



**CENTRO DE TREINAMENTO E DESENVOLVIMENTO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**

**A UTILIZAÇÃO DO TPM COMO UMA FERRAMENTA DO SISTEMA LEAN –
APLICAÇÃO PILOTO NUMA EMPRESA DO SETOR METALGRÁFICO**

Antonio Virgilio Pereira Filho

Fortaleza

Set-08

Antonio Virgilio Pereira Filho

**A UTILIZAÇÃO DO TPM COMO UMA FERRAMENTA DO SISTEMA LEAN –
APLICAÇÃO PILOTO NUMA EMPRESA DO SETOR METALGRÁFICO**

Monografia apresentada para a Universidade Federal
do Ceará para obtenção do título de Especialista em
Engenharia de Produção.

Fortaleza
Set-08

Antonio Virgilio Pereira Filho

**A UTILIZAÇÃO DO TPM COMO UMA FERRAMENTA DO SISTEMA LEAN –
APLICAÇÃO PILOTO NUMA EMPRESA DO SETOR METAGRÁFICO**

Prof. Maxweel Veras Rodrigues, Dr.
Orientador

Prof. Sérgio José Barbosa Elias, M.Eng.
Coordenador / Avaliador

Aprovada em: 13 / 10 / 2008

NOTA = SATISFATORIO

AGRADECIMENTOS

Os meus primeiros agradecimentos vão a Deus, por permitir que seguisse esta jornada com saúde e disposição para enfrentar os obstáculos que aparecerem.

Aos meus pais e irmãos pelo amor incondicional, convivência do dia a dia, paciência que tiveram e força que me deram e dão em todas as fases da minha vida.

A minha namorada Fernanda pela convivência, momentos de aprendizado e pelo amor dedicado no dia a dia.

A Metalgráfica Cearense S/A – Mecesa, empresa da qual sou colaborador, nas pessoas da família Gurgel, responsáveis pela fundação e o sucesso da empresa.

Ao professor Maxwell Veras, meu orientador, por ter contribuído de forma decisiva para o desenvolvimento e conclusão do presente trabalho.

A Universidade Federal do Ceará por todo engrandecimento pessoal proporcionado ao longo deste período.

A todos os professores com os quais convivi durante o curso de Especialização em Engenharia de Produção.

Agradeço aos colegas de trabalhos que propiciaram informações para o enriquecimento e desenvolvimento do presente trabalho, em especial aos senhores Marcelo Bezerra e Antenor Dias que enriqueceram minha formação profissional.

A minha equipe da coordenação de qualidade e processos (Anderson, Miguel, Neuma e Paulo Henrique) pela ajuda prestada para conclusão deste trabalho.

A todos os meus colegas de turma, pelos bons e maus momentos, pelas saudosas lembranças e experiência de vida agregada.

A todos meus amigos, primos, tios, tias e avós que convivem comigo e torcem por mim.

RESUMO

As empresas vêm tentando desenvolver técnicas que busquem a melhoria constante dos recursos que administram. Nestes recursos o papel desempenhado pela manutenção nas empresas vem crescendo a cada ano. Atualmente, a presença corriqueira no processo produtivo de equipamentos sofisticados e com certo grau de automação, aumenta as exigências de disponibilidade e os custos de inatividade ou subatividade. Desta forma exige-se da manutenção o aperfeiçoamento dos métodos de conservação e a extração máxima da capacidade dos equipamentos disponíveis. Nesse sentido, surge a manutenção produtiva total - TPM, que tem como objetivo buscar a máxima eficiência do sistema de produção, eliminar todas as perdas, maximizar a vida útil dos equipamentos. Atualmente, o sucesso produtivo de uma empresa está, em grande parte, condicionado ao bom desempenho da área de manutenção e da sua interação com outros setores de apoio logístico. O objetivo deste trabalho é demonstrar a utilização do TPM em uma empresa do setor metal-mecânico do estado do Ceará, demonstrando os resultados que foram obtidos e outros que poderão ocorrer.

ABSTRACT

Many companies are trying to develop a technique that constantly improves the resources which they administrate. The importance of maintenance of these resources is increasing every year. Nowadays, the frequently presence of productive process of sophisticated equipments with certain automation degree increases the exigencies of availability and the downtime cost or sub activity. On this way it is required from the maintenance the respective improvement of conservation methods and the maxim extraction of the sophisticated available equipments capacity. According to this context, arises the total productive maintenance – TPM, which aim is: to search the maxim efficiency of the productive system, to eliminate the possible losses and to maximize the equipment's useful life. Nowadays, the productive process of certain company is largely related to the good performance of the maintenance area and its respective interaction with other logistic support sectors. The aim of this paper is to show the TPM utilization in a company of the “metal mechanic sector”, demonstrating the results that were obtained and others that may occur.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2.1. Comparativo entre os três sistemas de produção artesanal, em massa e a enxuta..... | 22 |
| Figura 2.2. Produção empurrada..... | 33 |
| Figura 2.3. Produção puxada..... | 34 |
| Figura 2.4. Perfeição..... | 36 |
| Figura 3.1. Histórico do TPM..... | 40 |
| Figura 3.2. Iceberg quebra/falhas..... | 46 |
| Figura 3.3. Etapas de implantação do pilar de manutenção autônoma..... | 46 |
| Figura 3.4. Etapa do pilar de manutenção autônoma..... | 47 |
| Figura 3.5. Exemplo de eliminação de fonte de sujeira..... | 47 |
| Figura 3.6. Diferentes regimes de manutenção..... | 49 |
| Figura 3.7. Etapas do pilar de manutenção planejada..... | 50 |
| Figura 3.8. Verificação de sistemas vibratórios..... | 51 |
| Figura 3.9. Análise termográfica..... | 51 |
| Figura 3.10. OEE e as seis principais perdas..... | 52 |
| Figura 3.11. Outras importantes perdas..... | 53 |
| Figura 3.12. Etapas do pilar de melhoria específica..... | 53 |
| Figura 4.1. Embalagens metálicas..... | 55 |
| Figura 4.2. Rolha metálica..... | 56 |
| Figura 4.3. Resumo do processo produtivo da Mecesa..... | 60 |
| Figura 4.4. Littell..... | 62 |
| Figura 4.5. Folhas cortadas..... | 63 |
| Figura 4.6. Litografia..... | 64 |
| Figura 4.7. Rolha Twist off..... | 65 |
| Figura 4.8. Rolha Pry off | 65 |
| Figura 4.9. Monolabial..... | 66 |

| | |
|---|----|
| Figura 4.10. Bilabial..... | 66 |
| Figura 4.11. Prensa PTC 027..... | 69 |
| Figura 4.12. Extrusora PMC 250..... | 69 |
| Figura 4.13. Telecâmera..... | 69 |
| Figura 4.14. Cabine de resfriamento onde as rolhas são direcionadas para as caixas..... | 70 |
| Figura 4.15. Paletização..... | 70 |
| Figura 4.16. Oficina mecânica..... | 71 |
| Figura 4.17. Dados de disponibilidade, eficiência e estrago da RM – 04..... | 72 |
| Figura 4.18. Cronograma de implantação das quatro fases do TPM na Mecesa..... | 73 |
| Figura 4.19. Check list para certificação de fase..... | 74 |
| Figura 4.20. Divulgação do evento de TPM na Mecesa..... | 77 |
| Figura 4.21. Cronograma de implantação dos pilares de manutenção autônoma, manutenção planejada e melhoria específica..... | 78 |
| Figura 4.22. Comparativo entre o antes e o depois da realização das atividades..... | 81 |
| Figura 4.23. Comparativo entre o antes e o depois dos componentes de máquina..... | 81 |
| Figura 4.24. Etiquetas de anomalia do TPM Mecesa..... | 82 |
| Figura 4.25. Etiquetagem da máquina..... | 82 |
| Figura 4.26. Eliminação da fonte de sujeira..... | 83 |
| Figura 4.27. Eliminação da fonte de sujeira..... | 83 |
| Figura 4.28. Eliminação de local de difícil acesso..... | 84 |
| Figura 4.29. Padrão provisório dos equipamentos adicionais..... | 85 |
| Figura 4.30. Check list de verificação do padrão provisório dos equipamentos adicionais..... | 85 |
| Figura 4.31. Gestão visual do equipamento..... | 86 |
| Figura 4.32. Restauração e regulagens de componentes mecânicos das extrusoras PMC 250..... | 87 |

| | |
|--|----|
| Figura 4.33. Restauração da caixa de passagem da extrusora PMC 250 as condições ideais..... | 87 |
| Figura 4.34. Eliminação do risco de acidente do elevador da extrusora PMC 250..... | 88 |
| Figura 4.35. Quadro de gestão a vista do TPM – RM 04..... | 88 |
| Figura 4.36. Meta dos indicadores para cada fase do TPM na RM - 04..... | 89 |
| Figura 4.37. Comparativo dos resultados alcançados x metas determinadas para a semana kaizen..... | 89 |
| Figura 4.38. Comparativo entre as etiquetas abertas x as encerradas na semana kaizen de TPM na RM - 04..... | 90 |
| Figura 4.39. Descarte do material durante a semana kaizen de TPM na RM - 04.. | 90 |
| Figura 4.40. Indicador de disponibilidade da RM 04..... | 92 |
| Figura 4.41. Indicador de eficiência da RM 04..... | 92 |
| Figura 4.42. Indicador de estrago da RM 04..... | 92 |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 13 |
| 1.1 Definição do problema estudado..... | 13 |
| 1.2 Objetivos..... | 14 |
| 1.2.1 Objetivo geral..... | 14 |
| 1.2.2 Objetivo específicos..... | 14 |
| 1.3 Metodologia aplicada..... | 15 |
| 1.4 Estrutura do Trabalho..... | 15 |
| 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA..... | 17 |
| 2.1 Origem do Sistema Toyota de Produção..... | 19 |
| 2.2 Pilares do Sistema Toyota de Produção..... | 24 |
| 2.3 Princípios do STP..... | 26 |
| 2.3.1 Especifique valor..... | 26 |
| 2.3.2 Cadeia de valor..... | 28 |
| 2.3.3 Fluxo de valor..... | 29 |
| 2.3.4 Produção puxada..... | 32 |
| 2.3.5 Perfeição..... | 35 |
| 2.4 Desperdícios no STP..... | 36 |
| 3 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL | 40 |
| 3.1 Pilares do TPM..... | 44 |
| 3.1.2 Manutenção Autônoma..... | 45 |
| 3.1.3 Manutenção Planejada..... | 49 |

| | |
|---|----|
| 3.1.4 Melhoria Específica..... | 52 |
| 4 ESTUDO DE CASO..... | 54 |
| 4.1 Histórico das embalagens metálicas..... | 54 |
| 4.2 Descrição geral da empresa | 54 |
| 4.2.1 Apresentação geral da empresa..... | 54 |
| 4.2.1.1 Latas..... | 55 |
| 4.2.1.2 Rolhas metálicas..... | 56 |
| 4.2.1.3 Qualidade..... | 57 |
| 4.2.1.4 Meio ambiente..... | 58 |
| 4.2.1.5 Comercial..... | 58 |
| 4.2.1.6 Logística..... | 59 |
| 4.2.1.7 Recursos humanos..... | 59 |
| 4.3 Descrição do processo produtivo de rolhas metálicas..... | 60 |
| 4.3.1 Aquisição de insumos..... | 60 |
| 4.3.2 Processo de corte de folhas metálicas..... | 62 |
| 4.3.3 Processo de impressão de folhas metálicas..... | 63 |
| 4.3.4 Processo de estampagem ou montagem de embalagens..... | 64 |
| 4.3.4.1 Processo de montagem de embalagens metálicas - latas..... | 64 |
| 4.3.4.2 Estampagem de rolhas metálicas..... | 65 |
| 4.3.4.3 Processo de logística e expedição dos produtos..... | 70 |
| 4.3.5 Manutenção..... | 70 |

| | |
|---|----|
| 4.4 Análise da aplicação do método do TPM..... | 71 |
| 4.4.1 Detalhamento da situação anterior | 72 |
| 4.4.2 Metodologia aplicada..... | 73 |
| 4.4.3 Implantação na linha piloto da RM - 04..... | 74 |
| 4.4.3.1 Pré-kaizen de TPM..... | 74 |
| 4.4.3.2 Kaizen de TPM..... | 77 |
| 4.4.3.2.1 Atividades da semana kaizen de TPM..... | 79 |
| 4.4.3.3 Pós-kaizen de TPM..... | 90 |
| 5 CONCLUSÃO..... | 93 |
| 6 REFERÊNCIAS..... | 96 |

1 – INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta a utilização da Manutenção Produtiva Total – TPM como uma ferramenta do sistema *lean*, de uma empresa do setor metal-mecânico. A empresa tem como atividade a produção de latas e rolhas metálicas. O trabalho foi realizado demonstrando a aplicação da ferramenta de TPM numa linha piloto na área de rolhas metálicas. A aplicação da metodologia está em fase de implantação.

Segundo Nakajima (1989), TPM representa uma forma de revolução, pois conclama a integração total do homem x máquina x empresa, onde o trabalho de manutenção dos meios de produção passa a constituir a preocupação e a ação de todos.

1.1 Definição do problema a ser estudado

O processo produtivo da empresa alvo de estudo é, em grande parte, automatizado. Dessa forma, toda a produção está condicionada ao funcionamento adequado dos mais variados equipamentos. Componentes simples e baratos de equipamentos complexos e caros podem causar prejuízos financeiros, ou mesmo estreitar relacionamentos com clientes, caso deixem de funcionar de forma desejada e causem problemas de qualidade e de entrega.

Além do que o objetivo da empresa é atender as necessidades dos clientes, com isto os processos produtivos devem evoluir para redução de recursos utilizados, e esta redução visa a eliminação das atividades que não agregam valor e são classificados como desperdícios.

Dada a importância descrita acima, identifica-se a necessidade da aplicação da metodologia do TPM para eliminação dos desperdícios em uma área produtiva de uma empresa do setor metal-mecânico, visando um aumento da disponibilidade da linha de produção, uma redução dos índices de qualidade e um aumento da eficiência e, em consequência, a qualificação da mão de obra. A aplicação da metodologia do TPM

ficou restrita aos pilares de manutenção autônoma, manutenção planejada e melhoria específica. Isto porque a empresa já adotava a aplicação dos conceitos de manufatura enxuta.

A linha de produção piloto onde o TPM foi aplicado apresentava altos índices de estrago em relação às outras linhas de produção, além de baixa disponibilidade e eficiência.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo primordial demonstrar a utilização da metodologia de TPM e como vem sendo aplicado numa linha piloto no setor de produção de uma empresa cearense do setor metal-mecânico.

1.2.2 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral foi necessário alcançar os seguintes objetivos específicos:

- Descrever os princípios da mentalidade enxuta e da manutenção produtiva total;
- Demonstrar a implantação dos três pilares do TPM (manutenção autônoma, manutenção planejada e melhoria específica) quanto ao sistema de produção visando à confiabilidade do equipamento;
- Descrever como foi identificada a necessidade de implantação da ferramenta de TPM;
- Demonstrar a forma de implantação da metodologia de TPM numa linha piloto na produção de rolhas metálicas.

1.3 Metodologia de trabalho aplicada

Segundo Yin (2001, p.32), o estudo de caso trata-se de uma investigação empírica, que investiga um fenômeno contemporâneo dentro do seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos. Assim, estudo de caso é a estratégia escolhida ao se examinarem acontecimentos contemporâneos, mas quando não se podem manipular comportamentos relevantes. O estudo de caso conta com muitas técnicas utilizadas pelas pesquisas históricas, mas o seu poder diferenciador é a sua capacidade de lidar com uma ampla variedade de evidências - documentos, artefatos, entrevistas, observações - além do que pode estar disponível no estudo histórico convencional.

No entanto, utilizou-se uma abordagem qualitativa de caráter exploratório-descritivo. Exploratório por proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito, e descritivo por descrever as características de um fenômeno, através da utilização de técnicas de coleta de dados.

1.4 Estrutura do trabalho

O presente trabalho foi estruturado em cinco capítulos. No capítulo 1, apresenta-se o cenário no qual se desenvolveu o trabalho, especifica-se o problema a ser estudado, definem-se os objetivos gerais e específicos e se estabelece a metodologia científica do trabalho.

No segundo capítulo, trabalha-se a fundamentação sobre os conhecimentos estabelecidos no histórico e conceitos de manufatura enxuta.

No terceiro capítulo, trabalham-se os conceitos de manutenção produtiva total e suas inter-relações.

No quarto capítulo, são descritos a empresa em que foi realizado o presente trabalho, o seu processo de produção e a aplicação do método, os desperdícios e realizada a análise dos resultados obtidos.

2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Com o atual momento da economia mundial e a queda cada vez maior dos resultados operacionais das empresas que utilizam os conceitos e princípios do sistema de produção tradicional, nos países desenvolvidos e em desenvolvimento ao redor do mundo, os princípios *lean* têm garantido progressos em industriais automobilísticas e ganhado espaço nas demais indústrias manufaturadas e de serviços.

Por várias vezes, foram estudadas as causas do grande sucesso de algumas nações e do grande fracasso de outras. Inúmeros autores, inclusive autores de renome como Adam Smith e Keynes, já formularam teorias para tentar explicar quais os fatores que realmente influenciam de maneira positiva, quanto também de maneira negativa, no crescimento econômico dos países. Segundo alguns estudiosos da conhecida escola regulacionista, a explicação pode estar na combinação de vários elementos que permitem que o capital possa ser acumulado e investido de maneira correta.

A teoria regulacionista diz ainda que existem dois principais modelos de produção que obtiveram bons resultados, cada um em sua época, durante todo o século XX. Esses dois modos são denominados fordismo e pós-fordismo.

Modo de produção, de acordo com Boyer, “designa toda forma específica das relações de produção e de trocas, ou seja, das relações sociais que regem a produção e a reprodução das condições materiais necessárias para a vida dos homens em sociedade.” Isso pode ser comprovado, sempre que se observa o impacto causado nos locais onde se estenderam os diferentes modos de produção que já existiram. Toda a sociedade é influenciada e a economia passa a se comportar de maneira parecida.

O fordismo foi criado nos EUA, por Henry Ford, sempre visando à economia de escala, reduzindo tempos e buscando eficiência e produtividade. Dessa forma ele conseguia diminuir o custo unitário de produção de um exemplar, pois os custos são divididos entre uma grande quantidade de exemplares produzidos. Esse sistema é mais conhecido como produção em massa e embasado nos conceitos de linha de

montagem funcional, onde os produtos se movimentam através de esteiras, passando pelos diversos postos de trabalho.

Antes de Ford, os automóveis eram feitos de maneira artesanal, onde todos usavam todas as máquinas para realizar todas as atividades. Isso exigia colaboradores altamente qualificados, tornava o processo lento e imprevisível, com várias atividades desnecessárias, grandes tempos de espera e, conseqüentemente, um alto valor agregado ao produto, que era adquirido apenas pelas mais altas classes sociais. Ford percebeu que para tornar o processo mais rápido deveria existir alguma maneira de imprimir a velocidade desejada ao sistema, não deixando isso nas mãos dos funcionários. Para isso, criou um sistema no qual as peças eram levadas aos funcionários e os carros em elaboração giravam pela fábrica fazendo com que os trabalhadores executassem suas atividades no ritmo em que a linha era conduzida. A padronização dos produtos também facilitou muito a obtenção de bons resultados pelo sistema Fordista. No sistema artesanal, cada produto era um projeto novo, cada um com suas peculiaridades que necessitavam peças diferentes. Dessa forma os produtos tinham diferentes fornecedores e diferentes padrões de qualidade. Porém, com a mudança de contexto da economia e da sociedade pós- guerra, a standardização toma o contexto da customização. Por causa disso, o modelo fordista declinou, já que pregava a total padronização dos produtos. Os clientes foram exigindo carros cada vez mais adequados ao seu próprio uso e, assim, o Ford T foi perdendo seu valor no mercado. A sociedade não mais se satisfazia com as relações trabalhistas impostas pelo Fordismo e aos poucos a sociedade vai necessitando de um novo sistema que atenda aos novos padrões, como a economia de escopo, que viabiliza a produção em pequenos lotes, mantendo a lucratividade.

Após a segunda guerra mundial, o Japão estava totalmente destruído. Qualquer empresa que quisesse se dar bem no Japão teria, antes de tudo, que evitar ao máximo qualquer tipo de desperdício de recursos, já que esse era o fator limitante do Japão, tanto na indústria como na sociedade. As estruturas organizacionais mais horizontais juntamente com políticas inovadoras de recursos Humanos foram pontos chave ao sucesso desse sistema.

