



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

EMILLY CRISTINE PEREIRA DA SILVA

**MANUTENÇÃO PLANEJADA EM UMA INDÚSTRIA CERVEJEIRA**

Recife

2019

EMILLY CRISTINE PEREIRA DA SILVA

**MANUTENÇÃO PLANEJADA EM UMA INDÚSTRIA CERVEJEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharela em Engenharia Mecânica.

**Orientadora:** Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Dayse Cavalcanti de Lemos Duarte

Recife

2019

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Maria Luiza de Moura Ferreira, CRB-4 / 1469

- S586m Silva, Emilly Cristine Pereira da.  
Manutenção planejada em uma indústria cervejeira / Emilly Cristine Pereira da Silva. - 2019.  
68 folhas, il., tab. abr. e sigl.
- Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Dayse Cavalcanti de Lemos Duarte.
- TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Departamento de Engenharia Mecânica, 2019.  
Inclui Referências.
1. Engenharia Mecânica. 2. Manutenção produtiva total. 3. Manutenção planejada.  
4. Cervejaria. I. Duarte, Dayse Cavalcanti de Lemos (Orientadora). II. Título.

UFPE

621 CDD (22. ed.)

BCTG/2019-317

EMILLY CRISTINE PEREIRA DA SILVA

**MANUTENÇÃO PLANEJADA EM UMA INDÚSTRIA CERVEJEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharela em Engenharia Mecânica.

Aprovado em: 29/07/2019

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>ª</sup>. Dayse Cavalcanti Lemos Duarte (Orientadora)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof<sup>º</sup>. Luiz Adeildo da Silva Junior (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof<sup>º</sup>. Ivan Vieira de Melo (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pois Dele vem tudo que sei, tenho e sou.

A minha amada família pelo apoio e incentivo que me deram durante toda a graduação e na realização deste trabalho final. Em especial aos meus pais, Evandro e Edineide, que sempre acreditaram em mim e não mediram esforços para que eu chegasse até aqui.

Ao meu noivo Gabriel pelo companheirismo e compreensão das ausências.

A minha orientadora Prof<sup>ª</sup>. Dayse, por toda a paciência, auxílio e dedicação para que este trabalho pudesse ser concluído.

Aos meus amigos de curso, que dividiram comigo muitas horas de estudo e deram motivação nos momentos difíceis.

Aos colegas de trabalho que se dispuseram a compartilhar conhecimento e experiência, fatores indispensáveis para a realização deste trabalho.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma torceram por mim.

## RESUMO

O presente trabalho tem como objeto de estudo o sistema de gestão da manutenção planejada de uma cervejaria localizada em Itapissuma no estado de Pernambuco conforme a estrutura de implantação disponibilizada pela metodologia Manutenção Produtiva Total, tendo como base as diretrizes corporativas da companhia e a experiência vivida no período de dois anos. Com o objetivo de avaliar as recomendações do *Japan Institute of Plant Maintenance* associadas a manutenção planejada, no contexto de uma indústria cervejeira. Também são apresentadas as mudanças estratégicas implantadas no último ano para crescimento do desempenho produtivo da planta por intermédio de um sistema mais simples e menos burocrático, que resultou na elevação do indicador de Eficiência de Linha e na redução significativa dos planos de manutenção. Ainda que haja propensão a potencialização dos resultados ao longo do tempo, trazendo benefícios para a empresa em estudo enfrentar o atual ambiente de competição global, conclui-se que o período de estudo não foi suficiente para avaliar adequadamente o sistema de manutenção planejada da cervejaria estudada. O desenvolvimento gradual do modelo mais amplo de gestão da manutenção implantado ainda é precoce para garantir a sustentabilidade dos resultados que já foram obtidos. Para além dos ganhos mensuráveis, a principal contribuição não mensurável foi a mudança de *mindset* (modelo mental) dos colaboradores ao promover o sentimento de dono através da fidelização dos colaboradores e de proporcionar a sinergia entre todos os envolvidos em prol de um objetivo comum. Além de destacar a relevância da manutenção planejada, que não é meramente planejar o tempo e as técnicas de manutenção, mas também dar confiabilidade e funcionalidade esperada aos equipamentos.

Palavras-chave: Manutenção produtiva total. Manutenção planejada. Cervejaria.

## **ABSTRACT**

The present work has as object of study the planned maintenance management system of a brewery located in Itapissuma in the Pernambuco State according to the implementation structure provided by the Total Productive Maintenance methodology, based on the company's corporate guidelines and the experience lived during the period of two years. In order to evaluate the recommendations of the Japan Institute of Plant Maintenance associated with planned maintenance in a brewing industry context. Although there is a propensity to maximize results over time, bringing benefits to the studied company in the current global competition environment, it is concluded that the study period was not sufficient to evaluate adequately the planned maintenance system of the studied brewery. The gradual development of the broader maintenance management model implemented is still early to ensure the sustainability of the results that have already been achieved. In addition to measurable gains, the main unmeasurable contribution was the change in employee mindset (mental model) by promoting ownership through employee loyalty and providing synergy among all stakeholders towards a common goal. In addition to highlighting the relevance of planned maintenance, which is not merely planning maintenance time and techniques, but also giving the equipment reliability and expected functionality.

**Keywords:** Total productive maintenance. Planned maintenance. Brewery.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura das perdas no equipamento/instalação .....	20
Figura 2 - Pilares de sustentação do TPM .....	21
Figura 3 - Estratégias de Manutenção .....	31
Figura 4 - Curva de Progressão da Falha.....	31
Figura 5 - Organograma da manutenção .....	33
Figura 6 - Árvore de instalação de um equipamento no SAP/R3.....	35
Figura 7 - Plaquetas de tagueamento em campo .....	35
Figura 8 - Percentual de paradas por gatilho .....	36
Figura 9 - Distribuição das Horas Totais de uma linha de produção .....	38
Figura 10 - Papéis dos operadores e técnicos à medida que a manutenção autônoma evolui..	38
Figura 11 - Pilares do sistema de gestão.....	40
Figura 12 - Quadro de atividades da Manutenção Autônoma .....	42
Figura 13 - Relato de Anomalia .....	47
Figura 14 - Gráfico de falhas para um mesmo equipamento.....	48
Figura 15 - Análise Estruturada de Confiabilidade .....	49
Figura 16 - Matriz de criticidade de manutenção preditiva.....	55
Figura 17 - Eficiência da planta de jul/18 até mai/19 .....	59
Figura 18 - Análise do sistema de manutenção preventiva .....	60
Figura 19 - Resultado de revisão dos planos de manutenção .....	61

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Objetivo dos pilares do TPM.....	13
Tabela 2 - Como fazer as etapas da Manutenção Planejada.....	26
Tabela 3 - Estratégia de manutenção x Criticidade .....	32
Tabela 4 - Ferramentas propostas para a Manutenção Planejada.....	66

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>CENG</b>	Centro de Engenharia
<b>ERP</b>	<i>Enterprise Resource Planning</i> (Planejamento de Recursos Empresariais)
<b>EUA</b>	Estados Unidos da América
<b>GPA</b>	Grupo de Pronto Atendimento
<b>HH</b>	Homem Hora
<b>ISM</b>	Itens Sem Movimentação
<b>JIPE</b>	<i>Japanese Institute of Plant Engineers</i> (Instituto Japonês de Engenheiros de Fábrica)
<b>JIPM</b>	<i>Japan Institute of Plant Maintenance</i> (Instituto Japonês de Manutenção de Planta)
<b>KPI</b>	<i>Key Performance Indicator</i> (Indicador Chave de Performance)
<b>LEF</b>	<i>Line Efficiency</i> (Eficiência de Linha)
<b>MCE</b>	<i>Motor Circuit Electriict</i> (Circuito Elétrico de Motor)
<b>MES</b>	<i>Manufacturing Execution System</i> (Sistema de Execução da Manufatura)
<b>MTBF</b>	<i>Mean Time Between Failures</i> (Tempo Médio Entre Falhas)
<b>MTTR</b>	<i>Mean Time to Repair</i> (Tempo Médio para Reparo)
<b>OBZ</b>	Orçamento Base Zero
<b>PCM</b>	Planejamento e Controle da Manutenção
<b>PM</b>	<i>Productive Maintenance</i> (Manutenção Produtiva)
<b>RCM</b>	<i>Reliability Centered Maintenance</i> (Manutenção Centrada na Confiabilidade)
<b>RDP</b>	Relatório Diagnóstico Proagnóstico
<b>SAP/R3</b>	Sistemas, Aplicativos e Produtos
<b>SKAP</b>	<i>Skills, Knowledge and Abilities Profile</i> (Perfil de Competências, Conhecimento e Habilidades)
<b>TPM</b>	<i>Total Productive Maintenance</i> (Manutenção Produtiva Total)
<b>VPO</b>	<i>Voyager Plant Optimization</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>1.1</b>	<b>Justificativa .....</b>	<b>12</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos.....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>Histórico da Manutenção .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>Manutenção .....</b>	<b>17</b>
2.2.1	<i>Manutenção Corretiva.....</i>	<i>18</i>
2.2.2	<i>Manutenção Preventiva .....</i>	<i>18</i>
2.2.3	<i>Manutenção Preditiva .....</i>	<i>19</i>
<b>2.3</b>	<b>TPM .....</b>	<b>20</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>26</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>30</b>
<b>4.1</b>	<b>Etapa 1: Avaliar o equipamento e compreender a situação inicial.....</b>	<b>30</b>
4.1.1	<i>Classificação ABC dos Equipamentos.....</i>	<i>30</i>
4.1.2	<i>Estruturação da Manutenção .....</i>	<i>31</i>
4.1.3	<i>Cadastro Técnico dos Equipamentos .....</i>	<i>33</i>
4.1.4	<i>Classificação da Quebra/Falha.....</i>	<i>35</i>
4.1.5	<i>Indicadores de Manutenção .....</i>	<i>36</i>
<b>4.2</b>	<b>Etapa 2: Restaurar a Deterioração e Corrigir Debilidades .....</b>	<b>38</b>
4.2.1	<i>Restaurar a Deterioração Forçada .....</i>	<i>38</i>
4.2.2	<i>Prevenir a Repetição da Quebra/Falha .....</i>	<i>45</i>
<b>4.3</b>	<b>Etapa 3: Construir um Sistema de Gestão de Informações.....</b>	<b>49</b>
4.3.1	<i>Criar um Sistema para Gerenciamento de Informações .....</i>	<i>49</i>
4.3.2	<i>Gerenciar os Dados de Quebra/Falha .....</i>	<i>51</i>
4.3.3	<i>Informatizar o Gerenciamento de Orçamento da Manutenção.....</i>	<i>51</i>
4.3.4	<i>Construir um Sistema para Controlar Peças de Reposição .....</i>	<i>52</i>
<b>4.4</b>	<b>Etapa 4: Construir um Sistema de Manutenção Periódica .....</b>	<b>53</b>
<b>4.5</b>	<b>Etapa 5: Construir um Sistema de Manutenção Preditiva .....</b>	<b>54</b>
<b>4.6</b>	<b>Etapa 6: Avaliar o Sistema de Manutenção Planejada .....</b>	<b>56</b>
4.6.1	<i>Mudanças implementadas no período de junho/2018 a junho/2019.....</i>	<i>57</i>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>64</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>67</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O ambiente competitivo atual exige das empresas uma busca constante de melhoria em todos os aspectos. As empresas industriais, em particular, necessitam garantir que a manufatura tenha um desempenho acima dos concorrentes, aperfeiçoando seus métodos de lidar com o homem, com a máquina e com os demais recursos.

A mecanização e automação das indústrias criaram um cenário onde as máquinas se tornaram um dos principais recursos produtivos. A manutenção dessas máquinas é uma atividade de apoio à produção na forma de prestação de serviços e, muito comumente, é encarada como um mal necessário dentro das organizações. Esta visão perpetua-se porque fazer manutenção tem um custo, não agrega valor ao produto final e gera indisponibilidades momentâneas no uso de bens e recursos.

Porém, vem se destacando a perspectiva de que a manutenção possibilita investimentos que retornam através da elevação dos índices de confiabilidade e disponibilidade da planta quando utilizada de forma estratégica a partir da restauração da deterioração e da execução de atividades planejadas ao menor custo possível. Por isso, nos dias de hoje, a manutenção deixou de ser convencional baseada no setor de manutenção e se transformou em TPM, com ênfase na participação total e no papel dos operadores da produção.

Dentro da metodologia TPM a manutenção planejada trata aspectos importantes da gestão dos equipamentos, engloba métodos para o tratamento de problemas relacionados à substituição, monitoramento e manutenção programada dos ativos e considerando as questões probabilísticas, aumentando o desempenho das atividades e os múltiplos aspectos associados à competitividade (CARNEIRO, 2019).

No presente trabalho se dará o estudo do sistema de gestão da manutenção planejada de uma indústria cervejeira situada na cidade de Itapissuma no estado de Pernambuco conforme a estrutura de implantação disponibilizada pela metodologia TPM. Com o propósito de avaliar a implementação da manutenção planejada na cervejaria e apresentar ferramentas para execução das seis etapas sugeridas pelo JIPM. Cooperando na amplificação de ferramentas disponíveis para aplicação das etapas da manutenção planejada na indústria cervejeira, que representa 1,6% do PIB brasileiro, R\$21 bilhões de impostos ao ano e 2,7 milhões de empregos, sendo a região Nordeste a segunda maior produtora do Brasil com uma fatia de 23,2% de produção (CERVBRASIL, 2016).

## 1.1 Justificativa

Após a globalização o ambiente em que a indústria, em geral, encontra-se inserida é de constantes modificações. A redução das barreiras alfandegárias e a criação de mercados de livre comércio como o Mercado Comum Europeu, Nafta e o Mercosul deixa evidente que a concorrência fica cada vez mais acirrada, impondo redução de custos de seus produtos através da melhoria de produtividade, considerando a relação entre o valor do produto e os custos para produzi-lo, sendo urgente e imprescindível evitar desperdícios.

Neste contexto a manutenção é um elemento chave na estratégia da indústria para evitar desperdícios. A palavra manutenção derivada do latim *manus tenere* significa *manter o que se tem*. A manutenção atua nos equipamentos que estão em operação, mas também na concepção do projeto do equipamento e sua localização na planta, pois a acessibilidade aos subsistemas mecânicos e elétricos ou o dimensionamento dos componentes e peças devem obedecer a critérios para facilitar as futuras atividades de manutenção.

As perdas na indústria podem estar vinculadas:

- Perdas por paradas sejam paradas planejadas ou não planejadas. As paradas planejadas podem ser devido a necessidade de inspeções, manutenção ou reparos gerais, enquanto as paradas não planejadas indicam uma perda total ou parcial da função do equipamento;
- Por desvios no processo, ou seja, um desvio do processo afeta o equipamento;
- Quando o equipamento opera abaixo da sua capacidade nominal, há uma perda de produção;
- Perdas devido ao tempo perdido para produzir produtos que foram rejeitados, talvez por contaminação;
- Reprocesso ocorrer se há necessidade de reciclagem do produto defeituoso.

Para combater essas perdas surgiu uma nova modalidade de manutenção que ficou conhecida pela sigla TPM que significa Manutenção Produtiva Total, a qual abrange estratégias de manutenção preventiva e preditiva, além de incluir um programa de treinamento para os operadores, que passam a auxiliar no monitoramento da máquina no exercício das suas atividades (prática de manutenção preditiva) e executam operações de manutenção que não exigem muito domínio, como por exemplo troca de filtro de óleo (prática de manutenção preventiva). A meta é reduzir substancialmente as perdas nos equipamentos/instalações a níveis próximos de zero. O objetivo é a eliminação das perdas que prejudicam o aumento do

rendimento operacional, corrigindo as deficiências que envolvem o equipamento, o operador, os materiais e os métodos.

Segundo Almeida (2014), é objetivo do TPM melhorar a estrutura da empresa através da melhoria de materiais (equipamentos, ferramentas, matéria-prima, produtos, entre outros) e pessoas (capacitação técnica do operador, habilidades e atitudes). Os pilares do TPM e seus objetivos são relacionados na Tabela 1.

**Tabela 1 - Objetivo dos pilares do TPM**

<b>PILAR</b>	<b>OBJETIVO</b>
<b>Manutenção Autônoma</b>	Desenvolver nos operadores o sentimento de propriedade e zelo pelos equipamentos e também a habilidade de inspecionar e detectar anomalias em sua fase inicial e até realizar pequenos reparos, ajustes e regulagens.
<b>Manutenção Planejada</b>	Estabelecer um sistema de gestão eficiente e eficaz de modo a desenvolver os mantenedores juntamente com os operadores para que possam eliminar as perdas relativas às quebras/falhas, retrabalhos de manutenção, falhas de operação, produtos defeituosos e pequenas paradas indesejadas.
<b>Melhoria Específica</b>	Incluir todas as atividades que maximizam a eficácia global do equipamento, processos e plantas através da eliminação de perdas e da melhoria de desempenho.
<b>Educação e Treinamento</b>	Desenvolver novas habilidades e conhecimentos para o pessoal da manutenção e da produção.
<b>Controle Inicial</b>	Reduzir o impacto da partida de novos produtos, processos e equipamentos, minimizando a ocorrência das falhas através de um profundo estudo do princípio de funcionamento e comportamento dos produtos, processos e equipamentos contidos na empresa. E assegurar que a elaboração e a execução dos projetos estejam de acordo com as normas técnicas de engenharia e com a política de qualidade, segurança, saúde e meio ambiente da legislação vigente, atendendo ao escopo, ao prazo e ao orçamento preestabelecido.
<b>TPM Segurança, Higiene e Meio-ambiente</b>	Garantir que os aspectos de segurança, higiene e meio ambiente sejam contemplados na execução dos demais pilares do TPM, garantindo a confiabilidade dos equipamentos, prevenindo erros humanos e eliminando acidentes.
<b>TPM Administrativo</b>	Processar informações de maneira rápida, com qualidade e confiabilidade aperfeiçoando os processos administrativos e reduzindo as perdas administrativas.
<b>Manutenção da Qualidade</b>	Estabelecer condições adequadas dos equipamentos para não comprometer a qualidade intrínseca dos produtos visando o defeito zero, ou seja, a eliminação dos refugos, retrabalhos e produtos fora da especificação inicialmente desejada.

