



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de
Computação



ANA PAULA RODRIGUES CORREIA

MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE – UM ESTUDO DE CASO

GOIÂNIA
2019

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR
VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES
NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico:

[] Dissertação [] Tese [x] monografia

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

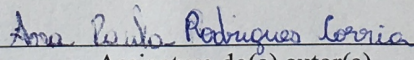
Nome completo do autor: Ana Paula Rodrigues Correia

Título do trabalho: MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE – UM ESTUDO DE CASO

3. Informações de acesso ao documento:

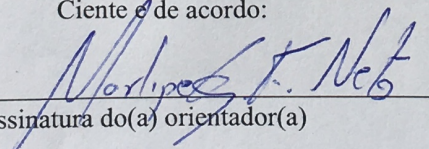
Concorda com a liberação total do documento [X] SIM [] NÃO

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.



Assinatura do(a) autor(a)

Ciente e de acordo:


Assinatura do(a) orientador(a)

Data: 24 / 07 / 2019

ANA PAULA RODRIGUES CORREIA

MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE – UM ESTUDO DE CASO

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito para a conclusão do curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Goiás.

Universidade Federal de Goiás – UFG
Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação
Bacharelado em Engenharia Mecânica

Orientador: Prof. Dr. Marlipe Garcia Fagundes Neto

GOIÂNIA

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Correia, Ana Paula Rodrigues
Manutenção Centrada em Confiabilidade: um estudo de caso
[manuscrito] / Ana Paula Rodrigues Correia. - 2019.
68 f. : il.

Orientador: Prof. Marlipe Garcia Fagundes Neto.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação (EMC), Engenharia Mecânica, Goiânia, 2019.
Bibliografia. Anexos. Apêndice.
Inclui siglas, abreviaturas, gráfico, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Manutenção. 2. Confiabilidade. 3. Eficiência. 4. Falha funcional.
I. Fagundes Neto, Marlipe Garcia, orient. II. Título.

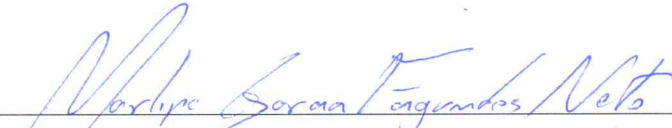
CDU 621

ANA PAULA RODRIGUES CORREIA

MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE – UM ESTUDO DE CASO

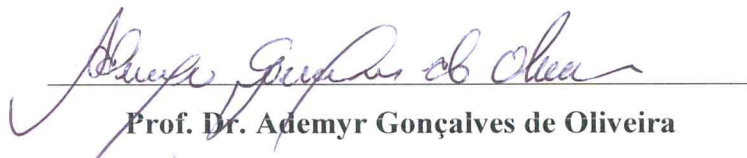
Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito para a conclusão do curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Goiás – Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação.

Trabalho aprovado. Goiânia, 15 de julho de 2019



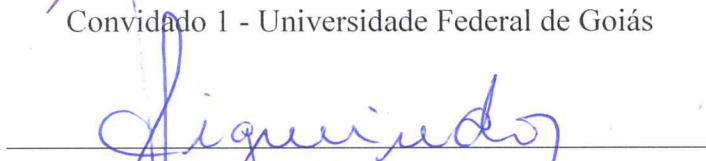
Prof. Dr. Marlipe Garcia Fagundes Neto

Orientador - Universidade Federal de Goiás



Prof. Dr. Ademyr Gonçalves de Oliveira

Convidado 1 - Universidade Federal de Goiás



Prof. Dr. Kléber Mendes de Figueiredo

Convidado 2 - Universidade Federal de Goiás

GOIÂNIA - GO

2019

Este trabalho é dedicado à minha mãe Eliane, à minha avó Juraci, e aos meus irmãos Pedro Paulo, Lucas e Maria Eduarda, que sempre me apoiaram e me incentivaram nessa caminhada!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem ele eu não teria forças para essa longa jornada; agradeço a todos os professores do curso, que foram tão importantes na minha vida acadêmica; e aos meus colegas que me acompanharam ao longo dos anos e das dificuldades. Agradeço em especial ao Professor Marlipe, que tanta ajuda forneceu para que este trabalho fosse concluído com o êxito esperado.

Agradeço ainda aos profissionais da empresa onde foi realizado o estudo, em especial aos técnicos Edon e Nelson, aos operadores Gedeon e Gilmar, ao supervisor Carlos Eduardo, e ao gerente Tiago Fittipaldi, essenciais para o sucesso do projeto.

Por fim, agradeço à minha mãe, pela força e incentivo em todos os momentos, inclusive nos momentos de dificuldade no decorrer do curso e do desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

A Manutenção Centrada em Confiabilidade, da sigla em inglês RCM, é uma metodologia estratégica baseada nos estudos de confiabilidade para definir atividades de adequadas para manutenção de sistemas, garantido a conservação de suas funções e evitando falhas funcionais. Nesse sentido, o propósito deste trabalho foi analisar, mediante revisão da literatura e aplicação da metodologia em um equipamento, a sistemática da implantação da RCM, auxiliando na capacitação de profissionais para atuação nessa área. Pode-se constatar que a metodologia estudada apresentou resultados positivos, com a elaboração de um plano de manutenção mais específico e eficaz para o equipamento avaliado, possibilitando uma evolução na eficiência do mesmo. Verificou-se também a dificuldade dos profissionais na aplicação dos conceitos relacionados à metodologia RCM, tornando válido o objetivo de capacitação deste trabalho.

Palavras-chave: Manutenção. Confiabilidade. Eficiência. Falha funcional.

ABSTRACT

Reliability Centered Maintenance (RCM) is a strategic methodology based on reliability studies to define appropriate maintenance activities for a system, ensuring the preservation of their functions and avoiding functional failures. In this sense, the purpose of this work was to analyze, through review of the literature and application of the methodology in an equipment, the systematic of the implementation of RCM, helping in the professional qualification to work in this area. It can be verified that the methodology studied presented positive results, with the construction of a more specific and effective maintenance plan for the evaluated equipment, allowing an evolution in the efficiency of it. It was also verified the difficulty faced by professionals in the application of the concepts related to the RCM methodology, making valid the qualification objective of this work.

Keywords: Maintenance. Reliability. Efficiency. Functional failure.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tipos de Manutenção – conforme adaptação de Monchy (1989).....	19
Figura 2 – Árvore Lógica de Decisão.....	24
Figura 3 – Diagrama de Seleção de Tarefas.....	25
Figura 4 – Etapas da implantação da metodologia RCM.....	28
Figura 5 – Exemplo da planilha de descrição do sistema.....	31
Figura 6 – Exemplo da planilha de seleção de itens críticos.....	32
Figura 7 – Exemplo da planilha FMEA.....	33
Figura 8 – Exemplo da planilha de seleção de tarefas de manutenção.....	33
Figura 9 – Estrutura da área de Engenharia.....	36
Figura 10 – Estrutura organizacional da área de produção.....	37
Figura 11 – Diagrama de Pareto de ineficiência da linha de envase de refrigerantes.....	39
Figura 12 – Análise de modo de falha por componentes da (a) sopradora e (b) enchedora.....	40
Figura 13 – Eficiência da Sopradora no período do estudo.....	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Planilha de descrição do sistema da sopradora de garrafas.....	41
Quadro 2 – Planilha de seleção dos itens críticos do Silo e Elevador de Pré-formas.	43
Quadro 3 – Planilha de Análise dos Modos e Efeitos de Falhas - FMEA.....	45
Quadro 4 – Planilha de seleção de tarefas de manutenção do Sistema de Transmissão da Sopradora – Parte 1.....	47
Quadro 5 – Planilha de seleção de tarefas de manutenção do Sistema de Transmissão da Sopradora – Parte 2.....	48
Quadro 6 – Tarefas operacionais do plano de manutenção RCM.	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
GPA	Grupo de Pronto Atendimento.
FMEA	Análise dos Modos de Falha e Efeitos.
FTA	Análise da Árvore de Falhas.
NBR	Norma Brasileira Registrada
PCM	Planejamento de Controle da Manutenção.
RCFA	Análise da Causa Raiz da Falha.
RCM	Manutenção Centrada em Confiabilidade
TDBT	Tarefa de Descarte Baseada no Tempo.
TIR	Tarefa de Inspeção Rotineira.
TMBC	Tarefa de Monitoramento Baseada nas Condições.
TOF	Tarefa de Operar até a Falha.
TPM	Manutenção Produtiva Total
TRBT	Tarefas de Restauração Baseada no Tempo.
TVF	Tarefa de Verificação Funcional.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 OBJETIVOS.....	15
1.2 JUSTIFICATIVA.....	15
1.3 MÉTODO DE PESQUISA.....	16
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 MANUTENÇÃO INDUSTRIAL.....	18
2.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO.....	19
2.3 MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE - RCM.....	21
2.3.1 Ferramentas de Suporte à Manutenção Centrada em Confiabilidade.....	22
3 METODOLOGIA PROPOSTA.....	27
3.1 ETAPA 1 – PREPARAÇÃO DO ESTUDO.....	28
3.2 ETAPA 2 – SELEÇÃO DO SISTEMA.....	29
3.3 ETAPA 3 – ANÁLISE DAS FUNÇÕES E FALHAS FUNCIONAIS.....	30
3.4 ETAPA 4 – SELEÇÃO DOS ITENS CRÍTICOS DO SISTEMA.....	31
3.5 ETAPA 5 – ANÁLISE DOS MODOS DE FALHAS E SEUS EFEITOS.....	32
3.6 ETAPA 6 – SELEÇÃO DAS TAREFAS DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA.....	33
3.7 ETAPA 7 – DETERMINAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO.....	34
4 ESTUDO DE CASO – IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE EM UM EQUIPAMENTO.....	35
4.1 O ANTIGO SISTEMA DE GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO DA EMPRESA.....	35
4.2 O NOVO SISTEMA DE GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO DA EMPRESA.....	37
4.3 IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE.....	38
4.3.1 Preparação do estudo.....	38
4.3.2 Seleção do Sistema.....	39
4.3.3 Análise das Funções e Falhas Funcionais.....	41
4.3.4 Seleção dos Itens Críticos do Sistema.....	43

4.3.5	Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos	44
4.3.6	Seleção das Tarefas de Manutenção Preventiva	46
4.3.7	Determinação do Plano de Manutenção	49
4.4	COMPARAÇÃO ENTRE OS PLANOS DE MANUTENÇÃO	50
4.5	EXECUÇÃO DO NOVO PLANO	51
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
	REFERÊNCIAS	55
	APÊNDICES	57
	APÊNDICE A – PLANO DE TRABALHO	58
	ANEXOS	60
	ANEXO A – LISTAGEM DOS ITENS CRÍTICOS DA SOPRADORA DE GARRAFAS	61
	ANEXO B – PLANO DE MANUTENÇÃO ATUAL	64
	ANEXO C – PLANO DE MANUTENÇÃO PROPOSTO PELA METODOLOGIA RCM	66

1 INTRODUÇÃO

O mundo capitalista e globalizado acarreta o acirramento da competitividade no ambiente industrial, provocando transformações nos sistemas produtivos. A inovação tecnológica e o crescimento da produção mecanizada têm permitido a produção em larga escala, com aumento também na qualidade dos produtos e na redução de custos da produção.

Para garantir a qualidade do processo, é necessário o bom desempenho das máquinas, produzindo de forma constante e sem afetar a segurança humana e a integridade ambiental. A utilização de máquinas mais robustas, com maiores potências e automatização, e a necessidade de se produzir com qualidade, torna a gestão estratégica da manutenção um fator de grande importância.

Atualmente, a manutenção é considerada de forma estratégica, devendo ser eficiente e eficaz, como afirmam Kardec e Nasif (2009), em termos de confiabilidade, disponibilidade, custo e qualidade. Fogliatto e Ribeiro (2009) definem confiabilidade como a probabilidade de um item desempenhar adequadamente sua função por um período de tempo predeterminado, enquanto a disponibilidade prevê o funcionamento adequado mediante manutenção apropriada. Xenos (1998) prevê qualidade como uma combinação de fatores, com menor variabilidade possível, que tornam possível a satisfação dos clientes, sentida através de um valor. Os fatores que compõem a qualidade total são qualidade intrínseca, entrega e custo. Na maioria das vezes, o valor sentido pelos consumidores aumenta diretamente com a qualidade intrínseca melhor e com a entrega mais rápida, e inversamente com o custo mais baixo.

Kardec e Nasif (2009), um dos objetivos da gestão da manutenção é maximizar a produção com o menor custo e a mais alta qualidade, sem descumprir normas de segurança e causar danos ao meio ambiente. Portanto, novas estratégias, tecnologias e metodologias de manutenção são utilizadas nas empresas de ponta, na busca de um melhor gerenciamento dos custos associados à manutenção. Os métodos mais utilizados atualmente na gestão estratégica da manutenção são a Manutenção Centrada em Confiabilidade, RCM, e a Manutenção Produtiva Total, TPM.

Nesse contexto, o presente trabalho aborda a gestão da manutenção através da metodologia da Manutenção Centrada em Confiabilidade, RCM.

1.1 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é apresentar os conceitos relacionados à Manutenção Centrada em Confiabilidade e sua metodologia de implantação, possibilitando a capacitação através de uma análise crítica dos planos de manutenção propostos ao final do estudo.

Em termos de objetivos específicos, pretende-se:

- Compreender os conceitos relacionados à ciência de manutenção, abordando a evolução das atividades e dos resultados esperados.
- Identificar os principais conceitos dos termos função e falha funcional, com ênfase na metodologia da Manutenção Centrada em Confiabilidade;
- Apresentar o modelo de implantação da Manutenção Centrada em Confiabilidade, identificando suas principais características e dificuldades;
- Apresentar as diferentes estratégias de gerenciamento da manutenção adotadas em uma empresa de bebidas, fazendo uma comparação das estruturas básicas;
- Aplicar a metodologia RCM em um equipamento da empresa de bebidas, avaliando a evolução da eficiência do sistema após implantação do plano de manutenção proposto ao final do estudo.

1.2 Justificativa

Diante da alta competitividade do mercado, para assegurar a qualidade dos produtos e produtividade das empresas, torna-se necessária uma estratégia de manutenção bem elaborada, com planos de manutenção eficazes. Para isso, é necessário ter profissionais qualificados, que se utilizem das mais modernas ferramentas disponíveis para análises críticas e resultados eficientes. Uma dessas ferramentas é a Manutenção Centrada em Confiabilidade.

Nesse sentido, é importante o estudo da metodologia RCM, conceitos básicos e etapas de implantação. Esta é uma metodologia recém introduzida no setor industrial, portanto ainda há pouco material bibliográfico abordando a sua implementação prática, o que motivou o desenvolvimento do presente trabalho.

1.3 Método de Pesquisa

O ponto de partida de uma pesquisa científica é a determinação do objetivo e do tipo de abordagem, quantitativa ou qualitativa, de acordo com Freitas e Jabbour (2011). A abordagem qualitativa busca a identificação das características de situações e organizações, enquanto a pesquisa quantitativa possibilita a mensuração de opiniões, atitudes e reações por meio de uma amostra estatística. Ambos os métodos não são excludentes, sendo frequentemente utilizados concomitantemente em estudos de caso.

Segundo Yin (2005, p. 32), “o estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real” (apud Freitas e Jabbour, 2011, p. 11). Dessa forma, o estudo é uma descrição analítica de uma situação in-loco, e o método de estudo de caso serve de guia para o desenvolvimento de procedimentos, com finalidade de obter novas descobertas, sendo apropriada a responder a questões do tipo “como” e “por que”.

A análise dos objetivos deste trabalho conduziu a elaboração de algumas questões básicas estudo:

- Quais os métodos de implementação da RCM e suas características?
- Como usar o método da RCM em um equipamento?
- Quais as consequências e melhorias com a implementação da metodologia RCM?

A metodologia empregada para a realização deste trabalho consiste, inicialmente, na revisão bibliográfica acerca do tema manutenção industrial e estudos de confiabilidade. Diversos autores tidos como referência no assunto foram estudados profundamente, para que, antes de se iniciar o trabalho, se reunisse o máximo de conhecimento para a implantação da metodologia.

A segunda parte do trabalho é o estudo de caso, onde os conceitos estudados acerca da metodologia RCM foram aplicados em um equipamento de uma indústria de bebidas. Essa etapa consistiu na resposta às perguntas inicialmente levantadas, através da avaliação em campo do equipamento, desenvolvimento do conhecimento técnico necessário sobre as funções desse sistema e análise crítica com o preenchimento das planilhas sugeridas pela bibliografia.

Ao final do estudo, os resultados obtidos foram consolidados no plano de manutenção do equipamento, que foi avaliado em um período de três meses para detectar possíveis erros

ou melhorias. Então, com base nas informações obtidas, elaboram-se as conclusões e as sugestões para futuros trabalhos sobre o tema.

1.4 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho encontra-se dividido em cinco capítulos, sendo este primeiro destinado à contextualização do tema da dissertação, e apresentação dos objetivos, do método utilizado na pesquisa e da estrutura do trabalho.

No segundo capítulo é apresentado o referencial teórico, contendo a base para o desenvolvimento do trabalho. É feita uma breve introdução sobre o histórico da manutenção industrial, juntamente com os conceitos admitidos para o termo. Em seguida, faz-se uma abordagem sobre os principais tipos de manutenção, definições e aplicações. Por fim, é introduzido o conceito de Manutenção Centrada em Confiabilidade, apresentando um breve histórico, principais conceitos e ferramentas utilizadas na metodologia.

No Capítulo 3 é desenvolvida uma análise detalhada da aplicação da metodologia RCM, apresentando as etapas de implantação e as planilhas que devem ser utilizadas no processo.

A implantação da metodologia em um equipamento piloto de uma empresa de bebidas, uma sopradora de garrafas PET, compõe o quarto capítulo. Neste, são apresentadas as planilhas preenchidas na aplicação da metodologia e é realizada uma análise comparativa das tarefas dos planos de manutenção atual e proposto pela RCM.

