

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR - MG
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
RUGGIERI CÉSAR DE SOUZA

**PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA
CONFIABILIDADE EM ENSACADEIRA DE UMA EMPRESA DE CALCINAÇÃO.**

FORMIGA – MG
2016

RUGGIERI CÉSAR DE SOUZA

PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA
CONFIABILIDADE EM ENSACADEIRA DE UMA EMPRESA DE CALCINAÇÃO.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção do UNIFOR - MG, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientador: Prof. Me. Elifas Levi da Silva

FORMIGA – MG

2016

Ruggieri César de Souza

PROPOSTA DE IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA
CONFIABILIDADE EM ENSACADEIRA DE UMA EMPRESA DE CALCINAÇÃO.

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Curso de Engenharia de
Produção do UNIFOR - MG, como
requisito parcial para a obtenção do título
de Engenheiro de Produção.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Elifas Levi da Silva
Orientador

Prof. Me. Daniel Gonçalves Ebias
UNIFOR

Formiga, 21 de novembro de 2016.

“Tudo que um sonho precisa para ser realizado é alguém que acredite que ele possa ser realizado”.

Roberto Shinyashiki

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por tudo que consegui alcançar em minha vida, por mais uma etapa vencida, por Ele sempre se fazer presente em minha vida me dando sabedoria, saúde e determinação para continuar.

Agradeço aos meus familiares pela confiança em mim depositada, a minha namorada que sempre esteve ao meu lado me dando todo apoio, a todos meus amigos e colegas de trabalho que me auxiliaram e a todos que de certa forma contribuíram para a realização deste sonho.

Agradeço ao professor e Mestre Elifas Levi da Silva por me orientar e sempre se mostrar disponível a me ajudar na realização deste trabalho.

Agradeço a todos os professores que fizeram parte desta jornada, compartilhando conhecimento e experiências.

RESUMO

A Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) é uma metodologia aplicada aos itens físicos críticos de um sistema, seu principal objetivo é fazer com que as funções dos equipamentos sejam mantidas dentro do contexto operacional. Através do estudo dos modos de falha, suas causas e efeitos, proporcionando um aumento da vida útil dos equipamentos e reduzindo as tarefas de manutenção corretivas e preventivas. Este trabalho tem por objetivo propor a implementação da MCC nos itens físicos críticos de uma Ensacadeira em uma indústria de calcinação, a fim de aumentar sua confiabilidade e disponibilidade física, suas etapas foram divididas em: (i) escolha do equipamento; (ii) descrição do contexto operacional; (iii) identificação dos sistemas; (iv) seleção do sistema para aplicação da MCC; (v) identificação dos subsistemas do sistema selecionado; (vi) escolha dos compartimentos viáveis para aplicação da MCC; (vii) definição das funções principais e secundárias; (viii) análise dos itens físicos críticos dos sistemas selecionados; (ix) definição da árvore de falhas; (x) análise de modos de falha, efeitos e criticidade; (xi) seleção das atividades de manutenção aplicáveis e efetivas e ao final (xii) criação de um novo plano de manutenção eficaz e eficiente. O método utilizado foi um estudo de caso, aplicado nos componentes físicos críticos de uma Ensacadeira, no setor de manutenção. Constatou-se que o equipamento em estudo apresenta uma baixa confiabilidade, baixa disponibilidade física e alto índice de manutenções corretivas, as principais causas destes problemas estão relacionadas à falta de inspeções e manutenções preventivas adequadas. O trabalho permitiu ampliar os conhecimentos sobre o contexto operacional, identificar as principais causas das falhas e seus efeitos e identificar os componentes críticos da Ensacadeira. O novo plano de manutenção proposto pela MCC tem como objetivo aumentar a confiabilidade da Ensacadeira, reduzir os custos com manutenções corretivas e aumentar a produtividade de cal hidratada ensacada.

Palavras-chave: Confiabilidade. Disponibilidade Física. Plano de Manutenção.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Evolução da Manutenção	24
Figura 2	- Classificação da Manutenção	25
Figura 3	- Diagrama de Processo da MCC.....	30
Figura 4	- Formulário de Documentação do Sistema	31
Figura 5	- Sistema de partida de motor por inversor de frequência	32
Figura 6	- Blocodiagrama controle escalar do CFW09	33
Figura 7	- Sistema de alimentação de água	33
Figura 8	- Diagrama Bloco Funcional de um Condensador de Ar	34
Figura 9	- Curva P-F	37
Figura 10	- Propagação de Falhas	38
Figura 11	- Padrões de Falha	39
Figura 12	- Árvore de Falhas	42
Figura 13	- Diagrama Lógico de Seleção	50
Figura 14	- Árvore Lógica de Decisão	51
Figura 15	- Determinação dos tipos de manutenção	52
Figura 16	- Organograma da Manutenção	55
Figura 17	- Fluxo do processo da Ensacadeira	59
Figura 18	- Fluxograma do Sistema de Abastecimento de Cal.....	63
Figura 19	- Posição do Aplicador de Sacos.....	64
Figura 20	- Diagrama Organizacional do MF-01.....	67
Figura 21	- Diagrama Organizacional do MF-02.....	68
Figura 22	- Diagrama Organizacional do MF-03.....	68
Figura 23	- Diagrama Organizacional do MF-04.....	69
Figura 24	- Diagrama Organizacional do MF-05.....	69
Figura 25	- Diagrama Organizacional do MF-06.....	70
Figura 26	- Diagrama Organizacional do MF-07.....	70
Figura 27	- Diagrama Organizacional do MF-06.....	71
Figura 28	- Diagrama Organizacional do MF-09.....	72
Figura 29	- Diagrama Organizacional do MF-10.....	72
Figura 30	- Matriz de correlação dos itens físicos x tipos de falha do MF-09	79
Figura 31	- Matriz de correlação dos itens físicos x tipos de falha do MF-10	81
Figura 32	- Matriz de correlação dos itens físicos x tipos de falha do MF-05	82

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	- Elementos de árvores de falha	41
Quadro 2	- Probabilidade de Ocorrência.....	43
Quadro 3	- Probabilidade de Detecção	44
Quadro 4	- Índice de Severidade	44
Quadro 5	- Identificação dos sistemas da Ensacadeira	62
Quadro 6	- Funções do MF-09.....	77
Quadro 7	- Funções do MF-10.....	77
Quadro 8	- Funções do MF-05.....	77
Quadro 9	- Atividades de manutenção dos subsistemas não selecionados para a MCC	84
Quadro 10	- Atividades de manutenção já existentes para os subsistemas selecionados	85
Quadro 11	- Plano de Manutenção Proposto pela MCC	87

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	- Disponibilidade Física da Ensacadeira	20
Gráfico 2	- Evolução temporal das Gerações	22
Gráfico 3	- Diagrama de Pareto	35
Gráfico 4	- Função Densidade de Probabilidade Normal.....	45
Gráfico 5	- Função Densidade de Probabilidade Exponencial.....	46
Gráfico 6	- Função Densidade de Probabilidade de Weibull.....	47
Gráfico 7	- Índice de Manutenção Corretiva x Preventiva.....	60
Gráfico 8	- TMEF Ensacadeira	61
Gráfico 9	- Análise da Confiabilidade da Ensacadeira	61
Gráfico 10	- Duração de paradas por sistema	66
Gráfico 11	- Frequência das falhas por subsistema da Paletizadora.....	73
Gráfico 12	- Análise da Confiabilidade do MF-09	75
Gráfico 13	- Análise da Confiabilidade do MF-10	75
Gráfico 14	- Análise da Confiabilidade do MF-05	76
Gráfico 15	- Percentual de Falhas dos itens físicos críticos do MF-09	78
Gráfico 16	- Percentual de Falhas dos itens físicos críticos do MF-10	80
Gráfico 17	- Percentual de Falhas dos itens físicos críticos do MF-05	81

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Cálculo do Número de Prioridade de Risco	43
Equação 2 – Função densidade da probabilidade normal	45
Equação 3 – Função densidade da probabilidade exponencial	46
Equação 4 – Função densidade da probabilidade weibull	47
Equação 5 – Cálculo da taxa de falhas	48
Equação 6 – Tempo médio entre falhas.....	48
Equação 7 – Tempo médio para reparo.....	48
Equação 8 – Cálculo da disponibilidade.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DF	– Disponibilidade Física
ERP	– <i>Enterprise Resource Planning</i>
FMEA	– <i>Failure Mode and Effects Analysis</i>
FMECA	– <i>Failure Mode, Effects and Criticality Analysis</i>
FTA	– <i>Fault Tree Analysis</i>
IHM	– Interface Homem-Máquina
MCC	– Manutenção Centrada na Confiabilidade
MF	– Módulo Funcional
PCM	– Planejamento e Controle da Manutenção
RPN	– <i>Risk Priority Number</i>
TCC	– Trabalho de Conclusão de Curso
TMEF	– Tempo Médio Entre Falhas
TMPR	– Tempo Médio Para Reparo
TPM	– <i>Total Productive Maintenance</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	OBJETIVOS	18
2.1	Objetivo Geral.....	18
2.2	Objetivos Específicos	18
3	JUSTIFICATIVA	19
4	PROBLEMA.....	20
5	REFERENCIAL TEÓRICO	22
5.1	Evolução da Manutenção	22
5.1.1	Primeira Geração	23
5.1.2	Segunda Geração	23
5.1.3	Terceira Geração.....	23
5.2	Políticas de Manutenção	24
5.2.1	Manutenção Corretiva	25
5.2.1.1	Manutenção Corretiva Planejada	25
5.2.1.2	Manutenção Corretiva Não-planejada	26
5.2.2	Manutenção Preventiva.....	26
5.2.3	Manutenção Preditiva	27
5.2.3.1	Inspeção preditiva	27
5.2.3.2	Inspeção funcional.....	28
5.3	Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC)	28
5.3.1	Objetivos da MCC	29
5.3.2	Aplicações da MCC	29
5.4	Implementação da Manutenção Centrada na Confiabilidade	29
5.4.1	Seleção do Sistema e Coleta de Informações.....	31
5.4.1.1	Formulário de Documentação do Sistema.....	31
5.4.1.2	Descrição Textual do Sistema	31
5.4.1.3	Diagrama Esquemático	32
5.4.1.4	Diagrama de Blocos	32
5.4.1.5	Diagrama Organizacional	33
5.4.1.6	Diagramas Funcionais	34
5.4.1.7	Diagrama de Pareto	34

5.4.1.8	Contexto Operacional.....	35
5.4.2	Análise de Funções, Modos de Falha e Efeitos.....	36
5.4.2.1	Funções.....	36
5.4.2.2	Análise das Falhas	36
5.4.2.2.1	Falhas Funcionais	36
5.4.2.2.2	Falhas Potenciais	37
5.4.2.3	Modos de Falha.....	37
5.4.2.4	Causas de Falha	38
5.4.2.5	Efeitos de Falha.....	38
5.4.2.6	Padrões de Falha	39
5.4.2.7	FTA (Fault Tree Analysis).....	40
5.4.2.8	FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)	42
5.4.2.9	Distribuições Estatísticas e Cálculos utilizados na MCC	45
5.4.2.9.1	Distribuição Normal	45
5.4.2.9.2	Distribuição Exponencial	46
5.4.2.9.3	Distribuição de Weibull	47
5.4.2.9.4	Taxa de Falhas.....	48
5.4.2.9.5	Tempo Médio Entre Falhas	48
5.4.2.9.6	Tempo Médio Para Reparo	48
5.4.2.9.7	Disponibilidade	48
5.4.2.9.8	Confiabilidade.....	49
5.4.3	Seleção das Funções Significantes.....	49
5.4.4	Diagrama de Decisão para a Seleção das Tarefas de Manutenção.....	50
5.4.5	Periodicidade das Atividades.....	53
6	MATERIAL E MÉTODOS	54
6.1	Local do estudo	54
6.2	Escolha da amostra.....	56
6.3	Método de coleta de dados	56
6.4	Método de análise	56
7	ANÁLISE E RESULTADOS.....	58
7.1	Definição da equipe de MCC.....	58
7.2	Descrição do processo de operação	58
7.3	Escolha do equipamento	59
7.4	Identificação dos Sistemas e suas funções principais.....	62

7.4.1	Sistema de Abastecimento de Cal.....	62
7.4.2	Aplicador de Sacos.....	64
7.4.3	Enschedeira Rotativa	64
7.4.4	Correias de Transporte.....	65
7.4.5	Paletizadora.....	65
7.4.6	Envolvedora.....	65
7.5	Seleção do sistema para aplicação da MCC	66
7.6	Composição dos subsistemas da Paletizadora	67
7.6.1	Módulo Cadenciador/Prensador (MF-01)	67
7.6.2	Transportador de Rolos de Lançamento (MF-02).....	68
7.6.3	Grupo Orientador de Sacos (MF-03)	68
7.6.4	Esteira de acumulação/transferência (MF-04).....	69
7.6.5	Transportador de rolos de formação da semi-camada (MF-05)	69
7.6.6	Transportador de correias (MF-06).....	70
7.6.7	Transportador de rolos de formação de camada (MF-07)	70
7.6.8	Módulo desloca-camada (MF-08)	71
7.6.9	Mesa de elevação e planos de abertura (MF-09).....	71
7.6.10	Subsistema Tapete de rolos (MF-10)	72
7.7	Escolha dos compartimentos viáveis para aplicação da MCC	73
7.7.1	MF-09 – Mesa de elevação e planos de abertura	74
7.7.2	MF-10 – Tapete de Rolos	75
7.7.3	MF-05 – Transportador de rolos de formação da semi-camada.....	76
7.8	Definição das funções principais e secundárias dos Compartimentos Viáveis a Aplicação da MCC	76
7.9	Análise dos itens físicos críticos dos sistemas selecionados	77
7.10	Definição do FTA dos Subsistemas selecionados.....	82
7.11	Análise de Modos de Falha, Efeitos e Criticidade dos subsistemas selecionados.....	83
7.12	Seleção das Atividades de Manutenção Aplicáveis e Efetivas	83
7.13	Plano de Manutenção e Periodicidade	86
8	CONCLUSÃO.....	88
	REFERÊNCIAS	90
	APÊNDICE A – PLANILHA DE ANÁLISE DOS ITENS FÍSICOS CRÍTICOS DOS SUBSISTEMAS SELECIONADOS	93

APÊNDICE B – FTA – MF-05.....	94
APÊNDICE C – FTA – MF-09.....	99
APÊNDICE D – FTA – MF-10.....	102
APÊNDICE E – ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA, EFEITOS E CRITICIDADE.....	104
APÊNDICE F – PLANILHA DE DOCUMENTAÇÃO DAS TAREFAS DE MANUTENÇÃO.....	108
ANEXO A – FORMULÁRIO FMECA.....	112
ANEXO B – DESCRIÇÃO DO APLICADOR DE SACOS.....	113
ANEXO C – DESCRIÇÃO DA ENSACADEIRA ROTATIVA.....	114
ANEXO D – DESCRIÇÃO DAS CORREIAS DE TRANSPORTE.....	115
ANEXO E – DESCRIÇÃO DA PALETIZADORA.....	116
ANEXO F – DESCRIÇÃO DA ENVOLVEDORA.....	117
ANEXO G – DESCRIÇÃO DO MÓDULO CADENCIADOR/PRENSADOR.....	118
ANEXO H – DESCRIÇÃO DO TRANSPORTADOR DE ROLOS DE LANÇAMENTO.....	119
ANEXO I – DESCRIÇÃO DO GRUPO ORIENTADOR DOS SACOS.....	120
ANEXO J – DESCRIÇÃO DA ESTEIRA DE ACUMULAÇÃO/TRANSFERÊNCIA.....	121
ANEXO K – DESCRIÇÃO DO TRANSPORTADOR DE ROLOS DA SEMI-CAMADA.....	122
ANEXO L – DESCRIÇÃO DO TRANSPORTADOR DE CORREIAS.....	123
ANEXO M – DESCRIÇÃO DO TRANSPORTADOR DE ROLOS DE FORMAÇÃO DE CAMADA.....	124
ANEXO N – DESCRIÇÃO DO MÓDULO DESLOCA-CAMADA.....	125
ANEXO O – DESCRIÇÃO DA MESA DE ELEVAÇÃO E PLANOS DE ABERTURA.....	126
ANEXO P – DESCRIÇÃO DO TAPETE DE ROLOS.....	127
ANEXO Q – DESCRIÇÃO DO TRANSLADOR.....	128
ANEXO R – DESCRIÇÃO DO TAPETE DE ROLOS DE APROXIMAÇÃO.....	129

1 INTRODUÇÃO

O cenário industrial vem se tornando cada vez mais competitivo, a sobrevivência das empresas não depende somente da alta produtividade, mas o desafio é produzir mais, com maior qualidade, menor custo e eliminando desperdícios. Portanto vem crescendo o interesse de implementação de técnicas gerenciais e metodologias de trabalho mais eficazes, como por exemplo a Manutenção Centrada na Confiabilidade.

A utilização de equipamentos de alta tecnologia, máquinas com maiores potências e velocidades, automação industrial, *softwares* de gerenciamento e controle proporcionam uma maior produção e qualidade do seu processo produtivo, porém essa qualidade só é garantida através do melhor aproveitamento e funcionamento dos equipamentos e máquinas utilizadas.

Este trabalho foi realizado em uma empresa de calcinação, do ramo de mineração, situada na região rural do município de Pains, centro-oeste mineiro, aplicada ao setor de manutenção. O equipamento escolhido para análise foi a máquina Ensacadeira, que tem a finalidade de ensacar cal hidratada em sacos de 15kg e 20kg, posteriormente disponibiliza-los sobre paletes de forma organizada, formando de 12 a 14 camadas e ao final envolve-los com filme plástico para proteção dos mesmos. A Ensacadeira é dotada de 14 bicos de enchimento e possui uma capacidade de produção média de 3500 sacos por hora.

A mineração é um dos setores mais importantes para a economia brasileira, que vem crescendo cada dia mais, juntamente com as indústrias de calcinação, que fornecem a cal para diversos segmentos como siderúrgicas, indústria química, construção civil, entre outros.

A demanda de cal hidratada ensacada é grande, pois representa grande parte das vendas, o que exige uma produção em grande escala, com qualidade e pontualidade na entrega ao cliente, a Ensacadeira representa a etapa final do processo da fábrica, onde existe o contato direto com a transportadora e clientes, a indisponibilidade da mesma acarreta em atrasos no carregamento e conseqüentemente atrasos na entrega. A manutenção tem seu papel fundamental pois só através dela é possível manter um bom funcionamento dos equipamentos, principalmente através de medidas preventivas que possibilitarão a disponibilidade física dos mesmos, principal indicador que motivou a realização deste trabalho.

Este projeto tem como objetivo a proposta de implementação da metodologia da Manutenção Centrada na Confiabilidade para os componentes críticos da Ensacadeira, a fim de aumentar a disponibilidade física da mesma e redução do número de manutenções corretivas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Propor a implementação da metodologia da Manutenção Centrada na Confiabilidade nos componentes críticos de uma Ensacadeira, afim de apresentar um plano de manutenção mais eficiente, reduzir os custos com manutenções corretivas e aumentar a disponibilidade e confiabilidade da mesma.

2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Identificar as principais causas de paradas da máquina Ensacadeira.
- ✓ Aplicar as ferramentas da qualidade como auxílio na identificação das principais falhas e componentes críticos.
- ✓ Propor um plano de manutenção eficiente.
- ✓ Propor a metodologia da Manutenção Centrada na Confiabilidade nos componentes críticos.

3 JUSTIFICATIVA

Em uma empresa de calcinação o setor de ensacamento da cal é de suma importância, pois se trata do processo final onde há contato direto com o cliente, portanto a indisponibilidade da máquina acarreta em atrasos no carregamento de cal, gerando problemas como insatisfação dos clientes e descumprimento de metas de produção.

Este trabalho se faz importante para a empresa, pois apresenta uma metodologia de manutenção mais organizada e melhor aplicada, possibilitando um melhor aproveitamento do equipamento em estudo, tornando-o mais eficiente, visto que o impacto gerado por uma parada inesperada é grande, além de transtornos com o cliente e gastos com manutenções corretivas, para cada hora de máquina parada a Ensacadeira deixa de produzir em média 15 toneladas de cal hidratada, o que resulta em uma perda de aproximadamente R\$ 3000,00 na receita bruta para as vendas de cal hidratada ensacada.

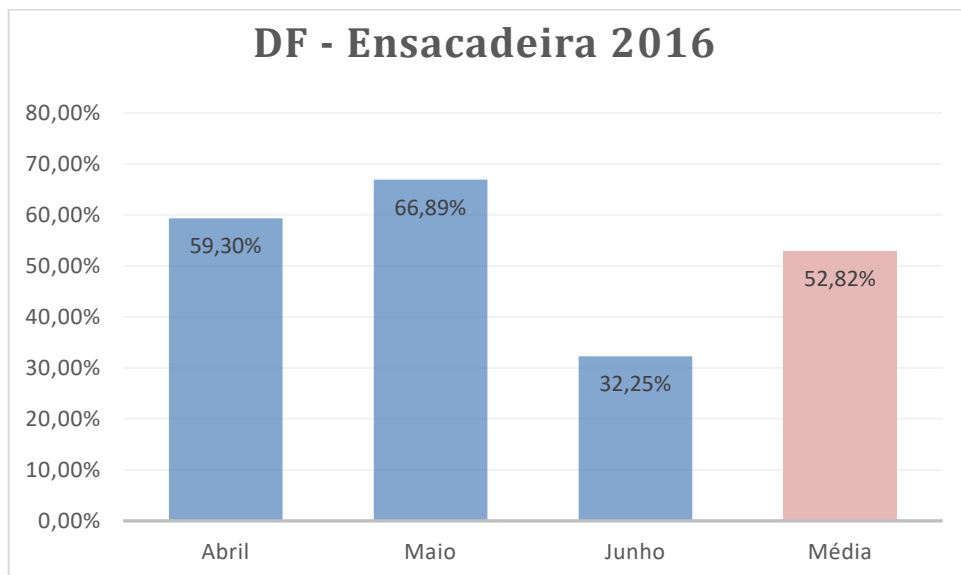
O trabalho também se justifica devido sua importância para o meio acadêmico, pois apresenta um estudo de caso aplicado sobre a Manutenção Centrada na Confiabilidade em uma empresa de Calcinação.

4 PROBLEMA

Como solucionar a causa da grande quantidade de manutenções corretivas e sua grande taxa de frequência, longos tempos de manutenções, baixa disponibilidade física do maquinário e conseqüentemente baixa confiabilidade?

Atualmente a máquina Ensacadeira vem apresentando um custo elevado de manutenção, a frequência que ocorrem as falhas é grande, o GRAF. 1 apresenta a Disponibilidade Física da máquina, foi verificado que a mesma possui uma DF média de 52,82%, o que representa um valor baixo pois a meta da empresa é de pelo menos 90%.

Gráfico 1 - Disponibilidade Física da Ensacadeira



Fonte: Autor (2016).

O controle das paradas não é feito regularmente e de uma forma mais detalhada, dificultando a análise correta das falhas, a maioria das manutenções realizadas, principalmente as corretivas, não são documentadas em ordens de manutenção, o que impossibilita a existência de um histórico confiável das atividades. Nem todas as atividades preventivas existentes no plano de manutenção são executadas.

A equipe de manutenção responsável pela Ensacadeira é pequena, o que impede que todas as manutenções preventivas sejam feitas dentro da periodicidade especificada no plano, e na maioria do tempo a equipe trabalha de forma reativa.

Para tanto a proposta de implementação da MCC possibilitará uma melhora significativa na confiabilidade da máquina, redução das manutenções corretivas, redução dos custos e promoverá um plano de manutenção mais eficiente e eficaz.

5 REFERENCIAL TEÓRICO

Este referencial tem por objetivo fornecer um conhecimento sobre a história e evolução da Manutenção e a metodologia da Manutenção Centrada na Confiabilidade.

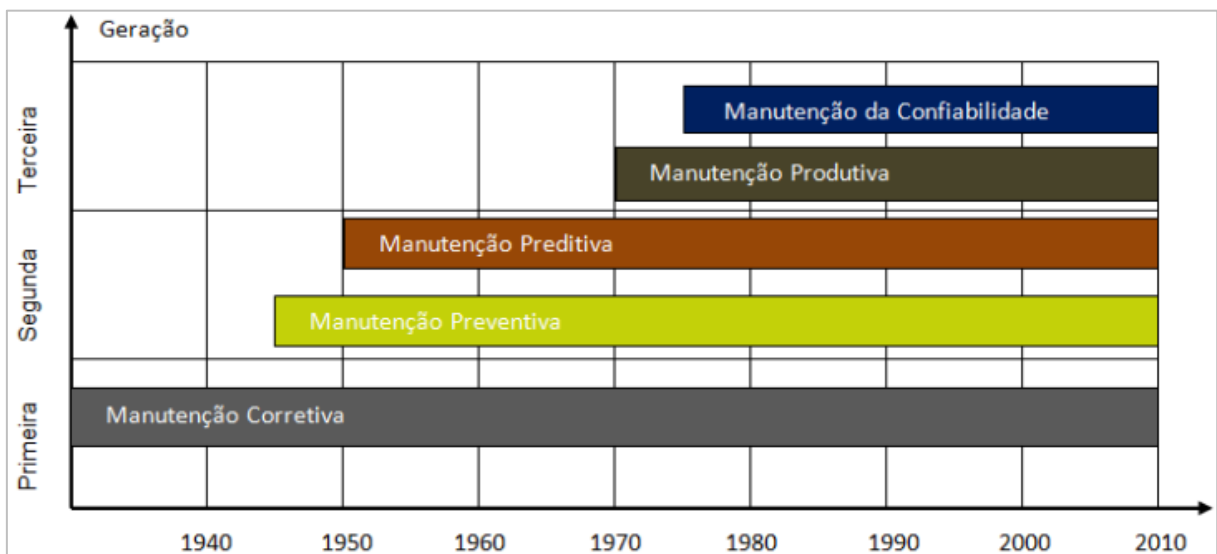
5.1 Evolução da Manutenção

Segundo Branco Filho (2008) antes da revolução industrial a produção de bens era feita quase sempre de modo artesanal e por encomenda, as equipes de manutenção praticamente não existiam, quando havia desgaste em alguma parte do equipamento estas eram trocadas, simplesmente passavam-se gorduras de origem animal nas partes móveis do equipamento onde o desgaste era verificado. A partir da Revolução Industrial, com a evolução das máquinas os próprios operadores devidamente treinados também eram responsáveis pela lubrificação de partes e trocas de peças.

Após a Primeira Guerra Mundial as demandas das empresas eram grandes, exigindo mais produção das indústrias, ocasionando então a necessidade de se criar equipes para realizar reparos em máquinas no menor tempo possível, surgindo então os primeiros “Setores de Manutenção” (ZAIONS, 2003).

O GRAF. 2 ilustra a evolução temporal das técnicas de manutenção industrial.

Gráfico 2 - Evolução temporal das Gerações



Fonte: SIQUEIRA, 2012.

A história da manutenção se dividiu em três gerações ao longo do tempo, e em cada uma delas as técnicas de manutenção foram sendo desenvolvidas e aprimoradas, a seguir serão apresentadas cada uma delas.

5.1.1 Primeira Geração

Após o final da Segunda Guerra Mundial, entre os anos de 1940 a 1950, onde os equipamentos industriais eram mais simples e sobredimensionados para suas aplicações, não existia a manutenção na forma planejada, apenas algumas tarefas como limpeza e lubrificação de máquinas, as tarefas normalmente eram apenas corretivas para reparação das falhas (SIQUEIRA, 2005).

5.1.2 Segunda Geração

De acordo com Moubrey (1997) as máquinas industriais se tornaram mais complexas e a indústria começou a depender cada vez mais destes equipamentos, devido esta dependência surgiu então a preocupação de manter o funcionamento dos mesmos, evitando que possíveis falhas pudessem acontecer, surgindo então as primeiras atividades de manutenção preventiva. Por volta dos anos 60 já haviam as chamadas revisões periódicas em equipamentos, com o intuito de identificar possíveis falhas nos mesmos. Cada vez mais os equipamentos se tornaram mais complexos, sendo necessárias mais atividades para mantê-los funcionando, gerando custos maiores.

Segundo Siqueira (2005) houve um esforço científico de pesquisa e desenvolvimento de técnicas de manutenção preventivas, para minimizar as falhas nos processos produtivos, dando início às técnicas de manutenção preditivas (1950), bem como a disseminação das revisões periódicas dos equipamentos, pela indústria aeronáutica. Por volta dos anos 70, estas técnicas foram integradas pela Manutenção Produtiva Total (*TPM – Total Productive Maintenance*).

5.1.3 Terceira Geração

Para Siqueira (2005), a partir de 1975 a manutenção industrial evoluiu, devido aos altos custos relacionados à manutenção, os equipamentos passaram a ser

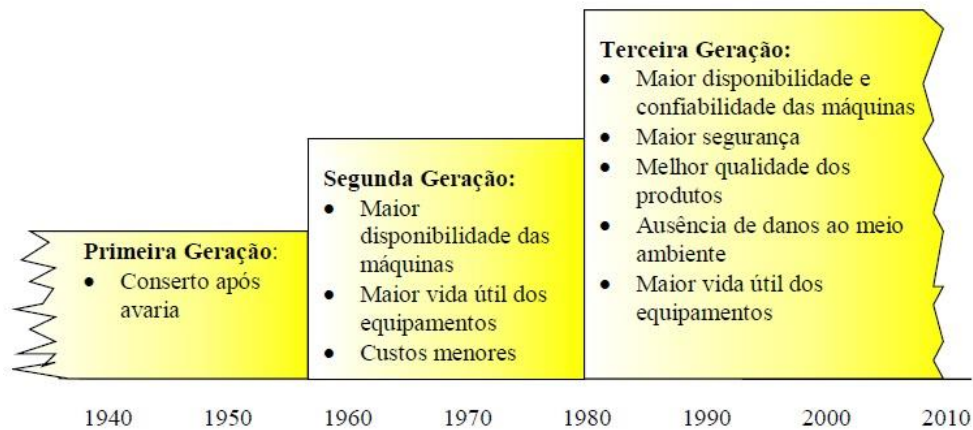
dimensionados no limite das necessidades dos processos, estava em alta o sistema “*Just-in-time*” (produção enxuta) em sistemas de produção contínua, onde pequenas interrupções no processo ocasionavam a parada de toda linha de produção, devido aos baixos níveis de estoque.

Segundo Zaions (2003) nas últimas décadas as atividades de manutenção passaram a ser abordadas como estratégicas, pois havia a necessidade de um aprimoramento contínuo dos produtos e serviços, a consciência e preocupação com o meio ambiente também auxiliaram para uma visão diferenciada em relação à manutenção.

De acordo com Moubray (2000) vários fatores fizeram parte desta terceira geração como o estudo da Confiabilidade, disponibilidade das máquinas, segurança humana e controle rigoroso das falhas.

A cada geração é notável que houve grandes mudanças quanto ao enfoque dado à manutenção (FIG. 1).

Figura 1 - Evolução da Manutenção



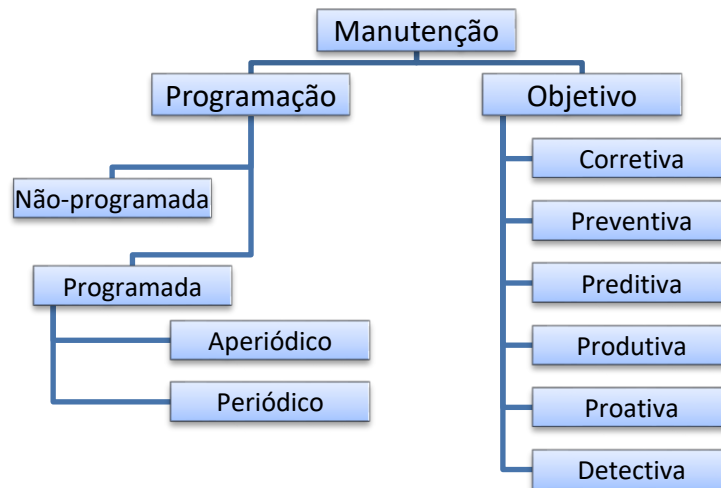
Fonte: MOUBRAY, 2000, p. 3.

5.2 Políticas de Manutenção

Para as grandes empresas a manutenção é vista como uma atividade organizada utilizada para cumprimento de metas como redução de custos e aumento da produção, ela se subdivide em manutenção corretiva, preventiva e preditiva (SOUZA, 2011).

Siqueira (2005) classifica as atividades de manutenção de acordo com a forma de programação, podendo ser programada ou não programada e o objetivo das tarefas executadas, podendo ser corretiva, preventiva, preditiva, produtiva, proativa e detectiva (FIG. 2).

Figura 2 - Classificação da Manutenção



Fonte: SIQUEIRA, 2005, p. 12.

5.2.1 Manutenção Corretiva

Segundo a NBR 5462 (ABNT, 1994), o termo manutenção corretiva é definido como a manutenção que é efetuada após a ocorrência de uma falha que impeça um determinado item de exercer sua função, onde seu objetivo é o de retornar à condição normal de funcionamento do mesmo.

Para Branco Filho (2008, p. 6), manutenção corretiva é “todo o trabalho de manutenção realizado em máquinas que estejam em falha, para reparar a falha.”

A manutenção corretiva se divide em: Manutenção Corretiva Planejada e Manutenção Corretiva Não-planejada.

5.2.1.1 Manutenção Corretiva Planejada

A manutenção corretiva é feita após se constatar a falha ou anomalia num componente, que foi identificada em uma inspeção ou durante o funcionamento normal do equipamento, considerando que esta falha não afete a produção, ao meio

ambiente e nem ofereça risco a segurança das pessoas, esta manutenção pode ser programada posteriormente em um momento ótimo. (SOUZA, 2011).

5.2.1.2 Manutenção Corretiva Não-planejada

A Manutenção Corretiva Não-planejada é a ação tomada para corrigir uma falha sem que haja uma programação, ou seja, de forma aleatória (KARDEC e NASCIF, 2001).

Este tipo de manutenção exige que seja feito o reparo o mais rápido possível, quando a atividade tiver que ser executada imediatamente, esta é identificada como emergência, por outro lado quando é possível aguardar até que o profissional responsável pela manutenção esteja disponível esta é identificada como urgência. (SOUZA, 2011).

5.2.2 Manutenção Preventiva

De acordo com a NBR 5462 (ABNT, 1994, p. 7) é a “manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritivos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item. ”

A Manutenção Preventiva busca como objetivo a eliminação ou redução das falhas através de atividades como limpeza, lubrificação, substituição preventiva e verificação dos ativos em um tempo predeterminado. (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2008).

Segundo Wyrebski (1997) as vantagens da manutenção preventiva são: (i) assegurar a continuidade do funcionamento dos equipamentos, parando apenas em manutenções programadas; (ii) facilidade da empresa em cumprir os programas exigidos pela produção. As desvantagens são: (i) necessita de um programa de manutenção bem estruturado; (ii) exige uma equipe de manutenção bem treinada e eficaz nas atividades; (iii) exige um plano de manutenção; (iv) substituição de peças antes do fim da vida útil das mesmas.

Para Souza (2011, p. 23) existem algumas expectativas da Manutenção Preventiva sendo elas: (i) redução do desgaste e envelhecimento dos equipamentos; (ii) melhoria do estado técnico operacional do equipamento; (iii) atuação de forma proativa, reduzindo altos custos de intervenções; (iv) eliminar ou reduzir corretivas; (v)

elaborar normas para os equipamentos e sobressalentes; (vi) reduzir o número de acidentes, garantindo a confiabilidade nos equipamentos.

5.2.3 Manutenção Preditiva

De acordo com Viana (2009), a Manutenção Preditiva corresponde às atividades de manutenção preventivas que visam acompanhar os equipamentos, através de medições, monitoramento e controle estatístico, tendo o intuito de prever quando uma falha poderá ocorrer, buscando como objetivo determinar o tempo correto da manutenção, utilizando o máximo da funcionalidade do equipamento.

É conceituada como a que tem finalidade de acompanhar os parâmetros de funcionamento dos equipamentos e prever suas falhas, para intervenção no momento adequado. Pode também ser considerada como uma evolução da preventiva, analisada de uma forma global. (SOUZA, 2011, p. 17).

Como vantagens de um plano de manutenção preditiva tem-se um máximo aproveitamento da vida útil dos componentes ou equipamentos, menos intervenções, redução de manutenções corretivas e a programação antecipada das manutenções; porém as desvantagens são as necessidades de acompanhamento e inspeções periódicas, através de instrumentos específicos, ocasionando um aumento dos custos e necessidade de manutenção técnica especializada. (BRANCO FILHO, 2008; RAPOSO, 2004).

Segundo Souza (2011) este tipo de manutenção traz as seguintes vantagens: (i) envolvimento de alta tecnologia e conhecimento; (ii) aumento da disponibilidade física do equipamento; (iii) redução do número de paradas e perdas de produção; (iv) ação proativa; (v) redução dos custos de manutenção; (vi) aumento da segurança operacional e pessoal; (vii) redução dos custos pelo acompanhamento constante das condições dos equipamentos; (viii) ganhos de confiabilidade e produtividade.

5.2.3.1 Inspeção preditiva

Segundo Siqueira (2005, p. 127) “ uma Inspeção Preditiva é qualquer inspeção programada com a finalidade de detectar uma condição de falha potencial. ” Se for

detectado nesta inspeção alguma falha, será necessária uma ação corretiva para solucionar a mesma, caso contrário o equipamento continuará em funcionamento.

Para que seja aplicada a inspeção preditiva são exigidos alguns itens como: (i) existência de um parâmetro relacionado com a evolução da falha; (ii) a possibilidade de identificação da falha potencial por um parâmetro; (iii) se existe alguma técnica de medição sem que haja parada do processo; (iv) se há consistência entre o intervalo da falha potencial e a falha funcional; (v) se o intervalo entre as falhas potencial e funcional é suficiente para uma manutenção preventiva; (vi) se é prático a monitoração do item a intervalos inferiores ao de ocorrência das falhas (SIQUEIRA, 2005).

5.2.3.2 Inspeção funcional

Siqueira (2005) ressalta que a inspeção funcional é definida como uma inspeção ou ensaio programado em um equipamento ou sistema que tem a finalidade de encontrar uma falha funcional ocorrida, não evidente para a equipe de operação, antes que a mesma evolua. O autor ainda resume os seguintes critérios de aplicabilidade desta inspeção: (i) a tarefa deve ser capaz de revelar as falhas latentes; (ii) a falha não é evidente na operação normal do equipamento; (iii) a falha só é evidente após a ocorrência de outra falha; (iv) é possível exercitar o funcionamento do item sem danificá-lo.

5.3 Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC)

Ao final da década de 60, atendendo à solicitação do Departamento de Defesa Americano, F. Stanley Nowlan e Haword F. Heap que faziam parte de uma Força-Tarefa na *United Airlines*, conhecida pela sigla MSG-1 (*Maintenance Steering Group*), desenvolveram um processo de manutenção com base em funções do sistema, consequência de falha e modos de falha. Este trabalho levou ao desenvolvimento da *Reliability-Centered Maintenance* (RCM), ou Manutenção Centrada na Confiabilidade, esta metodologia foi aplicada na indústria aeronáutica, posteriormente na marinha dos Estados Unidos. (SIQUEIRA, 2005; NASA, 2008).

