

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
ESPECIALIZAÇÃO EM GERÊNCIA DE MANUTENÇÃO**

DANIEL BUBLITZ

**APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE
EM EXTRUSORAS DE BORRACHA**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2018

DANIEL BUBLITZ

**APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE
EM EXTRUSORAS DE BORRACHA**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Gerência de Manutenção, do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Emerson Rigoni

CURITIBA

2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Curitiba
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica
Especialização em Gerência de Manutenção



TERMO DE APROVAÇÃO

APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE EM EXTRUSORAS DE BORRACHA

por

DANIEL BUBLITZ

Esta monografia foi apresentada em 10 de agosto de 2018, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Gerência de Manutenção, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O aluno foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Emerson Rigoni, Dr.Eng.
Professor Orientador - UTFPR

Prof. Marcelo Rodrigues, Dr.
Membro Titular da Banca - UTFPR

Prof. Jorge Carlos C. Guerra, Dr
Membro Titular da Banca - UTFPR

Dedico este trabalho à minha esposa Fabila e meus filhos Arthur e Sarah, pelos momentos de ausência.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus pela força e coragem durante esta caminhada.

Agradeço em especial à minha Esposa Fabila Mello Morch Bublitz e meus filhos Arthur Morch Bublitz e Sarah Morch Bublitz pelo apoio e compreensão, pois sem eles nada teria sido possível.

Ao meu orientador Prof. Dr. Emerson Rigoni, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória e pelas orientações e correções que tornaram possível a conclusão desta Monografia.

Gostaria de deixar registrado também, meu colega de trabalho Marcelo Colle que contribuiu para finalização deste trabalho.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta Monografia.

RESUMO

BUBLITZ, Daniel. **Aplicação da Manutenção Centrada na Confiabilidade em Extrusoras de Borracha**. 2018. 61 folhas. Monografia (Especialização em Gerência de Manutenção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

Com o avanço tecnológico em ritmo crescente as organizações buscam a otimização e eficiência do sistema produtivo, em um contexto geral a manutenção torna-se um pilar da estratégia organizacional, pois por meio de metodologias e técnicas adequadas é possível garantir a confiabilidade do equipamento, maior disponibilidade, redução de falhas e custos de manutenção. Neste trabalho é apresentado um estudo de aplicação da implantação da metodologia MCC (Manutenção Centrada na Confiabilidade) em uma multinacional no ramo pneumático, no processo de construção do pneu especificamente em um equipamento de extrusão de borracha. Além de alcançar resultado satisfatório nos objetivos propostos de reduzir em setenta por cento o número de falhas, redução nos custos com manutenções em vinte por cento e a elaboração de um correto plano de manutenção para o equipamento, também houve aumento significativo na disponibilidade e performance do equipamento.

Palavras-chave: Manutenção. Manutenção Centrada na Confiabilidade. Extrusora. Plano de Manutenção.

ABSTRACT

BUBLITZ, Daniel. Application of Reliability Centered Maintenance in Rubber Extruders. 2018. 61 sheets. Monograph (Specialization in Maintenance Management) - Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2018.

With the increasing technological progress, organizations seek the optimization and efficiency of the production system, in a general context the maintenance becomes a pillar of the organizational strategy, because through appropriate methodologies and techniques it is possible to guarantee the reliability of the equipment, greater availability, fault reduction, and maintenance costs. This paper presents an application study of the implementation of the MCC (Reliability Centered Maintenance) methodology in a multinational in the pneumatic sector, in the process of tire construction specifically in a rubber extrusion equipment. In addition to achieving a satisfactory result in the proposed objectives of reducing by seventy percent the number of failures, reduction in maintenance costs by twenty percent and the elaboration of a correct maintenance plan for the equipment, there was also a significant increase in the availability and performance of the equipment.

Keywords: Maintenance. Reliability Centered Maintenance. Extruder. Maintenance Plan.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fluxograma do processo produtivo	17
Figura 2 – Junta rotativa da Extrusora	18
Figura 3 – Identificação de componentes de uma extrusora de borracha	19
Figura 4 – Evolução da manutenção dividida em quatro gerações	22
Figura 5 – Tipos de Manutenção	25
Figura 6 – Equipe multidisciplinar para MCC	28
Figura 7 – Diagrama para implantação da MCC	29
Figura 8 – Classificação dos Modos de Falhas	31
Figura 9 – Formulário do FMECA	32
Figura 10 – Classificação do Índice de Risco ou número de prioridade de risco	32
Figura 11 – Fluxograma para Seleção das Funções Significativas	33
Figura 12 – Diagrama de Decisão Objetiva	35
Figura 13 – Etapa 0 - Gráfico Radar Etapa 0	45
Figura 15 – Etapa 2 - Histórico de Máquina - Construção	50
Figura 16 – Etapa 2 - Sistema Extrusora de Borracha	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Etapa 0 – Adequação à MCC	40
Tabela 2 – Etapa 1 - Cronograma da Implantação MCC	46
Tabela 3 – Etapa 2 - MTBF Máquinas setor Construção	47
Tabela 4 – Etapa 2 - MTTR Máquinas setor Construção	48
Tabela 5 – Etapa 2 - Número de paradas Emergenciais Extrusoras- Construção	49
Tabela 6 – Etapa 2 - Subsistemas Extrusora de Borracha	51
Tabela 7 – Etapa 3 - Análise de modos de falha, seus efeitos e sua criticidade	53
Tabela 8 – Etapa 4 - Seleção das Funções Significantes e Classificação de seus Modos de Falha	55
Tabela 9 – Etapa 5 - Seleção das Tarefas de Manutenção Aplicáveis e Efetivas	57
Tabela 10 – Etapa 6 - Definição dos Intervalos Iniciais e Agrupamento das Tarefas de Manutenção	59

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

LISTA DE ABREVIATURAS

OP	Lista de verificação do de Operador
IR.	Rota de Inspeção
PR	Manutenção Preventiva
LU	Lubrificação
IP	Inspeção Preditiva
ESA	Evidente Segurança Ambiental
EEO	Evidente Econômico Operacional
OSA	Oculto Segurança Ambiental
OEO	Oculto Econômico Operacional
MPT	Manutenção Preventiva baseada no Tempo ou utilização do componente
MPC	Manutenção Preventiva baseada na Condição
MC	Manutenção Corretiva, intervir apenas depois da falha ou quebra
RP	Redefinição do Projeto
NPR	Classificação Índice de Risco ou Número de Prioridade de Risco

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira
MCC	Manutenção Centrada na Confiabilidade

LISTA DE ACRÔNIMOS

RCM	<i>Reliability Centered Maintenance</i>
FMEA	<i>Failure Mode Effects and Analysis</i>
FMECA	<i>Failure Mode Effects and Criticality Analysis</i>
MTBF	<i>Mean Time Between Failure</i>
MTTR	<i>Mean Time to Repair</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	PREMISSAS E PROBLEMA DE PESQUISA	13
1.2	OBJETIVOS	14
1.2.1	Objetivo Geral	14
1.2.2	Objetivos Específicos	14
1.3	JUSTIFICATIVA	14
1.4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	15
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2	OBJETO DE PESQUISA	16
2.1	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	20
3	REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1	MANUTENÇÃO	20
3.2	HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO	21
3.2.1	Primeira Geração	22
3.2.2	Segunda Geração	23
3.2.3	Terceira Geração	23
3.2.4	Quarta Geração	24
3.3	TIPOS DE MANUTENÇÃO	24
3.3.1	Manutenção Corretiva	25
3.3.2	Manutenção Preventiva	26
3.3.3	Manutenção Preditiva	26
3.3.4	Manutenção Detectiva	27
3.4	MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE (MCC)	27
3.4.1	Implantação da Metodologia MCC	27
3.4.1.1	Etapa 1: Identificação das Funções do Sistema	29
3.4.1.2	Etapa 2: Análise dos Modos de Falha e Efeitos	30
3.4.1.3	Etapa 3: Seleção das Funções Significantes	33
3.4.1.4	Etapa 4: Seleção das Atividades Aplicáveis	33
3.4.1.5	Etapa 5: Avaliação da Efetividade das Atividades	36
3.4.1.6	Etapa 6: Seleção das Atividades Aplicáveis e Efetivas	36
3.4.1.7	Etapa 7: Definição da Periodicidade das Atividades	36
3.5	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	37
4	DESENVOLVIMENTO	38
4.1	ADEQUAÇÃO DA MCC	38
4.2	PREPARAÇÃO	45
4.3	SELEÇÃO DO SISTEMA E COLETA DE INFORMAÇÕES	47
4.4	FMECA	52
4.5	SELEÇÃO DAS FUNÇÕES SIGNIFICANTES E CLASSIFICAÇÃO DOS SEUS MODOS DE FALHA	54
4.6	SELEÇÃO DAS TAREFAS DE MANUTENÇÃO APLICÁVEIS E EFETIVAS	56
4.7	DEFINIÇÃO DOS INTERVALOS INICIAIS E AGRUPAMENTO DAS TAREFAS	58
4.8	REDAÇÃO DO MANUAL E IMPLEMENTAÇÃO	60
4.9	ACOMPANHAMENTO E REALIMENTAÇÃO (AUDITORIA)	60
4.10	SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	60
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	61

5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	62
	REFERÊNCIAS.....	63

1 INTRODUÇÃO

Com a evolução tecnológica em ritmo acelerado, os profissionais de manutenção estão constantemente em busca da redução dos custos de manutenção e nível ótimo de serviços. Além do despertar para o impacto ambiental das indústrias e de suas disfunções, a redução do ciclo de vida dos produtos como uma realidade vivenciada no nosso dia a dia, a acirrada competição que caracteriza todos os quadrantes da humanidade, tudo isto, junto e associado, fez com que a manutenção se tornasse definitivamente parte das estratégias das organizações de produção (JUNIOR, 2016).

Pinto e Lima (2006) acrescentam que decorrente do cenário empresarial atual, a manutenção vem se transformando num pilar estratégico, sendo que diversas ferramentas e programas são utilizados pelas empresas para alavancar seus resultados, visando um gerenciamento mais eficaz de seus ativos e redução de seus custos.

Entre várias metodologias, métodos e políticas de Manutenção destaca-se a Manutenção Centrada em Confiabilidade, MCC ou RCM, do inglês (*Reliability Centered Maintenance*), criada em indústrias aeronáuticas após a Primeira Guerra Mundial e trata-se do tema abordado neste estudo com a implantação da metodologia, numa extrusora de borracha conforme detalhado na seção seguinte.

1.1 PREMISSAS E PROBLEMA DE PESQUISA

O equipamento em estudo atualmente impacta severamente nos indicadores de MTBF (*Mean Time Between Failure*), MTTR (*Mean Time to Repair*) e performance da fábrica tornando-se um equipamento com criticidade A de uma escala de A, B e C onde a C tem menor peso. Além de impactar em indicadores de manutenção de equipamento implica no indicador de custo e controle de estoque devido as peças serem importadas.

Este trabalho busca apresentar um estudo da aplicação da MCC para redução de 70% (setenta por cento) nos números de falhas do equipamento em estudo, pois corresponde à aproximadamente 40% (quarenta por cento) dos indicadores de

manutenção citados anteriormente, através da criação de um plano de manutenção seguindo esta metodologia.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Aplicar a metodologia da Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) para reduzir em 70% (setenta por cento) nos números de falhas de uma extrusora de borracha, aumentando sua disponibilidade e performance.

1.2.2 Objetivos Específicos

O trabalho tem como objetivos específicos:

- Realizar estudo focado na metodologia e técnicas da MCC;
- Identificar e contextualizar tipos de manutenções, suas aplicações e ações tendo como base a MCC;
- Implementar melhorias, no equipamento em objeto, através de análise de causas para reduzir falhas funcionais e potenciais;
- Avaliar resultados obtidos com a aplicação da MCC, no equipamento em objeto, como instrumento de apoio a manutenção.

1.3 JUSTIFICATIVA

No processo de construção do pneu, a extrusora é um equipamento que alimenta o sistema e qualquer parada deste, impacta diretamente no processo seguinte. Portanto o equipamento oferece grande oportunidade para aplicar os conhecimentos adquirido no curso.

1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

De acordo com Silva e Menezes (2005) pesquisa é um conjunto de ações, propostas para encontrar a solução para determinado problema, tem como base procedimentos racionais e sistemáticos. Deve-se seguir um método ou um conjunto de etapas ordenadas, que aliadas ao conhecimento, facilitam a investigação de um fenômeno científico. As etapas envolvem desde a escolha do tema, o planejamento, o desenvolvimento metodológico, a coleta de dados, análise dos resultados e elaboração das conclusões.

A pesquisa em foco se enquadra na classificação de Eduardo Moresi (2003):

- Pesquisa Bibliográfico: é o estudo sistematizado desenvolvido com base em material publicado em livros, revistas, jornais, redes eletrônicas, isto é, material acessível ao público em geral. Fornece instrumental analítico para qualquer outro tipo de pesquisa.
- Pesquisa Quantitativa: considera que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las. Requer o uso de recursos e de técnicas estatísticas (percentagem, média, moda, mediana, desvio-padrão, coeficiente de correlação, análise de regressão, etc.)
- Pesquisa Aplicada: objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais.
- Pesquisa de Campo: é investigação empírica realizada no local onde ocorre ou ocorreu um fenômeno ou que dispõe de elementos para explicá-lo. Pode incluir entrevistas, aplicação de questionários, testes e observação participante ou não.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está dividido em cinco capítulos, detalhados abaixo:

- **Capítulo 1** - apresenta um contexto introdutório do tema da pesquisa escolhido. Também são apresentadas as premissas e problema de

pesquisa, objetivo geral, objetivo específico da pesquisa, procedimentos metodológicos e finalmente estrutura do trabalho.