Fonte: Carneiro (2019) baseado em Suzuki (1994)

A motivação foi verificar a aderência das práticas de manutenção planejada com as estratégias de manutenção se reativa, preventiva ou proativa. Uma estratégia reativa sugere que quando a falha surge, ela é eliminada com medidas corretivas, não há uma identificação da causa raiz. A preventiva busca evitar a recorrência da mesma falha, através da análise de sua causa raiz. Uma manutenção proativa implica em analisar os riscos em potencial, antecipar falhas, melhorar métricas de confiabilidade e melhorar procedimentos.

O objetivo da manutenção planejada é a eficácia e eficiência. A eficácia está associada a remoção de avarias devido à falta de condições básicas, ou seja, causas básicas. A eficiência tem por intenção reduzir os tempos e melhorar os padrões da manutenção planejada. Dentro deste contexto, a escolha do tema Manutenção Planejada justifica-se pela urgência do assunto para a indústria cervejeira nacional, consciente da necessidade de enfrentar a concorrência do mercado, e sobretudo de sobreviver a médio e longo prazo.

## **1.2 Objetivos**

A Manutenção Produtiva Total e os seus pilares foram desenvolvidos no contexto da indústria automobilística do Japão, porém vem sendo adaptada e utilizada em outros segmentos da indústria, como por exemplo, a indústria de petróleo e gás, de siderurgia, entre outras, com a intenção de eliminar falhas e conseqüente redução dos custos com manutenção.

O objetivo do presente trabalho é avaliar as ferramentas de utilizadas na implementação do pilar manutenção planejada, conforme recomendações do JIPM, no contexto de uma indústria alimentícia; as quais foram baseadas na experiência vivida na área de Engenharia e *Packaging* (linhas de envase) de uma cervejaria no período de dois anos e nas diretrizes corporativas da companhia a qual a cervejaria faz parte.

Para alcançar o objetivo proposto foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Entender como as etapas da manutenção planejada foram implementadas na cervejaria.
- b) Avaliar o sistema de manutenção planejada da cervejaria.
- c) Disponibilizar ferramentas de gestão da manutenção que possam contribuir para a melhoria contínua da manutenção planejada.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para que o presente trabalho atinja seus objetivos, é necessário que se faça uma contextualização acerca da literatura existente cujo propósito será o de dar consistência técnica-científica a este trabalho.

### 2.1 Histórico da Manutenção

A partir de 1776, com a invenção da máquina a vapor por James Watt, houve uma transformação radical no processo industrial que trouxe rápidas e profundas mudanças de ordem econômica, política e comercial da época. É o período chamado de Revolução Industrial, que se iniciou na Inglaterra.

Um exemplo clássico de desenvolvimento fabril da época foi o grande impulso da indústria têxtil, com as primeiras máquinas de tear. Enquanto as indústrias se desenvolviam com produção dividida em etapas e cada operador especializado em uma única tarefa, as produções domésticas dos artesãos se reduziam gradativamente. Assim teve origem a I Revolução Industrial, de 1760 a 1850.

A partir de 1870 teve início a II Revolução Industrial, a essa altura as tecnologias e produções industriais se alastraram pela Europa, EUA e Japão. Essa nova etapa da revolução envolveu uma série de desenvolvimentos dentro da indústria química, elétrica, de petróleo e de aço. Sua principal mudança foi a substituição do carvão mineral - principal combustível utilizado para movimentar as máquinas a vapor da indústria têxtil na I Revolução Industrial - por novas fontes de energia como a eletricidade e o petróleo. Além do desenvolvimento da produção em massa através da linha de produção em série, o Fordismo de Henry Ford, que proporcionou grandes ganhos de produtividade à atividade industrial.

O progresso do capitalismo, impulsionado pela Revolução Industrial, acirrou o interesse econômico e político entre as grandes potências industrializadas, culminando na I Guerra Mundial (1914 – 1918).

Até então a indústria ainda era pouco mecanizada, com equipamentos simples e superdimensionados. Apenas intervenções de limpeza, lubrificação e reparo após a quebra eram realizados nos equipamentos pelos próprios operadores, que acumulavam a função de mantenedor por não haver uma equipe específica de manutenção. Assim foi a Primeira Geração da Manutenção, fundamentalmente corretiva (gestão reativa).

Logo a manutenção veio a se firmar como fator essencial à uma organização durante a II Guerra Mundial (1939 – 1945). Houve uma maior necessidade de bens de consumo ao mesmo

tempo que o contingente de mão de obra diminuiu consideravelmente. Esse fato levou ao aumento da mecanização e complexidade das instalações industriais, e passou-se a ter uma grande dependência do bom funcionamento das máquinas. Na busca por maior produtividade, procurou-se evitar as falhas dos equipamentos antecipadamente, culminando no conceito de manutenção preventiva (gestão proativa) característica da Segunda Geração da Manutenção.

Após a II Guerra Mundial, em meados de 1950 houve uma transformação agressiva nas indústrias pelo uso de tecnologias avançadas no sistema de produção. O grande avanço da ciência, da tecnologia, da informática, da robótica e da eletrônica integrada a produção industrial corresponde a III Revolução Industrial, também chamada de Revolução Técnico-Científica Informativa, e agregada a ela temos a Terceira Geração da Manutenção.

Nessa nova fase produtiva os anos de estudos e pesquisas agrega valores elevados ao produto final, mesmo que tenha sido gasto pouca quantidade de matéria-prima, diferentemente das revoluções industriais anteriores.

No mundo capitalista, a inserção e aprimoramento constante de tecnologias promovem a dinamização produtiva e oferece produtos de maior qualidade para concorrer em um mercado cada vez mais competitivo. Esse processo gera muitos lucros que posteriormente são usados para realizar investimentos no desenvolvimento de novos produtos e na geração de novas tecnologias de ponta, sempre a serviço da indústria.

Nesse mesmo período Taiichi Ohno criou o Toyotismo (mais conhecido como *Just in time*), em oposição ao Fordismo, um método de produção mais flexível que produz apenas o necessário de acordo com a demanda do mercado. Para o sucesso do modelo era estritamente necessário que não houvesse interrupção do processo produtivo pois, por menor que fosse, geraria atrasos na entrega do produto ao cliente.

Deste modo, também se fez amplamente necessário o aprimoramento das técnicas de execução e da gestão da manutenção, pois a incidência de falhas com interrupção da produção afetaria o faturamento em somas muito elevadas. Como resultado surgiram os conceitos de manutenção preditiva, manutenção centrada na confiabilidade e a implementação de sistemas de gestão computadorizados.

Não existe uma linha de tempo bem definida para o início da revolução industrial da atualidade, a IV Revolução Industrial (mais conhecida como Indústria 4.0) é originária de um projeto de estratégia de alta tecnologia do governo alemão para levar sua produção a uma total independência da mão de obra humana e tem como base o uso das tecnologias da III Revolução Industrial para criação dos sistemas ciberfísicos, que combinam máquinas com processos digitais. Nas chamadas “fábricas inteligentes” os sistemas ciberfísicos monitoram processos

físicos e tomam decisões com base em dados previamente coletados, analisados e cruzados. Essas ações podem ser combinadas de infinitas formas dada a enorme capacidade de coleta, análise e armazenamento de dados.

A Quarta Geração da Manutenção teve início por volta dos anos 2000 e tem como objetivo evitar as quebras, não mais preveni-las ou predizê-las. Pode ser considerada uma extensão natural da geração anterior pois os conceitos estabelecidos na Terceira Geração continuam atuantes, porém agora com maior ênfase na melhoria da disponibilidade, da confiabilidade e da manutenibilidade. Também há a consolidação dos conceitos da Engenharia da Manutenção, sua importância estratégica para a assertividade das ações e atividades de manutenção tem impacto direto no sucesso competitivo das organizações.

## **2.2 Manutenção**

De acordo com a NBR 5462 (1994), manutenção é a combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida, outrora projetado.

A manutenção, por meio de um conjunto de técnicas e tomadas de ações intervencionistas, é responsável por garantir a funcionalidade regular e permanente dos equipamentos que compõem as instalações fabris. Ou seja, evita a degradação dos equipamentos consequente do desgaste natural e pelo uso. Esta degradação pode se manifestar desde uma aparência externa deteriorada até perdas produtivas e de desempenho, como perdas de velocidade, pequenas paradas e quebras (XENOS, 1998).

Ao longo da evolução da indústria e dos sistemas de gestão a manutenção deixou de ser encarada como um mal necessário e passou a ter papel de grande importância na obtenção de receita e vantagem competitiva. Baseado no alcance de uma maior disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos, por conseguinte o aumento da produtividade. Além disso, proporciona um ambiente de trabalho mais seguro e maior qualidade dos produtos.

De acordo com a norma NBR 5462 (1994), os tipos de manutenção existentes são três: manutenção corretiva, manutenção preventiva e manutenção preditiva. Para traçar uma estratégia de manutenção adequada é necessário entender cada tipo de manutenção e as diferenças entre eles, assim é possível definir o tipo apropriado de acordo com a relação custo e disponibilidade.

### 2.2.1 *Manutenção Corretiva*

A NBR 5462 (1994) define manutenção corretiva como a manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane, destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.

Esse tipo de manutenção é caracterizado pela atuação da equipe de manutenção em fatos em processo de ocorrência ou que já ocorreram, seja por desempenho inferior ao requerido ou por uma falha. Sendo assim, o enfoque das ações se dá apenas ao reestabelecimento do funcionamento do equipamento no menor tempo possível, sem a preocupação de eliminar definitivamente a falha. Quem anuncia a quebra para a manutenção é o próprio equipamento, o que não pode ser encarado como um evento já esperado e, portanto, natural. É necessário identificar a causa fundamental da falha e bloqueá-la evitando sua reincidência.

Ainda que ao substituir uma peça apenas quando houver quebra também possa causar danos em outros componentes, o investimento nesse tipo de manutenção normalmente é menor do que o empregado em ações preventivas. Porém do ponto de vista econômico a adoção da manutenção corretiva não é vantajosa, o baixo investimento não se justifica devido ao alto custo da interrupção ou redução da produção, que impacta diretamente no lucro cessante (prejuízos causados pela interrupção de qualquer das atividades de uma empresa, no qual o objeto de suas atividades é o lucro). Portanto deve-se ponderar a viabilidade da execução desse tipo de atividade considerando ambos os fatores mencionados.

A manutenção corretiva é dividida em não planejada e planejada. A primeira é a correção da falha de maneira aleatória caracterizada pela sucessão das ações quebra-conserta, conhecida como manutenção emergencial. A diferença da manutenção não planejada para a planejada é que esta última não é executada de imediato, mas sim na próxima oportunidade de parada da produção, em função de um acompanhamento preditivo ou pela decisão gerencial de se operar até a quebra. Entre os fatores de decisão para esse tipo de manutenção podemos citar: alinhamento entre paradas de produção e manutenção; a falha não impacta a qualidade do produto ou a segurança da instalação; falta de peças, ferramentas ou mão de obra especializada (KARDEC, 2002).

### 2.2.2 *Manutenção Preventiva*

A NBR 5462 (1994) define manutenção preventiva como a manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item.

A manutenção preventiva é sistêmica, ou seja, suas atividades são executadas em intervalos regulares previamente definidos através de um plano de manutenção, pelo fato de ser baseada em dois princípios: de que existe uma correlação entre idade e taxa de falha do equipamento, e de que a vida útil do componente e a probabilidade de falha do equipamento podem ser determinadas estatisticamente (NASA, 2000). Assim tem como proposta antever a falha do equipamento através de uma intervenção de manutenção prevista, preparada e programada antes da data provável de aparecimento da falha. Logicamente, esse método não impedirá que venham a ocorrer falhas imprevistas, porém tem como objetivo reduzir ou até mesmo eliminar a probabilidade de falha.

O custo da manutenção preventiva é relativamente alto quando comparado a manutenção corretiva. Primeiramente porque os componentes são substituídos antes do limite de vida, e também pela necessidade de um quadro maior de funcionários, profissionais mais qualificados, manter um estoque de peças de reposição para atendimento dos planos, disponibilidade de ferramentas, tempo de parada para realização das manutenções e de um sistema de manutenção para planejamento.

Porém, à medida que a manutenção preventiva se torna constante a corretiva diminui gradativamente, então no médio e longo prazo o custo é compensado pela elevação do tempo de disponibilidade e do MTBF, que gera ganho de produtividade.

### 2.2.3 *Manutenção Preditiva*

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

Este tipo de manutenção é fundamentada na condição do equipamento, onde a intervenção é realizada com base na modificação dos parâmetros que são acompanhados por meio de dados coletados com o equipamento em funcionamento ao longo do tempo através de uma instrumentação específica. Entre as técnicas preditivas mais empregadas podemos citar: análise de vibração, análise de óleo, termografia e ultrassonografia.

Sendo assim, tem por objetivo prever o estado real do equipamento e encontrar falhas em estágio inicial, quando ainda não são prejudiciais ao equipamento e/ou processo produtivo, logo é possível planejar e programar ações para sanar a falha. Surge como uma forma mais apurada de programar manutenções nos equipamentos, pois permite a intervenção no momento

mais indicado, sem tendência à supermanutenção e com o mínimo de interferência na programação da produção.

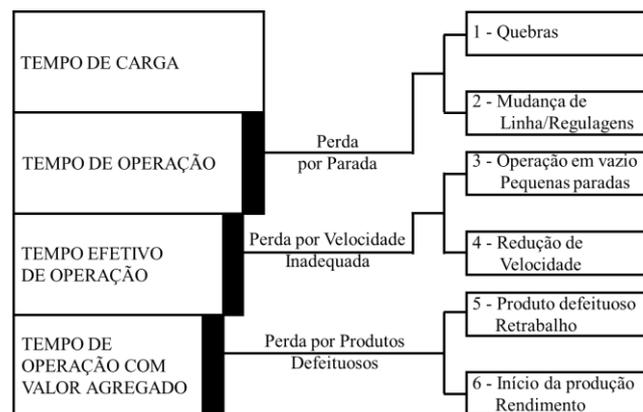
Do ponto de vista de custos a manutenção preditiva minimiza os maiores custos implicados pela manutenção preventiva, uma vez que as peças são substituídas mais próximas do fim de sua vida útil e a antecedência permite a obtenção de peças sem necessidade de estoques robustos. Enquanto o investimento é maior, pois se faz necessário instrumentos de medição e análise sofisticados e mão de obra altamente qualificada. Porém a médio e longo prazo o investimento é recompensado devido ao baixo custo, por isso a manutenção preditiva é colocada como a mais próxima do ponto ótimo da relação custo-benefício.

### 2.3 TPM

O TPM é uma evolução Japonesa da manutenção preventiva que nasceu nos Estados Unidos. O primeiro contato das empresas japonesas com as técnicas norte-americanas de manutenção preventiva ocorreu no início da década de 50. A elas foram agregadas técnicas como *kaisen*, *just in time* e técnicas de qualidade típicas da cultura japonesa (como as atividades de pequenos grupos), resultando na consolidação do TPM na década de 70.

O TPM teve seu início na Nippondenso, uma famosa fabricante de peças automotivas. Introduzido em 1961 pelo Sr. Seiichi Nakajima, após 10 anos a empresa recebeu um prêmio por excelência em PM pelo JIPE, que por volta de 1990 se tornaria o JIPM.

**Figura 1 - Estrutura das perdas no equipamento/instalação**



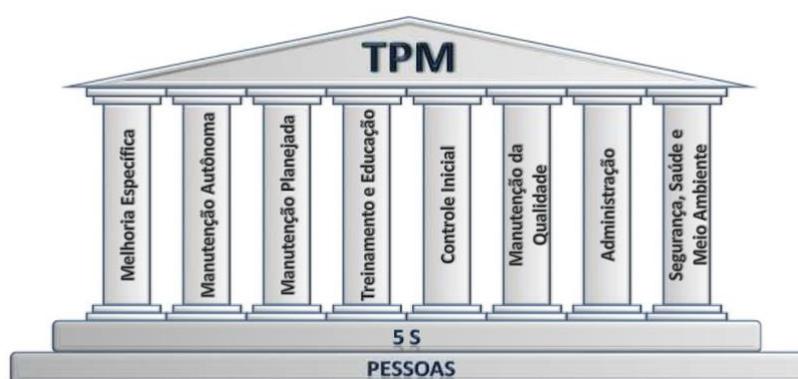
Fonte: Yamaguchi (2005)

Seu objetivo é elevar ao máximo a eficiência dos sistemas de produção através da redução/eliminação de todo tipo de perdas (Figura 1) – atingindo zero quebras, zero defeitos e zero acidentes – com o envolvimento de todas as áreas que compõem a organização, todos devem trabalhar em conjunto e com a maior sinergia possível. Para que isso seja possível é

necessária uma reestruturação da cultura organizacional de incentivo à organização e aproveitamento ótimo das pessoas e equipamentos, ou seja, um sistema produtivo organizado e eficaz gerando resultados elevados com baixo custo.

O TPM se apresenta em três fases: a fase inicial com foco na quebra zero e desenvolvida em 5 pilares que tratavam apenas das instalações industriais, a segunda fase (1989) com foco na perda zero e aplicação para toda a empresa sustentada em 8 pilares (Figura 2) – os 3 pilares novos contemplaram as áreas administrativas, sistema da qualidade e políticas de segurança, saúde e meio ambiente – e a terceira fase (1997) com foco na satisfação global associada à redução de custos, também desenvolvida em oito pilares.

**Figura 2 - Pilares de sustentação do TPM**



Fonte: Pinto (2017)

#### a) Manutenção Autônoma

O pilar manutenção autônoma é um dos pilares básicos mais importantes do TPM, tem como objetivo restaurar as condições básicas dos equipamentos, promovendo suas condições ótimas de funcionamento, gerenciar e prevenir a deterioração dos equipamentos através de uma operação correta e inspeções diárias.

