



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

DISCIPLINA: PROJETO DE FIM DE CURSO – FEMEC 41100

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GESTÃO DE MANUTENÇÃO BASEADO  
NOS PRINCÍPIOS DO TPM EM UMA INDÚSTRIA DE FERTILIZANTES**

VÍTOR MENEZES GONÇALVES N° 11421EMC046

UBERLÂNDIA/MG

2020

VÍTOR MENEZES GONÇALVES

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GESTÃO DE MANUTENÇÃO BASEADO  
NOS PRINCÍPIOS DO TPM EM UMA INDÚSTRIA DE FERTILIZANTES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica

Área de Concentração: Gestão da Manutenção

Orientador: Prof. Dr. Elaine Gomes Assis

UBERLÂNDIA/MG

2020

VÍTOR MENEZES GONÇALVES

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GESTÃO DE MANUTENÇÃO BASEADO  
NOS PRINCÍPIOS DO TPM EM UMA INDÚSTRIA DE FERTILIZANTES**

Trabalho de conclusão de curso pela Faculdade de  
Engenharia Mecânica da Universidade Federal de  
Uberlândia.

Área de Concentração: Gestão da Manutenção

Banca Examinadora:

---

Professora Dra. Elaine Gomes Assis

---

Professor Dr. Edson Pereira Parreira

---

Professor Esp. João Cícero da Silva

UBERLÂNDIA/MG

2020

## Resumo

A implementação de um sistema de manutenção em uma indústria é vital para empresas que buscam sucesso em qualquer tipo de negócio, principalmente nas indústrias pesadas, como a de fertilizantes. Ali a entrega do produto é praticamente por *Just in Time*, devido a demanda do produto depender de fatores naturais tais como chuva, temperatura e da necessidade específica em épocas de preparo para plantio. Neste trabalho, um estudo de caso simples, mostrou o quão eficiente e vantajoso pode ser a implementação de uma gestão de manutenção em uma indústria de fertilizantes. O objetivo do trabalho foi acompanhar a implantação e verificar se esta contribuiu para aumentar a capacidade de produção, reduzir custos e manter a boa imagem da empresa frente à clientes e fornecedores. Para se atingir os objetivos foram implementadas melhorias no setor de manutenção em uma unidade misturadora de fertilizantes, onde se aplicou os princípios da Manutenção Produtiva Total (TPM). A implementação de um sistema de manutenção na unidade misturadora começou a ser desenvolvida na metade de 2019 e está em fase de ajustes e expansão para outros setores, como o setor de armazenamento de grãos, que também faz parte do negócio da empresa. Pois a empresa possibilita que o fertilizante adquirido pelo produtor possa ser pago com a sua própria colheita. Para a continuidade nos processos de implantação de melhoria na manutenção com base no TPM foram observados os resultados para se identificar possíveis lacunas e implementar melhorias para melhorar o cenário atual da indústria.

Palavras-Chave: Unidade misturadora; Fertilizantes; Manutenção Produtiva Total; Sistema Toyota de Produção; Just in Time; Gestão.

## **ABSTRACT**

The implementation of a maintenance system in an industry is vital for companies looking for success in any type of business, especially in heavy industries, such as fertilizers. There, the delivery of the product is practically by Just in Time, due to the demand of the product depending on natural factors such as rain, temperature and the specific need in times of preparation for planting. In this work, a simple case study showed how efficient and advantageous it can be to implement maintenance management in a fertilizer industry. The objective of the work was to monitor the implementation and check if it contributed to increase production capacity, reduce costs and maintain the company's good image vis-à-vis customers and suppliers. In order to achieve the objectives, improvements were implemented in the maintenance sector of a fertilizer mixing unit, where the principles of Total Productive Maintenance (TPM) were applied. The implementation of a maintenance system in the mixing unit started to be developed in the middle of 2019 and is undergoing adjustments and expansion to other sectors, such as the grain storage sector, which is also part of the company's business. Because the company allows the fertilizer purchased by the producer to be paid for with his own harvest. For the continuity in the processes of implementation of maintenance improvement based on the TPM, the results were observed to identify possible gaps and implement improvements to improve the current scenario of the industry.

Key words: Mixing unit; Fertilizers; Total productive maintenance; Toyota Production System; Just in Time; Management.

## Sumário

Resumo.....	4
Sumário .....	i
Lista de Figuras.....	iii
Lista de Tabelas .....	iv
Lista de Equações.....	iv
CAPÍTULO I .....	1
1 Introdução.....	1
2 Objetivos .....	2
CAPÍTULO II .....	3
3 Revisão Bibliográfica .....	3
3.1 Manutenção Produtiva Total .....	3
3.1.1 As 6 grandes perdas e os Pilares da metodologia TPM.....	4
3.2 5S como base para o TPM .....	5
3.3 Melhoria Contínua, Manutenção da Qualidade e Controle Inicial .....	7
3.3.1 Ferramenta de gestão e melhorias .....	11
3.3.2 O controle da manutenção e a gestão de ativos.....	12
3.3.3 Ativos Críticos.....	14
3.3.4 Manutenção Autônoma: .....	16
3.3.5 Implantando a manutenção autônoma .....	19
3.3.6 Gestão de defeitos .....	20
3.3.7 Limpeza e Inspeção .....	24
3.3.8 Manutenção Planejada .....	29
3.3.9 Manutenção Corretiva: .....	30
3.3.10 Manutenção Corretiva não planejada.....	31
3.3.11 Manutenção Corretiva Planejada.....	31
3.3.12 Manutenção Preventiva .....	32
3.3.13 Manutenção Preditiva.....	33
3.3.14 Manutenção Detectiva.....	35
CAPÍTULO III .....	36
4 Metodologia.....	36
4.1 Fase 1 – Preparando e aprendendo TPM:.....	36
4.2 Fase 2 – Rastreamento e Reaplicação:.....	37
CAPÍTULO IV .....	38

5	Resultados e Discussões.....	38
5.1	Organograma Funcional.....	38
5.1.1	Organograma funcional prévio .....	38
5.1.2	Organograma Funcional Atual.....	39
5.2	Cadastrando e Hierarquizando os ativos .....	40
5.2.1	Árvore Estrutural.....	40
5.2.2	Matriz de Criticidade .....	41
5.2.3	Tagueamento dos Equipamentos .....	43
5.3	Operador Mantenedor.....	44
5.3.1	Etiquetas.....	46
5.4	Documentação das atividades de Manutenção.....	47
5.4.1	Aplicação dos Documentos .....	49
5.5	5S como base para o TPM .....	50
5.6	Visualização dos Resultados.....	54
	CAPÍTULO V .....	55
6	Conclusão .....	55
7	Termos e Siglas.....	56
	Referências Bibliográficas .....	58

## Lista de Figuras

Figura 1: Canteiro sem fertilizante.....	2
Figura 2: TPM e 5S. ....	5
Figura 3: Diagrama OEE. ....	9
Figura 4: PDCA. ....	12
Figura 5: Classificação dos ativos críticos.....	15
Figura 6: Gerenciamento de risco. ....	16
Figura 7: Ocorrências em operação. ....	17
Figura 8: Matriz de compatibilidade de fertilizantes.....	25
Figura 9: Tipos de manutenção.....	30
Figura 10: Manutenção Corretiva Não Planejada.....	31
Figura 11: Manutenção Preventiva.....	33
Figura 12: Manutenção Preditiva.....	35
Figura 13: Organograma funcional anterior.....	39
Figura 14: Organograma funcional atual.....	40
Figura 15: Árvore estrutural.....	41
Figura 16: Fluxograma Decisional.....	42
Figura 17: Exemplo de TAG.....	44
Figura 18: Rotina dos pontos de L&I. ....	45
Figura 19: Etiquetas de defeitos.....	46
Figura 20: Fluxograma de solicitação e aprovação.....	48
Figura 21: Almoxarifado anterior à aplicação do 5S.....	51
Figura 22: Oficina anterior à aplicação do 5S.....	51
Figura 23: Almoxarifado posterior à aplicação do 5S.....	53
Figura 24: Oficina posterior à aplicação do 5S.....	53
Figura 25: Gráfico comparativo de rendimento. ....	54

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1: Sete passos do Pilar de Manutenção Autônoma.....	19
Tabela 2: Sete tipos de anormalidade.....	22
Tabela 3: Formulário de Checagem das atividades do mecânico.....	24
Tabela 4: Formulário de checagem do L&I .....	28
Tabela 5: Matriz de Criticidade.....	43

## **Lista de Equações**

Equação 1: Disponibilidade .....	10
Equação 2: Velocidade .....	10
Equação 3: Qualidade .....	10
Equação 4: Eficácia Geral do Equipamento.....	10

## CAPÍTULO I

### 1 Introdução

Atualmente para alimentar os quase 8 bilhões de habitantes do planeta, dois quais estima-se que a população mundial venha a alcançar a marca dos dez bilhões de pessoas no ano de 2050, de acordo com a ONU, os produtores devem preparar o solo adequadamente e, para isto, os fertilizantes são importantes aliados.

No mercado produtor de fertilizantes a competitividade é elevada. De acordo com BORGES (2018), 3 multinacionais são responsáveis por 21% do mercado global de fertilizantes: a canadense *Agrium*, a norueguesa *Yara* e a americana *Mosaic*. Tendo grandes organizações no ramo o custo de produção é algo muito importante, uma vez que essas grandes empresas conseguem produzir grandes quantidades de produto o que reduz o custo final de produção, além de muitas delas serem fabricantes de suas próprias matérias primas e assim fornecedoras para outras indústrias menores, como a apresentada nesse trabalho.

Segundo relato da reportagem “Doing more with less (Fazendo mais com menos) da revista britânica *The Economist* (2011), a única maneira de produzir a quantidade de alimentos que o mundo necessitará dentro de alguns anos é usar de melhor tecnologia. Desta forma, a indústria química, e mais especificamente a de fertilizantes, deverá acompanhar um crescimento tecnológico rápido, a fim de suprir a demanda que o mundo exige no que tange à produção de alimentos.

Por isso a tecnologia e as máquinas cada vez mais sofisticadas é algo presente na indústria de fertilizantes. Equipamentos cada vez mais interligados, tecnológicos e precisos requerem uma manutenção também mais delicada e responsável de maneira que garantam a qualidade no produto e não comprometam outros *stakeholders* (partes interessadas) envolvidos, como o cliente e o fornecedores de matéria prima.

Sendo o fertilizante um vetor fundamental para a produtividade no mercado primário brasileiro, este tipo de negócio vem se expandindo e exigindo cada vez mais técnicas para tornar o negócio competitivo. Uma ilustração da importância do produto em uma

plantação pode ser observada na Figura 1, onde o local com a ausência do uso de fertilizante tem um desenvolvimento nitidamente menor.

Figura 1: Canteiro sem fertilizante.

Fonte: Fertilizantes Heringer (2020).



Por fim, a manutenção é algo essencial a esse mercado pois a demanda é ditada pelas condições climáticas, e atrasos na entrega por falhas de equipamentos podem prejudicar o produtor rural e custar caro ao item mais valioso de uma empresa, a sua imagem.

## 2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho consistiu em acompanhar a implementação de um sistema de uma gestão aplicado à de manutenção e analisar quais foram as principais contribuições e quais os possíveis pontos de melhoria. Este teve como base os pilares da Manutenção Produtiva Total (TPM) em uma unidade misturadora de fertilizantes.

Os objetivos específicos do trabalho foram:

- 1- Acompanhar a implementação da manutenção autônoma;
- 2- Acompanhar a implementação da manutenção planejada;
- 3- Acompanhar a implementação da manutenção da qualidade;
- 4- Acompanhar a implementação de melhorias específicas;
- 5- Acompanhar a implementação do controle inicial;

## CAPÍTULO II

### 3 Revisão Bibliográfica

#### 3.1 Manutenção Produtiva Total

Segundo NAKAJIMA (1989), Manutenção Produtiva Total (TPM) pode ser definida como a integração total entre homem, máquina e empresa, onde as atividades de manutenção do sistema produtivo são de responsabilidade de todos, tanto operacional quanto administrativo. As principais tarefas objetivam evitar quebras, prevenir falhas de qualidade e gerar maior segurança na operação. SHIROSE (1992) acrescenta, ainda, defeito zero, quebra zero e acidente zero.

O TPM surgiu no Japão em um cenário pós segunda guerra mundial. Para PALMEIRA (2002), visando superar a reputação de produtor de segunda categoria, devido as exportações de bens com má qualidade antes da segunda grande guerra, e recompor o cenário industrial, bastante envolvido na produção militar, o país precisava produzir e exportar. Assim, conforme JURAM (1990), “os japoneses se prontificaram a aprender como os outros países gerenciavam visando a qualidade”, a partir de então ocorreu a criação de técnicas e adaptações que garantiriam a qualidade dos produtos orientais aumentando a produtividade e reduzindo custos. Dentro deste grande movimento japonês em busca da qualidade que se desenvolveu a Manutenção Produtiva Total.

Além de uma ferramenta de manutenção, o TPM é uma metodologia de gestão, uma filosofia gerencial que, segundo MARTINS E LAUGENI (2005), atua em todo processo produtivo e não somente na manutenção, isto é, na organização de pessoas e na resolução de problemas.

De acordo com SUZUKI (1994), há três razões pelas quais o TPM se difundiu rapidamente na indústria japonesa e posteriormente para o mundo: garante drásticos resultados, transforma visivelmente os lugares de trabalho e eleva o nível de conhecimento e capacidade dos trabalhadores de produção e manutenção.

### 3.1.1 As 6 grandes perdas e os Pilares da metodologia TPM

Para atingir a eficiência global do equipamento, NAKAJIMA (1989) diz que a TPM visa eliminação das perdas. Tradicionalmente a identificação das perdas era realizada através de uma análise estatística dos resultados dos usos dos equipamentos, para identificar um problema e só então investigar as causas. O método adotado pela TPM examina a produção de *inputs* (homem, máquina, materiais e métodos) como causa direta, corrigindo as deficiências do equipamento, do operador e o conhecimento do administrador em relação ao equipamento.

As deficiências de input são consideradas perdas, e o objetivo da TPM é a eliminação de todas as perdas. Segunda NAKAJIMA (1989), as seis grandes perdas são:

- 1- Perda por parada devido à quebra/falha;
- 2- Perda por mudança de linha e regulagens;
- 3- Perda por operação em vazio e pequenas paradas;
- 4- Perda por queda de velocidade;
- 5- Perda por defeitos gerados no processo de produção;
- 6- Perda no início da operação e por queda de rendimento.

Para a eliminação das 6 (seis) grandes perdas do equipamento, a TPM conta com 8 (oito) atividades básicas de sustentação e desenvolvimento, designadas como seus pilares. São eles:

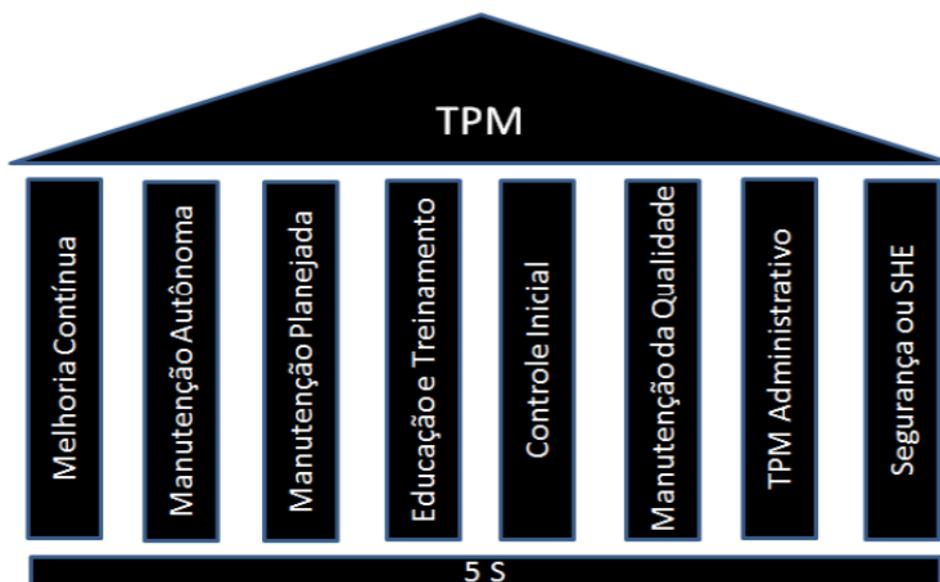
- 1- Melhoria individual dos equipamentos para elevar a eficiência;
- 2- Elaboração de uma estrutura de manutenção autônoma do operador;
- 3- Elaboração de uma estrutura de manutenção planejada do departamento de manutenção;
- 4- Treinamento para a melhoria da habilidade do operador e do técnico de manutenção;
- 5- Elaboração de uma estrutura de controle inicial do equipamento;

- 6- Manutenção com vistas a melhoria da qualidade;
- 7- Gerenciamento;
- 8- Segurança, higiene e meio ambiente.

