

ASSOCIAÇÃO EDUCATIVA EVANGÉLICA
FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA – FACEG
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

ROGÉRIO RAMIRO DE OLIVEIRA

**ESTUDO SOBRE A INTERAÇÃO DOS PILARES MANUTENÇÃO AUTÔNOMA E
MANUTENÇÃO PLANEJADA DA METODOLOGIA TPM EM INDÚSTRIA DO
SEGMENTO SUCROALCOOLEIRO.**

Goianésia
2021

2021	ESTUDO SOBRE A INTERAÇÃO DOS PILARES MANUTENÇÃO AUTÔNOMA E MANUTENÇÃO PLANEJADA DA METODOLOGIA TPM EM INDÚSTRIA DO SEGMENTO SUCROALCOOLEIRO.	FACEG
------	--	-------

ROGÉRIO RAMIRO DE OLIVEIRA

**ESTUDO SOBRE A INTERAÇÃO DOS PILARES MANUTENÇÃO AUTÔNOMA E
MANUTENÇÃO PLANEJADA DA METODOLOGIA TPM EM INDÚSTRIA DO
SEGMENTO SUCROALCOOLEIRO.**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica, da Faculdade Evangélica de Goianésia – FACEG, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Graduação em Engenharia Mecânica.

GOIANÉSIA
2021

FICHA CATALOGRÁFICA

O48e

Oliveira, Rogério Ramiro de.

Estudo sobre a interação dos pilares Manutenção Autônoma e Manutenção Planejada da metodologia TPM em indústria do segmento sucroalcooleiro / Rogério Ramiro de Oliveira – Goianésia: Faculdade Evangélica de Goianésia, 2021 – Faceg, 2021 60 p.

Orientador: Prof. Me. Rogério Rodrigues dos Santos.

Monografia de Graduação – Faculdade Evangélica de Goianésia: FACEG, 2021.

1. Manutenção Autônoma. 2. Manutenção Planejada 3. TPM – (Total Production Management).

I. Oliveira, Rogério Ramiro de. II. Estudo sobre a interação dos pilares Manutenção Autônoma e Manutenção Planejada da metodologia TPM em indústria do segmento sucroalcooleiro
CDU 621

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Oliveira, R. R. **Estudo Sobre a interação dos pilares Manutenção Autônoma e Manutenção Planejada da metodologia TPM em indústria do segmento sucroalcooleiro.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia-GO, 2021.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME: ROGÉRIO RAMIRO DE OLIVEIRA
GRAU: BACHAREL
ANO: 2021

É concedida à Faculdade Evangélica de Goianésia permissão para reproduzir cópias desta Monografia de Graduação, única e exclusivamente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais de publicação. Nenhuma parte desta Monografia pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada a fonte.



Nome: Rogério Ramiro de Oliveira
CPF: 306.767.228-30
Endereço: Rua Azaléia, 15, Bouganville, Goianésia-GO
Email: rogerio.ramiro@hotmail.com

ROGÉRIO RAMIRO DE OLIVEIRA

**ESTUDO SOBRE A INTERAÇÃO DOS PILARES MANUTENÇÃO
AUTÔNOMA E MANUTENÇÃO PLANEJADA DA METODOLOGIA
TPM EM INDÚSTRIA DO SEGMENTO SUCROALCOOLEIRO.**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica, da Faculdade Evangélica de Goianésia – FACEG, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Graduação em Engenharia Mecânica.

Goianésia, 22 de novembro de 2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Rogério Rodrigues dos Santos – Orientador
Faculdade Evangélica de Goianésia

Prof. Dr. Alessandro Rodrigues Faria – Avaliador
Faculdade Evangélica de Goianésia

Prof.(a) Me. Ariane Martins Caponi Lima - Avaliadora
Faculdade Evangélica de Goianésia

AGRADECIMENTOS

À Deus agradeço por cada dia de vida, pela proteção e saúde.

Agradeço à todas as pessoas que contribuíram para que fosse possível elaborar esse trabalho.

Em especial, agradeço à minha família por todo apoio em tempos em que foi preciso um esforço maior em atividades acadêmicas e profissionais, estando às vezes ausente para assuntos pessoais.

Destaco também meus agradecimentos aos amigos pela ajuda em momentos difíceis e pelo incentivo para seguir em frente.

Aos colegas de sala e amigos de grupo de estudos agradeço a abundante troca de conhecimentos.

Aos docentes agradeço por todo o conhecimento transmitido.

RESUMO

Métodos de melhoria contínua como o Total Production Management (TPM) são cada vez mais utilizados em ambientes industriais com objetivo de buscar melhor eficiência operacional e melhor competitividade no mercado. Nesse sentido, o presente trabalho apresenta um estudo da interação dos pilares Manutenção Autônoma (MA) e Manutenção Planejada (MP), analisa resultados relacionados às falhas de equipamentos e avalia a possível redução de falhas com base em resultados apresentados.

Da metodologia aplicada, trata-se de um estudo de caso em empresa do segmento sucroalcooleiro, considerando para os resultados a base de dados do sistema de gerenciamento de manutenção e realizando a comparação dos dados de falhas entre períodos pré e pós implantação para cada equipamento, área e resultados consolidados.

No referencial teórico são apresentados conceitos gerais da metodologia TPM e aprofundamento nos pilares MA e MP, com destaques para a importante interação na estruturação das cinco medidas para quebra zero e respectivos pontos chave para sucesso. Exemplos da construção da estrutura de organização dos pilares, fluxos de processos e medidas adotadas para pontos chave são apresentadas no desenvolvimento.

O detalhamento apresentado nos resultados permite sugerir no caso estudado que mesmo em equipamentos de funções e sistemas mecânicos completamente distintos, a capacitação obtida pelos operadores e mantenedores na manutenção das condições básicas dos equipamentos pode produzir resultados relevantes relacionados à redução de falhas.

Palavras-chave: Manutenção Autônoma, Manutenção Planejada, TPM, Gerenciamento Total da Produção, Manutenção Produtiva Total, Redução de Quebras, Redução de Perdas.

ABSTRACT

Continuous improvement methods such as TPM (Total Production Management) are very used in industries to reach better operational efficiency and market competitiveness. Following this way of thinking, this study brings an approach of the interaction of the Autonomous Maintenance and Planned Maintenance pillars of TPM methodology, analyzing the results related to equipment failures and evaluating a possible reduction.

A case study in a sugarcane industry is presented here, considering for the results the maintenance management system database and comparing failures data between before and after implementation periods for each equipment, area and total results.

In a literature review general concepts of the TPM methodology are presented, also a deepening study in MA and MP pillars showing the important interaction between them. Examples of the pillars organization structures, process flows and measures adopted for key points are presented in the development.

The detailed data presented in the results allow to suggest in this case studied that even with completely different functions and mechanical systems in the equipments, the knowledge obtained by operators and maintenance people by caring on the basic conditions of equipments may produce relevant results reducing failures.

Keywords: Autonomous Maintenance, Planned Maintenance, TPM, Total Production Management, Total Productive Maintenance, Breakdown Reduction, Loss Reduction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Eficácia Global da Planta e Estrutura de Perdas	04
Figura 2.2 – Pilares do TPM	07
Figura 2.3 – Os sete passos da manutenção autônoma	10
Figura 2.4 – Composição das falhas de equipamentos	13
Figura 2.5 – Pirâmide de perda do equipamento	14
Figura 2.6 – Exemplos de padrões visuais em campo	18
Figura 2.7 – As cinco causas essenciais das falhas de equipamentos	23
Figura 2.8 – Responsabilidades para as cinco medidas para falha zero	24
Figura 2.9 – Desafio Zero Falhas em fábrica de automóveis	25
Figura 4.1 – Exemplo de estrutura de promoção para a manutenção autônoma	28
Figura 4.2 – Exemplo de etiquetas de anomalias	29
Figura 4.3 – Fluxo simplificado de etiquetas de anomalias	30
Figura 4.4 – Exemplo de gráfico de priorização de etiquetas	32
Figura 4.5 – Exemplo de formulário de mapeamento de etiquetas	32
Figura 4.6 – Exemplo de formulário de gráfico de pareto por local	33
Figura 4.7 – Exemplo de formulário de gráfico de pareto por tipo	33
Figura 4.8 – Exemplo de formulário de mapeamento de locais de difícil acesso	35
Figura 4.9 – Exemplo de formulário de mapeamento de fontes de contaminação	35
Figura 4.10 – Fluxo simplificado do passo 02 de manutenção autônoma	36
Figura 4.11 – Exemplo de aspectos considerados na matriz de criticidade de equipamentos.	36
Figura 5.1 – Gráfico de falhas em equipamento Filtro Lodo 01	40

Figura 5.2 – Gráfico de falhas na Área de Filtração de Lodo	40
Figura 5.3 – Gráfico de falhas no equipamento Peneira 01	41
Figura 5.4 – Gráfico de falhas na área de Tratamento de Caldo	42
Figura 5.5 – Gráfico de falhas no equipamento Esteira 05	42
Figura 5.6 – Gráfico de falhas na área de Preparo de Cana	43
Figura 5.7 – Gráfico de falhas consolidado Filtro Lodo, Peneira 01 e Esteira 05	44
Figura 5.8 – Gráfico de falhas consolidado áreas Filtração de Lodo, Tratamento de Caldo e Preparo de Cana	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – As oito grandes perdas, definições e exemplos	03
Tabela 2.2 – Os doze passos de desenvolvimento do TPM	06
Tabela 2.3 – Passo a passo do desenvolvimento do pilar Manutenção Planejada	21

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADM – Pilar Administrativo

CI – Pilar de Controle Inicial

ET – Pilar de Educação e Treinamento

FC – Fontes de Contaminação

HH – Hora Homem

JIPM – Japan Institute of Plant Maintenance (Instituto Japonês de Manutenção de Plantas)

LDA – Locais de Difícil Acesso

MA – Pilar de Manutenção Autônoma

ME – Pilar de Melhoria Específica

MP – Pilar de Manutenção Planejada

MQ – Manutenção da Qualidade

MTBF – Mean Time Between Failures (Tempo Médio Entre Falhas)

OEE – Overall Equipment Effectiveness

OPE – Overall Plant Effectiveness

PCM – Planejamento e Controle de Manutenção

SHE – Pilar de Segurança, Higiene e Meio Ambiente

TPM – Total Production Management ou Gerenciamento Total da Produção

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivo Geral	1
1.2 Objetivos Específicos	1
1.3 Justificativa	1
1.4 Problema de pesquisa	2
1.5 Hipótese	2
2 REFERENCIAL TEÓRICO	2
2.1 Conceito de perdas e eficácia geral da planta (OPE – Overall Plant Effectiveness)	3
2.2 História e conceitos do TPM	4
2.3 O desenvolvimento do TPM	5
2.4 O Pilar de Manutenção Autônoma	9
2.4.1 Limpeza e Inspeção - Passo 01	10
2.4.2 Eliminação Fontes Contaminação (FC) e Locais Difícil Acesso (LDA) – Passo 02	14
2.4.3 Padrão Provisório – Passo 03	15
2.4.4 Inspeção Geral – Passo 04	16
2.4.5 Inspeção Autônoma – Passo 05	17
2.4.6 Padronização – Passo 06	18
2.4.7 Auto Controle – Passo 07	19
2.5 O Pilar de Manutenção Planejada	19
2.6 Cinco Medidas para Falha Zero	22
2.7 Resultados Esperados	25
3 METODOLOGIA	26
3.1 Metodologia Aplicada	26
4 DESENVOLVIMENTO	26
4.1 A criação da estrutura de promoção dos pilares MA e MP	27
4.2 A implementação do pilar Manutenção Autônoma	28
4.3 A implementação do pilar Manutenção Planejada	36
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
6 CONCLUSÃO	45
REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

O TPM (*Total Production Management* ou Gerenciamento Total da Produção) é um método de eliminação de perdas muito presente no contexto atual devido ao mercado competitivo. Há três principais motivos para o TPM ter se espalhado rapidamente ao mundo, sendo eles, o TPM garante expressivos resultados, traz melhorias de condições ao local de trabalho e aumenta o nível de conhecimento e habilidade com operadores e mantenedores (SUZUKI, 1994, p. 2).

1.1 Objetivo Geral

O trabalho tem como objetivo geral estudar a relação entre os pilares Manutenção Autônoma (MA) e Manutenção Planejada (MP) da metodologia TPM e através de um estudo de caso analisar resultados relacionados às falhas dos equipamentos comparando resultados de números de falhas após a implementação com número de falhas antes da implementação dos pilares.

1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do trabalho são:

- Estudar conceitos gerais da metodologia TPM em cada um de seus pilares;
- Aprofundar conhecimentos no pilar Manutenção Autônoma em cada um de seus sete passos de implementação;
- Aprofundar estudos no pilar Manutenção Planejada no suporte às atividades de manutenção autônoma;
- Estudar as cinco medidas para quebra zero através da interação dos pilares Manutenção Autônoma e Manutenção Planejada;
- Analisar resultados de número de falhas dos equipamentos desse estudo.

1.3 Justificativa

O trabalho justifica-se trazendo conhecimentos alinhados às necessidades de manter equipamentos confiáveis, evitando lucro cessante, despesas operacionais adicionais com emergências decorrente das falhas e possibilitando que plano de produção seja cumprido dentro do tempo programado. A boa administração é procurar sempre o jeito de fazer qualquer coisa

com mais eficiência olhando para dentro do próprio setor, para outras áreas ou braços da companhia e até externamente para outras empresas (CORREA, 2017, p. 10).

1.4 Problema de pesquisa

O trabalho responde o seguinte problema de pesquisa: É possível reduzir o número de falhas em equipamentos de empresa do segmento sucroalcooleiro pela implementação dos pilares Manutenção Autônoma e Manutenção Planejada da metodologia TPM?

1.5 Hipótese

A hipótese adotada no trabalho devidamente embasada no referencial teórico é que é possível reduzir o número de falhas em equipamentos de indústria de processo (como é o caso do sucroalcooleiro) com a implementação dos pilares Manutenção Autônoma e Manutenção Planejada. Para facilidade do leitor, segue abaixo algumas citações feitas ao longo do trabalho que sustentam a hipótese.

É possível reduzir falhas em equipamentos ao manter as condições básicas de trabalho dos equipamentos com atividades de limpeza, lubrificação e reaperto (SUZUKI, 1994, p. 10).

As atividades destinadas a eliminar falhas, defeitos de qualidade e todas as outras perdas em equipamentos, melhorando as condições do ambiente de trabalho e aumentando gradualmente a eficiência e os lucros da organização são definidas como TPM (JAPAN INSTITUTE OF PLANT MAINTENANCE, 1995, p. 2).

No primeiro passo da manutenção autônoma o objetivo é aumentar a confiabilidade por eliminar a sujeira, expor irregularidades em forma de defeitos leves, fontes de contaminação, locais de difícil acesso, fontes de problema de qualidade e estabelecer as condições básicas de funcionamento do equipamento (limpeza, lubrificação e reaperto) (SUZUKI, 1994, p. 102).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para iniciar o referencial teórico sobre TPM, primeiramente é necessário definir o conceito de perdas dos equipamentos.

2.1 Conceito de perdas e eficácia geral da planta (OPE – *Overall Plant Effectiveness*)

Nas indústrias de processo como a sucroalcooleira, os produtos são fabricados em equipamentos complexos interligados, como por exemplo colunas de destilação, tanques, trocadores de calor, bombas, compressores, fornos e instrumentação de controle. A falha de um equipamento pode comprometer o funcionamento de outro trazendo dificuldades para o processamento industrial. As oito grandes perdas apresentadas na tabela 2.1 não permitem que os equipamentos atinjam seu máximo uso (SUZUKI, 1994, p. 23).

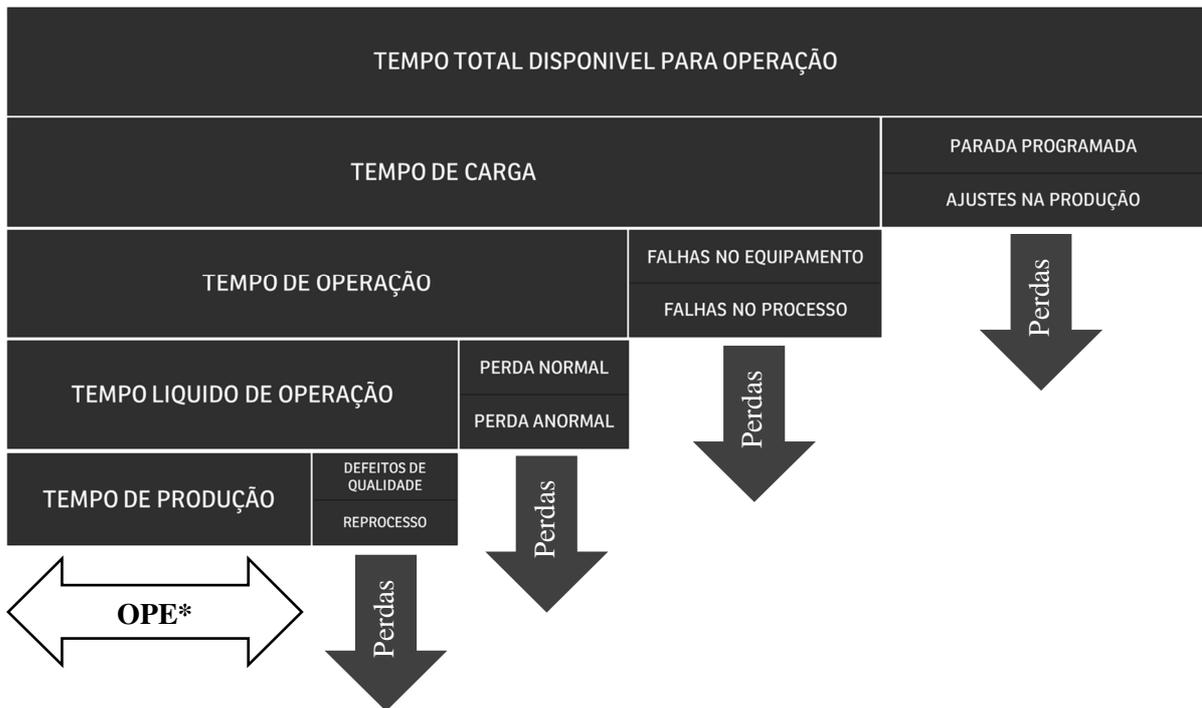
Tabela 2.1 – As oito grandes perdas, definições e exemplos.

