

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
VII CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO INDUSTRIAL
PRODUÇÃO E MANUTENÇÃO

ANDRE LUIS BOCHNIA

UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA ANÁLISE PM PARA
SOLUÇÃO DE PROBLEMA

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

PONTA GROSSA

2012

ANDRE LUIS BOCHNIA

**UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA ANÁLISE PM PARA
SOLUÇÃO DE PROBLEMA**

Trabalho de Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Gestão Industrial: Produção e Manutenção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Guataçara dos Santos Junior

PONTA GROSSA

2012



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS PONTA GROSSA
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia

UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA ANÁLISE PM PARA SOLUÇÃO DE PROBLEMA
por

Andre Luis Bochnia

Esta monografia foi apresentada no dia 10 de março de 2012 como requisito parcial para a obtenção do título de ESPECIALISTA EM GESTÃO INDUSTRIAL: PRODUÇÃO E MANUTENÇÃO. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Msc. Flavio Trojan (UTFPR)

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson
(UTFPR)

Prof. Dr. Guataçara dos Santos Junior
(UTFPR)
Orientador

Visto do Coordenador:

Prof. Dr. Guataçara dos Santos Junior
Coordenador ESPGI-PM
UTFPR – Campus Ponta Grossa

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Secretaria

Dedico este trabalho aos meus familiares,
em especial a minha mãe e meu pai
(homenagem póstuma). A minha
namorada Gislaine, que nunca deixou de
me apoiar nos momentos difíceis.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de deixar registrado meu agradecimento a todos os colegas de classe, pelo excelente convívio nos meses que passamos juntos e pela oportunidade de troca de experiências.

Em especial, gostaria de agradecer ao Professor Dr. Guataçara e minha colega de classe Susana Antonelli que me ajudaram a não desanimar nesta caminhada.

RESUMO

BOCHNIA, André Luis. **Utilização da Metodologia Análise PM para solução de problema**. 2012. 62 Folhas. Trabalho de Conclusão do Curso de Especialização em Gestão Industrial: Produção e Manutenção, do Programa de Pós Graduação em Engenharia da Produção - PPGEPP, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2012.

O objetivo deste trabalho é aplicar a metodologia de análise PM em um caso real da industrial que provoca paradas de linha em uma extrusora. A metodologia adotada caracteriza a pesquisa como aplicada, com a discussão dos resultados de maneira qualitativa. Este trabalho foi desenvolvido em uma empresa do ramo de embalagens da cidade de Ponta Grossa, a qual possui difundido o conceito da manutenção produtiva total desde 1999, isto colaborou para que se desenvolvesse um ambiente propício para a melhoria contínua. É justamente em um ambiente amadurecido como este que a ferramenta da análise PM deve ser adotada com o intuito de solução de perdas crônicas. Esta necessidade incessante da melhoria contínua é impulsionada pela concorrência de mercado que vem se tornando cada vez mais implacável com as empresas que não se adequarem a tal cenário. Diante desta premissa, uma das formas que as empresas encontram para se manterem competitivas é através da redução do custo total de produção, exemplo da empresa em questão busca a erradicação de paradas de linha pelo modo de falha que será objeto de estudo deste trabalho.

Palavras-chave: Manutenção produtiva total. Eficiência global do equipamento. Melhoria contínua. Análise PM. Custo de produção.

ABSTRACT

BOCHNIA, André Luis. **Use of the PM Analyses Methodology to Solve Problem.** 2012. 62 Pages. Course Conclusion Work of Management Industrial Specialization: Production and Maintenance, of the Pos Graduation Program in Production Engineering, of Federal Technology University of Paraná State. Ponta Grossa, 2012.

This paper has the aim of applying PM Analysis in a real industry case which causes line shutdown in the extruder. The adopted methodology classifies the research as applied with the discussion of results in a qualitative way. The work was developed in a company in packing area, in a city of Ponta Grossa, which has developed the concept of Total Productive Maintenance since 1999. This helps the development of an appropriated environment for a continuous improving. It is exactly in a mature environment like this where the PM analysis tool should be adopted in order to solve chronic losses. This growing need of continuous improvement is motivated by the market competition, that has been more and more severe with companies that do not adapt in to this current scenario. Towards this necessity one of the forms the companies found out to keep being competitive is through the reduction of production total cost, which is obtained for instance (in such company) in a line shutting down reduction this matter will be this paper object of study.

Keywords: Total productive maintenance. Overall Equipment Effectiveness. Continuous Improvement. PM Analyses. Productive Cost.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Histórico do TPM.....	18
Figura 2 – Oito pilares do TPM.....	20
Figura 3 – Modelo de Deployment	26
Figura 4 – Exemplo de Histograma	30
Figura 5 – Diagrama de Causa e Efeito	35
Figura 6 – Ciclo PDCA	36
Figura 7 – Tipos de Correlação	40
Figura 8 – O que é Análise PM?	44
Figura 9 – Diagrama da Extrusora	48
Figura 10 – Gráfico no painel de controle no momento de queda da corrente.....	49
Figura 11 – Partes que compõe a Extrusora D	50
Figura 12 – 5 Condições para 0 Defeitos	57
Gráfico 1 – Exemplo de Gráfico de Pareto.....	29
Gráfico 2 – Gráficos de ocorrências da queda da corrente da extrusora	46
Gráfico 3 – Acompanhamento das paradas de linha devido a RO08.....	58
Quadro 1 – Grupos de Evolução	18
Quadro 2 – Quadro de definições do 5W1H	31
Quadro 3 – Etapas do ciclo PDCA	36
Quadro 4 – Técnicas de planejamento e análises de experimentos	42
Quadro 5 – Análise 5W1H para queda da corrente da extrusora.....	47
Quadro 6 – Análise PM RO08.....	50
Quadro 7 – Definição das condições que compõe o fenômeno	54
Quadro 8 – Quadro de Correlação.....	54
Quadro 9 – Exemplos de planejamentos de fatores.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplo de levantamento para formulação de Gráfico de Pareto	29
Tabela 2 – Exemplo de utilização do 5W1H.....	32
Tabela 3 – 5 Porquês	32
Tabela 4 – Valores de Correlação.....	40

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS.....	14
1.1.1 Objetivo Geral.....	14
1.1.2 Objetivo Específico	14
1.2 JUSTIFICATIVA.....	14
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	16
2.1 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL.....	16
2.1.1 Significado da Manutenção Produtiva Total (TPM).....	19
2.1.1.1 Total.....	19
2.1.1.1 Produção.....	19
2.1.1.3 Manutenção	19
2.2 PILARES DA TPM	20
2.2.1 Pilar Melhorias Focadas	21
2.2.2 Manutenção Planejada	21
2.2.3 Educação e Treinamento.....	22
2.2.4 Manutenção da Qualidade.....	22
2.2.5 Pilar Segurança, Higiene e Meio Ambiente	23
2.2.6 Pilar Office	23
2.2.7 Pilar Gestão Antecipada Projetos	23
2.2.8 Pilar Manutenção Autônoma.....	23
2.2.9 Medidas da Performance.....	24
2.3 FERRAMENTAS E METODOLOGIAS PARA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS.....	25
2.3.1 Deployment ou Estratificação	26
2.3.2 Folha de Verificação	27
2.3.3 Gráfico de Pareto.....	28
2.3.4 Histograma	30
2.3.5 5W1H.....	31
2.3.6 5 Porquês	32
2.3.7 Brainstorming.....	34

2.3.8 Diagrama de Causa e Efeito.....	34
2.3.9 Ciclo PDCA.....	36
2.3.9.1 P (PLAN) Planejar	37
2.3.9.2 D (DO) Executar	37
2.3.9.3 C (CHECK) Verificação.....	38
2.3.9.4 A (ACTION) Padronização.....	38
2.3.10 Correlação	38
2.3.10.1 Gráfico de correlação	40
2.3.11 DOE (Design of Experiments).....	41
2.3.12 Conceitos do planejamento de experimentos	41
2.3.12.1 Variável resposta	41
2.3.12.2 Fator	42
2.3.12.3 Nivel.....	42
2.3.12.4 Variável de Ruído	42
2.3.12.5 Variável perturbadora	42
2.3.13 Análise PM.....	43
2.3.13.1 Significado análise PM	43
2.3.13.1.1 P (<i>Phenomenon, Physical</i>)	43
2.3.13.1.2 M (<i>Mechanism, 4 Ms</i>)	44
2.3.13.2 Passos de análise PM	44
3 METODOLOGIA.....	45
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	45
3.2 LOCALIZAÇÃO.....	45
4 ESTUDO DE CASO	46
4.1 PASSO 0 – RESTAURAÇÃO DAS CONDIÇÕES BÁSICAS.....	47
4.2 PASSO 1 – ESCLARECENDO O FENÔMENO	48
4.3 PASSO 2 – CONDUZIR UMA ANÁLISE FÍSICA	50
4.3.1 Subsistema de Transporte de Polietileno	51
4.3.2 Subsistema de Acionamento da Rosca	51
4.3.3 Subsistema de Alimentação de Polietileno	51
4.3.4 Subsistema de Extrusão	52
4.3.5 Elementos de Interação.....	52

4.4 PASSO 3 – DEFINIR CADA UMA DAS CONDIÇÕES QUE COMPÕE O FENÔMENO.....	53
4.5 PASSO 4 – ESTUDAR A CORRELAÇÃO DAS ENTRADAS DE PRODUÇÃO.....	54
4.6 PASSO 5 – DEFINIR CONDIÇÕES OTIMAS.....	55
4.7 PASSO 6 – PLANEJAR INVESTIGAÇÃO.....	55
4.8 PASSO 7 – ANÁLISE DE ANOMALÍAS.....	56
4.9 PASSO 8 – DEFINIR E IMPLEMENTAR OS MELHORAMENTOS.....	57
5 CONCLUSÃO.....	59
REFERÊNCIAS.....	61

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a crescente mudança de mercado impulsionada pela quebra das barreiras comerciais característica intrínseca decorrentes da globalização acirrou ainda mais a concorrência entre as empresas. Diante disso as empresas tem a obrigação de se tornarem cada vez mais competitivas a fim de se manterem vivas nesta competição.

E para que elas possam se tornar cada vez mais competitivas, algo primordial é a redução dos custos de produção atrelados a produção de produtos com maior qualidade. A qualidade esperado pelo cliente nos dias de hoje está muito além do atendimento as especificações, está ligada a atributos como preço, prazo de entrega, formas de pagamento, etc., e as empresas que buscam ser competitivas devem procurar atingir estes requisitos.

Para que uma empresa possa oferecer um preço acessível sem diminuir sua margem de lucro, deve reduzir suas perdas no processo de fabricação e nesta ótica, várias são as ferramentas e metodologias que vem sendo desenvolvidas e aplicadas no gerenciamento dos processos de manufatura de empresas dos diversos ramos de atuação.

Uma dessas metodologias é a TPM Total Productive Maintenance, Manutenção Produtiva Total, que atualmente é utilizado por empresas do mundo inteiro, empresas estas que buscam a excelencia de seus processos de produção. A filosofia da Manutenção Produtiva Total engloba todas as áreas de uma empresa e faz com que todos trabalhem de uma forma alinhada e organizada em busca de um objetivo comum.

Dentre as várias técnicas e ferramentas utilizadas por ela, destaca-se a Análise PM a qual é utilizada para eliminar defeitos e falhas crônicas. Serão avaliados quais os benefícios e dificuldades encontrados na utilização desta ferramenta na a investigação de um caso real de perda crônica responsável por inúmeras paradas de linha do processo de extrusão da empresa onde o estudo será realizado.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Aplicar a metodologia de análise PM em um caso real da industrial que provoca paradas de linha em uma extrusora.

1.1.2 Objetivo Específico

- Explicitar as etapas da metodologia de Análise PM;
- Identificar o fenômeno que provoca a parada da linha da extrusora;
- Identificar os ganhos na utilização desta ferramenta;
- Identificar as dificuldades na utilização desta ferramenta.

1.2 JUSTIFICATIVA

Como será mais bem explicada no decorrer deste trabalho, a Metodologia TPM é utilizada no combate as perdas como, por exemplo, paradas de máquina, impactando em vários indicadores como por exemplo perdas, eficiência, noto n time, etc. Estas paradas podem ser geradas por diversos fatores como falhas de mão de obra, método, máquina e matéria prima. Em resumo a eficiência dos processos é gerenciada pelo pilar de melhorias focadas, porem quando se quer atacar as paradas de máquina provocadas por falhas no equipamento, ou seja, provocadas pelo M de máquina, pilar responsável por este indicado é o pilar de manutenção planejada.

O processo o qual será objeto de estudo totalizou 69 paradas de máquina por RO08, queda da corrente do motor da extrusora D, código interno utilizado para descrição de paradas. Este problema foi o maior causador de paradas da linha do processo de laminação no ano de 2011, processo gargalo que quando deixa de funcionar automaticamente para a linha de produção da fábrica. Em virtude disso, decidiu-se internamente o lançamento de um grupo liderado pelo pilar de

manutenção planejada que utilizou a ferramenta de análise PM para desvendar os fenômenos que estavam por traz da queda da corrente do motor.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 TPM – MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL

A TPM Manutenção Produtiva Total como ela é conhecida atualmente surgiu no Japão em meados dos anos 70, esta metodologia evoluiu de uma metodologia americana chamada Manutenção Preventiva (PM) que já era utilizada desde a década de 50 por indústrias e empresas dos Estados Unidos (ORTIZ, 2004).

Segundo Biasotto (2006), a primeira empresa japonesa a fazer uso desta técnica foi a Nippondeso, um dos principais fornecedores japoneses de componentes elétricos para a Toyota Car Company.