De maneira geral o TPM é uma filosofia de manufatura que enfoca e valoriza o relacionamento efetivo dos operadores com o equipamento e suas funções, objetivando a eliminação total das perdas, através do melhoramento contínuo das habilidades das pessoas e do desempenho de seus equipamentos, tendo como base a metodologia 5S, conforme a Figura 2, que é considerado um fator chave para o sucesso e sustentação de toda implementação.

Figura 2: TPM e 5S.

Fonte: Silva (2014).



### 3.2 5S como base para o TPM

A metodologia 5S, é tido como base para implementação do TPM, uma vez que, segundo RIBEIRO (1999), cria uma importante preparação ambiental, mudando hábitos, atitudes e valores de toda equipe operacional e administrativa da organização. Para empresas japonesas, país de origem da metodologia, é uma mudança quase não percebida dentro do ambiente industrial, porém quando esta

mudança acontece nas empresas brasileiras, a resistência enfrentada é grande, tornando o processo de implementação mais complicado e longo.

O programa é formado por atividades que buscam criar nas pessoas uma cultura de limpeza, organização, padronização e autodisciplina, que podem ser aplicadas não somente no ambiente industrial como também pessoal de cada um. Segundo OLIVEIRA; LIMA (2002), o 5S prepara os funcionários para a reformulação das atividades de manutenção e produção, que serão propostas na implementação do TPM, de modo que eles desenvolvam um senso crítico e se identifiquem com o sentimento de dono.

RIBEIRO (1999) lista os cinco sentidos da seguinte forma:

- 1- SEIRI, o primeiro senso, senso de utilização: tem como principal objetivo eliminar os desperdícios e melhorar o ambiente, através da consciência de guardar somente aquilo que é necessário para as atividades;
- 2- SEITON, o segundo senso, senso de organização: tem como objetivo manter o ambiente organizado, eliminando tempo e desgastes para acessar os itens necessários que foram selecionados no primeiro senso;
- 3- SEISO, o terceiro senso, senso de limpeza: tem como objetivo aumentar o tempo de vida útil dos equipamentos e instalações, amenizando a deterioração e tornando o ambiente visualmente mais leve;
- 4- SEIKETSU, o quarto senso, senso de padronização: o principal objetivo desse senso é manter as melhorias alcançadas pelos três outros sentidos anteriores e
- 5- SHITSUKE, o quinto senso, senso da autodisciplina: talvez seja o senso com maior dificuldade de implementação pois visa desenvolver uma mudança na cultura das pessoas, para um espírito de equipe e senso crítico para aplicar o programa sempre que necessário.

Segundo TAKASAN APUD RIBEIRO (2001), o 5S é o grande começo e o ponto de partida para toda implementação do TPM, e sua aplicação oferece vantagem competitiva a todas as empresas que o adotam, pois desperta nos operadores o princípio de atividades espontâneas.

Como não poderia ser diferente para que seja obtido sucesso no 5S e conseqüentemente no TPM, o foco é voltado para todas as pessoas que estão

envolvidas no processo produtivo na empresa, justificando assim como base do modelo de gestão TPM, as pessoas e o programa 5S.

### **3.3 Melhoria Contínua, Manutenção da Qualidade e Controle Inicial**

A melhoria individual ou também chamada de contínua inclui todas as atividades que maximizam a eficiência do equipamento e o processo de qualidade através da eliminação do desperdício e melhoria do desempenho. As melhorias buscam zero perdas, defeitos e desperdícios na operação do equipamento. Assim que o problema for identificado e analisado, busca-se o planejamento e implementação de ações de melhorias, de modo a eliminar definitivamente o problema. As perdas diretas ou indiretas em um processo de produção se analisados de maneira real podem mostrar valores impactantes, por isso além do pilar de melhoria contínua outra importante pilar para a redução dessas perdas é o controle inicial. O controle inicial atua de forma antecedente a atuação plena de um ou mais maquinário no processo produtivo, concentrando-se em análises do que se pretende com tal aquisição visando o planejamento de qualquer tipo de projeto, assegurando os bons resultados com pleno atendimento aos índices de desempenho pertinentes, objetivando identificar e reduzir as perdas existentes nos processos de investimentos em novos equipamentos e no desenvolvimento de novos produtos. Com isso, tem-se a elevação do poder de resposta ao mercado, agilizando a concepção de novos produtos. Empresas que produzem bens de consumo, cujo ciclo de vida é curto são fortemente beneficiadas pelo desenvolvimento desse pilar. Para RIBEIRO (2016) a manutenção da qualidade consiste em realizar atividade que estabelecem condições adequadas dos equipamentos de maneira a não comprometer a qualidade intrínseca do produto visando o defeito zero, em outras palavras a manutenção de qualidade tem por objetivo criar condições ideais para o alcance da filosofia de zero defeitos, isto através de análise das possíveis causas dos problemas de modo a iniciar ações preventivas.

Dado o ambiente de intensa competitividade em que os sistemas de manufatura estão inseridos, medir e melhorar continuamente seu desempenho é fundamental para satisfazer a necessidade dos clientes, e, conseqüentemente, para sobreviver no mercado tão competitivo como o de fertilizantes.

No que se refere a identificação e análise para DAVIS ET AL (2001) um fator chave para o sucesso de uma organização é a sua capacidade de medir seu desempenho.

SLACK (1999) fundamenta medida de desempenho como o processo de quantificar a ação, onde a medida significa o processo de quantificação e o desempenho é tido como derivado de ações tomadas pela gerência. HRONEC (1994) parece concordar com Slack quando argumenta que as medidas de desempenho são sinais vitais da organização, pois elas quantificam e qualificam o modo como as atividades ou as saídas de um processo atingem seus objetivos.

FERREIRA ET. AL (2008) ressaltam a importância dos indicadores para os sistemas de gestão e de medição de desempenho, que quando incorporados estabelecem um mecanismo para dar visibilidade ao desempenho das empresas e de suas características de qualidade, tornando o ambiente de negócios mais seguro e controlado, podendo até atrair mais investimentos.

Um fator importante a destacar durante a concepção de um sistema de indicadores é determinar o objetivo principal da medida de desempenho. Devem-se levar em conta também alguns fatores como a definição de sua fórmula e cálculo, a frequência de coleta, compilação, análise de dados e disseminação dos índices (ATADIA E MARTINS). Nesta perspectiva, a correta utilização do indicador leva o gestor a observar o desempenho de cada processo, bem como o desempenho como um todo, auxiliando-o a direcionar sua energia de forma a garantir a agregação de valor naquilo que será entregue ao cliente. Um sistema de indicadores pode ainda alimentar o processo decisório com informações fiéis, úteis e pontuais, fotografando o desempenho das diversas atividades, podendo ser o elemento fundamental para a diferenciação da gestão e da perenidade do negócio (FERNANDES).

No que se refere a indicador do desempenho de um equipamento o mais utilizado e considerado o mais importante para a manutenção é o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), este indicador de eficiência global do equipamento foi desenvolvido em meados dos anos 80 por Seichii Nakajima, e tinha como objetivo mensurar o rendimento operacional das máquinas de forma simples.

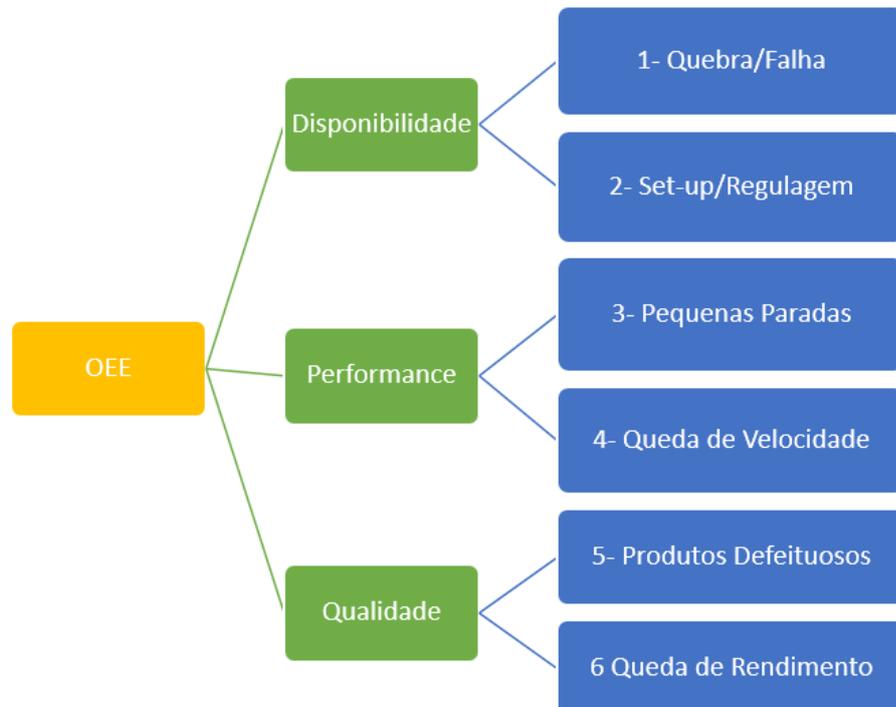
Atualmente o OEE é amplamente utilizado na manufatura como uma ferramenta para medir amplamente o desempenho dos processos, pois consiste em uma métrica simples e prática que considera as perdas de produtividade e as agrega em três categorias primárias. Para HANSEN (2016) estas, desdobradas proporcionam uma análise minuciosa da situação atual dos processos, evidenciando ineficiências ocultas

existentes nas operações de manufatura. ANTUNES (2008) acrescenta ainda que, com o OEE é possível identificar a máxima eficácia que o sistema pode atingir em um período pré-estabelecido, o que dá suporte à definição de metas coerentes com a realidade dos processos. HANSEN (2016) acrescenta que o objetivo do OEE é, portanto, fornecer quantitativamente o quão eficaz as fábricas operam os seus processos quando são programadas para produzir, além de identificar com clareza a máxima eficácia possível do sistema. Em outras palavras mede o valor agregado que cada equipamento produz em um determinado período.

O OEE é função de três indicadores que foram adotados para quantificar as perdas que influenciam na produtividade: disponibilidade, eficiência e qualidade, conforme Figura 3. O produto destes três itens resulta no índice de OEE e determina a eficácia do processo, ou seja, se o processo está produzindo produtos em conformidade com os requisitos no tempo em que o equipamento está programado a operar.

Figura 3: Diagrama OEE.

Fonte: adaptado de CHIARADIA (2004)



Contudo, para determinar o valor do OEE não existe a obrigatoriedade de utilizar ou explicitar as seis perdas conceituadas por Seichii Nakajima. É interessante que cada organização desenvolva a sua própria classificação de paradas ou ineficiências que

serão desdobradas e detalhadas em maiores níveis, de modo que o OEE represente fidedignamente a realidade do seu processo.

O indicador de disponibilidade ou utilização é dado pela relação entre o tempo real de operação e o tempo programado para produzir, descontando-se os tempos de paradas programadas.

Equação 1: Disponibilidade

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo Produzido}}{\text{Tempo Disponível}} \times 100$$

De acordo com HANSEN (2006) o indicador de velocidade representa a perda percentual pelo fato de o equipamento estar operando com velocidade inferior à velocidade ideal especificada. PEINADO E GRAEML (2007) definem o tempo de ciclo como o tempo em que a linha de produção produz uma peça antes de reiniciar o processo. Nesse caso faz-se necessário os tempos de ciclo real e teórico para a obtenção deste fator.

Equação 2: Velocidade

$$\text{Performance ou Velocidade} = \frac{\text{Tempo de ciclo real}}{\text{Tempo de ciclo teórico}} \times 100$$

O fator de qualidade é a relação entre a quantidade de produtos bons produzidos e quantidade total de produtos fabricados no período, conforme equação abaixo:

Equação 3: Qualidade

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Produção total conforme}}{\text{Produção total conforme} + \text{produção não conforme}} \times 100$$

Descontando-se o tempo de produção de peças não conforme do tempo operacional líquido, tem-se o tempo de valor agregado do processo. Com base nas equações acima, calcula-se a eficácia do processo da seguinte forma:

Equação 4: Eficácia Geral do Equipamento

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Velocidade ou Performance} \times \text{Qualidade}$$

Segundo HANSEN (2006), o indicador OEE mede o tempo de valor agregado no processo, ou seja, o tempo em que o processo está produzindo produtos com qualidade, na velocidade especificada durante o tempo programado.

### **3.3.1 Ferramenta de gestão e melhorias**

Assim que o problema é identificado e analisado, busca-se o planejamento e implementação de ações de melhorias, de modo a eliminar definitivamente o problema, e nessa etapa uma das ferramentas mais utilizadas é o PDCA, de acordo com PEREIRA (2004), o método é utilizado pelas organizações para gerenciar seus processos internos de forma a garantir o alcance das metas estabelecidas, tomando as informações como fator de direcionamento das decisões.

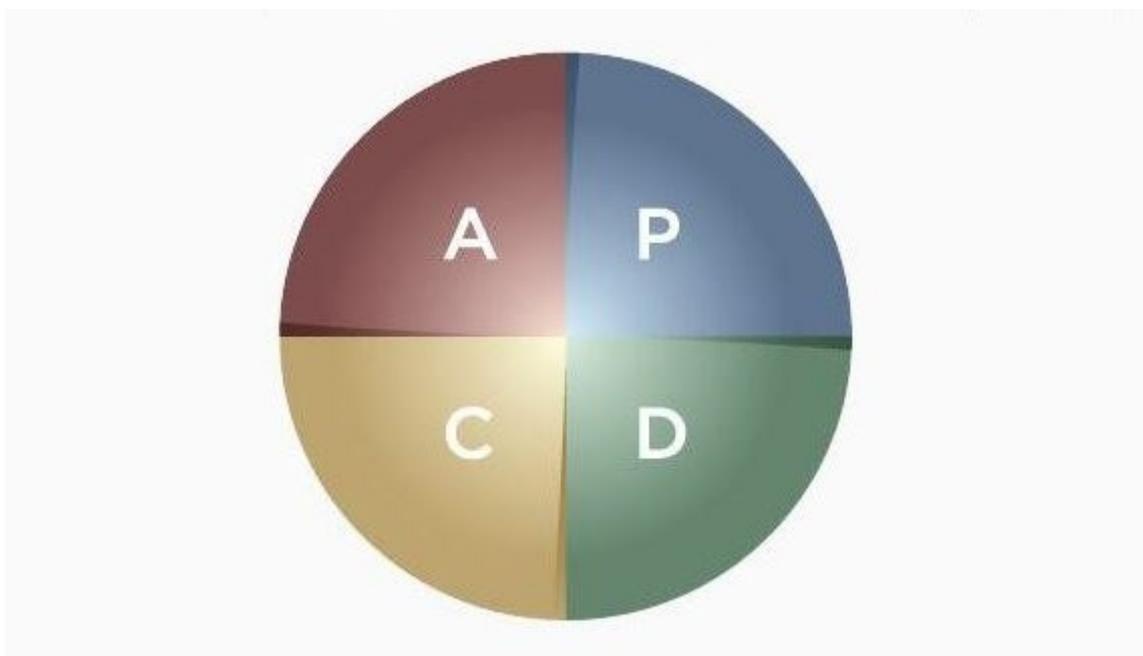
O método PDCA foi originalmente desenvolvido na década de trinta, nos laboratórios da *Bell Laboratories* – EUA, pelo estatístico americano Walter A. Shewhart, como sendo um ciclo estatístico de controle de processo, que pode ser repetido continuamente sobre qualquer problema ou processo. De acordo com ANDRADE (2003) somente na década de cinquenta este método foi popularizado mundialmente pelo especialista em qualidade W. Edwards Deming, após ser aplicado com sucesso no Japão.

CAMPOS (1996) afirma que PDCA é definido como “um método de gerenciamento de processos ou de sistemas. É o caminho para se atingirem as metas atribuídas aos produtos dos sistemas” empresariais. Ele ainda acrescenta que é um caminho para atingir uma meta.

A sigla corresponde em inglês *Plan, Do, Check e Action*, que em português significa: Planejamento, Execução, Verificação e Ação, como mostra Figura 4. A ferramenta foi projetada para ser aplicada em ciclos, onde uma volta completa no ciclo leva ao começo do próximo ciclo e assim sucessivamente.

Figura 4: PDCA.

Fonte: Falconi (2015).



### 3.3.2 O controle da manutenção e a gestão de ativos

O controle da manutenção é feito através da criação e da gestão de indicadores, que servirão como base para a tomada de decisões e desenho de estratégias. Sem os indicadores de manutenção fica impossível saber se as decisões tomadas estão no caminho certo e é impossível ter indicadores sem antes ter uma gestão de ativos.

A gestão de ativos representa uma mudança cultural no planejamento estratégico das empresas que adicionam à tradicional visão sobre produtos e clientes à visão dos ativos e do valor que estes são capazes de gerar ao negócio.

Para as empresas que se dispõem a buscar padrões internacionais de desempenho dentro de mercados competitivos, a gestão de ativos traz, a partir do contexto da organização, uma nova proposta de realização dos objetivos estratégicos, integrando todas as áreas da empresa de forma que cada uma delas reconheça o seu papel e sua responsabilidade na obtenção de valor através dos ativos da organização.