5.3.1 Objetivos da MCC

De acordo com Wireman (1998) a MCC tem como objetivo principal reduzir os custos da manutenção, focalizando as funções mais importantes do sistema, evitando ou removendo tarefas de manutenção que não são estritamente necessárias.

Na MCC, determina-se o que deve ser feito para assegurar que um equipamento continue a cumprir suas funções no seu contexto operacional. A ênfase é determinar a manutenção preventiva necessária para manter o sistema funcionando, ao invés de tentar restaurar o equipamento a uma condição ideal. (LAFRAIA, 2001, p. 238).

Siqueira (2005) apresenta as propostas da MCC segundo as normas vigentes: (i) manter as funções dos equipamentos, com a segurança requerida; (ii) restaurar a segurança e confiabilidade, após a deterioração; (iii) otimizar a disponibilidade física dos ativos; (iv) minimizar o custo do ciclo de vida do ativo; (v) atuar conforme os modos de falha; (vi) realizar apenas as atividades necessárias; (vii) agir em função dos efeitos e modos de falha; (viii) documentar as razões para a seleção das atividades.

Segundo Moubray (2000) os resultados esperados com a MCC são: (i) maior segurança humana e proteção ambiental; (ii) melhoria do desempenho operacional; (iii) reduzir custos de manutenção; (iv) aumentar a vida útil dos ativos; (v) gerar banco de dados sobre as manutenções; (vi) motivação e melhoria do trabalho em equipe.

5.3.2 Aplicações da MCC

Siqueira (2005) relata que foram vários benefícios percebidos através da MCC, principalmente pela indústria elétrica e nuclear, após vários testes a metodologia foi consolidada e adotada em vários setores produtivos como construção civil, indústria química, de refino e extração de petróleo, indústrias de gás, instalações de bombeamento, celulose, papel, siderurgia, alimentação, mineração, transporte e até hospitais.

5.4 Implementação da Manutenção Centrada na Confiabilidade

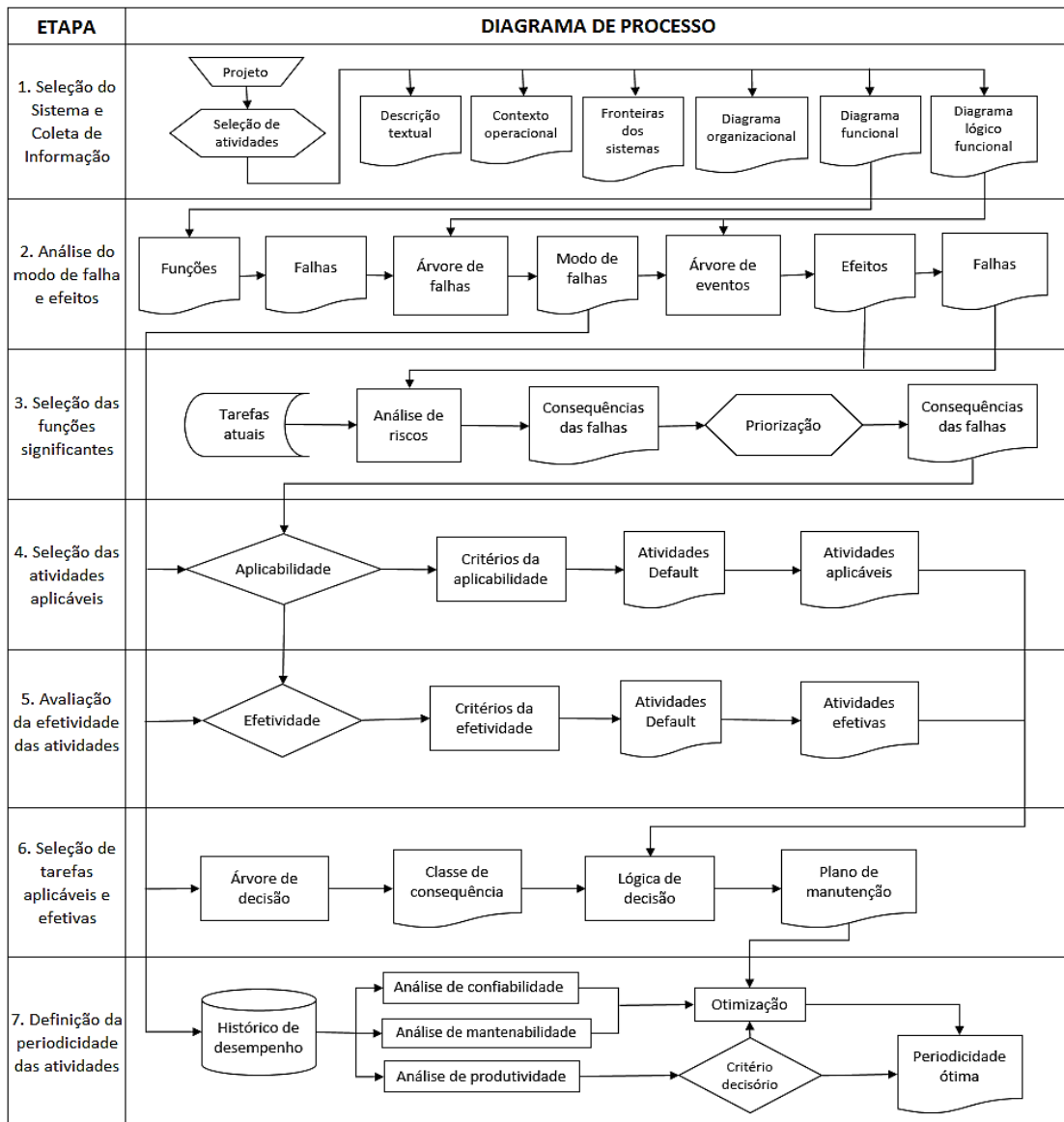
Para a implementação da MCC a NASA (2008) considera cuidadosamente as seguintes perguntas: O que o sistema ou equipamento faz, quais são suas funções?

Quais falhas funcionais poderão ocorrer? Quais são as prováveis consequências dessas falhas? O que pode ser feito para reduzir a probabilidade da falha, identificar o aparecimento da falha, ou reduzir as consequências da mesma?

De acordo com Siqueira (2005) a MCC possui uma sequência estruturada e é composta de sete etapas: (i) Seleção do Sistema e Coleta de informações; (ii) Análise de Modos de Falha e Efeitos; (iii) Seleção de Funções Significantes; (iv) Seleção de atividades aplicáveis; (v) Avaliação da efetividade das atividades; (vi) Seleção das atividades aplicáveis e efetivas; e (vii) Definição da periodicidade das atividades.

A FIG. 3 ilustra as etapas para a realização da MCC.

Figura 3 - Diagrama de Processo da MCC



Fonte: SIQUEIRA, 2005, p. 21.


5.4.1 Seleção do Sistema e Coleta de Informações

Para Siqueira (2005) esta é a primeira etapa, onde tem o objetivo de identificar e documentar todo o sistema ou processo que será analisado, geralmente é utilizado como documento de entrada o projeto de engenharia, esta análise inicial promoverá um melhor entendimento do funcionamento da instalação. A seguir será abordado algumas das ferramentas mais utilizadas para documentar a identificação e funcionamento dos sistemas.

5.4.1.1 Formulário de Documentação do Sistema

Siqueira (2005) relata que este formulário tem o objetivo de registrar a descrição do funcionamento, projeto e sobre o contexto operacional do sistema (FIG. 4).

Figura 4 - Formulário de Documentação do Sistema

Documentação do Sistema					
	Unidade	Código	Facilitador	Data	Folha
	Item	Código	Auditor	Data	De
Tipo					

Fonte: SIQUEIRA, 2005, p. 30.

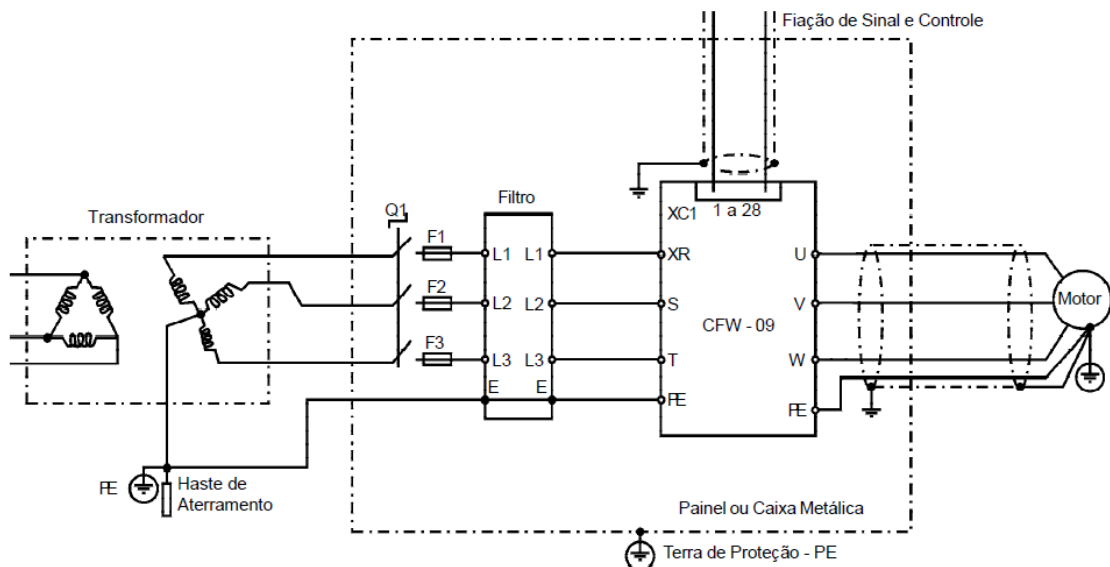
5.4.1.2 Descrição Textual do Sistema

Esta descrição normalmente consiste nos documentos fornecidos pelo fabricante dos equipamentos, como manuais, catálogos e o próprio projeto, que apresentam as funções do mesmo (SIQUEIRA, 2005).

5.4.1.3 Diagrama Esquemático

O diagrama esquemático é uma representação gráfica da interligação dos componentes de um sistema (SIQUEIRA, 2005). A FIG. 5 mostra a interligação dos componentes do sistema de partida de um motor por inversor de frequência.

Figura 5 - Sistema de partida de motor por inversor de frequência

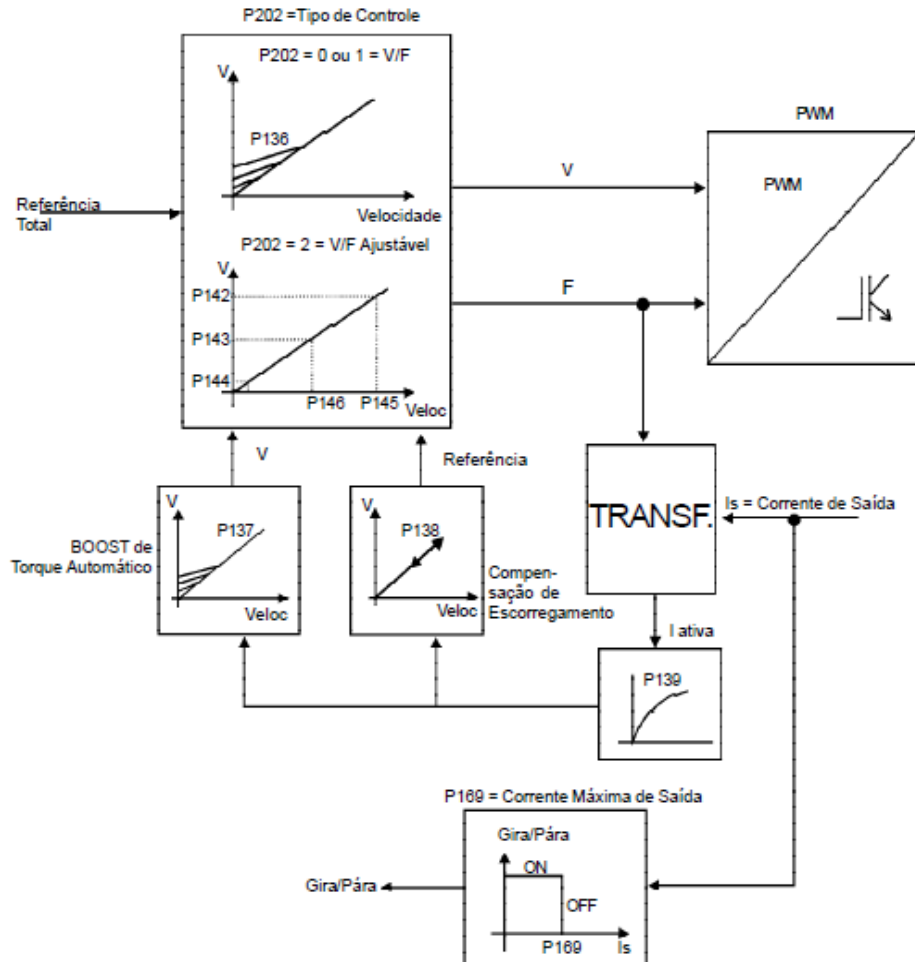


Fonte: Manual do Inversor de Frequência CFW09, WEG, 2011.

5.4.1.4 Diagrama de Blocos

Este diagrama possibilita a divisão do sistema em subsistemas, facilitando a análise do processo, mostrando as relações e interdependências dos mesmos (ZAIKONS, 2003). A FIG. 6 ilustra o diagrama de blocos do sistema de controle de velocidade escalar de um inversor de frequência WEG CFW09.

Figura 6 - Blocodiagrama controle escalar do CFW09

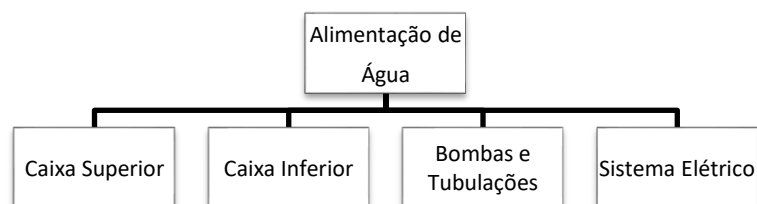


Fonte: Manual do Inversor de Frequência CFW09, WEG, 2011.

5.4.1.5 Diagrama Organizacional

O diagrama organizacional é representado em forma de árvore, onde mostra o sistema principal como topo e abaixo os subsistemas como níveis mais baixos (SIQUEIRA, 2005). Um sistema de alimentação de água dividido em subsistemas é ilustrado a seguir (FIG. 7).

Figura 7 - Sistema de alimentação de água



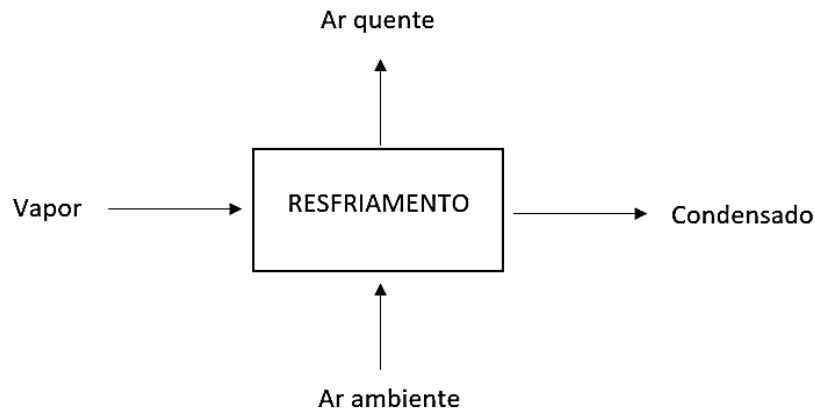
Fonte: LAFRAIA, 2001, p. 251.

5.4.1.6 Diagramas Funcionais

Siqueira (2005) relata que estes diagramas são complementares aos diagramas organizacionais e representam o funcionamento do sistema ou subsistemas componentes, neste diagrama são utilizadas as funções de cada equipamento ou parte do sistema e seus fluxos de entrada e saída.

A FIG. 8 ilustra um exemplo de diagrama funcional de um Condensador de Ar, onde contém as entradas e saídas necessárias à atividade.

Figura 8 - Diagrama Bloco Funcional de um Condensador de Ar



Fonte: LAFRAIA, 2001, p. 249.

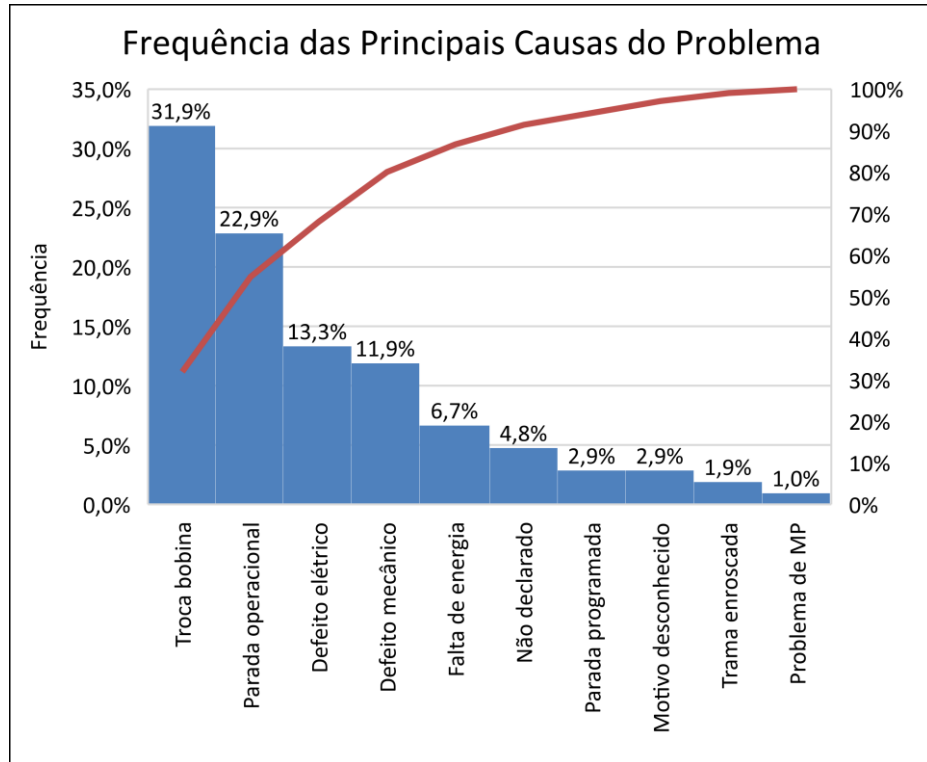
5.4.1.7 Diagrama de Pareto

O nome Pareto surgiu do economista italiano Vilfredo Pareto (1848-1923), que mostrou a teoria de que, em certas economias, um pequeno segmento da população (20%) possui um maior valor financeiro (80% da riqueza), de modo que a maior parte desta população (80%) representa um valor menos significativo (20% da riqueza), este diagrama se trata de uma distribuição de frequência ou histograma de dados organizados por categoria (MONTGOMERY, 2004; PALADINI, 2012).

Segundo Paladini (2012) este diagrama sugere a existência de elementos críticos, portanto a estes é necessária uma prioridade na análise. Esta é uma ferramenta frequentemente utilizada na Engenharia de Produção, através da Curva ABC em análise de materiais em estoque, por exemplo.

O GRAF. 3 ilustra um exemplo onde é possível verificar que as causas críticas do problema representam 80% do acumulado, que são: (i) Troca de bobina, (ii) Parada Operacional, (iii) Defeito elétrico e (iv) Defeito mecânico.

Gráfico 3 - Diagrama de Pareto



Fonte: VASCONCELOS, 2009, p. 10. (Adaptado pelo autor)

5.4.1.8 Contexto Operacional

Antes de iniciar o processo de identificação e documentação das funções é importante entender e conhecer o contexto operacional da instalação, pois este pode modificar, ou mesmo definir as funções do sistema. Devem ser considerados alguns aspectos específicos na descrição do contexto operacional como: (i) impacto nos negócios; (ii) processo operacional (se é em fluxo contínuo, intermitente ou sob demanda); (iii) os padrões de qualidade; (iv) padrões ambientais; (v) padrões de segurança; (vi) teatro de operações; (vii) intensidade de operações; (viii) redundância; (ix) estoques intermediários; (x) sobressalentes e (xi) oferta e demanda do mercado (SIQUEIRA, 2005).

5.4.2 Análise de Funções, Modos de Falha e Efeitos

Após a primeira etapa concluída, inicia-se na segunda etapa a identificação e documentação de todas as funções do sistema, seus modos de falha e seus efeitos (SIQUEIRA, 2005).

A seguir serão apresentadas algumas definições e ferramentas fundamentais para o desenvolvimento da MCC.

5.4.2.1 Funções

Para Moubray (2000) a função de um item ou sistema deve consistir de um verbo, um objeto e o padrão de desempenho de desempenho desejado.

Estas funções podem ser divididas em funções principais e funções secundárias, as principais estão associadas ao motivo da aquisição do ativo, as funções secundárias podem ser divididas em: (i) integridade ambiental; (ii) segurança/integridade estrutural; (iii) controle, contenção e conforto; (iv) aparência; (v) economia e eficiência; e (vi) supérfluas (MOUBRAY, 2000; ZAIONS, 2003).

5.4.2.2 Análise das Falhas

Uma falha nada mais é que a interrupção da capacidade de um item desempenhar sua função, e elas podem ser classificadas em: (i) extensão; (ii) manifestação; (iii) criticidade; (iv) velocidade; (v) idade e (vi) origem. Porém para o estudo da MCC as falhas são classificadas pelo efeito provocado na função do sistema no qual estas pertencem: Falha Funcional e Falha Potencial (SIQUEIRA, 2005).

5.4.2.2.1 Falhas Funcionais

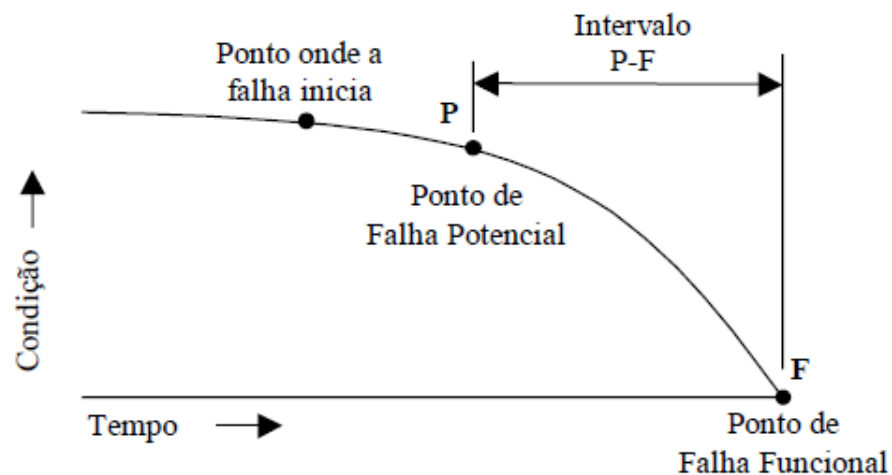
A falha funcional acontece quando um determinado item é incapaz de realizar sua função dentro do que é esperado pelo usuário, de acordo com sua visibilidade ainda podem ser divididas em: (i) evidente, quando é detectada pelo próprio operador; (ii) oculta, quando não é detectada pelo operador e (iii) múltipla, quando ocorre uma sequência de uma oculta, seguida de uma evidente (MOUBRAY, 2000; SIQUEIRA, 2005).

5.4.2.2 Falhas Potenciais

Esta falha é identificada como uma condição iminente de uma falha funcional, levando em consideração que muitas falhas não acontecem repentinamente, mas através de uma evolução ao longo do tempo (MOUBRAY, 1997; XENOS, 2004).

A FIG. 9 ilustra a relação da falha potencial (P) e a falha funcional (F) onde, o intervalo P-F representa o ponto onde a falha pode ser detectada até sua ocorrência (MOUBRAY, 2000).

Figura 9 - Curva P-F



Fonte: MOUBRAY, 2000, p. 144.

5.4.2.3 Modos de Falha

Lafraia (2001) descreve modo de falha como uma forma de falha de um determinado item onde o mesmo deixa de cumprir sua função, compreendendo os possíveis eventos que poderão diminuir total ou parcialmente seu desempenho.

Todos os modos de falha devem ser identificados, possibilitando assim prever um determinado evento e quando o mesmo ocorre, avaliando seu impacto no sistema podendo ser tomada uma posterior ação corretiva ou preventiva (MOUBRAY, 1997).

5.4.2.4 Causas de Falha

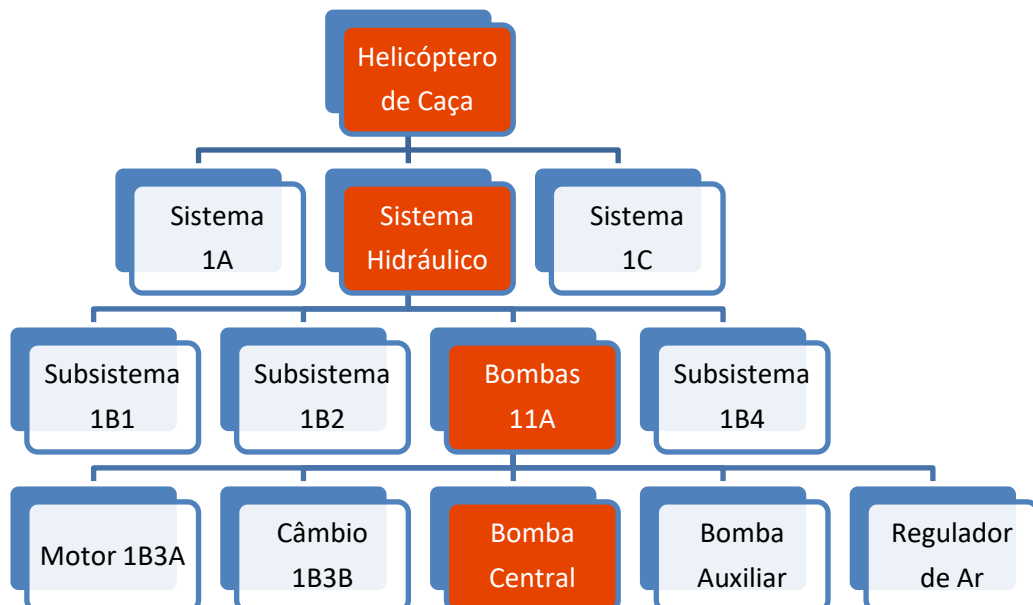
Segundo Sakurada (2001) as causas dos modos de falha representam o porquê da ocorrência da falha, podendo estar relacionadas a: (i) fatores ambientais; (ii) componentes da vizinhança; (iii) erros humanos ou (iv) no próprio componente.

5.4.2.5 Efeitos de Falha

De acordo com Siqueira (2005) um efeito é observado após a ocorrência de um modo de falha, através do seu estudo é possível identificar o impacto que um modo de falha pode causar nas funções do sistema. Este efeito não deve ser confundido com o sintoma da falha, pois o sintoma é uma manifestação que antecede a falha.

Um exemplo pode ser observado na FIG. 10 onde uma falha ocorrida na Bomba Central de um sistema de um helicóptero pode afetar o subsistema Bombas 11A, que por sua vez afetará o Sistema Hidráulico com uma possível perda da funcionalidade de todo o sistema do Helicóptero (SIQUEIRA, 2005).

Figura 10 - Propagação de Falhas

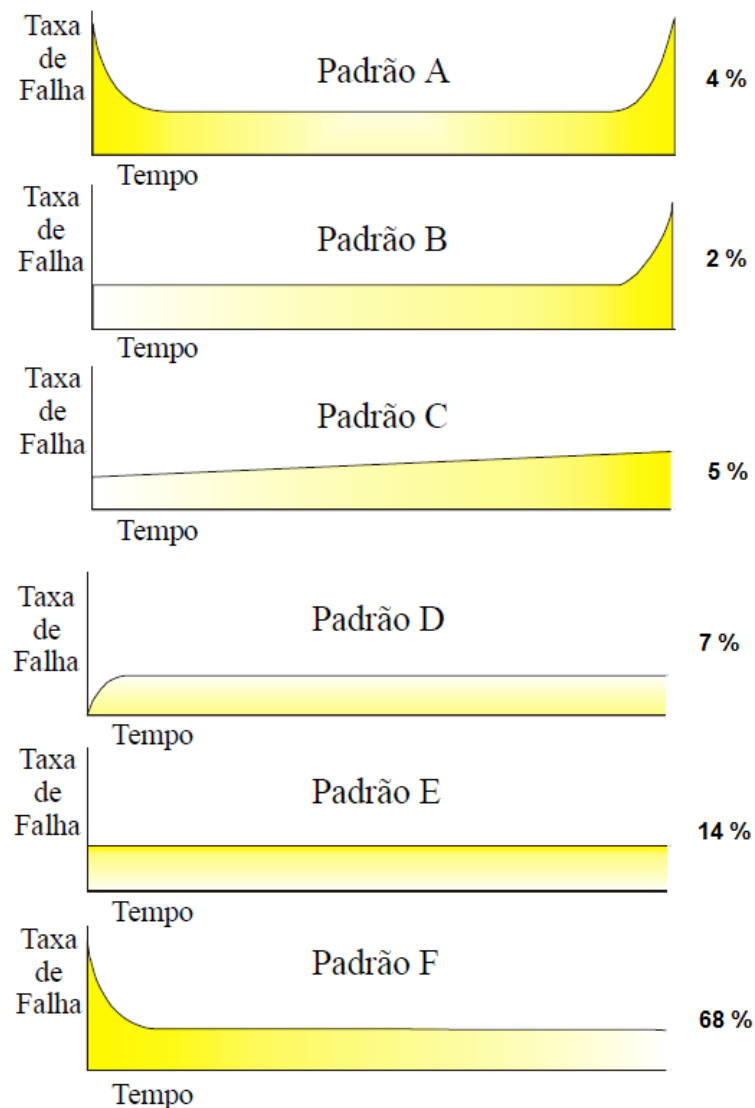


Fonte: SIQUEIRA, 2005, p. 96.

5.4.2.6 Padrões de Falha

As falhas apresentam algumas características que as diferem, este comportamento pode ser observado através da taxa de falhas. A FIG. 11 apresenta graficamente a taxa de falhas em relação ao tempo, elas se classificam em seis tipos básicos de curvas: Tipos A, B, C, D, E e F. As porcentagens indicadas são referentes ao estudo feito em aviões civis, porém à medida do aumento da complexidade dos equipamentos, tornam-se mais predominantes os tipos E e F (NASA, 2008; LAFRAIA, 2001).

Figura 11 - Padrões de Falha



Fonte: LAFRAIA, 2001, p. 74. (Adaptado pelo autor)

O tipo A é conhecido como Curva da Banheira onde é dividida em três regiões, a primeira representa a probabilidade de falha decrescente, ocorrendo as falhas por mortalidade infantil, a segunda representa a probabilidade de falha constante e aleatória, a terceira representa a probabilidade de falha crescente, no fim da vida útil do componente, ocorrendo as falhas por desgaste ou fadiga (SIQUEIRA, 2005).

O tipo B apresenta inicialmente uma probabilidade de falha constante e no fim da vida útil do componente uma probabilidade crescente de falhas. O tipo C apresenta um aumento da taxa de falhas gradual, não existindo uma região definida de desgaste. O tipo D apresenta uma pequena taxa de falhas no início da vida útil do equipamento e após esta taxa se estabiliza em um nível constante. O tipo E apresenta uma taxa de falhas aleatória onde a probabilidade é constante. O tipo F apresenta uma probabilidade de falhas maior no início da vida útil do equipamento seguido de um nível constante, podendo também apresentar um aumento lento e gradual (ZAIKONS, 2003).

Para melhor entendimento das falhas será utilizado o método da Análise da Árvore de Falhas que será abordado a seguir.

5.4.2.7 FTA (*Fault Tree Analysis*)

O FTA ou método da Análise da Árvore de Falhas é uma técnica que possibilita a investigação de possíveis causas de falhas no sistema, através de um evento topo se analisa os níveis inferiores em busca da causa ou combinações de causas em componentes que levaram à falha (SAKURADA, 2001).

Segundo Pessoa (2009) esta ferramenta é conhecida como *Top Down* pois uma falha particular ou efeito é colocada como evento topo, e os eventos primários estão em níveis mais baixos.

Na construção dos diagramas de árvore de falhas são utilizados diversos conectores lógicos e eventos, conforme se observa no QUADRO 1.

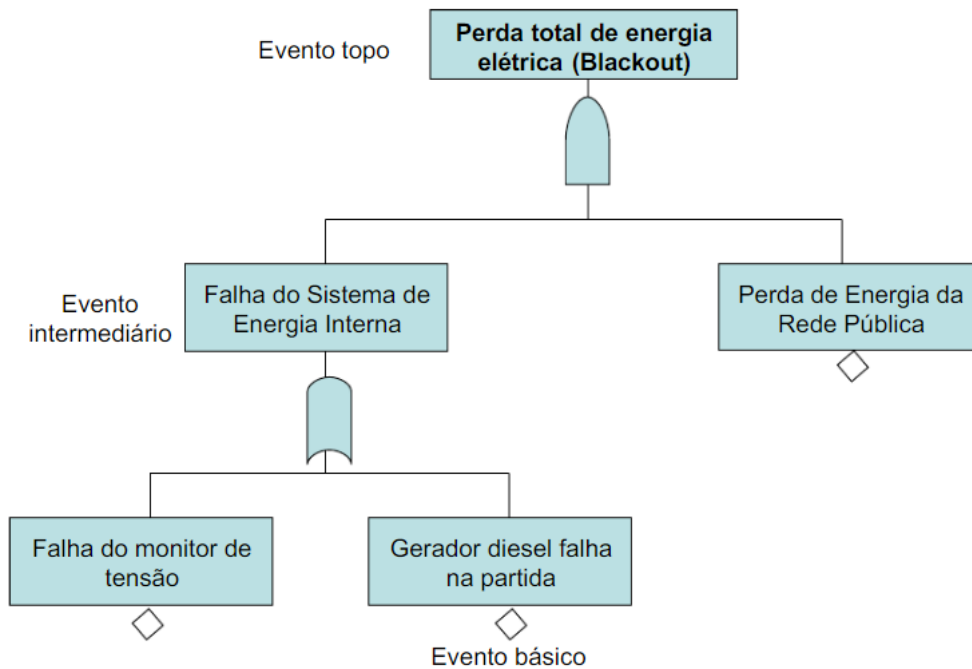
Quadro 1 - Elementos de árvores de falha

Nº	Símbolo	Nome	Descrição
1		Retângulo	Eventos de saída de portas lógicas.
2		Círculo	Eventos associados a falhas básicas.
3		Diamante	Eventos não realizados (Omitidos).
4		Casa	Parâmetro associado a um evento que deve ser monitorado.
5		Oval	Evento condicional, usado em conectores de inibição.
6		Triângulo	Conexão com outro símbolo ou evento, possivelmente em outra página.
7		E	Evento de saída que só ocorre se todos os eventos de entrada ocorrerem.
8		OU	Evento de saída que ocorre se pelo menos um dos eventos de entrada ocorrer.
9		Inibição	Evento de entrada só é transmitido ao evento de saída se o evento condicional ocorrer.
10		E prioridade	Evento de saída ocorre se os eventos de entrada ocorrerem na ordem da esquerda para a direita.
11		Ou exclusiva	Evento de saída ocorre se um, mas não ambos, dos eventos de entrada ocorrer.
12		M em n	Evento de saída ocorre se M em N dos eventos de entrada ocorrerem.

Fonte: SIQUEIRA, 2005, p. 61. (Adaptado pelo autor)

A FIG. 12 apresenta um exemplo de FTA, onde ilustra as possíveis causas da falha principal que é o evento topo (Perda Total de Energia Elétrica) de um sistema de energia elétrica de um Hospital.

Figura 12 - Árvore de Falhas



Fonte: PESSOA, 2009, p. 29.

5.4.2.8 FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*)

O FMEA (Análise de Modos de Falha e Efeitos) é um método utilizado para o estudo dos modos de falha dos sistemas e seus componentes, projetos e processos e os efeitos que estes modos de falha proporcionam (SAKURADA, 2001).

No FMEA é abordado cada função do sistema e seus modos de falha predominantes associados a cada falha, após são examinadas todas as consequências das falhas para determinar quais têm efeitos sobre a missão ou operação, no sistema e na máquina (NASA, 2008).

O objetivo deste método é aumentar a confiabilidade do item ou sistema analisado diminuindo a probabilidade de falha do produto ou processo durante sua operação, para a eficácia deste método se faz necessário alguns itens como: (i) Planejamento do FMEA; (ii) Lista dos modos de falha, causas e efeitos; (iii) Seleção dos modos de falha mais importantes; (iv) Interpretação dos resultados e (v) acompanhamento das ações necessárias (PALADY, 2004).

Quando se faz necessário um estudo mais detalhado do sistema e dependendo da dimensão deste sistema pode ser aplicado uma variante desta metodologia, o FMECA (*Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*) ou Análise dos Modos de

Falha, Efeitos e Criticidade que é utilizado para identificação dos modos de falha críticos (SIQUEIRA, 2005).

Segundo Lafraia (2001) no FMECA na análise de criticidade é calculado o Risco que uma falha potencial possa trazer consequências para o sistema, usuários ou ao meio. No FMECA estes riscos podem ser quantificados pelo conceito do RPN (*Risk Priority Number* – Número de Prioridade de Risco), o RPN pode ser calculado através da Eq. 1.

$$\text{RPN} = \text{Ocorrência} \times \text{Detecção} \times \text{Severidade} \quad (1)$$

Deve ser feita uma estimativa das probabilidades de ocorrência das causas da falha utilizando os dados obtidos de fornecedores, manuais técnicos, históricos de manutenção, entre outros. A probabilidade de detecção é o índice que representa as chances de as falhas afetarem o sistema. A severidade dos efeitos representa a gravidade do efeito da falha para o cliente (LAFRAIA, 2001).

Lafraia (2001) sugere uma escala com *ranking* de 1 a 10 para a Ocorrência, Detecção e Severidade, que são apresentados nos QUADROS 2, 3 e 4 respectivamente.