No Capítulo 5, são apresentadas as conclusões do trabalho bem como sugestões para a realização de trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Manutenção Industrial

De acordo com o dicionário Aurélio, a manutenção pode ser definida como “As medidas necessárias para a conservação ou permanência de alguma coisa ou situação; ou os cuidados técnicos indispensáveis para o funcionamento regular e permanente de motores e máquinas”. Assim, as atividades de manutenção têm a função básica de prolongar a vida útil dos equipamentos evitando a degradação causada pelo uso e consequente desgaste, seja ele natural ou forçado. Alguns autores, como Kardec e Nasif (2009), salientam que a função da manutenção também é preservar o meio ambiente ou, como afirma Moubrey (1997), garantir a segurança humana.

A manutenção teve início com a Segunda Revolução Industrial, na segunda metade do século XIX, quando com o início da mecanização da indústria. Conforme explica Kardec e Nascif (2009), os equipamentos na época eram simples e, em sua maioria, superdimensionados, além de haver pouca preocupação com a produtividade. Por esse motivo, não era necessário planejamento e organização da manutenção, sendo suficientes as atividades de limpeza, lubrificação e reparos após a quebra.

Após a Segunda Guerra Mundial, houve um aumento significativo da mecanização devido a crescente demanda por produtos e a redução da disponibilidade de mão de obra. Como consequência disso, surgiu o conceito de manutenção preventiva, intervenções realizadas em intervalos fixos, e sistemas de planejamento e controle de manutenção.

A partir da década de 70, conforme a crescente automação industrial e difusão do conceito de confiabilidade, foi se tornando necessário o desenvolvimento dos métodos de manutenção, para garantir a disponibilidade das máquinas. Nesse período a manutenção passa a ser vista como ciência e surgem as técnicas preditivas e o processo de Manutenção Centrada em Confiabilidade na indústria aeronáutica.

Aliado ao desenvolvimento da manutenção, uma nova estratégia tem sido praticada nos dias atuais, baseada em confiabilidade e disponibilidade. Existe uma variedade de ferramentas que auxiliam na manutenção estratégica, como Manutenção Produtiva Total – TPM, Gerência da Rotina, Seis Sigma, e Manutenção Centrada em Confiabilidade – RCM. Segundo Kardec e Nasif (2009):

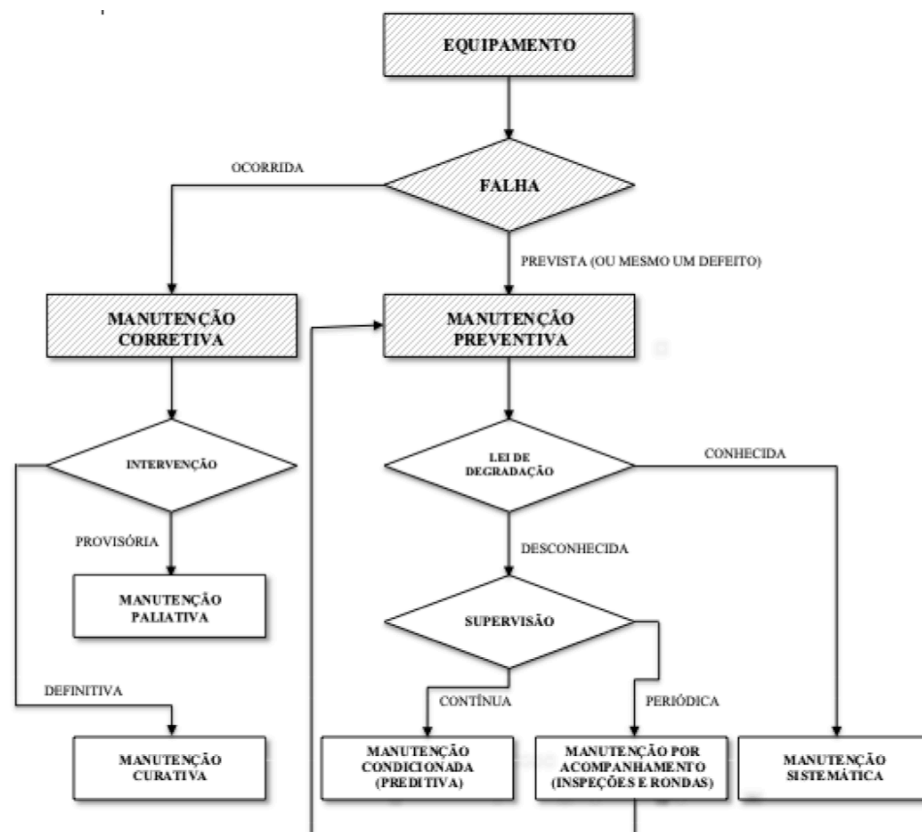
A manutenção, para ser estratégica, precisa estar voltada para os resultados empresariais da organização. É preciso, sobretudo, deixar de ser apenas eficiente para se tornar eficaz; ou seja, não basta, apenas, reparar o equipamento ou instalação tão rápido quanto possível, mas é preciso, principalmente, manter a função do equipamento disponível para a operação, reduzindo a probabilidade de uma parada de produção não planejada (p. 11).

Esta é uma mudança de paradigma, que tem influência direta na qualidade do produto, na produtividade e nos custos envolvidos.

2.2 Tipos de Manutenção

Existem diferentes métodos de manutenção, que expressam a maneira pela qual é realizada a intervenção nos equipamentos, nos sistemas ou nas instalações, afirma Xenos (1998). As principais política de manutenção são: corretiva, preventiva e preditiva. Uma forma de entender os diferentes tipos de utilização, assim como a definição de qual técnica é mais adequada para cada situação, é apresentada na Figura 1.

Figura 1 – Tipos de Manutenção – conforme adaptação de Monchy (1989).



Fonte: Nunes (2001).

A manutenção corretiva é efetuada após a ocorrência de uma falha, sendo a função básica desse método restaurar as condições de funcionamento do equipamento. As corretivas podem ser planejadas ou não planejadas. Manutenções corretivas planejadas fazem parte da estratégia de manutenção, quando for mais vantajoso por custo, segurança ou rapidez. Nesse caso os parâmetros de funcionamento são acompanhados, se há peças sobressalentes com acesso fácil e a falha não provoca uma situação de risco. Por outro lado, as manutenções corretivas não planejadas são situações emergenciais, onde não há tempo para planejamento nem garantia de peças sobressalentes, implicando em alto custo. Um ponto fundamental da manutenção corretiva é a análise da causa fundamental da falha para evitar sua reincidência.

Segundo o conceito abordado por Xenos (1998), a manutenção preventiva é realizada em intervalos predeterminados, destinada a reduzir a possibilidade de falha, sendo a principal atividade de manutenção em qualquer empresa. Esse método de manutenção envolve algumas atividades sistemáticas como limpeza, lubrificação, reaperto, inspeções e troca de peças. A principal vantagem da manutenção preventiva é a diminuição da ocorrência de falhas, aumentando a confiabilidade do equipamento e sua disponibilidade, já que evita paradas inesperadas na produção. As principais desvantagens desse método estão relacionadas ao não cumprimento sistemático do mesmo. As falhas podem não diminuir quando a manutenção preventiva não é bem executada, quando faltam padrões e procedimentos, ou quando falta conhecimento técnico. Em relação ao custo, a manutenção preventiva pode ser um método mais caro, pois as peças devem ser trocadas antes de atingirem o limite de vida.

A manutenção preditiva se baseia no monitoramento dos parâmetros e condições de funcionamento dos equipamentos, afirma Moubray (1997). As técnicas preditivas permitem otimizar a troca das peças ou reforma dos componentes e estender o intervalo de manutenção. Dessa forma é possível manter o equipamento funcionando de modo seguro por mais tempo, reduzindo as falhas não esperadas assim como o custo da manutenção.

De acordo com Kardec e Nasif (2009), algumas funções de apoio da manutenção são essenciais para garantir sua eficiência. Dentre essas funções, destacam-se: tratamento de falha dos equipamentos, padronização da manutenção, planejamento da manutenção e treinamento. Como já mencionado anteriormente, é de grande importância a análise das falhas, determinando a causa fundamental e estabelecendo ações para evitar a reincidência da falha. A padronização é a elaboração de padrões e procedimentos técnicos relacionados às atividades de manutenção. É muito importante que os padrões incluam as frequências de execução das atividades, os parâmetros de inspeções e o catálogo de peças relacionados a

cada equipamento. O planejamento é a preparação dos serviços da manutenção preventiva, desde a determinação das atividades que serão executadas e distribuição da mão de obra, até a separação dos materiais e ferramentas que serão utilizados. O treinamento é a garantia de que os técnicos de manutenção e operadores dos equipamentos têm o conhecimento e habilidades necessárias para a realização das atividades de manutenção. Um treinamento inadequado pode comprometer a segurança dos envolvidos, a produtividade dos equipamentos e até mesmo introduzir falhas previamente inexistentes.

Em um ambiente onde cada minuto de parada corresponde à redução da produtividade e possibilidade de falta de produto no mercado, o tempo de manutenção deve ser reduzido e, portanto, otimizado. Um grande problema para a redução do tempo de reparo, enfrentado pela maioria das empresas, é a falha na comunicação entre os departamentos de produção e manutenção. Assim, uma estratégia que vem sendo adotada é o envolvimento dos operadores dos equipamentos nas atividades de manutenção. Essa estratégia é conhecida como Manutenção Autônoma, baseada principalmente nas atividades de limpeza, lubrificação, reaperto e inspeções visuais.

Segundo Xenos (1998), a implantação da manutenção autônoma motiva os operadores a relatarem anomalias dos equipamentos, permitindo atuar antes que a falha ocorra. Atualmente, os operadores possuem também habilidades para pequenos reparos, permitindo que atuem sem a necessidade do time de manutenção. Porém, é importante ressaltar que a manutenção autônoma não elimina a necessidade de uma estrutura de manutenção bem gerenciada e um time de manutenção preventiva.

2.3 Manutenção Centrada em Confiabilidade - RCM

A RCM - Reliability Centered Maintenance, em português Manutenção Centrada em Confiabilidade, teve sua origem nos anos 50 com o desenvolvimento de estudos na área de engenharia de confiabilidade. Na década subsequente, a indústria aeronáutica americana reuniu uma força tarefa com engenheiros de confiabilidade com o intuito de otimizar as políticas de manutenção adotadas na aviação comercial e, assim, reduzir a taxa de acidentes aéreos. Em 1963 foi publicado, por esse grupo de engenheiros, o primeiro periódico relacionado ao tema, o IEEE – Transactions on Reliability. Em 1967, foi apresentado o primeiro resultado dos estudos dos planos de manutenção até então utilizados, reunido no documento denominado MSG-1 e utilizado na manutenção do Boeing 747. Um estudo mais

detalhado, conhecido como MSG-3, foi publicado em 1978 por Nowlan e Heap, denominado Reliability Centered Maintenance (RCM), tornando-se um marco para a manutenção industrial, observa Smith (1992).

Baseadas nas melhorias obtidas na indústria aeronáutica, várias outras indústrias iniciaram a utilização da Manutenção Centrada em Confiabilidade para gerenciar as falhas de seus sistemas e realizar o planejamento da manutenção. Em 1991, John Moubray publica o livro RCM II, que introduz algumas modificações à metodologia de Nowlan e Heap, se tornando a base de estratégias de manutenção centradas em confiabilidade.

A RCM pode ser definido como uma política estratégica para definir as atividades de manutenção necessárias para garantir a disponibilidade e confiabilidade de um item. De acordo com a norma NBR 5462/1994, o termo confiabilidade pode ser definido como a “capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um dado intervalo de tempo”. O item é o objeto de estudo, sendo este um sistema, equipamento ou componente, dependendo do nível de detalhe desejado na análise.

Smith (1992) afirma que a RCM tem o propósito de:

preservar as funções do sistema, identificar os modos de falha que afetam essas funções, determinar a importância das falhas funcionais [...] e selecionar as tarefas aplicáveis e efetivas na prevenção das falhas (p.51).

Conforme Moubray (1997), os resultados esperados com a implementação da RCM são: maior segurança humana e proteção ambiental; melhoria do desempenho operacional em termos de quantidade e qualidade do produto; maior efetividade do custo da manutenção; aumento da vida útil dos equipamentos; criação de um banco de dados sobre a manutenção; maior motivação do pessoal envolvido com a manutenção; e melhoria do trabalho em equipe.

2.3.1 Ferramentas de Suporte à Manutenção Centrada em Confiabilidade

A metodologia RCM consiste na análise sistemática das funções e falhas funcionais de um sistema, identificando os modos e efeitos das falhas e selecionando tarefas de manutenção para prevenção das mesmas, segundo Smith (1992). Para isso, são utilizadas ferramentas de confiabilidade, como a FMEA – Análise de Modos e Efeitos de Falhas.

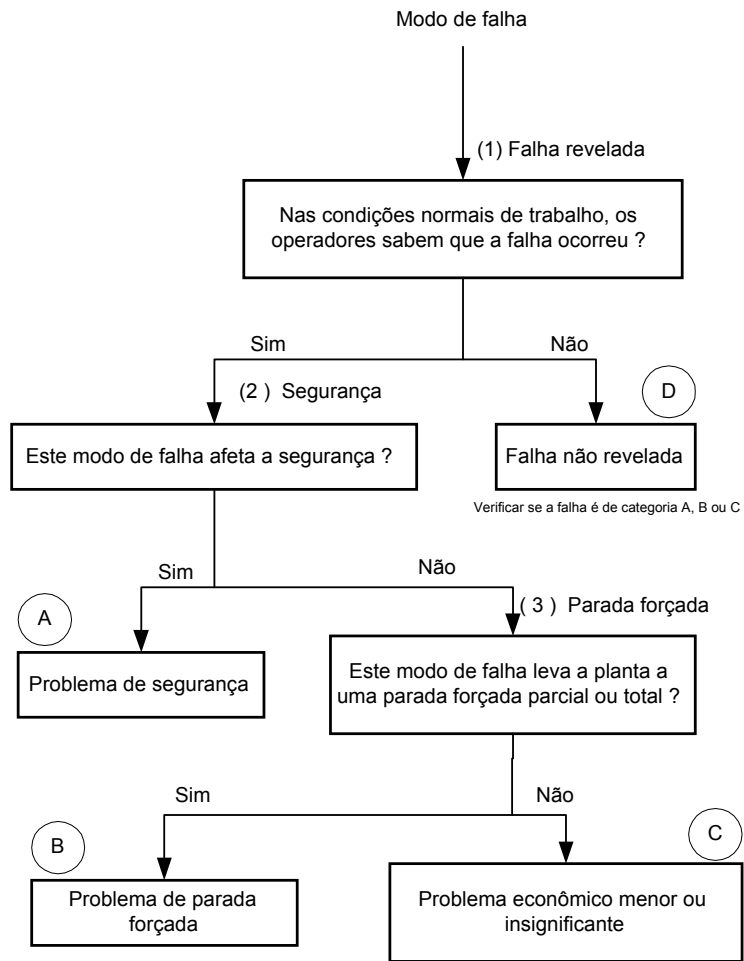
Para Fogliatto e Ribeiro (2009):

A FMEA (Failure Mode and Effects Analysis ou Análise dos Modos e Efeitos de Falha) é uma técnica de confiabilidade que tem como objetivos: (i) reconhecer e avaliar as falhas potenciais que podem surgir em um produto ou processo, (ii) identificar ações que possam eliminar ou reduzir a chance de ocorrência dessas falhas, e (iii) documentar o estudo, criando um referencial técnico que possa auxiliar em revisões e desenvolvimentos futuros do projeto ou processo (p. 173).

A FMEA é uma das ferramentas mais utilizadas na engenharia de confiabilidade, devido, principalmente, à sua praticidade e aplicação quantitativa. Os principais objetivos estão relacionados ao reconhecimento das prováveis falhas de um sistema, para determinar ações de redução das chances de ocorrência. Segundo Fogliatto e Ribeiro (2009), os elementos principais de uma tabela típica de FMEA são: cabeçalho, item, função, modos potenciais de falha, e efeitos potenciais de falha. O cabeçalho, em geral, contém a identificação do item, o sistema ao qual ele pertence, e a equipe de trabalho. Após o preenchimento do cabeçalho, devem ser preenchidos os itens do sistema analisado e suas funções relacionadas. O modo potencial de falha é a forma como o item em questão poderá apresentar a falha, enquanto os efeitos potenciais de falha são os defeitos resultantes dos modos de falha.

Após o preenchimento da tabela da FMEA, é possível selecionar as atividades adequadas de manutenção, para evitar as falhas. Para isso são utilizadas duas ferramentas, apresentadas por Smith (1992). A Árvore Lógica de Decisão é um diagrama contendo uma sequência de perguntas que devem ser respondidas para a determinação do tipo da falha. A falha pode ser relacionada à segurança ou meio ambiente, operacional, relacionada à aspectos econômicos ou uma falha oculta, conforme mostra a Figura 2. Como complemento, deve ser respondido também o Diagrama de Seleção de Tarefas, Figura 3, que contém uma série de perguntas para a determinação das atividades mais adequadas de manutenção para cada modo de falha associado.

Figura 2 – Árvore Lógica de Decisão.