- **Capítulo 2-** expõem o objeto de pesquisa, neste caso de estudo uma extrusora de borracha, com uma breve apresentação da empresa que utiliza o equipamento e onde é alocado em meio ao processo produtivo. Também mostra principais falhas e quais as consequências decorrentes no processo e indicadores de manutenção e produção.
- **Capítulo 3-** determina a base e referencial para o desenvolvimento do estudo de caso. A referência para o desenvolvimento é a disciplina de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade ministrada pelo professor Emerson Rigoni Doutor em Engenharia Mecânica, focada na implantação da MCC seguindo as etapas e formulários apresentados na disciplina durante o curso.
- **Capítulo 4** - apresenta o desenvolvimento do estudo, onde é aplicado a teoria definida no capítulo dois, confrontando os objetivos do trabalho descritos no capítulo um.
- **Capítulo 5** – relata as conclusões, evidenciando os resultados obtidos através do desenvolvimento do estudo, seus pontos positivos, negativos e expectativas. Sugerem-se novos trabalhos.
- **Capítulo 6** – são listadas as referências bibliográficas, artigos, etc. utilizados na monografia.

2 OBJETO DE PESQUISA

O equipamento em estudo é uma extrusora de borracha utilizada pela empresa “XZ” uma das maiores multinacionais instalada na América Latina no ramo de fabricação de pneumáticos, sua capacidade de produção diária é de 16 mil unidades, atua diretamente em vendas no mercado de reposição e fortemente em equipamentos originais, ou seja, montadoras automotivas.

O processo de fabricação de pneus segue um fluxo apresentado na figura 2.1, porém não contínuo, onde cada etapa tem sua particularidade e grau de criticidade

referente à performance geral de produção da fábrica. O equipamento escolhido faz parte do processo de Construção do pneu conforme fluxograma 2.1.

Figura 2.1: Fluxograma do processo produtivo



Fonte: Autor (2018).

A motivação para a escolha deste equipamento surgiu com a necessidade de reduzir as inúmeras e recorrentes intervenções da manutenção por falha em uma junta rotativa conforme figura 2.2. Com o intuito de garantir confiabilidade, disponibilidade com máxima performance e minimizar gastos desnecessários com manutenções corretivas através da elaboração de um plano de manutenção.

Figura 2.2: Junta rotativa da Extrusora



Fonte: Autor (2018).

As falhas ocorridas nas extrusoras influenciam diretamente no resultado dos indicadores de manutenção e produção, cujos os principais são:

- Custos de manutenção: com corretivas sequenciais, aquisição de peças frequente em intervalos cada vez menores;
- MTBF - Tempo Médio entre Falha do inglês (*Mean Between Failure*), acréscimo não número de paradas dos equipamentos por tratativas apenas corretivas.
- MTTR - Tempo Médio para Reparo do inglês (*Mean Time to Repair*), falta de análise e assertividade nos diagnósticos das falhas.
- Performance, com a indisponibilidade dos equipamentos não são atingidas as metas e capacidade de produção diária.

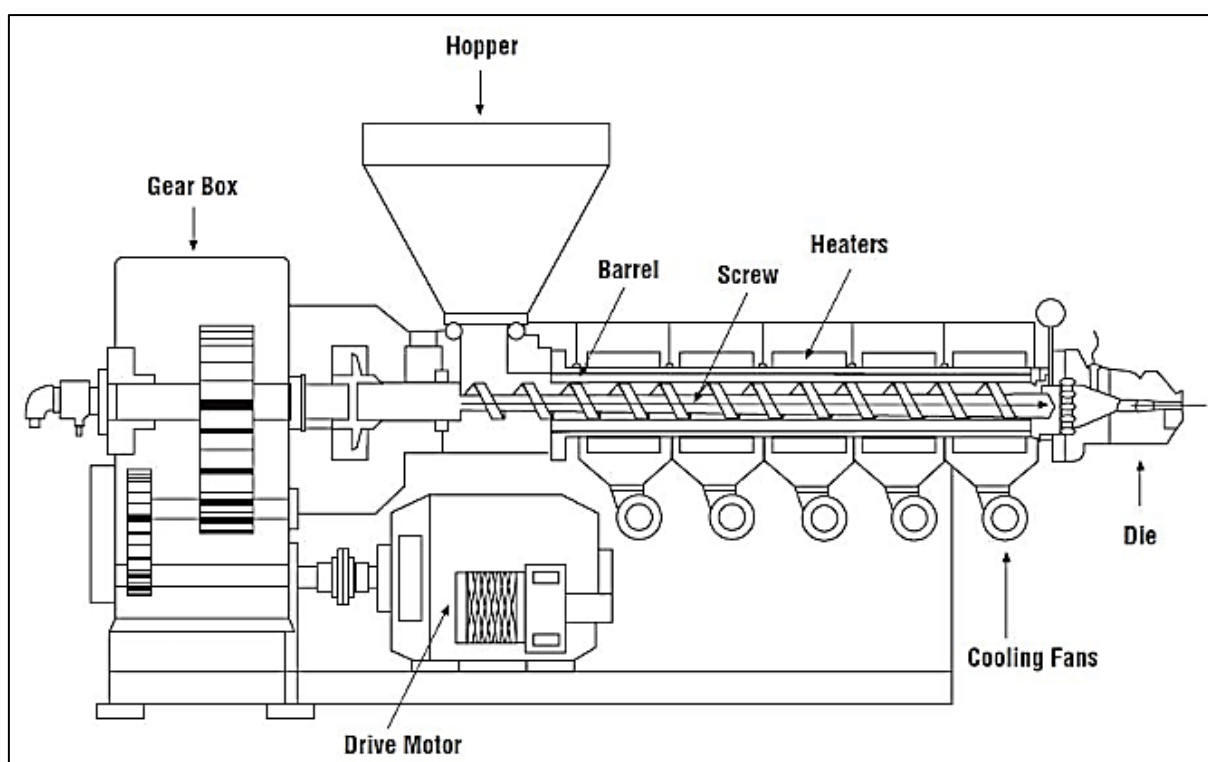
Segundo Cislighi (2011) a fabricação de produtos de borracha tem amplo campo de aplicação, sendo necessário constantemente o desenvolvimento de novos produtos e inovações nos processos de fabricação e equipamentos. No ramo de

borracha o processo de fabricação ou extrusão são muitos específicos, podendo variar o composto da matéria-prima utilizando as propriedades finais desejadas.

Ainda Cislighi (2011) afirma que dentre os variados processos, destacam-se as extrusoras que possuem várias funções em diversas etapas do processamento de borracha, planificação, homogeneização de temperatura, recobrimentos e geração de perfil final com a utilização de cabeçote.

De acordo com figura 2.3 Cislighi (2011) acrescenta que as extrusoras são equipamentos em sua maioria compostos por:

Figura 2.3: Identificação de componentes de uma extrusora de borracha



Fonte: AZmaterials Dr.Harold Giles - Dynisco (2017).

- Motor: transforma a energia elétrica em mecânica, por meio de torque;
- Redutor: reduz o torque e rotação do sistema conforme necessidade do processo;
- Cilindro de Alimentação: introduz a borracha no cilindro de extrusão (camisa);
- Cilindro de Extrusão: além de conduzir a borracha ao cabeçote com o auxílio da rosca sem fim ele tem a função de homogeneizar e controlar a temperatura através de circulação de água em seu interior;

- Rosca Sem Fim: fuso que com suas cristas promove o cisalhamento da borracha em processo, facilitando a condução para o cabeçote;
- Cabeçote: responsável pela forma final da borracha após extrusão.

2.1 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Neste capítulo foi apresentado o “objeto” de estudo com uma breve explicação de seus componentes ou subsistemas, formas de controle feitos pela manutenção e sua posição no contexto fabril.

É relevante mencionar os aspectos levados em consideração para a escolha do equipamento.

No próximo capítulo é proposta a metodologia de estudo para alcançar o objetivo de reduzir o número de falhas e criar um plano de manutenção para a extrusora, conforme escrito anteriormente.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo é apresentado o embasamento teórico para o desenvolvimento do estudo. Com um contexto referente ao histórico da Manutenção, tipos e aplicações, além da metodologia de implantação da Manutenção Centrada na Confiabilidade para melhor gestão do ativo, foco do trabalho.

3.1 MANUTENÇÃO

Dohi et.al (2001) afirma que sistemas de produção industriais se deterioram conseqüentemente pelo uso e vida útil, agregando custo de produção, diminuindo qualidade do produto e propiciando a ocorrência de acidentes. Assim torna-se fundamental uma política de manutenção para minimizar os problemas.

Para Dhillon (2006) a definição do termo manutenção é um conjunto de ações necessárias para manter um equipamento ou restaurá-lo, para a condição desejada.

Kardec e Nascif (2009) apresentam que além da função, a manutenção deve garantir a confiabilidade e disponibilidade do ativo, atendendo ao processo com segurança, preservando o meio-ambiente e com custos adequados, sendo essa a missão da manutenção.

Uma definição técnica do termo conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, NBR-5462 a manutenção é uma “combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida” (ABNT, 1994).

Atualmente existem várias definições para manutenção, é interessante observar a crescente mudança nos conceitos, onde o foco era garantir a função do ativo corretivamente, preventivamente e conservativamente. Tornando a manutenção como parte estratégica em uma organização adotam-se aspectos humanos de custos, disponibilidade, confiabilidade, supervisão, administração, segurança e meio-ambiente.

Na seção seguinte é apresentado a evolução da manutenção, transformações ocorridas durante suas gerações.

3.2 HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO

A evolução da manutenção pode ser dividida em três gerações distintas, conforme figura 3.1, onde cada geração representa um período de evolução tecnológica de processos de produção, sucedendo novos conceitos e paradigmas nas atividades de manutenção (SIQUEIRA, 2009).

Figura 3.1: Evolução da manutenção dividida em quatro gerações

EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO								
Ano	Primeira Geração	Segunda Geração	Terceira Geração	Quarta Geração				
	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
Aumento das expectativas em relação à Manutenção	Conserto após a falha.	Disponibilidade crescente; Maior vida útil do equipamento.	Maior confiabilidade; Maior disponibilidade; Melhor relação custo-benefício; Preservação do meio ambiente.	Maior confiabilidade; Maior disponibilidade; Preservação do meio ambiente.	Maior confiabilidade; Maior disponibilidade; Preservação do meio ambiente; Segurança; Influir nos resultados do negócio; Gerenciar os ativos.			
Visão quanto à falha do equipamento	Todos os equipamentos se desgastam com a idade e, por isso, falham.	Todos os equipamentos se comportam de acordo com a curva da banheira .	Existência de 6 padrões de falhas (Nowlan & Heap e Moubray).	Existência de 6 padrões de falhas (Nowlan & Heap e Moubray).	Reduzir drasticamente falhas dos padrões A e F.			
Mudança nas técnicas de Manutenção	Habilidades voltadas para o reparo.	Planejamento manual da manutenção; Computadores grandes e lentos; Manutenção Preventiva (por tempo).	Monitoramento da condição; Manutenção Preditiva Análise de risco; Computadores pequenos e rápidos; Softwares potentes; Grupos de trabalho multidisciplinares; Projetos voltados para a confiabilidade; Contratação por mão de obra e serviços.	Monitoramento da condição; Manutenção Preditiva Análise de risco; Computadores pequenos e rápidos; Softwares potentes; Grupos de trabalho multidisciplinares; Projetos voltados para a confiabilidade; Contratação por mão de obra e serviços.	Aumento da Manutenção Preditiva e Monitoramento da Condição; Minimização nas Manutenções Preventiva e Corretiva não Planejada; Análise de falhas Técnicas de Confiabilidade Manutenibilidade; Engenharia de Manutenção; Projetos voltados para confiabilidade, manutenibilidade e Custo do Ciclo de Vida; Contratação por resultados.			

Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2009).

Estas gerações mostradas na figura 3.1 serão melhor detalhadas nas próximas seções.

3.2.1 Primeira Geração

Compreende entre o período de 1940 e 1950 é denominada como a geração Mecanização, por indústrias altamente mecanizadas, com equipamentos simples, porém superdimensionados para as funções requeridas.

O desempenho dos equipamentos e a produtividade não eram de grande importância, tendo como uma concepção em relação as falhas que “todos os equipamentos se desgastam com o passar dos anos, vindo a sofrer falhas ou quebras” (KARDEC e NASCIF, 2009).

A primeira geração ficou fortemente caracterizada pelas atividades de manutenção corretivas executadas após falhas ou quebras, limpeza e lubrificação dos equipamentos (SIQUEIRA,2009; MOUBRAY,1997).