Quadro 2 - Probabilidade de Ocorrência

Probabilidade de Ocorrência		
Probabilidade de Falha	<i>Ranking</i>	Taxa de Falhas
Remota: A falha é improvável	1	< 1 em 10 ⁶
Baixa: Relativamente poucas falhas	2	1 em 20000
	3	1 em 4000
Moderada: Falhas ocasionais	4	1 em 1000
	5	1 em 400
	6	1 em 80
Alta: Falhas repetitivas	7	1 em 40
	8	1 em 20
Muito Alta: Falhas quase que inevitáveis	9	1 em 8
	10	1 em 2

Fonte: LAFRAIA, 2001, p. 112. (Adaptado pelo autor)

Quadro 3 - Probabilidade de Detecção

Probabilidade de Detecção	
Probabilidade	Ranking
Muito Alta: A falha será certamente detectada durante o processo de projeto / fabricação / montagem / operação	1
	2
Alta: Boa chance de determinar a falha	3
	4
Moderada: 50% de chance de determinar a falha	5
	6
Baixa: Não é provável que a falha seja detectável	7
	8
Muito Baixa: A falha é muito improvavelmente detectável	9
Absolutamente indetectável: A falha não será detectável com certeza	10

Fonte: LAFRAIA, 2001, p. 113. (Adaptado pelo autor)

Quadro 4 - Índice de Severidade

Severidade	
Severidade das Consequências	Ranking
Marginal: A falha não teria efeito real no sistema. O cliente provavelmente nem notaria a falha	1
	2
Baixa: A falha causa apenas pequenos transtornos ao cliente. O cliente notará provavelmente leves variações no desempenho do sistema	3
	4
Moderada: A falha ocasiona razoável insatisfação no cliente. O cliente ficará desconfortável e irritado com a falha. O cliente notará razoável deterioração no desempenho do sistema	5
	6
Alta: Alto grau de insatisfação do cliente. O sistema se torna inoperável. A falha não envolve riscos à segurança operacional ou o descumprimento de requisitos legais	7
	8
Muito Alta: A falha envolve riscos à operação segura do sistema e/ou descumprimento de requisitos legais	9
	10

Fonte: LAFRAIA, 2001, p. 112. (Adaptado pelo autor)

Podem ser utilizadas as ferramentas FMEA e FMECA dependendo de cada particularidade e dimensão do sistema, o ANEXO A apresenta um exemplo de um formulário FMECA (LAFRAIA, 2001).

5.4.2.9 Distribuições Estatísticas e Cálculos utilizados na MCC

No estudo da MCC e dos mecanismos de falhas são utilizadas distribuições estatísticas para melhor compreensão e identificação das mesmas, a seguir serão abordadas algumas principais como as distribuições normal, exponencial e weibull, juntamente com os cálculos aplicados à metodologia.

5.4.2.9.1 Distribuição Normal

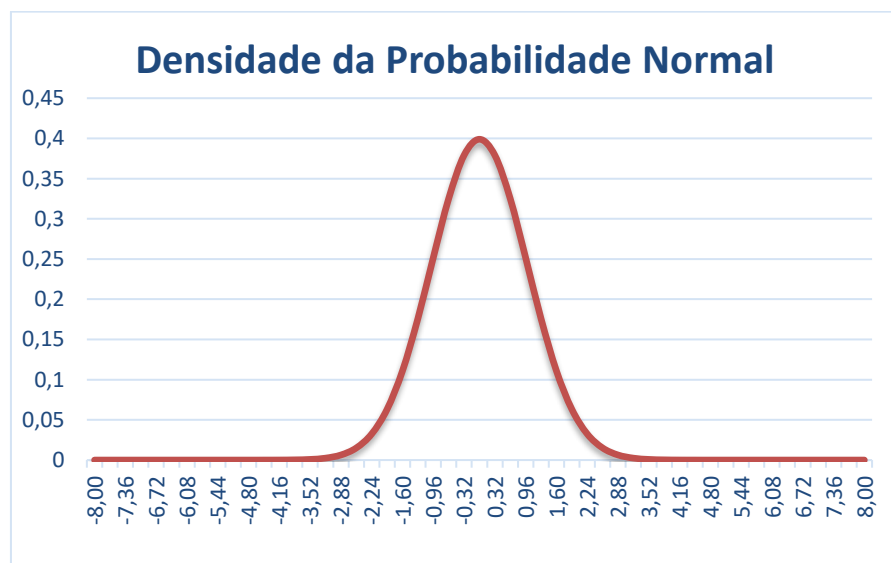
A distribuição Normal é o modelo mais utilizado quando se trata de variáveis aleatórias, estas variáveis com diferentes médias e variâncias utilizam funções densidades de probabilidade. A Eq. 2 representa a fórmula para as funções densidades de probabilidade normal (MONTGOMERY; RUNGER, 2012).

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right] \quad -\infty < x < \infty \quad (2)$$

Na Eq. 2 a variável aleatória é representada pela letra “x”, a média da população é representada pela letra “μ” e o desvio padrão pela letra “σ”.

O GRAF. 4 ilustra a função densidade da probabilidade da distribuição normal.

Gráfico 4 - Função Densidade de Probabilidade Normal



Fonte: Autor (2016).

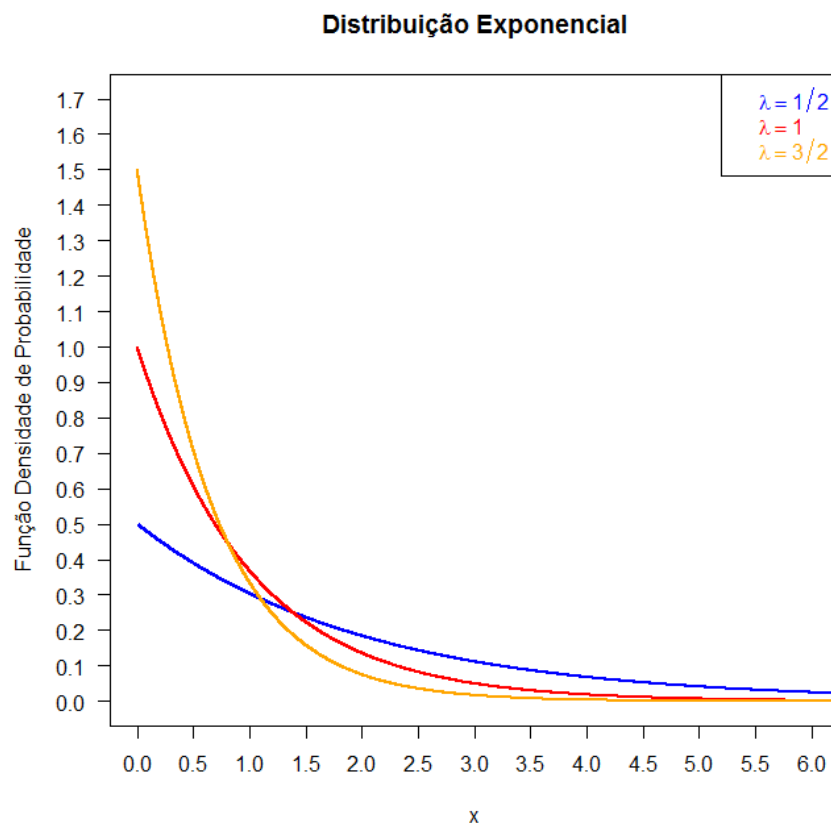
5.4.2.9.2 Distribuição Exponencial

Segundo Lafraia (2001, p. 33) “a distribuição exponencial descreve sistemas com taxa de falhas constante”. E sua função densidade da probabilidade de uma variável independente “x” é dada pela Eq. 3, onde λ representa a taxa de falhas (LAFRAIA, 2001).

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x} \text{ para } 0 \leq x < \infty, \lambda > 0 \quad (3)$$

Um exemplo da aplicação da função densidade de probabilidade é apresentada no GRAF. 5 para diferentes valores de λ .

Gráfico 5 - Função Densidade de Probabilidade Exponencial



Fonte: PORTAL ACTION, 2016.

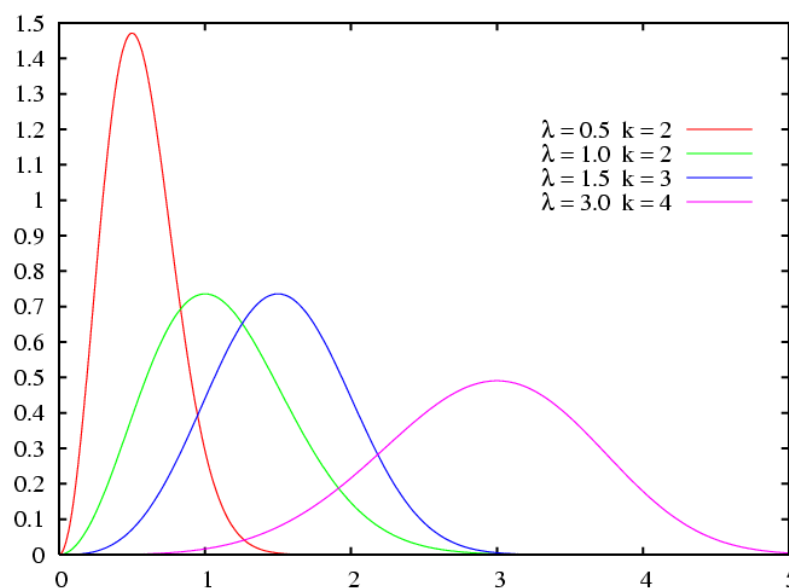
5.4.2.9.3 Distribuição de Weibull

A distribuição de Weibull é utilizada na modelagem do tempo até a falha de sistemas físicos diferentes. Essa distribuição fornece flexibilidade na modelagem de sistemas onde o número de falhas é crescente com o tempo, como por exemplo o desgaste de um rolamento, falhas decrescentes com o tempo, como exemplo semicondutores; e falhas constantes (MONTGOMERY; RUNGER, 2012).

Sua função densidade de probabilidade é expressa pela Eq. 4, o GRAF. 6 apresenta a representação gráfica desta função; “x” representa uma variável aleatória, “δ” representa o parâmetro de escala e “β” representa o parâmetro de forma.

$$f(x) = \frac{\beta}{\delta} \left(\frac{x}{\delta}\right)^{\beta-1} \exp\left[-\left(\frac{x}{\delta}\right)^{\beta}\right] \quad \text{para } x > 0, \beta > 0, \delta > 0 \quad (4)$$

Gráfico 6 - Função Densidade de Probabilidade de Weibull



Fonte: PCM – Planejamento e Controle da Manutenção, 2016.

Para um melhor controle e análise dos dados é importante definir alguns indicadores, dentre estes será dado um enfoque na Disponibilidade, pois será o principal indicador deste trabalho, a seguir serão abordados os cálculos necessários relacionados a este indicador.

5.4.2.9.4 Taxa de Falhas

Segundo a NASA (2008) é a relação em que as falhas ocorrem em um determinado intervalo de tempo. Esta taxa é expressa pela Eq. 5.

$$\lambda = \frac{\text{Número de Falhas}}{\text{Total de horas em operação}} \quad (5)$$

5.4.2.9.5 Tempo Médio Entre Falhas

O Tempo Médio Entre Falhas (TMEF) ou do inglês *Mean Time Between Failures (MTBF)* representa o inverso da taxa de falhas (LAFRAIA, 2001). Sua expressão matemática é dada pela Eq. 6, onde “ λ ” representa a taxa de falhas.

$$TMEF = \frac{1}{\lambda} \quad (6)$$

5.4.2.9.6 Tempo Médio Para Reparo

O Tempo Médio Para Reparo (TMPR) ou do inglês *Mean Time to Repair (MTTR)* é o intervalo de tempo médio para retornar à condição de operação do sistema após a ocorrência de uma falha (DHILLON, 1982).

A Eq. 7 apresenta a expressão matemática.

$$TMPR = \frac{\sum \text{tempos de reparo} \times \text{taxa de falha}}{\sum \text{taxa de falhas}} \quad (7)$$

5.4.2.9.7 Disponibilidade

Para Raposo (2004) disponibilidade é a probabilidade de um item, componente ou sistema estar disponível operacionalmente em um determinado tempo, também pode ser representada pela razão entre o tempo em que o sistema estava disponível para funcionamento e o tempo total.

O termo disponibilidade é a proporção do tempo disponível para o equipamento cumprir suas funções e o tempo total em relação ao tempo (NEPOMUCENO, 1989).

Sua expressão matemática (dada em percentual), onde a taxa de falha e a taxa de reparo são constantes, é apresentada pela Eq. 8.

$$D = \frac{TMEF}{TMEF+TMPR} \quad (8)$$

5.4.2.9.8 Confiabilidade

De acordo com Lafraia (2001, p. 11) confiabilidade é a “probabilidade de que um componente, equipamento ou sistema exercerá sua função sem falhas, por um período de tempo previsto, sob condições de operação especificadas”.

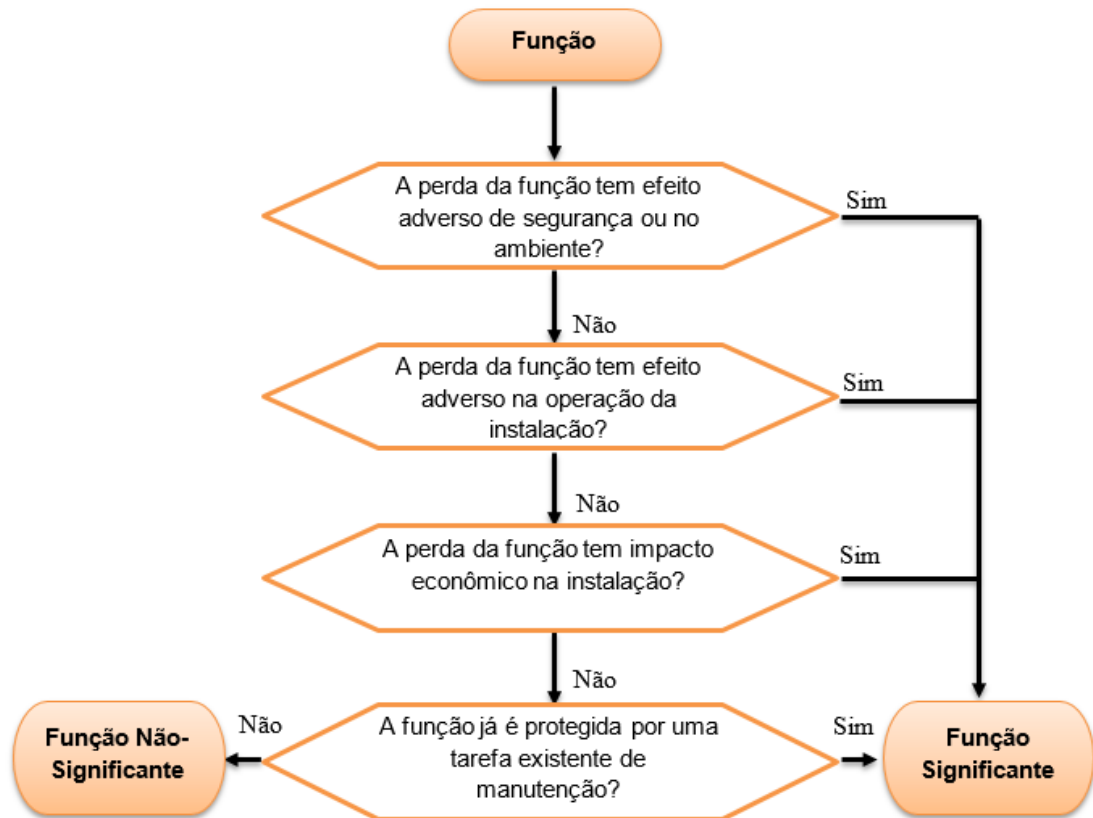
É a probabilidade de sobrevivência de um item em um determinado período de funcionamento, sob condições específicas e sem falhas (NASA, 2008).

5.4.3 Seleção das Funções Significantes

No processo de decisão das tarefas de manutenção são priorizadas algumas funções significantes, onde são avaliadas a natureza do seu impacto no processo, são utilizados os seguintes critérios: (i) meio ambiente e segurança operacional; (ii) operação do sistema e (iii) aspectos econômicos (NAVSEA, 2007).

Na MCC é utilizado uma lógica de seleção das funções significantes, que leva em consideração os critérios apresentados acima e também a existência de atividades de manutenção para a falha funcional (SIQUEIRA, 2005). Esta lógica é representada pela FIG. 13.

Figura 13 - Diagrama Lógico de Seleção



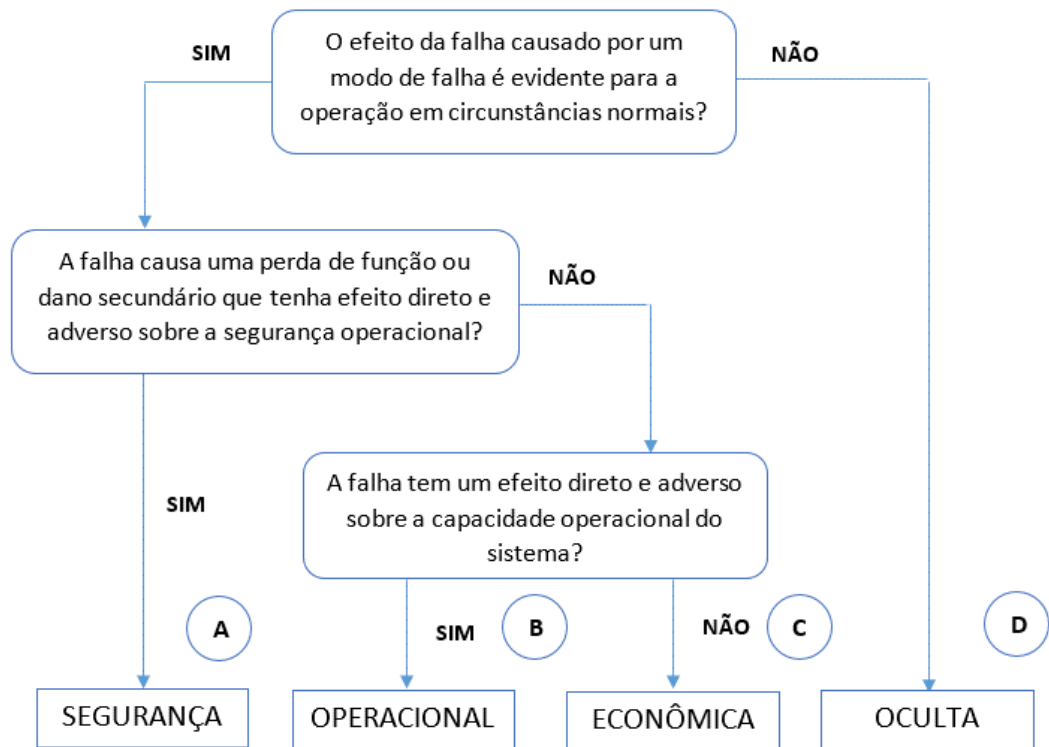
Fonte: SIQUEIRA, 2005, p.112.

5.4.4 Diagrama de Decisão para a Seleção das Tarefas de Manutenção

Segundo Zaions (2003) esta é a etapa que possibilita a seleção das atividades de manutenção aplicáveis ao equipamento e que fornecerão um retorno financeiro frente aos recursos investidos no ativo.

Os efeitos das falhas podem ser avaliados de acordo com a FIG. 14 que ilustra uma Árvore Lógica de Decisão, que permite classifica-las em: Visível ao operador, onde podem ter influência na segurança ou meio ambiente, no nível operacional e de produção, no desempenho econômico; ou ocultas (LAFRAIA, 2001).

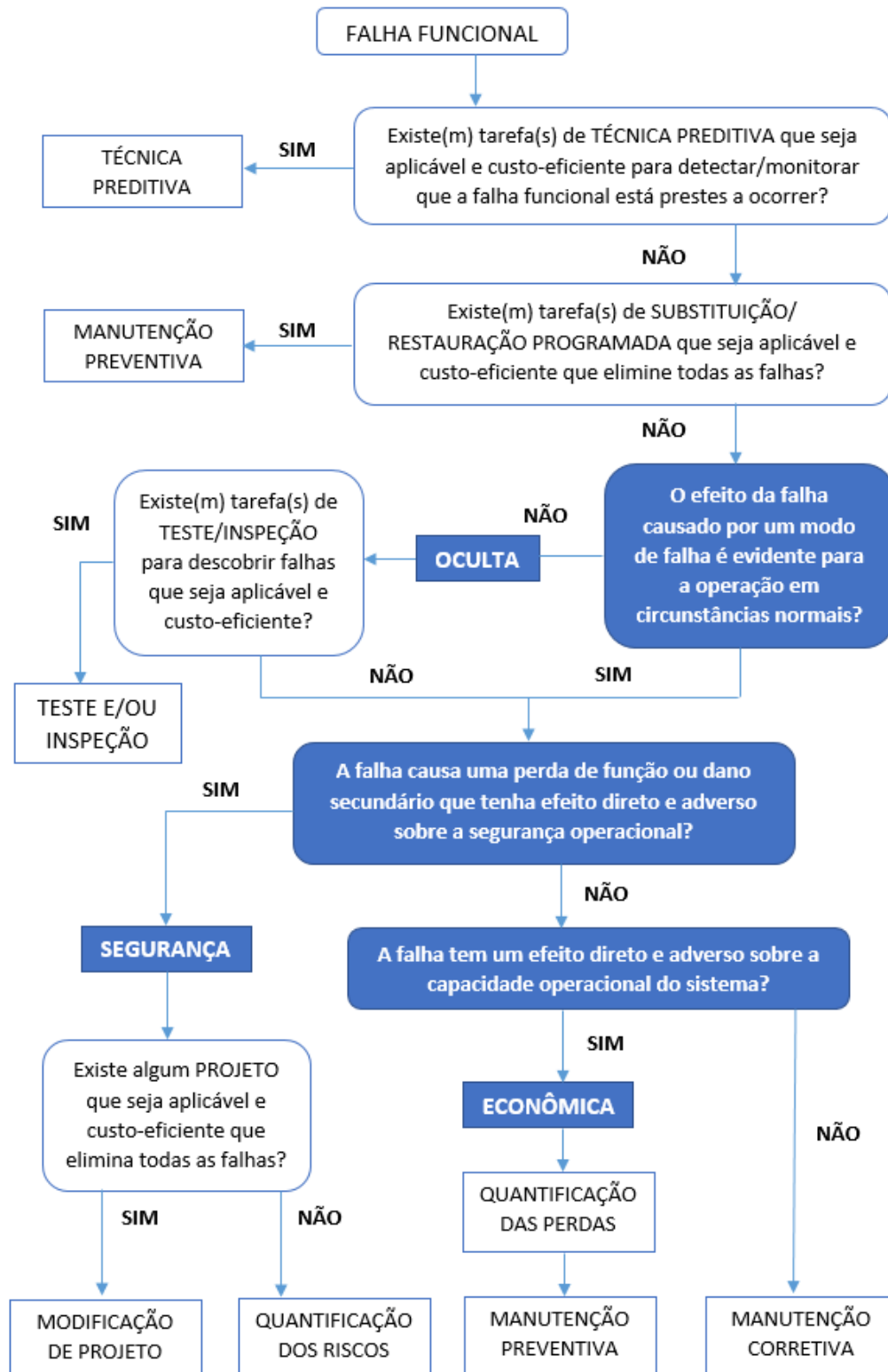
Figura 14 - Árvore Lógica de Decisão



Fonte: LAFRAIA, 2001, p. 268.

Os diagramas de decisão também auxiliam na escolha das tarefas de manutenção mais adequadas para cada tipo de efeito de falha, conforme pode ser observado na FIG. 15.

Figura 15 - Determinação dos tipos de manutenção



Fonte: LAFRAIA, 2001, p. 272.

5.4.5 Periodicidade das Atividades

De acordo com Smith (1993) deve ser feita uma análise detalhada em todo processo físico e materiais e suas mudanças ao longo do tempo, pois estas afetam diretamente os modos de falha, onde é realizada toda análise estatística, como por exemplo a taxa de falhas.

Não há um método específico para análise e decisão da periodicidade das atividades de manutenção, a própria empresa deve definir o modelo que mais se aplica a seu processo (SIQUEIRA, 2005).

Para Backlund (2003) a escolha da periodicidade das atividades deve ser baseada em métodos estatísticos, experiência de especialistas e dados já existentes da empresa.

6 MATERIAL E MÉTODOS

O método de pesquisa é constituído de etapas ordenadas, que junto ao conhecimento, propiciam a investigação de um fenômeno científico. Fazem parte destas etapas: (i) a escolha do tema; (ii) o planejamento da investigação; (iii) o desenvolvimento do método; (iv) a coleta dos dados; (v) a análise dos resultados; (vi) a elaboração das conclusões e (vii) a divulgação dos resultados (SILVA; MENEZES, 2005).

Na realização deste trabalho optou-se por uma pesquisa de natureza aplicada, onde o método de pesquisa utilizado foi o de estudo de caso. A metodologia empregada consiste de uma breve revisão bibliográfica sobre o tema Manutenção Industrial de forma generalizada e posteriormente foram abordados aspectos relacionados ao processo da Manutenção Centrada na Confiabilidade.

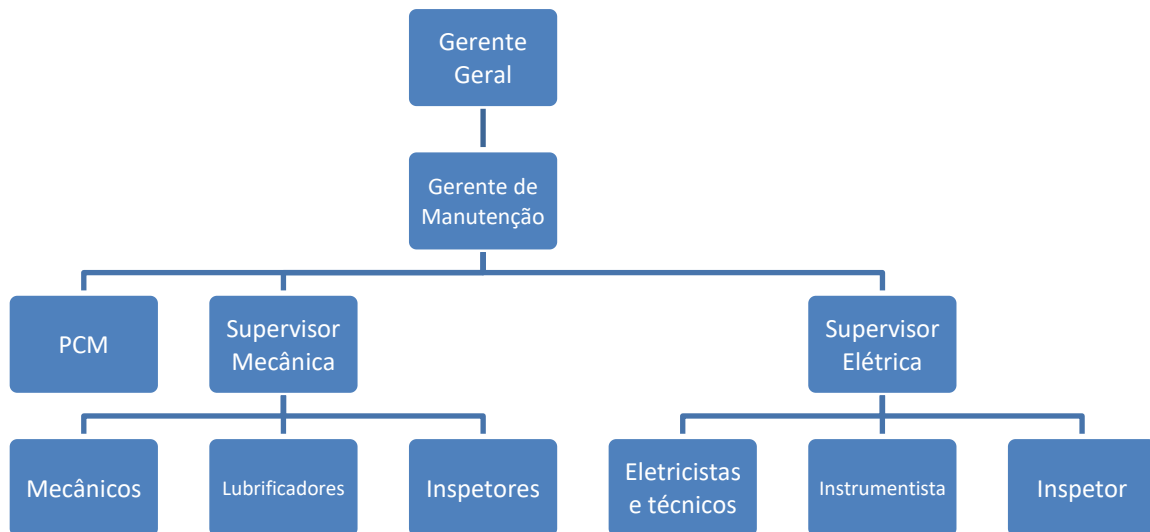
O estudo para a proposta de implementação da MCC na empresa desenvolveu-se nas seguintes etapas: (i) preparação do estudo, (ii) seleção do sistema e subsistemas funcionais, (iii) análise das funções e modos de falhas, (iv) seleção dos itens críticos, (v) coleta e análise de informações, (vi) análise de modos e efeitos de falhas, (vii) seleção das tarefas de manutenção preventiva adequadas ao sistema, e (viii) elaboração do plano de manutenção.

6.1 Local do estudo

A pesquisa foi realizada em uma empresa de Calcinação localizada na região rural do município de Pains, situado no centro-oeste do estado de Minas Gerais. A base da economia do município é a extração de calcário. O estudo de caso foi realizado no setor de Manutenção, aplicado em uma Ensacadeira.

O sistema de manutenção da empresa é de forma centralizada, sob o comando do Gerente de Manutenção que é subordinado à Gerência Geral da fábrica, a estrutura organizacional da manutenção é ilustrada na FIG. 16.

Figura 16 - Organograma da Manutenção



Fonte: Autor (2016).

O gerente de manutenção é responsável pela manutenção elétrica e mecânica, onde cada uma dessas áreas possuem um supervisor responsável por suas equipes e subordinados ao gerente de manutenção, fazem parte da manutenção mecânica os mecânicos, lubrificadores e inspetores, na manutenção elétrica fazem parte os eletricitistas e técnicos, instrumentista e inspetor. Também existe uma área de apoio denominada PCM (Planejamento e Controle da Manutenção) que é responsável por gerar as ordens de manutenção, requisições de compras, controle das atividades, armazenamento dos históricos de manutenção, entre outras atividades, todo este controle é feito por meio de *software* ERP (*Enterprise Resource Planning*), que interliga todas as informações de todos os setores da empresa e todas as unidades fabris do grupo.

Existem alguns programas de manutenção preventiva sendo: (i) inspeção; (ii) lubrificação; (iii) programação semanal da manutenção; e (iv) planos de manutenção preventivas.

A inspeção é feita diariamente pela equipe de manutenção elétrica e mecânica, de forma a identificar as falhas potenciais que podem ser programadas em um momento mais adequado para serem solucionadas, juntamente com o atendimento imediato na solução de falhas funcionais.

A lubrificação segue um plano gerado pelo próprio sistema ERP, que apresenta rotas pré-determinadas por áreas e equipamentos para os lubrificadores.

A programação semanal da manutenção é feita em uma reunião semanal que geralmente antecede o dia da parada programada para manutenção, esta reunião é constituída pela gerência geral da fábrica, pelo supervisor de produção da área da Ensacadeira, e por representantes da manutenção elétrica e mecânica, são levantadas todas as atividades que serão feitas no dia da parada e o tempo gasto, que normalmente é de seis a oito horas.

Os planos de manutenção preventiva são cadastrados no sistema ERP e as ordens de manutenção são geradas automaticamente, o programador de manutenção as imprime e as direciona para os supervisores da manutenção elétrica e mecânica, para que sejam executadas, após a execução destas ordens o eletricista ou mecânico responsável preenche as informações necessárias na ordem, como o tipo de atividade, tipo e descrição da falha, sintoma apresentado, local de instalação do ativo e duração da manutenção. A criação, controle e armazenamento destas ordens são de responsabilidade do PCM.

6.2 Escolha da amostra

A escolha da amostra consistiu na análise de disponibilidade da Ensacadeira, através de um histórico de falhas e paradas da máquina, foram selecionados os itens críticos que influenciavam consideravelmente na indisponibilidade da máquina, para posteriormente aplicar a metodologia da Manutenção Centrada na Confiabilidade.

6.3 Método de coleta de dados

A coleta de dados foi realizada extraindo as informações das falhas e paradas da Ensacadeira através de planilhas de controle dos operadores, utilizando o *software* Microsoft Excel, no período de Junho de 2015 a Junho de 2016, também foram consultados os manuais do fabricante e a experiência dos gestores e mantenedores da máquina.

6.4 Método de análise

Para a análise dos dados foram utilizados recursos computacionais, dentre eles o *software* Microsoft Excel para elaboração do gráfico de Pareto, onde foi possível a

identificação das principais falhas e os itens críticos do sistema, posteriormente foi identificado o sistema que possui os itens críticos para criação da Árvore de Falhas (FTA) e a Análise de Modos de Falha, Efeitos e Criticidade (FMECA), também foi utilizado o *software* @RISK para o cálculo da confiabilidade, após a análise dos resultados destas ferramentas foi possível a identificação do melhor método de manutenção a ser utilizado.

7 ANÁLISE E RESULTADOS

Este capítulo apresenta um estudo de caso realizado em uma indústria de calcinação, com o intuito de apresentar a metodologia da Manutenção Centrada na Confiabilidade em uma Ensacadeira, o trabalho visa propor um plano de manutenção mais eficiente.

Serão apresentadas as etapas da MCC sendo: (i) apresentação do contexto operacional do equipamento selecionado; (ii) divisão e apresentação dos sistemas e subsistemas do equipamento; (iii) descrição das funções dos compartimentos; (iv) análise dos subsistemas viáveis para aplicação da MCC; (v) definição das funções significantes; (vi) análise dos itens físicos críticos dos subsistemas selecionados; (vii) aplicação da FTA e FMECA; (viii) seleção das atividades aplicáveis e efetivas; (ix) proposta do novo plano de manutenção.

7.1 Definição da equipe de MCC

A equipe responsável pela realização deste projeto foi formada pela gerência de manutenção da empresa, um técnico eletrônico, técnico mecânico, instrumentista, supervisor da manutenção elétrica e apoio do supervisor de produção da área.

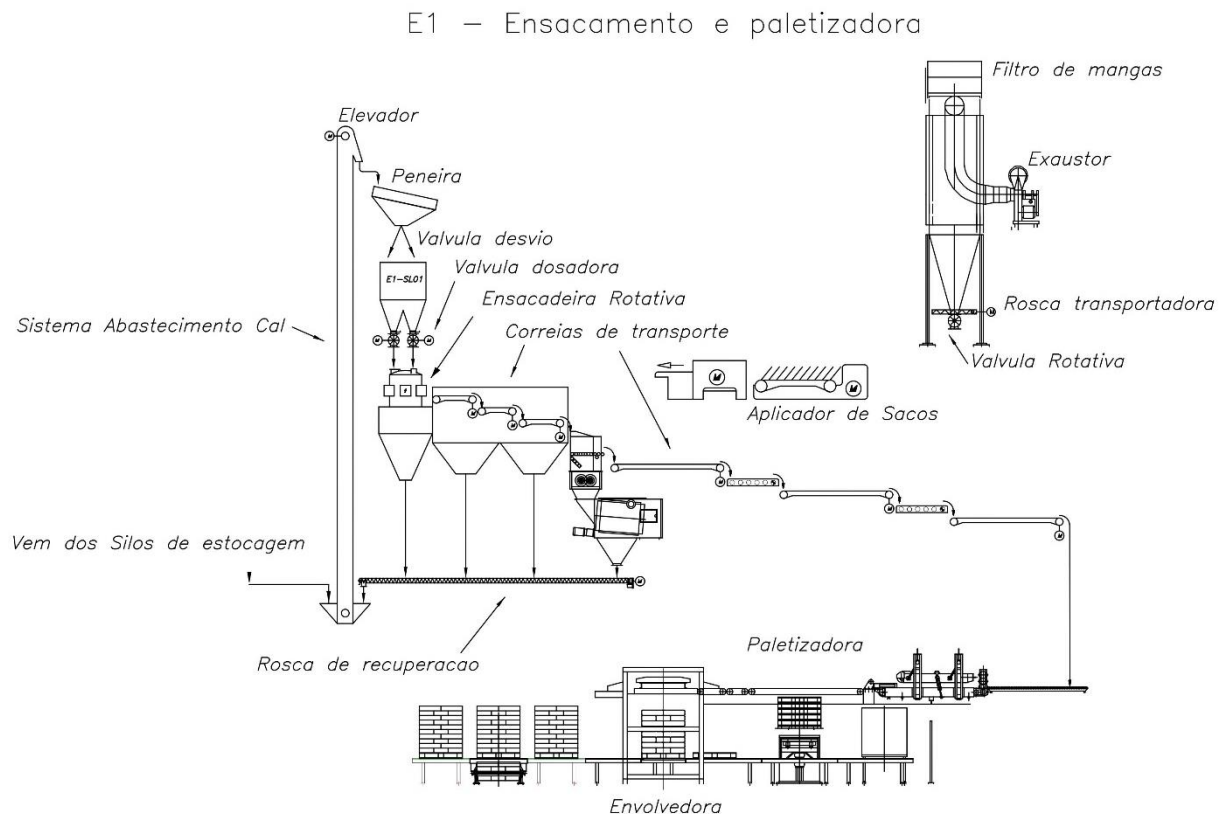
7.2 Descrição do processo de operação

A máquina Ensacadeira faz parte do processo final da produção de cal hidratada, sua planta está localizada na área próxima às hidratações de cal, que fornecem o produto para ser ensacado, também existe um pátio coberto e protegido para armazenamento temporário dos paletes de cal hidratada ensacada, onde é feito o carregamento dos caminhões para transporte e venda.

A FIG. 17 ilustra o fluxo do processo de modo geral. A cal vem dos silos de estocagem para o sistema de abastecimento de cal, posteriormente ela é direcionada para a Ensacadeira, o aplicador de sacos aplica de forma automática os sacos vazios na Ensacadeira, que após a aplicação é feito o enchimento dos sacos, a Ensacadeira é composta de 14 bicos de enchimento com balanças inclusas, quando o peso do saco atinge o valor pré-determinado o saco é liberado para as correias de transporte.

Os sacos então são transportados para a paletizadora, que tem a função de organizar e montar camadas de sacos sobre os paletes, após o palete formado, o mesmo é transportado por tapetes de rolos para a máquina envolvedora, que envolve o palete com um filme plástico para proteção do mesmo, o processo chega ao fim e o palete é disponibilizado para que a empilhadeira possa retirá-lo da linha de produção.

Figura 17 - Fluxo do processo da Ensacadeira



Fonte: Dados PCM, Manutenção, 2016. (Adaptado pelo autor)

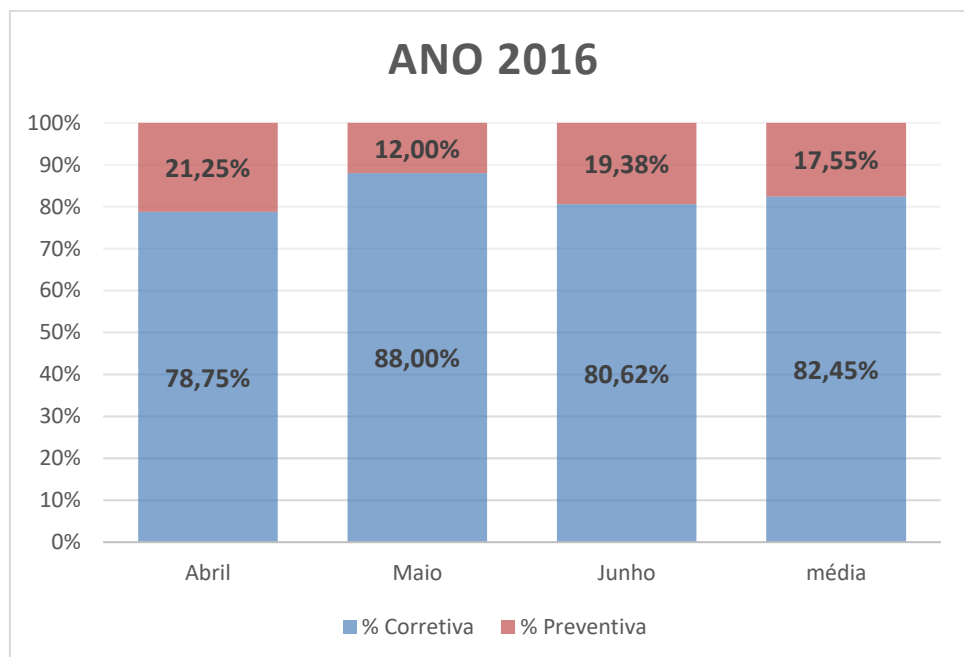
7.3 Escolha do equipamento

Verificou-se que em uma indústria de calcinação a área da Ensacadeira apresentava uma perda significativa de produção, que com o passar do tempo crescia o número de quebras dos equipamentos e o número de manutenções corretivas, também se observou que não havia um controle adequado das paradas e atividades relacionadas à máquina, o plano de manutenção preventiva não funcionava por completo, apenas algumas atividades estavam sendo executadas. A maior parte das

manutenções efetuadas eram corretivas, e não havia um histórico das manutenções efetuadas.

Diante estes problemas, fez-se um estudo na máquina, utilizando informações de três meses, sendo abril, maio e junho de 2016. O GRAF. 7 ilustra o índice de manutenções corretivas x preventivas nestes três meses, onde é possível observar uma média de 82,45% de atividades de manutenção corretiva contra 17,55% de atividades de manutenção preventiva.

