



WILLIAN DE PAULA GOMES

**PANORAMA DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL NA
INDÚSTRIA CERVEJEIRA: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

**LAVRAS – MG
2021**

WILLIAN DE PAULA GOMES

**PANORAMA DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL NA INDÚSTRIA
CERVEJEIRA: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia de Alimentos, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof (a) Dra. Lizzy Ayra Alcântara Veríssimo
Orientadora

Ma. Ana Cristina Freitas de Oliveira Meira
Co-orientadora

**LAVRAS - MG
2021**

WILLIAN DE PAULA GOMES

PANORAMA DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL NA INDÚSTRIA

CERVEJEIRA: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

**OVERVIEW OF TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE IN THE BEER
INDUSTRY: LITERATURE REVIEW**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia de Alimentos, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 03 de maio de 2021.

Dra. Lizzy Ayra Alcântara Veríssimo UFLA

Ma. Ana Cristina Freitas de Oliveira Meira UFLA

Dra. Isabelle Cristina Oliveira Neves UFLA

Dra. Bruna de Souza Nascimento UFLA

Prof (a). Dra. Lizzy Ayra Alcântara Veríssimo
Orientadora

Ma. Ana Cristina Freitas de Oliveira Meira
Coorientadora

**LAVRAS - MG
2021**

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, exemplo de pessoa e profissional, que atravessou inúmeras dificuldades para oferecer as melhores condições de vida que pôde para os seus três filhos. Aquela pessoa que sempre me incentivou a perseguir os meus sonhos. Obrigado por acreditar no meu potencial e fazer o impossível para que eu conseguisse chegar até aqui. Sem você eu não seria capaz!

Às minhas irmãs que sempre depositaram confiança nas minhas “aventuras” e me suportaram nos momentos que mais precisei. Agradeço e dedico a vocês mais essa conquista.

À minha orientadora, Lizzy, pelas oportunidades concedidas e orientações as quais foram determinantes para a realização dos meus sonhos. Agradeço muito pela empatia e paciência que teve comigo durante todos esses anos.

À minha coorientadora Ana pela disposição em ajudar e pelas dicas fornecidas. Todo esse suporte foi crucial para a etapa final da minha graduação e para a minha inserção no mercado de trabalho.

Ao Levante Popular da Juventude, movimento social que construí por mais de 4 anos. Obrigado por todos ensinamentos, desconstrução e, principalmente, experiências vividas que me tornaram uma pessoa mais consciente do meu papel enquanto cidadão.

À Universidade Federal de Lavras por ter me apresentado novos horizontes a seguir.

Aos moradores e amigos do Brejão, lugar onde morei. Obrigado por me proporcionarem momentos únicos de convívio que transformaram em um ser humano melhor.

A todos (as) os (as) amigos (as) que estiveram durante essa minha longa caminhada. Vocês são parte da minha família, nunca vou esquecer tudo o que fizeram por mim.

Um carinho especial para a Maiara, Adrielle, Vitor, Miau e Thiago. Aprendi muito com vocês! Obrigado por fazerem parte da minha vida. Amo vocês!

MUITO OBRIGADO!!!

RESUMO

A globalização da economia resulta em um crescimento constante da competitividade organizacional. Este cenário impulsiona a procura por métodos gerenciais que otimizem a utilização de recursos, aumentem a eficiência produtiva, preservem a qualidade e coloquem a segurança dos clientes e colaboradores em primeiro lugar. É neste sentido que surge a Manutenção Produtiva Total (TPM), uma filosofia que envolve a participação de todos os colaboradores em prol da erradicação das perdas para o alcance da excelência operacional. Desde a sua criação nos anos 70 pela Nippon Denso Co. Ltda., a metodologia vem sendo difundida em diversos países devido aos seus excelentes resultados apresentados pelas empresas em que é implementada. É com base nessa relevância que o presente trabalho objetivou explorar a literatura científica e disseminar os conhecimentos acerca da Manutenção Produtiva Total. A partir da revisão bibliográfica realizada, constatou-se que a aplicação da metodologia pode trazer resultados expressivos no que concerne à competitividade das empresas através da otimização da produção, garantia da qualidade, gestão de custos, gestão logística e consolidação cultural da empresa. Percebe-se também que no Brasil a implementação da metodologia se concentra majoritariamente pelas multinacionais, uma vez que essas grandes empresas importam seus sistemas de gestão de outros países onde a TPM é mais difundida. Além disto, observa-se que a metodologia está em evolução e adaptação constante, uma vez que esta é sempre implementada levando-se em consideração as especificidades de cada empresa. O setor cervejeiro não fica de fora dessa perspectiva haja vista que é um dos que mais crescem no país. Por isto tem implementando cada vez mais métodos de gestão que otimizam o fluxo de informações entre suas máquinas, pessoas e processos, aumentando a sua eficiência e a sua rentabilidade sem comprometer segurança, qualidade, meio ambiente e produtividade. O TPM tem se mostrado uma excelente aposta para as indústrias cervejeiras e se revelado como uma das metodologias mais promissoras para a transformação ocasionada pela indústria 4.0.

Palavras-chave: Manutenção Produtiva Total, Manutenção Autônoma, Excelência Operacional.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Passos para realização da revisão da literatura	15
Figura 2 - Evolução da Manutenção	21
Figura 3 - Tipos de manutenção utilizados pelas indústrias brasileiras	23
Figura 4 - Síntese dos tipos de manutenção	26
Figura 5 - Características que diferenciam o TPM dos movimentos tradicionais de manutenção	27
Figura 6 - Pilares da TPM	29
Figura 7 - Problemas típicos encontrados ao implementar o TPM (diagrama de Ishikawa)....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição do volume mundial de cerveja produzido.....	17
Tabela 2 – Ranking de países com maior volume de produção de cerveja.....	17
Tabela 3 – Vantagens do TPM.....	40

LISTA DE SIGLAS

TPM	Manutenção Produtiva Total
JIPM	Instituto Japonês de Manutenção de Planas
OEE	Eficiência Global do Equipamento
HL	Hectolitros
PIB	Produto Interno Bruto
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AFNOR	Associação Francesa de normalização
ABRAMAN	Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos
MP	Manutenção Preventiva
PM	Manutenção da Produtividade
MM	Manutenção com Melhorias
5W2H	What, Why, Where, When, Who, How e How much
PDCA	Plan, Do, Check, Act
ECRS	Eliminar, Combinar, Reduzir ou simplificar
FS	Fonte de Sujeira
LDA	Local de Difícil Acesso
MP	Pilar de Manutenção Planejada
ET	Pilar Educação e Treinamento
MA	Pilar Manutenção Autônoma
SHE	Pilar Saúde e Meio Ambiente
QA	Pilar Qualidade
LIL	Limpeza, Inspeção e Lubrificação
P	Produção
Q	Qualidade
C	Custo
E	Entregas
S	Segurança
M	Meio Ambiente

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo Geral.....	14
2.2 Objetivos Específicos	14
3. METODOLOGIA.....	15
4. REFERENCIAL TEÓRICO	16
4.1 Cerveja.....	16
4.2 Tendências do mercado cervejeiro no Brasil e no mundo	16
4.3 Conceito de Manutenção	18
4.4 Histórico da Manutenção	19
4.5 Indústria 4.0	22
4.6 Tipos de Manutenção.....	22
4.6.1 Manutenção Corretiva	23
4.6.3 Manutenção Preventiva	24
4.6.4 Manutenção Preditiva.....	25
4.6.5 Manutenção Detectiva.....	25
4.6.6 Engenharia de Manutenção	25
4.7 Manutenção Produtiva Total (TPM)	26
4.7.1 Os pilares da TPM.....	29
4.7.1.1 Melhoria Específica.....	29
4.7.1.2 Manutenção Autônoma (MA)	30
4.7.1.2.1 Passo 0 – Preparação preliminar	32
4.7.1.2.2 Passo 1 – Limpeza Inicial.....	32
4.7.1.2.3 Passo 2 – Eliminar fontes de sujeira e locais de difícil acesso (FS e LDA)	33
4.7.1.2.3 Passo 3 – Estabelecer padrões de limpeza e inspeção	34
4.7.1.2.4 Passo 4 – Inspeção geral do equipamento	35
4.7.1.2.5 Passo 5 – Inspeção Autônoma.....	35
4.7.1.2.6 Passo 6 – Sistematização da manutenção autônoma	37
4.7.1.2.6 Passo 7 – Manutenção autônoma total	37
4.7.1.3 Manutenção Planejada	38
4.7.1.4 Manutenção da Qualidade	38
4.7.1.5 Controle inicial	39

4.7.1.6 Treinamento e educação	39
4.7.1.7 Segurança, Higiene e Meio Ambiente.....	39
4.7.1.8 Áreas administrativas	39
4.7.2 Vantagens e Barreiras ao uso	40
4.7.2.1 Vantagens.....	40
4.7.2.2 Barreiras ao uso.....	41
4.7.3 Panorama da aplicação da Manutenção Produtiva Total na indústria cervejeira	42
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	44
6. REFERÊNCIAS	45
7. ANEXOS	50

1. INTRODUÇÃO

Após a Segunda Guerra Mundial, muitos países como Japão e Estados Unidos articularam-se para recuperarem suas economias. Estes países buscaram novos métodos para reerguer as indústrias, eliminar os desperdícios, melhorar os processos e aumentar a sua competitividade por meio da qualidade e da eficiência produtiva.

Uma vez que a busca pela excelência operacional se tornou prioridade, o conceito de manutenção precisou ser revisto. Em decorrência disto, a função da manutenção passou a ser abordada como gestão estratégica de ativos e não para a solução corretiva de problemas. Embora a manutenção possa ser vista por muitas empresas como um centro de custo e não como atividade estratégica, se gerida corretamente pode trazer muitos benefícios para as empresas (XAVIER, 2015).

A Manutenção Preventiva criada nos Estados Unidos, por sua vez, tornou-se uma grande aliada à essa nova visão, pois proporcionou bases para a criação da Manutenção Produtiva Total (TPM) pelos japoneses. Em seguida, a Manutenção Produtiva Total (TPM), em inglês *Total Productive Maintenance*, surgiu proporcionando uma revolução no setor industrial, pois ela promove uma integração completa entre homem, máquina e empresa visando a eliminação total dos desperdícios (NAKAJIMA, 1984).

A TPM surgiu e se desenvolveu inicialmente na indústria automotiva e rapidamente passou a integrar a cultura corporativa de empresas como Toyota, Nissan e Mazda, e de suas administradoras e filiais. Inicialmente, as atividades de TPM se limitavam a departamentos diretamente ligados a equipamentos, porém, os departamentos administrativos, aqueles relacionados à produção, bem como distribuição devem integrar a metodologia (SUZUKI, 1994).

A metodologia TPM é uma abordagem inovativa da manutenção dos equipamentos envolvendo os profissionais da manutenção e operadores, focando em eliminar perdas como a obsolescência dos seus equipamentos e defeitos de qualidade, por exemplo. A participação ativa de todos os colaboradores, incluindo da alta liderança é imprescindível para o sucesso da implementação da metodologia (CUDNEY, 2013).

Segundo o Instituto Japonês de Manutenção de Plantas (JIPM, 2015) a Manutenção Produtiva Total proporciona ganhos significativos para as empresas que a implementam corretamente, pois reduzem as 16 principais perdas que obstruem a eficiência produtiva. Tais perdas podem ser classificadas em 3 maiores grupos de perdas: Eficiência Global do Equipamento (OEE), Eficiência de Mão de Obra e Eficiência de Utilização de Materiais e Energia. As perdas relacionadas à OEE ocorrem por falhas no equipamento, ajustes nos

equipamentos (*setup*), tempo gasto para substituição de peças, perdas de inicialização da produção, pequenas paradas, perdas de velocidade, por defeitos ou retrabalho e perdas relacionadas ao término do processo produtivo. As principais perdas relacionadas à eficiência de mão de obra são devidas à falta ou falhas de gestão, movimentação indevida, falhas no layout da linha, distribuição de matérias primas, embalagens, produtos e falhas na mensuração das causas raízes dos problemas. Já as três maiores perdas relacionadas à ineficiência no uso de materiais e energia são referentes às perdas de rendimento, perdas de energia e prejuízos ocasionados pela deterioração de ferramentas e equipamentos.

É evidente a preocupação das empresas em reduzir as suas perdas visando se manterem competitivas. Com relação ao setor cervejeiro não é diferente, haja vista que é um dos mais relevantes para a economia brasileira. O setor emprega atualmente 2,7 milhões de pessoas ao longo de toda a sua cadeia produtiva, bem como é responsável por cerca de 1,6 % do PIB e corresponde a 14 % da indústria de transformação nacional (CERVBRASIL, 2020). Segundo relatório do Barth Report o Brasil ocupa a terceira posição entre os maiores países produtores de cerveja do mundo. Dados mais recentes do relatório apontam que em 2019 o Brasil produziu cerca de 144,772 mil hectolitros de cerveja, atrás apenas da China com 376,530 mil hectolitros e Estados Unidos com 210,884 no mesmo ano (BARTH REPORT, 2020).

Com um mercado tão robusto, várias iniciativas são fomentadas pelas universidades, cervejarias, institutos de pesquisas e por agricultores visando melhorar a qualidade dos produtos e reduzir os custos de produção. A indústria brasileira de cerveja é formada por mais de 50 complexos fabris de tecnologia de produção mundial. Investimentos são empregados nesse sentido para aumentar a competitividade dessas empresas. Conforme aponta o Panorama Setorial do BNDES o mercado de bebidas sinalizou a previsão da necessidade de mais de 4,2 bilhões em 2019 para recompor a depreciação de seu estoque de capital imobilizado (BNDES, 2017). A título de exemplo, a ABInbev em 2020 no Brasil, investiu em tecnologia, automatização e na transformação da indústria 4.0 cerca de R\$ 750 milhões na sua primeira unidade produtora de latas (FORBES, 2020).

