

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Antônio Marcos de Paiva Duarte

**IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA MANUTENÇÃO
CENTRADA EM CONFIABILIDADE EM UM GRUPO
DE PRODUÇÃO DE MISTURAS NEGRAS**

Taubaté – SP
2011

Antônio Marcos de Paiva Duarte

**IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA MANUTENÇÃO
CENTRADA EM CONFIABILIDADE EM UM GRUPO
DE PRODUÇÃO DE MISTURAS NEGRAS**

Dissertação apresentada para obtenção do Título de Mestre pelo curso de Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade de Taubaté.

Área de concentração: Produção Mecânica
Orientador: Prof. Dr. Gilberto Walter Arenas Miranda

**Taubaté – SP
2011**

Duarte, Antônio Marcos de Paiva

Implantação da Metodologia Manutenção Centrada em Confiabilidade em um Grupo de Produção de Mistura Negra / Antônio Marcos de Paiva Duarte. – 2011.

136f. : il., 30cm

Dissertação (mestrado) – Universidade de Taubaté, Departamento de Engenharia Mecânica, 2011.

Orientador: Gilberto Walter Arenas Miranda, Departamento de Engenharia Mecânica.

1.Manutenção. 2.Confiabilidade. 3.Manutenção Centrada em Confiabilidade. I. Título.

ANTÔNIO MARCOS DE PAIVA DUARTE

**IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA MANUTENÇÃO CENTRADA EM
CONFIABILIDADE EM UM GRUPO DE PRODUÇÃO DE MISTURAS NEGRAS**

Dissertação apresentada para obtenção do Título de Mestre pelo curso de Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade de Taubaté,

Área de concentração: Produção Mecânica

Data: _____

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Gilberto Walter Arenas Miranda

Universidade de Taubaté

Assinatura: _____

Prof. Dr. Carlos Alberto Chaves

Universidade de Taubaté

Assinatura: _____

Prof. Dr. Cesar Augusto Botura

Departamento de Ciência de Tecnologia Aeroespacial

Assinatura: _____

Dedico este trabalho a minha querida e amada esposa Vanessa e a meus amados filhos Maria Fernanda e Gabriel por toda compreensão que tiveram neste período de muitas atividades e tarefas, sacrificando muitas vezes de momentos em família, dos quais sempre recordarei com muito carinho e gratidão.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me acompanhado até este momento e permitido que eu concretizasse mais este projeto profissional e de vida com saúde física e mental plena.

Aos meus pais “*in memoriam*” Maria e Antonio, a minha irmã Elisângela, aos meus avós maternos Maria e José “*in memoriam*”, aos meus tios Joaquim e José “*in memoriam*” e as minhas tias Carminha e Glória por todo incentivo e apoio na qual proporcionaram alcançar meus objetivos e sonhos.

A amiga Michelle, por ser um exemplo de superação, tornando-se uma inspiração e uma Luz nos momentos difíceis.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Gilberto Walter Arenas Miranda, pela confiança que depositou em mim, pelo incentivo e principalmente por estar sempre pronto a orientar-me.

Ao Sr. Olivier Krotin, que com sua amizade, simplicidade, profissionalismo e exemplo de competência gerencial proporcionou todo o suporte para a concretização deste ideal.

Ao meu amigo de todas as horas, o professor Dr. Marcio Zamboti Fortes que através de seus conhecimentos e profissionalismo contribuiu de modo significativo para a continuação de meus estudos.

Aos Professores Dr. Jorge Muniz e ao Prof. Dr. Agnelo Marotta Cassula, que me ensinaram a buscar através da literatura acadêmica muito mais do que simplesmente o conhecimento.

Aos amigos e colaboradores Carlos Neto, Pedro Tersiguel, José Pacheco, Abiner Gatto, Davi Pereira, Antonio Paiva, Rhenan Penna, Ronaldo Leão, Claudemir Cavalcante, José Nelson e Wilson Leandro pela colaboração no levantamento dos dados utilizados nesta dissertação.

Ao irmão e eterno amigo Fabio Cotia, que por seu exemplo de vida contribuiu significativamente para a realização de mais este sonho.

Aos meus irmãos José Leandro Casa Nova, José Jorge Canedo Ricardo, Roberto Brasil e Marcus Vinicius, pela amizade, cumplicidade e carinho sempre presente.

A amiga Helena Barros Fiorio, secretária do curso de Mestrado Profissional, que por sua capacidade de identificar oportunidades, me incentivou a vencer todos os obstáculos e continuar a estudando na UNITAU.

Sou grato também a todos os demais Professores do Departamento de Engenharia de Produção e Engenharia de Automação da UNITAU que durante o período de mestrado compartilharam generosamente seus conhecimentos.

*...muitas vezes estamos em
dificuldades,*

mas não somos derrotados.

*Algumas vezes ficamos em dúvida,
mas nunca desesperados.*

*Temos muitos inimigos,
mas nunca nos falta um amigo.*

*Às vezes somos feridos,
mas não destruídos.*

2 Coríntios 4, 8-10

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo apresentar uma pesquisa-ação sobre a implantação da metodologia Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) integrada à Gestão de Manutenção em uma linha de produção de misturas negras de uma fábrica de pneus localizada na região sudeste do Brasil que em virtude da crise financeira global deflagrada em 2008, foi obrigada a realizar o cancelamento de contratos, cortes drásticos nos investimentos em processos e nas verbas disponíveis de manutenção. Tais ações contribuíram para o pior resultado de disponibilidade fabril média da década atual. Diante destes fatos, a unidade de negócio de manutenção decidiu a partir de uma análise de cenários realizada e pelo uso do Mapeamento de Processo que é uma ferramenta gerencial analítica, pela aplicação efetiva e disciplinar da metodologia MCC. Esta aplicação permitiu a construção de uma plataforma robusta que propiciou o balanceamento e a melhoria qualitativa e quantitativa dos planos de manutenção existentes e conseqüentemente dos resultados de disponibilidade fabril média que alcançaram o desempenho proposto pela alta direção ao longo dos anos de 2009 e 2010, sendo este superior aos índices alcançados dos últimos seis anos. Portanto os resultados alcançados convergem para as necessidades de um cenário organizacional que necessita de taxas consistentes e contínuas de disponibilidade fabril e custos reduzidos de produção.

Palavras-chave: Manutenção. Confiabilidade. Manutenção Centrada em Confiabilidade.

ABSTRACT

The objective of this paper is to present an action research on the deployment of the methodology Reliability-Centered Maintenance (RCM) integrated Management Maintenance in a blacks mixtures production group of a tire plant located in the southeastern region of Brazil that because the global financial crisis in 2008, was forced to cancel the contracts, cuts in investment processes and maintenance costs. These actions contributed to the worst result of the average plant availability of the current decade. Due to these facts, the business unit maintenance decided to do a scenario analysis performed and the use of Process Mapping that is an analytical management tool, for the effective application of the methodology and discipline RCM. This application allowed the construction of a robust platform that provided the balance and the qualitative and quantitative improvement of the existing maintenance plans and therefore the results of which reached an average plant availability performance proposed by senior management over the years 2009 and 2010, and this result was higher than the rates achieved over the last six years. Therefore, the reached results converge into the needs of an organizational which requires consistent and sustained rates of plant availability and reduced costs of production.

Keywords: Maintenance. Reliability. Reliability-Centered Maintenance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mudança na concepção de Falha de Equipamento.....	28
Figura 2	Os oito Pilares do TPM.....	39
Figura 3	Desempenho esperado de um Ativo ou Sistema.....	52
Figura 4	Ilustração de Falha Parcial.....	53
Figura 5	Padrão de desempenho com Limite Inferior e Superior da especificação.	53
Figura 6	Visões diferentes sobre falhas.....	54
Figura 7	Mapeamento das Funções Processuais do Grupo de Produção B.....	71
Figura 8	Legendas dos símbolos utilizados no Mapa de Processo.....	72
Figura 9	Processo de entrada de Matéria Prima no Bambury e saída de mistura.....	72
Figura 10	Processo de entrada de Mistura para o HA e saída para os HF.....	74
Figura 11	Processo de pesagem, transporte e conversão da mistura em Napa.....	76
Figura 12	Desdobramento da Função 6 em níveis secundários.....	76
Figura 13	Processo de Resfriamento, Acondicionamento, Inspeção e Armazenagem.....	77
Figura 14	Desdobramento da Função 7 em níveis secundários e terciários.....	79
Figura 15	Desdobramento das Funções 7.3 e 7.4.....	80
Figura 16	Desdobramento da Função 8 em níveis secundários.....	81
Figura 17	Desdobramento da Função 9 em níveis secundários.....	82
Figura 18	Ciclo da Pesquisa-ação.....	135

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Taxas de Indisponibilidade Fabril em 2007 e 2008.....	21
Gráfico 2	Custos Anuais de Manutenção no Brasil com base no PIB.....	34
Gráfico 3	Áreas da FMEA.....	46
Gráfico 4	Resultados anuais de disponibilidade média.....	90
Gráfico 5	Resultados anuais de Indisponibilidade média por panes de Manutenção.	91
Gráfico 6	Resultados de Indisponibilidade média por panes Elétricas e Mecânicas em 2007 e 2008.....	91
Gráfico 7	Modos de falhas e Criticidades.....	97
Gráfico 8	Tarefas no Plano de Manutenção após a aplicação da MCC.....	99
Gráfico 9	Tarefas de Manutenção alteradas após a aplicação da MCC.....	99
Gráfico 10	Classificação das Tarefas de Manutenção.....	100
Gráfico 11	Classificação das Tarefas de Manutenção.....	101
Gráfico 12	Comparação dos resultados de Sobrecapacidade em 2008 e 2009.....	103
Gráfico 13	Resultados de Indisponibilidade Fabril por Pane em 2008 e 2009.....	104
Gráfico 14	Resultados de Indisponibilidade Fabril por Pane em 2008 e 2010.....	105
Gráfico 15	Resultados de Disponibilidade Fabril alcançados em 2009 e 2010.....	106
Gráfico 16	Resultados de Disponibilidade Fabril entre os anos de 2000 a 2010.....	107
Gráfico 17	Resultados de Indisponibilidade Fabril por Pane em 2009 e 2010.....	107

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Crescimento das expectativas versus a evolução da Manutenção.....	30
Quadro 2	Matriz <i>SWOT</i>	66
Quadro 3	Cabeçalho do formulário FMEA.....	83
Quadro 4	Descrição do Subconjunto e Modos de Falhas associados aos Ativos.....	83
Quadro 5	Planilha de análise das disfunções e criticidades.....	83
Quadro 6	Diagrama lógico para análise das tarefas de manutenção existentes.....	87
Quadro 7	Diagrama lógico para análise das tarefas de manutenção propostas.....	87
Quadro 8	Etapas de Aplicação da Metodologia MCC.....	88
Quadro 9	Ações de Melhoria a serem avaliadas para Modo de Falha não crítico.....	98
Quadro 10	Detalhamento da estrutura proposta para Pesquisa-ação.....	136

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Custo da Manutenção no Brasil no período entre 1994 a 2008.....	33
Tabela 2	Tabulação dos dados de panes de origem Elétrica e Mecânica em 2008...	92
Tabela 3	Matriz MCC aplicada ao GF7.....	93
Tabela 4	Seleção de Tarefas de Manutenção da subfunção do GF7.....	94
Tabela 5	Resultados dos indicadores de Panes em 2009.....	95
Tabela 6	Resultados dos Indicadores de Panes em 2010.....	95
Tabela 7	Comparativo entre os Indicadores de falhas ocorridas entre os anos 2008 e 2009.....	102
Tabela 8	Comparativo entre os Indicadores de falhas ocorridas em 2008 e 2010....	105

LISTA DE ABREVIATURAS

A	Aplicabilidade
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABR	Abril
ABRAMAN	Associação Brasileira de Manutenção
Acc	Acumulado
ADC	Análise das Disfunções e Criticidades
AGO	Agosto
AIAG	<i>Automotive Industry Action Group</i>
AMA	<i>Aerospace Manufacturers Association</i>
ASQC	<i>American Society for Quality Control</i>
ATA	Associação do Transporte Aéreo (<i>Air Transport Association</i>)
BAL GS	Balança de Goma Sintética
BG	Balança de Goma
BH	Balança de óleo
BM	Balança de Mistura
BPA	Análise de Processos de Negócio (<i>Business Process Aanalysis</i>)
BY	Misturador Interno (<i>Bambury</i>)
CBM	Manutenção Baseada na condição (<i>Condition Based Maintenance</i>)
CM	Crítico à Manutenção
CP	Crítico à Produção
CS	Crítico à Segurança
CTM	Custo Total da Manutenção
D	Disponibilidade (<i>Availability</i>)
DEZ	Dezembro
DFMEA	Análise do Modo e Efeito de Falhas de Projetos (<i>Design Failure Mode and Effects Analysis</i>)
E	Eficácia
EMP	Elétrica Máquina Parada
F	Freqüente
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
FB	Faturamento Bruto

FDL	Fim de Linha
FEV	Fevereiro
FMEA	Análise do Modo e Efeito de Falhas (<i>Failure Mode and Effects Analysis</i>)
FMECA	Análise do Modo, Efeito e Criticidade da falha (<i>Failure Mode, Effects and Criticality Analysis</i>)
GF	Grupo Funcional
GRB	Grupo B
GS	Goma Sintética
HA	Homogeneizador Alimentador
HF	Homogeneizador Finalizador
I	Intrusiva
IEEE	Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>)
INI	Inspeção Não Intrusiva
IP	Inspeção de Perenidade
ISM	Itens significativos de Manutenção
I4S	Inspeção Sensorial usando os sentidos Olfato, Tato, Visão e Audição
JAN	Janeiro
JIPM	Instituto Japonês de Manutenção de Indústrias (<i>Japan Institute of Plant Maintenance</i>)
JUL	Julho
JUN	Junho
MAI	Maio
MAR	Março
MCC	Manutenção Centrada em Confiabilidade
MF	Muito Frequente
MI	Misturador Interno
mm	Milímetro
MTBF	Tempo médio entre falhas (<i>Mean Time Between Failure</i>)
MTTF	Tempo médio para falhar (<i>Mean Time To Failure</i>)
MTTR	Tempo médio para reparo (<i>Mean Time To Repair</i>)
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NBR	Norma Brasileira

NC	Não Crítico
NCB	Negro de Carbono
NI	Não Intrusivo
NOV	Novembro
OEE	Eficiência Global dos Equipamentos (<i>Overall Equipment Effectiveness</i>)
OT	Ordem de Trabalho
OUT	Outubro
R	Raro
RPN	Número de Priorização de Risco (<i>Risk Priority Number</i>)
PCM	Planejamento e Controle de Manutenção
PDR	Peça de Reposição
PF	Pouco Freqüente
PFL	Calandra (<i>Profileur</i>)
PFMEA	Análise do Modo e Efeito de Falhas de Processos (<i>Process Failure Mode and Effects Analysis</i>)
PIB	Produto Interno Bruto
PM	Plano de Manutenção
QS	Sistema de Qualidade (<i>Quality Systems</i>)
RCM	Manutenção Centrada em Confiabilidade (<i>Reliability-Centered Maintenance</i>)
RE	Resfriamento
Ri	Taxa de Reparo da função
RPN	Número de Prioridade de Risco (<i>Risk Priority Number</i>)
Rs	Taxa de Reparo do Sistema
S	Sim
SAE	Sociedade de Engenheiros Automotivos (<i>Society Automotive Engineers</i>)
SC	Subconjunto
SET	Setembro
STM	Seleção das Tarefas de Manutenção
SWOT	Forças, Fraquezas, Oportunidades, Ameaças (<i>Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats</i>)
TC	Tapete Coletor
TEP	Translador Elétrico de Produto

TMBF	Tempo médio entre falhas (<i>Time Mean Between Failure</i>)
TMEF	Tempo médio entre falhas
TPM	Manutenção Produtiva Total (<i>Total Productive Maintenance</i>)
TO	Taxa global de Otimização
TV	Tapete de Verificação
Us	Indisponibilidade do Sistema (<i>Unavailability of the system</i>)
VC	Virador de Container
X	Versus
XX	Vinte
XXI	Vinte e um
WW	Empacotamento contínuo (<i>Wig Wag</i>)
Σ	Somatório
n ^o	Número
1 ^a	Primeira
2 ^a	Segunda
3 ^a	Terceira
4 ^a	Quarta
2 ^o	Segundo
7 ^a	Sétima
\$	Economia
φ	Velocidade de degradação
μ	Taxa de Reparo da Função Processual
λ_i	Taxa de Falhas da Função Processual
λ_s	Taxa de Falhas do Sistema
%	Porcento

SUMÁRIO

1	DEFINIÇÃO DO CONTEXTO E PROPÓSITO.....	19
1.1	Propósito.....	20
1.2	Objetivos.....	22
1.3	Metodologia.....	23
1.4	Delimitação do trabalho.....	23
1.5	Estrutura do trabalho.....	23
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	25
2.1	Manutenção.....	25
2.2	Políticas de Manutenção.....	33
2.3	Manutenção Produtiva Total.....	36
2.4	Análise dos Modos de Falha e Efeitos.....	42
2.5	Manutenção Centrada em Confiabilidade.....	48
2.6	Características da MCC.....	50
2.7	Aplicação da MCC.....	55
2.8	Confiabilidade.....	56
2.9	Mapeamento de Processos.....	61
2.10	Análise de Cenários.....	65
3	PROPOSIÇÃO DO ESTUDO.....	68
3.1	Descrição da Empresa e de sua unidade de negócio.....	68
3.2	Mapeamento das Funções processuais do Grupo B.....	72
3.3	Formulário e Matriz de Decisão da MCC.....	82
4	MODELO DE IMPLANTAÇÃO DA MCC.....	88
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	97

5.1	Resultados Qualitativos.....	97
5.2	Resultados Quantitativos.....	102
5.3	Dificuldades.....	108
6	CONCLUSÕES.....	109
6.1	Sugestão para trabalhos futuros.....	110
	REFERÊNCIAS.....	111
ANEXO A	MCC-MI (Função 1 - Vista Parcial).....	119
ANEXO B	MCC-HA (Função 2 - Vista Parcial).....	120
ANEXO C	MCC-HF (Função 3 - Vista Parcial).....	121
ANEXO D	MCC-BM (Função 4 - Vista Parcial).....	122
ANEXO E	MCC-Basculher (Função 5 – Visão Parcial).....	123
ANEXO F	MCC-PF (Função 6 - Vista Parcial).....	124
ANEXO G	MCC-RE (Função 7 - Vista Parcial).....	125
ANEXO H	MCC-WW (Função 8 - Vista Parcial).....	126
ANEXO I	MCC - Saída de Palet (Função 9 – Vista Parcial).....	127
ANEXO J	Descritivo de Tarefa de Manutenção Revisada após MCC.....	128
ANEXO K	Descritivo de Tarefa de Manutenção realizada antes da MCC.....	132
ANEXO L	Método de Pesquisa tipo Pesquisa-Ação.....	133

1 DEFINIÇÃO DO CONTEXTO E PROPÓSITO

O contexto econômico atual se caracteriza pela alta competitividade, altos índices de rentabilidade, pela exigência e sofisticação dos consumidores e pela velocidade com que ocorrem mudanças. Trata-se da globalização, do mercado aberto, da livre concorrência, onde a sobrevivência das empresas depende basicamente da flexibilidade de suas estruturas, da sustentabilidade de seus processos e da gestão efetiva de seu capital humano e intelectual.

Segundo Antonioli e Lima (2010), a globalização pode ser entendida como um conjunto de mudanças convergentes no sentido de um mundo mais integrado e interdependente, onde comércio, finanças, mercados, e produção não apresentam um escopo unicamente local. Ela tem sido impulsionada por vários fatores, como a crescente desregulamentação dos mercados, a queda de barreiras comerciais, o desenvolvimento de novas modalidades de transportes e a mudança do perfil do consumidor, que exige maior valor agregado.

Esta globalização proporciona uma alta competitividade entre as empresas do mesmo segmento e o que os diferencia é a capacidade de gerar resultados rentáveis e sustentáveis em suas unidades de negócio, porém para que um negócio gere dividendos rentáveis aos acionistas, torna-se necessário à superação das expectativas e necessidades dos clientes, o atendimento às legislações vigentes, que os seus produtos sejam seguros e agreguem valor, que os seus processos tenham confiabilidade e altos índices de eficiência para que os estoques sejam enxutos e balanceados, que o fluxo de informações e dados seja efetivo entre os diversos setores, que o conhecimento sobre os processos esteja armazenado em bancos de dados e possa ser melhorado e desdobrado a todos os colaboradores e que o capital humano esteja engajado com a sua missão.

Arcuri (2005) ressalta que a busca por desempenhos empresariais efetivos, principalmente nos ambientes competitivos e turbulentos em uma economia globalizada, exige a formulação de estratégias baseadas em uma visão de redes organizacionais integradas, com a adequada flexibilidade para permitir, sempre que necessário, a rápida correção de rumos nos processos de planejamento, gerenciamento e operacionalização.

Nesse sentido, as empresas têm procurado desenvolver novos padrões de trabalho, de comunicação, de estruturas e tecnologias através de novos vínculos com os diversos agentes com os quais interagem, visto não haver vantagem tecnológica sustentável senão através do conhecimento agregado que a empresa detém, de como o mesmo é utilizado e a velocidade

como se busca a aprender e desenvolver algo novo. Aliado a esta nova cultura, a atividade Manutenção necessita ser estratégica e se integrar de modo efetivo ao processo produtivo, tornando-se um agente proativo, pois as mudanças se sucedem em alta velocidade.

Kardec e Nascif (2001) destacam que neste novo cenário, é de vital importância a Excelência, pois não existem mais espaços para improvisos e arranjos: Competência, Capital Intelectual, Flexibilidade, Agilidade, Cultura de Mudanças, Trabalho em Equipe e Foco no Cliente são características básicas das Empresas que tem a competitividade como a razão de ser de sua sobrevivência.

Buss e Cardoso (2009) afirmam que a nova condução dos negócios requer uma mudança profunda de mentalidade e ações, pois ela deve estar sustentada por uma visão de futuro regida por processos de gestão, onde a satisfação de seus clientes seja resultante da qualidade intrínseca e a confiabilidade de seus produtos e a qualidade total de seus processos seja o balizador fundamental.

Fontes e Clemente (2007), por sua vez descrevem que uma mudança organizacional consiste em um conjunto de teorias, valores, estratégias e técnicas cientificamente embasadas que objetiva a mudança do ambiente de trabalho e a melhoria do desempenho coletivo.

Neste contexto surgiu a necessidade de se implantar a metodologia da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), integrada ao sistema de Gestão da Manutenção em uma das unidades de negócio, de uma empresa fabricante de pneus localizada na região sudeste do Brasil, com a finalidade de que os ativos de um grupo de produção com capacidade diária de 90 toneladas de misturas negras pudessem efetivamente cumprir suas funções e assim operar conforme a capacidade projetada. Esta forte integração permitiu resultados sustentáveis em um cenário organizacional que visa a Rentabilidade financeira através da confiabilidade e qualidade de seus produtos e serviços.

1.1 Propósito

O ano de 2008 foi um divisor de águas para a unidade de negócio Manutenção de um setor de fabricação de misturas negras de uma fábrica de pneus localizada na região Sudeste, visto que o 1º semestre foi marcado por altas demandas de fabricação, disponibilidade de recursos financeiros e de capital humano para que as metas desdobradas fossem alcançadas. Ao contrário, o 2º semestre de 2008 foi marcado por uma demanda retraída de mercado ocasionada por uma crise financeira global, com redução severa na produção, cortes drásticos nas verbas de Manutenção, cancelamentos de contratos, redução de investimentos e

conseqüentemente aumento significativo da taxa de indisponibilidade quando comparado ao ano base de 2007, em virtude de falhas de origem elétrica e mecânicas nas funções processuais, como pode ser observado no Gráfico 1.

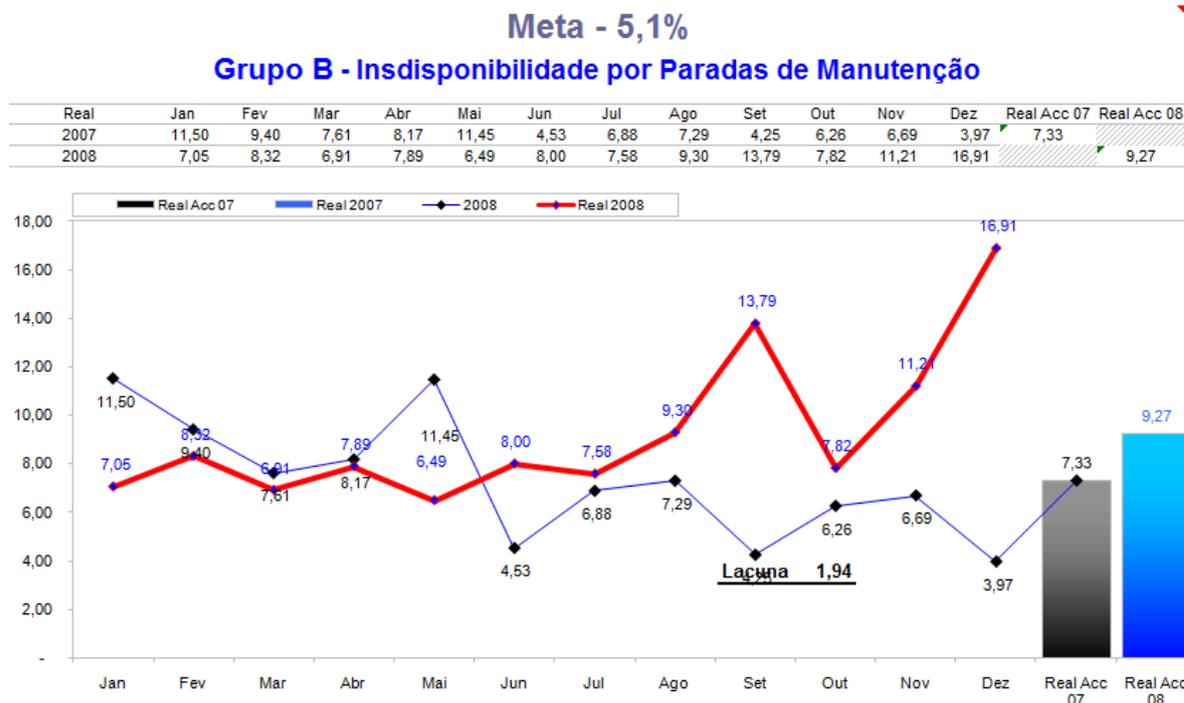


Gráfico 1 – Taxas de Indisponibilidade Fabril em 2007 e 2008.