Esta metodologia tem como premissa o combate à ineficiência dos processos produtivos, pode-se dizer resumidamente que esta metodologia tem o princípio da prevenção das perdas quaisquer que sejam, ou seja, busca pelo zero falha, zero quebras de máquina, zero produtos defeituosos, zero acidentes, etc.

Heidmann (2007) sugere que o princípio básico da TPM é de que somente o departamento de manutenção não será capaz de melhorar o desempenho e a eficiências dos equipamentos. É necessário o envolvimento e cooperação de diversos setores da empresa, mas principalmente, da produção. O envolvimento dos operadores é fundamental para a melhoria dos resultados.

Biasotto (2006) nos fala que o TPM passou por quatro fases desde a sua criação, cada fase apresentou um enfoque diferenciado.

Inicialmente o TPM visava exclusivamente à maximização da eficiência global do equipamento através das perdas por falhas e a ações eram tomadas pelos departamentos ligados diretamente a estes equipamentos.

Na segunda fase do TPM, a maximização da eficiência buscada eliminando as 6 principais perdas no equipamentos:

- Por quebras ou falhas;
- Por preparação e ajuste;
- Por operação em vazio e pequenas paradas;
- Por velocidade reduzida;

- Por defeitos no processo;
- Por início da produção.

Na terceira fase do TPM o foco para maximização da eficiência não é apenas o equipamento, mas sim todo o sistema de produção, desta forma, objetivando a eliminação das dezesseis grandes perdas que foram divididas em:

Oito perdas ligadas a equipamentos:

- Por quebra ou falha;
- Por instalação e ajustes;
- Por mudanças de dispositivos de controle e ferramentas;
- Por início de produção;
- Por pequenas paradas e inatividade;
- Por velocidade reduzida;
- Por defeitos e re-trabalhos;
- Perda por tempo ocioso.

Cinco perdas ligadas às pessoas:

- Falhas na administração;
- Perda por mobilidade operacional;
- Perda por organização da linha;
- Perda por logística;
- Perda por medições e ajustes.

Três perdas ligadas aos recursos físicos de produção:

- Perda por falha e troca de matrizes, ferramentas e gabaritos;
- Perda por falha de energia;
- Perda de tecnologia.

A quarta geração do TPM busca a eliminação de vinte grandes perdas divididas entre processos, inventários distribuição e compras. Nesta fase ele considera que o envolvimento de toda a organização para a eliminação destas

perdas ainda é limitado, pois para isso é preciso ainda o envolvimento de setores como comercial, pesquisa e desenvolvimento de produto.

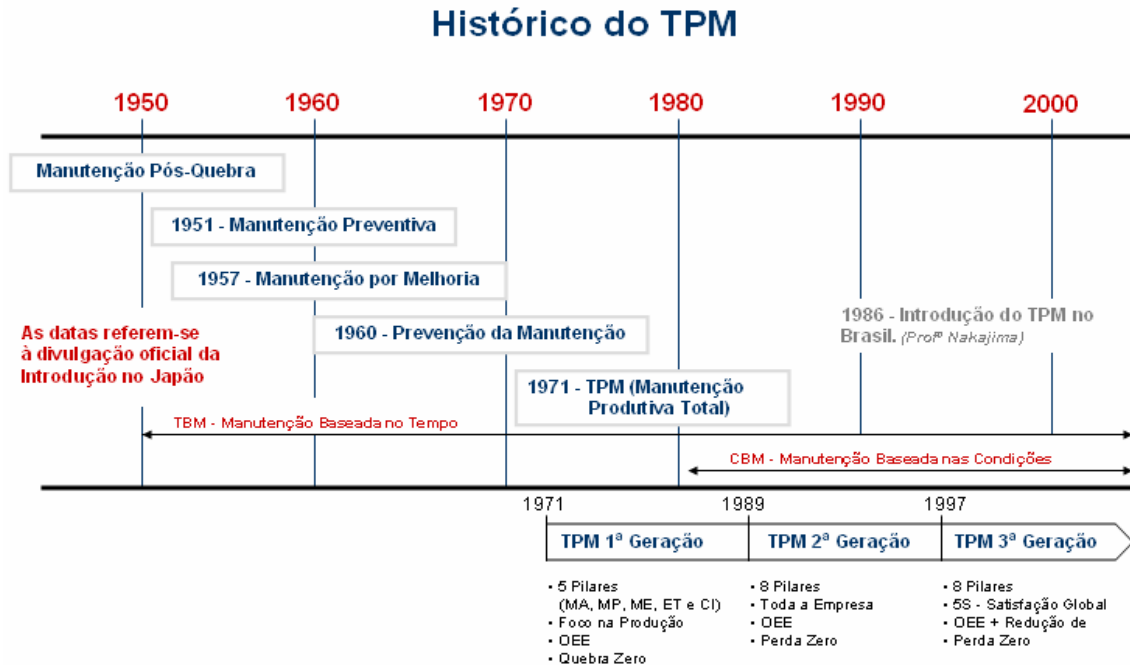


Figura 1: Histórico do TPM
Fonte: Heidman (2007)

Essa evolução da metodologia TPM ao longo dos anos pode trazer inúmeros resultados mensurável para uma organização, ao todo podemos dividi-los em seis grupos conforme é mostrado no Quadro 1:

P Produtividade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aumento da produtividade de mão de obra de 1,4 a 1,5 vezes ▪ Aumento da produtividade em termos de valor agregado de 1,5 a 2 vezes ▪ Aumento do índice operacional dos equipamentos de 1,5 a 2 vezes
Q Qualidade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução do índice de falha de processo para até 10% dos níveis anteriores de falha ▪ Redução do índice de refugo para até 3% dos níveis anteriores ▪ Redução do nível de reclamações de clientes para até 25% dos níveis anteriores
C Custo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução de até 30% nos estoques de processo ▪ Redução de até 30% do consumo de energia ▪ Redução dos níveis de consumo de fluidos hidráulicos para até 20% dos níveis anteriores ▪ Redução de até 30% no custo total de fabricação
D Distribuição	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução de até 50% do estoque de produtos acabados em n° de dias ▪ Aumento de 2 vezes no giro de estoque (3 a 6 vezes ao mês)
S Segurança	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zero absenteísmo por acidentes ▪ Zero ocorrência de contaminação do meio ambiente
M Moral	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aumento de até 5 a 10 vezes no n° de sugetões ▪ Aumento de até 2 vezes no n° de reuniões de pequenos grupos

Quadro 1: Grupos de Evolução
Fonte: Biasotto (2006)

2.1.1 Significado da Manutenção Produtiva Total (TPM)

Segundo Nakazato (1998), cada palavra que compõe a Manutenção produtiva total, apresenta um significado, que é mostrado abaixo:

2.1.1.1 Total

Tem o sentido de eficiência global ou ciclo de vida útil do sistema de produção. Tem como objetivo a constituição de uma estrutura empresarial que visa a máxima eficiência do sistema de produção. Conta com a participação de todos, desde a alta administração até os operários de primeira linha, envolvendo todos os departamentos, começando pelo departamento de produção e se estendendo aos setores de desenvolvimento, vendas, administração, etc.

2.1.1.2 Produção

Significa a busca do limite máximo da eficiência do sistema de produção, atingindo acidente zero, defeito zero e quebra zero, ou seja, a eliminação de todos os tipos de perda. Em outras palavras, não significa simplesmente a busca de produtividade, mas alcançar a verdadeira eficiência através do acidente zero e defeito zero.

2.1.1.3 Manutenção

Significa manutenção no sentido amplo, considerando-se o ciclo total de vida útil do sistema de produção e define a manutenção que tem enfoque nos sistemas de produção de processo único, na fábrica e no sistema administrativo de produção. Manutenção do sistema de administração da produção significa a preservação deste sistema em sua condição ideal, mediante a formação contínua de uma estrutura empresarial capaz de sobreviver aos novos tempos, por meio de uma busca constante do limite da eficiência. A manutenção se define num esforço para se adequar as mudanças da conjunta

2.2 PILARES DA TPM

Como a metodologia TPM engloba toda uma organização, para que ela seja difundida de uma maneira mais eficaz, existem oito pilares que são os alicerces de sustentação da TPM. De acordo com o objetivo de cada empresa o número de pilares pode variar, o que mais importa é que todos estejam trabalhando de acordo com as premissas desta metodologia. Segundo Shirose (1996) oito são os pilares “básicos”, são eles:

- Melhorias focadas;
- Manutenção planejada;
- Gestão antecipada de projetos;
- Educação e treinamento;
- Manutenção autônoma;
- Manutenção da qualidade;
- Escritório;
- Segurança, e meio ambiente.



Figura 2: Oito pilares do TPM

Fonte: <http://pauloamaral.blog.br/tpm-manutencao-produtiva-total/>

Cada pilar é responsável por entregar a sua parcela de contribuição para que o objetivo final com a implementação da TPM seja atingido e este como já foi dito pode variar de acordo com as ambições de cada empresa.

Basicamente a responsabilidade e foco de cada pilar são os seguintes:

2.2.1 Pilar Melhorias Focadas

A ambição deste pilar é o máximo de eficiência na utilização de máquinas e equipamentos, através de uma alta produtividade atrelado ao baixo índice de perdas decorrentes de sua atividade.

Quando falamos de eficiência de produção ou produtividade, o indicador que nos permite avaliarmos máquina e ou processos é o OEE (Overall Effectiveness Equipment) em português conhecido como Eficiência Global do Equipamento. Este indicador nos permite avaliar e classificar as perdas de eficiência de acordo com os 4Ms (mão de obra, máquina, matéria prima e método), sendo este gerenciamento responsabilidade deste pilar, sobretudo sobre as perdas decorrentes do M de método.

Outro foco importante deste pilar é sobre as perdas de material originadas por problemas de paradas de máquina, ajustes, setup, limpezas, etc., desta forma buscando minimizar os efeitos destas atividades na taxa de refugo desperdiçada no processo de transformação.

2.2.2 Manutenção Planejada

Sendo um tanto simplista, a responsabilidade deste pilar são as paradas de linha devido a problemas de máquina, ou seja, qualquer mau funcionamento de algum componente que este tenha gerado uma parada da linha é tratado por este pilar. Também é de sua responsabilidade a redução dos custos com a manutenção, atingido, por exemplo, através da redução da deterioração de componentes de máquina e aumento do tempo da vida útil dos mesmos, isso é atingido com a utilização de várias técnicas de manutenção como: manutenção preventiva, preditiva, corretiva, RCM, etc.

2.2.3 Educação e Treinamento

Este pilar tem uma função muito importante dentro da organização, ele é o responsável em capacitar e uniformizar o conhecimento de todos os envolvidos com o processo produtivo. Identificando as necessidades de cada departamento e atual nível de conhecimento de cada colaborador, para que assim de posse destes cenários cursos de aprimoramento e reciclagem sejam programados e executados para que os gaps de cada área sejam sanados e assim e assim se consiga elevar o nível de conhecimento dos colaboradores para que estes possam desempenhar seu papel da melhor forma possível.

2.2.4 Manutenção da Qualidade

Este pilar tem uma ligação muito forte com o pilar de manutenção autônoma, ele tem a missão atuar nas perdas de qualidade provocadas pelo equipamento. As principais perdas são relacionadas à quantidade de refugo gerado devido a baixa qualidade no material, ou seja, aquele material produzido que não atente suas especificações e principalmente buscar eliminar as reclamações de cliente sobretudo a aquelas geradas por produtos que estejam fora de sua especificação.

O Pilar da Manutenção da Qualidade trabalha fortemente para que todas aquelas condições propícias para geração de refugo sejam eliminadas, sejam elas geradas por qualquer um dos Ms (máquina, matéria prima, mão de obra e método).

Algumas ferramentas que auxiliam neste trabalho são as chamadas matrizes de qualidade: matriz QA, matriz QX, Matriz QM, através delas é possível identificar onde se encontram os pontos vulneráveis de cada processo, para que assim, eles possam ser eliminados.

Segundo Shirose (1996) manutenção da qualidade significa:

- Identificar condições para zero falha;
- Prevenir defeitos de qualidade, mantendo as condições dentro dos valores padrão;
- Inspecionar e mensurar as condições rotineiramente, e
- Prever a ocorrência de defeitos de qualidade, analisando mudança nos valores medidos, e baseado neles,
- Tomar ações de contramedida antecipadamente.

2.2.5 Pilar Segurança, Higiene e Meio Ambiente

Com ferramentas como o IAR (investigação e análise de riscos), que permite mapear todas as atividades efetuadas pelos colaboradores no intuito de identificar os riscos existentes em cada uma delas, busca atingir o zero acidentes. Busca também diminuir os impactos de suas atividades sobre o meio ambiente que é atingido com o desenvolvimento sustentável. Desta forma a saúde e o bem estar tanto do colaborador, bem como do meio ambiente são de extrema importância para toda organização, mas em especial para este pilar.

2.2.6 Pilar Escritório

Este pilar busca a otimização e eficiência do processo administrativo, eliminando as perdas que tenham origem na geração de informações.

2.2.7 Pilar Gestão Antecipada Projetos

Este pilar basicamente é responsável pela instalação de novos equipamentos. Ele se utiliza de experiências da manutenção e operação, para que assim a instalação de novos equipamentos seja efetuada da melhor forma possível, trazendo ganhas em eficiência, qualidade, confiabilidade e manutenibilidade.

2.2.8 Pilar Manutenção Autônoma

Este é o pilar executor do TPM, tem uma ligação muito forte com os pilares de qualidade, manutenção planejada, e melhorias focadas, pois é ele que vai manter os padrões fixados por estes pilares. Ao contrário da cultura existente do passado do chão de fábrica onde “eu fabrico, você conserta”, este pilar a missão de quebrar este paradigma fazendo com que os operadores sejam realmente autônomos, sendo capazes de efetuar pequenos reparos, seguindo padrões pré-determinados, tendo a habilidade de identificar anomalias e desta forma fazendo com que os operadores adquiram a seguinte cultura: “do meu equipamento cuido eu”.