Com todos estes investimentos e a necessidade de se manter no mercado é evidente que utilizar um sistema de gestão que prometa eliminar perdas, mantendo a qualidade e segurança dos seus produtos e processos é essencial para a sobrevivência e destaque das indústrias do mercado cervejeiro. A TPM constitui-se como uma das metodologias mais promissoras neste sentido.

Com base nesse contexto o objetivo do presente trabalho foi um panorama da manutenção produtiva total na indústria cervejeira por meio de uma revisão de literatura.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo do presente trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica detalhada sobre a metodologia de Manutenção Produtiva Total (TPM) e um panorama sobre sua aplicação na indústria cervejeira.

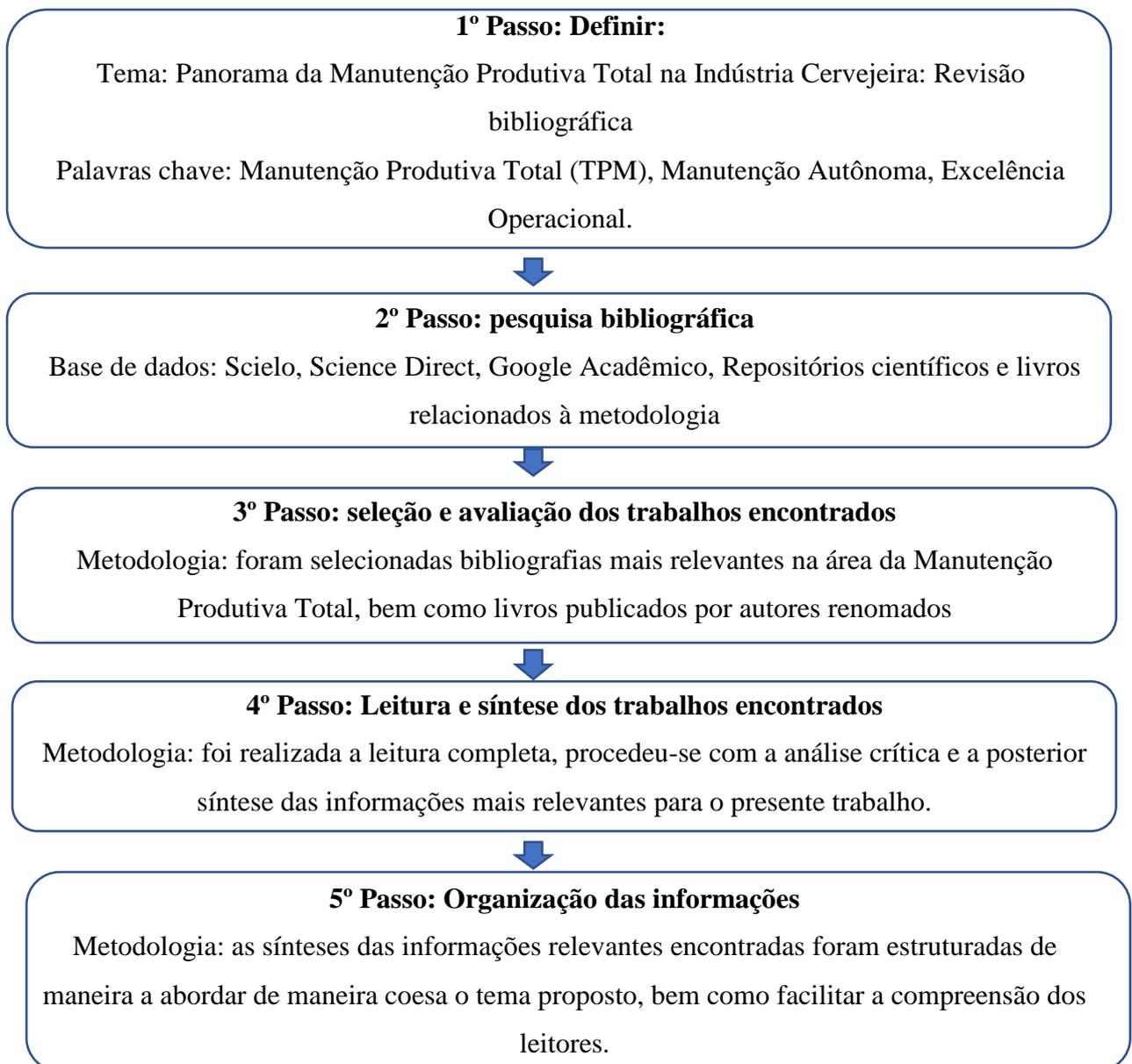
2.2 Objetivos Específicos

- Abordar os conceitos atrelados à metodologia TPM
- Discorrer sobre os passos para a sua implementação
- Levantar as vantagens e barreiras associadas à sua implementação
- Discorrer sobre o panorama atual da TPM na indústria cervejeira.

3. METODOLOGIA

A pesquisa desenvolvida consistiu em realizar um estudo bibliográfico sobre a Manutenção Produtiva Total (TPM), uma metodologia gerencial que tem sido adotada por muitas indústrias de alimentos que produzem um grande volume de produtos, como é o caso das cervejarias. Para realizar o trabalho, foram feitas pesquisas bibliográficas em livros, dissertações, teses, sites de órgãos nacionais, dentre outros materiais de fontes científicas confiáveis. Após as consultas, leituras e entendimento acerca do assunto, redigiu-se o presente trabalho, buscando explicar o tema de forma clara e eficaz. A Figura 1 apresenta as etapas seguidas para a execução do trabalho.

Figura 1 - Passos para realização da revisão da literatura



Fonte: Do autor (2020).

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Cerveja

A cerveja é uma bebida alcoólica amplamente consumida no mundo todo. O consumo per capita de cerveja alcançou a marca de 22,6 L em 2020. O Brasil ocupa 17º lugar no ranking dos países que mais consomem cerveja (STATISTA, 2020).

Em relação à sua regulamentação, o Decreto nº 9.902 de 2019 alterou o artigo 36 do Anexo ao Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009 que regulamentava a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994 a qual estabelece sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. A partir de 2019, o artigo 36 desse anexo traz a seguinte definição de cerveja:

Cerveja é a bebida resultante da fermentação, a partir da levedura cervejeira, do mosto de cevada malteada ou de extrato de malte, submetido previamente a um processo de cocção adicionado de lúpulo ou extrato de lúpulo, hipótese em que uma parte da cevada malteada ou do extrato de malte poderá ser substituída parcialmente por adjunto cervejeiro. (BRASIL, 2019)

Essa alteração foi tomada para simplificar a definição da cerveja, tornando as nomenclaturas mais claras ao consumidor. Além disso, dentre as alterações mais relevantes, o artigo 36 regulamenta a adição de ingrediente de origem animal, de coadjuvante de tecnologia e de aditivos a serem regulamentados em atos específicos (BRASIL, 2019).

O processamento industrial de cerveja pode ser resumido nas seguintes operações essenciais: moagem do malte, mosturação, filtração, fervura, clarificação, fermentação, maturação, carbonatação e envase. Nessa sequência de etapas estão envolvidas diversas reações químicas e bioquímicas, que necessitam de um monitoramento constante das condições de temperatura, tempo e pH, por exemplo (MORADO, 2009). O processo produtivo é dinâmico e, portanto, as etapas serão modificadas de acordo com as características organolépticas desejadas e o estilo de cerveja a ser obtido.

4.2 Tendências do mercado cervejeiro no Brasil e no mundo

Dados mais recentes do *Barth the Report* (2020), relatório utilizado como referência sobre a evolução da indústria cervejeira apontam que, em 2019, o volume mundial de cerveja produzida foi de aproximadamente 1,913 bilhões de hectolitros. Este valor representa uma queda de 2 % quando comparado ao ano anterior. Isso se deve principalmente à redução de 4,7 milhões de hectolitros da China. Apesar dessa queda, dos 171 países avaliados, 66 reportaram crescimento e somente 39 reportaram declínio no volume de produção de cerveja (BARTH-HASS, 2020).

A Ásia é o continente com maior participação no volume mundial de cerveja produzida, seguida pela América (norte e sul) e Europa (União Europeia e demais), conforme descrito na Tabela 1. Quando comparado o crescimento entre os volumes de produção, a América do Sul, seguida Ásia e América do Norte apresentaram os maiores crescimentos, sendo 1,6 %, 1,1 % e 0,2 %, respectivamente. Por outro lado, o continente Africano e Europa tiveram as reduções mais significativas de -0,6 % e - 0,3 % respectivamente (BARTH-HASS, 2020).

Tabela 1 - Distribuição do volume mundial de cerveja produzido

Continentes	Volume (1.000 hL)		¹ Δ %
	2018	2019	
Ásia	604.916	611.740	+ 1,1
Américas (Norte e Sul)	605.013	609.265	+ 0,7
Europa	523.092	530.867	- 0,2
África	141.337	140.551	- 0,6
Austrália/Oceania	20.553	20.577	+ 0,1

Fonte: adaptado de Barth-Hass (2020).

Quatro países, China, Estados Unidos, Brasil e México lideram o ranking de maiores produtores de cerveja e juntos eles representam a aproximadamente metade do volume produzido em todo o mundo. A Tabela 2 mostra os valores produzidos por esses países em 2019.

Tabela 2 - Ranking de países com maior volume de produção de cerveja

Países	Volume (1.000 hL)
China	377.000
Estados Unidos	211.000
Brasil	145.000
México	124.000

Fonte: adaptado de Barth-Hass (2020).

¹ Δ%: variação percentual

Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria da Cerveja (CERVBRASIL) relatados em 2019 a indústria cervejeira foi responsável por 1,6 % do PIB do país, com faturamento de R\$ 107 bilhões. Também foi responsável por gerar em torno de 2,7 milhões de empregos por ano, recolher cerca de R\$ 21 bilhões de tributos e pagar cerca de R\$ 21 bilhões anuais em salários aos seus colaboradores.

Dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), apontam um crescimento significativo da atividade cervejeira no país. Em 2020 o Brasil alcançou a marca de 1.209 cervejarias registradas em 26 estados e somente o Acre não possui cervejarias registradas. A taxa média de crescimento é de 19,6 % considerando o período de 1999 a 2019. Se comparado a taxa de crescimento nos últimos 5 anos, percebe-se que o número de cervejarias registradas aumentou em 36,4 % (MAPA, 2020).

Estes dados reiteram a relação direta entre a indústria cervejeira e o desenvolvimento econômico e social do Brasil e do mundo. Desta forma, pensar em metodologias que suportem o crescimento desse setor, expansão de plantas, desenvolvimento de máquinas cada vez mais tecnológicas e exigências de performance, qualidade e segurança e baixo custo, faz-se necessário para manter a competitividade do setor. Nas próximas seções, serão abordadas metodologias centradas na manutenção que possuem potencial significativo para contribuir nesse sentido.

4.3 Conceito de Manutenção

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) por meio da NBR 5462, definiu de forma mais abrangente e conceituou a manutenção como a “combinação de todas as 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” (ABNT, 1994, p. 6).

Segundo a Associação Francesa de normalização (AFNOR) através da norma FDX 60-000 (2002), a manutenção pode ser definida como o conjunto de todos os aspectos técnicos, administrativos e gestão durante o ciclo de vida de um ativo, para manter ou restabelecer um sistema em seu estado de funcionamento (AFNOR, 2002).

A manutenção, segundo Tavares (1999), engloba ações e recursos necessários para que os equipamentos mantenham-se em sua condição básica de funcionamento, exercendo desempenho original aquele concebido na fase do projeto.

Apesar da diversidade de conceitos de manutenção, os termos manter, restaurar, produtividade e qualidade sempre estão presentes. Pensando nisto e devido ao advento da economia globalizada, observa-se um aumento na demanda por produtos e sistemas de melhor desempenho a custos competitivos e a necessidade constante de se repensar as metodologias disponíveis para o gerenciamento da manutenção.

4.4 Histórico da Manutenção

O conceito de manutenção tem origem no vocabulário militar e se referia a manter os recursos das unidades de combate a um nível constante (MOCHY, 1989).

Atividades simples de manutenção atreladas à conservação de ferramentas e equipamentos estiveram presentes desde os primórdios da civilização. Porém, foi somente com o advento das máquinas a vapor, pela indústria têxtil, que a função manutenção definitivamente emergiu. Nessas fábricas, o próprio operador era responsável pela manutenção dos equipamentos e para isto era treinado pelo idealizador do projeto do maquinário e este somente intervia em atividades mais complexas (WYREBSKI, 1997).

Segundo Kardec e Nascif (2010) devido à conjuntura econômica da época a questão da produtividade não era prioritária, portanto, não se fazia necessária uma manutenção mais sistematizada, apenas serviços básicos de limpeza, lubrificação e reparos após a quebra, por isto a manutenção nesta época era fundamentalmente corretiva não planejada.