Fonte: Dados do estudo

No contexto exposto acima, tem-se o problema da perda dos recursos promovida pela crise financeira, aumento das paradas não programadas e conseqüentemente redução da disponibilidade da linha de produção de misturas negras com capacidade de 90 Toneladas/dia, denominada de Grupo B.

Neste sentido torna-se uma necessidade a inserção consistente de novos processos com foco na disponibilidade dos ativos, visto que os altos índices de eficiência operacional proporcionam menores custos de produção, atendimento a demanda do mercado e conseqüentemente contribuem positivamente para os resultados financeiros da companhia.

A fim de atender esta demanda por maximização dos poucos recursos disponíveis, a equipe de Direção realizou uma análise de cenário e desta surgiu um projeto considerado de médio custo, mas de resultados sustentáveis em 12 meses para a área de Manutenção, que seria a implantação da MCC. Após a decisão de implantar a MCC, a equipe gerencial de manutenção realizou uma nova análise de cenários que contemplasse a aplicação da MCC, a fim de identificar todos os riscos e oportunidades deste projeto. Tal análise possibilitou a

visibilidade de sucesso e ganhos sustentáveis, se a implantação ocorresse com o apoio irrestrito da equipe de direção industrial.

A abordagem definida para o processo de implantação da MCC foi a de promover a Sinergia entre as diversas competências envolvidas no processo produtivo, de modo que todas as unidades de negócio com missões convergentes para o processo fabril se empenhassem em disponibilizar e incentivar a participação coletiva dos colaboradores na implantação robusta e sustentável da MCC.

Para o processo de implantação da metodologia MCC, foi definida uma equipe de quinze colaboradores composta por quatro Engenheiros de Manutenção (dois Engenheiros Mecânicos e dois Engenheiros Eletricistas), dois Engenheiros de Produção, um Técnico de Qualidade, um Técnico de Suprimentos, três Operadores de Produção e quatro Técnicos de Manutenção, que assumiram a responsabilidade de realizar uma análise de cenário sobre a implantação da MCC, mapear e definir as funções primárias do processo de fabricação de misturas negras da linha de produção denominada de Grupo B, tabular e analisar os dados de falhas elétricas e mecânicas que causaram altas taxas de indisponibilidade fabril do Grupo B em 2008, aplicar a metodologia MCC e as ações definidas, bem como monitorar os resultados durante o ano base de 2009 e 2010 da Disponibilidade do processo e conseqüentemente da taxa de falhas e taxa de reparos relacionados às falhas funcionais de origem elétrica e mecânica dos Ativos processuais.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal do presente trabalho é avaliar os impactos de implantação da metodologia Manutenção Centrada em Confiabilidade integrada ao sistema de Gestão da Manutenção de uma linha de produção de misturas negras em uma fábrica de pneus, localizada na região Sudeste do Brasil, de modo que esta linha atinja os objetivos de disponibilidade média de 78,5% em 2009, 80,0% em 2010 e 81,5% em 2011.

1.2.2 Objetivos secundários

- a) Realizar o mapeamento das funções processuais principais de uma linha de produção de misturas negras.

- b) Realizar o FMEA para todas as etapas processuais de uma linha de produção de misturas negras.

1.3 Metodologia

A metodologia escolhida para este projeto de pesquisa é a Pesquisa-Ação, por se tratar de um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e na qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo (VILLELA, 2000).

Estudos realizados sobre esta metodologia encontra-se no Anexo L.

1.4 Delimitação do trabalho

A pesquisa foi limitada a uma determinada linha de produção, denominada de Grupo “B”, projetada e instalada em 1989, na qual é de grande importância para suprir a demanda de uma indústria multinacional de grande porte, líder no segmento de pneumáticos, onde o pesquisador trabalha. O presente trabalho teve o seu desenvolvimento na unidade de negócio de misturas negras, mais especificamente na área de manutenção. O escopo do estudo prende-se aos riscos de natureza técnica, isto é, àqueles que possam interferir na realização dos objetivos de segurança (pessoal, patrimonial ou ambiental), produtividade, qualidade, custos e atendimento as demandas dos clientes internos e externos.

1.5 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está dividido em seis capítulos que descrevem a aplicação da Pesquisa-Ação sobre a aplicação da metodologia Manutenção Centrada em Confiabilidade integrada à Gestão de Manutenção em um grupo de produção de misturas negras.

Neste capítulo introdutório estão inclusos a definição do contexto e propósito, objetivos, metodologia a ser empregada, delimitação do trabalho e a estrutura do trabalho.

O capítulo 2 destaca a revisão da literatura sobre os temas abordados, sendo estes divididos em 8 tópicos, a saber: Manutenção, Políticas de Manutenção, Manutenção Produtiva Total, Análise dos Modos de Falhas e Efeitos, Manutenção Centrada em Confiabilidade, Confiabilidade, Mapeamento de Processos e Análise de Cenários.

O capítulo 3 descreve a empresa e a unidade de negócio alvo deste estudo, bem como apresenta o mapeamento das funções processuais do grupo de produção e o seu desdobramento em funções críticas e a o detalhamento sobre o uso da matriz MCC empregada.

O capítulo 4 detalha o modelo desenvolvido para implantação da metodologia Manutenção Centrada em Confiabilidade integrada à Gestão de Manutenção existente, contemplando a abordagem escolhida e as etapas de implantação.

O capítulo 5 descreve as considerações finais sobre os objetivos e resultados qualitativos e quantitativos alcançado.

O capítulo 6 apresenta a conclusão e a sugestão para trabalhos futuros sobre a Implantação da Metodologia Manutenção Centrada em Confiabilidade.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo é apresentada a fundamentação teórica sobre a qual será desenvolvida a implantação da metodologia Manutenção Centrada em Confiabilidade, integrada a Gestão de Manutenção em um grupo de produção de misturas negras utilizadas como insumo básico para a produção de pneus.

2.1 Manutenção

O termo ‘manutenção’, na literatura especializada, tem origem no vocabulário militar, cujo sentido é manter, nas unidades de combate, o efetivo e o material em um nível constante. Já a definição sobre ‘manter’ é indicada, em vários dicionários, como causar continuidade ou reter o estado atual. Isto sugere que ‘manutenção’ significa preservar algo (NUNES e VALLADARES, 2004).

A este respeito, Almeida e Fagundes (2005) definem Manutenção como a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão destinadas a manter ou recolocar um ativo em um estado na qual possa desempenhar uma função requerida.

A evolução da manutenção está ligada à própria evolução humana, principalmente à luta para se criar e conservar itens que permitam um domínio cada vez maior da natureza, independentemente do constante desenvolvimento tecnológico, tanto os produtos como os processos possuem um ciclo de vida limitado que certamente irá interromper a sua função vital em algum momento de sua vida, daí a importância da manutenção para manter ou recuperar a sua capacidade projetada (BARACHO DOS SANTOS *et al.*, 2007).

Na visão de José Roberto Filho (2008) ao se observar o desenvolvimento da história através da literatura especializada sobre o tema manutenção, no contexto essencialmente de negócio voltado para a manufatura, à mesma teria se justificado economicamente com o advento da Revolução Industrial e da máquina a vapor na segunda metade do século XVIII na Inglaterra, pois até este período, a produção era predominantemente artesanal ou de bens para consumo próprio não justificando grandes preocupações com conceitos de melhoria dos recursos.

Deshpande e Modak (2002) relatam que desde o ano de 1930 a evolução da manutenção pode ser desdobrada em três gerações:

- **1ª Geração** - Abrange o período até a 2ª Guerra Mundial. Naquele tempo, a indústria não era altamente mecanizada, portanto, os períodos de inatividade à espera de recuperação de falhas não eram importantes, ou seja, a prevenção contra falhas de equipamentos era simples e muitos deles, superdimensionados. Isso os tornava confiáveis e fáceis de consertar.

Convergindo para o exposto acima, Paschoal *et al.*, (2009) relatam que até o ano 1914, a manutenção tinha importância secundária e era executada pelo mesmo efetivo da operação. Com o advento da primeira Guerra Mundial e a implantação de produtos seriados, instituída por *Ford*, as fábricas passaram a estabelecer programas mínimos de produção e, em consequência sentiram necessidade de criar equipes que pudessem efetuar intervenções em máquinas operatrizes, de modo que o tempo de máquina parada fosse o menor possível. Assim surgiu um “órgão”, subordinado à operação, cujo objetivo básico era a execução da manutenção hoje conhecida como Manutenção Corretiva.

Sobre o conceito de Manutenção Corretiva, Tarrento e Joaquim Junior (2010) definem como a atuação para correção de falha funcional ou do desempenho menor que o esperado. É oriundo da palavra “corrigir” e, segundo os autores, ela pode ser definida como a correção da falha de maneira aleatória. Esse tipo de manutenção implica em altos custos, pois, causa perdas de produção e, em consequência, os danos aos equipamentos são maiores.

Neste sentido Otani e Machado (2008), relatam que a Manutenção Corretiva pode ser dividida em Manutenção corretiva não planejada (correção da falha de maneira aleatória) e Manutenção corretiva planejada, na qual a correção é realizada a partir de um planejamento prévio.

Niu *et al.*, (2010) descrevem que a Manutenção Corretiva é executada após uma falha funcional e destacam que esta abordagem deve ser empregada principalmente em áreas não críticas, de modo que os custos inerentes de seu impacto e suas consequências sejam pequenos, bem como ressalta a importância de não haver riscos imediatos à segurança e que a identificação e o reparo sejam executados rapidamente.

- **2ª Geração** - O mundo mudou muito durante a 2ª Guerra Mundial. As pressões do período da guerra aumentaram a demanda por itens de todos os tipos, ao mesmo tempo em que o contingente de mão-de-obra industrial diminuiu consideravelmente. Esse fato levou ao aumento da mecanização, tornando as máquinas numerosas e complexas. A indústria começava a depender delas, pois o tempo de inatividade das máquinas tornou-se evidente.

Isso levou à idéia de que as falhas dos equipamentos poderiam e deveriam ser evitadas, que por sua vez, resultou no conceito de manutenção preventiva. O custo de manutenção elevou-se em comparação com outros custos operacionais. Esse fato fez aumentar os sistemas de planejamento e controle e, hoje, é parte integrante da prática de manutenção. Finalmente, a quantidade de capital investida em itens, juntamente com o nítido aumento do custo do capital levaram as pessoas a começar a buscar meios para aumentar a vida útil dos itens.

Neste aspecto, Arcuri (2005) ressalta que em função da II Guerra Mundial e da necessidade do grande volume de produção, as empresas passaram a se preocupar em corrigir e evitar que as falhas ocorressem através do desenvolvimento de processos de prevenção de panes conhecida como Manutenção Preventiva que, juntamente com a Manutenção Corretiva, completava o quadro geral da Função, formando uma estrutura de mesmo nível hierárquico que o da Operação.

Sobre o conceito de Manutenção Preventiva, Arcuri (2005) define como todo serviço de manutenção realizado em máquinas que não estejam em falha, ou antes, da ocorrência da falha, estando, assim, em condições operacionais ou, no máximo, em estado de defeito. Esta classe de Manutenção compreende a Manutenção Sistemática (prestada a intervalos fixos e regulares ou períodos de tempo-calendário) a Inspeção, a Manutenção Preditiva e a Manutenção por Oportunidade.

Neste sentido, Daya (2000) descreve que as tarefas de Manutenção Preventiva são dirigidas no sentido de preservar a função do sistema e baseadas em um conhecimento abrangente dos modos de falha, o que garante que as mesmas sejam selecionadas a partir de sua aplicabilidade e da efetividade de seus custos.

Na visão de Niu *et al.*, (2010) a Manutenção Preventiva deve ser realizada em intervalos pré-determinados ou de acordo com critérios prescritos, de modo a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um ativo.

- **3ª Geração** - Desde meados dos anos 70, o processo de alteração nas indústrias pode ser classificado como novas expectativas, nova pesquisa e novas técnicas:
 - **Novas Expectativas:** Os períodos de inatividade sempre afetaram a capacidade produtiva dos ativos, pela redução da produção, aumento dos custos operacionais e menor qualidade do serviço ao cliente. Nas décadas de 60 e 70, estes fatos já era uma

preocupação constante nos setores de manufatura, onde os efeitos dos períodos de inatividade foram se agravando pela tendência mundial de utilizar sistemas enxutos. Em uma sociedade globalizada, as empresas possuem a necessidade de atender as necessidades dos clientes, superar as expectativas de segurança e respeitar as leis de conservação ambiental, ou elas param de funcionar.

- **Novas pesquisas:** Está alterando nossas crenças básicas sobre idade e falha, tornando-se evidente que há menos relação entre a idade operacional dos itens e a probabilidade de eles falharem. A Figura 1 ilustra como a concepção mais antiga de falha era simplesmente de que, à medida que os itens envelheciam, tinham maior probabilidade de falhar. Uma crescente conscientização de “mortalidade infantil” levou à crença generalizada da Segunda Geração na curva “da banheira”. Entretanto, a pesquisa da Terceira Geração revelou que não apenas dois, porém seis padrões de falha ocorrem realmente na prática.

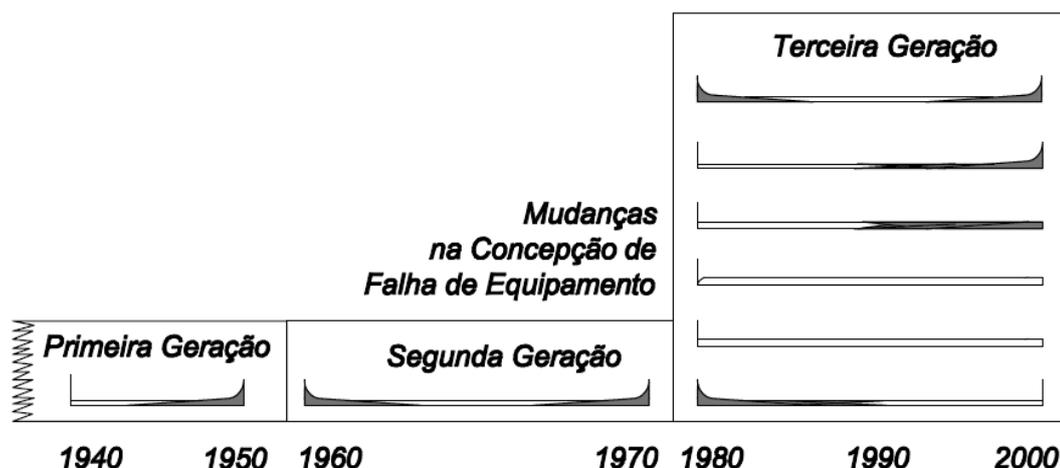


Figura 1 – Mudança na concepção de Falha de Equipamento.

Fonte: Moubray (2000).

- **Novas Técnicas:** Crescimento exponencial em novos conceitos e técnicas de manutenção nos últimos quinze anos, e estão surgindo outros a cada ano, tais como:
 - ✓ Manutenção Detectiva e Manutenção Preditiva;
 - ✓ Ferramentas de suporte às decisões, tais como estudos sobre riscos, modos de falha e análise dos efeitos e sistemas especialistas;
 - ✓ Alteração no pensamento empresarial em relação à participação, no trabalho em equipe e flexibilidade.

Sobre os conceitos de Manutenção Detectiva, Souza e Lima (2003) afirmam que ela é baseada em testes operacionais para se identificar às falhas ocultas que não se tornam evidentes ao usuário em condições normais de operação. Neste sentido, Costa Neto e Reis (2007) afirmam que a Manutenção detectiva, ou busca de falhas, consiste na inspeção e testes das funções ocultas, tais como funções de sistemas de proteção e detecção, em intervalos de tempo regulares, a fim de se identificar falhas funcionais e assim prover ações imediatas de correção para o status normal de operação.

De acordo com Otani e Machado (2008), a Manutenção Preditiva é um conjunto de atividades de acompanhamento das variáveis ou parâmetros que indicam o desempenho dos equipamentos, de modo sistemático, visando a definir a necessidade ou não de intervenção. Quando a intervenção programada, fruto do acompanhamento preditivo, é realizado, fazendo uma Manutenção Corretiva Planejada, dar-se o nome de Manutenção Baseada na Condição do original em inglês *Condition Based Maintenance* (CBM). Essa manutenção permite que os equipamentos operem por mais tempo e a intervenção ocorra com base em dados reais coletados e analisados e não em suposições.

Segundo a visão de Arcuri (2005), a Manutenção Preditiva caracteriza-se por toda e qualquer atividade de monitoramento das variáveis operacionais capazes de fornecer dados para uma análise e projeção de tendência quanto à funcionalidade e conseqüentemente degradação de um equipamento em relação ao tempo. Segundo este autor, esta Política de Manutenção diferencia-se da Manutenção Preventiva, visto a definir o melhor momento para que uma intervenção intrusiva seja realizada no equipamento, evitando assim a substituição sistemática de peças em periodicidades pré-definidas.

De modo mais abrangente, Arcuri (2005) destaca que além das três gerações apresentadas, há uma quarta geração iniciada a partir do ano 2000, como pode ser observado no Quadro 1, na qual o escopo da Manutenção tornou-se mais abrangente e efetivo junto aos processos produtivos, visto que a Manutenção passou a ter atitudes proativa com foco no negócio e a contribuir diretamente para o desenvolvimento e sustentabilidade da excelência empresarial.

Quadro 1 – Crescimento das expectativas versus a evolução da Manutenção.

Fonte: Adaptado de Arcuri (2005).

Fases Evolutivas	Ambientes Predominantes	Expectativas	Políticas de Manutenção	Técnicas empregadas
1ª Geração (1940 à 1950)	_Tecnologia Simples _Alto Estoque de PDR _Fabricados seriada	_Reparo após Pane _Estabilidade da Capacidade	Corretiva	_Substituição de Peças após Pane _Reparos Emergenciais
2ª Geração (1950 à 1980)	_Tecnologia Semi-automatizada _Pouca Redundância _Estoque Moderado de PDR _Produtos especializados	_Produtividade _Vida útil dos Equipamentos _Menores Custos	Preventiva	_Substituição Sistemática de PDR _Revisões Gerais Programadas _Sistema de PCM _Informática Centralizada
3ª Geração (1980 à 2000)	_Tecnologia Automatizada _Alta Redundância _Estoque Enxuto _Sistemas Complexos _Altos Investimentos _Produtos Personalizados	_Rentabilidade _Vida útil _Segurança Fabril _Controle dos Riscos ao Meio Ambiente _Efetividade dos Processos	Preditiva TPM MCC	_Monitoramento de Variáveis _Confiabilidade _Análise de Riscos e FMEA _Microinformática _Visões Transversas
4ª Geração (2000 à)	_Tecnologia Avançada _Processamento Contínuo _Sistemas Interconectados _Investimentos Otimizados _Produtos Inteligentes	_Alinhamento com os Objetivos Estratégicos _Respeito aos preceitos da Sustentabilidade _Engenharia de Manutenção _Manutenabilidade	Pró-Ativa Gestão de Ativos	_Redes Neurais _Sistemas Especialistas _Auto-teste _Auto-diagnóstico _Wireless e Blue Tooth _Multidisciplinaridade _Multiespecialização

Costa Neto e Reis (2007) descrevem que os principais tipos de política de manutenção existentes são a manutenção corretiva não planejada, manutenção corretiva planejada, manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção detectiva e manutenção proativa.

Neste sentido Arcuri (2005), ressalta que a partir da 4ª geração de desenvolvimento da manutenção, passou-se a adotar as políticas de manutenção proativa e gestão de ativos, visto que em função da atual situação do planeta na qual os recursos naturais apontam para o seu esgotamento em médio prazo e que cerca de 2,8 bilhões de pessoas vivem com menos de US\$ 2,00 por dia, há uma necessidade urgente de profundas transformações nos posicionamentos estratégicos das corporações, nas quais o papel da manutenção vincula como a principal

fiadora para a garantia da sustentabilidade dos negócios, devendo ser massificada as políticas de manutenção de gestão de ativos aliadas às técnicas qualitativas da Manutenção Centrada em Confiabilidade e às posturas proativas como estratégia para a perenidade da atividade.

Arcuri (2005) define Manutenção Proativa como a ação realizada no sentido de antecipar ou evitar defeitos, problemas e falhas futuras através da análise detalhada dos resultados de inspeções, testes e intervenções, procurando ainda minimizar, no projeto original, os fatores de custo da Manutenção, através da melhoria da mantabilidade dos ativos físicos que serão instalados.

Neste sentido, Gonçalves *et al.*, (2008) afirmam que a manutenção proativa é o meio importante de se conseguir economias que não são alcançadas por técnicas de manutenção convencionais, sendo o seu objetivo principal aumentar a vida útil dos ativos industriais em vez de fazer reparos desnecessários ou aceitar a falha como rotina. Estes autores ressaltam que a abordagem da manutenção proativa “substitui a imagem de manutenção sobre a “falha reativa” pela de “falha proativa” evitando as condições subjacentes que levam a falhas e degradação dos processos fabris”.

Sobre a ótica de Azevedo (2005) a Gestão de Ativos integra as técnicas de modelagem econômica, de avaliação da confiabilidade e do desempenho operacional com os fatores ligados à responsabilidade pela segurança e respeito ao meio ambiente, de modo a cumprir efetivamente os objetivos corporativos de retorno sobre o investimento realizado, ou seja, é um método que permite decisões de alto valor agregado durante o ciclo de vida do ativo dentro do contexto estratégico, já que os ativos físicos são considerados como os principais vetores de criação de valor de uma organização, passando a ter um enfoque altamente estratégico que visa transformar o capital investido em fonte de receitas sustentáveis, sem a qual uma produção segura e lucrativa não é possível.

Arcuri (2005) afirma que:

Durante muito tempo, a Manutenção caracterizou-se por apresentar um perfil extremamente voltado apenas à preservação dos equipamentos. Mesmo que houvesse implicação negativa às grades operacionais, era comum que os ativos e instalações fossem disputados pela Função, para a realização de revisões, com a área de Operação, que queria utilizá-los. Neste contexto, perdia-se o foco de que a Manutenção se presta a disponibilizar os bens para geração de receita, de forma confiável e segura, e que o desafio é realizar reparos e revisões sem interrupção do fluxo produtivo. Assim, o conceito moderno da Função alia a necessidade de alta disponibilidade dos equipamentos com a exigência de confiabilidade para sua utilização, de forma a integrá-la aos sistemas operacionais para possibilitar o funcionamento quase ininterrupto, e ausente de não conformidades, dos processos de produção.

Sobre o conceito disponibilidade, a NBR-5462 (1994) define como a capacidade de um item estar em condições de executar a sua função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado, levando-se em conta os aspectos combinados de sua confiabilidade, manutenibilidade e suporte de manutenção, supondo que os recursos externos requeridos estejam assegurados. Esta mesma norma prescreve que o desempenho suporte de manutenção está relacionado à capacidade de uma organização em prover os recursos necessários para manter um item em condições especificadas e em acordo com a política de manutenção escolhida

Em relação à manutenibilidade Ramos Filho *et al.*, (2010) a definem como a capacidade de um item ser mantido ou recolocado no estado de poder executar as funções requeridas, quando a intervenção das equipes de manutenção é realizada sob determinadas condições e mediante procedimentos prescritos, ou seja, é a facilidade com que se pode realizar uma intervenção de manutenção.

De acordo com os autores Wuttke e Sellitto (2008), a disponibilidade representa a probabilidade de que um determinado sistema ou equipamento, quando usado em determinadas condições, esteja em condição operacional em um instante de tempo “*t*”. Na prática, disponibilidade é expressa pelo percentual de tempo em que o sistema encontra-se operante, para componentes que operem continuamente. Estes mesmos autores, afirmam que a indisponibilidade de sistemas pode afetar à capacidade produtiva, aumentando custos e interferindo na qualidade do produto, já que falhas podem acarretar em prejuízos para a imagem institucional das empresas, principalmente se incluírem aspectos de segurança (pessoal e patrimonial) e meio ambiente..

Resumindo, Tarrento e Junior (2010) ressaltam que a manutenção, como função estratégica das organizações, é a responsável direta pela disponibilidade dos ativos e tem importância capital nos resultados da empresa. Esses resultados serão tanto melhores quanto mais efetiva for à gestão da manutenção. A função manutenção industrial tem incorporado às suas estratégias usuais de gerenciamento, alguns conceitos originados na confiabilidade.

2.2 Políticas de Manutenção

Peres e Lima (2008) descrevem que os custos de manutenção transformaram as áreas de manutenção em um segmento estratégico para o sucesso empresarial. Decorrendo desta conclusão, pode-se então afirmar que a redução de custos proporciona uma vantagem competitiva em um mercado globalizado e carente de taxas consistentes de rentabilidade.

