



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

**IMPLEMENTAÇÃO DO PILAR DE MANUTENÇÃO PLANEJADA DA
TPM EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE BEBIDAS**

Allan Giovani da Silva

Lajeado, junho de 2021.



Allan Giovani da Silva

IMPLEMENTAÇÃO DO PILAR DE MANUTENÇÃO PLANEJADA DA TPM EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE BEBIDAS

Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de Engenharia Mecânica, da Universidade do Vale do Taquari – Univates, como parte da exigência para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Crespo Izquierdo.

Lajeado, junho de 2021.

Allan Giovani da Silva

IMPLEMENTAÇÃO DO PILAR DE MANUTENÇÃO PLANEJADA DA TPM EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE BEBIDAS

A Banca examinadora abaixo aprova a Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de graduação em Engenharia Mecânica, da Universidade do Vale do Taquari – Univates, como parte da exigência para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Mecânica:

Prof. Dr. Rafael Crespo Izquierdo - Orientador
Universidade do Vale do Taquari – Univates

Prof. Me. Manfred Costa
Universidade do Vale do Taquari – Univates

Prof. Dr. Ricson Rocha de Souza
Universidade do Vale do Taquari – Univates

Lajeado, junho de 2021.

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho em primeiro lugar a Deus, que me deu forças e saúde para superar todos os momentos difíceis com os quais me deparei ao longo da graduação.

Aos meus pais, por todo o incentivo durante os anos de faculdade. À minha noiva, pela compreensão e apoio em todos os momentos de ausência e estudos.

Aos meus grandes amigos e colegas de graduação, que foram cruciais para que essa caminhada fosse mais leve e feliz.

Aos colegas de trabalho da empresa Bebidas Fruki S/A, pela colaboração no desenvolvimento deste trabalho, em especial ao Julio Nascimento, pelo empréstimo do seu acervo de livros. A todos os meus gestores, por terem me dado oportunidades de desenvolvimento pessoal, profissional e todos os desafios confiados. Também aos colegas do dia-a-dia, que têm parte fundamental para o desenvolvimento dos objetivos deste trabalho

RESUMO

Com o crescimento da competitividade entre as organizações, a manutenção tem se transformado em um pilar estratégico, no qual diversas metodologias e ferramentas têm sido utilizadas para reduzir custos e aumentar a disponibilidade dos equipamentos, com objetivo de obter melhores resultados financeiros. Neste contexto, metodologias como a Manutenção Produtiva Total (TPM), Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) e a Análise de modos e efeitos de falha (FMEA) têm sido utilizadas. O presente trabalho é um estudo de caso em que a integração destas metodologias ao pilar de manutenção planejada é realizada: a) utilizando ferramentas da MCC, mais especificamente a FMEA, onde é realizado o estudo de cada componente, direcionando para a estratégia de manutenção mais adequada; e b) aplicando os planos de manutenção desenvolvidos na etapa anterior, para desenvolver uma metodologia para a implementação do pilar de Manutenção Planejada da TPM. Utilizando-se destas ferramentas, pôde-se desenvolver os planos de manutenção para os subsistemas mais críticos e relevantes dos ativos, servindo como base para a sustentação do pilar de Manutenção Planejada da TPM. Com a aplicação do estudo e da metodologia apresentada, os resultados de disponibilidade da linha de produção, no primeiro trimestre deste ano, foram superiores aos do ano anterior, aumentando em 0,18 %.

Palavras-chave: Manutenção Centrada em Confiabilidade. FMEA. Manutenção Produtiva Total. pilar de manutenção planejada.

ABSTRACT

With the growth of competitiveness among organizations, maintenance has become a strategic pillar, in which several methodologies and tools have been used to reduce costs and increase equipment availability, with the objective of obtaining better financial results. In this context, methodologies such as Total Productive Maintenance (TPM), Reliability Centered Maintenance (RCM) and Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) have been used. The present work is a case study in which the integration of these methodologies to the planned maintenance pillar is performed: (i) using RCM tools, more specifically the FMEA, in which the study of each component is carried out, directing to the more suitable maintenance strategy; and (ii) applying the maintenance plans developed in the previous step, to develop a methodology for implementing TPM's Planned Maintenance pillar. Using these tools, it is possible to develop maintenance plans for the most critical and relevant subsystems of assets, serving as a basis for supporting TPM's Planned Maintenance Pillar. With the application of the study and the method, the results of the first quarter of the production line were better than the previous year, increasing equipment availability by 0.18 %.

Keywords: Reliability Centered Maintenance. FMEA. Total productive maintenance. Planned maintenance pillar.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução da Manutenção.....	19
Figura 2 - Etapas de implementação da metodologia MCC	22
Figura 3 - Os oito pilares de sustentação da metodologia TPM	27
Figura 4 - Fluxo de informação na Manutenção Planejada	29
Figura 5 - Fluxograma para a implementação da metodologia proposta	33
Figura 6 - Imagem aérea da Bebidas Fruki S/A	36
Figura 7 - Disponibilidade dos equipamentos da linha de produção	38
Figura 8 - Tempo médio entre falhas dos equipamentos da linha de produção	38
Figura 9 - Tempo médio de reparo dos equipamentos da linha de produção	39
Figura 10 - Etapas da implementação da MCC.....	41
Figura 11 - Fluxograma pilar de Manutenção Planejada da TPM	49
Figura 12 - Fluxograma para atualização da FMEA	51
Figura 13 - Disponibilidade comparativa do primeiro trimestre, ano a ano.....	53
Figura 14 - Disponibilidade comparativa do primeiro trimestre (por equipamento) ...	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Etapas para implementação da MCC.....	23
Quadro 2 - Aspectos que compõem a FMEA.....	24
Quadro 3 - Escala para análise da severidade da falha.....	25
Quadro 4 - Escala para avaliação da probabilidade de ocorrência da falha	26
Quadro 5 - Escala para avaliação da probabilidade de detecção do modo de falha..	26
Quadro 6 - Passos do pilar manutenção planejada e as atividades de cada passo..	29
Quadro 7 - Matriz FMEA (operacional) da Enchedora, subconjunto mecânico	42
Quadro 8 - Matriz FMEA (manutenção) da Enchedora, subconjunto mecânico.....	43
Quadro 9 - Cálculo do risco para componentes da Enchedora, subconjunto mecânico	44
Quadro 10 - Ações, responsáveis e recálculo do risco para componentes da Enchedora, subconjunto mecânico	45
Quadro 11 - Estratégia, tarefa, responsável e periodicidade para componentes da Enchedora, subconjunto mecânico	46
Quadro 12 - Principais informações de parametrização do software de manutenção	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CMMS:	<i>Computerized maintenance management system</i>
ERP:	<i>Enterprise Resource Planning</i>
FAA:	<i>Federal Aviation Authority</i>
FMEA:	Análise de modos e efeitos de falha
MCC:	Manutenção Centrada em Confiabilidade
MPT:	Manutenção Produtiva Total
PCM:	Planejamento e Controle da Manutenção
RAA:	Relatório de Análise de Anomalias
TPM:	<i>Total Productive Maintenance</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Tema.....	14
1.2	Delimitação do tema	14
1.3	Problema de pesquisa	14
1.4	Justificativa	15
1.5	Objetivo.....	15
1.6	Objetivos específicos	15
1.7	Estrutura do trabalho.....	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1	Evolução da manutenção industrial.....	18
2.2	Estratégias de manutenção	19
2.3	Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC)	21
2.4	Análise de Modos e Efeitos de Falhas (FMEA).....	23
2.5	Manutenção Produtiva Total	26
2.6	Pilares da Manutenção Produtiva Total	27
2.6.1	Manutenção Autônoma	28
2.6.2	Melhoria Focada ou Melhoria Específica	28
2.6.3	Manutenção Planejada	28
2.6.4	Capacitação e Treinamento	30
2.6.5	Manutenção da Qualidade.....	30
2.6.6	Projetos	31
2.6.7	Office.....	31
2.6.8	Saúde, Segurança e Meio Ambiente	31

3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	32
3.1	Metodologia de pesquisa	32
3.2	Implementação do pilar de Manutenção Planejada da TPM.....	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	36
4.1	Sobre a empresa	36
4.2	Definição da linha de produção	37
4.3	Implementação da Manutenção Centrada em Confiabilidade.....	39
4.4	Implementação da Análise de Modos e Efeitos de Falhas	41
4.5	Implementação do pilar de Manutenção Planejada da TPM.....	48
4.6	Resultados obtidos.....	52
5	CONCLUSÃO	54
	REFERÊNCIAS.....	56
	APÊNDICES	59
	ANEXOS	65

1 INTRODUÇÃO

A sobrevivência de uma empresa depende muito do seu posicionamento em relação aos principais concorrentes. Em mercados mais globalizados, especificamente nos casos em que as empresas são capazes de diversificar a oferta, grande parte das organizações procuram a melhor eficiência possível na utilização de recursos, como insumos, mão de obra, entre outros, com objetivo de se tornarem mais rentáveis (MORAES, et al., 2013). Para Fogliatto e Ribeiro (2009), a economia globalizada também influencia as questões de quebras, de segurança e de confiabilidade das máquinas e equipamentos.

Segundo Gonçalves (2012), as empresas, independentemente de serem de pequeno, médio ou grande porte, devem dar mais importância ao planejamento de seus processos, buscando alternativas para reduzir as perdas de produção por sucessivas paralizações. Nesta perspectiva, a manutenção é um dos setores que necessita incorporar novas tecnologias na área de gestão e de máquinas, abrangendo aspectos como terceirização, controle de custos, ferramentas da qualidade, procedimentos de boas práticas de manutenção, indicadores, controles estatísticos e manutenções preditivas (NASCIF; DORIGO, 2009).

Para Xenos (2004), as atividades da manutenção eram consideradas um mal necessário por muitas pessoas em diversas empresas, mas atualmente as organizações começaram a olhar a manutenção como uma função estratégica. Os principais motivos para esta mudança foram questões de produtividade, qualidade, segurança e risco ambientais. Dentre as diversas ferramentas e metodologias

utilizadas para reduzir as perdas associadas à manutenção destaca-se a *Total Productive Maintenance* (TPM), que em português é denominada Manutenção Produtiva Total (MPT), e a Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), por exemplo.

Segundo Takahashi e Osada (2013), a TPM é um dos métodos mais eficazes para aumentar a performance de uma indústria, desde que conte com o envolvimento de todos os profissionais da empresa. Esse modelo de gestão é estruturado nos seguintes pilares: Melhoria Focada ou Específica, Manutenção Autônoma, Manutenção Planejada, Treinamento e Educação, Controle Inicial ou Projeto, Manutenção da Qualidade, Segurança, Saúde e Meio Ambiente, Melhoria dos Processos Administrativos.

A Manutenção Planejada refere-se às atividades de manutenção preventiva baseadas no tempo ou na condição do ativo, tendo como objetivo a melhoria contínua da confiabilidade e disponibilidade, além da redução dos custos de manutenção (TAKAHASHI; OSADA, 2013). Para Fogliatto e Ribeiro (2009), a visão sistemática e racional da estratégia MCC tem-se mostrado como uma forma eficiente para as funções da manutenção. De acordo com Siqueira (2005), a principal característica da MCC é gerar um método estruturado para eleger as atividades de manutenção. A partir desse método, em especial, teve origem a ferramenta de análise de modos e efeitos de falha (FMEA).

Este trabalho aborda os conceitos de confiabilidade utilizados na manutenção industrial e sua relevância na gestão dos equipamentos e na melhor utilização dos ativos. A implementação do pilar de manutenção planejada é realizada em uma indústria de bebidas. As informações obtidas com a implementação da FMEA possibilitam uma análise, para posterior definição das melhores estratégias de manutenção para os principais componentes do equipamento, levando em consideração o impacto das possíveis falhas e o custo de manutenção.

1.1 Tema

A presente pesquisa aborda os conceitos relacionados à implementação do pilar de manutenção planejada da TPM, utilizando os conceitos da MCC para estabelecer as melhores estratégias e os planos de ação da manutenção.

1.2 Delimitação do tema

O foco deste trabalho consiste em implementar uma estrutura de gestão para o pilar da manutenção planejada utilizando os preceitos da MCC. A MCC é utilizada para revisar e elaborar os planos de manutenção da forma mais adequada.

Estas estratégias e a padronização do processo servem de apoio especificamente ao pilar de Manutenção Planejada, enquanto os outros pilares da TPM não são discutidos neste trabalho.

1.3 Problema de pesquisa

A empresa onde o estudo foi realizado já utiliza planos de manutenção preventivos; no entanto, a estratégia atual não atende as necessidades de alguns equipamentos, que sofreram aumento no uso de sua capacidade produtiva, o que requer, por consequência, aumento na frequência das atividades de manutenção. Neste sentido, faz-se necessária a implementação do pilar de Manutenção Planejada da TPM.

A empresa tem adotado planos e estratégias de manutenção que, em alguns casos, impactam além do desejado os custos dos processos e a capacidade produtiva, entre outros aspectos. Sendo assim, espera-se que a padronização das estratégias e das ações da manutenção, aplicando os preceitos da MCC, contribuam para a produtividade da empresa nos períodos de maior demanda.

1.4 Justificativa

Ter uma equipe enxuta de manutenção industrial direcionada para o trabalho planejado é um desafio para as empresas. Além disso, manter altos índices de confiabilidade, sem aumentar os custos de manutenção, exige conhecimento das ferramentas de gestão. Atualmente, os planos de manutenção são baseados em dados passados, estratégias que podem, por vezes, serem ultrapassadas e/ou redundantes.

A empresa em estudo apresenta algumas particularidades que aumentam a importância da escolha do plano de manutenção mais adequado para cada equipamento. Por atuar no ramo de bebidas, nos meses de inverno, a empresa não pode parar por longos períodos, porque usa de parte desse tempo para aumentar seus estoques (para que consigam atender a demanda do mercado no período de verão, quando o consumo de bebidas aumenta significativamente). Já nos meses de verão, não são planejadas paradas, visto que a demanda por produtos é superior à capacidade produtiva, e paradas não planejadas que ocorram representam um impacto muito alto ao negócio.

