meio Ambiente

Busca acabar com os acidentes proporcionando a segurança dos operadores. Os estudos de operacionalidade quando somados com treinamentos para precaver acidentes e os estudos de falhas são maneiras eficientes para tratar estes assuntos (Suzuki, 1994). De acordo com Venkatesh (2007), este pilar se fundamenta no estabelecimento de locais de trabalho e zonas abrangentes, limpos, sem poluição, seguros e ergonomicamente corretos, de forma a ser prazeroso trabalhar melhorando o bem estar coletivo.

2.4.12. As Doze Etapas para Implementação da TPM

Segundo Suzuki (1994), a TPM usualmente é implementada em quatro fases (Preparação, Introdução, Implantação e Consolidação). Estas fases são normalmente divididas em doze passos que determinam os procedimentos a serem executados na implantação da TPM pela empresa. O tempo médio gasto na implementação do TPM é de 3 a 6 meses para uma fase preliminar preparatória, e de 2 a 3 anos para início da etapa de consolidação.

A Figura 3 demonstra os pontos principais das doze etapas na implementação da TPM em uma empresa ou indústria.

Figura 3 - As 12 Etapas de Implementação da TPM.

FASES	ETAPAS	PONTOS PRINCIPAIS
Preparação para a Introdução.	1. Manifestação da alta direção sobre a decisão de introduzir o TPM	Essa Manifestação deve acontecer num encontro interno da empresa sobre TPM, e deve ser publicada num boletim interno da empresa.
	2. Campanha de divulgação e treinamento para introdução do TPM.	Executivos: Realizam estudos em grupo, conforme os cargos que ocupam. Funcionários em geral: passam por seções orientados por projeção de "slides" ou outros recursos.
	3. Estrutura para implantação do TPM.	Comissão ou grupos de estudo por especialidade. Secretaria.
	4. Estabelecimento de diretrizes básicas e metas para o TPM.	Benchmark e metas: previsão dos resultados.
	5. Elaboração do plano diretor para implantação do TPM.	Desde os preparativos para introdução até os detalhes da implantação.
Início da Introdução	6. Início do programa de TPM.	Convites: - Clientes; - Empresas Relacionadas; - Empresas Colaboradoras.
Implementação	7. Aperfeiçoamento individualizado nos equipamentos para melhorar rendimento operacional.	Seleção de um equipamento modelo: organização de uma equipe de projetos.
	8. Estruturação da manutenção por iniciativa própria.	Método de evolução passo a passo, diagnóstico e aprovação.
	9. Estruturação da manutenção programada pelo departamento de manutenção.	Manutenção periódica, manutenção preditiva, controle de construções, peças sobressalentes, ferramentas e desenhos.
	10. Treinamento para melhora do nível de capacitação da operação e da manutenção.	Treinamento concentrado dos líderes: treinamento das outras pessoas envolvidas.
	11. Estruturação do controle da fase inicial de operação dos equipamentos.	Projeto MP: controle de flutuação na fase inicial: LCC
Consolidação	12. Execução total do TPM e elevação do nível geral.	Recebimento do prêmio PM: busca de maior desafio através de objetivos cada vez mais ambiciosos.

Fonte: Adaptado de Peruchi e Menegaz (2005).

3. METODOLOGIA

3.1. A Empresa

A indústria é uma microempresa, que tem 23 anos no mercado. Suas atividades enquadram-se no ramo industrial da fabricação e reformas de engates e carretas para veículos. Possui uma infraestrutura moderna e uma equipe de técnicos e engenheiros qualificados, garantindo assim um excelente padrão de qualidade nos serviços executados. Os principais produtos da empresa são engates (acoplamento mecânico) e carretas (reboques). A descrição e algumas normativas que compõem a industrialização desse produto.

3.1.1. Produtos

O engate, também conhecido como reboque e rabicho, é um dispositivo que fica instalado na parte inferior traseira do veículo, ampliando e explorando a sua capacidade de carga. Ele tem a função principal de tracionar carretas, reboques, trailer, motos, jet-skis, entre outros. Além disso também é utilizado por algumas pessoas para proteger o carro e ou o para-choque de pequenas colisões que ocorrem no trânsito.