De modo convergente, Otani e Machado (2008) destacam que a manutenção, como função estratégica das organizações é a responsável direta pela disponibilidade dos ativos, tendo importância capital nos resultados da empresa, sendo que estes resultados serão tanto melhores quanto mais efetiva for à gestão da manutenção, pois segundo dados estatísticos da Associação Brasileira de Manutenção (ABRAMAN) em 2003, o Brasil apresentou um custo de manutenção de 4,27% do Produto Interno Bruto (PIB) contra a média mundial de 4,1%.

De modo a explorar e visualizar melhor os dados apresentados acima, a Tabela 1 e o Gráfico 2, esboçam os resultados estatísticos do custo de manutenção no Brasil entre os anos base 1994 e 2008, com base no PIB por faturamento bruto das empresas apresentados bianualmente após pesquisa realizada pela ABRAMAN, através do material intitulado de Documento Nacional - A situação da manutenção no Brasil.

Este documento retrata sob a forma de indicadores, a situação da Manutenção no Brasil e suas tendências, servindo de referência para que as empresas comparem seus resultados e haja subsídios para a tomada de decisão estratégica, bem como é uma poderosa fonte de dados para estudos e trabalhos científicos na área de competência Manutenção.

Tabela 1 – Custo da Manutenção no Brasil no período entre 1994 a 2008.
Fonte: ABRAMAN - Documento Nacional 2009.

Ano Base	Ano da Pesquisa	PIB (Milhões de Reais)	Custo Total da Manutenção (CTM) / Faturamento Bruto (FB)	Custo (Milhões de Reais)
2008	2009	R\$ 2.900.000,00	4,14%	R\$ 120.060,00
2006	2007	R\$ 2.322.000,00	3,89%	R\$ 90.325,80
2004	2005	R\$ 1.769.202,00	4,10%	R\$ 72.537,28
2002	2003	R\$ 1.346.028,00	4,27%	R\$ 57.475,40
2000	2001	R\$ 1.101.255,00	4,47%	R\$ 49.226,10
1998	1999	R\$ 914.188,00	3,56%	R\$ 32.545,09
1996	1997	R\$ 778.887,00	4,39%	R\$ 34.193,14
1994	1995	R\$ 249.205,00	4,26%	R\$ 14.876,13

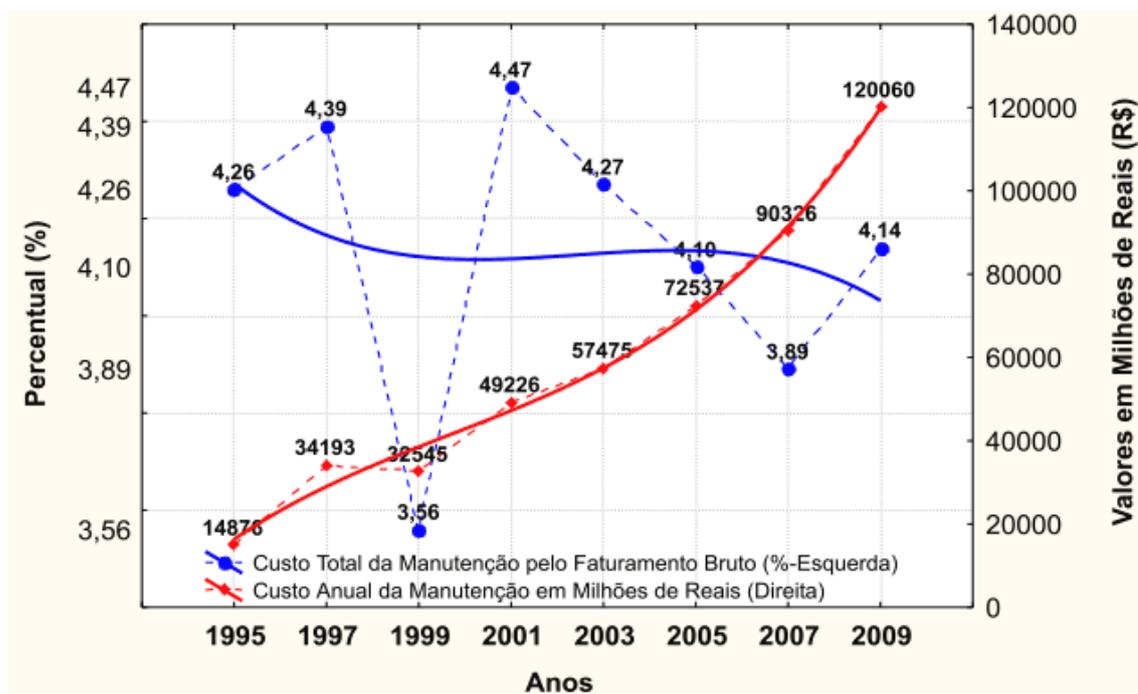


Gráfico 2 – Custos Anuais de Manutenção no Brasil com base no PIB.
Fonte: ABRAMAN - Documento Nacional 2009.

Observa-se através do Gráfico 2 que o custo efetivo de manutenção nas empresas ao longo dos últimos 15 anos vem apresentando um crescimento expressivo em valores reais, estando na casa dos 120 Bilhões de Reais em 2008. Tal fato, por si só denota uma real necessidade de uma revisão e melhoria dos processos quanto à estratégia e políticas de manutenção adotadas, bem como a implementação das boas práticas de manutenção ora praticadas em organizações dos países do primeiro mundo, a fim de promover a maximização da taxa de rentabilidade financeira líquida das organizações em um mercado globalizado e de alta concorrência que gira em torno de 1 dígito.

Em virtude do explicitado acima, Gonçalves *et al.*, (2008) descrevem que as políticas de manutenção são definidas através dos diferentes procedimentos intrusivos e não intrusivos que ocorrem mediante a uma pane que possa promover a parada do sistema.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) através da NBR 5462:1994 define pane como sendo o estado de um item caracterizado pela incapacidade de desempenhar uma função requerida, excluindo a incapacidade durante a manutenção preventiva ou outras ações planejadas, ou pela falta de recursos externos. Esta mesma norma, afirma que uma pane em um item ocorre após uma falha, visto que a falha é um evento e uma pane é um estado. Por item, esta norma o define como qualquer parte, componente, dispositivo, subsistema, unidade funcional, equipamento, ativo ou sistema que possa ser considerado individualmente. Torna-se válido ressaltar que um item pode apresentar um desvio de suas características em

relação aos seus requisitos, de modo a afetar ou não a capacidade do mesmo em desempenhar uma função requerida, sendo este desvio denominado de defeito.

Lafraia (2001) define o conceito função como toda e qualquer atividade que o item desempenha, sob o ponto de vista operacional, sendo esta dividida em:

- Função principal - Cumpre o objetivo principal do sistema;
- Função Secundária – Acrescenta objetivos ao sistema;
- Função Auxiliar - Modifica objetivos do sistema;
- Função Supérflua - Introduce objetivos desnecessários.

Por Falha, Rausand e Oien (1996), definem como o término da capacidade funcional de um ativo em executar uma função requerida. Tal incapacidade funcional promove custos tangíveis aos processos produtivos, quando não se consegue executar o planejamento prévio, bem como custos intangíveis quando afeta a imagem institucional da empresa.

De modo abrangente, Nunes (2001) define uma falha funcional como a incapacidade ou inabilidade de um Ativo em atender o desempenho desejado, em relação ao seu contexto operacional.

Neste sentido, Moubrey (2000), ressalta que os padrões de desempenho devem ser definidos em equipe pelos departamentos de engenharia, produção e manutenção.

Leal *et al.*, (2006) destacam que a falha representa um conceito fundamental para a análise de confiabilidade, sendo que a qualidade de uma análise de confiabilidade depende fortemente da habilidade do analista em identificar todas as funções desempenhadas pelos dispositivos e as possíveis falhas com potencial de ocorrência.

Oliveira e Maciel (2009) conceituam que a causa da falha é a forma de se descrever o que não está certo na funcionalidade do Ativo, podendo ser classificadas em Falha Funcional (falha evidente, falha múltipla, falha oculta) ou Falha Potencial. Estes autores de modo assertivo classificam ainda as causas em:

- Origem – Primária ou Secundária;
- Extensão – Parcial ou Completa;
- Manifestação – Degradação, Catastrófica ou Intermitente;
- Velocidades – Graduais ou Repentinas;
- Criticidade – Críticas ou não Críticas;
- Idade – Prematura, Aleatória ou Progressiva.

Neste trabalho serão apresentadas as políticas de manutenção denominadas de corretiva, preventiva, preditiva, detectiva, manutenção produtiva total, manutenção centrada em confiabilidade, proativa e gestão de ativos.

2.3 Manutenção Produtiva Total

De acordo com Souza (2001), a origem do nome Manutenção Produtiva Total do original em inglês *Total Productive Maintenance* (TPM), possui divergências:

“Alguns afirmam que teve início na indústria de manufatura americana há mais de quarenta anos. Outros o associam ao plano que se usava na *Nippondenso*, fábrica de componentes elétricos para automóveis, fornecedora da “*Toyota Motor Company*” do Japão no final da década de 60. No entanto, foi Seiichi Nakajima, um alto funcionário do Instituto Japonês de Planejamento de Manutenção (JIPM) quem recebeu o crédito de haver definido os conceitos de TPM e contribuir para a implementação em diversas fábricas no Japão”.

A Manutenção do Sistema de Produção, conforme Nakajima (*apud* Souza, 2001) representa a integração da Manutenção Corretiva, Preventiva e Preditiva, sendo que os primeiros contatos das empresas japonesas com a Manutenção Preventiva ocorreram no início da década de 50, com a apresentação desta pelos americanos. Tais técnicas americanas rapidamente evoluíram na década subsequente para Manutenção do Sistema da Produção e na década de 70 se cristalizaram na Manutenção Produtiva Total.

Arcuri (2005) observa que o TPM é um conceito gerencial que se inicia pela liberação da criatividade normalmente inexplorada das equipes de trabalho, que, apesar de estar sobrecarregada com tarefas repetitivas, possui as condições de contribuir para a melhoria dos processos, visto que é a sua política promover uma cultura na qual os colaboradores sintam-se como “donos” das máquinas em que atuam, aprendendo, se aperfeiçoando e assim melhorando o diagnóstico dos problemas.

Tondato e Fogliatto (2005) descrevem que o Instituto Japonês de Manutenção de Indústrias do original em inglês *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM), define o TPM a partir de cinco objetivos principais, sendo eles:

- Criar um ambiente que maximize a efetividade dos sistemas de produção. Neste sentido Mirshawka e Olmedo (1994), relatam que a criação deste ambiente é necessária para garantir a eficiência global das instalações, através da sincronização do planejamento com a produção e assim promover qualidade e harmonia ao processo produtivo;

- Gerenciar a empresa de modo a ter meta zero (acidentes, perdas e pane) nos processos produtivos;
- Participação efetiva de todos na empresa nos processos de implantação do TPM. Neste sentido, Mirshawka e Olmedo (1994), descreve que esta participação, além de ser motivada, deve inclusive ser realizada através do fornecimento de dados, informações e sugestões, independente da função exercida na empresa, pois as aptidões e conhecimentos colaboram de modo direto na melhoria dos processos de manufatura, gerando além da integração um excelente ambiente de trabalho e a satisfação do cliente interno;
- Nortear a Visão de todos, desde o chão de fábrica a alta administração para o mesmo objetivo.
- Orientar as ações visando atingir a meta de “Zero” apoiando-se, para tanto, nas atividades das equipes de trabalho de melhorias. Nesta linha, Mirshawka e Olmedo (1994) afirmam a necessidade de formação de pequenas equipes formada por profissionais com habilidades e conhecimentos transversos, de tal modo a haver consolidação nas ações de melhoria contínua ou efetividade nas soluções de problemas. Assim é natural encontrarem nos times de melhoria da manutenção, profissionais de engenharia, suprimentos e logística.

Os objetivos deste modelo gerencial, conforme Conceição Junior e Silva (2010) são abrangentes e complexos, pois ocasionam mudanças de comportamentos, quebra de paradigmas e fomenta o trabalho em equipe de modo a haver integração e comprometimento com os resultados da organização.

De modo convergente Carrijo e Lima (2008), ressaltam que “O TPM pode melhorar o rendimento global das instalações graças a uma organização baseada no respeito à criatividade humana e com a participação de todos os empregados da empresa”, visto que a maior característica do TPM é a participação de todos os colaboradores que através de pequenas equipes de trabalho possuem o objetivo de maximizar os seus processos através do atingimento de metas Zero (pane, acidentes e defeito).

Nesta mesma linha, Folador e Mattos (2007) afirmam que para uma empresa ser competitiva e rentável, é de vital importância à prevenção de acidentes e a mitigação de panes graves que possam parar o processo produtivo ou que acabam prejudicando outros processos.

De modo mais abrangente, Arcuri (2005) descreve que o TPM fomenta o engajamento da organização de modo a maximizar o índice de eficiência global de processos produtivos

com custos enxutos ao longo de seu ciclo de vida, sendo este índice de eficiência denominado de OEE do original em inglês *Overall Equipment Effectiveness*.

De acordo com Tondato e Fogliatto (2005), o OEE deve ser calculado em porcentagem como demonstrado através da equação matemática (1), na qual a disponibilidade dos equipamentos é mensurada através da relação entre o tempo em que o ativo está disponível para produzir e o tempo total de calendário (anual ou mensal), a taxa de rendimento é mensurada através da relação entre a velocidade nominal e a de produção real dos equipamentos e a taxa da qualidade sendo mensurada pela proporção de defeitos com relação ao volume total de produção.

$$OEE\% = Disponibilidade (\%) \times Taxa \text{ de Desempenho } (\%) \times Taxa \text{ de Qualidade } (\%) \quad (1)$$

De acordo com Santos (2009), um OEE de 85% deve ser buscado como meta ideal para os processos fabris, sendo que para a obtenção deste índice é necessário que no mínimo a disponibilidade dos processos esteja na ordem de 90,4%, a taxa de desempenho esteja na ordem de 95% e a taxa de qualidade na ordem de 99%.

Os autores Conceição Junior e Silva (2010), descrevem que o TPM constitui-se de uma atividade distribuída entre os operadores, supervisores e gerentes com responsabilidades definidas, devendo estes possuir a expertise necessária para a solução de problemas complexos. Sendo a natureza da tarefa o balizador para a distribuição de responsabilidades entre as funções. Neste aspecto o papel do capital humano se sobressai, tornando-se um dos pilares para a implementação e sustentabilidade do TPM, visto a detenção de conhecimento agregado e a compreensão dos aspectos funcionais relevantes ligados ao processo.

Autores como Silva (2008), Arcuri (2005) e Tondato e Fogliatto (2005), descrevem que o TPM é estruturado sobre oito pilares, conforme a Figura 2, sendo que a implementação e desenvolvimento de todos os pilares devem ser realizados incondicionalmente por equipes coordenadas e em consonância com a estrutura hierárquica da empresa.

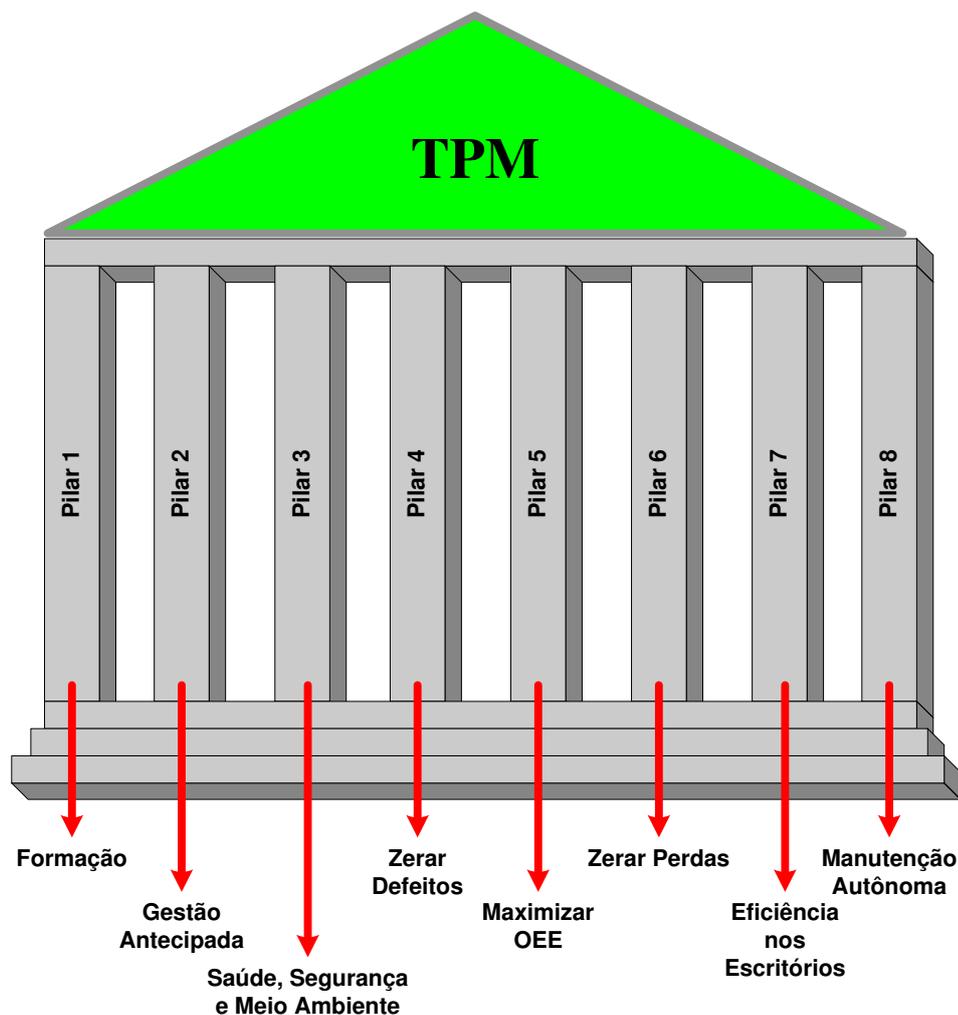


Figura 2 – Os oito Pilares do TPM.
 Fonte: Adaptado de Arcuri (2005) e Souza (2001).

Segundo a visão de Justa e Barreiros (2008), o primeiro pilar estrutural do TPM tem a função de prover as mudanças organizacionais e comportamentais necessárias por meio da formação e educação básica de todos os colaboradores, criando assim uma organização que aprende. Estas mudanças visam à implantação de novas tecnologias e o desenvolvimento de novas habilidades junto às equipes operacionais e de manutenção, para que as ações desdobradas possam ser implementadas com efetividade e de modo sustentável, garantindo assim a confiabilidade e a capacidade dos processos. Segundo Silva (2008), as formações necessárias para o desenvolvimento do programa TPM são definidas e programadas a partir de uma matriz de habilidades correlacionadas a cada posto funcional no curto, médio e longo prazo.

Silva (2008) descreve que o segundo pilar baseia-se no estabelecimento de um sistema de controle e gestão antecipada que objetiva garantir a maximização do desempenho do

equipamento adquirido, através de uma abordagem sistemática de especificação e retorno de informações ao projeto e fornecedores.

Arcuri (2005) descreve que o terceiro pilar visa a manter as áreas de trabalho organizadas, limpas e saudáveis, de modo a prevenir acidentes ergonômicos e físicos, bem como preservar o meio ambiente das influências geradas pelo parque fabril. Este pilar visa a ter Zero acidente e Zero impacto ambiental através de ações de análises de riscos, procedimentos padronizados, auditorias, práticas de respeito à vida e à sociedade, estando todos em conformidade com as leis e políticas de saúde, segurança e meio ambiente vigente e preconizada no contexto mundial.

Silva (2008), afirma que o quarto pilar estabelece as condições para zerar o número de defeitos que afetam o produto através da aplicação do conceito de qualidade assegurada aos processos, sustentando a análise e o controle de tendências dos dados coletados e assim gerando ações de contramedidas para a correção dos problemas pela causa raiz, de tal modo que não haja a repetibilidade.

O quinto pilar descrito por Santos (2009) destaca que o uso responsável do indicador OEE permite que as empresas analisem os seus processos fabris, de modo a identificar as perdas existentes através da mensuração dos índices de disponibilidade, desempenho e qualidade, visando obter assim a quebra Zero e a melhoria dos resultados com consequente mitigação da necessidade de novos investimentos fabris. Segundo estes autores, o uso do OEE permite maximizar os recursos disponíveis da manutenção planejada e revelar os custos escondidos, visto que antes do advento deste indicador, somente a disponibilidade era considerada como fator principal de efetividade dos processos, o que resultava em um sobre dimensionamento da capacidade instalada.

O sexto pilar na visão de Arcuri (2005) sintetiza a própria essência do TPM que é o foco na eliminação de perdas, ou seja, Zerar Perdas através de uma análise das perdas processuais nas diversas áreas fabris e assim identificar as maiores perdas, as suas causas e as inúmeras disfunções organizacionais, geralmente ocultas pelos comportamentos errôneos e paradigmas equivocados, sendo que ambas necessitam serem tratadas com responsabilidade pelos grupos de trabalhos e assim serem mitigadas ou eliminadas na maior brevidade possível através de ações efetivas.

O sétimo pilar, conforme os autores Tondato e Fogliatto (2005) e Silva (2008) possui o objetivo de gerar velocidade e melhoria na qualidade das informações entre os setores administrativos, possibilitando a desburocratização do sistema e o fornecimento de orientações necessárias às atividades processuais de forma a mitigar os custos e fomentar a

competitividade. De acordo com Silva (2008), este pilar utiliza duas abordagens para a obtenção da meta “Zero perdas” funcionais nos escritórios, sendo elas denominadas de Análise de Processos de Negócio do original em inglês *Business Process Analysis (BPA)* que parte das necessidades de mercado e define os objetivos de melhorias e desburocratização dos processos organizacionais internos e a segunda abordagem denominada de Gestão Autônoma do original em inglês *Autonomous Management* que contempla as etapas de inventário dos arquivos, descarte de todo material ou documento sem utilidade, organização e identificação dos materiais e documentos mantidos, análise do fluxo de atividades nos escritórios e ações de melhoria, a fim de gerar efetividade e perenidade no processo.

O oitavo pilar está relacionado ao desenvolvimento multifuncional de habilidades, através de treinamentos específicos, a fim de possibilitar atividades que agreguem funcionalidade e confiabilidade ao ativo, visto que um dos lemas deste pilar é “sou dono deste ativo”. As tarefas de inspeção, limpeza, reaperto, resolução de pequenos problemas e lubrificação, visam a propiciar um conhecimento maior sobre a funcionalidade do ativo, bem como a descobrir e identificar fontes de sujeira, pontos de difícil acesso, condições inseguras e deficiências operacionais que podem ser convertidas em oportunidades para tratamento imediato. Silva (2008) ressalta que estas atividades uma vez integradas e coerentes com o plano de manutenção irão contribuir decisivamente para o atendimento das metas desdobradas de produtividade.

No aspecto essencialmente conceitual, o TPM significa Zero Falha nos equipamentos, Zero Defeito nos produtos e Zero Perda nos processos, sendo este conceito uma representatividade da mola mestra do desenvolvimento e melhoria do desempenho de uma indústria de manufatura, já que o seu foco é na maximização da eficiência dos processos através do envolvimento incondicional do capital humano.

De modo similar, Takahashi e Osada (1993) afirmam que a confiabilidade, segurança e as características operacionais da fábrica são os elementos decisivos para o gerenciamento da qualidade, produtividade e custos. Tal fato permite a eliminação de paradas e promove a manutenção autônoma, por meio de atividades rotineiras.

A análise das diversas definições e conceitos leva a um consenso de que o TPM busca criar uma nova forma de trabalho, que maximize a eficiência de todo o sistema produtivo. Por isso, o TPM não deve ser encarado como uma simples ferramenta ou programa, pois ela é focada nas pessoas, usando o equipamento como material “didático” em seu desenvolvimento.

A mudança da relação de autoridade consequente do incentivo e participação dos operadores em processos decisórios, em detrimento do simples cumprimento de tarefas e o incentivo ao trabalho em equipe, torna-se a tônica de uma profunda mudança organizacional.

Conforme Souza (2001), o TPM é mais bem aplicado após o entendimento de suas características:

- Busca da economicidade, sendo esta uma busca para minimizar os custos de todos os insumos e recursos disponíveis sem com isso promover perdas para a quantidade ou qualidade dos mesmos;
- Integração total da Manutenção Corretiva, Preventiva e Preditiva;
- Manutenção autônoma voluntária por parte dos operadores.

Ainda, segundo a visão de Souza (2001), quando existe a participação dos operadores nas atividades de manutenção, torna-se mais fácil o engajamento ao TPM, porém se o critério de trabalho for apenas corretivo, haverá a necessidade de desprender grandes esforços para atingir os patamares preconizados da meta Zero e conseqüentemente colher os seus frutos.

2.4 Análise dos Modos de Falha e Efeitos

Devido à importância da gestão de risco, em 1949, foi criado no exército americano um processo formal orientado por procedimentos para desenvolver uma análise dos modos, efeitos e criticidade de falhas (*Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*), que mais tarde foi denominado de FMEA.

A Análise dos Modos de Falhas e Efeitos, do original em inglês *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA) é uma metodologia sistemática que permite identificar as potenciais falhas de um sistema, projeto ou processo, com o objetivo de eliminar ou minimizar os riscos associados, antes que tais falhas aconteçam, conforme Oliveira *et al.*, (2010).

Um modo de falha é definido como sendo toda e qualquer falha que seja inerente a um equipamento ou componente, e que resulte em uma perda funcional sobre um sistema ou sobre um subsistema.