Com a implementação dos conceitos abordados neste trabalho, os ganhos esperados são relacionados ao aumento de disponibilidade e, conseqüentemente, confiabilidade dos equipamentos. Desta forma, é possível direcionar os recursos de mão de obra em manutenções que trazem ganhos de confiabilidade nos meses de maior produção, evitando desperdícios com atividades irrelevantes ao processo.

1.5 Objetivo

Implementar o pilar de Manutenção Planejada da TPM utilizando os conceitos da MCC e da FMEA em uma indústria de bebidas.

1.6 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- a) Analisar e verificar se os planos de manutenção existentes e em uso na empresa atendem às demandas atuais de manutenção;
- b) Estruturar os planos de manutenção, aplicando a metodologia MCC;
- c) Padronizar os processos de implementação e manutenção da FMEA e da MCC dentro da empresa;
- d) Apresentar o fluxograma de entradas e saídas de demandas (ordens de serviço) da área de Manutenção Industrial;
- e) Implementar um modelo de gestão para o pilar de manutenção planejada do TPM, utilizando os planos gerados com a aplicação da FMEA e da MCC.
- f) Definir indicadores para medir e acompanhar os resultados da empresa, a partir da implantação do pilar de manutenção planejada.

1.7 Estrutura do trabalho

A estrutura do trabalho é composta por cinco capítulos. O primeiro capítulo apresenta a introdução ao tema, sua delimitação, o problema de pesquisa, a justificativa de aplicação do estudo e, por fim, os objetivos principal e específicos a serem alcançados com a conclusão deste trabalho.

No segundo capítulo, é apresentada a evolução histórica da manutenção industrial e algumas das estratégias de manutenção mais utilizadas. São aprofundadas as metodologias e processo de implementação da MCC e da FMEA, que é uma das principais ferramentas utilizadas para tal. A Manutenção Produtiva Total e seus pilares também são abordados neste capítulo, e o Pilar Manutenção Planejada, por ser o assunto foco desta pesquisa, é aprofundado de forma mais completa.

No capítulo seguinte serão demonstrados os métodos empregados para a realização desta pesquisa, apresentando as ferramentas utilizadas e como o trabalho foi desenvolvido.

O Capítulo 4 apresenta os resultados obtidos com a realização desta pesquisa, trazendo discussões sobre os resultados e sugestões de continuidade deste trabalho.

Por fim, no quinto capítulo, é apresentada a conclusão do trabalho desenvolvido e as vantagens da utilização das ferramentas e estratégias pesquisadas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta os conceitos relevantes para o desenvolvimento deste trabalho. São abordados assuntos como a evolução da manutenção, os tipos de estratégias de manutenção, a Manutenção Centrada em Confiabilidade, a Análise de Modos e Efeitos de Falha e a Manutenção Produtiva Total.

2.1 Evolução da manutenção industrial

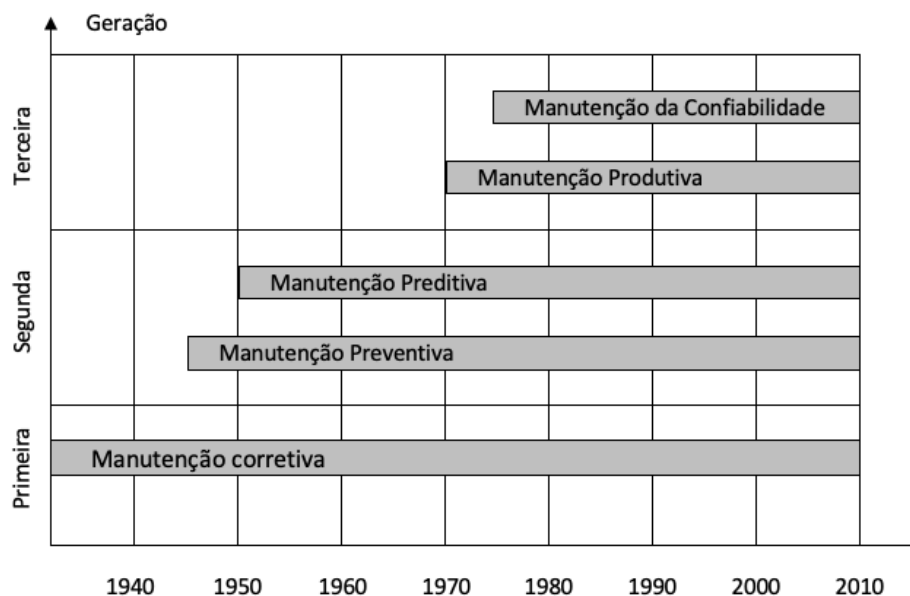
Segundo Siqueira (2005), a história da manutenção pode ser dividida em três gerações distintas. A primeira geração, do período de 1940 até 1950 (com o final da Segunda Guerra Mundial), foi marcada pelo uso de equipamentos mais simples e superdimensionados, o que minimizava a ocorrência de falhas durante a operação. A manutenção planejada pouco existia.

A segunda geração define o período de 1950 até 1975, aproximadamente. A falta de mão de obra especializada, em função da rápida evolução da automação, tornou o custo de correção de falhas muito mais alto. Este cenário favoreceu, na época, o esforço científico de pesquisa e desenvolvimento de técnicas de manutenção preventivas, orientadas para a redução dos impactos das falhas nos processos produtivos. Desse modo, surgiram técnicas de manutenções preditivas e preventivas, empregadas primeiramente na indústria aeronáutica.

A terceira geração, a partir de 1975, evoluiu da incapacidade das técnicas de manutenção surgidas na segunda geração, de atenderem as novas demandas dos

equipamentos e dos processos, que se tornaram cada vez mais automatizados. Neste período, a sociedade passou a exigir mais qualidade e garantia de desempenho dos produtos e processos, o que motivou o surgimento da MCC. A Figura 1 ilustra a evolução das técnicas de manutenção durante as três gerações.

Figura 1 - Evolução da Manutenção



Fonte: Adaptado de Siqueira (2005).

2.2 Estratégias de manutenção

Os tipos de manutenção são caracterizados basicamente pela maneira como a intervenção é realizada. Com o passar do tempo e o avanço das tecnologias, foram sendo implementadas variações na forma de realizar manutenção (VIANA, 2014).

A Manutenção Corretiva não planejada, de acordo com Kardec e Nascif (2001), é a manutenção executada após a ocorrência da falha, de modo que não muito tempo para a preparação do serviço. Segundo Pereira (2009), é o modo mais comum para reparo de um equipamento com defeito; tem como características a falta de planejamento das atividades e dos custos envolvidos, e desconsidera as perdas de produção. A manutenção corretiva não planejada gera maiores impactos financeiros e de qualidade de produto, além do fato de que a quebra repentina pode acarretar maiores custos indiretos de manutenção (KARDEC; NASCIF, 2001).

A Manutenção Corretiva Planejada, para Branco Filho (2008), é o reparo que pode ser executado logo ou em data posterior à falha. Consiste na correção de equipamentos que estão em falha, comprometendo sua produtividade, mas não estão completamente parados. Optar por esta estratégia é possível quando existe um acompanhamento preditivo do equipamento e baixa demanda de produção; desta forma, consegue-se baixo custo de reparo, com pouco ou nenhum impacto sobre a qualidade do produto.

Manutenção Preventiva, por sua vez, procura manter o sistema em estado operacional ou disponível através da prevenção da ocorrência de falhas. A manutenção preventiva afeta diretamente a confiabilidade do equipamento, e é medida pelo tempo (em dias) ou utilização (horas de produção) requeridos para executá-la (LAFRAIA, 2001).

Manutenção Preditiva é a manutenção baseada na condição do equipamento, onde o monitoramento contínuo define os parâmetros operacionais e sua degradação. Optar por esta estratégia traz algumas possibilidades de desfecho: a) onde o equipamento está em bom estado e decide-se não fazer nada; b) fazer manutenção preventiva antes de qualquer falha; ou c) planejar atividade de manutenção com base na condição de uma falha que ainda não virou pane (BRANCO FILHO, 2008). O monitoramento pode ser feito através de medições de vibração, temperatura, corrente elétrica, tensão, termografia, endoscopia, análise de óleo, entre outras. Sua desvantagem é o custo elevado com qualificação profissional, já que analisar alguns sinais não é tarefa simples (KARDEC; XAVIER; BARONI, 2001).

Já a manutenção de melhoria, chamada por Pinto e Lafraia (2002) de Engenharia de Manutenção, também pode ser chamada de *Kaizen* dos equipamentos. A palavra *Kaizen* é oriunda do Japão e significa fazer melhoria continuamente. Assim, manutenção de melhoria significa melhorar os equipamentos de forma contínua, indo além de suas especificações de projeto. Esta estratégia tem o objetivo de melhorar a manutenibilidade, desempenho e confiabilidade dos equipamentos, mesmo que sejam necessárias alterações no projeto e padrões de operação e manutenção (XENOS, 2004). Segundo Cabral (2006), manutenção de melhoria é a modificação executada em um equipamento com o intuito de melhorar sua performance, fazendo

adequações como, por exemplo, a automatização de uma operação ou atividade de lubrificação.

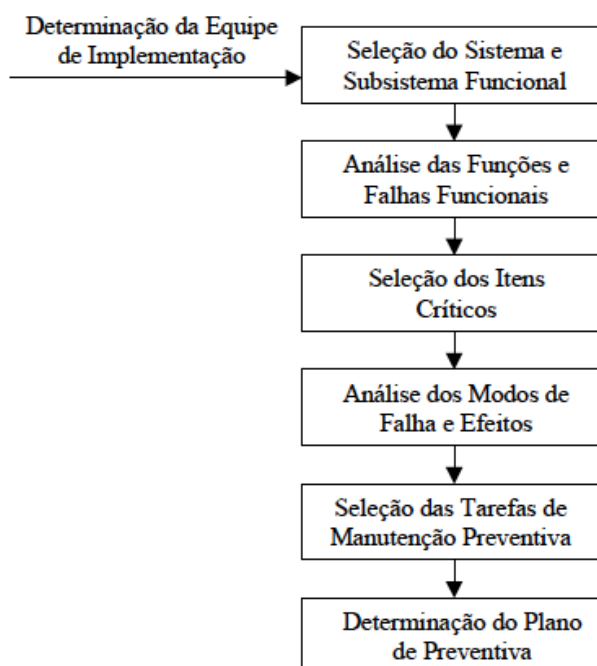
2.3 Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC)

A origem da MCC associa-se à necessidade de certificação de uma linha de aeronaves Boeing 747 pela *Federal Aviation Authority* (FAA), nos Estados Unidos. Este avião marcou níveis de automação jamais vistos até então na aviação comercial, além de triplicar a capacidade de transportar passageiros, em comparação com seu modelo anterior, o Boeing 707. As autoridades em máquinas de tal complexidade tratavam como inviável a utilização de metodologias tradicionais de manutenção. Tal fato acabou motivando a equipe da *United Airlines* em 1968 a elaborar um relatório, revisando a aplicabilidade dos métodos que existiam nestas aeronaves. O relatório foi responsável pela introdução dos conceitos desta nova metodologia, a MCC (SIQUEIRA, 2005).

Segundo Fogliatto e Ribeiro (2009), a MCC é um programa que reúne diversas técnicas de engenharia, para aumentar a confiabilidade dos equipamentos. Enfatizando que o esforço despendido a evitar a ocorrência de cada falha deve ser proporcional à consequência da falha. Neste sentido, a estratégia da MCC tem como objetivo principal definir as atividades de manutenção mais adequadas em função da importância dos ativos físicos nos sistemas e processos produtivos, objetivando maximizar a disponibilidade e a confiabilidade operacionais, obedecendo a uma política de custos competitivos e se tornando uma ferramenta de suporte à tomada de decisão gerencial.

As etapas de implementação da MCC estão demonstradas na Figura 2, através de um fluxograma.

Figura 2 - Etapas de implementação da metodologia MCC



Fonte: Lafraia (2001).

Fogliatto e Ribeiro (2009) apresentam nove etapas para a implementação da metodologia MCC: 1) Seleção do comitê e equipes de trabalho; 2) Capacitação em MCC; 3) Definição dos critérios de confiabilidade; 4) Estabelecimento da base de dados; 5) Aplicação da FMEA e classificação dos componentes; 6) Escolha das atividades de Manutenção Preditiva pertinentes; 7) Documentação das atividades de Manutenção Preditiva; 8) Definição de metas e indicadores; e 9) Revisão do programa de MCC.

Já para Siqueira (2005), para a implantação da metodologia MCC deve-se aplicar uma sequência estruturada composta de sete etapas, apresentadas e detalhadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Etapas para implementação da MCC

Etapas Implementação MCC	Objetivos
Seleção do Sistema e Coleta de Informações	Identificar e documentar o sistema ou processo que será submetido à análise.
Análise de Modos e Efeitos de Falha	Identificar e documentar todas as funções e seus modos de falha, assim como os efeitos desfavoráveis produzidos por elas, utilizando a metodologia FMEA.
Seleção de Funções Significantes	Utilizar processo padronizado de análise para identificar cada função apontada na etapa anterior, e determinar se a falha tem efeito significativo, considerando o impacto nos pilares: segurança, meio ambiente, operação e custo.
Seleção de Atividades Aplicáveis	Determinar as atividades de manutenção preventiva que sejam tecnicamente aplicáveis para prevenir ou corrigir cada modo de falha, ou atenuar suas consequências.
Avaliação da Efetividade das Atividades	Constituir um processo desenvolvido para determinar se uma atividade de manutenção preventiva é efetiva para mitigar, a um nível aceitável, as consequências esperadas para uma falha.
Seleção das atividades Aplicáveis e Efetivas	Utilizar um método estruturado para definir a tarefa de melhor aplicação.
Definição da Periodicidade das Atividades	Estabelecer os processos e critérios para definição da periodicidade de execução das tarefas elegidas, assim como o planejamento e formação do processo de implantação da metodologia na empresa.