Para que esta cultura possa ser cultivada, sete são os passos que permitirão esta evolução da operação:

- Limpeza e inspeção;
- Medidas contra fontes de sujeira e locais de difícil acesso;
- Elaboração de padrões provisórios de limpeza, inspeção e lubrificação;
- Inspeção geral;
- Inspeção autônoma;
- Padronização;
- Efetivação do controle autônomo.

2.2.9 Medição da Performance

Segundo Divino (2007), produtividade pode ser definida como o resultado final do processo dividido pela entrada de insumos.

O TPM possui vários indicadores de desempenho, porém para se avaliar o desempenho de uma máquina ou processo de produção o indicador que com mais clareza expressa a produtividade é o OEE (*Overall Equipment effectiveness*), em português eficiência global do equipamento. (HEIDMMAN 2007).

O OEE é um importante método para a medição do desempenho de uma instalação industrial. Trata-se de uma medida eficaz de gestão da produtividade para as empresas de Classe mundial.

Através do OEE é possível mensurar a utilização da capacidade instalada, além de identificar as melhorias a serem feitas para a obtenção de maiores níveis de eficácia, ou seja, produzir mais com menos.

Este indicador está diretamente ligado com as seis grandes perdas do equipamento vistos anteriormente, de modo que, para melhorá-lo, precisamos diminuir o efeito destas perdas. O cálculo do OEE em consideração três índices que são calculados separadamente, são eles: índice de disponibilidade, índice de *performance* e índice de qualidade.

$$\text{OEE} = \text{ÍNDICE DE DISPONIBILIDADE} \times \text{ÍNDICE DE PERFORMANCE} \times \text{ÍNDICE DE QUALIDADE}$$

Índice de Disponibilidade é o percentual do tempo programado efetivamente utilizado para produzir.

$$\text{ÍNDICE DE DISPONIBILIDADE} = \frac{\text{TEMPO DE MÁQUINA RODANDO}}{\text{TEMPO PROGRAMADO}}$$

Tempo de máquina rodando é o tempo total é o tempo total programado, menos a somatória do tempo das paradas programadas ou não programadas.

Tempo programado é a capacidade máxima do período analisado. Este tempo não leva em consideração o período em que o operador não está na fábrica.

Índice de *performance* é a razão entre a velocidade com a qual a máquina rodou e a velocidade com que ela poderia ter rodado (velocidade mecânica).

$$\text{ÍNDICE DE PERFORMANCE} = \frac{\text{VELOCIDADE QUE A MÁQUINA RODOU}}{\text{VELOCIDADE QUE A MÁQUINA PODERIA TER RODADO}}$$

Índice de qualidade é a subtração da metragem produzida total pela metragem produzida com defeito, dividido pela metragem produzida total.

$$\text{ÍNDICE DE QUALIDADE} = \frac{\text{METRAGEM TOTAL} - \text{METRAGEM COM DEFEITO}}{\text{METRAGEM TOTAL}}$$

2.3 FERRAMENTAS E METODOLOGIAS PARA SOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Nos dias de hoje várias são as ferramentas utilizadas na indústria para o “ataque” a problemas, com o auxílio destas ferramentas é possível identificar a causa raiz de um determinado problema. O grau de profundidade ou complexidade delas varia também de acordo com a complexidade do problema e ou nível de ganho esperado.

Dentre as ferramentas mais utilizadas pode-se citar: Brainstorming, Ishikawa, 5W1H, PDCA, análise PM, etc.

2.3.1 Deployment ou Estratificação

Deployment ou estratificação é uma ferramenta de desdobramento onde é possível dividir um problema grande em vários problemas pequenos, observando quais são os mais relevantes. O objetivo é encontrar padrões que auxiliem na compreensão dos mecanismos causais e variações de um processo.

Fazer análise e tomar ações em atividade específica reduz o tempo gasto para resolver um problema. “Ao longo de todo processo de resolver problemas, nenhuma decisão é uma decisão isolada, mas uma seqüência de inúmeras decisões.” (MAXIMIANO, 1995).

O objetivo principal da estratificação é separar um conjunto de informações segundo várias categorias ou estratos. Uma vez coletados e registrados, a estratificação permite visualizar quais são as categorias em que o problema aparece mais e, portanto, onde devem ser focalizadas as ações corretivas.

Em outras palavras, este procedimento consiste na obtenção dos dados de acordo com vários pontos de vista. Os principais fatores de estratificação são: tempo, local, tipo, sintoma, indivíduo e equipamento.

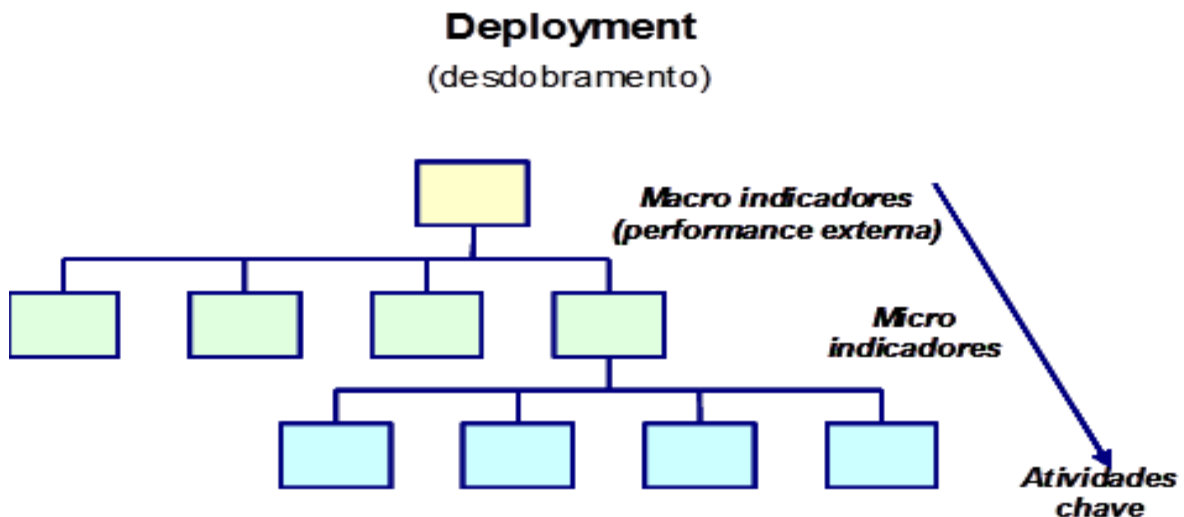


Figura 3: Modelo de Deployment
Fonte: Davi Correa; Marcelo Martins (2007)

2.3.2 Folha de Verificação

É um formulário elaborado para facilitar e organizar a coleta e registros de dados. Os dados são coletados durante a observação e a verificação de um problema, sendo a base para se fazer o Gráfico de Pareto. Sua utilização permite uma rápida percepção da realidade e uma imediata interpretação da situação, ajudando a diminuir erros e confusões.

A folha de verificação é construída após a definição das categorias para estratificação dos dados. Podem ter como objetivo:

- Facilitar a obtenção e análise dos dados;
- Dispor os dados de uma forma mais organizada;
- Verificar itens defeituosos: saber o tipo de defeito e sua percentagem;
- Verificar a localização de defeito: mostrar local e a forma de ocorrência dos defeitos;
- Verificar as causas dos defeitos;
- Determinar o turno, dia, hora, mês e ano, período em que ocorre o problema;
- Servir de base para construir: diagrama de Pareto, diagrama de dispersão, diagrama de controle, histograma, etc.

Para obter informações a partir de dados é preciso um bom planejamento. Antes desta coleta é necessário que alguns itens sejam levados em consideração, são eles:

- As perguntas a serem respondidas;
- Os dados a serem registrados;
- As variáveis para estratificação;
- As definições operacionais;
- A duração e a localização da coleta de dados.

Quando estiver projetando o formulário para a coleta de dados, considere a informação necessária para que exista a melhoria. A busca a partir dos dados da informação útil pode ser orientada por questões pertinentes. As respostas para

essas perguntas contribuem para o objetivo total da melhoria. Um bom exemplo de folha de verificação são as folhas de check list, que podem ser de parâmetros de máquina e processo, muito utilizado nos processos produtivos.

2.3.3 Gráfico de Pareto

“O princípio de Pareto (ou análise de Pareto) é uma técnica que permite selecionar prioridades quando se enfrenta um grande número de problemas”. (MAXIMIANO, 1995).

Este método serve para dispor os dados de um problema e, assim, visualizar qual é a sua parte mais importante, sobre a qual se deve atuar para obter resultado de maior impacto.

Resolvido o tema mais relevante, refazemos o gráfico, atacamos a segunda prioridade e assim sucessivamente.

Esta ferramenta foi desenvolvida no final de 1800 pelo economista italiano chamado Vilfredo Pareto.

O princípio do Pareto diz para qualquer problema, sempre vamos encontrar algumas causas principais e muitas outras de menor importância, chamada de:

- Poucos Vitais – onde em 20 % dos problemas se encontram 80% das perdas;
- Muitos Triviais – onde em 80 % dos problemas, se encontram apenas 20% das perdas.

Através deste conceito, devemos, em um primeiro momento, concentrar nossa atenção sobre as causas chamadas poucos vitais, já que estas resultam em grandes perdas para a empresa, apesar de representarem um pequeno número de problemas.

Para uma boa análise é necessário:

- Ter sempre bom senso;
- Se um problema for de fácil solução, mesmo pertencendo aos chamados de muito triviais, deve ser eliminado o quanto antes.

- Por vezes, além do gráfico baseado no número de ocorrências, é importante construir um gráfico de Pareto tomando por base o custo de cada categoria do fenômeno.

Após esta informação, devemos dispor estas causas em uma tabela, mostrando a participação de cada uma no total de efeitos, e suas importâncias. Os valores percentuais de cada causa são classificados em ordem decrescente e acumulados como mostra a tabela a seguir:

Tabela 1: Exemplo de levantamento para formulação do gráfico de Pareto

Defeito	Quantidade	% do Total	% Acumulada
Trinca de Solda	45	35,43	35,43
Componente Deslocado	37	29,13	64,57
Não Molhagem	17	13,39	77,95
Falta de Componente	9	7,09	85,04
Solda Fria	7	5,51	90,55
Insuficiência de Solda	6	4,72	95,28
Componente Trocado	4	3,15	98,43
Porosidade	2	1,57	100,00
Total	90	100,00	

Fonte: Davi Correa; Marcelo Martins (2007)

Ao concluir o levantamento, estas informações são dispostas em um gráfico a fim de mostrar em linhas a participação percentual acumulada.

Gráfico de Pareto p/os tipos de defeito na placa

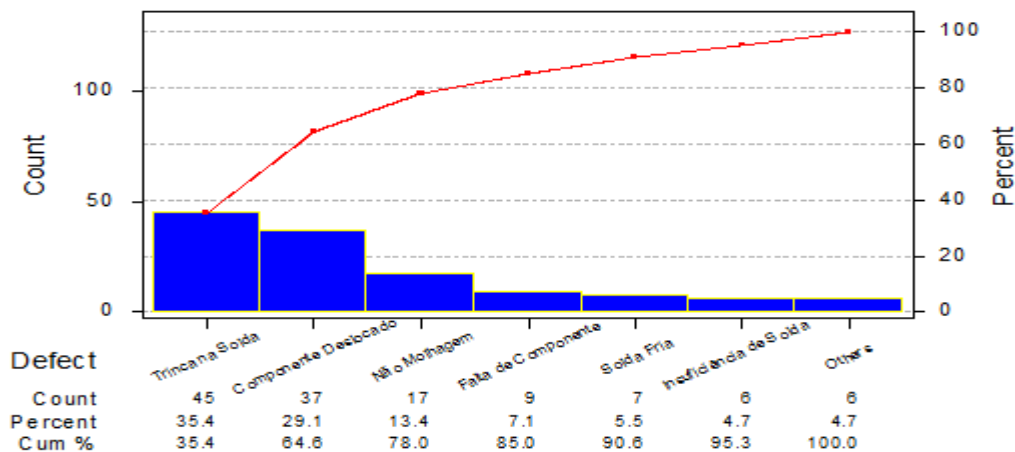


Gráfico 1: Exemplo de grafico de Pareto
Fonte: Davi Correa; Marcelo Martins (2007)

2.3.4 Histograma

O histograma é uma ferramenta que permite conhecer as características de uma determinada distribuição. Martins (1998) define histograma como uma ferramenta que mostra graficamente a porcentagem ou o número de ocorrências das situações. O histograma dispõe as informações graficamente, tornando mais fácil a visualização de três propriedades da distribuição de um conjunto de dados:

1. Localização do valor central;
2. Dispersão dos dados em torno do valor central;
3. Forma.

Obs.: Histogramas possibilitam uma melhor visualização quando temos conjuntos de dados de tamanho $n \geq 30$.

Especificação: São requisitos, pré-estabelecidos do produto, que devem ser obedecidos a fim de que o mesmo atenda às necessidades para as quais foi criado. Através das especificações, é que determinamos a qualidade do lote.