Outros fatores muito importantes para o crescimento deste modelo de produção são os fatos dessas organizações transferirem o máximo de responsabilidades aos operários, de existirem sistema a prova de erros para identificar produtos defeituosos em instantes, sistemas de análise das causas dos problemas e eliminação dessas causas.

Aos poucos a economia de escala dá espaço a economia de escopo gerada pela especialização flexível, utilização de máquinas numericamente controladas que conseguem produzir pequenos lotes que permitem a estandardização através de sistemas de troca rápida de ferramentas que eram feitas entre uma produção e outra.

Como no Fordismo, o Sistema criado na Toyota, é um modelo que não se limita à indústria automobilística. Com a globalização, o capitalismo e o desenvolvimento tecnológico ficou muito simples adequar o modelo a outros tipos de empresas.

2.1 Origem do Sistema Toyota de Produção

Os conceitos de manufatura enxuta tão comumente citados na atualidade evoluíram ao longo de diversas etapas, tendo seu início há quase um século em 1914, quando Henry Ford montou o que chamava de produção em fluxo na sua fábrica em Highland Park em Detroit nos estados Unidos. Ford pode ser referenciado com justiça como o primeiro pensador de processos sistemáticos (enxutos), mas somente na condição especial de um único produto, altamente padronizado com praticamente nenhuma opção, produzido em um ciclo de vida muito longo.

Segundo Womack et al. (1992), as novas técnicas de Ford, dentre elas a divisão do trabalho, padronização das peças, a linha de montagem móvel, reduziram drasticamente os custos, aumentando ao mesmo tempo a produtividade e a qualidade do produto.

As invenções tornam-se úteis para as organizações somente quando são demonstradas em operações reais, em um momento de inovação. Começando no final da década de 40, após a segunda guerra mundial, os conceitos de produção enxuta foram testados em todas as áreas do negócio Toyota. O sistema de entrega (*fulfiment*)

do pedido, passando pela produção até a entrega, foi transformado por Taiichi Ohno. O sistema de desenvolvimento de produtos e processos foi utilizado pela primeira vez por Kenya Nakamura, primeiro engenheiro chefe da Toyota.

O sistema de gerenciamento de fornecedores foi concebido por Kiichiro Toyoda, uma vez que ele criou o grupo Toyota de fornecedores. E o sistema de gerenciamento que unia todas as partes foi adicionado pelo presidente do conselho da Toyota, Eiji Toyoda, nas décadas de 50 e 60.

Aprimorar essas inovações inter-relacionadas e disseminá-las em cada aspecto da Toyota e nos seus grupos de fornecedores e concessionárias foi uma tarefa demorada que se estendeu pela década de 1970.

Foi somente em 1973, com a crise do petróleo, que o sistema Toyota de produção ganhou destaque no cenário mundial. Um fato, porém chamou a atenção de todos para o Oriente: A Toyota Motor Company conseguiu manter os ganhos maiores do que as outras empresas, mesmo tendo perdido com a recessão. A diferença cada vez maior na maneira de produzir entre a Toyota e às outras empresas do mundo fez com que as pessoas se perguntassem sobre como ela poderia estar fazendo aquilo. O grande desafio da Toyota era cortar custos, mas conseguindo produzir pequenas quantidades de muitos tipos de carros.

Womack et al. (1992) afirma que as condições que o Japão dispunha, necessitava de uma demanda limitada e de uma grande variedade de produtos. A força de trabalho nativa, com seus direitos fortalecidos frente às novas leis trabalhistas, estava reivindicando garantias de empregabilidade e participação nos lucros da empresa e já não aceitavam condições precárias de trabalho em troca de remuneração compensadora.

Além disso, com sua economia em situação delicada, o país não dispunha de recursos para investimentos em tecnologia de ponta e aquisição de muitas máquinas dedicadas à manufatura de somente um tipo de produto, pouco versáteis, como exigia o sistema de produção em massa.

Outro fator que colaborou com o desenvolvimento desse novo sistema de produção foi a instalação dos conceitos da qualidade na indústria japonesa. Estes foram difundidos no Japão na década de 40, por iniciativa das forças de ocupação norte-americanas e sob a liderança de consultores como W. E. Deming, J. M. Juran e A. Feigenbaum.

O mundo já havia passado da fase em que a indústria vendia tudo o que produzisse, resultado do desequilíbrio entre oferta e demanda após a última Grande Guerra, evoluindo para um ambiente onde a disponibilidade não era mais vantagem competitiva. Até então, o princípio da produção em massa segundo o qual o custo de um bem diminui drasticamente na proporção do aumento das quantidades produzidas, havia sido inteiramente comprovado (OHNO, 1997). A rápida reação da indústria japonesa deu-se pela falta de alternativas do Japão, dependente de fontes energéticas e materiais, teve como única opção a melhor administração desses recursos.

Ohno (1997), um dos responsáveis pelo desenvolvimento do Sistema Toyota de Produção, afirma que o Sistema Toyota de Produção desenvolveu-se a partir de uma necessidade. Certas restrições no mercado tornaram necessária a produção de pequenas quantidades e de muitas variedades de produtos sob condições de baixa demanda. Foi esse o destino da indústria automobilística japonesa no período de pós-guerra.

A produção enxuta, segundo Womack et al. (1992), unia as vantagens da produção artesanal, com trabalhadores altamente qualificados e ferramentas flexíveis para produzir exatamente o que o consumidor deseja, às vantagens da produção em massa, com elevada produtividade e baixo custo. Este sistema inovador objetivava produzir muitos modelos em pequenas quantidades sem elevar os custos de produção.

Na figura 2.1, tem-se um comparativo entre os três sistemas de produção: artesanal, em massa e a enxuta.

| | Artesanal | "em Massa" | Enxuta |
|---------------------------|-------------------------------|---|--|
| Produção | Uma peça por vez | "Em Massa" | Somente quando o cliente solicitar |
| Volume de Produção | Baixo Volume | Foco no Volume de Produção | Possibilita alto volume de produção, se existir demanda. |
| Ferramentas | Simple e Flexíveis | Máquinas caras e pouco versáteis | Right Sized Tools |
| Qualidade | O que puder ser feito! | Bom o suficiente! | Busca constante pela perfeição! |
| Cliente/Mercado | Produto definido pelo cliente | Produz uma opção padrão para o mercado. | Produz diversas opções de produtos para escolha. |
| Funcionário | Altamente especializado | Semi qualificado em trabalho monótono | Qualificado e Multifuncional (Responsável pelo seu trabalho) |
| Custo | Altíssimo | Baixo | Mais Baixo Ainda !!! |

Figura 2.1 – Comparativo entre os três sistemas de produção: artesanal, em massa e a enxuta

Fonte: Treinamento Mentalidade Enxuta - Mecesa

Fabricantes de todo o mundo tentam agora adotar a produção enxuta como uma forma de diferencial competitivo. Assim, espera-se eliminar de maneira consistente os desperdícios causados pelas práticas da produção em massa e produzir de acordo com a demanda.

A eliminação do desperdício guiava todas as ações da Toyota para reduzir as desvantagens em relação à economia ocidental na busca pelo seu desenvolvimento. Ohno (1997, p.39) afirma que: "O objetivo mais importante do Sistema Toyota tem sido aumentar a eficiência da produção pela eliminação consistente e completa de desperdícios".

A nova filosofia de produção que visa à eliminação dos desperdícios é conhecida como Produção Enxuta ou Sistema Toyota de Produção, constituindo-se no modelo adotado na Toyota e estruturado por Taiichi Ohno, vice-presidente da companhia na época. A evolução deste conceito não teve como base estudos científicos formais e sim aplicações práticas como: visitas a fábricas, descrições de casos e consultorias como meios de embasamento dos dados.

Apesar do consenso entre autores e especialistas acerca da aplicabilidade da Produção Enxuta em qualquer tipo de empresa, a base referencial disponível na literatura sobre Produção Enxuta é predominantemente focada nos casos dos processos produtivos da indústria automobilística.

Temos várias definições sobre manufatura enxuta, de uma maneira mais clara segue: "é uma forma de se fazer cada vez mais com cada vez menos - menos esforço

humano, menos equipamentos, menos tempo e menos espaço – e, ao mesmo tempo, aproximar-se cada vez mais de oferecer aos clientes exatamente o que eles desejam” (WOMACK e JONES, 2004).

As empresas não devem usar esta filosofia apenas para reduzir os custos e aumentar os lucros, esta é uma visão muito estreita do potencial desta mentalidade, os resultados em longo prazo da eliminação de desperdícios é um processo de fabricação dinâmico, eficiente em termos de custos e orientado para a qualidade com atuação direta sobre o consumidor, que se torna uma arma estratégica. Como a aplicação dos conceitos de manufatura enxuta propicia um sistema produtivo mais eficiente e com menos desperdícios, as empresas não precisam ficar tão dependentes do setor de marketing para conseguir diferenciar seus produtos e aumentar sua participação no mercado.

Womack et al. (1992), ao esclarecer por que é tão importante para os fabricantes em todo o mundo se livrarem de décadas de produção em massa em prol da manufatura enxuta, afirma que a adoção da manufatura enxuta resultará em mudanças globais em quase todas as indústrias: nas alternativas para os consumidores, na natureza do trabalho, no destino das companhias.

Este relato torna-se verdadeiro à medida que a produção enxuta orienta suas atividades de acordo com as necessidades dos clientes, fornecendo uma maior variedade de produtos. Além disso, um dos objetivos deste sistema é trazer a responsabilidade para a base da pirâmide organizacional, motivando os funcionários a desenvolver suas habilidades e trabalhar em equipe.

Um fato importante a ser destacado é que Manufatura Enxuta não é a mesma coisa que *Just in Time (JIT)*, entende-se que *Just in Time* é apenas um dos princípios dentro do paradigma enxuto. Nas palavras de Ghinato (1995, p. 42): “o *JIT* é apenas um meio para se alcançar o verdadeiro objetivo do Sistema Toyota de Produção que é o de aumentar o lucro através da completa eliminação dos desperdícios.”

2.2 Pilares do Sistema Toyota de Produção

Segundo Ohno (1997), o objetivo do Sistema Toyota de Produção é a absoluta eliminação do desperdício e a postura básica deste sistema é sustentada pelo *Just in Time* (fazer na hora certa, no momento certo) e pela Autonomia (automação das máquinas com inteligência humana).

De acordo com Ohno (1997, p.26), *Just in time* significa que, em um processo de fluxo, as partes corretas necessárias à montagem alcançam a linha de montagem no momento em que são necessárias e somente na quantidade necessária. Uma empresa que estabeleça este fluxo integralmente pode chegar ao estoque zero.

É óbvio que aplicar o *Just in time* ao plano de produção de todos os processos de forma ordenada é muito difícil. Segundo Ohno (1997), falha na previsão da demanda, no preenchimento de formulários, produtos defeituosos, retrabalho, problemas na manutenção dos equipamentos, absenteísmo etc – os problemas são incontáveis – tornam muito difícil o trabalho de adotar o STP. Todos estes eventos irão parar a linha de produção ou alterar um plano, independente do que foi planejado.

De acordo com Ohno (1997), se tais situações forem desconsideradas e somente o plano de produção for considerado para cada processo, as partes seriam produzidas sem a preocupação com os processos seguintes. O resultado disto seriam os mais diferentes tipos de desperdício, como componentes defeituosos e imensos estoques de componentes desnecessários. Isto tanto reduz a produtividade quanto a lucratividade.

A situação se agravaria mais ainda pelo fato de não haver meios de diferenciar os estados normal e anormal de cada linha de montagem. “Portanto, para produzir usando o *Just in time* de forma que cada processo receba o item exato necessário, quando ele for necessário, e na quantidade necessária, os métodos convencionais de gestão não funcionam bem”, (Ohno, 1997, p. 26).

A autonomia é diferente da simples automação. Ela é conhecida como automação com o toque humano e consiste predominantemente em, uma técnica para detectar e corrigir defeitos de produção através de um dispositivo que detecta

anormalidades no processo produtivo ou adverte o operador quanto à existência de um defeito (*pokayoke*), aliada a uma maior autonomia dada aos trabalhadores de chão de fábrica, que têm liberdade para buscar soluções para problemas de produção e até mesmo a possibilidade de parar a linha ou a máquina quando anormalidades ou defeitos ocorrerem. De acordo com Monden (1984), a automação envolve algum tipo de automação, ela não é limitada ao processo da máquina, mas utilizada em conjunto com a operação manual.

A automação apóia o *JIT*, pois elimina a superprodução e impede a fabricação de produtos defeituosos, interrompendo o processo no caso de anormalidades, permitindo que a situação seja investigada. Isto é vantajoso já que possibilita que a empresa valorize o conhecimento do operário não só para se evitar a produção defeituosa, mas também no tratamento dos problemas detectados.

É essencial observar que em períodos de grande crescimento econômico todos os fabricantes serão capazes de produzir com custos mais baixos em virtude dos grandes lotes que serão fabricados, mas isto não é verdade para períodos de baixo crescimento econômico, onde se torna difícil reduzir custos, pois neste caso a demanda é muito menor. Ohno (1997) afirma que “não há método mágico”, o que é importante é ter um sistema de gestão que desenvolva a habilidade humana até a sua mais plena capacidade, a fim de que se operem bem as instalações e as máquinas, e desta forma eliminar totalmente o desperdício.

O fato é que o estilo tradicional de produzir está fortemente enraizado na mente de operadores e administradores. É muito difícil romper com esta tradição, na qual os operadores têm tarefas fixas. No sistema japonês, os operadores adquirem um amplo espectro de habilidades produtivas, ou manufatureiras, e participam ativamente da construção de um sistema total na área de produção. Desta forma, segundo Ohno (1997), no STP o indivíduo encontra valor no seu trabalho.

Também no sistema convencional, um processo inicial envia continuamente produtos para um processo final, independentemente das exigências daquele processo. Logo, montanhas de peças começam a se formar nos processos finais. Numa situação como esta, os trabalhadores gastam o seu tempo procurando por

espaço para estocagem e buscando peças, ao invés de progredir na parte mais importante de seu trabalho – agregar valor.

Tudo isto ocorre pelo fato de os administradores se sentirem mais seguros com a quantidade considerável de estoques, assumindo, claramente, um sistema de racionalização das perdas.

2.3 Princípios do STP

Womack e Jones (2004) sistematizaram cinco princípios necessários para orientar a configuração de um sistema enxuto de produção:

1. A definição detalhada do significado de valor de um produto a partir da perspectiva do cliente final, em termos das especificações que este deveria ter, considerando aspectos relacionados às suas capacidades, ao seu preço e ao tempo de produção;
2. A identificação da cadeia de valor para cada produto ou família de produtos e a eliminação das perdas;
3. A geração de um fluxo de valor com base na cadeia de valor obtida;
4. A configuração do sistema produtivo de forma que o acionamento da cadeia de valor seja iniciado a partir do pedido do cliente ou; em outras palavras, a utilização de uma programação puxada;
5. A busca incessante da melhoria da cadeia de valor através de um processo contínuo de redução de perdas.

2.3.1 Especifique Valor

Segundo Womack e Jones (2004), o ponto essencial para o sistema de produção enxuta é o valor, o valor que o cliente final dá ao produto ou serviço. Diferente do que muitos pensam, não é a empresa e sim o cliente que define o que é valor. O que os clientes desejam é que as suas necessidades sejam atendidas a um preço específico,

em um momento específico, porém poucas empresas promovem agressivamente essa definição de valor. Para ele, cliente, a necessidade gera o valor e cabe às empresas determinarem qual é essa necessidade, procurar satisfazê-la e cobrar por isso um preço específico para manter a empresa no negócio e aumentar os lucros via melhoria contínua dos processos, reduzindo os custos e melhorando a qualidade. Este valor definido pelo cliente muda constantemente e deve ser sempre atualizado.

Inúmeras são as dificuldades para definir valor. Uma delas é que a maioria das empresas quer fabricar o que já estão fabricando e os clientes só sabem pedir o que já estão obtendo e quando vão repensar o valor, geralmente só pensa em custo baixo, maior variedade de produtos, entrega imediata, em vez de questionar realmente o valor do produto e as antigas definições para saber o que realmente é necessário. Na criação de novos produtos, outra dificuldade, as empresas dão aos seus produtos complexidades que os clientes não desejam e que muitas vezes nem sabem o que é agregando custo ao produto desnecessariamente. Um outro problema é que quando é necessário uma cadeia de fornecedores para se obter o produto final, cada um só pensa na melhor forma de adequar as suas necessidades, sem olhar para o produto comum através dos olhos dos clientes.

As empresas esbarram ainda na ineficiência das ferramentas destinadas à definição de valor. Embora já existam aplicações que auxiliem na análise de valor, ainda existe certo ceticismo em relação às reais contribuições de tais metodologias atualmente para a determinação do que efetivamente importa para o cliente final do produto acabado. E sem a correta definição de valor, os passos seguintes da lógica da produção enxuta, como a configuração da cadeia de valor e a geração do fluxo de valor ao longo desta cadeia, tornam-se incompletos em termos dos reais benefícios que podem prover para os sistemas produtivos.

A maioria das empresas pode aumentar substancialmente suas vendas se encontrarem mecanismos que lhes permitam repensar o valor dos seus produtos essenciais para seus clientes, já que todos os desperdícios visíveis serão eliminados e, conseqüentemente, obterão a redução de custos, dando a empresa oportunidades de

reduzir preços ou fazer outros investimentos que lhes for mais conveniente, podendo agregar um valor adicional ao produto.

Em suma, especificar o valor com precisão é o primeiro passo essencial no pensamento enxuto. Oferecer o bem ou o serviço errado da forma certa é desperdício (WOMACK e JONES, 2004).

2.3.2 Cadeia de Valor

O próximo passo consiste em identificar a cadeia de valor. Cadeia de valor, segundo definição do *Lean Institute*, são todas as atividades, que criam valor ou não, necessárias para transformar insumos em produtos, ou seja, significa dissecar a cadeia produtiva e separar os processos em três tipos: aqueles que efetivamente geram valor, aqueles que não geram valor, mas são importantes para a manutenção dos processos e da qualidade e, por fim, aqueles que não agregam valor, devendo ser eliminados imediatamente.

Segundo Rother e Shook (1999), todos os fluxos essenciais ao produto devem ser analisados: (1) o fluxo de produção desde a matéria-prima até os braços do consumidor e (2) o fluxo do projeto do produto, da concepção até o lançamento. Inicialmente, na implantação da filosofia de produção enxuta nas empresas, o fluxo que é analisado é o fluxo de produção que vai desde a demanda do consumidor até a matéria-prima, porém o fluxo total de valor vai da cadeia de fornecedores, passa pela empresa, até o usuário final.

Mapear um fluxo de valor ou identificar a cadeia de valor é seguir o caminho da fabricação do produto do início até o fim e desenhar uma representação visual de todos os processos. É importante que não seja analisada atividades separadas ou máquinas isoladas, deve-se analisar todas as ações específicas necessárias na produção de produtos, para ver como elas interagem uma com as outras e, em seguida, questionar as ações que isoladamente ou em conjunto não criam e nem otimizam valor para o cliente.

Na impossibilidade de eliminação de algumas atividades de fluxo, como acontece com aquelas atividades auxiliares, que embora não agreguem valor diretamente ao produto final, mas são necessárias para que as que agreguem efetivamente ocorram, deve-se buscar a redução de sua participação do processo produtivo. Muitas etapas somente são necessárias devido à maneira como as empresas estão organizadas ou decisões prévias sobre ativos e tecnologias.

Segundo Rother e Shook (1999), no mapeamento do fluxo de valor, o fluxo de produção deve conter o movimento de materiais e o fluxo de informação, que diz para cada processo o que fabricar ou fazer em seguida. Na produção enxuta, o fluxo de informação deve ser tratado com tanta importância quanto o fluxo de material. A Toyota e seus fornecedores podem até usar os mesmos processos de transformação que a produção em massa, mas o diferencial está na maneira como são reguladas as suas produções.

Em suma, o mapeamento do fluxo de valor ou a identificação da cadeia de valor ajuda a empresa a enxergar o estado atual do seu processo e focar num fluxo que agregue valor, eliminando os desperdícios.

2.3.3 Fluxo de valor

Após a cadeia de valor ter sido identificada o próximo passo a ser feito é criar um fluxo para as atividades que criam valor, ou seja, deve-se dar "fluidez" para os processos e atividades que restaram. Isso exige uma mudança na mentalidade das pessoas. Todos nós nascemos em um mundo mental de "funções" e "departamentos", uma convicção comum de que as atividades devem ser agrupadas pelo tipo para que possam ser realizadas de forma mais eficiente e gerenciadas com mais facilidade, gerando lotes, ou seja, espera para a próxima atividade (WOMACK e JONES, 2004).