Fonte: Adaptado de Siqueira (2005).

2.4 Análise de Modos e Efeitos de Falhas (FMEA)

Segundo Siqueira (2005), a metodologia MCC recomenda a documentação sistemática das falhas possíveis em um sistema, de forma aditável e permanente; com isso, a FMEA tornou-se a ferramenta padrão para identificação e documentação de todos os modos de falhas potenciais de um sistema. O estudo desenvolvido pelo autor envolve, basicamente, a identificação sistemática dos seguintes aspectos em relação ao equipamento ou componente:

- a) Função: objetivo, com o nível desejado de performance;
- b) Falha Funcional: perda da função ou desvio funcional;

- c) Modo de Falha: o que pode falhar;
- d) Causa da Falha: porque ocorre a falha;
- e) Efeito da Falha: impacto resultante na função principal;
- f) Criticidade: severidade do efeito.

De acordo com Fogliatto e Ribeiro (2009), para a elaboração da FMEA é de suma importância que sejam reunidos os documentos que servem de suporte à análise. A FMEA é composta conforme Quadro 2:

Quadro 2 - Aspectos que compõem a FMEA

Aspectos que compõem a FMEA	Objetivos
Cabeçalho	Particular de cada organização, contém informações a respeito da equipe responsável pelo estudo, data e número da FMEA, revisão e demais informações para posterior rastreabilidade.
Item/função	Descreve-se o nome do componente e sua função. A correta descrição da função dos componentes vai auxiliar na identificação da falha, levando em consideração que as falhas acontecem pelo não cumprimento das funções especificadas.
Modos potenciais de falha	É a análise da função e como o item pode falhar em atender a função descrita na coluna anterior. Pode ser construída com base na experiência da equipe multidisciplinar, importante estimular a participação de todos da equipe.
Efeitos potenciais de falha	São os problemas resultantes dos modos de falha. Deve-se descrever em função do que se pode observar. Os principais efeitos observados são: ruído, vibração, folga, falta de operação etc.
Classificação	Utilizada para descrever características do item que tem possibilidade de requerer um controle especial, como por exemplo, crítico para a segurança ou qualidade.
Causas/mecanismos potenciais da falha	Busca pela causa raiz do problema, deve contar com o trabalho em equipe e trabalho sistemático. A descrição da causa deve ser de forma precisa e completa, com objetivo de facilitar os esforços de correção e melhorias do projeto.
Controles de prevenção e detecção	Lista-se as atividades que garantem a robustez do projeto. São as atividades que mitigam a probabilidade de ocorrência do modo de falha.
Severidade (S)	Realiza-se a análise quantitativa do efeito potencial da falha. A severidade é medida em uma escala de 1 a 10, onde 1 significa um baixo impacto e 10 significa um efeito muito severo. O quadro 3 sugere uma análise da severidade dos efeitos potenciais de falha.
Ocorrência (O)	Evidencia a probabilidade de a falha ocorrer. A escala de probabilidade de ocorrência deve ser de 1 a 10, sendo que 1 representa uma mínima probabilidade e 10 uma probabilidade muito alta. O quadro 4 apresenta o critério de avaliação sugerido.

Detecção (D)	É estabelecida a probabilidade de os atuais controles identificarem a causa ou modo potencial de falha antes do equipamento ser liberado para a produção. O quadro 5 sugere uma escala de 1 a 10, onde 1 representa uma situação muito desfavorável e 10 representa uma alta probabilidade de detecção.
Risco (R)	Tem como objetivo priorizar as ações de correção e melhoria, calcula-se o risco, que é o resultado da multiplicação dos resultados da análise de severidade, ocorrência e detecção. Deve-se concentrar os esforços nos itens que possuem um risco maior. Cálculo do risco -> $R = S \times O \times D$
Ações recomendadas	As ações recomendadas devem ter impacto sobre a severidade do efeito da falha, probabilidade de ocorrência ou a probabilidade de não detecção.
Responsável e data para a ação	Mesmo que a ação seja executada por uma equipe maior, recomenda-se que seja indicado um indivíduo responsável pela execução. Também deve conter a data para a realização da ação.
Ações efetuadas	Deve constar uma descrição resumida das ações de correção e melhorias implantadas, bem como a data da realização.
Risco resultante (R')	Depois de ter identificado as ações corretivas, mas antes de serem executadas, deve-se fazer uma nova análise de risco, levando em consideração um novo cenário, estimando os resultados que serão obtidos com as ações recomendadas. Se caso nenhuma ação seja prevista, as últimas colunas devem ficar em branco.

Fonte: Adaptado de Fogliatto e Ribeiro (2009).

A avaliação e definição dos aspectos severidade, ocorrência e detecção é realizada a partir das escalas e sintomas apresentados nos Quadros Quadro 3, Quadro 4 e Quadro 5.

Quadro 3 - Escala para análise da severidade da falha

Severidade do efeito		Escala
Muito alta	Quando compromete a segurança da operação ou envolve infração a regulamentos governamentais	10
		9
Alta	Quando provoca alta insatisfação do cliente, por exemplo, um veículo ou aparelho que não opera, sem comprometer a segurança ou implicar infração	8
		7
Moderada	Quando provoca alguma insatisfação, devido à queda do desempenho ou mal funcionamento de partes do sistema	6
		5
Baixa	Quando provoca uma leve insatisfação, o cliente observa apenas uma leve deterioração ou queda no desempenho	4
		3
Mínima	Falha que afeta minimamente o desempenho do sistema, e a maioria dos clientes talvez nem mesmo note sua ocorrência	2
		1

Fonte: Fogliatto e Ribeiro (2009).

Quadro 4 - Escala para avaliação da probabilidade de ocorrência da falha

Ocorrência de falha		Taxa de falha	Escala
Muito alta	Falhas quase inevitáveis	100/1000	10
		50/1000	9
Alta	Falhas ocorrem com frequência	20/1000	8
		10/1000	7
Moderada	Falhas ocasionais	5/1000	6
		2/1000	5
		1/1000	4
Baixa	Falhas raramente ocorrem	0,5/1000	3
		0,1/1000	2
Mínima	Falhas muito improváveis	0,01/1000	1

Fonte: Fogliatto e Ribeiro (2009).

Quadro 5 - Escala para avaliação da probabilidade de detecção do modo de falha

Possibilidade de detecção		Escala
Muito Remota	O PVP não irá detectar esse modo de falha, ou não existe PVP	10
Remota	O PVP provavelmente não irá detectar esse modo de falha	9
		8
Baixa	Há uma baixa probabilidade do PVP detectar o modo de falha	7
		6
Moderada	O PVP pode detectar o modo de falha	5
		4
Alta	Há uma alta probabilidade do PVP detectar o modo de falha	3
		2
Muito Alta	É quase certo que o PVP irá detectar esse modo de falha	1

Fonte: Fogliatto e Ribeiro (2009).

2.5 Manutenção Produtiva Total

De acordo com Kardec e Nascif (2001), a MPT teve origem em 1951, quando a manutenção preventiva, originalmente idealizada nos EUA, foi introduzida no Japão, na empresa Nippon Denso KK (indústria do setor de autopeças), integrante do Grupo Toyota. Para os autores, a Nippon Denso foi a primeira companhia a implementar, de forma abrangente um programa de Manutenção Preventiva, em 1960, juntamente com a Manutenção Autônoma executada pelos operadores. Desta forma, a Manutenção Preventiva aplicada em conjunto com a Manutenção Autônoma e a Melhoria da Manutenção resultaram na MPT, em 1970.

Segundo Branco Filho (2008), a TPM é um sistema de organização do trabalho, no qual parte da manutenção é executada pelo próprio operador, como atividades de

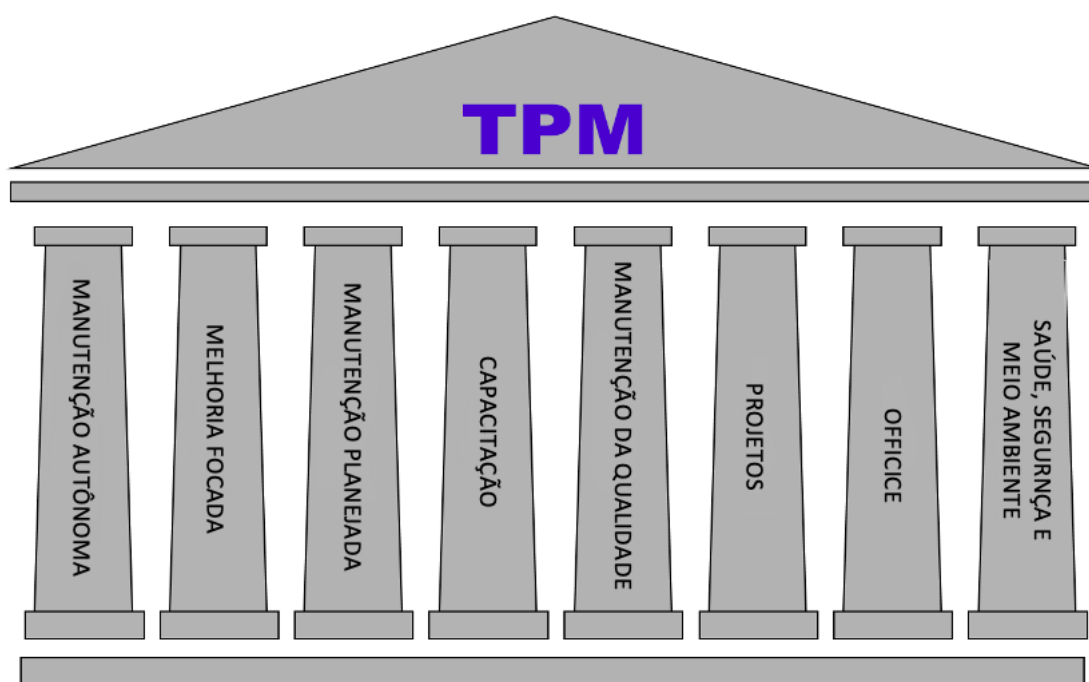
limpezas, lubrificações, pequenos reparos, ajustes e troca de ferramentas, verificações e inspeções visuais.

Para Nakajima (1989), os principais objetivos da TPM são o aumento da confiabilidade dos equipamentos, a eliminação das quebras e a melhoria no indicador de disponibilidade dos ativos. Desta forma, o programa garante a continuidade do processo de produção e garantia de qualidade dos produtos, por meio de um gerenciamento integrado entre homem e máquina voltado para o aumento da produtividade industrial e, conseqüentemente, para o crescimento da lucratividade e competitividade da empresa.

2.6 Pilares da Manutenção Produtiva Total

Segundo Nakajima (1989), existem alguns princípios que toda a empresa deve atentar ao implementar a metodologia TPM, aos quais denominou de pilares de sustentação do TPM. A Figura 3 apresenta os oito pilares que sustentam a metodologia TPM.

Figura 3 - Os oito pilares de sustentação da metodologia TPM



Fonte: Do autor (2020).

Os pilares são compostos por conceitos e ferramentas que auxiliam no combate às perdas e desperdícios que possam prejudicar o processo produtivo, reduzindo a eficiência dos ativos e instalações. Estes pilares estão focados em atividades específicas e que servem de sustentação para um sistema produtivo organizado e eficaz.

2.6.1 Manutenção Autônoma

Segundo Fogliatto e Ribeiro (2009), a manutenção autônoma implica no envolvimento dos operadores nas atividades diárias da manutenção, por exemplo: inspeção e verificação, limpeza, lubrificação e reapertos. Para Pereira (2009) os operadores são capacitados para atuar em manutenções de primeiro nível, envolvendo os mantenedores apenas quando não conseguem solucionar o problema. A manutenção autônoma vem com o intuito de mudar a mentalidade do antigo “Eu fabrico, você conserta” para “Deste equipamento, cuido eu”.

2.6.2 Melhoria Focada ou Melhoria Específica

O pilar de melhoria focada ou específica se traduz em ações de melhoria contínua, onde podemos citar a ferramenta *Kaizen*. Consiste em construir uma equipe multidisciplinar que trabalhe focada em melhorias, podendo ser melhorias em processos (redução dos tempos operacionais e *setup* de máquina), aumento da disponibilidade de equipamentos e aumento na segurança dos profissionais (PEREIRA, 2009).

2.6.3 Manutenção Planejada

Para Nakajima (1989), devem ser considerados na estruturação da manutenção planejada: a missão da manutenção no contexto organizacional, definição dos tipos de manutenção, as formas básicas de organização de manutenção, a gestão das peças de reposição, a gestão das atividades de manutenção, a gestão da lubrificação dos equipamentos, a gestão dos custos de manutenção e o apoio de *software* para gestão da manutenção. Segundo Pereira (2009), o pilar de manutenção planejada representa todas as ações preventivas, e tem

como objetivo o aumento da confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos, sem desconsiderar a gestão dos gastos. A Figura 4 representa o fluxo de entrada das atividades de Planejamento e Controle de Manutenção (PCM) e TPM.

Figura 4 - Fluxo de informação na Manutenção Planejada



Fonte: Pereira (2009).

Para Suzuki (1994), a manutenção planejada tem como objetivo principal estabelecer e manter as melhores condições do equipamento e do processo, sendo também eficaz em relação ao custo. Baseada nesses princípios, a área de manutenção deve planejar e implantar sistematicamente as atividades de manutenção planejada. Para tal, existem seis medidas ou passos que constroem uma base excelente para a sustentação à metodologia da manutenção planejada, e cada passo contém atividades específicas que devem ser cumpridas para que se possa atingir os resultados almejado (

Quadro 6).