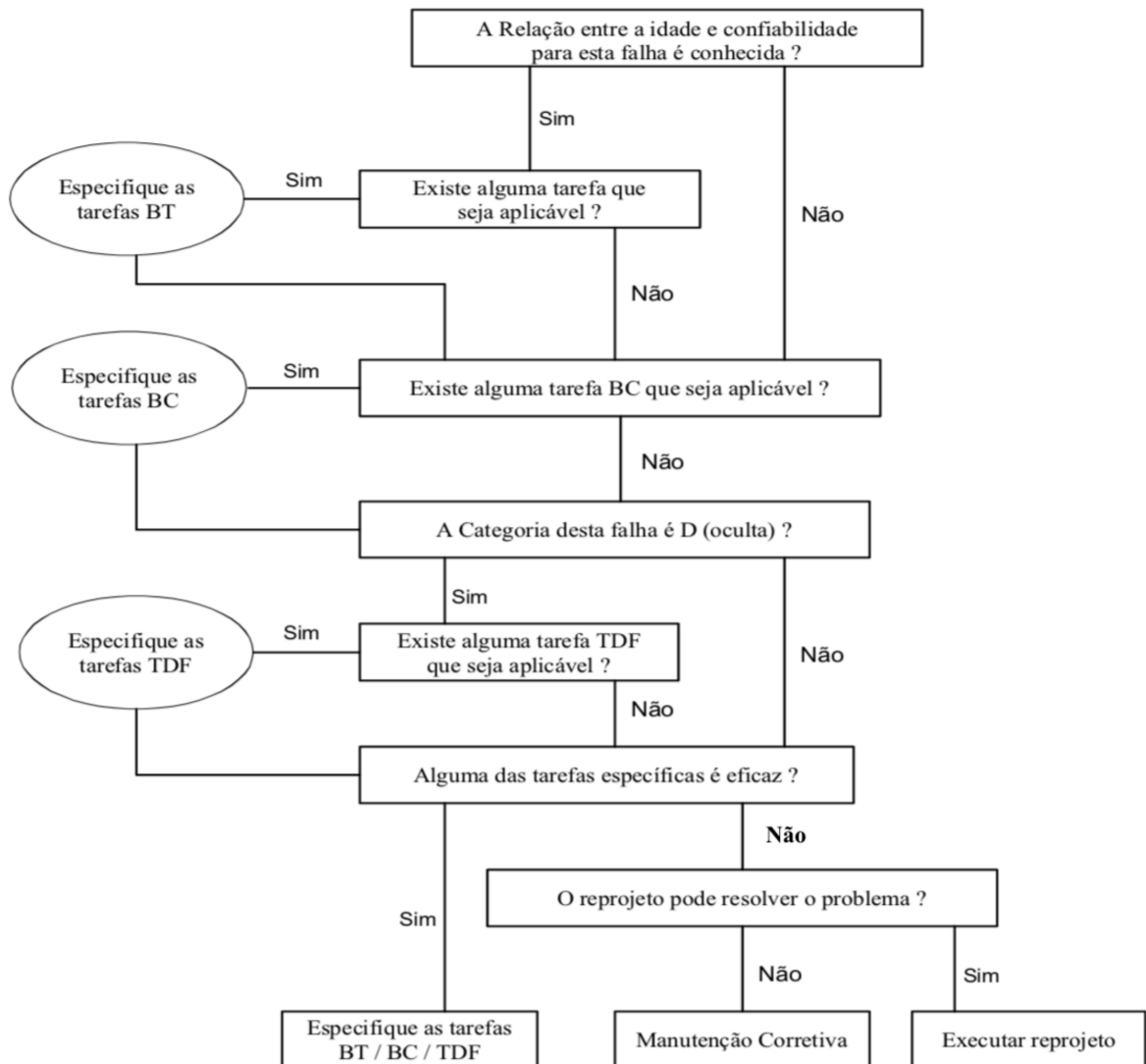


LEGENDA

- A - Falha relacionada à Segurança ou Meio Ambiente
- B - Falha Operacional
- C - Falha relacionada à aspectos económicos
- D - Falha Oculta

Fonte: Smith (1992, p. 95).

Figura 3 – Diagrama de Seleção de Tarefas.



LEGENDA

BT - manutenção baseada no tempo

BC - manutenção baseada na condição

TDF - tarefa de busca de falha

MC - manutenção corretiva

E os modos de falha-

A - falhas com consequências para a segurança ou meio ambiente

B - falhas com consequências operacionais

C - falhas com consequências econômicas

ou D/A, D/B, D/C se a falha for oculta com as respectivas consequências.

Fonte: Smith (1992, p. 96).

O processo de aplicação da metodologia RCM compreende uma sequência de etapas, conforme defendido por Smith (1992). As etapas são: preparação do estudo; seleção do sistema e subsistema funcional; análise das funções e falhas funcionais; seleção dos itens críticos do sistema; análise dos modos de falhas e seus efeitos; seleção das tarefas de manutenção preventiva; e determinação do plano de manutenção. Cada uma das etapas é descrita detalhadamente na metodologia.

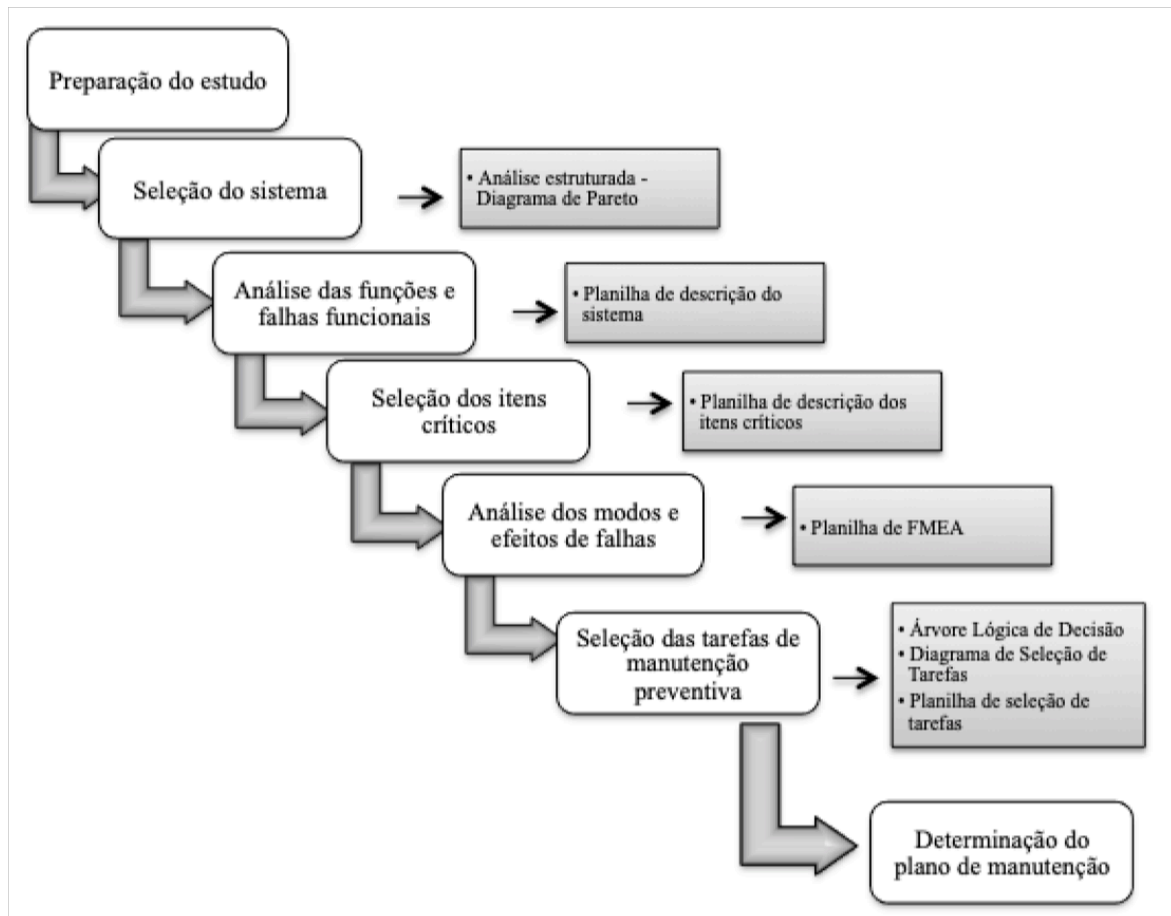
3 METODOLOGIA PROPOSTA

A estratégia de manutenção de uma empresa tem grande impacto nos resultados de qualidade, produtividade e, conseqüentemente, no sucesso da empresa no mercado. Por esse motivo, a definição das atividades de manutenção deve ser realizada com base em experiências bem sucedidas e em novas metodologias capazes de agregar valor à estratégia adotada. A Manutenção Centrada em Confiabilidade – RCM é uma metodologia que segue o princípio de melhoria contínua dos processos, diagnosticando as causas das falhas funcionais e analisando os dados de falha para selecionar o tipo de tarefa de manutenção adequada e revisar o plano de manutenção, aumentando a confiabilidade do sistema.

A RCM é uma metodologia focada, isto é, analisa sistemas ou parte deles de forma individualizada. Dessa forma, a aplicação dessa metodologia é simplificada, sendo geralmente implantada em um sistema piloto, para gerar aprendizados e evitar falhas ao longo do processo.

A implementação da manutenção centrada em confiabilidade, conforme Smith (1992), requer o cumprimento de uma seqüência de etapas: preparação do estudo; seleção do sistema; análise das funções e falhas funcionais; seleção dos itens críticos do sistema; análise dos modos de falhas e seus efeitos; seleção das tarefas de manutenção preventiva; e determinação do plano de manutenção. A Figura 4 demonstra a visão geral do processo de implantação da metodologia RCM, apresentando ferramentas utilizadas em cada etapa e, em seguida, são descritos os procedimentos utilizados.

Figura 4 – Etapas da implantação da metodologia RCM.



Fonte: Próprio autor.

3.1 Etapa 1 – Preparação do estudo

Smith (1992) ensina que a primeira etapa da implementação da metodologia da Manutenção Centrada em Confiabilidade é a composição da equipe que irá trabalhar no processo. No estudo de caso analisado por esta pesquisa, a equipe foi composta pelo gerente responsável pela manutenção da empresa, por um engenheiro de confiabilidade, por um supervisor de manutenção, por analista de manutenção, por técnicos mecânicos e eletricitas, e por operadores especialistas nos sistemas estudados.

Os operadores e técnicos de manutenção têm a função de avaliar o sistema, suas funções e falhas funcionais, através da experiência e conhecimento prático. O analista de manutenção é responsável pela parte de sistema, garantindo as informações necessárias para o andamento do processo. O supervisor de manutenção, também através de experiência prática, deve analisar criticamente o sistema e os resultados obtidos pelos técnicos. O engenheiro de

confiabilidade deve possuir profundo conhecimento e experiência nos estudos e medidas de confiabilidade, assim como na metodologia RCM, para guiar a equipe no processo.

O gerente da área de manutenção é o líder da equipe, coordenando as reuniões, cobrando os resultados analíticos e motivando os demais. As reuniões são muito importantes para definir e esclarecer os objetivos da análise, além de garantir a troca de informações e integração da equipe.

Outro ponto importante na preparação do estudo é a capacitação de todos os envolvidos no processo. A equipe deve conhecer profundamente os conceitos e fundamentos associados à Manutenção Centrada em Confiabilidade. Os técnicos e operadores devem ser capazes de realizar as análises críticas do sistema, pois compõem a base de todo o estudo.

3.2 Etapa 2 – Seleção do Sistema

A equipe de trabalho deve, nessa etapa, analisar o processo produtivo da fábrica, para selecionar o sistema e subsistema funcional para o estudo. Uma boa ferramenta para realização da análise estruturada é o Diagrama de Pareto, um gráfico utilizado para ajudar a focalizar os esforços de melhoria. A construção do Pareto é feita em cinco passos: coleta de dados, organização dos dados coletados, construção do gráfico de frequências, construção do gráfico de frequências acumuladas e análise do diagrama.

Para a coleta de dados é importante a definição do tópico e do período para análise. Por se tratar de um trabalho relacionado à manutenção, que objetiva melhora na produtividade da fábrica, é indicada a utilização de uma base de dados relacionados à eficiência e manutenção de aproximadamente um ano. Isso garante maior confiabilidade nas análises.

Os dados coletados devem ser organizados em uma tabela, geralmente utilizando programas computacionais como Excel ou Minitab. A tabela deve conter as seguintes colunas: categoria, quantidades (totais individuais), totais acumulados, frequências e frequências acumuladas. As categorias são os sistemas e subsistemas possíveis para o estudo, e devem ser classificadas em ordem decrescente de frequência. Em seguida, é construído um gráfico de colunas contendo as frequências de ocorrência de cada item, juntamente com um gráfico de linhas com as frequências acumuladas.

A análise do diagrama segue a Regra de Pareto, que sugere que 80% dos problemas são produzidos por apenas algumas causas essenciais, 20% dos fatores. Essa regra é uma

análise estatística que auxilia na priorização. Então, o gráfico construído é avaliado para a determinação dos problemas para aprofundamento da análise.

No caso da análise para implantação da metodologia RCM, devem ser analisadas as áreas produtivas e os equipamentos como sistemas e subsistemas, respectivamente, através do Diagrama de Pareto. Assim é possível determinar o equipamento mais significativo para aplicação do processo.

3.3 Etapa 3 – Análise das Funções e Falhas Funcionais

Essa etapa compreende a definição das funções e respectivas falhas funcionais dos subsistemas do equipamento selecionado, essência da metodologia RCM. O sistema selecionado deve ser dividido em conjuntos e, se possível, em subconjuntos, para um maior grau de aprofundamento do sistema, abrangendo todas as possíveis falhas associadas a ele.

O conceito básico de função é entendido como aquilo para que o sistema ou subsistema foi projetado. Segundo Moubray (1997), “a definição de uma função deve consistir de um verbo, um objeto e o padrão de desempenho desejado”. É importante ressaltar ainda, que cada sistema possui funções primárias e secundárias. A função primária corresponde à razão básica de existência de um item, enquanto a função secundária é uma razão adicional, menos óbvia.

Segundo Fogliatto e Ribeiro (2009), as falhas funcionais são entendidas como a incapacidade do item desempenhar adequadamente suas funções, portanto a negativa da função. É possível que uma função tenha mais de uma falha relacionada a ela, portanto é muito importante uma análise profunda e cautelosa.

A ferramenta utilizada nessa etapa é a planilha de descrição do sistema, Figura 5, preenchida com todos os subconjuntos do equipamento. Cada subconjunto é exaustivamente analisado para definição de suas funções primárias e secundárias, assim como as falhas relacionadas a elas.

Figura 5 – Exemplo da planilha de descrição do sistema.

RCM PLANILHA DE DESCRIÇÃO DO SISTEMA		FOLHA:
SISTEMA: :	CONJUNTO:	
SUBCONJUNTO	FUNÇÃO	FALHA FUNCIONAL

Fonte: Próprio autor.

3.4 Etapa 4 – Seleção dos Itens Críticos do Sistema

Os itens críticos são aqueles relacionados à funções críticas do sistema, apresentando consequência na segurança humana, integridade ambiental, qualidade do produto final, na produtividade, ou ainda itens com elevada taxa de falha ou alto custo para reparo, segundo Smith (1992).

O objetivo dessa etapa é identificar os itens críticos para dar continuidade às análises do processo, sem perder tempo e recursos em itens que não trarão retorno significativo. Para isso, é preciso uma análise bastante cautelosa, para não eliminar itens que podem ter grande impacto no desempenho do sistema. Essa análise pode ser realizada através da planilha de seleção de itens críticos, Figura 6, que correlaciona as funções e falhas funcionais de cada subconjunto com seus respectivos impactos.

Figura 6 – Exemplo da planilha de seleção de itens críticos.

RCM PLANILHA DE SELEÇÃO DOS ITENS CRÍTICOS		FOLHA:				
SISTEMA:	CONJUNTO:					
SUBCONJUNTO	FALHA FUNCIONAL	TIPO DE IMPACTO DA FALHA				
		SEGURANÇA	QUALIDADE	MEIO AMBIENTE	PRODUÇÃO	TAXA DE FALHA ELEVADA

Fonte: Próprio autor.

3.5 Etapa 5 – Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos

A ferramenta utilizada nessa etapa é a FMEA – Análise de Modos e Efeitos de Falhas. No processo de aplicação da metodologia RCM, a FMEA fornece a caracterização dos modos de falha associados aos componentes do equipamento e seus efeitos. Segundo Fogliatto e Ribeiro (2009), a FMEA fornece uma avaliação do risco da falha, permitindo aos engenheiros concentrar esforços nos componentes que apresentam maior risco de falha.

A planilha da FMEA, Figura 7, deve ser preenchida com os itens críticos selecionados na etapa anterior, identificando, para cada um, os modos de falha e seus efeitos relacionados. A equipe de trabalho pode utilizar o histórico de falhas do equipamento, assim como a experiência dos técnicos e operadores para analisar corretamente cada subconjunto.

Figura 7 – Exemplo da planilha FMEA.

RCM		PLANILHA DE ANÁLISE DE MODOS E EFEITOS DE FALHAS - FMEA		FOLHA:
SISTEMA:		CONJUNTO:		
SUBCONJUNTO	MODO DE FALHA	EFEITOS DA FALHA		

Fonte: Próprio autor.

3.6 Etapa 6 – Seleção das Tarefas de Manutenção Preventiva

Para a selecionar as atividades de manutenção aplicáveis aos modos de falha definidos na FMEA, é utilizada a planilha de seleção de tarefas de manutenção, Figura 8. Para elaboração dessa planilha são utilizadas duas ferramentas importantes, a Árvore Lógica de Decisão e o Diagrama de Seleção de Tarefas, desenvolvidos por Smith (1992). A utilização dessas ferramentas permite uma determinação lógica e estruturada das tarefas de manutenção, objetivo principal da Manutenção Centrada em Confiabilidade. As perguntas da Árvore Lógica de Decisão, Figura 2, e do Diagrama de Seleção de Tarefas, Figura 3, são respondidas com “sim” ou “não” na planilha de seleção de tarefas.

Figura 8 – Exemplo da planilha de seleção de tarefas de manutenção.

RCM		PLANILHA DE SELEÇÃO DE TAREFAS DE MANUTENÇÃO													FOLHA:				
SISTEMA:		CONJUNTO:																	
SUBCONJUNTO	FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA	E	S	A	O	Cat	1	2	3	4	5	6	7	TIPO DE ATIVIDADE	TAREFA	PERIODICIDADE	CENTRO DE TRABALHO	TEMPO PARA EXECUÇÃO [MIN]

Fonte: Próprio autor.

A partir das respostas obtidas, é possível determinar o tipo de atividade que deve ser executada, sendo de reprojeto, preditiva, preventiva ou corretiva. É importante também descrever detalhadamente a tarefa, o método de execução e os parâmetros que devem ser verificados. A seleção das tarefas envolve ainda a análise da periodicidade, da demanda e qualificação de mão de obra para a execução, assim como o tempo necessário para cumprimento da atividade. O estudo de campo realizado per esta pesquisa revelou que essa determinação pode ser feita com base no manual fornecido pelo fabricante do equipamento, no histórico de manutenções e na experiência da equipe envolvida no processo.