Lucatelli (2002) descreve que o Modo de Falha é uma equação utilizada para caracterizar o processo e o mecanismo de falha que ocorre nos ativos, sendo que o efeito é a maneira como o modo de falha se manifesta. Um determinado modo de falha se tornará mais ou menos evidente dependendo da função que o ativo está desempenhando em um caso específico. Corroborando com o explicitado acima, Alkaim (2003), define modo de falha

como a maneira pela qual a falha é observada ou qualquer evento que causa uma falha funcional.

Neste sentido, Oliveira e Maciel (2009), definem o efeito de uma falha como o que acontece quando um modo de falha se apresenta e são classificados sobre os seguintes aspectos:

- Efeito Catastrófico – a falha pode causar a morte de pessoas, a perda do sistema principal ou danos ao meio ambiente;
- Efeito Crítico – a falha pode causar ferimento severo ou até a morte, ou dano significativo ao sistema principal ou ao meio ambiente, resultando na perda da missão da instalação;
- Efeito Marginal – a falha pode causar ferimento leve ou dano de pequeno porte no sistema ou no meio ambiente, resultando em demora ou degradação de sua missão;
- Efeito Mínimo – a falha provoca consequência reduzida na operação, meio ambiente e segurança abaixo dos níveis máximos permitidos pelas normas vigentes, demandando recursos mínimos para a restauração da condição original;
- Efeito Insignificante – a falha pode causar ferimentos em pessoas, ou danos ao sistema, ou impactos no meio ambiente insuficientes para infringir qualquer norma vigente.

A FMEA pode ser classificada em duas seções distintas, ou seja, em DFMEA do original em inglês *Design Failure Modes and Effects Analysis* que se refere ao projeto do produto, sendo uma técnica analítica e preventiva utilizada para analisar e assegurar que os modos de falhas potenciais e suas causas associadas sejam abordados no projeto conceitual ou na finalização dos projetos detalhados dos produtos finais e em PFMEA do original em inglês *Process Failure Modes and Effects Analysis* que possui o foco no processo produtivo aplicado para realizar o produto.

Neste sentido, Oliveira *et al.*, (2010) advogam a existência de dois tipos de FMEA: de produto (denominado geralmente FMEA de projeto) e de processo. Na FMEA de produto, identificam-se cada componente do sistema e os possíveis modos de falha associados, bem como seus efeitos no sistema em questão e no produto como um todo, a partir da análise das funções, materiais utilizados, componentes, tolerâncias, etc. A FMEA de processo, por sua vez, é utilizado para a análise detalhada de sistemas produtivos que possam, ocasionalmente, afetar a confiabilidade prevista no produto, identificando os modos de falhas potenciais no processo e seus efeitos no cliente.

Fernandes e Rebelato (2006), afirmam existir três tipos principais de FMEA: FMEA de sistema, FMEA de produto e FMEA de processo. A FMEA de sistema é utilizada para avaliar as falhas em sistemas nos estágios iniciais de conceituação e projeto, enfocando as falhas do sistema em relação às suas funcionalidades e no atendimento das expectativas dos clientes, ou seja, está diretamente ligado à percepção do cliente em relação ao sistema.

A FMEA de produto é utilizada para avaliar possíveis falhas no projeto do produto antes da sua liberação para a manufatura, enfocando as falhas do projeto em relação ao cumprimento dos objetivos definidos para cada uma de suas características, estando diretamente ligado à capacidade do projeto em atender aos objetivos pré-definidos. A FMEA de produto define as necessidades de alterações no projeto do produto, estabelecendo prioridades para as ações de melhoria, auxiliando na definição de testes e validação do produto, na identificação de características críticas e na avaliação dos requisitos e alternativas do projeto.

A FMEA de processo é utilizada para avaliar as falhas em processos antes da sua liberação para produção. Enfoca as falhas do processo em relação ao cumprimento dos seus objetivos pré-definidos e está diretamente ligado à capacidade do processo em cumprir esses objetivos, bem como definindo as necessidades de alterações no processo, estabelecendo prioridades para as ações de melhoria, auxiliando na execução do plano de controle do processo e na análise dos processos de manufatura e montagem.

Quando se analisa a criticidade da falha o método FMEA recebe o nome de análise de modo, efeitos e criticidade de falhas do original em inglês *Failure Mode, Effects and Criticality Analysis* (FMECA).

A técnica FMEA foi formalmente utilizada pela NASA (National Aeronautics and Space Administration) somente em 1963, através do *Apollo Space Program*, sendo a pioneira no seu desenvolvimento e evolução. Após o ano de 1977, a *Ford Motors Company* começou a empregar a técnica na fabricação de seus automóveis e a partir do ano de 2000, a SAE (*Society Automotive Engineers*) publicou os procedimentos especializados de FMEA para a indústria automotiva, conforme descreve Guzzon (2009).

Ross e Rosa (2008) descrevem que ao final da década de 80, “através de uma força de trabalho composta por representantes da *Chrysler Corporation*, *Ford Motor Company* e *General Motors Corporation* desenvolveu-se a norma QS 9000 (*Quality Systems 9000*), em que foi incluído o FMEA como uma das ferramentas de planejamento avançado da qualidade. Em fevereiro de 1993, a AIAG (*Automotive Industry Action Group*) e a ASQC (*American Society for Quality Control*) patentearam os padrões relacionados ao FMEA, criando um

manual. O mesmo vale para a SAE (*Society of Automotive Engineers*) detentora do procedimento SAE J-1739 que trata da FMEA”.

Ross *et al.*, (2008) afirmam que a FMEA tem como escopo investigar falhas e variáveis relacionadas, buscando através de um conjunto de ações localizadas, a melhoria da qualidade para satisfazer os clientes.

Oliveira *et al.*, (2010) descrevem que a FMEA é usado para identificar todos os possíveis modos potenciais de falhas e determinar o efeito de cada uma sobre o desempenho do sistema (produto ou processo), mediante um raciocínio basicamente dedutivo. O uso consistente da FMEA pode permitir a identificação de problemas que não haviam sido antecipados e, conseqüentemente, ao estabelecimento de prioridades para a correção.

Neste sentido Hoseynabadi *et al.*, (2010) afirmam que a FMEA permite identificar e limitar ou evitar o risco dentro de um projeto ou processo, bem como avaliar e otimizar os planos de manutenção, proporcionando maior confiabilidade, maior qualidade e segurança assegurada.

Aguiar e Salomon (2007) destacam que a FMEA é um meio para identificar as falhas antes que aconteçam, através de um procedimento constituído por três perguntas chaves questionado a cada falha:

- Qual seria a consequência da falha?
- Qual a probabilidade da falha ocorrer?
- Em qual probabilidade esta falha é detectada antes que afete o cliente?

Assim, pela relação da severidade do modo de falha, a frequência na qual a falha pode ocorrer e a probabilidade de detecção da falha, o FMEA tem como objetivo definir, demonstrar e maximizar soluções de engenharia em resposta à qualidade, confiabilidade, manutenibilidade, custos e produtividade.

A FMEA por ser uma metodologia analítica usada para identificar os modos de falha de uma atividade e o seu efeito na confiabilidade, utiliza escores predeterminados em uma escala numérica de um a dez, que são atribuídos à probabilidade de ocorrência, à severidade e à detecção para cada falha em potencial. O produto destes escores, denominado Número de Priorização de Risco (RPN) do original em inglês *Risk Priority Number*, exprime o grau de criticidade da falha.

Segismundo e Miguel (2008) descrevem que o cálculo do RPN é baseado no produto dos índices de ocorrência, severidade e detecção, podendo isso, causar distorções, pois enquanto a probabilidade de detecção e sua respectiva pontuação seguem uma função linear, a

relação entre a probabilidade de ocorrência de uma falha e sua pontuação não necessariamente é linear. Tal fato pode promover um mesmo indicador de RPN, apesar de o risco envolvido ser completamente diferente.

Neste sentido Palady (1997), advoga a utilização do gráfico de áreas, representado no Gráfico 3, na qual é constituído de uma escala de severidade no eixo “x” e de uma escala de ocorrência no eixo “y”. Segundo o autor, este gráfico promove uma abordagem proativa, visto que o mesmo possui três regiões distintas: uma região de baixa prioridade, uma região de média prioridade e uma região de alta prioridade. Os escores de severidade e ocorrência dos modos de falhas são utilizados como coordenadas que ao serem esboçados no gráfico de áreas permite a identificação do grau de importância, sendo que a região de alta prioridade do gráfico é considerada de maior importância, devendo todos os modos de falhas existentes nesta região serem prioritariamente tratados com efetividade.

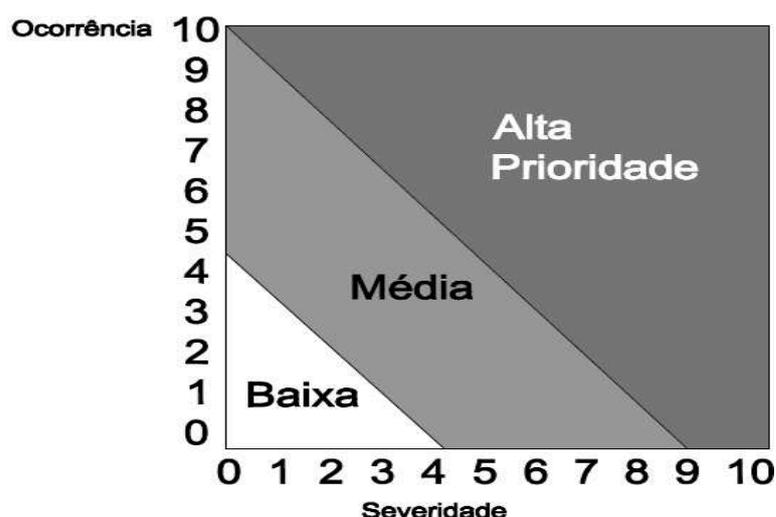


Gráfico 3 – Áreas da FMEA.
Fonte: Palady (1997).

Para atribuir os escores, há a necessidade de uma equipe com competências e visões transversas para a definição das funções processuais dos ativos e de suas variáveis de processo, de modo a serem capazes de definir os modos de falhas, causas e efeitos sentidos pelos clientes internos e externos. A importância da utilização efetiva e responsável dos escores promove a identificação e priorização das ações necessárias para a garantia de evolução do processo em análise.

Neste sentido, Stamatis (2003) estabelece dois cursos de ação para a avaliação da análise da FMEA. A primeira ação é buscar nos dados históricos da empresa, semelhança entre produto ou serviço nos dados de garantia, reclamação de cliente e outras informações

disponíveis para definir a falha do projeto em estudo. Em segundo lugar, fazer inferência estatística, modelagem matemática, simulações, engenharia simultânea e engenharia de confiabilidade que podem ser utilizadas para identificar e definir as falhas.

Palady (1997) descreve que na literatura encontram-se vários modelos de formulários do FMEA, sendo estes adaptados e padronizados por cada empresa de acordo com as suas necessidades, a fim de garantir a sua efetividade e sucesso, porém esta diversidade deve incluir ao menos cinco elementos básicos:

1. Selecionar o Processo onde será aplicado a FMEA com o maior potencial de retorno de qualidade e confiabilidade para a organização e seus clientes;
2. Perguntar e Responder três importantes perguntas:
 - Como a função pode falhar?
 - Por que falha?
 - O que acontece quando falha?
3. Implementar um esquema para identificar os modos de falhas mais importantes, a fim de definir ações de melhoria;
4. Priorizar ou selecionar os modos de falhas potenciais que serão priorizados;
5. Acompanhar o status das ações definidas e os resultados alcançados, a fim de efetuar ações corretivas caso haja a identificação de novos desvios.

O preenchimento de um formulário para o uso do FMEA propicia uma organização e ordenação dos possíveis riscos do projeto/processo, de modo a possibilitar a indexação e a priorização dos maiores riscos.

A FMEA por ser uma metodologia utilizada para maximizar a satisfação do cliente, a partir da eliminação ou mitigação de falhas potenciais, oriundas de erros de sistemas, projetos ou processos é considerada uma ação proativa, visto a mesma promover a identificação e eliminação de problemas potenciais antes que eles ocorram, possibilitando um retorno valioso no que tange a qualidade e confiabilidade dos produtos à organização e conseqüentemente aos clientes.

2.5 Manutenção Centrada em Confiabilidade

A Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) é uma metodologia de gestão de ativos físicos utilizada na determinação de tarefas de Manutenção capazes de assegurar que um sistema ou processo atenda à necessidade de seus usuários, dentro do seu contexto operacional atual, com o desempenho esperado. Essa metodologia também faz a consideração sistemática das funções de um item físico, seus modos de falha e os critérios de priorização para definição de uma Política de Manutenção das funções de processo.

Moubray (2000) descreve que em 1974, o Departamento de Defesa dos Estados Unidos autorizou a *United Airlines* a fazer um relatório sobre os Processos usados pela Indústria de aviação para preparar os programas de manutenção para as aeronaves. O relatório resultante foi chamado de *Reliability-Centered Maintenance* (RCM).

Niu *et al.*, (2010) relatam que o RCM foi desenvolvido em 1970 pela Associação do Transporte Aéreo (ATA), associados a fabricantes da indústria aeroespacial (AMA), e a Administração Federal de Aviação (FAA) dos Estados Unidos. Segundo estes autores, o RCM é uma abordagem industrial de melhoria focada na identificação e no estabelecimento de melhorias operacionais do capital manutenção, que permitirá gerenciar os riscos de falha dos ativos de modo efetivo, ou seja, é uma estrutura de engenharia que permite a definição de um regime de manutenção completo.

A abordagem tradicional dos programas de manutenção foi baseada no conceito de que cada item em uma parte de um equipamento complexo tem uma “idade certa” na qual a revisão completa é necessária para assegurar segurança e confiabilidade operacional. Através dos anos, no entanto, foi descoberto que muitos tipos de falhas não podiam ser impedidos ou efetivamente reduzidos por tais atividades de manutenção, não importando a intensidade de realização.

Moubray (2000), afirma que o RCM é chamado de *Reliability-Centered Maintenance* (Manutenção Centrada em Confiabilidade – MCC), porque reconhece que a manutenção só pode recuperar a capacidade interna ou a confiabilidade inerente de qualquer item, ou seja, é “um processo usado para determinar o que precisa ser feito para assegurar que qualquer item físico continue a cumprir as funções desejadas, no seu contexto operacional atual”.

A função desejada de qualquer item pode ser definida de várias formas, dependendo exatamente de onde e como ela está sendo usada (o contexto operacional).

Netherton (1999) descreve a história do RCM como a transformação da manutenção na aviação comercial, desde um conjunto de suposições e tradições para um processo analítico sistemático que fez da aviação “a maneira mais segura de voar”.

Hoje em dia, é amplamente aceito que a aviação comercial é a forma mais segura de se viajar, pois as empresas de aviação sofrem menos de dois acidentes por milhão de decolagens. Isto corresponde, aproximadamente, a um acidente em algum lugar do mundo, a cada duas ou três semanas. Destes acidentes, perto de um sexto são causados por falha de equipamento.

Dunn (1998), em seu trabalho “*Reinventing the Maintenance Process*”, analisa a dinâmica de mudanças sob a ótica proposta por Moubray (2000) em *Reliability-Centered Maintenance*, que descreve as mudanças em três áreas principais:

- Crescimento das expectativas de manutenção;
- Como os equipamentos falham;
- Uma escala sempre crescente de técnicas de gerenciamento de manutenção.

De acordo com Oliveira e Maciel (2009), o objetivo principal da MCC é preservar a função do sistema, sendo que saúde física e financeira da maioria das organizações depende da contínua integridade física e funcional dos seus ativos. Esta é uma das mais relevantes características da atividade econômica do final do século XX e início do século XXI. No velho paradigma da manutenção, segundo a análise de Moubray (2000), o objetivo era melhorar a disponibilidade da planta ao mínimo custo, no novo paradigma a manutenção afeta todos os aspectos do negócio: segurança, integridade ambiental, eficiência energética e qualidade do produto, não somente a disponibilidade da planta e custo.

Através de uma atuação sistemática e com foco na função do sistema, mapeia-se o processo de modo a priorizar quais as funções são mais importantes para o processo produtivo, suas falhas funcionais, modos de falhas e consequências de falhas, proporcionando melhorias aos planos de manutenção que passam a gerar programações com foco nas tarefas que agreguem ao sistema, ajuste nas periodicidades, nivelamento de estoques, redução de itens e equipamentos a serem checados periodicamente ou até o reprojeto do sistema.

O setor de manutenção, na visão da MCC, atua até o limite da confiabilidade operacional, porém quando o equipamento é utilizado além de sua capacidade nominal, não há como garantir o desempenho desejado, visto que a inserção de novas políticas de manutenção, não é efetiva.

2.6 Características da MCC

Sua principal característica é a implantação rápida, visto a sua estrutura lógica e prática, sendo de vital importância a participação de equipes polivalentes e transversas que tenham alto conhecimento técnico das funções a serem analisadas durante a execução da FMEA, visto que o enfoque não será nas atividades a serem executadas nos ativos, mas sim no por que serão feitas para preservar a sua função.

Conforme a norma SAE-JA 1011(1999) e Moubray (2000), o processo MCC implica em sete questionamentos sobre os ativos ou sistemas em análise:

1. Quais são as funções e padrões de desempenho, associados ao ativo no seu contexto operacional atual?

Os usuários usualmente sabem exatamente a contribuição de cada ativo para a saúde financeira da organização, assim, é essencial que eles estejam envolvidos no processo desde o início.

2. Como o ativo perde a capacidade de cumprir a sua função?

Quando um ativo está incapaz de cumprir a função em um padrão de desempenho aceitável para o usuário, sendo que esta definição engloba as falhas parciais, onde o ativo ainda funciona, mas em um nível inaceitável de desempenho (incluindo situações onde o ativo não pode sustentar níveis aceitáveis de qualidade ou de precisão).

3. O que causa cada falha funcional?

Eventos que causem cada modo de falha, incluindo aqueles que ocorreram no mesmo ativo ou em similar operando no mesmo contexto, bem como as falhas que estão sendo prevenidas por um regime de manutenção existente, e ainda as falhas que não aconteceram, mas que são consideradas possíveis em virtude do contexto operacional em vigor.

4. O que acontece quando ocorre cada falha?

Estas descrições devem incluir todas as informações necessárias para suportar a avaliação de consequências da falha, tais como:

- Qual a evidência (se há alguma) de que a falha ocorreu?
- De que modo ela coloca uma ameaça à segurança ou ao meio-ambiente?
- De que modo ela afeta a produção ou operação?

- Qual o dano físico é causado pela falha?
- O que deve ser feito para reparar a falha?

5. De que forma cada falha tem importância?

O processo MCC classifica essas consequências em quatro categorias, como segue:

- Consequências de Falhas Ocultas: Não têm um impacto direto, mas expõem a empresa às falhas múltiplas com consequências sérias, frequentemente catastróficas.
- Consequências sobre segurança (se puder ferir ou matar alguém) e meio-ambiente (poderia vir a violar quaisquer padrões ambientais da empresa, regional ou federal);
- Consequências Operacionais: Afeta a produção (quantidade, qualidade do produto, serviço ao cliente ou custos operacionais, além do custo direto do reparo).
- Consequências não Operacionais: Falhas evidentes que não afetam a segurança nem a produção, portanto, envolvem apenas o custo direto do reparo.

O processo MCC utiliza essas categorias como base de uma estrutura estratégica para a tomada de decisão, por forçar uma revisão estruturada das consequências de cada modo de falha, nos termos das categorias acima, focando a atenção nas atividades de manutenção que mais impactam no desempenho da organização, e desviando a energia para longe daquelas que tem pequeno ou nenhum impacto.

6. O que pode ser feito para prever ou prevenir cada falha?

O processo MCC descreve a necessidade de executar tarefas distintas, tais como:

- Tarefas proativas (Preditivas e Preventivas) empreendidas antes de uma falha ocorrer, de modo a prevenir o item de entrar em um estado de falha.
- Tarefas padrões que tratam o estado da falha, e são escolhidas quando não é possível identificar uma tarefa proativa efetiva. Ações padrões incluem busca da falha, reprojeto e rodar até a falha.

7. O que deve ser feito se não for encontrada uma tarefa Proativa apropriada que seja técnica e financeiramente viável?

Devem-se realizar tarefas padrões, pois esta abordagem significa que as tarefas proativas são somente especificadas para falhas que realmente as necessitem, que por sua vez conduz a substanciais reduções nas cargas de trabalho de rotina.

Segundo Souza e Lima (2003), as respostas para os sete questionamentos foram desenvolvidos em sete passos:

1. Selecionar a área de processo produtivo adequado para a aplicação da MCC.

Nunes (2001) relata que inicialmente o sistema a ser analisado deve ser delimitado, sendo que a partir da seleção dos sistemas ou equipamentos a serem analisados, definem-se as fronteiras e interfaces (entradas e saídas) do objeto da aplicação, tomando-se cuidado para que nada seja desconsiderado, concentrando e delimitando o estudo.

Neste passo é necessário definir os Ativos alvos da implantação e os objetivos a serem alcançados, bem como organizar e centralizar todas as informações inerentes para que haja um planejamento efetivo através da elaboração de um cronograma detalhado que contemple todas as ações futuras.

2. Definir as funções e parâmetros de desempenho desejados.

Neste passo é primordial a definição objetiva e numérica do desempenho desejado e da capacidade intrínseca da função processual, conforme apresenta a Figura 3. Por Capacidade intrínseca, entende-se como a capacidade tecnológica processual produtiva.



Figura 3 – Desempenho esperado de um Ativo ou Sistema.
Fonte: Adaptado de Souza e Lima (2003).

3. Determinar as falhas funcionais que podem ser classificadas em falhas totais e parciais, falhas limites inferiores e superiores e falhas no contexto operacional.

Entende-se como falha parcial à margem de deterioração da função principal entre a capacidade inicial e o desempenho desejado, ou seja, a capacidade do ativo ou sistema

permanecer cumprindo a sua função acima do desempenho requerido pelo usuário, conforme ilustrado na Figura 4.

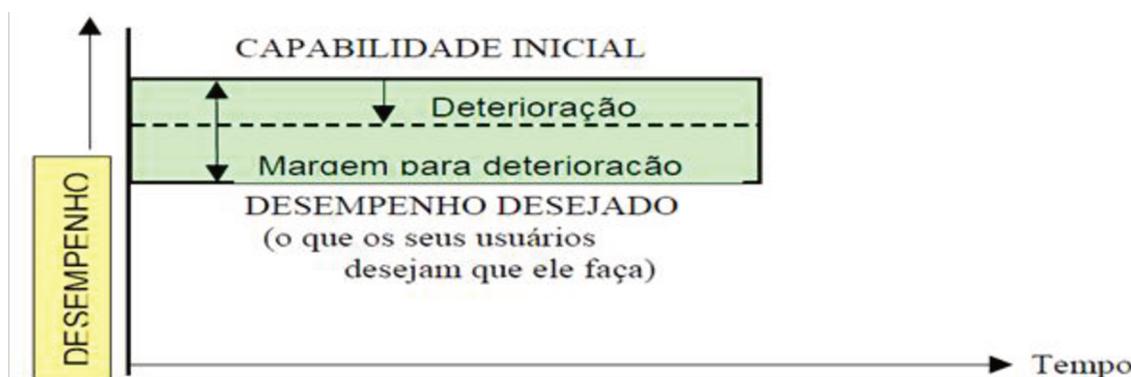


Figura 4 – Ilustração de Falha Parcial.
Fonte: Souza e Lima (2003).

Os limites inferiores e superiores estão associados aos padrões de desempenho das funções principais dos ativos ou sistemas, sendo que as falhas ocorrem quando os ativos ou sistemas atuam fora dos limites, ou seja, acima ou abaixo dos limites de especificação do processo.

Souza e Lima (2003) descrevem que as duas situações de falha devem ser investigadas separadamente, pois podem ter os modos de falha e consequências diferentes, conforme ilustrado na Figura 5.

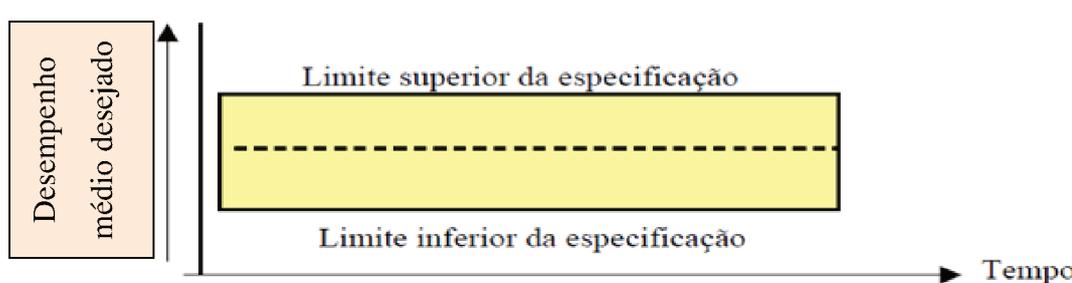


Figura 5 – Padrão de desempenho com Limite Inferior e Superior da especificação.
Fonte: Souza e Lima (2003).

Siqueira (2005) define contexto operacional como as condições específicas do ambiente físico e do processo, as quais podem modificar, ou mesmo definir, as funções desejadas para o sistema, dentro dos objetivos empresariais do negócio.

A falha no contexto operacional pode ser definida como as visões distintas dos diversos agentes em um processo industrial sobre uma falha funcional, ou seja, o ponto de vista dos usuários sobre a falha é diferente.

Souza e Lima (2003) descrevem que a definição da falha no contexto operacional leva a várias visões da falha, conforme ilustra a Figura 6.