Quadro 6 - Passos do pilar manutenção planejada e as atividades de cada passo

Passos do pilar Manutenção Planejada	Atividades pertencentes ao passo
Passo 1: Avaliar o equipamento e classificar as condições atuais	1. Classificação ABC dos equipamentos 2. Estruturação da manutenção 3. Cadastro técnico do equipamento 4. Classificação da quebra/falha 5. Indicadores de manutenção

Passo 2: Estabelecer uma organização de melhorias, restaurando as deteriorações	1. Reparar a deterioração forçada 2. Instruir e treinar operadores para tratarem as anomalias, documentar via lição ponto a ponto 3. Preparar checklists para as tarefas operacionais 4. Prevenir a repetição da falha 5. Analisar as falhas utilizando a FMEA
Passo 3: Desenvolver um sistema de gerenciamento de informação	1. Desenvolver um sistema para gestão de informações 2. Gerenciar os dados de quebra/falha 3. Informatizar a gestão do orçamento da manutenção 4. Construir um sistema para controlar peças de reposição e unidades reservas
Passo 4: Desenvolver um sistema de manutenção periódica	1. Desenvolvimento dos planos de manutenção preventivos
Passo 5: Desenvolver um sistema de manutenção preditiva	1. Desenvolver tecnologias de diagnóstico preditivo 2. Determinar as técnicas preditivas a serem aplicadas
Passo 6: Mensuração dos resultados da manutenção	1. Executar um diagnóstico da implementação revisitando os passos anteriores, realizar melhorias para ter evolução contínua.

Fonte: Adaptado de Ribeiro (2014).

De acordo com Ribeiro (2014), quando se fala em TPM, há uma resistência em destinar atividades mais simples para os operadores; a metodologia vem justamente para desmistificar este fato, fazendo com que a equipe de manutenção se concentre em tarefas que necessitam maior especialização.

2.6.4 Capacitação e Treinamento

A capacitação dos profissionais da empresa é de extrema importância não só para o crescimento das organizações, mas também das pessoas. A área de Recursos Humanos tem papel importante para facilitar o conhecimento dentro do projeto de implantação da TPM. O conhecimento de operadores e manutentores é essencial para o aumento de produtividade (PEREIRA, 2009).

2.6.5 Manutenção da Qualidade

Para Pereira (2009), o pilar de Manutenção da Qualidade consiste no cumprimento dos padrões, por meio de ações para atendimento de normas. De acordo com Suzuki (1994), o pilar de manutenção da qualidade consiste em atividades que

determina as condições apropriadas dos equipamentos, para que não afetem a qualidade dos produtos, tendo em vista o defeito zero, isto é, a eliminação dos refugos, retrabalhos e produtos fora das especificações desejada.

2.6.6 Projetos

Pereira (2009) define que o pilar de Projetos, também conhecido como Controle Inicial, é o conjunto de ações que visa o estudo do equipamento por parte da área de manutenção, antes mesmo da sua aquisição. Pode-se citar a facilidade de acesso para reparo, componentes de boa qualidade e fácil manutenabilidade. Também busca obter informações para análise do desempenho em operação e custos operacionais.

2.6.7 Office

Também conhecido como TPM de escritório, este pilar contempla os conceitos de organização e redução de desperdícios nas rotinas administrativas, que de certa maneira, acabam afetando a eficiência dos equipamentos produtivos e processos (NAKAJIMA, 1989).

2.6.8 Saúde, Segurança e Meio Ambiente

Segundo Pereira (2009), dentro da TPM devem coexistir o cuidado ambiental, de saúde e segurança, com os equipamentos e produtos produzidos, pois as empresas com alto índice de acidentes de trabalho, não obtém lucro e perpetuidade.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

No presente capítulo é apresentada a metodologia para o desenvolvimento do trabalho, com ênfase na implementação do pilar de Manutenção Planejada da TPM e aplicação das metodologias MCC e FMEA.

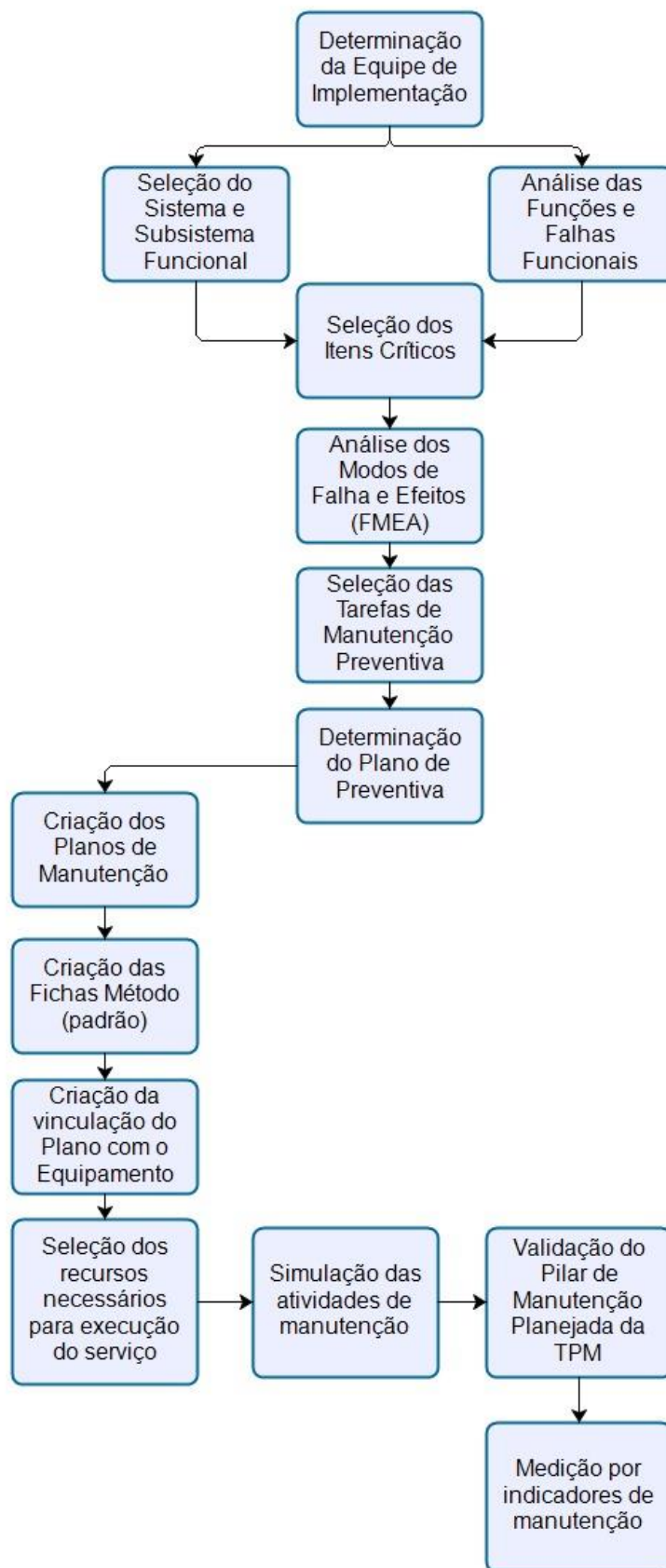
3.1 Metodologia de pesquisa

A metodologia de pesquisa para atender ao objetivo do trabalho é exploratória e investigativa. Segundo Gil (2002), a pesquisa exploratória baseia-se em levantamentos bibliográficos, colaborando para uma maior compreensão do assunto tratado. Conforme Marconi e Lakatos (2003), com a pesquisa exploratória o autor objetiva elaborar hipóteses e se habituar com um ambiente, fato ou fenômeno, proporcionando uma futura elaboração de pesquisa usando procedimentos sistemáticos. Perovano (2016), afirma que o método investigativo inicia em suposições teóricas e conceituais utilizadas para desenvolver estudos experimentais.

3.2 Implementação do pilar de Manutenção Planejada da TPM

A metodologia para implementação da MCC e do pilar Manutenção Planejada da TPM é apresentada na Figura 5, e detalhada na sequência.

Figura 5 - Fluxograma para a implementação da metodologia proposta



Fonte: Do autor (2020).

- a) Determinação da equipe de implementação: definiu-se uma equipe multidisciplinar, com experiência nos equipamentos a serem abordados, composta por operadores de máquina, supervisor de produção, operador técnico, manutentor, supervisor de manutenção e analista de manutenção;
- b) Seleção do sistema e subsistema funcional: realizou-se um estudo dos equipamentos, com uso de sistema, explodindo os projetos em conjuntos, subconjuntos e componentes;
- c) Análise das funções e falhas funcionais: definiu-se as funções e falhas funcionais de cada componente;
- d) Seleção dos itens críticos: classificou-se os itens críticos, pois tais itens/componentes receberão tratamento diferenciado em comparação aos menos críticos;
- e) Análise de Modos e Efeitos de Falha – FMEA: aplicou-se o método conforme proposto por Fogliatto e Ribeiro (2009), seguindo os passos da implementação, definição do risco e tratativas dos modos de falha e efeitos;
- f) Seleção das tarefas de manutenção preventiva: com base na análise da FMEA, definiu-se os planos de manutenção, comparando se o plano atual atende os critérios de risco estabelecidos. Em casos de não atendimento analisou-se as possíveis melhorias na estratégia;
- g) Determinação do plano de preventiva e preditiva: determinou-se as atividades a serem realizadas em manutenções preventivas e preditivas, assim como responsáveis pela execução, materiais necessários, entre outros. Esta etapa foi realizada pelo PCM, com apoio do manutentor e supervisor de manutenção.
- h) Atualização de sistema ERP TOTVS Datasul: informatizou-se todas as informações consolidadas até então. A equipe de PCM cria os planos de manutenção e a ficha método das atividades a serem executadas na manutenção; vincula o plano de manutenção e a ficha método ao respectivo equipamento; define recursos necessários e correção dos estoques (de peças e componentes) mínimos necessários, parametriza mão de obra e restrições de produção;
- i) Simulação das atividades de manutenção: gerou-se, de forma simulada, os planos de manutenção criados, conforme periodicidade, recursos de materiais e mão de obra;

- j) Validação do pilar de Manutenção Planejada da TPM: validou-se e formalizou-se a implementação do Pilar junto ao comitê do programa de TPM da empresa. Nesta ocasião, apresentou-se os fundamentos, ferramentas e estratégias que sustentam o pilar dentro da metodologia.
- k) Medição dos indicadores de manutenção: por fim, mediu-se a eficácia das ações tomadas, através de indicadores de desempenho. Os indicadores definidos são: Índice de execução das Preventivas (%), Índice de execução das Preditivas (%) e Disponibilidade Eletromecânica dos Equipamentos (%).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os resultados da implementação da metodologia em uma linha de envase de bebidas. A eficiência dos planos de manutenção gerados neste trabalho é avaliada através de indicadores de desempenho.

4.1 Sobre a empresa

A Bebidas Fruki S/A (Figura 6) é uma empresa familiar fundada em 1924, na cidade de Arroio do Meio, produzindo inicialmente refrigerantes e cervejas. Atualmente, a matriz da empresa está localizada em Lajeado, no Rio Grande do Sul, e conta com um portfólio diversificado de bebidas, composto por água mineral, refrigerantes, alimentos líquidos, cervejas, sucos e energético.

Figura 6 - Imagem aérea da Bebidas Fruki S/A



Fonte: Bebidas Fruki S/A (2014)

4.2 Definição da linha de produção

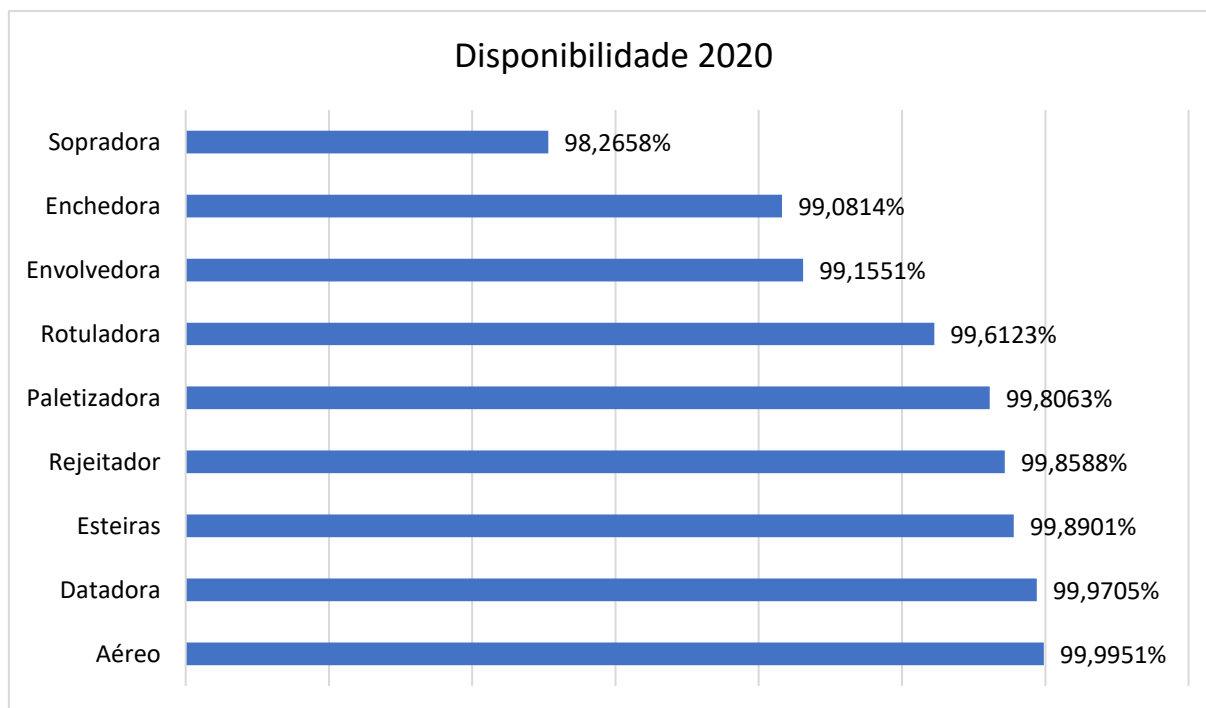
A escolha da linha de envase onde o estudo foi aplicado se deu pela relevância, para o negócio, do produto envazado – água mineral Água da Pedra – e pelos resultados de indisponibilidade desta linha de produção no ano passado. Em 2020, a marca representou 41,15 % do volume total produzido e 29,95 % do faturamento total da empresa. Nos meses de verão, o aumento das vendas supera a capacidade produtiva, de modo que qualquer indisponibilidade dos equipamentos pode levar à ruptura¹ do produto.