3.7 Etapa 7 – Determinação do Plano de Manutenção

Na última etapa, deve-se consolidar os resultados obtidos nas análises. Esses resultados são as tarefas selecionadas para os subconjuntos do sistema, juntamente com todas as informações necessárias para a execução. O consolidado dessas tarefas compõe o plano de manutenção do equipamento. Cada atividade recebe um código, para que o plano seja inserido em um sistema de gestão integrada empresarial e esteja disponível a todos.

Nos casos em que a metodologia está sendo implantada para um sistema que já está em funcionamento, e já possui um plano de manutenção, é de grande valia fazer uma comparação deste com o plano proposto pelo estudo.

4 ESTUDO DE CASO – IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE EM UM EQUIPAMENTO

A metodologia descrita no capítulo 3 foi realizada em uma empresa de bebidas, em um equipamento de uma linha de envase de refrigerantes. A linha de envase recebe o xarope composto e realiza blendagem¹ do refrigerante e seu envase em garrafas PET. A linha possui 7 equipamentos: Sopradora de garrafas, Proporcionador, Enchedora, Rotuladora, Empacotadora, Paletizadora e Envolvedora. A sopradora recebe as pré-formas e realiza a sopragem em molde para obtenção das garrafas. O proporcionador, responsável pela blendagem do refrigerante, recebe o xarope e realiza a diluição em água e a carbonatação da mistura. A enchedora realiza o envase do refrigerante nas garrafas, que serão em seguida rotuladas e agrupadas em pacotes. Os pacotes são agrupados nos paletes e, por fim, envolvidos com filme para o transporte.

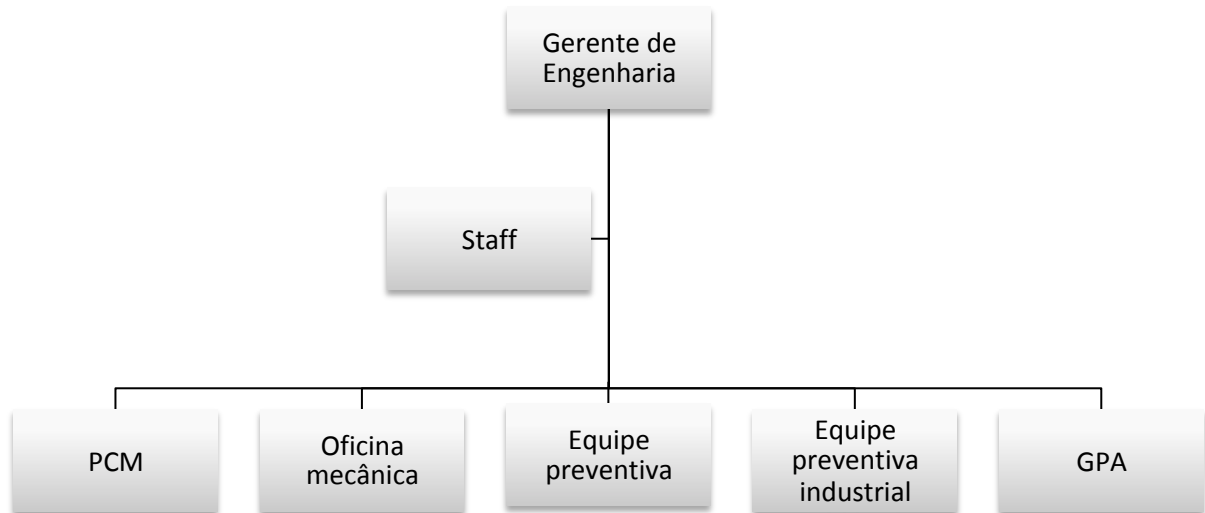
A empresa se encontra em uma fase de transição no modelo de gerenciamento da manutenção. O ponto mais importante nessa transição é a revisão dos planos de manutenção através do RCM. As mudanças propostas sugerem maior eficiência da manutenção, com um plano preventivo compacto e eficaz, poupando tempo dos técnicos de manutenção para realizarem inspeções e melhorias nos equipamentos.

4.1 O antigo sistema de gerenciamento da manutenção da empresa

O sistema adotado até então era centralizado e subordinado ao Gerente de Engenharia. Nesse modelo o gerente é responsável pelas equipes de manutenção, pela equipe de planejamento e pela área de utilidades (geração e distribuição de vapor, ar comprimido, frio e gases). A estrutura da área de engenharia é ilustrada na Figura 9.

¹ Blendagem de refrigerante é a mistura de dois compostos químicos (água carbonatada e xarope).

Figura 9 – Estrutura da área de Engenharia.



Fonte: Próprio autor.

Os analistas de planejamento são responsáveis pelo Planejamento e Controle da Manutenção – PCM, realizando o detalhamento das ordens de serviço, reserva do material necessário para as atividades e programação das atividades que serão realizadas nas paradas programadas de manutenção. A oficina mecânica é responsável por reparos que não podem ser feitos em campo e fabricação de peças, utilizando processos de soldagem, torneamento e fresamento.

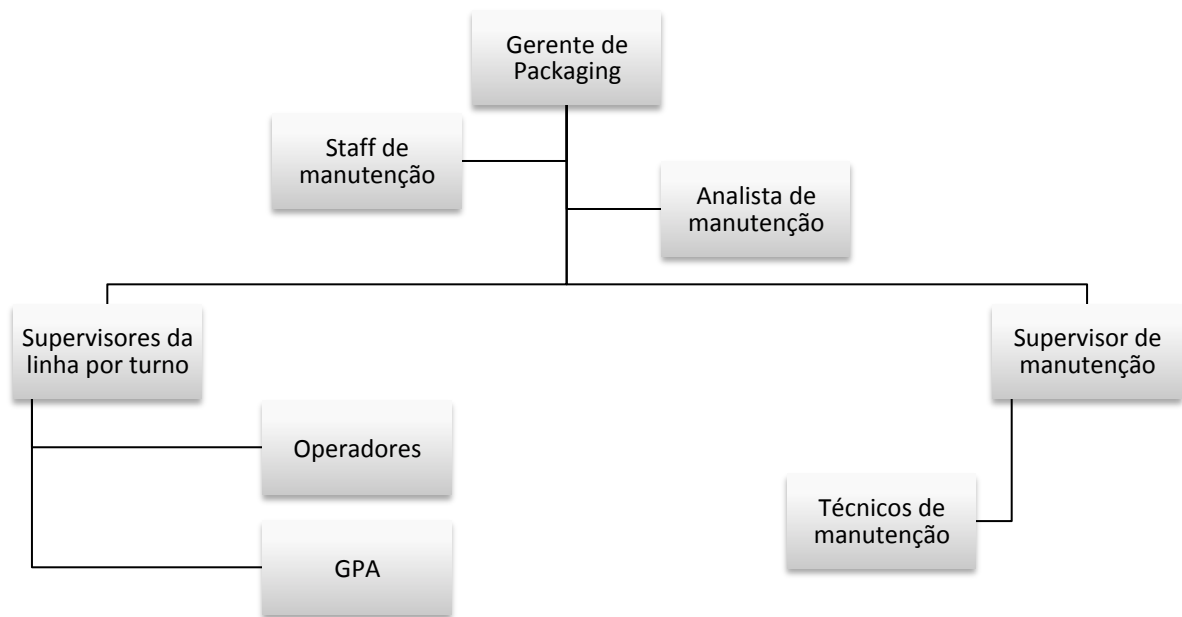
Os técnicos de manutenção são divididos em três equipes: preventiva, preventiva industrial e grupo de pronto atendimento. O grupo da manutenção preventiva atua em todas as linhas de envase dos produtos, durante as paradas programadas. O grupo da manutenção preventiva industrial atua em todas as demais áreas, como processo de fabricação dos produtos, captação e tratamento de água e efluentes e utilidades. O grupo de pronto atendimento – GPA, possui um técnico mecânico e um eletricista para cada área de produção, para atender as atividades emergenciais. Os supervisores são responsáveis pelas equipes técnicas e por fazer a interface com as áreas produtivas, a fim de trocar informações e tomar decisões na estratégia de manutenção.

Além da equipe centralizada de manutenção, a própria área de produção é responsável por algumas atividades de manutenção autônoma. Essas atividades envolvem limpeza e inspeção dos equipamentos, com realização de pequenos reparos e abertura de notas para atividades que devem ser realizadas pelos técnicos, além da lubrificação.

4.2 O novo sistema de gerenciamento da manutenção da empresa

No novo sistema de gerenciamento, a manutenção é responsabilidade da própria área produtiva. As equipes de manutenção, tanto preventiva quanto emergencial, passam a integrar a linha de produção. A nova estrutura organizacional é ilustrada na Figura 10, com exemplo de uma linha de envase.

Figura 10 – Estrutura organizacional da área de produção.



Fonte: Próprio autor.

Nesse novo modelo as equipes de manutenção são auto-programáveis, isto é, os técnicos avaliam as atividades que devem ser realizadas e as programam de acordo com criticidade, disponibilidade de peças e tempo de execução. Os técnicos e operadores conhecem profundamente os equipamentos e as condições normais de operação, sendo capazes de realizar rápidas inspeções e detectar anomalias. Dessa forma, evita-se o custo da manutenção emergencial, reduz o tempo de inspeções realizadas pelos técnicos e garante-se a confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos, resultando em melhor performance da linha de produção.

Para possibilitar a mudança na estrutura organizacional, é necessário fazer uma profunda revisão dos planos de manutenção, reduzindo a quantidade de atividades e tornando-as mais eficientes. A estratégia de manutenção passa ainda pela recuperação das condições

originais dos equipamentos, garantindo assim a efetividade do novo modelo de gestão da manutenção.

A revisão dos planos de manutenção foi baseada no modelo da Manutenção Centrada em Confiabilidade, avaliando cada equipamento da linha de produção separadamente. Para isso foi montada uma equipe auxiliar, composta por um técnico mecânico, um técnico eletricitista, um analista de manutenção e um engenheiro de confiabilidade. A equipe é responsável por implantar, passo a passo, a metodologia do RCM para cada equipamento da fábrica. Com os novos planos definidos, os técnicos e operadores de cada área são responsáveis pela elaboração dos procedimentos de manutenção, incluindo a descrição detalhada da atividade, tempo de execução, peças necessárias e parâmetros de inspeção.

4.3 Implantação da manutenção centrada em confiabilidade

A mudança da estratégia de manutenção da empresa foi fundamentada na metodologia da Manutenção Centrada em Confiabilidade, sendo que todos os equipamentos da fábrica devem sofrer alterações nos planos de manutenção. Inicialmente foi feita uma análise estruturada baseada no impacto em produtividade da empresa para definir o cronograma de atuação nas áreas e equipamentos. Um dos equipamentos mais críticos para a produtividade da empresa é a sopradora de garrafas da linha de envase de refrigerantes em garrafas PET. Portanto, esse equipamento foi um dos pioneiros na implantação das mudanças. A metodologia utilizada foi apresentada no Capítulo 3 deste trabalho e, na sequência, são apresentados os resultados da implementação.

4.3.1 Preparação do estudo

O início do estudo foi pautado na composição da equipe e na elaboração do cronograma de trabalho. Como já mencionado anteriormente, a equipe é composta por dois técnicos de manutenção, mecânico e eletricitista, um analista e um supervisor de manutenção, um engenheiro de confiabilidade e um estagiário. Para cada equipamento, a equipe conta ainda com o auxílio de um operador especialista da máquina, que possui maior conhecimento prático na manutenção da mesma. A equipe é supervisionada pelo gerente de Engenharia da fábrica.

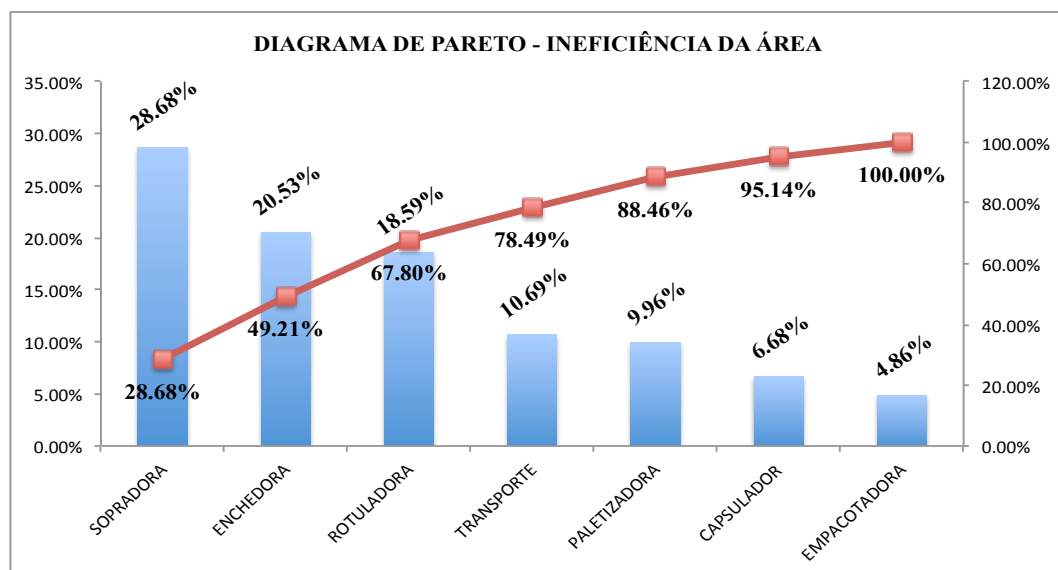
O objetivo da implantação da RCM é a obtenção de planos de manutenção mais eficientes, que possam sustentar a nova estratégia de manutenção da companhia, garantindo resultados de produtividade. Dessa forma, o cronograma do estudo foi elaborado para uma entrega de todos os planos de manutenção da fábrica em um, contendo toda a fase de preparação, análises, seleção de tarefas, revisão dos procedimentos, sistematização dos planos e início da execução.

4.3.2 Seleção do Sistema

O equipamento selecionado para dar início à implantação da metodologia RCM na fábrica foi uma sopradora de garrafas PET. A seleção se deu a partir de uma análise estruturada de eficiência.

A análise foi feita a partir da comparação entre o objetivo de eficiência de cada linha de produção com a eficiência real da mesma, verificando onde havia uma maior lacuna. A partir da escolha da área, a análise prosseguiu com a construção do Diagrama de Pareto para as ineficiências dos equipamentos dessa área no período de um ano. O objetivo dessa análise, mostrada da Figura 11 para a área selecionada, é identificar o equipamento que se mantém como impacto na eficiência da linha, eliminando problemas pontuais.

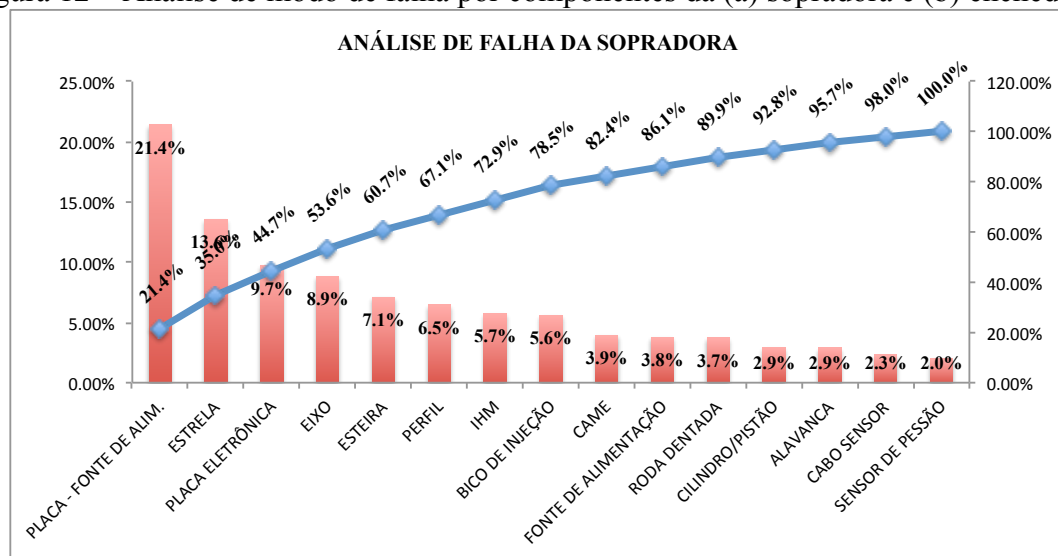
Figura 11 – Diagrama de Pareto de ineficiência da linha de envase de refrigerantes.



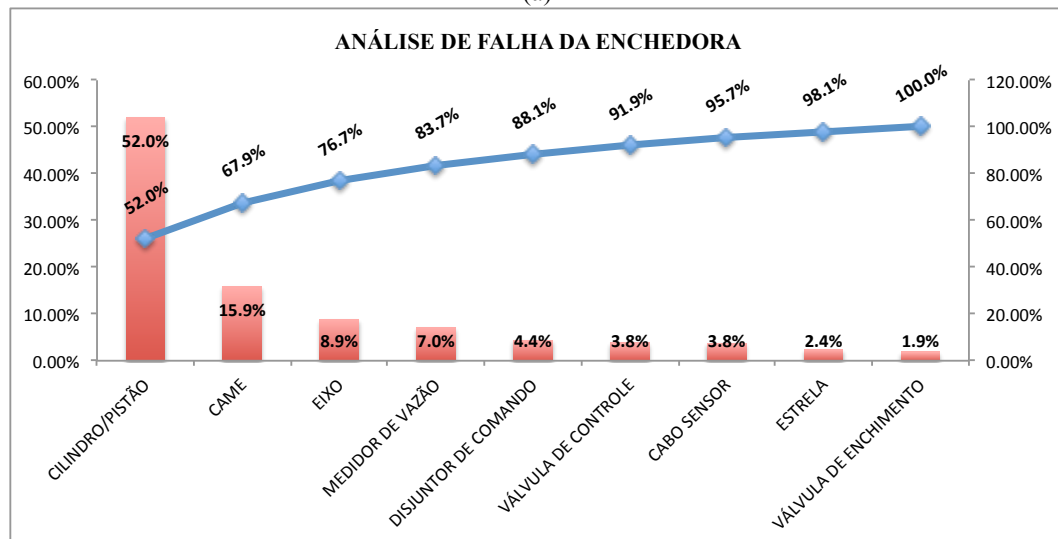
Fonte: Próprio autor.