3.2.2 Segunda Geração

Corresponde o período após 1950, impulsionada pela industrialização pós-guerra, com grandes demandas e a falta de mão-de-obra especializada. Esta geração é caracterizada pela disseminação das linhas de produção contínuas, com máquinas numerosas e complexas, como consequência aumentando a mecanização e custos relacionados à manutenção (MOUBRAY, 1997; KARDEC e NASCIF, 2009).

Ainda Kardec e Nascif (2009); Moubray (1997) acrescentam que devido à grande demanda de produtos, serviços e custos altos é evidenciado a necessidade de aumentar a produtividade, com o aumento da disponibilidade, confiabilidade e desempenho dos equipamentos. Então com o objetivo de antecipar e evitar as falhas dos equipamentos surgiu o conceito de manutenção preventiva e posteriormente manutenção preditiva.

3.2.3 Terceira Geração

Compreende após a década de 70 as técnicas de manutenção derivadas da primeira e segunda geração não correspondendo às exigências dos meios de produção e a crescente automação industrial e a utilização do sistema de trabalho com o estoque menor possível ou do inglês “just-in-time” (produzir somente o necessário) agravou ainda mais as consequências de uma falha sobre a produção (KARDEC e NASCIF, 2009; MOUBRAY,1997).

Kardec e Nascif (2009) afirmam que com o crescimento da automação e mecanização, a confiabilidade e disponibilidade tornam-se fatores de grande importância nos setores de saúde, processamento de dados, telecomunicações e gerenciamento de edificações. Pois, maior automação significa que falhas frequentes podem afetar a capacidade de manter os padrões de qualidade requeridos. Também citam alguns fatores cruciais que surgiram com a terceira geração:

- Intensifica-se os conceitos de manutenção preditiva;

- Utilização de computadores velozes e software para gerenciamento da manutenção;
- Aplicação do conceito de confiabilidade na Engenharia e na Manutenção;
- Inicia-se a implantação do processo de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC ou RCM) na década de 90 no Brasil com o apoio das indústrias aeronáuticas;
- A falta de interação, sinergia entre os departamentos engenharia, manutenção e operação dificultava a obtenção de maior confiabilidade, em consequência a taxa de falhas prematuras (mortalidade infantil) eram elevadas.

3.2.4 Quarta Geração

Ainda Kardec e Nascif (2009) de acordo com figura 3.1 descrevem uma ideia da existência de uma quarta geração da manutenção. Com a continuação de algumas expectativas relacionadas à manutenção existentes na terceira geração a disponibilidade torna-se um fator crucial para medidas de performance, além da busca cessante da confiabilidade dos equipamentos pela Manutenção.

Nesta geração o intuito de minimizar falhas prematuras e intervenções tem grande relevância, então a prática da metodologia de análise de falhas e a utilização de manutenções preditivas e o monitoramento do equipamento assumem papéis importantes para melhorar a gestão dos ativos.

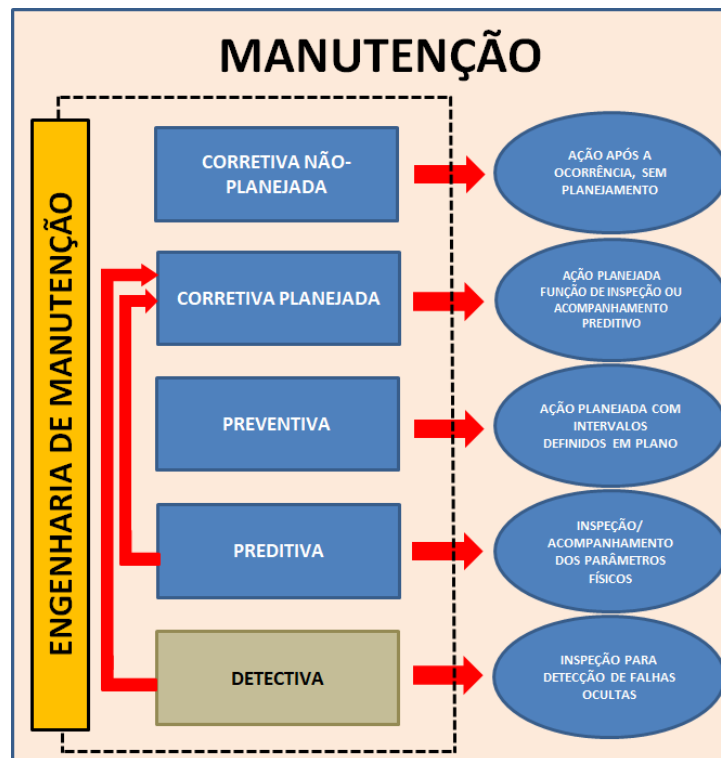
Na seção seguinte é apresentado e definido os tipos de manutenção existentes na literatura atual.

3.3 TIPOS DE MANUTENÇÃO

Atualmente na literatura existem várias abordagens para a definição e classificação de manutenção, onde a aplicação está relacionada diretamente ao plano de manutenção de cada ativo.

Kardec e Nascif (2009) descrevem as atividades de manutenção conforme figura 3.3.

Figura 3.3: Tipos de Manutenção



Fonte: Autor (2018), adaptado de Kardec e Nascif (2009).

Ainda Kardec e Nascif (2009) os vários tipos de manutenção são caracterizados conforme as intervenções realizadas em equipamentos, sistemas e instalações, também podem ser considerados como uma política de manutenção.

3.3.1 Manutenção Corretiva

Seleme (2015) considera corretiva toda intervenção ou manutenção realizada após a pane, com o objetivo de recolocar um ativo em condição de exercer uma função requerida. Já para Filho (2008) a manutenção corretiva é dividida em dois tipos:

- Manutenção Corretiva Planejada, onde a intervenção para reparo ou remoção da falha é realizada após um planejamento e programação entre áreas envolvidas.
- Manutenção Corretiva não Planejada, ou emergencial o reparo ocorre após a falha.

Ainda Filho (2008) acrescenta que a utilização da manutenção corretiva acarreta em consequências, diminuindo a vida útil do equipamento, qualidade, impacto na produção, meio ambiente, segurança dos colaboradores envolvidos no processo produtivo, custos altos de produção e manutenção devido a paradas não planejadas.

3.3.2 Manutenção Preventiva

Marcellino (2015) observa que a manutenção preventiva pode ser definida como um método de manutenção comprometida em prevenir e eliminar falhas ou a perda da função requerida de um ativo através da utilização de ferramentas que possibilitam identificar a falha antes da mesma ocorrer, um exemplo prático é a rota de inspeção visual realizadas periodicamente:

Manutenção Preditiva é a atuação de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda do desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em INTERVALOS definidos DE TEMPO (KARDEC e NASCIF, 2009).

Conforme Seleme (2015) define manutenção preventiva como a manutenção de um equipamento realizada em intervalos preestabelecidos ou critérios estabelecidos conforme política de manutenção, com o objetivo de minimizar as probabilidades de falha e a degradação do funcionamento desejado de um ativo.

3.3.3 Manutenção Preditiva

Para Kardec e Nascif (2009) a manutenção preditiva está relacionada ao estado do equipamento, também a atividades realizadas na alteração de parâmetros de condição e desempenho de um ativo, obedecendo uma sistemática. “Através de técnicas preditivas é feito o monitoramento da condição e a ação de correção, quando necessária, é realizada através de uma manutenção corretiva planejada”.

Ainda o autor define que o objetivo da manutenção preditiva é prevenir falhas com monitoramento de parâmetros diversos, através de equipamentos e conhecimento tecnológico é a primeira quebra de paradigma na Manutenção, permitindo a maior estabilidade no processo pelo maior tempo possível.

3.3.4 Manutenção Detectiva

Este tipo de manutenção tem como objetivo detectar falhas ocultas em componentes complexos, um exemplo prático é o botão de teste de lâmpadas de sinalização e alarme em painéis. A identificação de falhas ocultas é primordial para garantir a confiabilidade conforme (KARDEC e NASCIF 2009).

A próxima seção define a metodologia MCC (Manutenção Centrada na Confiabilidade), foco deste estudo.

3.4 MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE (MCC)

Kardec e Nascif (2009) define Manutenção Centrada na Confiabilidade (*Reliability Centered Maintenance* – RCM, em inglês) como uma metodologia que estuda um ativo ou sistema em detalhes. Através de análises de falhas define estratégias de formas de manutenção para prevenir ou minimizar as perdas decorrentes de falhas.

Ainda Kardec e Nascif (2009) afirma que a Manutenção Centrada na Confiabilidade é uma ferramenta de grande importância no suporte na tomada de decisão gerencial.

Já Moubray (1997) destaca que a MCC é uma ferramenta utilizada na tomada de decisão de qual ação, deve ser feita para garantir que um determinado ativo continue realizando a função requerida no contexto operacional.

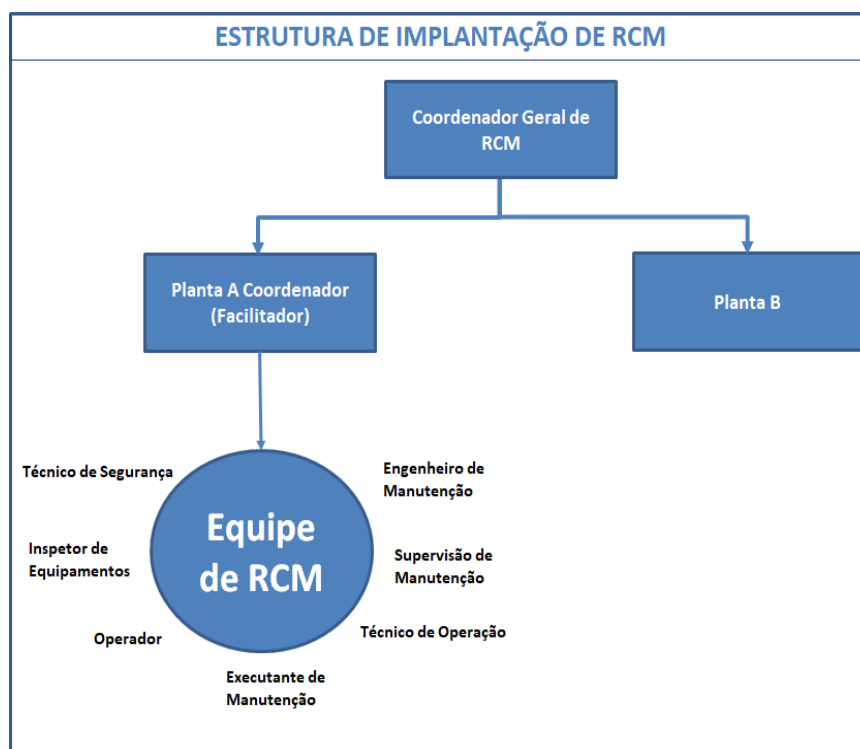
3.4.1 Implantação Metodologia MCC

Para obter sucesso na implantação da MCC em qualquer processo ou sistema em uma organização é necessário o apoio da alta gerência, além de comprometimento é indispensável a disponibilidade de recursos. Assim como outras ferramentas de tomadas de decisão a participação de todos é necessário (KARDEC e NASCIF 2009).

Ainda Kardec e Nascif (2009) afirma que algumas literaturas recomendam que na implantação da MCC tenha um Coordenador Geral ou Gestor, responsável por várias plantas, uma equipe multidisciplinar envolvendo profissionais da Operação,

Manutenção, Inspeção e Segurança, esta equipe é responsável pela análise MCC demonstrada na figura 3.4.

Figura 3.4: Equipe multidisciplinar para MCC



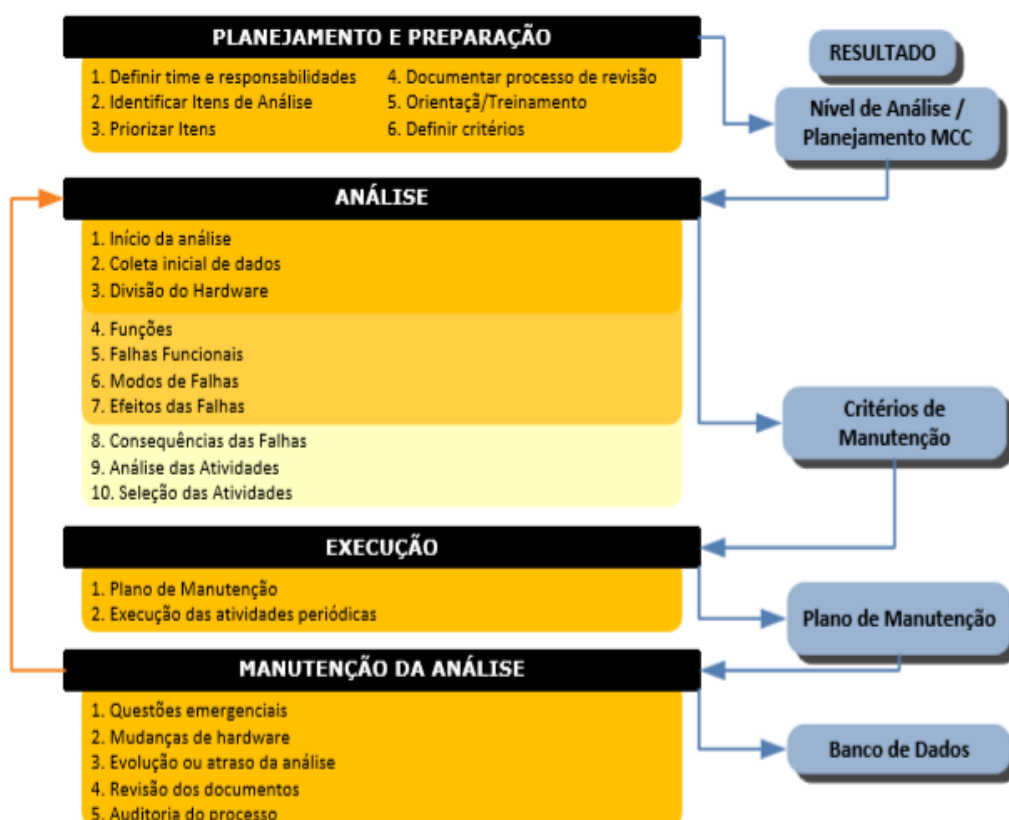
Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2009).