Deve-se deixar de lado a idéia de que ter produção por departamentos é a melhor alternativa. Ainda segundo Womack e Jones (2004), é necessário combater o pensamento departamentalizado, em lotes, porque as tarefas quase sempre podem ser

realizadas de forma muito mais eficiente e precisa quando se trabalha continuamente no produto da matéria-prima à mercadoria acabada.

Um dos pontos importantes para constituir um fluxo contínuo é a definição do layout. Segundo Corrêa e Giansesi (1996), para se ter redução de estoques, redução de lotes de fabricação, envolvimento de mão-de-obra, fluxo contínuo de produção e aprimoramento contínuo são necessárias mudanças no arranjo dos recursos produtivos no espaço disponível da fábrica.

O arranjo geralmente utilizado nas empresas de manufatura enxuta é o arranjo celular organizado por família de produtos. Segundo Rother e Harris (2002), célula é um arranjo de pessoas, máquinas, materiais e métodos em que as etapas do processo estão próximas e ocorrem em ordem seqüencial, através do qual as partes são processadas em um fluxo contínuo (ou em alguns casos, de forma consistente com lotes pequenos mantidos em toda a seqüência das etapas do processo).

Porque organizar por família de produtos e não por produtos? Ainda segundo Rother e Harris (2002), às vezes a demanda é suficientemente alta para permitir que cada célula seja dedicada exclusivamente a um único produto, porém se a demanda variar entre diferentes produtos e for possível manter o tempo de troca curto, será melhor compartilhar os modelos de produtos entre células multi-modelos. A capacidade permanece a mesma, mas a habilidade para acomodar as mudanças da demanda de produtos é muito maior. A demanda por um produto pode variar, mas a demanda por família é geralmente mais estável.

O que define, principalmente, uma família de produtos é o seu roteiro de fabricação. As células são formadas pelos equipamentos necessários para processar os componentes da família, dispostos de uma maneira que reduza a movimentação de materiais. Os componentes da mesma família geralmente possuem dimensões e formas similares, visando possibilitar o menor tempo de preparação na passagem de componentes de um produto ou outro.

Segundo Corrêa e Giansesi (1996), para que uma célula seja viável economicamente e operacionalmente, é necessário que as máquinas sejam agrupadas

de maneira mais próxima, que as células sejam flexíveis em relação ao mix de capacidade, que sejam suficientemente grandes para que a ausência de um funcionário não interrompa sua operação e suficientemente pequena para que os operadores se identifiquem com a célula que trabalham e conheçam bem seus produtos e equipamentos. Outro ponto importante é que os funcionários sejam flexíveis e polivalentes, para operar as máquinas próximas e substituir operadores ausentes.

Outro ponto que deve ser levado em consideração na definição do fluxo contínuo é o nivelamento da produção. De acordo com Tardin (2003), o nivelamento da produção tem por objetivo a redução do tamanho dos lotes para que se possa ajustar a produção a qualquer mudança na demanda. A redução de lotes traz conseqüentemente um aumento da frequência de *setups*. É de fundamental importância, na utilização de células organizadas por família de produtos, a redução do tempo de preparação (*setup* rápido), caso isso não ocorra, teremos o desperdício de espera e esta flexibilidade não vai ser uma vantagem.

Segundo Shingo (2000), para que o nivelamento funcione, o balanceamento e a sincronização da produção devem ser efetivados. O balanceamento tem por objetivo uniformizar a produção, ou seja, fazer com que quantidades necessárias de itens sejam submetidas ao processamento no momento necessário, de tal maneira que operários e máquinas estejam organizadas para realizar tal demanda no mesmo ritmo e carga de trabalho ou ainda, segundo Corrêa e Giansesi (1996) é uma forma de alocação das diversas tarefas necessárias à execução completa da montagem, aos postos de trabalho que compõem a linha, de modo a garantir que todos os postos tenham cargas de trabalho equivalentes. Aqui entra o conceito de tempo de ciclo. Tempo de ciclo é o intervalo de tempo entre unidades sucessivas que saem de um processo. Significa também o tempo para que o operador complete o ciclo de trabalho de uma unidade, ou seja, é o tempo de processamento de um produto. Para que a célula esteja balanceada os tempos de ciclo das estações de trabalho devem ser iguais, ou seja, não devem existir gargalos. O objetivo é manter o fluxo homogêneo, produzindo apenas de acordo com a necessidade do próximo processo. Além disso, segundo Shingo (2000), para que o balanceamento funcione os processos têm que ser sincronizados.

Sincronização, segundo Slack et al. (1997), significa ajustar a saída de cada estágio do processo de produção para garantir as mesmas características de fluxo para cada um dos componentes, à medida que eles avancem cada estágio, ou seja, um seqüenciamento eficiente de processos tem que ser implementado através de um sistema que puxe a produção com a utilização de cartões kanban. Ao final de tudo tem-se então um fluxo de produção e uma forma de manter as peças em suprimento constante para serem processadas.

Definir fluxo contínuo com as atividades restantes é uma tarefa difícil do processo, mas bastante estimulante. O efeito imediato da criação de fluxos contínuos pode ser sentido na redução dos tempos de concepção de produtos (*lead time*), de processamento de pedidos e em estoques, no aumento de produtividade e na redução de erros e sucatas.

Em suma, as coisas funcionam melhor quando focaliza-se o produto e as suas necessidades, e não a organização ou o equipamento, de modo que todas as atividades necessárias para se projetar, pedir e fornecer um produto ocorram em fluxo contínuo (WOMACK e JONES, 2004).

2.3.4 Produção puxada

Após especificarmos corretamente o valor e comprimir o *lead time* através do fluxo contínuo, é importante que os clientes possam ter exatamente o desejado, quando desejado, esta é a diretriz da produção puxada.

Para que possamos entender o que é a produção puxada é necessário vermos primeiro o conceito de produção empurrada. Segundo *Lean Institute*, produção empurrada é quando cada etapa do processo produz conforme o programa gerado pela previsão de vendas (produção baseada em uma suposição). Em contrapartida, produção puxada é um sistema de produção que cada etapa do processo só deve produzir um bem ou serviço quando o processo posterior ou cliente final solicitar (WOMACK e JONES, 2004). A diferença entre os dois sistemas é que no sistema puxado só será produzido o que realmente o cliente precisar. Este sistema evita o

desperdício de superprodução e a necessidade de empurrar para os clientes produtos indesejados, através de promoções.

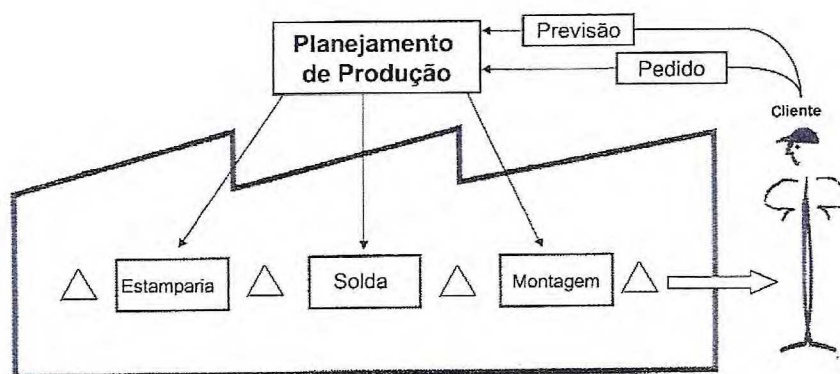


Figura 2.2 – Produção Empurrada

Fonte: Battaglia (2002-2004, p. 35)

A idéia de produção puxada nasceu da observação de um supermercado. Ohno (1997) afirma que é num supermercado que o cliente pode obter o que é necessário, no momento necessário e na quantidade necessária. O processo final (cliente) vai ao processo inicial (supermercado) para adquirir as peças necessárias no momento e na quantidade que precisa. O processo inicial imediatamente produz a quantidade recém retirada (reabastecimento das prateleiras).

É de fundamental importância neste sistema que a sincronização da produção seja realizada a partir do mercado consumidor, ou seja, a relação entre o tempo disponível para produção e a demanda do cliente deve ser determinada. A esta relação dá-se o nome de *takt-time* (WOMACK e JONES, 2004).

Takt-time é a velocidade na qual os clientes solicitam os produtos acabados. O ideal numa produção puxada é que o tempo de ciclo seja igual ao *takt-time*, como o ideal não se aplica, é o ritmo de consumo que deve determinar o ritmo de produção. Atualmente o que é feito é estabelecer a produção baseada na capacidade das máquinas, gerando estoques desnecessários e muitas vezes não satisfazendo o cliente.

Nem sempre a produção puxada é aplicada às células de montagem ou processos colocados em fluxo contínuo. Existem situações em que os processos são independentes e separados. Nestes casos a atividade seguinte precisa de um “aviso”

para ser executada, ou ainda, precisa atender a demanda do processo posterior, sem provocar perdas.

Segundo Tardin (2003), para fornecer a ordem de produção ou a informação para que os processos produzam é necessário utilizar um kanban como forma de sinalização. No caso de atender às necessidades do processo anterior, utilizam-se supermercados entre os processos com o objetivo de trabalhar de acordo com a demanda de forma a não perder o sincronismo, que pode ser causado por parada de máquina, falta de matéria prima, demanda flutuante etc. Um supermercado seria então um estoque controlado de itens usados com o intuito de lidar com as variabilidades e programar o processo fornecedor.

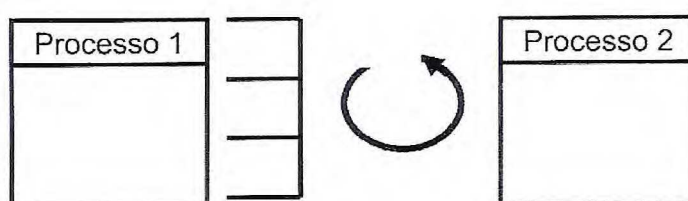


Figura 2.3 – Produção Puxada

Fonte: Battaglia (2002-2004, p. 34)

Qual seria a diferença, então, entre supermercado e estoque? Ainda segundo Tardin (2003), estoque é uma quantidade de peças que não se tem controle, já um supermercado tem-se o controle dos itens componentes. A idéia é administrar o fluxo entre os processos organizados a partir do sistema puxado em que se busca produzir o mais próximo do possível do consumo real.

Em suma, com a produção puxada, as empresas não mais empurram os produtos para o consumidor (desovar estoques) através de descontos e promoções é o consumidor quem passa a "puxar" a produção, eliminando estoques e dando valor ao produto.

2.3.5 Perfeição

O quinto e último passo da Mentalidade Enxuta deve ser o objetivo constante de todos envolvidos nos fluxos de valor. Perfeição, segundo Womack e Jones (2004), é a eliminação total do desperdício para que todas as atividades ao longo de uma cadeia de valor criem valor.

Womack e Jones (2004) complementam que toda empresa precisa utilizar duas abordagens em busca da perfeição. Primeiro: Aplicar os quatro princípios do pensamento enxuto: especificação do valor, identificação da cadeia de valor, fluxo e produção puxada. E em segundo lugar, deve-se resolver que formas de desperdícios serão atacadas primeiras. É preciso formar uma visão, definir duas ou três etapas para atacar e deixar as outras etapas para depois. Para que der certo é necessário seguir o princípio geral de se fazer uma coisa de cada vez e trabalhar continuamente nela até que seja finalizada a atividade de melhoria.

Para buscar a perfeição, ainda segundo Womack e Jones (2004), é imprescindível que as pessoas envolvidas no sistema de produção enxuta aprendam a ver: ver a cadeia de valor, ver o fluxo de valor, ver o valor sendo puxado pelo cliente. Ver resulta trazer a perfeição à luz do dia, para que o objetivo da melhoria fique visível e seja real para a empresa como um todo. O estímulo mais importante à perfeição é a transparência. Num sistema enxuto, todos os envolvidos, sejam subcontratados, integrantes, clientes, distribuidores, todos podem ver tudo e assim fica mais fácil de descobrir melhores formas de criar valor.

Quando uma empresa está dedicada a buscar a perfeição, não importa o número de vezes que um funcionário melhore uma atividade, sempre será encontrada uma outra forma de reduzir o desperdício seja eliminando esforços, ou tempo, ou espaço ou erros. A busca por esse aperfeiçoamento contínuo em direção a um estado ideal deve nortear todos os esforços da empresa, em processos transparentes onde todos os membros da cadeia (montadores, fabricantes de diversos níveis, distribuidores e revendedores) tenham conhecimento profundo do processo como um todo, podendo dialogar e buscar continuamente melhores formas de criar valor.

É importante ter em mente que nenhuma imagem da perfeição é perfeita. Tentar imaginar e chegar lá é impossível, mas o esforço para fazê-lo oferece a inspiração e a direção essenciais para o progresso ao longo do caminho (WOMACK e JONES, 2004)



Figura 2.4 – Perfeição

Fonte: Battaglia (2002-2004, p. 43)

2.4 Desperdícios no STP

Desperdício, segundo Hay (1992), é qualquer quantidade maior que o mínimo necessário de equipamento, materiais, componentes e tempo de trabalho absolutamente essencial à produção ou, ainda, qualquer coisa que não seja absolutamente o mínimo de recursos, materiais, equipamentos e de força de trabalho requeridos para adicionar valor ao produto ou ainda tudo que demanda tempo, recursos ou espaço mas não agrega valor ao produto ou serviço oferecido ao cliente.

Mas o que agrega valor ao produto? Apenas uma atividade que muda fisicamente o produto agrega valor. Atividades como inspeção, transporte, contagem, estoque, agregam custo, mas não valor. Tudo que agrega custo e não valor ao produto é chamado de desperdício e deve ser eliminado. Dentro dessa categoria geral, é útil distinguir entre desperdício do tipo 1 que consiste das atividades que não podem ser eliminadas imediatamente e desperdício do tipo 2, as atividades que podem ser rapidamente eliminadas através de kaizens.

Segundo Hay (1992), em média, apenas 8 a 11% das atividades de produção agregam valor ao produto. Se compararmos o tempo investido em agregar valor e o tempo gasto com desperdício, o número é ainda pior. A maioria das empresas descobre que as etapas de fabricação que realmente agregam valor ao produto representam menos de 0,5% de todo o tempo gasto na sua realização.

Segundo Shingo (2000), existem dois tipos de operação: as que agregam valor e as que não agregam valor. As operações que não agregam valor têm que ser vistas como desperdício e devem ser eliminadas ou minimizadas. “Os consumidores não estão dispostos a pagar pela ineficiência dos fabricantes”, afirma Ohno (1997) e esta ineficiência está diretamente ligada às atividades que não agregam valor, pois os consumidores não aceitam que os custos do produto sejam aumentados em função do excesso desse tipo de atividade.

Na visão de Slack et al (1999) e Corrêa et al (2001) definem os sete tipos clássicos de desperdícios, da seguinte maneira:

- Desperdício da superprodução: significa produzir mais do que é imediatamente necessário para o próximo processo na produção. Representa a maior das fontes de desperdício. Corrêa et al (2001) afirmam que este fato provém, em geral, de problemas e restrições do processo produtivo, como: elevados tempos de preparação das máquinas, ocorrência de problemas de qualidade, baixa confiabilidade dos equipamentos, falta de coordenação entre vendas e produção, grandes distâncias a percorrer com o material em função de um arranjo físico inadequado, entre outros.
- Desperdício do tempo de espera: eficiência de máquina e eficiência de mão-de-obra são duas medidas comuns e são largamente utilizadas para avaliar os tempos de espera da máquina e da mão-de-obra, respectivamente. Porém, bem menos perceptível, é o tempo de espera que é gerado quando os operadores estão ocupados produzindo estoque em processo, desnecessário naquele exato momento. Corrêa et al (2001) destacam que o STP coloca ênfase no fluxo de materiais e não nas taxas de utilização dos equipamentos, que só devem trabalhar se houver necessidade.
- Desperdício de transporte: de acordo com Corrêa et al (2001), a atividade de transporte e movimentação não agrega valor ao produto produzido e é necessária em função das restrições existentes no processo e nas instalações, que por não possuírem layout adequado geram perdas sob a forma de grandes distâncias que devem ser percorridas pelo material em processo. Muita ênfase tem sido dada às técnicas de transporte e armazenagem de materiais, enquanto o que é realmente importante é

eliminar a necessidade deste armazenamento, que é gerada por estoques desnecessários.

- Desperdício de processamento em si: de acordo com Slack et al (1999), no próprio processo pode haver operações apenas em função do projeto ruim de componentes ou manutenção ruim, podendo, portanto, ser eliminadas. Corrêa et al (2001) afirmam ser comum o fato de os administradores se preocuparem em como realizar as atividades mais rapidamente, sem antes questionar se tais atividades são realmente necessárias. Qualquer elemento que adicione custo e não valor ao produto deve ser investigado.

- Desperdício de estoque disponível: Corrêa et al (2001) dizem que os estoques além de ocultarem outros tipos de desperdício significam desperdício de investimento e espaço. A redução deste tipo de desperdício deve ser feita por meio da eliminação das causas geradoras de se manter estoques.

- Desperdício de movimento: de acordo com Slack et al (1999), um operador pode parecer ocupado quando procura uma caixa de componentes desaparecida ou vai até o supervisor para solicitar uma requisição de matéria-prima para levá-la ao almoxarifado e coletar o material de que está precisando. Na verdade, o valor agregado destas atividades é nulo. Corrêa et al (2001) explicam que o STP adota metodologias de estudo de métodos e do trabalho, com o intuito de alcançar economia e consistência dos movimentos. A economia dos movimentos aumenta a produtividade e a consistência contribui para o aumento da qualidade. A importância das técnicas de estudo dos tempos e métodos é justificada, pois o STP se baseia essencialmente em baixa tecnologia, a qual está apoiada em soluções simples e de baixo custo, em vez de grandes investimentos em automação. Caso se decida pela automação, deve-se antes aprimorar os movimentos para, só então, automatizar. Caso contrário, corre-se o risco de automatizar o desperdício, explicam Ohno (1997) e Corrêa et al (2001).

- Desperdício de produzir produtos defeituosos: Corrêa et al (2001) esclarecem que produzir produtos defeituosos significa desperdiçar materiais, disponibilidade de mão-de-obra, disponibilidade de equipamento, movimentação de materiais defeituosos, armazenagem de produtos defeituosos, inspeção de produtos defeituosos, entre outros. No STP os defeitos não devem ser gerados e muito menos aceitos. Como

contramedida, normalmente se utilizam os dispositivos à prova de falhas, que procuram eliminar os erros que surgem no processo. Estes dispositivos são os poka-yoke.

Assim, no sistema de Produção Enxuta, tudo o que não agrega valor ao produto, visto sob os olhos do cliente, é desperdício. Todo desperdício apenas adiciona custo e tempo. Todo desperdício é o sintoma e não a causa do problema (OHNO, 1997).

O TPM surgiu com o objetivo da maximização de eficiência do sistema de produção, do aproveitamento total dos recursos existentes e da busca pela perda zero, através de uma maior qualificação das pessoas e de melhorias realizadas nos equipamentos. O TPM busca a sincronização entre os 4 M's: equipamento (*machine*), homem (*man*), material e método.

Segundo o *Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM)* o TPM visa:

- Criar uma cultura corporativa que persiga constantemente à melhoria da eficiência do sistema produtiva;
- Construir um sistema para prevenir qualquer tipo de perda para atingir o “zero acidente, zero defeito e zero falha” em ciclo de vida um sistema de produção;
- Abranger todos os departamentos, incluindo produção, desenvolvimento, marketing e administração;
- Exigir envolvimento completo, desde a direção até o chão de fábrica;
- Atingir perda-zero através das atividades de pequenos grupos.

Souza e Lima (2003) destacam que as empresas de classe mundial que buscam a excelência nos serviços e produtos de sua competência, perseguem sempre inovações e procuram estar na vanguarda da aplicação da tecnologia no seu processo produtivo e, principalmente, na gestão do seu maior patrimônio, que são os seus colaboradores internos e externos. Estas empresas buscam nos departamentos de manutenção, conforme os autores, os resultados positivos de desempenho do seu sistema produtivo para garantir ganhos em produtividade e qualidade, simultaneamente a uma redução de custos de manutenção. Desta forma, a manutenção passa a ser considerada como uma função estratégica, que agrega valor ao produto.