Perda	Definição	Exemplo
1 – Perda por Parada Programada.	Tempo perdido quando a produção é interrompida para manutenção ou serviço periódico.	Serviços periódicos, inspeções para atendimento a requisitos legais, manutenção geral programada.
2 – Perda por Ajustes de Produção.	Tempo perdido quando há mudanças no tipo de produto fabricado para atender plano de produção.	Ajuste do plano de venda, redução de estoque de matéria prima.
3 – Perda por Falha de Equipamento.	Tempo perdido quando o equipamento repentinamente não cumpre suas funções especificadas.	Falta de vazão de bombeamento, motores queimados, rolamentos danificados, eixos quebrados.
4 – Perda por Falha de processo.	Tempo gasto com equipamentos parados devido às propriedades químicas ou físicas de materiais em processamento, erros operacionais, matéria prima fora de especificação.	Vazamentos, derramamentos, bloqueio, corrosão, erros de operação.
5 – Perda Normal de produção.	Taxa e tempo perdidos para partida e parada da planta ou troca de produto em fabricação.	Taxa de produção reduzida durante aquecimento após partida da planta, durante resfriamento antes de parada da planta e troca de produto em fabricação.
6 – Perda Anormal de Produção.	Taxa de perda ocorrida quando a planta apresenta baixa performance devido anormalidades.	Operação em baixa carga, baixa velocidade e operação está abaixo da taxa de produção padrão.
7 – Perda por Defeito de Qualidade.	Perdas devido a produtos rejeitados, perda física dos produtos rejeitados, perda financeira dos produtos reclassificados em qualidade inferior.	Perda física e tempo de produção do material fabricado fora de especificação.
8 – Perda por reprocessamento.	Perdas de reciclagem passando material novamente no processo.	Reciclagem de produtos fora de especificação para que fique dentro de padrões aceitáveis.

Fonte: Adaptado de SUZUKI, 1994, p.26.

Cabe destacar que o objeto de estudo desse trabalho está diretamente relacionado com a perda “3 – Perda por falha de equipamento” destacada em negrito na Tabela 2.1.

Na figura 2.1 há uma representação das perdas e da Eficácia Global da Planta (OPE – *Overall Plant Effectiveness*), demonstrando de forma clara as oito grandes perdas envolvidas em indústrias de processo.



*OPE: *Overall Plant Effectiveness* (Eficácia Global da Planta).

Figura 2.1 – Eficácia Global da Planta e Estrutura de Perdas.

Fonte: Adaptado de SUZUKI, 1994, p.28.

2.2 História e conceitos do TPM

Introduzido o assunto de perdas, apresenta-se as definições de TPM e um pouco de sua história. O TPM é um método de gestão de eliminação de perdas que busca garantir a máxima utilização dos ativos através do envolvimento das pessoas. Tecnicamente, é uma ferramenta contida no *Lean Manufacturing* (Fabricação Enxuta), ou ainda *Lean Thinking* (Pensamento Enxuto) que é uma forma de sempre pensar em otimizar, fabricar sem interrupções nos processos (WERKEMA, 2021, p. 68).

Com o propósito de maximizar eficiência dos equipamentos durante toda sua vida útil o TPM foi criado em 1971 e promovido pelo JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*).

Porém, os fabricantes japoneses continuavam sendo castigados por severa crise econômica e desafios causados por seguidas crises de petróleo (TAJIRI e GOTOH, 1999, p. XV).

Somente em 1981 houve a criação do formato de implementação com rotinas de manutenção para os operadores organizadas em sete passos. Desde então o TPM passou a ser implementado em muitas plantas, pois o sistema realmente atingiu melhorias nas condições de operação existentes e elevou o conhecimento e habilidade dos empregados. O TPM passou a ser conhecido por mais do que ser capaz de resolver problemas de manutenção, mas também de engenharia e desenvolvimento de produto. A interpretação mais apropriada da sigla hoje é *Total Production Management* (Gerenciamento Total da Produção) ao invés de *Total Productive Maintenance* (Manutenção da Produção Total) (TAJIRI e GOTOH, 1999).

As atividades destinadas a eliminar falhas, defeitos e todas as outras perdas em equipamentos, as atividades de gradualmente elevar a eficiência, aumentar os lucros da organização criando um ambiente de trabalho satisfatório são definidas como TPM (JAPAN INSTITUTE OF PLANT MAINTENANCE, 1995, p. 2).

O conceito de TPM considera elevar a eficiência de equipamentos, incluindo um programa de treinamento para as pessoas. Operadores são capacitados para realizar o monitoramento de seu equipamento e para realizar manutenções de pequena complexidade (ALMEIDA, 2015, p. 27).

Conforme embasamento teórico apresentado pode-se resumir que o TPM é um sistema criado para reduzir perdas nos equipamentos através do desenvolvimento de pessoas.

2.3 O desenvolvimento do TPM

A metodologia orienta que a implementação do TPM seja feita em quatro etapas (preparação, introdução, implementação e consolidação) que também pode ser dividida em 12 passos (SUZUKI, 1994, p. 9). Vide a tabela 2.2 com o detalhamento e pontos chave destacados em cada passo.

Tabela 2.2 – Os doze passos de desenvolvimento do TPM.

Passo	Ponto chave
Preparação	
1 – Formalizar decisão de implementar o TPM.	Anúncio de alta gerência em reunião e publicação em canais internos de comunicação.
2 – Conduzir treinamento introdutório e campanha de promoção.	Gerenciamento Senior: grupo de treinamento específico para níveis gerenciais.
3 – Criar estrutura de organização e promoção.	Criação de comitê diretor, subcomitês e secretaria.
4 – Estabelecer políticas e diretrizes.	Definição de linha de base e metas.
5 – Esboçar um plano mestre de implementação TPM	
Introdução	
6 – Realizar evento de início (Kick off).	Convide clientes, parceiros, subcontratados.
Implementação	
7 – Construir organização corporativa para maximizar a eficácia.	Busca da eficácia de produção.
7-1 – Conduzir atividades de melhoria.	Implementação do Pilar de Melhoria Específica.
7-2 – Estabelecer atividades de manutenção autônoma.	Implementação do Pilar de Manutenção Autônoma. Seguir passo a passo, com auditoria para certificar ao próximo nível.
7-3 – Estabelecer programa de manutenção planejada.	Implementação do Pilar de Manutenção Planejada.
7-4 – Conduzir treinamento de habilidades de operadores e mantenedores.	Implementação do pilar Educação e Treinamento. Realizar treinamento para grupo de líderes que replicarão aos seus subordinados.
8 – Estabelecer sistema gerenciamento antecipado para novos equipamentos e produtos.	Implementação do pilar Controle Inicial.
9 – Estabelecer sistema de manutenção da qualidade.	Implementação do pilar Manutenção da Qualidade. Estabelecer, manter e controlar condições para zero defeitos.
10 – Estabelecer efetivo sistema de administração e suporte.	Implementar pilar Adm. - Aumentar eficácia no suporte à produção. - Melhorar e agilizar processos administrativos.
11 – Estabelecer sistema de gerenciamento de saúde, segurança e meio ambiente	Implementar pilar SHE. Assegurar zero acidente, zero poluição.
Consolidação	
12 – Sustentar todo TPM e elevar padrões.	Buscar metas mais altas.

Fonte: Adaptado de SUZUKI, 1994, p.9.

Adiante é apresentado um breve resumo sobre os oito pilares citados na Tabela 2.2 para a implementação total do TPM, posteriormente um aprofundamento nos itens 7-2 e 7-3, respectivamente referente a implementação e interação dos pilares de Manutenção Autônoma e Manutenção Planejada, vide Figura 2.2.

O pilar de Melhoria Específica: É responsável por direcionar e validar ações de melhoria para eliminação de perdas com objetivo de obter maior eficiência e tempo de vida do equipamento (RODRIGUES, 2016, p. 145). Esse pilar inclui todas as atividades que maximizam a eficácia geral de equipamentos, processos, e plantas através de uma grande eliminação de perdas e melhorias de performance (SUZUKI, 1994, p. 45).

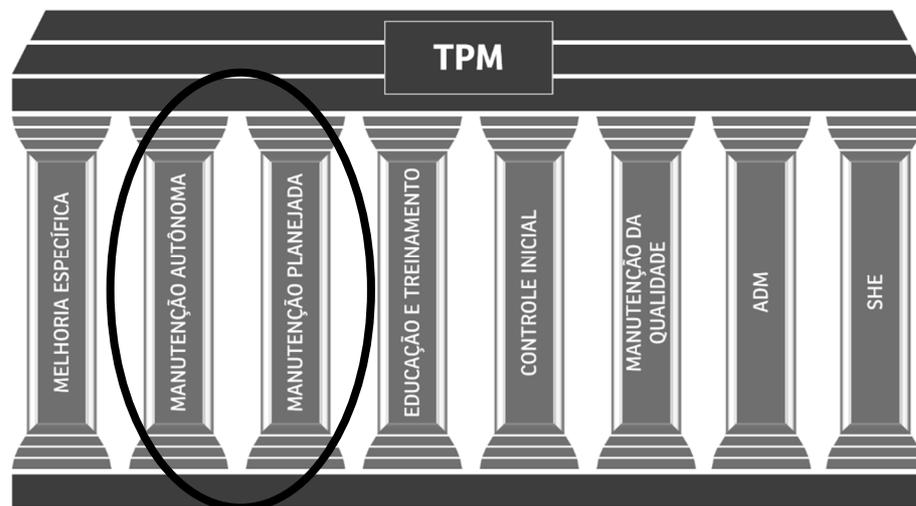


Figura 2.2 – Pilares do TPM.

Fonte: Adaptado de RODRIGUES, 2016, p. 145.

O pilar de Manutenção Autônoma: É responsável por desenvolver capacitação nos operadores sobre seus equipamentos e atividades de revisão, integração com a manutenção e comprometimento do time (RODRIGUES, 2016, p. 145). Se avaliar profissionais de primeira linha como pilotos de automóveis ou chefes de cozinha percebe-se que utilizam suas ferramentas de forma a atingir o melhor resultado, agem em busca da perfeição em suas profissões e preocupam-se profundamente com o estado de seus equipamentos. Assim, para se executar bem qualquer trabalho as pessoas precisam cuidar de suas ferramentas e equipamentos, e conservá-los em perfeitas condições (TAKAHASHI e OSADA, 2015, p. 229).

O pilar de Manutenção Planejada: É responsável por elaborar um plano de manutenção para evitar falhas nos equipamentos e maximizar sua utilização (RODRIGUES, 2016, p. 145). Esse

pilar deve estabelecer e manter ótimas condições de equipamentos e processos, deve também ser eficiente e efetivo em custos (SUZUKI, 1994, p. 145).

O pilar de Educação e treinamento: É responsável por capacitar tecnicamente todos os colaboradores envolvidos com o programa, também o desenvolvimento da liderança no modelo de gestão para melhor desenvolvimento do TPM (RODRIGUES, 2016, p. 145). Na era atual de inovação tecnológica, manter o conhecimento para si é o mesmo que regredir. Portanto, são necessários métodos que tornem mais versáteis e eficientes a educação e o treinamento (TAKAHASHI e OSADA, 2015, p. 291).

O pilar de Controle Inicial: É responsável por garantir melhores equipamentos para atender a fabricação dos produtos com as características especificadas (RODRIGUES, 2016, p. 145). É preciso pensar nas funções e estruturas dos equipamentos nos aspectos de confiabilidade, facilidade de manutenção, confiabilidade para qualidade do produto, segurança, métodos de operação e custos ainda durante o planejamento, projeto e execução, considerando os impactos na posterior eficácia do equipamento (TAKAHASHI e OSADA, 2015, p. 247).

O pilar de Manutenção da Qualidade: É responsável pela relação da confiabilidade dos equipamentos com a qualidade do produto visando zero produto fabricado fora de especificação (RODRIGUES, 2016, p. 145). Assim como o equipamento é responsável pela produção, a qualidade depende das condições dos equipamentos. Manutenção da qualidade é uma das principais atividades do TPM já que equipamentos e plantas industriais estão ficando cada vez mais automatizados. Em ambientes onde a intervenção humana está escassa, a meta desse pilar é manter e constantemente melhorar a qualidade através da manutenção eficaz dos equipamentos (SUZUKI, 1994, p. 235).

O pilar ADM (Áreas Administrativas): É responsável por garantir o funcionamento das áreas administrativas sem desperdícios, otimizando apoio à produção (RODRIGUES, 2016, p. 145). Departamentos administrativos e de suporte possuem importante papel nas atividades produtivas. A qualidade e o tempo de fornecimento de informações podem ter grandes impactos (SUZUKI, 1994, p. 18).

O pilar SHE – *Safety, Healthy and Enviroment* (Segurança, Saúde e Meio Ambiente): Através da integração dos outros sete pilares é responsável por buscar melhores condições de trabalho reduzindo riscos à segurança, saúde e meio ambiente (RODRIGUES, 2016, p. 145). Assegurar a segurança e prever impactos ambientais adversos são importantes nos processos industriais.

Estudos de operação combinados com treinamentos de prevenção de acidentes e quase acidentes são efetivas formas de abordar essas preocupações (SUZUKI, 1994, p. 19).

Até o momento foi apresentada uma visão geral sobre a metodologia TPM e a função de cada pilar no processo. Para um melhor entendimento da relação entre os pilares Manutenção Autônoma e Manutenção Planejada com as falhas de equipamentos, a seguir é apresentado um aprofundamento desses.

2.4 O Pilar de Manutenção Autônoma

A atividade de manutenção autônoma é uma das mais importantes do método TPM. Após o período em que a manutenção preventiva foi inserida, operação e manutenção foram separadas formalmente. Assim, os operadores foram perdendo o senso de dono de seus equipamentos, e, gradualmente perderam também o senso de responsabilidade por mantê-los em perfeitas condições. A manutenção autônoma praticada no TPM reverte essa tendência, operadores são envolvidos em rotinas de manutenção e atividades de melhoria que interrompem a deterioração acelerada, controla contaminação e ajuda prevenir problemas (SUZUKI, 1994, p. 14).

A manutenção autônoma tem dois grandes objetivos. Da perspectiva humana é fomentar o desenvolvimento de operadores à medida de suas necessidades. Da perspectiva do equipamento, é estabelecer ordem no chão de fábrica de modo que qualquer departamento consiga detectar se algo está normal ou não através de padrões visuais em campo (TAJIRI e GOTOH, 1999, p. 51).

O termo desenvolvimento ou conhecimento do operador não significa que um operador poderá consertar equipamentos tão bem quanto os técnicos de manutenção, ao contrário, isso enfatiza quão importante é a habilidade do operador em detectar sinais de perdas. Significa que operadores devem ser capazes de perceber que algo anormal está ocorrendo durante a operação do equipamento e priorizar ocorrências que podem causar falhas nos equipamentos e defeitos de qualidade (TAJIRI e GOTOH, 1999, p. 53).

Há duas importantes chaves de sucesso no desenvolvimento da manutenção autônoma que são profundidade e continuidade. O termo profundidade significa limpar e inspecionar partes internas do equipamento, locais de difícil acesso e não se limitar a limpeza da superfície externa do equipamento. O termo continuidade está relacionado a definir um momento na rotina dos

operadores para a limpeza, lubrificação e aperto, seguindo rigorosamente o momento reservado para o operador cuidar de equipamento (SUZUKI, 1994, p. 87).

A manutenção autônoma é implementada em sete passos, havendo necessidade de um processo de auditoria para certificação ao próximo nível (SUZUKI, 1994, p. 9). A apresentação da Figura 2.3 com os sete passos torna-se interessante pois os apresenta em forma de evolução em escada, justifica-se essa abordagem pois ao ser certificado ao próximo nível as atividades do passo anterior continuam sendo executadas.



*FC: Fontes de Contaminação; LDA: Local de difícil acesso.

Figura 2.3 – Os sete passos da manutenção autônoma.

Fonte: Adaptado de Total Productive Maintenance in Supply Chain Management. Part 2, 2017.

A seguir são detalhados os sete passos relacionando cada um deles com as atividades serem executadas.

2.4.1 Limpeza e Inspeção - Passo 01

No primeiro passo do pilar MA o objetivo é aumentar a confiabilidade por eliminar a sujeira, expor irregularidades em forma de defeitos leves, fontes de contaminação, locais de difícil acesso e fontes de problema de qualidade, e, estabelecer as condições básicas de funcionamento do equipamento (limpeza, lubrificação e reaperto) (SUZUKI, 1994, p. 102). Para expor as irregularidades, a metodologia recomenda que operadores fixem etiquetas no

equipamento no local ou próximo da anomalia encontrada. Exemplos de anomalias podem ser partes deterioradas, partes de conjunto em falta ou inadequados, componentes em mal funcionamento, ou qualquer outra que operadores tenham dúvidas quanto a condição adequada, sendo o operador que decide quem deverá tratar o problema, a própria operação ou o departamento de manutenção, utilizando etiquetas distintas para essa finalidade. Após a resolução dos problemas as etiquetas deverão ser retiradas pelos operadores. O apoio da manutenção no atendimento é fundamental e a taxa recomendada de execução de etiquetas dentro do prazo deve ser maior que oitenta por cento (TAJIRI e GOTOH, 1999, p. 95).

Um ponto chave nesse passo é que limpar no TPM é uma forma de inspecionar. O propósito não é meramente limpar mas sim expor os defeitos e anormalidades nas condições dos equipamentos. A metodologia recomenda limpar o equipamento regularmente como parte diária do trabalho e limpar profundamente removendo camadas de sujeira acumuladas por muito tempo. Lembre-se, continuidade e profundidade (SUZUKI, 1994, p. 95).