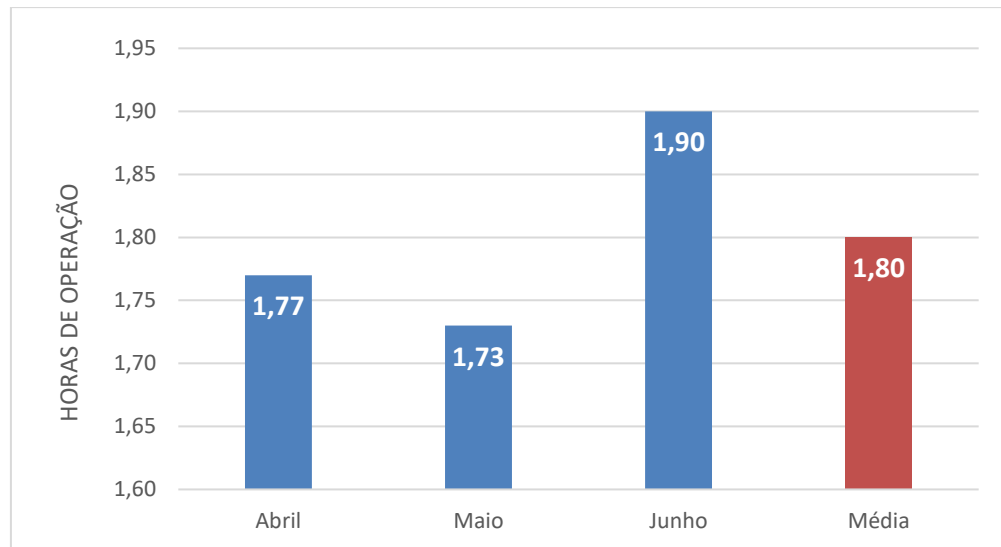
Gráfico 7 - Índice de Manutenção Corretiva x Preventiva



Fonte: Autor (2016).

Outro fator importante observado foi o baixo TMEF (Tempo Médio entre Falhas), ilustrado pelo GRAF. 8 que nos três meses estudados apresentou uma média de 1,8 horas para que uma falha ocorra.

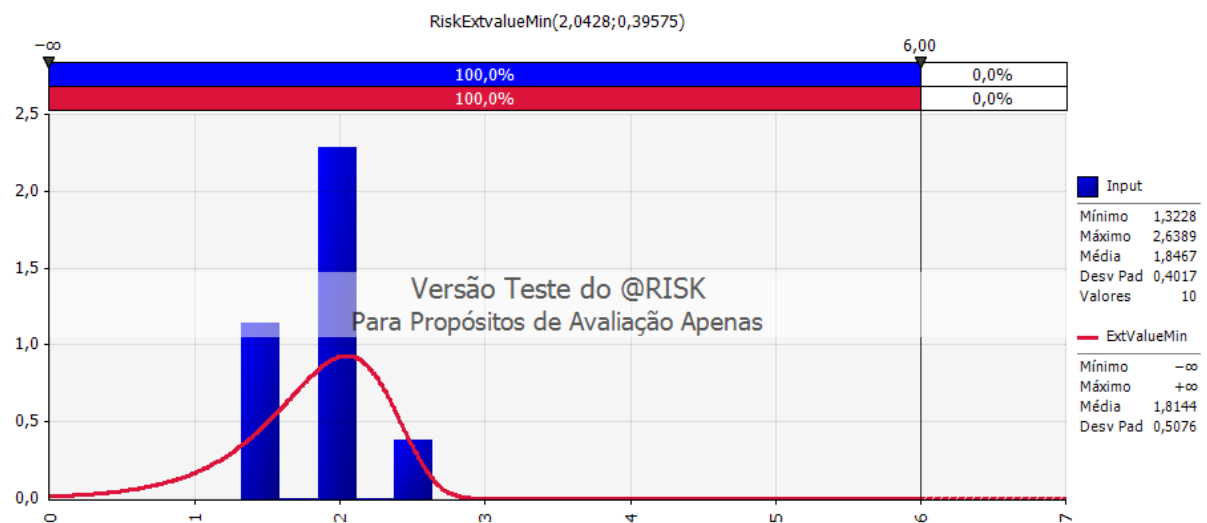
Gráfico 8 - TMEF Ensacadeira



Fonte: Autor (2016).

Um fator que auxiliou na escolha do equipamento foi sua baixa confiabilidade, comparando com um intervalo de 6 horas que representa o período de um turno diário. O GRAF. 9 ilustra a Confiabilidade semanal da máquina Ensacadeira, gerada pelo *software @Risk*. Nota-se que a confiabilidade para 6 horas de operação é de 0%, ou seja, a probabilidade de ocorrer uma falha durante o período de 6 horas é de 100%, indicado pela tarja vermelha acima do gráfico.

Gráfico 9 - Análise da Confiabilidade da Ensacadeira



Fonte: Autor (2016).

A análise de confiabilidade foi de suma importância, pois mostrou o quão crítico está o sistema, e que o mesmo necessita de uma atenção especial.

Devido estes problemas apresentados, foi selecionado a máquina Ensacadeira para o estudo e implementação da MCC.

7.4 Identificação dos Sistemas e suas funções principais

A primeira etapa da metodologia MCC é representada pela identificação dos sistemas dos equipamentos conforme descrito no referencial teórico, o equipamento foi dividido em seis grupos para análise, conforme é apresentado no QUADRO 5.

Quadro 5 - Identificação dos sistemas da Ensacadeira

Formulário de Documentação do Sistema					
MCC	Unidade:	Código:	Facilitador:	Data:	Folha
	Ensacadeira Ventomatic		Ruggieri	17/08/2016	1
	Item:	Código:	Auditor:	Data:	De:
			Elifas		1
Tipo					
1 Abastecimento de Cal 2 Aplicador de Sacos 3 Ensacadeira Rotativa 4 Correias de transporte 5 Paletizadora 6 Envolvedora					

Fonte: Autor (2016).

A seguir será apresentada a Descrição Textual dos sistemas, essa descrição será de forma sucinta, pois será selecionado um destes sistemas para uma descrição mais detalhada e posteriormente aplicação da metodologia MCC.

7.4.1 Sistema de Abastecimento de Cal

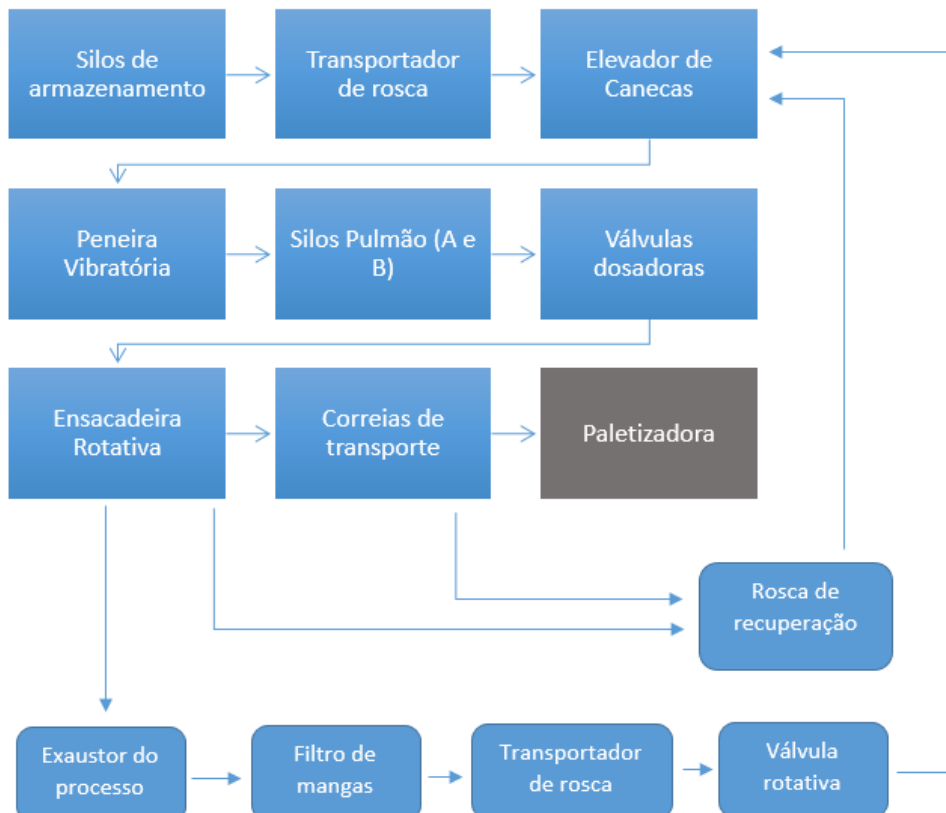
O sistema de abastecimento de cal é o responsável por receber a cal hidratada dos silos de armazenamento, um elevador de canecas recebe a cal, que é transportada para uma peneira vibratória, esta peneira tem a função de separar os

materiais que não são utilizados no processo, como pedaços de papel que retornam do processo e transportar a cal para uma válvula de desvio, que por sua vez direciona o produto para um silo pulmão que possui dois compartimentos (A e B). A cal é retirada do silo através de duas válvulas borboleta e dosadas por duas válvulas rotativas, que transportam a cal para a Ensacadeira rotativa.

O despoeiramento do processo é feito através de um exaustor que remove a poeira gerada, existem tubulações que estão interligadas em todo o processo, onde transportam a poeira para um filtro de mangas, essa poeira é acumulada no filtro, o ar passa pelo exaustor e sai limpo por uma chaminé para a atmosfera, a poeira é transportada da parte inferior do filtro de mangas por uma rosca transportadora, após uma válvula rotativa interligada abaixo da rosca direciona a poeira de cal para outra rosca transportadora de recuperação que leva a cal recuperada novamente para o elevador de canecas. Também estão interligados vários pontos de captação de cal provenientes de vazamentos do sistema de transporte nesta rosca de recuperação.

A FIG. 18 ilustra o diagrama de blocos do processo do sistema de abastecimento de cal.

Figura 18 - Fluxograma do Sistema de Abastecimento de Cal



Fonte: Autor (2016).

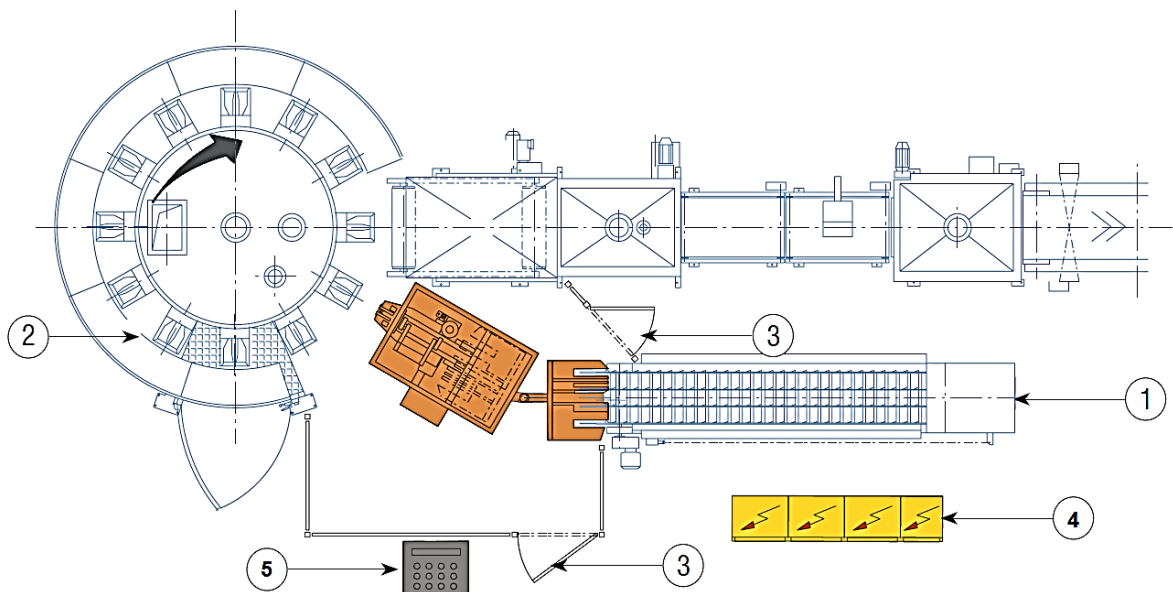
7.4.2 Aplicador de Sacos

O Aplicador de sacos é uma máquina desenvolvida para aplicar sacos de papel automaticamente nos bicos de enchimento da Ensacadeira rotativa, ele trabalha em sincronia com a Ensacadeira, a máquina pode ser ajustada para sacos de 15kg e 20kg com dimensões diferentes, a capacidade máxima foi projetada para uma produção de 4200 sacos por hora.

A descrição do aplicador de sacos é apresentada pelo ANEXO B.

A FIG. 19 ilustra a posição de instalação do aplicador de sacos, ele é posicionado de forma a receber os sacos da máquina alimentadora de sacos vazios (pos.1) e após aplica-los na máquina Ensacadeira rotativa (pos.2), ele é cercado por proteções com portões de acesso (pos.3), possui um painel elétrico dedicado (pos.4) e uma IHM (Interface Homem-máquina) (pos.5) para programação e operação.

Figura 19 - Posição do Aplicador de Sacos



Fonte: Manual de Uso e Operação – Infilrot Z40, VENTOMATIC, 2009.

7.4.3 Ensacadeira Rotativa

A Ensacadeira rotativa é uma máquina projetada para encher e dosear sacos de papel com válvula, destinada a produtos como cimento, cal, talco e pré-misturados; ela é equipada com 14 bicos de enchimento, cada bico composto de um suporte para saco com uma balança integrada, os suportes possuem ajuste motorizado para

regulagem de cada tamanho de saco. Também possui uma IHM para controle e configuração de parâmetros.

Sua descrição é apresentada pelo ANEXO C.

7.4.4 Correias de Transporte

O sistema Correias de transporte é constituído do grupo de tratamento de sacos, esteiras transportadoras e transportadores de rolos em curva. O grupo de tratamento de sacos é composto por uma série de máquinas com funções específicas como limpeza dos sacos, checagem de peso e descarte de eventuais sacos fora do peso especificado, sua descrição é apresentada pelo ANEXO D.

7.4.5 Paletizadora

A máquina paletizadora tem a função de dispor os sacos de forma organizada sobre paletes. Estes sacos podem ter dimensões variadas, e podem ser configurados de acordo com o programa selecionado. Ela possui dez operações durante o trabalho, formando uma sequência, sendo: (i) cadenciamento dos sacos; (ii) pressão dos sacos; (iii) aceleração dos sacos; (iv) rotação dos sacos; (v) formação da semi-camada; (vi) translação da semi-camada; (vii) formação da camada; (viii) depósito da camada; (ix) formação do palete e, (x) evacuação do palete. Também está incluso duas IHMs sendo uma principal para controle, operação e configuração de toda a máquina, e uma para operação da mesa de formação e evacuação dos paletes. O ANEXO E demonstra sua descrição.

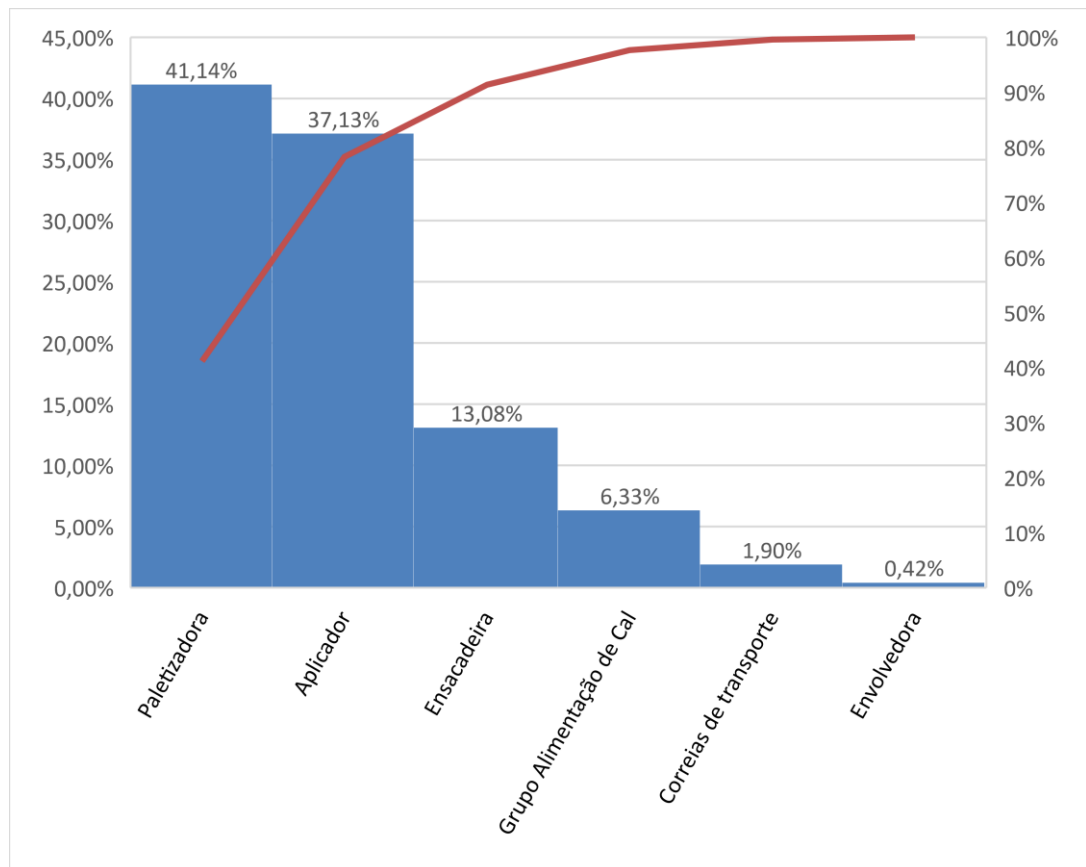
7.4.6 Envolvedora

A máquina Envolvedora é responsável por envolver o palete já formado com um filme plástico de forma automática para proteção e manter a organização dos sacos nas camadas. Ela está localizada no final do processo da paletização. Sua descrição é apresentada pelo ANEXO F.

7.5 Seleção do sistema para aplicação da MCC

Para um estudo mais detalhado foi analisado o número de paradas e duração por sistema. Como cada um dos sistemas apresentam um grande número de subsistemas a equipe do estudo optou por selecionar o sistema que apresenta o maior número de paradas e tempos de manutenção que mais interferem na disponibilidade física geral da máquina, sendo o sistema Paletizadora o escolhido por apresentar um percentual de 41,14% da duração de todas as paradas da máquina conforme ilustrado abaixo (GRAF. 10).

Gráfico 10 - Percentual de paradas por sistema



Fonte: Autor (2016).

Conforme descrito no ANEXO E, a Paletizadora está dividida em nove módulos funcionais, caracterizando os subsistemas da Paletizadora sendo: (i) Módulo Cadenciador/Prensador (ANEXO G); (ii) Transportador de rolos de lançamento (ANEXO H); (iii) Grupo de orientação dos sacos (ANEXO I); (iv) Esteira de acumulação/transferência (ANEXO J); (v) Transportador de rolos de formação da

semi-camada (ANEXO K); (vi) transportador de correias (ANEXO L); (vii) transportador de rolos de formação da camada (ANEXO M); (viii) Módulo desloca-camada (ANEXO N) e, (ix) Mesa de elevação e planos de abertura (ANEXO O). Também foi considerado um último módulo funcional, que representa os tapetes de rolos finais que estocam os paletes cheios, sendo o Subsistema de número “X”. As composições dos subsistemas descritos serão apresentadas no próximo tópico, para uma análise mais simples foram denominados os subsistemas em módulos funcionais (MF) enumerados respectivamente.

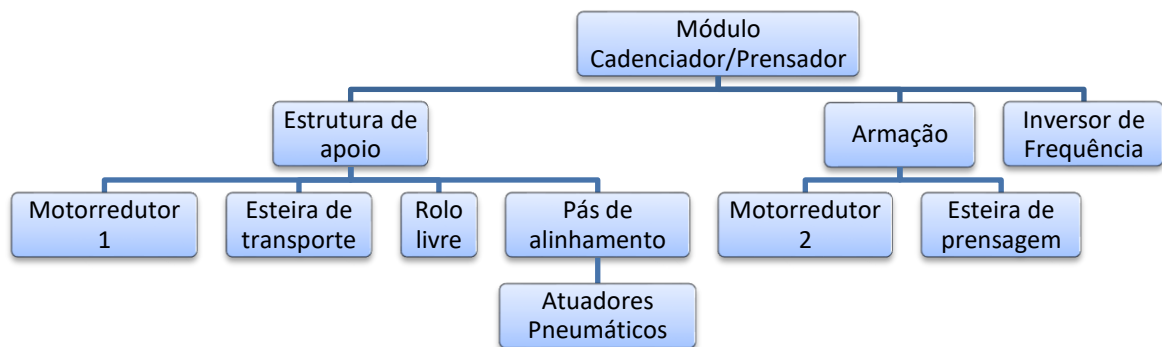
7.6 Composição dos subsistemas da Paletizadora

Para uma melhor análise dos itens críticos do sistema, que são necessários para a aplicação da metodologia da MCC foram analisados cada subsistema da paletizadora, que serão apresentados abaixo.

7.6.1 Módulo Cadenciador/Prensador (MF-01)

O módulo cadenciador/prensador é composto por uma esteira de transporte, esteira de prensagem, dois motorreductores, pás de alinhamento, armação, estrutura de apoio, acionamento por inversor de frequência, atuadores pneumáticos e um rolo livre. A FIG. 20 ilustra o Diagrama organizacional deste subsistema.

Figura 20 - Diagrama Organizacional do MF-01

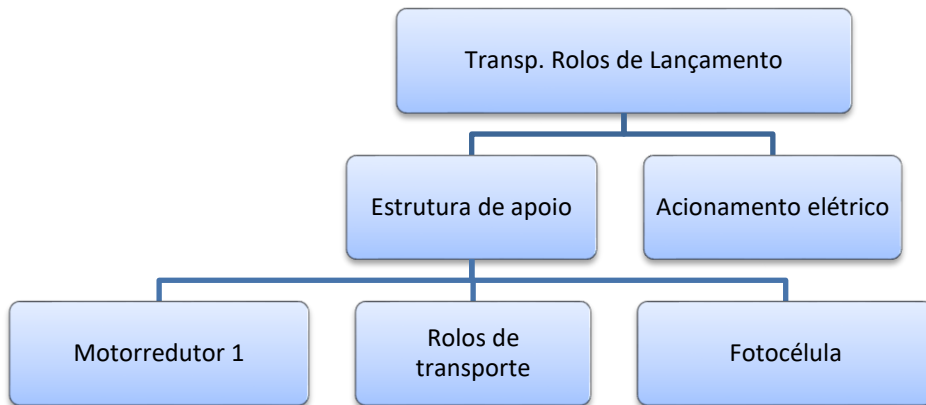


Fonte: Autor (2016).

7.6.2 Transportador de Rolos de Lançamento (MF-02)

O Transportador de rolos de lançamento é composto por quatro rolos de transporte, motorreductor, estrutura de apoio, fotocélula e acionamento elétrico. A FIG. 21 ilustra o Diagrama organizacional deste subsistema.

Figura 21 - Diagrama Organizacional do MF-02

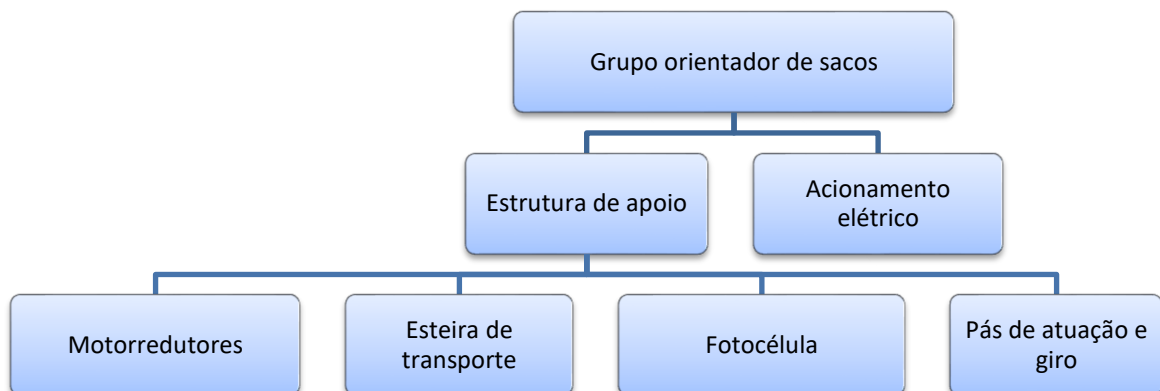


Fonte: Autor (2016).

7.6.3 Grupo Orientador de Sacos (MF-03)

O grupo orientador de sacos é composto por estrutura de apoio, cinco motorredutores, pás de atuação e giro, esteira de transporte, fotocélula e acionamentos elétricos. A FIG. 22 ilustra o Diagrama organizacional deste subsistema.

Figura 22 - Diagrama Organizacional do MF-03

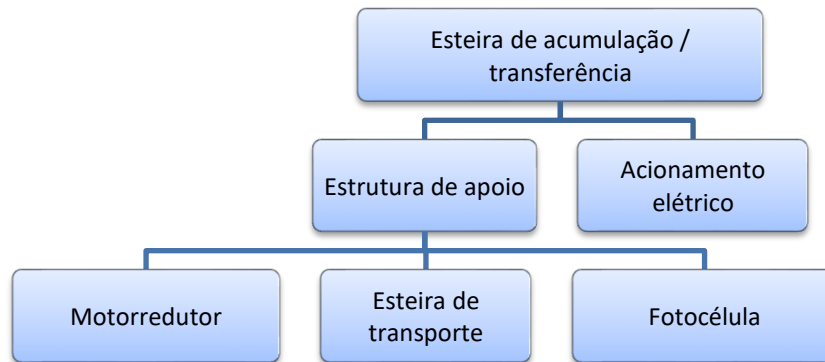


Fonte: Autor (2016).

7.6.4 Esteira de acumulação/transferência (MF-04)

A esteira de acumulação/transferência é composta pela estrutura de apoio, um motorreductor, esteira de transporte, fotocélulas e acionamento elétrico. O diagrama organizacional deste subsistema é ilustrado abaixo (FIG. 23).

Figura 23 - Diagrama Organizacional do MF-04

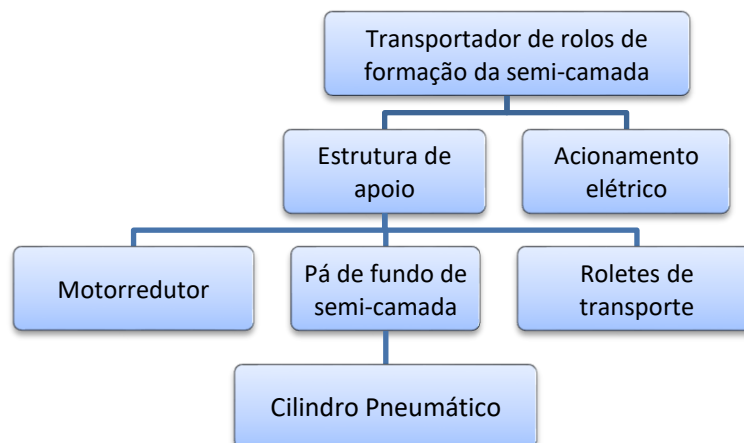


Fonte: Autor (2016).

7.6.5 Transportador de rolos de formação da semi-camada (MF-05)

O transportador de rolos de formação da semi-camada é formado pela sua estrutura de apoio, um motorreductor, roletes de transporte, uma pá de fundo de semi-camada com um cilindro pneumático e acionamento elétrico. A FIG. 24 ilustra o diagrama organizacional deste subsistema.

Figura 24 - Diagrama Organizacional do MF-05

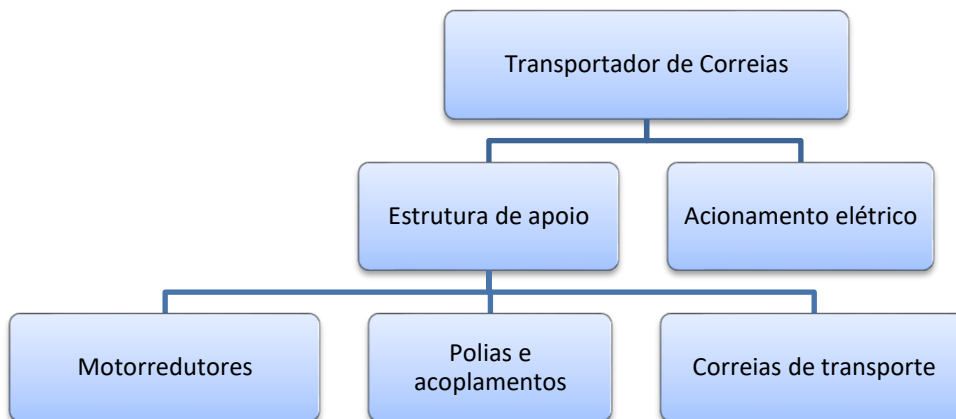


Fonte: Autor (2016).

7.6.6 Transportador de correias (MF-06)

O transportador de correias é composto por sua estrutura, dois motorreductores, sendo um para transporte dos sacos, e outro para levantamento das correias de transporte, pelas correias de transporte juntamente com polias de acoplamento. O diagrama organizacional é ilustrado abaixo (FIG. 25).

Figura 25 - Diagrama Organizacional do MF-06

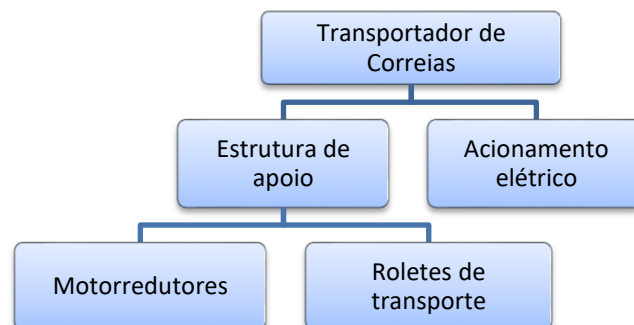


Fonte: Autor (2016).

7.6.7 Transportador de rolos de formação de camada (MF-07)

Este subsistema possui dois motorreductores, sendo um movimentando roletes de transporte por correias dentadas e outro específico para apenas um rolete. A FIG. 26 ilustra o diagrama organizacional deste subsistema.

Figura 26 - Diagrama Organizacional do MF-07

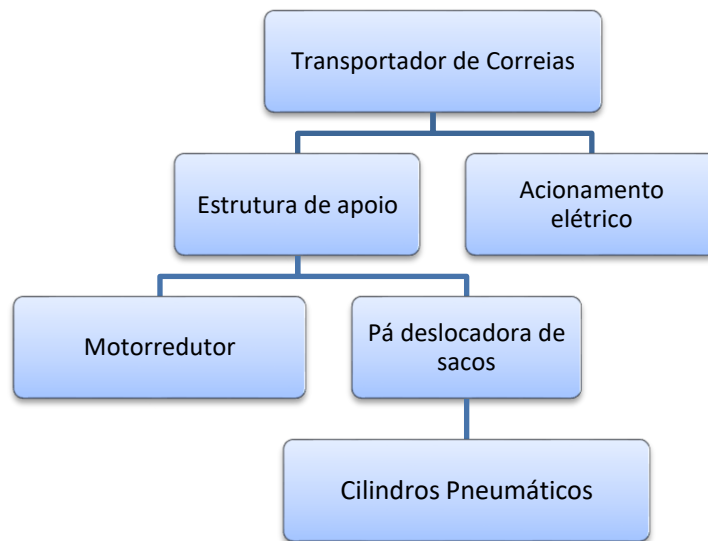


Fonte: Autor (2016).

7.6.8 Módulo desloca-camada (MF-08)

O módulo desloca-camada é composto por sua estrutura de apoio, um motorreductor, uma correia dentada, dois atuadores pneumáticos, uma pá de deslocamento dos sacos e o acionamento elétrico. A FIG. 27 ilustra o diagrama organizacional deste subsistema.

Figura 27 - Diagrama Organizacional do MF-06

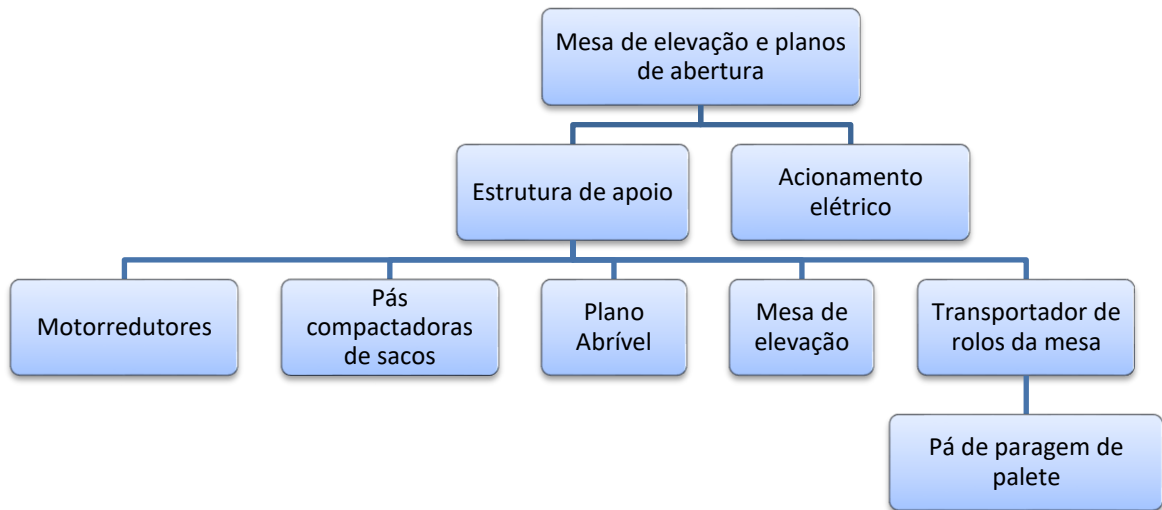


Fonte: Autor (2016).

7.6.9 Mesa de elevação e planos de abertura (MF-09)

Este subsistema possui o plano de abertura, as pás compactadoras de sacos, cinco motorredutores, a mesa de elevação, o transportador de rolos da mesa, a pá de paragem de palete, e toda sua estrutura de apoio. A FIG. 28 ilustra seu diagrama organizacional.

Figura 28 - Diagrama Organizacional do MF-09

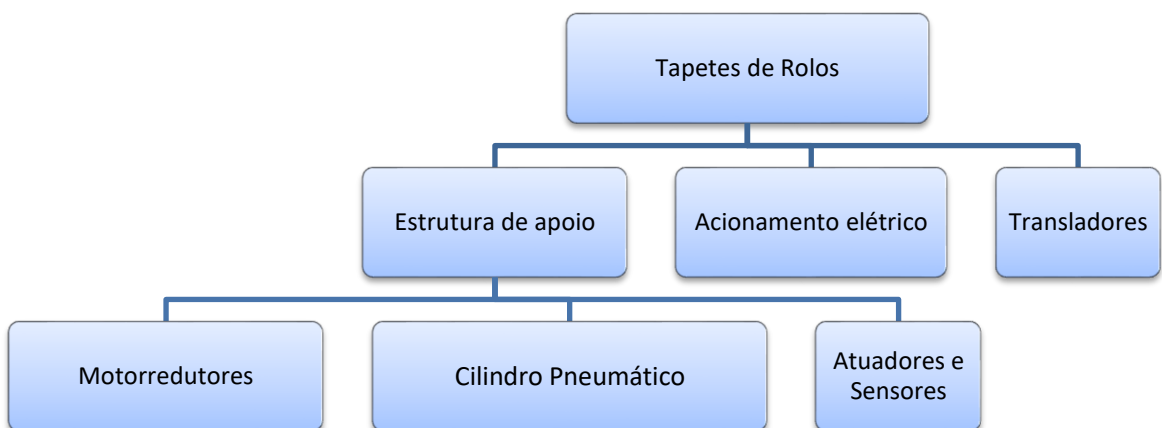


Fonte: Autor (2016).

7.6.10 Subsistema Tapete de rolos (MF-10)

Este subsistema é composto por um conjunto de tapetes de rolos que transportam os paletes vazios para o Sistema Envolvedora, e logo após os armazenam para que sejam retirados pela máquina empilhadeira, ele é composto de oito tapetes de rolos (ANEXO P), sendo dois transladores (ANEXO Q) que possuem um sistema de trilhos para mudança de posição do palete e ao final um tapete com um cilindro pneumático (ANEXO R) para aproximação dos tapetes e posterior retirada pela empilhadeira. A FIG. 29 ilustra seu diagrama organizacional.

Figura 29 - Diagrama Organizacional do MF-10



Fonte: Autor (2016).

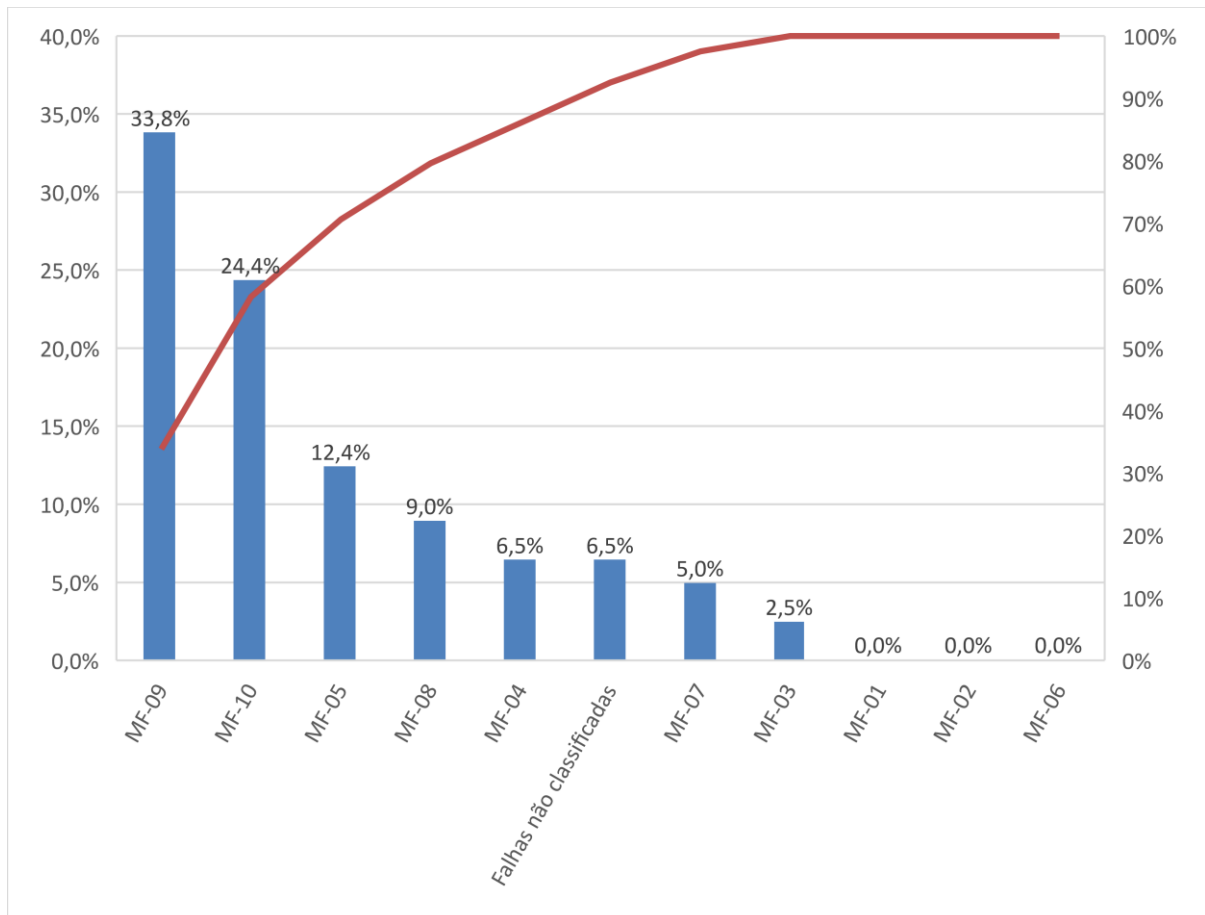
7.7 Escolha dos compartimentos viáveis para aplicação da MCC

No subsistema Paletizadora, utilizou-se o gráfico de Pareto para uma melhor identificação dos compartimentos que apresentavam o maior número de falhas.