3.1.2. Legislação sobre o produto

Conforme a resolução do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) 197 de 2006 o dispositivo de acoplamento mecânico, conhecido por engate é um equipamento automotivo que tem por finalidade acoplar um reboque ou semirreboque. Esta resolução é aplicada aos veículos automotores de até 3500kg de Peso Bruto Total (PBT), que detenham potencial de tracionar reboques declarada pelo fabricante e que não tenham engate como equipamento original vindo de fábrica.

De acordo o Código Brasileiro de Trânsito (1997), o reboque (também chamado de carreta) é um veículo de carga que consiste minimamente de chassi, rodas e superfície de suporte par a carga. Para movimentar-se, é acoplado a um veículo automotor. O semirreboque, por sua vez, é o veículo dotado de um ou mais eixos que se apoia na sua unidade tratora ou é conectado a ela por meio de articulações.

Para executar a tração em reboques os veículos tratores precisarão dispor de uma Capacidade Máxima de Tração (CMT), que normalmente é declarada pelo fabricante, conforme a regulação do Código de Trânsito Brasileiro. Os engates empregados em veículos automotores que tenham até 3500kg de peso bruto total deverão ser fabricados por empresas que possuam registro no Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). A aprovação do equipamento necessitar cumprir requisitos estabelecidos desse órgão regulador, sendo necessária a apresentação do relatório de ensaio pela empresa fabricante do engate, realizado em protótipos de cada modelo de acoplamento mecânico, procedente de laboratórios independentes, atendendo os requisitos estabelecidos na Norma Brasileira (NBR) Organização Internacional de Normalização (ISO) 3853, NBR ISO 1103 e NBR ISO 9187.

3.2. Estudo do Caso

O processo de fabricação do engate consiste em 5 etapas principais. Lembrando que há algumas peculiaridades no processo de carretas e engates, porém o que muda é a ordem do processo ou os materiais utilizados, a produção de carretas e engates ocorre no mesmo local, porém com profissionais específicos de cada ramo de produção.

3.2.1. Serralheria

As chapas e/ou tubos utilizados na fabricação do engate e carretas são submetidos à operação de corte, sendo utilizados para essas operações equipamentos tais como, mas não somente: prensas de estampagem, guilhotinas,

ferramentas de oxi-corte e serras. Após a aprovação das peças beneficiadas, as mesmas são disponibilizadas para a etapa de dobragem.

3.2.2. Dobragem

Após a etapa de serralheria, as peças são submetidas à operação de dobragem, onde as mesmas são montadas de acordo com o modelo do engate (gabarito) ou carreta. Após a conclusão da etapa, as mesmas são disponibilizadas para a de soldagem. Nesta etapa, após o corte das peças na medida correta, as mesmas são dobradas na prensa hidráulica a partir de cada gabarito de engate, para que possa passar para a etapa de soldagem.

3.2.3. Soldagem

A operação de soldagem consiste em juntar as peças cortadas e dobradas para finalizar o modelo estabelecido. A solda utilizada, *Metal Inert Gas / Metal Active Gas* (MIG/MAG), é tida como um processo de soldagem semiautomática. Suas principais vantagens são a rápida produção e a facilidade de uso. Soldagem MIG/MAG é comumente empregada em fábricas e oficinas automotivas. Os principais benefícios desse tipo de processo são: Facilidade em manipular o equipamento, custos baixos, automatização do processo, boa qualidade do cordão de solda, baixa distorção de peças e ausência de retirada de escória, já a desvantagem é a produção de respingos e sua manutenção mais trabalhosa. A Solda não deve ser utilizada em presença de corrente de ar. Os metais mais comumente solda MIG/MAG são de aço, aço inoxidável e alumínio.

O arame MIG/MAG não tem nenhum revestimento, a alimentação do eletrodo é feita mecanicamente, isso garante uma alta produtividade para o processo MIG/MAG. O MAG-metal ativo gás, usa uma mistura de gás ativo e um gás inerte ou um gás ativo. Este é usado para soldar materiais ferrosos como aço.

O MIG - metal inerte gás, usa um gás inerte ou uma mistura de gás inerte. O MIG, mais usado em materiais não ferrosos como alumínio.