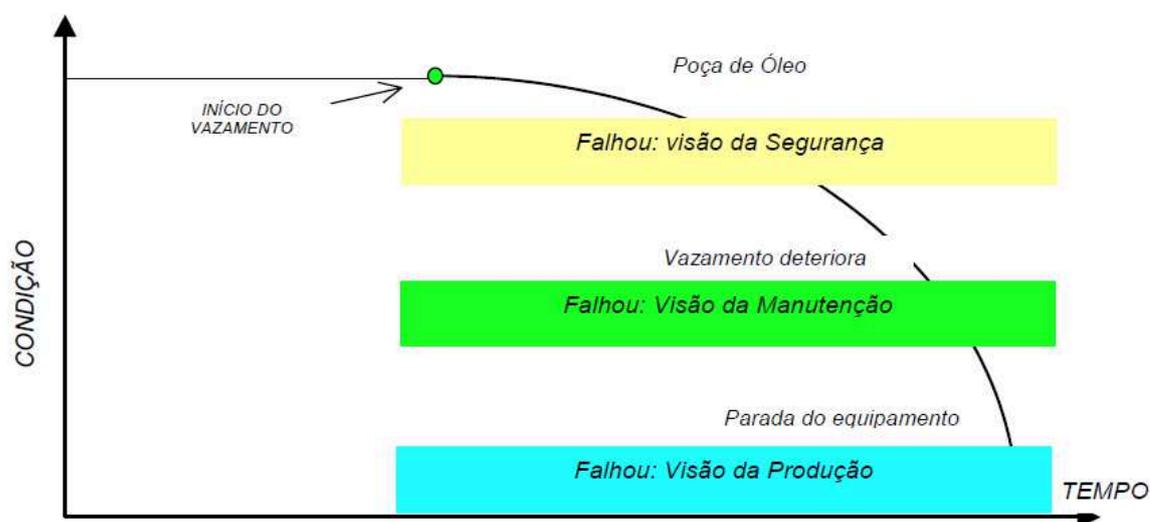


Figura 6 – Visões diferentes sobre falhas.
Fonte: Souza e Lima (2003).

4. Determinar o modo de falha, seus efeitos e consequências.

Souza e Lima (2003) relatam que para determinar os modos, efeitos e consequências da falha, utiliza-se o FMEA, por ser uma técnica indutiva, estruturada e lógica para identificar e/ou antecipar a(s) causa(s), efeitos e consequências de cada modo de falha de um item do sistema produtivo.

5. Selecionar o tipo de manutenção.

Niu *et al.*, (2010) descrevem que o processo de manutenção se divide em Manutenção Corretiva e Manutenção Preventiva, sendo esta dividida em Manutenção pré-determinada e a Manutenção baseada nas condições (Preditiva).

De modo mais abrangente, Souza e Lima (2003), afirmam que há um terceiro tipo de Manutenção Preventiva conhecida como Manutenção Detectiva, na qual se baseia em testes operacionais para se identificar as falhas ocultas que não se tornam evidentes ao usuário em condições normais de operação.

6. Formular e aplicar o plano de manutenção.

Souza e Lima (2003) descrevem que ao iniciar a formulação do plano de manutenção e posterior implantação das recomendações da MCC, é conveniente comparar estas recomendações com as atividades de manutenção já existentes no programa de manutenção, a

fim de possibilitar a decisão se será necessário elaborar novas atividades, melhorar as já existentes ou eliminar algumas que não agreguem valor ao programa existente.

7. Melhoria Contínua.

A fim de promover a oxigenação e a robustez do programa de manutenção, torna-se salutar a realização de revisões periódicas nas atividades pré-definidas para o controle e mitigação das falhas inerentes aos processos industriais. Este processo natural de revisão possibilita a identificação de novas necessidades, o fomento de novas técnicas, à aplicação e formalização das boas práticas, bem como o desdobramento do capital intelectual a outros colaboradores da empresa, de modo a promover a expansão dos conceitos da metodologia MCC. Tais ações permitem a identificação de oportunidades em novos cenários organizacionais e ou econômicos.

Segundo Moubrey (2000), o MCC se corretamente aplicado através de um meticoloso planejamento e preparação, contribui para notáveis melhorias na efetividade da manutenção, porém na prática, a equipe de manutenção simplesmente não pode responder por si própria, há todas essas perguntas. Isso se aplica especialmente a questões relativas a funções, desempenho desejado, efeitos de falhas e consequências de falhas. Por esta razão, o processo MCC deve ser aplicado por equipes pequenas e com visões transversas, que incluem ao menos dois colaboradores da função manutenção, dois da função operação e um facilitador. A experiência dos membros da equipe é menos importante que o conhecimento completo que eles devem realmente ter do ativo que está em análise.

2.7 Aplicação da MCC

Rodrigues (2000) descreve que a MCC determina os requisitos de manutenção dos ativos em seu contexto operacional a partir da elaboração de um procedimento sistemático e estruturado baseado nas etapas básicas de análise técnico-financeiras, descritas abaixo:

- i) Definição de estratégias segundo um modelo conceitual de manutenção da terceira geração;
- ii) Distinção dos tipos de Itens Significativos de Manutenção (ISM), que são responsáveis por funções críticas, pois as decisões lógicas aplicadas são distintas;
- iii) Análise de funções, falhas funcionais e potenciais, causas, consequências e efeitos com suas particularidades;

- iv) Definição de estratégias de manutenção a serem seguidas, a partir de decisões de um processo estruturado;
- v) Estabelecimento de um processo classificatório das consequências de falhas em operacionais, não operacionais, de segurança, ocultas e de meio ambiente;
- vi) Priorização de estratégias em tarefas preditivas, recondicionamento cíclico, substituição cíclica, busca de falhas, reprojeto ou a não realização de nenhuma tarefa de manutenção;
- vii) Criação de condições de análise de viabilidade técnica e financeira das estratégias de manutenção propostas pelos itens anteriores.

Resumidamente e conforme o relatório de Nowlan e Heap (1978), a MCC refere-se a um programa de Manutenção elaborado para preservar a confiabilidade inerente de um item, de modo que ele cumpra a sua função no processo. A política consiste na seleção de tarefas embasadas nas características de confiabilidade, acompanhadas de uma análise lógica e sistêmica que visa à viabilidade técnica e financeira das ações a serem aplicadas.

2.8 Confiabilidade

Em seu sentido mais amplo, confiabilidade está associada à operação bem sucedida de um produto ou sistema, na ausência de falhas. Em análises de Engenharia, todavia, é necessária uma definição quantitativa de confiabilidade, em termos de probabilidade, deste modo a confiabilidade de um item corresponde à sua probabilidade de desempenhar adequadamente o seu propósito especificado, por um determinado período de tempo e em condições ambientais pré-determinadas.

Segundo Lafraia (2001), a confiabilidade pode ser definida como o nível de “confiança” de que um determinado componente, equipamento ou sistema desempenhe a função básica para a qual foi projetado e instalado, durante um período de tempo pré-estabelecido e em condições de operação padronizadas.

Bassetto *et al.*, (2007) apresentam as definições do termo confiabilidade segundo as seguintes entidades internacionais:

- “*European organization for quality control*”: ”É a medida da capacidade de um produto funcionar corretamente, por um período e em ambiente definidos e é avaliada como uma probabilidade”.

- “*US military handbook*”: ”A probabilidade que um item irá executar sua função sobre determinadas condições e durante um determinado período de tempo”.
- “*UK Ministry of defense*”: “A aptidão de um item em executar, ou ser capaz de executar, uma determinada função sobre determinadas condições sem falhar por um período de tempo estabelecido ou de operação é também expressa como uma probabilidade”.

Segundo Rueda e Pawlak (2004), a teoria sobre análise de confiabilidade iniciou-se em torno do ano 1773 quando Pierre-Simon Laplace desenvolveu a Transformada de Laplace e publicou a teoria analítica das Probabilidades em 1812. Em 1880 Andrei Andreevich Markov desenvolveu a série denominada *Markov*, na qual não teve atratividade antes da década de 50.

Conforme Saleh e Marais (2005), a história tradicional relata que a teoria das probabilidades foi estabelecida em 1654 por Blaise Pascal e Pierre de Fermat, que após uma famosa troca de cartas estimuladas em um desafio por um nobre francês que tinha o interesse em jogos de azar. Esta teoria limitada aos jogos de azar permaneceu até o ano 1812, quando Laplace introduziu uma série de novas técnicas de aplicação direcionadas a análise de probabilidades dentro do campo de probabilidade e estatísticas que se expandiu no âmbito de aplicações a diversos jogos e problemas de ordem prática, tais como a estimativa da população, demografia, etc.

De acordo com Zio (2009), o desenvolvimento da engenharia de confiabilidade como uma disciplina científica teve início no ano de 1863 com o conceito de produção em massa para a fabricação de grandes quantidades de peças padronizadas, tais como a produção de fuzil para o arsenal do campo da Primavera e posteriormente no ano de 1913 com a produção do modelo “T” pela *Ford*.

Neste sentido, Saleh e Marais (2005) descrevem que o catalisador para o aparecimento real da engenharia de confiabilidade foi o desenvolvimento de um componente eletrônico chamado de tubo de vácuo ou mais especificamente de triodo, inventado pelo americano Lee de Forest em 1906 que proporcionou uma revolução eletrônica no início da Segunda Guerra Mundial através de uma série de aplicações tais como em rádios, radares, televisões, etc.

Zio (2009) relata que o tubo de vácuo é reconhecido por muitos como o elemento ativo que permitiu aos Aliados de vencer a guerra, bem como ao mesmo tempo ele foi à principal causa de falha nos equipamentos, em virtude da necessidade de substituições expressivas (cinco vezes mais quando comparado a outros dispositivos), sendo que após a guerra esta experiência com o tubo de vácuo levou o Departamento de Defesa dos Estados Unidos a iniciar inúmeros estudos direcionados a estas falhas. Segundo o autor, uma situação

semelhante foi vivida durante a guerra pelos alemães, onde o engenheiro chefe Robert Lusser, gerenciou um programa de análise sistemática das relações entre falhas do sistema e falhas de componentes de mísseis V-1, propondo assim a lei da probabilidade de um produto com componentes em série, em que estabelecia que a confiabilidade de um sistema em série é igual ao produto das confiabilidades de suas partes componentes. Como consequência direta, sistemas em série compostos por muitos componentes tendem a apresentar baixa confiabilidade e o efeito da melhoria de confiabilidade dos componentes individualmente sobre o sistema tende a ser pequeno.

Em um sistema em série, os componentes estão conectados de tal forma que a falha de qualquer componente resulta na falha de todo o sistema, sendo que para determinar a confiabilidade de um sistema em série, é necessário conhecer as confiabilidades de suas partes componentes no momento da análise. Ao contrário, no sistema em paralelo, os componentes estão conectados independentes de tal forma que a falha de qualquer componente não resulta na falha de todo o sistema, sendo a confiabilidade determinada a partir da não confiabilidade dos componentes.

No final dos anos 50 e início dos anos 60, o interesse dos norte-americanos esteve centrado no desenvolvimento de mísseis intercontinentais e na pesquisa espacial, eventos motivados pela Guerra Fria. A corrida para ser a primeira nação a enviar uma missão tripulada à lua, em particular, motivou avanços na área da confiabilidade, tendo em vista os riscos humanos envolvidos.

Neste sentido e de acordo com Bassetto (2007), em 1954 ocorreu a primeira conferência de controle de qualidade e confiabilidade, começando assim a publicação do jornal “*IEEE Transactions on Reliability*” que apresenta estudos de casos e técnicas de projeto para incorporar a confiabilidade, bem como na década de 60, foi criado pela “*Federal Aviation Administration*” um grupo para estudo e desenvolvimento de um programa de confiabilidade para a indústria aeronáutica. Das várias conclusões desenvolvidas pelo grupo, duas delas provocaram uma reorientação nos procedimentos até então em vigor:

- Se um item não possui um modo de falha predominante e característica de falha, revisões programadas afetam pouco o nível de confiabilidade.
- Para muitos itens, a prática da manutenção preditiva não é eficaz.

Após a década de 50 em virtude de uma necessidade por produtos confiáveis nos setores industriais e militares, iniciou-se a época de ouro da Confiabilidade, com o desenvolvimento e

consagração de muitas teorias e modernas tecnologias de confiabilidade. Análises de confiabilidade foram aplicadas nas indústrias automobilísticas, indústrias aéreas, sistemas de telecomunicações e no estudo de sistema de mísseis e foguetes. Muitas destas técnicas de análises tais como, a teoria da renovação, simulação de Monte Carlo, modelos Markovianos, aproximação Bayesiana e técnicas de melhoria, continuam sendo utilizadas nos dias atuais.

A maioria dos métodos conhecidos e aplicados na atual conjuntura para o cálculo de confiabilidade, como a análise do diagrama de blocos, métodos combinacionais, o cálculo do Tempo Médio Entre Falhas (TMEF) do original em inglês *Mean Time Between Failure* (MTBF) para sistemas reparáveis e o cálculo do Tempo Médio Para Falhar (TMPF) do original em inglês *Mean Time To Failure* (MTTF) para sistemas não reparáveis, são baseadas nestas teorias.

Aplicações que usam as mesmas teorias incluem os testes de aceleração do ciclo de vida, confiabilidade de ativos, software de confiabilidade, confiabilidade de redes e confiabilidades de sistemas.

Neste sentido, Zio (2009) descreve que na década de 60, a disciplina da engenharia de confiabilidade se precedeu em duas vertentes:

- Sofisticação das técnicas, tais como a modelagem de sistemas redundantes, estatística bayesiana, cadeias de *Markov* e pelo desenvolvimento dos conceitos de confiabilidade para identificar e modelar as causas físicas da falha e da confiabilidade estrutural, bem como para analisar a integridade de construções.
- Confiabilidade dos componentes do sistema para promover a confiabilidade e a disponibilidade de sistemas artificiais complexos como os desenvolvidos no âmbito dos programas militares e espaciais.

Neste âmbito Billinton e Allan (1992) descrevem que em sistemas que necessitam calcular os índices de confiabilidade, equações alternativas baseadas na abordagem de *Markov* estão disponíveis, sendo que a essência destas técnicas baseia-se no fato de que em sistemas em série todos os componentes devem operar para o sucesso do sistema e em sistemas em paralelo, apenas um dos componentes. Estes mesmos autores apresentam as equações matemáticas (2), (3), (4), (5) e (6), empregadas frequentemente para os cálculos das taxas de falhas (λ), taxa de reparos (μ) e Indisponibilidade (U) do original em inglês *Unavailability* em sistemas em série.

$$\lambda_S = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (2)$$

$$r_S = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i \times r_i}{\lambda_S} \quad (3)$$

$$U_S = \lambda_S \times r_S \quad (4)$$

$$r_i = MTTR = \frac{1}{\mu} \quad (5)$$

$$MTBF = \frac{1}{\lambda_i} \quad (6)$$

Lafraia (2001) sintetiza o significado dos termos empregados nas equações acima:

- Taxa de falhas (λ) é a frequência em que ocorreram as falhas em sistemas (λ_s) ou em funções processuais (λ_i) em um período de tempo definido (ocorrências/unidade de tempo);
- Taxa de reparos (μ) é a frequência em que ocorre a transição do estado de falha para o estado de operação (ocorrências/unidade de tempo);
- Tempo médio para reparo (MTTR) é a média ponderada dos tempos de reparo de cada modo de falha;
- Tempo médio entre falhas (MTBF) é a média ponderada dos tempos decorridos entre duas falhas consecutivas de sistemas ou ativos reparáveis;

Martins e Leitão (2009) classificam a disponibilidade (A), do original em inglês *Availability*, como sendo uma característica dos sistemas reparáveis e uma composição dos atributos de confiabilidade e manutenibilidade, podendo-se dizer que a função disponibilidade traduz a proporção de tempo em que o sistema se encontra em condições para ser usado e assim poder realizar as suas funções específicas.

Neste sentido, Duarte e Miranda (2011) apresentam a equação matemática (7) empregada para o cálculo da disponibilidade (A) e as equações matemáticas (8) e (9) a partir da descrição dos seus respectivos índices:

$$A = \frac{AR - \sum TPFPP}{\lambda_s} \times 100 \quad (7)$$

- Tempo de Parada da Função Processo (TPFP) é qualquer parada não programada da função processo, sendo este tempo contabilizado em minutos.
- Abertura Real (AR) é o Somatório do tempo real disponível para que a função processo execute um programa de produção definido pelo PCP:

$$AR = AP - SCAP \quad (8)$$

- Abertura Potencial (AP) é o tempo teórico disponível para que a função processo execute um programa de produção definido pelo setor de planejamento e controle da produção (PCP):

$$AP = n^{\circ} \text{ de dias mês} \times 60 \times 24 \quad (9)$$

- Sobre capacidade (SCAP) é qualquer parada Programada da função processo em virtude de não haver programas de produção desenvolvidos pelo PCP.

2.9 Mapeamento de Processos

A excelência no desempenho das funções que compõe o processo de fabricação de misturas negras requer que todas as atividades inter-relacionadas sejam compreendidas e gerenciadas segundo uma visão de processos. Tal necessidade visa à efetividade da cadeia de processos, de modo a atender os requisitos de qualidade e a superar as expectativas do cliente e conseqüentemente proporcionarem rentabilidade ao negócio através do emprego de recursos limitados.

Conforme Mello *et al.*, (2002) a Norma ISO 9000 define um processo como um conjunto de atividades inter-relacionadas que usam recursos para transformar entradas em saídas.

Santos *et al.*, (2007) definem processo como um conjunto de atividades de trabalho em certo tempo e lugar, com começo, meio e fim, entradas e saídas determinadas e uma estrutura para ação.

Assim, um processo dispõe de entrada, saída, tempo, espaço, ordenação, objetivo e valores que, interligados logicamente, irão resultar em uma estrutura para fornecer produtos ou serviços ao cliente. Sua compreensão é importante, pois é a chave para o sucesso, afinal, uma organização é tão efetiva quanto os seus processos, pois eles são responsáveis pelo que será ofertado ao cliente, conforme Duarte e Fortes (2010).

Jacobs *et al.*, (2009) descrevem que um processo pode ser visto como uma “cadeia de agregação de valores”. Pela sua contribuição para a criação ou entrega de um produto ou serviço, cada etapa de um processo deve acrescentar valor às etapas precedentes.

Ao analisar um processo, os envolvidos devem focar o cliente (interno e externo), de modo a atender às suas necessidades e expectativas, pois o processo tem início e fim no cliente. Dentro dessa linha, Piovesan e Vieira (2010) ressaltam que para produzir um resultado que atenda os requisitos do cliente, é necessário definir, monitorar e controlar as entradas do processo que, por sua vez, podem ser fornecidos como saídas de um processo anterior. Nas interfaces entre fornecedor e cliente há um processo de transformação, onde cada etapa do processo deve agregar valor para o cliente, caso contrário será considerado desperdício ou perda, o que representa redução de competitividade e justifica uma abordagem de mudança.

Neste sentido, Villela (2000) resalta que os processos evoluem ao longo de sua vida, pois estes ao serem criados, objetivam um resultado específico, conforme a demanda do mercado, porém ao longo do tempo sofrem adaptações, variações individuais (induzidas por pessoas que atuam no mesmo), mudanças de planos organizacionais, enfim, fatores que irão levar o processo a certo grau de institucionalização e maturidade que, porém, ocasionam a diminuição da efetividade.

Se esta evolução for detectada e reconhecida a tempo por um gestor focado no negócio, ele poderá atuar no ponto onde existe a maturidade, e propor o redesenho do processo, devolvendo-lhe a efetividade.

Apesar das características comuns, os processos também variam significativamente em termos de operacionalização, conforme seu estágio de evolução, sua inter-relação com outros processos e a natureza específica dos resultados produzidos. Reconhecer as características comuns, no entanto, é vantajoso na medida em que propicia uma base racional para a aplicação de ferramentas analíticas comuns comprovadas para a solução de problemas comuns, porém para identificar as características comuns dos processos, é necessário saber que eles compõem a estrutura organizacional através de uma hierarquia, representado o nível de detalhamento com que o trabalho está sendo abordado.

Tal hierarquia segundo Villela (2000), é representada como:

- Processo – Conjunto de atividades sequenciais (conectadas), relacionadas e lógicas que tratam a entrada como um fornecedor, acrescentando valor a este e produzindo uma saída para um cliente interno ou externo;
- Macroprocesso – Processo que geralmente envolve diversas funções na estrutura organizacional, sendo que a sua operação tem um impacto significativo no funcionamento da organização;
- Subprocesso – Parte inter-relacionada de forma lógica com outro subprocesso, realiza um objetivo específico em apoio ao macroprocesso, de modo a contribuir para a missão deste;
- Atividades – Ações desempenhadas por uma unidade (pessoa ou departamento) que ocorrem dentro do processo ou subprocesso, com o intuito de produzir um resultado específico, podendo ser classificadas, como:
 - ❖ **Principais** – Possuem participação direta na produção do bem ou serviço, sendo consideradas atividades fins e divididas em:
 - ✓ **Atividades críticas:** Possuem papel crucial para a integridade do processo ou seu resultado, sendo os predicados que as tornam críticas: tempo de início, criticidade do equipamento, tempo de produção, etc.;
 - ✓ **Atividades não críticas:** Apesar de necessárias, não possuem as premissas de criticidade, podendo ser realizadas dentro de parâmetros mais flexíveis. Sendo divididas de acordo com as suas características, em: paralelismo, exclusividade, tempo de início e fim.
 - ❖ **Secundárias** – Proporcionam as condições de operacionalidade necessária, para que as atividades principais possam ser executadas.
 - ❖ **Transversais** – Associações de várias especialidades, executadas em uma única operação com a finalidade de solucionar problemas, devendo ser de caráter temporário, pois não agregam valor e consomem recursos variáveis.
 - ❖ **Tarefas** – Parte específica do trabalho, podendo ser um único elemento ou um subconjunto de uma atividade, estando geralmente relacionada ao modo como um item desempenha uma ação específica.

As tarefas devem ser realizadas através de procedimentos, sendo classificadas como rotineiras ou não.

Os procedimentos podem ser classificados como formais (escritos), sendo este um meio específico e seguro para a execução do trabalho, de modo a garantir que os resultados necessários sejam atingidos com qualidade, segurança e no tempo previsto, bem como informais (não escritos, porém desdobrados por outros colaboradores),

Segundo Correia *et al.*, (2002) o mapeamento de processos é uma ferramenta gerencial analítica e de comunicação que objetiva otimizar os processos existentes ou de implantar uma nova e efetiva estrutura voltada para o processo. A sua análise estruturada permite o conhecimento do processo produtivo e a identificação de gargalos, ociosidades, funções críticas, cadeia de custos do produto e serviço, falhas existentes, bem como fomenta a integração entre os sistemas e a eliminação das etapas que não agregam valor ao processo.

Duarte e Fortes (2010) descrevem que as técnicas utilizadas no mapeamento de processo, tais como o diagrama de fluxo, diagrama de cadeia, diagrama de movimento, registros fotográficos, gráficos de atividades múltiplas e os gráficos de processo podem ser atribuídos a Taylor e aos seus estudos sobre os melhores métodos de se realizar tarefas e a organização racional do trabalho empregado na *Midvale Steel Works*.

Medeiros *et al.*, (2009) relatam que o modo como o mapeamento de processos é utilizado na atual conjuntura, foi desenvolvido e implementado pela empresa General Eletric, como parte integrante de sua estratégia, que objetivava a otimização significativa do desempenho de seus negócios, através da descrição em fluxogramas e textos de apoio, de todos os passos vitais para o sucesso objetivado. Neste sentido Becon Júnior *et al.*, (2010) definem fluxogramas como figuras esquemáticas, com indicações passo a passo, usadas para descrever o fluxo ou a sequência de qualquer processo que esteja sendo estudado.

Netto (2004) descreve que o mais importante elemento para a abordagem de processo é o seu mapeamento, pois se torna mais fácil determinar onde e como melhorá-lo, pois se acredita que o mapeamento facilite determinar e focar o cliente, eliminar atividades que não adicionem valor e reduzir a complexidade dos processos.

Um aprendizado consistente e a efetividade nos processos podem resultar da documentação e análise das relações entrada versus saída, representados em um mapa de processos. Afinal, a realização deste mapa possibilita a identificação das interfaces críticas, a definição de oportunidades para simulações de processos e a identificação de pontos desconexos ou ilógicos nos processos. Em um mapa de processos consideram-se atividades, informações e restrições de interface de forma simultânea. A sua representação inicia-se com uma visão macro do processo como uma única unidade modular, que será desdobrada de forma sucessiva e em maiores detalhes em diversas outras unidades, conectada por setas e

linhas. Este desdobramento é que garantirá a validade dos mapas finais. Assim sendo, o mapa de processos deve ser apresentado em forma de uma linguagem gráfica que permita, conforme descrevem Oliveira *et al.*, (2010):

- Expor os detalhes do processo de modo gradual e controlado;
- Descrevê-lo com precisão;
- Focar a atenção nas interfaces do mapa do processo;
- Fornecer uma análise de processos consistente com o vocabulário do projeto.

Esta linguagem gráfica necessária ao mapeamento de processos encontra-se em uma gama de ferramentas de análise disponíveis no mercado, de modo a auxiliar os profissionais das mais diversas competências em seus projetos de melhoria do sistema. Estas ferramentas que são na maioria em formato digital foram desenvolvidas ao longo tempo, e adequaram as metodologias de mudança e reestruturação de processos.

Conforme Oliveira *et al.*, (2007) uma vez que os processos tenham sido entendidos, a equipe de trabalho pode intervir e otimizar os meios de gerenciamento do processo, de modo a atingir os objetivos estratégicos.