A implantação do TPM é uma campanha que abrange a empresa inteira, busca através de melhorias incorporadas as pessoas e aos equipamentos, o que significa tornar os colaboradores e a organização aptos a conduzir a fábrica. Estas mudanças promovem melhorias na estrutura orgânica das empresas, o que pode ser apontado

como o principal objetivo do TPM (MIRSHAWKA e OLMEDO, 1993). O envolvimento da liderança é fundamental para o sucesso da implantação. Dentre algumas atividades do TPM temos:

- Investigar e melhorar máquinas, matrizes, dispositivos e acessórios, de modo que sejam confiáveis, seguros e de fácil manutenção e explorar meios para padronizar estas técnicas;
- Determinar como fornecedor e garantir a qualidade do produto através do uso de máquinas, matrizes, dispositivos e acessórios, e treinar todo pessoal mesas técnicas;
- Aprender como melhorar a eficiência da operação e como maximizar sua durabilidade;
- Descobrir como despertar o interesse dos operadores e educa-los para que cuidem das máquinas da fábrica;

O dicionário Houaiss apresenta, entre outras, a seguinte definição ao termo perda: “privação de algo, seja por extravio, destruição, apreensão ou falta de produção, de que decorre, materialmente, prejuízo ou diminuição de valor no patrimônio de alguém”. Do ponto de vista do TPM, especificamente para a indústria metal - mecânica, segundo Nakajima (1989, p.16), são relacionadas seis grandes perdas:

- Perdas por quebras/falhas: são as que contribuem com maior parcela na queda do desempenho operacional dos equipamentos;
- Perdas por troca de modelo/ferramenta: são as perdas ocorridas quando são efetuadas mudanças de uma linha, com a interrupção para preparação das máquinas para um novo produto (*setup*);
- Perdas por pequenas paradas: são interrupções momentâneas causadas por problemas na produção ou nos equipamentos, que normalmente exigem pronta intervenção do operador para que a linha volte a produzir normalmente;

- Perdas por queda de velocidade: são provocadas por condições que levam a trabalhar numa velocidade menor, ocasionando perda;
- Perdas por produtos defeituosos e retrabalhos: são aquelas oriundas de qualquer retrabalho ou descarte de produtos defeituosos;
- Perdas por quedas no rendimento: são perdas ocasionadas pelo não aproveitamento da capacidade nominal da máquina causada por problemas operacionais.

Outro conceito importante da TPM é o da quebra zero, haja vista que a quebra é o principal fator que prejudica o rendimento operacional. Entretanto deve-se compreender como quebra zero, a não paralisação da máquina durante um período em que foi programado para operar. O que difere de que a máquina não pode parar. A conquista da quebra zero é alcançada depois de se tomar algumas precauções, tais como:

- Estruturação das Condições Básicas para Operações: limpeza da área, asseio, lubrificação e ordem;
- Obediência à Condição de Uso: operar os equipamentos dentro das condições e limites estabelecidos;
- Regeneração do Envelhecimento: eliminar as causas do envelhecimento do equipamento e restaurar os equipamentos, periodicamente, retornando-os as condições originais;
- Sanar os Pontos Falhos Decorrentes de Projeto: corrigir eventuais deficiências do projeto original e fazer previsão de vida útil através de técnicas de diagnóstico;
- Incrementar Capacidade Técnica: capacitação e desenvolvimento do elemento de modo que ele possa perceber, diagnosticar e atuar convincentemente.

3.1 Pilares do TPM

A metodologia do TPM é apoiada em oito pilares que buscam a maximização da eficiência do sistema de produção, o aproveitamento total dos recursos existentes e a busca pela perda zero. Os oito pilares são:

- **Manutenção autônoma:** busca a capacitação dos operadores, habilidade e competências técnicas;
- **Manutenção planejada:** neste pilar é importante aumentar a eficiência e eficácia dos equipamentos em busca da quebra zero;
- **Melhoria específica:** neste pilar é importante reduzir as perdas e aumentar o potencial produtivo dos ativos da empresa. Deve-se ter um grupo focado para implantação de melhorias de equipamentos para redução das perdas e maximização dos resultados;
- **Educação e Treinamento:** buscar a elevação contínua do nível de capacitação, ampliação da capacidade técnica e gerencial, comportamental do pessoal de manutenção e operação;
- **Controle Inicial:** reduzir tempo de introdução de novos produtos, equipamentos e processos;
- **Manutenção da Qualidade:** estabelecimento de um programa de zero defeito, zero retrabalho e zero rejeito;
- **Áreas administrativas:** implementação da ferramenta no escritório para reduzir perdas e aumentar potencial;
- **Segurança, higiene e meio ambiente:** estabelecer um ambiente que propicie segurança com zero acidente e sem contaminação ambiental.

Conforme mencionado acima o TPM abrange um sistema de gestão que engloba toda a fábrica. Abaixo explicaremos detalhadamente três pilares que buscam a

estabilidade do processo produtivo, utilizando o TPM como uma ferramenta para aumento da disponibilidade e redução da não qualidade.

3.1.2 Manutenção autônoma

O pilar de manutenção autônoma pode ser definido como um processo de capacitação dos operadores, com propósito de torná-los aptos a promover, no seu ambiente de trabalho, mudanças que garantam altos níveis de produtividade e qualidade sem desperdícios. Os operadores têm de modificar o raciocínio de “eu fabrico, você conserta” para “do meu equipamento cuido eu”. Assim devem praticá-lo de modo a utilizar suficientemente a capacidade do equipamento.

Segundo Ribeiro (2001, p.45), “A manutenção autônoma consiste em desenvolver nos operados o sentimento de propriedade e zelo pelos equipamentos e a habilidade de inspecionar e detectar problemas em sua fase inicial”

Neste pilar deve-se agregar aos operadores de máquina as seguintes atividades:

- Conservação;
- Reparos em seu equipamento;
- Evitar a quebra através da limpeza e inspeção;
- Prevenir as seis grandes perdas do equipamento;
- Buscar constantemente a quebra zero do equipamento;
- Monitoramento.

Na manutenção autônoma tem-se a necessidade de eliminar as seis grandes perdas do equipamento para buscar princípios para se atingir a quebra/falha zero. A figura 3.2 demonstra o iceberg como exemplo para distinguirmos as quebra das falhas.



Figura 3.2 – Iceberg quebra/falhas

Fonte: Treinamento TPM - Mecesa

As falhas latentes se dividem em dois tipos, são elas:

- Falhas latentes físicas: são falhas não consideradas por não serem visualizadas fisicamente, são detectáveis somente com análises, não são visíveis devido ao mal posicionamento e a poeira/sujeira;
- Falhas latentes psicológicas: são falhas não consideradas, pela falta de conscientização e carência de capacitação técnica dos elementos da manutenção e dos operadores. A falta de interesse faz com que não se consigam distinguir a falha, as falhas são desconsideradas por serem enquadradas como desprezíveis.

O pilar de manutenção autônoma divide-se em sete etapas. Na figura 3.3 têm-se todas as etapas deste pilar.

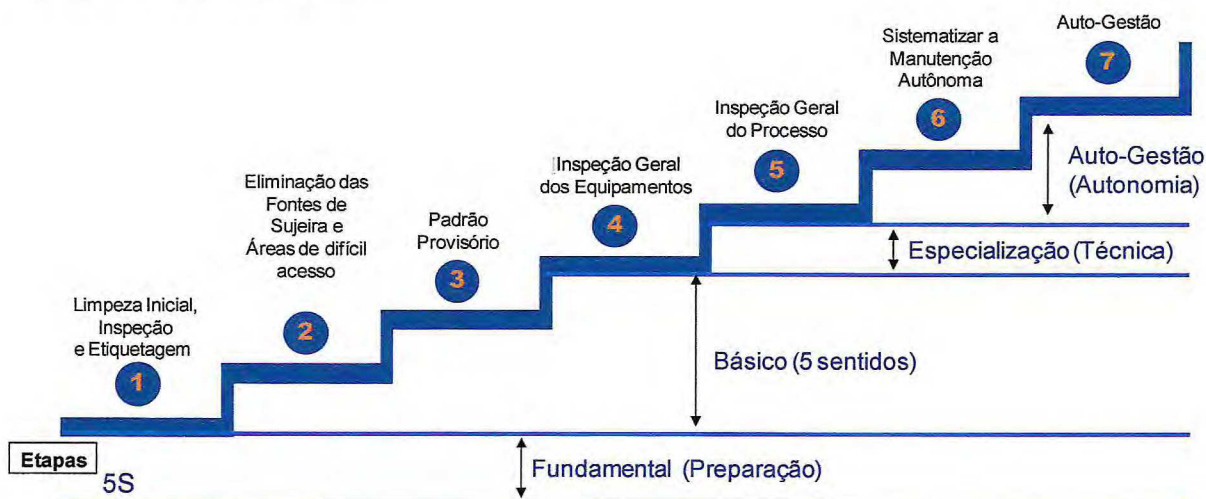


Figura 3.3 - Etapas de implantação do pilar de manutenção autônoma

Fonte; Treinamento de TPM - Mecesa

Na primeira etapa, denominada de limpeza inicial e estruturação das condições básicas, temos a realização da inspeção e etiquetagem do equipamento. É necessário eliminar todo o lixo e sujeira que se formam junto ao equipamento, realizar lubrificação, reapertos de peças, identificação de problemas no equipamento e realização dos reparos. A figura 3.4 ilustra esta primeira etapa deste pilar.



Figura 3.4 – Etapa um do pilar de manutenção autônoma

Fonte; Treinamento de TPM – Mecesa

Na segunda etapa, têm-se a eliminação das fontes de sujeiras e locais de difícil acesso. Nesta etapa o objetivo é eliminar fontes de geração de lixo e sujeiras, adotar medidas de prevenção contra respingos e pontos que normalmente são de difícil acesso para limpeza e lubrificação, reduzindo assim o tempo gasto nesses procedimentos. A figura 3.5 demonstra um exemplo de eliminação de fonte de sujeira.

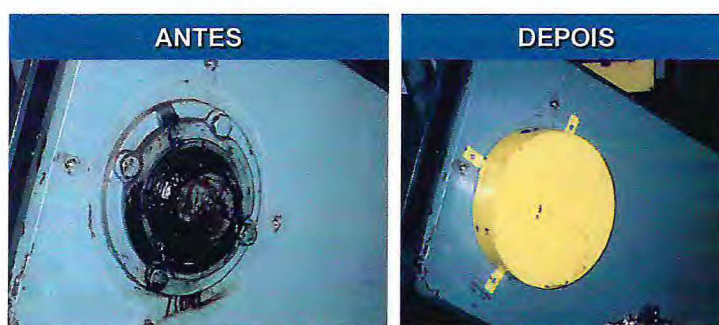


Figura 3.5 – Exemplo de eliminação de fonte de sujeira

Fonte: Treinamento de TPM - Mecesa

Na terceira etapa, temos a elaboração do padrão provisório de limpeza e inspeção. Utilizando os cinco sentidos são elaborados procedimentos provisórios para que a limpeza, inspeção e os reapertos possam ser efetuados com segurança e no menor tempo possível. Os olhos que enxergam devem ter a visão crítica, o olfato deve desenvolver sensibilidade para detectar o cheiro, a audição tem de distinguir ruídos e

compará-los, o tato diagnostica pelo toque as vibrações e o aquecimento, e o paladar deve falar o que é detectado. Faz-se o uso do gerenciamento visual para facilidade dos reapertos e checagem.

Na quarta etapa, a inspeção geral do equipamento tem como objetivo proporcionar conhecimento técnico para operação através de uma integração maior com a manutenção, possibilitando que as próprias áreas façam a inspeção geral do equipamento. Esta inspeção não é algo genérico como havia sendo feito, é uma inspeção mais profunda de todos os itens críticos do equipamento, a fim de evitar quebras e recorrências das mesmas. Nesta etapa temos que realizar a inspeção baseada nos procedimentos descritos e buscar constantemente a confiabilidade do equipamento.

Na quinta etapa, a inspeção geral do processo faz-se a elaboração e aplicação de uma lista de verificação a ser utilizada em uma inspeção autônoma. Nesta etapa são revistos todas as outras quatro etapas, isto faz com que seja possível a execução da atividade de manutenção dentro de uma meta prevista, realizando o incremento para uma norma eficiente de inspeção autônoma. Para que o operador tenha domínio sobre o equipamento, ele deve atender aos seguintes requisitos:

- Capacidade para descobrir anormalidades: possuir visão acurada para distinguir as anormalidades, ter em mente o raciocínio e o método de condução;
- Capacidade de tratamento e recuperação: conseguir executar, de imediato, o tratamento correto em relação às anormalidades, conhecer a precisão do equipamento;
- Capacidade para estabelecer condições: saber definir quantitativamente o critério de julgamento de uma situação normal e anormal;
- Capacidade de controle de manutenção: cumprir rigorosamente as regras cumpridas.

Na sexta etapa, a sistematização da manutenção autônoma tem como objetivo a padronização das atividades de manutenção autônoma para conseguir com que o operador faça exatamente aquilo que tem que ser feito sempre da mesma maneira. O

objetivo principal é fazer com que cada operador seja o mais competente possível em sua função.

Na sétima etapa, na auto-gestão, devemos identificar o que vamos monitorar. Os índices de disponibilidade, sugestões de melhoria e os índices de qualidade. Os operadores estão aptos para garantirem mudanças que garantam altos níveis de produtividade e qualidade sem desperdícios.

3.1.3 Manutenção planejada

Um eficiente programa de manutenção planejada combina tão racionalmente quanto seja possível, a manutenção baseada no tempo (TBM) com a manutenção baseada nas condições (CBM) e manutenção pós-quebra (BDM). A figura 3.6 demonstra os diferentes regimes de manutenção.



.Figura 3.6 – Diferentes regimes de manutenção

Fonte: Treinamento TPM - Mecesa

A manutenção planejada diz respeito à prevenção de falha do equipamento, seja com base no tempo ou com base nas condições do equipamento. Envolve basicamente a manutenção preventiva e preditiva. A engenharia de manutenção é especializada para manter a confiabilidade do equipamento quebra zero.

O pilar da manutenção planejada é composto de seis etapas. Na figura 3.7 temos as seis etapas deste pilar.

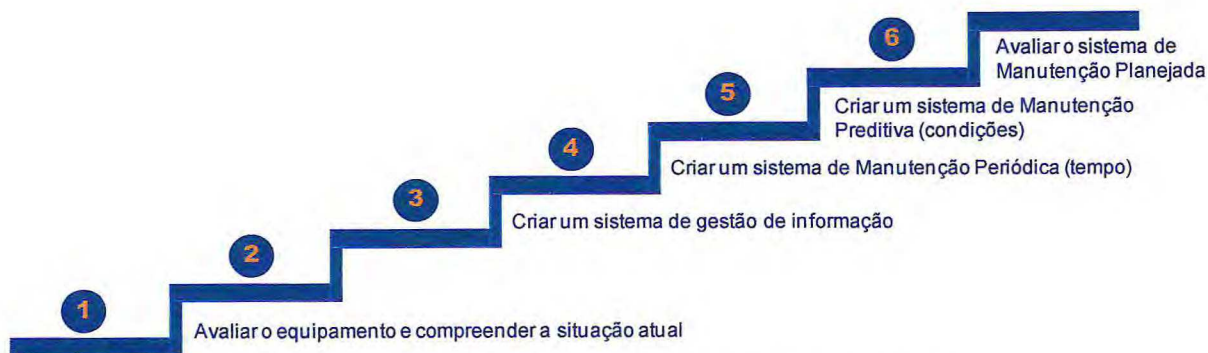


Figura 3.7 – Etapas do pilar de manutenção planejada

Fonte: Treinamento de TPM - Mecesa

Na primeira etapa, o objetivo é a avaliação do equipamento e compreensão da situação atual. É necessário realizar um levantamento da situação atual, para conhecer os índices de quebras e pequenas paradas, as quantidades, os custos de manutenção, a estruturação da manutenção, registros do equipamento, priorização das quebras/falhas, os níveis de quebra e os indicadores de desempenho da manutenção e seus objetivos. Todos estes dados servem para se ter uma visão geral do equipamento e da manutenção.

Na segunda etapa, depois de avaliado o equipamento partir-se para restauração das condições ideais, através do cumprimento das condições básicas, corrige-se as debilidades do projeto e prolonga a vida útil. Esta etapa presta um apoio para a manutenção autônoma, é um diagnóstico.

Na terceira etapa, temos a estruturação do controle de informação e dados. É necessário criar um sistema de gestão de informações, de dados das quebras/falhas, de controles do histórico/planejamento das manutenções preventiva e preditiva, fazer uma estruturação do sistema orçamentário, gerar um controle das peças de reposição, dados técnicos e unidades reserva, fazer as revisões de normas de inspeção de manutenção.

A quarta etapa é a estruturação da manutenção periódica ou criação de um sistema de manutenção periódica. São realizados a preparação do equipamento quanto a reposição de peças, instrumentos, lubrificantes, etc. Determina-se o fluxo do sistema da manutenção periódica, os equipamentos e componentes prioritários,

preparação dos padrões (material, trabalho e inspeção), busca da melhoria na eficiência de inspeção e diagnóstico, melhoria da manutenção corretiva.

Na quinta etapa, o alvo é a criação de um sistema de manutenção preditiva. Para tanto necessário realizar o desenvolvimento das tecnologias de diagnóstico. É realizada a pesquisa das necessidades (custos), seleção dos equipamentos/componentes prioritários, das áreas. É necessária a coleta das informações externas a empresa para obtenção das tecnologias, tem de se criar uma estrutura para execução e fluxo do sistema de manutenção preditiva, efetuar treinamentos com os responsáveis pela execução, fazer testes e ir desenvolvendo gradualmente o sistema na empresa. Na figura 3.8 verificamos a utilização da manutenção preditiva na análise de sistemas vibratórios e na figura 3.9 identificamos a análise termográfica que identifica pontos quentes num quadro elétrico evitando curtos circuitos.



Figura 3.8 – Verificação de sistemas vibratórios



Figura 3.9 – Análise termográfica

Na sexta e última etapa deste pilar tem-se o objetivo de avaliar o sistema de manutenção planejada através de um diagnóstico de implantação, avaliação do

aumento da confiabilidade, da melhoria da manutenibilidade, melhoria da distribuição dos recursos para manutenção e redução de custos. Revisar os planos de manutenção com a implantação da manutenção autônoma e operacionalização.

3.1.4 Melhoria específica

O pilar de melhoria específica visa maximizar a eficiência do sistema produtivo através da eliminação das perdas dos equipamentos. Para tanto é necessário o desenvolvimento das seguintes atividades:

- Conhecer as grandes perdas do equipamento;
- Promover a disseminação da metodologia para eliminação das grandes perdas;
- Eliminar as perdas, priorizando as maiores;
- Realizar os registros das informações da manutenção preventiva para atualização do banco de registros para o pilar de controle inicial

A identificação da eficiência global do equipamento (OEE) faz com que se identifiquem as seis principais perdas para eliminação das mesmas que afetam diretamente o seu rendimento. Na figura 3.10 identifica-se a OEE e quais são as seis principais perdas. Na figura 3.11 identificam-se outras perdas importantes como: segurança, ergonomia e impactos ambientais.

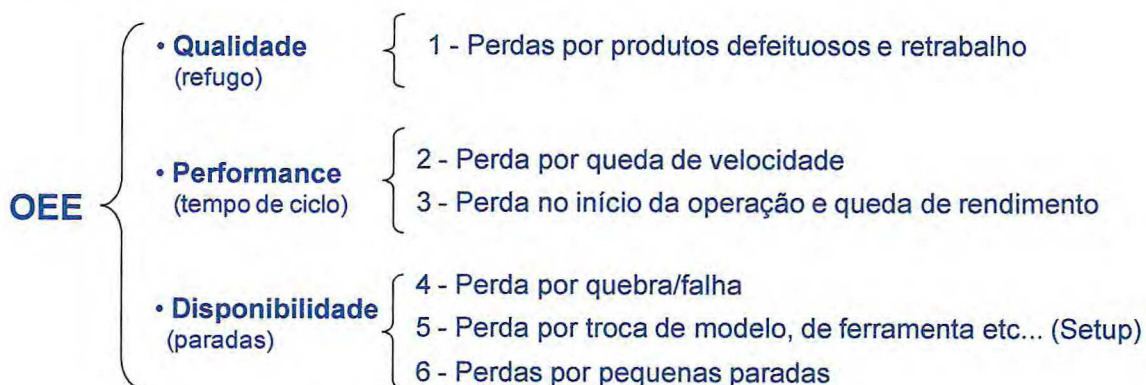


Figura 3.10 – OEE e as seis principais perdas

Fonte: Treinamento de TPM - Mecesa

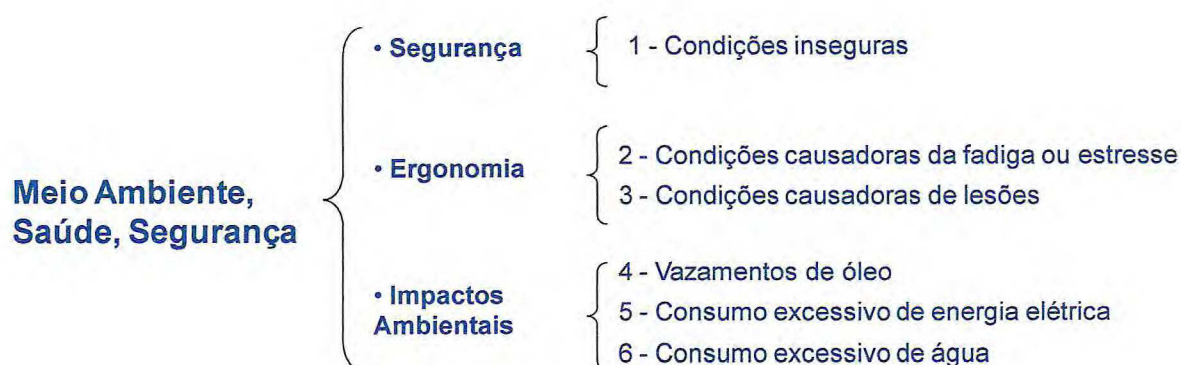


Figura 3.11 – Outras importantes perdas

Fonte: Treinamento de TPM – Mecesa

É necessária uma equipe responsável para execução deste pilar, os membros que compõe a equipe devem demonstrar liderança mesmo com relação às perdas pelas quais não sejam diretamente responsáveis, através de análises técnicas. Devem também fornecer todo o apoio necessário para estudos e aprimoramentos da ferramenta. Devem definir os prazos e metas para os planos de melhorias. A equipe tem de trabalhar na metodologia do PDCA (planejar, fazer, checar e agir) para que se obtenha os resultados esperados.