Após Segunda Guerra Mundial, devido à situação de precarização de alimentos e demais produtos e à diminuição significativa de mão de obra industrial, o aumento da mecanização e da complexidade das instalações industriais surgiu como alternativa para aumento da produtividade. Para isto, tornou-se necessário maior disponibilidade e confiabilidade, ou seja, aumentou a dependência do bom funcionamento das máquinas. Assim surgiu o conceito de manutenção preventiva. Como consequência, os custos de manutenção e o capital investido em itens físicos se elevaram, fazendo-se necessário integrar sistemas de planejamento e controle à manutenção para reduzir tais custos e aumentar a vida útil dos maquinários (KARDEC e NASCIF, 2010).

A partir da década de 70, a paralisação da produção tornou-se ainda mais significativa, dada a tendência mundial de se utilizar sistemas *just-in-time*, os quais os estoques eram reduzidos e a paralisação da produção/entrega em andamento, além de custos altos, poderia significar o fechamento das fábricas. Além disto, com o crescimento da automação e

mecanização as falhas ficaram mais frequentes e ameaçavam a manutenção dos padrões de segurança, qualidade e meio ambiente, exigências que aumentaram rapidamente naquela época. Com isto, as indústrias perceberam que a confiabilidade e disponibilidade deviam ter maior atenção. O avanço da informática permitiu o desenvolvimento de *softwares* para o planejamento, controle e acompanhamento dos serviços de manutenção. Assim, a Manutenção Preventiva passou a ser mais reforçada e utilizada (KARDEC e NASCIF, 2010).

Objetivando cada vez menos intervenções na planta e conseqüentemente em sua produtividade, as práticas de manutenção preditiva e monitoramento das condições básicas de equipamento e processo tornaram-se cada vez mais utilizadas. Como consequência buscava-se reduzir práticas de manutenção corretiva não planejada, preventiva ou programada, uma vez que estas dependiam da paralização da produção (KARDEC e NASCIF, 2010).

A figura 2 é um resumo acerca da evolução da manutenção, dividida em quatro gerações.

Figura 2 - Evolução da Manutenção

	Primeira Geração	Segunda Geração	Terceira Geração	Quarta Geração
Ano	<p>1940 1950 1960 1970 1980 1990 2000 2010</p>			
Aumento das expectativas em relação à manutenção	<ul style="list-style-type: none"> • Conserto após falha 	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidade Crescente • Maior vida útil do equipamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior confiabilidade • Maior disponibilidade • Melhor relação custo-benefício • Preservação do meio ambiente 	<ul style="list-style-type: none"> • Maior confiabilidade • Maior disponibilidade • Preservação do meio ambiente • Segurança • Influir nos resultados do negócio • Gerenciar os ativos
Visão quanto à falha do equipamento	<ul style="list-style-type: none"> • Todos os equipamentos se desgastam com a idade e, por isso, falham 	<ul style="list-style-type: none"> • Todos os equipamentos se comportam de acordo com a curva da banheira 	<ul style="list-style-type: none"> • Existência de 6 padrões de falhas (Nowlan & Heap e Moubray) 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir drasticamente falhas prematuras dos padrões (Nowlan & Heap e Moubray)
Mudança nas técnicas de manutenção	<ul style="list-style-type: none"> • Habilidades voltadas para o reparo 	<ul style="list-style-type: none"> • Planejamento manual de manutenção • Computadores grandes e lentos • Manutenção preventiva (por tempos) 	<ul style="list-style-type: none"> • Monitoramento da condição • Manutenção Preditiva • Análise de riscos • Computadores pequenos e rápidos • Softwares potentes • Grupos de trabalho multidisciplinares • Projetos voltados para a confiabilidade • Contratação por mão de obra e serviços 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da manutenção preditiva e monitoramento da condição • Minimização nas manutenções preventivas e corretivas não planejadas • Análise de falhas • Técnicas de confiabilidade • Manutenibilidade • Engenharia de manutenção • Projetos voltados para confiabilidade, manutenibilidade e custo do ciclo de vida • Contratação por resultados

Fonte: Adaptado de Kardec & Nascif (2010).

4.5 Indústria 4.0

Diversas revoluções têm acontecido ao longo da história à medida que novas tecnologias e maneiras de perceber o mundo provocam mudanças profundas nos sistemas econômicos e estruturas sociais.

Aponta-se que a primeira revolução industrial aconteceu entre os anos 1760 e 1840, causada pela construção das ferrovias e advento de máquinas a vapor, inaugurou a produção mecânica. A segunda revolução industrial, iniciou-se ao final do século XIX e finalizou-se no início do século XX. Ela possibilitou a produção em massa devido ao advento da eletricidade e linhas de montagem. A terceira revolução industrial iniciou-se na década de 60 e é atualmente chamada de revolução digital e computação devido a criação de semicondutores, computação e internet (década de 90) (SCHWAB, 2016).

Acredita-se que estaríamos no início da quarta revolução industrial ou Indústria 4.0. Esta é marcada pela revolução digital, através de máquinas e sistemas inteligentes e conectados, bem como avanços em diversas áreas ocorrendo simultaneamente, em velocidades nunca vistas anteriormente (SCHWAB, 2016). Tais sistemas inteligentes e integrados favorecem monitoramento dos processos físicos e os recriam num ambiente virtual para tomada de decisões (TELES, 2018).

As organizações que caminharem em conjunto com a indústria 4.0 serão capazes de flexibilizar ainda mais a produção, reduzir retrabalho, melhorando os processos produtivos, a engenharia de produtos, cadeia de suprimentos e no gerenciamento do ciclo de vida, tornando-se mais competitivas (KAGERMANN, WAHLSTER e HELBIG, 2013).

Por isto, a implementação de metodologias/filosofias que possibilitem a máxima eficiência perante a essas transformações deve ser levada em consideração. Existe uma variedade significativa de metodologias, cada organização deve escolher a que melhor se adapta à sua realidade.

4.6 Tipos de Manutenção

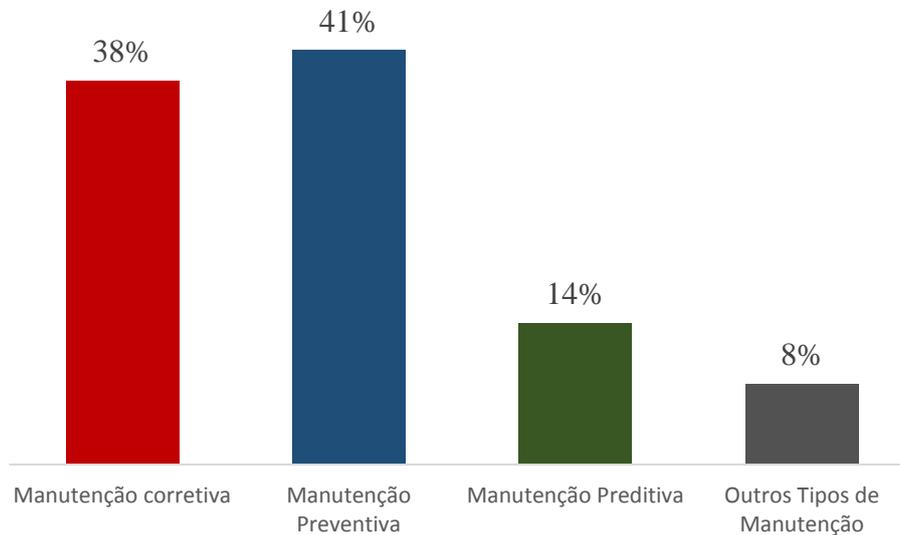
Os tipos de manutenção são classificados de acordo com o método de intervenção no sistema produtivo, ou seja, se devem agir antecipadamente à falha, posteriormente ou se de forma a monitorá-la (GAIO, 2016).

Para Kardec e Nascif (2010) os principais tipos são a Manutenção Corretiva Não Planejada, Manutenção Corretiva Planejada, Manutenção Preventiva, Manutenção Preditiva, Manutenção Detectiva e Engenharia da Manutenção. Esses tipos serão abordados nos próximos itens.

A Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos (ABRAMAN) lança de dois em dois anos o Documento Nacional que apresenta dados sobre a situação da

Manutenção no Brasil. A Figura 3 apresenta a distribuição do tipo de manutenção utilizado pelas indústrias brasileiras em 2017.

Figura 3 - Tipos de manutenção utilizados pelas indústrias brasileiras



Fonte: adaptado de ABRAMAN (2017).

A alta utilização da Manutenção Corretiva pelas indústrias brasileiras explicam o alto custo de manutenção das empresas e baixa competitividade no país (ABRAMAN, 2017).

4.6.1 Manutenção Corretiva

Dhillon (2006) descreve a manutenção corretiva como toda ação de reparo, decorrente de falha ou defeito, para reestabelecer a condição de funcionamento de um sistema. Neste tipo de manutenção, poucos esforços são destinados para reestabelecer a condição básica do equipamento, ao invés disto, o foco é reestabelecer a condição de funcionamento apenas. Normalmente é uma ação de manutenção não planejada e que deve ser substituída, por trabalho previamente agendado, ou seja, pela manutenção planejada.

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

Por outro lado, Kardec e Nascif (2010) a definem como a atividade de corrigir uma falha ou desempenho menor do que o esperado. Os autores ainda afirmam que a manutenção corretiva não é, necessariamente, a manutenção de emergência como se costuma pensar

usualmente, haja vista que a ação principal desse tipo de manutenção é corrigir ou restaurar uma condição básica de funcionamento do equipamento ou sistema.

Mesmo que a empresa opte pela manutenção corretiva é de vital importância analisar a causa raiz das falhas a fim de se erradicar os problemas (XENOS, 1998). Deste modo, além de garantir a não recorrência dessas falhas, podemos minimizar os efeitos das falhas, de modo que problemas esporádicos não se tornem problemas crônicos.

Em relação ao aspecto de planejamento, esse tipo de manutenção pode ser dividido em duas classes a primeira é a manutenção corretiva não planejada e a segunda é a manutenção corretiva planejada.

A manutenção corretiva não planejada é a correção de maneira aleatória, de acordo com Kardec e Nascif (2010). Em outras palavras, pode-se definir como a manutenção que ocorre após a ocorrência da falha sem acompanhamento ou planejamento. Normalmente acarretam custos elevados, uma vez que esse tipo de manutenção pode demandar interrupção da produção, perda de qualidade de produto, baixa confiabilidade de produção e danos irreversíveis em equipamentos (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2009).

Em contrapartida a manutenção corretiva planejada é utilizada para corrigir o desempenho a níveis esperados ou correção da falha por decisão gerencial (XENOS, 1998). A sua principal característica, segundo Kardec e Nascif (2010), é a capacidade de fornecer informações em um nível de qualidade que agrega para o acompanhamento do equipamento. Além disso, este tipo de manutenção comparado à não planejada, permite, ajustar as necessidades de manutenção de acordo com os interesses da produção, melhor planejamento dos serviços, garantir a disponibilidade de equipamentos, itens em estoque, ferramentas e, conseqüentemente, custos menores.

4.6.3 Manutenção Preventiva

Para Mochy (1989, p. 31), a “manutenção preventiva é realizada em intervalos pré-determinados ou de acordo com critérios prescritos e destinada a reduzir a probabilidade de falhas ou degradação do funcionamento de um ativo.”

A NBR 5462 (ABNT, 1994) define esse tipo de manutenção 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.”

Viana (1991) define a manutenção preventiva como uma filosofia que adota uma série de procedimentos, ações e políticas para evitar ou reduzir a utilização da manutenção corretiva, visando aumentar a qualidade do serviço de manutenção.

O custo da manutenção preventiva comparado com a corretiva é mais cara, pois necessita que peças sejam trocadas antes do fim da sua vida útil. Em contrapartida a disponibilidade de equipamentos aumenta e o número de interrupções da produção é minimizada. Em muitos casos o custo total desse tipo de manutenção pode ser mais barato que a corretiva, pois pode-se controlar de maneira mais eficiente a indisponibilidade dos equipamentos (XENOS, 1998).

4.6.4 Manutenção Preditiva

Segundo a Norma Técnica de Confiabilidade e Manutenibilidade, manutenção preditiva é:

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 NBR 5462 (ABNT, 1994, p. 7)

O controle preditivo de manutenção pode ser definido como o momento ideal para realizar a manutenção preventiva, em outras palavras, é o ponto a partir do qual a probabilidade de ocorrência da falha se torna fora do ideal (TAVARES, 1996).

4.6.5 Manutenção Detectiva

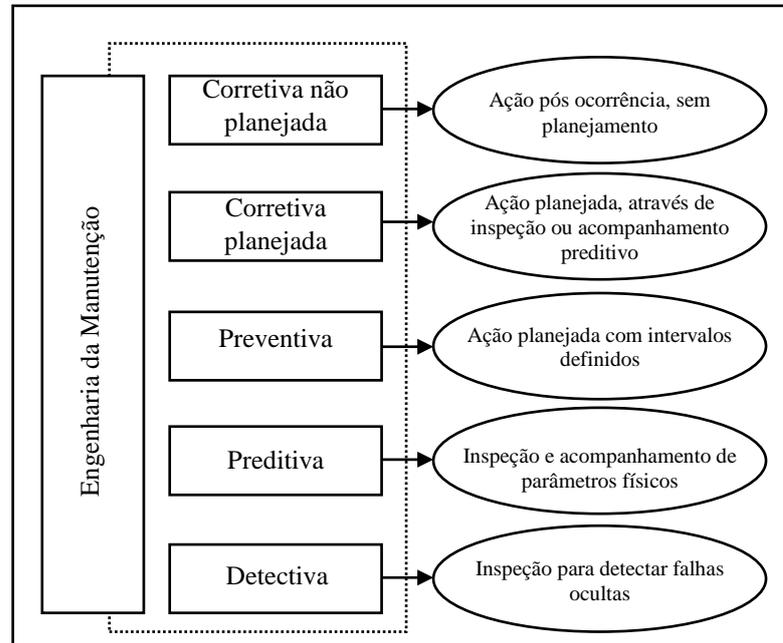
Kardec e Nascif (2009) conceituam a manutenção detectiva como a atuação realizada em sistemas de comando e controle, visando detectar falhas que não são óbvias e, portanto, não perceptíveis ao pessoal da operação e manutenção. Ainda segundo os autores, uma característica importante desse tipo de manutenção é que especialistas fazem a verificação no sistema, sem tirá-lo de operação.