Uma das suas maiores contribuições consiste na quebra de barreiras entre produção e manutenção. Ao desenvolver nos operadores o sentimento de dono muda a mentalidade de “eu fabrico, você conserta” para “do meu equipamento cuido eu”, ao capacitar a operação a inspecionar e detectar anomalias em fase inicial e realizar pequenos reparos e ajustes, permite que a manutenção se dedique apropriadamente às técnicas de manutenção especializadas.

De acordo com Suzuki (1994), a implantação da manutenção autônoma acontece em 7 passos: limpeza inicial, eliminação das fontes de contaminação e locais de difícil acesso, elaboração de padrões de limpeza, lubrificação e aperto de parafusos, inspeção geral do

equipamento, inspeção geral dos processos, manutenção autônoma sistemática e auto-gestão (gerenciamento autônomo e contínuo dos passos anteriores).

#### b) Manutenção Planejada

Segundo Suzuki (1994) a manutenção planejada deve estabelecer e manter as condições ótimas do processo e do equipamento, sendo também eficiente e eficaz no custo e melhorando continuamente os sistemas de manutenção.

Baseado nestas premissas a criação ou revisão de planos de manutenção deve ser sistemática, aliando aumento da eficiência ao custo ótimo. Assegurando que o equipamento atenda a sua expectativa de funcionamento e rendimento durante toda sua vida, ou seja, desde o seu projeto, fabricação, instalação e operação até a sua desativação.

De acordo com Suzuki (1994) a implantação do pilar manutenção planejada transcorre em 6 passos: avaliação do equipamento e compreender a situação inicial, restauração da deterioração e corrigir as fraquezas, construção de um sistema de gestão de informações, criação de um sistema de manutenção periódica, criação de um sistema de manutenção preditiva e avaliação do sistema de manutenção planejada.

#### c) Melhoria Específica

Para Suzuki (1994), o pilar melhoria específica inclui todas as atividades que maximizam a eficiência global dos equipamentos e instalações através da eliminação de perdas e da melhoria de performance pela utilização plena de suas funções e capacidades através da total utilização de suas funções e capacidades.

A metodologia de melhoria específica aplica 8 passos na sua implementação: seleção do tema de melhoria (problema a ser eliminado), compreensão da situação atual, descobrir e eliminar anormalidades, análise das causas, planejamento das melhorias, implementação das melhorias, avaliação dos resultados e consolidação dos resultados.

A formação de uma equipe multidisciplinar para resolução dos problemas mostra-se importante, já que cada membro detém um conhecimento profundo sobre determinado assunto teremos como resultado diferentes pontos de vista de um mesmo problema e disseminação do conhecimento e experiências para encontrar a melhor solução aplicável.

#### d) Educação e Treinamento

Pilar cujo objetivo é estabelecer um sistema de educação e treinamento desenhado para tornar todos os funcionários aptos ao pleno desenvolvimento de suas atividades e responsabilidades, maximizando o potencial de cada pessoa dentro um clima transparente e motivador.

De acordo com a filosofia TPM, habilidade é o poder de agir de forma correta e automática (sem pensar) com base em conhecimentos adquiridos e utilizá-los durante um longo período de tempo para solucionar problemas que surgem nas atividades do dia a dia. Sendo assim, demonstra-se como o presente pilar atinge o aspecto comportamental dos colaboradores, levando-os das posições reativas às proativas.

Além de se mostrar de fundamental importância para o TPM pois, uma vez que atua na capacitação das pessoas, ampara todos os outros pilares. Por isso é fundamental que seja devidamente direcionado para as necessidades e *gaps* (lacunas) de conhecimentos de cada colaborador.

A metodologia de Educação e Treinamento é composta dos passos a seguir: determinação do perfil da operação e manutenção, avaliação da situação atual e determinação dos *gaps* existentes, elaboração do plano de treinamento, execução do plano de treinamento, avaliação do aprendizado, criação de um ambiente de autodesenvolvimento, avaliação das atividades e planejamento futuro.

#### e) Controle Inicial

Segundo a abordagem terotecnológica, o ciclo de vida dos equipamentos é dividido em: especificação, projeto, fabricação, instalação, comissionamento (partida), operação e substituição. Entende-se como fase inicial o intervalo desde a especificação até a fase de partida.

O presente pilar tem como objetivo reduzir o impacto da partida em um projeto, minimizando a ocorrência das falhas ao abranger de forma eficiente todas as atividades do projeto. Além de assegurar o total atendimento aos requisitos determinados no mesmo, ou seja, que o projeto esteja de acordo com as normas técnicas de engenharia e com a política de qualidade, segurança, saúde e meio ambiente da legislação vigente, atendendo ao escopo, ao prazo e ao orçamento preestabelecido.

Na prática, os conceitos de prevenção da manutenção somados aos históricos de equipamentos anteriores são levados em consideração no projeto de novas máquinas, sistemas

ou instalações, tendo em vista a índices melhores de confiabilidade e manutenibilidade. (FONTANINI, 2018)

f) TPM Segurança, Higiene e Meio-ambiente

O objetivo principal do pilar é garantir que os aspectos de segurança, higiene e meio ambiente estejam presentes na execução dos demais pilares do TPM.

Influenciando diretamente na composição de um ambiente de trabalho e processos com zero acidentes, como também na utilização sustentável dos recursos ambientais e impactos gerados pela produção. Vale destacar que os clientes externos se preocupam cada vez mais com questões ambientais, enquanto clientes internos preocupam-se em trabalhar com segurança.

g) TPM Administrativo

O pilar tem como principal função identificar, analisar e eliminar as perdas administrativas provenientes da geração ou transmissão de informações. Atuando diretamente na transmissão de informações de maneira rápida, com qualidade e confiabilidade entre a parte administrativa e técnica da empresa.

Se concentra no aumento da eficácia funcional, produtividade e organização do ambiente de trabalho por meio da minimização de retrabalhos e de atividades com pouco ou nenhum valor agregado.

h) Manutenção da Qualidade

Conforme Suzuki (1994), a qualidade dos produtos está intrinsicamente ligada as condições dos equipamentos que os produzem. A redução dos defeitos ocorre naturalmente à medida que o equipamento tem suas condições básicas e operacionais estabelecidas, a partir de então é necessário o desenvolvimento das atividades do pilar manutenção da qualidade para dar continuidade à redução dos defeitos.

O pilar Manutenção da Qualidade visa o defeito zero, ou seja, a eliminação dos refugos, retrabalhos e produtos fora da especificação ao definir as condições adequadas dos equipamentos para não comprometer a qualidade intrínseca dos produtos. Envolve a análise e melhoria dos comportamentos operacionais e métodos laborais, e a gestão aprimorada dos materiais e equipamentos (4M - Mão de obra, Método, Material e Máquina).

Ressalta-se ainda que o pilar tem grande inferência sobre requisitos legais dos negócios, uma vez que trata de questões relacionadas à segurança dos processos e produtos, visando

sempre a proteção e saúde das partes interessadas. E, apesar de ser considerado um pilar complementar, não deixar de ser um pilar técnico pois influencia diretamente na eficiência global do equipamento.

### 3 METODOLOGIA

O objetivo do presente estudo é estabelecer recomendações para implementar a manutenção planejada, a qual foi baseada nos critérios do TPM desenvolvidos pelo JIPM (SUZUKI, 1994), que tem o objetivo de estruturar um sistema de gestão da manutenção, a qual foi desenvolvida em seis etapas que são estratificadas na Tabela 2:

Etapa 1: Avaliar o equipamento e compreender a situação inicial

Etapa 2: Restaurar a deterioração e corrigir debilidades

Etapa 3: Construir um sistema de gestão de informações

Etapa 4: Construir um sistema de manutenção periódica

Etapa 5: Construir um sistema de manutenção preditiva

Etapa 6: Avaliar o sistema de manutenção planejada

**Tabela 2 - Como fazer as etapas da Manutenção Planejada**

ETAPAS DA MANUTENÇÃO PLANEJADA	COMO FAZER?
Avaliar o equipamento e compreender a situação inicial	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Classificação ABC dos equipamentos</li> <li>2. Estruturação da manutenção</li> <li>3. Cadastro técnico dos equipamentos</li> <li>4. Classificação da quebra/falha</li> <li>5. Indicadores de manutenção</li> </ol>
Restaurar a deterioração e corrigir debilidades	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Restaurar a deterioração forçada</li> <li>2. Prevenir a repetição da quebra/falha</li> </ol>
Construir um sistema de gestão de informações	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Criar um sistema para gerenciamento de informações</li> <li>2. Gerenciar os dados de quebra/falha</li> <li>3. Gerenciar o orçamento da manutenção</li> <li>4. Construir um sistema para controlar peças de reposição</li> </ol>
Construir um sistema de manutenção periódica	
Construir um sistema de manutenção preditiva	
Avaliar o sistema de manutenção planejada.	

Fonte: Autora (2019)

## **Etapa 1: Avaliar o equipamento e compreender a situação inicial**

O primeiro passo para a implantação da manutenção planejada é a base para começar toda a estruturação da manutenção. O objetivo é realizar o levantamento dos equipamentos e compreender a situação atual em que se encontra a manutenção.

Na manutenção, como em qualquer outra área, os recursos humanos e financeiros são limitados, logo é necessário realizar a priorização dos equipamentos com relação ao seu impacto no processo produtivo. Após ser avaliada a criticidade dos equipamentos deve ser estruturada a estratégia de manutenção a ser adotada para cada equipamento, a qual é específica para cada empresa.

É também relevante para a avaliação do equipamento: a) O cadastro técnico dos equipamentos, que são informações básicas que ajudam na avaliação do equipamento, tais como históricos de manutenção e da operação do equipamento; b) Classificação de quebra/falha, ou seja, utilizar um gatilho de tempo para definir o que é quebra e o que são pequenas paradas do processo produtivo e c) Indicadores de manutenção são informações sobre a taxa de falha e o tempo de falha, além de outras métricas de confiabilidade, são ferramentas básicas para o gerenciamento do sistema organizacional da manutenção e as informações que fornecem são essenciais para o processo de tomada de decisão.

## **Etapa 2: Restaurar a deterioração e corrigir debilidades**

Neste passo a manutenção tem um papel fundamental no apoio à manutenção autônoma, pois precisa eliminar as anomalias e colocar o equipamento em condições ideais de funcionamento, restaurar as condições básicas e iniciar a capacitação operacional.

Duas atividades devem ser trabalhadas para a implantação desta fase: a) Restaurar a deterioração forçada com base na integração forte entre a operação e a manutenção, os operadores passam a maior parte da sua jornada de trabalho em contato com os equipamentos, portanto são fundamentais na detecção de anomalias, além disso o time de manutenção deve transferir conhecimento e capacitá-los a resolverem pequenos problemas; b) Prevenir a repetição da quebra/falha, cujo objetivo é investigar a causa raiz originária da quebra/falha para implantar ações de bloqueio impedindo o seu ressurgimento, para tal deve ser definida uma ferramenta de análise para auxiliar na linha de raciocínio que leve a encontrar a causa raiz da quebra/falha ocorrida no equipamento.

### **Etapa 3: Construir um sistema de gestão de informações**

Em uma indústria existe uma grande variedade de equipamentos que precisam de manutenção e os vários processos exigem diferentes regimes de manutenção, gerenciar esta quantidade de informações manualmente muitas vezes torna-se inviável. Portanto deve-se definir um sistema que facilite o acesso rápido e confiável de todas as informações importantes para a área de manutenção.

As principais atividades a serem desenvolvidas são: a) Criar um sistema para gerenciamento de informações para que as mesmas se encontrem armazenadas de forma organizada, facilitando a sua busca, e precisa ser confiável para que a análise gere um diagnóstico fidedigno com a situação atual do equipamento para subsídio na tomada de decisão; b) Gerenciar os dados de quebra/falha com a criação de relatórios diários e acumulativos de quebra/falha dos equipamentos com o objetivo de analisar as quebras/falhas, avaliar e priorizar trabalhos para redução da indisponibilidade dos equipamentos; c) Gerenciar o orçamento da manutenção para acompanhar e controlar os gastos realizados através das contas de manutenção nos centros de custos definidos pela empresa de forma a respeitar o limite orçado, pois as empresas querem produzir cada vez mais com menos gastos; d) Construir um sistema para controlar peças de reposição para atender às necessidades de troca dos itens dos equipamentos em manutenção, conforme a demanda, tanto para estoque de peças novas quanto para estoque de peças recuperadas levando em consideração o impacto destes itens em estoques sobre o desempenho dos equipamentos e o montante financeiro envolvido.

### **Etapa 4: Construir um sistema de manutenção periódica**

A estruturação da manutenção preventiva é baseada em um escopo de atividades pré-definidas que obedece a intervalos periódicos de execução, chamado plano de manutenção. Com esta estratégia a manutenção consegue prever desgastes ou quebras que poderiam ocorrer nos equipamentos, antecipando-se ao evento, mantendo desta forma as condições básicas do equipamento.

A elaboração dos planos de manutenção preventivos depende da quantidade e da qualidade das informações disponíveis sobre os equipamentos da empresa, em geral devem ser respondidas as seguintes perguntas: (i) quais manutenções serão feitas? (ii) em quais equipamentos? (iii) com que frequência? (iv) por quem serão feitas? (v) como serão feitas? e (vi) com qual duração?.

### **Etapa 5: Construir um sistema de manutenção preditiva**

Na manutenção preditiva são realizadas manutenções periódicas para verificar as condições atuais de funcionamento dos equipamentos, por isso ela também é chamada de manutenção baseada na condição.

A manutenção baseada na condição só acontece quando se encontra uma anomalia nas condições de funcionamento dos equipamentos. Existem duas importantes ferramentas para inspecionar a condição dos equipamentos, primeira é a inspeção operacional autônoma onde o próprio operador faz a inspeção de alguns componentes durante a limpeza, a segunda é a inspeção preventiva onde o mantenedor faz a inspeção de vários componentes periodicamente seguindo um roteiro previamente planejado. A prática da preditiva é um tipo de manutenção preventiva, onde um técnico especializado faz a inspeção de vários componentes com equipamentos específicos e de alta precisão, também de forma periódica.

A preditiva deve ser implantada na manutenção com o intuito de monitorar a condição dos ativos fazendo uma predição das falhas incipientes e assim, administrar o momento mais indicado para que a equipe de manutenção faça a intervenção no equipamento.

Existem no mercado várias técnicas preditivas disponíveis para a prevenção do surgimento de quebra/falha, porém não é necessário utilizar todas em um mesmo equipamento. É preciso analisar o custo-benefício e verificar se a técnica realmente se aplica ao equipamento. Devido ao seu alto custo, as técnicas preditivas são implantadas em equipamentos classe A, porém caso haja necessidade e recurso disponível pode ser utilizado em equipamentos classe B, não sendo recomendado utilizá-las em equipamentos classe C.

### **Etapa 6: Avaliar o sistema de manutenção planejada**

A implantação de qualquer modelo de gestão pode carregar em si erros que poderão afetar os resultados almejados, em função disso é primordial a verificação da contribuição das atividades de manutenção desenvolvidas nas etapas anteriores para o atingimento dos resultados e se basear nessa avaliação para correção dos desvios e desenvolver os pontos de oportunidade encontrados, ou seja, melhoria contínua.

## 4 RESULTADOS

Os passos para a implantação da manutenção planejada seguiram o modelo descrito na metodologia do presente trabalho. Abaixo se pode observar os passos, o modo como foram implementados e os resultados obtidos.

### 4.1 Etapa 1: Avaliar o equipamento e compreender a situação inicial

No passo inicial é realizada a análise da situação atual dos equipamentos para fundamentar a definição dos objetivos e táticas possíveis de estruturação da manutenção planejada. Suzuki (1994) lista cinco atividades a serem desenvolvidas:

#### 4.1.1 Classificação ABC dos Equipamentos

Dentro de um processo produtivo os equipamentos possuem níveis de importância diferentes, nesse contexto a criticidade é o atributo que expressa o quanto um equipamento é indispensável dentro do sistema produtivo.

Com base na criticidade dos equipamentos é possível definir um nível de priorização das ações de manutenção e principalmente escolher o tipo de estratégia de manutenção a ser aplicada, garantindo a utilização dos recursos disponíveis de modo eficiente.

A classificação da criticidade ABC dos equipamentos é realizada através de uma Matriz de Criticidade que leva em consideração a análise de oito fatores:

- Risco de saúde e segurança dos funcionários, riscos ambientais e/ou segurança do patrimônio;
- Impacto na capacidade de produção;
- Impacto na qualidade do produto;
- Impacto nos indicadores de custo;
- Existência de um equipamento backup;
- Impacto na capacidade / fator de utilização (operação contínua);
- Frequência de falhas;
- Tempo médio de reparo.

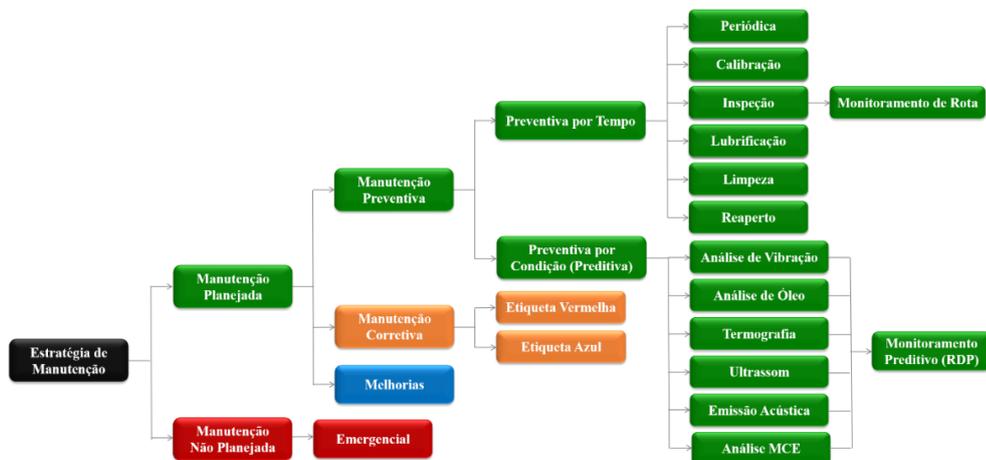
A avaliação para cada fator é definida em níveis, que devem ser escolhidos respeitando as particularidades das instalações e processos, e cada nível possui uma pontuação correspondente. A pontuação é de 0 a 50 para os fatores: existência de um equipamento backup,

frequência de falhas, tempo médio de reparo; e de 0 a 100 para os demais fatores. O grau de criticidade do equipamento é determinado pelo somatório das pontuações:  $\Sigma \geq 350$  para criticidade A,  $350 > \Sigma \geq 150$  para criticidade B e  $\Sigma < 150$  para criticidade C.