A metodologia MCC segue uma sequência estruturada em sete etapas, sendo (MOUBRAY 1997):

- **Etapa 1:** Identificação das Funções do Sistema;
- **Etapa 2:** Análise dos Modos de Falha e Efeitos;
- **Etapa 3:** Seleção das Funções Significantes;
- **Etapa 4:** Seleção das Atividades Aplicáveis;
- **Etapa 5:** Avaliação da Efetividade das Atividades;
- **Etapa 6:** Seleção das Atividades Aplicáveis e Efetivas
- **Etapa 7:** Definição da Periodicidade das Atividades.

A figura 3.5 ilustra as etapas e processos de análises para a correta implantação da MCC.

Figura 3.5: Diagrama para implantação da MCC



Fonte: Leverette, J. C. (2006).

As próximas seções definem as etapas para a implantação da metodologia MCC, iniciando pela identificação das funções do sistema.

3.4.1.1 Etapa 1: Identificação das Funções do Sistema

Para Moubroy (1997) nesta etapa é determinada todas as funções realizadas pelo sistema, voltado ao contexto operacional e o padrão de desempenho requerido de cada função. Também determina algumas ações:

- Definição do nível de Análise;
- Seleção do Sistema;
- Coleta de informações e identificação do sistema;
- Identificar funções do sistema.

Ainda Moubroy (1997) após identificado todas as funções do sistema e subsistemas, determina a divisão das funções em:

- Funções Primárias;
- Funções Secundárias.

Siqueira (2009) acrescenta a importância de eleger as funções conforme impacto em: meio ambiente, segurança e fatores econômicos.

Já Freire (2012) defende que a primeira etapa se refere à **Seleção do Sistema** com o objetivo de identificar e documentar o processo ou sistema que será analisado.

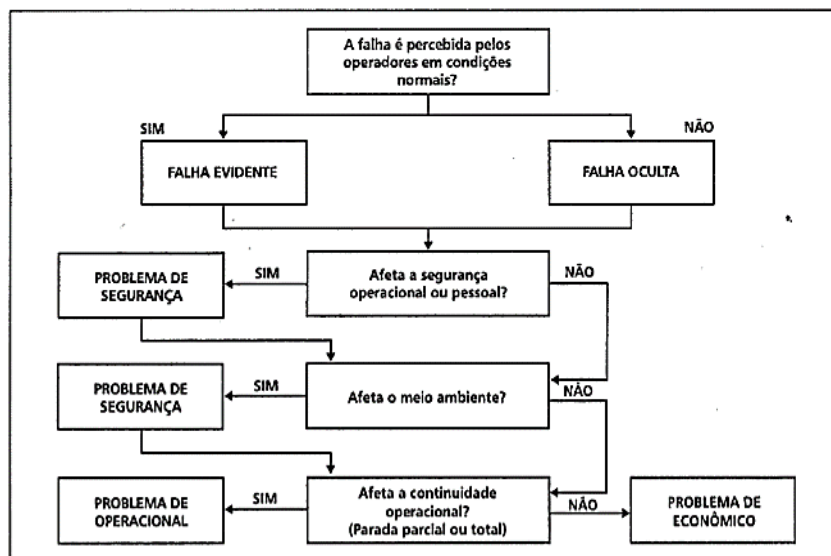
3.4.1.2 Etapa 2: Análise dos Modos de Falha e Efeitos

A correta aplicação da metodologia de análise de falhas de forma pró-ativa na busca da causa raiz conduz uma tomada de decisões corretas e ações assertivas. Portanto tem uma relação direta com a sustentabilidade do processo, garantindo um processo produtivo sustentável com resultados esperados em produtividade, custo, qualidade, segurança respeitando os aspectos ambientais (JUNIOR 2016).

Ainda Junior (2016) enfatiza que “Se você não sabe como os componentes dos ativos falham, você não saberá como corrigi-los.” Também define modo de falha como maneira do componente falhar ou deixar de executar a função requerida.

Na figura 3.6 Kardec e Nascif (2009) apresentam um diagrama para a classificação dos modos de falha.

Figura 3.6: Classificação dos Modos de Falhas



Fonte: Kardec e Nascif (2009).

Já Viana (20013) propõem que esta etapa da implantação é utilizada a metodologia FMEA do inglês (*Failure Mode Effects and Analysis*) que consiste em um método de análise de falhas em produtos e processos, cujo objetivo é prever efeitos indesejados, antecipando a tomada de decisão e priorizando ações que eliminem a existência efetiva dos efeitos das falhas.

Ainda Viana (2013) defende a escolha do FMEA devido a forma de abordagem da falha, ou seja, a partir da causa para o efeito, em paralelo soma-se a necessidade requerida pela MCC a característica de documentar os passos das análises.

Kardec e Nascif (2009) acrescenta que o FMEA deve ser dividido em três níveis multidisciplinares: projeto, processo e sistema, onde:

- **Projeto:** Elimina as causas de falhas durante o projeto do equipamento;
- **Processo:** Monitora como o equipamento é mantido e operado;
- **Sistema:** Responsável pelas falhas potenciais e gargalos na linha de produção por exemplo.

Neste estudo na etapa de análise de modos de falha foi utilizado a ferramenta FMECA do inglês (*Failure Mode Effects and Criticality Analysis*), como figura 3.7. Para Rigoni (2009) a FMECA se distingue da FMEA por agregar um índice de criticidade que orienta a prioridade das ações a serem executadas de acordo com figura 3.8.

Figura 3.7: Formulário do FMECA

Item	Função	Falha Funcional	Modo de Falha	Efeito do Modo de Falha	Severidade (S)	Causas do Modo de Falha	Ocorrência (O)	Controles Atuais	Detecção (D) NPR (S.O.D)	Ações Recomendadas	Responsável e Data de Término Programada	Resultados das Ações						
												Ações Adotadas	Severidade (S)	Ocorrência (O)	Detecção (D)	NPR (S.O.D)		

Fonte: Rigoni (2009).

Figura 3.8: Classificação Índice de Risco ou Número de Prioridade de Risco – NPR

COMPONENTE DO NPR	CLASSIFICAÇÃO	Peso
FREQUÊNCIA DA OCORRÊNCIA F	Improvável	1
	Muito pequena	2 a 3
	Pequena	4 a 6
	Média	7 a 8
	Alta	9 a 10
GRAVIDADE DA FALHA G	Apenas perceptível	1
	Pouca Importância	2 a 3
	Moderadamente grave	4 a 6
	Grave	7 a 8
	Extremamente grave	9 a 10
DETECTIVIDADE D	Alta	1
	Média	2 a 5
	Pequena	6 a 8
	Muito pequena	9
	Improvável	10
ÍNDICE DE RISCO NPR	Baixo	1 a 50
	Médio	50 a 100
	Alto	100 a 200
	Muito alto	200 a 1000

Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2009).

A partir da análise de modos de falha é realizado a seleção das funções mais significantes como define a próxima seção.

3.4.1.3 Etapa 3: Seleção das Funções Significantes

Para Freire (2012) após realizado a análise de modos de falha é definido um processo de análise estruturado para determinar se uma falha tem efeito significativo, considerando o impacto em: segurança, operação, meio ambiente e custos do processo.

Já para Siqueira (2009) a figura 3.9 resume a terceira etapa de implantação.

Figura 3.9: Fluxograma para Seleção das Funções Significativas



Fonte: Adaptado de Siqueira (2009).

Rigoni (2009) complementa que as funções analisadas e identificadas no FMEA como significantes, terão seus modos de falhas classificados em etapas posteriores no processo decisório da MCC. Primeiramente a classificação é feita pela evidência ou efeito do modo de falha e após pelo impacto nos aspectos de: segurança, meio ambiente, operação e economia do processo.

3.4.1.4 Etapa 4: Seleção das Atividades Aplicáveis

Segundo Baran (2011) nesta etapa é determinado os requisitos técnicos e práticos para estabelecer ações e métodos de manutenção para serem utilizados.

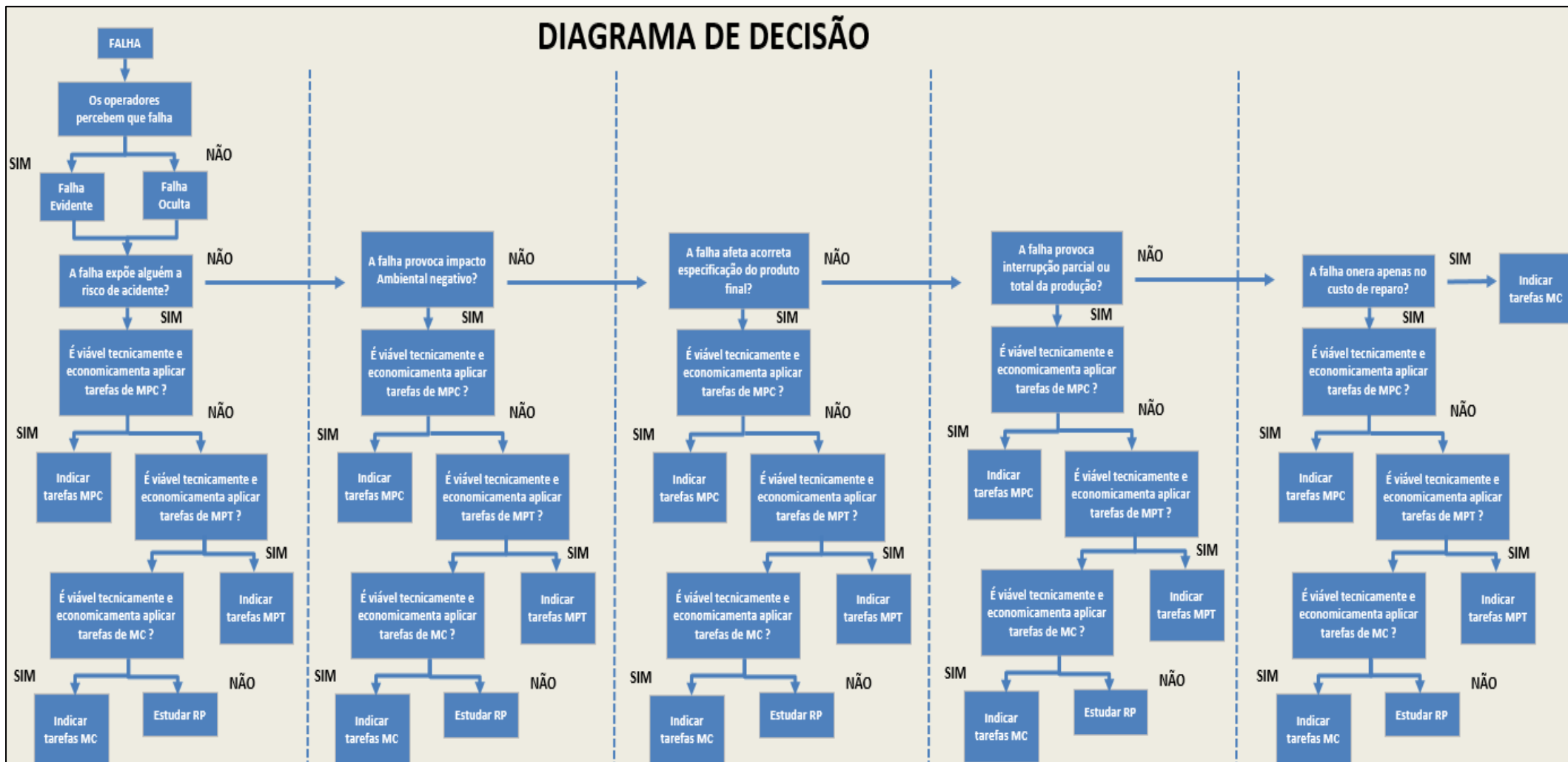
Freire (2012) propõe que nesta etapa é estabelecido as atividades de manutenção preventivas aplicáveis para prever, corrigir cada modo de falha ou minimizar suas consequências.

Já para Viana (2013) as atividades podem ser definidas através de um diagrama de decisão de acordo com a figura 3.10. A partir das características dos modos de falhas e seus impactos no processo é possível determinar ações preventivas aplicáveis à falha. Portanto as atividades aplicáveis são:

- MPT – Manutenção Preventiva baseada no Tempo ou utilização do componente;
- MPC – Manutenção Preventiva baseada na Condição, com monitoramento preditivo do componente;
- MC – Manutenção Corretiva, intervir apenas depois da falha ou quebra;
- RP – Redefinição do Projeto.