A prática da gestão de ativos implica numa reflexão inicial sobre o posicionamento da empresa no mercado, sobre seus objetivos em longo prazo e sobre as expectativas e necessidades das partes interessadas e como estas interagem com o negócio da empresa.

Costuma-se dizer que a gestão de ativos marca o início de uma nova era na administração de empresas, algo a ser praticado por quem busca excelência nos negócios. A gestão de ativos não se limita ao gerenciamento de ativos, mas transcende a barreira dos limites operacionais para influenciar nas estratégias do negócio. Praticar a gestão de ativos de acordo com as normas significa ter um padrão internacional para obter valor através do uso dos ativos de forma a obter o equilíbrio do desempenho, dos custos envolvidos e dos riscos associados. As normas ABNT ISO 5500X, lançadas em 2014, trazem para as organizações o desafio de quantificar a sua eficiência em termos de risco. O equilíbrio entre custos, desempenho e riscos só pode ser alcançado através das práticas de gestão de ativos.

A gestão de ativos físicos resulta em uma política clara de renovação de ativos que devem ser substituídos não somente quando estão irremediavelmente danificados, mas quando:

- 1- Os custos operacionais e/ou de manutenção durante a vida remanescente do ativo excederam o custo de substituição;
- 2- Há risco iminente de falha do ativo;
- 3- O impacto de uma provável falha supera o custo de substituição;
- 4- Uma provável falha pode comprometer a confiabilidade e a segurança do sistema e de pessoas;
- 5- Os ativos tornaram-se obsoletos e ineficientes para operar e manter o negócio;
- 6- Os ganhos com a substituição implicam em melhoria de indicadores relativos à segurança de pessoas, do meio ambiente e desempenho da empresa.

A tomada de decisão para a substituição antecipada de ativos deve ser feita com base em informações precisas sobre as condições destes, garantindo através de análises e diagnósticos o melhor retorno do capital investido, a melhor performance operacional e o menor risco para a organização. Para que os objetivos estratégicos sejam alcançados, os planos de manutenção, reforma e renovação dos ativos devem fazer parte do planejamento anual para que os recursos necessários sejam apropriados nos orçamentos de operação e investimentos, garantindo que o planejamento de longo prazo seja modelado, de forma a contribuir para o fortalecimento do negócio.

Segundo a norma, gestão de ativos é a atividade coordenada de uma organização para obter valor a partir dos ativos, o que envolve um equilíbrio entre custos, riscos e desempenho. A empresa deve estabelecer, documentar e manter um plano (ou vários) de gestão para alcançar a estratégia ou linha de atuação da gestão de ativos, de acordo com o escopo estabelecido, para alcançar as metas através das seguintes atividades durante todo o ciclo de vida dos ativos:

- 1- Aquisição, criação ou renovação
- 2- Utilização
- 3- Manutenção
- 4- Descarte ou Alienação

### **3.3.3 Ativos Críticos**

Segundo a norma, ativo é um item, algo ou entidade que tem valor real ou potencial para uma organização. Este valor pode ser tangível ou intangível, financeiro ou não financeiro, e inclui a consideração de riscos e passivos. Ele pode ser positivo ou negativo, em diferentes estágios da vida do ativo. Os ativos físicos geralmente referem-se a equipamentos, estoques e propriedades de posse da organização. Os ativos físicos são o oposto de ativos intangíveis, que são ativos não físicos, como contratos, marcas, ativos digitais, direitos de uso, licenças, direitos de propriedade intelectual, reputação ou acordos. O agrupamento de ativos referidos como um sistema de ativo também pode ser considerado como um ativo.

Partindo-se da premissa que ativo é o que gera valor para a organização, podemos considerar crítico aquele que gera maior valor dentro do escopo estabelecido. Também podemos dizer que o fato de um ativo ser considerado ou não crítico pode ser determinado em função da importância deste elemento e das consequências de sua ausência ou falha. Em algumas situações um mesmo tipo de ativo pode ser crítico e em outras não, dependendo da sua aplicação e das condições de “backup” em caso de falha. A conclusão do que é um ativo crítico e do que é um ativo não crítico parece bem simples e facilmente compreensível quando se conhece o contexto da organização e seu escopo.

Resumidamente, pode-se dizer que a característica de um ativo ser ou não crítico é diretamente proporcional à função que este exerce no negócio da empresa. Portanto, **podemos ter ativos que em determinadas empresas são considerados críticos**

e em outras não. Classificar os ativos em críticos e não críticos é uma tarefa importante para a gestão de ativos, pois os críticos serão necessariamente monitorados com mais detalhes.

Os ativos agrupados em críticos e não críticos devem, de forma geral, ser analisados, monitorados e ter seu desempenho avaliado individualmente e em grupo. Cada ativo no sistema tem uma função única e muitas vezes podem ser consideradas não redundantes.

Os critérios dependem do tipo de negócio da empresa e do seu plano estratégico organizacional, mas em geral, alguns são normalmente utilizados por todas as empresas, conforme Figura 5.

Figura 5: Classificação dos ativos críticos.

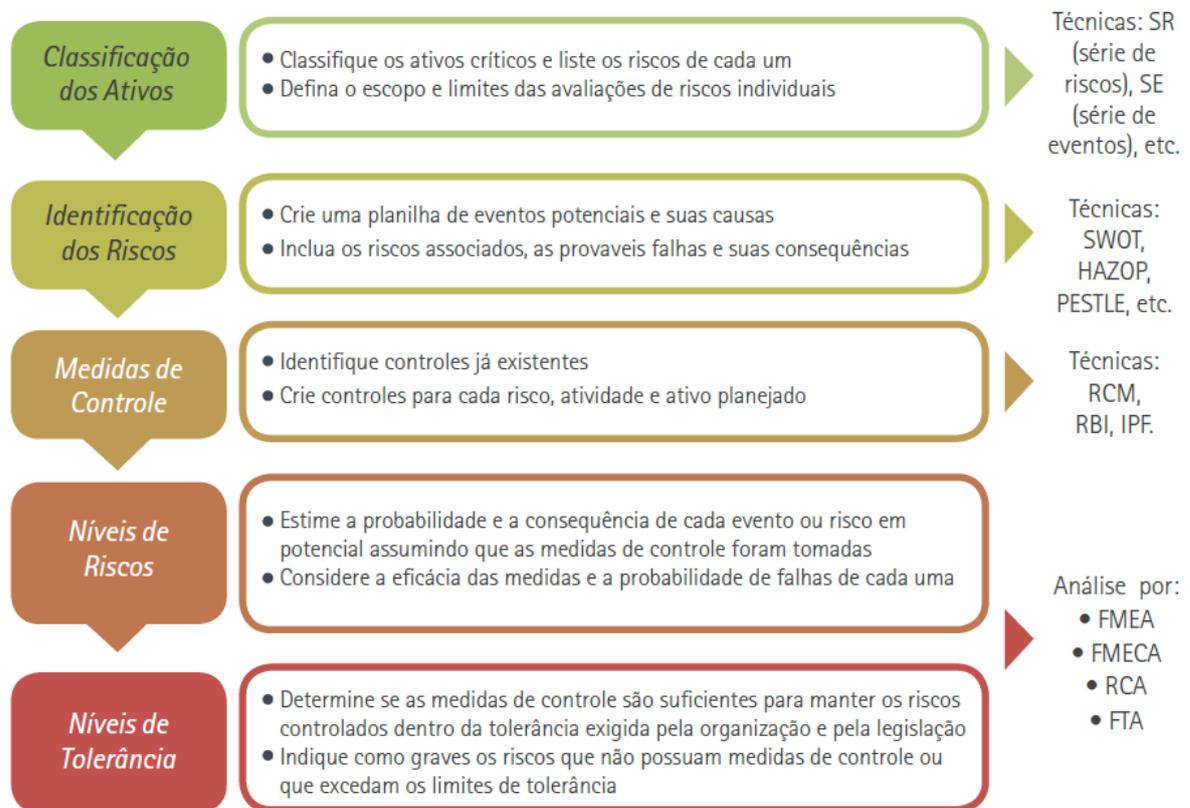
Fonte: ()

A Valor gerado pelo ativo ao negócio	B Lucro cessante pela falha ou ausência
C Riscos envolvidos na perda do ativo	D Custos de manutenção e reposição

Em relação ao gerenciamento do risco existem várias formas de gerenciá-los e sua adoção depende de cada organização. Algumas destas formas podem ser verificadas na Figura 6.

Figura 6: Gerenciamento de risco.

Fonte: ( ).



Os custos com reparos ou manutenção corretiva podem atingir mais de 35% dos custos de uma empresa, o que motiva ainda mais as ações para gestão de riscos e minimização de falhas.

Após a implementação de uma gestão de ativos é possível realizar o controle da manutenção através de indicadores, que servirão como alicerce para a tomada de decisão e definição de estratégias no entanto os métodos de monitoramento, medição, análise e avaliações, dependem de cada organização tendo em comum o objetivo de assegurar o necessário para a tomada de decisões quanto aos ativos. Só assim é possível uma empresa caminhar rumo ao TPM.

### 3.3.4 Manutenção Autônoma:

O pilar da manutenção autônoma surgiu a partir do entendimento de que a medida que as máquinas evoluem, tornando-se cada vez mais sofisticadas, capazes e interligados ou conectadas umas às outras, suas funções básicas não mudam. Dessa maneira o papel das pessoas torna-se mais importante à medida que as máquinas vão se tornando mais complexas. Um dos pontos básicos nesse pilar é perceber que

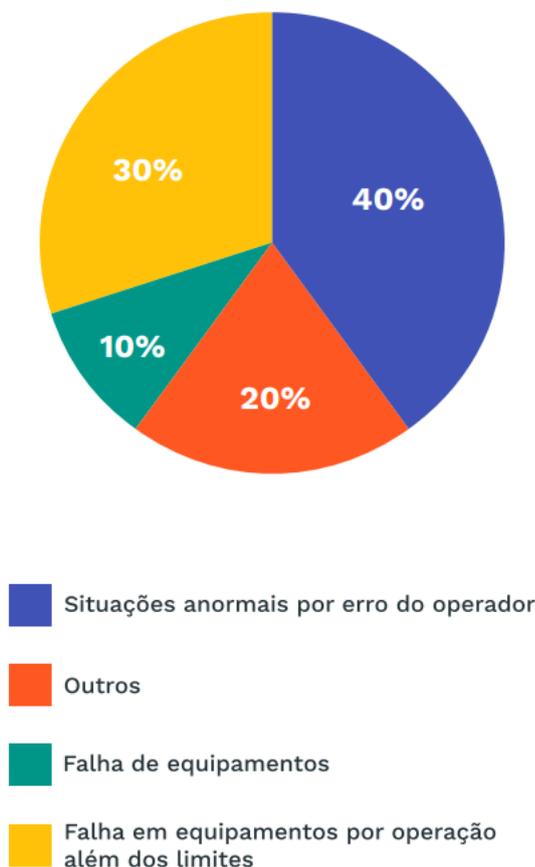
as próprias pessoas são a causa de muitos problemas. VICTOR MIRSHAWKA (2009) resume a ideia da seguinte maneira

“As máquinas não criam problemas por si só, mas no lugar disto são as pessoas que deixam as máquinas quebrarem e ter defeitos por exemplo esquecendo de lubrificá-las, de apertar alguns parafusos, deixando-as a altas temperaturas ou então com muita sujeira em volta”.

Dados da Honeywell (Figura 7), indicam que o número de ocorrências em equipamentos causados pela operação é elevado. 40% de situações anormais causadas por erros do operador e 30% de falhas em equipamentos causadas pela não observância dos limites a que estão sujeitos os equipamentos.

Figura 7: Ocorrências em operação.

Fonte ().



A proposta central da manutenção autônoma é a de delegar aos operadores de equipamentos a execução de algumas das tarefas de manutenção rotineiras. Essas tarefas incluem a limpeza diária, inspeção, aperto e lubrificação que o equipamento exige. Uma vez que os operadores estão familiarizados com seus equipamentos, estes são capazes de perceber rapidamente quaisquer anomalias, diante disso,

SHIROSE (1992) diz que a manutenção autônoma tem o objetivo de converter o operador do equipamento em operador mantenedor. Essa ideia está relacionada a forte dependência dos operadores na utilização das máquinas, bem como sua aptidão para notar os problemas antes que danos sérios ocorram com o equipamento, dessa maneira o envolvimento do operador é um passo crucial para se atingir operações livres de erros.

Para NAKAJIMA (1989) e SHIROSE (1992), o operador mantenedor assumirá o equipamento desenvolvendo o sentimento expresso no pensamento “Da minha máquina, cuido eu”, superando o conceito anterior de que a “Produção produz” e a “Manutenção mantém”, uma vez que os operadores por passarem mais tempo com a suas máquinas como ninguém assume um papel muito importante na manutenção.

De acordo com PARK (2001) o sucesso do TPM está diretamente relacionado com a mudança cultural das pessoas. Para a metodologia ser bem sucedida, a responsabilidade na tomada de decisões deve ser compartilhada em todos os níveis hierárquicos. Por meio da motivação das pessoas em mudarem a atitude de “Isto não é meu trabalho” para “O que eu posso fazer para ajudar”. PALMEIRA E TENÓRIO (2002) enfatizam a necessidade de treinamento dos operadores para a condução das atividades de manutenção autônomas descritas em sete passos (Tabela 1).

Tabela 1: Sete passos do Pilar de Manutenção Autônoma.

Fonte: Adaptado de Palemeira e Tenório (2002).

<b>Passos</b>	<b>Descrição</b>
<b>Limpeza inicial</b>	A limpeza é o primeiro passo para a autoinspeção, etapa cuja finalidade é desenvolver os conhecimentos dos operadores utilizando os cinco sentidos sensoriais.
<b>Eliminação das fontes de sujeira e locais de difícil acesso</b>	São atividades de melhorias que visam eliminar todas as fontes de contaminação dos equipamentos e locais de difícil acesso que dificultem a limpeza e a inspeção.
<b>Elaboração de padrões de limpeza e inspeção</b>	A finalidade deste passo é a padronização das atividades especificando como devem ser feitas, onde e quando.
<b>Inspeção geral</b>	Os operadores neste passo devem receber treinamentos sobre os equipamentos e componentes necessários para desenvolver conhecimento e habilidades para desempenhar adequadamente as atribuições.
<b>Inspeção autônoma</b>	Neste passo, os operadores realizam a revisão dos padrões de inspeção incluindo os conhecimentos e habilidades adquiridas.
<b>Organização e ordem</b>	As atividades dos grupos de trabalho são ampliadas além dos equipamentos para outras atividades utilizando os princípios de ordem e controle visual.
<b>Consolidação da manutenção autônoma</b>	Os grupos autônomos neste passo desenvolvem atividades de melhoria contínua dos equipamentos.

### 3.3.5 Implantando a manutenção autônoma

A manutenção autônoma busca manter as equipes operando com “zero defeitos” sem intervenção externa. Esta visão só pode ser alcançada se os líderes treinam e apoiam o desenvolvimento da capacidade de cada indivíduo e da equipe como um todo. O pilar manutenção autônoma fornece um meio prático para traduzir os princípios do operador mantenedor em comportamentos cotidianos, concretos, podendo ser visto como veículo para o desenvolvimento de uma organização de alto desempenho.

O pilar de manutenção autônoma fornece uma abordagem diferente aos métodos tradicionais de obtenção de resultados de produção, incluindo mecanismos integrados para o desenvolvimento do alto nível de capacidade necessário para obter uma operação de defeito zero. Como todos os pilares, a manutenção autônoma deve trabalhar de perto com os outros pilares para garantir que se alcance um sistema de trabalho totalmente integrado.

O objetivo da manutenção autônoma é desenvolver técnicos de produção altamente qualificados e estabelecer condições adequadas de equipamentos. Essa combinação de equipamentos e pessoas produz um local de trabalho ordenado, definido manutenção autônoma como “inspeção e cuidados diários com equipamentos por técnicos de produção destinados a prevenir a deterioração forçada”

Assim, a manutenção autônoma pode ser vista como ato diário de manter o equipamento operacionalmente saudável. As tarefas e práticas necessárias para manter a saúde do equipamento exigem indivíduos altamente qualificados, utilizando processos de trabalho padrão. O objetivo final da manutenção autônoma é garantir uma organização de linha de frente bem informada.

Portanto, a visão de geral do pilar de manutenção autônoma é que a organização de linha de frente possa executar atividades para:

- 1- Prevenir a deterioração do equipamento através da limpeza, lubrificação, aperto e pequenos ajustes;
- 2- Detecção precoce e prevenção de perdas a fim de destacar anormalidades, tomar contramedidas e executar reparos fáceis;
- 3- Medir a deterioração do equipamento, por meio de rotinas de limpeza e inspeção, verificação das condições de operação.