3.2.4. Usinagem

As peças são submetidas à operação de usinagem, um processo de redução de rebarbas ou detalhes ocorridos nos processos anteriores. Nesse processo, as peças são lixadas e, após a aprovação das peças beneficiadas, as mesmas são disponibilizadas para a etapa de pintura.

3.2.5. Pintura ou outro Processo de Proteção Anticorrosiva

A operação de pintura é um processo de proteção anticorrosiva. A peça a ser tratada é preparada previamente através da remoção de respingos de solda, remoção de rebarbas ou cantos vivos que possam prejudicar a aderência das camadas de pintura ou do processo de proteção anticorrosiva. Feito tudo isso, a peça é submetida a uma estufa onde as mesmas recebem a tinta.

A pintura eletrostática fixa, através de cargas elétricas, a tinta, sendo uma das formas de pintura mais efetivas e resistentes (Telles, 2013). Normalmente se emprega em superfícies metálicas, mas se aplica em outro material, caso necessário. A tinta em pó e pode ser decomposta em três tipos: Poliéster: Ótima aderência e dificilmente desbota, recomendada para ambientes externos iluminados. Epóxi: resistente à corrosão. Híbrido: Combinação do epóxi com o poliéster.

O processo de pintura é feito com o auxílio de equipamento, Fig.4, que possui um compartimento para o pó da tinta. Antes de ser esguichada, esse pó é carregado eletricamente com um tipo de carga e a superfície a ser pintada é também carregada eletricamente, porém com carga oposta à da tinta. Essa afinidade eletrônica causa uma maior aderência da tinta na superfície. Após o processo, o material pintado é transferido à uma estufa para que possa obter uma maior uniformidade da tinta na superfície do material (Telles, 2013).

Figura 4 - Equipamento de pintura regula tensão e corrente individualmente



Fonte: Telles, R. 2013.

3.2.6. Cabine de Pintura à Pó com Filtro Cartucho

A função básica de uma cabine compreende na exaustão da tinta em pó em e a retenção desta mesma tinta tendo ou não reuso por peneiramento automático. A exaustão da cabine pode ser feita através de filtros cartuchos (poliéster ou celulose), por ciclone e filtros cartucho ou manga.

O filtro cartucho utiliza filtros poliéster, devido a sua maior resistência à umidade (frequentemente comum em linhas de ar comprimido das empresas) quando comparado ao filtro em celulose. A principal serventia do uso de filtro cartucho consiste em não produzir tantos finos na exaustão da tinta (< 2%). Quando comparado ao ciclone, o tempo do *set up* para troca das cores é maior. Para reduzir esse intervalo do *set up* sugere - se operar com uma caixa de exaustão reserva (já pronta e preparada para a próxima cor). Algumas empresas preferem por ter a cabine em sistema *RollOn*.

3.3. Metodologia Utilizada

O Estudo de Caso é entendido como uma metodologia de verificação direta, entre diversos, que permite ao investigador a elaboração de hipóteses buscando a

obtenção de um modelo capaz de reproduzir a situação real em estudo. Esta metodologia fundamenta-se na recolha cuidadosa de todo o tipo de sinais e provas, no lugar em estudo, tanto quantitativos como qualitativos, ou mesmo uma combinação de ambas, que servirão de apoio à formulação do mencionado protótipo, como por exemplo: observação, coleta, análise de dados, pesquisa documental, entrevistas, questionários (Yin, 2001).

Segundo Yin (2001), cada estratégia de verificação tem as suas vantagens e desvantagens características, mas, ao tomar-se decisões, três situações essenciais deverão ser respeitadas:

- A categoria de assunto a ser pesquisado;
- A existência, ou não, de controle, por parte do investigador relativamente ao acontecimento e o comportamento dos eventos da pesquisa;
- A atualidade dos fatos da vida real em contraposição a seu caráter histórico.

Esse trabalho é baseado no estudo de caso, em que há a utilização da manutenção produtiva total no processo de produção de carretas e engates. Trata-se de uma pesquisa documental e bibliográfica. O referencial teórico levanta pontos importantes para adentrar no tema central. Para complementar a metodologia deste trabalho se baseia em uma pesquisa bibliográfica, utilizando livros, artigos, publicações, dentre outros que tratem do tema deste estudo.