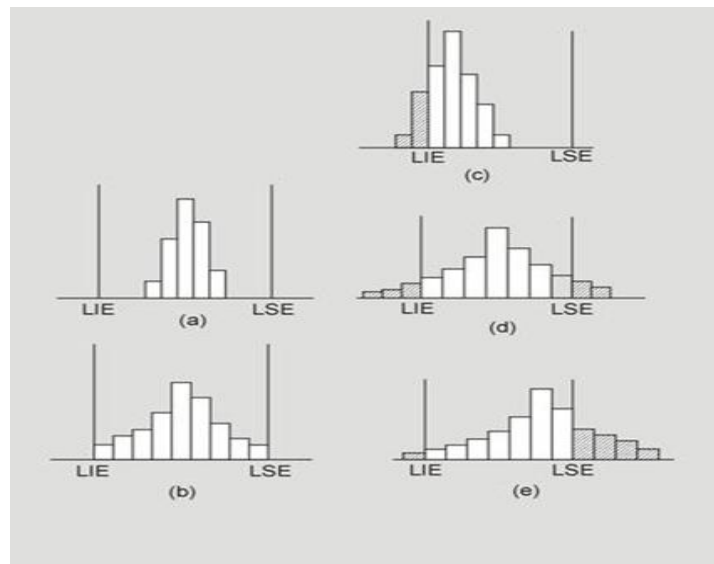


Figura 4: Exemplo de Histograma
Fonte: Davi Correa; Marcelo Martins (2007)

2.3.5 5W 1H

É basicamente uma lista de verificação, com uma série de perguntas, cujas respostas nos levam a compreender e correlacionar o fenômeno que se está analisando com a máquina, mão de obra, método, material e meio ambiente.

Ele é utilizado para entendimento e descrição de como o fenômeno, defeito ou problema ocorre e deve ser utilizado sempre no início do trabalho no momento do entendimento da situação atual.

Definições

QUEM (who) (pessoas)	Qualquer variação entre as pessoas envolvidas na atividade <ul style="list-style-type: none"> ➤ Existem diferenças entre o turno da manhã/tarde/noite? ➤ Existem diferenças entre os novos operários e o pessoal temporário?
O QUE (what) (Material)	Existem variações relacionadas aos materiais de produção? <ul style="list-style-type: none"> ➤ Existem diferenças de materiais? Diferenças entre os lotes? ➤ Existem variações relacionadas a diversas dimensões das peças, a forma ...?
ONDE (where) (máquina)	Existem variações relacionadas as máquinas, aos componentes? <ul style="list-style-type: none"> ➤ Em qual processo e em quais máquinas se manifesta o problema? ➤ Existem diferenças entre as diversas máquinas, os tipos de máquina? ➤ Existem variações associadas aos diversos utensílios, ferramentas?
QUANDO (when) (Período de Tempo)	Existem variações relacionadas ao clima ou a um período de tempo? <ul style="list-style-type: none"> ➤ O problema se manifesta na chegada do trabalho? Na metade? ➤ Existem variações de clima associados a problemas? ➤ Existem diferenças nas diversas estações do ano ? ➤ Em que condições pode se manifestar o problema? ➤ O problema pode se manifestar depois das atividades de set-up?
QUAL (what) (Transcorrer do tempo)	Existem tendências características relacionadas ao transcorrer do tempo? (cronológico) <ul style="list-style-type: none"> ➤ Ao iniciar o problema aumenta ou diminui com o decorrer do tempo?
COMO (how) (Frequência)	Existem variações nas circunstâncias que ocorrem o problema? <ul style="list-style-type: none"> ➤ O problema se manifesta com frequência ou raramente? ➤ Aparece ao improviso ou gradualmente? ➤ Aparece continuamente ou em modo descontínuo? ➤ Aparece com intervalos regulares ou irregulares?

Quadro 2: Quadro de definições do 5W1H
Fonte: Davi Correa; Marcelo Martins (2007)

É sempre muito importante um bom entendimento do fenômeno, isso facilitará a análise de causa e efeito posterior.

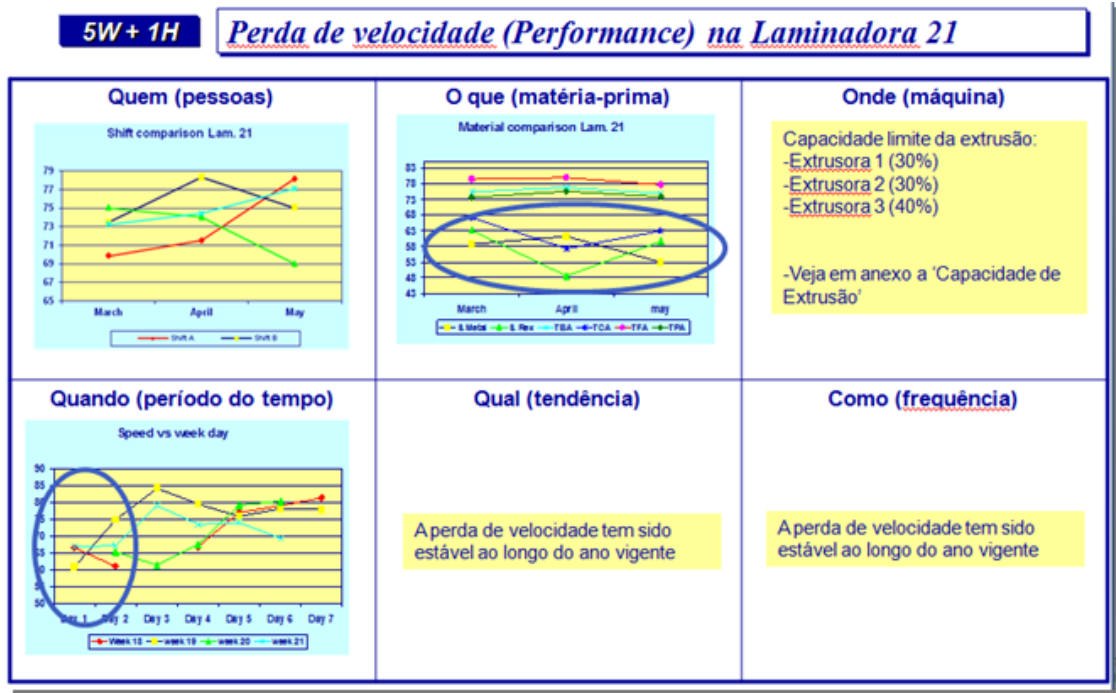


Tabela 2: Exemplo de utilização do 5W1H
 Fonte: Davi Correa; Marcelo Martins (2007)

2.3.6 5 Porquês

Desenvolvida por Sakichi Toyoda (fundador da Toyota), é uma técnica utilizada para encontrar a causa raiz de um defeito ou problema. Está é uma ferramenta simples que tem por objetivo através de 5 perguntas encontrar a causa mais provável da ocorrência de uma anomalia. Abaixo é mostrado um exemplo de um diagrama de 5 Porquês preenchido para um caso real.

Causa Potencial	Por quê	Por quê	Por quê	Por quê	Ação	Resp.
Placas de vinco desgastadas	Uso excessivo	Falta de um plano de troca preventiva	Não existia conhecimento do tempo de vida útil		Criar plano de manutenção baseado no desgaste das placas	Operador 1
	Posição da vincagem	Cobertura externa	Para melhorar o	Melhorar o aspecto	Verificar possibilidade	Gerente

	utilizada no Brasil propicia o desgaste com maior facilidade	(mais abrasiva) em contato com placa fêmea	fechamento da embalagem durante o envase	visual da embalagem	de mudança no lay out das placas ou retorno para vincagem antiga	
Temperatura e umidade do laboratório fora da especificação	Climatização do laboratório não consegue atingir valores especificados	Não existe possibilidade de regulagem da temperatura e umidade do laboratório	É a mesma linha da fábrica	Necessidade não foi prevista ou identificada no projeto	Individualizar linha de ar condicionado do laboratório	Supervisor

Tabela 3: 5 Porquês
Fonte: Autoria Própria

Os seguintes passos devem ser seguidos para utilização desta ferramenta:

- Inicie o entendimento do problema e as suas causas, através do diagrama de causa e efeito;
- Coloque na coluna “Problema”, a causa ou o problema a ser analisado;
- Responda o primeiro porquê, e escreva todas as respostas que você obter;
- Para cada resposta, repita a pergunta Porquê? Registrando as respostas nas colunas seguintes;
- Faça a pergunta quantas vezes for necessário até chegar à ação;
- Verifique a qualidade, seguindo a ordem inversa, assegurando-se que sempre que uma causa acontecer, a anterior a anterior também aconteça.

2.3.7 Brainstorming

Pode ser definida como uma dinâmica de grupo formado por pessoas de diversas áreas que devem possuir conhecimento e vivência do problema que será analisado ou discutido.

Para que se consiga maximizar a utilização desta ferramenta a pessoa que está à frente da análise do problema deve manter a igualdade de participação entre os integrantes e o comprometimento de todos, instigando os participantes para que o máximo de informações possam ser coletadas.

Nesta etapa deve-se ter o cuidado para que nenhuma sugestão por mais absurda que possa parecer seja descartada por dois motivos: primeiramente algo que possa parecer absurdo seja a causa do problema que por esse motivo ninguém ainda tenha percebido sua influência, ou ainda para que a pessoa não se sinta constrangida e assim evite em opinar novamente.

Uma maneira de evitar o constrangimento e aumentar a participação dos indivíduos é a utilização de recortes de papel para que cada integrante escreva sua sugestão no papel sem se identificar.

O próximo passo é identificar quais são as causas que realmente tenham impacto sobre o problema analisado, para isso podemos adotar um critério de pontuação. Por exemplo, 1 para pouca influência, 3 para média influência e 5 para alta influência, onde cada integrante do grupo deve atribuir um valor para cada causa e assim no final uma somatória mostra quais são as principais causas que realmente impactam no problema, nesta etapa pode-se e deve ser utilizado experimentos para validação das causas potenciais, um desses experimentos é o estudo de correlação entre variáveis. (MARTINS, 2007).

2.3.8 Diagrama de Causa e Efeito

O Diagrama de causa e efeito pode ser explicado de maneira simplista como sendo um brainstorming estruturado. Ele é utilizado para se identificar as causas reais responsáveis para ocasionar um problema, onde essas causas são divididas em máquina, mão de obra, matéria prima, método e meio ambiente.

O Diagrama de Causa e Efeito é também conhecido como Diagrama de Espinha de peixe ou Diagrama de Ishikawa

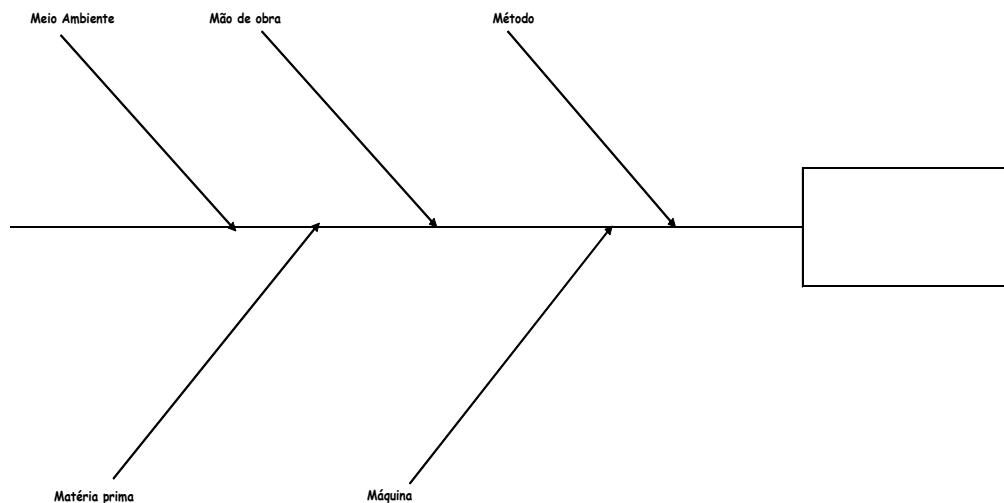


Figura 5: Diagrama de Causa e Efeito
Fonte: Davi Correa; Marcelo Martins (2007)

Como é mostrado na figura 9, o diagrama é formado por duas partes. Ao lado direito temos um retângulo com o efeito (descrição detalhada do problema) que será analisado e do lado esquerdo as Causas potenciais ou reais deste problema separadas em seus respectivos Ms.

A correta análise de um problema (efeito) é diretamente proporcional à correta e precisa descrição deste efeito, pois se ele não for corretamente definido, podemos incorrer em uma análise muito ampla e talvez até errônea, não permitindo que se cheguem às reais causas do problema.

Após a identificação das causas do problema, pode-se optar em se analisar todas ou apenas as que tenham maior impacto sobre o problema. Isto está diretamente ligado com a abrangência do problema.

Para que essa análise das causas com maior impacto seja facilitada, pode-se utilizar a mesma técnica mostrada no Brainstorming. (CORREA; MARTNS, 2007).

2.3.9 Ciclo PDCA

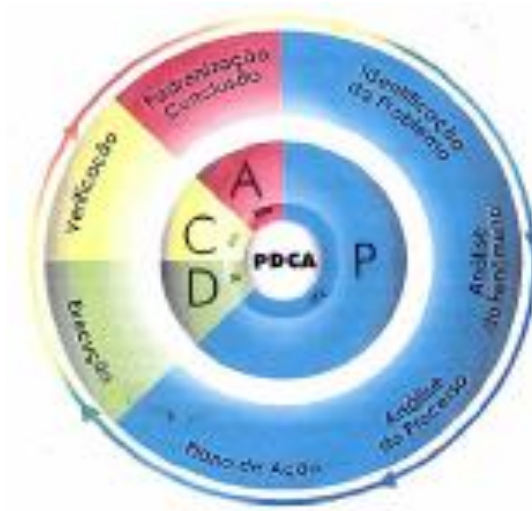


Figura 6: Ciclo PDCA
Fonte: Vicente Falconi Campos (2001)

A metodologia de análise de problemas PDCA, foi criada na década de 1920 por Shewhart, quando trabalhava na Companhia Telefônica Bell e difundido no Japão por Deming.