4.6.6 Engenharia de Manutenção

Para Kardec e Nascif (2010, p.50) a engenharia de manutenção é um suporte técnico da manutenção que tem por objetivo consolidar rotinas e implantar melhorias. Para esta finalidade, é necessário antes de tudo, uma mudança cultural. Para os autores, esse suporte deve “perseguir *benchmarks*, aplicar técnicas modernas e estar nivelado com a manutenção do Primeiro Mundo”.

A Figura 4 apresenta uma síntese entre as especificidades de cada tipo de manutenção, bem como as suas diferenças.

Figura 4 - Síntese dos tipos de manutenção



Fone: adaptado de KARDEC e NASCIF (2010).

4.7 Manutenção Produtiva Total (TPM)

A TPM foi primeiramente introduzida e completamente implementada em 1971 por uma companhia japonesa, a Nippon Denso Ltda. No mesmo ano, receberam o prêmio *PM Excellent Plant Award* pelas suas iniciativas (JIPM, 2015). Seus conceitos foram trazidos para o Brasil somente em 1986.

Para Jostes e Helms (1994, p. 1), a manutenção produtiva total, é uma relação sinérgica entre todas as funções organizacionais, principalmente entre produção e manutenção voltados para o melhoramento contínuo da qualidade do produto, eficiência operacional e de segurança. Para os autores, a essência do TPM é a participação dos operadores nos esforços de manutenção preventiva. Para isto, devem trabalhar em conjunto com a manutenção nos postos de trabalho e atuar no processo de melhoria do grupo de atividades (manutenção autônoma).

Nakajima (1984) define a TPM em um contexto amplo, envolvendo os cinco elementos a seguir: (I) estabelecer uma cultura que irá maximizar a efetividade do sistema de produção; (II) estabelecer um sistema de manutenção da produtividade (PM) baseada em toda vida útil dos equipamentos; (III) é implementado por vários departamentos (engenharia,

operação, manutenção); (IV) envolve a participação de todos os colaboradores (da alta gerência até à operação); (V) objetiva zero perdas através de pequenos grupos de atividades (manutenção autônoma).

Ainda segundo o mesmo autor, a palavra “total” na sigla possui três significados que descrevem os principais aspectos da TPM, são eles: (I) eficiência global, indicando a busca pela eficiência econômica e rentabilidade; (II) sistema de manutenção global, ou seja, estabelece um plano de manutenção por toda vida útil do equipamento e inclui a manutenção preventiva; (III) participação global de todos os colaboradores através da manutenção autônoma dos operadores por meio dos pequenos grupos de atividades. Este conceito é exclusivo da TPM.

Uma das principais características que diferencia a TPM dos demais movimentos tradicionais de manutenção, é o fato de a TPM incluir a manutenção autônoma por parte dos operadores através destes pequenos grupos de atividades (KARDEC e NASCIF, 2010; NAKAJIMA, 1984). Ta fato pode ser verificado na Figura 5

Figura 5 - Características que diferenciam o TPM dos movimentos tradicionais de manutenção

Características	Manutenção Autônoma pela operação	Sistema Total (MP – Manutenção preventiva) PM – Prevenção da Manutenção MM – Manutenção com melhorias	Busca por economia
Movimentos de manutenção			
TPM	●	●	●
Manutenção do Sistema de Produção		●	●
Manutenção Preventiva			●

Fonte: adaptado de Nascif e Kardec (2010).

O TPM visa eliminar qualquer tipo de perda envolvida em toda a cadeia de produção. Segundo Kardec e Nascif (2010) essas perdas, na visão do TPM, podem ser representadas em 6 grandes perdas, listadas a seguir:

- Perdas por quebras: são as quebras que contribuem majoritariamente na queda do desempenho dos equipamentos;

- Perdas por Setup (mudança de configuração): quando são realizadas interrupções necessárias para o preparo de máquinas, regulagem e ajustes de parâmetros necessários para iniciar um novo produto;
- Perdas por operação em vazio e pequenas paradas: são interrupções momentâneas, causadas por problemas na produção ou equipamentos. Normalmente necessitam de uma intervenção rápida da operação para reestabelecer o processo;
- Perdas por queda de velocidade de produção: provocadas por condições fora do ideal que obriga os equipamentos trabalharem em velocidades reduzidas, ocasionando perdas;
- Perdas por produtos defeituosos: associadas a retrabalho ou descarte de produtos defeituosos. Deve-se considerar qualquer o que foi feito além do programado;
- Perdas por queda no rendimento: ocasionados devido a não utilização da capacidade nominal das máquinas ou sistemas, causados por problemas operacionais.

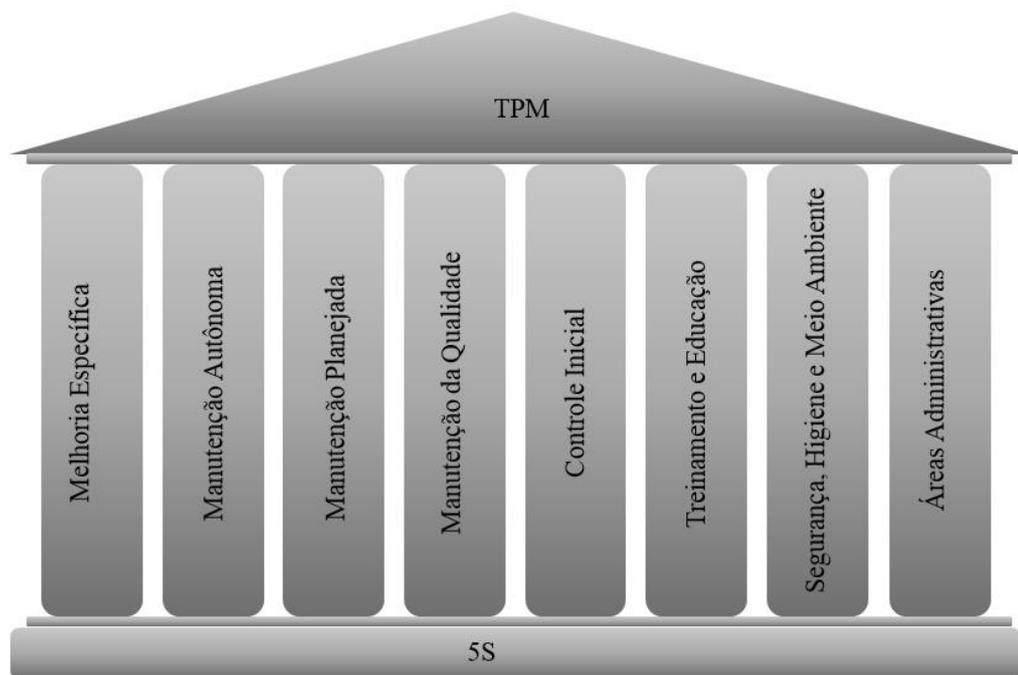
Segundo Levitt (2010, p. 64), a TPM “auxilia a operação abrir suas mentes para todos os aspectos em que os equipamentos trabalham”. Em outras palavras, o TPM desenvolve o senso de propriedade da máquina, fazendo a operação tornar-se parte do processo, trabalhando na solução dos problemas e compreendendo cada vez mais o princípio de funcionamento das máquinas. Deste modo, conseqüentemente, reestabelecer a condição básica dos equipamentos e processos se torna mais trivial. Os pequenos grupos de atividades (manutenção autônoma) rotineiras como limpeza, inspeção, lubrificação, reaperto, ajustes, dentre outras atividades contribuem muito neste sentido.

Em suma, zero defeitos, zero acidentes e zero quebras são os três objetivos chave do TPM (NAKAJIMA, 1984). Segundo Labib (1999) o principal objetivo do programa de TPM é fazer com que a manutenção, colaboradores especialistas e da produção trabalhem em conjunto. Envolvimento total dos colaboradores, manutenção autônoma pelos operadores, manutenibilidade, produtividade e melhoria contínua (Kaizen) são os princípios do TPM. Geralmente o programa de TPM expande a responsabilidade para os colaboradores da produção de operar as máquinas, detectando falhas funcionais, atuando em atividades básicas de manutenção e mantendo a área de trabalho limpa e organizada (JAIN, BHATTI e SINGH, 2014).

4.7.1 Os pilares da TPM

Para construir uma companhia voltada para maximizar a efetividade de produção é necessário estabelecer e implementar atividades que contribuam para alcançar os objetivos da TPM de forma eficaz e eficiente (SUZUKI, 1994). Com objetivo de eliminar as seis grandes perdas do equipamento, as empresas implementam os oito pilares de sustentação do desenvolvimento do TPM (JIPM, 2015). Ainda que as empresas possam escolher diferentes pilares, os mais comuns são os representados na Figura 6.

Figura 6 - Pilares da TPM



Fonte: adaptado de Kardec e Nascif (2010).

4.7.1.1 Melhoria Específica

Este pilar objetiva a sistemática identificação e eliminação das perdas (AHUJA e KHAMBA, 2008). Nas palavras de Suzuki (1994) “inclui todas as atividades que maximizam a eficácia global do equipamento, processos e plantas através de uma inexorável eliminação de perdas e melhoria de desempenho”.

As atividades do pilar devem ser desenvolvidas por uma equipe multidisciplinar composta por engenheiros, profissionais de manutenção, operadores de produção e pessoal

especializado, guiada por uma metodologia planejada e monitorada. Esta sistematização é o que constitui a diferença entre melhoria específica e as atividades rotineiras de melhoria contínua. As atividades do pilar melhoria específica devem seguir os passos: (I) selecionar um tópico; (II) entender a situação; (III) identificar e erradicar as anomalias; (IV) Analisar as causas (V) planejar melhoria; (VI) implementar melhoria; (VII) verificar resultados; (VIII) consolidar ganhos (SUZUKI, 1994).

Dentre as principais ferramentas analíticas utilizadas na melhoria específica, estão: análise SWOT (Anexo 1); Brainstorming (Anexo 2); Diagrama de Pareto (Anexo 3); Diagrama Ishikawa (Anexo 4); Análise do modo de falha e efeito (FMEA) (Anexo 5); Análise dos 5 porquês (Anexo 6); 5W2H (Anexo 7); Ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act) (Anexo 8) (SLACK, CHAMBERS e JOHNSTON, 2009; SUZUKI, 1994).

4.7.1.2 Manutenção Autônoma (MA)

Para Kardec e Ribeiro (2002), manutenção autônoma significa desenvolver o senso de propriedade (*ownership*) nos operadores para que estes possam zelar pelos equipamentos, além da habilidade de inspecionar e detectar anomalias. O ponto chave segundo os autores é sensibilizar o operador, utilizando o equipamento como meio para mudar a sua forma de pensar e agir, trazendo melhorias para sua rotina e para seu desenvolvimento profissional.

O Pilar Manutenção Autônoma ou do Japonês “*Jishu-Hozen*” é um conceito que surgiu com a finalidade de promover uma mudança no escopo de responsabilidades entre operação e manutenção. Este escopo era dividido em equipe operacional, o qual era esperado apenas produzir e equipe de manutenção, a qual era responsável pelos reparos. Porém com o rápido avanço e sofisticação dos equipamentos, esta estrutura precisou ser revista e assim surgiu a Manutenção Autônoma, na qual cada operador de produção realiza atividades diárias de inspeção, lubrificação, troca de peças, reparos, *troubleshooting*, checagens precisas dentre outras atividades em seu próprio equipamento, afim de manter seu próprio equipamento em boas condições para si mesmo (JIPM, 2015).

Esta mudança foi baseada em 3 premissas segundo o Instituto Japonês de Manutenção de Plantas (JIPM):

- 1) se todos que estão engajados com o equipamento podem mudar seus conceitos básicos e comportamentos, as paradas ou deterioração funcional dos equipamentos podem ser prevenidas e, assim, zero falhas e defeitos podem ser alcançados.

- 2) se o equipamento é alterado, os operadores irão mudar. Se os operadores mudarem, o campo de atuação pode ser alterado.
- 3) A autorrealização deve ser realizada através do emprego de um sistema passo a passo para promover positivamente o desenvolvimento, com todos os trabalhadores participando das atividades da organização - pequeno grupo de atividades (JIPM, 2015, p. 136)

Na visão de Venkatesh (2003) com a operação hábil a executar pequenas tarefas de manutenção, a equipe de manutenção pode dedicar mais tempo em tarefas que agregam valor (VA) e reparos mais complexos.

Suzuki (1992) avalia o pilar de Manutenção Autônoma como um dos mais importantes para a construção e sustentação do programa de TPM. Kardec e Nascif (2010) reforçam que este pilar contribui na conscientização da filosofia de TPM, afinal o operador possui o autogerenciamento e controle, liberdade de ação, elaboração e cumprimento de padrões.