3.3.1. Implementação da TPM na empresa

Para a implementação da TPM foi necessária uma reunião com os gestores da empresa para que essa decisão fosse alinhada e mantida durante esse processo.

Após a decisão da gestão quanto à implantação da TPM, foi efetivada a divulgação para os funcionários, além do desenvolvimento de treinamentos para os envolvidos diretamente na primeira fase da implantação. A metodologia TPM foi apresentada aos colaboradores com a intenção de promover o empenho de todos com o programa.

As atividades da TPM envolveram os setores: industrial, manutenção, qualidade, segurança, treinamento e sistema de gestão. Os funcionários da produção e manutenção da linha de frente receberam treinamentos específicos para o cumprimento das atividades estabelecidas.

Dessa maneira compreendeu-se a implementação da forma abaixo:

- Estudo do problema: refere-se à observação e análise de como os processos são realizados antes da aplicação das melhorias propostas pela TPM;
- Levantamento das informações pertinentes aos processos: a coleta das informações e dados foi realizada por meio de entrevistas com os funcionários da produção e manutenção.
- Criação das planilhas de controle no MS Excel®: rotinas de manutenção de máquinas, quantificação de máquinas e equipamentos e devidas manutenções das mesmas.
- Criação do treinamento de manuseio e manutenção de máquinas;

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

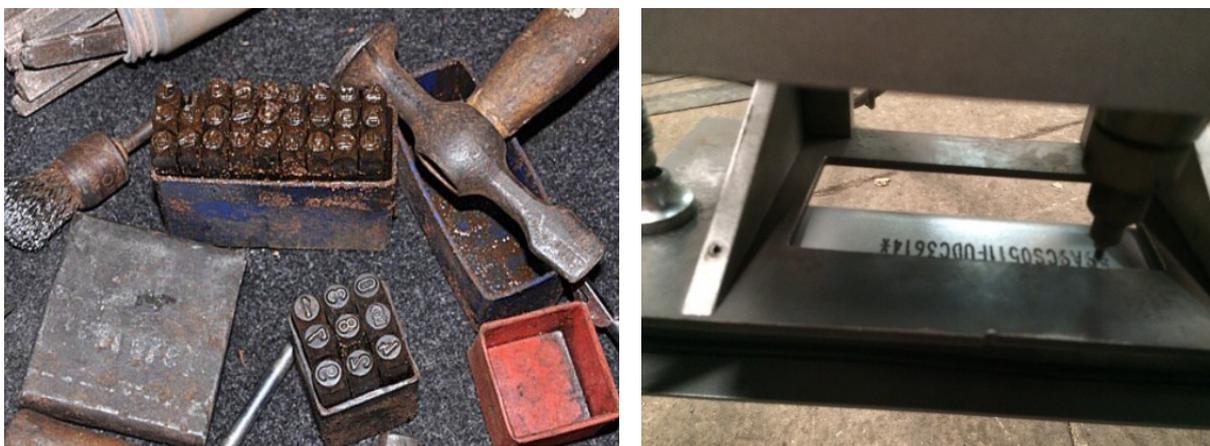
Neste capítulo serão apresentados os resultados e discussões dos dados apurados, que dizem respeito a melhoria apresentada na empresa após ao início da implementação na TPM, a fim de propor um plano de ação à empresa, visando implementar mais ferramentas de controle e quantitativas para analisar dados e criar indicadores com relação às suas respectivas metas.

4.1. Problemas Observados e Melhorias Efetuadas

Ao observar os processos da empresa, notou-se que algo que gerava retrabalho era a marcação de chassis, pois a mesma ocorria de forma manual, com o objetivo de implementar alguma melhoria continua nesse processo, reparou-se esse erro. Os erros que acontecem na marcação de chassi de carreta manual é a marcação desalinhada e não semelhante na profundidade da marcação, o que gerava problema com Denatran (Sistema Nacional de Trânsito), no momento da vistoria, a carreta não recebia aprovação, tendo que voltar para a fábrica e o trabalho tendo que ser refeito.