Esta metodologia pode ser aplicada em todos os níveis de uma organização, desde a alta administração até o “chão de fábrica”.

O PDCA consiste de 4 passos, onde a medida que avançamos na metodologia existem algumas etapas ou passos que devem ser seguidas para se atingir a solução de um determinado problema que se está analisando, estas etapas são mostradas na figura 8. (CAMPOS, 2001).

PDCA	FLUXO-GRAMA	FASE	OBJETIVO
P	①	IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA	DEFINIR CLARAMENTE O PROBLEMA E RECONHECER SUA IMPORTÂNCIA
	②	OBSERVAÇÃO	INVESTIGAR AS CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DO PROBLEMA COM UMA VISÃO AMPLA E SOB VÁRIOS PONTOS DE VISTA
	③	ANÁLISE	DESCOBRIR AS CAUSAS FUNDAMENTAIS
	④	PLANO DE AÇÃO	CONCEBER UM PLANO PARA BLOQUEAR AS CAUSAS FUNDAMENTAIS
D	⑤	EXECUÇÃO	BLOQUEAR AS CAUSAS FUNDAMENTAIS
C	⑥	VERIFICAÇÃO	VERIFICAR SE O BLOQUEIO FOI EFETIVO
	⑦	(BLOQUEIO FOI EFETIVO?)	
A	⑧	PADRONIZAÇÃO	PREVENIR CONTRA O REAPARECIMENTO DO PROBLEMA
	⑨	CONCLUSÃO	RECAPITULAR TODO O PROCESSO DE SOLUÇÃO DO PROBLEMA PARA TRABALHO FUTURO

Quadro 3: Etapas do Ciclo PDCA
Fonte: Vicente Falconi Campos (2001)

2.3.9.1 P (PLAN) Planejar

Nesta etapa, que é o ponto de partida do PDCA, devemos definir claramente o problema, para que a análise posterior possa ser conduzida embasada em fatos e dados.

Para isso precisamos saber se o problema em questão realmente precisa ser estudado utilizando o PDCA, pois em alguns casos um simples treinamento pode resolver o problema.

Precisamos também levantar o histórico do problema, qual a frequência que ele ocorre, como e onde ele ocorre, qual turno, que máquina, qual produto, enfim, como já foi dito, todas as informações que serão necessárias para conduzir a análise devem ser levantadas nesse primeiro momento. Folha de verificação, Pareto, diagrama de correlação, 5W1H, são algumas ferramentas que podem ser utilizadas nesta etapa.

Após a fase de coleta de dados, devemos então iniciar a análise do problema e entender o que pode causar ocorrência do fenômeno.

Precisa-se então de um grupo de pessoas que possam contribuir para identificação das causas potenciais, é muito importante que este grupo seja formado por pessoas de diversas áreas, pois assim tem-se a ótica do problema por vários pontos de vista. Nesta etapa é indispensável à utilização de Brainstorm, Diagrama de Causa e Efeito e 5 PQ.

Entendendo quais as causas, precisamos então definir quais serão as contra medidas adotadas para se evitar a recorrência do problema. Essas contra medidas devem estar dispostas em um plano de ação, definindo o que será feito, quem realizará a tarefa, onde e quando.

2.3.9.2 D (DO) Execução

Esta etapa é de extrema importância, onde um membro do grupo deve ficar responsável em gerenciar e auditar o plano de ação para verificar se as ações estão sendo executadas e dentro do prazo estipulado. Caso alguma ação deixe de ser executada ou executada de forma incorreta, o resultado do grupo pode ser comprometido.

2.3.9.3 C (CHECK) Verificação

Nesta etapa devemos novamente levantar as informações sobre o problema. Essas informações devem ser utilizadas para entender se o problema foi erradicado ou pelo menos controlado, dentro das expectativas do grupo. Para isso devemos comparar os dados atuais com os dados iniciais levantados no passo P.

Se nesta etapa não ficar claro que o problema foi solucionado, devemos voltar ao passo P e realizar novamente todos os passos, do contrário, se a causa raiz foi erradicada ou controlada, podemos prosseguir para o próximo passo.

2.3.9.4 A (ACTION) Padronização

Para finalizar o trabalho, devem-se tomar as ações para evitar o reaparecimento do problema, tais como:

- Estabelecer o novo procedimento operacional;
- Incorporar mecanismos à prova de falha operacional POKA YOKE (a prova de erros);
- Atualizar os planos e frequência de manutenção das máquinas;
- Criar frequência de inspeção ou check on line de pontos da máquina que possuam forte correlação com o problema;
- Criar plano de auditoria para identificar se os padrões estão sendo seguidos;
- Criar um sistema para verificação do não reaparecimento do problema

2.3.10 Correlação

Relação entre variáveis. Quando se está conduzindo um estudo e se deseja determinar qual é a relação entre duas variáveis quantitativas deve-se utilizar o coeficiente de Correlação de Pearson. Com ele nós podemos evidenciar ou não a interação entre duas variáveis e assim sairmos do campo do “achismo”. Ele nos auxiliará nas conclusões e rumo das análises.

Este coeficiente é uma medida de associação que independe das unidades de medida das variáveis. Ele varia entre -1 e +1 ou pode ser expresso em porcentagens entre -100% e +100%.

O cálculo é feito utilizando as fórmulas abaixo:

$$r_{xy} = r = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx}S_{yy}}} \quad (14)$$

Onde:

$$S_{yy} = \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} \quad (15)$$

$$S_{xx} = \sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n} \quad (16)$$

$$S_{xy} = \sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{n} \quad (17)$$

Quanto maior a associação entre as variáveis, mais próximo de -1 ou +1 estará o valor do coeficiente r.

Interpretação do Coeficiente de correlação:

Valor de $r = 0$ corresponde à inexistência de associação.

Valores de r positivos nos mostram uma correlação positiva, ou seja, à medida que cresce o valor de uma variável, cresce também o valor da variável de resposta que se está estudando.

Valores de r negativos nos mostra uma correlação negativa, ou seja, à medida que cresce o valor de uma variável, decresce o valor da variável de resposta que se está estudando.

A tabela 1 mostra como podemos interpretar o valor do coeficiente de correlação. (CORREA; MARTINS, 2007).

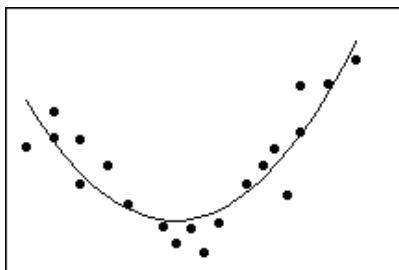
TABELA 4 : VALORES DE CORRELAÇÃO

Valores de r (+ ou -)	Interpretação
0,00 a 0,19	Correlação bem fraca
0,20 a 0,39	Correlação fraca
0,40 a 0,69	Correlação moderada
0,70 a 0,89	Correlação forte
0,90 A 1,00	Correlação muito forte

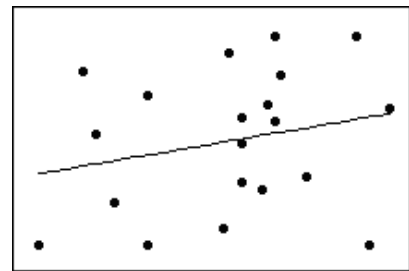
Fonte: Davi Correa e Marcelo Martins (2007)

2.3.10.1 Gráfico de correlação

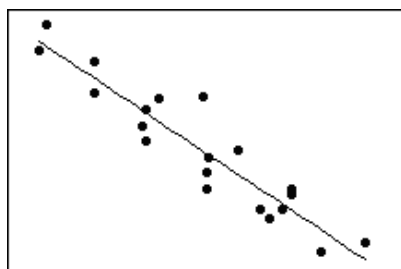
O Gráfico de correlação é uma ferramenta bastante visual e de fácil interpretação, onde podemos identificar a existência de correlação, seja ela positiva ou negativa, entre uma variável explicativa x, denominada de variável independente e uma variável de resposta y, denominada variável dependente e cujo comportamento se deseja prever e monitorar (CORREA; MARTINS, 2007).



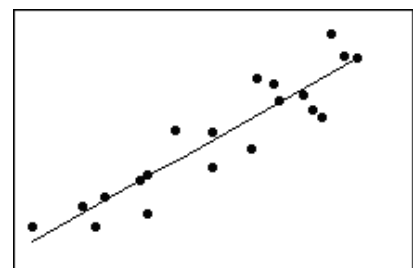
Ausência de Correlação linear



Ausência de Correlação



Correlação Negativa



Correlação Positiva

Figura 7: Tipos de Correlação
Fonte: Davi Correa; Marcelo Martins (2007)

2.3.11 DOE (*Design of Experiments*)

Trata-se de uma técnica muito utilizada na indústria, que auxilia no planejamento de um experimento para se possa, por exemplo, identificar um problema com produto, processo de fabricação, entendimento da influencia de determinados fatores atrelados a um problema. Seu objetivo é fornecer informações confiáveis com um menor custo durante a execução dos ensaios. Na indústria comumente algo que se está analisando pode estar relacionado a vários fatores e estes com uma variedade grande de níveis, onerando tempo e dinheiro, ou seja, inviabilizando tal análise. (GALDAMEZ; CARPINETTI, 2004).

Através do emprego do Planejamento de Experimentos é possível racionalizar o numero de fatores e níveis a fim de se viabilizar a análise, porem esta técnica não exclui o conhecimento dos especialistas do processo que com conjunto com um especialista em Planejamento de experimento, devem ambos traçar o que se quer analisar.

Experimento é um procedimento no qual alterações propositalis são feitas em fatores controláveis de um processo ou produto, de modo que se possa observar as possíveis alterações sofridas pelas variáveis resposta de interesse, bem como as razões destas alterações.

Conforme Werkema (2011) fim de auxiliar no planejamento do experimento, deve-se utilizar algumas perguntas que servirão de guia para a determinação do mesmo da forma mais apropriada. São elas:

- Qual o objetivo;
- Qual é o conhecimento anterior;
- Como saber se o objetivo foi atingido.

2.3.12 Conceitos do Planejamento de Experimentos

2.3.12.1 Variável resposta

É a variável observada ou medida em um experimento, é o resultado do experimento.

2.3.12.2 Fator

É uma variável que é deliberadamente alterada (sofre mudanças de forma controlada) em um experimento, com o objetivo de se observar seu impacto sobre a variável resposta.

2.3.12.3 Nível

É um valor específico para um fator quantitativo ou uma opção específica de um fator qualitativo incluído no experimento.

2.3.12.4 Variável de ruído

É uma variável conhecida que pode afetar uma variável resposta em um experimento, mas que não é de interesse como um fator.

2.3.12.5 Variável perturbadora

É uma variável desconhecida que pode afetar uma variável resposta em um experimento. Abaixo algumas técnicas para Planejamento de experimento.

Quadro 1 – Descrição das técnicas de planejamento e análise de experimentos.

Ferramenta	Características	Bibliografia
Planejamento fatorial	Utilizada quando todas as combinações dos níveis dos fatores de controle são realizadas.	
Planejamento fatorial 2^k	Técnica com dois níveis e 2^k número de combinações de k fatores.	Montgomery (1991), Devor <i>et al.</i> (1992), Chew (1957)
Planejamento fatorial fracionado 2^{k-p}	Utilizado quando há vários fatores de controle e não é viável economicamente para as empresas realizar todas as combinações dos experimentos.	
Metodologia de superfície de resposta	<i>Response surface methodology</i> (MSR) é um conjunto de técnicas de planejamento e análise de experimentos usadas na modelagem matemática de respostas. Ou seja, procura-se identificar o relacionamento que existe entre os parâmetros, representados por variáveis quantitativas, como tempo, velocidade, pressão, temperatura, etc., e as respostas do sistema analisado.	Hill & Hunter (1966), Myers & Montgomery (1995)
Planejamento fatorial 2^k , com pontos centrais	Esse método consiste em adicionar um ponto de experimentação no nível intermediário aos níveis investigados para os k fatores de controle.	
Análise de variância	<i>Analysis of variance</i> (ANOVA), é uma ferramenta que permite estudar se há diferenças significativas entre as respostas experimentais.	
Gráficos	Os gráficos de efeitos principais ilustram a variação média das respostas em função da mudança no nível de um fator, mantendo os outros fatores constantes.	Montgomery (1991), Devor <i>et al.</i> (1992)
	Os gráficos de efeitos de interação descrevem a variação média de um fator em função dos níveis de outros fatores.	
	O gráfico de probabilidade normal é utilizado nas situações em que não é possível repetir um experimento e é importante obter uma estimativa independente do erro experimental para julgar a importância dos efeitos principais e de interação.	

Quadro 4: Técnicas de planejamento e análises de experimentos
Fonte: Galdamez; Carpinetti (2004)

2.3.13 Análise PM

A análise PM é uma metodologia do TPM muito avançada e por esse motivo requerer um conhecimento considerável sobre a mesma para que possa ser utilizada.

Segundo Shirose, Kimura e Kaneda (1995), a Análise PM é mais do que uma metodologia de melhoria, é uma diferente forma de pensar sobre um problema e a forma de como ele ocorre.

Devido a sua complexidade, esta metodologia não deve ser utilizada para problemas simples ou com ocorrência esporádica, e sim para problemas que já foram analisados anteriormente através de outras metodologias sem que sua causa tenha sido identificada, ou que tenha sua ocorrência crônica.

Através dos oito passos desta metodologia é possível primeiramente aumentar consideravelmente o conhecimento dos membros da equipe a respeito do funcionamento do equipamento ou máquina onde o problema ocorre e também suas habilidades para solução de problemas recorrentes. Os primeiros 4 passos auxiliam na identificação da causa raiz do problema e os 4 últimos a forma correta para controlar suas causas.