Figura 3.10: Diagrama de Decisão Objetiva

DIAGRAMA DE DECISÃO



Fonte: Adaptado de Viana (2013).

Ainda Viana (2013) enfatiza a importância de uma revisão das falhas com uma indicação de Manutenção Corretiva, assim a equipe de MCC evita julgamento ou análises equivocadas.

Na etapa seguinte é verificada a efetividade das atividades de manutenção.

3.4.1.5 Etapa 5: Avaliação da Efetividade das Atividades

Nesta etapa através de um processo é analisado se uma manutenção preventiva é efetiva ao ponto de reduzir ao aceitável as consequências previstas para uma falha (FREIRE 2012).

Para Seleme (2015) as atividades de manutenção devem ser eficazes com custos compatíveis com a tecnologia e as condições e uso.

3.4.1.6 Etapa 6: Seleção das Atividades Aplicáveis e Efetivas

Para Rigoni (2009) é importante salientar que as tarefas determinadas nesta etapa além de aplicáveis devem ser efetivas, define:

- Aplicáveis: Devem prever os modos de falhas, minimizar as taxas de deterioração; detectar a evolução das falhas; identificar falhas ocultas; suprir necessidades do processo e corrigir a falha.
- Efetivas: Ser aplicáveis; viáveis com recursos disponíveis; obter resultados esperados e com execução em intervalos razoáveis determinados pelo Gestor.

3.4.1.7 Etapa 7: Definição da Periodicidade das Atividades

Freire (2012) nesta etapa do processo são determinados métodos e critérios para estabelecer periodicidade para a execução das atividades de manutenção selecionadas.

Kardec e Nascif (2009) recomenda que para que qualquer processo sequencial das etapas se enquadre na metodologia Manutenção Centrada na Confiabilidade é necessário aplicar sete perguntas básicas:

1. Quais são os padrões de desempenho e as falhas do ativo no contexto operacional?
2. Como ocorre a falha?
3. Qual a causa de cada falha operacional?
4. O que acontece quando falha?
5. De que forma cada falha tem relevância?
6. O que pode ser feito para prevenir ou minimizar cada falha?
7. O que deve ser feito, caso não seja encontrada uma ação preventiva adequada?

Pinto e Lima (2006) acrescenta que o término da elaboração do plano de manutenção não significa a completa implantação da metodologia MCC, pois defende a criação de um banco de dados com informações adequadas, pois a MCC é de um processo contínuo onde o plano deve ser revisado periodicamente em função dos dados de falhas que devem ser coletados e analisados continuamente.

3.5 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

De acordo com a abordagem deste capítulo a metodologia seguida é a aplicação da MCC.

Para a aplicação das técnicas e métodos da implantação da MCC é importante a gestão das atividades e seguir uma sequência de etapas conforme metodologia escolhida.

No próximo capítulo é implementada a metodologia escolhida através das etapas e formulários propostos no curso.

4 DESENVOLVIMENTO

O estudo de caso, da implantação da Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC), mostrado neste capítulo, tem como referência a disciplina de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade do curso de Especialização em Gerência da Manutenção. Através dos formulários das sete etapas propostas na disciplina é realizado o desenvolvimento do estudo conforme sequência:

- Etapa 0- Adequação da MCC;
- Etapa 1- Preparação;
- Etapa 2- Seleção do Sistema e Coleta de Informações;
- Etapa 3- Análise dos Modos de Falha, seus Efeitos e sua Criticidade (FMECA);
- Etapa 4 – Seleção das Funções Significantes e Classificação de seus Modos de Falha;
- Etapa 5 – Seleção das Tarefas de Manutenção Aplicáveis e Efetivas;
- Etapa 6 – Definição dos Intervalos Iniciais e Agrupamento das Tarefas de Manutenção;
- Etapa 7 – Redação do Manual e Implementação;
- Etapa 8 – Acompanhamento e Realimentação (auditoria).

Nas seções seguintes são apresentados formulários e análises seguindo as etapas descritas anteriormente, iniciando com a etapa 0 da adequação da MCC descrita a seguir. Para obter os resultados apresentados na etapa seguinte foi necessário a participação de dez pessoas sendo: um coordenador três analistas e seis técnicos de Manutenção para avaliação dos critérios. Tendo como parâmetro o valor ideal pontuado, o mesmo foi determinado através de reuniões com a gerência e supervisão que estabeleceram o valor ideal como meta, levando em consideração que a estruturação da gestão da manutenção está em desenvolvimento e pelo estudo ser um piloto.

4.1 ADEQUAÇÃO DA MCC

Antes de iniciar a implantação da MCC é necessário verificar qual o nível da equipe de manutenção referente à gestão, estratégias de manutenção, recursos disponíveis e rotinas de tarefas executadas pela manutenção por meio de critérios como:

- Disponibilidade da Informação e/ou Recursos;
- Condição e Desempenho Atual da Manutenção;
- Sistema Computacional de Suporte;
- Cultura da Manutenção e/ou Empresa;
- Gerenciamento Estratégico da Manutenção.

O primeiro passo é o preenchimento do formulário Etapa 0 – Adequação à MCC proposto na disciplina conforme tabela 4.1:

Tabela 4.1: Etapa 0 – Adequação à MCC

Etapa 0 - Adequação da MCC

Critérios	Quesitos a serem ponderados		Aderência (0 a 10)	Ideal	Justificativa (Aderência < Ideal)	Plano de Ação
Critério 1 (C1) Disponibilidade da Informação e/ou Recursos	Q 1	Será adotado um procedimento de referência e/ou norma para implantação da MCC. A equipe de implantação conhece este procedimento/norma e todas as entradas/necessidades deste procedimento/norma estão disponíveis.	7	7	Equipe experiente com conhecimento da ferramenta, porém falta de aplicação.	Realizar treinamentos e reuniões.
	Q 2	Existe uma documentação consistente das ações de manutenção. Exemplos: Ordens de Serviço consistentes, MTBF (Tempo Médio Entre Falhas), MTTR (Tempo Médio Para Reparo), histórico de falhas, etc...	7	8	Utilização do Software de manutenção Manuisis.	Padronização de apontamentos.
	Q 3	Os sistemas candidatos a implantação da MCC possui uma documentação técnica adequada. Exemplos: Projetos, manuais, relatórios de ensaio, etc...	7	7	Possui documentação técnica atualizada.	NA
	Q 4	O planejamento estratégico da empresa está documentado de forma auditável. Este planejamento contempla a manutenção e particularmente a MCC como estratégia para gestão de ativos.	6	8	Falta de confiabilidade de registros ou incompletos.	Garantir a confiabilidade e consistência dos apontamentos com treinamentos.

Critérios	Quesitos a serem ponderados		Aderência (0 a 10)	Ideal	Justificativa (Aderência < Ideal)	Plano de Ação
Critério 2 (C2) Condição e Desempenho Atual da Manutenção	Q 1	O percentual de Inspeções Preditivas ou Manutenção Baseada na Condição é significativo quando comparado à Manutenção Preventiva Sistemática (baseada no tempo) ou Corretiva. Portanto, a equipe de manutenção tem experiência em Técnicas Preditivas e Manutenção Baseada na Condição.	6	8	Falta de conhecimento de técnicas preditivas por parte da equipe.	Treinar as equipes quanto a aplicações de técnicas preditivas e nomear responsáveis.
	Q 2	O desempenho atual da manutenção é satisfatório e homogêneo em todo o sistema fabril, contando com uma equipe adequadamente preparada e eficaz para o desempenho de sua função.	8	8	A equipe atinge metas dos KPI's.	NA
	Q 3	Para o sistema, no qual se pretende implantar a MCC, historicamente o número de operadores, no chão de fábrica, é pequeno quando comparado a sistemas similares em outras plantas ou empresas.	7	7	NA	NA
	Q 4	Os custos diretos e indiretos devidos à manutenção são altos com o sistema atual de gestão da manutenção, quando comparados a outros sistemas similares em outras plantas ou empresas.	6	8	Os custos são altos se comparados com plantas de mesmo porte.	Nacionalizar peças e componentes dos equipamentos.

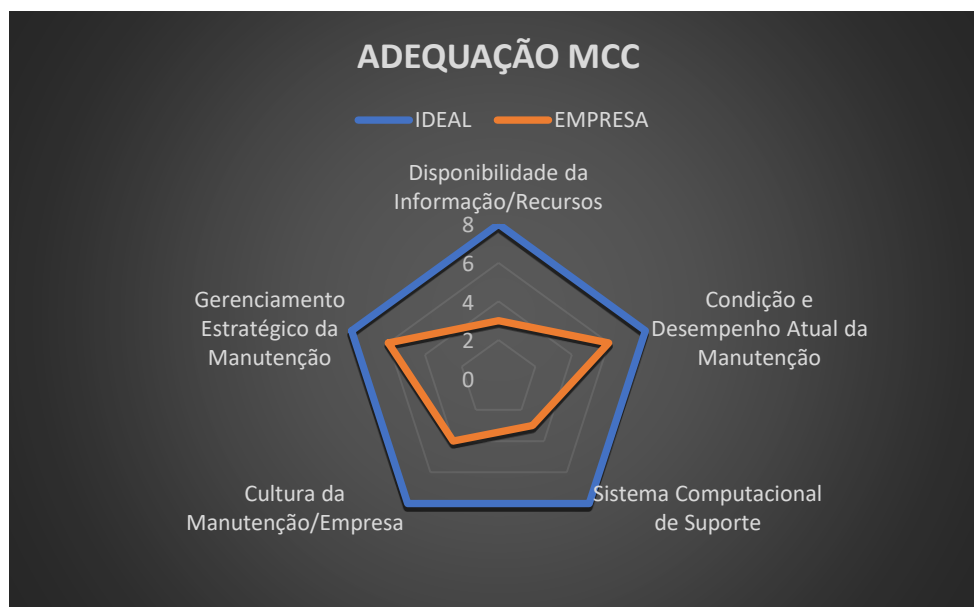
Critérios	Quesitos a serem ponderados		Aderência (0 a 10)	Ideal	Justificativa (Aderência < Ideal)	Plano de Ação
<p>Critério 3 (C3)</p> <p>Sistema Computacional de Suporte</p>	Q 1	Para auxiliar a implantação do programa de MCC, um sistema computacional de automação de escritório (processamento de texto e planilhas eletrônicas) estará disponível, ou então, a equipe de implantação contará com um software específico para concepção do programa de MCC.	4	8	Estudo Piloto, o controle de dados através do ManuSis e a implantação em planilha eletrônica.	Padronização de documentos e realização de melhorias no processo.
	Q 2	A empresa dispõe de um sistema de gestão da informação integrado, que atende de forma satisfatória às necessidades do setor/equipe de manutenção. Este sistema estará disponível para a equipe de implantação e para a gestão do programa de MCC após a sua implantação.	7	8	O sistema de gestão da informação da empresa é bom, mas pode melhorar quanto a visualizar a performance geral.	Atualização do software para versão 4.0.
	Q 3	A gestão da manutenção conta com um sistema computacional adequadamente dimensionado para o tamanho da empresa e do sistema que se quer implantar a MCC.	8	10	Versão 3.0 do software de Gestão da Manutenção ManuSis com limitações.	Atualização do software para versão 4.0.
	Q 4	O sistema computacional de gestão da manutenção é de uso amigável, toda a equipe possui treinamento adequado para utilizá-lo e sua utilização faz parte da rotina de trabalho da equipe de manutenção.	8	8	Equipe experiente com amplo domínio da versão atual.	Treinamento da equipe após atualização do software.
	Q 5	O sistema computacional de gestão da manutenção permite integração com softwares específicos de implantação e gestão da MCC. Caso contrário, conta com no mínimo as seguintes funcionalidades: inclusão de novas tarefas com períodos customizados; controle estatístico da manutenção; e agrupamento de tarefas de manutenção de forma otimizada.	8	8	Software atende quesitos, mas com limitações.	Atualização do software para versão 4.0

Critérios	Quesitos a serem ponderados		Aderência (0 a 10)	Ideal	Justificativa (Aderência < Ideal)	Plano de Ação
Critério 4 (C4) Cultura da Manutenção e/ou Empresa	Q 1	O setor e/ou equipe de manutenção atual registra suas ações de forma suficientemente detalhada para suportar uma análise estatística de tais ações.	8	10	Equipe experiente com amplo domínio da versão atual.	Padronização de apontamentos para facilitar análises.
	Q 2	A manutenção tem função estratégica dentro da empresa e ocupa um lugar de destaque na estrutura organizacional, assumindo um papel importante na gestão dos ativos físicos da empresa.	7	10	Falta conhecimento da diretoria quanto aos benefícios de uma empresa com manutenção de classe mundial.	Apresentar dados estatísticos e promover pequenos cases para tomá-los como base.
	Q 3	A equipe e/ou setor de manutenção, em suas diferentes categorias profissionais, são motivados, cooperativos e conscientes de seu papel estratégico dentro de empresa.	4	8	Existe deficiência de comunicação e plano de carreira.	Melhorar os feedbacks.
	Q 4	Outras metodologias de gestão da manutenção foram previamente adotadas e/ou estudadas e, por algum critério de consenso da empresa, culminaram com a adoção da MCC. Portanto, é possível afirmar que a empresa e a equipe/setor de manutenção têm afinidade com métodos mais elaborados de gestão da manutenção.	4	8	Falta de referência de aplicação no mesmo segmento fabril.	Buscar Benchmarking em outras plantas.
	Q 5	O atual programa de manutenção é continuamente atualizado e auditado por pessoal interno ou externo à empresa ou setor de manutenção.	9	9	O programa é auditado internamente e empresas de consultoria.	NA