Desta forma a manutenção autônoma concentra-se em:

- 1- Equipamento: Desenvolver a capacidade do equipamento eliminando a deterioração forçada;
- 2- Capacidade Humana: Desenvolver a capacidade das pessoas para identificar anormalidades, definir padrões para condições adequadas, manter condições adequadas atualizando seu nível de habilidade.

### **3.3.6 Gestão de defeitos**

Defeito (ou anormalidade) é qualquer condição em um equipamento específico que não está de forma como foi concebido ou destinado a ser, criando um desvio das condições básicas, uma vez que o pilar da manutenção autônoma tem por objetivo assegurar que os defeitos sejam encontrados, resolvidos em tempo hábil e a manutenção da condição básica do equipamento.

A gestão de defeitos deve atuar de modo preventivo, garantindo que se mantenha a limpeza do equipamento, para que se possa ser inspecionado rotineiramente, e assim, encontrar e corrigi-los imediatamente, a fim de impedir que causem avarias. Sendo assim, deve fazer uma análise Defeito x Parada de máquina, medir a habilidade da equipe em corrigir defeitos e analisar a necessidade de treinamentos.

O tratamento de defeitos é composto pelas seguintes etapas:

- 1- Identificar e definir o defeito;
- 2- Documentar e manter as descobertas;
- 3- Corrigir defeitos;
- 4- Identificar medidas corretivas para evitar reincidência e
- 5- Atualizar padrões de manutenção.

A identificação de defeitos, ou anormalidades, e seu agrupamento em categorias, podem ajudar no desenvolvimento de habilidades de inspeção mais profunda, garantindo assim que as causas potenciais de perdas de material, esforço e nos equipamentos, sejam resolvidas. Estas categorias são:

- 1- Pequenas falhas;
- 2- Condições básicas não atendidas;
- 3- Locais de difícil acesso;
- 4- Fontes de contaminação;
- 5- Fontes de anormalidade de qualidade;
- 6- Itens desnecessários e não urgentes e
- 7- Condições inseguras.

A gestão desses defeitos consiste em documentar todas as descobertas e os resultados das inspeções devem ser colocadas em uma lista de defeitos (anormalidade), bem como as respostas às perguntas que são geradas devem ser documentadas, a fim de melhorar o treinamento da equipe.

Na Tabela 2, pode se verificar alguns exemplos de anormalidades e os benefícios que a abordagem pode proporcionar.

Tabela 2: Sete tipos de anormalidade.

Fonte: ()

<b>Anormalidade</b>	<b>Benefício da abordagem</b>	<b>Exemplos</b>
1. Pequenas falhas	Identificar problemas/deterioração durante os estágios iniciais e impedi-los que se transformem em grandes problemas ou quebras	Desgaste, rachaduras, deformações, lacado, dobrado Balançando, caindo, excentricidades, distorção, corrosão Ruído diferente, sobreaquecimento, vibração, odores estranhos, descoloração, pressão ou corrente incorreta
2. Condição básica não atendida	Pare/evite deterioração forçada e perdas associadas	Insuficiente, sujo, não identificado, inadequado ou lubrificante vazando. Entradas do lubrificante danificadas, deformadas ou sujas, tubulação de lubrificantes danificadas Parafusos e porcas: negligência, falta, cruzadas longos, corroídos, lavador inadequado, porcas borboleta incorretamente colocadas
3. Local de difícil acesso	Reduzir Perdas de Esforços Evitar perdas que possam ocorrer devido a inspeção/limpeza ineficiente	Construção da máquina, coberturas, leiaute, pontos de apoio, posição da entrada do lubrificante, construção, altura.  Leiaute da máquina: Coberturas, posição das válvulas, switches, posição e orientação do instrumento, intervalo de operação
5. Fonte de anormalidade de qualidade	Evitar qualquer possível impacto sobre a qualidade do produto	Inclusão, infiltração, ferrugem, restos de arame, insetos. Anormalidades nas telas, separadores centrífugos/separadores de ar comprimido Aquecimento inadequado, mistura, evaporação, agitação
6. Item desnecessário	Ajudar a construir mentalidade zero  Evitar Perdas de Esforços  Eliminar coisas que causam complexidade desnecessária	Equipamento de reserva, sobressalentes, ferramentas, materiais auxiliares, bombas, ventiladores, compressores, colunas, tanques, etc. tubos, mangueiras, dutos, válvulas, amortecedores, etc. Fiação, tubulações, cabos de alimentação, interruptores, tomadas, etc Ferramentas gerais, ferramentas de corte, gabaritos, moldes, matrizes, quadros Medidores de Instrumentação, amperímetros, etc. fita, corda, arame, placas de metal, etc.

7. Condição insegura	Eliminar de maneira preventiva qualquer possibilidade de ter incidentes/acidentes	Desníveis, projeções, rachaduras, muito íngreme, irregular, descamação, cobertura antiderrapante, falta de corrimãos Fraca, fora de posição, luzes/coberturas sujas ou quebradas Deslocadas, coberturas caídas ou quebradas, sem dispositivos de paragem de segurança ou de emergência Substâncias especiais, solventes, gases tóxicos, materiais isolantes, sinais de perigo, roupas de proteção, etc.
----------------------	---	--

As anormalidades descobertas devem ser etiquetadas, exceto em áreas submetidas a condições ambientais severas e componentes em movimento, onde devem ser colocados pequenos adesivos numerados no equipamento.

Recomenda-se criar um mapa de anormalidade, para identificar visualmente e rapidamente onde está a maior concentração dos problemas. Isso vai ajudar a equipe analisar as anormalidades encontradas, consertar e discutir como e tratar adequadamente cada tipo.

O registro dos defeitos é realizado pelos operadores durante a operação. Os operadores devem ter incorporados o conceito de que eliminando os defeitos, evitam-se quebras, que são grandes perdas.

Os indicadores de performance são o número de defeitos encontrados e resolvidos, estes devem ser discutidos nas reuniões. Estes indicadores, representa a entrega de resultado do mesmo. O responsável por garantir o correto cumprimento e saúde desta ferramenta é o mecânico, preenchendo se o formulário semanalmente representado pela Tabela 3.

Tabela 3: Formulário de Checagem das atividades do mecânico.

Fonte: ( ).

Nº	Questionário	Nota 0/1
1	Defeitos encontrados estão sendo documentado de acordo com o padrão da fábrica?	
2	Os defeitos que atendem aos critérios da planta para rastreamento através do sistema de manutenção (SAP) são inseridos no sistema como Notificações?	
3	O Sistema de Planejamento & Programação de Manutenção dá a devida prioridade aos defeitos identificados pelos donos dos equipamentos?	
4	As equipes de linha estão analisando a causa dos defeitos encontrados e implementando contramedidas para evitar reincidências?	
5	O sistema de treinamento em chão de fábrica da Liderança cria capacidade nos donos de equipamentos para executar a detecção de defeitos em relação às condições básicas?	
6	O equipamento está sendo mantido na condição básica e não há defeito encontrado que ainda não esteja documentado?	
7	Os donos de equipamento estão ativamente encontrando e resolvendo defeitos?	
8	O Dono do SGD de GD está rastreando e analisando lacunas nos defeitos encontrados/resolvidos, checagem da saúde e indicadores de produção na frequência apropriada?	
9	As checagens da saúde são completados com uma frequência padrão?	
10	O sistema de rastreamento de defeitos está atualizado e fornece um status preciso de: defeitos identificados, contramedidas em andamento e defeitos eliminados?	
<b>TOTAL</b>		

### 3.3.7 Limpeza e Inspeção

A limpeza é o primeiro passo importante em manutenção autônoma porque limpeza insuficiente provoca perdas e deterioração forçada e a própria atividade de limpeza expõe anormalidades ocultas. Uma limpeza e inspeção cuidadosa do equipamento, acompanhada de contramedidas para manter o equipamento limpo evitam vários tipos de perdas.

No caso de uma indústria de fertilizantes o processo de limpeza se torna ainda mais importante devido ao processo se dar por bateladas. Segundo SLACK ET AL. (2009), o processo por batelada é uma operação repetida, onde uma quantidade de produto

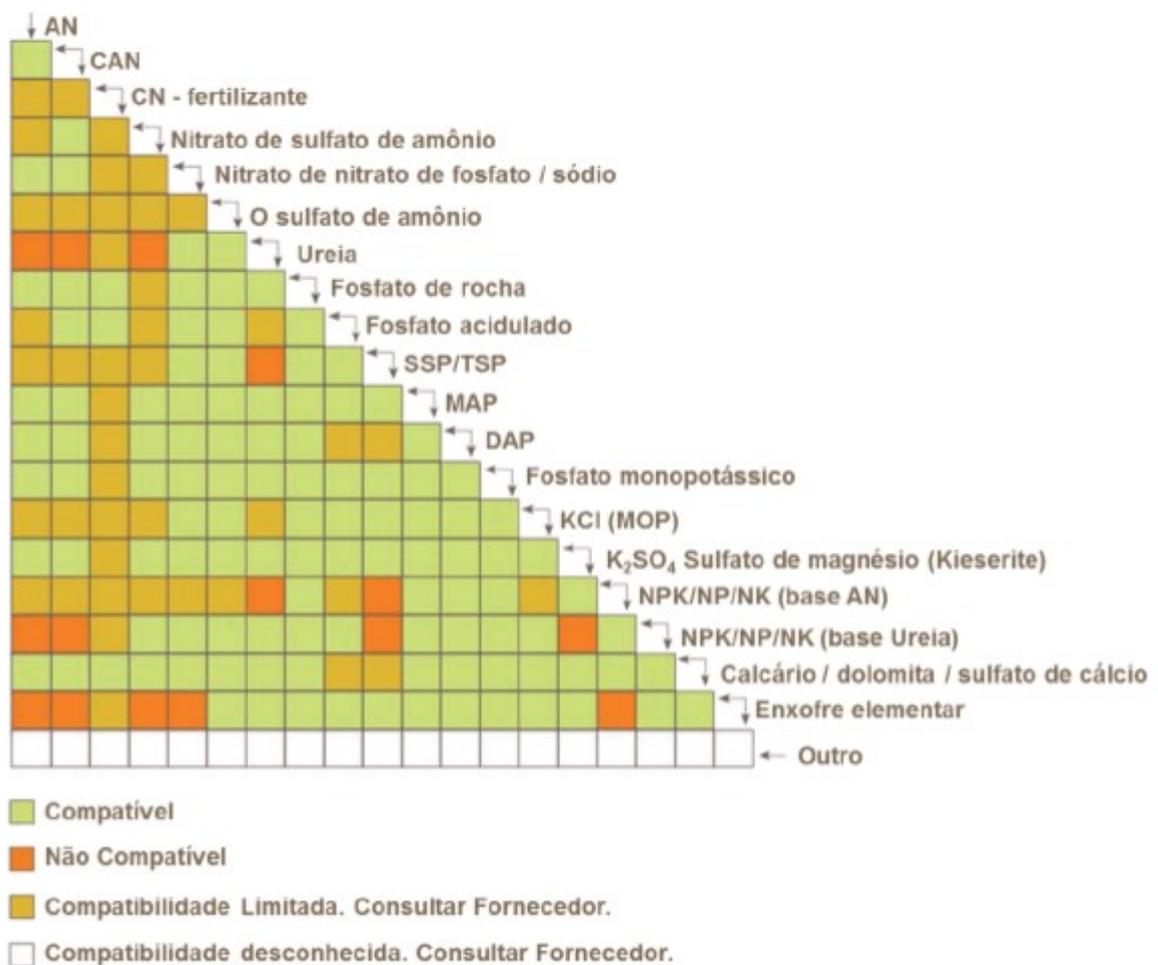
é processada por vez, ou seja, não é um fluxo contínuo de produto, podendo tamanho deste lote variar de acordo com o produto ou a quantidade desejada. No caso dos fertilizantes, entende-se uma quantidade de produto que passa pelo processo de mistura como uma batelada.

Sendo assim, os maquinários tipicamente usados em bateladas possui diversos pontos que permitem retenção de produto, dificultando o fluxo dos grãos no decorrer do processo e permitindo que os produtos se acumulem em tais pontos. Segundo relata a multinacional norueguesa Yara, nem todos os fertilizantes são compatíveis uns com os outros. Existe uma matriz de compatibilidade química, conforme exposto na Figura 7.

Figura 8: Matriz de compatibilidade de fertilizantes.

Fonte: Yara (2017).

### Matriz de Compatibilidade



Considerando os diversos pontos de retenção do maquinário e a incompatibilidade de alguns produtos entre si, é necessário ter atenção na hora de carregar diferentes fórmulas num mesmo maquinário, pois caso uma ureia se misture com um nitrato de fosfato, por exemplo, o resultado pode ser indesejável.

Nos documentos de Limpeza e Inspeção todas as descobertas devem ser documentadas e os resultados das inspeções devem ser colocados em uma lista de defeitos (anormalidades), bem como respostas às perguntas que são geradas devem ser documentadas, a fim de melhorar o treinamento da equipe. Toda documentação deve ser mantida nos registros do setor para medir o progresso em relação ao objetivo de reparar o equipamento, medir a capacidade das equipes de consertar anormalidades e para possibilitar uma análise histórica do aparelho. Esta documentação é utilizada também para dar embasamento à:

- 1- Definição e verificação de contramedidas;
- 2- Suporte para o planejamento diário e semanal da manutenção e
- 3- Identificar a oportunidade de treinamento e desenvolvimento das pessoas.

Como resultado da atividade de manutenção autônoma espera-se redução de perdas. Assim os registros diários de dados do equipamento fornecem a imagem de perdas atuais e em curso. Desta forma, prioriza-se a Limpeza & Inspeção do equipamento que apresentar maior número de perdas. Ademais, os dados diários podem então ser usados para:

- 1- Avaliar o progresso e eliminação de perdas;
- 2- Falhas de revisão à medida que ocorrem;
- 3- Concentrar-se nas atividades de limpeza e inspeção diárias e
- 4- Os dados coletados devem conter informações tais como: toques (a quantidade de vezes que uma pessoa tem que fazer algo fisicamente para manter o equipamento funcionando conforme planejado), pequenas paradas, avarias, entre outros.

À medida que os dados são analisados, as equipes devem se perguntar o seguinte:

- 1- As atividades evitaram perdas?
- 2- A perda foi causada por limpeza insuficiente?
- 3- Houve algum problema que deveria haver sido detectado na hora da limpeza?

- 4- A limpeza e inspeção estão sendo feitas nas áreas corretas?
- 5- O problema encontrado foi corrigido a tempo?
- 6- A limpeza surtiu qualquer efeito sobre o funcionamento do equipamento?
- 7- A limpeza está sendo realizada com frequência maior do que a necessária?

A partir desta avaliação, a equipe deve ajustar o seu trabalho. A equipe pode necessitar de:

- 1- Concentrar 'limpar para inspecionar' nas áreas críticas;
- 2- Ajustar como estão lidando com os problemas que encontram e
- 3- Fazer um treinamento sobre como detectar os tipos de problemas que estão causando as perdas.

Uma vez que a principal razão da limpeza é identificar anormalidades, durante o processo de limpeza é importante entender como fazer isso. Qualquer pessoa pode encontrar anormalidades utilizando os cinco sentidos (tato, olfato, visão e audição). Os indivíduos da equipe devem se tornar sensores humanos. Essa abordagem minuciosa aumenta as chances de detecção de anormalidades ocultas tais como, vibração anormal, ruído, odor e superaquecimento, por exemplo. Observa-se que algumas dessas anormalidades apenas podem ser detectadas quando o equipamento estiver em operação.

Enquanto a equipe faz a limpeza, perguntas irão surgir: "o que é isso?", "O que isso faz?", "Por que isto ainda está aí?", "Isto é uma anormalidade?", "Como posso saber se isso é uma anormalidade?". É importante anotar estas questões e respondê-las para o benefício de toda equipe. Na verdade, uma das melhores técnicas é ter alguém para anotar as perguntas e método de limpeza e inspeção para o L&I. Isso deve ser feito usando a lista de perguntas.

As perguntas e respostas devem ser comunicadas utilizando o caderno Lição de um Ponto (LUP). Além de perguntas, aprendizados devem ser anotados enquanto a equipe desenvolve sua atividade (ou seja, aprendizados sobre métodos de limpeza/ferramentas, segurança, quase acidentes, entre outros). Mais uma vez, o formato LUP é uma boa técnica para comunicar aprendizados dentro da equipe e com outras equipes.

Um registro do tempo de limpeza deve ser mantido para que a melhoria possa ser exibida. Todo tempo de limpeza contínuo é considerado perda; o ideal é zero. Cada vez que a equipe fizer a limpeza, um novo ponto deve ser adicionado ao gráfico. Com o padrão criado, uma linha do tempo, descrevendo cada etapa da limpeza também deve ser mantida. À medida que pessoas ganham experiência e conhecimento, mais alterações podem ser detectadas.

Os operadores devem ter incorporado os conceitos de que eliminando os defeitos evita-se quebras, que resultam em grandes perdas:

- 1- A limpeza é feita para poder realizar a inspeção;
- 2- A inspeção é feita para poder encontrar defeitos e
- 3- Os defeitos são encontrados para evitar quebras.