2.3.13.1 Significado análise PM

Apesar dos criadores desta metodologia ser japoneses, ela foi escrita na língua inglesa, então as siglas P e M referem-se a palavras desta língua:

2.3.13.1.1 P (*Phenomenon, Physical*)

a) *Phenomenon* – fenômeno em português, diz respeito ao entendimento do seu problema, não é o seu problema e sim o que é perceptível no equipamento quando ele ocorre.

b) *Physical* – físico em português, é entender o que faz o fenômeno acontecer, nesta etapa é sugerido escrever uma expressão matemática para ocorrência do fenômeno.

2.3.13.1.2 M (Mechanism, 4 Ms)

Do inglês *mechanism* (mecanismo), onde o problema está ocorrendo, equipamento, máquina, ferramenta, etc. E também se refere aos 4 M's, atrelados ao processo de produção, mão de obra, método, máquina e material.

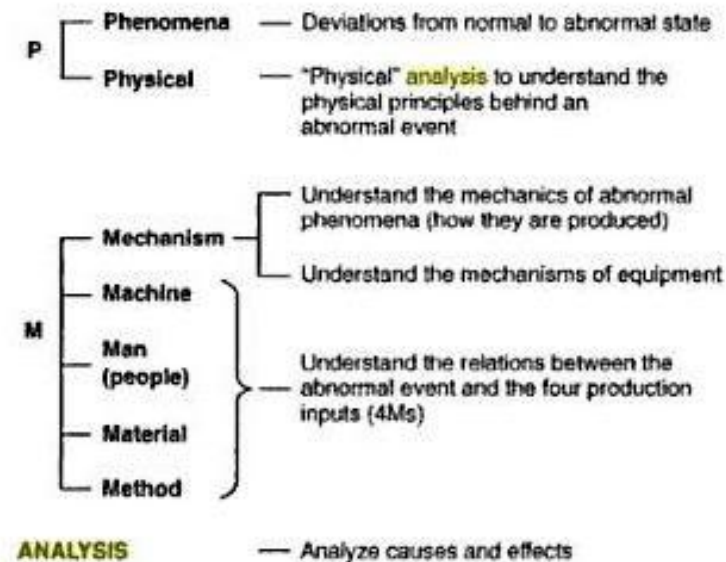


Figura 8: O que é análise PM
Fonte: Shirose, Kimura e Kaneda (1995)

2.3.13.2 Passos da análise PM

Como falado anteriormente, a Análise PM é composta de 8 passos, onde a medida que se avança na metodologia é possível entender como seu problema ocorre, quais são as causas e o que é preciso garantir para que evitar sua recorrência. Os 8 passos da metodologia são os seguintes:

1. Esclarecer o Fenômeno;
2. Conduzir uma análise física;
3. Definir cada uma das condições que compõem o fenômeno;
4. Estudar as correlações de entrada do produto;
5. Definir as condições ótimas;
6. Planejar a investigação;
7. Analisar as anomalias
8. Definir e implementar o melhoramento.

3 METODOLOGIA

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Segundo Silva e Menezes (2005), toda pesquisa deve ser classificada de acordo com alguns critérios como: natureza da pesquisa, forma de abordagem do problema, objetivos e procedimentos técnicos, de acordo com estes princípios esta pesquisa em a seguinte classificação:

- Aplicada, quanto a sua natureza;
- Qualitativa e quantitativa, quanto à discussão dos resultados.

3.2 LOCALIZAÇÃO

Este estudo foi realizado em uma empresa do ramo de embalagens situada na cidade de Ponta Grossa, Paraná. Esta empresa é a pioneira da região na implementação da metodologia TPM, Manutenção Produtiva total, e está a apenas um passo da conquista do título máximo em TPM (World Class Award), que conferido pelo instituto JIPM as empresas que conseguiram implementar e obter as vantagens da utilização desta metodologia.

A empresa em questão possui um alicerce muito forte quando se fala na utilização de ferramentas na resolução de problemas, onde todos os funcionários convivem em um ambiente propício para este fim, contudo, mesmo para ela, onde a melhoria continua é visivelmente percebida em todos os setores desde a portaria até a gerencia da fábrica, a utilização da ferramenta de análise PM é pouco usual.

É neste cenário que o estudo da aplicação da ferramenta de análise PM será realizado, mais precisamente no processo chamado de laminação, processo gargalo que apresenta cerca de 80 % de eficiência de acordo com o OEE.

4 ESTUDO DE CASO

Como mencionado anteriormente o processo de laminação da empresa em questão teve um alto índice de paradas de máquina devido à queda de corrente do motor da extrusora D, conforme mostrado nas figuras abaixo.

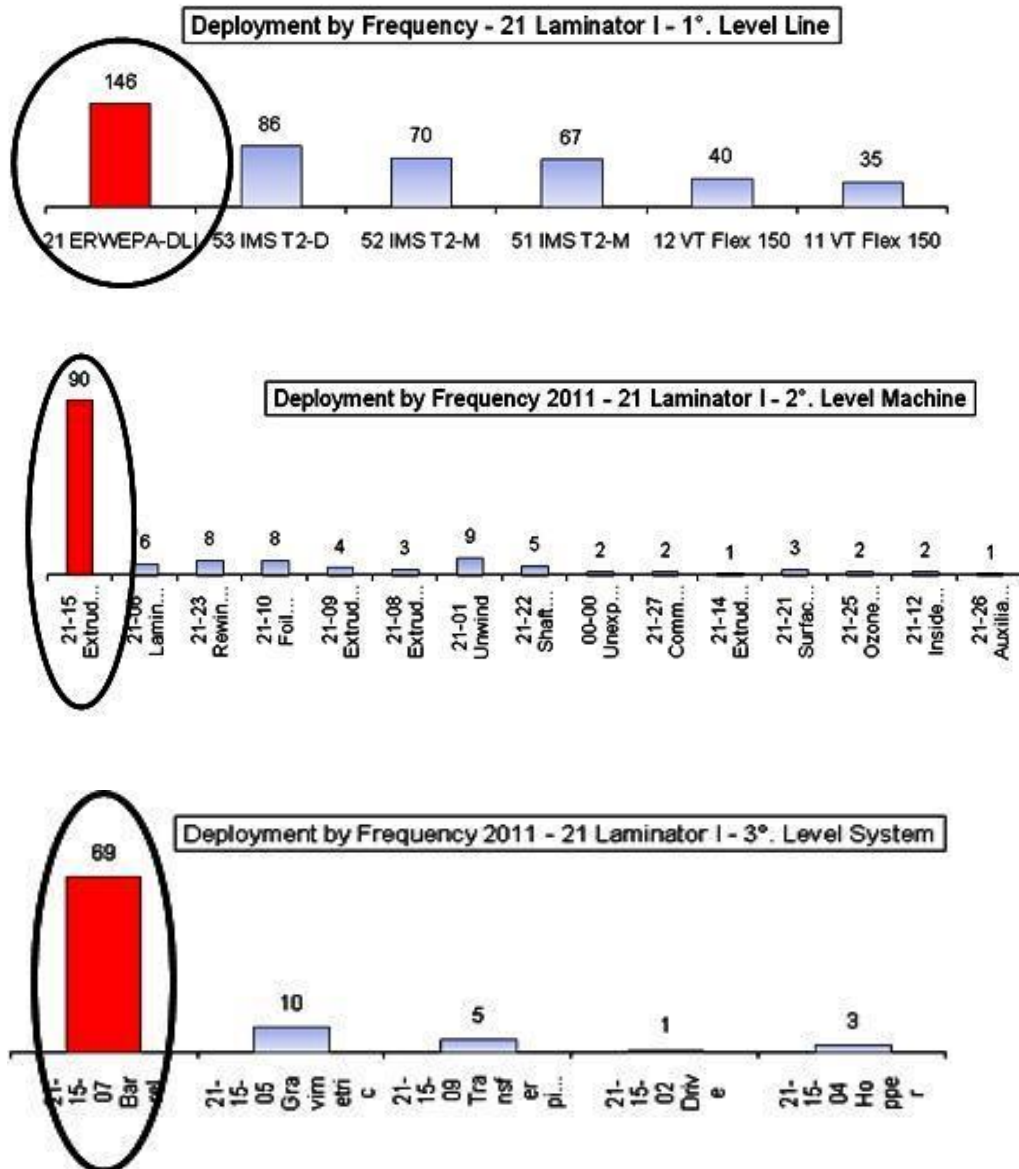


Gráfico 2: Gráficos de ocorrências de queda da corrente da rosca da extrusora
Fonte: Autoria própria

Para análise deste problema, utilizou-se a ferramenta de análise PM que é composta por 8 passos. Contudo, por se tratar de uma ferramenta avançada e

utilizada por processos que já apresentam um grau de maturidade elevado, a mesma não contempla a restauração de condição básica o equipamento, passo inicial de qualquer metodologia convencional na resolução de problemas. Como forma de se precaver e evitar surpresas no desenvolvimento do estudo foi decidido somar a esta metodologia o passo zero, referente a análise da condição básica do equipamento e eventual restauração de todas as condições.

4.1 PASSO 0 – RESTAURAÇÃO DAS CONDIÇÕES BÁSICAS

Esta atividade compreende a restauração das condições básicas da área crítica para cada um dos MS, mão de obra, máquina matéria prima e método. Para que esta atividade seja realizada de maneira correta é preciso descrever qual é o seu problema e identificar estas áreas críticas para ocorrência deste problema. Para identificação do problema foi utilizado a ferramenta conhecida como 5w1H e através dela o problema foi descrito da seguinte forma:

Análise 5W1H para fenômeno RO08	
O que?	Queda de corrente (Amper) do motor de acionamento da extrusora D, pressão de PE, com parada devido interlock de corrente para uma corrente inferior a 780A.
Onde?	Ocorre somente na extrusora D
Quando?	Ocorre somente na extrusora D com 100% de falhas após redução e retomada de velocidade, isso esta característico para todos os eventos.
Quem?	O MF RO08 ocorre em todos os turnos distribuidos 38,57% Turno da noite; 37,69% turno Tarde e 23,74% turno manhã, dessa forma não temos um padrão a seguir nos turnos para esse MF.
Qual?	Não há registro de predominancia do MF para produtos específicos, o fenômeno acontece em todos os tipos diferentes de produtos.
Como?	O fenômeno do RO08 ocorre após reduções de velocidade e sua característica é a queda da corrente do motor da extrusora D saindo de uma condição normal de 980A e parando através de uma interlock de qualidade de 780A (essa corrente depende do material e velocidade da linha) evitando assim a perda de material mas não evitando a parada devido a não condição de recuperação da corrente, proporcionalmente também apresenta queda de pressão de PE na rosca observado pelos graficos de controle.

Quadro 5: Análise 5W1H para queda da corrente da extrusora
Fonte: Autoria própria

As áreas críticas foram identificadas através da matriz QA, que faz a ponderação do peso da influencia de cada área de acordo com o potencial de sua incidência.

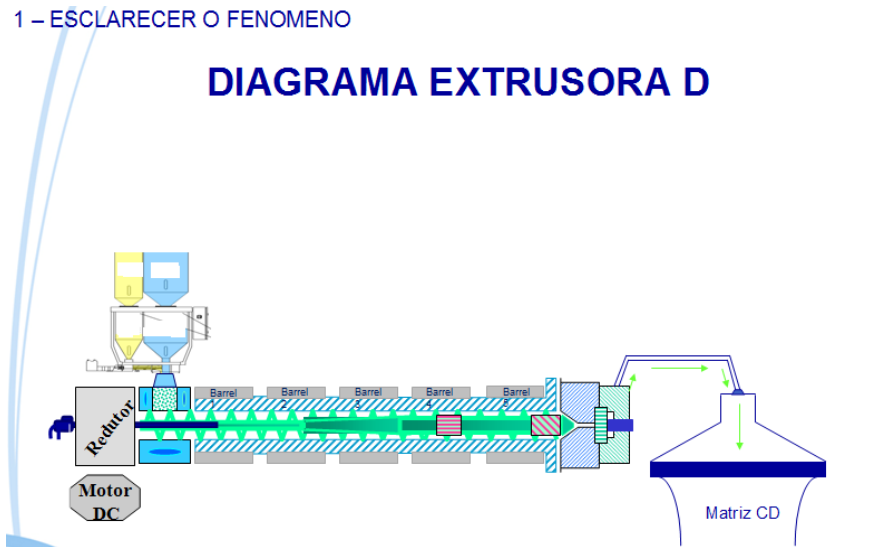


Figura 9: Diagrama da extrusora
Fonte: Autoria própria

Como mostra a figura acima, foram identificadas as áreas críticas. Também foram realizadas todas as restaurações necessárias tendo com intuito que todas as áreas envolvidas no problema estejam com suas condições básicas conhecidas garantidas para evitar que algo relativamente simples possa estar atrapalhar na análise dos fenômenos ou até mesmo gerar o problema. Isto apesar de básico é muito importante, pois muitas vezes a simples restauração de condição básica pode trazer o resultado almejado.

Este passo nos mostrou que mesmo em uma empresa onde o conceito do TPM está completamente difundida em todos os níveis da organização, é possível encontrar itens que estão fora de sua condição normal que mesmo não tendo direto impacto neste problema, comprovam que a manutenção das condições é algo que não é fácil de atingir.

4.2 PASSO 1 - ESCLARECENDO O FENÔMENO

É o ponto de partida na metodologia e dele dependem os passos futuros, desta forma devemos esclarecer corretamente o fenômeno. Algo importante que não devemos incorrer é confundir fenômeno com problema. Basicamente o problema é algo macro que vemos sem fazer muito esforço, que podemos medir. O fenômeno é aquilo que causa o problema, que para que possamos identificar devemos ir até o local da ocorrência do problema para avaliarmos sua ocorrência.