Alinhado à terceira premissa utilizada para desenvolver as atividades do pilar Manutenção Autônoma, Nakajima (1984) define os 7 passos para a consolidação do pilar. De acordo com JIPM (2015), o desenvolvimento dos 7 passos consiste em 3 estágios de amadurecimento da operação:

- 1) Primeiro estágio: visa prover as condições básicas do equipamento e estabelecer um sistema para manter estas condições entre os passos 1 a 3. O foco principal é limpeza e inspeção;
- 2) Segundo estágio: consiste nos passos 4 e 5, os quais as atividades evoluem, de prevenção da deterioração para mensuração desta deterioração, possibilitada pelas habilidades de inspeção desenvolvidas pela operação nos passos anteriores. Nesse estágio a operação passa a restaurar a condição básica e propor melhorias prevenindo a deterioração;
- 3) Terceiro estágio: são os passos 6 e 7. Busca-se a padronização e conclusão da gestão autônoma. O nível de amadurecimento da operação deve demonstrar o espírito de alcançar metas, consciência de custo de manutenção e outros, além de apresentar domínio de habilidades de manutenção como menores reparos em equipamentos.

Também orienta a aplicação de um passo preliminar: o Passo 0, que deve ser implementado antes da aplicação dos 7 passos.

Passo 0 – Preparação preliminar

Capabilities (2009) descreve o “Passo 0” como sendo uma análise crítica do funcionamento do equipamento e dos riscos presentes nas atividades de limpeza. De acordo com o JIPM (2015), por meio desta preparação preliminar o efeito causado pela deterioração forçada, bem como a necessidade da manutenção autônoma se tornam claras.

No “passo 0” é definido a “linha piloto”, ou seja, a linha a qual as atividades serão testadas e após comprovada sua efetividade, o padrão será criado e expandido horizontalmente (SANTOS, 2018). De acordo com Nakajima (1984), também deve ser criado um “Time de MA” que será responsável por planejar e executar as atividades que serão realizadas na linha piloto. O gerenciamento das atividades deve ser realizado através de reuniões semanais para garantir o atingimento de metas *On Time In Full*, ou seja, de maneira integral e no prazo correto.

Durante esta etapa, também será desenvolvida um senso de segurança, através de treinamentos e discussões, bem como a prevenção de possíveis acidentes durante a próxima etapa de limpeza inicial. Para isso, uma listagem com todas as condições inseguras, bem como as suas contramedidas podem ser desenvolvidas. Também devem ser conduzidas discussões acerca de quais motivos a deterioração forçada, falha ou defeito ocorrem e quais perdas estão associada a elas. Outra etapa importante é tornar claro qual o princípio de funcionamento do equipamento, bem como quais impactos o não cumprimento de rotinas básicas pode ocasionar. Outros treinamentos podem ser conduzidos para desenvolver habilidades requeridas, tais como o propósito de limpeza, lubrificação e reaperto (JIPM, 2015).

Passo 1 – Limpeza Inicial

Para Nakajima (1984) as atividades de limpeza é um processo educacional que desenvolve nos operadores o interesse pelos equipamentos. Eles também aprendem que limpar é inspecionar e começam a ganhar habilidades em detectar anomalias.

O objetivo do passo 1 é aumentar a confiabilidade através das premissas: (i) eliminar sujeira, pó e fuligem; (ii) expor todas as anomalias e corrigir defeitos menores; (iii) estabelecer as condições básicas dos equipamentos. Nessa fase, algumas atividades devem ser utilizadas para alcançar este objetivo, as atividades são listadas a seguir:

- a) Fornecer treinamento básico necessário para implementar o passo 1: treinamentos relacionados à segurança, estrutura e princípio de funcionamento de equipamentos, utilizando Lição de um ponto (Anexo 9) (JIPM, 2015);

- b) Mapa visual de perdas: tem como objetivo auxiliar a equipe a visualizar perdas e traçar ações para erradicá-las. A gestão visual possui os indicadores que mais impactam nas perdas da linha, guiando o Pilar MA qual rota deve ser seguida para aumentar a eficiência da linha (BUSSO e MIYAKE, 2013).
- c) Limpeza inicial: estabelecer contramedidas para as causas de fonte de sujeira e locais de difícil acesso para restaurar a condição básica do equipamento e evitar a contaminação do produto através da limpeza e inspeção.
- d) Etiquetagem: utilizadas para expor as anomalias. A vantagem de se utilizar as etiquetas de anomalias (Anexo 10) é que elas mostram quando, onde e por quem a anomalia foi encontrada, bem como a natureza do problema (JUNIOR, 2012). Além disto, as etiquetas retiram as anomalias do domínio individual e possibilita que todos possam ser envolvidos nos círculos de manutenção autônoma. Por este motivo devem ser alocados o mais próximo possível das anomalias (SUZUKI, 1994). As etiquetas diferenciam-se quanto a sua finalidade. Etiquetas vermelhas para anomalias que necessitam de conhecimento mais técnico e azuis para anomalias que podem ser resolvidas pela própria operação (FERREIRA, 2020).
- e) Criar plano de Limpeza e Inspeção provisório: com base nas experiências obtidas pelas atividades de manutenção autônoma, deve-se criar um mapa de limpeza e inspeção provisório, definindo frequência para garantir condições de limpeza iniciais e prevenção contra paradas não planejadas (MORAES, 2004; JIPM, 2015)
- f) Metodologia 5S: derivados de palavras japonesas, iniciadas pela letra “s” definem conceitos fundamentais da organização. Os cinco “s” são definidos conforme definição abaixo (Lapa, 1998):
 1. SEIRI – Senso de utilização, arrumação, organização, seleção;
 2. SEITON – Senso de ordenação, sistematização, classificação;
 3. SEISO – Senso de limpeza, zelo;
 4. SEIKETSU – Senso de asseio, higiene, saúde, integridade; e,
 5. SHITSUKE – Senso de autodisciplina, educação, compromisso.

Passo 2 – Eliminar fontes de sujeira (FS) e locais de difícil acesso (LDA)

Consiste em encontrar contramedidas que eliminam fontes de sujeira e locais de difícil acesso. Após a limpeza inicial, esses tipos de anomalias ficam cada vez mais evidentes (XENOS, 1998).

No passo 1 a operação usa seus sentidos físicos para realizar a limpeza e detectar anomalias. Durante o passo 2 eles usam o raciocínio para elaborar melhorias eficazes e reduzir o tempo de limpeza e inspeção. Em outras palavras, eles tornam-se conscientes da melhoria (SUZUKI, 1994).

Dentre as ferramentas utilizadas nessa etapa, destacam-se:

- a) Eliminação das fontes de sujeira: para Suzuki (1994) para manter a condição básica do equipamento e manter a qualidade do produto, bem como preservar o meio ambiente, deve-se criar contramedidas para controlar vazamentos, derramamentos, pós dispersos, vapores e líquidos corrosivos.
- b) Locais de difícil acesso: ainda que as condições básicas do equipamento e processo sejam mantidas, é possível que o tempo dispendido em atividades de limpeza e inspeção levem muito tempo e esforço para realizá-las. Por este motivo, atividades rotineiras básicas podem ser negligenciadas e, conseqüentemente, haverá um aumento na deterioração forçada. Assim, faz-se necessário melhorar a acessibilidade para otimizar tais atividades, reduzindo o tempo de trabalho (SUZUKI, 1994).
- c) Análise ECRS (Eliminar, Combinar, Reduzir ou simplificar) (Anexo 11): é uma ferramenta utilizada para otimizar a rota das atividades autônomas determinadas pela operação. Neste contexto, consiste em reduzir o tempo de limpeza e inspeção da operação, sempre seguindo a ordem de eliminar, combinar, reduzir ou simplificar as atividades (MATA, 2012). Após identificadas as anomalias relacionadas a fonte de sujeira e locais de difícil acesso, deve-se proceder a análise ECRS afim de erradicar ou conter as FS e LDA.
- d) Gestão visual (Anexo 12): visa facilitar a rotina de manutenção autônoma da operação. Devem ser instalados sobre os equipamentos e indicar as condições de equipamento, quais atividades e sua frequência, bem como outras informações de valor agregado (SANTOS, POWELL e SARSHAR, 2000).
- e) Plano provisório de limpeza e inspeção baseada nas atividades de melhoria realizadas anteriormente.

Passo 3 – Estabelecer padrões de limpeza e inspeção

O objetivo deste passo é sustentar as condições básicas alcançadas nos passos 1 e 2, para prevenir a deterioração dos equipamentos através da manutenção e gerenciamento de limpeza, inspeção, lubrificação. Neste passo, os padrões importantes para manutenção básica dos equipamentos e processos devem ser preparados (JIPM, 2015).

No passo 3, as atividades de lubrificação que eram realizadas pela manutenção anteriormente, serão transferidas para o pilar de manutenção autônoma (MA). Neste passo é construída o plano provisório de lubrificação (WIREMAN, 1998).

Passo 4 – Inspeção geral do equipamento

O objetivo desse passo é desenvolver ainda mais a capacidade da operação em realizar a manutenção autônoma, através do melhor entendimento das estruturas e princípio de funcionamento do seu próprio equipamento, adquirindo conhecimento e habilidades em operar o equipamento e realizando inspeções com propósito e não apenas por obrigação (JIPM, 2015).

A responsabilidade dessa transferência de conhecimento é de responsabilidade dos Pilares de Manutenção Planejada (MP), Educação e Treinamento (ET) e Manutenção Autônoma (MA). Eles devem trabalhar de maneira sinérgica para transmitir aos times de manutenção autônoma o conhecimento de como os componentes das máquinas trabalham, como garantir as condições básicas do equipamento, realizar inspeções e pequenos reparos, bem como eliminar perdas (CAPABILITIES, 2009; BUSSO e MIYAKE, 2013).

Com a aquisição desses conhecimentos e habilidades, o grupo de manutenção autônoma é, agora, capaz de utilizar o mapa de visual de perdas (aplicado no passo 1 para identificar perdas nas máquinas) de maneira mais estratégica, apontando agora o local exato de onde os problemas ocorrem. Isto, pois eles são capazes de identificar os modos de falha associados às anomalias (BUSSO e MIYAKE, 2013; JIPM, 2015).

Os padrões de limpeza, inspeção e lubrificação desenvolvidos nos passos anteriores devem ser reavaliados, para manter o progresso e assegurar que o equipamento continue em condições de base (SUZUKI, 1994).

Passo 5 – Inspeção Autônoma

Ao final do passo 5, o operador deverá estar apto a realizar a inspeção por si só, bem como reparos (WILLMOTT e MCCARTHY, 2001).

Os quatro primeiros passos focam no equipamento para garantir a sua confiabilidade. No entanto, os times de manutenção autônoma atuam em grandes unidades de processo e equipamentos associados. Um ajuste errado ou uma falha pode causar um acidente sério ou produzir uma grande quantidade de produtos não conformes. Assim, o passo 5 tem o propósito de tornar a operação ainda mais engajada aos processos para criar plantas seguras, sem perdas e sem desperdícios. Ou seja, os operadores se tornam competentes no processo,

em habilidades de operação e na inspeção geral do processo, tornando-se de fato ainda mais autônomos (SUZUKI, 1994).

Borris (2005), afirma que a partir desse passo os times de manutenção autônoma irão trabalhar em conjunto com os pilares de Segurança e Qualidade para que sejam aptos a identificar anormalidades e realizar inspeções nas suas rotinas diárias.

Nesta etapa, folhas de verificação são elaboradas para que o operador monitore o equipamento utilizando o conhecimento adquirido nos treinamentos. Não basta apenas conferir uma folha de verificação. Um operador deve ser capaz de detectar um ritmo inadequado ou diferente do equipamento. Assim, o operador passa a vivenciar o lema “da minha máquina cuida eu” (KARDEC e NASCIF, 2010)

Segundo o JPIM (2015), as atividades envolvidas nessa etapa consistem em evidenciar pontos de controle no de qualidade e condições no equipamento, além de checá-los para alcançar zero falhas e zero defeitos. Nessa fase, a implementação dos padrões de limpeza, inspeção, lubrificação e reaperto são revisadas com base nos 4 pontos a seguir:

- a) Rever dados mensurados para prevenir recorrência de antigas falhas, defeitos e erros de inspeções, além de avaliar se algum item de Limpeza, inspeção e lubrificação (LIL) não foi mapeado;
- b) Revisar os padrões de LIL tentando encontrar itens duplicados, reduzir itens combinando atividades e checagens;
- c) Revisar os padrões de LIL para balancear a carga de trabalho. Serão revisados períodos, tempo e rotas;
- d) Revisar os padrões de LIL visando a melhor gestão visual. Perguntas como “Lugares de inspeção podem ser facilmente encontradas? A inspeção pode ser realizada de maneira simples? As anomalias podem ser encontradas facilmente?”;
- e) Implementar métodos específicos para a gestão visual em componentes de máquinas, tubulações, lubrificação, dentre outros (nível avançado).

Todas essas atividades devem ser desenvolvidas em conjunto entre os pilares de Manutenção Autônoma (MA), Manutenção Planejada (MP), Segurança, Saúde e Meio Ambiente (SHE) e Qualidade (QA), para evitar problemas em segurança, qualidade e de performance.

Pode-se observar que o passo visa consolidar as atividades de manutenção autônoma desenvolvidas até então. Por consequência, a confiabilidade do processo será aumentada.

Passo 6 – Sistematização da manutenção autônoma

Ao concluir os passos anteriores a planta atinge as condições básicas do equipamento e estabelece um sistema de padrões para sustentar essas condições. No passo 6, haverá uma padronização para assegurar a manutenção e gerenciamento das atividades desenvolvidas, revisão das responsabilidades e a expansão horizontal das boas práticas para demais áreas relacionadas ao equipamento piloto (SUZUKI, 1994).