Com a intenção de reparar esse problema a empresa fez a aquisição da máquina pneumática de gravação de chassis, Fig.5, obtendo assim uma marcação alinhada, precisão da profundidade e agilidade. O equipamento é programado, de uma maneira que se digita o número do chassi, realiza-se uma conferência, e se inicia o comando para marcar o chassi na peça, dessa forma os erros da marcação manual são eliminados, evitando o erro humano.

Figura 5 - Marcação de chassi.



Fonte: foto própria do autor.

Foi criado uma tabela de máquinas e equipamentos com as possíveis manutenções que deveriam ser realizadas e qual o período da mesma, pois conforme descrito anteriormente, as manutenções eram realizadas no momento de falha, ou apenas na reposição de óleo. A Tabela 2 criada no período de estágio:

Tabela 2 - Controle de manutenção.

<u>EQUIPAMENTO</u>	<u>MANUTENÇÃO</u>	<u>PERÍODO DE MANUTENÇÃO</u>
Esmeril ¾	troca de rolamento e rebolo	12 meses
Serra	troca de serra, rolamento	15 dias, 120 meses
Prensa Kaerk	reposição de óleo	12 meses
Torno mecânico	reposição de óleo	12 meses
Furadeira Automática	troca de óleo e reposição de brocas	12 meses/ mensal
Máquina de solda- Bambozzi	troca do bico de contato e limpeza	2 meses

Esmerilhadeira Manual-Elétrica	reposição da ferramenta	12 meses
Cabine de Pintura	limpeza dos filtros	15 dias
Forno de Secagem	quando necessário reparos	
Compressor Peg	troca de óleo e filtros	12 meses
Elevador elétrico	troca de rolamentos e porcas	24 meses
Prensa Excêntrica- 25 T	Lubrificação	15 dias
Solda Mig	bico de contato, limpeza	3 meses

Fonte: Autor

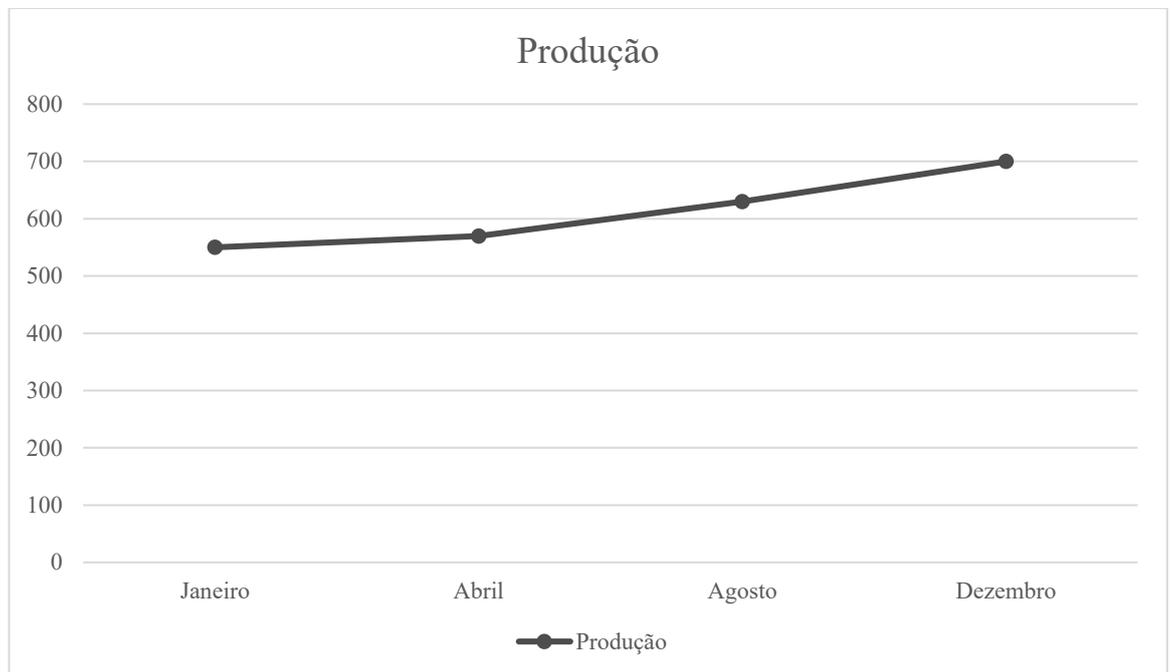
Após isso, foi realizado os treinamentos com os funcionários e explorado a importância da manutenção preventiva, para evitar a parada de máquinas, melhoria na qualidade na peça, rapidez no trabalho, limpeza do local de trabalho, redução de perda de material entre outros.