Para a construção do gráfico de Pareto foram utilizados os relatórios de paradas da Ensacadeira do período em análise. Estes relatórios apresentam a descrição da falha, data da ocorrência, parte do equipamento que ocorreu a falha, interventor (elétrica / mecânica) e a hora de início e término da manutenção.

O GRAF. 11 ilustra o percentual de falhas para cada subsistema avaliado, considerando os MFs (Módulos funcionais).

Gráfico 11 – Percentual de falhas por subsistema da Paletizadora



Fonte: Autor (2016).

O compartimento MF-09 que representa o Subsistema Mesa de Elevação e Planos de Abertura foi responsável pela maior parte das falhas, sendo 33,8% das falhas, seguido do MF-10 representando o Subsistema Tapete de Rolos com 24,4%

das falhas e posteriormente o MF-05 representando o Subsistema Transportador de rolos de formação da semi-camada, com 12,4%.

A equipe da MCC optou por selecionar os três primeiros subsistemas, pois representam 70,6% das falhas da paletizadora, foram desconsiderados os outros compartimentos pois representam uma menor parte do percentual de falhas.

Com base nesta análise concluiu-se que será viável a aplicação da MCC nos seguintes compartimentos: (i) MF-09 – Mesa de elevação e planos de abertura; (ii) MF-10 – Tapete de rolos e (iii) MF-05 – Transportador de rolos de formação da semi-camada.

Para os outros componentes serão mantidos os planos de manutenção preventiva já existentes.

Serão apresentados no próximo tópico um estudo detalhado dos componentes selecionados para aplicação da MCC, juntamente com a confiabilidade de cada subsistema.

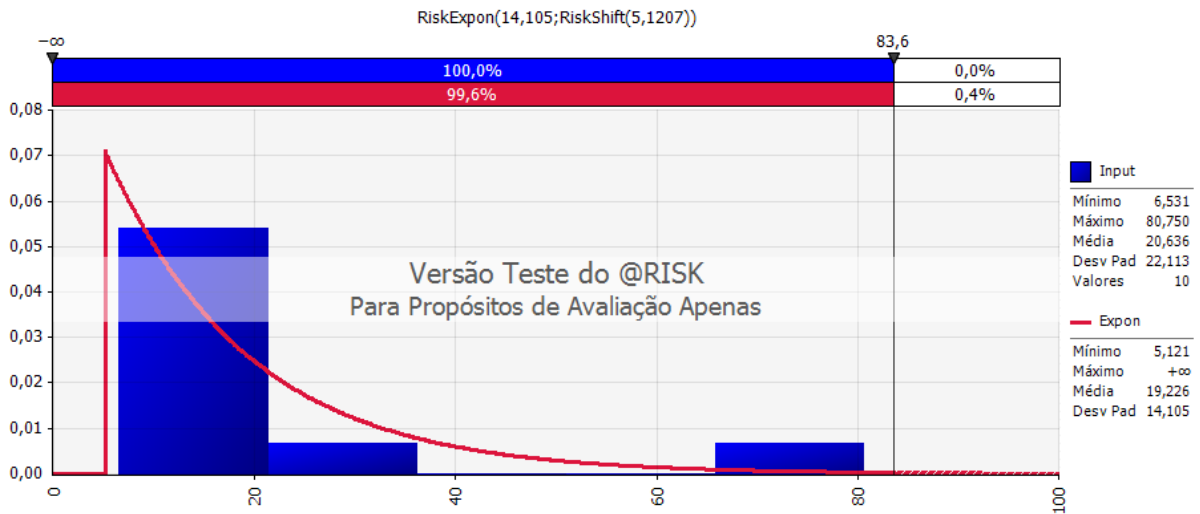
7.7.1 MF-09 – Mesa de elevação e planos de abertura

Verificou-se um alto percentual de falhas e um baixo TMEF. Atualmente as manutenções preventivas na máquina são realizadas semanalmente, em apenas um dia da semana durante um período médio de 6 horas em uma parada programada com o setor de produção.

Devido a vários fatores externos, como falta de material, ou ausência de operadores, a máquina Ensacadeira não opera nos quatro turnos, realizou-se uma média do período de operação semanal, chegando-se então a um período de 83,6 horas de operação por semana, portanto seria ideal que este subsistema mantivesse uma boa confiabilidade até completar este período de uma semana, para que a manutenção preventiva possa ser feita no prazo já estabelecido.

O GRAF. 12 ilustra a confiabilidade do subsistema MF-09, observa-se que a confiabilidade para 83,6 horas de operação é de 0,4%. Praticamente o subsistema não possui confiabilidade, a probabilidade de ocorrência de uma falha é de 99,6%. A distribuição de probabilidade que mais se aderiu aos dados deste compartimento segundo o teste de chi-quadrado é a Exponencial.

Gráfico 12 - Análise da Confiabilidade do MF-09

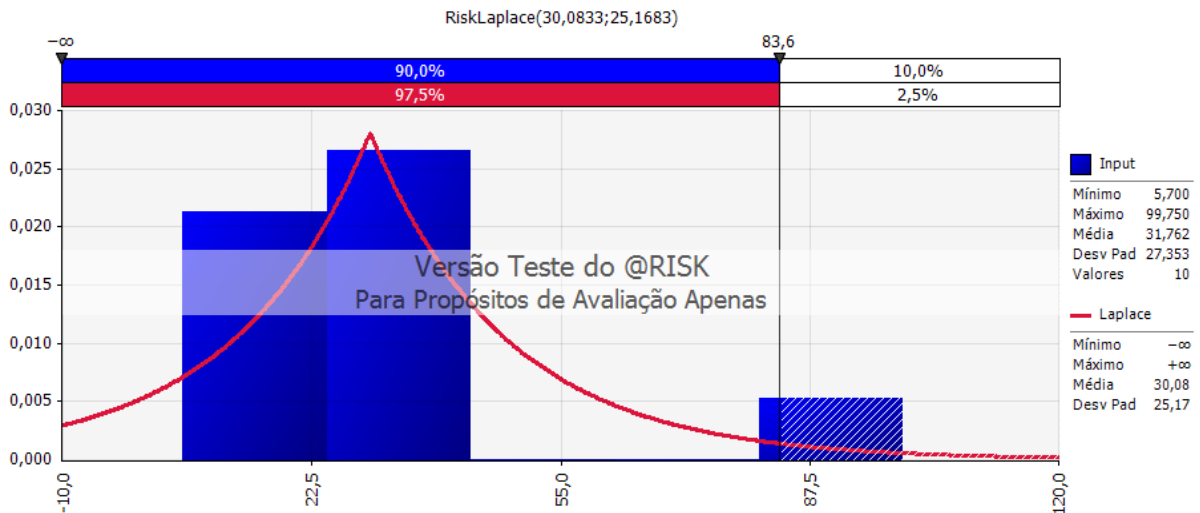


Fonte: Autor (2016).

7.7.2 MF-10 – Tapete de Rolos

O GRAF. 13 ilustra a confiabilidade deste subsistema, para um período de 83,6 horas sua confiabilidade foi de 2,5%, sendo um valor extremamente baixo. A probabilidade da ocorrência de uma falha neste período é de 97,5%. A distribuição de probabilidade que mais aderiu aos dados deste compartimento segundo o teste de chi-quadrado é a Laplace.

Gráfico 13 - Análise da Confiabilidade do MF-10

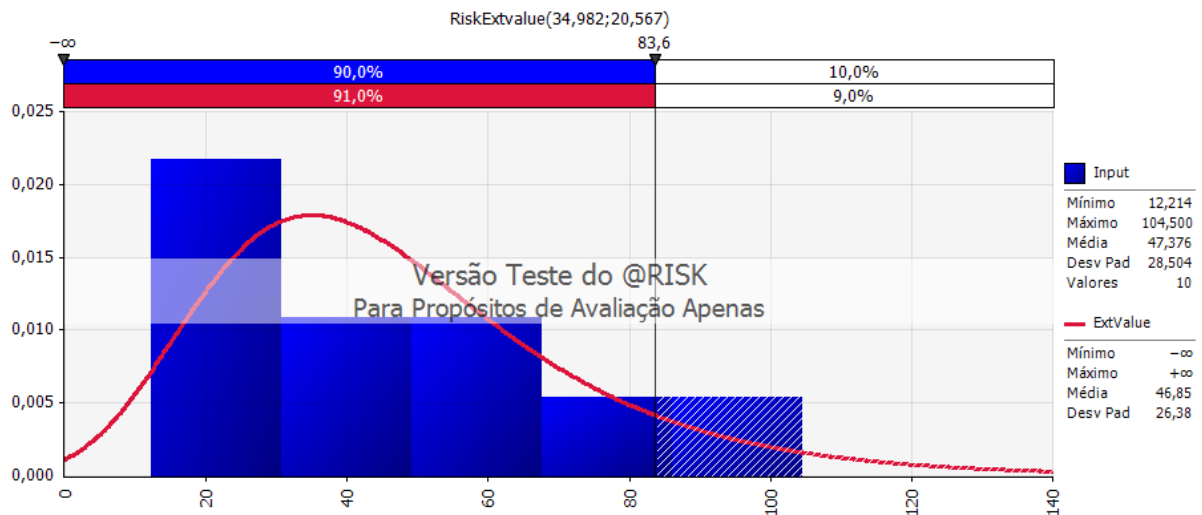


Fonte: Autor (2016).

7.7.3 MF-05 – Transportador de rolos de formação da semi-camada

O GRAF. 14 ilustra a confiabilidade deste compartimento. Este subsistema apresentou um percentual maior de confiabilidade se comparado aos outros, porém ainda se nota uma baixa confiabilidade, sendo de 9% para um período de 83,6 horas. A probabilidade de ocorrência de uma falha neste período é de 91%. A distribuição estatística de probabilidade que mais aderiu aos dados segundo o teste de chi-quadrado foi a distribuição de Valores Extremos.

Gráfico 14 - Análise da Confiabilidade do MF-05



Fonte: Autor (2016).

7.8 Definição das funções principais e secundárias dos Compartimentos Viáveis a Aplicação da MCC

Para um melhor esclarecimento de todas as funções dos subsistemas selecionados, a equipe MCC definiu as funções principais e secundárias para cada compartimento, de modo a facilitar as etapas posteriores da metodologia.

No subsistema MF-09 foram identificadas duas funções principais e quatro funções secundárias (QUADRO 6).

Quadro 6 - Funções do MF-09

FUNÇÃO PRINCIPAL	FUNÇÃO SECUNDÁRIA
Formação das camadas no palete	Compactar sacos
Transporte do palete	Prensar camadas
	Contar as camadas
	Contar os paletes

Fonte: Autor (2016).

O subsistema MF-10 apresentou uma função principal e três secundárias, apresentadas abaixo (QUADRO 7).

Quadro 7 - Funções do MF-10

FUNÇÃO PRINCIPAL	FUNÇÃO SECUNDÁRIA
Transporte do palete	Alinhar o palete
	Organizar o palete
	Armazenar o palete

Fonte: Autor (2016).

No subsistema MF-05 foram identificadas duas funções principais e uma secundária, apresentadas abaixo (QUADRO 8).

Quadro 8 - Funções do MF-05

FUNÇÃO PRINCIPAL	FUNÇÃO SECUNDÁRIA
Formar a semi-camada	Acumular sacos
Transporte de sacos	

Fonte: Autor (2016).

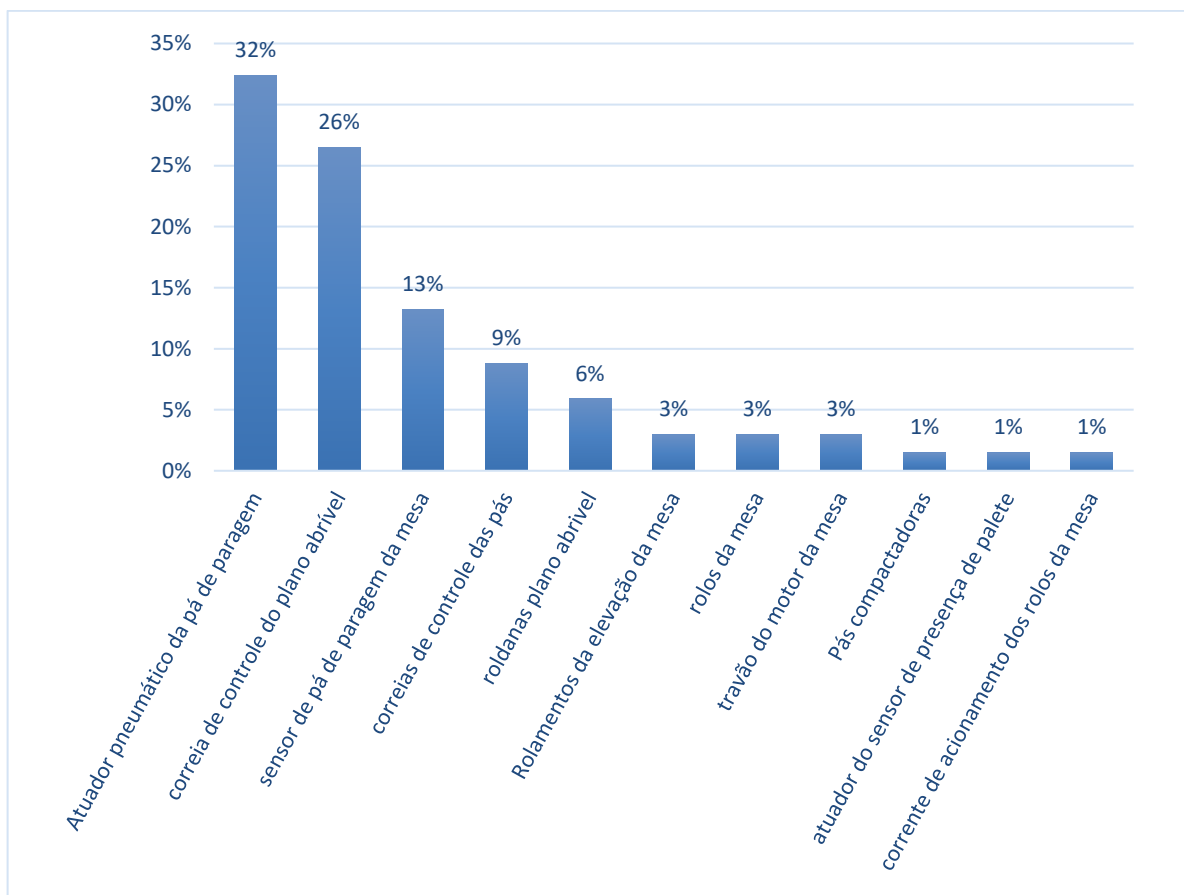
7.9 Análise dos itens físicos críticos dos sistemas selecionados

Para a análise dos itens físicos críticos dos subsistemas selecionados para MCC, foi utilizada a planilha de paradas da máquina paletizadora, foram separados os três subsistemas escolhidos e feito uma classificação mais detalhada das falhas por item físico.

O APÊNDICE A demonstra a frequência das paradas para cada subsistema e o percentual de falhas de cada item físico.

O GRAF. 15 ilustra o percentual de falhas dos itens físicos do subsistema MF-09 no período analisado. Estes itens descritos no gráfico foram responsáveis por 33,8% de todas as falhas da paletizadora, o item que mais falhou neste subsistema foi o Atuador pneumático da pá de paragem de palete, seguido pela Correia de controle do plano abrível e pelo sensor da pá de paragem da mesa.

Gráfico 15 - Percentual de Falhas dos itens físicos críticos do MF-09



Fonte: Autor (2016).

Cada subsistema foi estudado detalhadamente pela equipe MCC e identificados vários tipos de falha, sendo classificadas em: (i) agarramento, para os itens que apresentaram alguma parte que possui falhas no movimento; (ii) arrebitado, para os itens que apresentaram alguma parte de conexão arrebitada; (iii) danificado, para itens elétricos ou eletrônicos que não estavam funcionando; (iv) desgaste, para itens que se desgastaram com o tempo ou por outra condição externa;

(v) desregulado, para itens que precisavam de ajuste; (vi) falha no sinal elétrico, para os itens que apresentavam alguma falha de retorno de sinal elétrico para o sistema de automação; (vii) ruído anormal; (viii) mal contato, para itens elétricos que não funcionavam por mal contato; (ix) quebra, para itens que apresentavam qualquer parte quebrada; (x) sobrecarga, para itens que foram expostos a algum tipo de excesso de carga no eixo; (xi) solto, para itens que apresentavam alguma parte desconectada e, (xii) travado, para os itens que apresentaram alguma parte travada.

A FIG. 30 demonstra a matriz de correlação dos Itens físicos críticos X tipos de falha, construída para o subsistema MF-09.

Figura 30 - Matriz de correlação dos itens físicos x tipos de falha do MF-09

ITENS FÍSICOS - SUBSISTEMA 9

Nº	Itens Físicos	Tipos de falha								Total	
		Agarramento	Arrebitado	Danificado	Desgaste	Desregulado	Falha sinal elétrico	Ruído anormal	Quebra		Travado
1	Atuador pneumático da pá de paragem	12								10	22
2	Correia de controle do plano abrível		2			15				1	18
3	Sensor de pá de paragem da mesa		1	1			7				9
4	Correias de controle das pás					6					6
5	Roldanas plano abrível				1				3		4
6	Rolamentos da elevação da mesa				1					1	2
7	Rolos da mesa							1		1	2
8	Travão do motor da mesa						2				2
9	Pás compactadoras							1			1
10	Atuador do sensor de presença de palete		1								1
11	Corrente de acionamento dos rolos da mesa		1								1
Total Geral		12	5	1	2	21	9	2	3	13	68

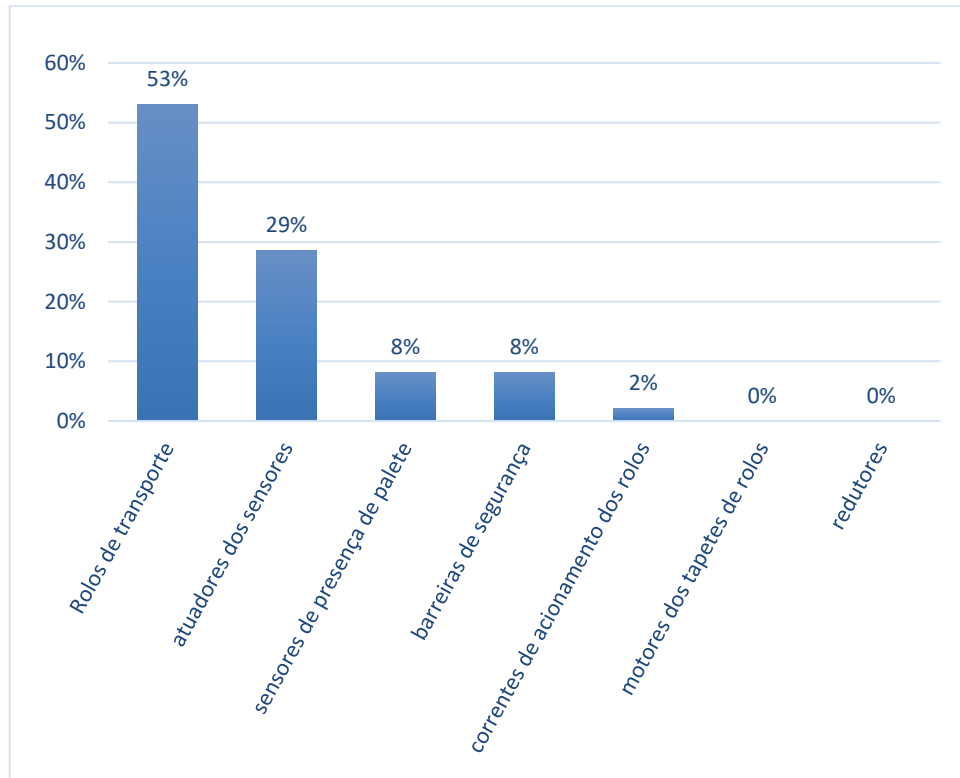
Fonte: Autor (2016).

De acordo com a FIG. 30 pode-se perceber que o defeito que mais se repetiu neste subsistema foram itens desregulados, seguido de itens travados.

O GRAF. 16 ilustra o percentual de falhas dos itens físicos do subsistema MF-10 no mesmo período. Estes itens descritos no gráfico foram responsáveis por 24,4%

das falhas da paletizadora, o item que mais falhou neste subsistema foram os Rolos de transporte, seguido pelos Atuadores dos sensores.

Gráfico 16 - Percentual de Falhas dos itens físicos críticos do MF-10



Fonte: Autor (2016).

Cerca de 49% das falhas do subsistema MF-10 foram relacionadas a Agarramento dos rolos de transporte e suas correntes de acionamento, seguido de itens desregulados (FIG. 31).

Figura 31 - Matriz de correlação dos itens físicos x tipos de falha do MF-10

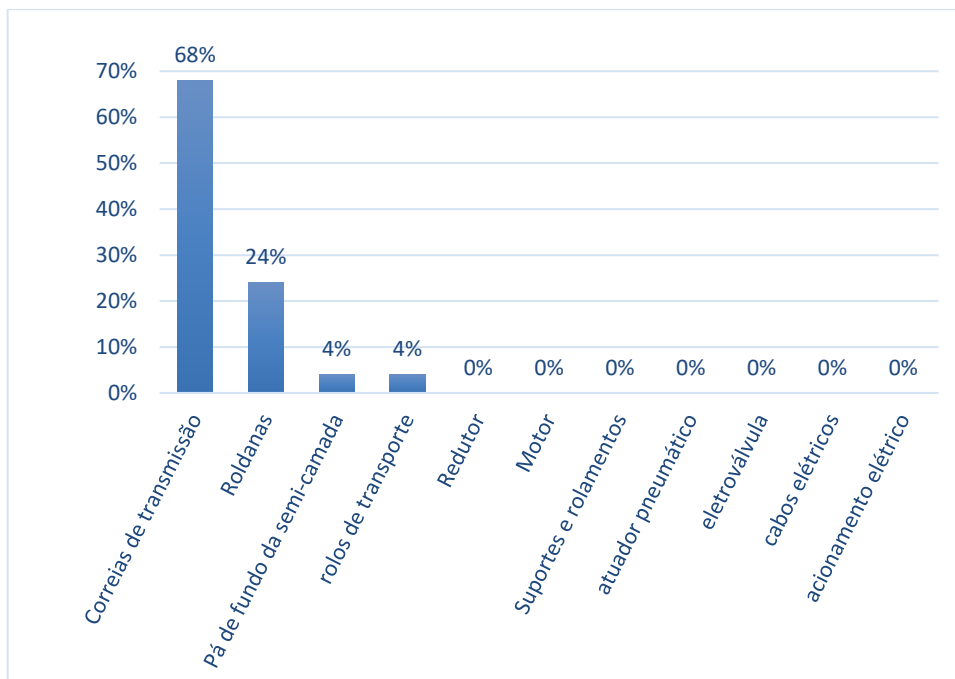
ITENS FÍSICOS - SUBSISTEMA 10

Nº	Itens Físicos	Tipos de falha					Total	
		Agarramento	Sobrecarga	Mal contato	Desregulado	Falha sinal elétrico		Travado
1	Rolos de transporte	23	1				2	26
2	Atuadores dos sensores				6	8		14
3	Sensores de presença de palete				4			4
4	Barreiras de segurança			2	2			4
5	Correntes de acionamento dos rolos	1						1
Total Geral		24	1	2	12	8	2	49

Fonte: Autor (2016).

O subsistema MF-05 foi responsável por 12,4% das falhas da paletizadora. O GRAF. 17 ilustra o percentual de falhas dos itens físicos do subsistema MF-05 no mesmo período avaliado. O item que apresentou maior quantidade de falhas foi o grupo Correias de Transmissão, seguido das roldanas.

Gráfico 17 - Percentual de Falhas dos itens físicos críticos do MF-05



Fonte: Autor (2016).

A FIG. 32 demonstra a matriz de correlação dos Itens físicos críticos X tipos de falha, construída para o subsistema MF-10. Foi verificado que a maior parte dos itens estavam desregulados.

Figura 32 - Matriz de correlação dos itens físicos x tipos de falha do MF-05

ITENS FÍSICOS - SUBSISTEMA 5

Nº	Itens Físicos	Tipos de falha					Total	
		Arrebitado	Desgaste	Desregulado	Quebra	Solto		Travado
1	Correias de transmissão	3		11		3		17
2	Roldanas		2		2	2		6
3	Pá de fundo da semi-camada						1	1
4	Rolos de transporte						1	1
Total Geral		3	2	11	2	5	2	25

Fonte: Autor (2016).

Após o estudo dos itens físicos críticos dos subsistemas selecionados, foi possível identificar os principais tipos de falhas e os pontos que serão concentrados os esforços para eliminação dos problemas apresentados. No tópico a seguir será aplicado a ferramenta FTA que permitirá uma visão global das falhas de cada subsistema.

7.10 Definição do FTA dos Subsistemas selecionados

A ferramenta FTA possibilitou identificar todas as possíveis falhas de cada item físico dos subsistemas selecionados, de modo a facilitar a análise das causas destas falhas.

A Análise da Árvore de Falhas construída para os Subsistemas MF-05, MF-09 e MF-10 da Paletizadora é representada pelo APÊNDICE B, APÊNDICE C e APÊNDICE D respectivamente.

Através da identificação de todas as falhas descritas no FTA, foi possível partir para a próxima etapa da MCC, a Análise de Modos de Falha, Efeitos e Criticidade, que tem a finalidade de identificar os modos de cada falha e seus efeitos e consequências.

7.11 Análise de Modos de Falha, Efeitos e Criticidade dos subsistemas selecionados

Nesta etapa foi aplicada a ferramenta FMECA, que possibilitou uma análise crítica dos modos de falha de cada item físico, seus efeitos no processo e como são detectados, além de uma análise quantitativa calculada pelo indicador RPN (Número de Prioridade de Risco) que através deste foi possível a identificação dos itens mais críticos.

Também foi possível determinar nesta fase qual tarefa de manutenção é recomendada para corrigir ou evitar cada modo de falha, ou seja, impedir que uma falha funcional aconteça, identificando as falhas potenciais e criando planos de ação.

Foram utilizados como entradas para esta análise a ferramenta FTA e a análise dos itens físicos críticos, o indicador RPN foi classificado por cores, onde a cor vermelha representa os itens críticos, e a cor amarela representa os itens que necessitam de uma atenção maior. O APÊNDICE E demonstra as planilhas FMECA elaboradas para os subsistemas em análise.

As planilhas não foram preenchidas completamente pois os novos valores de severidade, criticidade e detecção para o cálculo do novo RPN serão inseridos após a implementação da metodologia.

Os resultados da análise FMECA serão úteis para a próxima etapa, a Seleção das atividades aplicáveis e efetivas.

7.12 Seleção das Atividades de Manutenção Aplicáveis e Efetivas

Nesta etapa foram definidas as tarefas de manutenção aplicáveis e efetivas, ou seja que a tarefa proposta seja eficaz na resolução, controle da falha, ou que permitam a identificação de uma falha potencial.

Foram avaliados o plano de manutenção existente e as tarefas propostas pelo manual de operação e manutenção da Paletizadora, muitas atividades que fazem parte do manual não estão incluídas no plano, e muitas das atividades do plano de manutenção atual não são executadas.

Para os subsistemas da paletizadora que não foram escolhidos na proposta da MCC, foram mantidas as atividades de manutenção preventiva que já constavam no

plano, pois não será necessária a alteração do mesmo devido estes componentes não apresentarem uma perda significativa no processo.

O QUADRO 9 apresenta as atividades de manutenção para os subsistemas que não foram selecionados para a MCC.

Quadro 9 - Atividades de manutenção dos subsistemas não selecionados para a MCC

Plano de Manutenção para a Paletizadora			
Secção da máquina	Componente	Descrição da atividade	Período (h)
Geral	Conexões mecânicas	Verificar funcionamento	400
Geral	Inspecionar vazamentos	Inspeção Preventiva	400
Geral	Inspeção de folgas	Inspeção Preventiva	400
Geral	Inspeção de limpeza	Inspeção Preventiva	400
Geral	Inspeção de desgaste de partes	Inspeção Preventiva	400
Geral	Inspeção de rolamentos	Inspeção Preventiva	400
MF01	Esteira sup e inf	Verificar tensionamento	400
MF01	Redutores	Verificar o óleo e seu nível	2400
MF01	Suportes	Lubrificação	2400
MF01	Esteira sup e inf	Verificar funcionamento	4800
MF01	Tapete	Verificar funcionamento	4800
MF01	Redutores	Substituir óleo	12000
MF02	Correia de transmissão	Verificar tensionamento	400
MF02	Fotocélula	Verificar funcionamento	400
MF02	Redutor	Verificar o óleo e seu nível	2400
MF02	Suportes	Lubrificação	2400
MF02	Redutor	Substituir óleo	12000
MF03	Esteira	Verificar tensionamento	400
MF03	Fotocélula	Verificar funcionamento	400
MF03	Cremalheira	Verificar funcionamento	400
MF03	Esteira	Verificar funcionamento	2400
MF03	Chapa anti-desgaste	Verificar funcionamento	2400
MF03	Chapas de desgaste	Verificar funcionamento	2400
MF03	Pá	Verificar funcionamento	2400
MF03	Redutor	Verificar o óleo e seu nível	2400
MF03	Rolamentos / suportes	Lubrificação	2400
MF03	Redutor	Substituir óleo	12000
MF04	Esteira	Verificar tensionamento	400
MF04	Fotocélulas	Verificar funcionamento	400
MF04	Esteira	Verificar funcionamento	2400
MF04	Chapa anti-desgaste	Verificar funcionamento	2400
MF04	Redutor	Verificar o óleo e seu nível	2400
MF04	Rolamentos / suportes	Lubrificação	2400
MF04	Redutor	Substituir óleo	12000
MF06	Correias de transmissão	Verificar tensionamento	400
MF06	Correias de transmissão	Verificar tensionamento	2400
MF06	Redutor mov. Correias	Verificar o óleo e seu nível	2400
MF06	Redutor elev. Correias	Verificar o óleo e seu nível	2400
MF06	Rolamentos	Lubrificação	2400
MF06	Correias de translação	Verificar tensionamento	9600
MF06	Redutor mov. Correias	Substituir óleo	12000
MF06	Redutor elev. Correias	Substituir óleo	12000
MF07	Fotocélulas	Verificar funcionamento	400
MF07	Redutores	Verificar o óleo e seu nível	2400
MF07	Rolamentos	Lubrificação	2400
MF07	Rolos	Verificar funcionamento	9600
MF07	Redutores	Substituir óleo	12000
MF08	Correia de controle	Verificar tensionamento	400
MF08	Redutor	Verificar o óleo e seu nível	2400
MF08	Rolamentos	Lubrificação	2400
MF08	Atuadores pneumáticos	Verificar funcionamento	4800
MF08	Redutor	Substituir óleo	12000

Fonte: Autor (2016).

O QUADRO 10 demonstra as atividades de manutenção existentes para os subsistemas selecionados e se as mesmas são realizadas, para as atividades que não são realizadas será analisada sua viabilidade e uma periodicidade melhor para as mesmas, para posteriormente ser criado o novo plano de manutenção.

Quadro 10 - Atividades de manutenção já existentes para os subsistemas selecionados

Plano de Manutenção para a Paletizadora				
Secção da máquina	Componente	Descrição da atividade	Período	Realizadas
MF05	Correias de transmissão	Controlar tensionamento das correias	400h	não
MF05	Correias de transmissão	Verificar estado	15d	sim
MF05	Redutor	Verificar o óleo e seu nível	7d	sim
MF05	Rolamentos / suportes	Lubrificação	15d	sim
MF05	Chapa de desgaste	Verificar estado	7d	sim
MF05	Atuador pneumático	Verificar funcionamento	7d	sim
MF05	Rolos	Verificar desgaste	9600h	não
MF05	Redutor	Substituir óleo	12000h	não
MF05	Eletroválvula	Verificar funcionamento	15d	sim
MF09	Correia dos planos de abertura	Verificar funcionamento	15d	sim
MF09	Correias das pás compacta-sacos	Verificar funcionamento	7d	sim
MF09	Chapas dos planos de abertura	Verificar estado	7d	sim
MF09	Chapas de desgaste das pás comp.	Verificar estado	7d	sim
MF09	Correntes de elevação	Lubrificação	2400h	não
MF09	Prato de deslizamento	Verificar funcionamento	2400h	não
MF09	Redutor elevação	Verificar o óleo e seu nível	7d	sim
MF09	Redutor pás compacta-sacos	Verificar o óleo e seu nível	7d	sim
MF09	Redutor planos de abertura	Verificar o óleo e seu nível	7d	sim
MF09	Redutor transportador de rolos mesa elev.	Verificar o óleo e seu nível	7d	sim
MF09	Rodas de centragem	Regular rodas	4800h	não
MF09	Atuadores Pneumáticos	Verificar funcionamento	7d	sim
MF09	Correntes de elevação	Substituir cadeias de elevação	9600h	não
MF09	Rolamentos	Lubrificação	9600h	não
MF09	Redutor elevação	Substituir óleo	12000h	não
MF09	Redutor pás compacta-sacos	Substituir óleo	12000h	não
MF09	Redutor planos de abertura	Substituir óleo	12000h	não
MF09	Redutor transportador de rolos mesa elev.	Substituir óleo	12000h	não
MF10	Rolos de transporte	Inspeção	15d	sim
MF10	Cadeia de motorização dos rolos	Lubrificação	15d	sim
MF10	Cadeia de translação	Lubrificação	15d	sim
MF10	Redutor	Verificar o óleo e seu nível	7d	sim
MF10	Atuador pneumático	Verificar funcionamento	7d	sim
MF10	Redutor	Substituir óleo	12000h	não

Fonte: Autor (2016).

Para a elaboração da Planilha de Documentação das tarefas de manutenção foi utilizado o diagrama de decisão para seleção das tarefas de manutenção, descrito no item 5.4.4 do referencial teórico, que classifica as atividades em: (i) Técnica Preditiva; (ii) Manutenção Preventiva; (iii) Testes e/ou inspeção; (iv) Modificação de projeto; (v) Quantificação dos Riscos; (vi) Quantificação das perdas e; (vii) Manutenção Corretiva. Além de classifica-las pelos seus efeitos, podendo estar relacionada à segurança, operacional, econômica ou oculta.

O APÊNDICE F demonstra as planilhas de seleção das tarefas de manutenção para os itens físicos dos subsistemas MF-05, MF-09 e MF-10. Algumas das soluções

propostas para os modos de falha podem ser solucionadas pela própria operação da máquina, por se tratar de tarefas mais simples, já as tarefas restantes são de responsabilidade da equipe de manutenção.

7.13 Plano de Manutenção e Periodicidade

A última etapa da metodologia da MCC é a criação do novo plano de manutenção, através dos resultados da Planilha de seleção das atividades de manutenção a equipe MCC elaborou um novo plano otimizado, foram definidas novas periodicidades para as tarefas de manutenção dos itens físicos críticos dos subsistemas selecionados, para os demais permaneceram as atividades preventivas já existentes, com algumas exceções que também sofreram alterações na periodicidade.

Algumas medidas preventivas que são de responsabilidade do pessoal da operação não foram incluídas no plano de manutenção, muitas das falhas listadas ocorreram em função do excesso de sujeira e falta de limpeza adequada, principalmente em itens físicos como atuadores pneumáticos, correntes de acionamento dos rolos de transporte e barreiras de segurança. Será proposto ao setor de Produção que seja feita uma limpeza geral de todos os componentes da máquina em um horário determinado em pelo menos um dos turnos todos os dias. Para que as limpezas sejam feitas de forma correta, os operadores serão orientados de como fazê-la pela equipe de manutenção.

Será verificado a eficiência do exaustor do processo, filtro de mangas e seus pontos de captação da poeira, caso seja necessário será estudado a viabilidade de modificação no projeto do mesmo.

Atualmente as inspeções periódicas não são realizadas, sendo um dos principais motivos da evolução das falhas potenciais e posteriormente falhas funcionais, pois são de fundamental importância para identificação de possíveis problemas, para que o novo plano seja eficaz as inspeções deverão funcionar corretamente e estarão incluídas em todas as atividades. O QUADRO 11 demonstra o plano de manutenção proposto pela MCC para os subsistemas críticos da Paletizadora.

Quadro 11 - Plano de Manutenção Proposto pela MCC

MCC	Plano de Manutenção MCC					
	Equipe responsável:	Equipe MCC	Sistema:	Paletizadora	Data:	23/10/2016
	Equipamento:	Ensacadeira	Subsistema:	MF-05, MF-09, MF-10	Folha:	1
Subsistema	Item físico	Tarefa Proposta				Frequência
MF-05 (Transportador de correias de formação da semi-camada)	Correias de transmissão	Inspeção funcional				7d
		Verificar estado, tensionamento e regulagem das correias				7d
	Roldanas	Inspeção funcional				7d
	Pá de fundo da semi-camada	Inspeção funcional				7d
		Verificar funcionamento do atuador pneumático				7d
	Eletroválvula	Inspeção funcional				15d
	Rolos de transporte	Inspeção funcional				7d
		Lubrificação dos suportes				7d
	Redutor do motor	Verificar nível de óleo e seu estado				7d
		Substituir óleo				12000h
MF-09 (Mesa de elevação e planos de abertura)	Atuadores pneumáticos	Inspeção visual				Diária
		Inspeção funcional e testes				7d
	Correia de controle do plano abrível	Inspeção funcional				7d
		Ajuste do tensionamento da correia				15d
	Sensor de pá de paragem da mesa	Inspeção funcional e testes				7d
	Correias de controle das pás	Inspeção funcional				15d
	Roldanas do plano abrível	Inspeção funcional, verificar desgaste das roldanas				15d
		Ajuste do tensionamento das correias, limpeza do trilho guia				15d
	Rolamentos de elevação da mesa	Inspeção funcional				7d
		Lubrificação				7d
	Rolos da mesa	Inspeção funcional				7d
		Lubrificação dos suportes				7d
	Travão do motor da mesa	Inspeção funcional e testes				15d
	Pás compactadoras	Inspeção funcional				15d
	Atuador do sensor de presença de palete	Inspeção funcional				7d
		Substituição preventiva				2400h
	Correntes de acionamento dos rolos da mesa	Inspeção funcional				7d
Limpeza e Lubrificação				7d		
Chapas de desgaste do plano abrível e pás compactadoras	Inspeção visual				Diária	
Correntes de elevação da mesa	Limpeza e Lubrificação				15d	
Redutores dos motores	Verificar nível de óleo e seu estado				7d	
	Substituir óleo				12000h	
MF-10 (Tapetes de rolos)	Rolos de transporte	Inspeção funcional				7d
	Atuadores dos sensores	Inspeção funcional				7d
	Sensores de presença de palete	Inspeção funcional e testes				7d
	Barreiras de segurança	Limpeza, Inspeção funcional e testes				7d
		Ajuste e reaperto dos parafusos da base				15d
	Correntes de acionamento dos rolos	Inspeção funcional				7d
		Limpeza e Lubrificação				7d
	Cadeia de translação	Limpeza e Lubrificação				15d
	Atuadores pneumáticos	Inspeção visual				Diária
		Inspeção funcional e testes				7d
	Redutores dos motores	Verificar nível de óleo e seu estado				7d
Substituir óleo				12000h		

Fonte: Autor (2016).