Sob a análise da equipe de trabalho, o mapeamento do processo se inicia com os objetivos do processo, sendo o próximo passo a decomposição do objetivo em atividades e tarefas. Desta forma, quebra-se o objetivo através de uma lista de atividades que descreve as ações específicas que devem ser desempenhadas de forma a originar um processo que atinja o objetivo proposto. Ao decompor processos especializados, os processos-filho herdam a estrutura do processo-pai, adicionando ou removendo partes do original. Este tipo de análise de “hereditariedade” permite à equipe de trabalho ganhar tempo, além de *insights* a respeito da estrutura e seu funcionamento (VILLELA, 2000).

2.10 Análise de Cenários

Machado (2002) afirma que:

Em épocas turbulentas as empresas não podem pressupor que o amanhã será sempre uma extensão do presente. “Pelo contrário, devem administrar visando mudanças que representem oportunidades e ameaças”. “Uma era de turbulência é também uma era de grandes oportunidades para aqueles que compreenderem, aceitarem e explorarem as novas realidades”. Os tomadores de decisões devem enfrentar frontalmente a realidade e resistir àquilo que todos nós já conhecemos a tentação das certezas do passado, certezas que estão prestes a se tornar as superstições do futuro.

A ferramenta utilizada para a análise dos ambientes internos e externos de uma organização é conhecida como matriz *SWOT*, representada através do Quadro 2.

A palavra *SWOT* é oriunda da junção das iniciais em inglês das palavras *Strengths* (Forças), *Weaknesses* (Fraquezas), *Opportunities* (Oportunidades) e *Threats* (Ameaças).

A análise *SWOT* é uma forma muito difundida de realizar um diagnóstico realista dos ambientes internos e externos das organizações, visto a possibilidade de definir as relações existentes entre os pontos fortes e fracos da empresa com as tendências mais importantes que se verificam na atual conjuntura, seja a nível de mercado, econômicas, gestão de crises, etc.

Quadro 2 – Matriz *SWOT*.
Fonte: Adaptado de Case (1995)

		ANÁLISE INTERNA	
		Pontos Fracos	Pontos Fortes
ANÁLISE EXTERNA	Ameaças	<p><u>Postura Estratégica:</u> SOBREVIVÊNCIA</p> <p><u>Orientações Estratégicas:</u> redução de custos, rever a linha de produtos, melhorar a matriz de suprimentos e contratos de fornecimento.</p>	<p><u>Postura Estratégica:</u> MANUTENÇÃO</p> <p><u>Orientações Estratégicas:</u> estabilização através do foco (produtos, mercados e tecnologia) e conquistar ou manter a liderança no mercado através da concentração de esforços em poucas atividades da relação produto / mercado.</p>
	Oportunidades	<p><u>Postura Estratégica:</u> CRESCIMENTO</p> <p><u>Orientações Estratégicas:</u> inovação (produtos ou serviços), internacionalização, parcerias (fornecedores e clientes), investimentos em ativos.</p>	<p><u>Postura Estratégica:</u> DESENVOLVIMENTO</p> <p><u>Orientações Estratégicas:</u> desenvolvimento: de mercado, financeiro, de produção, de capacidades.</p>

Case (1995) discorre sobre as posturas estratégicas usadas na matriz *SWOT*, como:

- Postura estratégica de sobrevivência: caracteriza-se pela predominância de pontos fracos e ameaças.
- Postura estratégica de manutenção: caracteriza-se pela predominância de pontos fortes e ameaças. Além de continuar sobrevivendo a empresa pretende manter sua posição no mercado, para tanto deve usufruir ao máximo de seus pontos fortes e minimizar seus pontos fracos, bem como maximizar os pontos fracos de seus concorrentes. Esta postura é preferível quando a empresa está enfrentando ou espera encontrar dificuldades, adotando assim uma atitude defensiva diante das ameaças;
- Postura estratégica de crescimento: caracteriza-se pela predominância de pontos fracos e oportunidades. O ambiente está proporcionando condições favoráveis que podem se transformar em oportunidades. Neste caso, torna-se necessário lançar novos produtos, aumentar a capacidade produtiva ou penetrar em novos mercados, devendo nestes casos adotar ações que minimizem os seus pontos fracos;
- Postura estratégica de desenvolvimento: caracteriza-se pela predominância de pontos fortes e oportunidades. O desenvolvimento da empresa pode ser em procurar novos mercados e clientes ou procurar novas tecnologias. A combinação destes dois eixos (tecnológico e mercadológico) permite a empresa construir novos negócios no mercado.

Retomando ao que foi exposto anteriormente, é possível dizer que as ameaças em certos casos, não são mais do que oportunidades em um futuro próximo. Assim, a nova análise *SWOT* substitui o fator "ameaças" pelo fator "tempo". A componente temporal é cada vez mais importante na estratégia das empresas, pois muitas das ameaças tais como a entrada de produtos de melhor qualidade, oriunda de concorrentes nacionais ou não, podem ser equacionadas como uma avaliação de quando a empresa necessita aperfeiçoar ou até substituir os modelos dos produtos já existentes.

A análise *SWOT* é um instrumento precioso para qualquer organização, pois permite identificar o estágio atual, com o grau de profundidade que se pretende construir uma base para as decisões estratégicas a tomar, no presente e no futuro. Neste sentido, a análise do ambiente de integração é o processo de identificação dos fatores internos e externos, presentes e futuros, capazes de influenciar no processo alvo deste projeto.

3 PROPOSIÇÃO DO ESTUDO

Após a revisão literária, verifica-se que os temas abordados já foram empregados com sucesso em vários projetos. Deste modo, a abordagem metodológica do presente trabalho é caracterizada sobre o uso da metodologia manutenção centrada em confiabilidade integrada à gestão de manutenção em um grupo de produção de napas, insumo este primário na fabricação de pneus. A escolha da MCC baseia-se no fato de propiciar o mapeamento de todas as funções e seus respectivos modos de falhas, suas causas principais, consequências (diretas e indiretas), frequência de ocorrência, a criticidade dos eventos e o emprego de matrizes decisórias para a definição das ações efetivas a serem empregadas e os seus custos associados.

3.1 Descrição da Empresa e de sua unidade de negócio

A unidade de negócio alvo deste estudo pertence a uma empresa multinacional de capital aberto, líder em seu segmento, tendo iniciado suas atividades no Brasil no ano de 1927 através de um escritório comercial e a partir do ano de 1979, com a construção de um parque industrial na região Sudeste do Brasil, atuando nos segmentos de fabricação e comercialização de pneumáticos. Na atual conjuntura esta empresa possui três unidades industriais em território nacional e emprega em torno de 5000 colaboradores no Brasil e mais de 130 mil colaboradores nas outras diversas unidades instaladas nos cinco continentes.

As unidades industriais brasileiras possuem uma localização estratégica na região Sudeste, o que permite a sincronização de suas atividades e o escoamento de sua produção para o mercado interno e externo de modo efetivo.

A empresa possui uma diretoria corporativa na matriz e esta possui gerências específicas nas diversas zonas geográficas com a missão de gerir o conhecimento de suas competências e assim promover o desenvolvimento de seu capital humano e intelectual, através da formação de base de todos os colaboradores, realização de treinamentos obrigatórios, desdobramento das boas práticas, treinamentos especializados internamente ou externamente, sendo estes dentro ou fora do território nacional. Estas ações são fundamentais para a maximização da confiabilidade e garantia da qualidade de seus processos, sistemas e produtos.

A unidade industrial escolhida está localizada estrategicamente no eixo Rio de Janeiro x São Paulo e possui três grupos de produção de misturas negras, que totalizam uma capacidade

diária de 300 Toneladas / dia, um grupo de fabricação de misturas incompatíveis, um grupo de fabricação de gomas esfarrapadas e plastificadas, dois laboratórios e diversas áreas de processamento de insumos consumidos no processo.

Esta unidade industrial emprega em torno de 320 colaboradores e atualmente exige-se a formação de nível médio para os trabalhos operacionais, nível técnico com registro no órgão de classe para os trabalhos de manutenção e nível superior para os cargos de liderança e / ou especialistas em competências específicas. A estrutura organizacional interna é flexível e orientada para resultados, com autoridade descentralizada, permitindo que decisões sejam tomadas em tempo real, visto que os gestores que compõe a equipe de direção são responsáveis pelos resultados alcançados. Esta filosofia de gerenciamento dinâmico proporciona esforços coletivos para o atendimento das metas desdobradas, de modo que haja sinergia e sustentabilidade para o negócio.

Os três grupos de produção de misturas negras existentes, possuem tecnologias, topologias e capacidades distintas, como pode ser observado a seguir:

O grupo A possui uma capacidade produtiva diária de 30 Toneladas de misturas negras e iniciou suas atividades em 1980, sendo considerado um grupo manual em virtude dos cortes manuais. Sua configuração é composta basicamente por um *Bambury*, um Homogeneizador Alimentador com corte manual e cinco Homogeneizadores finalizadores com corte manual de misturas em formato de placas. Este grupo funciona segundo os preceitos de produção empurrada, porém apenas em dois turnos de 8 horas com folga nos finais de semana.

O grupo B, alvo deste estudo é uma linha de fabricação Monotempo com capacidade produtiva diária de 90 Toneladas de misturas negras em um processo de misturação descontinuada. Suas atividades de fabricação iniciaram-se em 1989, sendo considerado como semiautomático, em virtude da retirada manual de amostras dos produtos fabricados para envio ao laboratório de análises e pelo adição manual de alguns insumos constituintes no início do processo. Este grupo funciona segundo os preceitos de produção empurrada com quatro equipes de revezamento e um funcionamento contínuo de 708 horas por mês, visto haver uma parada mensal programada de 12 horas para a realização de Manutenção Preventiva Sistemática. A Figura 7 apresenta o mapeamento das funções deste processo e o tópico conhecendo o processo, desdobra as principais características das funções processuais mapeadas.

Uma linha de fabricação Monotempo é constituída basicamente pelos Ativos descritos a seguir:

- *Bambury* (BY), que tem como função processual principal efetuar a dispersão e a homogeneização das cargas reforçantes;
- Homogeneizador Alimentador (HA) que possuem a função processual principal de efetuar o resfriamento da mistura oriunda do *Bambury*;
- Homogeneizador Finalizador (HF) que possui a função processual principal de realizar a dispersão dos agentes vulcanizantes e a obtenção das características reológicas de aplicação;
- Fim de Linha (FDL) que compreende uma balança de mistura (BM), Calandra de cilindros para a definição das dimensões programadas, meios de identificação e retirada de amostras, adição do produto anticolante, sistema de resfriamento e secagem e o acondicionamento em placas ou folhas contínuas.

O grupo C possui uma capacidade produtiva de 180 Toneladas/dia de misturas negras, sendo considerado automático, por possuir tecnologia de ponta e não haver a necessidade de ações manuais intrusivas no processo. Este grupo iniciou suas operações no último trimestre de 2008. Sua configuração é composta basicamente de um *Bambury*, um Homogeneizador Alimentador e quatro Homogeneizadores Finalizadores. Este grupo em virtude de seus processos automatizados e sua grande capacidade produtiva é considerado o carro chefe desta unidade industrial.

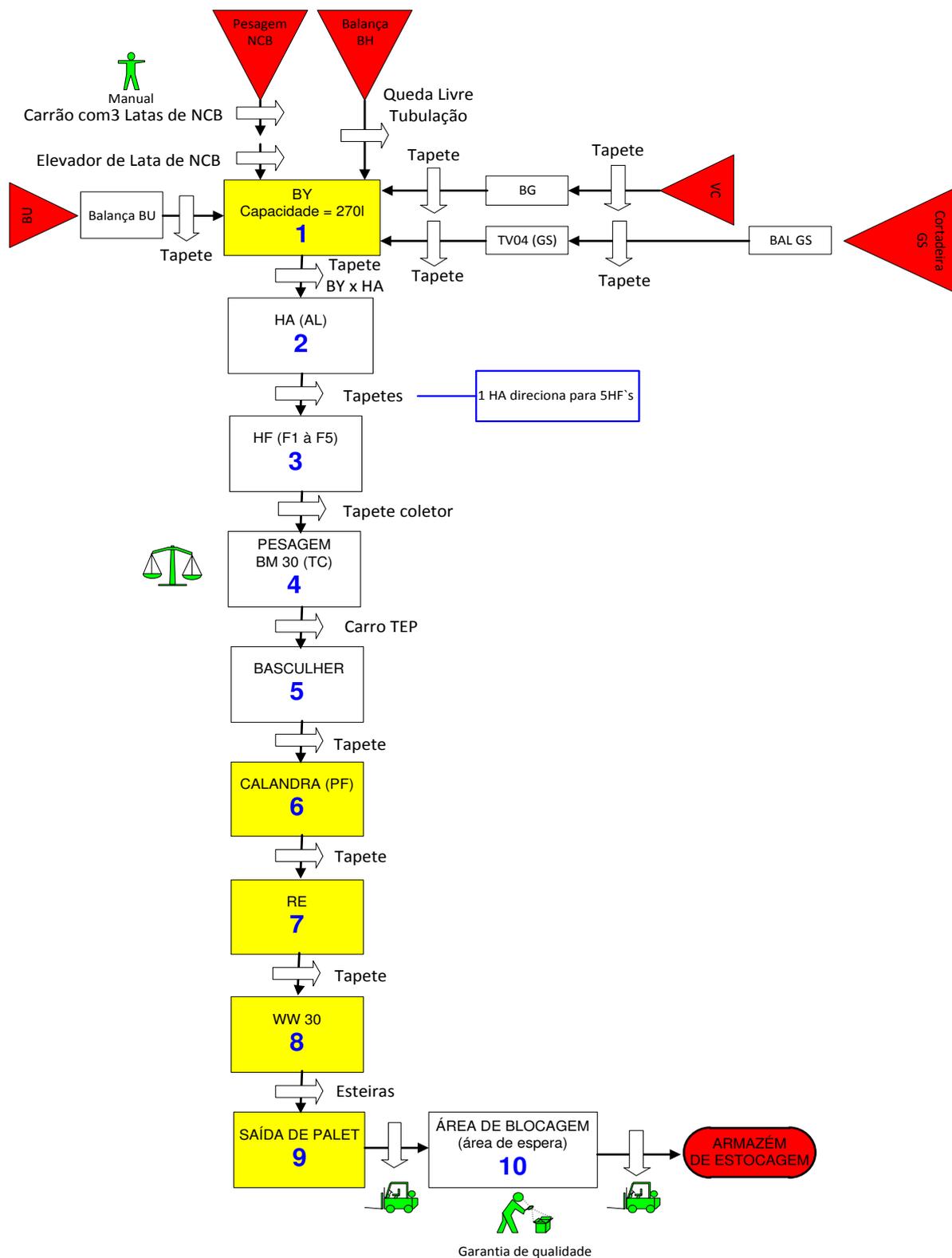


Figura 7 – Mapeamento das Funções Processuais do Grupo de Produção B.

O Mapa de processos utilizado na Figura 7 utiliza algumas formas geométricas e figuras simbólicas, sendo estes e seus respectivos significados apresentados na Figura 8.

<u>Símbolo</u>	<u>Significado</u>
	Processo à Montante
	Fluxo Processual do Produto
	Função Processual que Agrega Valor
	Função Processual crítica (alvo deste estudo)
	Transporte do Produto
	Processo à Jusante
 Manual	Transporte do Produto Manualmente
	Transporte do Produto por Empilhadeira
	Posto de Pesagem Automática
 Garantia de qualidade	Posto de Inspeção de Qualidade

Figura 8 – Legendas dos símbolos utilizados no Mapa de Processo.

3.2 Mapeamento das Funções processuais do Grupo B

A fabricação de misturas negras no grupo B inicia-se com a entrada sequencial dos insumos constituintes acondicionados estrategicamente na entrada do *Bambury* (BY), identificado como função processual 1 na Figura 9. Estes insumos constituintes são oriundos dos processos a montante, tais como Goma Sintética (GS), Goma Natural, Negro de Carbono (NCB), Agentes de Proteção, Extensão e Vulcanização.

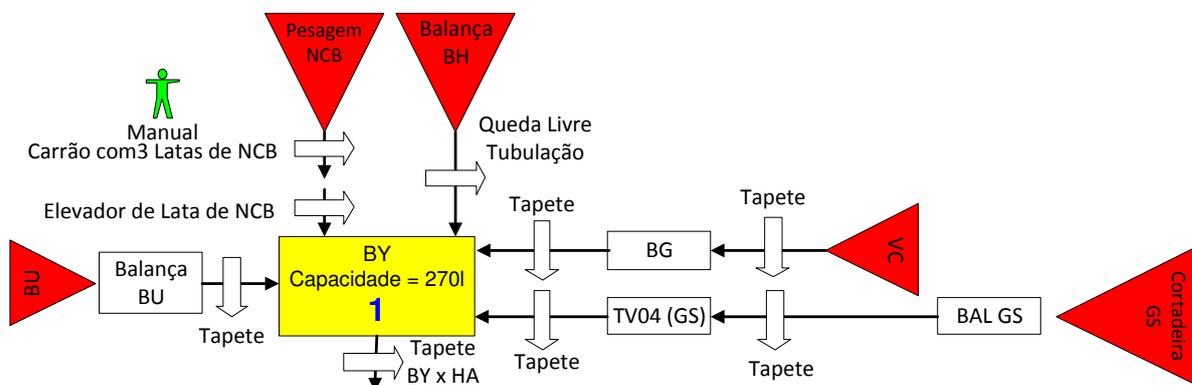


Figura 9 – Processo de entrada de Matéria Prima no *Bambury* e saída de mistura.

O *Bambury* é um misturador interno com capacidade de 270 litros de produção de misturas negras. Sua função principal é realizar a mistura dispersiva por ciclo ou bateladas em duas fases distintas, de modo a homogeneizar totalmente todos os insumos constituintes entrantes, e assim evitar as grandes concentrações locais:

- Fase 1 – Introdução e dispersão das cargas reforçantes, a fim de haver a reatividade química dos agentes de cozimento;
- Fase 2 – Introdução e dispersão dos agentes vulcanizantes, a fim de promover uma homogeneidade do material em processo de mistura.

O *Bambury* é composto basicamente pelos ativos, descritos abaixo:

- Um jogo de rotores;
- Uma cuba tipo monobloco refrigerado por água;
- Uma porta de entrada para a alimentação dos insumos constituintes (Goma, BU, NCB);
- Um pilão que assegura a estanqueidade superior da câmara de mistura, de modo a forçar a passagem dos insumos constituintes entre os rotores;
- Uma sela de descarregamento para liberar a mistura confeccionada;
- Um sistema de aspiração dos gases oriundos do processo de mistura.

O tempo de mistura refere-se às operações tecnológicas de entrada e processamento dos insumos constituintes no misturador, bem como a liberação e descarregamento da mistura para o tapete de evacuação, aqui denominado de tapete BY x HA.

É importante ressaltar que o tempo do ciclo de mistura compreende o tempo entre duas operações sucessivas de confecção de uma mistura de uma mesma qualidade, ou seja, término de uma mistura e início de outra na mesma qualidade e na atual conjuntura o tempo medido de ciclo é em média de 3 minutos.

O Homogeneizador Alimentador (HA), identificado como função processual 2 na Figura 10 é um misturador externo que tem como função principal o resfriamento da mistura oriunda do *Bambury* e promover a transformação homogênea da mistura em napas contínuas para posterior transferência através de tapetes transportadores para um dos cinco Homogeneizadores finalizadores (HF) existentes.

O HA é composto basicamente pelos Ativos descritos a seguir:

- Dois cilindros com espaçamento entre eles em no máximo 2mm, resfriados à água;
- Uma báscula, que tem por função principal forçar a mistura entre os cilindros;

- Tapetes elevador interno e externo, que tem como função passar a mistura por duas vezes pelos cilindros, antes de enviá-la ao HF;
- Um sistema de aspiração dos gases oriundos do processo de transformação da mistura.

Os HF, identificado como função processual 3 na Figura 10 são misturadores externos resfriados à água que possuem a função principal de realizar a dispersão dos agentes vulcanizantes homogeneamente e promover a obtenção das características reológicas da mistura. São nos HF que se iniciam os processos de pulverização de água tratada e pressurizada sobre a mistura, a fim de reduzir a temperatura do produto oriunda do HA.

Neste processo existem cinco HF ligados em paralelo, que recebem a mistura oriunda do HA através de tapetes transportadores, cabendo a estes tapetes direcionarem a mistura para o HF que está livre.

É válido ressaltar que o grupo B mantém o seu funcionamento com até três HF, de modo que os outros 2 HF possam ser alvos de intervenções intrusivas ou permanecer parados em função de necessidades processuais, como acontece quando se está fabricando misturas colantes. É certo que nesta condição o ciclo de misturação será automaticamente prolongado, ou seja, o grupo permanece em funcionamento, porém haverá perdas de produtividade e vazão de produto.

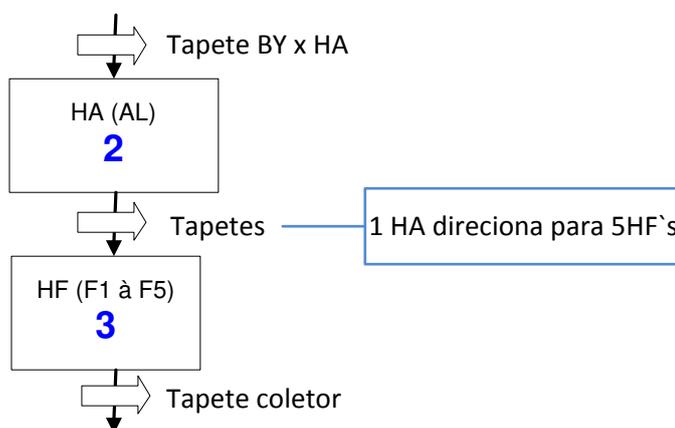


Figura 10 – Processo de entrada de Mistura para o HA e saída para os HF.

Um HF é composto basicamente pelos Ativos descritos a seguir:

- Dois cilindros com espaçamento entre eles em no máximo 2 mm, resfriados à água;
- Duas rampas de pulverização que possuem a função principal de pulverizar água tratada em alta pressão sobre a mistura em movimento;

- Tapetes elevador interno e externo, que tem como função passar a mistura por duas vezes pelos cilindros, e um tapete subferramenta que envia a mistura em Napa ao formador de charutos que está localizado antes do Tapete Coletor (TC);
- Um sistema formador de charutos que promove a conversão da mistura até então em Napa em charutos.

O tapete coletor na saída dos HF tem como função processual primária, o transporte dos charutos oriundos dos HF até a balança de mistura.

A Balança de Mistura (BM), identificada como função processual 4 na Figura 11 possui a função principal de garantir que o charuto de mistura oriundo do HF esteja dentro dos parâmetros de peso definidos pela receita de fabricação. Tal função é de vital importância, visto a garantir que todos os insumos constituintes que entraram ou que deveriam ter entrado estejam presentes na massa em análise.

Após a liberação do charuto de mistura pela BM, o charuto é posicionado sobre o carro translador (TEP) e este possui a função processual primária de transportar a mistura em formato de charuto até o *Basculher*, este identificado como função processual 5 na Figura 11. Cabe ao *Basculher* direcionar o charuto para a introdução na Calandra (PFL), identificada como função processual 6 na Figura 11 e que possui a função processual principal de transformar o charuto em Napa com dimensões ideais para ser identificada automaticamente por jateadores de tinta, a fim de permitir a rastreabilidade futura do produto. Após a identificação, operadores treinados, cortam uma pequena amostra da napa oriunda da calandra e enviam para o laboratório de análises para que a mesma possa ser analisada e obtenha o certificado de qualidade assegurada do produto. A Figura 12 apresenta o desdobramento da função processual 6 em subfunções principais denominadas de 6.1, 6.2, 6.3 e 6.4.

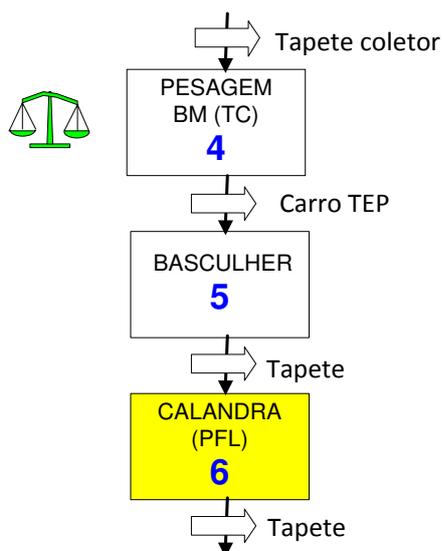


Figura 11 – Processo de pesagem, transporte e conversão da mistura em Napa.

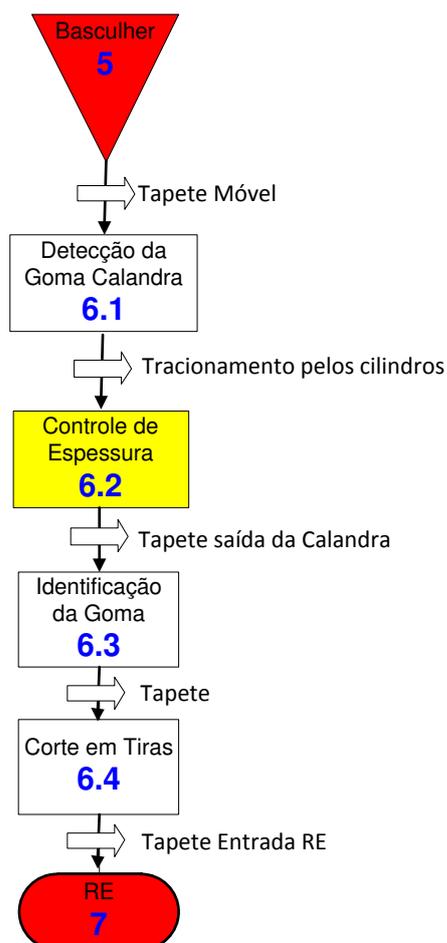


Figura 12 – Desdobramento da Função 6 em níveis secundários.