A linha de produção é composta por uma sopradora, transportadores aéreos, transportadores de esteiras, uma enchedora, uma rotuladora, uma datadora, um rejeitador, uma envolvedora e uma paletizadora, dispostos em linha nesta sequência. No último ano, a linha de produção tinha como meta atingir 96,80 % de disponibilidade, mas não chegou ao resultado desejado, encerrando o ano com 95,59 % de atendimento. As Figura 7, Figura 8, e Figura 9 apresentam os resultados de disponibilidade, tempo médio entre falhas e tempo médio de reparo, da linha de produção em questão, no ano de 2020.

A Figura 7 demonstra que a menor disponibilidade é a do equipamento de sopragem, seguido pela enchedora e pela envolvedora. Dentre os equipamentos mais importantes da linha de produção, destaca-se positivamente a paletizadora. Vale ressaltar que os equipamentos mais críticos são: sopradora, enchedora, rotuladora, envolvedora e paletizadora.

¹ Falta de produto nos estoques da fábrica, para atender a demanda do mercado (clientes e consumidores).

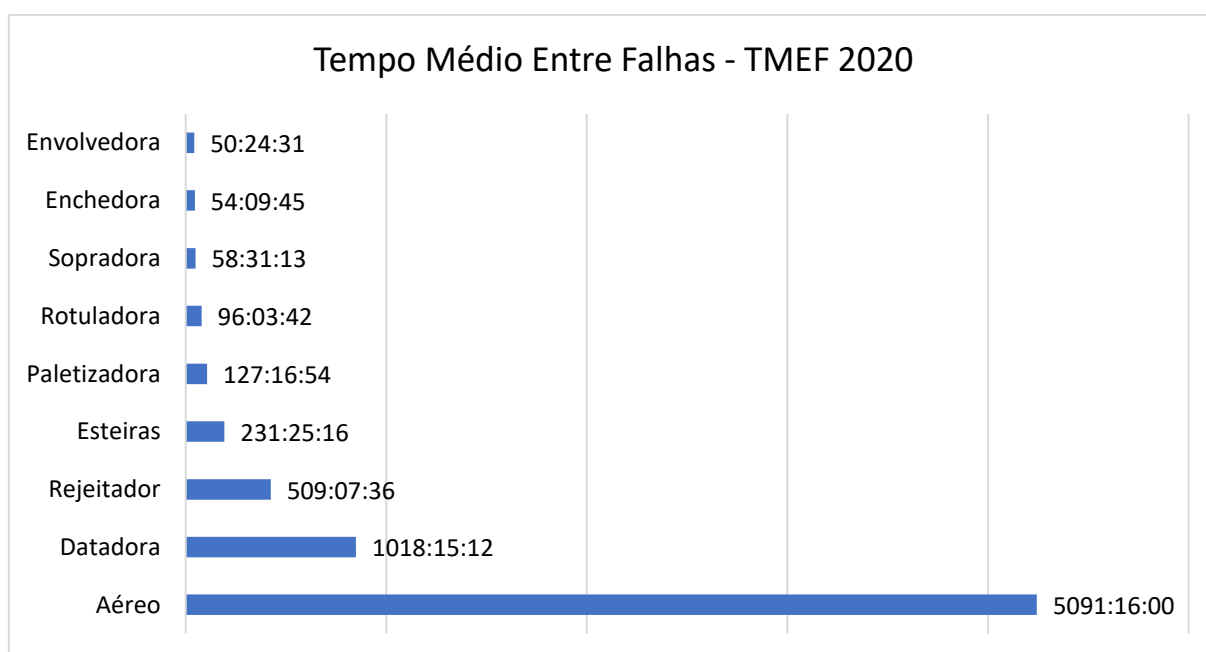
Figura 7 - Disponibilidade dos equipamentos da linha de produção



Fonte: Adaptado de Fruki (2021).

A Figura 8 demonstra que o equipamento com menor tempo médio entre falhas foi a envolvedora; neste equipamento, o que mais ocorrem são as pequenas paradas, para ajustes e regulagens.

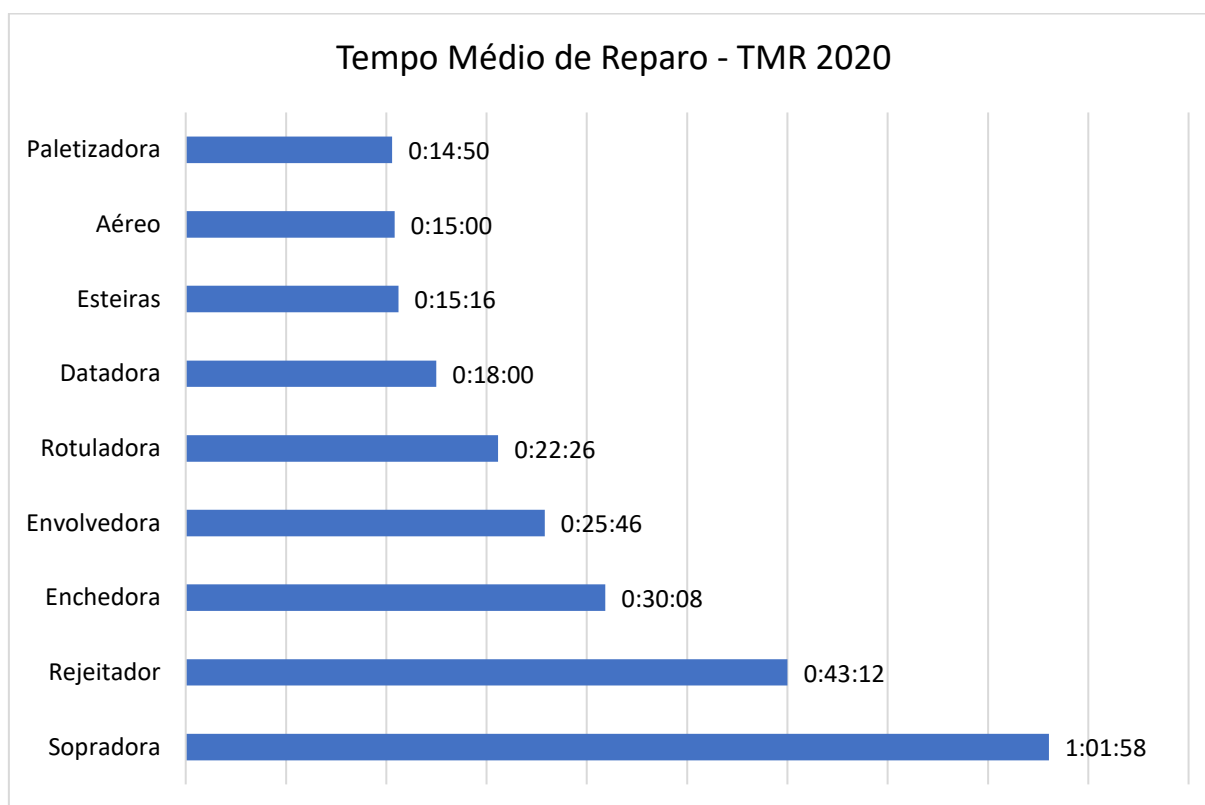
Figura 8 - Tempo médio entre falhas dos equipamentos da linha de produção



Fonte: Adaptado de Fruki (2021).

A Figura 9, por sua vez, apresenta o indicador de tempo médio de reparo, que demonstra que o equipamento que requer mais tempo de manutenção é a sopradora. Na máquina acontecem poucas paradas, mas quando se dá a falha, necessita-se de longo tempo de manutenção para que volte a operar. Trata-se de um equipamento complexo; por apresentar componentes de operação elétrica-eletrônica, normalmente a detecção do problema exige muito mais tempo do que sua resolução.

Figura 9 - Tempo médio de reparo dos equipamentos da linha de produção



Fonte: Adaptado de Fruki (2021).

Com base nestes resultados, junto à relevância comercial do produto, que se deu a escolha desta linha de produção para implantação da pesquisa, visando mitigar o risco de paradas inesperadas e assim, evitar perdas financeiras para o negócio.

4.3 Implementação da Manutenção Centrada em Confiabilidade

A implementação da MCC teve início a partir da definição da equipe que desenvolveu a metodologia dentro da empresa; escolheu-se profissionais com maior experiência e interação com problemas ocorridos no passado. A equipe foi integrada

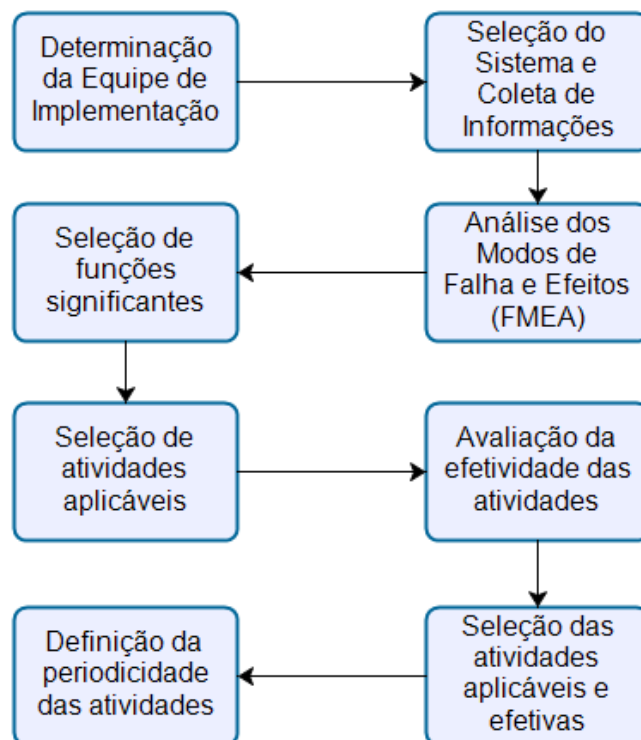
por operadores de máquina, supervisor de produção, operador técnico, manutentor, supervisor de manutenção e analista de manutenção.

Cada profissional desempenhou um papel específico dentro do grupo:

- a) Operadores de máquina: responsáveis por definir os conjuntos, subconjuntos e componentes da máquina, suas funções, modo de falha e, principalmente, o impacto da falha;
- b) Supervisor de produção: responsável por acompanhar a atuação dos operadores, mostrar indicadores produtivos e de custos para fins de tomada de decisão;
- c) Operador técnico: responsável por fazer atividades junto dos operadores, mas com uma visão mais técnica sobre os equipamentos;
- d) Manutentor: responsável por auxiliar na definição das ações quanto à estratégia de manutenção, com base em sua *expertise* sobre o histórico de falhas;
- e) Supervisor de manutenção: responsável por acompanhar o desenvolvimento do manutentor, mostrar indicadores de manutenção e de custos, para tomada de decisão da estratégia de manutenção.
- f) Analista de PCM: responsável por compilar todos os dados e informações trazidas pelos demais profissionais, analisar histórico de resultados dos indicadores e instigar o grupo para a melhoria dos mesmos, mostrar histórico de falha de todos os componentes mencionados e, por fim, a partir dos dados, elaborar os planos e estratégias de manutenção adequados para cada equipamento da linha.

O fluxograma ilustrado na Figura 10 apresenta o sequenciamento das atividades realizadas para implementar a MCC.

Figura 10 - Etapas da implementação da MCC



Fonte: Do autor (2021).

Uma das atividades mais importantes na implementação da MCC é a aplicação da ferramenta FMEA, detalhada na sequência.

4.4 Implementação da Análise de Modos e Efeitos de Falhas

Tendo a equipe definida, construiu-se a matriz FMEA, primeiramente no que tange aos itens operacionais. Analisou-se a estrutura do equipamento, explodindo-o em sistema, conjunto, subconjunto e componente, e determinando sua função, padrões de desempenho, modos de falha, efeitos da falha, tempos da falha, danos e causa da falha.

A partir daí, levantou-se as informações relativas ao controle preventivo atual, controle de detecção, o que pode ser feito para evitar a falha, consequência da falha, estratégia atual, tarefa, responsável pela tarefa e intervalo entre tarefas. Por fim, calculou-se o risco, cujo resultado direciona sobre qual estratégia de manutenção utilizar.

O Quadro 7 apresenta o levantamento das informações operacionais do equipamento. Retirou-se desta estrutura alguns itens menos relevantes, a fim de evidenciar que o objetivo é o tratamento dos modos de falha e seus efeitos. A partir destas informações, desenvolveu-se estratégias capazes de mitigar as falhas. Desconsiderou-se também componentes irrelevantes para este levantamento, como as partes de fixação (porcas, arruelas, parafusos), estruturas físicas e estrutura predial.