Os principais propósitos desse passo é reexaminar as responsabilidades do operador, eficiência e padronização relacionada ao trabalho, além de atividades de melhoria contínua e construção de novos mecanismos para a manutenção e gerenciamento das atividades autônomas (JIPM, 2015).

O amadurecimento da operação com relação aos princípios da manutenção autônoma estará em um nível em que as atividades de melhorias, registros de defeitos, falhas e pequenas paradas são feitas e as contramedidas são realizadas para preveni-las (JIPM, 2015). Ferramentas como Diagrama de Spaghetti (ANEXO 13) e Saturação de mão de obra podem ser conduzidas, por exemplo, visando reduzir as perdas atreladas a movimentação desnecessária, atividades mal distribuídas, dentre outras.

Passo 7 – Manutenção autônoma total

Para Dantas (2016), esse é o passo que irá garantir a continuação do programa de TPM. Assim, deve-se considerar que nesta fase já exista o *ownership* e as ações já são gerenciadas de maneira autônoma (DANTAS, 2016).

O JIPM (2015) considera o passo 7 como a consolidação de um programa de manutenção autônoma desafiador, baseado em atividades que muda o equipamento, as pessoas e traz ganhos através da busca contínua por zero falhas e zero defeito, além da participação cada vez mais ativa de todos.

Para que o programa de manutenção autônoma não entre em colapso, o instituto sugere que as: (I) atividades de manutenção autônoma continuem sendo parte das responsabilidades e papéis da produção; (II) incluir a filosofia de manutenção autônoma na política de gerenciamento para tornar claro que zero defeitos, zero falhas e zero pequenas paradas devem ser alcançadas (III) realizar pequenas apresentações dos ciclos de manutenção autônoma e colocar a operação em contato com a equipe de gerência; (IV) promover encontros periódicos para estudar na prática as atividades de melhoria que erradicam as grandes perdas que influenciam negativamente no indicador de *Overall Equipment Effectiveness* (OEE).

Visando aprimorar a capacidade da produção em realizar atividades de manutenção autônoma, bem como utilizar técnicas analíticas visando eliminar perdas, também orienta estabelecer desafios temáticos.

4.7.1.3 Manutenção Planejada

Para Suzuki (1994, p. 120), “a manutenção planejada é a atividade deliberada, metódica da construção que continuamente melhora tal sistema de manutenção”.

É responsabilidade desse pilar as rotinas de manutenção preventiva planejadas. Este também tem por objetivo a melhoria contínua da disponibilidade, a confiabilidade e a redução de custos (MAROCCO, 2013).

O pilar desenvolve os mantenedores para que possam estabelecer um sistema de manutenção mais efetivo e tornar o pilar de Manutenção Autônoma (MA) parte de um efetivo programa de manutenção, auxiliando na identificação e erradicação das perdas relativas a quebras e falhas, retrabalhos de manutenção, produtos defeituosos e pequenas paradas (RIBEIRO, 2003; SOUZA, 2004).

Suzuki (1994, p. 126) afirma “a cooperação íntima entre o departamento de produção e o departamento de manutenção é o fator mais importante para assegurar que a manutenção planejada se realize eficazmente”.

4.7.1.4 Manutenção da Qualidade

O Pilar de Qualidade (QA) tem como principais objetivos zero defeitos de produtos e zero reclamações de consumidores. O pilar deve atuar junto aos pilares de Manutenção Autônoma (MA) e Manutenção Planejada (MP) a fim de mapear e mitigar os parâmetros da máquina que interferem na qualidade do produto final. Como resultado, o pilar estabelece padrões que garantem produtos dentro das especificações de qualidade necessárias (OSADA & TAKAHASHI, 1993).

Suzuki (1994, p. 200) ainda afirma:

Em ambientes onde a intervenção humana está diminuindo, os objetivos da manutenção da qualidade são de manter e constantemente melhorar a qualidade através de uma manutenção eficaz do equipamento. Isto é cumprido pela identificação dos pontos de verificação das condições do processo e do equipamento que afetam a qualidade, pela mensuração deles periodicamente e pela tomada de atitude adequada.

4.7.1.5 Controle inicial

O pilar Controle Inicial visa criar projetos de equipamentos com interfaces amigáveis, livre de perigos, ergonômicas e que pode ser operacionalizada confidentemente (SUZUKI, 1994).

O pilar de Controle Inicial visa identificar todas as melhorias implantadas pelo Pilar Manutenção Autônoma (MA) nos equipamentos e produtos existentes, visando a aquisição de novos equipamentos e/ou projetos com maior confiabilidade, de fácil manutenção e com o máximo de eficiência (OSADA & TAKAHASHI, 1993).

Este pilar está intimamente alinhado aos objetivos do TPM, pois ambos objetivam o máximo rendimento operacional global (OEE) das máquinas, o que significa minimizar o custo gerado no processo do projeto, implementação, produção e manutenção (DANTAS, 2016).

4.7.1.6 Treinamento e educação

No pilar de Treinamento e educação, as habilidades em fazer o trabalho ou, em inglês, *skills* são divididos em cinco níveis que vão de nível 0 (não tem conhecimento nenhum) ao nível 4 (capaz de ensinar os outros). Assim os operadores movem-se através dos níveis à medida em que são treinados (SUZUKI, 1994). Essa estrutura permite uma priorização no desenvolvimento dessas habilidades e foco para buscar o conhecimento e transmiti-lo ao decorrer dos passos, até que a autonomia dos próprios colaboradores seja alcançada (DUNETZ, 2014)

4.7.1.7 Segurança, Higiene e Meio Ambiente

O pilar de Segurança, Saúde e Meio Ambiente (SHE) objetiva zero acidentes e zero perdas ambientais. Bem como prevenir e eliminar as condições que coloquem em perigo a segurança, higiene e o meio ambiente, preservando a máxima qualidade de vida das pessoas e garantindo a integridade dos ativos industriais (FERREIRA, 2012; DANTAS, 2016).

4.7.1.8 Áreas administrativas

Para Dantas (2016) o objetivo deste pilar é “atuar na eliminação das perdas que tenham suas origens na geração de informações, tendo como objetivo a otimização e eficiência do processo administrativo.” Este pilar se caracteriza pela redução de perdas em processos administrativos, eliminando retrabalhos e atividades que não agregam valor.

4.7.2 Vantagens e Barreiras ao uso

4.7.2.1 Vantagens

As vantagens do TPM podem ser agrupadas em seis grupos de indicadores Produção (P), Qualidade (Q), Custo (C), Entregas (E), Segurança (S), Meio Ambiente (M), como proposto pelo JIPM (2015), a Tabela 3 apresenta os indicadores e seus respectivos resultados benéficos.

Tabela 3 - Vantagens do TPM

Indicador	Resultados	
Produção (P)	(1) Aumento da produtividade laboral (2) Aumento da produtividade de valor agregado (3) Taxa de utilização de equipamento	(4) Aumento da produtividade do equipamento (5) Rendimento do produto aumenta (6) Redução do número de trabalhadores
Qualidade (Q)	(1) Redução da taxa de defeitos de processo (2) Redução de desperdício (3) Redução do custo de retrabalho	(4) Redução de reclamação de mercado (5) Redução do custo de contramedidas para defeitos de qualidade
Custo (C)	(1) Redução de tempo de mão de obra da manutenção (2) Redução de recursos	(3) Redução de custo de manutenção (4) Economia de energia
Entregas (E)	(1) Zero atraso em entregas (2) Melhora na rotatividade de inventário	(3) Redução de estoque de produtos (4) Redução de estoque de componentes para reparos
	(1) Redução do número de acidentes e	

	incidentes	
	(2) Zero incidentes de poluição	(3) Melhorias com relação às normas ambientais
Segurança (S)		
Moral (M)	(1) Número de sugestões de melhoria aumenta	(3) Aumento na frequência de atividades de manutenção autônoma
	(2) Lições de um ponto (LUP) aumentam	(4) Detecção de anomalias aumentam

Fonte: adaptado de JIPM (2015).

Suzuki (1994) ainda lista alguns benefícios intangíveis, tais como: (I) autonomia da operação no cuidado dos seus próprios equipamentos sem direcionamento; (II) estabelecer confiança e atitude própria, afinal os próprios operadores quem estão eliminando paradas e defeitos; (III) transformar locais sujos em limpos, claros e alegres; (IV) transparecer uma melhor imagem da planta a visitantes, mantendo íntegra a imagem da empresa.

4.7.2.2 Barreiras ao uso

Segundo Gonçalves et al. (2001) envolvimento da alta administração é de vital importância para o sucesso de implementação do programa de TPM. Caso não haja esse apoio, o programa acaba não atingindo bons resultados.

O TPM não é uma metodologia de ganhos rápidos, envolve uma mudança cultural e o aprendizado de novas maneiras de fazer as coisas. Portanto leva um considerável período até atingir os resultados esperados (AHUJA & KHAMBA, 2008). Assim, se a empresa está interessada em aplicar alguma metodologia para obter resultados rápidos, certamente o TPM não é o caminho.

Outros fatores com a compreensão incompleta da metodologia/filosofia, a resistência dos colaboradores para mudanças e a suposição de que as atividades de TPM são adicionais ao seu trabalho, constituem-se como entraves para a implementação efetiva do TPM (AHUJA & KHAMBA, 2008).

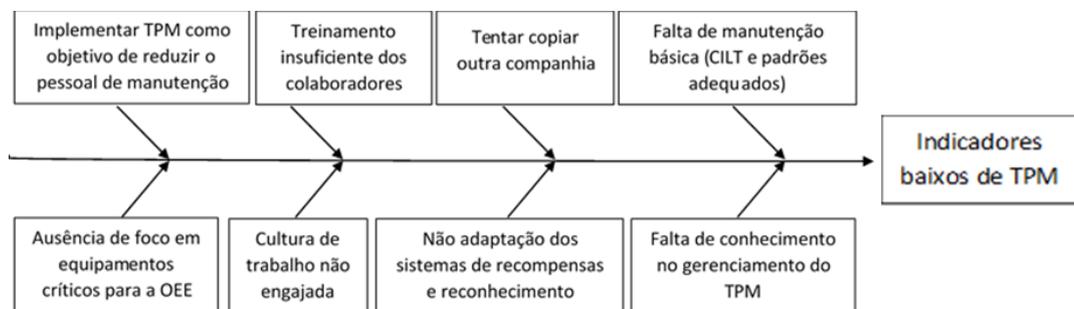
De acordo com Mora (2002 apud AHUJA & KHAMBA, 2008), uma das maiores preocupações dos proprietários das plantas de manufatura é em relação ao custo da implementação da metodologia TPM. No entanto, deve-se levar em conta que este custo depende de diversos fatores, como os programas de manutenção instalados, idade, condições dos equipamentos e ritmo a ser implementado.

A falta de comprometimento e de envolvimento das pessoas nas atividades de manutenção autônoma devido a não compreensão sobre a importância do equipamento no desempenho é um dos principais obstáculos do TPM (ARCA & PRADO, 2008). E a falha na comunicação entre os Pilares, podem acarretar problemas de gestão, cumprimento de prazos e obtenção de resultados (AHUJA e KHAMBA, 2008).

Além disso, o programa de TPM necessita que treinamentos sejam desenvolvidos com a operação. As empresas em que o volume de produção sofre muitas oscilações, necessitando de deslocar funcionários em diferentes postos de trabalho, dificulta a implementação do TPM. Isto, porque em outros postos de trabalho o operador pode não ter a mesma afinidade e conhecimento (OSADA, 1991).

Para Wireman (1998) muitas organizações possuem esforços parciais ou não focados no TPM. Segundo o autor, há casos em que há envolvimento da operação, porém há um gargalo em buscar a OEE ou, ainda, apesar de traçar planos para alcançar a eficiência máxima global, mas não conduzem Análises da Causa Raiz para erradicar os problemas. O autor defende que a falta de sucesso do programa de TPM pode ser atrelada à 8 típicos problemas, apresentados na Figura 7.

Figura 7 - Problemas típicos encontrados ao implementar o TPM (diagrama de Ishikawa)



Fonte: adaptado de Wireman (1998).

4.7.3 Panorama da aplicação da Manutenção Produtiva Total na indústria cervejeira

De acordo com dados do Panorama Setorial de Bebidas 2030 o setor de refrigerantes e cervejas correspondem a mais de 80 % do volume total de bebidas produzidos no país. Este peso é sustentado pela atuação de grandes companhias que produzem em larga escala, competem entre si via marca e sustentam a sua margem de lucro por meio do aumento da eficiência produtiva (JUNIOR, 2020). Estima-se que a taxa de crescimento do número de cervejarias no país seja de 36 % até 2025, com isto o país alcançaria a marca de 7504 cervejarias (MAPA, 2020).

Apesar do crescimento, o setor apresenta vulnerabilidade com relação à flutuação de mais de 50 % dos custos de produção relacionados aos insumos agrícolas utilizados na fabricação de líquidos, quanto dos insumos industriais para fabricação de embalagens já que tais custos estão intimamente ligados a cotações internacionais destas *comodities*. Além disto, os custos fixos bem como a depreciação de ativos industriais também correspondem a 20% dos custos de produção (JUNIOR, 2020).

O crescimento do setor tornará, conseqüentemente, a competitividade maior e por isso para se manterem no mercado as indústrias cervejeiras deverão atentar-se para eliminar seus desperdícios e investir no emprego de novos sistemas de produção e de níveis automatizados dos processos de fabricação para padronização da bebida, além de minimizar o risco de problemas que possam pôr em xeque a qualidade da cerveja e a saúde do consumidor (SENAI, 2020).