Na Figura 11 é possível verificar que, cerca de 50% dos problemas estão concentrados em 20% dos equipamentos, seguindo uma aproximação da Regra de Pareto. A análise é, então, levada a um nível maior de detalhes, avaliando os modos de falhas por componentes dos equipamentos de maior impacto. Essa análise visa identificar a natureza dos problemas, se são concentrados em poucos componentes, ou se estão distribuídos em diversos conjuntos do equipamento. A Figura 12 apresenta o resultado gráfico dessa análise para a sopradora (a) e para a enchedora (b).

Figura 12 – Análise de modo de falha por componentes da (a) sopradora e (b) enchedora.



(a)



(b)

Fonte: Próprio autor.

Avaliando os gráficos, fica clara a diferença nos modos de falha desses equipamentos. Como a ineficiência da enchedora se dá, em sua maioria, por um problema pontual, enquanto

a ineficiência da sopradora é justificada por uma série de problemas em diversos componentes, escolheu-se a sopradora como sistema de estudo.

4.3.3 Análise das Funções e Falhas Funcionais

A análise das funções e falhas funcionais é uma etapa fundamental da metodologia RCM. O sistema do estudo é dividido em conjuntos, que possuem funções menores para compor a função principal do equipamento. É possível subdividir o equipamento em onze conjuntos: silo e elevador de pré-formas; rolo orientador e guia descendente de pré-formas; forno de condicionamento de pré-formas; mesa de transferência; roda de sopro; saída de garrafas; sistema de transmissão; componentes elétricos; circuito pneumático; chiller; e circuito hidráulico.

Cada conjunto é ainda dividido em subconjuntos, que desempenham funções menores. Os subconjuntos são preenchidos na planilha de descrição do sistema. Para cada item foi listada sua função e sua falha funcional, ou seja, a negativa da função. Uma página da planilha é apresentada como exemplo no Quadro 1, contendo os subconjuntos do conjunto do Silo e Elevador de Pré-formas. Em seguida, o processo é repetido para todos os conjuntos do equipamento.

Quadro 1 – Planilha de descrição do sistema da sopradora de garrafas.

(continua)

RCM PLANILHA DE DESCRIÇÃO DO SISTEMA		FOLHA: 1 / 11
SISTEMA: SOPRADORA	CONJUNTO: SILO E ELEVADOR DE PRÉ-FORMAS	
SUBCONJUNTO	FUNÇÃO	FALHA FUNCIONAL
Guia do abastecedor de pré-forma	Guiar abastecedor de pré-forma na posição vertical	Não guiar abastecedor de pré-forma na posição vertical
Virador de pré-formas	Virar caixa de pré-formas para o silo	Não virar caixa de pré-formas para o silo
Tampa do silo	Proteger o silo de pré-formas de sujidades	Não proteger o silo de pré-formas de sujidades

Quadro 1 – Planilha de descrição do sistema da sopradora de garrafas.

(continuação)

RCM PLANILHA DE DESCRIÇÃO DO SISTEMA		FOLHA: 1 / 11
SISTEMA: SOPRADORA	CONJUNTO: SILO E ELEVADOR DE PRÉ-FORMAS	
SUBCONJUNTO	FUNÇÃO	FALHA FUNCIONAL
Amortecedor de queda	Amortecer a queda de pré-formas no silo	Não amortecer a queda de pré-formas no silo
Manta lateral de amortecimento	Amortecer a queda de pré-formas no silo	Não amortecer a queda de pré-formas no silo
Came do basculante	Guiar os rolos no movimento de descida e subida do basculante	Não guiar os rolos no movimento de descida e subida do basculante
Esteira transportadora do silo	Transportar pré-formas do silo para o elevador	Não transportar pré-formas do silo para o elevador
Esteira de elevação	Transportar pré-formas para o rolo orientador	Não transportar pré-formas para o rolo orientador
Portas de acrílico	Proteger a esteira de elevação de sujidades	Não proteger a esteira de elevação de sujidades
Mancal montado	Sustentar o conjunto do elevador de pré-formas	Não sustentar o conjunto do elevador de pré-formas
Motor	Transmitir movimento para o elevador	Não transmitir movimento para o elevador
Redutor	Transmitir rotação para transporte de pré-formas	Não transmitir rotação para transporte de pré-formas
Palha de amortecimento	Amortecer a queda de pré-formas no silo	Não amortecer a queda de pré-formas no silo
Roldana do elevador	Sustentar e diminuir atrito no deslizamento do cabeçote do armazém de paletes	Não sustentar e diminuir atrito no deslizamento do cabeçote do armazém de paletes
Rolo de tração (rolamento)	Tracionar conjunto de esteira de elevação	Não tracionar conjunto de esteira de elevação

Fonte: Próprio autor.

4.3.4 Seleção dos Itens Críticos do Sistema

Dentre os subconjuntos do sistema, existem alguns que são classificados como itens críticos, ou itens de desgaste, que devem ser profundamente analisados para desenvolvimento do plano de manutenção. Os itens físicos que não apresentam consequência na segurança humana, integridade ambiental, qualidade do produto final ou na produtividade, não são considerados itens críticos, podendo ser eliminados da análise da RCM.

Portanto, para selecionar os itens críticos para continuidade do estudo, é utilizada a Planilha de Seleção dos Itens Críticos, mostrada no Quadro 2, para o conjunto do Silo e Elevador de Pré-formas.

Quadro 2 – Planilha de seleção dos itens críticos do Silo e Elevador de Pré-formas.

(continua)

RCM PLANILHA DE SELEÇÃO DOS ITENS CRÍTICOS		FOLHA: 1 / 11					
SISTEMA: SOPRADORA	CONJUNTO: SILO E ELEVADOR DE PRÉ-FORMAS						
SUBCONJUNTO	FALHA FUNCIONAL	TIPO DE IMPACTO DA FALHA					
		SEGURANÇA	QUALIDADE	MEIO AMBIENTE	PRODUÇÃO	TAXA DE FALHA ELEVADA	ALTO CUSTO DE REPARO
Guia do abastecedor de pré-forma	Não guiar abastecedor de pré-forma na posição vertical				X		
Virador de pré-formas	Não virar caixa de pré-formas para o silo						
Tampa do silo	Não proteger o silo de pré-formas de sujidades						
Amortecedor de queda	Não amortecer a queda de pré-formas no silo		X		X		
Manta lateral de amortecimento	Não amortecer a queda de pré-formas no silo		X		X		
Came do basculante	Não guiar os rolos no movimento de descida e subida do basculante	X			X		
Esteira transportadora do silo	Não transportar pré-formas do silo para o elevador				X		X

Quadro 2 – Planilha de seleção dos itens críticos do Silo e Elevador de Pré-formas.

(continuação)

RCM PLANILHA DE SELEÇÃO DOS ITENS CRÍTICOS		FOLHA: 1 / 11					
SISTEMA: SOPRADORA	CONJUNTO: SILO E ELEVADOR DE PRÉ-FORMAS						
SUBCONJUNTO	FALHA FUNCIONAL	TIPO DE IMPACTO DA FALHA					
		SEGURANÇA	QUALIDADE	MEIO AMBIENTE	PRODUÇÃO	TAXA DE FALHA ELEVADA	ALTO CUSTO DE REPARO
Esteira de elevação	Não transportar pré-formas para o rolo orientador				X	X	
Portas de acrílico	Não proteger a esteira de elevação de sujidades						
Mancal montado	Não sustentar o conjunto do elevador de pré-formas				X	X	
Motor	Não transmitir movimento para o elevador				X		X
Redutor	Não transmitir rotação para transporte de pré-formas				X	X	X
Palha de amortecimento	Não amortecer a queda de pré-formas no silo		X		X		X
Roldana do elevador	Não sustentar e diminuir atrito no deslizamento do cabeçote do armazém de paletes				X	X	
Rolo de tração (rolamento)	Não tracionar conjunto de esteira de elevação				X	X	

Fonte: Próprio autor.

4.3.5 Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos

Na sequência, o próximo passo na metodologia é a análise da FMEA. Nessa análise são levantadas as causas de cada falha funcional, associando também aos efeitos da falha. As causas, ou modos de falha, são geralmente desgaste, sujidade e ruptura. Nessa etapa, são ainda avaliados os impactos das falhas, para ajudar na seleção das tarefas de manutenção preventiva.

O Quadro 3 é apresentado um exemplo da planilha de análise dos modos e efeitos de falhas, aplicado ao conjunto do Forno de Condicionamento de Pré-formas.

Quadro 3 – Planilha de Análise dos Modos e Efeitos de Falhas - FMEA.

(continua)

RCM		PLANILHA DE ANÁLISE DE MODOS E EFEITOS DE FALHAS - FMEA		FOLHA: 3 / 11
SISTEMA: SOPRADORA		CONJUNTO: FORNO DE CONDICINAMENTO DE PRÉ-FORMAS		
SUBCONJUNTO	MODO DE FALHA	EFEITOS DA FALHA		
Articulações do correntão do forno	Desgaste nas articulações	Travamento do correntão do forno e parada do equipamento		
Tornete	Folga nas tornetes	Aquecimento não uniforme das pré-formas e má qualidade das garrafas		
Cadeias fixas (corrente de forchete)	Desgaste nos elos da corrente	Rompimento da corrente		
Came	Desgaste do came	Falha na alimentação de pré-formas		
Ejetor	Desgaste do ejedor	Falha na alimentação do sistema de sopragem		
Garfo da forchete	Desgaste no garfo	Falha na alimentação do sistema de sopragem		
Mancal	Desgaste no rolamento	Folga nos rolamentos		
Mola do sistema de tensionamento da corrente do forno	Perda de elasticidade da mola	Falha no condicionamento das pré-formas		
Motor das turbinas superiores	Desgaste nos rolamentos do rotor	Parada das turbinas e sobreaquecimento do forno		
	Desgaste do motor por sobrecorrente	Parada das turbinas e sobreaquecimento do forno		
Nariz de haste giratória	Desgaste	Falha no condicionamento das pré-formas		
Pinhão de haste giratória	Desgaste nos dentes da embreagem	Falha no condicionamento das pré-formas		
Placa térmica	Deterioração	Sobreaquecimento do forno		
Rolos de leva	Desgaste no rolo	Falha na alimentação de pré-formas		

Quadro 3 – Planilha de Análise dos Modos e Efeitos de Falhas - FMEA.

(continuação)

RCM		PLANILHA DE ANÁLISE DE MODOS E EFEITOS DE FALHAS - FMEA		FOLHA: 3 / 11
SISTEMA: SOPRADORA		CONJUNTO: FORNO DE CONDICINAMENTO DE PRÉ-FORMAS		
SUBCONJUNTO	MODO DE FALHA	EFEITOS DA FALHA		
Rotalier	Sujidade	Falta de aquecimento das pré-formas e má qualidade das garrafas		
Sistema de lubrificação	Desgaste/ressecamento nas mangueiras	Falta de lubrificação do forno e desgaste dos componentes		
Ventilador	Filtros de ar obstruídos por sujidade	Sobreaquecimento do painel		
	Sujidade nas hélices e grades do ventilador	Sobreaquecimento do painel		

Fonte: Próprio autor.

4.3.6 Seleção das Tarefas de Manutenção Preventiva

A seleção das tarefas de manutenção preventivas é feita através da Árvore Lógica de Decisão, apresentado na Figura 2, e do Diagrama de Decisão e Seleção de Tarefas, apresentado na Figura 3. Os Quadros 4 e 5 ilustram o preenchimento da planilha de seleção de tarefas para o conjunto do Sistema de Transmissão.

Quadro 4 – Planilha de seleção de tarefas de manutenção do Sistema de Transmissão da Sopradora – Parte 1.

RCM		PLANILHA DE SELEÇÃO DE TAREFAS DE MANUTENÇÃO											FOLHA:		
SISTEMA: SOPRADORA			CONJUNTO: SISTEMA DE TRANSMISSÃO												
SUBCONJUNTO	FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA	E	S	A	O	Cat	1	2	3	4	5	6	7	
Cilindro pneumático de frenagem	Não desacionar o sistema de frenagem	Desgaste dos componentes internos	S	N	N	S	B	N	-	S	N	-	S	-	
Correia sincronizada	Não acionar o conjunto de tração da sopradora	Desgaste da correia sincronizada	S	N	N	S	B	N	-	S	N	-	S	-	
Correia sincronizada	Não acionar o conjunto de tração da sopradora	Rompimento da correia sincronizada	S	N	N	S	B	S	S	N	N	-	S	-	
Freio	Não parar a máquina corretamente na posição estabelecida	Desgaste nas pastilhas de freio	S	S	N	N	A	N	-	S	N	-	S	-	
Freio	Não parar a máquina corretamente na posição estabelecida	Desgaste no disco de frenagem	S	S	N	N	A	N	-	S	N	-	S	-	
Engrenagens (pinhões e coroas de acionamento)	Não sincronizar as transmissões inferiores da sopradora	Desgaste nos dentes das engrenagens	S	N	N	S	B	N	-	S	N	-	S	-	
Limitador de torque do eixo de saída do redutor principal	Não proteger os eixos do sistema de transmissão de esforços anormais	Desgaste na mola	S	S	N	N	A	N	-	S	N	-	S	-	
Limitador de torque do eixo da roda do forno	Não proteger os eixos do sistema de transmissão de esforços anormais	Desgaste do disco esfera	S	S	N	N	A	N	-	S	N	-	S	-	
Limitador de torque do eixo da roda do forno	Não proteger os eixos do sistema de transmissão de esforços anormais	Desgaste na mola	S	S	N	N	A	N	-	S	N	-	S	-	
Limitador de torque do eixo da roda de alimentação	Não proteger os eixos do sistema de transmissão de esforços anormais	Desgaste do disco esfera	S	S	N	N	A	N	-	S	N	-	S	-	
Limitador de torque do eixo da roda de alimentação	Não proteger os eixos do sistema de transmissão de esforços anormais	Desgaste na mola	S	S	N	N	A	N	-	S	N	-	S	-	
Mancal montado	Não sustentar o conjunto de tração da sopradora	Desgaste dos componentes internos	S	N	N	S	B	N	-	S	N	-	S	-	
Mancal montado	Não sustentar o conjunto de tração da sopradora	Desgaste natural do mancal/rolamento	S	N	N	S	B	S	S	N	N	-	S	-	
Motor	Não transmitir movimento para o sistema de transmissão	Falha do motor	S	N	N	S	B	S	S	S	N	-	S	-	
Redutor	Não acionar o sistema de transmissão da máquina	Desgaste dos componentes internos	S	N	N	S	B	N	-	S	N	-	S	-	
Redutor	Não acionar o sistema de transmissão da máquina	Desgaste dos componentes internos	S	N	N	S	B	N	-	S	N	-	S	-	
Polia sincronizada	Não tracionar o conjunto de correias do sistema de transmissão	Desgaste nos dentes da polia sincronizada	S	N	N	S	B	N	-	S	N	-	S	-	
Tensionador da correia	Não tensionar as correias do sistema de transmissão	Desgaste dos rolamentos do rolo tensionador	S	N	N	S	B	N	-	S	N	-	S	-	
Tensionador da correia	Não tensionar as correias do sistema de transmissão	Desgaste no corpo do rolo tensionador	S	N	N	S	B	N	-	S	N	-	S	-	
Rolamento principal	Não sustentar o conjunto de transmissão e eixos	Desgaste do rolamento	S	N	N	S	B	N	-	S	N	-	S	-	

Fonte: Próprio autor.

Quadro 5 – Planilha de seleção de tarefas de manutenção do Sistema de Transmissão da Sopradora – Parte 2.