O indicador de performance resume se ao percentual de execução x planejado, e juntamente com sua checagem de saúde e integração com resultados da gestão de defeitos, representam resultados desta ferramenta. O responsável por garantir o correto cumprimento e saúde desta ferramenta é o líder de produção. Através do formulário representado pela Tabela 4.

Tabela 4: Formulário de checagem do L&I

Data:	Linha:	
Nº	Questionário	Nota 0/1
1	Os cadernos de L&I's são impressos e estão disponíveis no começo do turno para cada dono de equipamento?	
2	Os L&I's programados estão planejados para o turno?	
3	As tarefas de L&I programadas são entendidas e estão sendo executadas?	
4	Os L&I's são completados como planejado (verifique o checklist)?	

5	O conteúdo padrão dos L&I's são suficientes para manter a condição básica (Escolha uma transformação de alta perda na linha. Pergunte ao dono do equipamento para mostrar os padrões L&I que existem para esta área. O padrão é claramente documentado e suficiente para manter as condições básicas?)?	
6	Os L&I's são preenchidos e documentados por padrão (Peça ao dono do equipamento para demonstrar ou revisar a conclusão de uma tarefa de L&I. Foi completada de acordo com o padrão?)?	
7	>80% Defeitos encontrados estão ligados a tarefas L&I?	
8	O Tempo de L&I está sendo rastreado vs alvos e pedidos de mudança / kaizens sendo gerados para tornar mais eficaz e eficiente?	
9	O dono do equipamento está usando as habilidades de Manutenção Autônoma para identificar e criar novos L&I's para melhorar a eficácia e a eficiência do sistema?	
10	O Gerenciamento de Mudanças de L&I é conhecido, usado e aderido. Proprietário do SGD de L&I e o Proprietário do Gerenciamento de Mudança estão no local e são conhecidos pelas Equipes Operacionais?	
11	O Proprietário do SGD de L&I rastreia solicitações de mudança e as manuseia em tempo hábil?	

12	O Líder de Linha está revisando a qualidade da execução do L&I e trabalhando com o dono do equipamento para melhorar?	
13	O dono do SGD de L&I está rastreando e analisando lacunas no preenchimento e conformidade do L&I, checagem da saúde, e os parâmetros de produção de paradas não planejadas/MTBF em frequências adequadas?	
14	As checagens da saúde são completadas com uma frequência padrão?	
<b>TOTAL</b>		%

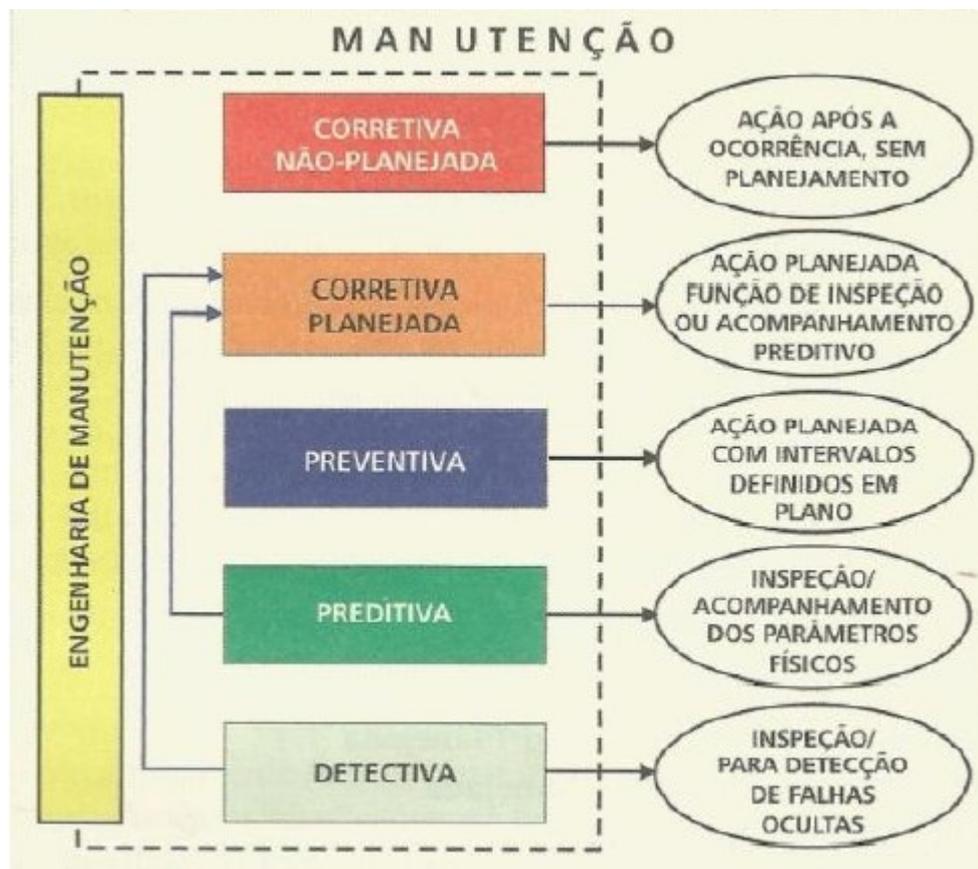
### 3.3.8 Manutenção Planejada

De acordo com a professora ALINE ELIAS (2008) um dos objetivos desse pilar é determinar a quantidade adequada de manutenção, uma vez que realizar quantidade excessivas de manutenção pode ser tão caro quanto realizar manutenção insuficiente.

Segundo KARDEC E NASCIF (2010), o que caracteriza os diversos tipos de manutenção é a forma como é realizada a intervenção nos diferentes equipamentos, por isso, é necessário que se realize uma caracterização objetiva dos diversos tipos de manutenção, a fim de se estabelecer uma nomenclatura padrão para uma melhor interação de todos os envolvidos, dentro dos seis tipos principais de manutenção apresentados na Figura 9.

Figura 9: Tipos de manutenção.

Fonte: ()



### 3.3.9 Manutenção Corretiva:

XENOS (2004) descreve a manutenção corretiva como aquela realizada depois que a falha ocorreu. Considerando o ponto de vista do custo, este tipo de manutenção se mostra mais barato que a prevenção de falhas, porém esta técnica pode causar grandes perdas, seja pela parada da produção, pela falta de peças de reposição, mão de obra ou ferramental disponível no momento do reparo.

Para KARDEC E NASCIF (2010), a manutenção corretiva não é apresentada apenas como uma manutenção de emergência, sendo definida pelo autor como uma atuação para a correção da falha ou do desempenho menor que o esperado. Considerando que existam duas condições específicas que remetem a este tipo de manutenção, como o desempenho deficiente apontado pelo acompanhamento das variáveis operacionais e a ocorrência da falha, este tipo de manutenção pode ser dividido em duas classes:

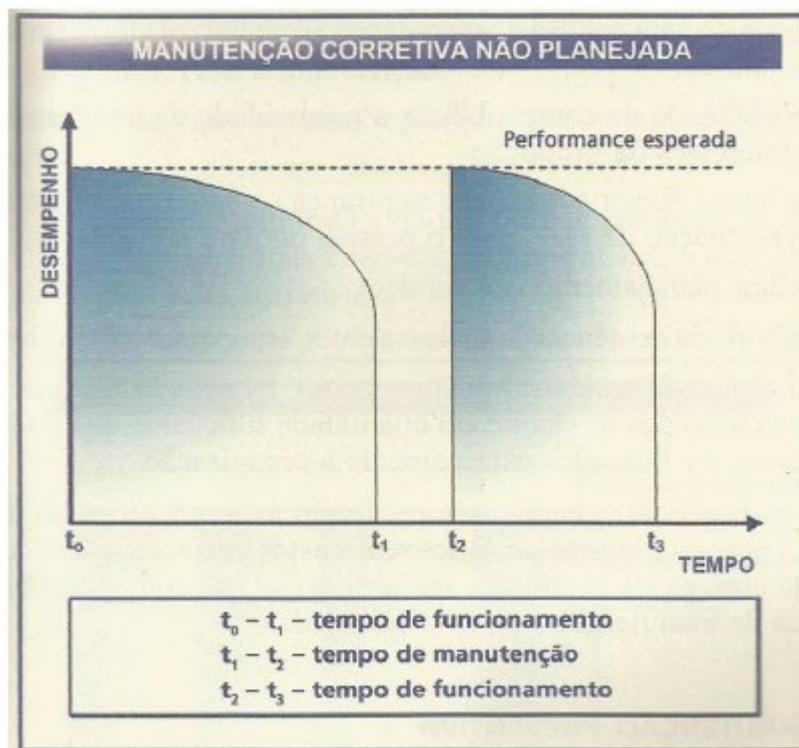
### 3.3.10 Manutenção Corretiva não planejada

Conhecida pelo sinônimo de manutenção corretiva não programada ou emergencial é o tipo de manutenção efetuado quando há a parada inesperada do equipamento ou quando este apresenta um desempenho bem abaixo do esperado.

Ocorre em muitas empresas, acarretando assim, grandes custos por perdas de produção, qualidade do produto e custos indiretos de manutenção. Este perfil pode ser visualizado na Figura 10, onde se observa que o tempo de falha é aleatório e  $t_0 - t_1$  é diferente de  $t_2 - t_3$  (KARDEC; NASCIF, 2010 P. 39).

Figura 10: Manutenção Corretiva Não Planejada.

Fonte: ()



### 3.3.11 Manutenção Corretiva Planejada

Este tipo de manutenção é baseado em informações fornecidas pelo acompanhamento da operação do equipamento e pode ser definido como uma correção do desempenho menor do que o esperado ou correção da falha por decisão gerencial, que normalmente se baseia na modificação de parâmetros de condição observados pela manutenção preditiva, considerando a qualidade do serviço, a segurança e a redução nos custos (KARDEC; NASCIF, 2010 P. 41).

Para PEREIRA (2009), a manutenção corretiva se caracteriza pelo desprezo com as perdas da produção, pela falta de planejamento e custos necessários, podendo ser dividida em: manutenção corretiva emergencial, quando ocorre sem nenhuma previsão e manutenção corretiva programada, que se baseia em estudos estatísticos para a comprovação da frequência das ocorrências ou ainda dos serviços programados com antecedência.

### **3.3.12 Manutenção Preventiva**

Segundo KARDEC E NASCIF (2010), a manutenção preventiva é pautada na prevenção da falha ou da queda do desempenho, de forma que planos previamente elaborados, com base em intervalos definidos de tempo devem ser seguidos para que se obtenha uma condição de equipamento adequada ao uso, tendo a confiabilidade na operação como objetivo principal. A aviação se mostra como um exemplo clássico de segmento que utiliza a manutenção preventiva como prioridade para determinados sistemas e componentes, pois é preciso que a segurança esteja acima de qualquer outro objetivo.

PEREIRA (2009) fala que a manutenção preventiva surgiu pela necessidade da obtenção de uma maior disponibilidade e confiabilidade dos ativos empresariais.

Para XENOS (2004), esta forma de manutenção deve ser o coração das atividades de manutenção, pois envolve tarefas sistemáticas a forma de inspeções, reformas e trocas de peças. Quando comparada à manutenção corretiva, se mostra mais cara, pois as peças e componentes precisam ser trocados antes de atingirem seus limites de vida.

Muitas vezes é necessário basear-se em sistemas similares para poder planejar a manutenção preventiva, visto que, muitas vezes os fabricantes não fornecem os dados precisos para a adoção deste tipo de manutenção, com isso, na fase inicial de operação podem ocorrer falhas antes de completar o período estimado pelo mantenedor para a intervenção ou a abertura do equipamento e reposição de componentes prematuramente (KARDEC; NASCIF, 2010).

Verifica-se, então, que fatores como a indisponibilidade da implementação de uma manutenção preditiva, oportunidade de manutenção em equipamentos críticos, riscos ao meio ambiente ou aspectos relacionados com a segurança tanto pessoal como das

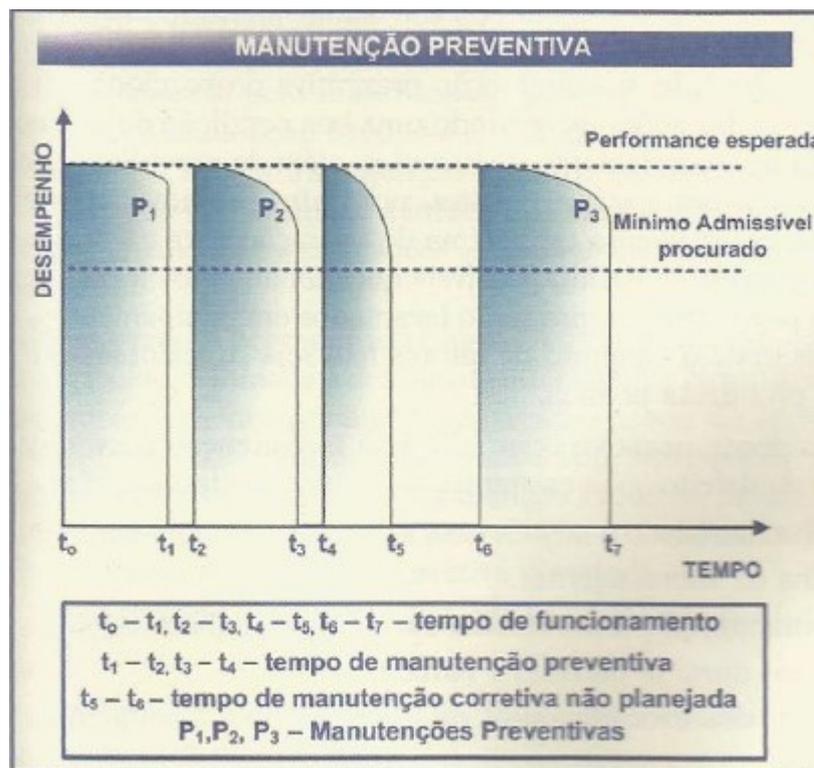
instalações devem ser levados em conta para uma política de manutenção preventiva, com isso, a manutenção preventiva será mais aconselhada quando os itens forem de simples reposição, quanto mais altos forem os custos de falha e estas prejudicarem a produção e quanto maior forem as implicações das falhas na segurança pessoal e operacional (KARDEC; NASCIF, 2010).

Outro ponto negativo com relação à manutenção preventiva é a introdução de defeitos não existentes no equipamento devido à falha humana, falha de sobressalentes, contaminações introduzidas no sistema de óleo, danos durante partidas e paradas e falhas dos procedimentos de manutenção (KARDEC; NASCIF, 2010).

Na Figura 11, podemos observar o desempenho de um equipamento em relação ao tempo de funcionamento na manutenção preventiva.

Figura 11: Manutenção Preventiva.

Fonte: ()



### 3.3.13 Manutenção Preditiva

Também conhecida como manutenção sob condição ou manutenção com base no estado do equipamento, a manutenção preditiva têm por finalidade atuar com base na modificação de parâmetros de condição ou desempenho, sendo que o

acompanhamento obedece a uma sistemática e a correção, quando necessária é realizada através de uma manutenção corretiva planejada (KARDEC; NASCIF, 2010 P. 44, 45).

Para o autor, o objetivo da manutenção preditiva é prevenir falhas nos equipamentos ou sistemas através do acompanhamento de diversos parâmetros que permitem a operação contínua do equipamento pelo maior tempo possível, sendo que esta é considerada a primeira grande quebra de paradigma na manutenção, pois se intensifica quanto mais o conhecimento tecnológico desenvolve equipamentos que permitam avaliação confiável das instalações e sistemas operacionais.

Segundo XENOS (2004), a manutenção preditiva se apresenta como a mais divulgada pelos especialistas, pois permite a otimização da troca das peças ou reforma dos componentes através da previsão de sua vida útil, estendendo assim, os intervalos de manutenção.

Dentre as condições básicas para a adoção da manutenção preditiva podemos citar que o equipamento, sistema ou instalação devam permitir algum tipo de monitoramento; merecer este tipo de ação, em função dos custos envolvidos; as falhas devem ser oriundas de causas que possam ser monitoradas; ter sua progressão acompanhada e que seja estabelecido um programa de acompanhamento, análise e diagnóstico, sistematizado (Kardec; Nascif, 2010).