É neste sentido que o TPM vem se consolidando no Brasil e revelando para o mercado cervejeiro um método que pode alavancar a performance e destacar a posição dessas indústrias no setor. A utilização da metodologia no Brasil, porém, ainda é restrita entre as empresas brasileiras. As empresas multinacionais, por outro lado, impulsionam o avanço da metodologia no país. Entre os anos 2014 e 2020 quatro plantas no Brasil foram reconhecidas com o prêmio do TPM Awards do JIPM, entretanto todas eram empresas multinacionais. Dentre as plantas reconhecidas neste período, destaca-se a Brasil Kirin Indústrias de Bebidas S.A multinacional brasileira (atualmente Heineken) que no ano de 2014 obteve 4 premiações do TPM Awards nas suas plantas de Alexânia, Benevides, Igrejinha e Recife (JIPM, 2020). E outras indústrias do mercado de bebidas como Ambev, Leão Alimentos e Bebidas, Solar Coca Cola, Pepsico dentre outras, apostam na metodologia TPM para alcançar excelência e maior participação competitiva.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É inegável a importância do papel da metodologia TPM na busca pela excelência operacional e ganho de competitividade, elementos essenciais para a sobrevivência das empresas na globalização da economia.

Além dos ganhos financeiros a metodologia proporciona o desenvolvimento de uma cultura de zero perdas, a qual a empresa, seus colaboradores e seus consumidores são beneficiados com maior segurança, qualidade, sustentabilidade e excelência operacional.

A metodologia TPM proposta pelo JIPM apresenta resultados comprovados e uma crescente adesão por diversos setores da indústria. É importante salientar que antes de iniciar a implementação da metodologia é imprescindível alinhar as expectativas da alta gerência com o programa, bem como adaptar a metodologia para a realidade da empresa para garantir uma implementação legítima e eficiente.

O programa TPM não tem fim, é um ciclo de melhoria contínua. Quando a metodologia é implementada a partir do comprometimento de todos, o alcance e a sustentação dos resultados positivos tornam-se parte da cultura da empresa. Deste modo, todos ganham: a empresa se torna mais competitiva e o colaborador adquire conhecimentos que o tornam dono e mantenedor das máquinas e processos evidenciando que, apesar de toda modernização que a indústria 4.0 trouxe aos meios de produção, os seus serviços continuam indispensáveis para a sobrevivência da empresa.

6. REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5462, 1994**. Define os termos relacionados com a confiabilidade e manutenibilidade. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=4086>>. Acesso em: 10 jan. 2021.

ABRAMAN. Associação Brasileira de Manutenção. **Documento Nacional: situação da manutenção no Brasil em 2017**. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/105100568-Resultado-do-documento-nacional-2017.html>>. Acesso em: 18 jun. 2020.

AFNOR. **Normalisation Française**. França: 2002. Disponível em: <http://www.ehpadneuilly.com/cariboost_files/FDX_60-000.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2021.

AHUJA, I. S.; KHAMBA, J. S. Total productive maintenance: literature review and directions. **India: International Journal of Quality & Reliability Management**, 2008..

ARCA, G. J.; PRADO, C. J. Personel participation as a key factor for success in Maintenance Program Implementation: a case study. **International Journal of Productivity and Performance Management**, 2008, v. 57, n. 3, p. 247-258,

BARTH-HASS. **The Barth Report: hops 2018/2019**. Disponível em: <https://www.barthhaas.com/fileadmin/user_upload/downloads/barth-berichte-broschueren/barth-berichte/englisch/2010-2020/barthhaas_report_2020_press_kit_en.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2021.

BRASIL, Ministério da Agricultura e Abastecimento. **Instrução normativa nº 64, de 10 dezembro de 2019**. Declara revogação, para fins do disposto no art. 9º do Decreto nº 9.759, de 11 de abril de 2019, de atos normativos. Distrito Federal: MAPA, 2019. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=11/12/2019&jornal=515&pagina=31>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

BRASIL, **Decreto nº 9.902, de 8 de julho de 2019**. Altera o Anexo ao Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009, que regulamenta a LEI Nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Decreto/D9902.htm>. Acesso em: 12 jun. 2020.

Brasília, DF. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária - SDA. **Anuário da cerveja 2019**, Brasília, 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/total-de-cervejarias-registradas-no-mapa-cresceu-36-em-2019-e-chegou-a-1.209>>. Acesso em: 17 jun. 2020.

BORRIS, S. **Total Productive Maintenance**. New York: McGraw-Hill, 2005. 386 p.

BUSSO, C.; MIYAKE, D. **Análise da Aplicação de Indicadores Alternativos ao Overall Equipment Effectiveness (OEE) na Gestão do Desempenho Global de uma Fábrica**, vol.23, n. 2, p.205-225, 2013.

CAPABILITIES, U. **TPM Facilitator Course**. Goiânia: Capabilities American, 2009.

CERVBRASIL. **Dados do setor cervejeiro nacional**. Associação Brasileira da Indústria Cervejeira, 2019. Disponível em: <http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/dados-do-setor/>. Acesso em: 18 jun. 2020.

CUDNEY, E., FURTERER, S., AND DIETRICH, D. **Lean Systems: Applications and Case Studies in Manufacturing, Service, and Healthcare**. New York: CRC Press, 2013.

DANTAS, J. C. **Aplicação de Manutenção Produtiva Total (TPM) em linha de envase**. Cassiopea, São paulo: 2016.

DHILLON, B. S. **Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers**. 1. ed. Nova Iorque: Taylor & Francis Group, 2006. Cap. 12, p. 143

DUNETZ, E. **TPM, proposta de implantação do pilar manutenção autônoma, no setor da armação em uma empresa montadora de automóveis**. Curitiba: 2016. Disponível em: <<http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/171765>>. Acesso em: 20 jun. 2020.

ENDEAVOR. **5W2H: é hora de tirar as dúvidas e colocar a produtividade no seu dia a dia**. Endeavor, 2020. Disponível em: <<https://endeavor.org.br/pessoas/5w2h/>>. Acesso em: 19 jun. 2020.

FERREIRA, M. D. S. **Gestão a Vista e Controle Visual – Etapa 3 da Manutenção Autônoma**. Citisystems, 2016. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/gestao-vista/>>. Acesso em: 05 jan. 2021.

FERREIRA, M. D. S. Citisystems. **Lição Ponto a Ponto (LPP) e Etiquetas: Manutenção Autônoma**. São Paulo: 2020. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/licao-ponto-ponto-lpp-etiquetas-manutencao-autonoma/>>. Acesso em: 29 jun. 2020.

FERREIRA, S. A. **Evolução do gerenciamento de processos através da metodologia TPM e os desafios do pós-implantação em uma empresa de grande porte**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2012.

GAIO, E. D. **Proposta de um plano de manutenção de um equipamento industrial através da utilização de ferramentas da manutenção centrada em confiabilidade**. Monografia, Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, 2016.

GONÇALVES, J. B. et al. **Avaliando o Grau de Implementação dos Principais Elementos do TPM: Um Estudo de Caso**. Anais do VIII SIMPEP, 2001.

JAIN, A.; BHATTI, R. S.; SINGH, H. Total Productive Maintenance (TPM) Implementation Practice. **India: International Journal of Lean Six Sigma**, p. 32, March 2014.

JIPM. **TPM Excellence Awards Winners**. Japan: Japan Institute of Plant Maintenance, 2014. Disponível em: <<https://jipmglobal.com/>>. Acesso em: 16 jan. 2021.

JIPM. **Total Productive Maintenance - Training Textbook**. 4. ed. Japão: JIPM, 2015.

JIPM. **TPM Excellence Awards Winners**. Japan: Japan Institute of Plant Maintenance, 2019. Disponível em: <https://jipmglobal.com/wp-content/uploads/2020/01/2019-TPM-Excellence-Awards-Winners-List_01.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2020.

JIPM. **TPM Excellence Awards Winners**. Japan: Japan Institute of Plant Maintenance, 2020. Disponível em: <https://jipmglobal.com/wp-content/uploads/2021/02/WinnersList_2020.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2021.

JOSTES, R. S.; HELMS, M. M. **Work Study - Total Productive Maintenance and Its Link to Total Quality Management**. [S.l.]: MCB University Press, 1994.

JUNIOR, R. S. A. **Implantação do pilar manutenção autônoma em equipamento de carga de gás de uma indústria de bens de consumo**. Curitiba: Acervo Digital UFPR, 13 Setembro 2012.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0. Alemanha: **National Academy of Science and Engineering**, 2013.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: Função Estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark. ed. 2, p. 368, 2010.

LAPA, R. **Programa 5S**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998, 84 p.

LEVITT, J. **Total Productive Maintenance Reload**. New York: Industrial Press Inc, v. 1, 223 p, 2010.

LOSS Soluções, 2018. **Etiquetas de Anomalias**. Disponível em: <<https://www.losssolucoes.com.br/etiquetas-anomalias>>. Acesso em: 14 jul. 2020.

MANFREDINI, A. **Manutenção Autônoma em Operações**. Porto Alegre: Repositório Aberto UP, 2009.

MAROCCO, G. S. **A importância da manutenção produtiva total na melhoria contínua do processo: um estudo de caso**. Juiz de Fora: Repositório UFJF, 2013.

MATA, S. **Apostila de Movimentação de Materiais e Relayout**. [S.l.]: EFESO, 2012.

MCDERMOTT, R. E.; MIKULAK, R. J.; BEAUREGARD, M. R. **The Basics of FMEA**. 2. ed. New York: CRC Press, 2009.

MOCHY, F. **A função da manutenção - formação da gerência da manutenção industrial**. São Paulo: Durban Ltda, 1989.

MORADO, R. **Larousse da cerveja**. São Paulo: Larousse do Brasil. p. 357, 2009.

MORAES, P. H. D. A. **Manutenção produtiva total: estudo de caso em uma empresa automobilística**. Taubaté: UNITAU, 2004.

MOTARJEMI, Y.; WALLACE, C. A. **Food Safety Assurance Systems: Root Cause Analysis of Incidents**. [S.l.]: Encyclopedia of Food Safet, p. 331-339, 2014.

NAKAJIMA, S. **Manutenção Produtiva Total**. Tokyo: JIPM, 1984.

NEVES, E. S. **Aplicação da Manutenção Centrada na Confiabilidade como Ferramenta de Melhoria de Performance Num Setor de Indústria metalúrgica de Grande Porte do Sudeste de Minas Gerais**. Juiz de Fora: Repositório Institucional UFJF, jul. 2016.

OSADA, T. **Housekeeping, 5S's**: seiri; seiton; seiso; seiketsu; shitsuke. São Paulo: Série Qualidade e Produtividade do IMAM, 1991.

OSADA, T.; TAKAHASHI, Y. **TPM/Manutenção Produtiva Total**. São Paulo: IMAM, 1993.

RIBEIRO, C. R. **Processo de implementação da manutenção produtiva total (tpm) na indústria brasileira**, Taubaté, 2003.

SANTOS, A.; POWELL, A. J.; SARSHAR, M. **Reduction of work-in-progress in the construction environment**. Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Brighton/UK, 2000.

SANTOS, V. M. D. **Manutenção Autônoma: o que é e para que serve essa ferramenta? FM2S**, 2018. Disponível em: <<https://www.fm2s.com.br/manutencao-autonoma/>>. Acesso em: 08 julho 2020.

SCHWAB, K. **The Fourth Industrial Revolution**. New York: Crown Business, 2016.

SEBRAE. **Pesquisa traça o perfil do cervejeiro independente**, 2019. Disponível em: <<http://www.agenciasebrae.com.br/sites/asn/uf/NA/pesquisa-traca-o-perfil-do-cervejeiro-independente,145e4102eebcd610VgnVCM1000004c00210aRCRD>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

SELEME, R.; STADLER, H. **Controle da Qualidade - As Ferramentas Essenciais**. 2. ed. Curitiba: Xibpex, 2010.

SENA, A. E. **A total productive maintenance (tpm): um estudo de caso em uma usina hidrelétrica da eletronorte**. Brasília: Repositório UNICEUB, 2012.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SOUZA, F. J. D. **Melhoria do pilar “Manutenção Planejada” da TPM através da utilização do RCM para nortear as estratégias de Manutenção**. Porto Alegre: Repositório Digital UFRGS, 2004. 31.

STAMATIS, D. H. **Failure Mode and Effect Analysis - FMEA from Theory to Execution**. 2. ed. [S.l.]: **American Society for Quality (ASQ)**, 2003.

STATISTA. **Beer Worldwide, 2020**. Disponível em: <<https://www.statista.com/outlook/10010000/100/beer/worldwide>>. Acesso em: 10 jun. 2020.

SUZUKI, T. **TPM in Process Industries**. New York: Productivity Press, 1992.

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

TAVARES, L. A. **Excelência na manutenção - Estratégias, Otimização e Gerenciamento**. Salvador: Casa da Qualidade Editora Ltda, 1996.

TAVARES, L. A. **Excelência na Manutenção - Estratégias, Otimização e Gerenciamento**. Salvador: Casa da Qualidade Editora Ltda, 1999.

TELES, J. **O Planejamento e Controle da Manutenção na Indústria 4.0**. Engeteles, 2018. Disponível em: <<https://engeteles.com.br/industria-4-0/>>. Acesso em: 15 jun. 2020.