Na figura 3.12 identificamos todas as 10 etapas do pilar de melhoria específica.



Figura 3.12 – Etapas do pilar de melhoria específica

Fonte: Treinamento de TPM – Mecesa

4 – ESTUDO DE CASO

4.1 - Histórico das embalagens metálicas

Em 1785 a França estava lutando com a maioria da Europa em agonia com uma revolução interna. Os soldados e marinheiros franceses estavam morrendo de doenças devido a dieta consistir somente de carne salgada e pão. O diretório francês ofereceu um prêmio ao cidadão que inventasse um método para preservar alimentos para transportar em batalhas. Nicolas Appert ganhou o prêmio ao afirmar que se o alimento for colocado num recipiente suficientemente aquecido, de forma a excluir o ar, o mesmo permanecerá intacto. Em 1810 foi concedida a Peter Durand a patente que dizia que os recipientes usados deveriam ser de aço revestido de estanho.

4.2 – Descrição geral da empresa

A Mecesa teve início em 1965 com a fabricação de latas destinadas ao envase de grande variedade de produtos. No final da década de oitenta, anunciou a opção pela tecnologia de ponta e estabeleceu como lema “Fazer melhor com os melhores do mundo”. Em decorrência disto, adquiriu máquinas que permitiram dinamizar seus processos industriais básicos e em 1975 ingressou no segmento de rolhas metálicas utilizando os equipamentos mais modernos da época.

A partir de 2002, dedicou-se, também, à fabricação de embalagens plásticas com a Mecesa Embalagens. Entre seus clientes, no Brasil e no exterior, encontram-se companhias e marcas de grande renome que podem atestar a superior qualidade dos produtos e serviços.

A missão da Mecesa é fornecer as melhores soluções no mercado de embalagens metálicas e plásticas. Os traços dominantes de nossa política são: a valorização de seus recursos humanos, considerados a pedra angular de todos os

projetos da Empresa; a gestão participativa e eficiente, bem como a avaliação e o controle rigoroso de seus resultados.

4.2.1 - Apresentação geral da empresa

A Mecesa é uma empresa do ramo metalgráfico localizada em Fortaleza, capital do Estado do Ceará. Que atua na fabricação e comercialização de embalagens metálicas, compreendendo latas litografadas e rolhas. Seu parque industrial está instalado numa área de mais de 50 mil metros quadrados ocupados por máquinas e equipamentos da melhor qualidade.

O estudo de caso contemplará o negócio de rolhas metálicas e comentários resumidos sobre o negócio de latas.

4.2.1.1 Latas

As latas são fabricadas nas mais diversas formas, tamanhos e revestimentos e se destinam ao envase de produtos químicos, inseticidas, derivados de petróleo, tintas, vernizes, alimentos etc. Trata-se de embalagens metálicas compostas de três peças: corpo, tampa e fundo. Abaixo na Figura 4.1, tem-se os tipos de latas que são fabricadas pela empresa.



Figura 4.1 – Embalagens metálicas

Atualmente as embalagens metálicas são as que possuem a maior resistência e conservam o conteúdo inalterado melhor que qualquer outro tipo de embalagem. Além

disso, têm a grande vantagem de não poluir o ambiente, pois podem ser facilmente recicladas.

As latas litografadas consistem num poderoso instrumento de comunicação da marca até o consumidor final, graças a capacidade de definição das imagens que podem ser impressas nas latas, que se tornam bonitas e decorativas ao fim do processo, o que faz com que seja o diferencial para chamar a atenção do consumidor, e garante a identificação dos imediata dos rótulos conhecidos do cliente final.

Devido à modernidade dos equipamentos que a Mecesa sempre fez questão de possuir, há quarenta e três anos ela faz embalagens metálicas de alta qualidade, dispondo não só de um grande número de produtos em linha, mas também de um enorme potencial para criar e desenvolver novos produtos e sistemas, os quais irão variar de acordo com as necessidades e propósitos dos clientes.

A capacidade de produção mensal de embalagens metálicas é sete milhões de latas, das mais variadas formas e tamanhos.

4.2.1.2 Rolhas Metálicas

As rolhas metálicas atendem à indústria de bebidas carbonatadas, como: cervejas, refrigerantes e água mineral tendo a preferência do mercado nacional. Na Figura 4.2 demonstra uma rolha metálica.



Figura 4.2 – Rolha metálica

Nos dias atuais, não existe dispositivo de Lacre mais seguro do que a Rolha Metálica. Isso se deve a alta tecnologia usada na produção desses itens e na sua aplicação. Se não bastassem as vantagens tecnológicas que exerce sobre outros

dispositivos, as rolhas metálicas também contam com custos mais baixos que a maioria dos sistemas de fechamento.

Nenhum outro material ou sistema de lacre empregado pelos engarrafadores assegura tão bem como a rolha metálica, a manutenção do sabor e das características naturais da bebida envasada e a mesma inviolabilidade do conteúdo.

A Mecesa foi a primeira indústria da América Latina a produzir rolhas metálicas que tinham em sua estrutura o vedante do tipo PVC Free, um produto que atende às normas e padrões dos países mais avançados do mundo.

A capacidade mensal de produção de Rolhas Metálicas é na ordem de um bilhão de rolhas e, mesmo em períodos de extrema alta, a empresa tem plenas condições assegurar o perfeito atendimento às necessidades de seus clientes consumo.

4.2.1.3 Qualidade

A Mecesa conquistou a primeira Certificação ISO pela Norma Internacional ISO 9002:1994 em 1996. Já no ano de 2002 adequou-se a nova versão ISO 9001/2000, uma prova de reconhecimento da superior qualidade de seus produtos e processos produtivos. Hoje temos como certificadora a *Bureau Veritas*, um dos órgãos de certificação mais bem conceituados do mundo.

Como extensão, a Mecesa também atende aos critérios de BPF (Boas Práticas de Fabricação) e APPCC (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle), além de possuir sua Política de Qualidade e os Programas 5S e 3R. O Programa 5S está voltado para mudanças de hábitos e de atitudes no que diz respeito à utilização, ordenação, limpeza, saúde e autodisciplina. Já o Programa 3R consiste na coleta seletiva do lixo e da conscientização sobre a importância de seu manejo adequado, redução, reutilização e reciclagem. Os recursos obtidos através desses programas são utilizados em projetos sociais.

Como sempre optou pela melhoria contínua, a Mecesa tem o setor da coordenação de qualidade e processos, setor responsável pela gestão da qualidade e

melhoria dos processos produtivos. Desde muito cedo busca aprimorar o seu sistema de gestão, optando em 2002 por utilizar as práticas do Sistema Toyota de Produção com a implantação dos conceitos e a busca incessante pela eliminação dos desperdícios. Como reconhecimento pelo sucesso e os resultados atingidos desde a implantação da filosofia da mentalidade enxuta, a Mecesa já apresentou o seu case nos dois Fóruns Lean Nordeste, evento organizado pelo Lean Institute Brasil, uma entidade de pesquisa, educação e treinamento dedicada à disseminação de um conjunto de idéias conhecidas como "*Lean Thinking*" baseadas no Sistema Toyota de Produção.

4.2.1.4 Meio Ambiente

A Mecesa mantém seu próprio programa de controle ambiental com o objetivo de reduzir ao mínimo o impacto de suas atividades produtivas sobre o meio. Nossa fábrica conta com um conjunto de incineradores de gases que permitem a redução de até 95,5% dos odores provenientes do aquecimento de tintas e vernizes nos processos litográficos. Diversas máquinas foram completamente enclausuradas em cabines acústicas para reduzir, ao mínimo, ruídos produzidos pelo impacto de prensas de moldagem.

O gerenciamento dos resíduos sólidos faz com que os resíduos gerados pela empresa tenham o seu destino adequado seguindo rigorosamente a legislação ambiental.

4.2.1.5 Comercial

Atuante tanto no mercado nacional quanto no internacional, a Mecesa possui em sua carteira de clientes gigantes do setor de bebidas e do segmento de tintas. Teve na conquista de mercados externos uma das principais escolhas estratégicas da empresa. Como resultado seus produtos são oferecidos a vários países da América do Sul, América Central, América do Norte e África do Sul. Os esforços continuam com a intenção de fazer os produtos da empresa chegar a mais países de diferentes idiomas.

4.2.1.6 Logística

O sistema de Logística do grupo Mecesa permite colocar seus produtos em qualquer lugar do mundo, nos prazos e condições previstos e de acordo com as melhores expectativas dos clientes.

A Mecesa é estabelecida no Nordeste do Brasil e é favorecida por dispor de dois grandes portos próximos a sua planta: Porto de Fortaleza à 20Km e Porto do Pecém à 52 Km, sendo este último um dos mais modernos do País. Está à 15 Km do Aeroporto Internacional de Fortaleza que opera com linhas e conexões com as principais cidades do mundo. Geograficamente, é favorecida por ter próximo a BR 116, rodovia esta que liga a região Nordeste ao Sul do país.

4.2.1.7 Recursos humanos

A Mecesa possui 400 colaboradores trabalhando em regimes e turnos que variam de acordo com o setor e as atividades que desenvolvem. O pessoal da administração trabalha em horário comercial, o da produção de latas em horário comercial e também em até dois turnos, dependendo das vendas do período, o setor de produção de rolhas metálicas trabalha e o da litografia em três turnos.

Os colaboradores são levados a absorver a visão da empresa e assumir o compromisso de seguir à risca a sua política de qualidade. Ao mesmo tempo são estimulados a defender suas próprias idéias e a participar, de maneira efetiva, da administração da empresa.

Uma demonstração clara do modelo de gestão participativa adotado pela empresa é o programa de sugestões que visa estimular os colaboradores da empresa, de todos os níveis, a fazer sugestões de possíveis melhorias. Estas propostas serão avaliadas por um comitê, e se a idéia for viável, rapidamente se passa a trabalhar em sua implementação, caso contrário, o autor da sugestão é comunicado sobre a razão de sua idéia não ter sido aceita, e é “provocado”, no bom sentido, a melhorá-la.

Os colaboradores da Mecesa estão constantemente sendo treinados com vistas a atingir os padrões esperados de desempenho estabelecidos para os processos produtivos da empresa, e desta forma garantir a qualidade dos produtos.

4.3 Descrição do processo produtivo de rolhas metálicas

Na figura 4.3, tem-se um resumo de como é todo o processo produtivo da Mecesa. Desde a aquisição das bobinas de aço até a montagem das embalagens metálicas e da estampagem das rolhas metálicas.

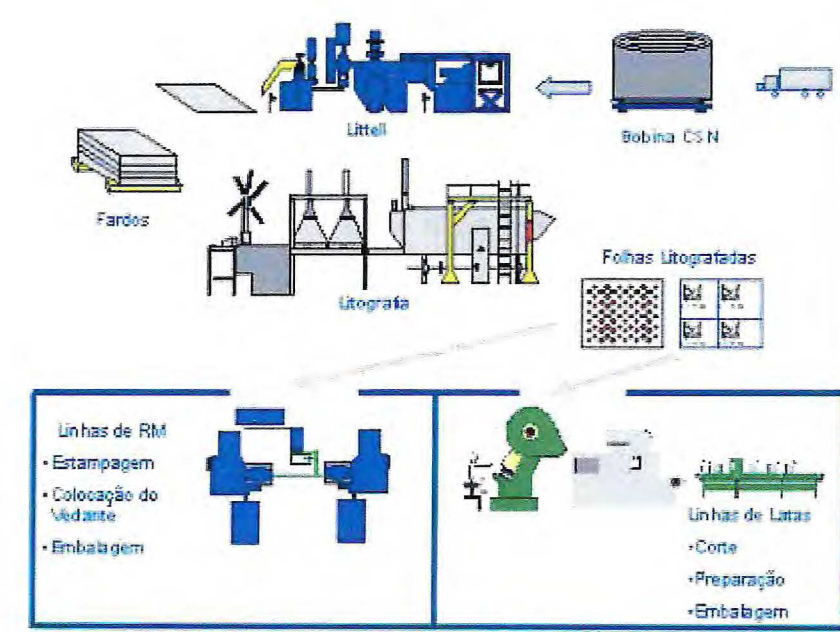


Figura 4.3 – Resumo de processo produtivo da Mecesa

4.3.1 Aquisição de insumos

O processo de fabricação da Mecesa tem início na aquisição de bobinas de metal que são fornecidas pela CSN, Companhia Siderúrgica Nacional, e outras siderúrgicas de países como Colômbia, Coreia e Japão. O principal insumo, o aço, é adquirido em bobinas de metal. Estas bobinas são folhas metálicas de longa extensão enroladas. As folhas metálicas são classificadas como:

- Folhas de flandres: são folhas de aço revestidas com camadas de estanho e filme de passivação com compostos de cromo em ambas as faces. Suas principais aplicações são: latas para alimentos, tintas, produtos químicos, bebidas decorativas, rolas metálicas, pilhas elétricas, magazine para filmes, baldes etc.

- Folhas cromadas: são folhas de aço com revestimento de cromo metálico e óxido de cromo em ambas as faces. Suas aplicações são alimentos (pescado) e rola metálica, tintas, formas de assar, tampas e fundos e latas sanitárias.

- Folhas não-revestidas: são folhas de aço sem revestimento mas protegidas com uma película de óleo lubrificante. Suas principais aplicações são tintas, esquadrias e óleos lubrificantes.

Durante seu processo de fabricação as folhas metálicas são classificadas como: folhas metálicas de simples redução e de dupla redução.

As folhas metálicas de simples redução passam por um processo de laminação a frio, o qual é seguido por um tratamento térmico de recozimento, que é feito com o intuito de melhorar suas propriedades mecânicas, passando posteriormente por um processo de laminação a quente para amenizar os efeitos do encruamento. Nesse caso a espessura da folha chega a 0,20 mm.

Já as folhas metálicas de dupla redução recebem uma segunda etapa de laminação a frio após o tratamento térmico de recozimento, obtendo, desta maneira, uma diminuição expressiva da espessura final da folha e melhorando a propriedade de resistência mecânica. A espessura final da folha metálica fica entre 0,14 mm e 0,18 mm.

As folhas metálicas também podem ser agrupadas de acordo com a sua dureza. Para obter uma dureza Rockwell 30T é usado o processo térmico de têmpera. A têmpera utilizada pela Mecesa é a T3 para latas de uso geral e a T4 para latas sujeitas a maiores pressões e rolas.

As folhas metálicas devem ser revestidas para que fiquem protegidas contra a oxidação. O envase de produtos muito reativos implica na utilização de folhas de

flandres com maior massa de estanho. O revestimento pode ser aplicado em diferentes camadas em cada um dos lados das folhas.

Os demais insumos, como tintas, vernizes, esmaltes, PVCs, entre outros, são comprados baseado no MRP e por ponto de Pedido.

4.3.2 - Processo de corte das folhas metálicas

Após chegar na Mecesa, as bobinas metálicas são descarregadas dos caminhões por meio de uma ponte rolante e são guardadas no almoxarifado até que seu uso seja necessário.

O corte da folha metálica é feito na desbobinadeira, chamada Littell, capaz de transformar um bobina de aço de 8 toneladas em 5.500 chapas prontas para impressão, em apenas 45 minutos. Isto é feito através do corte automático auxiliado pôr computador juntamente com um operador. A bobina é dividida em folhas com formatos diferenciados de acordo com o tipo de produto a ser fabricado. A Figura 4.4 demonstra o setor da littell e uma bobina em processo de corte.



Figura 4.4 - Littell

O computador da linha monitora todo processo de corte da folha, inclusive inspecionando possíveis furos e variações de espessura que estiverem além dos limites de controles estabelecidos pelo operador no início do processo. Pela Figura 4.5 identifica-se os fardos cortados e prontos para serem impressos.



Figura 4.5 – Folhas Cortadas

Os testes de esquadria e dureza da folha são feitos pelo operador por amostragem em cada bobina cortada seguindo os padrões estabelecidos nos procedimentos.

4.3.3 - Processo de impressão de folha metálica

Depois de cortadas na máquina littell as folhas metálicas seguem transportadas por empilhadeiras até o setor de litografia

Ao iniciar qualquer impressão, a arte do produto terá que passar pelo fotolito para ser colocada dentro dos esquadros já definidos de cada produto, duplicada, montada e transformada em filme com as características do produto que será produzido. Os filmes serão separados por cores, copiados para uma chapa de alumínio e encaminhados a litografia onde acontecerá a impressão.

O processo de impressão para a folha metálica é off-set, ou seja, o equipamento trabalha com água e tinta ao mesmo tempo. A impressão se dá através de operações seqüenciais. Dependendo do tipo de produto a ser litografado, a folha pode ser esmaltada e/ou aplicado verniz interno para em seguida ser impressa as cores da parte externa do produto. Isto pode ser feito em vários passes dependendo do número de cores do produto solicitado. A Figura 4.6 demonstra a litografia, que é o setor onde as folhas são impressas. Após a impressão final, é aplicado verniz de acabamento na envernizadeira da própria máquina para dar resistência física contra arranhões de manuseio, facilitar o repuxo e/ou dobramentos durante o processo e dar beleza estética ao produto final.



Figura 4.6 - Litografia

Depois de finalizada a arte litográfica as folhas metálicas seguem para as áreas de preparações ou diretamente para as linhas de montagem de latas ou rolhas metálicas.

4.3.4 - Processo de montagem ou estampagem das embalagens

A Mecesa produz latas litografadas e rolhas metálicas. Abaixo descreveremos os dois processos, dando mais ênfase na produção de rolhas metálicas devido a aplicação da ferramenta ter ocorrido neste setor.

4.3.4.1 Processo de montagem de embalagens metálicas – latas

As latas fabricadas na Mecesa são embalagens metálicas de três peças, ou seja, tampa, fundo e o corpo. A primeira etapa do processo produtivo para formação de uma lata é o corte das folhas que por sua vez ocorre nas linhas automáticas e/ou manuais. Cada folha, tendo um determinado número de corpos impressos, deve ser cortada normalmente em duas etapas, para individualizar estes corpos. Os cortes são feitos por tesouras automáticas, com o auxílio de um operador, que verifica as dimensões, esquadria, presença de rebarbas, aspectos visuais de acordo com os padrões preestabelecidos para cada tipo de lata que será montada.

A partir daí, os corpos são levados para um alimentador automático que os insere, de um por um, na linha de montagem, sendo garantido o sincronismo. Dá-se então uma seqüência de operações, iniciando-se pela formação do corpo da lata, que poderá ser agrafada ou soldada, num componente denominado soudronic e/ou body maker.

Para o caso da lata agrafada a vedação do corpo é garantida por material termoplástico que é adequado ao tipo de material a ser envasado. Além disso, as extremidades do corpo são deformadas numa operação chamada pestanhagem, dedicada a preparar o corpo da lata para receber o fundo e a tampa.

Em seguida, os corpos formados são levados, através de transportadores automáticos que farão passar pela pestanhadeira responsável pela formação do flange e recravadeiras responsável pela colocação do fundo e da tampa, nessa ordem. Os fundos e as tampas são previamente preparados em operações de estampagem, com dimensões especificadas e vedantes apropriados, a fim de garantir a perfeita vedação no fechamento da lata.