Desde o passo 1 de manutenção autônoma deve haver atenção especial para três tipos de problemas que ameaçam paralisar a produção por falha no equipamento ou qualidade de produto, e esses podem ser reparados rapidamente pela limpeza, lubrificação adequada e reaperto. Os problemas são sujeira e acúmulo de resíduos, falta de lubrificação e vazamentos, folga e oscilação de peças. Sendo assim, a limpeza, a lubrificação e aperto são as três atividades principais para evitar deterioração e podem ser consideradas a base da manutenção do equipamento (TAKAHASHI e OSADA, 2015, p. 230).

Da importância da limpeza, cita-se que conservar equipamentos limpos ajuda a detectar problemas mais rapidamente e isso conduz diretamente à regra: “Limpeza é Inspeção.” Problemas de avarias em equipamentos podem ser provocados por resíduos em embreagens de fricção e componentes de rotação, mau funcionamento de operação ou aferição provocados por espuma ou borras nos componentes pneumáticos e hidráulicos, ou ainda, falhas de contato em circuitos elétricos (TAKAHASHI e OSADA, 2015, p. 231).

Da lubrificação, seu objetivo é reduzir o atrito, o desgaste e o aquecimento de partes de máquinas que se movem, sendo um lubrificante qualquer material que atinja esses propósitos quando inseridos entre as superfícies em movimento (BUDYNAS e NISBETT, 2016, p. 600). A utilização de lubrificantes em quantidade insuficiente ou em excesso podem causar graves danos à equipamentos, e até acidentes de trabalho. Peças danificadas devido ao

superaquecimento decorrente do atrito entre partes mal lubrificadas podem ser encontradas na prática pela manutenção mecânica ao desmontar um conjunto com falha no sistema de lubrificação (ALMEIDA, 2014, p. 253). Pode-se dizer que a lubrificação é uma das mais importantes condições básicas para preservar a confiabilidade dos equipamentos. Frequentemente, encontra-se situações em que os cuidados com a lubrificação são poucos ou quase nenhum, e isso expõe equipamentos à deterioração acelerada. Ao iniciar desde o passo 01 de manutenção autônoma atividades direcionadas para a lubrificação as anormalidades serão expostas e poderão ser tratadas. Pontos importantes a serem direcionados aos operadores e mantenedores sobre a lubrificação:

- Lubrificar imediatamente quando encontrar equipamentos com lubrificação inadequada ou sem lubrificação;
- Substituir todos os lubrificantes contaminados;
- Limpar e reparar bicos de entrada de lubrificante que estejam sujos ou danificados;
- Verificar se todos os sistemas de lubrificação automática estão funcionando corretamente;
- Limpar e reparar todos os equipamentos e recipientes utilizados para a lubrificação manual evitando possíveis contaminações (SUZUKI, 1994, p. 109).

Da importância do aperto, todas as máquinas possuem parafusos e porcas como elementos construtivos essenciais para o funcionamento adequado desde que devidamente apertados. A simples falta de um parafuso pode iniciar uma reação de vibração e desgaste. Com o início da vibração, outros parafusos podem soltar aumentando a vibração do sistema e causando propagação de trincas que podem danificar componentes levando à falha do equipamento (SUZUKI, 1994, p. 109).

Há algumas partes de máquinas e equipamentos que não há possibilidade de utilizar juntas permanentes como a soldagem por exemplo, que não haveria necessidade de troca de componentes ou reaperto, pois há necessidade de operações de manutenção de montagens e desmontagens (ALMEIDA, 2015, p. 49).

Falhas em equipamentos geralmente são causados por uma combinação de condições. Vide a Figura 2.4 que exemplifica anormalidade causada pelas ações simultâneas de contaminação, vibração e folga.

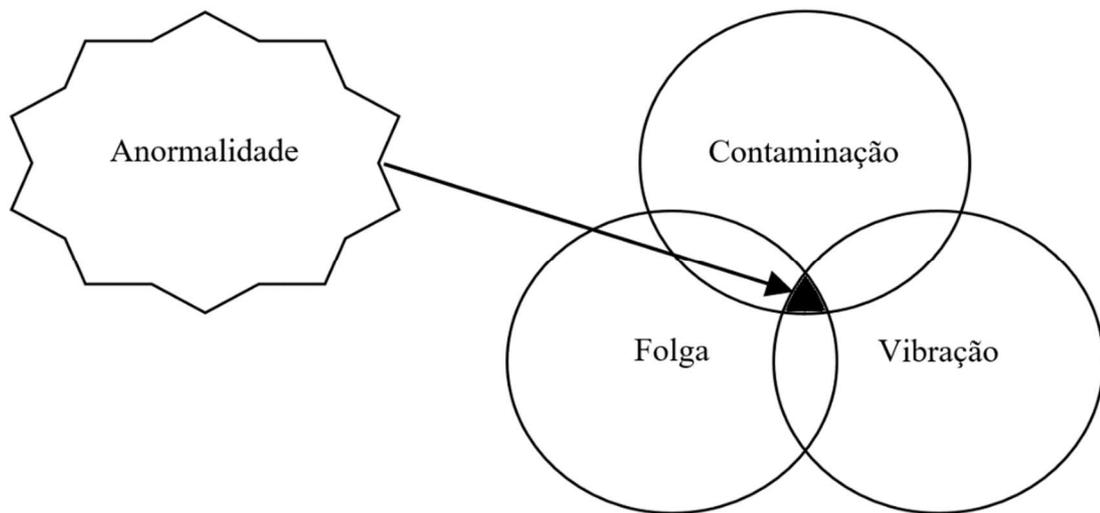


Figura 2.4 – Composição das falhas de equipamentos.

Fonte: Adaptado de SUZUKI, 1994, p. 110.

Durante a implementação do passo 01 da manutenção autônoma, é recomendado direcionar ações listadas abaixo para procurar e expor anormalidades relacionadas a porcas e parafusos. Essas ações são de grande importância para estabelecer as condições básicas dos equipamentos e eliminar fontes de muitos problemas:

- Realizar o reaperto de parafusos e porcas;
- Recolocar elementos de fixação faltantes;
- Substituir porcas espanadas e parafusos com excesso de comprimento;
- Substituir parafusos e porcas desgastados;
- Utilizar sistemas de travas para locais que se soltam com frequência.

Ao manter constante os cuidados com as condições básicas dos equipamentos pelas atividades de limpeza, lubrificação e aperto, falhas em equipamentos passarão a ser coisa do passado (SUZUKI, 1994, p. 110).

O primeiro estágio de implementação da manutenção autônoma é a criação do alicerce para todas as outras atividades de TPM (TAJIRI e GOTOH, 1999).

Para melhor entendimento da importância da manutenção das condições básicas dos equipamentos, pode-se tomar como uma referência um conceito de gerenciamento de segurança, onde para cada ferimento grave há dez ferimentos menores, trinta incidentes com danos à propriedade (sem danos às pessoas) e seiscentos erros que por pouco não causaram nenhum tipo de prejuízo. Com esse mesmo conceito, a importância é que quanto menores os

erros, menores as chances de um dano grave (DENNIS, 2008, p. 59). Para o caso dos equipamentos, segue uma representação e exemplo para melhor entendimento na Figura 2.5.

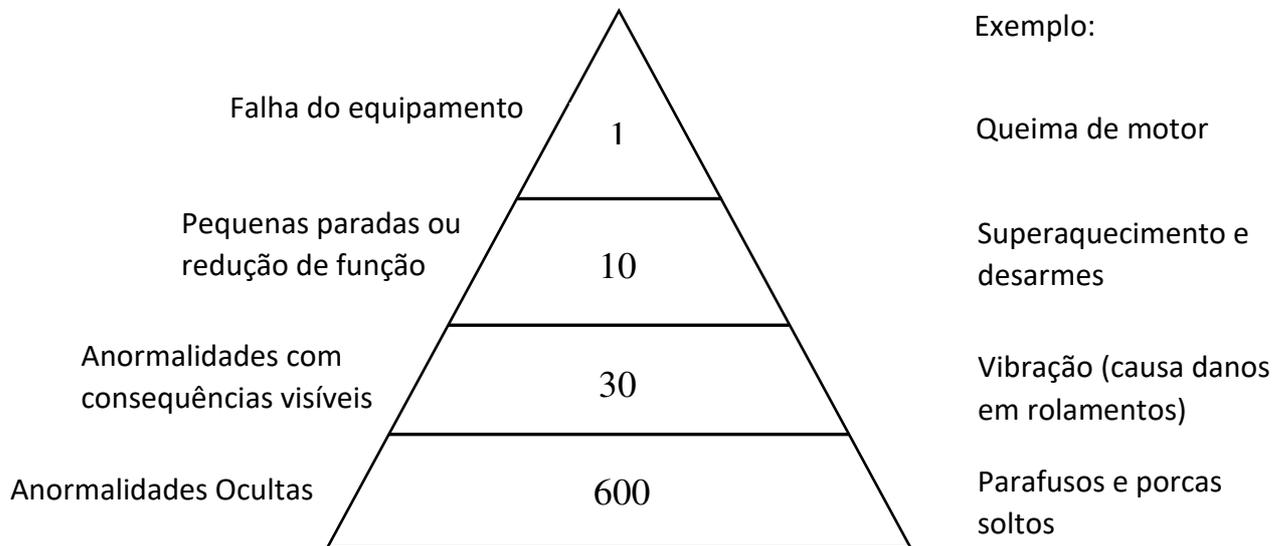


Figura 2.5 – Pirâmide de perda do equipamento.

Fonte: Adaptado de DENNIS, 2008, p. 60.

A chave para a redução de falhas é a prevenção da deterioração forçada através da limpeza, lubrificação e aperto (SUZUKI, 1994, p. 93).

Do referencial teórico para passo 01 de manutenção autônoma destaca-se que é o momento da restauração de equipamentos e prevenção da deterioração forçada através da manutenção das condições básicas que é a chave para a redução de falhas.

Os equipamentos presentes nesse estudo foram aprovados em processo de auditoria nos níveis de operação, coordenação e gerencial, e atualmente trabalham conceitos de passo 02 que é a eliminação de fontes de contaminação e locais de difícil acesso, mantendo o aprendizado alcançado em passo 01.

2.4.2 Eliminação de Fontes de Contaminação (FC) e Locais de Difícil Acesso (LDA) – Passo 02

O objetivo do passo 02 é reduzir o tempo gasto com limpeza e inspeção de equipamentos, eliminando fontes de contaminação e melhorando locais para limpar, inspecionar, reapertar e

lubrificar. Os equipamentos têm sua confiabilidade aumentada pela prevenção de adesão de sujeira controlando-as em suas fontes, também ficam mais fáceis de ser mantidos pela facilitação dos acessos (TAJIRI e GOTOH, 1999, p. 59).

Corrigir fontes de sujeira, prevenir vazamentos e derramamentos e melhorar o acesso para as atividades de limpeza, lubrificação e aperto com objetivo de reduzir o esforço empregado pelo operador é o objetivo desse passo (JAPAN INSTITUTE OF PLANT MAINTENANCE, 1997, p. 9).

Os pontos principais para tratar as fontes de contaminação são:

- Verificar precisamente a natureza da contaminação, isto é, como e onde é gerada;
- Reunir dados quantitativos relacionados a vazamentos, transbordamentos e outras fontes de contaminação, pois isso ajuda o operador a entender a importância de dados de medições;
- Localizar a fonte de contaminação e persistentemente reduzi-la através de sucessivas melhorias em pequenos grupos incluindo apoio de técnicos e liderança;
- Considerar utilizar novas técnicas e materiais de juntas, vedações e proteções de dispositivos (SUZUKI, 1994, p. 112).

2.4.3 Padrão Provisório – Passo 03

O objetivo desse passo é garantir a manutenção dos ganhos obtidos nos passos 1 e 2 assegurando as condições básicas dos equipamentos. Para isso, o time de operadores deve padronizar os procedimentos de limpeza e inspeção tomando a responsabilidade pelos cuidados de seus equipamento. Muitas empresas tem excelentes padrões de inspeção, mas os operadores não os utilizam. Durante o passo 1 operadores empregam um grande esforço na limpeza e correção de anomalias para os equipamentos atingirem as condições básicas. Durante o passo 2 empregam esforço em atividades de melhoria para reduzir o esforço. Agora, com orientação adequada, operadores realizam a padronização das atividades para manutenção pois estão motivados, habilitados e temo a oportunidade de elaborar padrões que realmente serão utilizados no dia a dia para prevenção da deterioração (SUZUKI, 1994, p. 115).

Nesses primeiros três passos os operadores sempre devem ser envolvidos de forma a fazê-los entender a importância e habilitá-los a definir os padrões. No conceito aplicado, os

operadores devem entender que as regras devem ser definidas por quem as seguirão (TAJIRI e GOTOH, 1999, p. 63).

Os operadores devem elaborar padrões com objetivo de assegurar que as atividades de limpeza, lubrificação e aperto sejam realizadas de forma eficiente. É recomendado realizar uma programação para tarefas periódicas (JAPAN INSTITUTE OF PLANT MAINTENANCE, 1997, p. 9).

2.4.4 Inspeção Geral – Passo 04

Nesse passo é trabalhado principalmente o desenvolvimento técnico de habilidades do operador. Geralmente acredita-se, no entanto, que operadores devem somente seguir instruções e acionar equipamentos, havendo muitas empresas que não fazem esforço algum para ensinar aos operadores sobre seus equipamentos. Algumas até mesmo realizam redução de quadro operacional e dizem aos remanescentes para não se preocuparem com a manutenção. Nesses casos, operadores não fazem mais do que apertar botões e martelar tubulações para desobstruir o fluxo. Operadores que realmente trazem resultados devem ser capazes de realizar pequenos serviços, mas sua habilidade em detectar anormalidades em tempo de prevenir falhas nos equipamentos e defeitos de qualidade é muito mais importante. Deve ser desenvolvido um plano de treinamento sobre todos os aspectos do equipamento, desde as funções básicas, construção e princípios de operação, até procedimentos de inspeção no próprio equipamento (SUZUKI, 1994, p. 120).

Atividades de treinamento devem ser desenvolvidas por categoria de inspeção como por exemplo elétrica, hidráulica, pneumática e transmissão de força, devidamente preparadas com listas de verificação, manuais de fabricantes e outros materiais para cada categoria. Após a realização do treinamento, inspecionar e resolver os problemas detectados, identificando dificuldades de inspeção (TAJIRI e GOTOH, 1999, p. 63).

Nesse passo, introduzir controles visuais em campo pode contribuir para inspeções mais rápidas e habilitar quaisquer outras pessoas a realizar inspeção de forma confiável. Alguns exemplos de controles visuais são: identificação de correias em “V”, tipos de lubrificantes utilizados, mostradores de nível, faixa de trabalho de medidores, indicadores de posição de válvulas, indicação de sentido de fluxo de tubulações e indicação de sentido de rotação de equipamentos rotativos (SUZUKI, 1994, p. 102).

2.4.5 Inspeção Autônoma – Passo 05

Os quatro passos anteriores da manutenção autônoma direcionam ações para o desenvolvimento de operadores competentes em seus próprios equipamentos de forma a elevar a confiabilidade deles. Mas, somente essa abordagem não garante a eficácia da operação e controle dos processos industriais. O propósito do quinto passo é desenvolver operadores para que sejam também especialistas dos processos de fabricação, de forma a serem capazes de realizar ajustes precisos e configurações baseadas em conhecimentos sólidos dos materiais em que estão em processo. De acordo com o nível de conhecimento, operadores competentes em seus processos devem realizar as seguintes atividades:

Nível 1: - Entender a performance dos processos e funções; - Operar corretamente os processos.

Nível 2: - Entender as propriedades dos materiais em processo de fabricação; - Realizar configurações e ajustes corretamente.

Nível 3: - Detectar prontamente anormalidades nos processos; - Realizar ações de emergência contra as anormalidades.

Nível 4: - Reconhecer sinais de anormalidade; - Resolver anormalidades corretamente; - Realizar revisão periódica e substituição de componentes corretamente.

Os operadores devem trabalhar com o pessoal de manutenção para aprender como realizar a revisão periódica e substituir componentes corretamente. Como nos passos anteriores, o departamento de manutenção deve servir de apoio técnico para equipamentos (SUZUKI, 1994, p. 125).

Padrões visuais devem ser utilizados com mais intensidade e os padrões de manutenção autônoma devem ser revisados para maior eficiência (TAJIRI e GOTOH, 1999, p. 65).

O gerenciamento visual é uma ferramenta que habilita qualquer pessoa a identificar problemas em campo sem ter estudado a cada padrão individual (vide exemplo na Figura 2.6). É uma forma geral de verificar as condições atuais, como o trabalho está sendo seguido, se a faixa de operação é aceitável, como o equipamento está sendo utilizado, ou até mesmo quais os níveis de estoque atuais. Esses são pontos chave para tornar problemas visíveis e tratar com atividades de melhoria (JAPAN INSTITUTE OF PLANT MAINTENANCE, 1995, p. 150).

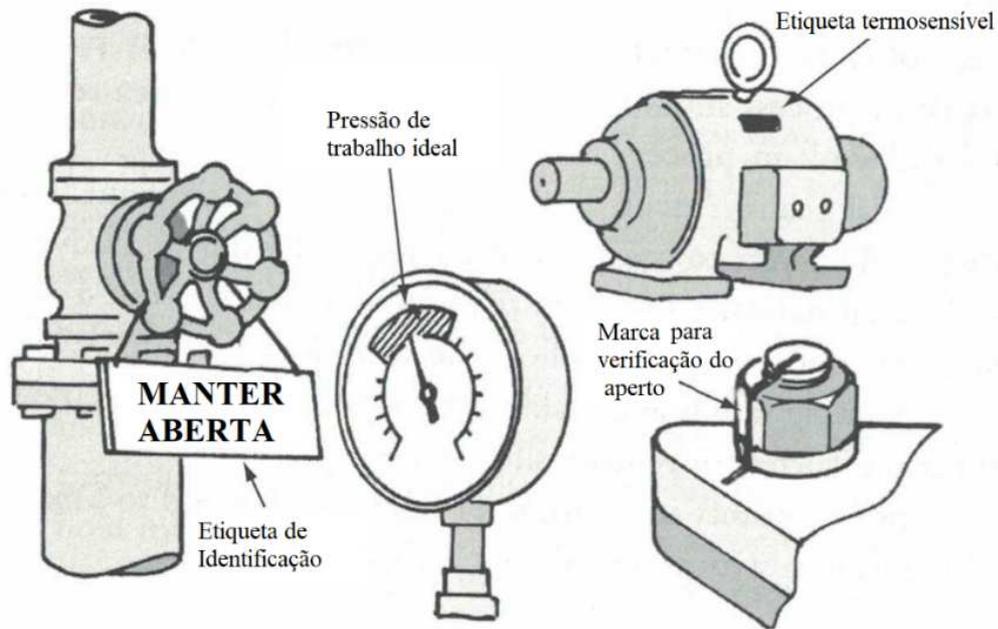


Figura 2.6 – Exemplos de padrões visuais em campo.