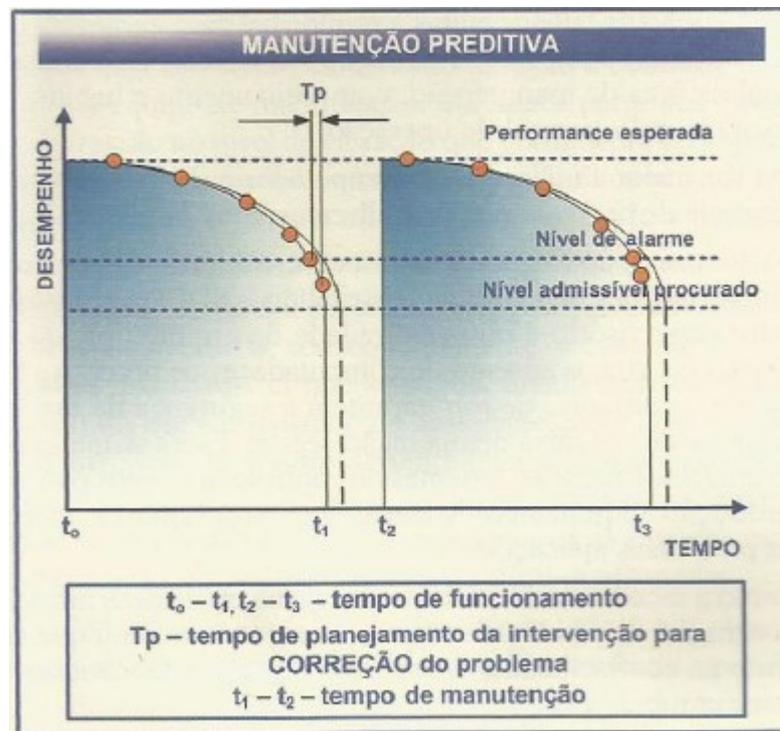
A manutenção preditiva permite garantir a qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se meios de supervisão centralizados ou de amostragem para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva (ABNT-NBR-5462-1994, p. 07).

Entre os fatores que são indicados para a análise da adoção de uma política de Manutenção Preditiva estão os aspectos relacionados com a segurança pessoal e operacional, a redução de custos pelo acompanhamento constante das condições dos equipamentos, a fim de evitar intervenções desnecessárias e o de manter os equipamentos operando, de modo seguro e por mais tempo (Kardec; Nascif, 2010).

Na Figura 12 podemos observar o desempenho de um equipamento em relação ao tempo de funcionamento na manutenção preditiva.

Figura 12: Manutenção Preditiva.

Fonte: ()



### 3.3.14 Manutenção Detectiva

A Manutenção Detectiva é a atuação efetuada em sistemas de proteção, comando e controle, buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação ou manutenção. Esta técnica começou a ser mencionada na literatura a partir da década de 90, tendo sua denominação ligada à palavra detectar – em inglês *Detective Maintenance* (Kardec; Nascif, 2010 p. 47).

Ainda segundo o autor, nesse campo de manutenção a necessidade da introdução de equipamentos computadorizados para a aquisição de dados como: sistemas de aquisição de dados, controladores lógicos programáveis sistemas Digitais de Controle Distribuído - SDCCD, *multi-loops* com computador supervisor e outra infinidades de arquiteturas de controle *shut-down* ou sistemas *trip* garantem a segurança do processo em caso de variação da faixa de operação segura. Para isso é necessário que a equipe de manutenção tenha um bom treinamento, trabalhando em conjunto com a operação para a detecção de problemas ocultos através de testes nesses equipamentos que realizam a segurança do sistema, preferencialmente sem tirá-los de operação.

## CAPÍTULO III

### 4 Metodologia

A metodologia utilizada no desenvolvimento deste trabalho foi o estudo de caso, o qual é caracterizado segundo GIL (2002) um estudo profundo e exaustivo de alguns objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento.

Foi utilizado como fonte de dados a empresa x, atuante na área de fertilizantes e cuja identidade será mantida em sigilo por motivos mercadológicos.

Foram cumpridas basicamente duas fases: Preparando e Aprendendo o TPM; Rastreamento e Reaplicação

#### 4.1 Fase 1 – Preparando e aprendendo TPM:

Passo 1 – Treinamento inicial para liderança:

- 1- Fornecimento de informações aos líderes para tomada de decisão da implementação de um sistema de gestão de manutenção como uma estratégia e constituição de uma nova abordagem cultural;
- 2- Educação das lideranças envolvidas no processo de manutenção para ganho de conhecimento no que o sistema de gestão com base no TPM pode oferecer;
- 3- Interpretação dos 8 pilares;
- 4- Identificação dos comportamentos específicos de liderança que necessitam mudança e
- 5- Identificação e obtenção dos recursos que apoiarão a liderança.

Passo 2 – Anúncio da decisão da liderança:

- 1- A tripulação é informada da decisão da liderança de embarcar em um novo modelo de gestão, para aprofundar o compromisso da liderança e criar a confiança da tripulação;
- 2- Anúncio público da decisão de implantar o setor de manutenção com base nos pilares do TPM.
- 3- O porquê da implementação de novas práticas e
- 4- Qual é o futuro e o que será novo ou diferente.

Passo 3 – Publicidade para a tripulação:

- 1- Desenvolvimento de entusiasmo do sistema de gestão baseado nas práticas do TPM, facilitando o envolvimento de todos após o início das práticas e
- 2- Desenvolvimento e execução de planos de publicidade e promoção do sistema de manutenção para curto e longo prazo.

Passo 4 – Desenvolvimento Prático:

- 1- Estabelecimento de novos comportamentos e normas culturais que serão esperadas de todos e
- 2- Acompanhamento e discussão das análises pelos envolvidos.

Passo 5 – Avaliação e definição de objetivos

- 1- Identificação das perdas e áreas problemáticas e determinação de onde as lacunas precisam ser trabalhadas para atender aos objetivos comerciais e culturais;
- 2- Condução de análise de perdas;
- 3- Esclarecimento das expectativas a tripulação e comunicação de como os dados coletados serão usados;
- 4- Definição do estado ideal e
- 5- Definição de metas.

#### **4.2 Fase 2 – Rastreamento e Reaplicação:**

Obtenção do progresso desejado e aceleração do alcance dos objetivos através do processo regular de revisão de resultados e da reaplicação dos melhores sistemas e aprendizado:

- 1- Acompanhamento dos planos de ação para correção dos resultados indesejados e
- 2- Reflexão dos resultados das ferramentas do TPM na gestão de manutenção.

## **CAPÍTULO IV**

### **5 Resultados e Discussões**

Para acompanhar a implantação precisa-se primeiramente, verificar o organograma da empresa

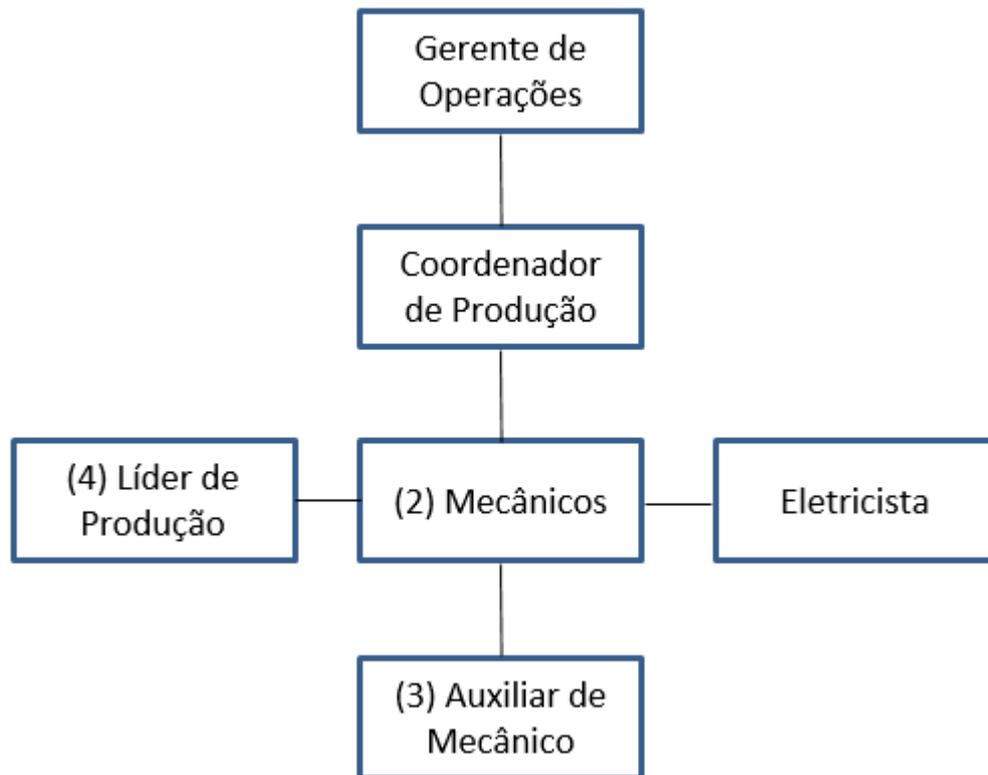
#### **5.1 Organograma Funcional**

Entender como era e como ficou o organograma da empresa tornando possível o entendimento do porquê o setor de manutenção se desenvolveu. Como mencionado no capítulo anterior, um passo importante para a implementação do TPM em uma indústria de fertilizantes, é garantir uma estrutura de equipe que suportasse esta nova cultura, para isto, algumas mudanças foram feitas na equipe, portanto, é importante entender como era antes e como ficou depois da decisão da mudança.

##### **5.1.1 Organograma funcional prévio**

No modelo de equipe do organograma representado pela Figura 13, havia muitos colaboradores sobre o “guarda-chuva” do Coordenador de Produção, fator que dificultava a supervisão das atividades. Não havia escopo bem definido para as atividades de manutenção.

Figura 13: Organograma funcional anterior

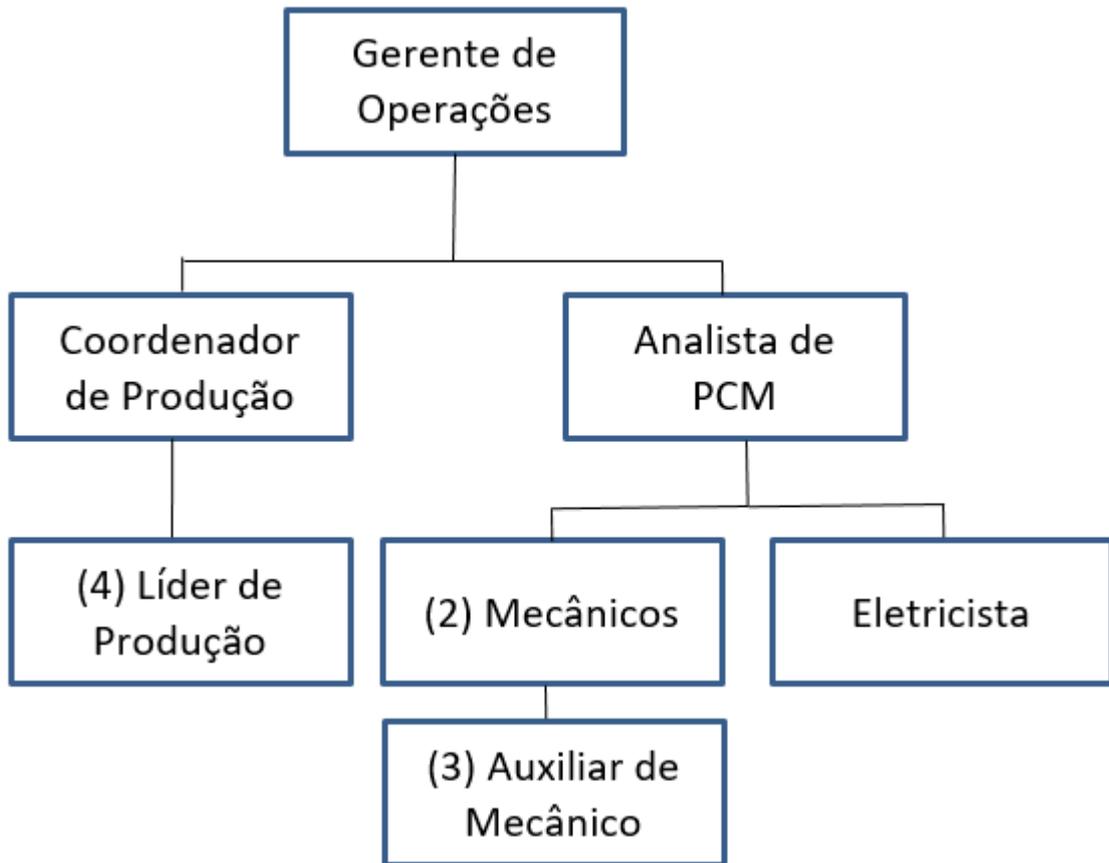


As atividades de mecânica e elétrica eram realizadas conforme surgia a demanda, sem um planejamento bem definido, e os colaboradores mais proativos realizavam mais trabalho do que outros, visto que as atividades eram divididas entre os próprios informalmente, sem uma supervisão bem definida. Os operadores apenas operavam os equipamentos, não se envolvendo nas atividades de manutenção. O que diferenciava os mecânicos dos auxiliares de mecânico era apenas a experiência.

### 5.1.2 Organograma Funcional Atual

Foi utilizado um organograma funcional para que pudesse ser visto como a manutenção teria um acompanhamento mais de perto pelos gestores. A Figura 14 representa o Organograma Funcional que foi definido para que o as práticas do TPM pudesse ser sustentado. O primeiro passo foi colocar um responsável mais próximo aos mecânicos para que pudesse ser acompanhada mais de perto as atividades de manutenções realizadas por eles e principalmente gerar e armazenar dados para que a partir disso fosse possível definir as atividades da equipe de manutenção em direção a quebra zero e defeito zero.

Figura 14: Organograma funcional atual



## 5.2 Cadastrando e Hierarquizando os ativos

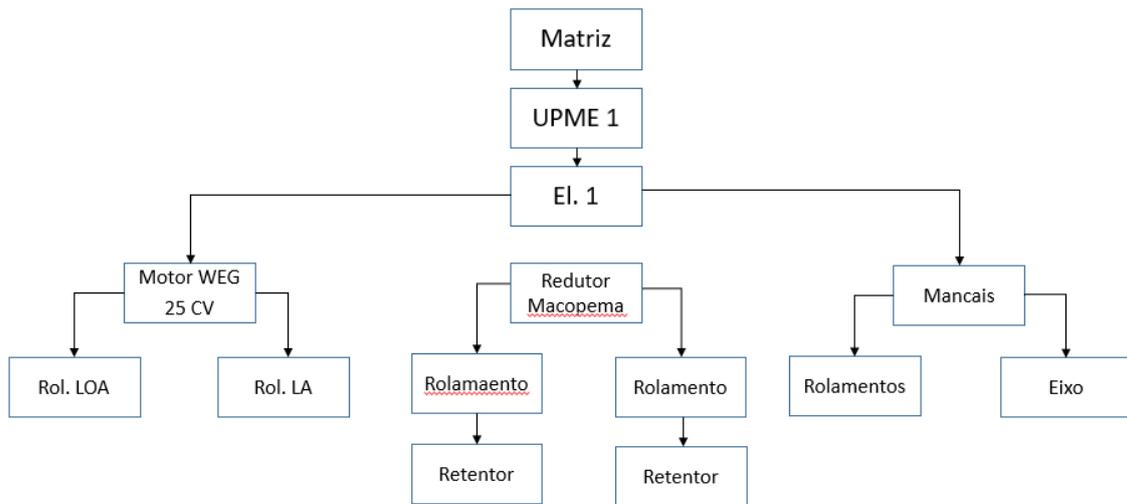
Ao cadastrar os ativos da empresa a ideia era gerar dados concretos que auxiliassem a tomada de decisões, para isso os ativos foram cadastrados de maneira correta afim de não gerar falta de informação ou informações excessivas. A estrutura de cadastro dos ativos foi composta da seguinte maneira:

- 1- Árvore Estrutural;
- 2- Matriz de Criticidade;
- 3- Tagueamento;
- 4- Ficha Técnica

### 5.2.1 Árvore Estrutural

A árvore estrutural caracterizou-se pela representação hierárquica dos ativos para evidenciar a interligação e interdependência entre eles. Na unidade misturadora de fertilizantes parte da árvore estrutural pode ser representada pela Figura 15.

Figura 15: Árvore estrutural



### 5.2.2 Matriz de Criticidade

Não existe uma norma ou regra definida que aborda como deve ser elaborada a Matriz de Criticidade dos equipamentos de uma empresa. O que existe são estudos, estratégias e práticas utilizadas por grandes empresas e por alguns estudiosos do tema.