As latas montadas passam por um processo de inspeção por amostragem contra vazamentos, defeitos dimensionais, estéticos, funcionais, dentre outros.

4.3.4.2 Estampagem de rolhas metálicas

A rolha metálica tecnicamente como é conhecida, pode ser tanto de aço cromado como de folha estanhada e pode ser classificada em dois tipos de produtos: Pry-Off na Figura 4.7 e Twist-off na Figura 4.8. As dimensões das folhas são de acordo com equipamento.



Figura 4.7 – Rolha Twist - Off



Figura 4.8 – Rolha Pry - Off

Para ambas, as diferenças não estão nas medidas e nem na maneira de se encapsular, mas sim nos materiais utilizados para sua produção o que possibilita ao consumidor final usar abridor para garrafas retornáveis, no caso de Pry-Off. Já para garrafas não-retornáveis as mesmas possuem um bocal que permite a abertura apenas girando a rolha com a mão no sentido anti-horário, no caso de Twist-Off.

As rolhas podem ter perfil do vedante monolabial na Figura 4.9 ou bilabial na Figura 4.10. O perfil monolabial é formado por apenas um anel de PVC. Apresenta menor desempenho em relação ao bilabial na vedação de garrafas usadas. Utilizado geralmente para envase de refrigerantes, água mineral, entre outros. Pode ser utilizado tanto para rolhas Pry-Off como para Twist-Off.



Figura 4.9 - Monolabial

O Perfil Bilabial é utilizado para produção de rolhas metálicas para garrafas do tipo Pry-Off. Apresenta melhor desempenho na vedação de garrafas usadas, pois os dois anéis de PVC compensam pequenos desgastes na superfície da boca da garrafa. Mais utilizado para envase de cervejas, e outros produtos mais exigentes. Garante uma melhor vedação junto a garrafa com relação ao perfil monolabial. Este perfil não é recomendado para garrafas Twist-Off, pois este tipo de perfil proporciona um maior atrito com a garrafa aumentando o torque.



Figura 4.10 - Bilabial

O vedante utilizado nas rolhas metálicas podem ser os seguintes tipos:

- PVC: É o produto mais utilizado em todo o mundo como vedante de rolhas metálicas, sua composição apresenta cerca de 43% de derivados do petróleo.
- PVC Free: Não contém PVC em sua composição, tornado-se menos agressivo ao meio ambiente. É também um material de maior dureza que o PVC.

- PVC Esponjoso: Tem características semelhantes a do PVC sólido, contudo é composto por um material mais flexível e tem aparência de esponja com várias bolhas daí o nome esponjoso. Permite uma melhor conformação com o bocal da garrafa, corrigindo pequenos defeitos ou deformações.

- PVC Scavenger: O scavenger tem como principal característica, a absorção do oxigênio livre contido dentro da garrafa de cerveja. Através de uma reação química, reduz a reação do oxigênio com o líquido, conservando seu sabor. É um produto instável que necessita de armazenagem especial, para não perder sua propriedade de absorção.

Quanto aos revestimentos (vernizes), utilizados são:

- Organosol: Verniz aplicado na parte interna da rolha metálica é um produto alimentício certificado com FDA. Como todo verniz, tem a propriedade de proteção e é utilizado para aderência do PVC na rolha.

- Laca: Verniz aplicado na parte interna da rolha metálica, tem as mesmas características do organosol, contudo é utilizado para aderência do PVC FREE na rolha.

- Verniz de acabamento: O Verniz de acabamento é aplicado na parte externa da rolha metálica, para proteção da rolha, este verniz tem características elásticas que resistem ao repuxo sofrido pelo aço. Os Vernizes de acabamento podem ser éster de epoxi ou poliéster, o éster é mais brilhante, tem maior resistência a produtos químicos, sua cura é feita a uma temperatura menor 170°C, também apresentando um menor custo no Brasil. O poliéster é mais resistente ao repuxo, e suas características, são menos propícias a migração de gosto, sua temperatura de cura é alta facilitando o amarelamento do produto. Este produto tem características de aderência melhores que as do éster de epoxi.

Os fardos são transportados, através de uma empilhadeira da litografia para o setor de rolhas metálicas. Ao dar entrada no setor os fardos ficam aguardando sua alocação. Dependendo do tipo de rolha metálica, será encaminhado para uma das 7 linhas de fabricação de rolhas disponíveis na fábrica.

Uma linha de rolhas metálicas é composta por uma prensa automática PTC027, uma peneira giratória, um transportador vertical magnético, 01 reservatório pulmão de rolhas, 02 transportadores horizontais, 02 extrusoras PMC 250 (linhas 04, 05, 08, 09 e 10), 03 extrusoras PM1200 (linhas 06 e 07) e um chiller de água gelada.

O setor de rolhas metálicas conta com equipamentos de última geração, que realizam em condições de automação total as operações de estampagem, extrusão, aplicação e moldagem do vedante, resfriamento, contagem e embalagens das rolhas metálicas.

Na formação da rolha metálica, a primeira etapa do processo produtivo é a estampagem que se dá através do corte e formação automática da coroa pela prensa PTC 027, neste temos um conjunto de mecanismos monitorados por uma bateria de sensores eletrônicos, que permitem um ciclo automático de produção, com interferência mínima do operador. As folhas litografadas são transportadas para o lado da prensa para serem estampadas. A cada batida da prensa 27 rolhas são formadas. Existem prensas que formam 648 rolhas por folha metálica e prensas que formam 729 rolhas por folha. A inspeção é feita pelo operador, verificando nos retalhos se as rolhas foram prensadas conforme a litografia. Depois de estampada a folha, o resíduo em forma de esqueleto é empilhado automaticamente por um mecanismo na saída da máquina. Na Figura 4.11 observa-se a foto da prensa PTC 027, que é a prensa que estampa as rolhas metálicas.



Figura 4.11 – Prensa PTC 027

A estrudagem ou a colocação do vedante de PVC na rolha metálica se dá através de seqüenciais zonas de temperaturas que transformam o PVC ou PVC FREE de bolinhas sólidas em estado líquido/pastoso, que é cortado no tamanho especificado de acordo com cada tipo de PVC, aplicado e conferido automaticamente pelos carrosséis de corte, formador e testador, respectivamente. Na figura 4.12 demonstra a extrusora PMC 250 que é onde ocorre a colocação do vedante.



Figura 4.12 – Extrusora PMC 250

O laboratório de qualidade faz inspeção amostral na produção. Estas inspeções são visuais, dimensionais, monitoramento do peso do vedante e teste de gosto da rolha. Além destas inspeções realizadas pelo laboratório, o processo é assistido por telecâmeras, Figura 4.13, que são sensores de vídeo que monitoram tanto a face interna como a externa da rolha.



Figura 4.13 - Telecâmera

Na cabine final, Figuras 4.14, são contadas dez ou onze mil rolhas, automaticamente, resfriadas e direcionadas para as caixas que estão no final da cabine.



Figura 4.14 – Cabine final onde as rolhas são direcionadas para as caixas

4.3.4.3 - Processo de logística e expedição dos produtos

As rolhas metálicas são embaladas em sacos plásticos, caixas e pallets, conforme o critério de paletização e logística definido pelo cliente ou citados em procedimento específico, através da Figura 4.15 identifica o processo de embalagem e paletização.



Figura 4.15 – Paletização

Cada pallet depois de concluído é identificado com etiqueta própria e transportado até o almoxarifado de produtos acabados (APA) / Expedição. Para a expedição das rolhas metálicas é necessário o aval do laboratório da qualidade. Todos os produtos armazenados no APA são vistoriados diariamente quanto a sua validade, condição de armazenagem, preservação e identificação da embalagem.

4.3.5 - Departamento de manutenção

Subordinado à gerência industrial, o departamento de manutenção é responsável pela garantia do bom funcionamento dos equipamentos da produção, utilizando, para isso, cuidados específicos de conservação a fim de não diminuir ou comprometer a capacidade dos processos em que aqueles equipamentos são utilizados. Ficando assim a manutenção responsável por oferecer à produção um suporte que garanta continuidade, eficiência e confiabilidade.

Para as atividades de manutenção propriamente ditas, a empresa disponibiliza todos os recursos necessários, entre os quais uma equipe técnica capacitada, ferramental específico, acessórios, contratos em regime de terceirização, com prestação de serviços especializados e peças para reposição programada ou urgente. A figura 4.16 demonstra o setor da oficina mecânica da Mecesa.



Figura 4.16 – Oficina mecânica

4.4 – Análise da aplicação do método do TPM

Como a Mecesa já vem implantando os conceitos de produção enxuta desde 2002, com a criação de um setor responsável pela aplicação e padronização das melhorias, e a contratação de um *sensei* para atuar como agente de mudança e multiplicador dos conceitos de manufatura enxuta foi decidido implantar o TPM como uma ferramenta do sistema lean dando foco ao pilares que focam o processo produtivo a fim de se atingir a confiabilidade do sistema de produção. Os pilares são: manutenção autônoma, manutenção planejada e melhoria específica.

Neste capítulo é demonstrado como está sendo a aplicação da ferramenta TPM num setor de produção de rolhas metálicas da metalgráfica cearense – S/A – Mecesa. O principal objetivo é identificar a metodologia utilizada para aplicação da ferramenta de TPM e identificar os resultados já atingidos com a sua aplicação.

4.4.1 - Detalhamento da situação anterior

O setor de produção de rolhas metálicas é o que detém o maior custo de manutenção da empresa, cerca de 60% do total de peças e serviços que são gastos na fábrica são referentes a este setor, possui um alto grau de automação, baixa eficiência e altos números de paradas de manutenção. Devido a estes fatores um dos acionistas da empresa, o diretor industrial, decidiu implantar em uma linha piloto da produção de rolhas metálicas a aplicação da ferramenta de TPM com foco no processo produtivo visando aumentar a confiabilidade dos equipamentos e buscar capacitação dos colaboradores tendo uma equipe que foque e identifique os desperdícios dos equipamentos e do processo. Para isto contratou um consultor com larga experiência em implantação da metodologia de TPM, este era responsável pela implantação do TPM na fábrica onde trabalhava. A implantação se limita aos três pilares do TPM que estão diretamente ligados ao setor produtivo, são eles: manutenção autônoma, manutenção planejada e melhoria específica.

Com a escolha do setor produtivo foi decidido implementar o piloto na rolha metálica 04 (RM-04), devido ao seu histórico avaliado quanto a confiabilidade do equipamento. De janeiro a agosto de 2007 esta linha de produção funcionou somente em dois meses, março e abril, apresentando baixos resultados nos indicadores de desempenho de disponibilidade, eficiência e estrago, conforme na figura 4.17. Neste mesmo ano houve uma quebra nesta linha que foi considerada altamente crítica pela gerência industrial e pela coordenação de manutenção, ficando a máquina durante alguns meses inoperante devido às suas condições.

| | RM - 04 | |
|-----------------|---------|--------|
| | mar/07 | abr/07 |
| Disponibilidade | 80,40% | 85,20% |
| Eficiência | 43,90% | 33,20% |
| Estrago | 0,34% | 0,38% |

Figura 4.17 – Dados de disponibilidade, eficiência e estrago da RM 04

4.4.2 - Metodologia aplicada

A implantação dos três pilares segue um cronograma que tem uma metodologia de certificação em quatro fases. Onde cada fase aborda as etapas referentes a cada pilar. No final das quatro fases teremos os três pilares implementados por completo. Na figura 4.18, pode-se verificar as quatro fases e as etapas de cada pilar.



Figura 4.18 – Cronograma de implantação das quatro fases do TPM na Mecesa

Para passagem de uma fase para outra é necessária a certificação de fase. Esta certificação é obtida através de um resultado satisfatório na auditoria de certificação. As auditorias seguem um cronograma previamente definido e são compostas por uma equipe de no mínimo dois auditores. É necessária uma nota mínima equivalente a oitenta pontos em cada pilar para obtenção da certificação da fase. Caso algum dos pilares não obtenha a nota mínima, é marcada uma auditoria de follow up para aquele pilar que não obteve o resultado desejado. Os check-list são definidos para cada fase. Quando completada a implantação das quatro fases teremos auditoria de manutenção da certificação. Na figura 4.19 têm-se um check-list para certificação de fase.


TPM - TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE
Auditoria para Certificação da Fase 01 - Pilar Manutenção Autônoma

 Área:
 Equipamento / Linha:
 Data da Auditoria:

 Responsável da Área:
 Supervisor:
 Facilitador:

 Aceitável >= 80 pontos
 Pontos Alcaçado Aceito? Sim Não

| Itens de atividades | Pontos importantes do diagnóstico | Peso | Aceitável >= 80 pontos | | | | | Nota |
|--|---|-----------|------------------------|---------|-----------|-------|--------------|----------|
| | | | 2 Ruim | 4 Fraco | 6 Regular | 8 Bom | 10 Excelente | |
| Etapa 01 - Limpeza, Inspeção, Etiquetagem (40% dos pontos) | Foi aplicado 5S antes do início da Manutenção Autônoma? | 0,5 | | | | | | |
| | A limpeza ao redor do equipamento está adequado? Chão livre de poeira, sujeira, mancha de óleo, parafusos, aramados, coisas desnecessárias espalhadas | 0,7 | | | | | | |
| | A Manutenção da limpeza do equipamento está adequado? Sujeira, poeira, óleo, graxa sobre as superfícies, peças soltas, fios elétricos soltos. | 0,7 | | | | | | |
| | Os óleos lubrificantes estão no nível correto? | 0,4 | | | | | | |
| | Existe evidência de não deterioração acelerada no equipamento? | 0,4 | | | | | | |
| | Existe evidência da utilização de etiquetas para anomalias? | 0,4 | | | | | | |
| | Existe evidência que as anomalias(etiquetas) estão sendo tratadas? | 0,5 | | | | | | |
| | Existe controle visual no equipamento? | 0,4 | | | | | | |
| Etapa 02 - Medidas contra as origens e pontos de difícil acesso (20% dos pontos) | Existe evidência de eliminação do fontes de sujeira no equipamento? | 1 | | | | | | |
| | Existe evidências de melhorias implementadas no Equipamento contra fontes de sujeira e locais de difícil acesso? | 1 | | | | | | |
| Etapa 03 - Elaboração de padrões (Check List Provisório) (20% dos pontos) | Existe padrão provisório no Equipamento? | 0,5 | | | | | | |
| | O padrão provisório está sendo aplicado por todos os turnos? | 0,5 | | | | | | |
| | Existe evidência de que o controle visual do equipamento está sendo utilizado para inspeção? | 0,5 | | | | | | |
| | Existe evidência que a supervisão está acompanhando a aplicação do padrão provisório? | 0,5 | | | | | | |
| Avaliação Geral das 3 Etapas (20% dos pontos) | Todos os operadores estão treinados para operar o Equipamento? | 0,4 | | | | | | |
| | Todos os operadores foram treinados nas 3 etapas da Manutenção Autônoma ? | 0,4 | | | | | | |
| | Existe quadro (Gestão à vista) de Manutenção Autônoma? | 0,4 | | | | | | |
| | O quadro MA está sendo atualizado (indicadores, etiquetas)? | 0,4 | | | | | | |
| | Existe evidência de melhoria na confiabilidade do Equipamento (Disponibilidade, Eficiência e Estrago)? | 0,4 | | | | | | |
| Total de pontos | | 10 | | | | | | 0 |

Figura 4.19 – Check-list para certificação de fase

4.4.3 - Implantação na linha piloto da RM – 04

Para aplicação da metodologia do TPM, foi seguido a metodologia kaizen, pois se trata de mais uma melhoria implantada na fábrica. Para aplicação da metodologia seguimos as seguintes etapas: pré-kaizen, evento kaizen e pós-kaizen.

4.4.3.1 - Pré-kaizen de TPM

Esta etapa foi executada para evitar problemas durante a realização da implantação da ferramenta de TPM. Muitos dos problemas que aparecem durante o evento podem ser evitados se houver um bom planejamento. Para isto é importante

entender que conduzir um evento requer um grande comprometimento de recursos sobre um período de tempo muito curto, e que não há nenhum tempo durante o evento para se recuperar dos erros significativos do planejamento ou para obter recursos adicionais significativos. Também é bom lembrar que a ênfase durante o evento deve ser na implantação das melhorias, no caso a aplicação do TPM numa linha piloto de rolas metálicas, tornando-se então essencial a realização de um planejamento detalhado e bem completo. Então foi executado todo o planejamento para que o objetivo do evento kaizen não tivesse erros significativos que viessem a prejudicar a implantação do TPM. Abaixo segue a seqüência de atividades realizadas no pré-kaizen.

- Acerto com consultor para implantação da metodologia de TPM na Mecesa;
- Definição do equipamento piloto: foi definido o equipamento junto dos setores de manutenção e produção levando em consideração os indicadores de desempenho do equipamento;
- Definição da data de realização da implantação do piloto: foi definida junto ao PCP/Comercial a melhor data disponível para realização da implantação;
- Acerto com consultor de toda a logística;
- Definição dos participantes para a implantação da ferramenta de TPM: foram definidos todos os participantes do evento com as áreas envolvidas;
- Definição do facilitador do TPM: este facilitador será o responsável pelo andamento da implantação do TPM na Mecesa, portanto são necessárias algumas características indispensáveis, são elas: conhecer tecnicamente do equipamento, ser exemplo de postura nos padrões no cumprimento de padrões de qualidade, possuir boa comunicação e treinamento, ter senso de urgência, habilidade de trabalho em equipe, senso de organização, predisposição para auxiliar a equipe e ter dinamismo.
- Comunicação com outras áreas sobre o evento: foi passada para as outras áreas da fábrica a realização do evento, bem como o nome das pessoas que precisam ser envolvidas;

- Coleta das informações básicas: foram coletadas as seguintes informações, nome dos operadores, matrícula, layout, tirado foto do equipamento, levantado os indicadores de desempenho do equipamento, etc.
- Levantamento da necessidade de compra de material e aberturas das ordens de compras: foram identificados os itens necessários para realização inicial da implantação da ferramenta de TPM na RM 04, na semana prevista, estes itens englobam tintas para pintura de máquina, pincéis, rolos, contenedores descartáveis, peças para realização de algum reparo, etc;
- Follow dos pedidos: realizado o follow up dos pedidos para evitar eventuais surpresas na semana de implantação da metodologia;
- Solicitação da confecção das etiquetas de anomalias do TPM numa gráfica;
- Impressão das etiquetas dos cinco sentidos;
- Confecção do quadro de gestão visual do TPM da RM 04;
- Reserva da sala de treinamento e recursos (datashow, flip chart, pincéis, etc) junto ao desenvolvimento humano;
- Agendamento junto ao desenvolvimento humano dos horários e quantidades de coffee breaks;
- Abertura na intranet da solicitação de treinamento para emissão dos certificados para os participantes, após o término do evento;
- Confirmação com os colaboradores a presença no evento de implantação da ferramenta de TPM;
- Convite para o gerente industrial para realização da abertura do evento de TPM;
- Lista de presença dos participantes;
- Divulgação do evento TPM para toda a fábrica, conforme a figura 4.20.



Figura 4.20 – Divulgação do evento de TPM na Mecesa

Todas estas atividades foram desenvolvidas com o auxílio do consultor via telefone e email que orientava os pontos importantes para a realização e sucesso do evento da ferramenta de TPM, e da experiência adquirida coma realização de outros kaizens na Mecesa já que a empresa desde 2002 vem desenvolvendo esta filosofia.

4.4.3.2 Kaizen de TPM

O kaizen de TPM representa a semana quando se começou a aplicação da metodologia de TPM. O consultor chegou quatro dias antes da semana kaizen para realizar um treinamento com a liderança da fábrica sobre a abordagem da metodologia que estava sendo utilizada na empresa onde trabalhava, foram passados os conceitos e a forma de aplicação para se obter o sucesso e os resultados esperados com a implantação da ferramenta. Ele apresentou os resultados que já tinha obtido com a utilização da ferramenta apontando pontos de sucesso e insucesso. Foi explanada toda a metodologia.