Como a ocorrência do problema está atrelado a queda da corrente do motor, foi criado um alarme no momento da ocorrência do mesmo e assim fosse possível a avaliação do fenômeno.



Figura 10: Gráfico no painel de controle no momento da queda da corrente
Fonte: Autoria própria

No momento da ocorrência da queda da corrente, foi identificada uma deficiência no sistema de alimentação da rosca de extrusão, pois o nível do polietileno nos funis de alimentação aumentaram sem variação na velocidade da linha, sendo assim, entende-se que houve uma redução no fluxo de polietileno no interior da extrusora.

Esta informação foi crucial para descrição do fenômeno que é mostrado no Quadro 6.

Com a conclusão do passo um tem-se claramente descrito o fenômeno que se deve eliminar para que o problema que resulta nas paradas de máquina aconteça.

5W1H - Analise PM RO08	
Fenômeno	Baixo fluxo de polietileno na entrada da rosca
O que?	Redução no fluxo de polietileno na entrada da rosca da extrusora D durante o processo no momento do RO08, onde o PE fica parado e não desce continuamente como ocorre em condição normal
Onde?	Entre o Dry blender e o barrel 1
Quando?	Ocorre na extrusora D com 100% de falhas após redução e retomada de velocidade, isso esta característico para todos os eventos.
Quem?	O MF RO08 ocorre em todos os turnos distribuidos 38,57% Turno da noite; 37,69% turno Tarde e 23,74% turno manhã, dessa forma não temos um padrão a seguir nos turnos para esse MF.
Qual?	O out put da rosca esta relacionado diretamente a area de preenchimento de PE, isto é, a largura do papel dessa forma foi observado que não há registro de predominancia do MF para larguras diferentes de produtos especificos, o fenomeno acontece em todas larguras,
Como?	Durante o fenomeno as variaveis: - Corrente do motor eletrico da extrusora apresenta queda de 1000A para 700A - Pressão de PE de 270 Bar cai para 2xx - Consumo PE em media 840Kg/h cai para 815kg/h - Gramatura do material baixa de 25gr - Temperatura do Barrel 1 varia em media 5°C

Quadro 6: Analise PM RO08
Fonte: Aatoria própria

4.3 PASSO 2 – CONDUZIR UMA ANÁLISE FÍSICA

De acordo com a metodologia este passo é o que mais agrega conhecimento aos envolvidos na análise, pois nesta etapa deve ser descrita a análise física de como o fenômeno ocorre e para isto é necessário o mapeamento das áreas críticas através dos princípios e padrões operacionais, e elementos de interação dos componentes que compõe as áreas críticas estão diretamente ligados ao fenômeno.

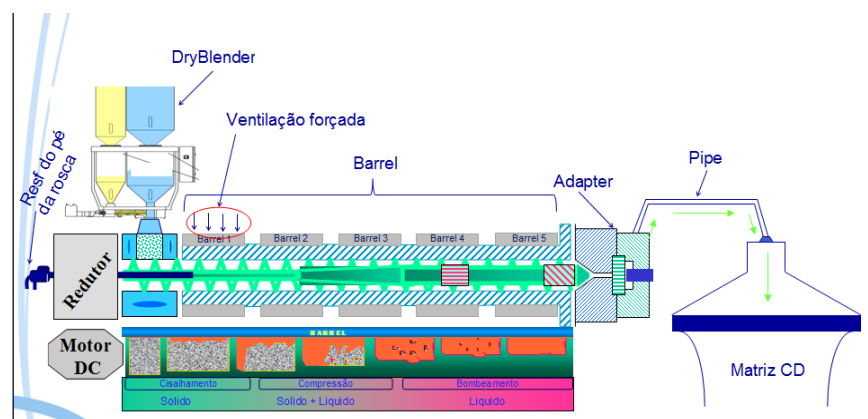


Figura 11: Partes que compõe a extrusora D
Fonte: Aatoria própria

A figura acima mostra em uma vista lateral as partes da máquina que compõe a extrusora responsável pelo processo de extrusão. Por motivos óbvios, dados técnicos não serão revelados neste trabalho.

Nesta fase foram identificados 4 etapas que foram chamadas de sistemas que estão diretamente relacionadas com o fenômeno:

- Subsistema de Transporte de Polietileno;
- Subsistema de acionamento da rosca;
- Subsistema de alimentação de polietileno;
- Subsistema de Extrusão.

4.3.1 Subsistema de Transporte de Polietileno

Tem a função de transportar o polietileno dos silos até o *Hooper* com pressão negativa (vácuo) menor ou igual a 0,6 bar

4.3.2 Subsistema de Acionamento da Rosca

Acionamento elétrico através de uma máquina de corrente contínua com realimentação por taco, controlado por um drive responsável pela entrega de potência, a transmissão de movimento motor com RPM máximo de 1900. Este acionamento é responsável por mover uma rosca que é responsável pelo transporte do polietileno dentro do canhão de extrusão (barrel).

4.3.3 Subsistema de Alimentação de Polietileno

O sistema de alimentação inicia no *dry blender* equipamento responsável por garantir a dosagem correta de dois polietilenos que formarão o *melt*. O consumo do polietileno A é realizado gravimetricamente de acordo com o movimento da rosca de extrusão, o consumo do polietileno B é realizado através de uma rosca acionado por um servomotor onde o mesmo é realimentado pelo seu consumo (malha fechada) de acordo com o *feedback* de pesagem de ambos polietilenos. Eles são dosados diretamente no *feeder* na região de alimentação da rosca a qual é refrigerada por um circuito de água gelada em sua carcaça com temperatura e fluxo controlados (temperatura de 9° C e fluxo constante).

4.3.4 Subsistema de Extrusão

Na rosca o PE é recebido do *feeder* em forma de pelets (granulado), nessa região a rosca recebe um sistema de refrigeração através do princípio “pescador”, o qual é responsável por refrigerar uma região interna da rosca em um comprimento especificado pelo fabricante, o transporte de PE é realizado pela dinâmica da rosca com perfil helicoidal no sentido anti-horário. A rosca apresenta 3 zonas que em conjunto com o canhão (barrel) são responsáveis pelo processo de extrusão propriamente dito. 1ª Alimentação, 2ª Compressão e cisalhamento e por fim bombeamento. O barrel por sua vez é aquecido por resistências elétricas que também auxiliam no processo de extrusão.

4.3.5 Elementos de Interação

Nesta etapa da análise, é preciso identificar dentro de cada subsistema que compõe a área crítica, os componentes que quando interagindo entre si, possam gerar o fenômeno que provoca o problema.

Todas as possíveis interações identificadas devem ser validadas no processo, através de experimento como o DOE que em português significa Planejamento de Experimento e são utilizados para correlacionar fatores que possam gerar impacto em uma variável de resposta.

De forma a resumir o trabalho, abaixo foram listados apenas os elementos de interação que tiveram seu impacto comprovado através de experimento e validação no processo.

A- Pescador-fosso de refrigeração do pé da rosca:

Dimensão dos componentes pode impactar na refrigeração e conseqüentemente variação da temperatura do pé da rosca. Durante experimento foi percebido que ao mudar o dimensionamento destes componentes, houve um aumento na temperatura de saída do pé da rosca e o fenômeno logo foi percebido.

B- Resistências de aquecimento-Barrel:

A temperatura de aquecimento é um parâmetro importantíssimo para o processo de extrusão. Quando oscilado o setpoint de temperatura de aquecimento das resistências, após alguns minutos o fenômeno se manifestou.

C - Pino de Pressão-adapter:

Restringem a passagem do polietileno da extrusora para a matriz, alterando a pressão que pode aumentar ou diminuir o trabalho mecânico realizado no polietileno dentro da matriz. Para este experimento, foi alterado o a pressão da massa drasticamente em comparação com o padrão de trabalho e em um dos níveis do teste foi visualizado o aparecimento do fenômeno.

Neste passo pudemos evidenciar um incremento muito grande no conhecimento a respeito do funcionamento do equipamento, onde no momento do experimento também existiu uma quebra de paradigmas que antes eram considerados inalterados, pois poderiam impactar no funcionamento incorreto do equipamento e que percebemos que estavam sendo utilizados de forma incorreta.

4.4 PASSO 3 - DEFINIR CADA UMA DAS CONDIÇÕES QUE COMPÕEM O FENÔMENO

Agora é preciso identificar nas áreas críticas quais são os componentes que se sofrerem oscilações na sua condição impactarão nas grandezas físicas identificadas no passo anterior, ou seja, desencadearão o fenômeno. A título didático será apresentado apenas uma grandeza física das três mencionadas anteriormente. A grandeza física estudada será a temperatura da água na saída da rosca.

Fenômeno	Análise Física	Condições que compõem o fenômeno
Redução no fluxo de polietileno na entrada da rosca	Interação entre pescador e fosso de refrigeração do pé da rosca provoca variação na temperatura de saída da água.	Comprimento do pescador inferior ao necessário ----- Comprimento incorreto do fosso ----- Entupimento da tubulação de circulação da água do pescador ----- Inversão das mangueiras de refrigeração de entrada e saída do pescador ----- Feedback de temperatura da água de refrigeração das extrusoras incorreto

Quadro 7: Definição das condições que compõe o fenômeno

Fonte: Autoria própria

O quadro acima mostra quais as condições que podem ocasionar a variação da temperatura da de refrigeração na saída da rosca.

Com que se montando um quebra cabeça, as peças começam a se encaixar o que leva a condução do entendimento da ocorrência do fenômeno, que no inicio parecia ser insolúvel.

4.5 PASSO 4 – ESTUDAR AS CORRELAÇÕES DE ENTRADA DE PRODUÇÃO

Correlaciona-se nesta fase as condições que compõem o fenômeno com as entradas de produção, os 4 Ms, máquina, mão de obra, método e matéria prima, ou seja identifica-se os fatores causais. Está investigação deve ser realizada similarmente a utilização da fermenta de 5 porquês. Desta forma, deve-se atingir um nível onde se possa especificar um padrão ótimo para todas as condições até um mais detalhado nível do efeito.

Análise Física	Condições que compõem o fenômeno	Item Primário	Item secundário	Confirmação
Interação entre pescador e fosso de refrigeração do pé da rosca provoca variação na temperatura de	Comprimento do pescador inferior ao necessário	Pescador esta posicionado distante do final do fosso	Temperatura de saída da água com valor fora do esperado	VERDADEIRO
	Comprimento incorreto do fosso	Comprimento do fosso atinge o barrel dois	Temperatura de saída da água com valor fora do esperado	VERDADEIRO

saída da água.	Entupimento da tubulação de circulação da água do pescador	Deposição de material no interior da tubulação	Baixo fluxo de água	FALSO
	Inversão das mangueiras de refrigeração de entrada e saída do pescador	Retorno de água quente incorreto	Baixo fluxo de água	FALSO
	Feedback de temperatura da água de refrigeração das extrusoras incorreto	Malha de leitura com erro de leitura	Sensor de leitura danificado	FALSO

Quadro 8: Quadro de correlações
Fonte: Autoria própria

4.6 PASSO 5 – DEFINIR AS CONDIÇÕES OTIMAIS

Explicando de forma sucinta precisa-se agora elencar todas as condições otimizadas dos fatores que estão relacionados com a análise física que desencadeia a oscilação na grandeza física. Nesta etapa é usual a utilização de padrões operativos, desenhos, mapas do processo e utilização do Planejamento de experimentos.

Como as informações do processo de fabricação da empresa em questão são sigilosas, os mesmos não serão apresentados.

4.7 PASSO 6 – PLANEJAR A INVESTIGAÇÃO

O planejamento da investigação, é feito com o intuito de monitorar os fatores causais identificados nos passos 3 e 4. Este planejamento deve ser realizado a fim de que se possa através dele identificar a variação dos fatores causais se estes ocorrerem. Este planejamento pode ser efetuado utilizando-se a ferramenta de 5W1H para cada item ou fator causal.

Exemplo de Planejamento de Investigação de Fatores					
O que medir	Como medir	Quando medir	Onde medir	Quem medirá	Por que medir
Fluxo de água na saída do pé da rosca	Fluxostato digital	Online	Na conexão de retorno do pescar com retorno da caixa d'água	Automático	Para avaliar se existe variação de fluxo

Quadro 9: Exemplos de planejamento de fatores
Fonte: Autoria própria

As informações coletadas devem ser arquivadas, pois serão analisadas no passo seguinte objetivando a eliminação das variações.

4.8 PASSO 7 – ANÁLISE DE ANOMALIAS

Esta etapa novamente nos remete a análise de anomalia, esta análise deve ser efetuada sobre a coleta de dados do passo anterior, onde todos os itens listados devem ser profundamente analisados tendo como parâmetros as condições otimizadas que foram definidas no passo 5. Uma das formas de efetuar esta análise é aplicando a ferramenta de 5 porquês para cada anomalia encontrada.

Outra forma de se avaliar o nível de cada condição de cada fator causal é através das 5 perguntas para manutenção das condições para zero defeito. Esta ferramenta possui 5 perguntas e três níveis de resposta para cada pergunta, para cada uma das 4 entradas de produção ou 4 Ms. Essas perguntas além de auxiliar na identificação do nível de controle para cada fator, também auxilia na programação da contra medida a ser implementada, pois ela mostra onde está a vulnerabilidade do mesmo.