Fonte: Adaptado de JAPAN INSTITUTE OF PLANT MAINTENANCE, 1995, p. 149.

2.4.6 Padronização – Passo 06

As atividades desse passo contemplam padronizar vários itens de controle, preparação de diagramas de fluxo de processos e manuais de manutenção da qualidade, direcionando aprofundamento do conhecimento do operador sobre a relação entre equipamento e qualidade. Operadores expõem as fontes dos defeitos de qualidade através de uma inspeção geral direcionada à manutenção da qualidade, em seguida utilizam documentos como diagramas de fluxo de processos e diagramas da estrutura do equipamento para gradualmente construir um sistema que os habilitam a detectar prontamente e corrigir anormalidades relacionadas à qualidade dos produtos (SUZUKI, 1994, p. 130).

As correções de causas de problemas de qualidade são foco do trabalho nesse passo. Identificar condições de qualidade para cada processo e relacionar com a parte do equipamento, realizar melhorias nos equipamentos visando qualidade de fabricação, revisar as condições de qualidade e padrões de inspeção estabelecendo um sistema que assegura a qualidade do processo. Com a realização de uma profunda avaliação da qualidade do processo requerida e condições de qualidade reais os operadores mantêm a prevenção dos processos contra defeitos de qualidade (TAJIRI e GOTOH, 1999, p. 65).

2.4.7 Auto Controle – Passo 07

No último passo do pilar de Manutenção Autônoma, diz-se que o ciclo está firmemente implementado no chão de fábrica quando operadores conseguem entregar por si só resultados relacionados com políticas corporativas e metas de produção, em outras palavras, sem a necessidade de supervisão do trabalho. Operadores continuamente realizam e mantêm as ótimas condições da planta definindo as regras que eles devem seguir (TAJIRI e GOTOH, 1999, p. 66).

Dentre as atividades estão o direcionamento do trabalho e de melhorias alinhadas com a política e objetivos da organização, e, trabalhar em redução de custos eliminando qualquer tipo de desperdício. Faz parte do trabalho também a análise de dados dos equipamentos de várias formas para melhorias relacionadas a elevação da confiabilidade do equipamento, processo, segurança, qualidade, facilidade de manutenção e operação (SUZUKI, 1994, p. 102).

Na mesma linha de raciocínio, outro autor direciona a importância de desenvolver políticas e objetivos da companhia, tornar atividades de melhorias parte do dia a dia e manter indicador *Mean Time Between Failures* (MTBF) confiável, analisando e utilizando esse para direcionar melhorias de equipamentos (JAPAN INSTITUTE OF PLANT MAINTENANCE, 1997, p. 9).

2.5 O Pilar de Manutenção Planejada

O pilar de manutenção planejada deve ser estabelecido pelo departamento de manutenção. Pouco, ou nenhum resultado deve ser esperado a menos que o departamento de manutenção faça rapidamente um esforço concentrado para as atividades. É de fundamental importância a colaboração máxima entre os departamentos de operação e manutenção (TAJIRI e GOTOH, 1999, p. 17). Manutenção planejada consiste em elaborar um plano de manutenção preventiva e preditiva para maximizar a utilização do equipamento (RODRIGUES, 2016, p. 145).

Um ponto específico nas atividades de manutenção é a dificuldade de se avaliar a qualidade do trabalho realizado. Um trabalho preventivo mal realizado, muitas vezes pode causar uma falha no equipamento. Ainda que, com pouco tempo de uso do equipamento após a manutenção, torna-se difícil saber o problema resultou de erros de montagem ou peças com defeito. Em resumo, a manutenção deve garantir a qualidade de seu próprio trabalho respeitando os métodos para preparação, execução e validação das atividades. Do ponto de vista da eficiência da realização, sabe-se que um trabalho planejado pode ser executado de forma muito mais rápida,

com maior qualidade e segurança do que um trabalho executado para correção de uma falha, dessa forma é essencial criar planos de manutenção e se preparar adequadamente para a execução (TAKAHASHI e OSADA, 2015, p. 170).

O desenvolvimento do pilar de Manutenção Planejada pode ser dividido em seis passos apresentados a seguir na Tabela 2.3.

É essencial no pilar de Manutenção Planejada que todos tenham a consciência do suporte que deve ser dado em todas as atividades de manutenção autônoma. Ajudar os operadores a entender e superar os efeitos da deterioração em seus equipamentos envolve os seguintes pontos:

- Atuar prontamente em qualquer deterioração ou irregularidade que os operadores encontrarem e precisarem do apoio da manutenção para resolver;
- Ensinar aos operadores sobre a estrutura e funções dos equipamentos;
- Fornecer orientação prática aos operadores para inspecionar, restaurar e realizar pequenas melhorias nos equipamentos;
- Apoiar os operadores na identificação das fontes de sujeira e locais de difícil acesso, para limpar, inspecionar, apertar e lubrificar;
- Apoiar os operadores na elaboração dos padrões de inspeção e ajudar a implementá-los;
- Ensinar os operadores sobre lubrificação e padronizar os tipos de lubrificantes (SUZUKI, 1994, p. 169).

Frequentemente o departamento de manutenção não tem tempo para realizar a manutenção planejada porque está muito envolvido cuidando das falhas de equipamentos. Os primeiros passos de implementação do pilar de Manutenção Planejada direcionam o suporte à manutenção autônoma na restauração das condições básicas dos equipamentos, para que possam então atuar de forma planejada (SUZUKI, 1994, p. 169).

Classificação de equipamentos, programação de atividades e definição de padrões de trabalho fazem parte da organização desse pilar. Também, o uso de um software específico para gestão da manutenção é uma ferramenta importante para agilizar e aprimorar as fases de planejamento e programação. Para maior agilidade, recomenda-se o uso de sistemas com capacidade de integração com outros sistemas utilizados na empresa nas áreas de produção e aquisição de suprimentos (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009, p. 241).

Tabela 2.3 – Passo a passo do desenvolvimento do pilar Manutenção Planejada.

Passo	Atividades
1 – Avaliar equipamentos e entender situação.	<ul style="list-style-type: none"> - Preparar ou atualizar dados de equipamentos; - Avaliar equipamentos: estabelecer critério de avaliação e priorização; - Definir método de classificação de falhas; - Entender a situação medindo número de falhas, frequência, severidade; - Definir metas de manutenção.
2 – Reverter a deterioração e corrigir as fraquezas.	<ul style="list-style-type: none"> - Estabelecer as condições básicas, reverter as deteriorações e eliminar as causas de deterioração acelerada (suporte à manutenção autônoma); - Conduzir atividades de melhorias específicas para corrigir fraquezas e estender a vida útil; - Tomar medidas para evitar repetição de falhas graves; - Introduzir melhorias para reduzir erros de processo.
3 – Construir sistema de gerenciamento de manutenção.	<ul style="list-style-type: none"> - Construir sistema de gerenciamento de falhas dos equipamentos; - Construir sistema de gerenciamento de manutenção (controle do histórico de intervenções no equipamento, planos de manutenção e inspeção). - Construir sistema de gerenciamento de orçamento; - Construir sistema de controle de peças reservas, desenhos e dados técnicos dos equipamentos.
4 – Construir sistema de manutenção periódica.	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar preparação para manutenção periódica (peças necessárias, instrumentos de medição, lubrificantes, desenhos e dados técnicos); - Preparar um fluxo do sistema de manutenção periódica; - Selecionar equipamentos e componentes para a manutenção e formular um plano; - Preparar ou atualizar os padrões de manutenção (padrões de inspeção e critérios de aceitação, materiais e ferramentas); - Melhorar os tempos de parada de manutenção e fortalecer o controle sobre os trabalhos subcontratados.
5 – Construir um sistema de manutenção preditiva.	<ul style="list-style-type: none"> - Introduzir diagnóstico de equipamentos instrumentada (treinamento e compra de equipamentos); - Preparar fluxo de manutenção preditiva; - Selecionar equipamentos e componentes para manutenção preditiva e gradativamente aumentar; - Desenvolver equipamentos e tecnologias.
6 – Avaliar o sistema de manutenção planejada.	<ul style="list-style-type: none"> - Avaliar a melhoria da confiabilidade, número de falhas, pequenas paradas e MTBF; - Avaliar a melhoria da taxa de manutenção periódica e taxa de manutenção preditiva; - Avaliar economia de despesas de manutenção.

Fonte: Adaptado de SUZUKI, 1994, p.160.

2.6 Cinco Medidas para Falha Zero

Na metodologia TPM a busca incessante da condição de Falha Zero significa que equipamentos operem sem falhas ou sem interrupções para o período que está programado o trabalho. Significa que todos devem trabalhar nessa direção, diminuindo constantemente interrupções não programadas. Falhas em equipamentos é o principal fator que influencia o rendimento e deve ser fortemente combatida (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009, p. 237). A estratégia básica para a atingir a Falha Zero é expor os defeitos escondidos e atuar na correção de forma programada antes que as falhas aconteçam. Em outras palavras, toda equipe preocupada com a manufatura precisa mudar suas atitudes e modos de pensar, organizando contramedidas para as cinco causas essenciais das falhas e executando atividades com profundidade e continuidade o termo Zero Falhas pode ser atingido dentro de um período programado de produção (TAJIRI e GOTOH, 1999, p. 29). Vide a Figura 2.7 que apresenta as cinco principais causas de falhas.

Ações para combater essas cinco causas essenciais são necessárias:

- 1 – Estruturar as condições básicas dos equipamentos através das atividades de limpeza, lubrificação e aperto, conforme já detalhado o assunto na implementação do passo 01 de manutenção autônoma;
- 2 – Cumprir as condições de trabalho estabelecidas em projeto;
- 3 – Restaurar deteriorações;
- 4 – Sanar deficiências de projeto;
- 5 – Capacitar pessoal de operação e manutenção para operar e reparar corretamente (FOGLIATTO e RIBEIRO, 2009, p. 237).

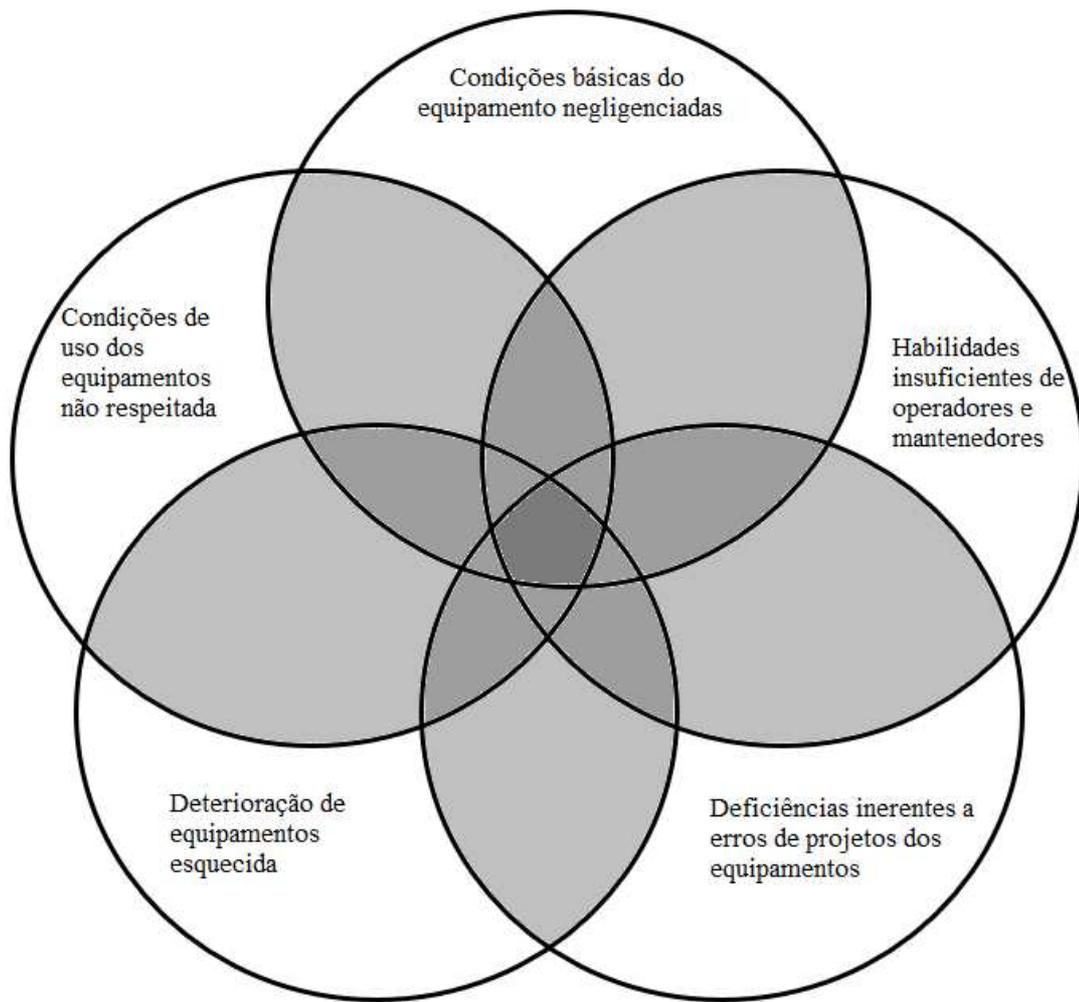


Figura 2.7 – As cinco causas essenciais das falhas de equipamentos.

Fonte: Adaptado de TAJIRI e GOTOH, 1999, p. 30.

A figura 2.8 destaca a responsabilidade de execução em cada uma dessas cinco contramedidas em busca da Falha Zero.

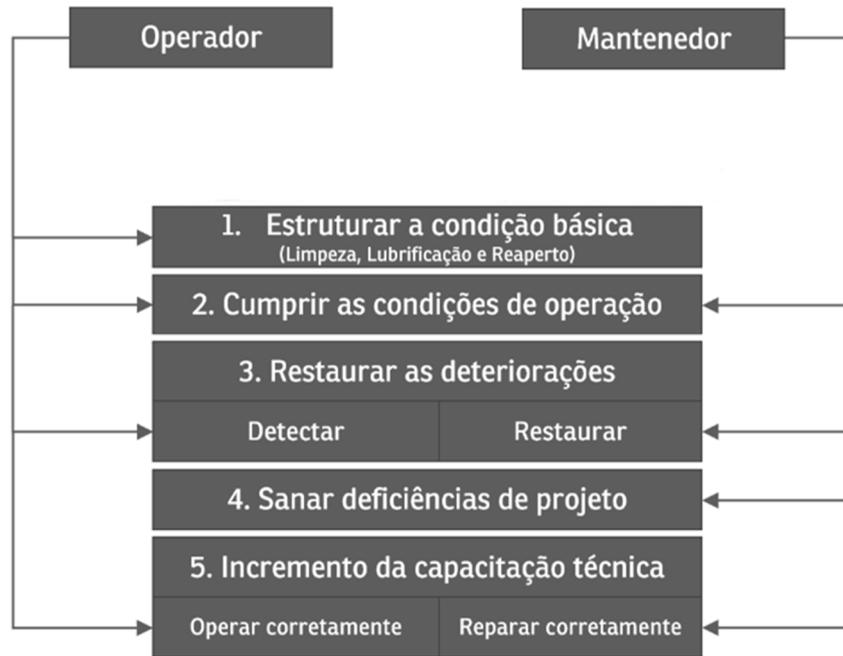


Figura 2.8 – Responsabilidades para as cinco medidas para falha zero.

Fonte: Adaptado de TAJIRI e GOTOH, 1999, p. 42.

Com base na Figura 2.8 tem-se: Estruturar as condições básicas dos equipamentos (1) é ação de responsabilidade dos operadores. Cumprir as condições de operação (2) é uma responsabilidade compartilhada entre manutenção e operação, já que muitas vezes os operadores ainda não conhecem a estrutura e funções dos equipamentos e é necessário apoio da manutenção nessa etapa. Restaurar as deteriorações (3) é de responsabilidade tanto da manutenção quanto da operação ao detectar anormalidades nos processos de limpeza e inspeção. Sanar deficiências de projeto (4) é uma atividade de responsabilidade exclusiva da manutenção. Incremento de capacitação técnica (5) é uma ação relacionada tanto com a manutenção quanto com a operação. O desenvolvimento dos padrões de inspeção e implementação de padrões visuais em campo podem acelerar esse processo de capacitação em ponto mais importantes do processo. (TAJIRI e GOTOH, 1999, p. 42).

O departamento de manutenção não consegue atingir a marca de Falha Zero aplicando somente manutenções planejadas. Tão pouco, o departamento de produção consegue somente com as atividades de manutenção autônoma. Ambos devem atingir resultados expressivos através de uma combinação de manutenção planejada e manutenção autônoma implementando as cinco medidas para Falha Zero (SUZUKI, 1994, p. 156).