Quadro 7 - Matriz FMEA (operacional) da Enchedora, subconjunto mecânico

Matriz FMEA				
Conjunto	Componente	Função	Modo de falha	Efeito: o que é observado
Cuba da enchedora	Vedação da válvula de enchimento	Garantir vedação da válvula de enchimento	Deformação/dilatação	Variação de nível
Cuba da enchedora	Aba cônica	Garantir bom escoamento de produto na garrafa	Desgaste/rompimento	Nível baixo
Cuba da enchedora	Válvulas de enchimento	Transferir o líquido da cuba para as garrafas	Molas cansadas/vedações deformadas	Interrompe o fluxo de líquido para a embalagem
Cuba da enchedora	Eixo central	Distribuir produto para a cuba	Desgaste das gaxetas, quebra ou folga dos rolamentos, desgaste da parte interna do eixo.	Vazamento de ar e/ou produto
Cuba da enchedora	Vedação da agulha	Delimitar nível de enchimento	Desgaste/dilatação	Enchimento excessivo
Cuba da enchedora	Borracha da tulipa	Vedação entre garrafa e válvula de enchimento	Desgaste/deformação	Variação de nível
Cuba da enchedora	Vedação da borboleta	Garantir vedação da cuba	Desgaste/deformação/dilatação	Vazamento de ar/perda de CO2
Cuba da enchedora	Borboletas	Abrir/Fechar válvulas de enchimento	Abertura/fechamento incorreto das válvulas	Garrafas com variação de nível
Cuba da enchedora	Vedação do Sniff	Garantir vedação do sistema de alívio	Rompimento/oxidação do eixo	Variação de nível
Cuba da enchedora	Régua de alívio	Aliviar pressão da garrafa	Desgaste	Variação de nível
Cuba da enchedora	Instrumentos de Medição	Medições de grandezas	Medições incorretas	Leitura incorreta

Fonte: Do autor (2021).

O Quadro 8 apresenta a construção dos itens de manutenção relativos ao equipamento, que contemplam as estratégias utilizadas.

Quadro 8 - Matriz FMEA (manutenção) da Enchedora, subconjunto mecânico

Matriz FMEA				
Conjunto	Componente	Controle prevenção existente	Controle detecção	O que pode ser feito para evitar a falha
Cuba da enchedora	Vedação da válvula de enchimento	Manutenção preventiva	Preventiva anual	Manter estratégia atual
Cuba da enchedora	Aba cônica	Manutenção preventiva	Preventiva anual	Manter estratégia atual
Cuba da enchedora	Válvulas de enchimento	Manutenção preventiva	Preventiva anual	Manter estratégia atual
Cuba da enchedora	Eixo central	Manutenção preventiva	Preventiva quadrienal	Manter estratégia atual
Cuba da enchedora	Vedação da agulha	Manutenção preventiva	Preventiva anual	Manter estratégia atual
Cuba da enchedora	Borracha da tulipa	Manutenção preventiva	Preventiva anual	Manter estratégia atual
Cuba da enchedora	Vedação da borboleta	Manutenção preventiva	Preventiva anual	Manter estratégia atual
Cuba da enchedora	Borboletas	Manutenção preventiva	Preventiva anual	Manter estratégia atual
Cuba da enchedora	Vedação do Sniff	Manutenção preventiva	Preventiva anual	Manter estratégia atual
Cuba da enchedora	Régua de alívio	Nenhum	Nenhum	Manter estratégia atual
Cuba da enchedora	Instrumentos de Medição	Calibração	Calibração anual	Manter estratégia atual

Fonte: Do autor (2021).

Observou-se que as estratégias definidas para cada componente do equipamento, em sua maioria é a manutenção preventiva; no entanto, para a régua de alívio não havia estratégia definida, de modo que se realizava um acompanhamento da condição do componente, substituindo-o quando houvesse necessidade – o que significa manter estoque permanente das peças de substituição.

Existem casos em que a única estratégia definida é manter o componente ou conjunto estocado, utilizando toda a sua vida útil e substituindo rapidamente quando ocorre a falha. Nestas situações, estuda-se fortemente o impacto da falha, com o intuito de não permitir quebrar algo importante para o funcionamento do equipamento, de modo que sua falha se torne catastrófica, ou cause problemas em outros componentes, como um efeito dominó.

Após estes levantamentos de falhas e condições atuais de manutenção dos componentes, avaliou-se a probabilidade de ocorrência da falha (O), assim como sua severidade (S) e probabilidade de detecção (D); a partir destas avaliações, calculou-se o risco de cada componente, multiplicando estas grandezas. O Quadro 9 apresenta os resultados dos riscos calculados.

Quadro 9 - Cálculo do risco para componentes da Enchedora, subconjunto mecânico

Matriz FMEA					
Conjunto	Componente	O	S	D	Risco
Cuba da enchedora	Vedação da válvula de enchimento	5	7	6	210
Cuba da enchedora	Aba cônica	6	9	3	162
Cuba da enchedora	Válvulas de enchimento	6	6	5	180
Cuba da enchedora	Eixo central	7	8	3	168
Cuba da enchedora	Vedação da agulha	8	7	3	168
Cuba da enchedora	Borracha da tulipa	10	7	2	140
Cuba da enchedora	Vedação da borboleta	4	8	4	128
Cuba da enchedora	Borboletas	7	5	2	70
Cuba da enchedora	Vedação do Sniff	5	5	3	75
Cuba da enchedora	Régua de alívio	6	3	3	54
Cuba da enchedora	Instrumentos de Medição	3	4	4	48

Fonte: Do autor (2021).

Para os componentes avaliados com risco igual ou superior a 80, discutiu-se pontualmente as ações a serem implantadas, para redução deste índice. As ações foram apontadas e tratadas pelos responsáveis. O Quadro 10 apresenta as ações

implantadas, e o novo cálculo do risco, realizado considerando a execução das ações. A coluna Risco refere-se ao risco que o componente representava, com a estratégia de manutenção anterior; a coluna Risco' representa o novo risco oferecido pelos componentes, após execução das ações levantadas através da FMEA e implementação das novas estratégias de manutenção.

Quadro 10 - Ações, responsáveis e recálculo do risco para componentes da Enchedora, subconjunto mecânico

Matriz FMEA											
Conjunto	Componente	O	S	D	Risco	Ações recomendadas	Responsável Ação	O	S	D	Risco'
Cuba da enchedora	Vedação da válvula de enchimento	5	7	6	210	Manutenção semestral	PCM	2	7	6	84
Cuba da enchedora	Aba cônica	6	9	3	162	Manutenção semestral	PCM	3	9	3	81
Cuba da enchedora	Válvulas de enchimento	6	6	5	180	Manutenção semestral	PCM	2	7	6	84
Cuba da enchedora	Eixo central	7	8	3	168	Manter 11 gaxetas novas em estoque	Suprimentos	5	6	3	90
Cuba da enchedora	Vedação da agulha	8	7	3	168	Fazer troca a cada 3 meses	PCM	3	7	3	63
Cuba da enchedora	Borracha da tulipa	10	7	2	140	Manutenção semestral	PCM	4	7	2	56
Cuba da enchedora	Vedação da borboleta	2	8	8	128	Deixar um conjunto de vedações da borboleta em estoque	Suprimentos	2	5	8	80
Cuba da enchedora	Borboletas	7	5	2	70	-	-	7	5	2	70
Cuba da enchedora	Vedação do Sniff	5	5	3	75	-	-	5	5	3	75
Cuba da enchedora	Régua de alívio	6	3	3	54	Trocar material para UHMW	Suprimentos	6	3	3	54
Cuba da enchedora	Instrumentos de Medição	3	4	4	48	-	-	3	4	4	48

Fonte: Do autor (2021).

Com a execução dos planos de ação, verificou-se que os novos riscos calculados ficaram dentro dos critérios de aceitação; em alguns casos, a estratégia de

manutenção em si não foi alterada, mas atualizou-se o estoque de peças e conjuntos, para que atenda a necessidade de rápido reparo, no caso de quebra. Na maioria dos casos, realizou-se a revisão da periodicidade, de manutenção anual, para semestral. Para todas as ações tomadas, analisou-se a relação custo *versus* benefício, a fim de decidir em quais situações o custo de estocagem de peças e execução de manutenção corretiva seria menor que o custo de uma parada de produção programada. Por fim, definiu-se as estratégias de manutenção, tarefas, responsáveis e frequências de atuação, conforme apresenta o Quadro 11.

Quadro 11 - Estratégia, tarefa, responsável e periodicidade para componentes da Enchedora, subconjunto mecânico

Matriz FMEA						
Conjunto	Componente	Estratégia	Tarefa	Responsável pela tarefa	Intervalo entre tarefas	Dias
Cuba da enchedora	Vedação da válvula de enchimento	Preventiva - Substituição programada	Manutenção preventiva: Substituição programada	Operador de máquina	6 meses	180
Cuba da enchedora	Aba cônica	Preventiva - Substituição programada	Manutenção preventiva: Substituição programada	Operador de Máquina	6 meses	180
Cuba da enchedora	Válvulas de enchimento	Preventiva - Substituição programada	Manutenção preventiva: Substituição programada	Operador de máquina	6 meses	180
Cuba da enchedora	Eixo central	Preventiva - Recuperação programada	Manutenção preventiva - Recuperação programada	Técnico de manutenção	4 anos	1460
Cuba da enchedora	Vedação da agulha	Preventiva - Substituição programada	Manutenção preventiva: Substituição programada	Operador de máquina	3 meses	90
Cuba da enchedora	Borracha da tulipa	Preventiva - Substituição programada	Manutenção preventiva: Substituição programada	Técnico de manutenção	6 meses	180
Cuba da enchedora	Vedação da borboleta	Preventiva - Substituição programada	Manutenção preventiva: Substituição programada	Operador de máquina	1 ano	365
Cuba da enchedora	Borboletas	Preventiva - Substituição programada	Manutenção preventiva: Substituição programada	Técnico de manutenção	1 ano	365

Cuba da enchedora	Vedação do Sniff	Preventiva - Substituição programada	Manutenção preventiva: Substituição programada	Operador de máquina	1 ano	365
Cuba da enchedora	Régua de alívio	Corretiva - Correção após a falha	Corretiva: Recuperação após a falha	Operador de máquina	Após a falha	9999
Cuba da enchedora	Instrumentos de Medição	Preditiva - Substituição baseada na condição	Manutenção preventiva: Calibração programada	Terceiros	1 ano	365

Fonte: Do autor (2021).

Concluída construção da FMEA, informatizou-se as informações e estratégias de manutenção definidas, inserindo as informações no sistema ERP da empresa. Desta forma, possibilitou-se que a equipe de PCM acesse de forma automatizada as ordens de serviço, baseadas na periodicidade definida, juntamente com a ficha método, que é o detalhamento das atividades a serem realizadas durante a manutenção.

Criou-se planos de manutenção para atividades preventivas e preditivas, gestão de estoque, manutenções corretivas planejadas e manutenções corretivas emergenciais. A importação da FMEA para o ERP seguiu os seguintes passos: a) indexou-se todos os componentes do conjunto do equipamento, para criar um plano preventivo que abranja todos estes, resumindo em poucos planos de manutenção a necessidade real do equipamento; b) cadastrou-se ou atualizou-se o conjunto, subconjunto ou componente do equipamento; c) cadastrou-se ou atualizou-se a preventiva; d) atrelou-se o equipamento à respectiva tarefa de preventiva, montando assim um plano de manutenção; e) informou-se ao plano de manutenção todas as informações contidas na FMEA; f) criou-se ou atualizou-se a ficha método; g) alocou-se os materiais necessários para realização das atividades; h) e alocou-se recursos de mão de obra. As informações requeridas pelo sistema, para que possam ser gerados os planos de manutenção, são detalhadas no Quadro 12.

Quadro 12 - Principais informações de parametrização do software de manutenção

Informações de parametrização CMMS						
Equipamento	Plano de Manutenção	Periodicidade	Quem faz	Tempo de execução	O que deve ser feito	Recursos necessários
Identificação / TAG	Descrição resumida do plano	Em dias ou horas de funcionamento	Profissional(is) que vai realizar as atividades	Em horas	Descrição das atividades de forma detalhada	Materiais que serão utilizados

Fonte: Do autor (2021).

Com estas informações cadastradas no sistema, o próprio *software* de manutenção (CMMS) passou a realizar a gestão do plano de manutenção, visto são estas as principais informações necessárias para o planejamento das datas das atividades, executor, tempo previsto, o que deve ser feito e recursos necessários.

4.5 Implementação do pilar de Manutenção Planejada da TPM

Procedeu-se a implementação do pilar de Manutenção Planejada seguindo a metodologia e sequenciamento de atividades desenvolvido até aqui. Um dos pontos relevantes desta implementação é que fosse realizada de forma estruturada, padronizada e pautada por metodologias sólidas e comprovadamente eficazes.