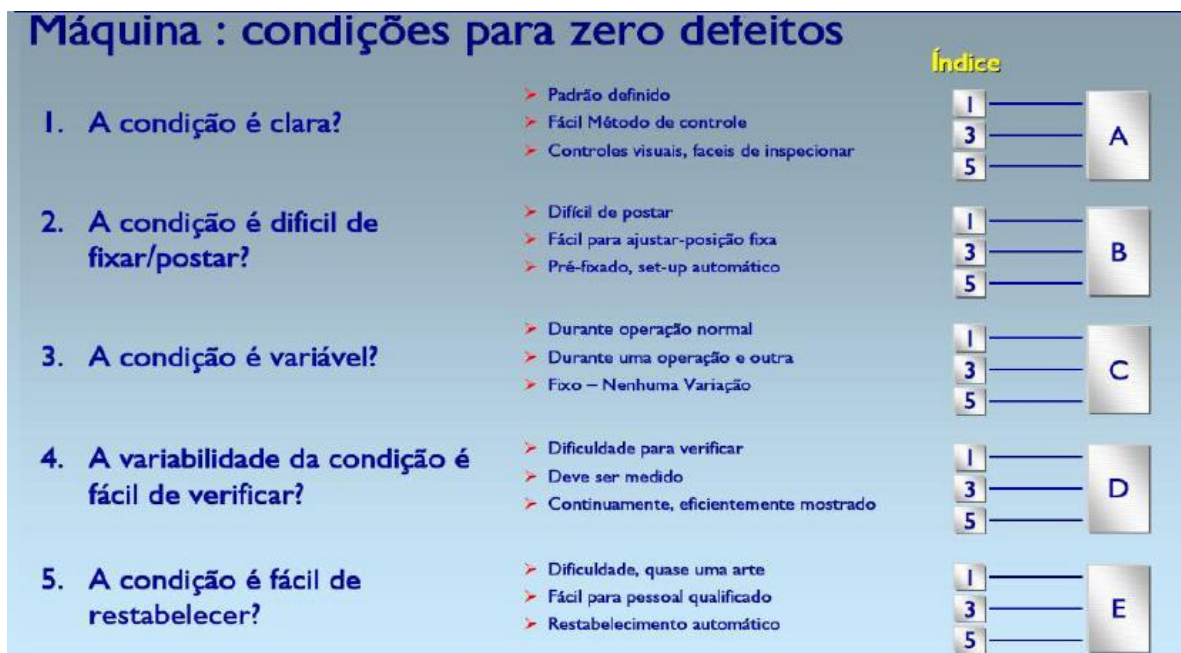


Figura 12: 5 Condições para zero defeito
 Fonte: Efeso (2011).

A figura acima mostra a 5 perguntas para avaliação da máquina (componentes, equipamentos, sensores, termostatos, cilindros pneumáticos, etc), e o ápice da condição para cada resposta é quando a mesma possui o índice 5. Desta forma para a melhoria da condição de um fator causal de máquina deve ser tornado sua condição clara, com valor prefixado que significa o operador não precisar ajustar o mesmo, não apresentando variação, possuindo a forma de coleta de dados contínua sem a necessidade de preenchimento de planilhas e caso ocorram variações que a condição seja restabelecida automaticamente.

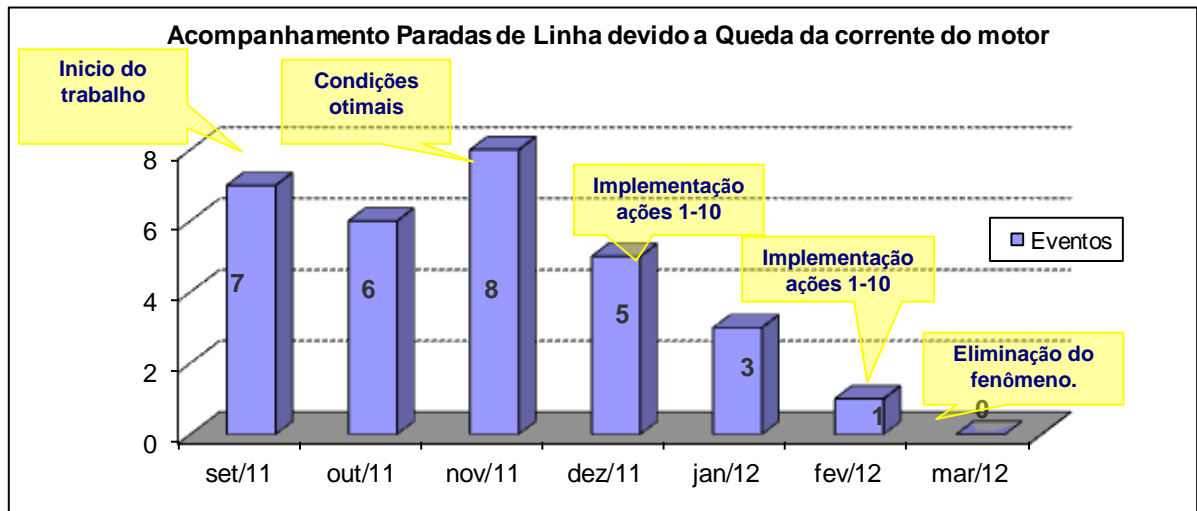
Com base nessas premissas um plano de ação deve ser criado com todas as ações pertinentes que proporcionem o melhoramento da condição de cada fator causal e com isso seja assegurado que as condições ótimas sejam mantidas.

4.9 PASSO 8 – DEFINIR E IMPLEMENTAR OS MELHORAMENTOS

Este último passo da metodologia é utilizado para implementação das ações para melhoramento das condições dos fatores. Para o planejamento da execução das ações pode ser criado uma matriz de priorização, de acordo a probabilidade da eficácia da ação, custo, nível de risco da ação e o tempo para a instalação. Aquelas ações que tiverem um maior peso devem ser priorizadas, pois terão maior impacto no resultado. O mais importante nesta etapa é implementar todas as ações para que

seja garantido que a condição ótima de cada fator não varie e conseqüentemente o fenômeno estará controlado.

Durante o decorrer da implementação das ações é importante realizar o acompanhamento da eficácia das mesmas através de um gráfico, que facilita a visualização da evolução do trabalho.



.Gráfico 3: Acompanhamento das paradas de linha devido a RO08
Fonte: Autoria própria

Com o fenômeno controlado, o desafio é manter as condições de cada fator causal nos níveis atuais, para isso é necessário a revisão dos planos preventivos como:

- Padrões de limpeza, inspeção e lubrificação;
- Itens realizados pela manutenção preventiva;
- Padrões operacionais;
- Plano de treinamento e revisão das habilidades.

Com isso a consolidação do resultado é atingida.

5 CONCLUSÃO

Como mencionado no início deste trabalho, mais precisamente no capítulo 1 o objetivo do mesmo foi aplicar a metodologia de análise PM em um caso real da industrial que provoca paradas de linha em uma estrutura, explicando as etapas desta metodologia, para que o fenômeno causal das paradas de linha fosse identificado e ainda avaliar os ganhos e as dificuldades na utilização de uma ferramenta avançada de solução de problemas como a análise PM.

Primeiramente, não poderia deixar de mencionar que a primeira impressão este método amedronta, devido a sua complexidade, do ponto de vista de uma pessoa que jamais a utilizou, porém à medida que se avança ao longo dos passos desta metodologia, tudo começa se encaixar como que se montasse um quebra-cabeça. Isto também é sinal de que o método está sendo utilizado de forma correta.

Fazendo um paralelo com as metodologias de solução de problemas convencionais, as principais diferenças estão primeiramente na investigação, enquanto que as ferramentas comumente utilizadas em ambientes fabris analisam o problema de forma sucinta, a análise PM parte para identificação do fenômeno que provoca o problema e posteriormente faz uso de uma série de técnicas e ferramentas na investigação das causas que propiciam o aparecimento deste fenômeno. Segundo, enquanto que as metodologias convencionais priorizam causas, a análise PM investiga e combate todas, o que permite que o problema se não erradicado, seja reduzido a valores ínfimos, mesmo quando se está trabalhando com perdas crônicas.

No decorrer da análise do estudo de caso, à medida que, se evoluiu nos passos da metodologia, constatou-se que o fenômeno gerador do problema foi evidenciado, até mesmo alguns dos fatores causais puderam ser determinados, o que comprova o poder de investigação desta metodologia.

Outro ponto importante a citar é o incremento de conhecimento agregado às pessoas que fazem parte do estudo. Os níveis de detalhe a respeito das áreas críticas envolvidas com o problema exigido pela análise PM formam profundos conhecedores ou até mesmo especialistas do processo como um todo.

A forma com que as pessoas abordam um problema também tende a mudar, pois o apelo estatístico desta ferramenta é muito grande, todas as discussões são através de fatos e dados, garantindo assertividade das conclusões tomadas.

Contudo, devido a sua complexidade, ela deve ser adotada a casos ou problemas que já foram analisados através de metodologias mais simples como um PDCA, por exemplo, pois esta, pode resolver o problema. E evitar, (conforme diz o jargão popular), “usar um tiro de canhão para matar uma formiga”. Outro fator que limita sua utilização é o tempo, pois os passos possuem um nível de detalhe muito grande, desta forma tanto o tempo despendido das pessoas envolvidas, como o tempo para se atingir o resultado será maior que em comparação com as outras metodologias.

As pessoas envolvidas no estudo devem obrigatoriamente passar por um treinamento na metodologia e durante a difusão da mesma no ambiente fabril até que seus conceitos tenham sido absorvidos, aconselha-se que um especialista em Análise PM atue como tutor dos grupos de análise, para que assim caso preciso possa direcioná-los e auxiliá-los em eventuais dúvidas a respeito dos passos da metodologia.

Por fim vale ressaltar que para um trabalho de solução de problema coeso, é necessário que esteja suportado por uma ferramenta tão complexa como o problema, ou seja, que ela seja capaz de desvendar aquilo que está por traz do mesmo. Sendo assim o primeiro passo neste trabalho é a utilização da ferramenta correta.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, Daniel, **DOE (Design of Experiments)-Conseitos Básicos**. Disponível em: <http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/DOE.htm> Acesso em: 20 jan. 2012.
- BIASOTTO, Eduardo, **Aplicação do BSC na Gestão da TPM – Estudo de Caso em Indústria de Processo**, 2006, 156 F. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina.
- CAMPOS, Vicente Falconi. **Gerenciamento da Rotina do trabalho do dia a dia**. Editora Desenvolvimento Gerencial, 2001.
- CORREA, Davi; MARTINS, Marcelo Edmundo Alves. **Apostila Treinamento Tetra Pak – Ferramentas da Qualidade**, 2007.
- DIVINO, José Paulo. **Análise do Processo TPM e seu Impacto na Eficácia Operacional: Um Estudo de Caso em uma Indústria de Produtos para Consumo**, 2007, 76 F. Dissertação (Mestrado Engenharia Mecânica) – Universidade de Taubaté. Disponível em: <http://www.unitau.br/cursos/pos-graduacao/mestrado/engenharia-mecanica/dissertacoes/2007/JOSE_PAULO_DIVINO.pdf/view>. Acesso em: 31 mai. 2011.
- GADALMEZ, Edwin V. Cardoza; CARPINETTI Luiz C. Ribeiro. **Aplicação das Técnicas de Planejamento e Análise de Experimentos no Processo de Injeção plástica**, 2004, 14 F. Artigo – Departamento de Engenharia de Produção, Escola de Engenharia de São Carlos, USP.
- Grupo Werkema, **Apostila Treinamento Lean Six Sigma**, 2011.
- HEIDMANN, Herton Etmar. **Aplicação da Metodologia TPM para a Otimização da Eficiência Global em Máquinas Injetoras de uma Empresa de Eletrodomésticos**, 2007, 80 F. Monografia (Graduação Engenharia de Produção e Sistemas) – Universidade Estadual de Santa Catarina. Disponível em: <http://www.producao.joinville.udesc.br/tgeps/2007-02/2007_2_tcc02.pdf?bcsi_scan_8E1E5ADE637CEC7F=0&bcsi_scan_filename=2007_2_tcc02.pdf>. Acesso em: 28 mai. 2011.
- idade**, 2007.

MARTINS, Marcelo Edmundo Alves. **Apostila Treinamento Tetra Pak – PDCA**, 2007.

MARTINS, Petrônio G. – **Administração da Produção** / Petrônio Garcia Martins, Fernando Piero Laugeni – São Paulo: Editora Saraiva, 1998.

MAXIMIANO, Antônio César Amaru – **Introdução à Administração** – 4º edição, revisada e ampliada – São Paulo: Editora Atlas, 1995.

NAKASATO, K., **Segundo Curso de Formação de Instrutores de TPM**, XV Evento Internacional de TPM. I.M.C, Internacional Sistemas Educativos. 1994.

ORTIZ, Ricardo Alexandre Baradel, **A Implantação do Programa TPM na Área de Esamparia da Volkswagen – Taubaté: Análise de Resultados**, 2004, 98 F. Monografia (Especialização Gestão Industrial) – Departamento de Economia, Contabilidade e Administração, Universidade de Taubaté. Disponível em: <http://www.ppga.com.br/mba/2004/ortiz_ricardo_alexandre_baradel.pdf>. Acesso em: 27 mai. 2011.

POZZER, Richards, **TPM-Manutenção Produtiva Total**, 2011. Blog Paulo Amaral. Disponível em: <<http://pauloamaral.blog.br/tpm-manutencao-produtiva-total/>>. Acesso em: 02 fev. 2012.

SHIROSE, Kunio, **TPM Total Productive Maintenance** – New Implementations Program in Fabrication and Assembly Industries. 1996.

SHIROSE Kunio, KIMURA Yoshifumi, KANEDA Mitsugu, **PM Analysis, An Advance Step in TPM implementation**, 1995

SILVA, E. L, MENEZES, E. M. (2005). Metodologia da Pesquisa e Elaboração da Dissertação. 4. Ed. Ver. Atual, UFSC, Florianópolis, SC

Solving Efeso Consultoria, **Apostila Treinamento Análise PM**, 2011.