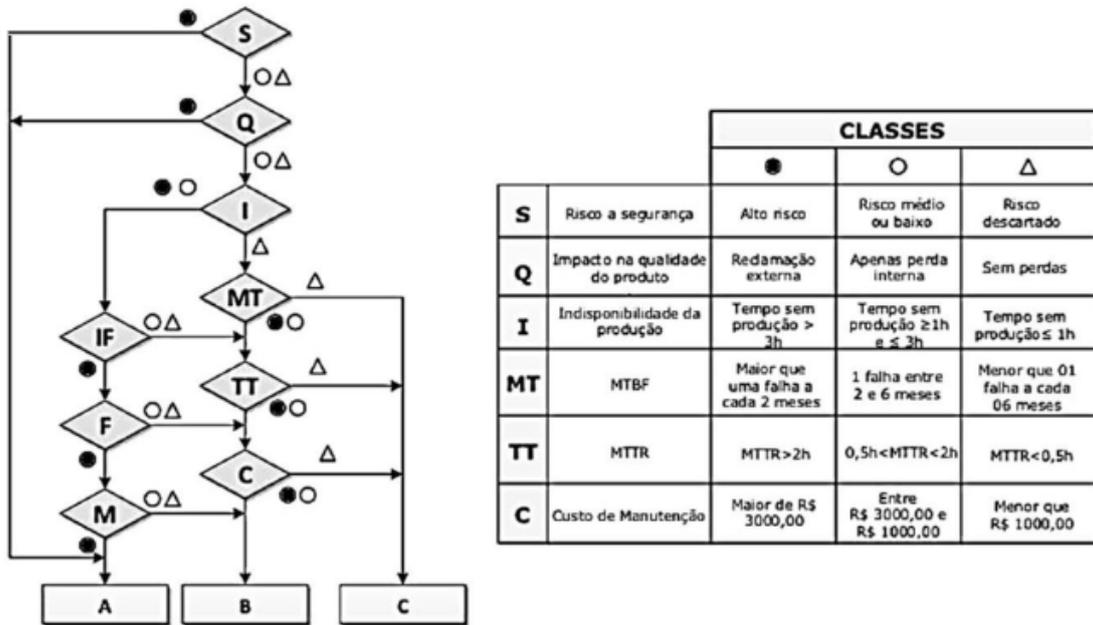
Mesmo a recém publicada norma ISSO 55000 para gestão de ativos não define criticidade do equipamento – embora defina um ativo crítico como “um ativo com potencial para impactar significativamente na realização de objetos da organização”

A metodologia mais conhecida e utilizada para a seleção de ativos críticos é a Classificação ABC (*Japan Institute of Plant Maintenance*, 1995), que abrange uma série de fatores de avaliação e utiliza um fluxograma decisional, tal qual o exemplo exposto na Figura 16.

O gestor define quais são os fatores de avaliação a serem usados, em função do perfil da operação e do negócio da empresa. Para a maioria das empresas industriais, os fatores de Segurança, Meio Ambiente e Qualidade são os principais a serem adotados e medidos para definir a criticidade do equipamento. Outros fatores de avaliação comumente usados são: Tempo de Produção parada (Downtime), Capacidade de entrega do produto, Frequência de falhas (MTBF), Tempo do reparo (MTTR), Imagem da empresa, Custo do Reparo, Custos associados à falha, Regime de Trabalho do Equipamento entre outros.

Figura 16: Fluxograma Decisional.

Fonte: ( ).



Os três níveis do fluxograma decisional representam:

- 1- Nível A: São equipamentos mais importantes;
- 2- Nível B: São os equipamentos de importância intermediária e
- 3- Nível C: São os equipamentos de menor importância

Na unidade misturadora de fertilizantes os equipamentos foram divididos conforme a Tabela 5.

Tabela 5: Matriz de Criticidade

Matriz de Criticidade UPME1	
	Equipamentos
Nível A	Ele.1, Ele. 2, Balança
Nível B	Bomba, Misturador, Peneira 1, Peneira 2, Esteira
Nível C	Silo Dosador, Silo de Ensaque, Ensacadeira1, Ensacadeira 2, Ensacadeira 3, Ensacadeira 4, Soprador

### 5.2.3 Tagueamento dos Equipamentos

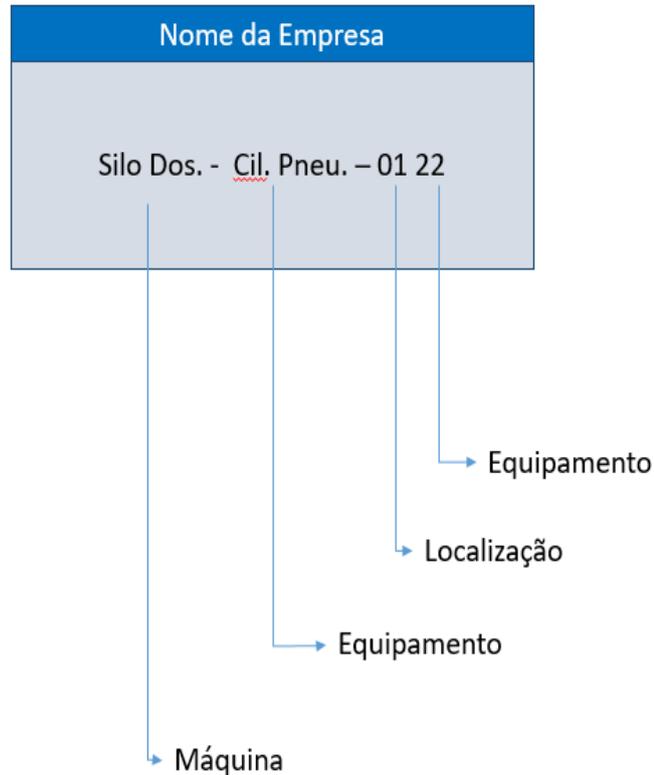
O tagueamento na unidade misturadora aconteceu na planta mais moderna. A ideia foi criar algo como se fosse um CPF, onde o equipamento seria ter um código único, seguindo uma lógica para que fosse permitido uma rápida identificação.

Essa ação se faz necessária por vários motivos, que de acordo com os níveis de prioridade são:

- 1- Segurança: Ao criar uma identificação única e lógica para os equipamentos, padroniza-se a forma de comunicação dos colaboradores referente ao equipamento, evitando acidentes por falha de comunicação;
- 2- Rastreabilidade: Através do TAG é possível rastrear todos os serviços de manutenção realizados naquele equipamento, criando um histórico referentes aos custos de manutenção, tempos de paradas entre outros dados;

O tagueamento seguiu um padrão lógico, de acordo com a estrutura hierárquica da planta e tendo como base a norma NBR – 8190 (descontinuada em 2010), conforme a Figura 17.

Figura 17: Exemplo de TAG



A instalação das etiquetas seguiu um padrão, recebendo todos os equipamentos iguais as etiquetas no mesmo local, exceto quando o acesso não foi possível. A escolha das cores foi para facilitar a localização e o material da TAG foi o inox, devido ao ambiente agressivo.

### 5.3 Operador Mantenedor

O primeiro passo para a conscientização do papel do operador na manutenção é mostrar o quanto suas atividades diárias podem melhorar a eficiência e a disponibilidade das máquinas, aumentar a produtividade e a qualidade dos produtos. Após essa conscientização começa um trabalho mais próximo entre operadores e mantenedores na detecção de problemas, determinação das suas causas e na tomada de ações para eliminar os mesmos.

O principal meio de comunicação entre operação e manutenção eram as chamadas reuniões informativas, que ocorriam todas as segundas e quartas. Durante as reuniões além de estabelecer metas, objetivos e buscar soluções, elas eram responsáveis por manter os operadores bem informados sobre as funções básicas de

operações das máquinas, possibilitando que os mesmos sejam capazes de detectar os sintomas iniciais que conduzem ao defeito em uma máquina o mais cedo possível.

A operação de limpeza por parte da produção ocorria todas terças e quintas feiras, podendo variar a frequência devido a demanda de produção durante o ano. Após o operador entender que é a partir das inspeções pós limpeza que se identificam os diversos defeitos os colaboradores de linha das unidades misturadores de fertilizantes foram treinados para realizar as atividades de inspeção e limpeza de maneira padronizada, e propor novos pontos de L&I conforme desenvolvimento em manutenção autônoma. A Figura abaixo exhibe um exemplo da rotina dos pontos de Limpeza & Inspeção no parque de Filtros de Manga do Setor de Produção Secundário.

Figura 18: Rotina dos pontos de L&I.

Fonte: ().

Checklist		CIL (Limpeza, Inspeção e Lubrificação)		Data:	19/09/2017				
				Turno:	2º Turno				
As atividades descritas abaixo devem ser realizadas conforme o manual técnico do UL.									
Máquina	Origem	Atividade / Equipamento	Em operação		Ferramenta	Responsável	Tempo	Realizado	S/Nec.
Inspeção técnica			Sim	Não				da	da
Filtros de manga	Falha de Processo	Inspeccionar valor de vazão de ar comprimido no supervisório (SMD) (Conforme instrução de trabalho "IT Supervisório")			Visual	Mecânico/ Eletricista	2 min		
		Inspeccionar valor de vazão de ar comprimido no supervisório (CRD) (Conforme instrução de trabalho "IT Supervisório")			Visual	Mecânico/ Eletricista	2 min		
		Inspeccionar AF-01 (Conforme instrução de trabalho 1- 1.1- 1.2- 1.3- 1.4- 1.5- 1.6- 1.7- 1.8)			Visual	Mecânico/ Eletricista	2 min		
		Inspeccionar PF-01 (Conforme instrução de trabalho 1- 1.1- 1.2- 1.3- 1.4- 1.5- 1.6- 1.7- 1.8)			Visual	Mecânico/ Eletricista	2 min		
		Inspeccionar TF-01 (Conforme instrução de trabalho 1- 1.1- 1.2- 1.3- 1.4- 1.5- 1.6- 1.7- 1.8)			Visual	Mecânico/ Eletricista	2 min		
		Inspeccionar AF-02 (Conforme instrução de trabalho 1- 1.1- 1.2- 1.3- 1.4- 1.5- 1.6- 1.7- 1.8)			Visual	Mecânico/ Eletricista	2 min		
		Inspeccionar PF-02 (Conforme instrução de trabalho 1- 1.1- 1.2- 1.3- 1.4- 1.5- 1.6- 1.7- 1.8)			Visual	Mecânico/ Eletricista	2 min		
		Inspeccionar TF-02 (Conforme instrução de trabalho 1- 1.1- 1.2- 1.3- 1.4- 1.5- 1.6- 1.7- 1.8)			Visual	Mecânico/ Eletricista	2 min		
		Inspeccionar AF-03 (Conforme instrução de trabalho 1- 1.1- 1.2- 1.3- 1.4- 1.5- 1.6- 1.7- 1.8)			Visual	Mecânico/ Eletricista	2 min		
		Inspeccionar PF-03 (Conforme instrução de trabalho 1- 1.1- 1.2- 1.3- 1.4- 1.5- 1.6- 1.7- 1.8)			Visual	Mecânico/ Eletricista	2 min		

Cada ponto de rotina de inspeção de cada caderno de L&I surgiu como uma contramedida para alguma perda que ocorreu eventualmente, como indicado na coluna Origem. Além disto, cada ponto de inspeção possui uma Instrução de Trabalho que foi ensinada à equipe, garantindo conteúdo suficiente para manutenção básica dos equipamentos independentemente do colaborador executando a atividade. O objetivo é que 80% de todos defeitos sejam encontrados durante a limpeza e inspeção. Essa métrica surge do fato que caso a maior parte dos defeitos encontrados não foram encontrados durante rotinas L&I, significa que foram encontrados por acaso, e esta não é a intenção da Manutenção Autônoma. Ao longo do semestre foram

criadas rotinas de L&I para cerca de 90% dos equipamentos, fazendo com que cada vez mais os defeitos fossem encontrados durante estas rotinas.

### 5.3.1 Etiquetas

Durante as rotinas de L&I, os colaboradores da produção buscavam por defeitos, desvios das condições ideais de equipamentos e instalações, e os registravam de maneira padrão com o restante da Fábrica, através de 3 tipos de Etiquetas de Defeitos, conforme Figura 19.

Figura 19: Etiquetas de defeitos.

Fonte: ()

The figure displays three distinct maintenance defect tags, each with a specific color and header:

- Blue Tag (Manutenção Autônoma):** Titled "Solução sem nota (Z2)". It includes a table with categories: SEGURANÇA, QUALIDADE, DIFÍCIL ACESSO, FALHAS MENORES, FONTE DE CONTAMINAÇÃO, CONDIÇÕES BÁSICAS, and ÍTENS DESNECESSÁRIOS. It has fields for Date, Collaborator, Priority (1, 2, 3), Machine/Area, and Encerramento (Date, Turno, Collaborator).
- Red Tag (Manutenção Autônoma):** Titled "Solução com nota (Z2)". It features the same table as the blue tag. It includes fields for Nota Z2, Enc. CIL?, Date, Collaborator, Priority (1, 2, 3), Machine/Area, and Encerramento (Date, Turno, Collaborator).
- Yellow Tag (Manutenção Autônoma):** Titled "ELETRÔNICA". It features the same table as the other tags. It includes fields for Nota Z2, Enc. CIL?, Date, Collaborator, Priority (1, 2, 3), Machine/Area, and Encerramento (Date, Turno, Collaborator).

A etiqueta azul é utilizada para registrar defeitos mecânicos, que não necessitam da criação de uma notificação (Nota Z2) para programação de manutenção. Para os que necessitam de criação da Nota Z2, o defeito mecânico é registrado em uma etiqueta vermelha. Já a etiqueta amarela, são defeitos eletrônicos e elétricos, que só podem ser resolvidos por colaboradores com as devidas permissões de intervenção em tais equipamentos.

Após a escolha da devida cor de etiqueta para registro do defeito, o colaborador marca no campo se ela foi encontrada durante uma rotina de L&I ou não, para que o Líder de Manutenção e o Líder de Linha possam rastrear se os defeitos tem sido encontrados durante as rotinas de L&I ou não. Preenche-se a data em que foi encontrado, a descrição do defeito, bem como as informações para localizá-lo, como

módulo e máquina, o colaborador que o encontrou, e este se auto responsabiliza ou combina com algum colega para se responsabilizar em resolver e determinar a contramedida em um determinado prazo.

#### **5.4 Documentação das atividades de Manutenção**

O princípio básico da gestão é trabalhar em indicadores e números que nortearão as tomadas de decisão dentro de um processo. É o famoso “o que não se mede não se gerencia”, frase que foi amplamente difundida pelos gurus e pais da gestão William Edwards Deming e Peter Drucker.

Com a gestão da manutenção não poderia ser diferente. Para haver planejamento, deve haver indicadores, para haver indicadores deve haver registro das ações da manutenção.

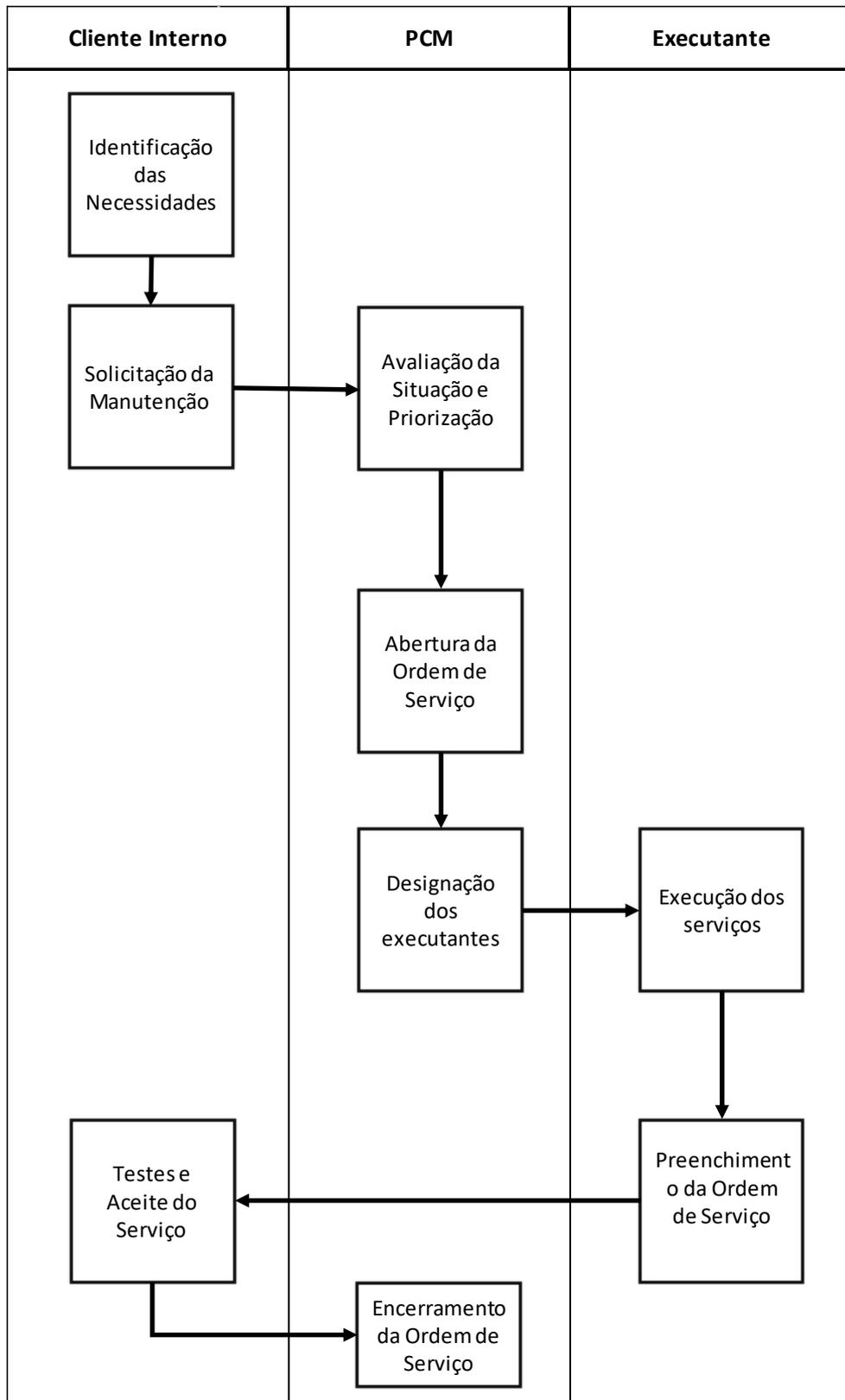
Toda e qualquer atividade de manutenção deve ser devidamente documentada, seja ela de caráter corretivo, preventivo ou preditivo.