RCM		PLANILHA DE SELEÇÃO DE TAREFAS DE MANUTENÇÃO			FOLHA:
SISTEMA: SOPRADORA		CONJUNTO: SISTEMA DE TRANSMISSÃO			
SUBCONJUNTO	TIPO DE ATIVIDADE	TAREFA	PERIOD.	CENTRO DE TRAB.	TEMPO PARA EXEC. [MIN]
Cilindro pneumático de frenagem	Inspeção Preventiva	Ação: Inspeccionar vazamento dos componentes internos; Método: Alimentar cilindro com ar, avançar e observar se há vazamento no terminal oposto; Recuar e repetir o processo; Medida Padrão: Cilindro sem vazamentos.	Anual	MEC1-GER	120
Correia sincronizada	Inspeção Preventiva	Ação: Inspeccionar condição das correias sincronizadas da sopradora; Método: Visual, verificando se não existem dentes fragmentados; Medida Padrão: Correia sem sinal de desgaste.	Trimestral	MEC1-GER	60
Correia sincronizada	Manutenção Preventiva	Ação: Substituir as correias sincronizadas da transmissão da sopradora e revisar os esticadores; Método: Ferramentas manuais.	Anual	MEC1-GER	180
Freio	Inspeção Preventiva	Ação: Avaliar o desgaste da pastilha de freio; Método: Desmontar o freio e realizar a limpeza, verificando o desgaste da pastilha de freio; Medida Padrão: As pastilhas não devem apresentar desgaste excessivo (aplicar calibração).	Quadrimestral	ELE1-GER	40
Freio	Inspeção Preventiva	Ação: Avaliar o desgaste do disco de freio; Método: Desmontar o freio e realizar a limpeza, verificando o desgaste do disco de freio; Medida Padrão: Os discos não devem apresentar desgaste excessivo como sulcamentos.	Quadrimestral	ELE1-GER	60
Engrenagens (pinhões e coroas de acionamento)	Inspeção Preventiva	Ação: Inspeccionar folga nos dentes das engrenagens. Se houver desgaste, abrir nota para correção; Método: Teste de folga; Medida Padrão: Ausência de folga e desgaste nas engrenagens.	Trimestral	MEC1-GER	60
Limitador de torque do eixo de saída do redutor principal	Inspeção Preventiva	Ação: Inspeccionar limitador de torque; Método: Torquímetro; Medida Padrão: Limitador de torque do eixo de saída do redutor com torque 100 Nm.	Anual	OPE1-GER	15
Limitador de torque do eixo da roda do forno	Inspeção Preventiva	Ação: Inspeccionar limitador de torque; Método: Ferramentas manuais; Medida Padrão: Disco sem alongamento na sede e esfera sem desgaste.	Anual	OPE1-GER	15
Limitador de torque do eixo da roda do forno	Inspeção Preventiva	Ação: Inspeccionar limitador de torque; Método: Torquímetro; Medida Padrão: Limitador de torque do eixo de da roda do forno com torque 75 Nm.	Anual	OPE1-GER	15
Limitador de torque do eixo da roda de alimentação	Inspeção Preventiva	Ação: Inspeccionar limitador de torque; Método: Ferramentas manuais; Medida Padrão: Disco sem alongamento na sede e esfera sem desgaste.	Anual	OPE1-GER	15
Limitador de torque do eixo da roda de alimentação	Inspeção Preventiva	Ação: Inspeccionar limitador de torque; Método: Torquímetro; Medida Padrão: Limitador de torque do eixo da roda de alimentação com torque 25 Nm.	Anual	OPE1-GER	15
Mancal montado	Inspeção Preventiva	Ação: Inspeccionar folga nos mancais, e trocar caso necessário; Método: Ferramentas manuais - alavanca; Medida Padrão: Mancal sem folga.	Mensal	OPE1-GER	30
Mancal montado	Lubrificação	Ação: Realizar lubrificação do mancal; Método: Bomba graxeira; Medida Padrão: 5 bombadas.	Mensal	OPE1-GER	10
Motor	1. Inspeção Qualitativa 2. Inspeção Preventiva	Ação: Aplicar Toolkit de Motores	Trimestral	ELE1-GER	420
Redutor	Inspeção de Lubrificação	Ação: Realizar preditiva de lubrificante; Método: Coleta e análise em laboratório; Medida Padrão: Viscosidade correta do óleo e ausência de partículas sólidas.	Bimestral	EXT1-GER	10
Redutor	1. Lubrificação 2. Troca de óleo	Ação: Controlar o nível do óleo no redutor de motorização, e caso necessário, completar com óleo (O9); Método: Chave allen 5mm e fixa 10mm.	3 anos	OPE1-GER	60
Polia sincronizada	Inspeção Preventiva	Ação: Inspeccionar desgaste na polia sincronizada de transmissão; Método: Visual, verificando se não existem dentes fragmentados; Medida Padrão: Ausência de dentes fragmentados.	Trimestral	MEC1-GER	20
Tensionador da correia	Inspeção Preventiva	Ação: Inspeccionar rolamento do rolo tensionador e, em caso de desgaste, efetuar a troca; Método: Ferramenta padrão; Medida Padrão: Rolamento do rolo tensionador sem marcas de desgaste.	Trimestral	MEC1-GER	60
Tensionador da correia	Inspeção Preventiva	Ação: Inspeccionar corpo do rolo tensionador e, em caso de desgaste, efetuar a troca; Método: Ferramenta padrão; Medida Padrão: Rolo de aço sem marcas de desgaste.	Trimestral	MEC1-GER	60
Rolamento principal	Inspeção Preventiva	Ação: Inspeccionar folga no rolamento da coluna; Método: Ferramentas manuais - alavanca; Medida Padrão: Rolamento sem folga e sem oxidação, verificando por amostra da graxa.	Trimestral	MEC1-GER	60

Fonte: Próprio autor.


As tarefas de manutenção selecionadas para o equipamento foram inspeções preditivas e preventivas, lubrificação, limpeza, e manutenções de substituições programadas, chamadas trocas mandatórias.

4.3.7 Determinação do Plano de Manutenção

Após a realização de todas as análises e seleção das tarefas de manutenção adequadas para cada item crítico do sistema, é possível construir o plano de manutenção do equipamento. O plano nada mais é do que a consolidação do estudo, agrupando todas as atividades de manutenção determinadas em um único documento. Uma parte do plano definido para a sopradora de garrafas é apresentado no Quadro 6, contendo as atividades que deverão ser executadas por operadores do equipamento. O plano utilizado até então e o plano proposto pela RCM, completo, são apresentados nos Anexos B e C, respectivamente.

Quadro 6 – Tarefas operacionais do plano de manutenção RCM.

(continua)

 PLANO DE MANUTENÇÃO PROPOSTO			
Código do plano	Centro de trabalho	Periodicidade	Texto item de manutenção
CEOLO005-001	OPE1-GER	Anual	EQ - Realizar inspeção e limpeza interna das válvulas de compensação dos moldes
CEOLO015-001	OPE1-GER	Anual	Realizar substituição de molas de acionamento do bloqueio do molde, molas de movimento do fundo do molde e molas do comando de bloqueio do molde
CEOLO037-001	OPE1-GER	Anual	Realizar substituição de amortecedores: amortecimento do fechamento do molde e do amortecimento do cilindro de estiramento da pré-forma
CEOLO042-001	OPE1-GER	Trimestral	EQ - Realizar limpeza das réguas de refrigeração, retirando incrustação e sujidade
CEOLO007-001	OPE1-GER	Anual	Substituir o'ring dos ejetores das tornetes
CEOLO011-001	OPE1-GER	Quadrimestral	Substituir o'rings do nariz da haste giratória de pegada de pré-formas
CEOLO017-001	OPE1-GER	5 anos	Substituir as placas térmicas do forno
CEOLO026-001	OPE1-GER	Anual	Inspecionar todos os limitadores de torque
CEOLO027-001	OPE1-GER	3 anos	Substituir a válvula de acionamento do cilindro da tubeira
CEOLO035-001	OPE1-GER	5 anos	Revisar unidade porta-molde, substituindo buchas, rolamentos e anéis do eixo principal do porta-molde
CEOLO036-001	OPE1-GER	Anual	Substituir as travas rápidas da haste de estiramento
CEOLO038-001	OPE1-GER	2 anos	Substituir peças de desgaste - esferas e vedações da válvula

Quadro 6 – Tarefas operacionais do plano de manutenção RCM.

(continuação)

RCM PLANO DE MANUTENÇÃO PROPOSTO			
Código do plano	Centro de trabalho	Periodicidade	Texto item de manutenção
CEOLO039-001	OPE1-GER	5 anos	Substituir os rolamentos da biela de abertura e fechamento do portamolde
CECRP008-002	OPE1-GER	Mensal	Realizar inspeção de rota para detecção de anomalias de segurança
CEOBIO19-001	OPE1-GER	Anual	EQ - Inspeção e troca se necessário das mangueiras do chiller
CEOEH001-061	OPE1-GER	Semestral	Realizar coleta de óleo lubrificante
CEOLO030-001	OPE1-MIP	Semestral	Realizar substituição do filtro do circuito de ar de alta pressão da sopradora
CEOLO031-001	OPE1-MIP	Trimestral	EQ - Limpar e inspecionar os blocos distribuidores de água dos moldes quanto à incrustação e vazamentos

Fonte: Próprio autor.

O plano definido deve ser então sistematizado, utilizando algum programa de gestão integrada empresarial, substituindo o plano anterior.

4.4 Comparação entre os planos de manutenção

O plano de manutenção adotado para a sopradora prevê atividades de limpeza, lubrificação, trocas e inspeções, tanto mecânicas quanto elétricas e de automação. A natureza das atividades não é alterada no plano proposto pelo RCM, as mudanças devem ocorrer na quantidade, frequência e efetividade das mesmas.

No plano utilizado até então, há uma grande quantidade de inspeções repetitivas e atividades vagas, que apenas ocupam o tempo dos técnicos de manutenção e inflam o sistema com anomalias detectadas e não tratadas. O plano proposto pelo RCM, agrupa inspeções em subconjuntos adjacentes ou semelhantes, elimina atividades vagas e prioriza trocas mandatórias. Com isso, o novo plano reduz 14 tarefas de manutenção, otimizando o tempo de manutenção preventiva, reduzindo o tempo necessário para manutenções corretivas e a quantidade de anomalias presentes no equipamento.

4.5 Execução do novo plano

A inclusão do plano de manutenção proposto ao final do estudo em um sistema integrado de gestão empresarial garante a disponibilidade da informação para o início da execução. A implantação do novo plano promete uma maior eficácia da manutenção e consequente ganho de eficiência no equipamento. Porém, o plano contempla manutenções preventivas, deixando abertas diversas anomalias sem tratamento.

Por esse motivo, a estratégia de mudança no gerenciamento da manutenção abrange a recuperação das condições originais dos equipamentos. Esse processo é realizado em três etapas: preparação; limpeza profunda e levantamento de anomalias; e tratamento das anomalias e melhorias. O processo é demorado e oneroso, sendo desenvolvido em um equipamento de cada vez. A equipe responsável pela recuperação é composta pelos operadores do equipamento, juntamente com técnicos de manutenção e o supervisor da área de produção.

A preparação do processo de recuperação é iniciada com a análise estruturada, também utilizada para seleção do sistema para implantação da metodologia RCM. Em seguida é delimitado o tempo máximo para tratamento do equipamento selecionado e elaborado o cronograma. O cronograma é importante para manter a equipe informada sobre eventos importantes, como reuniões, treinamentos e Dia “D” de limpeza profunda.

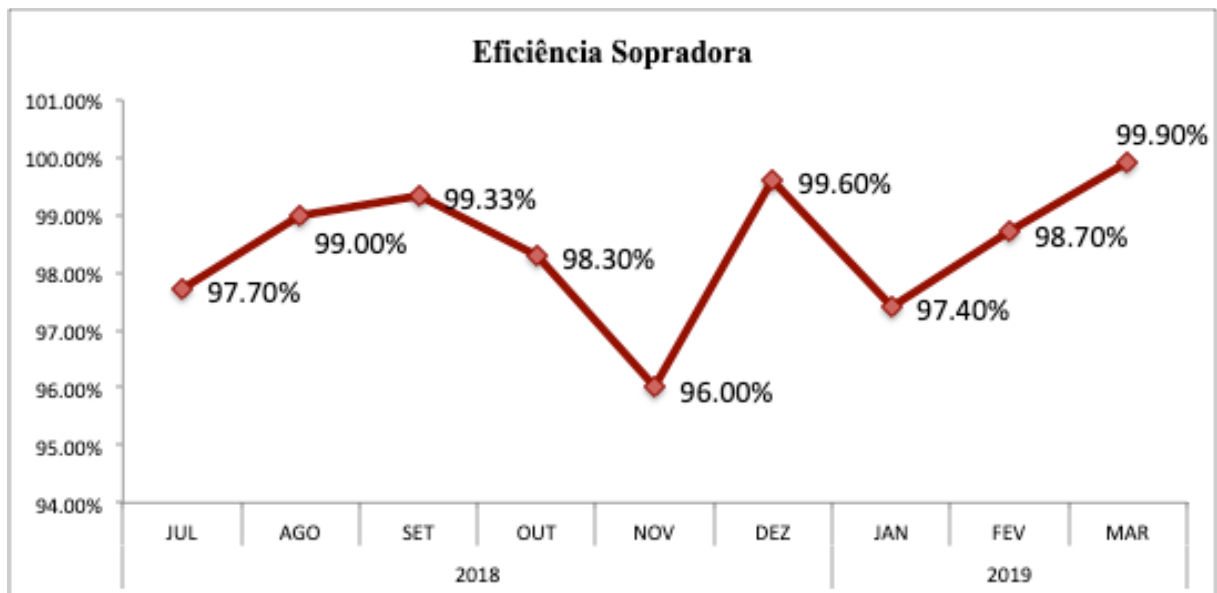
O Dia “D” é o ponto mais importante do processo. Nesse dia, os operadores do equipamento irão realizar uma limpeza profunda da máquina, enquanto os técnicos de manutenção avaliam os aspectos de funcionalidade. Ambas as atividades proporcionam oportunidades de detecção de anomalias no equipamento. Ao término das atividades, a equipe deve se reunir para avaliar as anomalias levantadas, fazendo análise de causa raiz e determinando a solução ideal, corretiva e preventiva, para cada uma.

A última etapa do processo de recuperação do equipamento é a solução dos problemas encontrados. Essa é a fase que demanda mais tempo, pois engloba: orçamentos, aprovação das atividades e orçamentos, requisição de compra e chegada das peças, programação conciliada entre produção e manutenção, e a atividade de manutenção em si. Ao final desse processo, são realizadas melhorias visuais, como pintura, iluminação e demarcação de parâmetros de operação.

A sopradora foi também o primeiro equipamento selecionado para recuperação das condições originais. O processo demandou seis meses, por ser um equipamento grande e por suas peças serem importadas. O Dia “D” foi realizado em três etapas: um dia para silo,

elevador de pré-formas, rolo orientador e guia descendente; um dia para o forno de condicionamento de pré-formas, mesa de transferência, roda de sopro e saída de garrafas; e um dia para sistema de transmissão, circuitos pneumático e hidráulico, componentes elétricos e chiller. Foram levantadas quarenta e cinco anomalias, com custo aproximado de R\$ 600.000,00 (seiscentos mil reais) para tratamento. Passados os seis meses de recuperação do equipamento, teve início a execução do novo plano de manutenção. Na Figura 13 é apresentado o acompanhamento da eficiência da sopradora ao longo do processo de recuperação das condições originais, e em três meses após o início da execução do novo plano.

Figura 13 – Eficiência da Sopradora no período do estudo.



Fonte: Próprio autor.

Na Figura 13 é possível identificar picos de ineficiência da sopradora em alguns meses. Esses picos ocorreram pela insurgência de problemas já mapeados, mais ainda não tratados. Ao final do sexto mês do processo, ainda haviam tratamentos em andamento. O maior problema encontrado na execução do cronograma foi a compra das peças. Apesar das dificuldades encontradas, ao final do estudo a sopradora apresentou uma evolução de 2,5% de eficiência com a implantação do plano proposto pela metodologia RCM.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A manutenção industrial tem grande importância no atendimento às exigências do mercado atual. A demanda por produtos e serviços de qualidade e a enorme competitividade são características do capitalismo moderno. Dessa forma, se faz necessária a confiabilidade dos produtos e meios de produção, assim como a redução dos custos dos mesmos.

O surgimento da engenharia de confiabilidade permitiu inúmeros avanços na área de manutenção e, conseqüentemente, no setor industrial. A metodologia da Manutenção Centrada em Confiabilidade, da sigla em inglês RCM, é um desses avanços. Nessa metodologia, todos os itens de um sistema são profundamente analisados para definição da estratégia de manutenção a ser adotada.

O setor industrial é guiado pela competitividade e, portanto, pela busca de melhorias em qualidade e produtividade. A estratégia de manutenção é de grande importância nesse contexto, visto o grau de automatização nas empresas atualmente. O mau funcionamento de um equipamento pode levar a enormes prejuízos, desde paradas de produção e falta de produto no mercado, até liberação de produtos de má qualidade para o consumidor.

A elaboração da estratégia de manutenção está diretamente relacionada ao profissional de engenharia, que possui a qualificação adequada para fazer uma avaliação crítica das necessidades de manutenção de uma indústria. A manutenção industrial é parte integrante da graduação em engenharia mecânica. Assim, não é incomum que os cargos de liderança da área de manutenção, como gerência e supervisão, sejam ocupados por engenheiros mecânicos.

Nesse contexto em que a tecnologia de manutenção é um fator de vantagem competitiva no setor industrial, um requisito importante para o profissional envolvido nessa área é o constante estudo de novas metodologias. Os objetivos principais deste trabalho eram o atendimento de tal requisito, com a capacitação na análise dos modos de falha componentes de um equipamento e na elaboração de planos de manutenção.

Atendendo ao objetivo, pode-se inferir que a aplicação dessa nova metodologia contribuiu para o desenvolvimento da equipe envolvida a partir do processo de discussão e elaboração da documentação. Além da revisão de conceitos importantes na área de manutenção, relacionando-os à metodologia RCM, uma série de autores foi consultada, de forma a definir um guia para a condução de novos trabalhos associados à essa aplicação. O estudo também proporcionou um conhecimento mais detalhado dos equipamentos e

componentes em análise, com reflexos positivos no desenvolvimento técnico profissional do grupo.

Outro objetivo do trabalho era a melhoria da eficiência e confiabilidade de um equipamento através da implantação de um plano de manutenção revisado pela metodologia RCM. Para isso, o estudo foi realizado em uma empresa de bebidas em processo de alteração da estratégia de manutenção com base na metodologia da Manutenção Centrada em Confiabilidade.

A metodologia RCM foi aplicada em um sistema selecionado através de Diagramas de Pareto, avaliando os equipamentos por tempo de ineficiência. O sistema selecionado foi dividido em conjuntos e subconjuntos, os quais compuseram as planilhas de análises propostas pela metodologia. A partir das análises foi possível elaborar um novo plano de manutenção, mais abrangente, mesmo sendo mais compacto, focado e eficiente.

Antes iniciar a execução do plano, foi necessário recuperar as condições originais do equipamento, para garantir que as anomalias pré-existentes não influenciariam a mensuração da efetividade do plano proposto pelo estudo. Ao final desse processo de recuperação e três meses após o início da execução das atividades do novo plano, foi verificada uma evolução de 2,5% de eficiência do equipamento, atendendo o objetivo.

Durante o processo de implantação surgiram diversas dificuldades. Por se tratar de uma metodologia recentemente introduzida na indústria, os conceitos não são perfeitamente compreendidas por todos, e a sistemática não é unificada, havendo diversas definições das etapas a serem seguidas. Dessa forma, a preparação do estudo é mais demorada, e o processo mais suscetível a erros, gerando retrabalhos.

Uma grande vantagem do método é a análise detalhada dos modos de falha de cada componente de um equipamento, garantindo que todas as funções serão mantidas sem anomalias. Outra vantagem é a possibilidade de revisões a partir da documentação já elaborada no estudo inicial. Assim, é possível assegurar os resultados a longo prazo.

Como sugestão para futuros trabalhos, propõe-se a utilização das ferramentas FTA – Árvore de Falhas e RCFA – Análise de Causa Raiz da Falha como suporte da definição das falhas funcionais dos sistemas e análise dos modos e efeitos dessas falhas. Outra sugestão é a análise financeira da aplicação da metodologia, verificando as vantagens e desvantagens de cada método de elaboração do plano de manutenção.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5462: Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994.