8 CONCLUSÃO

Cada vez mais a busca por métodos de trabalho mais eficazes e eficientes se torna comum entre as empresas, que buscam produzir mais e com qualidade, reduzindo custos. A MCC inicialmente desenvolvida para a indústria aeronáutica, vem sendo estudada e aplicada em diversos segmentos, por possuir uma metodologia bem estruturada e focada nas funções dos itens físicos. A elaboração deste trabalho proporcionou vários ganhos, tanto para o meio acadêmico como fonte de pesquisas para futuros trabalhos relacionados ao tema, quanto para o estudo de caso realizado em uma indústria de Calcinação.

No decorrer do desenvolvimento do trabalho foram encontradas poucas fontes literárias sobre o tema abordado, principalmente publicadas no Brasil, porém vem crescendo o interesse pelo assunto, devido vários trabalhos e dissertações já abordarem o tema. A metodologia MCC requer um conhecimento amplo sobre o contexto operacional do sistema em estudo, seus componentes e suas funções, requer um histórico de falhas e atividades de manutenção de pelo menos 2 anos, e ainda grande empenho e disciplina da equipe de implantação da metodologia.

O estudo deste trabalho permitiu identificar detalhadamente cada função dos itens físicos do sistema e subsistemas da Ensacadeira, através da ferramenta FTA foi possível definir todos os possíveis modos de falhas para cada item físico do sistema escolhido, a ferramenta FMECA proporcionou uma análise mais detalhada dos modos de falha, seus efeitos e suas causas, apresentando através do cálculo do Número de Prioridade de Risco (RPN) a verificação dos itens físicos críticos, possibilitando ainda propor algumas atividades para solução das mesmas. As ferramentas de decisão de tarefas auxiliaram na escolha das atividades mais aplicáveis e efetivas para solução dos modos de falha ou redução significativa dos mesmos.

O objetivo deste trabalho era propor um plano de manutenção eficaz e mais eficiente através da metodologia da Manutenção Centrada na Confiabilidade para os itens físicos críticos da Ensacadeira. Este objetivo foi concluído com êxito, pois foi possível a elaboração do novo plano de manutenção, sendo possível também o cumprimento dos objetivos específicos descritos no tópico 2.2.

Verificou-se que durante a realização do estudo de caso várias dificuldades foram encontradas, a principal delas foi a falta de histórico de falhas e manutenções realizadas na Ensacadeira, os lançamentos não são feitos diariamente e o nível de

detalhes necessários para a correta identificação das falhas e tempos de parada é baixo, devido a estes fatores e ao curto espaço de tempo para realização deste trabalho foram utilizados dados de apenas três meses, sendo Abril, Maio e Junho de 2016. Foi selecionada e montada a equipe que participaria do estudo na empresa, porém devido à outras prioridades e responsabilidades de cada membro da equipe MCC não foi possível uma dedicação maior ao trabalho, ficando a maior parte da aplicação da metodologia ao autor deste trabalho.

Contudo vários pontos positivos devem ser ressaltados, pois o trabalho permitiu um conhecimento mais amplo do equipamento em estudo, um conhecimento das ferramentas utilizadas na metodologia, identificação de indicadores como Taxa de falhas, TMEF, Disponibilidade Física e Confiabilidade, que servirão de parâmetros para que sejam estudados e otimizados constantemente.

A proposta será apresentada e estudada pela gerência de manutenção e gerência operacional da empresa, ficando a critério dos mesmos a implementação da MCC para o sistema em estudo, visto que se faz necessária uma estruturação do setor de engenharia de manutenção, capacitação dos funcionários e adaptação à nova metodologia.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**: Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro: 1994. 37p.

BACKLUND, F. ***Managing the Introduction of Reliability-Centered Maintenance, RCM – RCM as a method of working within hydropower organizations***. 2003. 317 p. Tese (Doutorado) – *Department of Business Administration and Social Sciences – Division of Quality and Environmental Management, Lulea University of Technology*. Lulea, 2003.

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

DHILLON, B. S. ***Reliability engineering in systems design and operation***. New York: Van Nostrand Reinhold, 1982.

FLSMIDTH VENTOMATIC SPA. **Ensacadora Geo/Gev plus**: Manual de uso e manutenção UM00127P05. Valbrenbo (BG), Italia, 2010. 114p.

FLSMIDTH VENTOMATIC SPA. **Infilrot Z40**: Manual de uso e manutenção UM00281P01. Valbrenbo (BG), Italia, 2009. 74p.

FLSMIDTH VENTOMATIC SPA. **Polimat C40**: Manual de uso e manutenção UM00595P00. Valbrenbo (BG), Italia, 2010. 115p.

FLSMIDTH VENTOMATIC SPA. **Ventosort Cube**: Manual de uso e manutenção UM00505P02. Valbrenbo (BG), Italia, 2010. 84p.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção Função Estratégica**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

LAFRAIA, J. R. B. **Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobras, 2001.

MAILLIS, M. J. WULFTEC. **WCRT-200**: Manual do usuário e guia de referências. Quebec, Canada, 2009.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004. 513 p.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. 523 p.

MOUBRAY, J., ***“Reliability-Centered Maintenance”***. Oxford: Butterworth Heinemann, 1997.

_____. **Manutenção Centrada em Confiabilidade**. São Paulo: Aladon Ltd, 2000. 426 p.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **Reliability-Centered Maintenance Guide: For Facilities and Collateral Equipment**. 2008. Disponível em: <http://www.hq.nasa.gov/office/codej/codejx/Assets/Docs/2015/NASA_RCMGuide.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2016.

NAVSEA. **Reliability-Centered Maintenance (RCM) Handbook**. S9081-AB-GIB-010. Naval Sea Systems Command. USA, 2007.

NEPOMUCENO, L. X. **Técnicas de Manutenção Preditiva**. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 1989, 501 p. V. 1.

PALADINI, E. P. et al. **Gestão da Qualidade: Teoria e Casos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. 430 p. (Coleção CAMPUS - ABEPRO).

PALADY, P. **FMEA – Análise dos modos de falha e efeitos: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram**. São Paulo: IMAN, 2004.

PCM – Planejamento e Controle da Manutenção. Análise de Weibull e engenharia da confiabilidade. **Distribuição de Weibull**. Disponível em: <<https://pcmusina.wordpress.com/>>. Acesso em 30 mai. 2016.

PESSOA, G. A. **FTA - Análise de Árvore de Falhas**. 2009. 35 p. Especialização (Pós-graduação) - Curso de Gestão Estratégica da Qualidade – Faculdade Atenas Maranhense, São Luís, 2009. Disponível em: <<http://www.scribd.com/doc/14502062/FTA-Fault-Tree-Analysis>>. Acesso em: 26 de maio 2016.

PORTAL ACTION. **Distribuição Exponencial**. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/probabilidades/612-distribuicao-exponencial>>. Acesso em 30 mai. 2016.

RAPOSO, J. L. O. **Manutenção Centrada em Confiabilidade aplicada a Sistemas Elétricos: uma proposta para uso de análise de risco no diagrama de decisão**. 2004. 149 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

SAKURADA, E. Y. **As técnicas de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos e Análise da Árvore de Falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtos**. 2001. 124 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração da Dissertação**. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

SIQUEIRA, I. P. de. **Manutenção Centrada na Confiabilidade: Manual de Implementação**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005, 408p.

SIQUEIRA, I. P. de. **Manutenção Centrada na Confiabilidade: Manual de Implementação**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2012.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

SMITH, A. M. **Reliability-Centered Maintenance**. 1. ed. Boston: McGraw-Hill, 1993.

SOUZA, V. C. de. **Organização e Gerência da Manutenção**: Planejamento, Programação e Controle da Manutenção. 4. Ed. São Paulo: All Print Editora, 2011.

VASCONCELOS, D. S. C. de. et al. **A utilização das ferramentas da qualidade como suporte a melhoria do processo de produção - estudo de caso na indústria têxtil**. Salvador: Enegep, 2009. (XXIX Encontro nacional de engenharia de produção). Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_tn_stp_091_621_14011.pdf>. Acesso em: 14 maio 2016.

VIANA, H. R. G. **PCM - Planejamento e Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002. 192p. Obs: impresso no Brasil 2009.

WIREMAN, T. **Developing Performance Indicators for Managing Maintenance**. New York: Industrial Press, Inc., 1998. 256 p.

WYREBSKI, J. **Manutenção Produtiva Total – Um Modelo Adaptado**. 1997. 124 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

XENOS, H. G. **Gerenciando a manutenção produtiva**. 1ª. ed. São Paulo: INDG TecS, 2004.

ZATIONS, D. R. **Consolidação da Metodologia de Manutenção Centrada em Confiabilidade em uma Planta de Celulose e Papel**. 2003. 219 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS, Porto Alegre, 2003.

APÊNDICE A – PLANILHA DE ANÁLISE DOS ITENS FÍSICOS CRÍTICOS DOS SUBSISTEMAS SELECIONADOS

ITENS FÍSICOS - SUBSISTEMA 5

Nº	Itens Físicos	Frequência da falha	% Perda
1	Correias de transmissão	17	68%
2	Roldanas	6	24%
3	Pá de fundo da semi-camada	1	4%
4	Rolos de transporte	1	4%
Total Geral		25	100%

Fonte: Autor (2016).

ITENS FÍSICOS - SUBSISTEMA 9

Nº	Itens Físicos	Frequência da falha	% Perda
1	Atuador pneumático da pá de paragem	22	32%
2	Correia de controle do plano abrível	18	26%
3	Sensor de pá de paragem da mesa	9	13%
4	Correias de controle das pás	6	9%
5	Roldanas plano abrível	4	6%
6	Rolamentos da elevação da mesa	2	3%
7	Rolos da mesa	2	3%
8	Travão do motor da mesa	2	3%
9	Pás compactadoras	1	1%
10	Atuador do sensor de presença de palete	1	1%
11	Correias de acionamento dos rolos da mesa	1	1%
Total Geral		68	100%

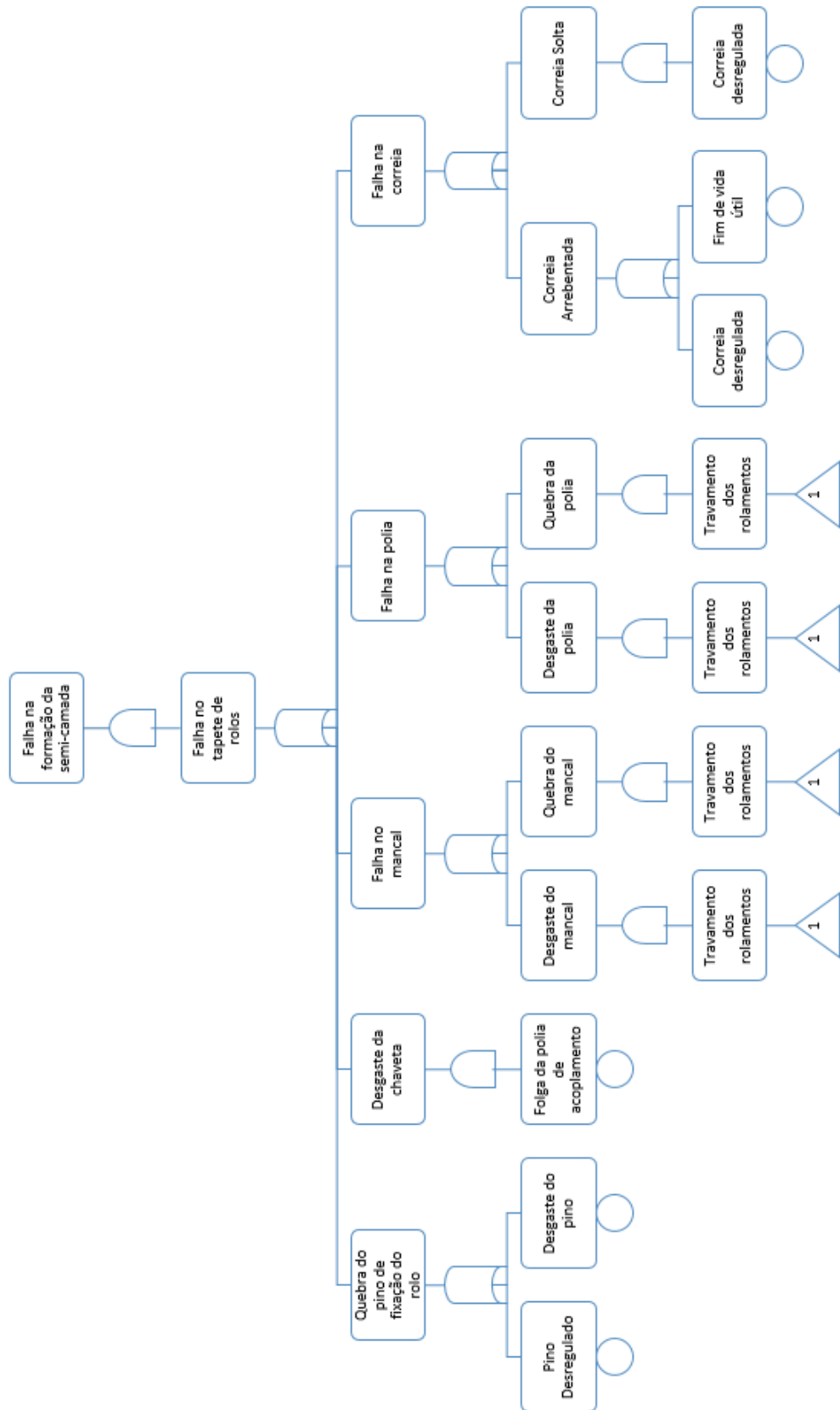
Fonte: Autor (2016).

ITENS FÍSICOS - SUBSISTEMA 10

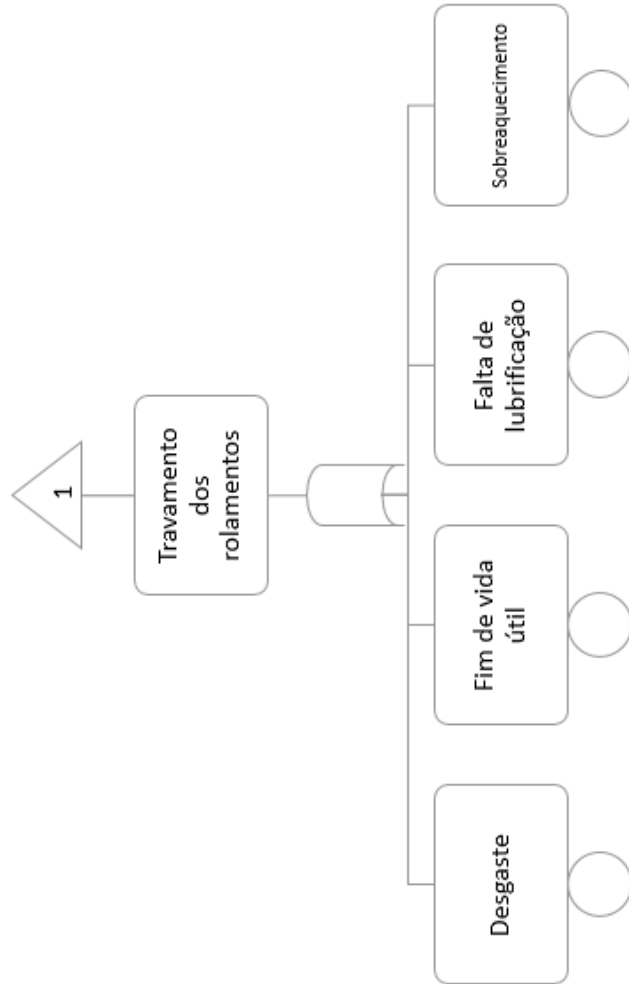
Nº	Itens Físicos	Frequência da falha	% Perda
1	Rolos de transporte	26	53%
2	Atuadores dos sensores	14	29%
3	Sensores de presença de palete	4	8%
4	Barreiras de segurança	4	8%
5	Correntes de acionamento dos rolos	1	2%
Total Geral		49	100%

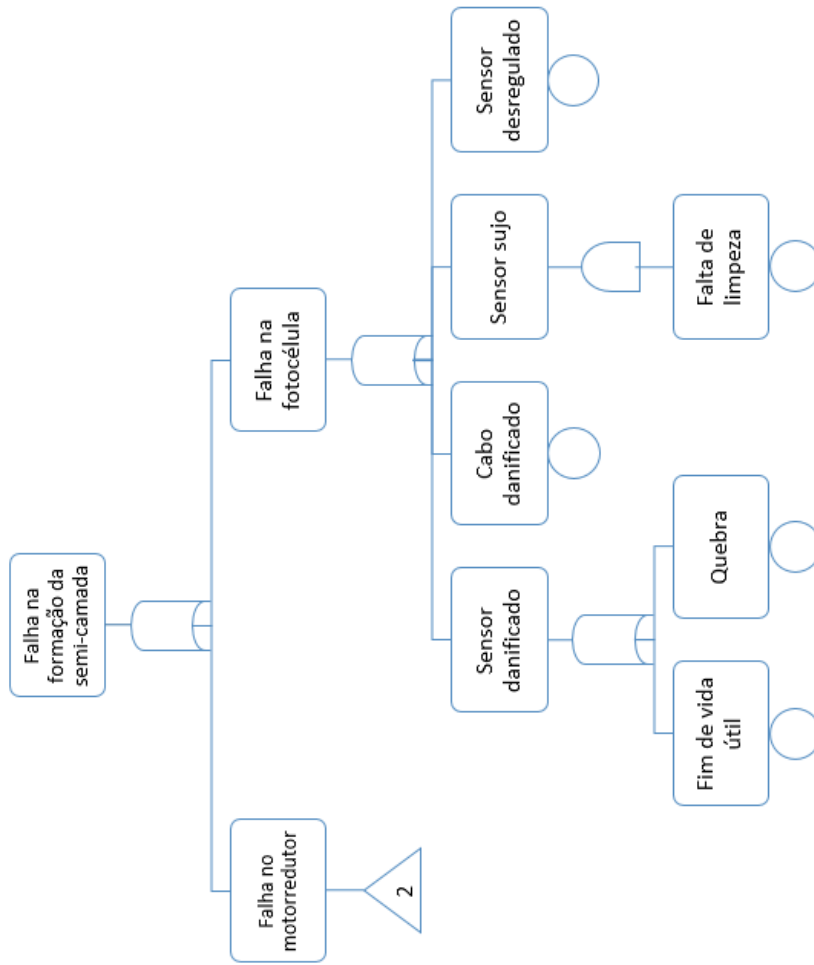
Fonte: Autor (2016).

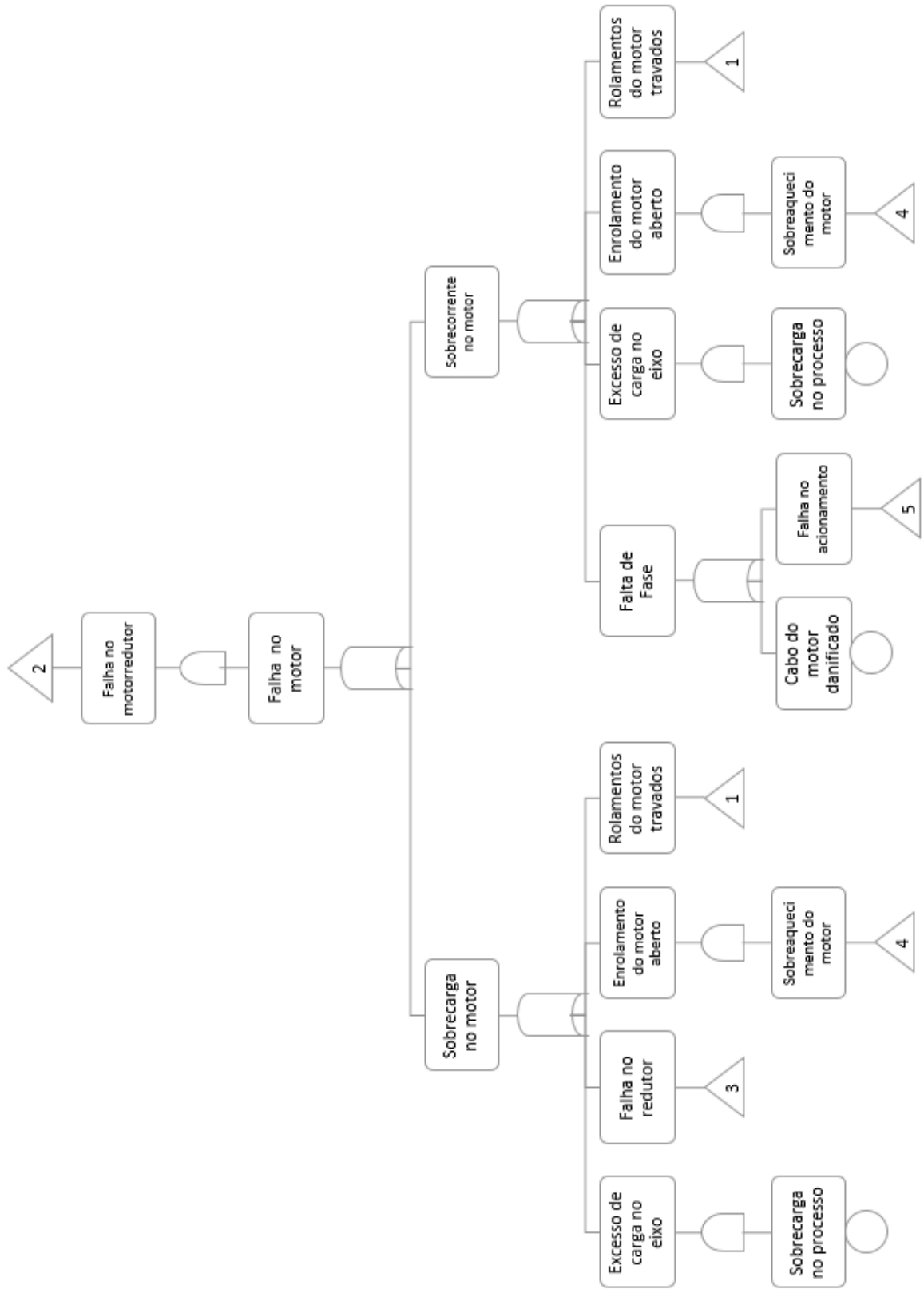
APÊNDICE B – FTA – MF-05

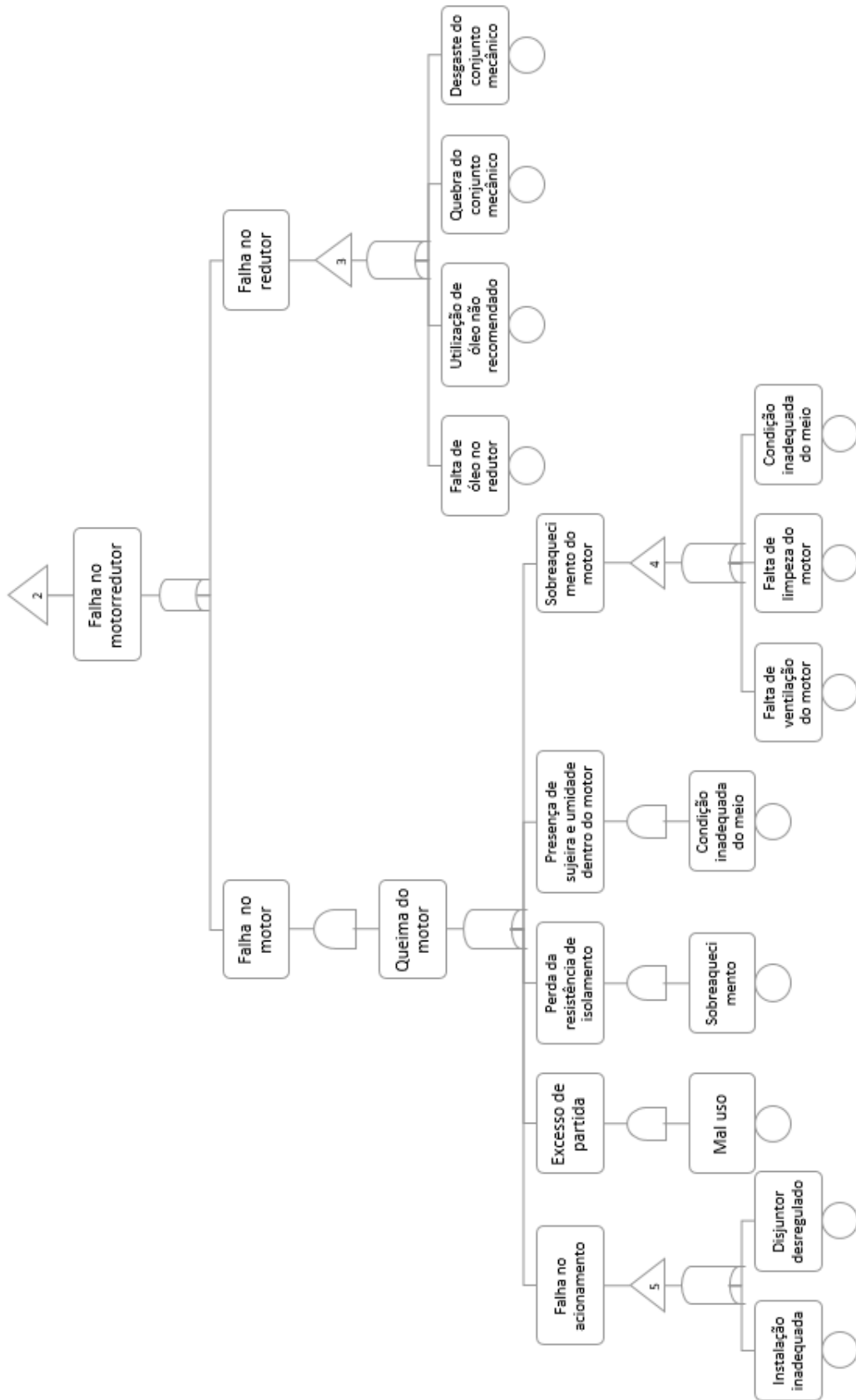


Fonte: Autor (2016).



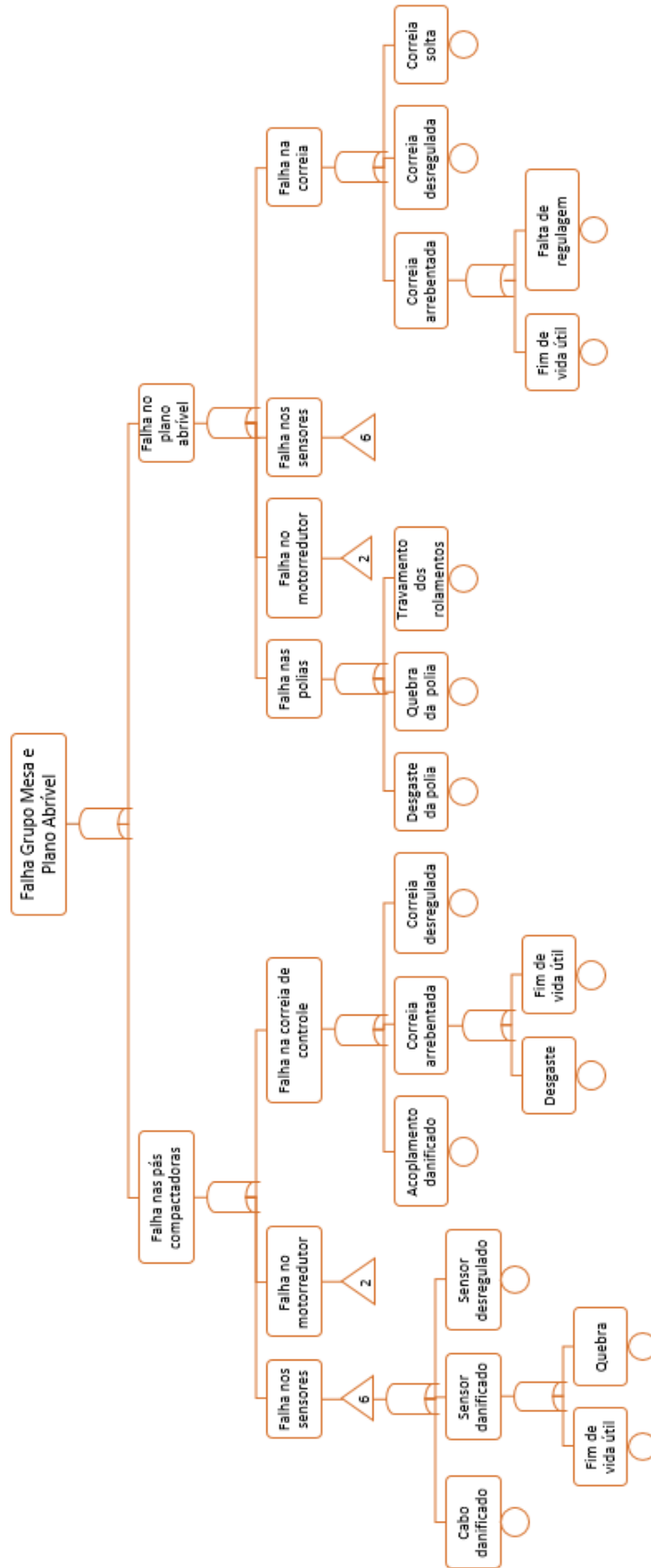




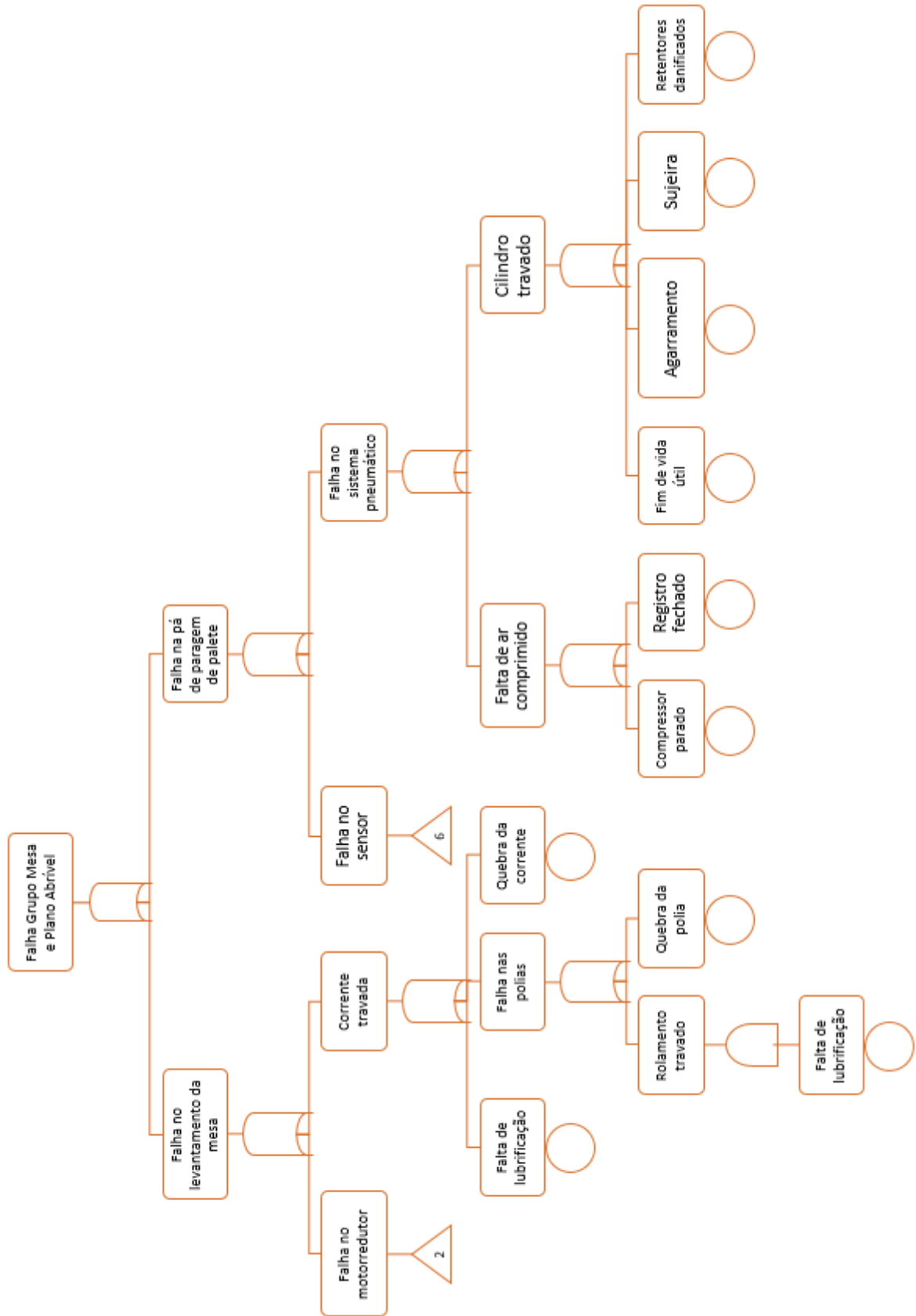


Fonte: Autor (2016).

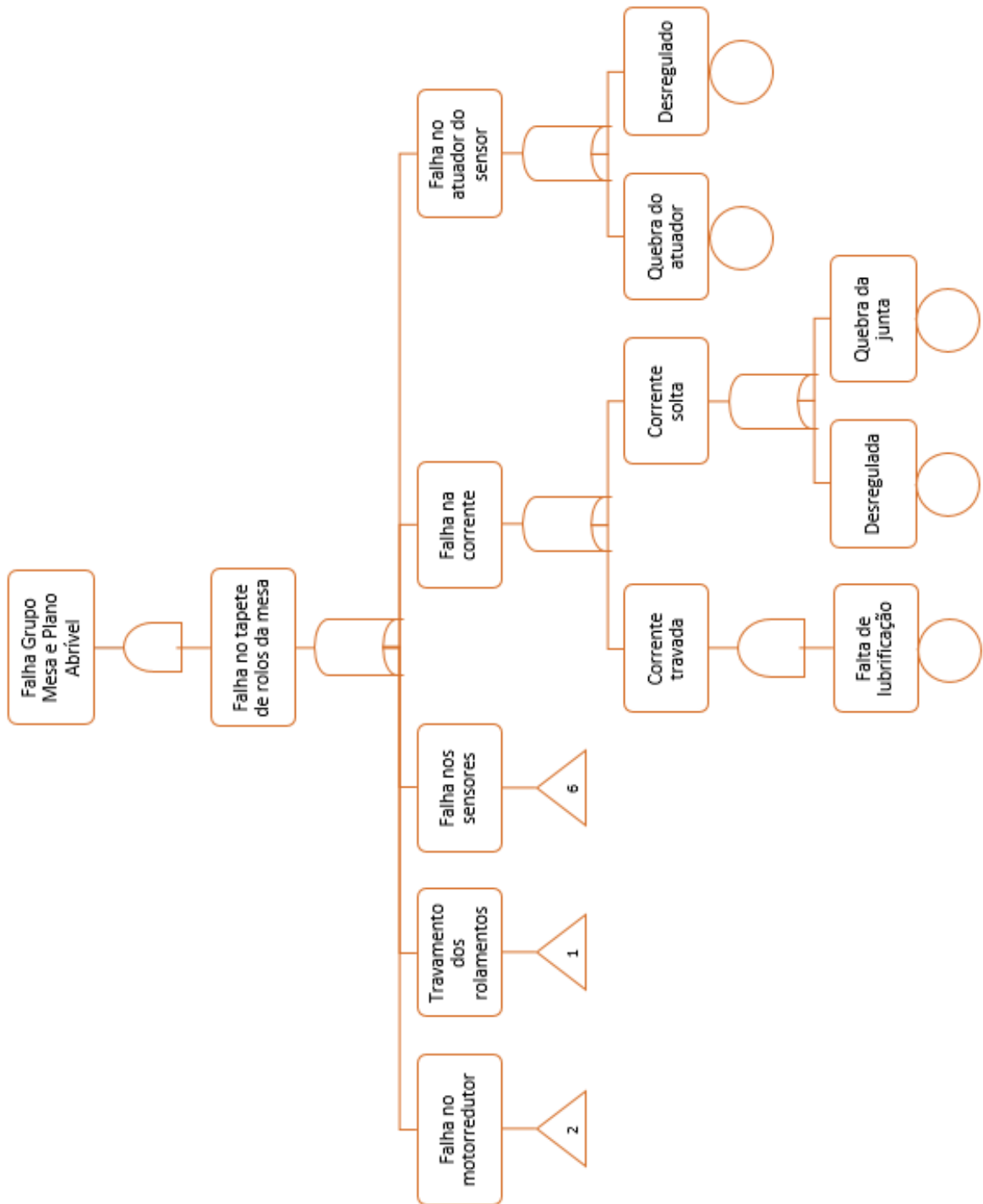
APÊNDICE C – FTA – MF-09



Fonte: Autor (2016).