#### 4.1.2 Estruturação da Manutenção

Uma vez avaliada a criticidade dos equipamentos, é definida a estratégia de manutenção a ser adotada para os equipamentos levando em consideração também as práticas disponíveis na empresa (Figura 3) e a relação custo-benefício.

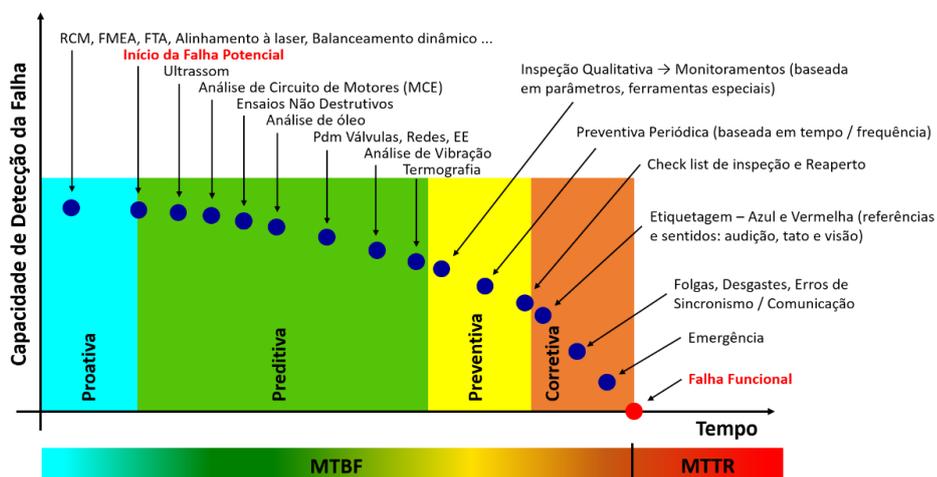
**Figura 3 - Estratégias de Manutenção**



Fonte: Cedido pela empresa em estudo (2019)

Cada estratégia de manutenção está atrelada a uma capacidade de detecção da falha, ilustrado na Figura 4, que é fundamental para definir a estratégia de manutenção a ser aplicada de acordo com os resultados esperados.

**Figura 4 - Curva de Progressão da Falha**



Fonte: Cedido pela empresa em estudo (2019)

Os equipamentos de criticidade A são os mais críticos dentro do processo produtivo, interrompem o processo produtivo em caso de falha e afetam diretamente a segurança da instalação e a qualidade do produto. Por isso todas as estratégias de manutenção são aplicadas e seus planos de manutenção são definidos corporativamente pelo CENG, não podem ser alterados pelas unidades sem aprovação prévia. Para os demais equipamentos, de criticidade B e C, os planos deverão ser criados pelas próprias unidades respeitando as estratégias de manutenção da Tabela 3.

**Tabela 3 - Estratégia de manutenção x Criticidade**

	PERIÓDICA	INSPEÇÕES	PREDITIVA	AUTÔNOMA
CRÍTICO A	Obrigatória	Obrigatória	Obrigatória	Obrigatória
CRÍTICO B	Opcional	Obrigatória	Opcional	Obrigatória
CRÍTICO C	Não utilizada	Obrigatória	Opcional	Obrigatória

Fonte: Cedido pela empresa em estudo (2019)

Podemos observar que a estratégia de Inspeções e Operacional Autônoma são implantadas em todos os equipamentos. A Preditiva é definida apenas para os equipamentos de criticidade A, o que não significa que não possa ser aplicada aos equipamentos de criticidade B e C caso se julgue necessário e haja recurso disponível. A Periódica é obrigatória para os equipamentos de criticidade A, opcional para os equipamentos de criticidade B e não aplicável para os equipamentos de criticidade C. A distribuição das atividades de manutenção Periódica e Preditiva são mais seletivas para obter uma relação custo-benefício ótima, pois quanto mais forem implantadas mais recursos serão necessários.

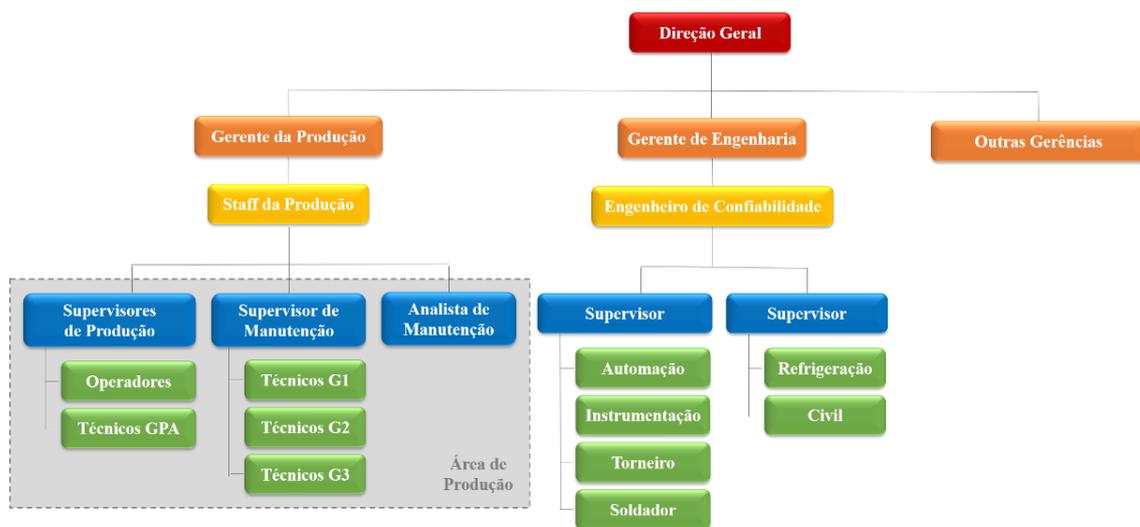
Para atender a demanda da manutenção com relação a estratégia definida é necessário estruturar a equipe de manutenção. A unidade utiliza a estrutura mista, uma combinação das estruturas descentralizada e centralizada (Figura 5).

Na estrutura descentralizada as áreas produtivas ficam sob os cuidados de uma equipe de manutenção, este tipo de estrutura tem como vantagens: rapidez no atendimento, estreitamento da relação entre produção e manutenção e aprofundamento no conhecimento dos equipamentos pela equipe de manutenção. A equipe de manutenção é composta por técnicos elétricos e mecânicos que são divididos em duas frentes de atuação, a equipe de manutenção preventiva e a equipe de GPAs.

A equipe de manutenção preventiva geralmente é composta de 3 técnicos elétricos e 3 técnicos mecânicos, esse valor pode variar a depender do tamanho e complexidade da área, que são subordinados ao supervisor de manutenção e trabalham em horário administrativo. Além

de executar a manutenção propriamente dita, a principal atribuição destes técnicos é ter uma função estratégica na manutenção. A área é dividida em grupos de equipamentos (G1, G2 e G3) e cada um dos grupos tem como dono um técnico elétrico e um técnico mecânico que são responsáveis por realizar a análise dos problemas e levantamento das prioridades de manutenção para que seu grupo de equipamentos performe dentro dos parâmetros estabelecidos.

**Figura 5 - Organograma da manutenção**



Fonte: Autora (2019)

A equipe de GPAs é composta por um técnico elétrico e mecânico por turno, e são subordinados ao supervisor de produção do turno (turno A, B e C). Eles têm como função realizar atendimento de ocorrências emergenciais, executar manutenções planejadas e fazer rendição dos operadores no horário da refeição.

Ainda há um analista de planejamento, que tem como função realizar a elaboração de indicadores de manutenção, desenvolvimento de peças e serviços junto aos fornecedores e gerenciar os planos de manutenção.

Na estrutura centralizada as operações são atendidas pela área de Engenharia de acordo com a disponibilidade de recursos e a prioridade dos serviços solicitados pelas áreas. A equipe centralizada é composta de mão de obra especializada como torneiro, soldador, instrumentistas, técnicos de automação, de refrigeração e de manutenção civil.

#### 4.1.3 Cadastro Técnico dos Equipamentos

O cadastro técnico refere-se à montagem de uma estrutura para armazenar todas as informações dos ativos de maneira formal seguindo uma estrutura lógica e hierárquica. Nesta

etapa é realizada a codificação dos equipamentos, mais conhecida como tagueamento, que trata-se da identificação do local de instalação dos equipamentos.

Apesar de ser um recurso simples é a base para a gestão dos ativos pois permite a organização e rastreamento dos dados históricos, tornando a estratificação de informações mais rápida e eficiente, assim como facilita a localização dos equipamentos em campo.

O sistema de tagueamento tem seu formato padrão composto por 4 níveis, conforme demonstrado abaixo:

#### 1º nível – Planta

Composto por dois caracteres alfabéticos que representam a sigla da planta.

#### 2º nível – Área e Sub-área

Composto por cinco caracteres numéricos que representam a área operacional. É iniciado e finalizado por zero, no meio está o número que indica a área e sub-área. Neste, o primeiro número indica o tipo de processo onde 1 representa meio ambiente, 2 utilidades, 3 processo produtivo de refrigerante, 4 processo produtivo de cerveja e 5 envase de produtos.

#### 3º nível - Equipamento

Composto por dezoito caracteres alfanuméricos que representam a descrição do equipamento, caso o nome do equipamento não tenha dezoito caracteres o mesmo deve ser preenchido com espaços em branco.

#### 4º nível - Subconjunto

Composto por dez caracteres alfanuméricos que é a representação física do local de instalação, esse código não pode se repetir em hipótese alguma na mesma planta fabril.

Esse nível é utilizado como principal identificação próximo ao subconjunto e é estruturado da seguinte forma:

XXXX YYY ZZZ

XXXX – Prefixo que identifica a função do equipamento, é encontrado em uma planilha padrão homologada para toda a companhia.

YYY – Número que identifica a área e sub-área operacional onde o equipamento está instalado, esta numeração é idêntica ao segundo nível.

ZZZ – Número sequencial com três dígitos para identificação dos equipamentos com mesma função na mesma área e sub-área. Para a definição da sequência numérica “ZZZ”, tomar como base o sentido do fluxo do processo e sempre da esquerda para a direita.

A Figura 6 mostra a árvore de local de instalação de um equipamento, do 1° ao 4° nível, criada dentro do *software* de gestão de manutenção da empresa.

**Figura 6 - Árvore de instalação de um equipamento no SAP/R3**

Loc. instalação	NS-05010-ROTULADORA 01		
Denominação	ROTULADORA 01		
▶ NS-05010-ROTULADORA 01	-MR501014	Motor Elétrico de Redutor	
▶ NS-05010-ROTULADORA 01	-MR501015	Motor Elétrico de Redutor	
▶ NS-05010-ROTULADORA 01	-MR501016	Motor Elétrico de Redutor	
▶ NS-05010-ROTULADORA 01	-MR501017	Motor Elétrico de Redutor	
▶ NS-05010-ROTULADORA 01	-PC501005	Computador / Notebook	
▶ NS-05010-ROTULADORA 01	-PLC501010	Controlador Lógico Programável	
▶ NS-05010-ROTULADORA 01	-PN501001	Painel Pneumático	
▶ NS-05010-ROTULADORA 01	-PN501004	Painel Pneumático	
▶ NS-05010-ROTULADORA 01	-PNC501017	Painel de Controle	
▶ NS-05010-ROTULADORA 01	-PNC501018	Painel de Controle	
▶ NS-05010-ROTULADORA 01	-PNFC501021	Painel de Força e Comando	
▶ NS-05010-ROTULADORA 01	-PV501036	Válvula Redutora	
▶ NS-05010-ROTULADORA 01	-PV501037	Válvula Redutora	
▶ NS-05010-ROTULADORA 01	-R501258	Redutor	
▶ NS-05010-ROTULADORA 01	-R501259	Redutor	

Fonte: Cedido pela empresa em estudo (2019)

A Figura 7 mostra as plaquetas em campo, em geral deve-se sempre procurar instalá-las o mais próximo possível do equipamento e nunca no próprio equipamento para evitar que ao ser substituído o equipamento novo perca todo o histórico do local de instalação.

**Figura 7 - Plaquetas de tagueamento em campo**



Fonte: Cedido pela empresa em estudo (2019)

#### 4.1.4 Classificação da Quebra/Falha

A quebra ou falha é a interrupção das funções requeridas de um equipamento, gerando uma parada não planejada no processo produtivo. Como o tempo de reparo varia conforme a anomalia, se faz necessário definir os conceitos e níveis de quebra/falha através de um gatilho de tempo para estipular o que é quebra e o que são pequenas paradas do processo produtivo.

A ferramenta aplicada é a análise de 5 Porquês para todas as falhas de equipamentos de acordo com a escala de performance:

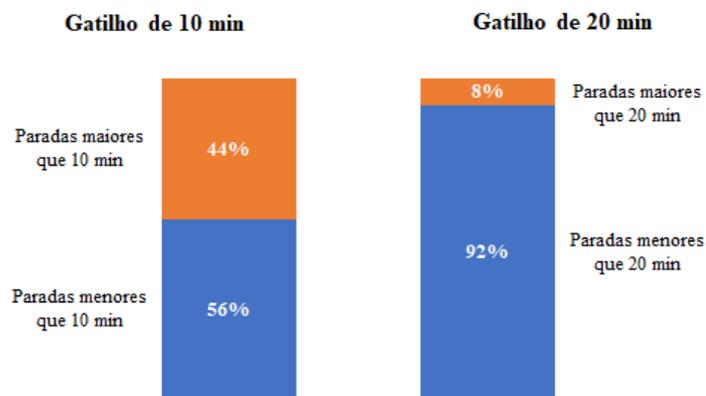
Gatilho de 15 ou 20 minutos para  $LEF < 75\%$

Gatilho de 10 minutos para  $75\% < LEF < 90\%$

Gatilho de 5 minutos para  $LEF > 90\%$

É importante que um gatilho maior que 10 minutos seja reduzido a esse valor o mais rápido possível com a evolução da performance. A Figura 8 ilustra o que ocorre quando o gatilho de uma área é alterado de 10 minutos para 20 minutos.

**Figura 8 - Percentual de paradas por gatilho**



Fonte: Cedido pela empresa em estudo (2019)

Quando o gatilho foi definido em 10 minutos, 44% de todos os problemas teriam uma análise de 5 Porquês. Se esse gatilho for alterado para 20 minutos, então apenas 8% de todos os problemas teriam uma análise de 5 Porquês e 92% dos problemas não teriam análise de causa raiz.

#### 4.1.5 Indicadores de Manutenção

Segundo Deming “Não se gerencia o que não se mede, não se mede o que não se define, não se define o que não se entende e não há sucesso no que não se gerencia”. Medir é uma necessidade fundamental para a gestão do sistema organizacional, pois por meio dos indicadores se pode aferir se os processos estão atendendo às necessidades da empresa e levando ao atingimento de seus objetivos estratégicos. Porém é importante não acompanhar uma quantidade excessiva de indicadores, pois a quantidade de informações para a tomada de decisão quando excessiva dificulta o gerenciamento. Os indicadores devem retratar aspectos importantes, portanto deve-se acompanhar apenas aquilo que agrega valor. Por isso, apesar da possibilidade de uma gama de indicadores, os acompanhados rotineiramente são:

Eficiência de Planejamento: Define o quanto das atividades provenientes do plano de manutenção foram executadas.

$$EP (\%) = \frac{\textit{Operações de plano previstas no mês confirmadas}}{\textit{Operações de plano previstas no mês}}$$

Troca Mandatória: Dentro das atividades provenientes do plano de manutenção há atividades cuja substituição de componentes é obrigatória, devido a sua importância há um indicador a parte para acompanhamento. A troca mandatória é contabilizada apenas quando todos os materiais a serem substituídos forem retirados do almoxarifado, ou seja, se retirado parcialmente não é válida para o indicador.

$$TM (\%) = \frac{\textit{Quantidade de ordens de troca mandatória previstas no mês com todos os materiais retirados do almoxarifado}}{\textit{Quantidade de ordens de troca mandatória previstas no mês}}$$

Eficiência de Linha: Este indicador serve para analisarmos quanto as interrupções de produção causadas por indisponibilidade no equipamento impactam na produtividade da linha.

$$LEF = \frac{\textit{Horas de Produção Líquida - HPL}}{\textit{Horas de Eficiência de Linha - HEL}}$$

Os indicadores de produção têm seu cálculo com base na Figura 9. As Horas Totais (HT) cobrem um período em sua integridade e é expresso em escala de tempo. Ao retirar das Horas Totais as horas em que a linha não está disponível para produção por dispensa do turno/turma, chamada de Hora Sem Mão de Obra (HSMO), temos a Horas Utilizadas (HU) que são todas as horas que a linha está aberta a produção ou pronta para ser utilizada. Dentro das Horas Utilizadas temos a Horas Disponíveis (HD), que é o tempo em que os equipamentos deveriam estar rodando, e as paradas para execução das atividades programadas. As atividades programadas podem ser: assepsia, setup, manutenção, refeição, etc. As Horas Disponíveis são as Horas de Eficiência de Linha (HEL), que é o tempo em que a linha deve estar rodando, reduzidas das paradas de linha causadas por fatores externos a administração da linha de produção, estas paradas estão divididas em paradas para logística, processo, utilidades, suprimentos e qualidade. Nas Horas de Eficiência de Linha temos as Perdas por Qualidade (PPQ), Perdas por Velocidade (PPV) e as paradas de ineficiência do tipo elétrica, mecânica, automação, instrumentação e operacional. Assim chegamos as Horas de Produção Líquida (HPL), calculadas dividindo a quantidade de produtos bons (vendáveis) produzidos pela

capacidade nominal da linha, ou seja, é o tempo em que o equipamento estava efetivamente rodando na sua capacidade nominal.