BRANCO FILHO, G. **Dicionário de termos de manutenção, confiabilidade e qualidade**. Rio de Janeiro: ABRAMAN, 1996.

FERREIRA, A. B. H. **Miniaurélio: o minidicionário da língua portuguesa**. 7a edição revista e atualizada. Curitiba: Ed. Positivo, 2008.

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e manutenção industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FREITAS, W. R. S.; JABBOUR, C. J. C. **Utilizando estudo de casos(s) como estratégia de pesquisa qualitativa: boas práticas e sugestões**. Estudo e Debate, Lajeado, 2011. Disponível em: <<http://www.univates.br/revistas/index.php/estudoedebate/article/view/560>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

GULATI, R. **Maintenance and Reliability Best Practices**. Nova Iorque: Industrial Press Inc, 2009.

KARDEC, A; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobras, 2009.

MONCHY, F. **A Função Manutenção – Formação para a Gerência da Manutenção Industrial**. São Paulo: Editora Durban Ltda., 1989.

MOUBRAY, J. **RCM II: Reliability centered maintenance**. Elsevier Butterworth-Heinemann, 1997, ISBN: 0-7506-3358-1.

NEPOMUCENO L. X. **Técnicas de Manutenção Preditiva – Volume 1**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 1989.

NOWLAN, F. S.; HEAP, H. F. **Reliability centered maintenance**. National Technical Information Service, USA, Report n.AD/A066-579, 1978.

NUNES, E. L. **Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC): análise da implantação em uma sistemática de manutenção preventiva consolidada**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/82056>>. Acesso em 22 jan. 2019.

SMITH, A. M. **Reliability Centered Maintenance**. Boston: McGraw-Hill, Inc. 1993.

VIANA, H. R. G. **PCM: planejamento e controle de manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2002.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciamento da Manutenção Produtiva**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Plano de Trabalho



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA ELÉTRICA, MECÂNICA E DE COMPUTAÇÃO



PLANO DE TRABALHO DO PROJETO FINAL

Título: Manutenção Centrada em Confiabilidade – Um estudo de caso

Dados	Ana Paula Rodrigues Correia
Nº de Matrícula	201202298
Telefones	(62) 9 8519-6741
E-mail	anapaular.correia@gmail.com
Orientador(a):	Marlize Garcia Fagundes Neto
Curso:	Eng. Elétrica () Eng. de Computação () Eng. Mecânica (x)
Certif. Estudos	Não (x) Sim ()

Resumo

A Manutenção é muito importante para garantir a eficiência dos equipamentos, a produtividade de uma empresa e sua manutenção no mercado. A estratégia de manutenção de uma empresa deve levar em consideração tanto a confiabilidade quanto os custos das atividades. Uma prática bastante utilizada atualmente é a manutenção preventiva, que se utiliza de paradas para realizar inspeções e trocas de subconjuntos dos equipamentos. O planejamento das paradas e atividades que serão realizadas é muito importante, utilizando então planos de manutenção. A Manutenção Centrada em Confiabilidade, da sigla em inglês RCM, vem sendo bastante utilizada como base para elaboração desses planos. O fundamento do RCM é a análise dos componentes de desgaste do equipamento e de seus modos de falha. A partir dos modos de falha são definidas quais são as atividades devem ser realizadas durante as paradas e quais os parâmetros que devem ser verificados. Fazendo uma análise do histórico de manutenção do equipamento, pode-se definir a criticidade e periodicidade dessas atividades, definindo assim um plano de manutenção mais específico e eficiente para garantir a confiabilidade do equipamento.

I. Objetivos

Os objetivos macros deste projeto são:

- Capacitar o aluno na análise dos modos de falha de subconjuntos de equipamentos mecânicos;
- Capacitar o aluno na elaboração de planos de manutenção para equipamentos.

Os objetivos específicos do presente projeto são:

- Compreender o estado da arte da manutenção de equipamentos;
- Obter as atividades e parâmetros necessários para elaboração do plano de manutenção;
- Realizar uma análise da evolução da eficiência e confiabilidade do equipamento após a implantação dos planos de manutenção.

II. Metodologia

A metodologia utilizada neste projeto será:

- Revisão bibliográfica sobre manutenção centrada em confiabilidade;
- Análise dos modos de falha dos componentes de uma sopradora de garrafas;
- Revisão do plano de manutenção do equipamento;
- Análise estatística dos resultados;
- Redação do trabalho final de curso.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA ELÉTRICA, MECÂNICA E DE COMPUTAÇÃO



III. Cronograma.

O cronograma das atividades a serem realizadas é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Cronograma das atividades.

Etapas do Projeto	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL
1) Revisão bibliográfica sobre manutenção centrada em confiabilidade	X				
2) Análise dos modos de falha dos componentes de uma sopradora de garrafas		X			
3) Revisão do plano de manutenção do equipamento			X		
4) Análise estatística dos resultados			X	X	
5) Redação do trabalho final de curso				X	X

Goiânia, 27 de março de 2019.

Ana Paula Rodrigues Corrêa

Assinatura do aluno

Matrícula:

Morley G. F. Neto

Assinatura do(a) Prof.(a) Orientador(a):

ANEXOS

ANEXO A – Listagem dos Itens Críticos da Sopradora de Garrafas

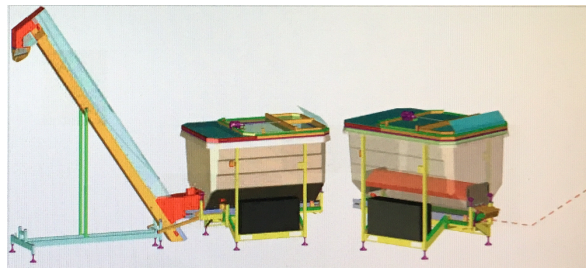
ESQUEMA GERAL DA SOPRADORA

- 1 ELEVADOR E SILO DE PRÉ-FORMAS
- 2 ROLO ORIENTADOR E GUIA DESCENDENTE DE PRÉ-FORMAS
- 3 FORNO DE CONDICIONAMENTO DE PRÉ-FORMAS
- 4 MESA DE TRANSFERÊNCIA
- 5 RODA DE SOPRO
- 6 SAÍDA DE GARRAFAS
- 7 SISTEMA DE TRANSMISSÃO
- 8 COMPONENTES ELÉTRICOS
- 9 CIRCUITO PNEUMÁTICO
- 10 CHILLER
- 11 CIRCUITO HIDRÁULICO



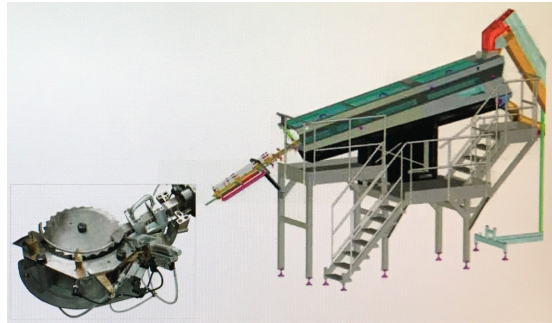
ELEVADOR E SILO DE PRÉ-FORMAS

- 1 Amortecedor de queda
- 2 Came do basculante
- 3 Esteira de elevação
- 4 Esteira transportadora do silo
- 5 Guia do abastecedor de pré-forma
- 6 Mancal montado
- 7 Manta de amortecimento de pré-formas
- 8 Motor
- 9 Palha de amortecimento
- 10 Redutor
- 11 Roldana do elevador
- 12 Rolo de tração (rolamento)



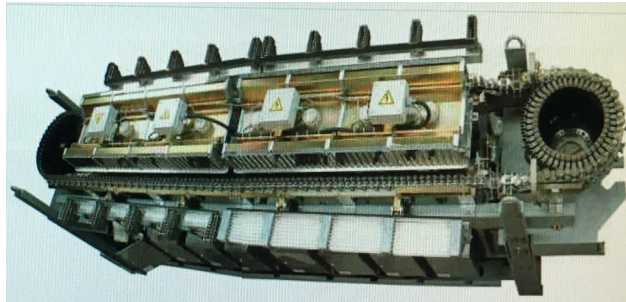
ROLO ORIENTADOR E GUIA DESCENDENTE DE PRÉ-FORMAS

- 1 Esteira de reciclagem de pré-formas
- 2 Correia de transmissão
- 3 Dedos de parada
- 4 Disco de alimentação
- 5 Guias de gargalo
- 6 Guia fios
- 7 Mancal montado
- 8 Motor
- 9 Redutor do rolo orientador
- 10 Redutor das esteiras
- 11 Rolo emborrachado de tração do silo e de elevação
- 12 Rolamentos
- 13 Rolos tensionadores do silo e de elevação
- 14 Trilho
- 15 Calha de reciclagem



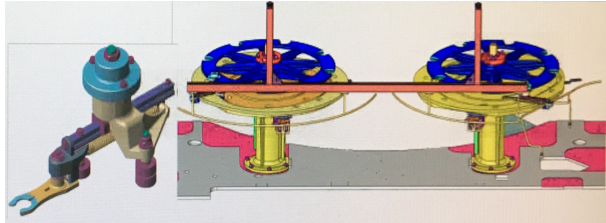
FORNO DE CONDICIONAMENTO DE PRÉ-FORMAS

- 1 Articulações do correntão
- 2 Tornete
- 3 Cadeias fixas (corrente)
- 4 Came
- 5 Ejetor
- 6 Garfo
- 7 Guia de rolamento
- 8 Lâmpadas infravermelhas
- 9 Mancal
- 10 Mola
- 11 Motor das turbinas superiores
- 12 Nariz de haste giratória
- 13 Pinhão da haste giratória
- 14 Placa térmica
- 15 Rampa de inversão
- 16 Refletores
- 17 Régua de refrigeração
- 18 Roda do forno
- 19 Roda do tensor
- 20 Rolos de leva
- 21 Rotatier
- 22 Sistema de lubrificação
- 23 Ventilador



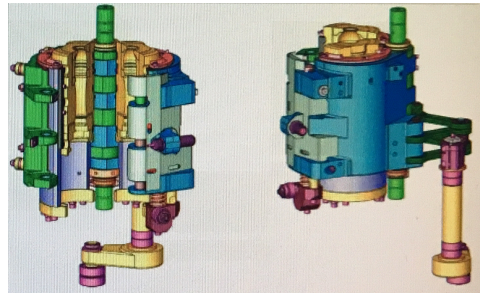
MESA DE TRANSFERÊNCIA

- 1 Came
- 2 Cubo de regulagem
- 3 Ejetor escamuteável (atuador)
- 4 Ejetor escamuteável (válvula pneumática)
- 5 Guia de segurança
- 6 Mancal montado
- 7 Mola
- 8 Pinças de transferência
- 9 Roda de transferência
- 10 Rolos de leva
- 11 Terminal rotular



RODA DE SOPRO

- 1 Amortecedor do porta-moldes
- 2 Amortecedor do cilindro de estiramento
- 3 Anel de desgaste do sistema de bloqueio do molde
- 4 Anel de desgaste do fundo do molde
- 5 Bloco de circulação de água dos moldes
- 6 Bucha autolubrificante das articulações dos moldes
- 7 Came de abertura/fechamento dos moldes
- 8 Came de bloqueio
- 9 Came de desbloqueio
- 10 Came de descida do fundo do molde
- 11 Came de estiramento
- 12 Cilindro da tubeira
- 13 Cilindro de alongamento
- 14 Conjunto suporte do fundo do molde
- 15 Conjunto tratame
- 16 Corrediça da haste de estiramento
- 17 Dedos de bloqueio
- 18 Distribuidor elétrico (coletora)
- 19 Eixo principal de movimento do molde
- 20 Eixo de segurança do fundo do molde
- 21 Engate rápido
- 22 Guia linear de estiramento
- 23 Guia linear do fundo do molde
- 24 Haste de estiramento
- 25 Mangueiras de refrigeração dos moldes
- 26 Molas de acionamento do bloqueio do molde
- 27 Molas de movimento do fundo do molde
- 28 Molas de comando de bloqueio do molde
- 29 Regulador de pressão
- 30 Rolamento de abertura e fechamento do molde
- 31 Rolamento principal
- 32 Rotativa de ar
- 33 Rotativa de água
- 34 Selecta pneumática
- 35 Sistema de lubrificação
- 36 Trava rápida da haste de estiramento
- 37 Unidade porta-molde (trava do molde)
- 38 Unidade porta-molde (bielas)
- 39 Unidade porta-molde (rolamentos)
- 40 Válvula de comando do cilindro da tubeira
- 41 Válvula de comando do cilindro de estiramento
- 42 Válvula de compensação dos moldes



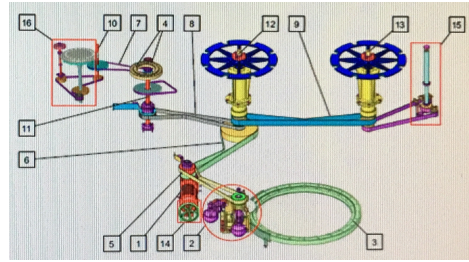
SAÍDA DE GARRAFAS

- 1 Guias laterais
- 2 Mancal montado
- 3 Rodas de saída



SISTEMA DE TRANSMISSÃO

- 1 Cilindro pneumático de frenagem
- 2 Correia sincronizada
- 3 Engrenagens (pinhões e coroas de acionamento)
- 4 Freio
- 5 Limitador de torque
- 6 Mancal montado
- 7 Motor
- 8 Polia sincronizada
- 9 Redutor
- 10 Rolamento da coluna
- 11 Tensionador da correia

**COMPONENTES ELÉTRICOS**

- 1 Ar condicionado
- 2 Autômato (PLC)
- 3 Caixa reguladora de potência (Olicorp)
- 4 Câmera de temperatura
- 5 Cartão de memória
- 6 Cooler
- 7 Encoder
- 8 Exaustor da coifa
- 9 IHM
- 10 Painel de controle
- 11 Painel de força e comando
- 12 Sensores de temperatura
- 13 Sensores fotocélulas
- 14 Sensores indutivos
- 15 Servo
- 16 Transmissor de temperatura

CIRCUITO PNEUMÁTICO

- 1 Bloco de sopragem
- 2 Distribuidor
- 3 Eletroválvulas do sistema de sopragem
- 4 Eletroválvulas TORNADO
- 5 Filtro do circuito do ar de alta
- 6 Mangueira pneumática
- 7 Manômetro
- 8 Pressostato
- 9 Purgador
- 10 Redutora de pressão
- 11 Rotativa de ar
- 12 Silencioso
- 13 Unidade de conservação de ar de baixa
- 14 Válvula de purga
- 15 Válvula de segurança
- 16 Válvula manual
- 17 Válvula pneumática

CHILLER

- 1 Bomba
- 2 Distribuidor
- 3 Medidor de vazão
- 4 Motor da bomba
- 5 Sonda
- 6 União giratória
- 7 Válvula manual
- 8 Rotativa de água

CIRCUITO HIDRÁULICO

- 1 Bomba hidráulica
- 2 Cilindro hidráulico
- 3 Eletroválvula
- 4 Filtro de óleo
- 5 Mangueiras
- 6 Motor da bomba
- 7 Regulador de pressão