Critérios	Quesitos a serem ponderados		Aderência (0 a 10)	Ideal	Justificativa (Aderência < Ideal)	Plano de Ação
Critério 5 (C5) Gerenciamento Estratégico da Manutenção	Q 1	Existe um orçamento para viabilizar a implantação da MCC e que supra as seguintes necessidades: treinamento de pessoal dentro da filosofia da MCC; disponibilidade de recursos humanos; implantação de ações preditivas; e, implementação de sistemas computacionais de suporte a MCC, caso necessário.	5	8	Falta de orçamentos para treinamentos preditivos.	Selecionar treinamentos e sistemas e requerer orçamentos.
	Q 2	As decisões referentes às estratégias de gestão da manutenção estão em conformidade e tem suporte por outros setores da empresa, o que caracteriza o bom relacionamento institucional.	6	8	Ainda falta apoio de algumas gerências para desenvolver as estratégias propostas.	Promover mais os cases de sucesso.
	Q 3	Os níveis gerenciais veem a manutenção como investimento e não como um custo. Portanto, é possível afirmar que a MCC foi adotada como uma das estratégias para uma gestão mais eficaz dos ativos físicos.	5	8	Ainda falta apoio de algumas gerências para desenvolver as estratégias propostas.	Promover mais os cases de sucesso.
	Q 4	A MCC é visualizada como parte de um processo geral/global de gerenciamento da manutenção, com métodos e técnicas, podendo coexistir outras metodologias de gestão da manutenção em paralelo ou integradas à MCC.	8	8	NA	NA
	Q 5	Grande parte da manutenção é terceirizada, entretanto, seus controles, registros e demais itens de gestão estão a cargo da empresa ou seu representante. Portanto, neste caso, não há problemas com a Gestão do Conhecimento inerente à manutenção.	4	5	A equipe de manutenção é própria.	Selecionar serviços cujos custos se justificam ao se terceirizar.

Após preenchimento do formulário é realizado o teste de aderência conforme figura 4.2, onde mostra um gráfico radar que possibilita comparar o cenário atual com o ideal para a implantação da MCC.

Figura 4.2: Etapa 0 - Gráfico Radar Etapa 0



Fonte: Autor (2018).

Com estes dados foram identificados pontos positivos e negativos da manutenção, o que facilita a tomada de decisão para futuras ações e melhorias contínuas. Neste caso as ações devem ser voltadas para Disponibilidade da Informação e Recurso, também para Sistema Computacional de Suporte.

Além de conhecer o nível de manutenção da empresa e seus pontos de melhoria para obter êxito na implantação da MCC Kardec e Nascif (2009) propõem que a equipe ou comitê deve ser por pessoas multifuncionais, envolvendo o departamento de Manutenção, Operação, Inspeção e Segurança como será descrito na próxima etapa.

4.2 PREPARAÇÃO

Segundo Rigoni (2009) nesta etapa é determinada os integrantes da equipe, neste estudo piloto conforme apresentado na figura 13 a equipe é composta por executantes colaboradores dos departamentos de: Processo, Produção, Qualidade e Manutenção, além do patrocinador o Coordenador de Manutenção responsável por

disponibilizar recursos necessários no decorrer do processo, também os facilitadores para conduzir o desenvolvimento da implantação onde:

Equipe de Implantação:

- Lilian – Técnico de Processos;
- Leonardo – Analista de Produção;
- Alexandre – Técnico de Segurança;
- Diego – Técnico Eletrotécnico;
- Fabiano – Técnico Mecânico.

Patrocinador:

- Fábio – Coordenador de manutenção

Facilitadores:

- Alexssandro – Líder de Manutenção;
- Daniel - Analista de Manutenção;
- Marcelo - Analista de Manutenção.

Além da equipe nesta etapa é definida a estratégia e o método de implantação, o método utilizado é de um Projeto Piloto, e com a estratégia Base Zero, por ser a primeira implantação da MCC na fábrica.

A implantação da MCC segue um cronograma apresentado na tabela 4.3 com perspectiva de sete meses, com reuniões com equipe semanais e com a gerência com períodos quinzenais.

Tabela 4.3: Etapa 1 - Cronograma da Implantação MCC

IMPLANTAÇÃO MCC - EXTRUSORA DE BORRACHA							
ETAPAS	2018						
	Ju- nho	Julho	Agosto	Setem- bro	Outubro	Novem- bro	Dezem- bro
1- Formação da equipe							
2- Seleção do sistema							
3- Aplicação metodologia MCC							
4- Aplicação de ações							
5- Execução							
6- Auditoria MCC							

Fonte: Autor (2018).

O sistema candidato designado para implantação do projeto piloto foi uma extrusora monorosca para extrusão de borracha. A motivação para a escolha do equipamento foi devido à necessidade de reduzir as inúmeras e recorrentes intervenções da manutenção por falha em uma junta rotativa.

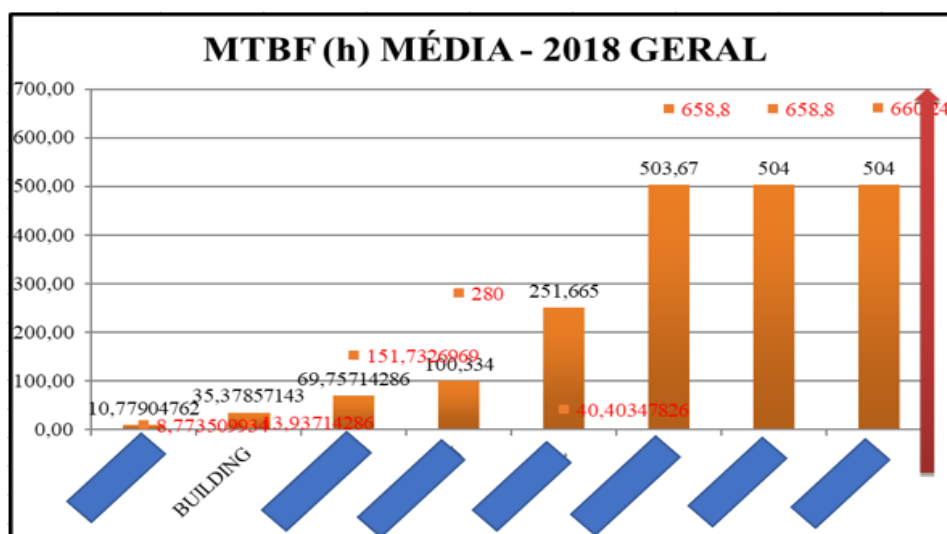
O objetivo é garantir confiabilidade, disponibilidade com máxima performance e minimizar gastos desnecessários com manutenções corretivas emergenciais através da elaboração de um plano de manutenção. Visto a criticidade, considerando fatores como segurança e impactos nos processos de produtivos e indicadores de manutenção conforme descritos na próxima seção.

4.3 SELEÇÃO DO SISTEMA E COLETA DE INFORMAÇÕES

O método utilizado para seleção do sistema foi através de indicadores de manutenção, cujo controle e análises são realizados através de alimentação de uma planilha eletrônica com dados do software de gerenciamento de manutenção Manuisis. Os indicadores utilizados foram:

- MTBF (*MeanTime Between Failure*) demonstrado na tabela 4.5 apresenta o intervalo entre a falhas no equipamento ou posição.

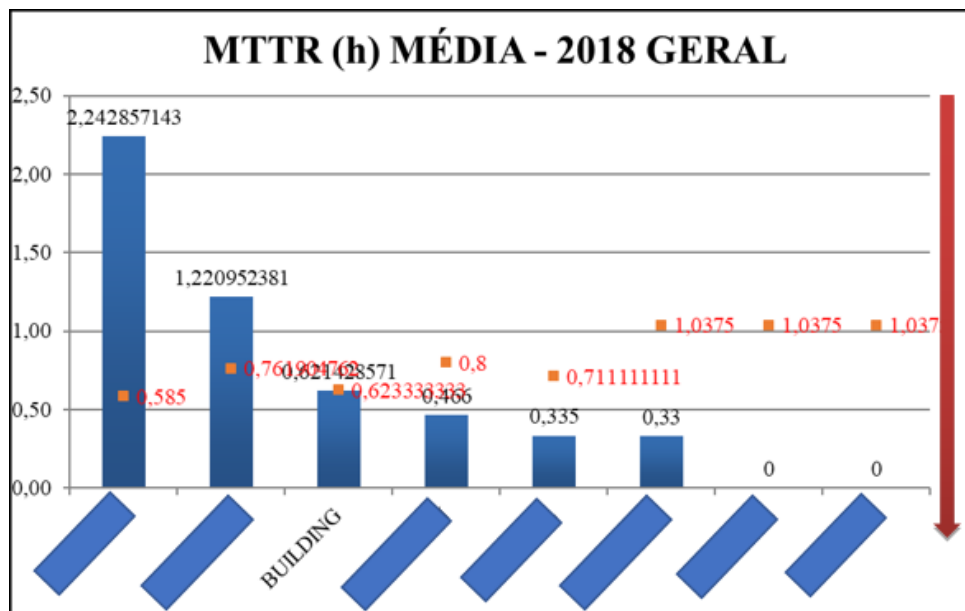
Tabela 4.4: Etapa 2 - MTBF Máquinas setor Construção



Fonte: Autor (2018).

- MTTR (*Mean Time to Repair*) apresentado na tabela 4.6 com o tempo utilizado para reparo da falha no equipamento.

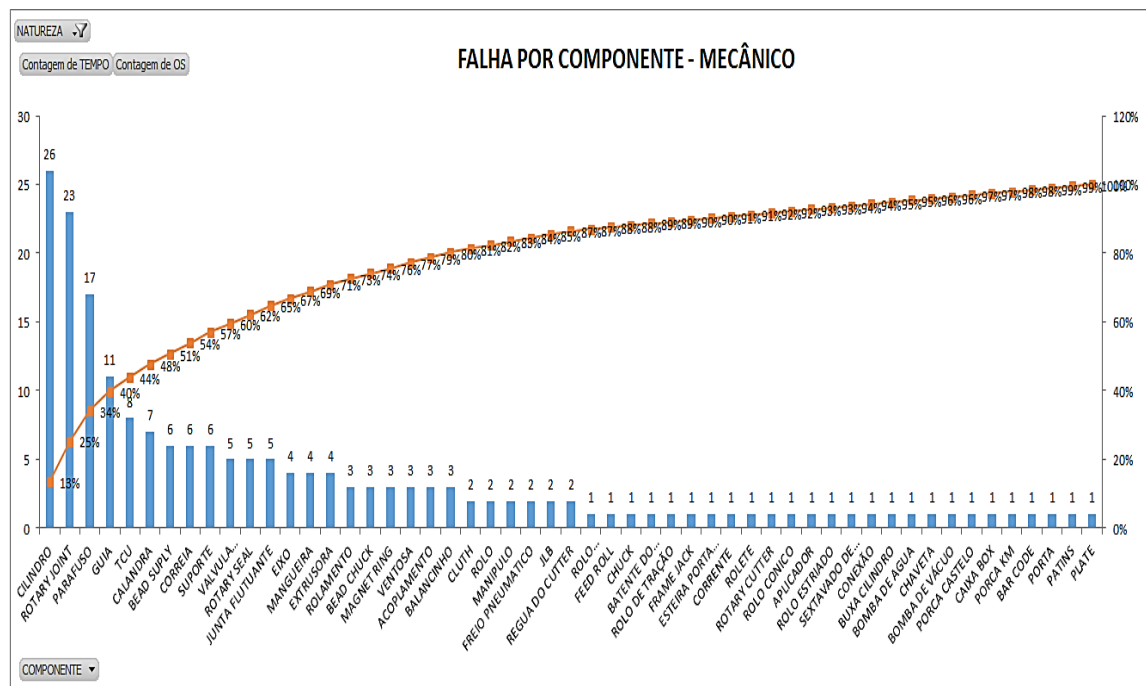
Tabela 4.5: Etapa 2 - MTTR Máquinas setor Construção



Fonte: Autor (2018).

- Número de paradas conforme na tabela 4.6 demonstra as falhas emergenciais recorrentes no equipamento.

Tabela 4.6: Etapa 2 - Número de paradas Emergenciais Extrusora Construção



Fonte: Autor (2018).

A alimentação destes indicadores é realizada em uma planilha eletrônica conforme mostra figura 4.1, com informações coletadas no software de manutenção o Manuis versão 3.0.