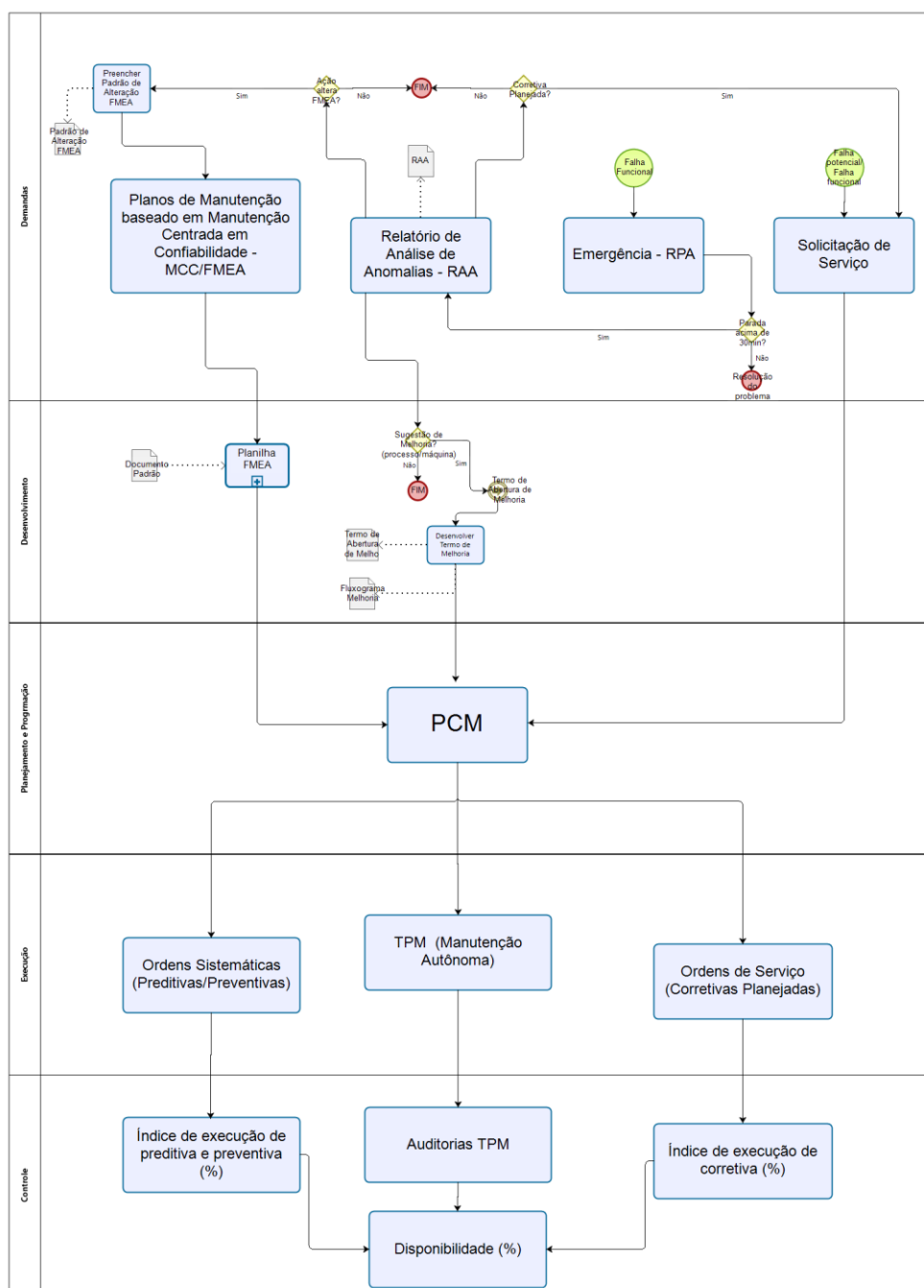
Um ponto observado na implantação desta pesquisa é a integração entre os Pilares da TPM e a MCC, já que atividades operacionais e de baixa complexidade, que estão inseridas no Pilar Manutenção Autônoma (lubrificação, fixação e reaperto, verificação e limpeza) também são mapeadas e definidas na ocasião de construção da FMEA.

Neste trabalho, preocupou-se também com a padronização dos processos e dos métodos para alteração e atualização das ferramentas construídas, e que sustentam o pilar. Para esta construção, preocupou-se em provocar questionamentos para instigar se houve deficiência na aplicação da atual estratégia, com o intuito de exigir requisitos antes de alterar a estratégia. Nestes casos, também encontramos possibilidades de melhoria em outros pilares, como o de Capacitação e o de

Manutenção Autônoma, por exemplo. Os padrões elaborados como resultados deste trabalho são apresentados nos Apêndices A e B.

Construiu-se também o fluxograma do pilar de manutenção planejada, que detalha as demandas, desenvolvimento, planejamento e programação, execução e controle das atividades de manutenção (Figura 11).

Figura 11 - Fluxograma pilar de Manutenção Planejada da TPM



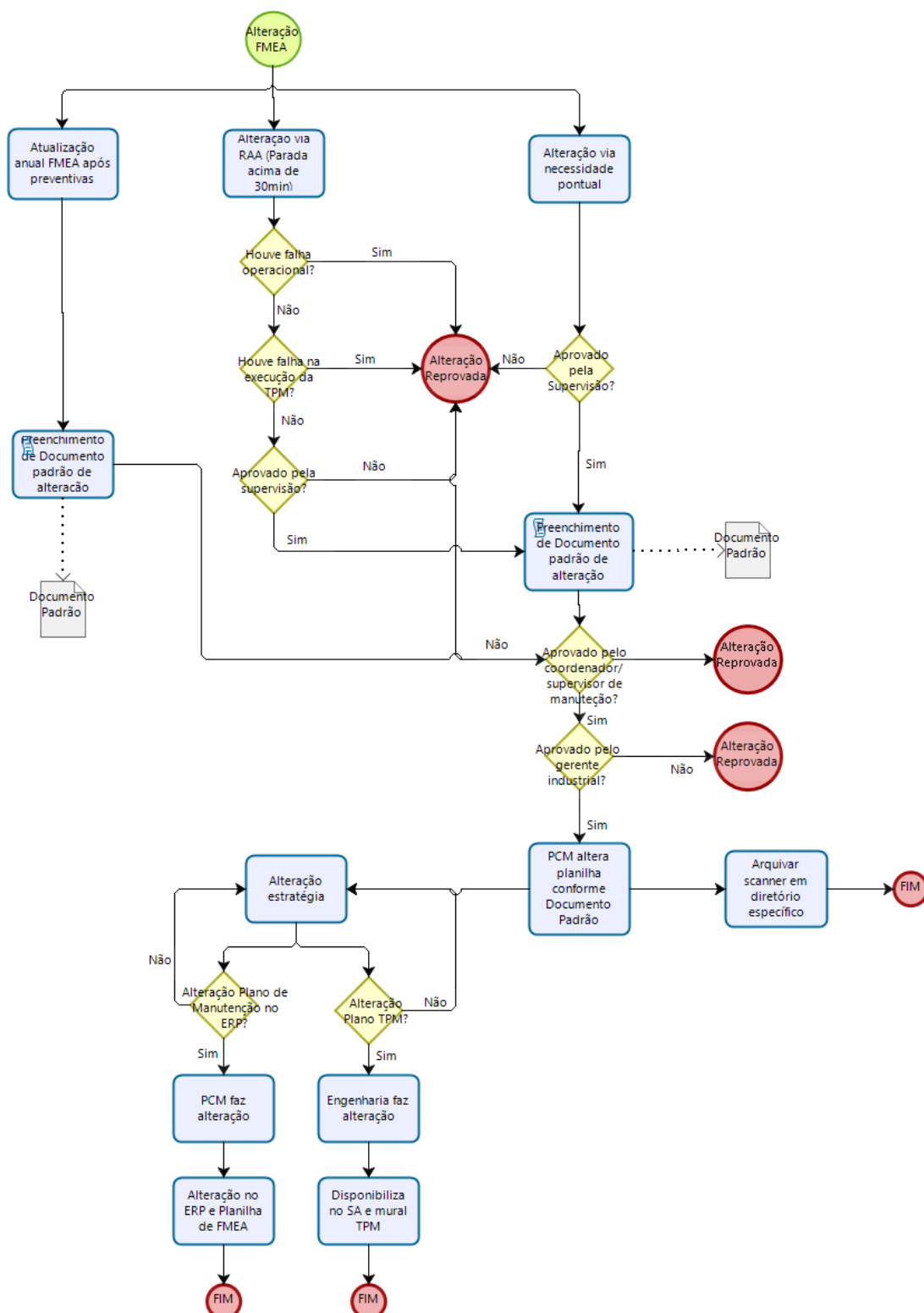
Fonte: Do autor (2021).

A quadrante de demandas demonstra as entradas de serviços para a manutenção. Estas demandas podem surgir da seguinte forma:

- a) Por planos de manutenção, que são os planos definidos na FMEA, com periodicidade definida e gerados automaticamente pelo ERP. São manutenções periódicas/preventivas;
- b) Por solicitação de serviço, que normalmente são manutenções corretivas planejadas; estas, na maioria das vezes, são realizadas pelos operadores de máquina;
- c) Manutenções emergenciais, que geralmente são pontuais, onde a estratégia de manutenção adotada não foi capaz de mitigar a parada inesperada, mas que são inerentes ao processo fabril. Para tratar estas paradas, em caso de ser superior a trinta minutos, é gerado o Relatório de Análise de Anomalias (RAA) (Anexo A); este documento tem como objetivo analisar a causa raiz e tomar ações para evitar recorrência da falha; neste documento foi incluído um questionamento acerca da adequação da estratégia de manutenção atual; este é um dos gatilhos para alteração / atualização da FMEA. O RAA também pode sugerir a necessidade de manutenções corretivas planejadas.

No quadrante de desenvolvimento, apresenta-se a FMEA como ferramenta em constante desenvolvimento e evolução. Sempre que for identificada a necessidade de alteração da estratégia de manutenção, deve-se seguir o fluxo demonstrado na Figura 12.

Figura 12 - Fluxograma para atualização da FMEA



Fonte: Do autor (2021).

Estabeleceu-se que para que uma alteração na FMEA seja aprovada, deve-se realizar o preenchimento do documento padrão para alteração, conforme Apêndice A.

Neste documento são questionados os motivos da alteração, para que se compreenda se houve falha na estratégia de manutenção, ou erro operacional, ou ainda falha no pilar de manutenção autônoma (lubrificação, reapertos e ajustes). Sendo a mudança aprovada pela gestão de produção e de manutenção, procede-se a alteração dos documentos e planos de manutenção, pela equipe de PCM. Outro gatilho para alteração da FMEA pode ser oriundo das manutenções preventivas, nas quais o técnico, através do relatório de fechamento da atividade, aponta se a condição dos componentes estava de acordo, ou prestes a quebrar; com esta informação, pode-se ajustar a periodicidade de execução do plano.

As atualizações e alterações da FMEA e respectivos planos de manutenção são de responsabilidade da equipe de PCM, que segue fielmente o documento padrão de implementação da FMEA (Apêndice B), construído a partir da implementação desta pesquisa.

No quadrante de planejamento e programação realiza-se a gestão de todas as demandas, na qual a equipe de PCM tem como papel planejar, programar e controlar as atividades da manutenção industrial.

No quadrante de execução, transforma-se as demandas em ordens de serviço, conforme a estratégia pertinente a cada equipamento, e programada pelo PCM. Estas atividades são encaminhadas para a equipe de manutentores ou operadores responsáveis, dependendo da complexidade das atividades.

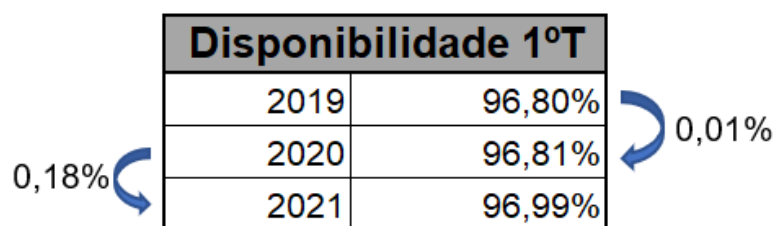
Por fim, medem-se os resultados, através de vários indicadores, sendo que os principais são: disponibilidade, tempo médio entre falhas, tempo médio de reparo e os índices de execução das estratégias.

4.6 Resultados obtidos

O indicador de disponibilidade dos equipamentos que compõem a linha teve uma melhora significativa em relação ao ano anterior, e como as novas estratégias foram implantadas no início deste ano, acredita-se que os resultados devem melhorar ainda mais nos próximos meses. Vale ressaltar que, com a implementação dos outros

pilares da TPM e do indicador OEE, passou-se a apontar também as pequenas paradas que ocorrem na linha de produção, que até então eram desconsideradas nos fechamentos de resultados, o que contribui para a redução do resultado de disponibilidade dos equipamentos. A Figura 13 apresenta os resultados de disponibilidade do primeiro trimestre dos últimos 3 anos. Nota-se que houve evolução no resultado do indicador da linha de produção, mesmo com o agravante mencionado.

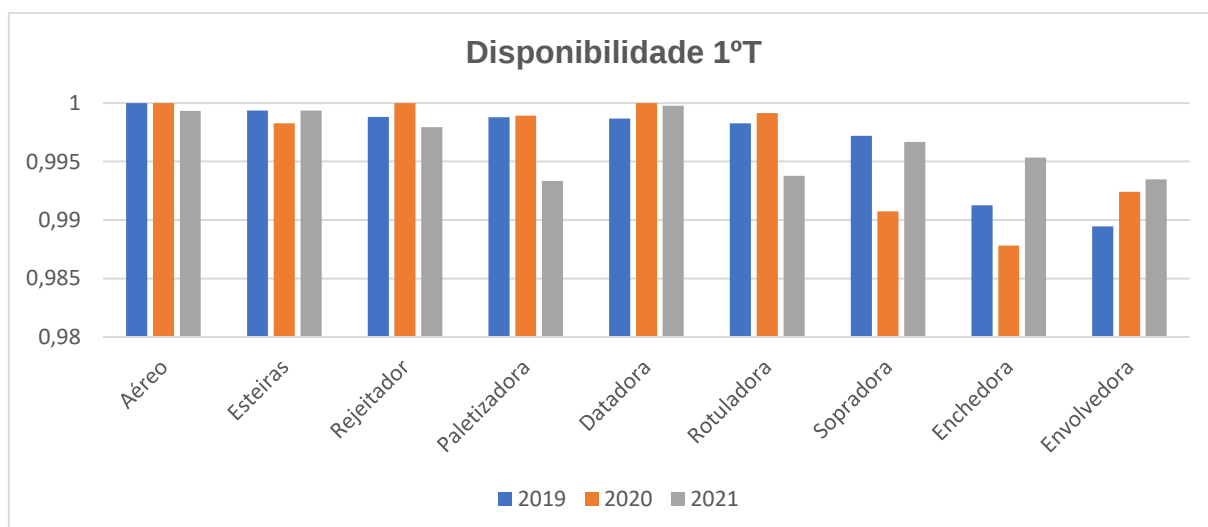
Figura 13 - Disponibilidade comparativa do primeiro trimestre, ano a ano



Fonte: Do autor (2021).

Em relação a disponibilidade individual dos equipamentos, podemos ver na Figura 14 a evolução alcançada após a revisão das estratégias de manutenção. Os resultados mais relevantes foram observados nos equipamentos envolvente, enchedora e sopradora, que são as principais máquinas da linha de produção e tiveram uma dedicação especial na revisão e atualização das estratégias implantadas.