- VAPORTEC. **Licao de um ponto – LUP**, 2016. Disponível em: <<https://www.vaportec.com.br/ind/2016/04/26/tpm-o-que-licao-ponto-ponto-lpp-ou-licao-de-um-ponto-lup/licao-a-um-ponto-lup/>>. Acesso em: 20 jul. 2020.
- VENKATESH, J. **An Introduction to Total Productive Maintenance (TPM)**. The Plant Maintenance Resource Center, 2003. Disponível em: <http://www.plant-maintenance.com/articles/tpm_intro.shtml>. Acesso em: 12 Julho 20.
- VIANA, L. P. III Seminário de Manutenção - Trabalhos Técnicos - seção regional VII, Paraná e Santa Catarina , 1991. 2.
- WERKEMA, C. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas**. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda. , 2012.
- WILLMOTT, P.; MCCARTHY, D. **TPM - A Route to World-Class Performance**. India: Butterworth Heinemann, 2001.
- WILSON, C. Brainstorming. In: WILSON, C. **Brainstorming. User Experience Re-Masterd**. [S.l.]: [s.n.], 2010. p. 107-134.
- WIREMAN, T. **Developing Performance Indicators for Managing Maintenance**. 2. ed. New York: Industrial Press, 1998.
- WYREBSKI, J. **Manutenção produtiva total - um modelo adaptado**. Florianópolis: Repositório UFSC, junho 1997. 9-10.
- XAVIER, F. J. C. **Manutenção como Atividade de Gestão e Estratégia: um Estudo na Empresa Alfa do Polo Industrial de Manaus**. Manaus: Repositório UFPA, dezembro 2015.
- XENOS, H. G. D. **Gerenciando a Manutenção Produtiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumenar a produtividade**. 1. ed. Rio de Janeiro: EDG, 1998.

7. ANEXOS

Anexo 1 – SWOT

Para Mintzberg, Ahlstrand e Lampel (2000; apud SENA, 2012) o conceito do modelo SWOT está atrelado à análise dos pontos fortes e fracos, oportunidades e ameaças dividida em etapas, com a posterior definição de metas e ações para alcançá-las.

Anexo 2 – Brainstorming

Segundo Wilson (2010) um método onde participantes de um grupo geram ideias em um tópico específico ou problema, em um ambiente inicialmente sem julgamentos, seguindo um conjunto de regras básicas:

- Selecionando um grupo de 3 a 10 pessoas com diferentes backgrounds
- Esclareça o problema, a questão a ser respondida ou tópico para o grupo
- Peça para o grupo gerar soluções ou ideias sem criticá-las inicialmente ou limite o tipo e número de ideias
- Discuta, avalie, critique e priorize as ideias mais promissoras para resolver o problema definido

Anexo 3 – Diagrama de Pareto

Consiste em um gráfico de barras que ordena de maneira decrescente as frequências das ocorrências. Assim, o diagrama torna visível a relação entre ação e seu benefício (OSADA e TAKAHASHI, 1993).

Selemer e Stadler (2010) afirmam que a ferramenta permite que possamos identificar e classificar os problemas de maior relevância e que devem ser corrigidos com maior prioridade para alocarmos os recursos de maneira mais significativa (SELEME e STADLER, 2010)

Anexo 4 – Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa)

De acordo com WERKEMA (2012) todo processo possui um conjunto de causas que geram determinados efeitos. Tais causas podem ser agrupadas em espécies de famílias de causas, também chamadas de 6M: insumos, matérias primas, máquinas, informações de processo ou medidas, condições ambientais, mão de obra e métodos. O Diagrama de Causa e

Efeito ou Ishkawa ou ainda Diagrama Espinha de Peixe são uteis para representar de maneira visual a conexão entre efeito e suas possíveis causas

Anexo 5 – Análise do modo de falha e efeito (FMEA)

Omdahl (1983 apud STAMATIS, 2003) define FMEA como uma técnica de engenharia usada para definir, identificar e eliminar falhas potenciais ou conhecidas, problemas e erros de um sistema, projeto, processo, produto e ou serviços antes de chegarem aos consumidores.

Em outras palavras, FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) é um método sistemático de identificação e prevenção de problemas de projetos, processo e produtos. O foco em prevenir defeitos, aumenta a segurança, a qualidade e a satisfação do cliente. Idealmente deve ser conduzido na fase de desenvolvimento de projetos, porém a sua aplicação em processos de manufatura também pode gerar benefícios substanciais (MCDERMOTT, MIKULAK e BEAUREGARD, 2009).

Os 10 passos para a implementação do FMEA, segundo Mcdermott, Mikulak e Beauregard (2009) são:

1. Revisão do processo ou produto
2. Brainstorm de potenciais modos de falha
3. Listagem dos efeitos de cada modo de falha
4. Definir um ranking de severidade para cada efeito
5. Definir um ranking de frequência de ocorrência de cada modo de falha
6. Definir um ranking para cada modo de falha ou efeito
7. Calcular a prioridade de risco para cada efeito
8. Tomar as ações para eliminar ou reduzir modos de falha de alto risco
9. Calcular o número da prioridade de risco (NPR) resultante da redução ou eliminação dos modos de falha

Anexo 6 – Análise dos 5 Porquês

Criado pelo Sistema de Produção Toyota em 1970, a análise dos 5 Porquês é uma técnica simples de resolução de problemas que objetiva encontrar as causas raízes de um problema rapidamente. O método consiste em olhar para o problema e fazer as perguntas “Por quê?” e “O que causou o problema?” até que se obtenha a causa raiz do problema (MOTARJEMI e WALLACE, 2014). É importante salientar que o método não possui sentido se está distante do processo técnico real no qual está sendo aplicado (OSADA e TAKAHASHI, 1993).

Anexo 7 - 5W2H

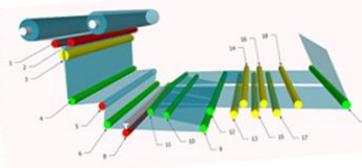
A ferramenta 5W2H possibilita nortear e eliminar quaisquer dúvidas que possam surgir ao longo de um projeto ou atividade. Esse norte se dá através das sete diretrizes incluídas no próprio nome da metodologia: do inglês, “What”, “Why”, “Where”, “When”, “Who”, “How” e “How much”, que em português significam “O que”, “Por que”, “Onde?”, “Quando”, “Como” e “Quanto custa” (ENDEAVOR, 2020).

Anexo 8 – Ciclo PDCA

O Ciclo PDCA é um método de gestão que define a rota a ser seguida para alcançar metas estabelecidas. Possui 4 fases: Plan (P), Do (D), Check (C), Action (A). Na primeira fase, são definidas as metas e os métodos que serão utilizados para alcançá-las. Na fase D, o plano de ação definido na etapa anterior será executado, dados serão coletados para serem utilizados na próxima etapa de verificação (C). É essencial executar os treinamentos nas atividades a serem executadas. Na fase C, de verificação, os resultados alcançados (medidos através de indicadores) serão comparados com as metas planejadas. A etapa A, de ação corretiva, consiste em atuar no processo em função dos resultados obtidos. Caso a meta tenha sido alcançada, utilizar o plano como padrão. Caso a meta não tenha sido cumprida, avaliar as causas, aplicar as contramedidas para corrigir a rota (WERKEMA, 2012).

Anexo 9 – Lição de um ponto (LUP) ou Lição Ponto a Ponto (LPP)

É uma ferramenta visual e simples, com objetivo de capacitar equipes acerca de um

TPM Manutenção Problemas Total	LPP LIÇÃO PONTO A PONTO	Nº 2000
		DATA 02/06/20
Tema: Passagem correta de filme na embaladora		
Classificação: <input checked="" type="checkbox"/> Conhecimento Básico <input type="checkbox"/> Segurança <input type="checkbox"/> Operação <input type="checkbox"/> Problemas <input type="checkbox"/> Meio Ambiente <input type="checkbox"/> Administração <input type="checkbox"/> Melhorias <input type="checkbox"/> Manutenção <input type="checkbox"/> Outros		
<p>colocar quando é necessário passar filme</p> <p>A PASSAGEM INCORRETA DE FILME PELOS ROLOS DA MISTERS PROVOCA IMPACTO DE OPI, PERDA DE MATERIAL E RETRABALHO.</p> <p>A fim de facilitar a rotina e evitar equívocos, criou-se esta gestão visual em 3D.</p>  <p> <input checked="" type="checkbox"/> 1, 2, 5 e 8 -> Filme passa por cima do rolo <input checked="" type="checkbox"/> 4, 6, 9, 10, 11, 12 e 19 -> Filme passa por baixo do rolo <input checked="" type="checkbox"/> 3, 13, 14, 15, 16, 17, 18 -> Filme passa entre os rolos </p>		
Data Revisão: _____ Instrutor: _____ Participantes: _____		
		

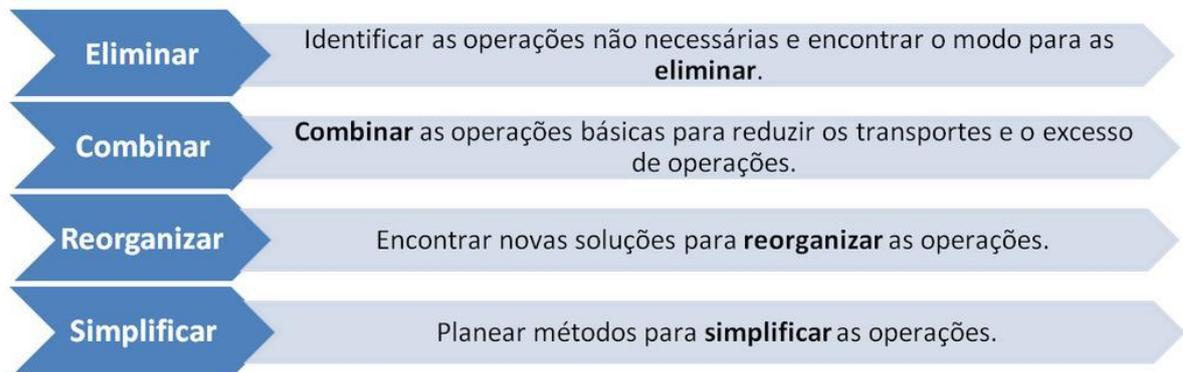
ponto específico de determinada atividade, máquina ou processo.

Fonte: adaptado de VAPORTEC (2016).

Anexo 10 – Etiquetas de anomalias

Fonte: Loss Soluções (2018).

Anexo 11 – Análise ECRS



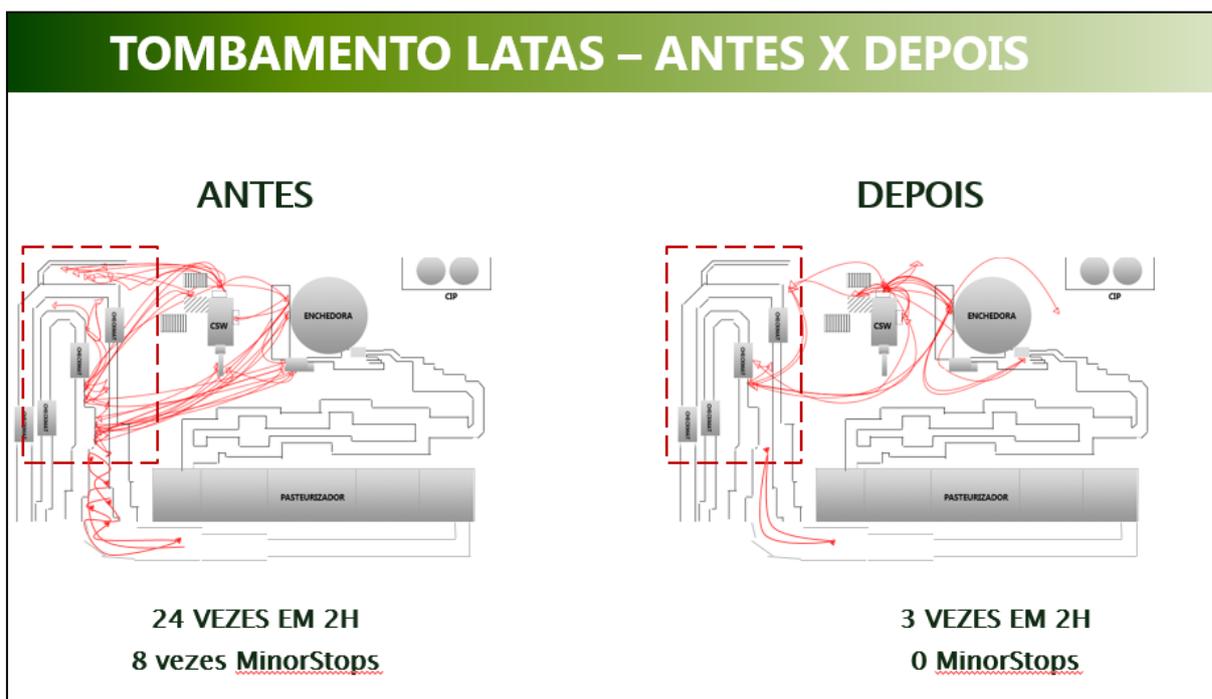
Anexo 14 – Gestão Visual



Fonte: Cysistemas (2021).

Anexo 13 – Diagrama de Spaghetti

Metodologia Lean / Six Sigma que através de linhas contínuas, mapeiam o deslocamento e distância percorrida por um objeto ou pessoa. O seu propósito é fornecer uma análise para a tomada de decisão sobre melhorias em rotinas, etapas do processo e layouts ineficientes e deslocamento desnecessário (MANFREDINI, 2009).



Fonte: Do autor (2019).