2.7 Resultados Esperados

Uma atitude agressiva é esperada para as cinco medidas para quebra zero com objetivo de atingir as melhorias nos equipamentos e produtos aplicando os conhecimentos adquiridos ao longo do processo (TAJIRI e GOTOH, 1999, p. 57). Para referência do que pode ser feito, resultados de atividades de inspecionar e reparar rapidamente as anomalias em busca da falha zero em uma fábrica de automóveis são apresentados na Figura 2.9. Pelo gráfico dessa figura é perceptível a redução de falhas em função da deterioração forçada nos dois primeiros anos de atuação da manutenção autônoma com redução de 6.000 falhas por mês no início para 4000 falhas por mês no segundo ano, uma redução próxima de 33%. Destaca-se esse ponto, pois no estudo de caso a ser apresentado os equipamentos encontram-se exatamente nessa fase de implementação da manutenção autônoma.

A metodologia apresenta resultados mensuráveis relacionados à falhas em equipamentos como por exemplo a redução de 90% quando da implementação total do TPM. Também, outros benefícios tangíveis são apresentados como o produtividade aumentada de 50% a 100%, a redução de 90% de fabricação de produtos fora de especificação, a redução de 75% de reclamação de clientes e a redução de custo de produção em 30% (SUZUKI, 1994, p. 4).

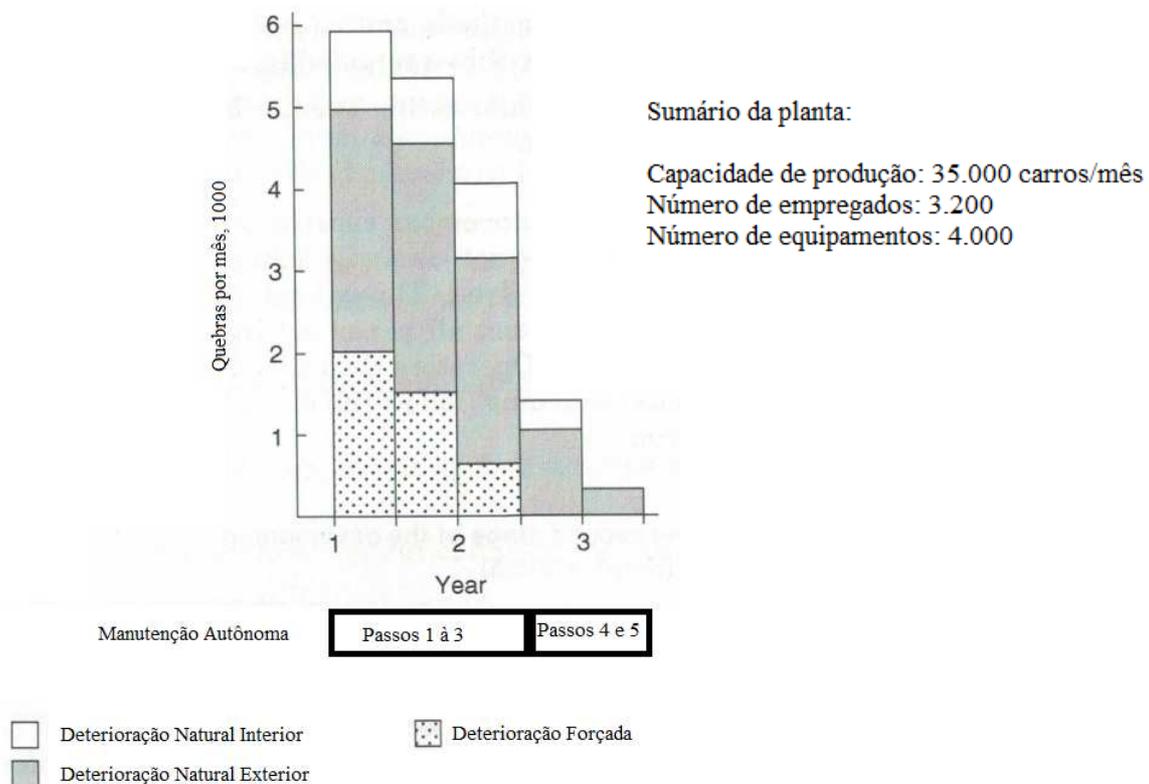


Figura 2.9 – Desafio Zero Falhas em fábrica de automóveis.

Fonte: Adaptado de TAJIRI e GOTOH, 1999, p. 64.

3 METODOLOGIA

A apresentação de pesquisas em forma de estudo de caso surge da necessidade de entender fenômenos complexos, permitindo que os investigadores foquem um caso e retenham uma perspectiva abrangente do assunto e do caso real estudado (YIN, 2015, p. 4).

O sucesso de um estudo de caso depende da perseverança, criatividade e raciocínio crítico do pesquisador para construir descrições, interpretações e explicações que possibilitem a extração de conclusões e recomendações. Nesse contexto, o pesquisador deve apresentar evidências dos dados que representam os resultados alcançados (MARTINS, 2008, p. 3).

Ao encontro das informações apresentadas sobre o estudo de caso, a seguir é apresentada de forma detalhada a metodologia aplicada nesse trabalho.

3.1 Metodologia Aplicada

Esse trabalho é apresentado em forma de estudo de caso realizado em empresa do segmento sucroalcooleiro em Goianésia-GO, tendo como principal evidência para análises de resultados os dados de ordens de serviço do sistema de gerenciamento de manutenção SAP-PM utilizado pela organização em questão. Esses dados foram exportados para a aplicação Microsoft Excel e trabalhados para a apresentação em forma de gráficos. Importante salientar que o trabalho não pode ser caracterizado um experimento, pois não há controle das muitas outras variáveis que poderiam ter interferido nos resultados.

Para os equipamentos e áreas onde ocorreram atuações integradas do pilar de Manutenção Autônoma e do Pilar de Manutenção Planejada, são apresentados resultados de dados de número de falhas, custo de reparo das falhas e horas homem trabalhadas em falhas comparando-se o ano de 2019 em relação a 2020, respectivamente referente ao período antes e após implementação desses pilares. Ao final dos resultados, são apresentados dados consolidados os para equipamentos e áreas envolvidas no estudo.

A seguir, apresenta-se o desenvolvimento da implementação e após os resultados obtidos.

4 DESENVOLVIMENTO

O processo de implementação dos pilares de Manutenção Autônoma e Manutenção Planejada é detalhado a seguir, iniciando com a criação da estrutura para desenvolvimento do trabalho.

4.1 A criação da estrutura de promoção dos pilares MA e MP

Após treinamento inicial com lideranças foram definidas as pessoas que conduziriam os trabalhos do pilar de Manutenção Autônoma e Manutenção Planejada. Para o pilar de Manutenção Autônoma foram definidos seis colaboradores, sendo um deles o líder do pilar que atuava como gestor de produção e outros três que atuavam com liderança nos times dos operadores dos equipamentos em que seria implementada a manutenção autônoma. Para o pilar de Manutenção Planejada foram definidos também seis colaboradores, sendo um deles o líder do pilar que atuava como gestor de manutenção e outros com coordenação de equipes de manutenção e PCM (Planejamento e Controle de Manutenção). Como facilitador do programa foi definido um colaborador que atuava como coordenador de PCM. Segue na Figura 4.1 exemplo da estrutura de promoção criada para a manutenção autônoma na empresa estudada.

Definida a estrutura dos pilares, foi realizada a definição dos equipamentos que iniciariam o processo de implementação da manutenção autônoma em 2020, sendo esses:

- Filtro Lodo 01: Área de Filtração de Lodo, diversas perdas de processo e falhas no ano de 2019 foram os principais motivos da escolha.
- Esteira 05: Área de Preparo de Cana, equipamento crítico para o processo foi o principal motivo da escolha.
- Peneira 01: Área de Tratamento de Caldo, na preparação da entressafra anterior o diagnóstico de desgastes acentuados não detectados previamente por operação e manutenção foi o principal motivo da escolha.

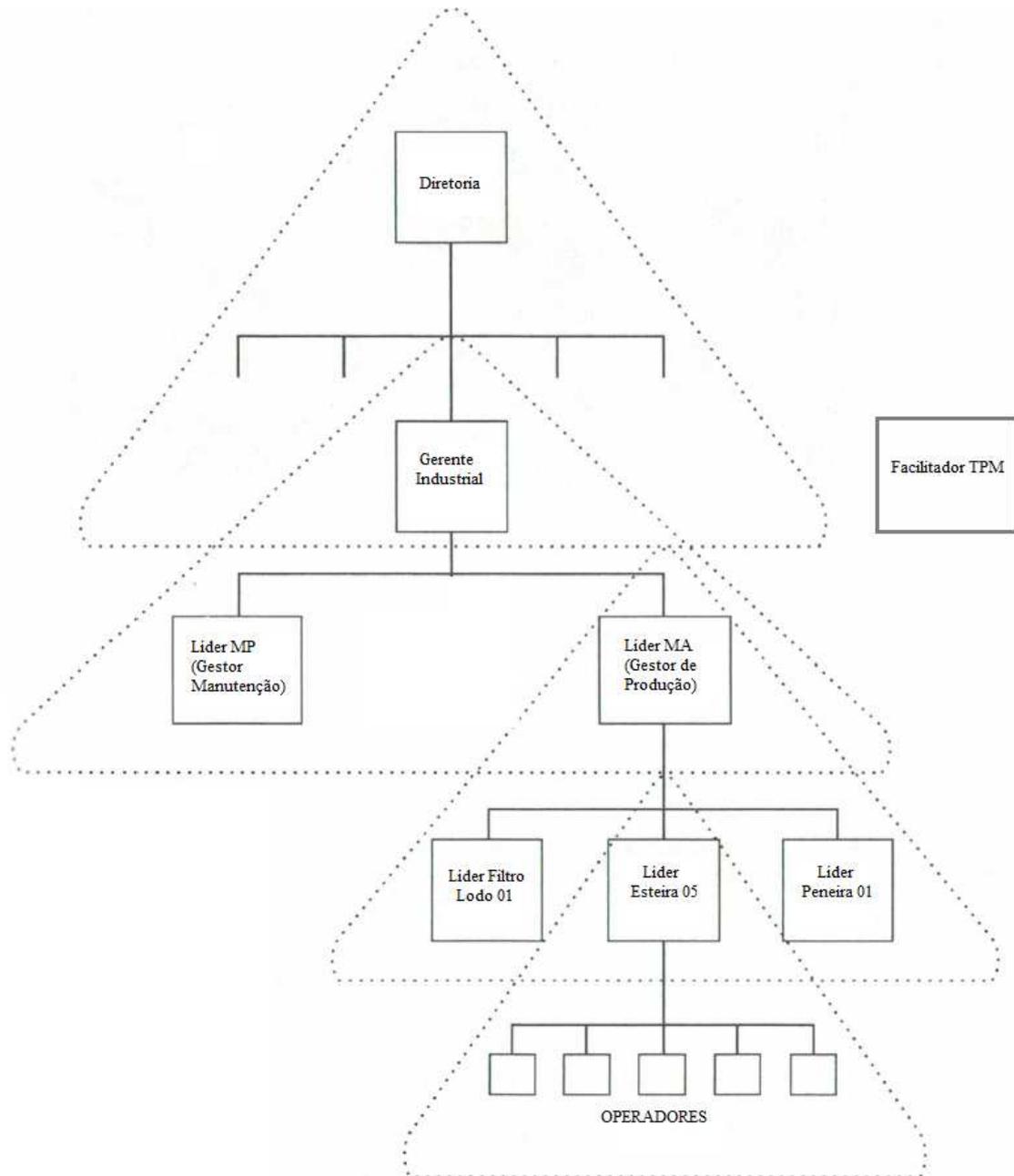


Figura 4.1 – Exemplo de estrutura de promoção para a manutenção autônoma.

Fonte: Adaptado de JAPAN INSTITUTE OF PLANT MAINTENANCE, 1995, p. 5.

4.2 A implementação do pilar Manutenção Autônoma

Como visto no referencial teórico, o pilar de Manutenção Autônoma é um dos mais importantes fundamentos da metodologia TPM. A continuidade e a profundidade das atividades de limpeza e inspeção são chave para o sucesso (SUZUKI, 1994, p. 87). Para obter continuidade foi direcionado aos supervisores de produção que designassem um momento específico para limpeza, inspeção, lubrificação e aperto diariamente nos equipamentos. Na manutenção, foi

feita a definição de responsáveis técnicos para cada especialidade em cada equipamento do projeto e inseridas as atividades nas programações semanais organizadas pelo PCM. No aspecto da profundidade dos trabalhos, a presença das lideranças no pilar de Manutenção Autônoma colaborou para o direcionamento e entendimento da importância em nível operacional.

Quando da realização das atividades de limpeza, inspeção, lubrificação e aperto diariamente, as anomalias encontradas eram identificadas com etiquetas em cores e formatos distintos de acordo com a responsabilidade de atuação da operação ou manutenção (Vide figura 4.2 com exemplo de etiquetas de anomalias). Ao corrigir os problemas encontrados, as etiquetas eram retiradas pelos operadores como uma forma de validar o serviço que foi feito e criar um momento de troca de conhecimentos entre operação e manutenção.

The image shows two vertical rectangular forms for reporting anomalies. The left form is titled 'ETIQUETA DE ANOMALIA OPERAÇÃO' and the right form is titled 'ETIQUETA DE ANOMALIA MANUTENÇÃO'. Both forms have a similar layout:

- Header:** 'ETIQUETA DE ANOMALIA' followed by the specific category ('OPERAÇÃO' or 'MANUTENÇÃO').
- Fields:**
 - TAG: _____ Date: __/__/__
 - Encontrado por: Turno (1, 2, 3) Nome _____ Matrícula _____
 - Prioridade: 1 (Muito elevada) 2 (Elevada) 3 (Média) 4 (Baixa)
 - Nota / Ordem: _____
 - DESCRIÇÃO DA ANOMALIA (with multiple horizontal lines for text)
- Footer:** 'COLOQUE ESTA VIA NO EQUIPAMENTO'

Figura 4.2 – Exemplo de etiquetas de anomalias.

Adaptado de TAJIRI e GOTOH, 1999, p. 94.

Com a identificação das anomalias e restauração das condições básicas dos equipamentos em andamento dois pontos importantes foram observados pela equipe de condução do projeto:

1 – Mesmo ainda sem treinamento técnico direcionado aos operadores, o momento criado para interação entre produção e manutenção auxiliava em dúvidas sobre funções de partes

do equipamento e a melhor forma de operar. Ou seja, já estava em andamento a capacitação do operador somente pelo próprio contato diário com os mantenedores.

2 – No início, alguns mantenedores entenderam como não necessárias algumas pequenas intervenções, mas ao longo do trabalho foi entendido pela equipe de manutenção a quantidade de anomalias que estavam sendo negligenciadas. Ou seja, já estava em andamento também a capacitação do pessoal de manutenção pelo simples contato diário com operadores observando a quantidade de anomalias presentes nos equipamentos.

Ao fixar etiquetas nos locais das anomalias, as inconveniências ficam expostas de forma que todos possam ver que existem problemas e que devem ser tratados. Uma abordagem importante no encontro diário entre operadores e mantenedores é discutir ações para resolver as etiquetas pendentes. Para supervisão, é importante acompanhar os prazos de execução. Lembrando, conforme recomendação da metodologia, oitenta por cento das etiquetas devem ser atendidas dentro de prazo (TAJIRI e GOTOH, 1999, p. 95). Vide a Figura 4.3 com o fluxo simplificado para tratativas de etiquetas de anomalias no caso estudado.

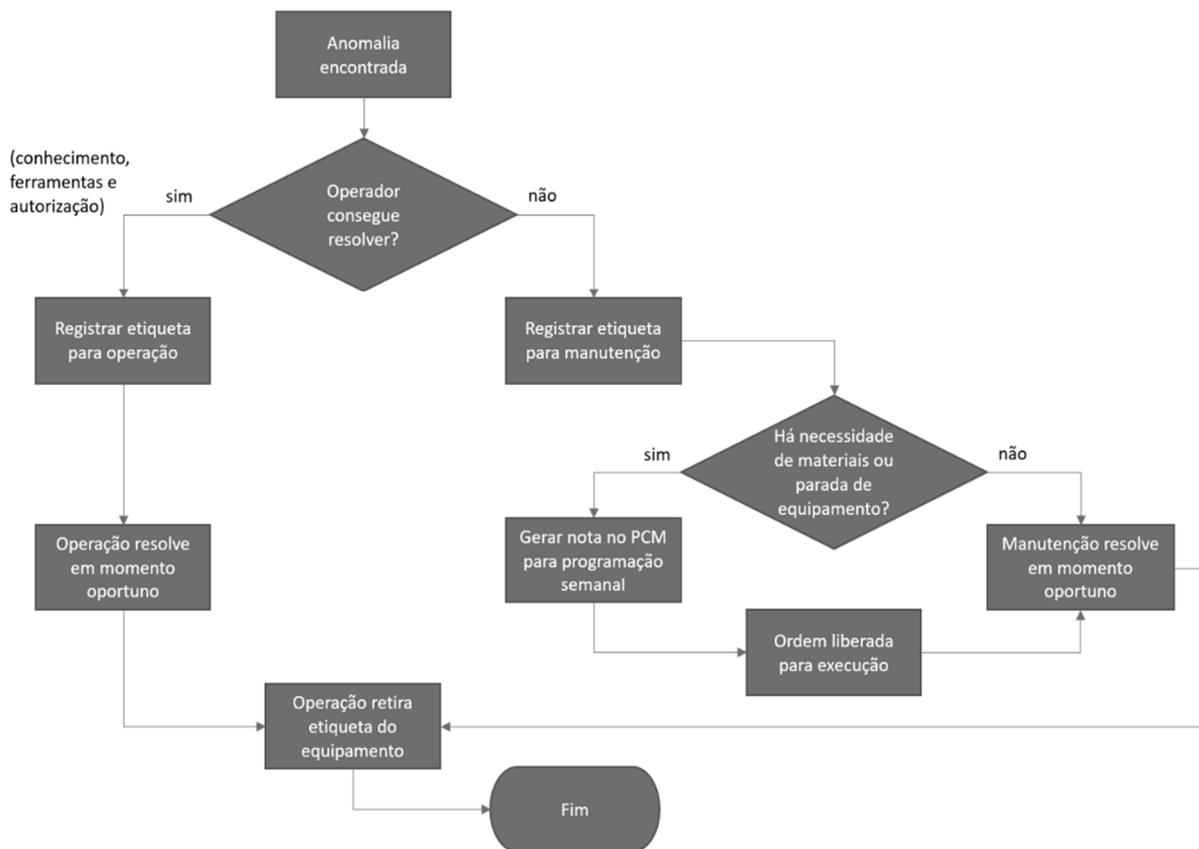


Figura 4.3 – Fluxo simplificado de etiquetas de anomalias.