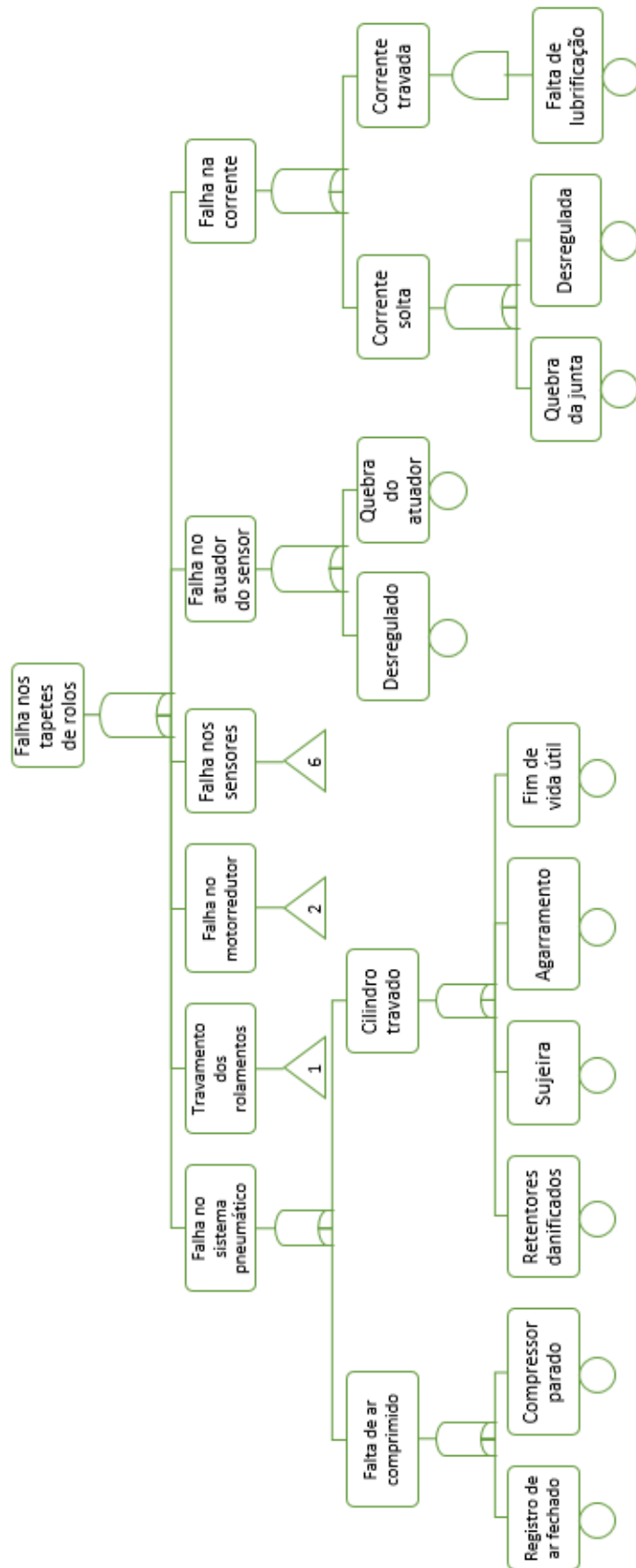


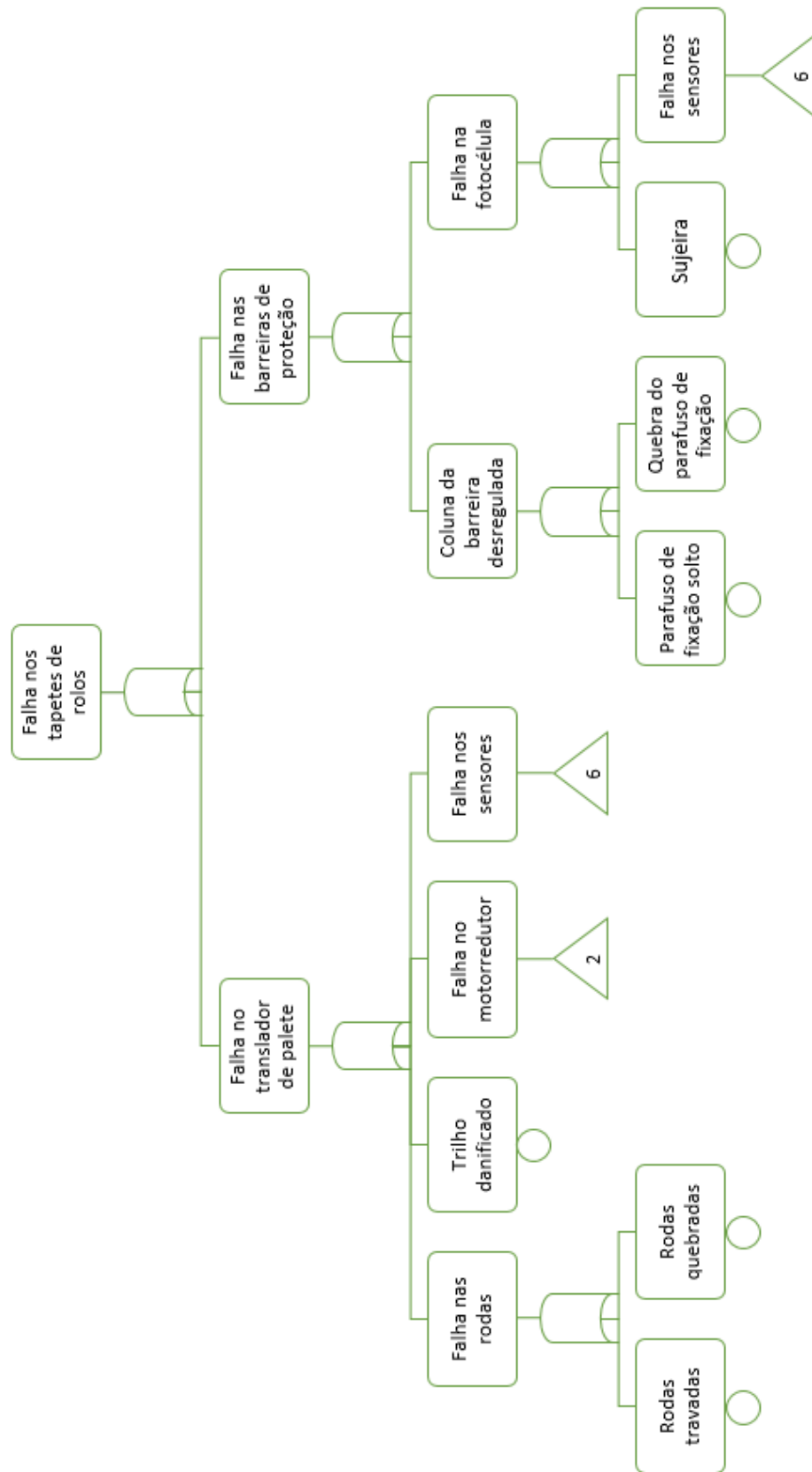
Fonte: Autor (2016).



Fonte: Autor (2016).

APÊNDICE D – FTA – MF-10





APÊNDICE E – ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA, EFEITOS E CRITICIDADE

Planilha de Análise de Modos de Falha, Efeitos e Criticidade - FMECA													
Equipe responsável:		Equipamento:		Data:		12/10/2016		Folha:		1		Acumular sacos	
Sistema		Subsistema:		MF-05		Enscadeira		MF-05		Novo		Novo	
Função principal:		Função secundária:		Novo		Novo		Novo		Novo		Novo	
Item Físico		Formar a semi-camada; Transporte dos sacos		Novo		Novo		Novo		Novo		Novo	
Modo da Falha		Efeito da Falha		Severidade		Severidade		Severidade		Severidade		Severidade	
Arrebitado		Não movimento os rolos de transporte, falha na máquina		7		7		7		7		7	
Desregulado		Falha no movimento dos rolos, pode provocar ruptura da correia ou que a mesma se solte		6		6		6		6		6	
Solta		Não movimento os rolos de transporte, falha na máquina		7		7		7		7		7	
Desgaste		Chances de que a correia se solte, quebra da roldana		6		6		6		6		6	
Quebra		Falha no movimento dos rolos, pode provocar ruptura da correia ou que a mesma se solte		8		8		8		8		8	
Solta		Falha no movimento dos rolos, pode provocar ruptura da correia ou que a mesma se solte		8		8		8		8		8	
Travado		Pode deixar de alinhar os sacos para a semi-camada		3		3		3		3		3	
Travado		Falha no movimento dos rolos, pode provocar ruptura da correia, que a mesma se solte ou sobrecarga no processo		7		7		7		7		7	
Novo RPN		Novo Detecção		Novo Correia		Novo Severidade		Novo Ação Tomada		Novo Prazo		Novo Responsável	
56		2		4		7						Manutenção Mecânica	
108		3		6		6						Manutenção Mecânica	
56		2		4		7						Manutenção Mecânica	
36		3		2		6						Manutenção Mecânica	
16		2		1		8						Manutenção Mecânica	
16		2		1		8						Manutenção Mecânica	
6		1		2		3						Manutenção Mecânica	
28		2		2		7						Manutenção Mecânica	

Fonte: Autor (2016).

Planhilha de Análise de Modos de Falha, Efeitos e Criticidade - FMECA													
Equipe responsável:		Equipe MCC		Equipamento:			Enscadeira			Data:			
Sistema		Paleteizadora		Subsistema:			MF-09			Folha:			
Função principal:		Formação das camadas no palete; Transporte do palete			Função secundária:			Prazo		Ação Tomada			
		Severidade	Causa da Falha	Ocorrência	Meio de Detecção	RP N	Ações Corretivas / Preventivas	Responsável		Nova Severidade	Nova Ocorrência	Nova Detecção	
MCC	Item Físico		Efeito da Falha		Inspeção Preventiva	2	Realizar a inspeção preventiva correta; limpeza periódica	Produção		Nova Severidade	Nova Ocorrência	Nova Detecção	
	Atuador pneumático da pá de paragem	7	Não atuação do sensor e falha na paleteizadora, interrompendo o processo.	8	Sujeira no cilindro pneumático	8	112						
		8	Não atuação do sensor e falha na paleteizadora, interrompendo o processo.	6	Retentores danificados	6	96	Realizar inspeção preventiva correta, substituição preventiva do cilindro/retentores	Manutenção Mecânica				
		8	Não abertura do plano abrível, falha na paleteizadora, interrompendo o processo.	2	Fim de vida útil	2	16	Reduzir o período de inspeção preventiva	Manutenção Mecânica				
	Correia de Controle do plano abrível	7	Não abertura do plano abrível, falha na paleteizadora, interrompendo o processo.	7	Falta de regulagem e ajuste da correia	7	147	Reduzir o período de inspeção preventiva; manutenção adequada	Manutenção Mecânica				
		8	Não abertura do plano abrível, falha na paleteizadora, interrompendo o processo.	2	Falta de regulagem e ajuste da correia	2	32	Reduzir o período de inspeção preventiva; manutenção adequada	Manutenção Mecânica				
		7	Não atuação do sensor e falha na paleteizadora, interrompendo o processo.	3	Limpeza inadequada	3	84	Manter a limpeza periódica; efetuar corretamente a limpeza do local	Produção				
	Sensor de pá de paragem da mesa	7	Não atuação do sensor e falha na paleteizadora, interrompendo o processo.	3	Prensamento do cabo	3	84	Inspeção preventiva; proteger partes com risco de prensamento	Manutenção Elétrica				
		7	Não atuação do sensor e falha na paleteizadora, interrompendo o processo.	1	Fim de vida útil	1	28	Realizar inspeção preventiva	Manutenção Elétrica				
		7	Não atuação do sensor e falha na paleteizadora, interrompendo o processo.	2	Quebra	2	56	Reduzir o tempo de manutenção preventiva; regulagem do sensor	Manutenção Elétrica				
	7	Não atuação do sensor e falha na paleteizadora, interrompendo o processo.	4	Sensor desregulado	4	112	Reduzir o tempo de manutenção preventiva; regulagem do sensor	Manutenção Elétrica					
Correias de controle das pás	7	Não prensamento dos sacos, não atuação do sensor, interrompendo o processo	5	Falta de cuidado na limpeza e retirada dos sacos	5	105	Ao efetuar a limpeza e retirada dos sacos não subir sobre os guias do suporte do atuador, não bater em partes móveis	Produção					

Fonte: Autor (2016).

Planilha de Análise de Modos de Falha, Efeitos e Criticidade - FMECA															
Equipe responsável:		Equipe MCC		Equipamento:			Enscadeira		Data:						
Sistema		Paletizadora		Subsistema:			MF-09		Folha:						
Função principal:		Formação das camadas no palete; Transporte do palete			Função secundária:										
Item Físico	Modo da Falha	Efeito da Falha	Severidade	Causa da Falha	Ocorrência	Meio de Detecção	ND	Ações Corretivas / Preventivas	Responsável	Prazo	Ação Tomada	Nova Severidade	Nova Ocorrência	Nova Detecção	Nova RPN
Roldanas do plano abrível	Desgaste	Travamento da correia do plano abrível, não abertura do plano. falha na máquina.	7	Sujeira	2	Inspeção Preventiva	5	Realizar inspeção preventiva, limpeza	Produção						
	Quebra	Travamento da correia do plano abrível, não abertura do plano. falha na máquina	8	Excesso de sujeira	1	Inspeção Preventiva	3	Realizar inspeção preventiva, limpeza	Produção						
Rolamentos de elevação da mesa	Desgaste	Ruído anormal, travamento da mesa, falha na máquina	7	Falta de lubrificação, chapa de desgaste do guia	2	Inspeção Preventiva	6	Rever plano de lubrificação, substituição preventiva da chapa de desgaste	Manutenção Mecânica						
	Travamento	Travamento da mesa, falha na máquina	8	Falta de lubrificação, chapa de desgaste do guia	2	Inspeção Preventiva	3	Rever plano de lubrificação, substituição preventiva da chapa de desgaste	Manutenção Mecânica						
Rolos da mesa	Ruído anormal	Possível agarramento	4	Falta de lubrificação	6	Inspeção Preventiva	2	Rever plano de lubrificação	Manutenção Mecânica						
	Travamento	Travamento dos rolos, não chegada ou saída do palete, falha na máquina	8	Falta de lubrificação	4	Inspeção Preventiva	2	Rever plano de lubrificação e inspeção	Manutenção Mecânica						
Travão do motor da mesa	Falha no sinal elétrico	Falha na máquina, interrompe o processo	7	Sujeira	7	Inspeção Preventiva	2	Limpeza	Produção						
		Falha na máquina, interrompe o processo	7	Falta de regulagem	2	Inspeção Preventiva	4	Inspeção preventiva, manutenção preventiva	Manutenção Elétrica						
Pás compactadoras	Ruído anormal	Falha na máquina, interrompe o processo	7	Sensor danificado	1	Inspeção Preventiva	4	Inspeção preventiva	Manutenção Elétrica						
		Possível travamento, ruptura ou quebra de partes	5	Cabo elétrico danificado	1	Inspeção Preventiva	4	Inspeção preventiva	Manutenção Elétrica						
Atuador do sensor de presença de palete	Arrebitado	Falha no sinal do sensor de presença, falha na máquina, interrompe o processo	7	Falta de regulagem	5	Inspeção Preventiva	2	Inspeção preventiva	Manutenção Mecânica						
		Falha no sinal do sensor de presença, falha na máquina, interrompe o processo	7	Fim de vida útil da mola	3	Inspeção Preventiva	2	Inspeção e manutenção preventiva	Manutenção Mecânica / Elétrica						
Correntes de acionamento dos rolos da mesa	Travamento	Falha na movimentação dos rolos, falha na máquina	8	Falta de lubrificação	3	Inspeção Preventiva	2	Inspeção preventiva	Manutenção Mecânica / Elétrica						
		Falha na movimentação dos rolos, falha na máquina	8	Sujeira	3	Inspeção Preventiva	2	Rever plano de lubrificação	Manutenção Mecânica	Produção					

Planilha de Análise de Modos de Falha, Efeitos e Criticidade - FMECA																							
Equipe responsável:		Equipamento:		Data:		12/10/2016																	
Sistema		Subsistema:		Folha:		4																	
Função principal:		Transporte do palete		Função secundária:		Alinhar o palete; organizar o palete; armazenar o palete																	
Item Físico		Efeito da Falha		Causa da Falha		Meio de Detecção		RN		Responsável													
Robôs de transporte	Agramento	Possível travamento dos rolos e parada da máquina	6	Falta de lubrificação	5	Inspeção Preventiva	3	90	Rever plano de lubrificação	Manutenção Mecânica	Produção	Nova Sevidade	Nova Ocorrência	Nova Detecção	Nova RPN								
																6	Sujeira	6	Inspeção Preventiva	2	72	Limpeza	Produção
	Travamento	Desarme da proteção elétrica, parada da máquina	7	Sobrecarga no processo	4	Inspeção da produção	Inspeção Preventiva	1	28	Acompanhamento do processo produtivo	Produção	Manutenção Mecânica	Nova Sevidade	Nova Ocorrência	Nova Detecção	Nova RPN							
																	7	Falta de lubrificação, sobrecarga no processo	3	Inspeção Preventiva	2	42	Inspeção preventiva, rever plano de lubrificação
	Atuadores dos sensores	Desregulado	Falha no sensor de presença de palete, falha na máquina	7	Falha de inspeção e manutenção preventiva	2	Inspeção Preventiva	4	56	Inspeção preventiva, manutenção preventiva	Manutenção Elétrica	Manutenção Elétrica	Nova Sevidade	Nova Ocorrência	Nova Detecção	Nova RPN							
7																	Quebra do sensor	1	Inspeção Preventiva	2	14	Inspeção preventiva	Manutenção Elétrica
7																	Sensor desregulado	3	Inspeção Preventiva	3	63	Inspeção preventiva	Manutenção Elétrica
Sensores de presença de palete	Falha no sinal elétrico	Falha na máquina, interrupção do processo	7	Suporte do sensor desregulado	3	Inspeção Preventiva	3	63	Inspeção preventiva	Manutenção Elétrica	Manutenção Elétrica	Nova Sevidade	Nova Ocorrência	Nova Detecção	Nova RPN								
																7	Falha na máquina, interrupção do processo	3	Inspeção Preventiva	3	63	Inspeção preventiva	Manutenção Elétrica
Barreiras de segurança	Mal contato	Não rearme da falha na barreira, interrupção do processo	7	Sujeira dentro do contato elétrico	7	Inspeção Preventiva	2	98	Manutenção preventiva e limpeza periódica	Manutenção Elétrica	Manutenção Elétrica	Nova Sevidade	Nova Ocorrência	Nova Detecção	Nova RPN								
																7	Contato elétrico danificado	5	Inspeção Preventiva	3	105	Inspeção preventiva, substituição preventiva	Manutenção Elétrica
Correntes de acionamento dos rolos	Desregulado	Não rearme da falha na barreira, interrupção do processo	7	Base das colunas dos sensores desalinhada	5	Inspeção Preventiva	2	70	Inspeção preventiva, manutenção preventiva	Manutenção Elétrica	Manutenção Elétrica	Nova Sevidade	Nova Ocorrência	Nova Detecção	Nova RPN								
																7	Falta de lubrificação	6	Inspeção Preventiva	2	84	Rever plano de lubrificação	Manutenção Mecânica
Correntes de acionamento dos rolos	Travamento	Desarme da proteção elétrica, parada da máquina, falha no transporte de palete	7	Sujeira	6	Inspeção Preventiva	2	84	Limpeza	Produção	Produção	Nova Sevidade	Nova Ocorrência	Nova Detecção	Nova RPN								
																7	Inspeção Preventiva	2	84	Limpeza	Produção		

Fonte: Autor (2016).

APÊNDICE F – PLANILHA DE DOCUMENTAÇÃO DAS TAREFAS DE MANUTENÇÃO

Planilha para Seleção de Tarefas de Manutenção												
MCC	Equipe responsável:	Equipe MCC		Equipamento:		Enscadeira		Data:				
	Sistema:	Paletizadora		Subsistema:		MF-05		Folha:		Tarefa proposta	Frequência	
Item Físico	Modos de Falha	Causa da Falha		Árvore Lógica de Decisão			Diagrama de Decisão para seleção de tarefas					
		Seg.	Oper.	Econ.	Oculta	TP	MP	TI	MOD	QR	QP	MC
Correias de transmissão	Arrebitado		X	X							X	X
	Desregulado		X	X		X						
	Solta		X	X								X
Roldanas	Desgaste			X				X				
	Quebra			X							X	
	Solta			X								X
Pá de fundo da semi-camada	Travado		X	X			X					
	Travado			X				X				
Rolos de transporte	Travado			X				X				

Fonte: Autor (2016).

Planilha para Seleção de Tarefas de Manutenção														
MCC	Equipe responsável:	Equipe MCC	Equipamento:		Enschedeira		Data:		15/10/2016		Frequência			
	Sistema:	Paletizadora	Subsistema:		MF-09		Folha:		2					
Item Físico	Modos de Falha	Causa da Falha	Árvore Lógica de Decisão			Diagrama de Decisão para seleção de tarefas								
			Seg.	Oper.	Econ.	Oculto	TP	MPI	TI	MOD	QR	QP	MC	
Atuador pneumático da pá de paragem	Agarramento	Sujeira no cilindro pneumático		X	X				X	X			Inspeção preventiva, limpeza periódica correta	diária
	Travamento	Retentores danificados		X	X				X	X			Instalar proteção na haste do cilindro atuador	-
	Arrebentada	Fim de vida útil		X	X					X			inspeção preventiva	7d
Correia de Controle do plano abrível	Desregulada	Falta de regulagem e ajuste da correia		X	X				X	X			ajuste do tensionamento da correia	15d
	Travamento	Falta de regulagem e ajuste da correia		X	X				X	X			ajuste do tensionamento da correia	15d
Sensor de pá de paragem da mesa	Cabo arrebentado	Limpeza inadequada		X	X				X	X			Orientar o operador a fazer a limpeza correta e diária	diária
		Prensamento do cabo		X	X				X	X			reduzir o período de inspeção, proteger partes expostas a possíveis prensamentos	15d
	Danificado	Fim de vida útil Quebra		X	X				X	X			Realizar inspeção periódica	7d
Correias de controle das pás	Falha no sinal elétrico	Sensor desregulado		X	X				X	X			Verificar ajuste e alinhamento do sensor	7d
	Desregulada	Falta de cuidado na limpeza e retirada dos sacos		X	X				X	X		não	Orientar o operador a fazer a limpeza correta e diária	diária

Fonte: Autor (2016).

Planilha para Seleção de Tarefas de Manutenção																
MCC	Equipe responsável:	Equipe MCC	Equipamento:			Enschedeira			Data:	15/10/2016						
	Sistema:	Paletizadora	Subsistema:			MF-09			Folha:	3						
Item Físico	Modos de Falha	Causa da Falha	Diagrama de Decisão para seleção de tarefas						Já existe tarefa de manutenção? Qual?	Tarefa proposta	Frequência					
			Árvore Lógica de Decisão			TI										
				Seg.	Oper.	Econ.	Oculto	TP	MP	TI	MOD	QR	QP	MC		
Roldanas do plano abrível	Desgaste	Fim de vida útil		X	X					X					inspeção periódica do desgaste	15d
	Quebra	Correia do plano desregulada		X	X				X	X					inspeção periódica, ajuste do tensionamento das correias e limpeza do trilho guia	15d
Rolamentos de elevação da mesa	Desgaste	Falta de lubrificação		X	X				X	X					Inspeção e lubrificação periódica	7d
	Travamento	Falta de lubrificação		X	X				X	X					Inspeção e lubrificação periódica	7d
Rolos da mesa	Ruído anormal	Falta de lubrificação		X	X				X	X					Inspeção e lubrificação periódica	7d
	Travamento	Falta de lubrificação		X	X				X	X					Inspeção e lubrificação periódica	7d
Travão do motor da mesa	Falha no sinal elétrico	Falta de regulagem	X	X					X	X					testar periodicamente	15d
		Sensor danificado	X	X					X	X					testar periodicamente	15d
		Cabo elétrico danificado	X	X						X	X				testar periodicamente	15d
Pás compactadoras	Ruído anormal	Falta de regulagem		X	X				X	X					inspeção e limpeza	15d
		Falta de regulagem		X	X				X	X					Inspeção e regulagem	7d
Atuador do sensor de presença de palete	Arrebitado	Fim de vida útil da mola		X	X								X	substituição preventiva	verificar vida útil	
Correntes de acionamento dos rolos da mesa	Arrebitada	Falta de lubrificação		X	X				X	X					Inspeção e lubrificação periódica	7d
		Travamento		X	X				X	X					limpeza periódica	diária
		Quebra de elo da corrente		X	X					X				inspeção periódica	7d	

Fonte: Autor (2016).

Planhilha para Seleção de Tarefas de Manutenção																
MCC	Equipe responsável:	Equipe MCC		Equipamento:		Enscadeira		Data:		15/10/2016		Folha:		4		
	Sistema:	Paletizadora		Subsistema:		MF-10		Já existe tarefa de manutenção? Qual?		Inspeção e lubrificação periódica		Tarefa proposta		Frequência		
Item Físico	Modos de Falha	Causa da Falha		Árvore Lógica de Decisão		Diagrama de Decisão para seleção de tarefas						Inspeção e lubrificação periódica	inspeção do alinhamento dos paletes	Inspeção e lubrificação periódica	7d	
		Seg.	Oper.	Econ.	Oculto	TP	MP	TI	MOD	QR	QP					MC
Rolos de transporte	Agarramento		X	X						X	X					7d
	Sobrecarga		X								X					7d
	Travamento		X	X						X	X					7d
Atuadores dos sensores	Desregulado		X							X	X					7d
			X	X							X					7d
Sensores de presença de paléte	Falha no sinal elétrico		X								X					7d
			X								X					7d
Barreiras de segurança	Mal contato		X	X						X	X					7d
			X	X							X					7d
Correntes de acionamento dos rolos	Desregulado		X								X					15d
			X								X					7d
	Agarramento		X							X	X					7d

Fonte: Autor (2016).

ANEXO A – FORMULÁRIO FMECA

FMECA - Análise de Modos de Falha, Efeitos e Criticidade																				
Produto:	Item	Componente	Função	Modo da Falha	Efeito da Falha	Severidade	Causa da Falha	Ocorrência	Meio de Detecção	Detecção	RPN	Ações Corretivas / Preventivas	Responsável	Prazo	Ação Tomada	Nova Severidade	Nova Ocorrência	Nova Detecção	Nova RPN	

Fonte: LAFRAIA, 2001, p. 120 – 121. (Adaptado pelo autor)

ANEXO B – DESCRIÇÃO DO APLICADOR DE SACOS

Formulário de Documentação do Sistema

MCC

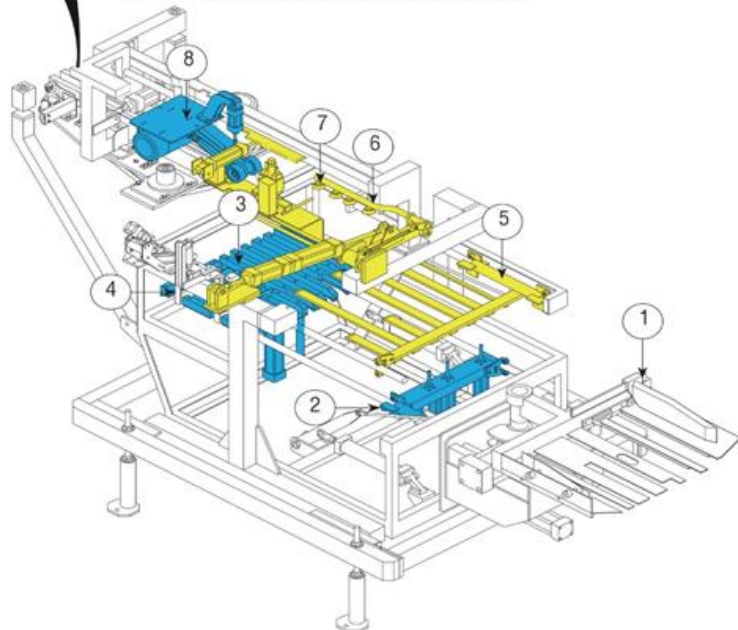
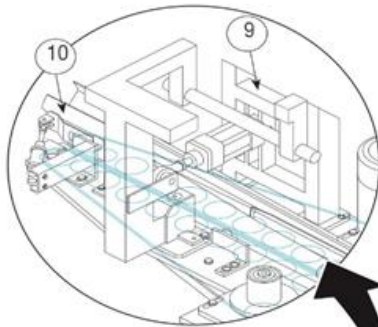
Unidade: Ensacadeira Ventomatic	Código: E1	Facilitador: Ruggieri	Data: 17/08/2016	Folha 1
Item: Sistema Aplicador Sacos	Código: Z40	Auditor: Elifas	Data:	De: 1

Tipo

3.3 - DESCRIÇÃO DA MÁQUINA

O aplicador de sacos Infilrot Z40 é composta por:

1. Traslador de sacos (Pos.1 Fig.3.1) (opcional) que recebe os sacos e os posiciona no interior da máquina, na proximidade do grupo empurrador de sacos.
2. Empurrador de sacos (Pos.2 Fig.3.1), composto por empurradores retrácteis, que mediante uma alavanca translada os sacos para a mesa de elevação.
3. Mesa de elevação (Pos.3 Fig.3.1) que eleva os sacos para a posição de remoção.
4. Grupo compactador de sacos (Pos.4 Fig.3.1) que empurra os sacos contra as protecções de referência.
5. Forquilhas de suporte (Pos.5 Fig.3.1) que se posicionam entre as aberturas da mesa de elevação e suportam os últimos sacos restantes. A introdução das forquilhas permite a descida da mesa que recebe um novo pacote de sacos através do grupo empurrador de sacos; deste modo, obtém-se uma alimentação contínua.
6. Grupos de prensão do saco (Pos.6 Fig.3.1) que elevam o saco por intermédio de ventosas, transportando-o até a um plano de apoio. A prensão do saco é facilitada por duas ventosas (Pos.7 Fig.3.1) que elevam a parte traseira do saco.
7. Grupo de disparo (Pos.8 Fig.3.1) que transfere o saco do grupo de prensão do saco até a área de lançamento através de duas rodas de borracha em constante rotação.
8. Grupo de lançamento (Pos.9 Fig.3.1) que transporta o saco para o cone de lançamento através de duas correias contrapostas de modo que a válvula possa assumir uma forma adequada para ser aplicada no bico da ensacadora. Na extremidade do grupo de lançamento, estão posicionadas as guias de prolongamento (Pos.10 Fig.3.1) com a função de facilitar a aplicação do saco vazio no bico da ensacadora.



3.1

Fonte: Manual de Uso e Manutenção – Infilrot Z40, VENTOMATIC, 2009. (Adaptado pelo autor)

ANEXO C – DESCRIÇÃO DA ENSACADEIRA ROTATIVA

Formulário de Documentação do Sistema

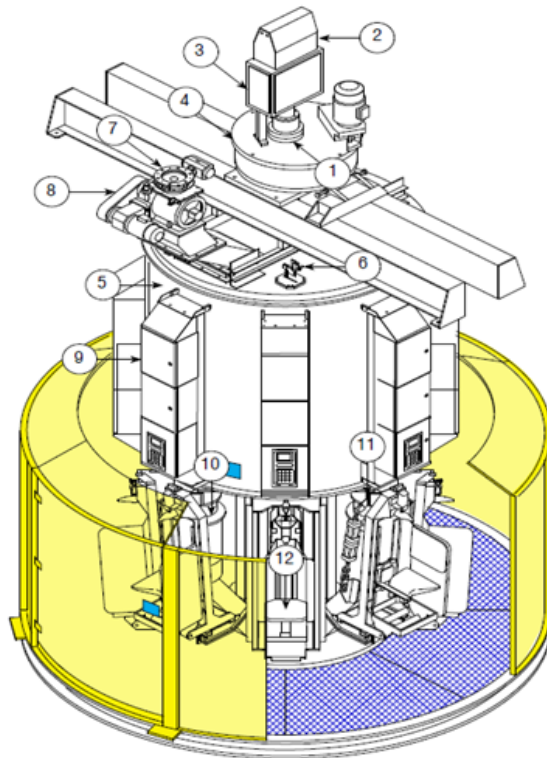
MCC

Unidade: Ensacadeira Ventomatic	Código: E1	Facilitador: Ruggieri	Data: 17/08/2016	Folha 1
Item: Ensacadeira Rotativa	Código: Geo/Gev Plus	Auditor: Elifas	Data:	De: 1

Tipo

A ensacadora rotativa é composta pelos seguintes grupos funcionais:

- um corpo da máquina composto por uma árvore central (Pos.1) comandada por um motorreductor e sustentada por travess de suporte específicas;
- um grupo magic box (Pos.2) que detecta a posição angular da ensacadora e estabelece os tempos de intervenção para aplicação, preenchimento, pesagem e evacuação do saco;
- um colector eléctrico (Pos.3) que transmite a potência aos componentes eléctricos da ensacadora;
- um redutor de rotação (Pos.4) que transmite a rotação do motorreductor à árvore da ensacadora;
- um reservatório (Pos.5) que contendo o produto para ensacar;
- um indicador de nível (Pos.6), instalado no interior do reservatório, que sinaliza a falta de produto;
- uma válvula borboleta (Pos.7) que permite a passagem do produto da tremonha superior;
- um doseador (Pos.8) que alimenta o reservatório da ensacadora com o produto para ensacar;
- um grupo de comando (Pos.9), instalado por cima de cada boca, que contendo os dispositivos eléctricos, pneumáticos e electrónicos para o comando da boca;
- os grupos propulsores (Pos.10), instalados atrás do porta-sacos, que enviam o produto do reservatório para o bico da ensacadora;
- os grupos de guilhotina (Pos.11), instalados entre o grupo propulsor e o porta-sacos, que regulam a passagem de produto do reservatório para o bico da ensacadora;
- os grupos porta-sacos (Pos.12) que sustentam o saco durante o ciclo de enchimento;
- um suporte inferior que permite a rotação da ensacadora.



Fonte: Manual de Uso e Manutenção – Ensacadora Geo/Gev Plus, VENTOMATIC, 2010. (Adaptado pelo autor)

ANEXO D – DESCRIÇÃO DAS CORREIAS DE TRANSPORTE

Formulário de Documentação do Sistema					
MCC	Unidade: Ensacadeira Ventomatic	Código: E1	Facilitador: Ruggieri	Data: 17/08/2016	Folha 1
	Item: Correias de Transporte	Código: Ventosort	Auditor: Elifas	Data:	De: 1

Tipo	
<p>3.2 - DESCRIÇÃO DA MÁQUINA</p>	<p>O sistema de tratamento de sacos Ventosort Cube é composto por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • esteira de expulsão (Pos.1 Fig.3.1); • limpador-mexedor (Pos.2 Fig.3.1) ou, em alternativa, limpador de esteira; • esteira estabilizadora (Pos.3 Fig.3.1) (opcional); • balança de esteira Ventocheck (Pos.4 Fig.3.1); • descarta-sacos (Pos.5 Fig.3.1); • corta-sacos (Pos.6 Fig.3.1) e crivo rotativo (Pos.7 Fig.3.1); • reciclagem do material (Pos.8 Fig.3.1).

ANEXO E – DESCRIÇÃO DA PALETIZADORA

Formulário de Documentação do Sistema

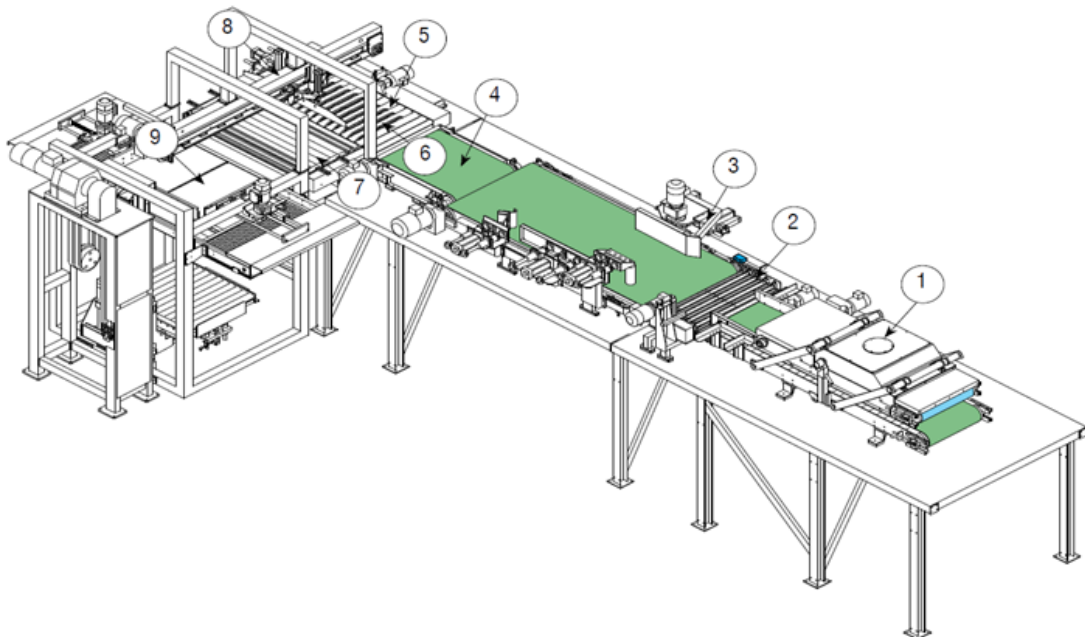
MCC

Unidade: Ensacadeira Ventomatic	Código: E1	Facilitador: Ruggieri	Data: 17/08/2016	Folha 1
Item: Paletizadora	Código: Polimat C40	Auditor: Elifas	Data:	De: 1

Tipo

Módulos funcionais do paletizador Polimat C40:

1. módulo cadenciador/prensador;
2. transportador de rolos de lançamento;
3. grupo de orientação dos sacos;
4. esteira de acumulação/transferência;
5. transportador de rolos de formação da semi-camada;
6. transportador de correias;
7. transportador de rolos de formação da camada;
8. módulo desloca-camada;
9. mesa de elevação e planos de abertura.



ANEXO F – DESCRIÇÃO DA ENVOLVEDORA

Formulário de Documentação do Sistema					
MCC	Unidade: Ensacadeira Ventomatic	Código: E1	Facilitador: Ruggieri	Data: 17/08/2016	Folha 1
	Item: Envolvedora	Código: Wulftec	Auditor: Elifas	Data:	De: 1

Tipo

1. Acionamento elétrico, giro da envolvedora
2. Cabeçote, contém o filme plástico
3. Painel Elétrico
4. Arame de corte do filme
5. Tapete de rolos

O diagrama ilustra a estrutura mecânica da envolvedora. Um painel elétrico (3) está conectado ao sistema de acionamento (1) que gira a estrutura superior. O cabeçote (2) guia o filme plástico sobre o tapete de rolos (5). Um arame de corte (4) corta o filme no ponto de contato com o tapete.