**Figura 9 - Distribuição das Horas Totais de uma linha de produção**



Fonte: Cedido pela empresa em estudo (2019)

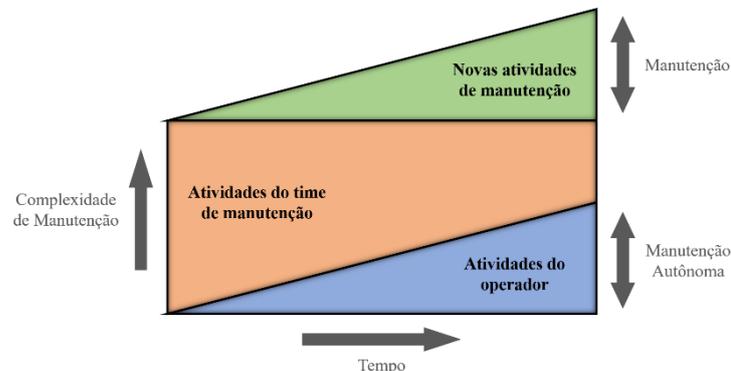
## 4.2 Etapa 2: Restaurar a Deterioração e Corrigir Debilidades

Para restaurar as condições básicas de um equipamento é imprescindível que as anomalias sejam detectadas e posteriormente removidas, restabelecendo a condição ótima de funcionamento dos equipamentos. Desta forma foram realizadas as atividades descritas abaixo.

### 4.2.1 Restaurar a Deterioração Forçada

O objetivo desta etapa é restaurar as condições básicas de operação do equipamento, para isso é fundamental a integração forte entre a operação e a manutenção. Suzuki (1994) afirma que o primeiro passo no programa de manutenção planejada é apoiar as atividades de manutenção autônoma dos operadores pela restauração da deterioração acelerada, pela correção dos pontos fracos do projeto e pela restauração do equipamento em sua condição ótima.

**Figura 10 - Papéis dos operadores e técnicos à medida que a manutenção autônoma evolui**



Fonte: Cedido pela empresa em estudo (2019)

A filosofia da manutenção autônoma é que os operadores são responsáveis pela operação e por uma parte da manutenção de seus equipamentos, não substituindo a necessidade de técnicos de manutenção. Enquanto certas atividades de manutenção seriam assumidas pelo operador, os técnicos assumirão simultaneamente responsabilidades de manutenção mais avançadas que são mais adequadas para as habilidades e conhecimentos dos técnicos (Figura 10). O objetivo principal é mudar a mentalidade do operador de “eu opero e você conserta” para “eu opero e eu mantenho”.

A manutenção autônoma se mostra uma estratégia de manutenção fundamental primeiramente porque as tarefas básicas do operador, como limpeza, lubrificação, operação correta do equipamento, são críticas para evitar falhas no equipamento. A limpeza é o primeiro passo de manutenção preventiva, referindo-se a uma limpeza técnica direcionada, ou seja, aquela onde a limpeza ocorre junto com a inspeção nos componentes de desgaste e geram ações rápidas que visam evitar as quebras e aumentar a performance. Logo o que diferencia as inspeções operacionais das inspeções que os técnicos executam é que as inspeções operacionais são aquelas que o operador pode identificar anomalias durante a limpeza, enquanto as inspeções dos técnicos devem ser mais complexas utilizando ferramentas como câmeras termográficas, paquímetro, etc. para acompanhar a tendência das medições a cada inspeção/medição.

Além disso, os operadores passam muitas horas na operação de seus equipamentos, estão intimamente conscientes da sua condição e são capazes de detectar a deterioração e falha dos mesmos de forma rápida e eficiente. Tendo detectado a anormalidade, de acordo com o seu nível de capacitação, um operador pode corrigir rapidamente sem a necessidade de esperar por um técnico de manutenção para resolver o problema, portanto o tempo para corrigir defeitos é reduzido drasticamente. Finalmente, com os operadores assumindo a responsabilidade por certas atividades de reparo em seus equipamentos, somam esforços junto com os técnicos para melhorar a execução, tornando o processo de manutenção mais eficaz.

Além de desenvolver habilidades de manutenção no operador, a manutenção autônoma visa desenvolver a multifuncionalidade. Tradicionalmente os operadores operavam apenas um equipamento, ao possibilitar a capacidade do operador em vários equipamentos aumenta-se a flexibilidade da equipe de produção. Para um colaborador se tornar multifuncional inicialmente ele precisa desenvolver bem as atividades e funções do seu cargo, e ter a capacidade de assimilar novos conhecimentos para ocupar diferentes posições no processo produtivo.

A manutenção autônoma é um elemento chave do conceito de equipes de produção auto-suficientes, com alto sentimento de pertencimento e domínio dos equipamentos; pois aumentará

as habilidades do operador para tornar as equipes menos dependentes de recursos externos para ajudá-los a gerenciar e resolver seus próprios problemas.

a) SKAP Guide

A ferramenta SKAP serve para capacitar os funcionários a desenvolver suas atividades através do acompanhamento das suas habilidades na execução das rotinas de Segurança, Meio ambiente, Qualidade, Gestão e Manutenção autônoma com o auxílio de um *checklist*. O intuito é padronizar o nível de conhecimento, com pretensão de obter equipes de produção multifuncionais e auto-suficientes no médio a longo prazo.

A primeira etapa é a integração, com o objetivo de capacitar o novo funcionário nas habilidades básicas para execução das suas atividades. O cronograma de integração possui duração de 90 dias e é contemplado por:

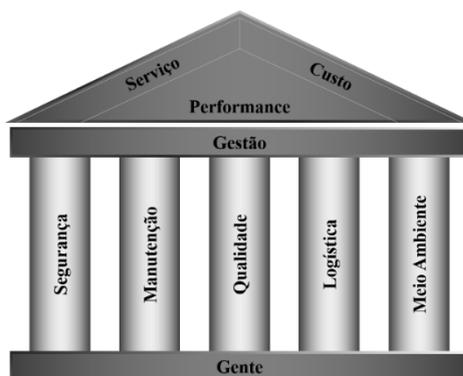
**Integração na companhia:** Cultura, benefícios, políticas e código de conduta;

**Integração no sistema de gestão:** Conhecimento básico sobre cada um dos sete pilares. Gente é a base, os meios são Segurança, Manutenção, Qualidade, Logística e Meio Ambiente, o pilar Gestão conecta todos os meios com os Resultados e Performance (Figura 11);

**Integração de segurança:** Principais riscos do local de trabalho e função;

**Integração na função:** Capacitação para a função na área de trabalho, é delegado um padrinho com referência de cultura, comportamento, conhecimento técnico e formador de gente para guiá-lo.

**Figura 11 - Pilares do sistema de gestão**



Fonte: Cedido pela empresa em estudo (2019)

A segunda etapa é a padronização, os treinamentos nos padrões mapeados para cada função são realizados no portal da companhia, e o padrão se torna pendente novamente quando revisado, garantindo o retreinamento do funcionário.

A terceira etapa tem foco nos conhecimentos intermediários de Qualidade e Gestão, e nos 4 níveis de manutenção autônoma descritos abaixo:

### **Nível 1: Limpeza**

- A – O operador é capaz de realizar corretamente todas as atividades de limpeza básica do equipamento;
- B – As rotinas estão sendo executadas dentro das frequências estabelecidas;
- C – As baixas das ordens de manutenção estão sendo executadas dentro do prazo e com *feedback* dentro do esperado;
- D – O equipamento está em boas condições de limpeza.

### **Nível 2: Lubrificação**

- A – O operador é capaz de realizar corretamente todas as atividades de lubrificação básica do equipamento;
- B – As rotinas estão sendo executadas dentro das frequências estabelecidas;
- C – As baixas das ordens de manutenção estão sendo executadas dentro do prazo e com *feedback* dentro do esperado;
- D – O equipamento está em boas condições de lubrificação;
- E – O equipamento não apresentou nenhuma quebra em virtude de falha/falta de lubrificação nos últimos 3 meses;
- F – Não há indícios de falha de lubrificação no equipamento (excesso ou falta);
- G – Não há reincidência de RDPs de óleo relacionados a viscosidade incorreta ou contaminação por água nos últimos 4 meses.

### **Nível 3: Identifica anomalias**

- A – O operador é capaz de identificar anomalias em seu equipamento durante atividade de limpeza e inspeção e/ou rotina diária;
- B – Após identificar as anomalias o operador é capaz de relatar essas anomalias no SAP/R3 com as informações necessárias para correta execução.

### **Nível 4: Rotina de pequenos reparos**

- A – O operador é capaz de realizar pequenos reparos no seu equipamento.

É de extrema importância que o colaborador tenha conhecimento e visibilidade das suas lacunas a serem desenvolvidas. Para estímulo do senso crítico, é indicado que o colaborador faça uma auto-avaliação que será criticada pelo seu gestor, a partir daí a programação de

desenvolvimento deve ser definida e acompanhada pelo próprio funcionário. Como auxílio, o funcionário pode adquirir uma versão impressa do *checklist* onde ele poderá acompanhar no seu dia a dia a evolução do seu status.

*b) Clean and Tag*

O *Clean and Tag* é uma ferramenta para solução de problemas utilizada dentro da rotina de manutenção autônoma que tem como objetivo devolver aos equipamentos a condição *As New* (restabelecer as condições básicas), absorver os aprendizados da rotina e sustentar os resultados ao longo do tempo.

O progresso da implementação da manutenção autônoma em um equipamento pode durar de algumas semanas até 3 meses e é exibido visualmente utilizando um quadro de gestão (Figura 12).

**Figura 12 - Quadro de atividades da Manutenção Autônoma**



Fonte: Cedido pela empresa em estudo (2019)

A fase de preparação é iniciada pela seleção do equipamento para implementação, realizada conforme as saídas da análise estruturada de confiabilidade, explicada mais adiante. A escolha é baseada na confiabilidade pois quando a execução de atividades básicas (limpeza, inspeção, lubrificação) não são executadas com qualidade por um determinado período de tempo, o nível de deterioração forçada aumentará e a performance será baixa. Logo, ao restabelecer as condições básicas, a deterioração acelerada do equipamento é interrompida e a confiabilidade e o desempenho do equipamento aumentarão.

Em seguida é realizada a reunião de *Kickoff*, é importante que todos os envolvidos estejam presentes nessa reunião de abertura, pois é nela que ilustrará a visão geral dos passos de implantação assim como as estratégias utilizadas para que não haja falhas durante a implantação. Nela são destacados os conceitos de manutenção autônoma, quebra forçada e quebra natural.

Depois é realizado o planejamento prévio, onde é estabelecida a mão de obra, materiais e ferramentas para realização do Dia D. A quantidade de membros da equipe varia conforme o tamanho do equipamento e complexidade de acessos. Os operadores da área deverão ser incluídos, pelo menos os operadores do equipamento foco. Dependendo da dinâmica da equipe e de outros requisitos, também é possível incluir outros operadores, mesmo que o equipamento não seja normalmente operado por eles. Incluir os operadores de outros equipamentos é útil porque garante que todos na equipe estejam envolvidos e há pessoas suficientes para limpeza de equipamentos robustos. O envolvimento dos técnicos de manutenção é um requisito crítico, pois eles realizarão a maior parte do trabalho de restauração, a revisão e atualização das tarefas de manutenção. Além disso eles serão responsáveis pelo treinamento do operador na busca e resolução de defeitos. Ademais, a liderança também deve estar envolvida como facilitadora das atividades.

Posteriormente é realizado um treinamento com 4 horas de duração, sendo metade em sala e metade em campo, conduzido pelo Elite, operador especialista do equipamento selecionado. Para promover a manutenção autônoma, a operação precisa de conhecimento técnico e capacitação contínua através de treinamento teórico e prático.

Então chega o momento de limpeza profunda e etiquetagem (*Deep clean and tag*), chamado de Dia D, a equipe é dividida em frentes para atuarem de forma lógica e objetiva na remoção das tampas e proteções do equipamento e na limpeza de peças que normalmente não se tem acesso. Ao passo que a limpeza profunda é realizada a equipe de manutenção autônoma também identifica anomalias que se dividem em dois tipos:

- Anomalias que afetam o desempenho e a confiabilidade do equipamento, como peças com alto nível de desgaste, folgas, desalinhamento ou trincas;
- Anomalias que afetam o operador, ou seja, áreas que ficam sujas, áreas que não são seguras e áreas difíceis para o operador realizar o seu trabalho.

No primeiro tipo de anomalia é realizada a correção dos passivos encontrados (ver e agir) e abertas etiquetas para tratar as anomalias mais complexas que demandam peças ou mais

tempo para correção. Estas etiquetas são registradas no plano de ação para monitoramento do *Backlog* Controlado, tendo a obrigatoriedade de resolução em 45 dias. Além disso as anomalias devem ser analisadas com a técnica de 5 Porquês para identificar e eliminar a causa raiz.

Para o segundo tipo de anomalia é criado o mapa de contaminação, onde os pontos de sujidade são plotados em um desenho da máquina. Para a sujidade o primeiro passo é eliminar a fonte de contaminação, se uma área não ficar suja então não precisa ser limpa e o operador terá mais tempo para a manutenção autônoma. Se uma fonte de contaminação não puder ser eliminada, ela deve estar contida; em outras palavras, em vez de ter a contaminação espalhada em toda a máquina, ela pode ser coletada em um recipiente e facilmente descartada. Finalmente, se a fonte de contaminação não puder ser contida, é necessária a limpeza. No entanto, deve ser dada atenção para tornar a limpeza mais rápida, como fornecer uma ferramenta especial para ajudar na limpeza.

O Dia D pode ser realizado mais de uma vez para o mesmo equipamento até que se atinja a limpeza profunda e etiquetagem completa do equipamento. Porém, a quantidade de tempo gasto diminuirá ao longo do tempo, à medida que a sujidade inicial é removida e a condição da máquina melhorada. Assim, várias semanas após o programa de implementação, pode-se gastar menos tempo em limpeza e etiquetagem e mais tempo na análise e na resolução de problemas.

Com base na experiência adquirida no Dia D é realizada a reunião de alinhamento para definir os pontos em que há necessidade de realizar a limpeza e inspeção de forma preventiva com suas respectivas frequências levando em consideração a possibilidade e dificuldade de acesso.

A partir daí é executada a fase de padronização, que consiste na criação de um *book* formado pelos procedimentos, *checklists* e mapas de limpeza, inspeção e lubrificação com a finalidade de padronizar as atividades. Um padrão de limpeza, inspeção e lubrificação deve ter informações simples e objetivas de como realizar as atividades, exibindo as seguintes informações: atividade/tarefa, padrão/procedimento que deve ser utilizado, frequência de execução, ferramentas a serem usadas, indicação de que a tarefa foi realizada.

É fundamental observar que os padrões de limpeza, inspeção e lubrificação são criados depois que todas as anomalias relatadas foram avaliadas, isso garantirá que as áreas com ponto de contaminação, segurança e difícil acesso tenham sido eliminadas ou gerenciadas e um número mínimo de tarefas de limpeza, inspeção e lubrificação precisam ser feitos.

Após conclusão das etapas anteriores é o momento de estruturar e acompanhar a execução de forma sistemática na rotina. Para facilitar a execução das atividades o *book* de

limpeza, inspeção e lubrificação deve ser impresso e estar disponível permanentemente próximo ao equipamento. Também é disponibilizado um *workstation* para armazenar os materiais de limpeza e ferramentas próximo ao equipamento.

Quanto ao registro das atividades, deverá existir no SAP/R3 apenas duas ordens de manutenção de inspeção mensal da execução para o supervisor da área executar, uma para o *check* de lubrificação e outra para o *check* de limpeza e inspeção técnica, onde o mesmo fará uma avaliação da capacitação e conhecimento de execução dos operadores, métodos utilizados, estado de conservação dos equipamentos. É de responsabilidade da supervisão ou liderança da área avaliar a qualidade da execução e promover ações para melhorar a execução. Com exceção para as atividades com periodicidade acima de 30 dias, que devem ser cobertas por um plano de manutenção no SAP/R3 e não estar no *book*.

#### 4.2.2 *Prevenir a Repetição da Quebra/Falha*

Esta ferramenta é uma das mais importantes da manutenção planejada para redução e eliminação da quebra/falha. Seu objetivo é investigar a quebra/falha ocorrida até encontrar a causa raiz que a originou e com isso implantar ações de bloqueio impedindo o seu ressurgimento. Embora a resolução de problemas e a análise de causas raiz sejam feitas amplamente em todo o negócio em diferentes funções, para manutenção a resolução de problemas é uma capacidade crítica e central com três gatilhos distintos:

##### a) 5 Porquês

O método dos 5 Porquês é uma ferramenta de resolução de problemas desenvolvida por Taiichi Ohno, pai do sistema Toyota de produção, para separar a causa do efeito de um problema. A análise deve ser iniciada com a afirmação da situação que se deseja entender, ou seja, deve-se iniciar com o próprio problema. Então é questionado o por quê do problema cinco vezes sucessivas para encontrar a sua causa raiz. No entanto, não é necessário que sejam feitas exatamente 5 perguntas, desde que chegue até a causa real do problema.

Ações emergenciais devem ser tomadas para remover os sintomas do problema e, uma vez que a causa raiz é encontrada, são definidas ações preventivas que visam bloquear as causas fundamentais evitando que o problema volte a ocorrer.

Para melhor análise de tratamento das causas das paradas, separaram-se os conceitos de deterioração forçada e deterioração natural, sendo eles: forçada é quando não são seguidas as recomendações do manual do fabricante, antecipando as falhas e reduzindo a vida útil da peça

ou equipamento, já o desgaste natural é quando são seguidas as recomendações e a peça atinge a vida útil e se deteriora causando a falha ou desgaste natural. Também deve-se classificar a causa do problema nas categorias 6M: método, material, mão de obra, máquina, meio ambiente, medida.

Todos os equipamentos que não atingirem a meta de rendimento próprio no dia anterior deverão ter uma análise de 5 Porquês. A responsabilidade de realizar a análise é da pessoa que soluciona o problema, normalmente o técnico GPA do turno, com o apoio do operador do equipamento e do supervisor de produção. No dia seguinte os técnicos de manutenção preventiva do grupo criticam os 5 Porquês realizados após uma avaliação mais aprofundada do problema e apresentam a versão final da análise na reunião de produtividade para discussão e direcionamento das ações de tratamento.