Fonte: O Autor, 2021.

Durante a abordagem diária dos operadores nos equipamentos diversas anormalidades foram encontradas como exemplos abaixo citados separados por grupo:

- Elementos de fixação: Falta de aperto em parafusos e porcas, falta de parafusos e porcas, parafusos com excesso de comprimento, parafusos curtos, falta de padronização de parafusos e porcas (elementos de fixação que exerciam a mesma função tinham especificações diferentes causando dúvidas de qual o elemento correto e causando perdas de tempo quando da necessidade de desmontagem do conjunto), falta de arruelas, improvisação de elementos de fixação em mangueiras hidráulicas e pneumáticas (uso excessivo de abraçadeiras de nylon em partes com movimentos), improvisação em sistemas de fixação de esticadores de correias.
- Lubrificação: Vazamentos de óleo, aplicação de graxa em excesso, falta de aplicação de graxa, bicos graxeiros danificados, bicos graxeiros sujos, bicos graxeiros pintados, bicos graxeiros em falta.
- Segurança do equipamento (NR-12): Falta de elementos de proteção para partes em movimento, elementos de proteção para partes em movimento danificados, elementos de proteção para partes em movimento mal fixados.
- Elétrica e Instrumentação: Vazamento de ar comprimido, falta de óleo em unidade de conservação de ar comprimido, instrumentos de medição de pressão e temperatura danificados, improvisação em fixação de sensores, vedação de painéis elétricos e instrumentação danificadas (inspeção solicitada pelo operador e realizada por eletricitista e instrumentista), fixação inadequada de eletrodutos, fixação inadequada de cabeamento em caixa de ligação de motores.
- Outras anormalidades encontradas: Vazamento de produto em processo, vazamento de vapor em tubulações, conjuntos que foram desativados mas ainda estavam fisicamente presentes nos equipamentos atrapalhando a operação, falta de manípulo ou alavanca de acionamento de válvulas manuais.

O senso de dono dos equipamentos é resgatado pelas atividades de manutenção autônoma ao incentivar os operadores a terem os devidos cuidados e protegerem seus equipamentos como verdadeiros parceiros protetores do bem estar da máquina (JAPAN INSTITUTE OF PLANT MAINTENANCE, 1997, p. 10). Nesse sentido, é importante para o dono do equipamento (o operador) conhecer os resultados, e mais do que isso, realizar a gestão desses. Além de gerir os

serviços pendentes através das etiquetas de anomalias, os operadores mensalmente atualizam seu próprio quadro de gestão. Dentre os pontos trabalhados no quadro, destacam-se os formulários de priorização de etiquetas, mapeamento de etiquetas, pareto por local e pareto por tipo de anomalia que serão brevemente apresentados abaixo considerando cor vermelha para etiquetas de atuação da manutenção e cor azul etiqueta para atuação da operação:

Formulário de priorização de etiquetas: É um gráfico de colunas que o operador elabora informando a quantidade de etiquetas abertas nas prioridades altas, médias e baixas. Esse gráfico é importante pois traz ao operador o sentimento de que falhas podem ocorrer a qualquer momento em caso de elevado número de etiquetas de prioridade alta (vide exemplo na Figura 4.4) . Ações de intensificar inspeções e programar resolução de etiquetas podem ser tomadas.

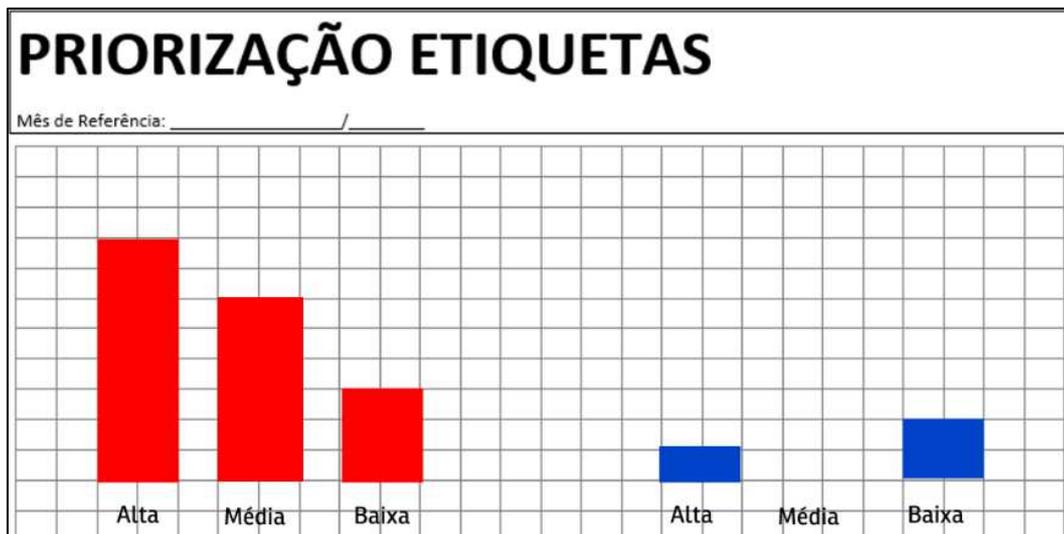


Figura 4.4 – Exemplo de gráfico de priorização de etiquetas.

Fonte: O Autor, 2021.

Formulário de mapeamento de etiquetas: É um documento com o layout do equipamento onde o operador identifica em qual local da máquina foram registradas as anomalias com etiquetas. O documento é importante pois os operadores conseguem identificar a parte do equipamento que está apresentando mais anomalias (vide Figura 4.5). Ações de intensificar inspeções em pontos específicos podem ser tomadas.

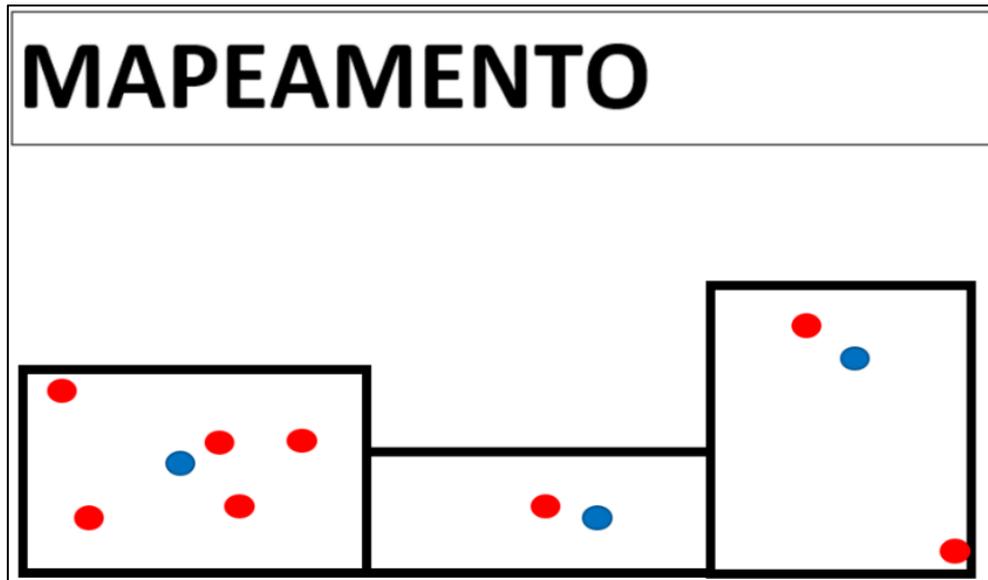


Figura 4.5 – Exemplo de formulário de mapeamento de etiquetas.

Fonte: O Autor, 2021.

Formulário de pareto por local: É um gráfico de pareto agrupado por partes da máquina. O documento é importante para desenvolver o uso de ferramentas de gestão junto ao operador, além de conhecer o grupo de local mais problemático do equipamento (vide exemplo na Figura 4.6) . Ações de intensificar de inspeções podem ser tomadas.

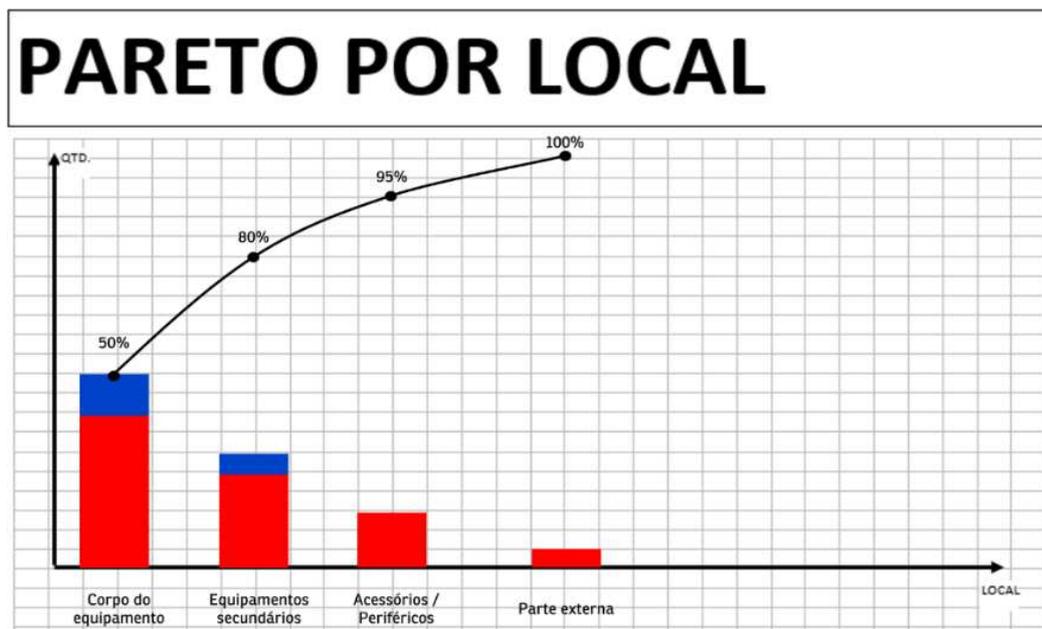


Figura 4.6 – Exemplo de formulário de gráfico de pareto por local.

Fonte: O Autor, 2021.

Formulário de pareto por tipo: É um gráfico de pareto agrupado por tipo de problema encontrado. O documento é importante para desenvolver o uso de ferramentas de gestão junto ao operador, além de conhecer o tipo de problema que mais ocorre em seu equipamento (vide exemplo na Figura 4.7). Ações de prevenção podem ser tomadas junto com a manutenção.

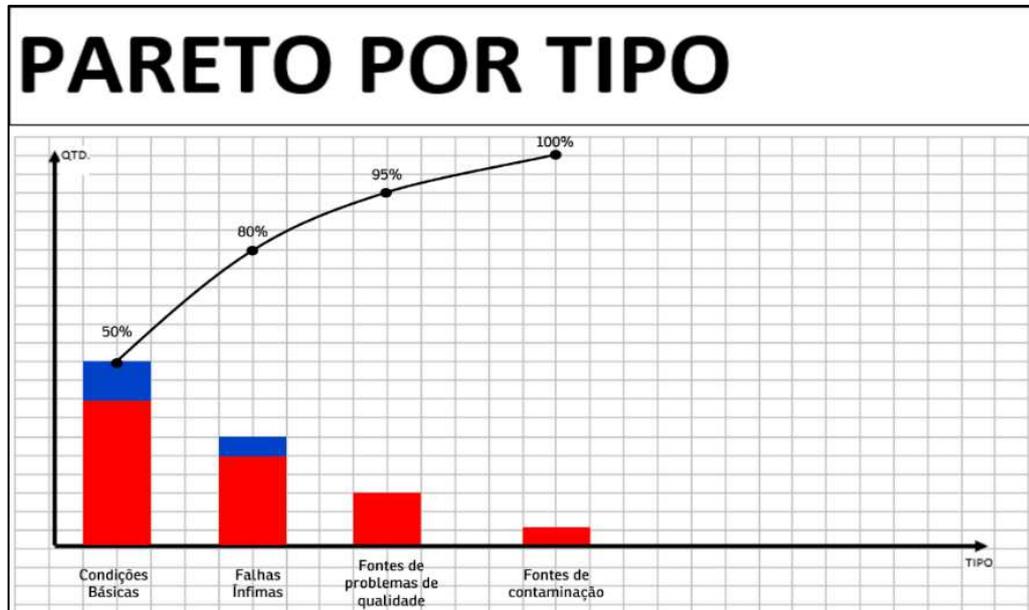


Figura 4.7 – Exemplo de formulário de gráfico de pareto por tipo.

Fonte: O Autor, 2021.

Seguindo recomendação da metodologia, para certificação do entendimento do método e para avançar ao próximo nível de manutenção autônoma foi estruturado um processo de avaliação com auditoria de mudança de passo em nível operacional, coordenação e gerencial. No caso estudado os operadores devem se auto avaliar, e tendo uma nota maior ou igual a 95 é solicitada a auditoria de coordenação. Sob os mesmos critérios a liderança avalia e tendo uma nota maior ou igual a 90 é solicitada auditoria com gerente. Novamente, sob os mesmos critérios de avaliação, tendo nota maior ou igual a 85 o time é promovido para o próximo nível de manutenção autônoma. Os três equipamentos em estudo passaram pelo processo de auditoria de mudança de passo e atualmente estão em passo 02 de manutenção autônoma, significando que o objetivo do entendimento do processo de limpeza e inspeção com continuidade e profundidade foi assimilado. Sendo assim, conforme metodologia, espera-se obter em andamento a reestruturação e manutenção das condições básicas dos equipamentos para a redução de falhas.

Os principais pontos avaliados na auditoria de mudança de passo 01 são:

- Limpeza e inspeção:
 - Se há claramente definido um momento na rotina do operador para realização da limpeza e inspeção (continuidade);
 - Se todas as anomalias possuem identificação com etiquetas (profundidade).
- Atendimento de etiquetas:
 - Se há atendimento de etiquetas vermelhas dentro do prazo em pelo menos 80% dos documentos gerados (apoio incondicional da manutenção).
- Quadro de gestão do operador:
 - Se o quadro está limpo, organizado, se operadores entendem e atualizam com a participação de todo o time (capacitação do operador para gestão do equipamento).

Após passarem pelo processo de auditoria e obter aprovação para passo 02 de manutenção autônoma, os operadores devem continuar realizando os processos de limpeza, inspeção, lubrificação e aperto. O passo 02, trabalha eliminar fontes de sujeira e locais de difícil acesso para que seja empregado menos esforço operacional para realizar essas atividades. Para isso, foi implementado formulários de identificação de fontes de contaminação e de locais e difícil acesso. Vide exemplo em Figuras 4.8 e 4.9. Em seguida são formados grupos de trabalho para buscar melhorias em cada ponto especificado.

MAPEAMENTO LDA (Local de Difícil Acesso)

Medida pendente:

- △ - Limpeza
- - Inspeção
- - Lubrificação

Medida implementada:

- ▲ - Limpeza
- - Inspeção
- - Lubrificação

FOTO DO EQUIPAMENTO:

Figura 4.8 – Exemplo de formulário de mapeamento de locais de difícil acesso.

Fonte: Adaptado de JAPAN INSTITUTE OF PLANT MAINTENANCE, p. 178.

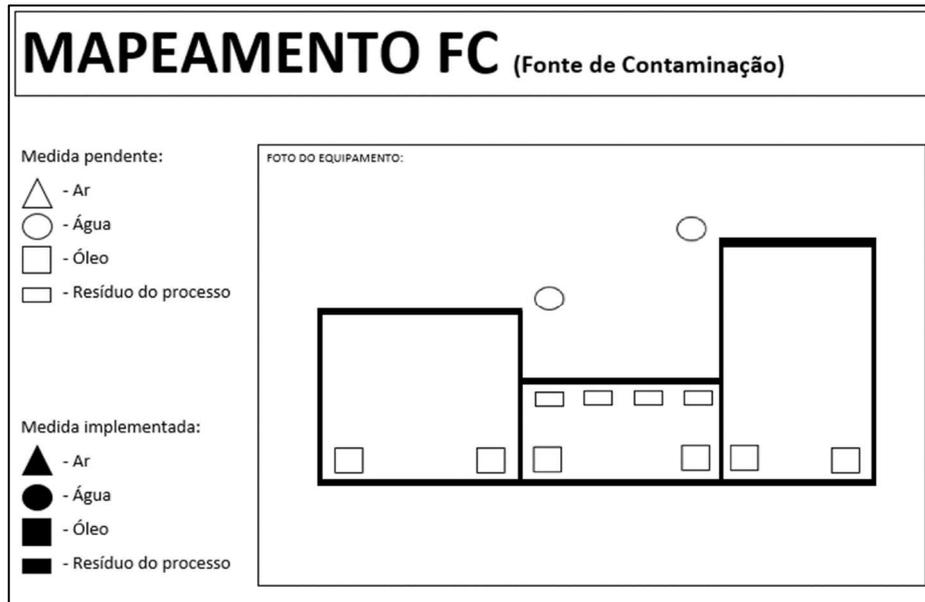


Figura 4.9 – Exemplo de formulário de mapeamento de fontes de contaminação.

Fonte: Adaptado de JAPAN INSTITUTE OF PLANT MAINTENANCE, p. 177.