O treinamento foi realizado na própria empresa, na área de produção de maneira prática e teórica, o proprietário da empresa possui o conhecimento de manutenção de todas as máquinas, cada dia antes de iniciar o turno de trabalho foi realizado o treinamento de um equipamento específico da lista acima, foi explicado pelo estagiário e pelo dono da empresa, e pela engenheira mecânica da mesma para que serve a máquina, como se realiza a manutenção, qual o procedimento, qual a periodicidade, e outras dúvidas que poderiam surgir no momento, lembrando que foi realizada com todos os funcionários, de maneira que cada um se torne responsável pela manutenção de seu próprio local de trabalho.

Outra maneira para controlar as manutenções, foi a criação do plano de manutenção, foi realizado a planilha do plano, para que fique fixada no painel da empresa, e que seja preenchida e atualizada regularmente pelos funcionários da produção e da manutenção, de uma forma que inicie o controle da mesma.

O plano de manutenção de equipamentos, Fig.6, foi criado para iniciar a quantificação e realização das manutenções dos equipamentos.

Figura 7 – Produção antes e depois da Manutenção Preventiva

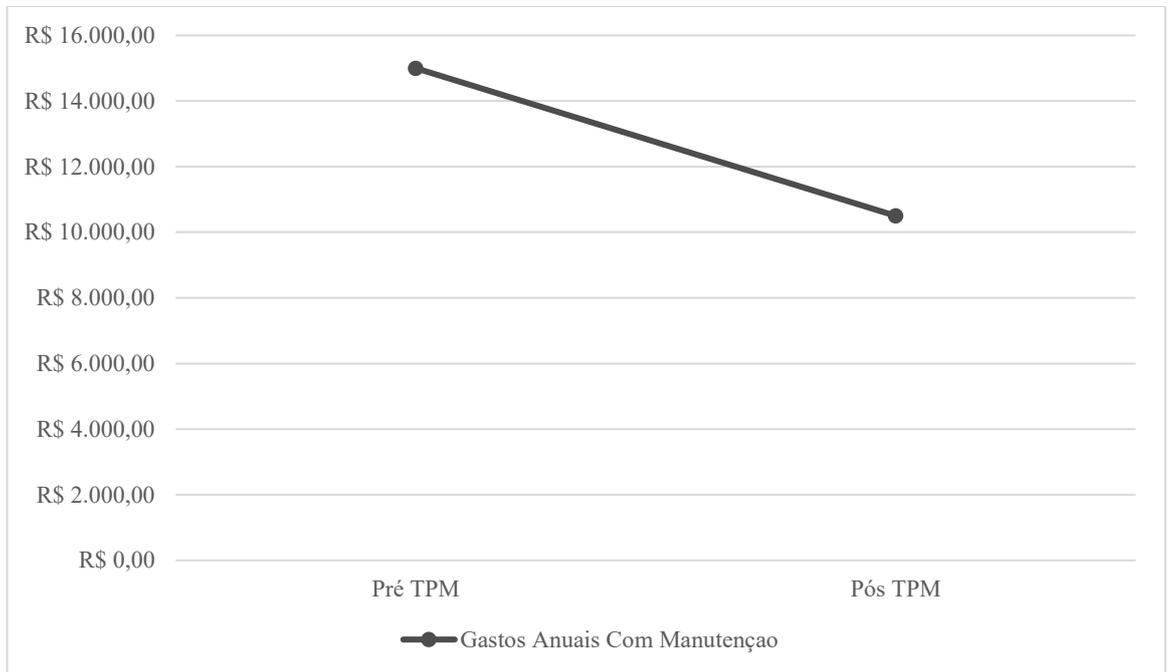


Fonte: Autor

Foi importante também o treinamento para cada colaborador da produção, fazer a manutenção e limpeza em seu próprio equipamento, pois criou uma rotina independente de manutenção, sem que seja necessário esperar que outro funcionário fizesse a manutenção do mesmo.