Portanto, o processo de documentação das atividades de manutenção na unidade misturadora de fertilizantes teve como base dois documentos:

- 1- Solicitação de Manutenção: Documento usado para o cliente internos solicitar alguma intervenção da manutenção de alguma etapa do processo e
- 2- Ordem de Serviço: Documento que registra as atividades de manutenção que foram realizadas.

Ambos os documentos são regidos por um fluxograma de solicitação e aprovação. Esse fluxograma é contínuo e toda e qualquer atividade de manutenção deve passar por ele, conforme Figura 20.

Figura 20: Fluxograma de solicitação e aprovação.



#### **5.4.1 Aplicação dos Documentos**

Após decidido que nenhuma atividade de manutenção seria realizada sem o devido registro o setor de planejamento e controle da manutenção foi enfático na cobrança pelo correto uso e preenchimento dos documentos.

Como isso era algo novo na empresa e a grande maioria dos colaboradores não estavam acostumados com esse processo, houve resistência e queixas do tipo:

- 1- “Isso é burocracia”;
- 2- “Preencher papel não arruma máquina” e
- 3- “Esse serviço é rapidinho, não precisa de OS”

Sabendo a possibilidade ocorrer situações como essas, o PCM trabalhou em três passos:

- 1- Conscientização;
- 2- Capacitação e
- 3- Acompanhamento

A etapa de conscientização consiste em informar à equipe e aos solicitantes que não registrar as atividades de manutenção é um problema sério e que precisa ser resolvido pelos seguintes motivos:

- 1- A norma reguladora 01 (Disposições gerais e gerenciamento de riscos ocupacionais, última atualização 12/03/20) é clara quanto a obrigatoriedade da empresa em informar aos funcionários quais são os riscos envolvidos em cada atividade. A NR 1 menciona no item 1.7 letra “B” que o empregador deve elaborar ordens de serviço dando ciência aos funcionários a respeito dos riscos no ambiente. A NR 1 no item 1.8 letra “A” mostra que: cabe ao funcionário cumprir as normas de segurança do trabalho e as ordens de serviço emitidas pelo empregador e
- 2- O artigo 157, inciso II da CLT – Consolidação das Leis do Trabalho, diz:

Art.157 – Cabe às empresas (Redação dada pela Lei nº 6.514, de 22/12/1977)

II – Instruir os empregados, através de ordens de serviço, quanto às precauções a tomar no sentido de evitar acidentes do trabalho ou doenças ocupacionais;

- 3- Os documentos de solicitação de ordem de serviço são cruciais para o levantamento de informações e definição do planejamento da manutenção e
- 4- As ordens de serviço têm o papel de controlar os recursos da manutenção, sendo eles: tempo, mão de obra, peças, materiais, insumos entre outros.

Feita a conscientização da equipe, é dado o momento da capacitação. A capacitação deve ser direcionada à equipe de manutenção e aos solicitantes de manutenção.

A capacitação consistiu em um treinamento de 30 minutos, simples, direto e com as equipes de produção e manutenção reunidas em um mesmo ambiente. O treinamento serviu para que todos falassem a mesma língua a respeito dos documentos, e a aprendizagem aconteceu no dia a dia, emitindo, preenchendo e sendo alertados sobre os erros e acertos.

O treinamento seguiu o seguinte conteúdo programático:

- 1- O que são as solicitações e ordens de serviços;
- 2- Quais os objetivos desses documentos;
- 3- Como a empresa pode se beneficiar com tais documentos;
- 4- Quais prejuízos a empresa pode ter pela falta dos documentos e
- 5- Como preencher corretamente as solicitações e ordens de serviços

Após ministrado o treinamento, uma lista de presença foi assinada por cada participante manifestando a ciência da importância das informações repassadas.

Após a etapa de capacitação, coube ao PCM fazer o acompanhamento. O acompanhamento foi contínuo e realizado diariamente.

### **5.5 5S como base para o TPM**

Numa primeira etapa é necessário estabelecer a ordem para então buscar a implantação do TPM. Para estabelecer a ordem o primeiro passo foi a aplicação do 5S na oficina mecânica. Como é possível visualizar nas Figura 21 e Figura 22, o local de trabalho dos mecânicos era um ambiente sujo, visualmente poluído e totalmente desorganizado, que impossibilitava qualquer tentativa de implementação do TPM.

Figura 21: Almoxarifado anterior à aplicação do 5S



Figura 22: Oficina anterior à aplicação do 5S



Apesar do 5S estar relacionado com todos os envolvidos na cadeia produtiva, o primeiro lugar onde foi implementado tais medidas foi o setor de manutenção, da mesma maneira que foi pelo setor de manutenção onde os primeiros resultados de

melhorias pelas práticas do 5S ocorreram. Como é possível visualizar pela foto abaixo, os bons resultados são nítidos e compreende-se principalmente por:

- 1- Maior durabilidade dos equipamentos;
- 2- Redução do índice de acidentes de trabalho;
- 3- Ambiente mais higiênico;
- 4- Ambiente de trabalho agradável e saudável;
- 5- Diminuição do desperdício;
- 6- Prevenção de poluição;
- 7- Melhoria da imagem externa e interna da empresa;
- 8- Menor tempo para encontrar o que deseja

Figura 23: Almojarifado posterior à aplicação do 5S



Figura 24: Oficina posterior à aplicação do 5S



O aumento da produtividade envolvendo o setor de manutenção foi tão visível que os outros setores relacionados foram facilmente conscientizados a respeito da importância da aplicação do sistema.

## 5.6 Visualização dos Resultados

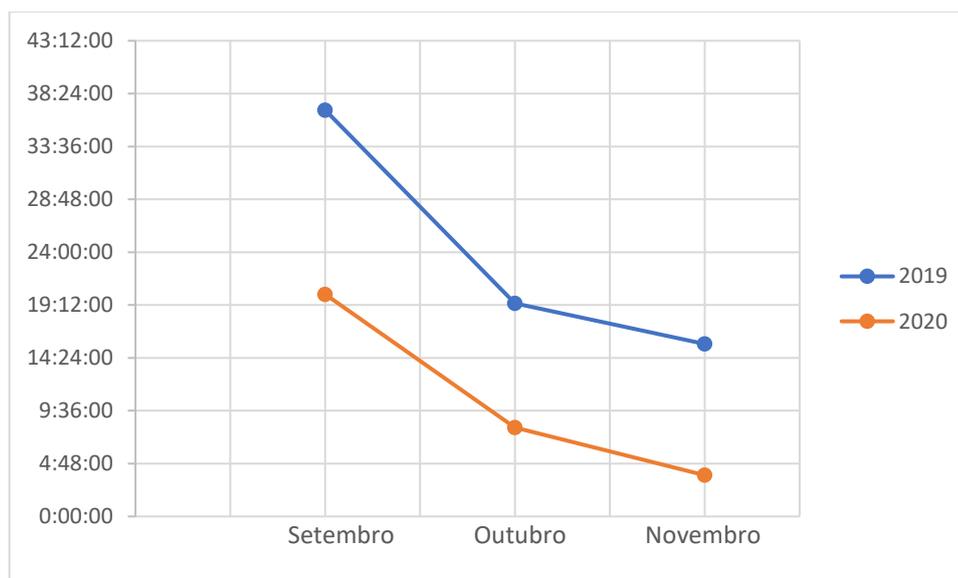
O indicador de paradas por manutenção corretiva, foi estabelecido com base no acompanhamento diário das paradas apontadas no supervisório da unidade de mistura, assim como as horas de funcionamento das principais máquinas.

A partir disso, uma das práticas diárias do operador é apontar todas paradas corretamente, garantindo que os dados fossem analisados frequentemente de maneira a otimizar o resultado fabril.

A melhoria pode ser identificada comparando os meses de setembro a novembro de 2019 com o mesmo período do ano de 2020, conforme os dados da Figura 25

Figura 25: Gráfico comparativo de rendimento.

Fonte: O autor (2020).



## CAPÍTULO V

### 6 Conclusão

No presente trabalho foi realizado o acompanhamento da implementação de ferramentas para a implantação dos pilares da metodologia do TPM – *Total Productive Maintenance*, com objetivo de reduzir as paradas corretivas por manutenção, aumentando a disponibilidade das máquinas, fator que impacta diretamente na eficiência de cada equipamento e conseqüentemente dos setores e fábrica como um todo.

Primeiramente foram realizadas ações com o programa 5S nos setores de trabalho da manutenção, já que o mesmo é apontado por diversos autores como base fundamental para as práticas do TPM. Além disso o objetivo de organizar e padronizar atividades relacionadas ao setor de manutenção era mostrar o quanto a aplicação dessa filosofia tornaria a vida dos trabalhadores melhor. Em um segundo momento foram feitas um gerenciamento dos ativos ao mesmo tempo que eram introduzidas práticas de manutenção autônoma na rotina dos colaboradores e demais pessoas envolvidas com a produção, como o Manual de Inspeção, Lubrificação e Limpeza, Etiquetas de Identificação de Anomalias, Reuniões Operacionais, além de inúmeros treinamentos de capacitação de pessoas.

Como resultado, percebeu-se que as paradas diminuíram consideravelmente em tempo, mostrando que com as atividades diárias a máquina apresenta menor número de paradas corretivas e quando as mesmas acontecem são reparadas mais rápidas pelos técnicos de manutenção. Houve um aumento também na OEE de cada máquina, porém vale ressaltar que o trabalho foi realizado somente com foco em estruturar o setor de manutenção com os pré-requisitos para o TPM, e com a consolidação e o desenvolvimento dos pilares a tendência é aumentar ainda mais a eficiência atacando todos tipos de paradas e possíveis melhorias no dia a dia.

Levando em consideração todo cenário atual da empresa em questão, sugere-se que os pilares da metodologia TPM sejam evoluídos no dia a dia, e adotado como modelo de gestão, uma vez que o programa é capaz de envolver todas as áreas da empresa e melhorar os resultados em diferentes aspectos, quantitativos e qualitativos.

As contribuições desse trabalho abrangem a parte técnica relacionado a engenharia mecânica e a parte gerencial. Na parte técnica é possível observar o quanto entender o funcionamento da máquina desde o seu projeto ao funcionamento é importante para o setor de manutenção e sem o gerenciamento correto não é possível ter um setor de manutenção bem estruturado. É esse o ponto vital do TPM, onde as práticas de medidas simples são extremamente eficazes. Uma questão importante foi confeccionar um sistema de gestão que fosse auto sustentável, ou seja, que ele pudesse ser levado adiante sem depender de algum colaborador em específico, para isso procedimentos operacionais padrões foram criados e armazenados em uma área comum da empresa, além disso o principal motivador da continuidade desse sistema de gestão e o bem estar do colaborador ao adotar tais medidas.

## **7 Termos e Siglas**

**TPM** – Total Productive Maintenance

**MPT** – Manutenção Produtiva Total

**AN** – Nitrato de Amônio

**CAN** – Nitrato Calcário

**CN** – Nitrato de Cálcio

**TSP** – Triplo Super Fosfato

**MAP** – Mono Amônio de Fosfato

**KCL** – Cloreto de Potássio

**NPk** – Nitrogênio Fósforo e Potássio

**ETC** – Envolvimento Total do Colaborador

**GD** – Gestão de Defeitos

**JIT** – Just In Time

**L&I** – Limpeza & Inspeção

**LC** – Linha de Centro

**LUP** – Lição de Um Ponto

**MA** – Manutenção Autônoma

**MP** – Manutenção Progressiva

**MPT** – Manutenção Produtiva Total

**MTBF** – Medium Time Before Failure (Tempo Médio Entre Falhas)

**MTTR** – Medium Time To Repair (Tempo Médio de Reparo)

**NN** – Necessidade de Negócio

**OEE** – Overall Equipment Effectiveness (Eficácia Geral do Equipamento)

**P&PM** – Planejamento & Programação de Manutenção

## Referências Bibliográficas

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023: informação e documentação – referências – elaboração. Rio de Janeiro; 2002a.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10520: informação e documentação – citações em documentos – apresentação. Rio de Janeiro; 2002b.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14724: informação e documentação – trabalhos acadêmicos – apresentação. 3. ed. Rio de Janeiro; 2011a.
- ANDRADE, F. F. O método de melhorias PDCA. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2003. 157p. (Dissertação, Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana).
- ANTUNES, J. et al. Sistemas de produção: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2008. PEINADO E GRAEML (2007)
- ATTADIA, L. C. L. & MARTINS, R. A. Medição de desempenho como base para a evolução da melhoria contínua. Revista Produção. v.13, N.2, p.33-41, 2003.
- BORGES, Helena. As dez empresas que controlam o mercado mundial de fertilizantes. O Globo, 2018. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/sociedade/as-dez-empresas-que-controlam-mercado-mundial-de-fertilizantes-23040071>. Acesso em: 25 de jun. de 2020.
- CAMPOS, V. F. Controle da qualidade total (no estilo japonês). 2ª edição. Belo Horizonte, 1992. Fundação Cristiano Otoni, p. 220.
- DAVIS, Mark M. Fundamentos da administração da produção – Mark M. Davis, Nicholas J. Aquilano e Richard B. Chase: trad. Eduardo D’Agord Schaan... (Et al.) – 3.ed. – Porto Alegre. ed. Bookman, 2001. 598p.
- FERNANDES, D.R. Uma contribuição sobre a construção de indicadores e sua importância para a gestão empresarial. Revista da FAE, Curitiba, v.7, n.1, p.1-18, 2004.
- FERREIRA, L. L. Implementação da Central de Ativos para melhor desempenho do setor de manutenção: um estudo de caso Votorantim Metais. 2009. 60f. Trabalho de

Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2009.

FERREIRA, Mauro Pacheco et al. Gestão por indicadores de desempenho: resultados na incubadora empresarial tecnológica. Prod., São Paulo, v. 18, n. 2, 2008. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-65132008000200008&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132008000200008&lng=en&nrm=iso). Acesso em 05 Maio 2010.

HANSEN, R. C. Eficiência global dos equipamentos: uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para aumento dos lucros. Porto Alegre: Bookman, 2006.

HRONEC, S. M. Sinais Vitais: usando medidas de desempenho da qualidade, tempo e custo para traçar a rota para o futuro de sua empresa. São Paulo: Makron Books, 1994.

ISO 14660-1:1999 – Geometrical Product Specifications (GPS) - Geometrical features - Part 1: General terms and definitions.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio de Aquino. Manutenção – Função estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

MARTINS, Petrônio G.; LAUGENI, v. 1. Fernando P. Administração da produção. 3.ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

MTE. Normas Regulamentadoras de Segurança e Medicina no Trabalho - NR 12 Segurança em Máquinas e Equipamentos. Ministério do Trabalho e Emprego, p. 88, 29 Abril 2016. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR12/NR12atualizada2015II.pdf>.

NAKAJIMA, S. Introdução ao TPM. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989. 110p.

OLIVEIRA, M. R., LIMA, C., R., C. Manutenção integrada: Uma estratégia competitiva. VI ENCONTRO DE MESTRANDOS E II ENCONTRO DE DOUTORANDOS EM ENGENHARIA. Vol. II/ III, 2002, p.110, Anais.

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

PARK, K. S.; HAN, S. W. TPM - Total productive maintenance: Impact on competitiveness and a framework for successful implementation. *Human Factors and Ergonomics In Manufacturing*, v. 11, n. 4, p. 321–338, 2001.

PEREIRA, M. J. Engenharia de Manutenção: Teoria e prática. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2009

RIBEIRO, H. Curso de formação de facilitadores de TPM. PDCA – Consultoria em Qualidade, São Paulo, 1999.

SHIROSE, K. TPM for Workshop Leaders, Productivity Press. Portland: OR, 1992

SILVA, Aline Elias da. Manutenção Produtiva Total (TPM): estudo de caso em uma empresa automotiva. 2014. Monografia – Curso de Engenharia de Produção – Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2014.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da Produção. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002

SLACK, N.; CHAMBERS, S., JOHNSTON, R. Administração da Produção. 3. Ed. São Paulo: Atlas, 2009

SUZUKI, T. TPM in process industries. Portland: Productivity Press, 1994.

XENOS, H. G. Gerenciando a Manutenção Produtiva. Belo Horizonte: Editora Desenvolvimento Gerencial, 2004 GIL (2002)