ANEXO B – Plano de Manutenção Atual

PLANO DE MANUTENÇÃO ATUAL			
Código do plano	Centro de trabalho	Periodicidade	Texto item de manutenção
CEOLO010-001	OPE1-MEC	Anual	Substituir o'ring dos extratores das torres
CEOLO012-001	OPE1-MEC	Anual	Substituir as molas das tournettes
CEOLO020-001	OPE1-MEC	Mensal	Inspeccionar alinhamento das pinças de transferência
CEOLO023-001	OPE1-MEC	Bimestral	Inspeccionar sincronismo mecânico da sopradora
CEOLO028-001	OPE1-MEC	Anual	Substituir reparos dos cilindros de estiramento
CEOLO030-001	OPE1-MEC	Semestral	Substituir filtros de 40 bar
CEOLO037-001	OPE1-MEC	Anual	Inspeccionar amortecedores do sistema de
CEOLO040-001	OPE1-MEC	Semanal	Inspeccionar e gabaritar braços de abertura
CEOLO045-001	OPE1-MEC	2 anos	Substituir os elementos filtrantes
CEOLO019-001	OPE1-MEC	9000 horas	Substituir rolamentos dos braços de transferência
CEOLO027-001	OPE1-MEC	27000 horas	Substituir todos elementos do kit tornado
CEOLO035-001	OPE1-MEC	27000 horas	Substituir dedos de travamento do molde
CEOLO038-001	OPE1-MEC	8640 horas	Inspeccionar os rolamentos dos eixos
CEOLO039-001	OPE1-MEC	8640 horas	Inspeccionar rolamentos de bloqueio dos moldes
CEOLO043-001	OPE1-MEC	32000 horas	Substituir rolamentos das bielas do molde
CEOLO004-001	OPE1-MEC	Semestral	Inspeccionar padrão dis extratames utilizados
CEOLO015-001	OPE1-MEC	Mensal	Substituir elementos filtrantes do polidor
CEOLO016-001	OPE1-MEC	Anual	Inspeccionar anéis de compensação dos porta moldes
CEOLO024-001	OPE1-MEC	Mensal	Realizar checklist de reaperto
CEOLO031-001	OPE1-MEC	Mensal	Inspeccionar o borrifador do sistema atomizador
CEOLO034-001	OPE1-MEC	Semestral	Substituir todos os parafusos dos dinablocos
CEOLO041-001	OPE1-MEC	Mensal	Realizar checklist de limpeza
CEOLO042-001	OPE1-MEC	Mensal	Limpar sistema de refrigeração dos moldes
CEYAM061-064	OPE1-MEC	Bimestral	Inspeção de Instrumentação da Operação
CEOLO021-001	OPE1-MEC	17280 horas	Substituir as correias sincronizadas
CEOLO036-001	OPE1-MEC	8640 horas	Substituir molas do freio dos bloqueios
CEZYF016-019	OPE1-MEC	Semanal	Checklist Lubrificação Semanal
CEZYF007-090	OPE1-MEC	Quinzenal	Checklist Lubrificação Quinzenal
CEZYF008-058	OPE1-MEC	Mensal	Checklist Lubrificação Mensal
CECRP008-002	OPE1-MEC	Mensal	Realizar inspeção de rota para detecção
CEZYF011-007	OPE1-MEC	8000 horas	Troca de lubrificante redutor
CEZYF011-008	OPE1-MEC	8000 horas	Troca de lubrificante redutor
CEZYF011-009	OPE1-MEC	8000 horas	Troca de lubrificante redutor
CEZYF011-010	OPE1-MEC	8000 horas	Troca de lubrificante redutor
CEZYF011-011	OPE1-MEC	8000 horas	Troca de lubrificante redutor
CEZYF011-012	OPE1-MEC	8000 horas	Troca de lubrificante redutor
CEOLO002-001	MEC1-GER	Mensal	Realizar Inspeção Rota Mecânica
CEOLO005-001	MEC1-GER	Anual	Substituir molas dos eixos das fourchettes
CEOLO029-001	MEC1-GER	3 anos	Substituir o reparo da união rotativa de ar
CEOLO033-001	MEC1-GER	Semanal	Inspeccionar tensionamento das correias
CEOLO044-001	MEC1-GER	Mensal	Inspeccionar amortecedores danificados
CEOLO006-001	MEC1-GER	3 anos	Substituir rolamento do eixo de acionamento
CEOLO007-001	MEC1-GER	27000 horas	Substituir rolamento e buchas dos eixos
CEOLO008-001	MEC1-GER	27000 horas	Substituir buchas dos eixos das fourchettes
CEOLO009-001	MEC1-GER	27000 horas	Substituir rolamentos dos eixos das fourchettes
CEOLO011-001	MEC1-GER	27000 horas	Substituir o'ring dos tripartidos
CEOLO013-001	MEC1-GER	3 anos	Substituir as buchas das tournettes
CEOLO025-001	MEC1-GER	27000 horas	Substituir disco de freio do sistema
CEOLO026-001	MEC1-GER	32000 horas	Substituir rolamentos agulha do porta molde
CEOLO032-001	MEC1-GER	3 anos	Substituir reparo da união rotativa de água
CEOEF001-005	MEC1-GER	Bimestral	Inspeção preditiva Lubrificante da Linha
CEOLO022-003	MEC1-GER	Mensal	Limpeza-Lubrificação e Reaperto
CEIDK003-050	MEC1-GER	Mensal	Realizar lubrificação e inspeccionar
CEVPQ001-017	GPE1-GER	Trimestral	Inspeção em Paineis Elétricos de Baixa Tensão
CEOEF002-004	EXT1-GER	Mensal	Inspeção preditiva de vibração da linha
CEOLO018-001	ELE1-GER	Semestral	Efetuar limpeza do inversor do sistema

PLANO DE MANUTENÇÃO ATUAL			
Código do plano	Centro de trabalho	Periodicidade	Texto item de manutenção
CEOLO017-001	ELE1-GER	27000 horas	Calibrar e posicionar corretamente a câmera
CEOEF003-005	ELE1-GER	Quadrimestral	Inspeção preditiva termográfica da linha
CEERU002-053	ELE1-GER	Semestral	Inspeção Preventiva de Motores
CEERU003-136	ELE1-GER	Trimestral	Inspeção Qualitativa de motores
CEIDK001-050	ELE1-GER	Mensal	Inspeccionar funcionamento da bomba de lubrificação
CEVPQ003-014	ELE1-GER	Anual	Manutenção Preventiva no Circuito Elétrico
CEVPQ004-008	ELE1-GER	Anual	Manutenção Preventiva na Ventilação
CEVPQ007-008	ELE1-GER	Trimestral	Substituição de filtros do sistema de ventilação
CEVPQ003-015	ELE1-GER	Anual	Manutenção Preventiva no Circuito Elétrico
CEVPQ003-016	ELE1-GER	Anual	Manutenção Preventiva no Circuito Elétrico
CEVPQ003-017	ELE1-GER	Anual	Manutenção Preventiva no Circuito Elétrico
CEVPQ004-009	ELE1-GER	Anual	Manutenção Preventiva na Ventilação
CEVPQ007-009	ELE1-GER	Trimestral	Substituição de filtros do sistema de ventilação
CEVPQ003-018	ELE1-GER	Anual	Manutenção Preventiva no Circuito Elétrico
CEVPQ004-010	ELE1-GER	Anual	Manutenção Preventiva na Ventilação
CEVPQ007-010	ELE1-GER	Trimestral	Substituição de filtros do sistema de ventilação
CEVPQ004-011	ELE1-GER	Anual	Manutenção Preventiva na Ventilação
CEVPQ007-011	ELE1-GER	Trimestral	Substituição de filtros do sistema de ventilação
CEVPQ003-019	ELE1-GER	Anual	Manutenção Preventiva no Circuito Elétrico
CEVPQ004-012	ELE1-GER	Anual	Manutenção Preventiva na Ventilação
CEVPQ007-012	ELE1-GER	Trimestral	Substituição de filtros do sistema de ventilação
CEOHK001-053	AUT1-GER	Anual	Realizar inspeção de rota de automação
CEOHI007-029	AUT1-GER	Anual	Manutenção preventiva em encoder
CEOHI008-014	AUT1-GER	Anual	Realizar Backup de automação imagem hd
CEOHI010-014	AUT1-GER	Anual	Manutenção preventiva em sistema supervisorio
CEOHM001-193	AUT1-GER	Semestral	Realizar backup automação em PLC/Placa
CEOHM001-194	AUT1-GER	Semestral	Realizar backup automação em PLC/Placa
CEOHM001-195	AUT1-GER	Semestral	Realizar backup automação em PLC/Placa
CEOHM001-196	AUT1-GER	Semestral	Realizar backup automação em PLC/Placa
CEOHM001-197	AUT1-GER	Semestral	Realizar backup automação em PLC/Placa
CEOHM001-198	AUT1-GER	Semestral	Realizar backup automação em PLC/Placa
CEOHM001-199	AUT1-GER	Semestral	Realizar backup automação em PLC/Placa
CEOHM001-200	AUT1-GER	Semestral	Realizar backup automação em PLC/Placa
CEOHM001-201	AUT1-GER	Semestral	Realizar backup automação em PLC/Placa
CEOHM001-202	AUT1-GER	Semestral	Realizar backup automação em PLC/Placa
CEOHM001-203	AUT1-GER	Semestral	Realizar backup automação em PLC/Placa
CEOHM001-204	AUT1-GER	Semestral	Realizar backup automação em PLC/Placa
CEOHM001-205	AUT1-GER	Semestral	Realizar backup automação em PLC/Placa
CEOHM001-206	AUT1-GER	Semestral	Realizar backup automação em PLC/Placa
CEOHM001-108	AUT1-GER	Semestral	Realizar backup automação em PLC/Placa
CEOHI005-098	AUT1-GER	Anual	Manutenção preventiva em PLC
CEIFI002-026	AUT1-GER	Anual	Inspeção de rota em rede Profibus

ANEXO C – Plano de Manutenção proposto pela metodologia RCM

PLANO DE MANUTENÇÃO PROPOSTO			
Código do plano	Centro de trabalho	Periodicidade	Texto item de manutenção
CEOHI008-014	AUT1-GER	Anual	Realizar Backup de automação imagem hd
CEOHK001-053	AUT1-GER	Anual	Realizar inspeção de rota de automação
CEOHI010-014	AUT1-GER	Semestral	Manutenção preventiva em sistema supervisório
CESDR001-002	AUT1-GER	Anual	Desmontar olicorp e realizar limpeza
CESDR001-003	AUT1-GER	Anual	Desmontar olicorp e realizar limpeza
CESDR001-004	AUT1-GER	Anual	Desmontar olicorp e realizar limpeza
CESDR001-005	AUT1-GER	Anual	Desmontar olicorp e realizar limpeza
CESDR001-006	AUT1-GER	Anual	Desmontar olicorp e realizar limpeza
CESDR001-007	AUT1-GER	Anual	Desmontar olicorp e realizar limpeza
CESDR001-008	AUT1-GER	Anual	Desmontar olicorp e realizar limpeza
CESDR001-009	AUT1-GER	Anual	Desmontar olicorp e realizar limpeza
CESDR001-010	AUT1-GER	Anual	Desmontar olicorp e realizar limpeza
CESDR001-011	AUT1-GER	Anual	Desmontar olicorp e realizar limpeza
CESDR001-012	AUT1-GER	Anual	Desmontar olicorp e realizar limpeza
CESDR001-016	AUT1-GER	Anual	Desmontar olicorp e realizar limpeza
CESDR001-017	AUT1-GER	Anual	Desmontar olicorp e realizar limpeza
CESDR001-018	AUT1-GER	Anual	Desmontar olicorp e realizar limpeza
CESDR001-019	AUT1-GER	Anual	Desmontar olicorp e realizar limpeza
CEIFI002-026	AUT1-GER	Semestral	Inspeção de rota em rede Profibus
CEOLO003-001	ELE1-GER	Semanal	Inspeccionar condição das lâmpadas, conectores, suportes e cabos elétricos
CEOLO034-001	ELE1-GER	Anual	Inspeccionar anéis e unhas da coletora; checar desgaste e oxidação
CEOAO038-001	ELE1-GER	Trimestral	Inspeção Preventiva em Sensores
CEDEF003-005	ELE1-GER	Quadrimestral	Inspeção Preditiva de Termografia
CEERU002-053	ELE1-GER	Semestral	Inspeção Preventiva de Motores
CEERU003-136	ELE1-GER	Trimestral	Inspeção Qualitativa Motores
CEVPQ003-014	ELE1-GER	Anual	Manutenção Preventiva no Circuito Elétrico
CEVPQ004-008	ELE1-GER	Anual	Manutenção Preventiva na Ventilação
CEVPQ003-015	ELE1-GER	Anual	Manutenção Preventiva no Circuito Elétrico
CEVPQ003-016	ELE1-GER	Anual	Manutenção Preventiva no Circuito Elétrico
CEVPQ004-009	ELE1-GER	Anual	Manutenção Preventiva na Ventilação
CEVPQ003-018	ELE1-GER	Anual	Manutenção Preventiva no Circuito Elétrico
CEVPQ003-019	ELE1-GER	Anual	Manutenção Preventiva no Circuito Elétrico
CEVPQ004-012	ELE1-GER	Anual	Manutenção Preventiva na Ventilação
CEOEF002-004	EXT1-GER	Trimestral	Inspeção Preditiva Vibração da Linha
CEONR021-004	EXT1-GER	2 anos	Calibrar válvula de segurança de vaso de pressão
CEONR021-027	EXT1-GER	3 anos	Calibrar válvula de segurança de vaso de pressão
CEONR021-056	EXT1-GER	4 anos	Calibrar válvula de segurança de vaso de pressão
CEONR021-059	EXT1-GER	5 anos	Calibrar válvula de segurança de vaso de pressão
CEONR021-060	EXT1-GER	6 anos	Calibrar válvula de segurança de vaso de pressão
CEONR021-061	EXT1-GER	7 anos	Calibrar válvula de segurança de vaso de pressão
CEONR021-062	EXT1-GER	8 anos	Calibrar válvula de segurança de vaso de pressão
CEONR021-063	EXT1-GER	9 anos	Calibrar válvula de segurança de vaso de pressão
CEVPQ001-017	GPE1-GER	Trimestral	Inspeção em Painéis Elétricos de Baixa Tensão
CEOLO002-001	MEC1-GER	Mensal	Inspeccionar bomba do chiller e bomba de óleo quanto a vazamento e ruído da bomba. Se necessário realizar intervenção
CEOLO004-001	MEC1-GER	Quadrimestral	Inspeccionar elevador e silo de pré-forma. Checar guia do abastecedor, esteira transportadora e de elevação; checar mancais e inspeccionar roldanas do elevador e rolo de tração da esteira do elevador.
CEOLO010-001	MEC1-GER	2 anos	Substituir molas e buchas das tornetes do forno e inspeccionar condição dos eixos e buchas autolubrificantes
CEOLO014-001	MEC1-GER	Quadrimestral	Inspeccionar esteira de reciclagem pré-forma e rolo tracionador da esteira, checando folga no eixo do rolamento
CEOLO018-001	MEC1-GER	Trimestral	Inspeccionar os anéis de desgaste do sistema do bloqueio do molde; checar condições dos eixos de comando do movimento de bloqueio; inspeccionar o rolamento da coluna e o rolamento de abertura e fechamento do molde.
CEOLO020-001	MEC1-GER	Semestral	Inspeccionar desgaste na estrela de transferência de garrafas da sopradora
CEOLO023-001	MEC1-GER	Quadrimestral	Inspeccionar saída de garrafas sopradora, checar guias laterais, mancais e rodas de separação de garrafas
CEOLO024-001	MEC1-GER	Anual	Inspeccionar sistema hidráulico da sopradora, checar atuadores, válvulas, válvulas de purga e mangueiras hidráulicas quanto a vazamentos
CEOLO029-001	MEC1-GER	3 anos	Substituir reparos do distribuidor de ar e inspeção do cubo

PLANO DE MANUTENÇÃO PROPOSTO			
Código do plano	Centro de trabalho	Periodicidade	Texto item de manutenção
CEOLO033-001	MEC1-GER	Trimestral	Inspeccionar transmissão principal sopradora: checar correias e polias sincronizadas; inspeccionar engrenagens, pinhão e tensionadores das correias; inspeccionar rolamento principal
CEOLO040-001	MEC1-GER	Trimestral	Inspeccionar cames de abertura/fechamento e cames guia da sopradora; checar came do basculante, came guia dos braços e rolos, cames do eixo de comando de revestimento e came de descida do fundo do molde
CEOLO044-001	MEC1-GER	Anual	Inspeção do sistema de amortecimento de pré-forma, checar amortecedor de queda, mantas laterais de amortecimento de pré-formas e palha de amortecimento
CEOLO045-001	MEC1-GER	3 anos	Substituir reparos do distribuidor de líquidos, realizar limpeza e desobstrução dos orifícios e inspeção do cubo
CEOKX026-002	MEC1-GER	Quadrimestral	Inspeccionar mesa de transferência; checar rolamento do braço devido a folga no cubo de regulagem, rolamentos dos mancais; inspeccionar rolos de leva de abertura e fechamento das pinças de transferência
CEOLO008-001	MEC1-GER	Semestral	Realizar desmontagem dos eixos de comando e realizar inspeção no sistema de travamento do molde; checar dedos de bloqueio, anel dos bloqueios, anel do eixo de comando e anéis do eixo
CEOLO009-001	MEC1-GER	Semestral	Inspeccionar componentes internos de acionamento da válvula redutora de pressão, mola e diafragma; realizar limpeza e trocar, caso necessário
CEOLO013-001	MEC1-GER	Quadrimestral	Inspeccionar correia de transmissão do rolo orientador, disco de alimentação do forno, guias de gargalo e guias-fios da pré-forma; inspeccionar mancais e trilhos de pré-forma
CEOLO019-001	MEC1-GER	3 anos	Substituir as curvas de alimentação do sistema de pré-formas
CEOLO021-001	MEC1-GER	Anual	Substituir as correias sincronizadas da transmissão da sopradora e revisar os esticadores
CEOLO032-001	MEC1-GER	Semestral	Inspeccionar forno de condicionamento de pré-formas: checar articulações do correntão, guia de rolamento, rolamentos dos mancais; checar mola do sistema de tensionamento da corrente do forno; inspeccionar pinhão da haste giratória e rolos de leva
CEOEF001-005	EXT1-GER	Bimestral	Inspeção Preditiva de Lubrificação
CEOLO046-002	MEC1-GER	5 anos	Substituir rolamento central da sopradora
CEOLO005-001	OPE1-GER	Anual	EQ - Realizar inspeção e limpeza interna das válvulas de compensação dos moldes
CEOLO015-001	OPE1-GER	Anual	Realizar substituição de molas de acionamento do bloqueio do molde, molas de movimento do fundo do molde e molas do comando de bloqueio do molde
CEOLO037-001	OPE1-GER	Anual	Realizar substituição de amortecedores: amortecimento do fechamento do molde e do amortecimento do cilindro de estiramento da pré-forma
CEOLO042-001	OPE1-GER	Trimestral	EQ - Realizar limpeza das réguas de refrigeração, retirando incrustação e sujidade
CEOLO007-001	OPE1-GER	Anual	Substituir o'ring dos ejetores das tornetes
CEOLO011-001	OPE1-GER	Quadrimestral	Substituir o'rings do nariz da haste giratória de pegada de pré-formas
CEOLO017-001	OPE1-GER	5 anos	Substituir as placas térmicas do forno
CEOLO026-001	OPE1-GER	Anual	Inspeccionar todos os limitadores de torque
CEOLO027-001	OPE1-GER	3 anos	Substituir a válvula de acionamento do cilindro da tubeira
CEOLO035-001	OPE1-GER	5 anos	Revisar unidade porta-molde, substituindo buchas, rolamentos e anéis do eixo principal do porta-molde
CEOLO036-001	OPE1-GER	Anual	Substituir as travas rápidas da haste de estiramento
CEOLO038-001	OPE1-GER	2 anos	Substituir peças de desgaste - esferas e vedações da válvula
CEOLO039-001	OPE1-GER	5 anos	Substituir os rolamentos da biela de abertura e fechamento do porta-molde
CECRP008-002	OPE1-GER	Mensal	Realizar inspeção de rota para detecção de anomalias de segurança
CEOBIO19-001	OPE1-GER	Anual	EQ - Inspeção e troca se necessário das mangueiras do chiller
CEOEHO01-061	OPE1-GER	Semestral	Realizar coleta de óleo lubrificante
CEOLO030-001	OPE1-MIP	Semestral	Realizar substituição do filtro do circuito de ar de alta pressão da sopradora
CEOLO031-001	OPE1-MIP	Trimestral	EQ - Limpar e inspeccionar os blocos distribuidores de água dos moldes quanto à incrustação e vazamentos
CEZYF008-058	SUP1-GER	Mensal	Checklist Lubrificação Mensal