Dessa forma, além do aumento da produção, outro objetivo do trabalho foi alcançado, uma vez que a empresa agora economiza um valor que era gasto com a terceirização total da manutenção. De acordo com o setor financeiro, o gasto anual da empresa com manutenção era um valor em torno de 15000 reais antes da implementação da TPM. Agora, com a diminuição das paradas e principalmente, pelo fato de os próprios funcionários terem conhecimento de soluções para as falhas e alguns problemas na produção, esse valor caiu para aproximadamente 10500 reais, uma redução de 30% nos custos, como ilustra a Figura 8.

Figura 8 – Gastos anuais antes e depois da TPM



Fonte: Autor

5. CONCLUSÕES

Esse trabalho de conclusão de curso teve como objetivo, a implementação de um sistema de melhoria continua utilizando a manutenção produtiva total. O conhecimento das diversas disciplinas adquirido durante o curso de engenharia mecatrônica foi essencial para o início e conclusão do trabalho. Disciplinas das áreas de manutenção, gestão, ciência dos materiais, estatística, elementos de construção, entre outras, foram constantemente aplicadas no desenvolvimento desse projeto.

A realização desse trabalho tornou-se importante pois além de atender as exigências normativas referente a fabricação e comercialização do produto engate, foi possível implementar uma melhoria no processo de industrialização, diminuindo as paradas de manutenção.

Os objetivos de implementar melhoria na empresa foram atingidos, houve a aquisição do equipamento de marcação de chassis na empresa, obtendo um avanço tecnológico e minimização de erro humano. Foi possível iniciar a implementação da TPM, treinando os funcionários, listando os equipamentos que havia na empresa, determinando quais as rotinas de manutenção e quais seriam as mesmas, além disso foi criado o plano a ser seguido pelos funcionários para iniciar a quantificação de manutenção e paradas.

Como sugestão para trabalho futuros, sugere-se a criação de um indicador para quantificar as paradas das máquinas e identificar a causa. Continuar os treinamentos para com os funcionários e quantificar as perdas e eliminação de perdas.

Cerca de um ano após o início dessa nova rotina já se pode perceber que os objetivos principais da implementação da TPM foram alcançados, uma vez que a empresa hoje conta com uma produção maior, mais limpa e com menores custos. Conclui-se que este trabalho foi positivo, tanto para a aprendizagem do aluno, pois foi vivenciado na prática os estudos vistos ao longo de anos no curso de engenharia mecatrônica, quanto para a empresa, pois contribuiu para inovações tecnológicas de manutenção e de equipamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Igor Mateus; SANTOS, Crisluci Karina Souza. **Manutenção Elétrica Industrial**. São Paulo, 2008.

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

BADKE, T. **5S aplicados à gestão de documentos**. 2004. Disponível em: Enc. Bibli: R. Eletr. Bibliotecon. Ci. Inf., Florianópolis, n. 22, 2º sem. 2006.

COSTA, Mariana de Almeida. **Gestão estratégica de manutenção: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional**. 103f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2013.

DAVIS, R. **Productivity improvements through TPM: the philosophy and application of Total Productive Maintenance**. Hertfordshire: Prentice Hall, 1995. 160p.

FERREIRA, L. L.. **Implementação da Central de Ativos para melhor desempenho do setor de manutenção: um estudo de caso Votorantim Metais**. 2009. 60f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2009.

FIDELIS, Nordana T. S.; RESENDE, Andre A.; GUIMARÃES, Marco P.; TANNUS, Sílvia P. **O Papel da Manutenção Autônoma no Processo de Implantação da TPM em uma empresa do setor automobilístico**. XXXV ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Fortaleza, 2015.

FOGLIATTO, Flávio Sanson; RIBEIRO, José Luis Duarte. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. Elsevier, Rio de Janeiro, 2009.