Fonte: Manual do usuário e guias de referências – WCRT-200, WULFTEC, 2009. (Adaptado pelo autor)

ANEXO G – DESCRIÇÃO DO MÓDULO CADENCIADOR/PRENSADOR

Formulário de Documentação do Sistema

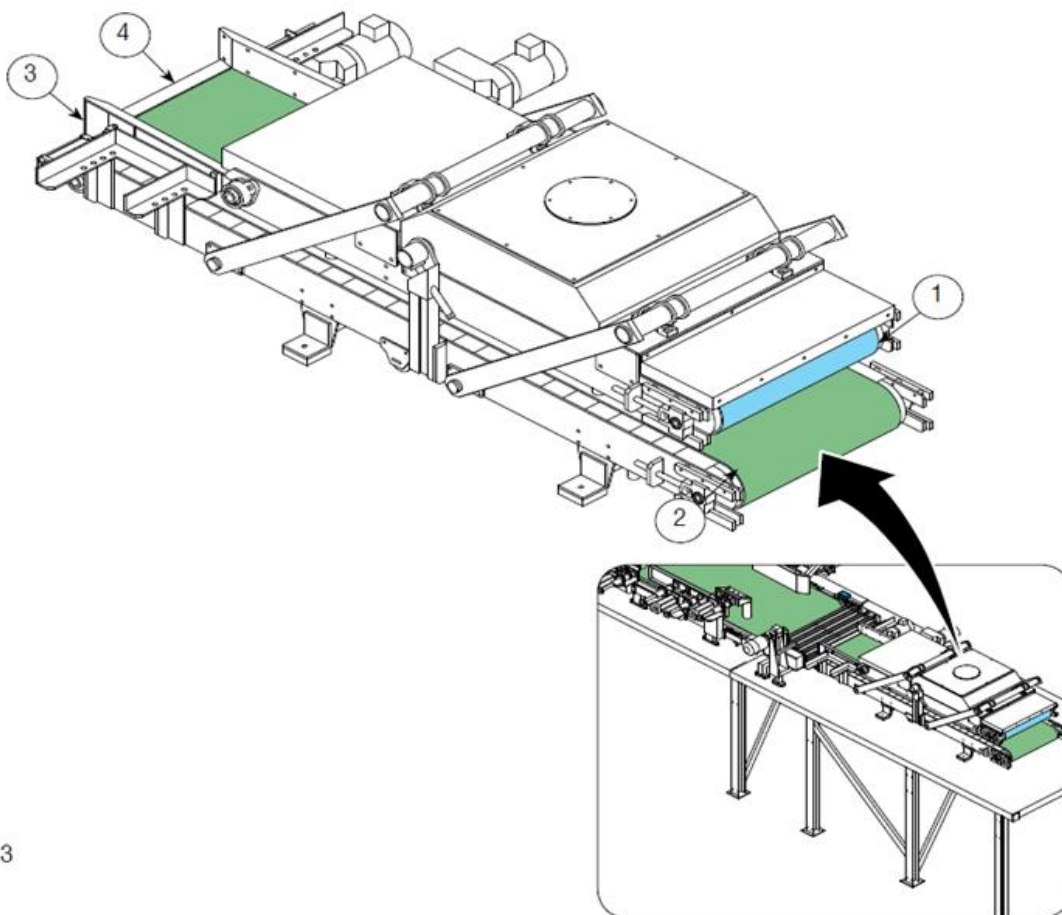
MCC

Unidade: Paletizadora	Código: E1	Facilitador: Ruggieri	Data: 17/08/2016	Folha 1
Item: Módulo Cadenc./Prens.	Código: MF01	Auditor: Elifas	Data:	De: 1

Tipo

3.1.1 - MÓDULO CADENCIADOR/ PRENSADOR

Este módulo é composto por uma dupla esteira prensadora (Pos.1/2 Fig.3.3), pás de alinhamento (Pos.3 Fig.3.3), armação e estrutura de apoio. As esteiras prensadoras (Pos.1/2 Fig.3.3), motorizadas por dois motorreductores accionados por um único variador de frequência, pressionam o saco, expelindo todo o ar. A esteira prensadora superior (Pos.1 Fig.3.3) é regulável em altura para permitir a prensagem pretendida dos sacos. As pás de alinhamento (Pos.3 Fig.3.3) a duas posições, reguláveis manualmente ou através de actuadores pneumáticos, centram o saco na linha mediana do módulo. À saída da esteira prensadora está montado um rolo livre (Pos.4 Fig.3.3) que limita o desgaste do tapete.



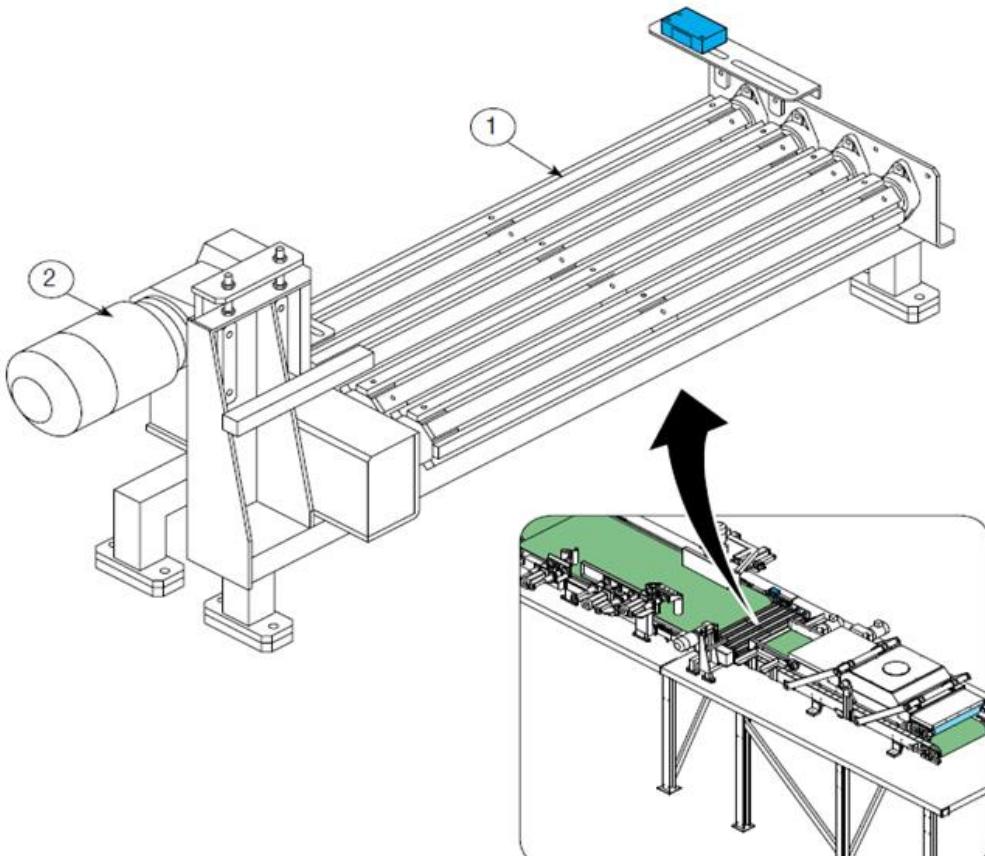
3.3

ANEXO H – DESCRIÇÃO DO TRANSPORTADOR DE ROLOS DE LANÇAMENTO

Formulário de Documentação do Sistema					
MCC	Unidade: Paletizadora	Código: E1	Facilitador: Ruggieri	Data: 17/08/2016	Folha 1
	Item: Trasnp. Rolos Lançam.	Código: MF02	Auditor: Elifas	Data:	De: 1

Tipo	
<p>3.1.2 - TRANSPORTADOR DE ROLOS DE LANÇAMENTO</p>	<p>O transportador de rolos de lançamento (Fig.3.4) acelera os sacos que chegam da esteira prensadora, permitindo reduzir os problemas de fricção ou queda devido à diferença de velocidade entre a esteira prensadora e a esteira orienta-sacos.</p> <p>O grupo é posicionado entre o módulo cadenciador/prensador e o grupo orientador de sacos e é composto por quatro rolos comandados (Pos.1 Fig.3.4) que rodam a velocidade constante através de um motorreductor (Pos.2 Fig.3.4).</p>

3.4



Fonte: Manual de Uso e Manutenção – Polimat C40, VENTOMATIC, 2010. (Adaptado pelo autor)

ANEXO I – DESCRIÇÃO DO GRUPO ORIENTADOR DOS SACOS

Formulário de Documentação do Sistema

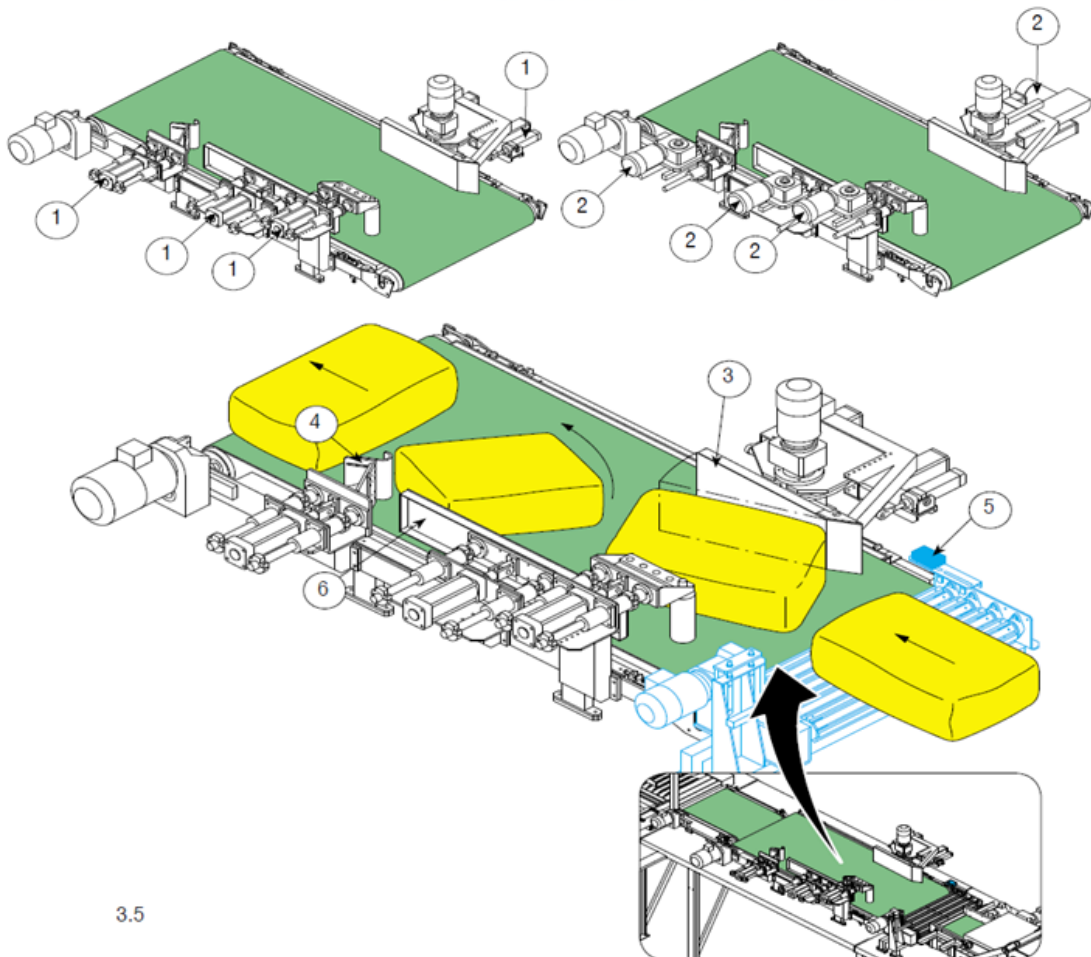
MCC

Unidade: Paletizadora	Código: E1	Facilitador: Ruggieri	Data: 17/08/2016	Folha 1
Item: G. Orient. Sacos	Código: MF03	Auditor: Elifas	Data:	De: 1

Tipo

3.1.3 - GRUPO ORIENTADOR DOS SACOS

O grupo orientador dos sacos (roda-sacos) transporta os sacos do transportador de rolos de lançamento até à esteira de acumulação/transferência e roda os sacos a 90°, consoante a camada em formação. Na versão padrão, a regulação para a mudança de formato do saco é realizada com actuadores pneumáticos (Pos.1 Fig.3.5), mas em alternativa pode ser realizada com motorreductores (Pos.2 Fig.3.5) (opcional). A rotação é feita em dois tempos: a primeira deslocação é feita pela pá (Pos.3 Fig.3.5), e a segunda pela roda-sacos (Pos.4 Fig.3.5). O saco que entra é interceptado por uma fotocélula (Pos.5 Fig.3.5). Depois de um intervalo de tempo pré-estabelecido, o sinal activa o motorreductor que, através de uma came irá accionar a pá (Pos.3 Fig.3.5), que inclina o saco em cerca de 30°. Para evitar que o saco seja desviado excessivamente, é colocada uma protecção de segurança lateral (Pos.6 Fig.3.5). Durante o transporte na esteira, o saco inclinado desta forma encontra na sua trajectória o rolo roda-sacos (Pos.4 Fig.3.5), que completa a rotação a 90°.



Fonte: Manual de Uso e Manutenção – Polimat C40, VENTOMATIC, 2010. (Adaptado pelo autor)

ANEXO J – DESCRIÇÃO DA ESTEIRA DE ACUMULAÇÃO/TRANSFERÊNCIA

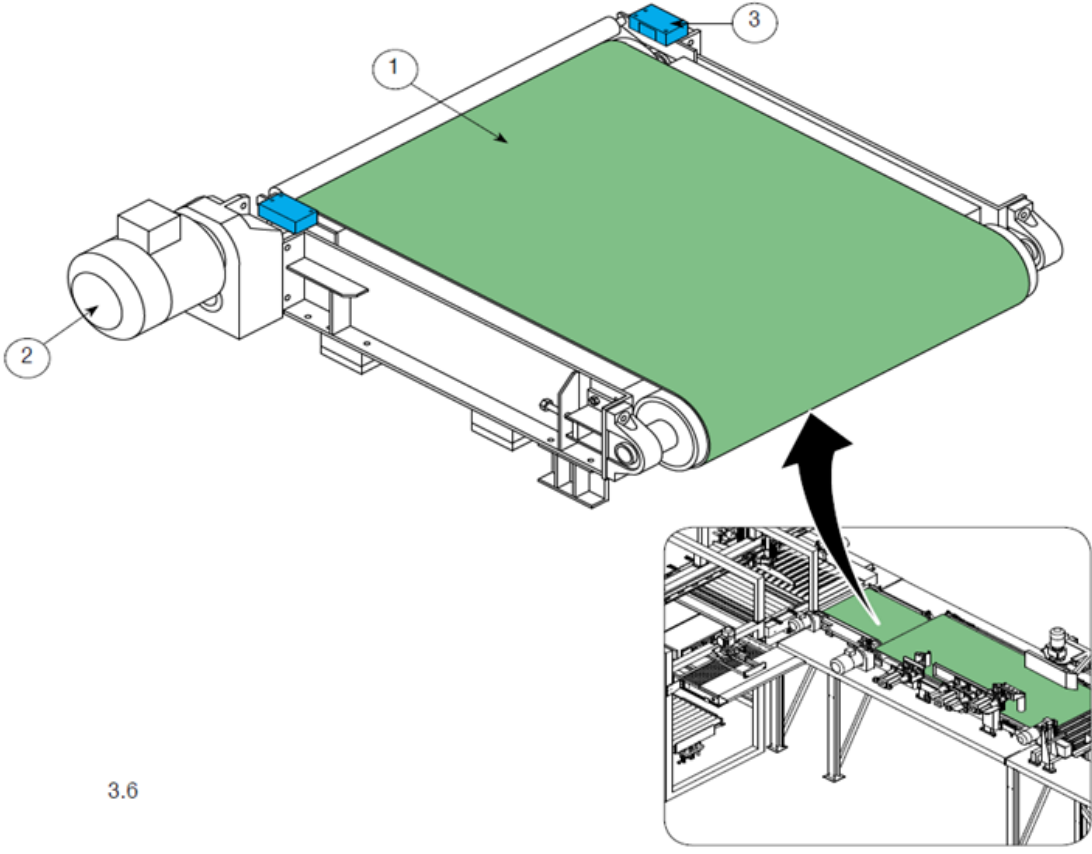
Formulário de Documentação do Sistema					
MCC	Unidade: Paletizadora	Código: E1	Facilitador: Ruggieri	Data: 17/08/2016	Folha 1
	Item: Est. Acum/Transferencia	Código: MF04	Auditor: Elifas	Data:	De: 1

Tipo

**3.1.4 - ESTEIRA DE ACUMULAÇÃO/
TRANSFERÊNCIA**

A esteira de acumulação/transferência forma as filas de sacos que compõem a semi-camada.
O grupo, posicionado entre o grupo orientador de sacos e o transportador de formação de semi-camada, é composto por uma esteira transportadora (Pos.1 Fig.3.6) movimentada por um motorreductor com inversor (Pos.2 Fig.3.6) e uma fotocélula (Pos.3 Fig.3.6).

O saco chega rodado ou direito na esteira de acumulação/transferência, de acordo com a posição que ocupará na semi-camada. A fotocélula do grupo orientador de sacos envia o sinal que o primeiro saco se está a aproximar da esteira de acumulação/transferência e esta última, após um intervalo de tempo, pára para formar a fila de sacos, que de seguida é transferida para o transportador de rolos de formação de semi-camada.



3.6

Fonte: Manual de Uso e Manutenção – Polimat C40, VENTOMATIC, 2010. (Adaptado pelo autor)

ANEXO K – DESCRIÇÃO DO TRANSPORTADOR DE ROLOS DA SEMI-CAMADA

Formulário de Documentação do Sistema					
MCC	Unidade: Paletizadora	Código: E1	Facilitador: Ruggieri	Data: 17/08/2016	Folha 1
	Item: T. Rolos Semi-camada	Código: MF05	Auditor: Elifas	Data:	De: 1

Tipo

3.1.5 - TRANSPORTADOR DE ROLOS DE FORMAÇÃO DA SEMI-CAMADA

O transportador de rolos de formação de semi-camada recebe as filas de sacos que chegam da esteira de acumulação/transferência.

Este grupo é composto por um transportador de rolos motorizado (Pos.1 Fig.3.7) movimentado através de uma correia ou de um motorreductor com inversor (Pos.2 Fig.3.7). As correias motorizadas do grupo transportador com correias encontram-se entre os rolos.

Quando o transportador de rolos de formação de semi-camada está livre e o transportador com correias está abaixado, os sacos podem prosseguir até à pá de fundo de semi-camada (Pos.3 Fig.3.7). Quando a fila de sacos estiver sobre o transportador de rolos, a pá de fundo de semi-camada recua alguns centímetros (através de um actuador pneumático) e o transportador de correias sobe, deslocando os sacos para o transportador de rolos de formação de camada.

O transportador de rolos de formação de semi-camada, com motorização independente, deve permanecer ligado o menor tempo possível, mas o suficiente para garantir o alinhamento da fila de sacos. De seguida, o transportador de rolos interrompe o funcionamento para permitir a translação dos sacos através do transportador de correias.

3.7

Fonte: Manual de Uso e Manutenção – Polimat C40, VENTOMATIC, 2010. (Adaptado pelo autor)

ANEXO L – DESCRIÇÃO DO TRANSPORTADOR DE CORREIAS

Formulário de Documentação do Sistema

MCC

Unidade: Paletizadora	Código: E1	Facilitador: Ruggieri	Data: 17/08/2016	Folha 1
Item: Transp. Correias	Código: MF06	Auditor: Elifas	Data:	De: 1

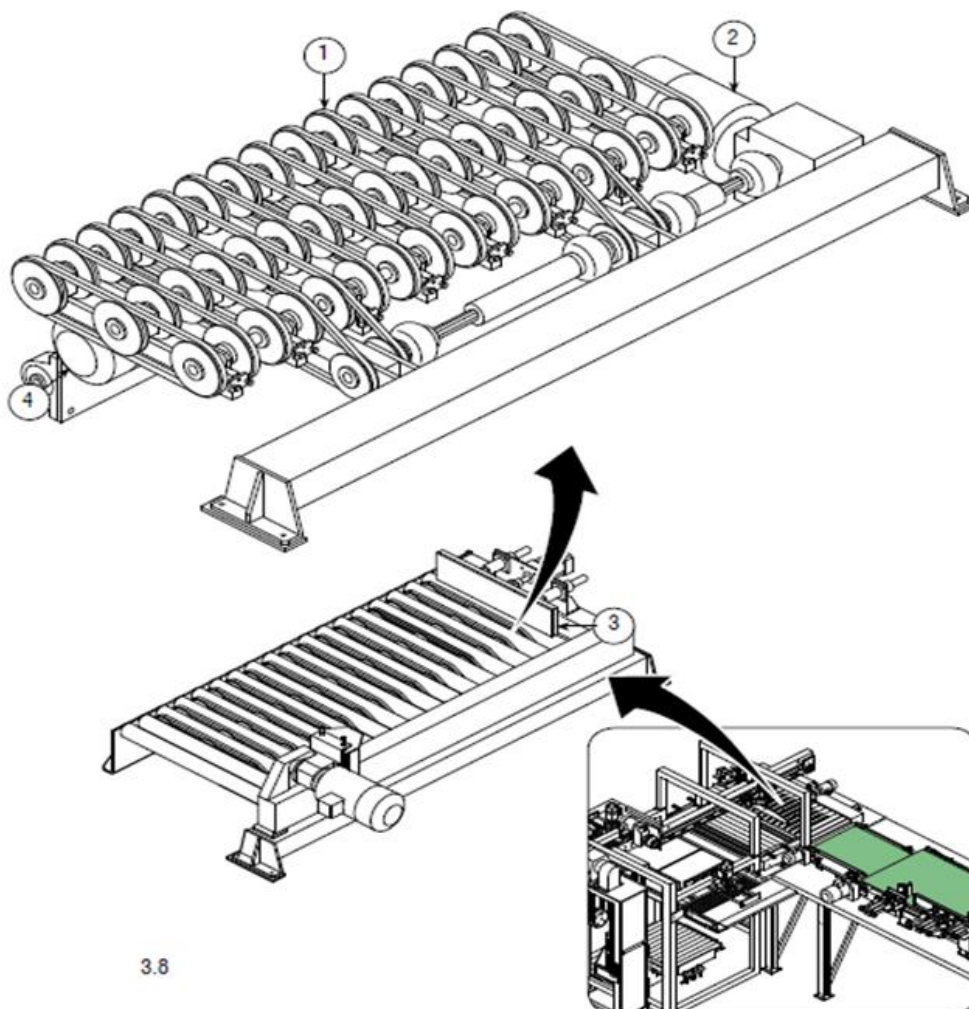
Tipo

3.1.6 - TRANSPORTADOR DE CORREIAS

O transportador de correias translada a semi-camada do transportador de rolos de formação de semi-camada para o transportador de rolos de formação de camada.

Este grupo é constituído por correias motorizadas (Pos.1 Fig.3.8) situadas entre os rolos do grupo de formação de semi-camada e movimentadas através de um motorreductor (Pos.2 Fig.3.8).

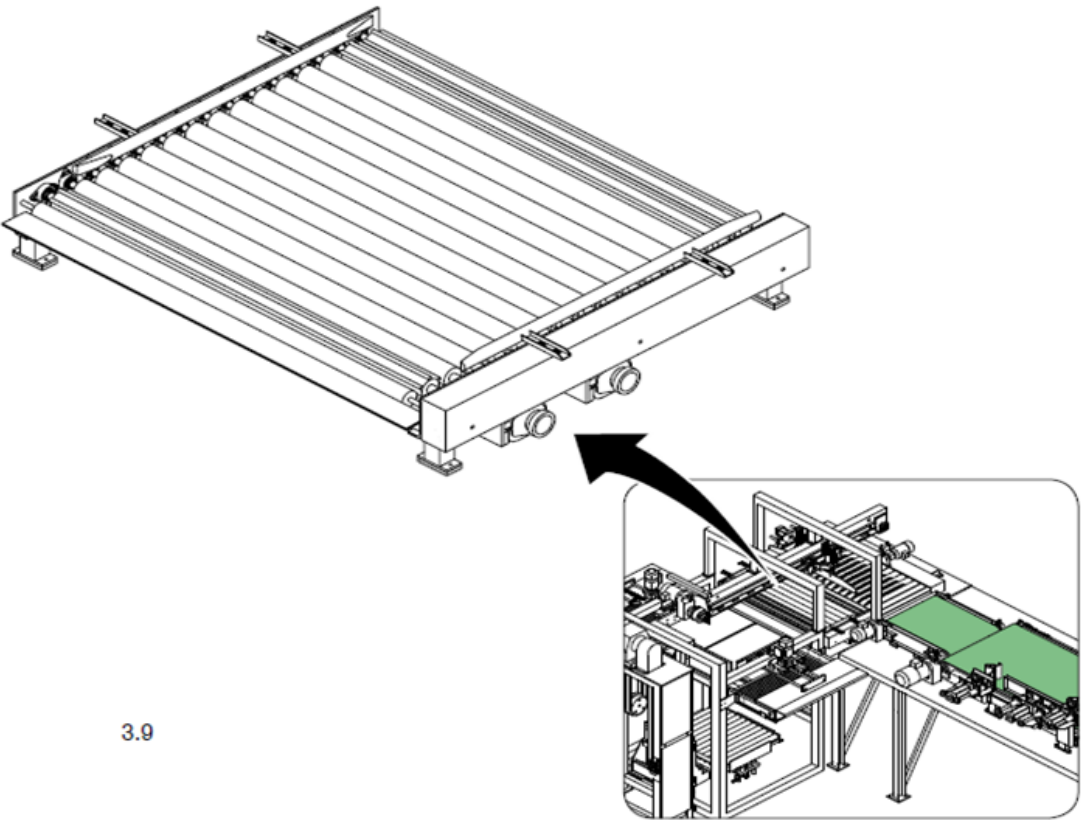
Depois de a fila de sacos estar posicionada sobre o transportador de rolos de formação de semi-camada, a pá de fundo de semi-camada (Pos.3 Fig.3.8) recua alguns centímetros e o transportador de correias sobe, deslocando os sacos para o transportador de rolos de formação de camada onde é completada a camada. A elevação do grupo é realizada com um cinematisimo biela-manivelo accionado por um motorreductor (Pos.4 Fig.3.8).



ANEXO M – DESCRIÇÃO DO TRANSPORTADOR DE ROLOS DE FORMAÇÃO DE CAMADA

Formulário de Documentação do Sistema				
MCC	Unidade: Paletizadora	Código: E1	Facilitador: Ruggieri	Data: 17/08/2016
	Item: TP Formação Camada	Código: MF07	Auditor: Elifas	Data:
			Folha 1	De: 1

Tipo	
<p>3.1.7 - TRANSPORTADOR DE ROLOS DE FORMAÇÃO DE CAMADA</p>	<p>Neste transportador de rolos é formada a camada de sacos composta por duas semi-camadas. Quando a camada fica completa, é transportada para os planos de abertura para ser de seguida depositada nas paletes.</p> <p>O transportador de rolos de formação de camada está equipado com dois motorreductores: o primeiro transmite movimento a todos os rolos através de uma transmissão de correias dentadas, excepto o último rolo, que dispõe de motorização independente. Durante a formação da camada, o último rolo permanece imóvel e é activado apenas para a translação da camada para o plano de abertura.</p>



3.9

ANEXO N – DESCRIÇÃO DO MÓDULO DESLOCA-CAMADA

Formulário de Documentação do Sistema

MCC

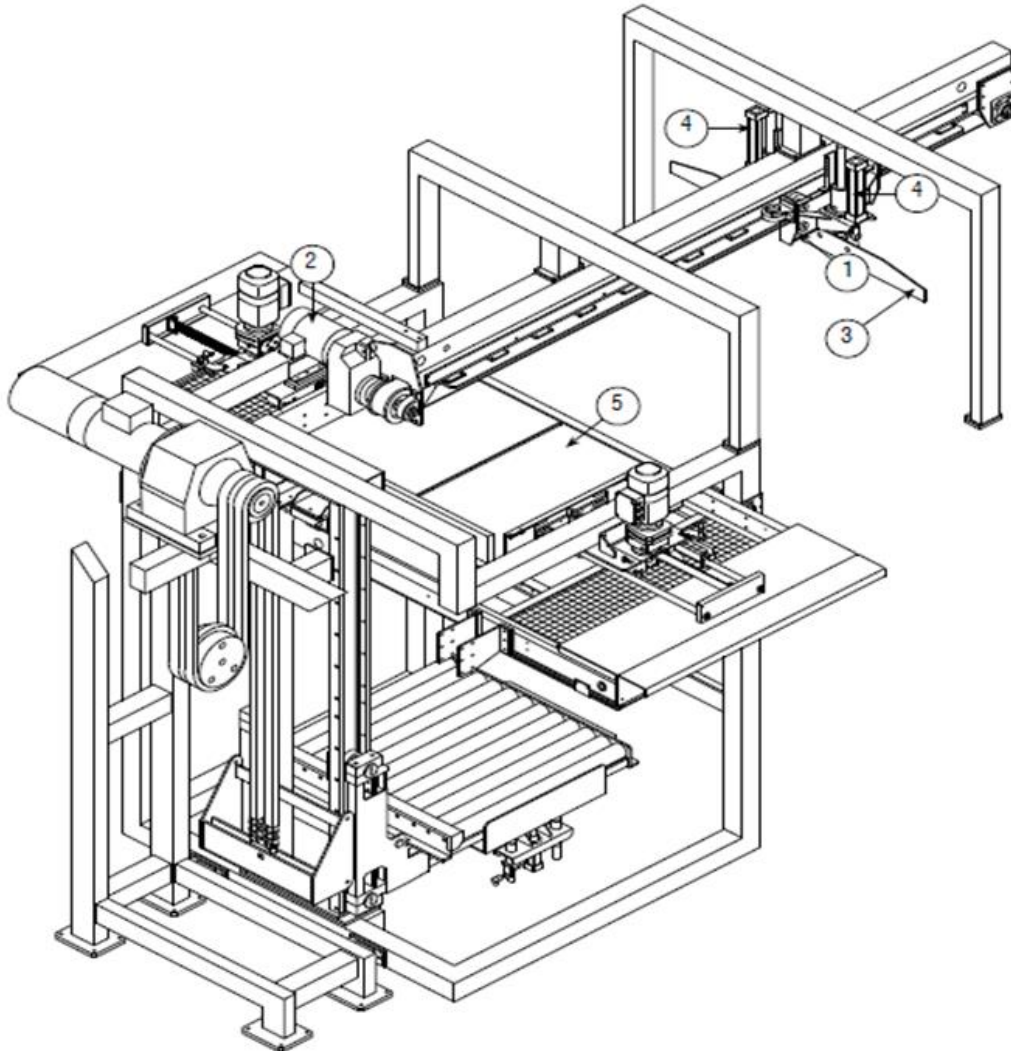
Unidade: Paletizadora	Código: E1	Facilitador: Ruggieri	Data: 17/08/2016	Folha 1
Item: Módulo Desloc. Camada	Código: MF08	Auditor: Elifas	Data:	De: 1

Tipo

3.1.8 - MÓDULO DESLOCA-CAMADA

O módulo desloca-camada é composto por uma estrutura sobre a qual corre um carro (Pos.1 Fig.3.10) motorizado através de um motorreductor (Pos.2 Fig.3.10) e uma correia dentada. No carro (Pos.1 Fig.3.10) estão montadas duas guias lineares que permitem à pá (Pos.3 Fig.3.10), accionada por actuadores pneumáticos (Pos.4 Fig.3.10), descer por detrás da camada (o curso vertical é um valor predefinido) e transladá-la para os planos de abertura (Pos.5 Fig.3.10).

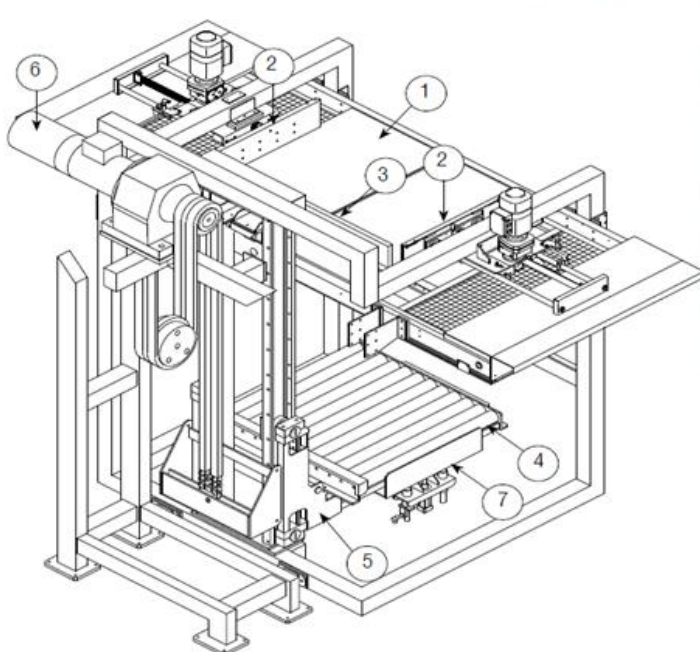
O curso do carro porta-paletes é regulável em função das medidas da camada; quanto mais pequena for a camada, maior será o curso.



3.10

Fonte: Manual de Uso e Manutenção – Polimat C40, VENTOMATIC, 2010. (Adaptado pelo autor)

ANEXO O – DESCRIÇÃO DA MESA DE ELEVAÇÃO E PLANOS DE ABERTURA

Formulário de Documentação do Sistema					
MCC	Unidade: Paletizadora	Código: E1	Facilitador: Ruggieri	Data: 17/08/2016	Folha 1
	Item: Mesa Elev. Plan. Abert	Código: MF09	Auditor: Elifas	Data:	De: 1
Tipo					
3.1.9 - MESA DE ELEVAÇÃO E PLANOS DE ABERTURA		<p>A camada de sacos formanda é transportada para os planos de abertura (Pos.1 Fig.3.11); para evitar que durante o movimento a camada se desfaça, são activadas pás que o compactam dos lados: trata-se de duas pás laterais (Pos.2 Fig.3.11), uma de fundo (Pos.3 Fig.3.11) e uma pá deslocada-camada.</p> <p>As pás laterais (Pos.2 Fig.3.11) são controladas por motorreductores e são configuradas de acordo com o tipo de camada.</p> <p>A pá de fundo (Pos.3 Fig.3.11) é accionada por um actuador pneumático, mas está também disponível uma versão controlada por um motorreductor (opcional).</p> <p>Os planos de abertura (Pos.1 Fig.3.11) são compostos por duas placas ao longo das guias; o seu movimento é conferido por um motorreductor accionado por um variador de frequência.</p> <p>Quando os planos (Pos.1 Fig.3.11) se abrem, a camada deposita-se na palete em formação, já posicionada sob o plano de abertura e apoiada no transportador de rolos (Pos.4 Fig.3.11).</p> <p>Para permitir o fecho dos planos, a palete baixa-se e retoma outro ciclo de depósito.</p> <p>A mesa de elevação (Pos.5 Fig.3.11) é formada por guias verticais, uma armação e um transportador de rolos motorizado.</p> <p>Um motorreductor com codificador (Pos.6 Fig.3.11) controla a mesa de elevação (Pos.5 Fig.3.11).</p> <p>O transportador de rolos motorizado (Pos.4 Fig.3.11) recebe a palete vazia, enquanto a pá de bloqueio mecânico se eleva, bloqueando a palete.</p> <p>A mesa de elevação (Pos.5 Fig.3.11) sobe, à velocidade máxima, com a palete vazia até aos planos de abertura (Pos.1 Fig.3.11) para receber a camada.</p> <p>Depois de a camada ter sido depositada, a mesa desce lentamente, permitindo assim que os planos de abertura (Pos.1 Fig.3.11) se fechem. A mesa eleva-se para comprimir a camada e por fim desce; quando todas as camadas tiverem sido depositadas, desce rapidamente para evacuar a palete cheia e recolher uma palete vazia. As camadas de sacos podem ser realizadas sem qualquer tipo de suporte (folha ou pá); neste caso, o transportador de rolos é substituído por uma esteira transportadora.</p>			
					

Fonte: Manual de Uso e Manutenção – Polimat C40, VENTOMATIC, 2010. (Adaptado pelo autor)

ANEXO P – DESCRIÇÃO DO TAPETE DE ROLOS

Formulário de Documentação do Sistema					
MCC	Unidade:	Código:	Facilitador:	Data:	Folha
	Paletizadora	E1	Ruggieri	17/08/2016	1
	Item:	Código:	Auditor:	Data:	De:
	Tapete de rolos	MF10.1	Elifas		1

Tipo

7.3 - TRANSPORTADOR DE ROLOS

O transportador de rolos de paletes cheias é utilizado para transferir as paletes para os ciclos de trabalho seguintes.
 O transportador de rolos é composto por uma estrutura (Pos.1 Fig.7.4) que dispõe de rolos motorizados (Pos.2 Fig.7.4) através de corrente controlada por um motorreductor (Pos.3 Fig.7.4).
 O transportador de rolos dispõe de um apalpador, que indica a presença de paletes. O apalpador é composto por dois elementos elásticos (Pos.4 Fig.7.4) que elevam a estrutura (Pos.5 Fig.7.4) porta-rolo apalpador (Pos.6 Fig.7.4). Quando a paleta transita, o rolo apalpador baixa, fazendo rodar a estrutura (Pos.5 Fig.7.4) que, através de um sensor (Pos.7 Fig.7.4), identifica a presença de paletes.

Fonte: Manual de Uso e Manutenção – Polimat C40, VENTOMATIC, 2010. (Adaptado pelo autor)

ANEXO Q – DESCRIÇÃO DO TRANSLADOR

Formulário de Documentação do Sistema					
MCC	Unidade: Paletizadora	Código: E1	Facilitador: Ruggieri	Data: 17/08/2016	Folha 1
	Item: Translador	Código: MF10.2	Auditor: Elifas	Data:	De: 1

Tipo	
<p>7.6 - TRANSPORTADOR DE ROLOS DE TRANSLAÇÃO DE PALETES CHEIAS</p>	<p>O transportador de rolos de translação é utilizado para a transferência de paletes entre as linhas de transporte paralelas.</p> <p>A figura 7.9 representa um transportador de rolos de translação para paletes cheias.</p> <p>O transportador de rolos de translação para paletes vazias é caracterizado por um número mais reduzido de rolos (metade), com um revestimento em borracha.</p> <p>O transportador de rolos de translação é composto por uma via de curso (Pos.1 Fig.7.9) que serve de apoio a um carro transportador com rodas (Pos.2 Fig.7.9), com rolos motorizados (Pos.3 Fig.7.9). A translação do carro (Pos.2 Fig.7.9) e os rolos motorizados (Pos.3 Fig.7.9) são controlados por dois motorreductores com transmissão de corrente.</p> <p>Dois microinterruptores (Pos.4 Fig.7.9) montados na via de curso definem as posições do transportador de rolos.</p> <p>A presença das paletes no transportador de rolos é indicada por uma fotocélula (Pos.5 Fig.7.9) ou, em alternativa, por um rolo apalpador, que autoriza a translação.</p>

Fonte: Manual de Uso e Manutenção – Polimat C40, VENTOMATIC, 2010. (Adaptado pelo autor)

ANEXO R – DESCRIÇÃO DO TAPETE DE ROLOS DE APROXIMAÇÃO

Formulário de Documentação do Sistema					
MCC	Unidade:	Código:	Facilitador:	Data:	Folha
	Paletizadora	E1	Ruggieri	17/08/2016	1
	Item:	Código:	Auditor:	Data:	De:
	Tapete aproximação	MF10.3	Elifas		1

Tipo

7.10 - TRANSPORTADOR DE ROLOS DE APROXIMAÇÃO COM ROLOS MOTORIZADOS

O transportador de rolos de aproximação com rolos motorizados é utilizado para aproximar duas paletes, provenientes de linhas de transporte paralelas, de forma a retirá-las simultaneamente através de um carro elevador com pás compridas.

O transportador de rolos de aproximação é composto por:

- estrutura fixa (Pos.1 Fig.7.14) que serve de apoio aos rolos motorizados através de uma transmissão de corrente controlada por um motorreductor (Pos.2 Fig.7.14);
- via de curso (Pos.3 Fig.7.14) que serve de apoio a um carro de translação equipado com rodas que integra os rolos livres motorizados através de uma transmissão de corrente controlada por um motorreductor (Pos.4 Fig.7.14);
- actuador de aproximação (Pos.5 Fig.7.14).

Os rolos estão equipados com apalpador, que identifica a presença de paletes, posicionado na extremidade oposta à transmissão. O apalpador é composto por um elemento elástico (Pos.6 Fig.7.14) que eleva a extremidade do rolo ligado a uma placa de guia (Pos.7 Fig.7.14). Quando a paleta transita, o rolo baixa fazendo rodar a alavanca (Pos.8 Fig.7.14) do elemento elástico que, através de um sensor (Pos.9 Fig.7.14), identifica a presença da paleta.