A Napa em contínuo movimento será processada pelas funções de resfriamento, corte e finalmente acondicionada em *palets* a serem transportados por empilhadeiras para áreas de inspeção e blocagem.

O processo de Resfriamento da mistura (RE), identificado como função processual 7 na Figura 13, tem como função principal resfriar e cortar a mistura a ser acondicionada em *palets* na função processual 8, denominada de *Wig-Wag* (WW).

O “RE” é formado pelos Ativos descritos a seguir:

- Piscina com banho de produto anticolante;
- Tapetes para trasfega do produto até o início do túnel de resfriamento;
- Túnel de Resfriamento com o avanço contínuo de barras, contendo dezesseis ventiladores laterais e oito ventiladores superiores;
- Cortadeira que permitirá o acondicionamento da mistura em placas nos *palets*.

A função processual “RE” apresentada na Figura 13, é considerada uma função processual crítica aos processos de produtividade em virtude de ser o 2º (segundo) maior causador de paradas processuais não programadas será desdobrada em subfunções principais, identificadas como 7.1, 7.2, 7.3 e 7.4, e estas novamente desdobradas em subfunções principais, identificadas como 7.1a, 7.1b e 7.1c.

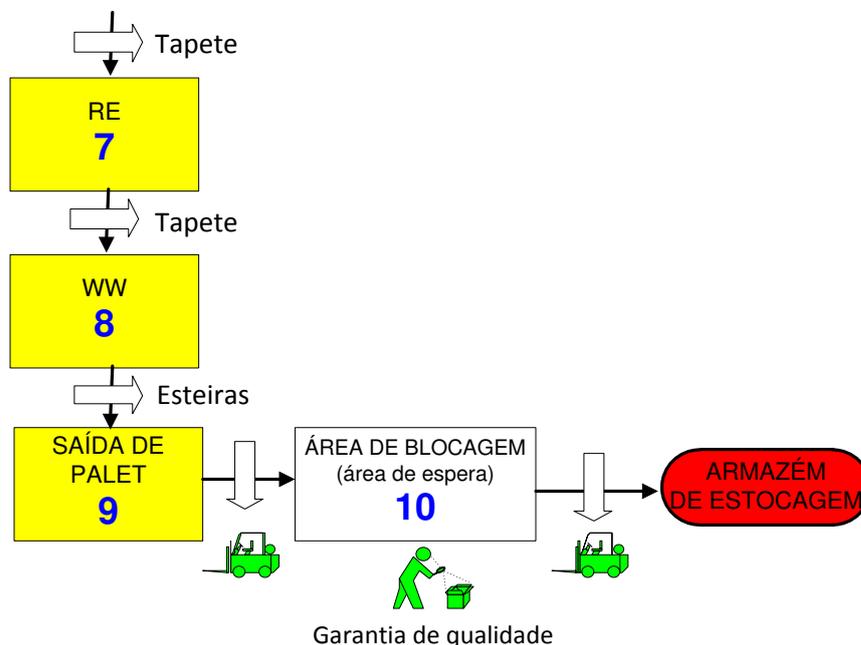


Figura 13 – Processo de Resfriamento, Acondicionamento, Inspeção e Armazenagem.

O processo de resfriamento inicia-se com a passagem automática da mistura em Napa por uma piscina de anticolante, identificado na Figura 14 como função processual 7.1a, que tem como função principal impedir que as placas de mistura quando acondicionadas em *palets*

não se colem e dificultem a sua utilização nos processos de fabricação de pneus em nossos clientes internos e externos.

Após o banho na piscina, a napa é transportada pelo Tapete de entrada até os roletes auxiliares, identificados como função processual 7.1b, que conduzem a ponta da napa para ser detectada na função processual 7.1c que enviará um sinal liberando o avanço dos cabides disponíveis existentes no túnel de resfriamento.

O Túnel de resfriamento, identificado como função processual 7.2 é composto por diversos cabides que avançam a Napa continuamente em passos pré-programados de modo que a mesma seja resfriada e secada por ventiladores que sopram ar ambiente. Este processo de resfriamento é de suma importância para bloquear as evoluções das propriedades de fluidez e fixação da mistura a ser acondicionada, armazenada e processada pelos clientes internos e externos na fabricação de pneus.

Após a passagem da napa pelo túnel de resfriamento, a mesma é detectada na entrada de uma pinça, identificada como função processual 7.3, que possui a função principal pegar a ponta da Napa e posicioná-la sobre um rolo denominado abacaxi, identificado como função processual 7.4, e este possui a função principal de encaminhar e manter a Napa sobre o tapete de entrada da cortadeira e este de transportar a Napa até a cortadeira que possui a função principal de cortar a Napa em placas, a fim de possibilitar o seu acondicionamento em *palets*, como pode ser observado através da Figura 15.

Após a cortadeira, as placas são transportadas por um tapete até a função processual 8, que será desdobrada a seguir através da Figura 16.

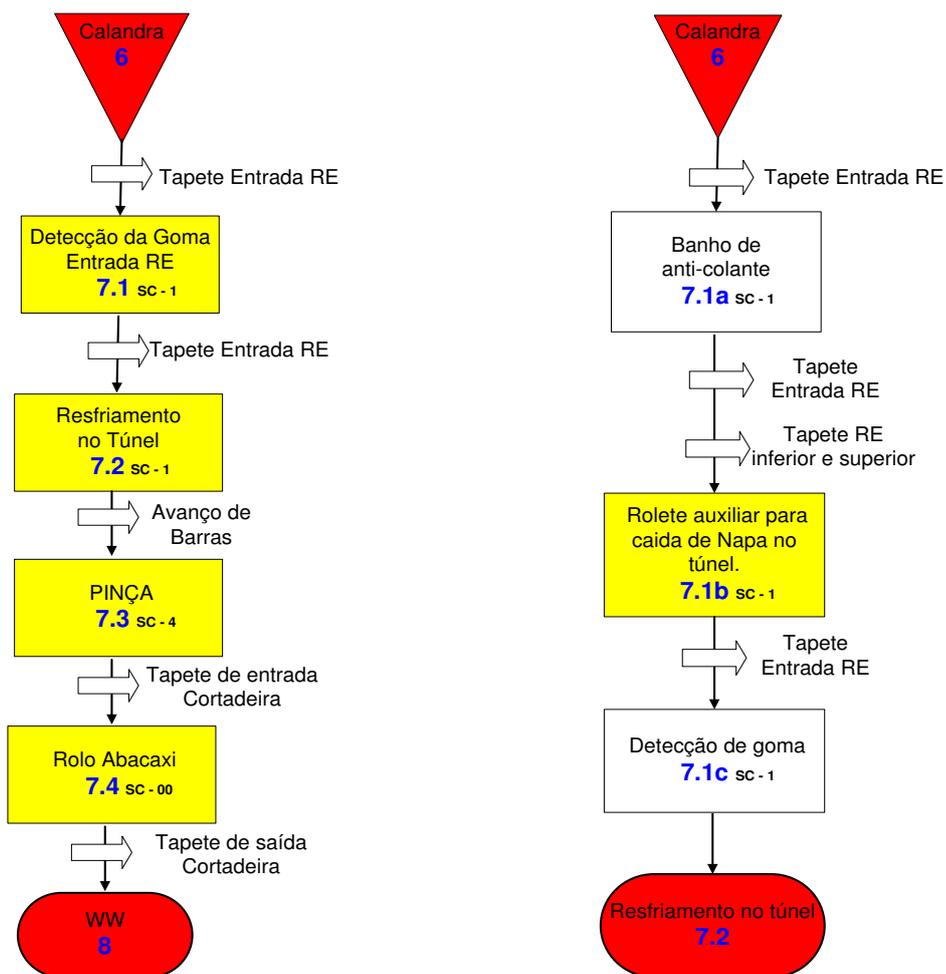


Figura 14 – Desdobramento da Função 7 em níveis secundários e terciários.

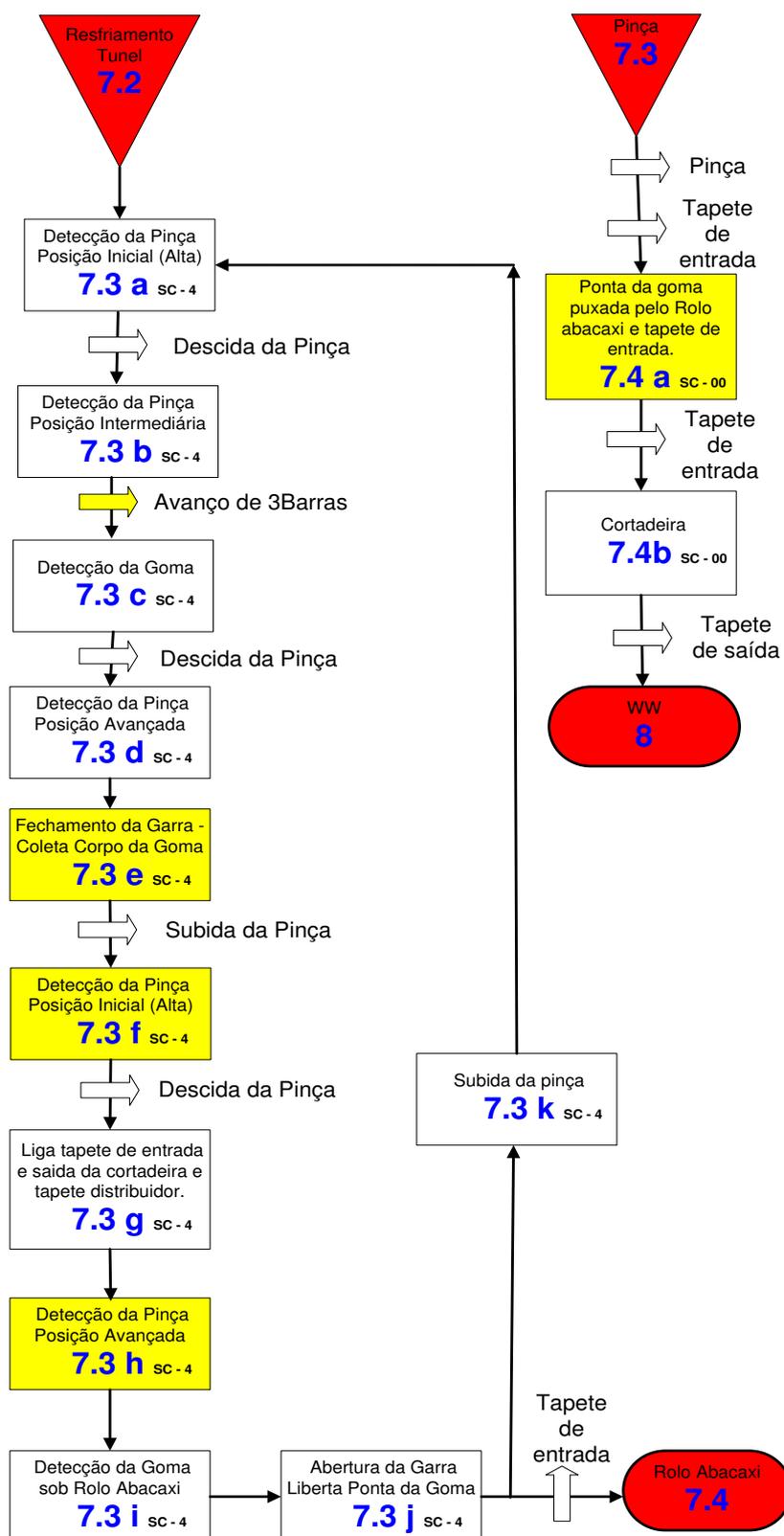


Figura 15 – Desdobramento das Funções 7.3 e 7.4

O *Wig-Wag* (WW), identificado como função processual 8 na Figura 14 e 15 e desdobrado através da Figura 16, recebe através de tapetes a Napa resfriada que após ser

cortada nas dimensões desejadas é transportada pelos mesmos tapetes até a cabeça de empilhagem que a direciona para o distribuidor acondiciona-la simetricamente (formato contínuo ou placas) em *palets* de ferro posicionados automaticamente sobre a mesa de empilhagem, de modo que a mesma possa ser transportada por esteiras até o ponto de retirada dos *palets*, identificado como função processual 9 na Figura 13.

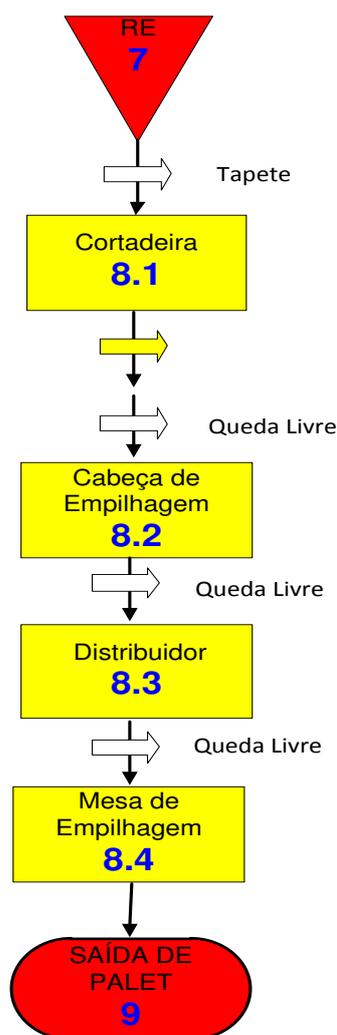


Figura 16 – Desdobramento da Função 8 em níveis secundários.

A retirada dos *palets* identificada como função processual 10 e desdobrado através da Figura 17, é realizada por empilhadeiras que transportam os *palets* até a área de blocagem, que possui a função principal de atenuar as variações obtidas no processo de fabricação a partir da blocagem de misturas. Estas ações de blocagem são realizadas pela equipe de garantia da qualidade que após a sua liberação, permitem o transporte dos *palets* blocados para a área de estocagem.

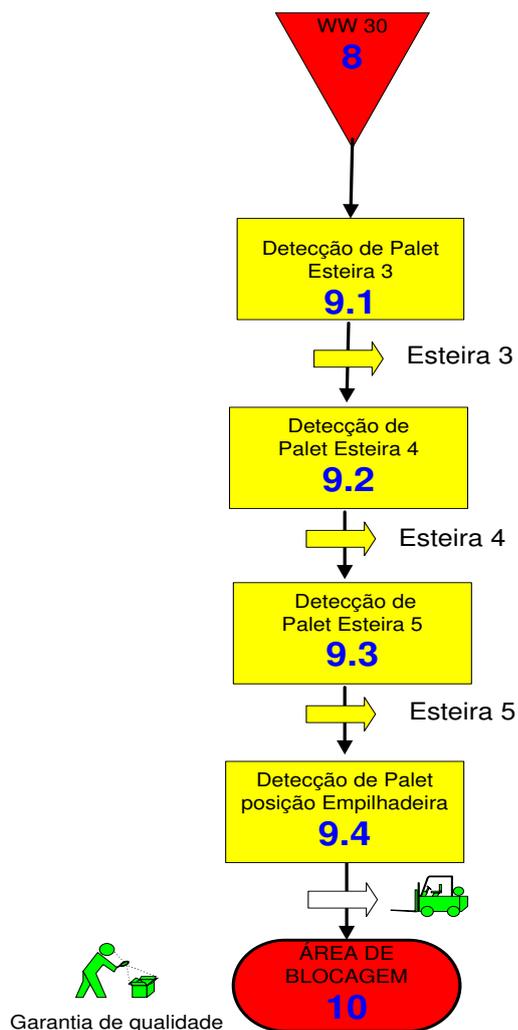


Figura 17 – Desdobramento da Função 9 em níveis secundários.

3.3 Formulário e Matriz de Decisão da MCC

O formulário empregado para a aplicação da metodologia MCC foi desenvolvido originalmente por uma empresa de consultoria especializada, sendo este adaptado e composto por diversas matrizes a serem preenchidas detalhadamente e com atenção, pois estas informações são importantes para uma posterior compreensão ou pesquisa. A seguir será detalhado em passos, como deve ser realizado este preenchimento e o significado de cada espaço a ser preenchido.

- Passo 1 – Preenchimento do cabeçalho na qual é composto pela descrição do sistema e a sua respectiva função, o grupo funcional e a sua respectiva função processual que é transportar, cortar se necessário e empilhar as napas produzidas em modo contínuo (*Wig-Wag*) ou em placas em *palets* exclusivos, conforme apresentado no Quadro 3.

A velocidade de degradação (φ) é uma característica da causa que se busca bloquear, sendo que para cada causa responsável pelos modos de falha definidos, torna-se necessário identificar a velocidade de degradação e classificá-la com pesos conforme os conceitos descritos a seguir:

- A degradação ocorre de maneira aleatória e definitiva ($\varphi = 1$), o que torna a intervenção preventiva ineficaz, como por exemplo, a falha em um cartão eletrônico ou sensor, etc.;
- A degradação ocorre de maneira progressiva e rápida ($\varphi = 2$), como por exemplo, a incrustação em um trocador de calor, etc.;
- A degradação ocorre de maneira progressiva e lenta ($\varphi = 3$), como por exemplo, a identificação de desgastes de rolamentos.

O próximo passo da ADC é determinar as consequências dos modos de falhas em virtude das causas listadas, sendo que as mesmas representam a gravidade e são denominadas na planilha como “Efeito do Sistema”. Estes efeitos são considerados levando em conta os impactos gerados pela perda da função no sistema em análise e classificados conforme descrito a seguir:

1. Efeitos ligados à Segurança (pessoal ou patrimonial) e ao Meio Ambiente;
2. Efeitos ligados à perda total da Produção;
3. Efeitos ligados à perda parcial da Produção;
4. Efeitos ligados aos impactos na qualidade do produto, gerando assim não conformidades ou uma classificação de qualidade de nível inferior;
5. Efeitos ligados ao incremento de custo do produto fabricado;
6. Efeitos ligados a um custo de manutenção (direto ou indireto) superior à R\$4.000,00 em relação a paradas não programadas ou a perdas por faturamento cessante em virtude de falhas em funções processuais críticas;
7. Efeitos ligados à perda de informação de controle ou detecção, sendo estes ligados à segurança ou a sistemas emergenciais de controle e proteção;
8. Efeitos ligados à perda da função de redundância de um ativo ou sistema;
9. Sem efeitos ligados a Segurança, Meio Ambiente, Produção ou Custos, sendo destinada a registrar os fatos que nenhum dos efeitos analisados anteriormente obteve uma resposta coerente.

A frequência de ocorrência dos modos de falhas em decorrência das causas listadas é definida segundo os parâmetros listados a seguir:

- Raro (R) – Ocorrem menos de uma falha na função a cada vinte e quatro meses;
- Pouco Freqüente (PF) – Ocorre uma falha entre seis meses e vinte e quatro meses;
- Freqüente (F) – Ocorre uma falha entre um mês e seis meses;
- Muito Freqüente (MF) – Ocorre uma mais de uma falha funcional por mês.

Os parâmetros de frequências são utilizados como meios para calcular a probabilidade de ocorrência de falhas de forma qualitativa, definir a criticidade e adequar as periodicidades das tarefas de manutenção, de modo a contribuir nos processos de melhoria dos planos de manutenção existentes.

As criticidades das causas analisadas são definidas segundo os critérios descritos a seguir:

- Crítico à Segurança (CS) – Efeitos ligados à segurança, meio ambiente, perda de informação e controle e perda da redundância;
 - Crítico à Produção (CP) – Efeitos ligados aos processos produtivos e aos sistemas de qualidade;
 - Crítico à Manutenção (CM) – Efeitos ligados aos custos de manutenção;
 - Não crítico (NC) - Quando as falhas não tiverem consequências para o sistema.
- Passo 4 – Seleção das Tarefas de Manutenção a serem realizadas, a fim de bloquear as causas das falhas listadas.

Após a análise das disfunções e criticidades, devem-se definir como as perdas das funções processuais podem ser evitadas ou mitigadas através da Seleção de Tarefas de Manutenção (STM) que relaciona as falhas definidas na ADC com as tarefas de manutenção existentes ou necessárias de serem implantadas. Esta ação da STM considera diversos fatores, tais como os critérios econômicos (custo de execução ou execução), periodicidade, aplicabilidade e efetividade (resultados tangíveis de serem alcançados) das tarefas. Em relação às tarefas de manutenção, as mesmas são dos tipos descritos a seguir:

- Tipo 1 - Tarefas simples de limpeza ou lubrificação dos Ativos, devendo estas ser realizadas durante a operação normal do processo produtivo;

- Tipo 2 – Tarefas de inspeção sensorial (tato, olfato, visão, audição) ou monitoramento (manutenção preditiva) dos Ativos realizados durante a operação normal do processo produtivo;
- Tipo 3 – Tarefas de teste ou ensaio para evidenciar falhas ocultas na função processual do Ativo, sendo estas realizadas durante a operação normal do processo produtivo;
- Tipo 3P – Tarefas de teste ou ensaio realizadas com o processo produtivo parado;
- Tipo 4NI “Não Intrusivo” – Tarefas de inspeção ou controle realizadas com o Ativo parado, porém sem a necessidade de desmontagem, tais como limpeza, lubrificação, inspeção, etc. É válido ressaltar que em alguns casos existem tarefas que são simples (verificar vazamentos), mas que devido a regras de segurança não podem ser executadas com o Ativo em operação;
- Tipo 4I “Intrusivo” – Tarefas de inspeção ou controle realizadas com o Ativo parado que necessitam de uma intervenção no interior do mesmo;
- Tipo 5 – Tarefas que realizam a substituição sistemática de componentes de um Ativo ou função processual;
- Tipo 6 – Tarefas que necessitam de modificações (reprojeto) ou melhorias nos processos existentes para serem executadas com efetividade.

Após a definição dos tipos de tarefas de manutenção possíveis de serem empregadas para o bloqueio das causas listadas para o subconjunto em análise, torna-se necessário listar todos os códigos de serviços referentes às tarefas de manutenção já existentes no plano de manutenção, para o emprego do diagrama lógico apresentado no Quadro 6, já que este sintetiza os critérios a serem utilizados durante a análise das tarefas já existentes quanto à:

- Periodicidade – Intervalo de tempo entre a execução da mesma tarefa de manutenção já sobre um ativo ou sistema;
- Aplicabilidade (A) – Tarefas que sejam possíveis de serem realizadas;
- Eficácia (E) – Tarefas que realmente evitam a causa dentro da periodicidade definida para a sua execução;
- Economia (\$) – Tarefas que possuem o custo de execução inferior aos custos (diretos ou indiretos) impactantes aos sistemas de segurança, qualidade e produção.

Quadro 6 – Diagrama lógico para análise das tarefas de manutenção existentes.

Código de Serviço	Tarefas Existentes	Periodicidade	Tipo	Quem?	A	E	\$
--------------------------	---------------------------	----------------------	-------------	--------------	----------	----------	-----------

Este processo é de vital importância, pois permitirá avaliar se as tarefas existentes são capazes de bloquear as causas listadas, bem como se há viabilidade técnica e financeira para a sua aplicação.

A partir desta análise, a equipe de trabalho passa a ter uma visão global sobre o plano de manutenção existente e assim passa a ter condições de avaliar se há a necessidade de alteração do escopo das tarefas existentes, quanto à periodicidade, recursos humanos e de materiais, disponibilidade, abrangência, etc.

Se após esta avaliação as tarefas existentes não forem capazes de bloquear as causas listadas, torna-se necessário à definição e a elaboração de novas tarefas de manutenção, bem como a análise de sua efetividade segundo os critérios de periodicidade, tipo, aplicabilidade, eficácia, custo, conforme apresentado no Quadro 7. Se a tarefa proposta for considerada efetivamente aplicável, a mesma será sinalizada na coluna identificada como “PM” que a mesma deverá ser inserida no plano de manutenção (PM).

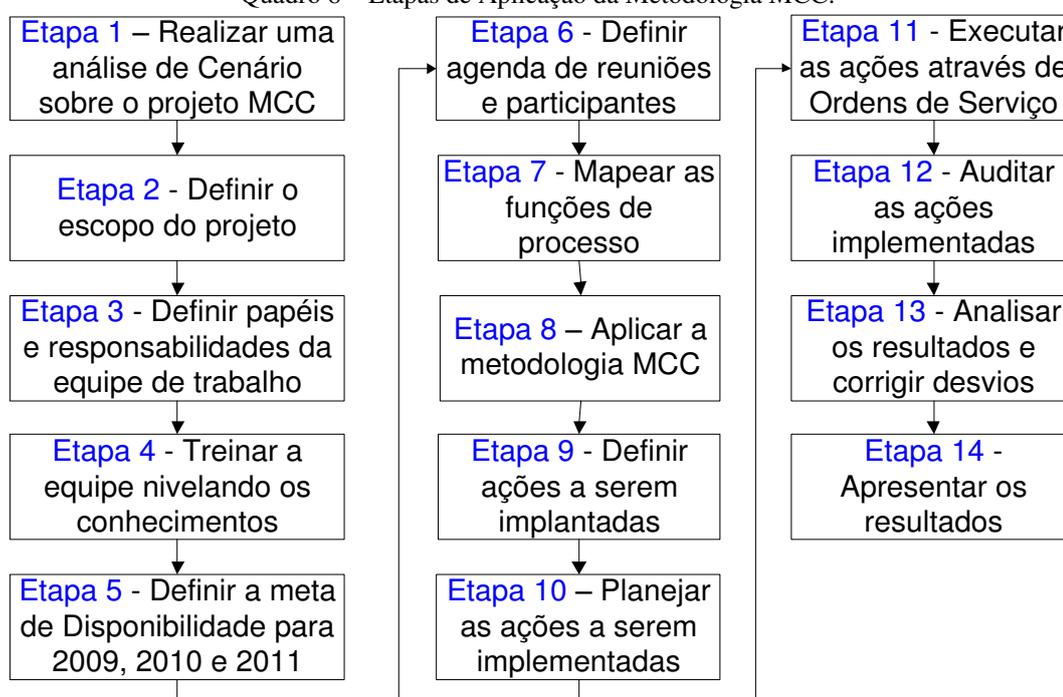
Quadro7 – Diagrama lógico para análise das tarefas de manutenção propostas.