Figura 4.1: Etapa 2 - Histórico de Máquina - Construção

LTDA.	
DEFEITO	OBSERVAÇÃO
TRAVAMENTO	CILINDRO TRAVADO (NÃO RETORNOU) DURANTE O TURNUP
QUEBRA	PARAFUSO BORBOLETA DA FIXAÇÃO DO PLATE DANIFICADO
COLISÃO	REGUA DO EMPENADA POR ENROSCO DE BORRACHA
COMPONENTE COM DEFEITO	BARREIRA DE SEGURANÇA NÃO ESTAVA EM FALHA E NÃO RESETAVA (REALIZADO A TROCA)
COMPONENTE COM DEFEITO	CILINDRO DO TIP ROLLER TRAVADO (REALIZADO A TROCA)
ALARME DE MÁQUINA	SERVO DRIVE DA PRIMEIRA POSIÇÃO (TODOS) COM ALARME AE06
AJUSTE	SENSOR DO BEAD DETECT DESALINHADO
DESGASTE	EIXO DO BREAKER SERVICE DESGASTADO, NÃO MOVIMENTANDO A ESTEIRA SUPERIOR
COMPONENTE COM DEFEITO	CILINDRO QUE REALIZA A ABERTURA DA GUIA DUPEIOR DO BREAKER COM PASSAGEM DE AR (EFETUADO A TROCA)
AJUSTE	AJUSTE DO SUPORTE DO CILINDRO E PRESSÕES DE TRABALHO
COMPONENTE COM DEFEITO	CORREIA DA CALANDRA ROMPIDA
COMPONENTE COM DEFEITO	VIDRO DO SENSOR DE LARGURA QUEBRADO
AJUSTE	SENSOR DE IMM (IB4190) FORA DE POSIÇÃO PARANDO O PROCESSO APÓS O TURNUP NO DRUM 02
QUEBRA	PARAFUSO DO PLATE QUEBRADO
QUEBRA	PARAFUSO DO PLATE QUEBRADO
COMPONENTE COM DEFEITO	SENSOR DE IMM (POSIÇÃO DO TRED TRANSFER) ESTAVA DANIFICADO E FROUXO
AJUSTE	ATUADOR DO SENSOR ESTAVA TORTO
AJUSTE	GUIA DO CUTTER DO PLY SERVICE DESALINHADA GERANDO ENROSCO DO PLY
SUJEIRA	SENSOR DE LARGURA COM SUJEIRA INTERNA, APÓS A LIMPEZA TEVE QUE REALIZAR O AJUSTE
ENROSCO	ESTEIRA PORTA CABOS ENROSCOU, HAVIA ROTA INADEQUADA DE MANGUEIRAS
ENROSCO	ESTEIRA PORTA CABOS ENROSCOU, HAVIA ROTA INADEQUADA DE MANGUEIRAS OS01-119300 (ORDEM DUPLICADA)
COMPONENTE COM DEFEITO	CABO DE AÇO DO BALANCIHO NO LOWER BRK SERVICE DANIFICADO
COMPONENTE COM DEFEITO	CILINDRO DO TIP ROLLER TRAVADO (REALIZADO A TROCA)
VIDA UTIL	EIXO DO TENSIONADOR DO GREEN BELT DANIFICADO
VIDA UTIL	VAZAMENTO DE ÁGUA PELO ROTARY JOINT
SUJEIRA	ESPELHO DO SENSOR IB44A0 ESTAVA SUJO, NÃO CONFIRMANDO A FINALIZAÇÃO DO HOME DO TAKE OFF
AJUSTE	PARAFUSO QUEBRADO E ROSCA DO SUPORTE DA BALNAÇA ESPANADA
VIDA UTIL	ROTARY JOINT TRAVANDO, REALIZADO A TROCA
QUEBRA	PARAFUSO BORBOLETA DO PLATE ESTAVA QUEBRADO
AJUSTE	ALARME DE MÁQUINA GERANDO NA SAÍDA DO RC APRESENTA FOLGA MECANICA NO ACOMPLAMENTO DO DRUM
VIDA UTIL	VAZAMENTO DE ÁGUA NO ROTARY JOINT
AJUSTE	APÓS AUTO AJUSTE DA MÁQUINA SENSOR DE IMM (IB432A) NÃO ACIONOU
VIDA UTIL	VAZAMENTO DE ÁGUA NO ROTARY JOINT, EFETUADO A TROCA

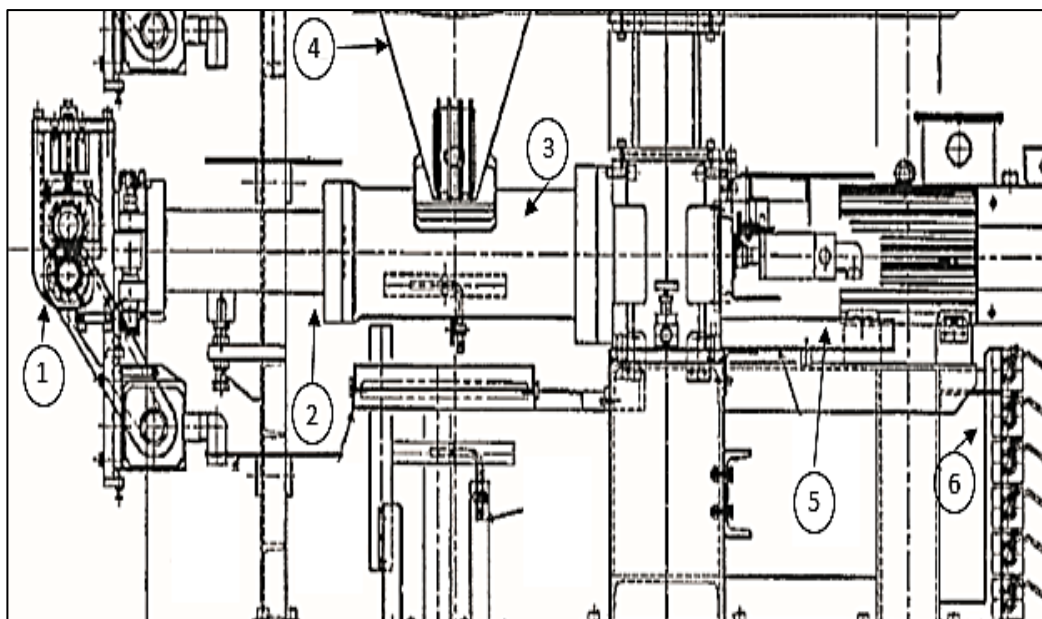
Fonte: Autor (2018).

Para proporcionar a confiabilidade das informações e análises dos indicadores do processo foi necessário e padronização e atualização de documentos técnicos como manuais, projetos e planilhas eletrônicas, também de apontamentos de paradas de máquina.

No contexto operacional as extrusoras atendidas trabalham em regime operacional contínuo, a disponibilidade do sistema das extrusora deve ser de 100%. O impacto no meio ambiente é baixo, somente ocorrendo o desperdício de água industrial, recuperável. No quesito de segurança, devido ao aquecimento da extrusora ser por água com pressão considerável, pode ocorrer acidentes como queimaduras.

A figura 4.2 apresenta as fronteiras do sistema e seus componentes onde foram definidos os subsistemas na tabela 4.8.

Figura 4.2: Etapa 2 - Sistema Extrusora de Borracha



Fonte: Autor (2018).

Tabela 4.7: Etapa 2 - Subsistemas Extrusora de Borracha

Sistema		Extrusora de borracha		
Número	Id_Subistema	Subsistema	Id_Função	Função
01	CAL	Calandra	CALB	Calandragem borracha
02	ROS	Rosca	EB	Extrusão borracha
03	RA	Rolo Alimentador	AEB	Auxiliar na extrusão de borracha
04	FAB	Fúnil	ALB	Alimentação borracha
05	MT	Motor	RR	Rotacionar rosca
06	TCU	Unidade de Aquecimento	AQA	Aquecer água

Fonte: Autor (2018).

Após a definição dos subsistemas da extrusora foi determinado a identificação ou *tag* (identificação) dos subsistemas com suas funções e *tag* de cada função.

A próxima etapa através do subsistema Calandra escolhido no estudo foi realizado a análise dos modos de falhas, seus efeitos e criticidade (FMECA) descritos na etapa seguinte.

4.4 ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA, SEUS EFEITOS E SUA CRITICIDADE

Na etapa três por meio de um formulário padronizado apresentado na tabela 4.9 foi realizado a análise dos modos de falha, seus efeitos e criticidade, utilizando como referência conteúdo apresentado no capítulo três.

Tabela 4.8: Etapa 3 - Análise de modos de falha, seus efeitos e sua criticidade (FMECA)

Etapa 3 - Análise dos Modos de Falha, seus Efeitos e sua Criticidade (FMECA)

Responsável pela Análise: Fabiano e Leonardo	Equipe: Montagem	Data:
Auditado por: Marcelo e Gerência da Qualidade	Página / De:	
Sistema: Extrusão de borracha	Id_Sistema: Ext0001	
Subsistema Analisado: Calandra	Id_Subsistema: Cal0009	

Id_Função	Função	Id_Falha_Funcional	Falha Funcional	Id_Modo de Falha	Modo de Falha	Efeito			Severidade (S)	Causas do Modo de Falha	Ocorrência (O)	Controles Atuais	Detecção (D)	NPR (S.O.D)
						Local	Sistema	Planta						
CALB	Calandrar borracha 2mm de espessura	FRR	Falha rotação de rolos	TR	Travamento dos rolamentos	Montagem do produto	Extrusão de borracha	Parada do setor 1 hora	8	Contaminação com borracha na lubrificação do rolamento e temperatura alta	4	Rota de inspeção	4	128
CALB	Calandrar borracha 2mm de espessura	FRR	Falha rotação de rolos	TRJ	Travamento junta rotativa	Montagem do produto	Extrusão de borracha	Parada do setor 1 hora	8	Contaminação com água na lubrificação dos rolamentos	9	Rota de inspeção	5	360
CALB	Calandrar borracha 2mm de espessura	FRR	Falha rotação de rolos	RPC	Rompimento correia	Montagem do produto	Extrusão de borracha	Parada do setor 1 hora	8	Ressecamento devido à temperatura	4	Rota de inspeção e preventiva	3	96
CALB	Calandrar borracha 2mm de espessura	FRR	Falha rotação de rolos	ACM	Acúmulo de borracha nos mancais	Montagem do produto	Extrusão de borracha	Parada do setor 1 hora	8	Falta de Limpeza do conjunto	6	Inspeção realizada pelo operador	4	192
AQR	Aquecer rolo calandra 90°C	TB	Temperatura baixa	QR	Queima de resistência	Montagem do produto	Extrusão de borracha	Parada do setor 1 hora	8	Vida útil	4	Rota de inspeção	3	96
AQR	Aquecer rolo calandra 90°C	TB	Temperatura baixa	VA	Vazamento de água	Montagem do produto	Extrusão de borracha	Parada do setor 1 hora	8	Desgaste no selo mecânico da junta rotativa	9	Rota de inspeção	5	360
AQR	Aquecer rolo calandra 90°C	TB	Temperatura baixa	ENTM	Entupimento de mangueira	Montagem do produto	Extrusão de borracha	Parada do setor 1 hora	8	Resíduos sólidos na água de aquecimento	6	Rota de inspeção	3	144

Este formulário auxilia a classificação dos modos de falhas conforme a próxima etapa.

4.5 SELEÇÃO DAS FUNÇÕES SIGNIFICANTES E CLASSIFICAÇÃO DE SEUS MODOS DE FALHA

A etapa quatro tem como objetivo classificar os modos de falhas conforme tabela 05.

Para Souza (2012) os modos de falha podem ser classificados em:

- ESA - Evidente Segurança Ambiental;
- EEO - Evidente Econômico Operacional;
- OSA - Oculto Segurança Ambiental;
- OEO – Oculto Econômico Operacional.

Tabela 5: Etapa 4 - Seleção das Funções Significantes e Classificação de seus Modos de Falha

Etapa 4 - Seleção das Funções Significantes e Classificação de seus Modos de Falha

Responsável pela Análise: Lilian e Diego	Equipe: Montagem	Data:
Auditado por: Alexssandro/ Luciano		Página / De:
Sistema: Extrusão de borracha		Id_Sistema: Ext0001
Subsistema Analisado: Calandra		Id_Subsistema: Cal0009

Id_Função	Id_Falha_Funcional	Id_Modo de Falha	Modo de Falha	A Falha Funcional ou o Efeito do Modo de Falha é Evidente?	A Falha Funcional ou o Efeito do Modo de Falha afeta a Segurança e/ou o Meio Ambiente?	A Falha Funcional ou o Efeito do Modo de Falha tem consequências Econômicas e/ou Operacionais?	Categoria ESA – Evidente Segurança Ambiente EEO – Evidente Econômico Operacional OSA – Oculto Segurança Ambiente OEO – Oculto Econômico Operacional
CALB	FRR	TR	Travamento dos rolamentos	Sim	Não	Sim	OEO
CAB	FRR	TRJ	Travamento junta rotativa	Sim	Sim	Sim	EEO
CAB	FRR	RPC	Rompimento correia	Sim	Sim	Sim	OEO
CAB	FRR	ACM	Acúmulo de borracha nos mancais	<u>Sim</u>	Não	<u>Sim</u>	EEO
AQR	TB	QR	Queima de resistência	Não	Não	Sim	OSA
AQR	TB	VA	Vazamento de água	Sim	Sim	Sim	ESA

Fonte: Autor (2018).