Foi decidida a implantação dos pilares que envolvem o processo produtivo para busca da confiabilidade dos equipamentos. Os pilares são: manutenção autônoma, manutenção planejada e melhoria específica. Definido a metodologia de implantação, realizamos um planejamento detalhado para implantação dos pilares que foram divididos em quatro fases e nestas englobamos todas as etapas de cada pilar. A figura 4.21 mostra o cronograma de implantação dos pilares de manutenção autônoma, manutenção planejada e melhoria específica.

| Manutenção Produtiva Total - TPM | | | | |
|---|---|---|--|--|
| Sistema de Implantação dos Pilares de Manutenção Autônoma, Manutenção Planejada e Melhoria Específica - RM 04 | | | | |
| Fases | Fase 1 | Fase 2 | Fase 3 | Fase 4 |
| | Reduzir as variações dos espaços entre as quebras | Prolongar a vida dos equipamentos | Restaurar periodicamente as deteriorações | Predizer a vida útil dos equipamentos a partir de suas condições |
| Manutenção Autônoma | | | | 7ª Etapa - Consolidação do Controle Autônomo |
| | | | | 8ª Etapa - Sistematização da Manutenção Autônoma |
| | | 4ª Etapa - Inspeção Geral de Máquina | | |
| | 3ª Etapa - Elaboração de Padrões (Check List Provisório) | | | |
| | 2ª Etapa - Eliminação das Fontes de Sujeiras e Locais de Difícil Acesso | | | |
| | 1ª Etapa - Limpeza, Inspeção e Etiquetagem | | | |
| Manutenção Planejada | | | | 8ª Etapa - Estruturação do Sistema de Manutenção Planejada |
| | | | | 5ª Etapa - Criar um Sistema de Manutenção Preditiva |
| | | | 4ª Etapa - Estruturação da Manutenção Periódica | |
| | | | 3ª Etapa - Estruturação do Controle de Informações e Dados | |
| | 2ª Etapa - Restauração das Deteriorações e Melhorias dos Pontos Deficientes (apoio a manutenção Autônoma) | | | |
| | 1ª Etapa - Avaliação do Equipamento e Levantamento da Situação Atual | | | |
| Melhoria Específica | | | | 10ª Etapa - Replicação Horizontal |
| | | | | 9ª Etapa - Tomada de Providências para Evitar Recorrências |
| | | | | 6ª Etapa - Confirmação dos Efeitos |
| | | | | 7ª Etapa - Implementação da Melhoria |
| | | | | 6ª Etapa - Identificação do Fenômeno, Avaliação e Análise |
| | | 5ª Etapa - Desdobramento do Plano de Melhoria | | |
| | | 4ª Etapa - Definição das Metas e Prazo para Implementação das Melhorias | | |
| | 3ª Etapa - Detecção das Perdas Atuais | | | |
| | 2ª Etapa - Organização as Equipes do Projeto | | | |
| | 1ª Etapa - Seleção do Equipamento / Linha / Processo como Modelo | | | |

Figura 4.21 – Cronograma de implantação dos pilares de manutenção autônoma, manutenção planejada e melhoria específica.

Definida a metodologia de implantação foram realizados treinamentos específicos para os dois facilitadores do TPM na Mecesa quanto ao TPM e as suas rotinas. Estas pessoas são a chave para o sucesso da ferramenta, elas em maneira alguma podem desanimar. Abaixo segue as rotinas dos facilitadores:

- Organizar material necessário para realização do treinamento da semana kaizen (sala, datashow, computador, apostilas, coffee, lista de presença);
- Organizar material necessário para realização das atividades na semana kaizen (tinta, pincéis, panos, desengraxantes, etc);
- Disseminar os conceitos da metodologia de TPM para os operadores e mantenedores;
- Elaborar check list, padrão provisório e treinar os operadores;

- Organização e gerenciamento dos resultados que serão apresentados no final da semana kaizen;
- Atualizar os indicadores (gráficos, paradas, defeitos, etc);
- Atualizar as pendências junto a manutenção;
- Agendar as reuniões de melhorias com os operadores, manutenção e lideranças;
- Elaborar e monitorar plano de ação para todas as melhorias discutidas nas reuniões;
- Divulgar o plano de ação para as áreas responsáveis;
- Realizar follow up com a manutenção para checar as pendências;
- Apresentação dos resultados nas auditorias;
- Listar as ferramentas necessárias para utilização nas lições ponto a ponto (LPP);
- Elaboração e treinamento dos LPPs;
- Realizar diariamente nos equipamentos o lean walk;
- Realizar pré-auditorias nos equipamentos que serão auditados;
- Participar de avaliações dos equipamentos nas auditorias

O próximo passo foi alinhar todas as atividades do kaizen de TPM, focamos as etapas de cada pilar que seriam abordadas em uma semana. E ficou definida toda a agenda da próxima semana.

4.4.3.2.1 Atividades da semana kaizen de TPM

A abertura da semana foi realizada pelo nosso diretor industrial e pelo gerente industrial que mencionarão a importância da utilização da ferramenta de TPM para Mecesa e a responsabilidade de todos que ali estavam para busca dos resultados

desejados. Em seguida o técnico de segurança fortaleceu os cuidados que todos deveriam ter durante a execução das tarefas.

Foi realizado um treinamento teórico para os operadores e mantenedores sobre os conceitos de TPM, toda a evolução histórica e os resultados alcançados em outras empresas. Foram definidas as metas para a semana, que seguem abaixo:

- 80% das etiquetas de anomalias resolvidas;
- 80% das fontes de sujeiras eliminadas;
- No mínimo um local de difícil acesso eliminado;
- 100% dos padrões implantados e os operadores treinados;
- No mínimo um risco de acidente eliminado.

Foram passadas as importâncias de cada um para obtenção do sucesso da ferramenta e a definição dos responsáveis pelas atividades. Os operadores são as pessoas que atuarão na execução das atividades durante a semana, como limpeza, lubrificação, reaperto, etiquetagem, etc. Devem possuir conhecimento prático sobre o equipamento, de preferência que sejam pessoas com certa experiência e que possam operar o equipamento durante as fases de implantação da ferramenta. Os padrinhos da manutenção são os responsáveis pelo monitoramento e execução das atividades do TPM quanto às etiquetas de anomalia, levantamento e execução de melhorias, apoio na elaboração de procedimentos e padrões e monitoramento e avaliação das condições do equipamento.

Para execução das atividades na RM 04 o equipamento foi dividido em três setores prensa, extrusora A e extrusora B, com uma equipe para cada área que era composta por um líder e três operadores.

Inicialmente foi realizada a limpeza inicial, inspeção e etiquetagem geral do equipamento. Foi feita a limpeza do equipamento na parte externa e interna, pintura nos locais necessários que haviam sido levantados no pré-kaizen e eliminação do lixo acumulado no equipamento. Nessa etapa foi separada uma área de descarte próxima

do equipamento onde foram colocados todos os materiais que não são necessários e os materiais que foram refugados. A área de descarte deve ser mantida próxima ao equipamento até o final da semana kaizen para evidenciar a limpeza realizada. Na inspeção do equipamento foram verificados os padrões de níveis nos visualizadores, os pontos críticos de quebras e falhas, peças e componentes em mal estado de conservação e vida-útil ultrapassada ou próxima do fim, peças e componentes ausentes no equipamento ou quebradas, a padronização das peças e necessidade de pintura. Foram executadas lubrificações necessárias para o bom funcionamento do equipamento bem como os reapertos de parafusos e porcas mal rosqueadas. A figura 4.22 demonstra o comparativo entre o antes e depois da realização das atividades. Na máquina as partes internas estavam com muita sujeira e gerando muitos desperdícios de rolhas metálicas.



Figura 4.22 – Comparativo entre o antes e o depois da realização das atividades.

Na figura 4.23 demonstra o comparativo entre o antes e o depois dos componentes de máquina que estavam sujos e em mau estado de conservação. Havia sido identificados e foram executadas várias situações para estabelecer os componentes aos estados normais de utilização.



Figura 4.23 – Comparativo entre o antes e depois dos componentes de máquina.

Na etiquetagem a equipe da área realizou o trabalho de identificação de anomalias e abertura das etiquetas. É importante que os próprios colaboradores que atuarão no equipamento preencham as etiquetas com o apoio dos facilitadores de área para esclarecer às dúvidas nos critérios de abertura e preenchimento. Há dois tipos de etiquetas, as anomalias de execução de operadores que são as azuis e de execução da manutenção que são as vermelhas. No preenchimento das etiquetas temos duas vias uma de papelão que será fixada no local da anomalia e uma de papel que deve ser fixada no Quadro de Gestão à Vista TPM junto às outras etiquetas pendentes. Quando a anomalia pendente for executada a etiqueta de papelão (no local da anomalia) deve ser preenchida conforme o solicitado e realocada pelo executor da pendência no Quadro de Gestão à Vista TPM junto às etiquetas executadas e então dado a baixa pelos facilitadores da ferramenta. Durante a semana foram levantadas cento e quarenta e oito anomalias sendo cento e uma de manutenção e vinte e oito dos operadores. Na figura 4.24 temos as etiquetas de anomalias utilizadas pela Mecesa. Na figura 4.25 demonstra a etiquetagem do equipamento. Estas etiquetas só devem ser utilizadas para as anomalias.

| Manutenção produtiva total TPM MANUTENÇÃO AUTÔNOMA | Manutenção produtiva total TPM MANUTENÇÃO AUTÔNOMA |
|---|--|
| LOCAL DA ANOMALIA Nome do equipamento: _____ Data de detecção: _____ Detectado por: _____ Responsável pelo reparo : Operador | LOCAL DA ANOMALIA Nome do equipamento: _____ Data de detecção: _____ Detectado por: _____ Responsável pelo reparo : Manutenção Num. da nota (ou ordem) : _____ |
| Executor: _____ Data: ____/____/____ CONTEÚDO DA ANOMALIA _____ _____ _____ | Executor: _____ Data: ____/____/____ CONTEÚDO DA ANOMALIA _____ _____ _____ |

Figura 4.24 – Etiquetas de anomalia do TPM Mecesa

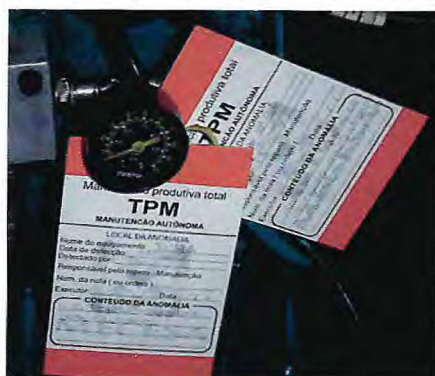


Figura 4.25 – Etiquetagem da máquina

Com a conclusão da limpeza inicial, inspeção e etiquetagem do equipamento, partimos para a eliminação das fontes de sujeira. Foram identificados os pontos e executados as que davam para ser realizadas durante a semana, as demais ficaram num plano com prazos e responsáveis definidos para implementações. A figura 4.26 demonstra a eliminação da fonte de sujeira do motor da extrusora PMC 250 que estava com vazamento de óleo e na figura 4.27 demonstra a eliminação das fontes de sujeiras realizadas na prensa PTC 027.

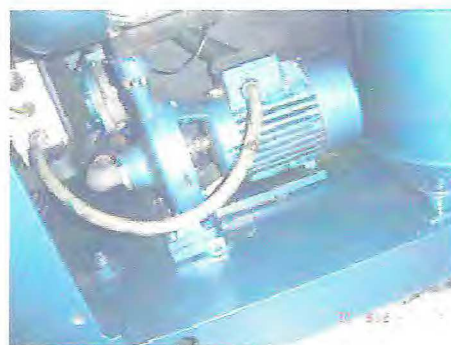
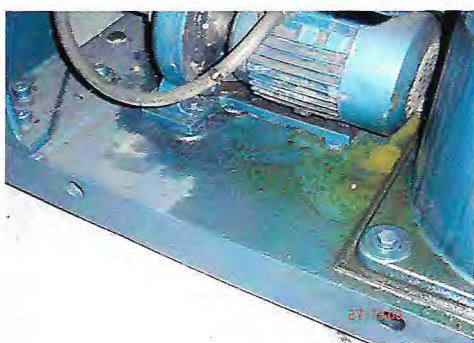


Figura 4.26 – Eliminação da fonte de sujeira da PMC 250



Figura 4.27 – Eliminação da fonte de sujeira da prensa PTC 027

Com a eliminação das fontes de sujeiras, partimos para eliminação dos pontos de difícil acesso. Foram levantados alguns pontos onde os operadores ou mecânicos tem dificuldades para execução de serviços. A figura 4.28 demonstra a eliminação de locais de difícil acesso. Antes a escada precisava ser levantada para que o operador pudesse utilizá-la na extrusora, isto gerava também risco de acidentes. Depois os locais onde são montadas as caixas para embalagens das rolhas metálicas foram reposicionadas fazendo assim que a escada não seja mais levantada.



Figura 4.28 – Eliminação de local de difícil acesso

A elaboração dos procedimentos padrões para limpeza e inspeção foi realizada dentro da semana kaizen. Estes documentos são padrões provisórios de limpeza e inspeção que mencionam os pontos e as frequências que devem ser realizadas as limpezas e inspeções e que garantem ser efetuados com segurança e no menor tempo possível (é preciso indicar o tempo e o período necessário para executar). Estes documentos depois da semana kaizen devem ser revisados. Os padrões devem ser alocados em local próximo ao equipamento. Na RM 04 foram elaborados os padrões para prensa, extrusoras e equipamentos adicionais. Além do Padrão é feita uma lista de acompanhamento das atividades onde os colaboradores dão as baixas nas atividades que são executadas e por meio de auditorias dos supervisores de produção. A figura 4.29 demonstra o padrão provisório dos equipamentos adicionais. E a figura 4.30 demonstra o check de verificação dos equipamentos adicionais. Todos os operadores foram treinados.

| MECESA Manutenção Produtiva Total - TPM - EQUIPAMENTOS ADICIONAIS RM04 | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------------|--------------------------------------|--|----------------------|------------------------------------|-----------------|------------|---------------|-------|----------|-------------|
| PADRÃO DE LIMPEZA E INSPEÇÃO | | | | | | | | | | | |
| Ilustração | Local de Limpeza e Inspeção | | Norma de Limpeza e Inspeção | Método (como fazer?) | Ferramentas necessárias | Máquina parada? | | Periodicidade | | | Responsável |
| | Nº | ITEM | | | | S | N | Tempo (min) | Turno | Diluição | |
| | 1 | Tambor giratório, painel do elevador | Limpeza geral (poeira, rolhas, retalhos) | visual / tato | pano, estopa e álcool | | | 3 | | 1X | Embalador A |
| | 2 | Elevador, escada e calhas | Limpeza geral (poeira) | visual | pistola de ar, pano e estopa | | | 5 | | 1X | Embalador A |
| | 3 | Gaiola | Limpeza geral (poeira) | visual / tato | pano, estopa e solução sanitizante | | | 5 | | 2X | Embalador A |
| | 4 | Frigo | Verificar nível de água e vazamentos | visual | pano, estopa e álcool | | | 1 | | 1X | Embalador B |
| | 5 | | Lavagem nas telas de filtragem | visual / tato | água e estopas | | | 10 | | 1X | Embalador B |
| | 6 | | Limpeza geral (poeira) | visual / tato | pano, estopa e álcool | | | 3 | | 1X | Embalador B |
| | 7 | Mangueiras transp. de PVC | Limpeza geral (poeira, manchas) | visual / tato | pano, estopa e álcool | | | 3 | | 1X | Embalador A |
| | 8 | Painel elétrico A | Limpeza geral (poeira) | visual / tato | pano e estopa | | | 2 | | 1X | Embalador A |
| | 9 | Painel elétrico B | Limpeza geral (poeira) | visual / tato | bomba de graxa e volante girador | | | 2 | | 1X | Embalador B |
| Superiores: | | | | Elaborador por: | Data elaboração: | Revisado por: | Data rev.: | Revisão N°: | | | |
| | | | | Bruno Iosephi | 30/08/2007 | Bruno Iosephi | 01/10/2007 | 02 | | | |

Figura 4.29 – Padrão provisório dos equipamentos adicionais

| MECESA Manutenção Produtiva Total - TPM - EQUIPAMENTOS ADICIONAIS RM04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|------------|-----------------------|------------|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|
| Planejamento das Atividades de Limpeza e Inspeção | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Atividades | Nº | Frequência | Maq. Parada (minutos) | Turnos | Setembro 2007 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | T | D | S | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | |
| | | | | | 1ª | 2ª | 3ª | 1ª | 2ª | 3ª | 1ª | 2ª | 3ª | 1ª | 2ª | 3ª | 1ª | 2ª | 3ª | 1ª | 2ª | 3ª | 1ª | 2ª | 3ª | 1ª | 2ª | 3ª | 1ª | 2ª | 3ª | 1ª | 2ª | 3ª | 1ª | 2ª | 3ª | |
| Tambor giratório, painel do elevador | 1 | 1x | | | 1ª | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| | | | | | 2ª | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | | | | 3ª | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Elevador, escada e calhas | 2 | 1x | | | 1ª | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| | | | | | 2ª | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | | | | 3ª | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Gaiola | 3 | 2x | | | 1ª | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| | | | | | 2ª | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | | | | 3ª | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Frigo | 4 | 1x | | | 1ª | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| | | | | | 2ª | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | | | | | 3ª | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Frigo | 5 | 1x | | | 1ª | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| | | | | | 2ª | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | | | | | 3ª | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Frigo | 6 | 1x | | | 1ª | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| | | | | | 2ª | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | | | | | 3ª | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Mangueiras de transp. de PVC | 7 | 1x | | | 1ª | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| | | | | | 2ª | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | | | | | 3ª | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Painel elétrico A | 8 | 1x | | | 1ª | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| | | | | | 2ª | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | | | | | 3ª | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Painel elétrico B | 9 | 1x | | | 1ª | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |
| | | | | | 2ª | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | | | | | 3ª | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Legenda: | | | | Visto Sup. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OK - REALIZADO NR - NÃO REALIZADO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 4.30 – Check list de verificação do padrão prvisório dos equipamentos adicionais

Com a conclusão dos padrões provisórios foi realizado o gerenciamento visual dos equipamentos para auxiliar os operadores nas verificações. Os equipamentos foram etiquetados com as etiquetas dos cinco sentidos humanos visão, olfato, audição, tato e paladar. Estas etiquetas orientam os operadores como proceder nas verificações. Foi realizado também a marcação dos níveis de óleo para verificação das necessidades de lubrificação. Na figura 4.31 verifica-se a gestão visual do equipamento.



Figura 4.31 – Gestão visual do equipamento

Concluídas as etapas iniciais para o pilar de manutenção autônoma conforme planejado segue as atividades realizadas no pilar de manutenção planejada.

Foi realizada a avaliação da RM 04 em sua situação atual. Foram verificados os índices de quebras e pequenas paradas, as quantidades de paradas, os custos de manutenção, manutenção pós-quebras, criticidade A, B, C, priorização das quebras/falhas - níveis de quebra, indicadores da manutenção.

Foi executada a análise do sistema de gestão utilizado na empresa, o logix, para alteração com o objetivo de obter todo o histórico do equipamento e assim melhorar o plano de manutenção preventiva. Foram definidos os padrinhos do equipamento para a manutenção mecânica e elétrica.

Os indicadores de desempenho da manutenção foram revisados e criados novos indicadores como tempo médio entre falhas (MTBF) e tempo médio de reparo (MTTR). Foi criado um dossiê para a RM 04.

As condições básicas dos componentes foram restauradas devido a deterioração forçada, corrigidas as debilidades do projeto para prolongar a vida útil. Estas as ações

visam dar apoio à manutenção autônoma e análise das quebras/falhas - prevenção da manutenção. Foi criada a análise de causa seguindo um formulário padrão de análise de causa seguindo o critério de tempo das paradas a serem analisadas. Na figura 4.32 temos a restauração e regulagens de componentes mecânicos da extrusora PMC 250. As peças estavam sujas, desgastadas e desreguladas. Foram trocados os componentes defeituosos e regulados visando restaurar as condições ideais para uso.

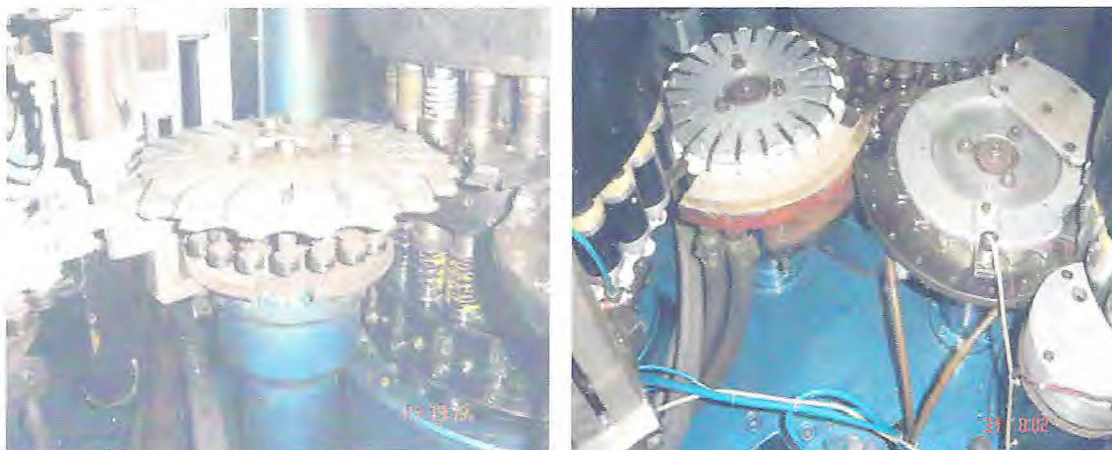


Figura 4.32 – Restauração e regulagens de componentes mecânicos da extrusora PMC 250.