Os técnicos de manutenção preventiva também realizam os 5 Porquês Preventivo para a análise de problemas que existem mas ainda não impactam significativamente na performance dos equipamentos, de forma a prever problemas e antecipar soluções.

#### b) Relato de Anomalia

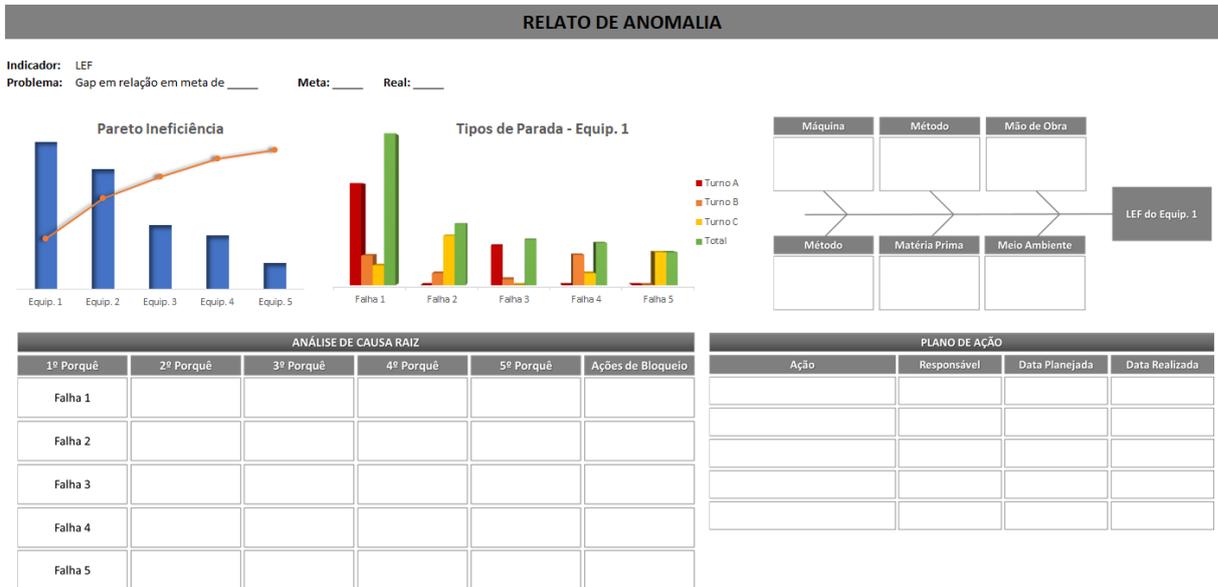
Mesmo utilizando o método de 5 Porquês durante a rotina diária, alguns problemas exigirão uma análise mais aprofundada. Então as áreas que não atingirem a meta de Eficiência de Linha na semana deverão realizar uma análise via Relato de Anomalia (Figura 13).

O Relato de Anomalia é uma análise que abrange várias ferramentas de análise de causa raiz, além dos 5 Porquês também é utilizado o Diagrama de Pareto e o Diagrama de Ishikawa. O Diagrama de Pareto consiste num gráfico de barras que ordena a frequência das ocorrências da maior para a menor, juntamente a uma curva da porcentagem acumulada. Segundo o princípio de Pareto 80% das consequências advêm de 20% das causas, nos permitindo criar uma estratégia mais assertiva ao focar em ações específicas que gerarão grandes resultados. O Diagrama de Ishikawa, também chamado de diagrama espinha de peixe e de diagrama de causa-efeito, tem como objetivo representar a relação entre um efeito (problema) e suas possíveis causas. Em sua estrutura, as prováveis causas do problema são classificadas nas categorias 6M.

Na seção inicial do Relato de Anomalia deve ser escrito a meta e o valor real do indicador, e o resultado da subtração entre eles para enfatizar o *gap*. A primeira análise é um Diagrama de Pareto de ineficiência por equipamento, para identificação do(s) equipamento(s) responsável(eis) por 20% da ineficiência. Depois a análise é aprofundada nesse(s) equipamento(s) através de outro gráfico, agora com a estratificação de tempo por tipo de parada. Cada tipo de parada é inserido no Diagrama de Ishikawa com sua respectiva parcela de

contribuição para a ineficiência do equipamento (que é o efeito). Então é para cada tipo de parada é realizada uma análise de 5 Porquês e proposto um plano de ação para tratamento da(s) causa(s) raiz.

Figura 13 - Relato de Anomalia



Fonte: Cedido pela empresa em estudo (2019)

c) Análise Estruturada

Muitos problemas ocorrem todo dia nas áreas de produção, encontrar o problema certo para se concentrar pode ser um desafio. Em geral, uma análise estruturada (Figura 15) é uma análise metódica de perdas com o objetivo de identificar os maiores impactos e definir o melhor método de tratamento. As três grandes categorias de perdas existentes em uma área de produção são:

**Perdas de tempo** – Eventos que resultam em perda de tempo, como as quebras de equipamentos;

**Perdas de pessoas** – Desperdício de tempo das pessoas, como ter que percorrer um longo caminho para obter peças e ferramentas;

**Perdas de recursos** – Afetam materiais e energia utilizados em uma operação, como a perda de produto.

A análise inicial das perdas é a nível de equipamento, e os que se apresentarem mais problemáticos são desmembrados a nível de subconjuntos/componentes para identificar onde está a maior taxa de falha.

O princípio chave de uma análise estruturada de paradas é o horizonte temporal em que as perdas são analisadas. O horizonte de tempo analisado é de:

**52 semanas** – Identificar o principal impacto em desempenho a longo prazo;

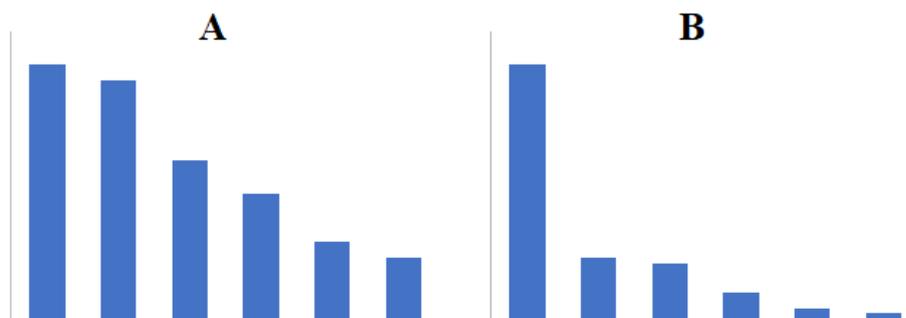
**12 semanas** – Selecionar o maior problema ocorrido nos últimos 3 meses, esse tempo é suficiente para que problemas sistêmicos sejam identificados, mas pode ser curto para que algumas melhorias sejam percebidas;

**4 semanas** – Indicação de curto prazo sobre o que está acontecendo no equipamento.

A análise 52/12/4 semanas permite perceber tendências, mas a tomada de decisão da melhor abordagem para melhorar o desempenho é baseada na análise de 12 semanas. Período considerável para diluir o impacto de um problema “pontual” e destacar o impacto de problemas menores e persistentes, ou seja, “sistêmicos”.

Na Figura 14 o gráfico A mostra que muitas das peças que compõem a máquina estão falhando enquanto o gráfico B mostra que há apenas uma peça da máquina falhando. A partir da forma do gráfico concluímos que o equipamento A geralmente está em condições precárias, pois vários componentes diferentes estão falhando, já o equipamento B está em boas condições, porém com grandes falhas centradas em um componente.

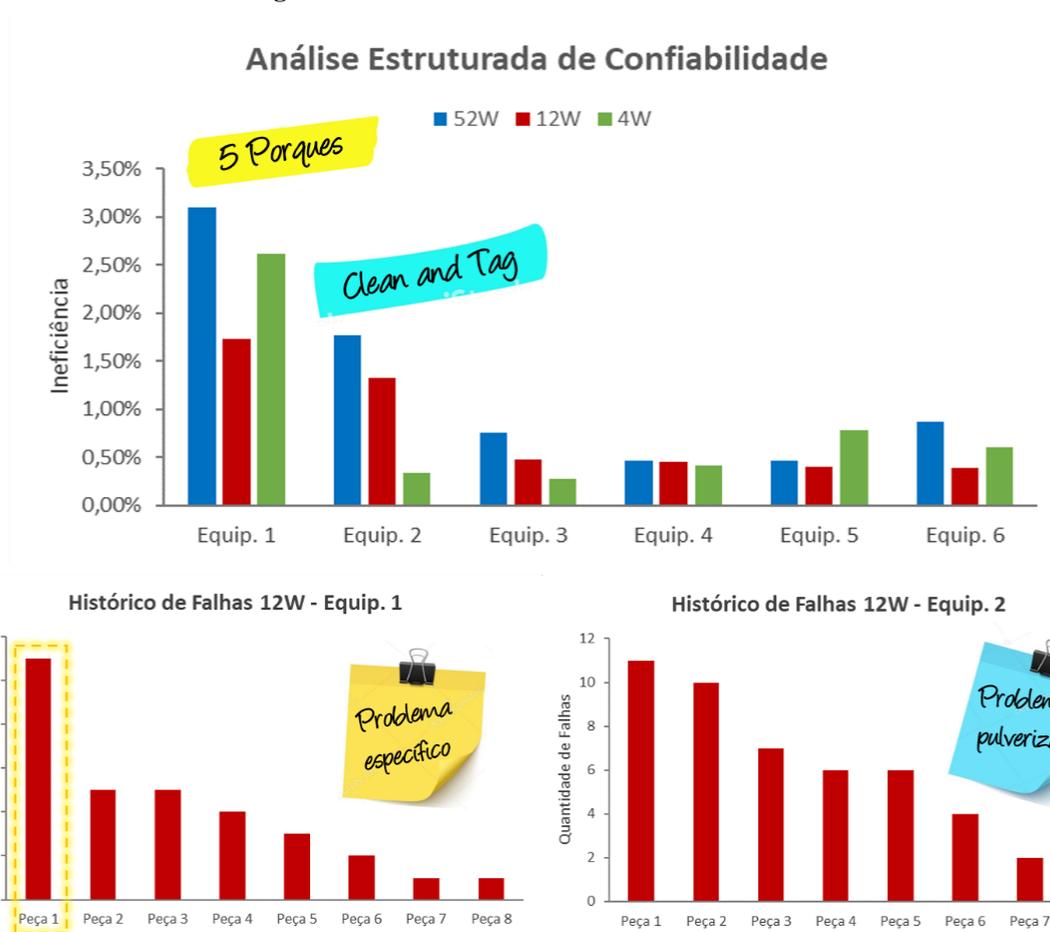
**Figura 14 - Gráfico de falhas para um mesmo equipamento**



Fonte: Cedido pela empresa em estudo (2019)

O *Clean and Tag* é a tratativa adequada para o equipamento A, pois melhorará a condição geral do equipamento que está com problema pulverizado. Já para o equipamento B a ferramenta de 5 Porquês é indicada para tratar o problema específico já conhecido.

Figura 15 - Análise Estruturada de Confiabilidade



Fonte: Cedido pela empresa em estudo (2019)

### 4.3 Etapa 3: Construir um Sistema de Gestão de Informações

Em uma planta industrial existe uma grande variedade de equipamentos, gerenciar as informações relativas a esses equipamentos de forma eficiente tem como objetivo guardar as informações de modo organizado para uma busca de dados acessível, rápida e fácil. Também é imprescindível a confiabilidade desses dados para tomadas de decisão com base em um diagnóstico fidedigno da situação e comportamento do equipamento.

#### 4.3.1 Criar um Sistema para Gerenciamento de Informações

O principal *software* utilizado para o armazenamento de dados de manutenção é o SAP/R3, que é proveniente de uma das maiores fornecedoras de ERP do mundo. Dentre todos os módulos oferecidos, o SAP/R3 PM - *Plant Maintenance* é o que possui transações específicas para a gestão da manutenção.

Integrado ao SAP/R3 é utilizado uma gestão móvel de manutenção, trata-se do aplicativo Sigga Brizzo. O aplicativo é instalado em um dispositivo móvel, chamado de coletor,

e entregue para cada técnico de manutenção como ferramenta de trabalho. Com o auxílio do aplicativo o técnico tem autonomia de criar e confirmar as ordens de manutenção, além de consultar os procedimentos, tudo isso em campo de forma simples e rápida. O sistema também possui interface com o tagueamento, pois as plaquetas em campo possuem um código de barras (Figura 7) para facilitar a captura do local de instalação. Temos como benefícios:

- Evitar a perda de informações pela falta de registro das anomalias e atividades de manutenção, pois o número de computadores não é suficiente para todos os mantenedores;
- Ganho de tempo dos planejadores, que gastavam tempo excessivo para transformar notas (notificações de anomalias) em ordens de manutenção e para impressão de ordens de manutenção com seus respectivos procedimentos;
- Redução do custo com papel e impressões.

Como base para as estratégias de manutenção também é utilizado os dados do *software* MES, um sistema para registro manual ou coleta automática de dados de produção e apontamento de paradas. Sendo utilizado como base oficial de registros de dados e de avaliação de performance de resultados de qualidade e de produtividade, por meio deste sistema também é possível a emissão de relatórios e demais ferramentas para gerenciamento e controle de processos.

Para a gestão de cadastro de materiais é utilizada a plataforma WebFormat da CH Master Data, que realizam o saneamento, enriquecimento e padronização de cadastros de materiais. As solicitações são tratadas separadamente por técnicos especialistas das mais diversas áreas, que trabalham na análise, atualização e padronização dos materiais e serviços, assegurando a limpeza e organização dos dados mestres. Assim temos como principais resultados: descrições padronizadas, prevenção de duplicidades e identificação de similares.

Para a gestão de análise preditiva é utilizado o portal My Semeq, onde é possível verificar o cronograma das atividades, consultar o status e resultado de todas as análises preditivas realizadas, dar baixa nas RDPs após a execução da intervenção e consultar os indicadores: situação da coleta, quantidade de RDPs, índice de falha, taxa de falha, índice de execução da intervenção.

Além dos *softwares* e portais citados são utilizados o *Windows Explorer* e o pacote *Office*, como ferramenta de apoio para a criação e organização das informações.

A gestão de documentação técnica é realizada pela área de Engenharia. A documentação é composta de: manuais de operação, manuais de peças, manuais de instrumentos, esquemas elétricos, catálogos de fornecedores, backups, certificados de calibração e documentações de alteração de projetos, layouts impressos, etc. É de responsabilidade da equipe de projetos a aquisição dos manuais e desenhos dos novos equipamentos e de responsabilidade da planta a identificação de toda a documentação técnica e a disponibilização de um local exclusivo para seu acondicionamento, de forma a garantir a organização e conservação da mesma.

#### 4.3.2 Gerenciar os Dados de Quebra/Falha

As informações de quebras/falhas devem ser analisadas e disponibilizadas em intervalos regulares na forma de resumos periódicos das falhas. Deve ser criado também um relatório acumulativo referente aos registros de todas as quebras ocorridas em um determinado intervalo de tempo, com o objetivo de avaliar e priorizar trabalhos para redução da indisponibilidade dos equipamentos.

Os relatórios de registro de quebras/falhas são extraídos do *software* MES. Diariamente são disponibilizados os dados do dia anterior e acumulado do mês para a análise dos técnicos de manutenção preventiva e apresentação na reunião de produtividade. Também é realizada uma análise semanal, e caso se faça necessário é realizado o Relato de Anomalia. Ainda semanalmente é realizada uma reunião com todos os técnicos de manutenção preventiva, supervisores de manutenção, analistas de planejamento e gerentes para os técnicos explicarem o principal impacto de cada área que não atingiu o rendimento próprio na semana anterior.

#### 4.3.3 Informatizar o Gerenciamento de Orçamento da Manutenção

As empresas querem cada vez mais produzir e reduzir os gastos, logo acompanhar e controlar os gastos da manutenção é uma atividade importante no sistema de gestão da manutenção para garantir a correta utilização dos recursos financeiros que são limitados.

O OBZ é a metodologia utilizada para gerenciar e controlar as despesas em todas as atividades que não dependem do volume de produção e não compõem o volume final, mas são necessárias para fazer o negócio funcionar.

A orçamentação anual do pacote OBZ Manutenção é sempre realizada no mês de setembro do ano anterior e tem como referência as ordens planejadas para o ano, ou seja, as ordens relativas aos planos de manutenção - incluindo os módulos de manutenção - e o histórico de ordens corretivas.

O acompanhamento do orçamento é realizado diariamente com fechamento mensal dos indicadores: Gasto Planejado x Tendência de Gasto x Gasto Real. A tendência deve ser definida utilizando como base o histórico de despesas anteriores, valores comprometidos em compras, planejamento de despesas, etc. Enquanto o gasto real deve ser o menor possível em relação ao planejado, a tendência deve ser o mais precisa possível sendo admitida uma dispersão máxima de 5% seja para mais ou para menos.

Caso os gastos não obedeçam ao limite mensal orçado é realizada uma análise do desvio, listando os principais impactos juntamente a uma análise 5 Porquês com ações para tratamento da causa fundamental.

Para controle da movimentação de materiais a mesma é realizada através das ordens de serviço, utilizadas pela manutenção para a aquisição de materiais e serviços, através de compras externas ou retirada de materiais no almoxarifado.

#### *4.3.4 Construir um Sistema para Controlar Peças de Reposição*

O gerenciamento de estoque está diretamente ligado ao gerenciamento de riscos. Uma quantidade maior de peças em estoque garante a manutenção da produtividade, em contrapartida representa um alto montante financeiro parado. Uma quantidade menor de peças em estoque pode impactar no desempenho dos equipamentos devido a não substituição de componentes no momento correto e aumentará os custos quando necessário arcar com manutenções emergenciais.

O primeiro passo para a gestão de estoque é a organização física dos materiais no almoxarifado, para isso é realizado o endereçamento através de uma sequência que indica o corredor, a estante, a prateleira e a coluna de localização do material. Por exemplo, o endereço P4.A8.F remete ao corredor P4, estante A, prateleira 8 e coluna F.