Segue abaixo na Figura 4.10 o fluxo simplificado do passo 02 de manutenção autônoma no caso estudado:

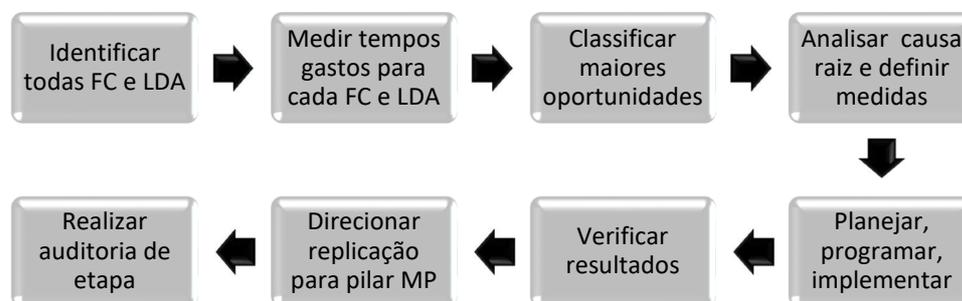


Figura 4.10 – Fluxo simplificado do passo 02 de manutenção autônoma.

Fonte: O Autor, 2021.

Além da estruturação das condições básicas dos equipamentos pela implementação da manutenção autônoma, foram efetuados ajustes no sistema de manutenção planejada que a seguir são apresentados.

4.3 A implementação do pilar Manutenção Planejada

As atividades de manutenção planejada dependem do nível da manutenção do equipamento em cada local. Plantas com um sistema de manutenção fraco e falhas frequentes podem

necessitar a implementação passo a passo. Já plantas com um sistema mais forte devem focar nos passos que trarão redução de falhas e melhoria de performance (SUZUKI, 1994, p. 161).

Como o sistema de manutenção planejada na empresa estudada é relativamente robusto, no pilar de Manutenção Planejada foram trabalhados ajustes para ganho de performance. Os pontos mais importantes em cada passo são apresentados a seguir.

Passo 01 – Avaliar e entender a situação atual: Foi definido novo critério de avaliação de criticidade de equipamentos. Esse ponto é importante para direcionar o trabalho dos pilares em pontos relevantes para os processos. Vide exemplo de itens de avaliação na Figura 4.11.

MATRIZ DE CRITICIDADE DE EQUIPAMENTOS				
ASPECTO E PESO:	IMPACTO EM SSMA	IMPACTO NA QUALIDADE	IMPACTO NA OPERAÇÃO	IMPACTO NA MANUTENÇÃO
	10	10	20	10
DEFINIÇÃO:	<i>É o risco que o equipamento pode oferecer à saúde, integridade física dos colaboradores e impactos ambientais.</i>	<i>É a interferência do equipamento na qualidade do produto final e segurança do alimento.</i>	<i>É o tempo de restabelecimento das condições normais de operação de moenda quando este equipamento parar.</i>	<i>É a estimativa de tempo empregado para o reparo (TR) ou de custo de manutenção corretiva (CM)</i>

Figura 4.11 – Exemplo de aspectos considerados na matriz de criticidade de equipamentos.

Fonte: Adaptado de SUZUKI, 1994, p. 167.

Também, foi definido critério de classificação de falhas graves, médias e leves. Esse passo é importante para conduzir análises de falhas de modo à evitar a reincidência de falhas graves. Foi implementado ainda um formato de análise de falha simplificado que em todas as ocorrências de falhas o mantenedor deve buscar a causa raiz do problema, ficando as análises de falhas graves sob responsabilidade de condução da engenharia de manutenção.

Passo 02 – Reverter a deterioração e corrigir as fraquezas: Nesse passo foi realizada a maior das modificações no sistema de manutenção planejada, com o objetivo de prestar forte suporte aos times de manutenção autônoma em busca da restauração dos equipamentos às suas condições básicas. Foram selecionados para cada especialidade (mecânica, elétrica, instrumentação e caldeiraria) os “padrinhos” que seriam os mantenedores responsáveis para cada equipamento e atividade de acompanhamento diário do grupo autônomo foram direcionadas à eles através de processo de programação semanal emitida pelo PCM

(Planejamento e Controle de Manutenção), de forma que todos os dias os especialistas da manutenção visitassem os equipamentos e tivessem em contato com os operadores resolvendo as etiquetas direcionadas para o departamento da manutenção e tirando dúvidas existentes. Esse processo contribuiu para a continuidade do atendimento das etiquetas e desenvolvimento da equipe de operadores e mantenedores. Os próprios colaboradores do departamento de manutenção começaram a prestar atenção em detalhes que antes eram negligenciados nas inspeções preventivas de outros equipamentos, como por exemplo, falta de parafusos ou aperto inadequado, fixação de componentes indevida e a falta ou danos em bicos de lubrificação. Então, esse olhar mais crítico começou a se estender para outras áreas e departamentos já que na empresa adota-se o sistema de manutenção centralizado, ou seja, os mantenedores além de prestar manutenção nos equipamentos que estavam em processo de restauração das condições básicas, prestavam serviços também em todo o restante da planta industrial.

Passo 03 – Construir um sistema de gerenciamento da manutenção: Nesse passo não houve qualquer alteração visto que os requisitos já eram atendidos na empresa estudada através do uso do software de manutenção SAP-PM, inclusive com integração com as áreas de suprimentos facilitando o fluxo de informações de necessidades de materiais e controladoria para gestão de orçamentos e despesas de manutenção. Do sistema citado extraiu-se a base de dados para apresentação dos resultados desse trabalho.

Passo 04 – Construir um sistema de manutenção periódica: O sistema de manutenção periódica implantado no caso em estudo não garante a qualidade dos serviços de manutenção por não especificar de forma clara os padrões de materiais, limites admissíveis e procedimentos de execução. Como forma de melhorar a qualidade, foi definido então estruturar uma área de engenharia de manutenção que é responsável por desenvolver os padrões de manutenção, inclusive com a implementação de padrões visuais em campo como exemplificado no embasamento teórico.

Passo 05 – Construir um sistema de manutenção preditiva: Não houve modificação nesse passo visto que os requisitos à metodologia são atendidos. A empresa estudada possui implementadas técnicas de manutenção preditiva de análise de vibração, termografia, inspeção por ultrassom e líquido penetrante em eixos de grandes dimensões, boroscopia para os redutores de acionamento dos ternos de moenda, além de inspeção de medição de espessura por ultrassom em tanques e tubulações.

Passo 06 – Avaliar o sistema de manutenção planejada: Esse passo é direcionado à melhoria contínua dos processos, sendo que nessa atuação foi realizada reavaliação do sistema de manutenção planejada e definidas novas metas para a safra 2021, à saber:

- Atendimento à programação: Atender no mínimo 85% dos serviços programados;
- *Backlog* (número de dias para finalizar os trabalhos de manutenção se não entrar nenhuma nova demanda): Trabalhar com índice de *backlog* no máximo duas vezes o tempo de programação de cada oficina. Por exemplo, para oficinas em que há programação semanal, o *backlog* máximo é de 14 dias;
- Redução de número de falhas nos equipamentos comparando-se dados de 2021 com 2020. A meta é reduzir 15% o número de falhas totais na planta em 2021 quando comparados com dados de com o ano de 2020. Na seção de resultados desse trabalho é apresentada a comparação do número de falhas de 2020 para 2019, e entende-se que a intenção dessa meta é engajar ainda mais todos os colaboradores da manufatura na redução das perdas por falhas em equipamentos;
- Horas Homem de manutenção trabalhadas em falhas de equipamentos: A meta é que as horas homem de manutenção trabalhadas para corrigir falhas em equipamentos não ultrapasse 12% das horas homem totais trabalhadas de manutenção. Como já destacado no referencial teórico, do ponto de vista da eficiência da realização, sabe-se que um trabalho planejado pode ser executado de forma muito mais rápida, com maior qualidade e segurança do que um trabalho executado para correção de uma falha, dessa forma é essencial criar planos de manutenção e se preparar adequadamente para a execução (TAKAHASHI e OSADA, 2015, p. 170).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Da implementação do passo 01 de manutenção autônoma em conjunto com os ajustes efetuados no sistema de manutenção planejada, obteve-se a redução de falhas citada na metodologia com uso das cinco medidas para quebra zero: 1 – Estruturar as condições básicas dos equipamentos pela interação operador e mantenedor; 2 – Cumprir as condições de trabalho estabelecidas em projeto pela instrução dada pela manutenção aos operadores; 3 – Restaurar deteriorações pela resolução de etiquetas; 4 – Sanar deficiências de projeto através de atuação da manutenção em problemas reincidentes; 5 – Capacitar pessoal de operação e manutenção

pelo contato entre mantenedores e operadores. Abaixo apresenta-se a comparação de dados de quebras dos equipamentos em 2019 (antes da implementação e atuação integradas dos pilares MA e MP) com os dados de 2020 (quando os pilares já estavam em implementação efetuando trabalhos de forma integrada).

Na Figura 5.1 é apresentado o gráfico com o número de falhas e custo para reparos das falhas no equipamento Filtro Lodo 01. Também o percentual das horas homem de trabalho planejados no equipamento em relação aos trabalhos não planejados (falhas). Vide que há redução de 30 falhas em 2019 para 22 falhas em 2020, o que representa aproximadamente redução de 15%. Em relação ao custo envolvido há redução de R\$ 30.767,15 para R\$ 8.105,09 no ano seguinte, uma redução de aproximadamente 58% em correção de falhas. Para alcançar esse resultado ressalta-se que foi amplamente diminuído o trabalho não planejado no equipamento passando de 20% em 2019 para aproximadamente 3,3% em 2020, ou seja, quase 97% de atuação planejada em 2020. Também, nesse equipamento observa-se um aumento na quantidade de horas homem totais trabalhadas, que pode ser proveniente do direcionamento do acompanhamento diário dos mantenedores para prestar suporte ao grupo autônomo da máquina piloto do projeto de implantação.

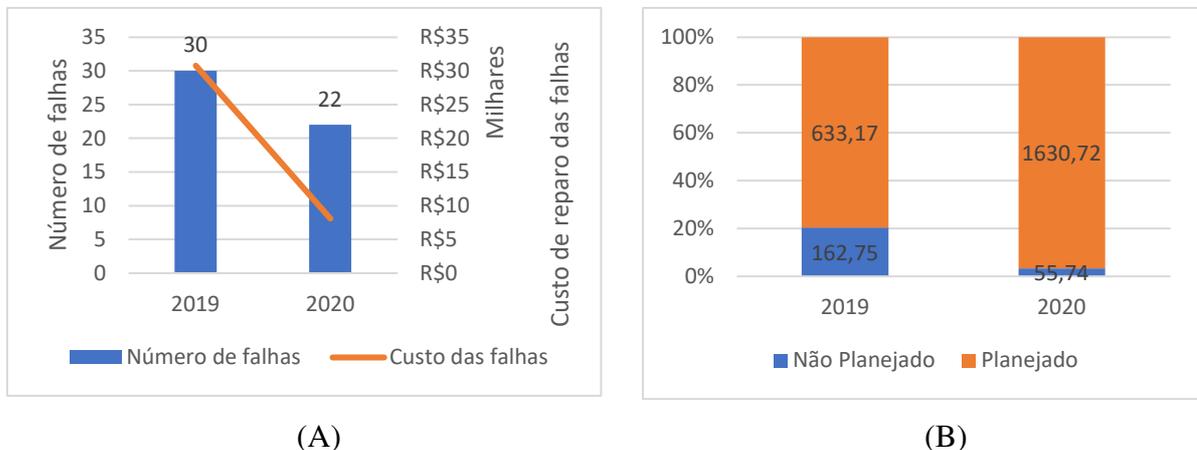


Figura 5.1 – Gráfico de falhas em equipamento Filtro Lodo 01 (A) – Número de falhas e custo das falhas; (B) – Horas homem de manutenção em serviços planejados x não planejados.

Fonte: O Autor, 2021.

Na Figura 5.2 apresenta-se análise similar, porém envolvendo toda a área de filtração de lodo, pois tanto operadores quanto mantenedores manuseiam e mantêm outros equipamentos da seção replicando os métodos de inspeção pelo conhecimento adquirido. Em número de falhas evidencia-se pelo gráfico na área de Filtração de Lodo uma redução de 24 quebras, equivalente a aproximadamente 24%. Em relação a custos para correção das falhas, em 2019 gastou-se

reparando quebras na área 51.071,41 e em 2020 R\$ 21.153,85, redução aproximada de 41%. Evidencia-se também um aumento na proporção atuação da manutenção planejada passando de aproximadamente 90,7% para 95,5%, ou seja, reduzindo atuação não planejada de 9,3% em 2019 para 4,5% em 2020.

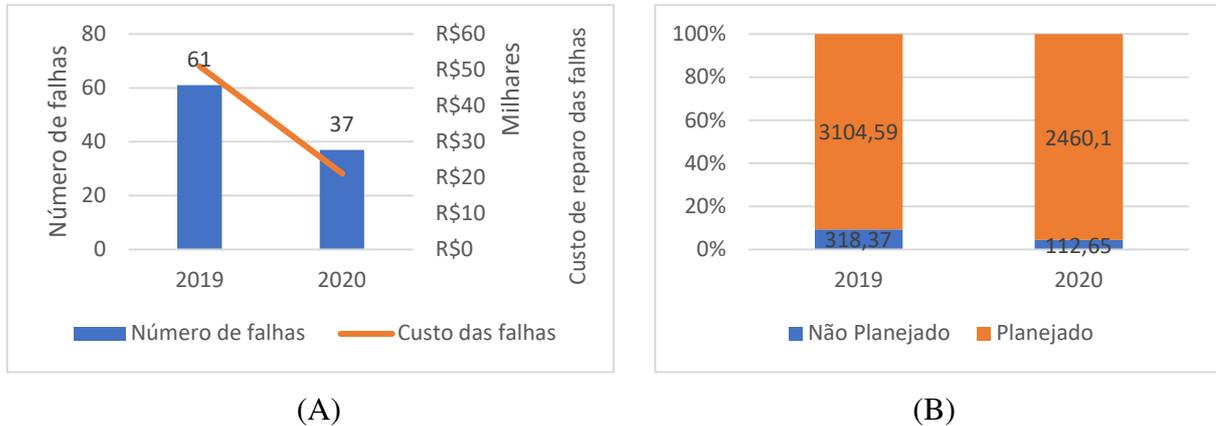


Figura 5.2 – Gráfico de falhas na Área de Filtração de Lodo (A) – Número de falhas e custo das falhas; (B) – Horas homem de manutenção em serviços planejados x não planejados.

Fonte: O Autor, 2021.

Para o equipamento Peneira 01 e área de Tratamento de caldo a mesma análise foi realizada. Observa-se na figura 5.3 que no ano de 2020 houve redução de 02 falhas no equipamento em relação a 2019. Os custos envolvidos para restabelecer o funcionamento após falhas em 2019 foi de R\$ 2749,15 e em 2020 foi de R\$ 939,92. Para as horas homem de manutenção trabalhadas em falhas houve redução de 40,42 em 2019 para 14 em 2020 (redução de 6,61% de horas homem trabalhadas em falhas no equipamento para 1,47%).

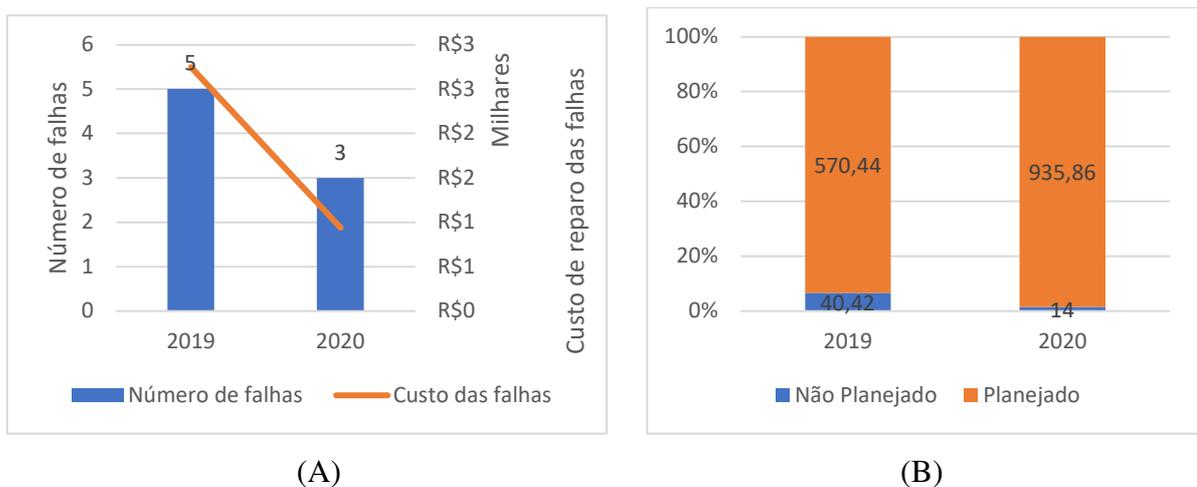


Figura 5.3 – Gráfico de falhas no equipamento Peneira 01 (A) – Número de falhas e custo das falhas; (B) – Horas homem de manutenção em serviços planejados x não planejados.

Fonte: O Autor, 2021.

Os resultados podem parecer pequenos quando avaliados individualmente por equipamento, mas quando da análise por área evidencia-se novamente uma redução expressiva em número de falhas, custos de correção e melhoria nos índices de HH planejado x Não Planejado. Vide dados detalhados na Figura 5.4 para área de Tratamento de Caldo onde evidencia-se redução de número de falhas de 180 em 2019 para 115 falhas em 2020, redução aproximada de 36%. Em relação aos custos envolvidos para reparar as falhas em 2019 foram registrados gastos de R\$ 87.397,66, já em 2020 foram registrados R\$ 55.495,41, redução de R\$ 31.902,25 que corresponde a aproximadamente 22,3%. As horas de homem de manutenção corretiva aplicadas na área reduziram de 976,42 para 518,33, redução de aproximadamente 47% na quantidade de horas homem trabalhadas em serviços não planejados.