A figura 4.33 demonstra a restauração de uma caixa de passagem da extrusora PMC 250. Havia fiação exposta, falta de identificação em alguns fios o que retardava a manutenção corretiva e total desorganização.

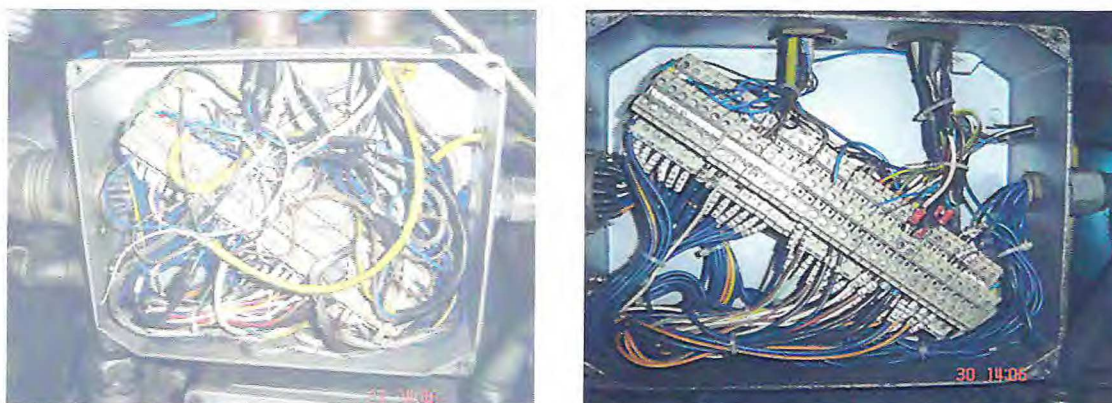


Figura 4.33 – Restauração da caixa de passagem da extrusora PMC 250 as condições ideais.

A segurança é ponto importante para que as atividades ocorram sem causar danos aos colaboradores. Na semana kaizen foram identificados algumas condições inseguras, algumas foram eliminadas e para as outras foi criado um plano de ação com

responsáveis e prazos para execução das ações. A figura 4.34 demonstra a eliminação do risco de segurança do elevador da extrusora PMC 250.



Figura 4.34 – Eliminação do risco de acidente do elevador da extrusora PMC250.

A primeira etapa do pilar de melhoria específica foi realizada no pré-kaizen e durante o início da semana kaizen. Foi definido o equipamento, os padrinhos, os operadores que participariam do kaizen, o grupo de melhoria e o facilitador da ferramenta. Foi confeccionado o quadro de gestão a vista do TPM – RM 04 para o gerenciamento visual do equipamento. Neste quadro identificamos as etiquetas que estão em abertos e as executadas na semana, o cronograma de auditorias e das reuniões do grupo de melhorias, todos os operadores treinados na metodologia de TPM e que estão habilitados para operar o equipamento e os indicadores de desempenho do equipamento. A figura 4.35 demonstra o quadro de gestão a vista TPM – RM 04.

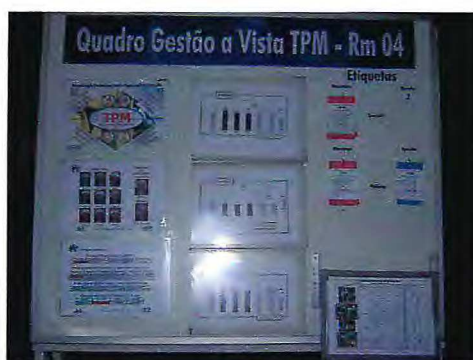


Figura 4.35 – Quadro de gestão a vista TPM – RM 04

Foram definidos os principais objetivos da aplicação da ferramenta de TPM na RM - 04 que são o aumento da disponibilidade e da eficiência do equipamento e a

redução do índice de estrago da linha. Foram definidas as metas dos indicadores de desempenho para cada fase. A figura 4.36 demonstra as metas para cada fase do TPM na RM – 04.

| DISPONIBILIDADE | | | EFICIÊNCIA | | |
|-----------------|-----------|----------|------------|-----------|----------|
| Fases | Histórico | Meta TPM | Fases | Histórico | Meta TPM |
| I | 78,7% | 82,6% | I | 58,2% | 62,9% |
| II | | 85,0% | II | | 66,9% |
| III | | 88,1% | III | | 69,8% |
| IV | | 90,5% | IV | | 72,8% |

| ESTRAGO | | |
|---------|-----------|----------|
| Fases | Histórico | Meta TPM |
| I | 0,25% | 0,23% |
| II | | 0,22% |
| III | | 0,21% |
| IV | | 0,20% |

Figura 4.36 – Metas dos indicadores para cada fase do TPM na RM - 04

Após a conclusão destas etapas a semana kaizen encerrou com a apresentação final do kaizen para os diretores, gerentes e liderança da fábrica. O facilitador do TPM junto dos operadores que prepararam e apresentaram os objetivos antes traçados e os resultados atingidos durante a semana. Todas as metas para semana kaizen foram atingidas. Na figura 4.37 tem-se o comparativo entre os resultados alcançados e as metas determinadas. Na figura 4.38 tem-se o comparativo entre as etiquetas abertas e as encerradas na semana kaizen.

- **85,91% das etiquetas resolvidas - Meta 80%**
- **86,60% das Fontes de sujeira eliminadas – Meta 80%;**
- **01 local de difícil acesso eliminado - Mínimo 01**
- **100% de padrões implantados e operadores treinados - Meta 100%**
- **02 risco de acidente eliminado – Mínimo 01**

Figura 4.37 – Comparativo dos resultados alcançados x metas determinadas para a semana kaizen.

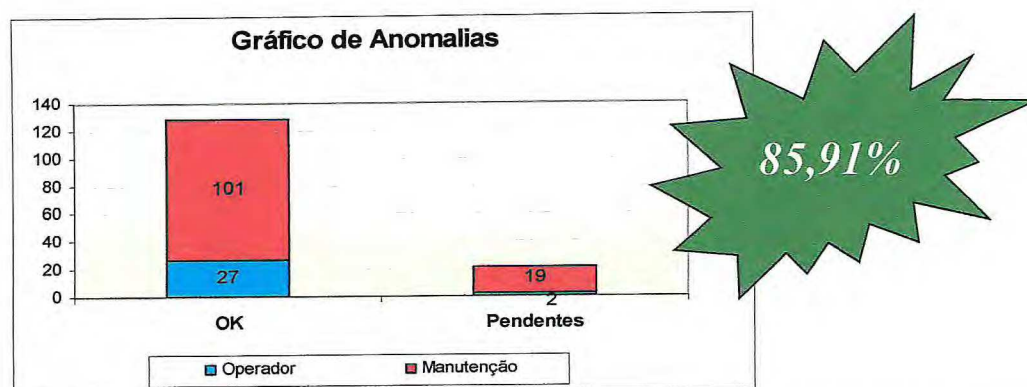


Figura 4.38 – Comparativo entre as etiquetas abertas x encerradas na semana kaizen.

Na figura 4.39 observa-se todo o material descartado durante a semana do kaizen de TPM.



Figura 4.39 – Descarte do material durante a semana kaizen de TPM na RM-04

4.4.3.3 Pós-kaizen de TPM

Com o término da semana kaizen de TPM, não quer dizer que as atividades já terminaram. Pelo contrário temos um grande grau de detalhamento e de atividades a cumprir para implantação total da ferramenta do TPM. Existem alguns itens que devem ser realizados logo após o término desta semana. O que já temos implementado são as três primeiras etapas do pilar de manutenção autônoma, a primeira etapa do pilar de manutenção planejada e as duas primeiras etapas do pilar de melhoria específica. Para todas as outras etapas serão desenvolvidos ações para a garantia da implantação dos três pilares, estas serão verificadas através do cronograma do ciclo de auditorias para certificação das quatro fases.

Nesta etapa o facilitador de TPM tem papel fundamental para o sucesso da implantação da ferramenta. Deve delegar as atividades do grupo de melhorias e dos colaboradores. Ele deve ter uma rotina de atividades voltadas para estabilização e avanço das etapas de cada pilar. Foram desenvolvidas algumas formas de gerenciamento para a manutenção do padrão de atividades, como o gerenciamento diário para os três primeiros meses após a implantação da ferramenta e o gerenciamento semanal das etiquetas.

O facilitador tem acompanhar e executar as atividades necessárias para sustentabilidade dos Pilares. O levantamento do estado atual do programa pode ser feito por gerenciamentos periódicos quanto às etiquetas de Anomalias, execução das ações, cumprimento do plano de melhorias, treinamento de pessoal, análises de causa, gestão dos Indicadores e todas as outras atividades pertinentes ao TPM.

Os operadores devem manter a conservação do equipamento, etiquetagem, reparos padronizados, evitar quebras através de limpeza e inspeções, prevenir as seis grandes perdas do equipamento, buscar quebra zero durante o período programado e monitoramento. Os padrinhos de manutenção devem gerenciar as etiquetas de anomalia pendentes e executar as ações do desdobramento do plano de melhorias quando necessário e cooperar com a elaboração de padrões e procedimentos. O grupo de melhorias tem de detectar as grandes perdas do equipamento e promover a metodologia para eliminação das grandes perdas - priorizando as de maior impacto, fazer registro de informações no dossiê do equipamento que irá abastecer o banco de registros para o pilar de controle inicial. O facilitador deve identificar quais serão os próximos passos para as certificações. É de fundamental importância a realização de no mínimo uma vez por mês a realização da reunião do grupo de melhorias.

A RM – 04 já está caminhando para certificação da quarta fase. As figuras 4.40, 4.41 e 4.42 apresentam os resultados atingidos com os indicadores de desempenho, depois da aplicação da metodologia do TPM.

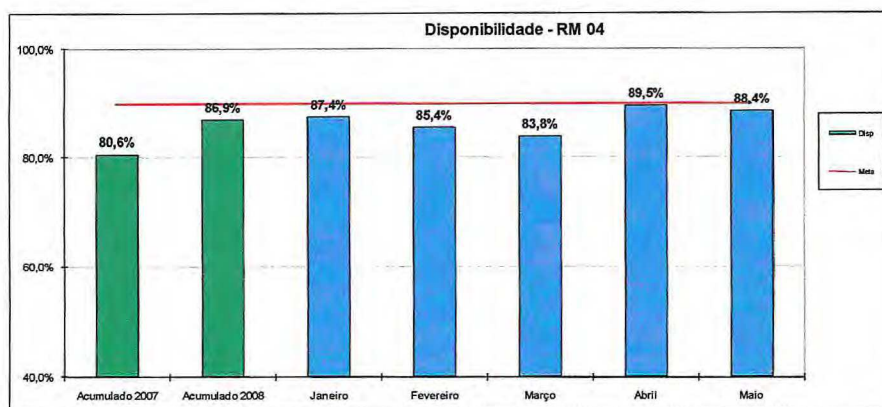


Figura 4.40 – Indicador de disponibilidade da RM 04

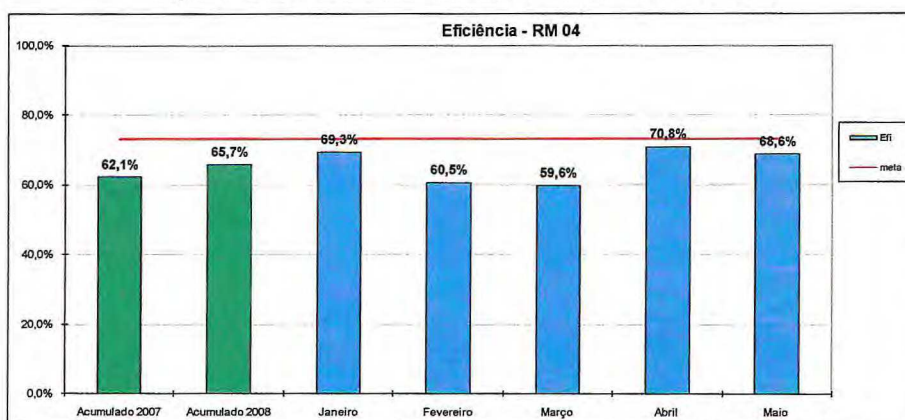


Figura 4.41 – Indicador de eficiência da RM 04

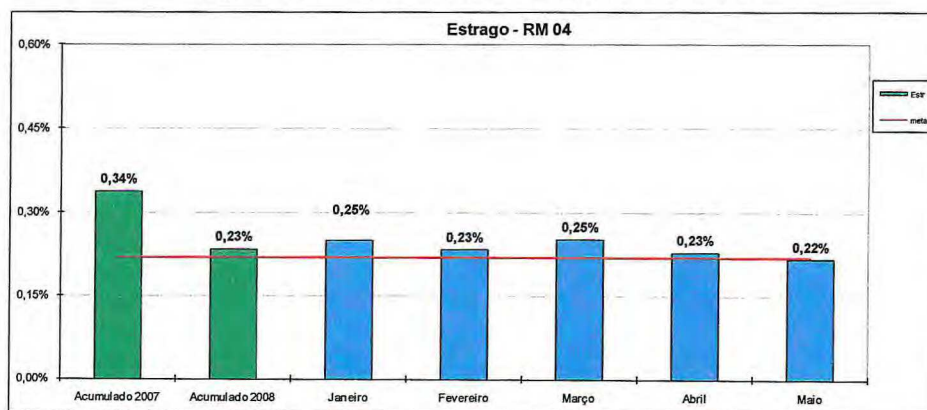


Figura 4.42 – Indicador de estrago da RM 04

5 – CONCLUSÃO

O desenvolvimento constante de novos equipamentos produtivos, cada vez mais modernos e dotados de controles automatizados, amplia a tendência de crescimento da importância dos processos de manutenção, face à disponibilidade dos equipamentos presentes no processo produtivo. O conceito moderno de manutenção não estigmatiza como fator de custo para a empresa, mas sim de vantagem competitiva em relação aos concorrentes, por isso a necessidade da busca incessante por novos métodos, técnicas para um desempenho cada vez maior dos equipamentos.

Pode-se afirmar que todos os objetivos estabelecidos inicialmente neste trabalho foram atingidos. Apresentam-se, a seguir, comentários acerca de cada um dos objetivos específicos alcançados;

- Descrever os princípios da mentalidade enxuta e da manutenção produtiva total: foi realizada uma ampla revisão bibliográfica descrita nos capítulos 2 e 3, descrevendo o surgimento do Sistema Toyota de Produção, os pilares, identificando os desperdícios e os princípios do STP. A revisão bibliográfica se entendeu também para a Manutenção Produtiva Total englobando desde o surgimento quanto a conceitos, sincronização com o sistema, os objetivos, as seis principais perdas e todas as etapas dos pilares de manutenção autônoma, manutenção planejada e melhoria específica;
- Demonstrar a implantação dos três pilares do TPM (manutenção autônoma, manutenção planejada e melhoria específica) quanto ao sistema de produção visando à confiabilidade do equipamento: este item foi descrito no capítulo 3, nos itens 3.1.2, 3.1.3 e 3.1.4 com a descrição detalhada de todas as etapas dos pilares de manutenção autônoma, manutenção planejada e melhoria específica. No capítulo 4, foram exemplificados com exemplos práticos aplicação de algumas etapas destes pilares;
- Descrever como foi identificada a necessidade de implantação da ferramenta de TPM: este item foi descrito no capítulo 4, no item 4.2.1. Na atualidade é notória a

necessidade de cada vez mais de buscar a redução de custos e como os lotes de produção são cada vez menores e pelo fato de setor de produção de rolhas metálicas é deter o maior custo de manutenção da empresa, cerca de 60% do total de peças e serviços que são gastos na fábrica são referentes a este setor que possui um alto grau de automação, baixa eficiência e altos números de paradas de manutenção. Viu-se nestes fatores a necessidade de implantar em uma linha piloto da produção de rolhas metálicas a aplicação da ferramenta de TPM com foco no processo produtivo visando aumentar a confiabilidade dos equipamentos e buscar capacitação dos colaboradores tendo uma equipe que foque e identifique os desperdícios dos equipamentos e do processo;

- Demonstrar a forma de implantação da metodologia de TPM numa linha piloto de produção de rolhas metálicas: foi demonstrado no capítulo 4, a partir do item 4.2.2, contemplando a metodologia aplicada para implantação da ferramenta do TPM e as etapas dos pilares de manutenção autônoma, manutenção planejada e melhoria específica que estão diretamente ligados ao sistema produtivo que foram implantadas. Foram demonstrados alguns dos resultados atingidos com a aplicação piloto na linha RM 04.

Tendo sido alcançado todos os objetivos específicos, é possível afirmar, por consequência, o mesmo para o objetivo geral. Por meio do capítulo 4 (Estudo de Caso), analisou-se toda a metodologia de implantação da ferramenta de TPM numa linha piloto de produção de rolhas metálicas, descrevendo a necessidade de implantação, o método utilizado, todas as etapas e os resultados já obtidos com a utilização da ferramenta.

A análise desenvolvida permitiu a elaboração de propostas de ajustes para melhoria da aplicação deste piloto. Sendo elas:

- Realizar benchmarking com a implementação deste piloto e replicação nas demais linhas de produção da empresa;

- Dedicar uma pessoa exclusiva para implantação do TPM na Mecesa, esta pessoa seria a responsável por implementar a ferramenta de TPM na empresa, focando os resultados obtidos na linha piloto;
- Desenvolver de forma mais sistemática a prática do sistema Toyota de produção, envolvendo mais os colaboradores com os resultados atingidos;
- Avaliação do sistema de manutenção para o pilar de manutenção planejada;
- Sensibilização com a equipe de manutenção;
- Criar norma de equipamento (ex. padrão de cor do equipamento);
- Criar cultura de análise de causa raiz para os problemas no processo produtivo

6 – REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 14724:2005: informação e documentação - confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994.

BATAGLIA, Flávio. **Introdução à mentalidade enxuta – Conceitos e aplicações**. Lean Institute Brasil, 2002-2004.

BOYER, Robert. **A Teoria da Regulação: uma análise crítica**. Tradução de Renée Barata Zicman. São Paulo: Nobel 1990.

CARTER, Rick. **Falando sobre a aplicação da TPM na Indústria da construção naval americana**. Editor chefe da Revista IMPO Magazine (Industrial Maintenance and Plant Operation) de setembro de 1999. (on line) 2001.

CORRÊA, Henrique L., GIANESI, Irineu G.N. **Just in Time, MRP II e OPT – Um enfoque estratégico**. 2ª Ed. São Paulo: Atlas, 1996.

CORRÊA, HENRIQUE L. GIANESI, IRINEU G. N. CAON, MAURO. **Planejamento, programação e controle da produção: MRP II/ ERP: conceitos, uso e implantação**. 4ª Ed. São Paulo: Atlas, 2001.

GHINATO, Paulo. **Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente jus-in-time**. Vol. 5. 1995.

MIRSHAWKA, Victor, OLMEDO, Napoleão L. **TPM À Moda Brasileira**. São Paulo: Makron Books, 1994.

MECESA – **Manual de treinamento de latas**, 2005.

MECESA – **Treinamento Mentalidade Enxuta**, 2006.

MECESA – **Manual de treinamento de rolhas metálicas**, 2007.

MECESA – **Treinamento Manutenção Produtiva Total**, 2007.

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

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala**. Trad. de Cristina Schumacher. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

OLIVEIRA, Adriano Gropello. **P.Q.E.I. Programa de Qualidade na Engenharia Industrial**. Jundiaí: Atlas, 2001.

SHINGO, SHINGO. **Sistema de troca rápida de ferramentas: uma revolução nos sistemas produtivos**. Porto Alegre: Bookman, 2000.

SLACK, NIGEL. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1999 (edição compacta).

TAKAHASHI, YOSHIKAZU. **TPM / MPT manutenção produtiva total**. São Paulo: Imam, 1993.

TARDIN, Gustavo. **Nivelamento da Produção – Workshop de Aplicação do sistema Puxado**. Lean Institute Brasil, 2002-2004.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Trad. de Ivo Korytovsky. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

WOMACK, James P., JONES, Daniel T. **A mentalidade Enxuta nas Empresas: Elimine o Desperdício e Crie Riquezas**. 7ª Edição. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

Yin, R. K. **Estudo de Caso: Planejamentos e Métodos**. 2ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2001.