Então é necessário realizar o inventário, que se trata da identificação, classificação e contagem dos materiais disponíveis em estoque. O mesmo é realizado mensalmente e seu principal objetivo é alinhar os dados físicos com os contábeis armazenados no SAP/R3. Garantindo assim a redução das perdas, evitamento de desperdícios, bom atendimento as áreas e cumprimento da legislação.

Mensalmente também é realizado a gestão ISM, na qual é realizada a avaliação dos itens sem movimentação nos últimos 3 meses, para determinar se os mesmos permanecerão como item de estoque ou não.

A inclusão de materiais em estoque e a parametrização é realizada pela área de Suprimentos. As peças de troca mandatória pelo plano de manutenção com periodicidade menor

ou igual a seis meses devem ser itens de estoque. Além disso outros materiais podem ser solicitados via chamado, onde são analisados o histórico de consumo, a função/criticidade da peça no processo produtivo, a quantidade de peças instaladas na planta de acordo com a lista técnica dos equipamentos e o prazo de atendimento do fornecedor. Caso a solicitação seja aprovada é definido o estoque mínimo e máximo, e o ponto de segurança para que no seu atingimento a compra seja realizada automaticamente pelo SAP/R3.

#### **4.4 Etapa 4: Construir um Sistema de Manutenção Periódica**

A estratégia da manutenção preventiva visa prever desgastes ou quebras que podem ocorrer nos equipamentos, antecipando-se ao evento para manter as condições básicas do equipamento. Este tipo de manutenção deve ser realizado baseado em um escopo de atividades pré-definido que é executado em intervalos periódicos, chamado plano de manutenção.

Viana (2002) denota que os planos de manutenção são o conjunto de informações necessárias para a perfeita orientação da atividade de manutenção. O autor afirma que estes representam, na prática, o detalhamento estratégico da manutenção manifestado por uma empresa. A sua disposição no espaço e tempo, e a qualidade das suas instruções nas operações, denotam o tratamento dado pelo órgão mantenedor para com suas ações preventivas.

O método utilizado para elaboração dos planos de manutenção é o RCM. Essa metodologia é um processo sistemático de análise que garante a confiabilidade e segurança da operação do equipamento com o menor custo possível, pois reúne de maneira equilibrada as técnicas de manutenção – corretiva, preventiva e preditiva – mais eficazes nas eliminações das falhas que conduzem a deterioração ou perda total das funções de produção do equipamento. Já que um plano que garanta 100% de eficiência sem a necessidade de corretivas demandará mais verba de manutenção, mão de obra e tempo de processo parado do que se tem disponível; logo é assumido o risco de ação corretiva para as anomalias que gerem pequenas paradas e paradas com pequenos custos.

Para definir a estruturação da manutenção preventiva foram levados em consideração dois requisitos: a classificação ABC dos equipamentos e a definição da estratégia de manutenção. De um modo geral as fontes de informações para criação dos planos de manutenção foram: o manual do fabricante, a experiência dos colaboradores e as análises de quebra/falha. Destaca-se a importância da carga de conhecimento adquirida com os trabalhos dentro da cervejaria e *know-how* de execução, somados aos treinamentos específicos e acompanhamento histórico dos equipamentos para concretizar uma base sólida de criação dos planos de manutenção. Além dos aprendizados e oportunidades de manutenção evidenciadas

em equipamentos similares presentes na companhia, gerando informações importantes que fomentam dados para criação dos planos de manutenção.

Também faz parte da elaboração dos planos de manutenção a preparação dos procedimentos de manutenção. Estes descrevem o passo a passo para execução da atividade de forma clara e sequencial, ser de fácil compreensão é uma característica importante para que as atividades sejam realizadas sempre da mesma forma independente do executante. Sempre que possível com imagens para detalhamento, além de fatores críticos para o sucesso de sua realização ou qualquer problema que poderá ser evitado durante a execução. Nos procedimentos de manutenção também são fornecidas outras informações, tais como: tempo necessário para realização de uma atividade (HH), os recursos necessários (materiais e ferramentas), orientações de segurança e meio ambiente.

A revisão contínua dos planos de manutenção faz parte da rotina de crescimento sustentável da manutenção. Além das análises realizadas quando da falha do equipamento antes do intervalo de manutenção estabelecido, os *feedbacks* ao final do ciclo de execução de cada plano de manutenção são de grande valia para os ajustes dos planos e para crescimento da base de dados. Trazendo benefícios mútuos, o PCM desfrutará de uma programação mais assertiva enquanto o profissional de campo terá uma atividade mais organizada e direcionada.

Após a estruturação do sistema de manutenção periódica é realizado o ciclo de planejamento da manutenção. A primeira etapa é o planejamento anual (P1A), onde são previstas todas as necessidades de manutenção para o ano, sendo a maioria das atividades relacionadas com o plano de manutenção. Mas o importante é considerar que ao longo do ano novas necessidades de manutenção são geradas, através das notas convertidas em ordens. Por isso, visando garantir a realização do previsto no ano mais a incorporação das demandas, este planejamento é revisado mensalmente com uma visão de médio prazo de 3 meses chamado de P3M. Que leva em consideração a disponibilidade de recursos, disponibilidade de materiais e calendário de produção. O P3M alimenta o planejamento mensal, chamado de P1M, garantindo assim que os recursos necessários para a execução da atividade estejam disponíveis.

#### **4.5 Etapa 5: Construir um Sistema de Manutenção Preditiva**

Existem no mercado várias técnicas preditivas disponíveis, porém não é necessário utilizar todas em um equipamento. Primeiramente é preciso verificar qual técnica se aplica e é mais adequada ao equipamento considerando também a relação custo-benefício. Devido ao alto custo, as técnicas preditivas são implementadas em equipamentos de criticidade A, o que não

significa que possa ser aplicada aos equipamentos de criticidade B e C caso se julgue necessário e haja recurso disponível.

Os tipos de manutenção preditiva implantados na planta, e suas respectivas periodicidades, são: análise de vibração (mensal), análise de óleo (bimestral), termografia (quadrimestral), ultrassom (bimestral), emissão acústica (bimestral), análise de circuito elétrico de motores (trimestral/semestral) e análise de óleo isolante (semestral).

A coleta, análise de dados e diagnóstico é realizada por um fornecedor especializado devido à necessidade de mão de obra altamente qualificada e custo elevado de *softwares* e instrumentos específicos e de alta precisão utilizados.

Uma RDP é gerada quando detectada uma anomalia potencial que necessita de um tratamento prévio a fim de que esta anomalia não se agrave vindo a caracterizar uma falha de um subconjunto e consequente perda de performance produtiva.

O relatório deve ser avaliado pela equipe técnica responsável, onde devem ser analisados os parâmetros informados, o prognóstico e a ação recomendada. Essa etapa é a base para a análise da causa fundamental e definição das ações corretivas e preventivas a serem realizadas respeitando o tempo apropriado para intervenção antecipada, evitando assim a reincidência no mesmo subconjunto.

A recorrência de anomalias detectadas no mesmo ponto de medição indica que a ação executada foi apenas no efeito, não eliminou a causa fundamental, e o potencial de falha decorrente da anomalia detectada aumentou, tornando a falha cada vez mais provável. Sendo assim, quanto maior o grau de recorrência maior a probabilidade de falha para o subconjunto em questão, e por isso as RDPs recorrentes deverão ter atenção especial.

**Figura 16 - Matriz de criticidade de manutenção preditiva**

Quantidade de RDPs recorrentes	> 60						
	> 50						
	> 30						
	> 25						
	> 20						
	> 15						
	> 10						
	> 5						
	≤ 5						
		< 10	> 10	> 20	> 40	> 60	> 100

Fonte: Cedido pela empresa em estudo (2019)

Para avaliar a efetividade no tratamento de anomalias, utilizamos o KPI definido como taxa de falha, que é o número de anomalias identificadas (RDP) por número de pontos coletados, e a matriz de criticidade de manutenção preditiva ilustrada na Figura 16.

O fornecedor especializado também realiza a emissão de alerta quando a tendência de evolução da vibração não está de acordo com o perfil de funcionamento do subconjunto ao longo do tempo. Então a equipe técnica realiza uma averiguação *in loco* e executa ações para o retorno do equipamento ao seu funcionamento normal antes da concretização da anomalia, evitando a emissão de RDP.

Os procedimentos de manutenção preditiva e os pontos mínimos a serem coletados são definidos pelos especialistas do CENG. Os pontos de medição que fazem parte dessa estratégia não podem ficar sem medição, sobretudo medições consecutivas, caso contrário a estratégia não irá assegurar a confiabilidade esperada.

#### **4.6 Etapa 6: Avaliar o Sistema de Manutenção Planejada**

Um modelo de gestão possui desenvolvimento contínuo, ajustes devem ser realizados e erros corrigidos para criar condições de sucesso no alcance dos resultados esperados. Para avaliação do sistema de gestão são realizadas as atividades abaixo:

##### **Reunião Semanal de Manutenção:**

Com participação dos gerentes, *staffs*, supervisores de manutenção, analistas de manutenção e técnicos de manutenção preventiva. Esta reunião é conduzida pela área de Engenharia e tem como pauta o acompanhamento dos principais indicadores de manutenção e desdobramento das estratégias de manutenção.

##### **Check de VPO:**

Semanalmente é realizada, em sistema de rodízio, uma miniauditoria pelas áreas representantes dos pilares do VPO nas demais áreas. A área responsável pela miniauditoria do pilar manutenção é a Engenharia.

##### **Auditoria de VPO:**

Anualmente são realizadas duas auditorias relativas aos pilares do VPO, uma por semestre, por uma equipe interna especializada. A auditoria possui duração de três dias e segue as etapas abaixo:

Reunião de abertura - dos auditores e auditados para definir objetivos, programação, canais de comunicação e documentos necessários;

Levantamento de dados - via entrevistas, visitas, inspeções, consultas, testes e verificações;

Análise de dados - através da comparação com padrões, identificando inadequações e não conformidades;

Reunião de encerramento - dos auditores e auditados, para apresentação e discussão do parecer da auditoria

### **Visitas e Calls do CENG:**

Periodicamente são realizados *calls* e visitas de especialistas do CENG para desdobramento das atualizações e direcionamento das estratégias de gestão da manutenção.

#### *4.6.1 Mudanças implementadas no período de junho/2018 a junho/2019*

A estrutura da equipe de manutenção era totalmente centralizada na área de Engenharia até junho de 2018, a partir de então a estrutura mista entrou em vigor. Essa mudança foi aplicada inicialmente em uma planta na região Sudeste, os resultados na planta piloto se mostraram positivos e então foi ampliada para mais uma planta de cada região, sendo a planta Pernambucana a escolhida da região Nordeste.

Os gerentes visitaram a planta piloto e os *staffs* participaram de um *workshop* para orientação. A mudança foi comunicada previamente aos envolvidos e reuniões foram realizadas para divulgação e esclarecimentos, assim como houve alinhamento entre os gerentes para divisão das equipes de supervisores, analistas e técnicos entre as áreas.

A quantidade de técnicos alocados na Engenharia não supria a cobertura de todas as áreas da cervejaria conforme diretrizes da nova estrutura, então foi realizada a contratação de 50 técnicos, sendo 46% advindos de recrutamento interno. Os funcionários contratados realizaram o treinamento completo de integração, enquanto os colaboradores que mudaram de função realizaram apenas a etapa de integração na função. No caso dos técnicos GPAs, ainda que já pertencentes ao quadro, foi necessário realizar a integração na função com foco na operacionalidade dos equipamentos. Parte desses técnicos inicialmente não encararam bem o fato de operar os equipamentos na rendição da refeição.

Além disso, por uma má gestão de gente, às vezes é necessário que os técnicos GPA cubram a ausência de um operador em horário integral - isso ocorre principalmente quando o técnico GPA é um ex operador. Por isso se faz necessário um gerenciamento mais eficaz do

cronograma de férias e folgas das equipes assim como a evolução da confiabilidade dos equipamentos, evitando a necessidade de produção ou retrabalho em dias de folga.

Houve dificuldade de centralização de conhecimentos específicos em alguns técnicos mais experientes, o que gera uma grande solicitação desses técnicos por outras áreas. Apesar dos outros técnicos fazerem um treinamento cruzado nessas oportunidades, isso prejudica o técnico que sai da sua rotina na sua área para atendimento das demais. Essas solicitações de ajuda foram maiores em algumas áreas, pois alguns times ficaram com técnicos inexperientes, fossem eles recém contratados, advindos da operação ou técnicos que migraram de uma área dissimilar. Essa lacuna tende a ser suprida gradualmente com o tempo a partir da fidelização dos técnicos que promove o aprofundamento no conhecimento dos equipamentos. O mesmo também se aplica aos supervisores e analistas de manutenção.

A mudança de *mindset* – que significa “modelo mental”, é a maneira como uma pessoa pensa e se comporta nas mais diversas situações do cotidiano – foi um grande desafio a ser superado, os técnicos de manutenção eram habituados a atuar nos equipamentos a partir das ordens de manutenção que lhes eram solicitadas, apenas atendiam a demanda. Agora os técnicos além de se auto programarem fazendo a priorização de execução das atividades, devem atuar mais estrategicamente no acompanhamento de problemas nos equipamentos e análise de causa raiz.

O *mindset* para análise de causa raiz também foi aprimorado, a criação de um pensamento sistêmico contribuiu para interromper o ciclo vicioso de substituição de componentes e criação de planos de manutenção. É sabido da necessidade de realização de um trabalho de restauração da condição básica dos equipamentos (abrangida pelo *Clean and Tag*) e da revisão dos planos de manutenção (realizada posteriormente conforme demonstrado no presente trabalho). Assim sendo, as análises foram direcionadas também as deficiências operacionais e de padronização; a partir de então procurou-se mapear lacunas de treinamento, de ajuste dos procedimentos operacionais e as oportunidades de padronização de parâmetros nos equipamentos.

Os técnicos de preventiva passaram a ser os donos das análises de causa raiz dos seus respectivos grupos, os mesmos ainda encontram dificuldades com a falta ou baixa qualidade do relato dos outros turnos e em apontamentos de produção divergentes. As análises são apresentadas pelos técnicos diariamente na reunião de produtividade da área e os mesmos são donos do indicador de eficiência dos seus equipamentos. Lidam com um nível de cobrança que não estavam habituados, mas suas avaliações têm mais credibilidade.

A desburocratização também foi um fator relevante, um sistema simples garante a execução da rotina de forma eficiente que traz resultados. A quantidade de indicadores de manutenção acompanhados era excessiva, o que demandava tempo para estratificação e dificultava o gerenciamento. Então houve uma redução mantendo apenas os indicadores que realmente agregavam valor, já descritos no presente trabalho.

Outra mudança que gerou agilidade na execução das atividades foi a abrangência na autorização para retirada de materiais do almoxarifado. Antes realizada apenas por 3 funcionários da Engenharia, agora a liberação pode ser realizada pelas áreas com os seguintes limites: analistas de manutenção e supervisores de produção – valor até R\$1000, supervisores de manutenção – valor até R\$2000, e *staffs* – valor até R\$4000.

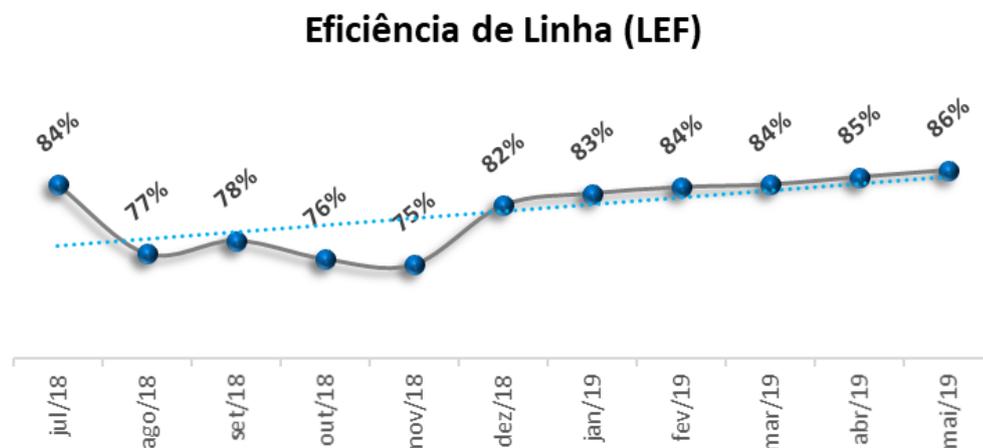
As palavras que resumizam essa nova fase são: sentimento de dono, fidelização, padronização, simplicidade e confiança.

#### a) Eficiência de Linha

A eficiência de linha se tornou o principal indicador da manutenção pois mensura o objetivo final das atividades de manutenção, os demais indicadores dão o suporte para o alcance desse resultado.

Os dados de apontamento de produção são a base para o cálculo da LEF e rastreabilidade dos maiores impactos da área para tratamento, logo o apontamento irreal/incorreto não nos direciona para a solução dos problemas que irão de fato alavancar os resultados de performance.

Figura 17 - Eficiência da planta de jul/18 até mai/19



Fonte: Cedido pela empresa em estudo (2019)

Ao analisar a evolução da Eficiência de Linha (Figura 17) a partir do mês da virada de estrutura pode-se observar que nos primeiros meses o valor oscilou e então a partir de dezembro

de 2018 o resultado vem crescendo gradualmente. Não foi realizada uma comparação com os resultados anteriores devido a contestabilidade dos dados.