Na próxima etapa é determinado as tarefas de manutenção aplicada aos modos de falha classificados nesta etapa.

4.6 SELEÇÃO DAS TAREFAS DE MANUTENÇÃO APLICÁVEIS E EFETIVAS

Para Souza (2012) a etapa cinco de seleção de tarefas de manutenção é realizada através da análise das tarefas possíveis:

- Serviço Operacional;
- Inspeção Preditiva;
- Restauração Preventiva;
- Restauração Preventiva;
- Inspeção Funcional;
- Manutenção Combinada;
- Mudança de Projeto;
- Reparo Funcional.

Ainda o autor complementa com o agrupamento de tarefa define como:

OP – *Check List* de Operador;

IR – Rota de Inspeção;

PR- Manutenção Preventiva;

LU – Lubrificação;

IP – Inspeção Preditiva.

Conforme definições descritas acima a tabela 4.10 demonstra a seleção das tarefas de manutenção para o equipamento em estudo.

Tabela 4.10: Etapa 5 - Seleção das Tarefas de Manutenção Aplicáveis e Efetivas

Etapa 5 - Seleção das Tarefas de Manutenção Aplicáveis e Efetivas

Responsável pela Análise: Fabiano e Diego	Equipe: Montagem	Data:
Auditado por: Alexssandro/ Luciano	Página / De:	
Sistema: Extrusão de borracha	Id_Sistema: Ext0001	
Subsistema Analisado: Calandra	Id_Subsistema: Cal0009	

Id_Função	Id_Falha_Funcional	Id_Modo de Falha	Consequência ESA – Evidente Segurança Ambiente EEO – Evidente Econômico Operacional OSA – Oculto Segurança Ambiente OEO – Oculto Econômico Operacional	Tarefas Possíveis							Tarefa Proposta	Id_Tarefa	
				Serviço Operacional	Inspeção Preditiva	Restauração Preventiva	Substituição Preventiva	Inspeção Funcional	Manutenção Combinada	Mudança de Projeto			Reparo Funcional
CALB	FRR	TR	OEO – Oculto Econômico Operacional		X							Manutenção preditiva – análise de vibração	PRD1
CALB	FRR	TRJ	EEO – Evidente Econômico Operacional					X				Rota de Inspeção visual	ROT1
CALB	FRR	RPC	OEO – Oculto Econômico Operacional				X					Manutenção Preventiva – substituir componente	PREV
CALB	FRR	ACM	EEO – Evidente Econômico Operacional						X			Inspeção diária- Operador	INSP2
AQR	TB	QR	OSA – Oculto Segurança Ambiente		X							Manutenção preditiva – análise de termografia	PRD2
AQR	TB	VA	ESA – Evidente Segurança Ambiente					X				Rota de Inspeção visual	ROT3

Fonte: Autor (2018).

Com a seleção das tarefas realizadas na etapa seguinte é definido os intervalos de manutenção.

4.7 DEFINIÇÃO DOS INTERVALOS INICIAIS E AGRUPAMENTO DAS TAREFAS DE MANUTENÇÃO

Nesta etapa seis é determinado os intervalos de manutenção, devem ser os maiores possíveis, porém devem garantir a efetividade da tarefa proposta (Souza,2012), de acordo com a tabela 4.11 que relaciona as atividades de manutenção e seus intervalos conforme análise.

Ainda o autor complementa com o agrupamento de tarefa define como:

- OP – *Check List* de Operador;
- IR – Rota de Inspeção;
- PR- Manutenção Preventiva;
- LU – Lubrificação;
- IP – Inspeção Preditiva.

Tabela 4.11: Etapa 6 - Definição dos Intervalos Iniciais e Agrupamento das Tarefas de Manutenção

Etapa 6 - Definição dos Intervalos Iniciais e Agrupamento das Tarefas de Manutenção

Responsável pela Análise: Fabiano e Diego	Equipe: Montagem	Data:
Auditado por: Alexssandro/ Luciano	Página / De:	
Sistema: Extrusão de borracha	Id_Sistema: Ext0001	
Subsistema Analisado: Calandra	Id_Subsistema: Cal0009	

Id_Função	Id_Falha_Funcional	Id_Modo de Falha	Id_Tarefa	Descrição da Tarefa Proposta	Intervalo Inicial	Agrupamento da Tarefa	Equipe Responsável
CALB	FRR	TR	PRD1	Manutenção preditiva – análise de vibração	BIMESTRAL	IP	Técnicos mecânicos
CALB	FRR	TRJ	ROT1	Rota de Inspeção visual	SEMANAL	IR	Técnicos mecânicos
CALB	FRR	RPC	PREV	Manutenção Preventiva – substituir componente	SEMESTRAL	PR	Técnicos mecânicos
CALB	FRR	ACM	INSP2	Inspeção diária- Operador	MENSAL	OP	Operador
AQR	TB	QR	PRD2	Manutenção preditiva – análise de termografia	SEMANAL	IP	Técnicos eletricitas
AQR	TB	VA	ROT3	Rota de Inspeção visual	BIMESTRAL	IR	Técnicos mecânicos

Fonte: Autor (2018).

Na etapa seguinte é reunido todas as informações e dados das etapas conforme descrito na próxima seção.

4.8 REDAÇÃO DO MANUAL E IMPLEMENTAÇÃO

Nesta etapa sete é elaborado a redação do manual da MCC, segundo Souza (2012) este manual deve possuir todas as informações detalhadas de todas as etapas anteriores, além dos resultados obtidos. Com a conclusão deste manual é iniciada a implementação e execução de ações tomadas nas etapas.

Neste estudo toda a documentação das etapas e o manual de implantação da metodologia MCC estará disponível para todos os envolvidos no processo e futuras auditorias conforme é apresentado na próxima etapa.

4.9 ACOMPANHAMENTO E REALIMENTAÇÃO (AUDITORIA)

Na etapa oito é definido o processo de acompanhamento e realimentação da metodologia MCC, neste estudo é acompanhado através de indicadores de manutenção já mencionados na etapa 2 e auditorias internas e externas para verificar o desempenho e da metodologia ao longo do tempo.

4.10 SÍNTESE E CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

No capítulo foi aplicado a definição de gestão dos documentos e análises de falhas e criticidade do equipamento em estudo. Ao finalizar o desenvolvimento do estudo seguindo as etapas é elaborado um plano de manutenção para o equipamento.

No capítulo seguinte é apresentado os resultados obtidos através do estudo, também pontos positivos, negativos e futuras melhorias.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por ser uma empresa recém instalada no Brasil, sua estratégia e políticas de manutenção ainda sofrem constantes mudanças devido à fatores como históricos de máquinas, conhecimento das equipes são alguns dos aspectos que impactam diretamente em análises, indicadores e na definição de modelo de gestão de manutenção, onde atualmente é focado em quantidade de paradas de máquinas, paradas longas acima de duas horas, ou seja, tem como referência apenas indicadores de MTBF e MTTR. Estes indicadores são sazonais devido aos equipamentos instáveis.

No estudo é importante mencionar as dificuldades encontradas durante o desenvolvimento e a aplicação da metodologia MCC no equipamento proposto conforme abaixo:

- Histórico de equipamentos com período curto e confiabilidade das informações;
- Conhecimento da equipe em relação aos equipamentos;
- Cumprimento da agenda de reuniões devido à demanda de cada departamento do membro da equipe;
- Versão do software de gestão da manutenção antiga com recursos limitados.

Com a implantação foram obtidos os seguintes resultados:

- Redução nos números de falhas em 70% (setenta por cento): não foi alcançado a meta, porém ficou satisfatório com uma redução de 50%;
- Aumento na disponibilidade e performance do equipamento: foi alcançado, pois além da criação do plano de manutenção, foram implementadas várias melhorias no processo;
- Redução de custo: foi atingido com um ganho de 20%, com a redução de números de falhas e melhorias, entretanto o período analisando foi curto.

Contudo o estudo da implantação da metodologia MCC para uma extrusora de borracha mostrou ser uma ferramenta de grande relevância para o cenário atual da empresa, pois com conceitos teóricos aplicados na prática seguindo as etapas de implementação e análises de falhas padronizadas proporcionaram a confiabilidade do

equipamento e indicadores atingindo o objetivo proposto de reduzir o número de falhas e a elaboração de um plano de manutenção correto.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Uma oportunidade para trabalhos futuros são ações para corrigir as dificuldades citadas anteriormente, cujas devido ao estudo de implantação ser piloto ou pioneiro na empresa.

A atualização ou substituição do software de gestão da manutenção também agregaria valor na gestão de toda a documentação de implementação da MCC além de facilitar a multiplicação dos métodos e técnicas aplicadas neste estudo para outros equipamentos da organização como um todo.

REFERÊNCIAS

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

BARAN, Leandro Roberto. **Manutenção Centrada em Confiabilidade aplicada na Redução de Falhas**: um estudo de caso. 2011. 102 fls. Monografia (Especialização em Gestão Industrial: Produção e Manutenção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2011.

CISLAGHI, G. L., **Otimização do Sistema de Alimentação de Extrusoras de Borracha**. 2011. 25f. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do RioGrande do Sul, Porto Alegre, 2011.

DHILLON, B. S. **Maintainability, maintenance and reliability for Engineers**. 1ª. ed. New York: CRC Press, 2006.

DOHI, T. et al. **Optimizing the repair-time limit replacement schedule with discounting and imperfect repair**. Journal of Quality in Maintenance Engineering, v. 7, n. 1, p. 71-84, jan-abr 2001.

FILHO, G. B. **A Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

FREIRE, Priscila Saraiva Déde. **A manutenção centrada na confiabilidade (MCC) aplicada em um ambiente organizacional gerenciado pela manutenção produtiva total (MPT)** / Priscila Saraiva Déde Freire. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2012. p. 31-32

JUNIOR, José Wagner Braidotti. **A Falha não é uma Opção**: Aprenda como entender, tratar e eliminar definitivamente a ocorrência de uma falha funcional. 2. ed. Rio de Janeiro, ago. 2016.

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

LEVERETTE, J. C. **An Introduction to the US Naval Air System Command RCM Process and Integred Reliability Centered Maintenance Software**: RCM 2006 - The Reliability Centred Maintenance Managers' Forum. 2006. Anais ...: p. 22-29

MARCELLINO, André T. **Análise de uma Sistemática de Manutenção Centrada na Confiabilidade Aplicadas para Colhedoras de Cana de Açúcar**. 55 fls. Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia da Produção. UFGD - Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados – MS, 2015.

MORESI, Eduardo (Organizador). **Metodologia de Pesquisa**. 108 fls Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Gestão do Conhecimento e Tecnologia da

Informação (Pró- Reitoria de Pós-Graduação-PRPG) – Universidade Católica de BrasíliaUCB.Brasília,2003.

[https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/34168313/MetodologiaPesquisa-](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/34168313/MetodologiaPesquisa-Moresi2003.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1518138961&Signature=i%2BRzMgAc4raySDgJx0ydhG%2FMHYg%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DMetodologia_da_Pesquisa_PRO-REITORIA_DE.pdf)

[Moresi2003.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1518138961&Signature=i%2BRzMgAc4raySDgJx0ydhG%2FMHYg%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DMetodologia_da_Pesquisa_PRO-REITORIA_DE.pdf](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/34168313/MetodologiaPesquisa-Moresi2003.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1518138961&Signature=i%2BRzMgAc4raySDgJx0ydhG%2FMHYg%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DMetodologia_da_Pesquisa_PRO-REITORIA_DE.pdf). Acessado 05/02/2018.20:28.

MOUBRAY, J. **Reliability-centered maintenance**: second edition. 2ª. ed. New York: Industrial Press Inc., 1997.

PINTO, Renzo Guedes; LIMA, Carlos Roberto Camello. **Reflexões sobre a integração do RCM em um ambiente de TPM**. In: Simpósio de Engenharia de Produção,13., 2006, Bauru. Anais...Bauru:SIMPEP,2006.

http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/1143.pdf.Acessado 04/02/2018.18:00.

RIGONI, Emerson. **Metodologia para Implantação da Manutenção Centrada na Confiabilidade**: uma abordagem fundamentada em Sistemas Baseados em conhecimento e Lógica *Fuzzy*. Tese para a obtenção ao grau de Doutor em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. p.41-42.

SELEME, Robson. **Manutenção Industrial: mantendo a fábrica em funcionamento** / Robson Seleme. Curitiba: Intersaberes, 2015. (Série Administração de Produção).

SILVA, Edna L. & MENEZES, Estera M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração da Dissertação**.4ª.ed. Florianópolis:UFSC,2005.

http://tccbiblio.paginas.ufsc.br/files/2010/09/024_Metodologia_de_pesquisa_e_elaboracao_de_teses_e_dissertacoes1.pdf acessado 04/02/2018.19:00.

SIQUEIRA, Y. P. D. S. **Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implantação**. 1ª (Reimpressão). ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

SOUZA, André Moriggi de. **Implantação de um Programa de Manutenção Centrada na Confiabilidade no Setor de Utilidades da Brf Brasil Foods Unidade Produtiva Paranaguá**. 2012. N.f.40. Monografia (Especialização em Engenharia de Confiabilidade Aplicada à Manutenção) – Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, Universidade Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2012.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM, planejamento e controle de manutenção**/Herbert Ricardo Garcia Viana. – Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2013. p.110-115