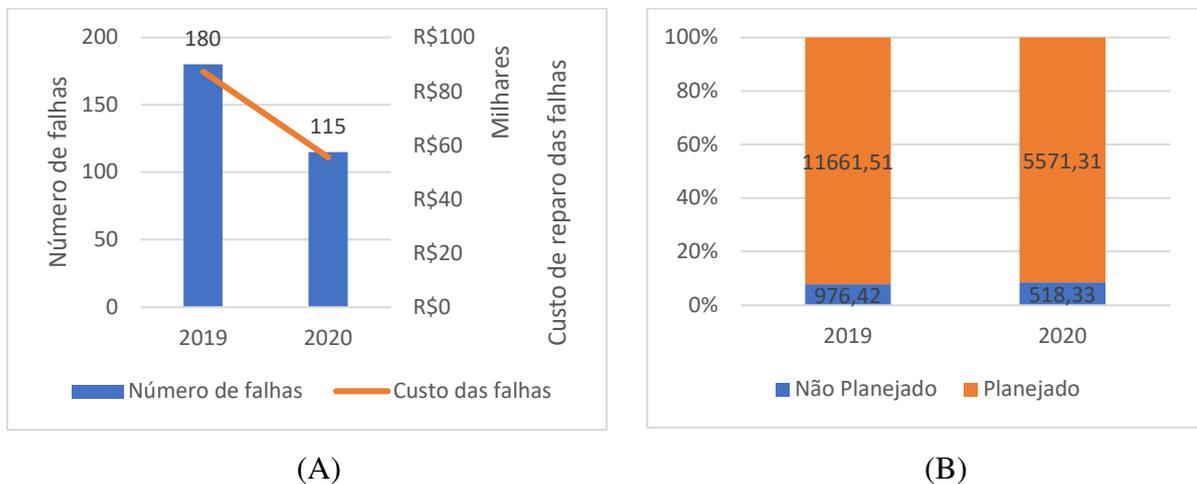


Figura 5.4 – Gráfico de falhas na área de Tratamento de Caldo (A) – Número de falhas e custo das falhas; (B) – Horas homem de manutenção em serviços planejados x não planejados.

Fonte: O Autor, 2021.

Para o equipamento Esteira 05 os resultados são apresentados na Figura 5.5. Em número de falhas na Esteira 05 houve uma redução 16 para 7 (aproximadamente 56%). Em custo para recolocar o equipamento em operação observa-se redução de aproximadamente 26,5% (de R\$ 3555,29 para 2065,53), e o total de horas homem trabalhadas em atividades não planejadas no equipamento reduziu de 3% (52,66 horas) para 1,67% (25,14 horas).

É importante destacar, como já citado anteriormente, que esse equipamento foi escolhido para atuação com manutenção autônoma devido a criticidade para o processo. Falhas causam a interrupção completa do fluxo de material na moagem, podendo comprometer também a alimentação dos processos posteriores. Por isso, considera-se a redução significativa para continuidade e estabilidade dos processos.

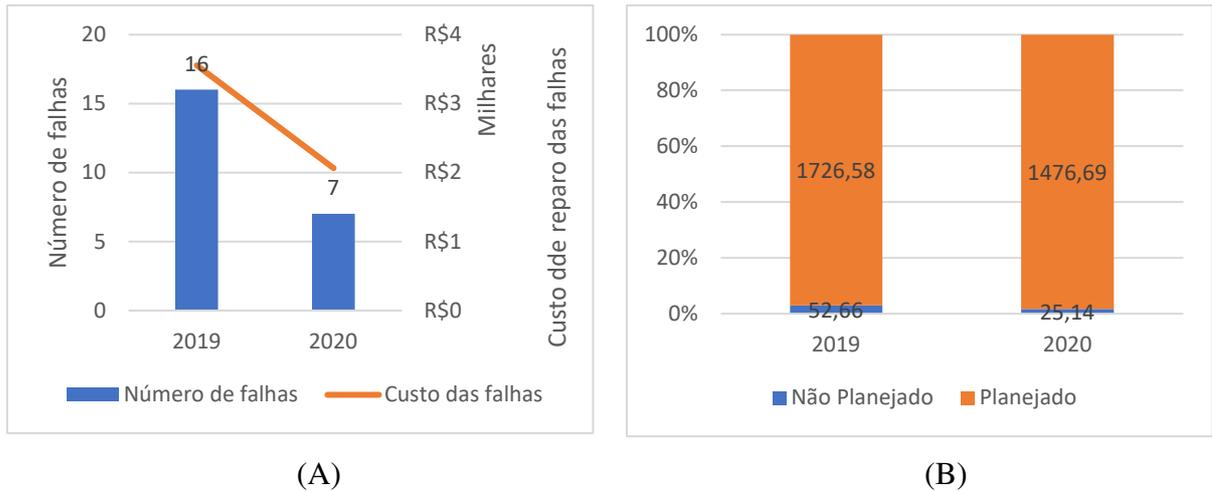


Figura 5.5 – Gráfico de falhas no equipamento Esteira 05 (A) – Número de falhas e custo das falhas; (B) – Horas homem de manutenção em serviços planejados x não planejados.

Fonte: O Autor, 2021.

Na área do preparo de cana verifica-se melhoria dos índices similar ao que foi visto nas áreas de Filtração de Lodo e Tratamento de Caldo, pela replicação dos conhecimentos adquiridos para outros equipamentos de atuação de operadores e mantenedores. Vide dados na Figura 5.6. Em número de falhas observa-se a redução de 33 em 2019 para 14 em 2020 (redução de aproximadamente 58%), em custos de reparos das falhas observa-se redução de R\$ 5845,59 para R\$ 3232,22, e o índice de manutenção não planejada na área foi reduzido de 2,5% (94,3 horas) para 2% (44,63 horas).

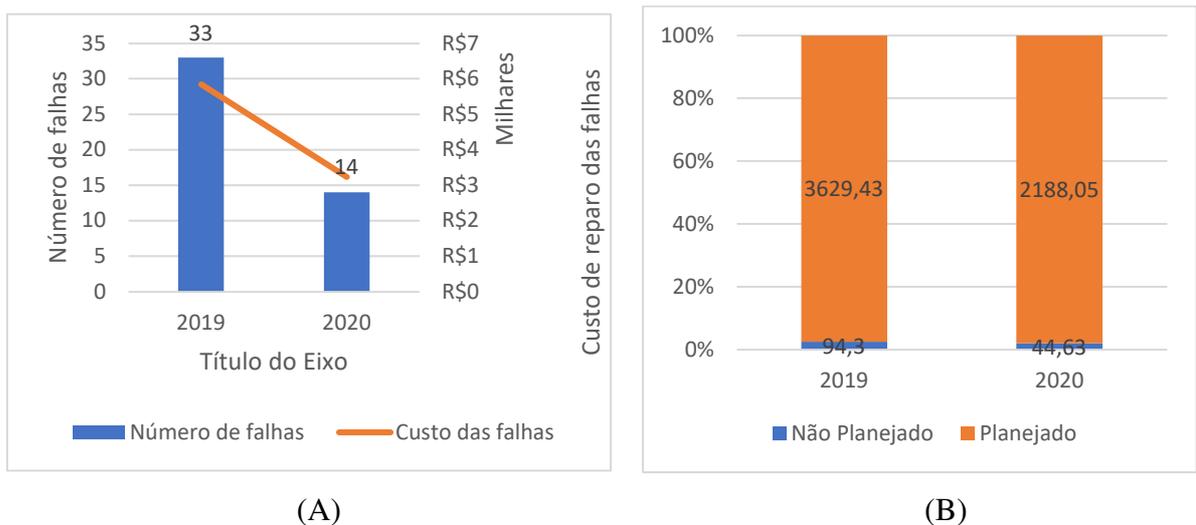


Figura 5.6 – Gráfico de falhas na área de Preparo de Cana (A) – Número de falhas e custo das falhas; (B) – Horas homem de manutenção em serviços planejados x não planejados.

Fonte: O Autor, 2021.

A consolidação dos resultados do trabalho da atuação conjunta dos pilares de Manutenção Autônoma e Manutenção Planejada no ano de 2020 é apresentada a seguir com agrupamentos dos equipamentos (Filtro Lodo 01, Peneira 01 e Esteira 05) e posteriormente agrupamento das respectivas áreas (Filtração de Lodo, Tratamento de Caldo e Preparo de Cana).

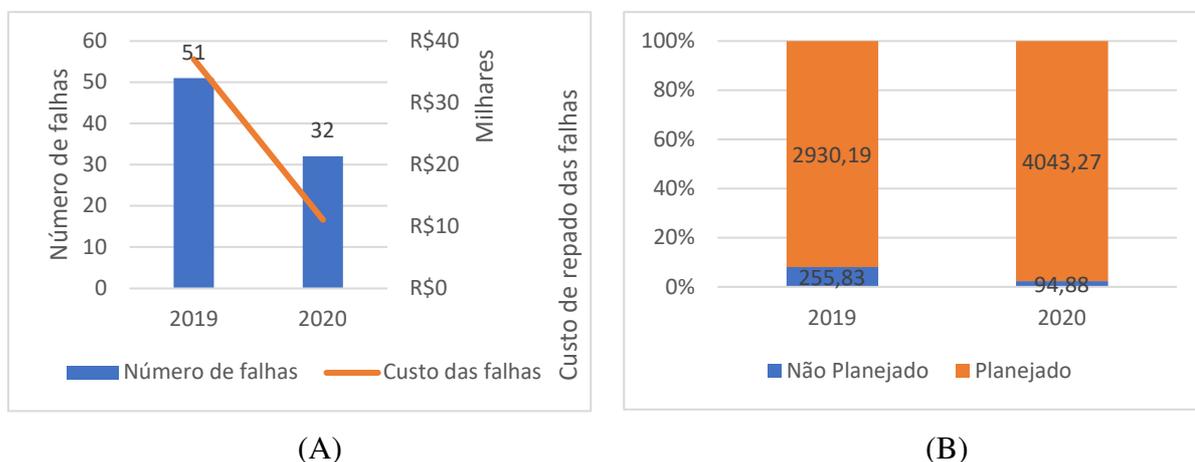


Figura 5.7 – Gráfico de falhas consolidado Filtro Lodo, Peneira 01 e Esteira 05 (A) – Número de falhas e custo das falhas; (B) – Horas homem de manutenção em serviços planejados x não planejados.

Fonte: O Autor, 2021.

A consolidação dos dados dos equipamentos Filtro Lodo 01, Peneira 01 e Esteira 05 apresentados na Figura 5.7 evidencia acentuada redução do número de falhas de 51 em 2019 para 32 em 2020 (redução de 37%). Em custos para retomada de operação após falhas há redução de R\$ 37.071,59 para R\$ 11.110,54 (redução de 30%), e, em horas homem não planejadas trabalhadas nos equipamentos há redução de 8% em 2019 (255,83 horas) para 2,3% em 2020 (94,88 horas).

A consolidação dos dados das áreas Filtração de Lodo, Tratamento de Caldo e Preparo de Cana apresentados na Figura 5.8 também evidencia redução de quebras, redução de custos para retomada de operação após falha e redução de horas homem trabalhadas em falhas de equipamentos pelo uso do conhecimento adquirido por operadores e mantenedores em demais equipamentos da planta. O número de falhas consolidado nessas áreas totalizou 274 em 2019 e em 166 em 2020 (redução de 39,4%), em custos de reparo das falhas foram totalizados em 2019 R\$ 144.314,66 e em 2020 R\$ 79.881,48 (redução de 44,6%). As horas homem não planejadas trabalhadas nessas áreas totalizaram em 2019 aproximadamente 7% (1389,09 horas) e em 2020 totalizaram 6% (675,61 horas).

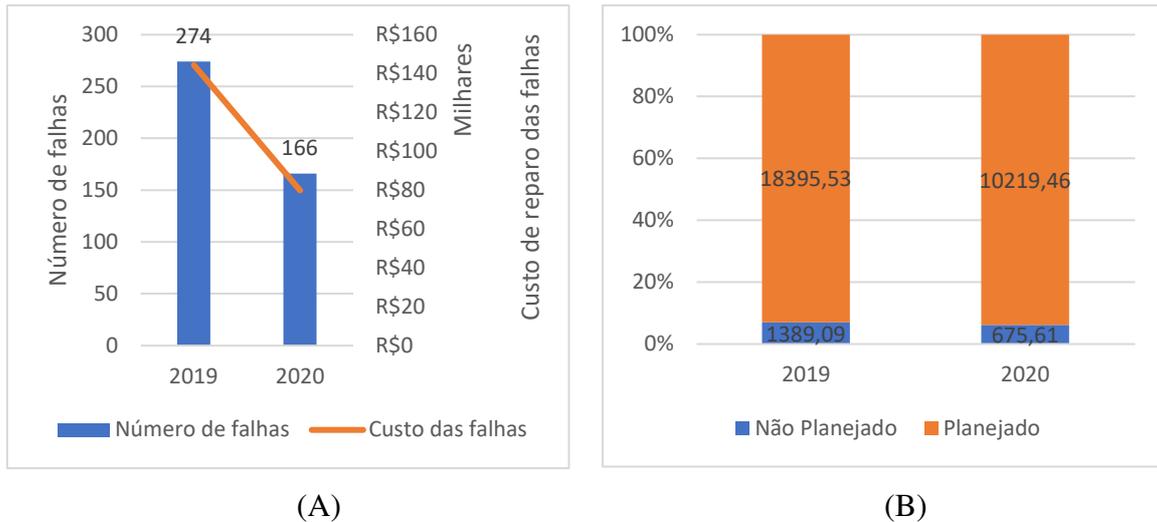


Figura 5.8 – Gráfico de falhas consolidado áreas Filtração de Lodo, Tratamento de Caldo e Preparo de Cana (A) – Número de falhas e custo das falhas; (B) – Horas homem de manutenção em serviços planejados x não planejados.

Fonte: O Autor, 2021.

6 CONCLUSÃO

Esse trabalho estudou a interação entre os pilares Manutenção Autônoma e Manutenção Planejada da metodologia TPM em indústria do segmento sucroalcooleiro, analisando os resultados obtidos relacionados às falhas dos equipamentos atendendo ao objetivo geral do estudo. Objetivos específicos foram atingidos ao estudar o referencial teórico e elaborar o desenvolvimento do trabalho com os conceitos gerais da metodologia TPM e aprofundamento nos pilares MA e MP para estruturação das cinco medidas para quebra zero.

Para o caso estudado, diante dos resultados obtidos, pode-se concluir que a hipótese adotada é verdadeira. Ou seja, é possível reduzir o número de falhas em equipamentos de indústria de processo com a implementação dos pilares Manutenção Autônoma e Manutenção Planejada.

Destacam-se também como pontos importantes citados no referencial teórico para o sucesso da implantação e posteriormente corroborados quando da aplicação em campo o envolvimento da liderança, o apoio incondicional da manutenção, a continuidade e profundidade das inspeções. Essas ações em conjunto expõem e corrigem rapidamente anormalidades encontradas nos equipamentos.

O detalhamento dos resultados apresentados para cada equipamento com números similares na melhoria dos indicadores de falhas é de relevante importância, pois permite sugerir no caso estudado que mesmo em equipamentos com funções e sistemas mecânicos

completamente diferentes, a capacitação obtida pelos operadores e mantenedores pode produzir resultados expressivos relacionados à redução de falhas. A influência da capacitação no cuidado dos equipamentos fica ainda mais evidente quando da análise dos resultados atingidos para cada área devido replicação da atuação pelos conhecimentos adquiridos.

Para trabalhos futuros, em direção à manutenção da competitividade das organizações no mercado, sugere-se estudos direcionados ao custo-benefício de implementação, como por exemplo o tempo médio de retorno de investimento do capital para a restauração das condições básicas dos equipamentos.

Por fim, destaca-se que os resultados da implementação realizada foram satisfatórios aos olhos da organização em que ocorreu o estudo de caso, de modo que a atuação dos pilares Manutenção Autônoma e Manutenção Planejada será estendida para mais 13 equipamentos, totalizando 16 até 2023 em diversas áreas da planta industrial.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, P. S. D. **Manutenção Mecânica Industrial: Conceitos Básicos e Tecnologia Aplicada**. 1ª. ed. São Paulo: Érica, 2014.

ALMEIDA, P. S. D. **Manutenção Mecânica Industrial: Princípios Técnicos e Operações**. 1ª. ed. São Paulo: Erica, 2015.

BUDYNAS, R. G.; NISBETT, J. K. **Elementos de máquinas de Shigley**. 10ª. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

CORREA, C. **Vicente Falconi O que importa é o resultado**. Rio de Janeiro: GMT Editores, 2017.

DENNIS, P. **Produção Lean Simplificada: Um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo**. 2ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e Manutenção industrial**. São Paulo: Elsevier, 2009.

JAPAN INSTITUTE OF PLANT MAINTENANCE. **TPM Team Guide**. New York: Productivity Press, 1995.

JAPAN INSTITUTE OF PLANT MAINTENANCE. **JIPM - TPM 600 Forms: Sample Formats for the 12 Steps of TPM**. 2. ed. [S.l.]: [s.n.].

JAPAN INSTITUTE OF PLANT MAINTENANCE. **Autonomous Maintenance for Operators**. Boca Raton: CRC Press, 1997.

MARTINS, G. D. A. **Estudo de Caso: Uma estratégia de Pesquisa**. 2ª. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

RODRIGUES, M. V. **Entendendo, Aprendendo e Desenvolvendo Sistema de Produção Lean Manufacturing**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

SUZUKI, T. **TPM in Process Industries**. New York: CRC Press, 1994.

TAJIRI, M.; GOTOH, F. **Autonomous Maintenance in Seven Steps: Implementing TPM on the shop floor**. [S.l.]: CRC Press, 1999.

TAKAHASHI, Y.; OSADA, T. **Manutenção Produtiva Total**. 7ª. ed. São Paulo: IMAN, 2015.

TOTAL Productive Maintenance in Supply Chain Management. Part 2. **leanmanufacturingonline**, 2017. Disponível em: <<https://leanmanufacturing.online/total-productive-maintenance-supply-chain-management-part-2/>>. Acesso em: 01 out. 2021.

WERKEMA, C. **Lean Seix Sigma: Introdução às ferramentas do Lean Manufacturing**. 2. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2021.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. 5ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.