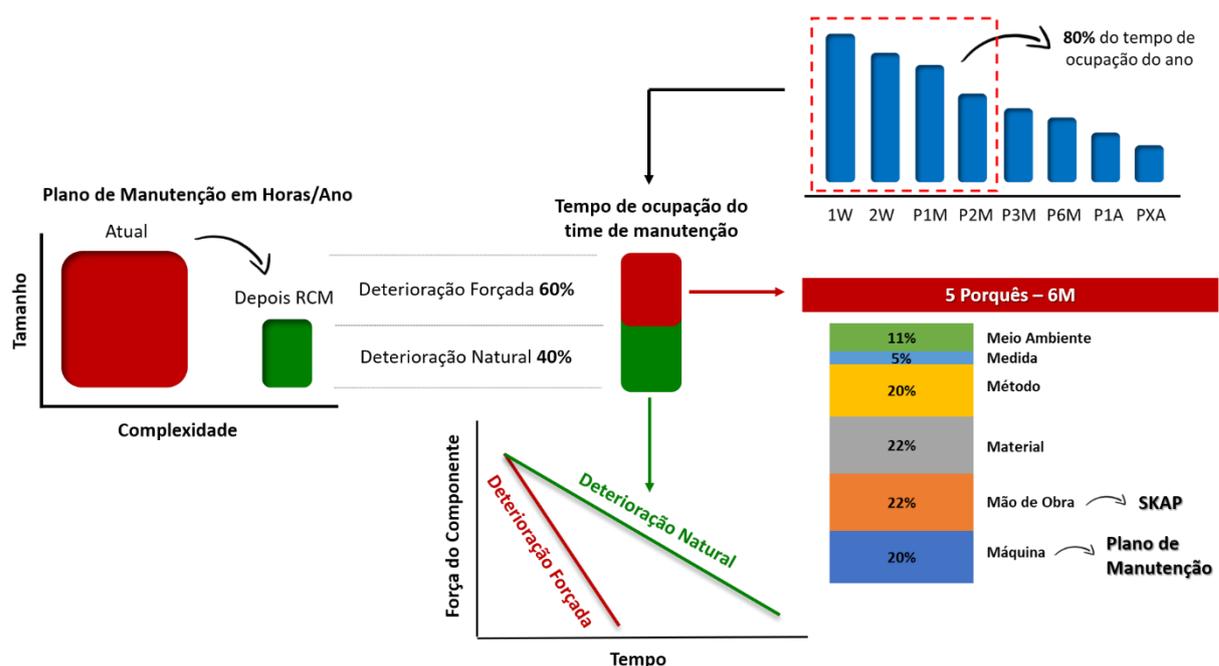
De acordo com a linha de tendência aplicada, é apontado um aumento para os próximos meses no que se refere aos resultados de LEF. Esse resultado vem sendo conquistado pela colaboração sinérgica de toda a equipe de manutenção, operação e liderança das áreas na execução das rotinas e atividades de manutenção. Aliado a isso espera-se que o resultado seja potencializado à medida da aplicação do *Clean and Tag*, que encontra-se atualmente na terceira rodada, e da execução dos planos de manutenção de troca mandatória.

#### b) Revisão dos Planos de Manutenção

O tamanho do plano de manutenção nos diz quão bem ou mal estamos utilizando nossos recursos. Logo, se temos um plano de manutenção inteligente teremos uma utilização inteligente dos recursos. Um plano de manutenção inchado compromete a qualidade da execução e compromete o tempo disponível para a realização de análises pelos técnicos de manutenção.

Para avaliar o sistema de manutenção preventiva a companhia realizou um estudo (Figura 18) que constatou que o plano de manutenção estava inchado e com atividades superficiais, onde os planos de baixa periodicidade correspondiam a 80% da ocupação anual do time de manutenção.

**Figura 18 - Análise do sistema de manutenção preventiva**



Fonte: Cedido pela empresa em estudo (2019)

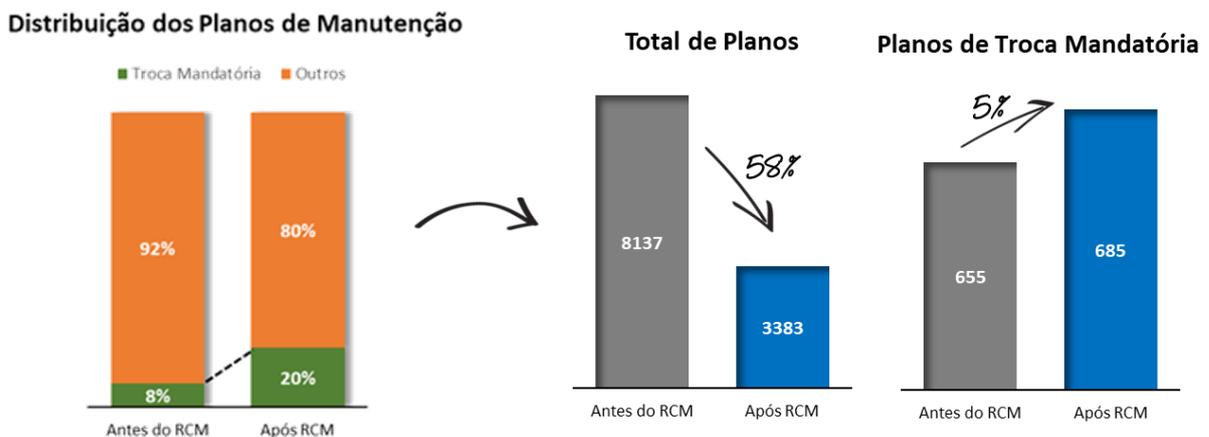
Observou-se também que 40% do tempo de ocupação anual do time de manutenção estava dedicado a planos relativos à antecipação da deterioração natural. A deterioração natural é aquela que evolui fisicamente com o passar do tempo reduzindo a capacidade inicial do componente, é a deterioração normal, afinal de contas nada dura para sempre.

Ao contrário disso a deterioração forçada é aquela em que a deterioração é acelerada artificialmente por não se estar executando a manutenção estabelecida ou a mesma está sendo executada de modo incorreto, deste modo a vida útil do componente é reduzida. Os planos relativos à detecção de deterioração forçada ocupavam 60% do tempo de ocupação anual do time de manutenção.

Desta forma, adotou-se como estratégia o tratamento da deterioração natural através dos planos de manutenção e no tratamento da deterioração forçada a análise de 5 Porquês. Assim impede-se antecipadamente a ocorrência da quebra/falha e corrige-se os desvios.

Como ação foi realizada a revisão dos planos de manutenção, com atenção para os seguintes itens: revisão dos planos com baixa periodicidade, exclusão de atividades duplicadas ou que se sobrepõem, planos de manutenção apenas para deterioração natural. Também foi realizada a correta valorização dos componentes no SAP/R3, assim o estoque é ajustado de acordo com as necessidades e o planejamento dos custos é otimizado.

**Figura 19 - Resultado de revisão dos planos de manutenção**



A revisão dos planos de manutenção ficou sob responsabilidade dos analistas de manutenção, que tinham o apoio técnico dos supervisores e técnicos de manutenção e direcionamento e avaliação do time da Engenharia. A revisão teve duração de 5 meses, de fevereiro a junho de 2019, e atualmente está em andamento a elaboração dos procedimentos juntamente com a equipe técnica.

Conforme ilustrado na Figura 19, com a revisão dos planos de manutenção a quantidade total de planos foi reduzida de 8137 para 3383, que corresponde a uma redução de 58%. Os planos de troca mandatória aumentaram de 655 para 685, que corresponde a um singelo acréscimo de 5%. Porém deve-se levar em consideração que os planos anteriores envolviam atividades de baixa complexidade e substituição de poucos componentes. Logo, apesar da quantidade de planos não aumentar significativamente, há uma substituição robusta compactada numa quantidade praticamente igual de planos que agora abrangem mais atividades em suas operações.

O aprimoramento dos planos de inspeção e dos planos de manutenção autônoma foram os responsáveis pela grande redução da quantidade de planos. Como já detalhado, os planos de manutenção autônoma foram reduzidos a dois planos de manutenção por equipamento - *Check* de lubrificação e *Check* de limpeza e inspeção técnica - cujas atividades descritas no *book* são executadas pela operação e a inspeção mensal de execução é realizada pelo supervisor da área. As exceções são as atividades com periodicidade acima de 30 dias, que devem ser cobertas por um plano de manutenção no SAP/R3 e não estar no *book*.

Os planos de inspeção representaram uma grande mudança nessa revisão, foi observado que esses planos não traziam resultado pois eram muito genéricos e na prática não eram executados. Foram desaplicados todos os planos de inspeção de rota, haviam dois planos de inspeção de rota para cada equipamento, sendo uma parada e outra rodando. Também foram desaplicados os planos de inspeção para componentes contemplados pela troca mandatória; pois está previsto que esses componentes serão substituídos antes da deterioração natural, logo se haver uma deterioração forçada será analisado via 5 Porquês. Algumas inspeções foram migradas para uma operação dentro do plano de troca mandatória de outros componentes do mesmo sistema. Para as inspeções em locais de difícil acesso foi aplicado o método anterior, quando possível, ou até mesmo a inspeção foi substituída pela troca mandatória. Por fim, as inspeções que permaneceram ou foram implantadas são mais estratégicas pois são de caráter quantitativo, com a utilização de equipamentos de medição e parâmetros definidos para substituição por condição.

Uma das dificuldades encontradas foi a falta de acesso a algumas transações para alteração de itens específicos do plano de manutenção no SAP/R3 pelos analistas de manutenção, essas alterações ficavam centralizadas na Engenharia e gerou atraso devido ao grande número de solicitações. A Engenharia também era responsável por validar a versão final dos planos de manutenção, porém ocorreram várias divergências entre os planos de manutenção pertencentes a equipamentos similares; principalmente no que diz respeito a troca mandatória.

Também houve a falta de envolvimento dos especialistas dos equipamentos do CENG, cujo conhecimento seria de grande valia na construção dos planos de manutenção.

A análise quanto a ocupação do time de manutenção não foi realizada devido aos tempos de execução não estarem precisos, o que será ajustado conforme a execução dos planos.

A partir do início da execução correta dos planos, principalmente das trocas mandatórias, a confiabilidade dos equipamentos será restabelecida gradualmente e os aprendizados adquiridos serão incorporados no ajuste fino dos planos de manutenção.

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a implantação das etapas do pilar Manutenção Planejada do TPM – proveniente da indústria automobilística Japonesa – na indústria alimentícia, mais especificamente no contexto de uma cervejaria. Relevante na medida em que as empresas industriais necessitam extrair o máximo de retorno dos seus recursos (capital, mão de obra e matérias-primas) e dos seus ativos fixos (categoria na qual se incluem os equipamentos) para se destacar frente aos seus concorrentes no mercado.

No que se refere ao principal indicador da manutenção, a Eficiência de Linha demonstrou evolução a partir mudança estrutural em junho de 2018. A fidelização do time da manutenção está proporcionando o aprofundamento no conhecimento dos equipamentos, o estreitamento da relação entre produção e manutenção, a análise de causa raiz e tratamento das quebras/falhas na rotina diária e estímulo ao sentimento de dono. Refletindo em uma maior confiabilidade do processo pela maior disponibilidade dos equipamentos para a produção e do melhor desempenho quando em produção se comparado ao cenário anterior. Porém o resultado, ainda que demonstre a tendência de crescimento, não se mostra sustentável devido a recorrência de quebra/falhas, o que comprova a necessidade de aprimoramento das análises de causa-raiz e de agilidade na execução das ações de tratamento.

Para sustentar o resultado de desempenho foi realizada a estruturação dos planos de manutenção, cujo objetivo é a utilização inteligente dos recursos disponíveis para alcance estratégico dos resultados esperados, favorecendo assim o equilíbrio entre a contribuição da manutenção e a rentabilidade empresarial. O plano de manutenção foi reduzido para não comprometer a sua execução e para disponibilizar mais tempo na realização de análises e acompanhamentos em campo pela equipe técnica. Também foi elaborado de forma a contemplar as deteriorações naturais através das trocas mandatórias e das manutenções por condição mapeadas por inspeções quantitativas e pelas análises preditivas. Como a grande maioria desses planos necessitam de ajuste fino e nem mesmo tiveram tempo hábil para execução, não se pode comprovar neste momento a efetividade de contribuição na disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos.

Portanto, conclui-se que o período de estudo não foi suficiente para avaliar adequadamente o sistema de manutenção planejada da cervejaria estudada. Ainda que haja propensão a resultados promissores, o desenvolvimento gradual do modelo mais amplo de gestão da manutenção implantado ainda é precoce para garantir a sustentabilidade dos resultados que já foram obtidos.

Como contribuição para a implementação do pilar Manutenção Planejada foram disponibilizadas as ferramentas - sintetizadas na Tabela 4 - para a gestão da manutenção, pautadas a partir do entendimento das etapas da manutenção planejada implantadas na cervejaria e com a possibilidade de serem replicadas, com adaptações caso necessário, a outros ramos industriais.

Pode-se destacar como ponto tratado neste trabalho, e que vem sendo constantemente adotado no universo empresarial, a quebra de paradigmas. Implementar qualquer tipo de mudança cultural a qual a organização não está familiarizada, é algo que se tornou imprescindível para o posicionamento das empresas no mercado mundial, principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil.

Finalmente, propõe-se para trabalhos futuros um estudo direcionado aos equipamentos e processos produtivos com exemplo de soluções e alterações implementadas para aumento de performance, e o aprofundamento na mensuração da efetividade das atividades de manutenção através de análises de desempenho e perdas.

Tabela 4 - Ferramentas propostas para a Manutenção Planejada

MANUTENÇÃO PLANEJADA	FERRAMENTAS PROPOSTAS PELA CERVEJARIA ESTUDADA
<b>Etapa 1</b>  <b>Avaliar o equipamento e entender a condição atual</b>	Matriz de criticidade ABC dos equipamentos
	Estratégias de manutenção disponíveis x Criticidade
	Estruturação da equipe de manutenção com foco em fidelização
	Tagueamento
	Gatilho para análise de quebra/falha de acordo com a Eficiência de Linha
<b>Etapa 2</b>  <b>Restaurar a deterioração e corrigir as debilidades</b>	Indicadores de manutenção reduzidos (relacionados a plano de manutenção e indicadores de performance)
	SKAP <i>Guide</i>
	<i>Clean and Tag</i>
	Senso de dono (cultural organizacional)
	5 Porquês
	Relato de Anomalia
	Análise Estruturada
<b>Etapa 3</b>  <b>Construir um sistema de gestão de informações</b>	Padronização
	Armazenamento dos dados técnicos relacionados aos ativos da empresa (SAP/R3)
	Gestão móvel de manutenção (Sigga Brizzo)
	Gestão dos dados de produção (MES)
	Orçamento Base Zero – OBZ
	Endereçamento dos materiais no Almoarifado
<b>Etapa 4</b>  <b>Construir um sistema de manutenção periódica</b>	Inventário mensal do Almoarifado
	Gestão de Itens sem Movimentação – ISM
	RCM
	Plano reduzido (garantir execução adequada e tempo disponível para análise de anomalias)
	Planos de manutenção apenas para deterioração natural
	Inspeções quantitativas
	<i>Book</i> de Limpeza, Inspeção técnica e Lubrificação para atividades de manutenção autônoma de periodicidade inferior a 30 dias
Inserção em estoque dos itens de troca mandatória com periodicidade menor ou igual a 6 meses	
<b>Etapa 5</b>  <b>Construir um sistema de manutenção preditiva</b>	Ciclo de planejamento da manutenção (P1A - P3M - P1M)
	Fornecedor especializado
	Relatório Diagnóstico Prognóstico – RDP
	Alertas preditivos
	Taxa de falha
<b>Etapa 6</b>  <b>Avaliar o sistema de manutenção planejada</b>	Matriz de criticidade da manutenção preditiva
	Reunião semanal
	Miniauditoria interna a planta
	Auditoria semestral

Fonte: Autora (2019)

## REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR 5462: confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro. 1994.
- ALMEIDA, P. **Manutenção Mecânica Industrial: Conceitos Básicos e Tecnologia Aplicada**. [S.l.]: Saraiva, 2014.
- CARNEIRO, V. **Manutenção planejada: Um estudo sobre a aplicabilidade da metodologia em uma fábrica de garrafas plásticas**. UFPE. Recife. 2019.
- CERVBRASIL. **Anuário**. Associação Brasileira da Indústria da Cerveja. [S.l.]. 2016.
- CERVBRASIL. Associação Brasileira da Indústria da Cerveja, 2018. Disponível em: <[http://www.cervbrasil.org.br/novo\\_site/dados-do-setor/](http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/dados-do-setor/)>. Acesso em: 23 jun. 2019.
- CH Master Data. **Gestão de Cadastros**, 2019. Disponível em: <<http://chmasterdata.com.br/ch/>>. Acesso em: 28 Abril 2019.
- FONTANINI, R. **Implementação de planos de manutenção para uma linha de envasamento em uma cervejaria dos Campos Gerais (PR)**. UTFPR. Ponta Grossa. 2018.
- KARDEC, A. **Gestão Estratégica e Manutenção Autônoma**. Rio de Janeiro: ABRAMAN, 2002.
- NASA. **Reliability Centered Maintenance Guide for Facilities and Collateral Equipment**. Washington: [s.n.], 2000.
- PINTO, A. K.; XAVIER, J. N. **Manutenção: função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.
- PINTO, D. **Estudos Mecânicos**, 2017. Disponível em: <<https://estudosmecanicos.blogspot.com/2017/01/os-oito-pilares-da-tpm.html>>. Acesso em: 30 jul. 2019.
- PORTAL TPM. Disponível em: <[http://www.portaltpm.com.br/metodologia\\_tpm.asp](http://www.portaltpm.com.br/metodologia_tpm.asp)>. Acesso em: 06 mar. 2019.
- SANTOS, W. **Diretrizes para implantação do PPCM na Filial Pernambuco da AmBev**. Universidade de Pernambuco. Recife. 2011.
- SIGGA. **Estudo de Caso Ambev**. Disponível em: <[https://d335luupugsy2.cloudfront.net/cms/files/65611/1549562158Sigga\\_-\\_Estudo\\_de\\_caso\\_AMBEV.pdf](https://d335luupugsy2.cloudfront.net/cms/files/65611/1549562158Sigga_-_Estudo_de_caso_AMBEV.pdf)>. Acesso em: 24 abr. 2019.
- SUZUKI, T. **TPM for Process Industries**. Portland: Productivity Press, 1994.
- VIANA, H. R. G. **Planejamento e Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.
- XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.

YAMAGUCHI, C. **TPM – Manutenção Produtiva Total**. ICAP del-Rei. São João Del Rei. 2005.