Figura 14 - Disponibilidade comparativa do primeiro trimestre (por equipamento)



Fonte: Do autor (2021).

5 CONCLUSÃO

Com as ações apresentadas nesta monografia, buscou-se aumentar os resultados de disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos, através do índice de execução das estratégias definidas, reduzindo assim os custos de manutenção. A gestão das estratégias passou a ser realizada pela equipe de PCM, com base na metodologia construída a partir desta pesquisa.

Tendo o intuito de analisar as características da TPM e MCC, visando a integração entre as metodologias, foi possível identificar a total integração, no que tange ao referencial técnico, econômico e nas atividades abrangidas por cada metodologia.

Através deste estudo, e a da integração evidenciada, os planos de manutenção passam a ter mais sentido, pois permitem a troca de experiências e o amadurecimento das atividades de TPM, maximizando, assim, os resultados obtidos com sua implementação.

Quanto ao ponto de vista econômico, foi possível comprovar que a utilização das ferramentas propostas pela MCC possibilita que a TPM seja direcionada para a melhor utilização da mão de obra, evitando atividades desnecessárias que impactam em perda de tempo, de recursos materiais, retrabalhos e, por consequência, geram despesas.

Em relação às atividades envolvidas nas duas metodologias, ficou evidente que a MCC auxilia na sustentação do pilar de manutenção planejada. Um exemplo disso são as ferramentas de definição de estratégias e de análise de falhas, fornecendo informações para as práticas de manutenção.

Portanto, baseando-se no desenvolvimento desta monografia, pode-se concluir que a adoção de uma gestão que faça integração da MCC e TPM é uma ótima estratégia para aumentar a competitividade das empresas e melhorar seus resultados, objetivando um gerenciamento mais eficaz dos equipamentos e redução de custos.

Quanto aos indicadores de desempenho, pode-se notar uma melhora importante nos resultados, comparando aos anos anteriores. Isso é devido ao engajamento do time industrial e apoio incondicional da direção e gerência da área na implementação das metodologias e ferramentas aqui apresentadas.

Como sugestão de continuidade a este trabalho, pode-se fazer o estudo de falhas de cada componente. Realizando o apontamento de falhas no *software* de manutenção vinculada ao equipamento e respectiva FMEA, é possível extrair dados de tempo médio de reparo, tempo médio entre falhas e disponibilidade, por componentes. Esta melhoria já está mapeada e planejada pela equipe de PCM, para a futura atualização do CMMS.

REFERÊNCIAS

BRANCO FILHO, Gil. **A Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2008.

FOGLIATTO, Flávio Sanson; RIBEIRO, José Luis Duarte. **Confiabilidade e manutenção industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

GIL, Antonio C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GONÇALVES, Edson. **Manual Básico para Inspetor de Manutenção Industrial**. Rio Janeiro: Ciência Moderna, 2012.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção Função Estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

KARDEC, Alan; XAVIER, Júlio de Aquino Nascif, BARONI, Tarcísio D'Aquino. **Gestão estratégica e técnicas preditivas**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

LAFRAIA, João Ricardo Barusso. **Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

LAKATOS, Eva M.; MARCONI, Marina de A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003. Disponível em:

<http://docente.ifrn.edu.br/olivianeta/disciplinas/copy_of_historia-i/historia-ii/china-e-india/view>. Acesso em: 23 out. 2020.

MORAIS, J. A. L. **Desenvolvimento de uma metodologia de planejamento da manutenção sistemática no âmbito do TPM.** [s. l.], 2013. Disponível em: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.FD16DD76&lang=pt-br&site=eds-live&scope=site>. Acesso em: 11 ago. 2020.

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM Total Productive Maintenance.** São Paulo: IMC, 1989.

NASCIF, Júlio; DORIGO, Luiz Carlos. **Manutenção orientada para resultados.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

PEREIRA, Mário Jorge. **Engenharia de Manutenção – Teoria e Prática.** Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2009.

PEROVANO, Dalton G. **Manual de metodologia da pesquisa científica.** 1 ed. Curitiba: Intersaberes, 2016. Disponível em: <<https://plataforma.bvirtual.com.br/Leitor/Publicacao/37394/pdf>>. Acesso em: 23 out. 2020.

PINTO, Alan Kardec; LAFRAIA, João Ricardo. **Gestão estratégica e confiabilidade.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

RIBEIRO, Haroldo. **A bíblia do TPM: Como maximizar a produtividade na empresa.** Santa Cruz do Rio Pardo: Editora Viena, 2014.

SIQUEIRA, Iony Patriota. **Manutenção centrada na confiabilidade.** Manual de implementação. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

SUZUKI, T. **TPM in process industries.** New York: Productivity Press, 1994.

TAKAHASHI, Yoshikazu; OSADA, Takashi. **TPM/MPT: Manutenção produtiva total**. São Paulo: Instituto IMAM, 2013.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM, planejamento e controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2014.

XENOS, Harilaus Georgius. **Gerenciando a manutenção produtiva**. Nova Lima: INDG tecnologia e serviços, 2004.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Documento padronizado para alteração da FMEA

Equipamento/componente:
Elaborado por:
Motivo da alteração: RAA () Necessidade pontual ()
Data de aprovação: / /
Motivo da alteração: Inclusão de estratégia/componente () Alteração de estratégia ()
Houve falha operacional?
Houve falha na execução da TPM?
Assinatura supervisão:
Assinatura solicitante:
Motivo(s) da alteração
Objetivo(s) da alteração
Por que a estratégia atual não atende?

Considerações sustentáveis
- Econômico
- Social
- Ambiental
Riscos assumidos:

APÊNDICE B – Padrão estabelecido para elaboração da FMEA

Para a elaboração da FMEA, é de grande importância, a reunião de documentos para servir de suporte para o estudo.

A FMEA deve ser composta pelos seguintes itens:

- **Cabeçalho:** particular de cada organização, contém informações a respeito da equipe responsável pelo estudo, data e número da FMEA, revisão e demais informações para posterior rastreabilidade.
- **Item/função:** Se inicia pela análise dos componentes, descrevendo o nome do componente e sua função. A correta descrição da função dos componentes vai auxiliar na identificação da falha, levando em consideração que as falhas acontecem pelo não cumprimento das funções especificadas.
- **Modos potenciais de falha:** É a análise da função e como o item pode falhar em atender a função descrita na coluna anterior. Pode ser construída com base na experiência da equipe multidisciplinar, importante estimular a participação de todos da equipe.
- **Efeitos potenciais de falha:** são os problemas resultantes dos modos de falha. Deve-se descrever em função do que se pode observar. Os principais efeitos observados são: ruído, vibração, folga, falta de operação etc.
- **Classificação:** utilizada para descrever características do item que tem possibilidade de requerer um controle especial, como por exemplo, crítico para a segurança ou qualidade.
- **Causas/mecanismos potenciais da falha:** considera-se uma das etapas com maior importância do estudo, nesta a busca pela causa raiz do problema deve contar com o trabalho em equipe e trabalho sistemático. A descrição da causa deve ser de forma precisa e completa, com objetivo de facilitar os esforços de correção e melhorias do projeto. Devem ser listadas, no que for possível, as causas que possuem alguma probabilidade de ocorrência.
- **Controles de prevenção e detecção:** nesta etapa, lista-se as atividades que garantem a robustez do projeto. São as atividades que mitigam a probabilidade de ocorrência do modo de falha.

- **Severidade (S):** é realizada uma análise quantitativa do efeito potencial da falha. A severidade é medida em uma escala de 1 a 10, onde 1 significa um baixo impacto e 10 significa um efeito muito severo.

Severidade do efeito		Escala
Muito alta	Quando compromete a segurança da operação ou envolve infração a regulamentos governamentais	10
Alta	Quando provoca alta insatisfação do cliente, por exemplo, um veículo ou aparelho que não opera, sem comprometer a segurança ou implicar infração	9
		8
Moderada	Quando provoca alguma insatisfação, devido à queda do desempenho ou mal funcionamento de partes do sistema	7
		6
Baixa	Quando provoca uma leve insatisfação, o cliente observa apenas uma leve deterioração ou queda no desempenho	5
		4
Mínima	Falha que afeta minimamente o desempenho do sistema, e a maioria dos clientes talvez nem mesmo note sua ocorrência	3
		2
		1

- **Ocorrência (O):** evidencia a probabilidade da causa/mecanismo potenciais da falha ocorrer. Geralmente para ocorrer uma modificação na probabilidade de ocorrência de um item, realiza-se alguma alteração no projeto. A escala de probabilidade de ocorrência deve ser de 1 a 10, sendo que 1 representa uma mínima probabilidade e 10 uma probabilidade muito alta.

Ocorrência de falha	Taxa de falha	Escala
Muito alta	Falhas quase inevitáveis	100/1000
		50/1000
Alta	Falhas ocorrem com frequência	20/1000
		10/1000
Moderada	Falhas ocasionais	5/1000
		2/1000
		1/1000
Baixa	Falhas raramente ocorrem	0,5/1000
		0,1/1000
Mínima	Falhas muito improváveis	0,01/1000

- **Deteção (D):** nesta coluna é estabelecida a probabilidade dos atuais controles identificarem a causa ou modo potencial de falha antes do equipamento ser liberado para a produção. Com uma escala de 1 a 10, sendo que 1 representa uma situação muito desfavorável e 10 representa uma alta probabilidade de detecção.

Possibilidade de detecção		Escala
Muito Remota	O PVP não irá detectar esse modo de falha, ou não existe PVP	10
Remota	O PVP provavelmente não irá detectar esse modo de falha	9
		8
Baixa	Há uma baixa probabilidade do PVP detectar o modo de falha	7
		6
Moderada	O PVP pode detectar o modo de falha	5
		4
Alta	Há uma alta probabilidade do PVP detectar o modo de falha	3
		2
Muito Alta	É quase certo que o PVP irá detectar esse modo de falha	1

- **Risco (R):** com objetivo de priorizar as ações de correção e melhoria, calcula-se o risco, que é o resultado da multiplicação dos resultados da análise de severidade, ocorrência e detecção: $R = S * O * D$. Devem-se concentrar os esforços nos itens que possuem um risco maior.
- **Ações recomendadas:** as ações recomendadas devem ter impacto sobre a severidade do efeito da falha, probabilidade de ocorrência ou a probabilidade de não detecção.
- **Responsável e data para a ação:** mesmo que a ação seja executada por uma equipe maior, recomenda-se que seja indicado um indivíduo responsável pela execução. Também deve conter a data para a realização da ação.
- **Ações efetuadas:** deve constar uma descrição resumida das ações de correção e melhorias implantadas, bem como a data da realização.
- **Risco resultante (R'):** Depois de ter identificado as ações corretivas, mas antes de serem executadas, deve-se fazer uma nova análise de risco, levando em consideração um novo cenário, estimando os resultados que serão obtidos com as ações recomendadas. Se caso nenhuma ação seja prevista, as últimas colunas devem ficar em branco.

ANEXOS

ANEXO A – Relatório de Análise de Anomalias (RAA)

(continuação)

		TPM MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL		RELATÓRIO DE ANÁLISE DE ANOMALIAS (RAA)						Documento: FO01.TPM		
										Revisão atual: 07		
										Página: 1 de 2		
										Aprovação: 06/2021		
IDENTIFICAÇÃO	1) RAA Nº:		2) MÁQUINA/TAG:				3) DATA: / /				7) OCORRÊNCIAS	
	4) LINHA:		5) IDENTIFICADO POR:				DATA		INÍCIO		FIM	
	6) DESCRIÇÃO DA ANOMALIA:		1º		/		:		:			
			2º		/		:		:			
			3º		/		:		:			
			4º		/		:		:			
			5º		/		:		:			
	8) TIPO DAS PERDAS QUE GEROU:		() QUEBRA		() AJUSTES		() PEQUENAS PARADAS		() ESPERA			
			() REDUÇÃO DE VELOCIDADE		() RETRABALHO / PRODUTO DEFETUOSO							
	9) COMO A ANOMALIA FOI DESCOBERTA:											
10) ESSA ANOMALIA JÁ OCORREU ANTERIORMENTE?		() SIM		() NÃO		11) QUANDO?						
11.1) HAVIA SOLICITAÇÃO DE SERVIÇO?		() SIM		() NÃO		11.2) NÚMERO SOLICITAÇÃO:						
11.3) QUAL O TIPO DA FALHA?*		() MECÂNICA		() ELÉTRICA		() OPERACIONAL		() EXTERNA		() UTILIDADES		
11.4) CÓDIGO FMEA:												
12) OBSERVAÇÕES:												
TÉCNICO QUE ATENDEU À EMERGÊNCIA:												
13) BUSCA DA CAUSA FUNDAMENTAL												
DIAGRAMA 6M'S												
14) AÇÕES IMEDIATAS PARA RESTABELECER O PROCESSO:												
15) COMO ESSA FALHA PODERIA SER SOLUCIONADA permanentemente?												
16) A ANOMALIA FOI SOLUCIONADA DEFINITIVAMENTE? () SIM () NÃO												
17) DATA: / /												
VISTOS	SUPERVISOR:	Op. 1:	TPM:									
	Op. 2:	Op. 3:										

(conclusão)

	RELATÓRIO DE ANÁLISE DE ANOMALIAS (RAA)	Documento: FO01.TPM
		Revisão atual: 07
		Página: 2 de 2
		Aprovação: 06/2021

Causas	13.1) 5 Porquês				
* Medida	1.	4.			
	2.	5.			
	3.				
* Mão de obra	1.	4.			
	2.	5.			
	3.				
* Método	1.	4.			
	2.	5.			
	3.				
* Meio Ambiente	1.	4.			
	2.	5.			
	3.				
* Máquina	1.	4.			
	2.	5.			
	3.				
* Matéria prima	1.	4.			
	2.	5.			
	3.				
18) PLANO DE AÇÃO					
O QUÊ:	COMO:	QUEM:	QUANDO:	STATUS:	Nº O.S
OBSERVAÇÕES:					