JASINSKI, Arnaldo. **Modelo de Planejamento de Manutenção**. 119f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Processos de Fabricação Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2005.

JIPM. Japanese Institute of Plant Maintenance. **TPM frequently asked questions**. 2002. Disponível em < www.jipm.or.jp/en/home >. Acesso em 22 jun. 2018.

KARDEC, Alan; NASCIF, Julio. **Manutenção: Função Estratégica**. Rio de Janeiro: Qualimark: Petrobras, 2009.

LAPA, Reginaldo Pereira. **Praticando os 5 sentidos**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

MAIA, Wilton Palmeira. **O gerenciamento orientado para o equipamento - aplicação do programa TPM (Manutenção Produtiva Total) para maximizar o uso dos ativos**. Monografia (Curso de MBA em Gerência de Produção do Departamento de Economia, Contabilidade, Administração e Secretariado da Universidade de Taubaté). Taubaté, 2002.

MONCHY, F. **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 e Desenvolvimento Regional do Departamento de Economia, Contabilidade e Administração - ECA da Universidade de Taubaté). Taubaté, 2004.

MOUBRAY, John. **Manutenção Centrada em Confiabilidade**. São Paulo: Aladon Ltda, 2000.

NAKAJIMA, S. **Introduction to Total Productive Maintenance (TPM)**. Cambridge: Productivity Press, 1988.

NUNES, Ivo L.; SELLITO, Miguel A. **Implantação de técnicas de manutenção autônoma em uma célula de manufatura de um fabricante de máquinas agrícolas**. Revista Produção Online. Florianópolis, 2016.

OTANI, M.; MACHADO, W. V. **A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial**. Revista **Gestão Industrial**. Vol.4, n.2, 2008.

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

PEREIRA, Mário Jorge. **Engenharia de manutenção: teoria e prática**. Ciência Moderna 2011.

PERUCHI, Fábio Lazzarine; MENEGAZ, Júlio César Melo. **Gestão Pró-Ativa da Manutenção**. Universidade Federal do Espírito Santo, 2005.

RIBEIRO, H. **A Base para a qualidade total 5S: Um roteiro para uma implantação bem sucedida**. Salvador: Casa da Qualidade, 1994.

RODRIGUES, A. C. H.; LISBOA, A. P. C.; BERTHOLDO, R. M.; FRANÇA, A. M. **Implantação do Programa 5S: Empresa Manutenções Industriais**. Revista Ampla de Gestão Empresarial, 2014.

ROBERTS, Ph.D. Jack. **Total Productive Maintenance (TPM)**. [s.l.]: The Technology Interface, 1997.

TECNOAVANCE. **Cabina de Pintura**. Disponível em: <<http://www.tecnoavance.com.br/produto/subcat:53/link:cabina-de-pintura-a-po-com-filtro-cartucho>>. Acesso em 30/11/2015.

TELLES, R. **O que é e como funciona a pintura eletrostática?** Juiz de Fora, 2013. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/fisicaecidadania/2013/12/16/o-que-e-e-como-funciona-a-pintura-eletrostatica/>>. Acesso em 30/11/2015.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; HARLAND, Chistine et al. **Administração da Produção**: Edição compacta. São Paulo: Atlas S.A., 1999.

SUZUKI, Tokutaro. **TPM em Indústrias de Processos**. Nova York: Productivity Press, 1994. 416 p.

VENKATESH, J. 2007. **An Introduction to Total Productive Maintenance (TPM)**. 2007.

VIANA, H. R. **PCM, Planejamento e Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2002.

WYREBSKI, Jerzy. **Manutenção Produtiva Total – Um Modelo Adaptado**. Dissertação (Mestrado em engenharia, especialidade em engenharia de produção da Universidade Federal de Santa Catarina). Florianópolis, 1997.

XENOS, Harilaus G.P. **Gerenciando a manutenção produtiva**. Belo Horizonte: EDG, 1998.

YAMAGUCHI, Carlos Toshio. **TPM - Manutenção Produtiva Total**. São João Del Rei: Instituto de Consultoria e Aperfeiçoamento, 2005.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2ª Ed. Porto Alegre. Editora: Bookmam. 2001.