Tarefa Proposta	Periodicidade	Tipo	Quem?	A	E	\$	PM
------------------------	----------------------	-------------	--------------	----------	----------	-----------	-----------

4 MODELO DE IMPLANTAÇÃO DA MCC

O processo de implantação da metodologia MCC a partir do uso da ferramenta Mapeamento de Processo teve início em Agosto de 2008, sendo dividido em 14 etapas, conforme demonstra o Quadro 8. O processo fora divididos em etapas, por definição da própria equipe de implantação para que houvesse um acompanhamento sistemático das ações propostas e o respeito aos prazos pré-estabelecidos.

Quadro 8 – Etapas de Aplicação da Metodologia MCC.



Estas 14 etapas são descritas detalhadamente a seguir:

- Etapa 1 – Realizar uma análise de cenário (*SWOT*) sobre o processo de implantação da Metodologia MCC no Grupo B. Esta etapa proporcionou a definição das ações necessárias para mitigar os impactos dos pontos fracos e das ameaças, bem como auxiliar na definição do escopo do projeto.
- ❖ Pontos fortes para a integração:
 - Cultura da empresa objetiva a melhorar o uso dos ativos existentes;
 - Expertise da equipe de manutenção, por ser especializada e polivalente;

- Expertise da equipe operacional, que rotaciona os colaboradores ao longo do turno;
 - Domínio tecnológico dos equipamentos e processos utilizados.
- ❖ Pontos fracos para a integração:
- Obsolescência da Linha de Fabricação B;
 - Ausência de padrões e procedimentos operacionais de manutenção armazenados em bancos de dados;
 - Plano de manutenção desatualizado e incompleto;
 - Ausência de foco na análise da causa raiz dos defeitos e falhas.
- ❖ Ameaças para a integração:
- Necessidades de resultados sustentáveis em curto prazo;
 - Desligamento da empresa dos envolvidos;
 - Liberação de colaboradores para os trabalhos de integração;
 - Disciplina nas ações propostas, durante a fase de integração e aplicação dos conceitos.
- ❖ Oportunidades para a integração:
- Redução dos custos de produção, com a mitigação de perdas e paradas não programadas;
 - Melhoria do plano de manutenção, com o uso racional dos recursos existentes;
 - Aplicação do aprendizado e da expertise adquirida em outros grupos processuais;
 - Capacitação técnica dos colaboradores e fortalecimento da moral.
- Etapa 2 – Definir o escopo do projeto, a fim de promover o direcionamento e a garantia da implantação correta da metodologia e assim evitar os erros e riscos inerentes aos usuários que não dominam a MCC;
 - Etapa 3 – Definição da equipe de trabalho para o projeto de implantação, contendo quinze colaboradores de diferentes competências e suas responsabilidades, sendo estes quatro Engenheiros de Manutenção (dois Engenheiros Mecânicos e dois Engenheiros Eletricistas), dois Engenheiros de Produção, um colaborador de qualidade, um

colaborador de suprimentos, três operadores de produção e quatro profissionais de manutenção (dois mecânicos e dois eletricitas). São de vital importância a pluralidade das competências e a existência de visões transversas, de modo a existir Sinergia e resultados sustentáveis ao final do trabalho;

- Etapa 4 – Realização de um treinamento de nivelamento de conhecimentos a toda equipe do projeto de implantação, sobre a metodologia Manutenção Centrada em Confiabilidade e as ferramentas empregadas para a coleta e análise das informações de processo, bem como para a tomada de decisão e as definições de ações a serem executadas;
- Etapa 5 – Definição dos objetivos de Disponibilidade Fabril (78,5% - Dezembro de 2009; 80% - Dezembro de 2010; 81,5% - Dezembro de 2011) a serem alcançados, bem como os indicadores numéricos de desempenho e seus meios de controle. Este aumento progressivo de 1,5 pontos percentuais da meta até 2011 se faz necessário visto a necessidade de amadurecimento e emprego de todas as ações definidas no plano de progresso da MCC, já que nos últimos nove anos, a meta de 81,5% somente fora atingido no ano de 2004, como pode ser observado através do Gráfico 4;

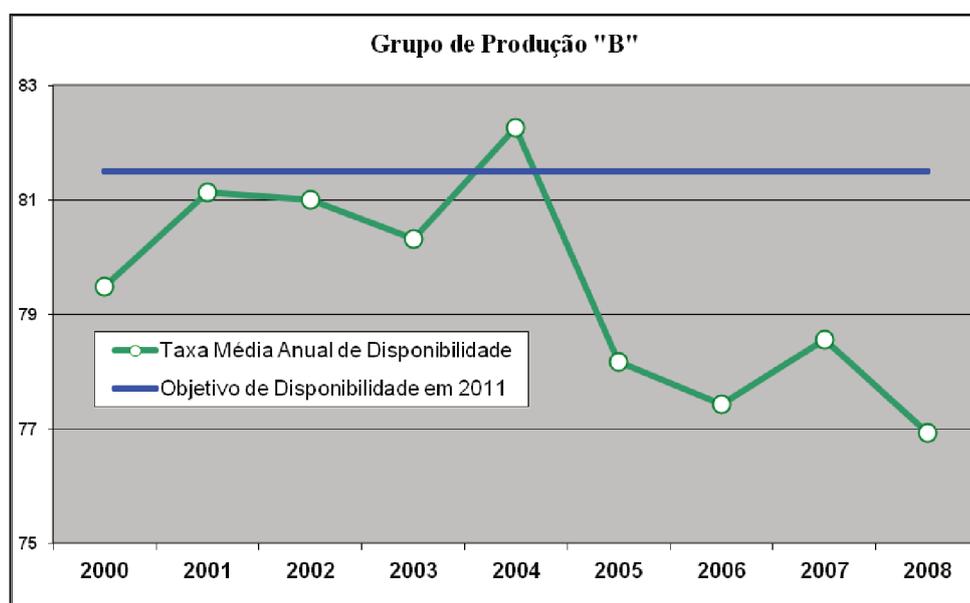


Gráfico 4 – Resultados anuais de disponibilidade média.
Fonte: Dados da empresa alvo deste estudo.

A fim de um melhor entendimento, o Gráfico 5 apresenta as taxas médias de Indisponibilidade por paradas de Manutenção do grupo de produção B dos últimos nove anos.

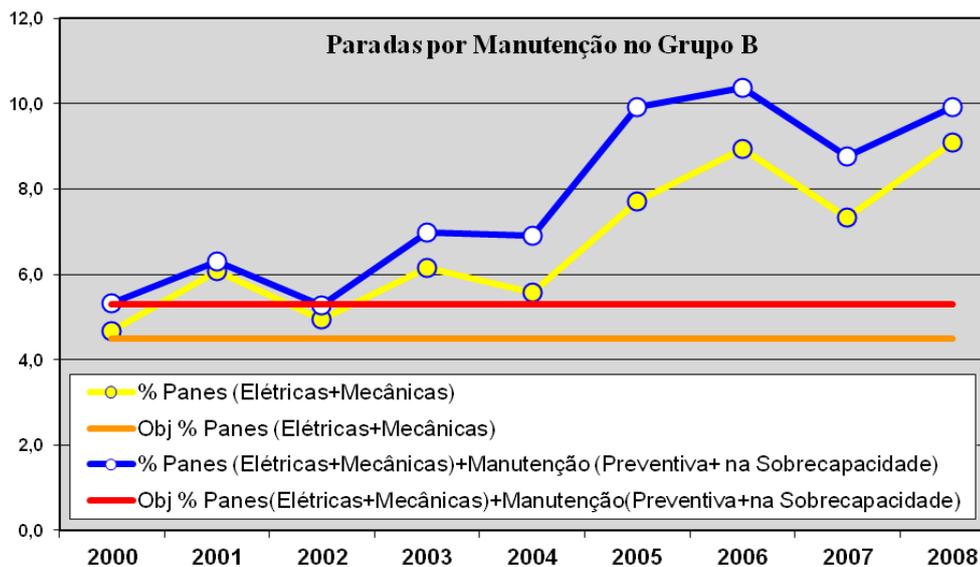


Gráfico 5 – Resultados anuais de Indisponibilidade média por panes de Manutenção.
Fonte: Dados da empresa alvo deste estudo.

A seguir, através do Gráfico 6, observa-se os índices referentes às taxas de Indisponibilidade por panes elétricas e mecânicas ocorridas entre o período de 2007 e 2008.

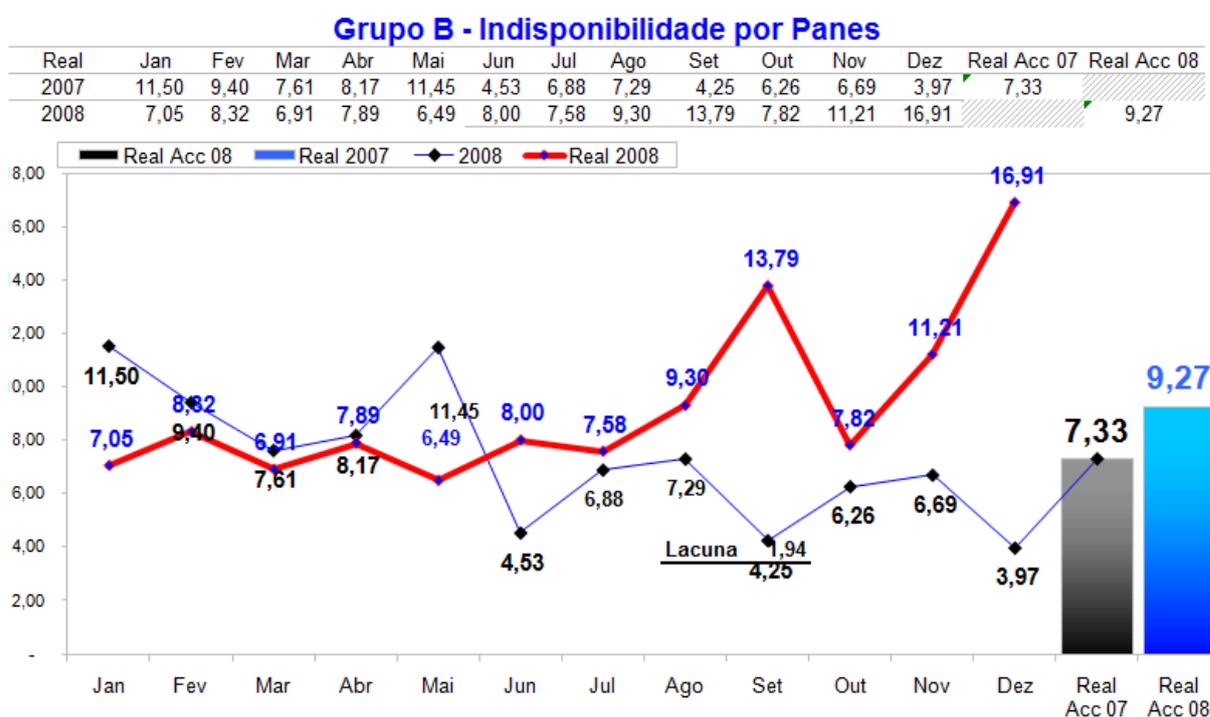


Gráfico 6 – Resultados de Indisponibilidade média por panes Elétricas e Mecânicas em 2007 e 2008.
Fonte: Dados da empresa alvo deste estudo.

De modo mais abrangente, a Tabela 2, apresenta os valores médios calculados das Taxas de Falha e Taxas de Reparo das Funções processuais do grupo B no ano base de 2008;

Tabela 2 – Tabulação dos dados de panes de origem Elétrica e Mecânica em 2008.

Análise das Panes Grupo B - 2008								
Período de: 01/01/2008 as 00:00h Até 31/12/2008 as 23:59h								
Indicador	Minuto	Horas	Fórmulas Empregadas					
Abertura Potencial	518100	8635	$r_s = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i r_i}{\lambda_s}$ $\lambda_s = \sum_{i=1}^n \lambda_i$ $U_s = \lambda_s r_s$ $r_i = MTR$ $\lambda_i = \frac{1}{MTBF}$					
Sobrecapacidade	20385	340						
Abertura Real	497715	8295						
Panes Mecânicas	24165	403						
Panes Elétricas	21018	350						
Panes Concepção	27578	460						
Σ Paradas	116396	1940						
Abertura Real	Horas	8295						
Taxa de Reparo	rs	0,349717						
Taxa de Falha	λs	0,315169						
Tempo Médio entre Reparo	MTRR	0,373057						
Tempo Médio entre Falhas	MTBF	3,17						
Indisponibilidade	Us	11,02%						
Função Processual	Abertura	Pane	μ	nºFalhas	λi	MTBF	MTRR	Mtbf - GF
Função 1 - MI	8295	267,77	0,003735	803	0,126351	8	0,33	8
Função 2 - HÁ	8295	84,30	0,011862	166	0,026120	38	0,51	38
Função 9 - Saída de Palet	8295	76,97	0,012993	214	0,033673	30	0,36	16
Função 6 - Calandra	8295	66,52	0,015034	207	0,032571	31	0,32	31
Função 7 - RE	8295	36,03	0,027752	92	0,014476	69	0,39	
Função 3 - F4	8295	31,68	0,031562	110	0,017308	58	0,29	
Função 3 - F3	8295	28,32	0,035315	83	0,013060	77	0,34	
Função 3 - F2	8295	26,97	0,037083	84	0,013217	76	0,32	
Função 3 - F1	8295	22,63	0,044183	68	0,010700	93	0,33	15
Função 8 - Wig Wag	8295	21,50	0,046512	82	0,012903	78	0,26	
Função 4 - BM	8295	20,50	0,048780	27	0,004248	235	0,76	235
Função 3 - F5	8295	17,30	0,057803	67	0,010542	95	0,26	

- Etapa 6 – Definição da agenda das 16 reuniões (data, horário, período e local) de encontro dos colaboradores responsáveis pela implantação, sendo nestes encontros denotado a importância e a disciplina no comparecimento dos participantes;
- Etapa 7 – Realização do Mapeamento das funções processuais de fabricação de misturas negras, sendo esta subdivida em dez funções principais (ver Figura 7), compostas por ativos que desempenham funções que convergem para a realização da função processual principal. Este mapeamento possibilitou a identificação das funções principais, sendo algumas delas classificadas como funções críticas em virtude das paradas não programadas ocorridas no ano 2008. As funções críticas foram sinalizadas na cor amarela e desdobradas em subfunções e identificadas pelas letras “sc” que significam subconjunto,

de modo a identificar as funções internas que necessitavam ter ações de controle para inibir ou mitigar os possíveis modos de falhas (ver Figura 15).

- Etapa 8 – Aplicação da metodologia MCC, de modo que as dez funções processuais possam ser analisadas e assim definidas os respectivos modos de falhas e as suas causas, velocidade de degradação, consequências, frequência de ocorrência e criticidade, conforme modelo apresentado na Tabela 3 e nas planilhas dos Anexos A ao Anexo I.

Tabela 3 – Matriz MCC aplicada ao GF7.

Manutenção Centrada em Confiabilidade - MCC																							
Sistema:		GRB – Fabricação de Misturas Negras																					
Função do Sistema:		Fabricar misturas negras que atendam aos requisitos de qualidade																					
Grupo Funcional:		GF7 – Resfriamento (RE)																					
Função do Grupo:		Transportar, cortar e empilhar.																					
ADC- Análise de Disfunções e Criticidades																							
EFEITOS NO SISTEMA																							
1	Segurança e meio ambiente	6	Custo de manutenção excessivo (>R\$4.000,00)																				
2	Perda TOTAL da Produção	7	Perda de informação de controle																				
3	Perda PARCIAL da Produção	8	Perda de redundância																				
4	Impacto na qualidade	9	Sem efeito																				
5	Aumento anormal dos custos de Produção.																						
				Conseqüências									Frequência				Criticidade						
Subfunção	Ativo	Modo de Falha	Causas	ϕ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	R	PF	F	MF	C S	C P	C M	N C		
Pinça	Cilindro pneumático	Lento Parado	Vedações deficientes	3			X			X						X					X		
Pinça	Corrente de transmissão	Quebra	Desgaste	2			X							X							X		
Pinça	Garra	Não prende	Desgaste do fio de corte	3		X	X	X								X				X			
Pinça	Garra - Cilindro pneumático	Lento Parado	Vedações deficientes, desgaste	2		X	X	X							X					X			
Pinça	Guias	Quebra	Lubrificação deficiente	2			X							X					X				
Pinça	Sensores	Não detecta	Falha interna, mau contato, desfocado	1			X			X							X				X		

- Etapa 9 – Definição da seleção das tarefas de manutenção através das tarefas a serem implantadas, periodicidade, recursos necessários (humanos e técnicos), custos para a realização das tarefas de manutenção, equipamentos de proteção obrigatórios (proteção individual ou coletivo) e custos para a realização das ações, conforme modelo apresentado na Tabela 4;

Tabela 4 – Seleção de Tarefas de Manutenção da subfunção do GF7.

Subfunção: Pinça		STM - Seleção de Tarefas de Manutenção							
		Tipos de Tarefas: 1-Limpeza/Lubrificação; 2-Monitoramento; 3-Ensaio (em operação) / 3P-Ensaio (fora de operação); 4I-Inspeção Intrusiva; 4NI-Inspeção Não Intrusiva; 5-Substituição; 6-Melhorias.							
Ativo	Modo de Falha	Tarefa Proposta	Período (semanas)	Tipo	Quem?	A	E	\$	PM
Cilindro pneumático	Lento Parado	Trocar Cilindro	13	5	Mecânico	S	S	S	S
Corrente de transmissão	Quebra	Inspeção Visual	16	4I	Mecânico	S	S	S	S
Garra	Não prende	Trocar Garra	13	5	Mecânico	S	S	S	S
Cilindro pneumático	Lento Parado	Inspeção Visual /Auditiva	16	4NI	Mecânico	S	S	S	S
Guias	Quebra	Lubrificar Guias	13	1	Mecânico	S	S	S	S
Sensores	Não detecta	Testar Sensores	8	3P	Eletricista	S	S	S	S

- Etapa 10 – Elaboração de novos procedimentos operacionais ou melhoria dos procedimentos operacionais existentes, de modo a abranger as ações validadas para serem inseridas no software de manutenção, conforme modelo apresentado no Anexo J;
- Etapa 11 – Implantação das ações validadas no software de manutenção;
- Etapa 12 – Execução das Ordens de Serviço pelas equipes de manutenção e a certificação de que os procedimentos operacionais, as periodicidades e as ações inseridas ou revisadas a partir de Ordens de Serviço no software de manutenção estão em conformidade com as preconizadas pela MCC. As certificações de garantia da qualidade de manutenção são realizadas a partir de auditorias internas nas atividades de manutenção e pela consulta aos planos de manutenção armazenados em bancos de dados;
- Etapa 13 – Tabulação, análise, definição de novas ações e acompanhamento dos resultados após a implantação das ações oriundas da MCC, através dos indicadores de Manutenção, demonstrado através da Tabela 5 e Tabela 6;

Tabela 5 – Resultados dos indicadores de Panes em 2009.

Análise das Panes Grupo B - 2009								
Período de: 01/01/2009 as 00:00h Até 31/12/2009 as 23:59h								
Indicador	Minuto	Horas	Fórmulas Empregadas					
Abertura Potencial	516240	8604	$r_s = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i r_i}{\lambda_s}$ $\lambda_s = \sum_{i=1}^n \lambda_i$ $U_s = \lambda_s r_s$ $r_i = MTTR$ $\lambda_i = \frac{1}{MTBF}$					
Sobrecapacidade	78104	1302						
Abertura Real	438136	7302						
Panes Mecânicas	24404	407						
Panes Elétricas	20708	345						
Panes Concepção	11529	192						
Σ Paradas	160299	2672						
Abertura Real	Horas	7302						
Taxa de Reparo	rs	0,442227						
Taxa de Falha	λs	0,382454						
Tempo Médio entre Reparo	MTTR	0,425036						
Tempo Médio entre Falhas	MTBF	2,61						
Indisponibilidade	Us	16,91%						
Função Processual	Abertura	Pane	μ	nºFalhas	λi	MTBF	MTTR	Mtbf - GF
Função 1 - MI	7302	257,57	0,003882	505	0,109057	9	0,51	9
Função 9 - Saída de Palet	7302	105,42	0,009486	211	0,045566	22	0,50	11
Função 2 - HA	7302	71,70	0,013947	124	0,026778	37	0,58	37
Função 7 - RE	7302	64,92	0,015404	132	0,028506	35	0,49	
Função 6 - Calandra	7302	55,15	0,018132	130	0,028074	36	0,42	36
Função 4 - BM	7302	49,00	0,020408	61	0,013173	76	0,80	76
Função 3 - F5	7302	42,78	0,023374	144	0,031097	32	0,30	
Função 3 - F4	7302	41,70	0,023981	127	0,027426	36	0,33	
Função 8 - Wig Wag	7302	29,80	0,033557	67	0,014469	69	0,44	
Função 3 - F1	7302	26,62	0,037570	108	0,023323	43	0,25	10
Função 3 - F2	7302	21,37	0,046802	91	0,019652	51	0,23	
Função 3 - F3	7302	17,17	0,058252	71	0,015333	65	0,24	

Tabela 6 – Resultados dos Indicadores de Panes em 2010.

Análise das Panes Grupo B - 2010								
Período de: 01/01/2010 as 00:00h Até 31/12/2010 as 23:59h								
Indicador	Minuto	Horas	Fórmulas Empregadas					
Abertura Potencial	517980	8633	$r_s = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i r_i}{\lambda_s}$ $\lambda_s = \sum_{i=1}^n \lambda_i$ $U_s = \lambda_s r_s$ $r_i = MTTR$ $\lambda_i = \frac{1}{MTBF}$					
Sobrecapacidade	22448	374						
Abertura Real	495532	8259						
Panes Mecânicas	23814	397						
Panes Elétricas	25191	420						
Panes Concepção	16215	270						
Σ Paradas	65220	1087						
Abertura Real	Horas	8259						
Taxa de Reparo	rs	0,126064						
Taxa de Falha	λs	0,377726						
Tempo Médio entre Reparo	MTTR	0,124690						
Tempo Médio entre Falhas	MTBF	2,65						
Indisponibilidade	Us	4,76%						
Função Processual	Abertura	Pane	μ	nºFalhas	λi	MTBF	MTTR	Mtbf - GF
Função 1 - MI	8259	114,43	0,008739	858	0,119634	8	0,13	8
Função 9 - Saída de Palet	8259	21,43	0,046665	185	0,025795	39	0,12	13
Função 2 - HA	8259	12,86	0,077762	136	0,018963	53	0,09	53
Função 7 - RE	8259	33,75	0,029632	269	0,037508	27	0,13	
Função 6 - Calandra	8259	21,55	0,046394	204	0,028444	35	0,11	35
Função 4 - BM	8259	22,79	0,043885	135	0,018824	53	0,17	53
Função 3 - F5	8259	17,00	0,058809	135	0,018824	53	0,13	
Função 3 - F4	8259	28,34	0,035292	201	0,028026	36	0,14	
Função 8 - Wig Wag	8259	13,00	0,076920	89	0,012410	81	0,15	
Função 3 - F1	8259	19,86	0,050348	176	0,024540	41	0,11	12
Função 3 - F2	8259	20,72	0,048271	178	0,024819	40	0,12	
Função 3 - F3	8259	15,78	0,063356	143	0,019939	50	0,11	

As Tabelas 5 e 6 são referências anuais, porém diariamente o indicador de disponibilidade é acompanhado, e quando há ocorrências que impactam negativamente no resultado, ações de bloqueio ou controle são aplicadas pela equipe responsável, a fim de garantir o atendimento das metas de produtividade. De modo similar e com visão macro processual, sistematicamente os indicadores de produção do grupo B mensalmente são tabulados, analisados e ações de controle são definidas e implantadas para as causas que mais impactaram ou que tiveram maiores incidências, a fim de garantir os ajustes necessários para o atingimento das metas desdobradas pela equipe de direção. Todos os resultados, as ações empregadas, dificuldades existentes e oportunidades advindas são apresentados até o 5º dia útil subsequente a toda a equipe de manutenção, equipe de produção e aos participantes que aplicaram a MCC.

- Etapa 14 – Apresentação dos resultados à Diretoria Industrial.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados os resultados qualitativos e quantitativos alcançados a partir da aplicação sistematizada da metodologia MCC, bem como as discussões relativas aos indicadores de desempenho de manutenção relativos aos anos de 2009 e 2010.

5.1 Resultados Qualitativos

A expertise da equipe de implantação proporcionou a análise de todas as funções processuais a partir da aplicação da ferramenta Mapeamento de Processos no grupo de produção alvo deste estudo e a aplicação da metodologia MCC, tendo como resultado a:

- Definição de 10 Grupos Funcionais (ver Figura 7);
- Identificação de 1007 Modos de Falha e suas criticidades, conforme pode ser observado no Gráfico 7.

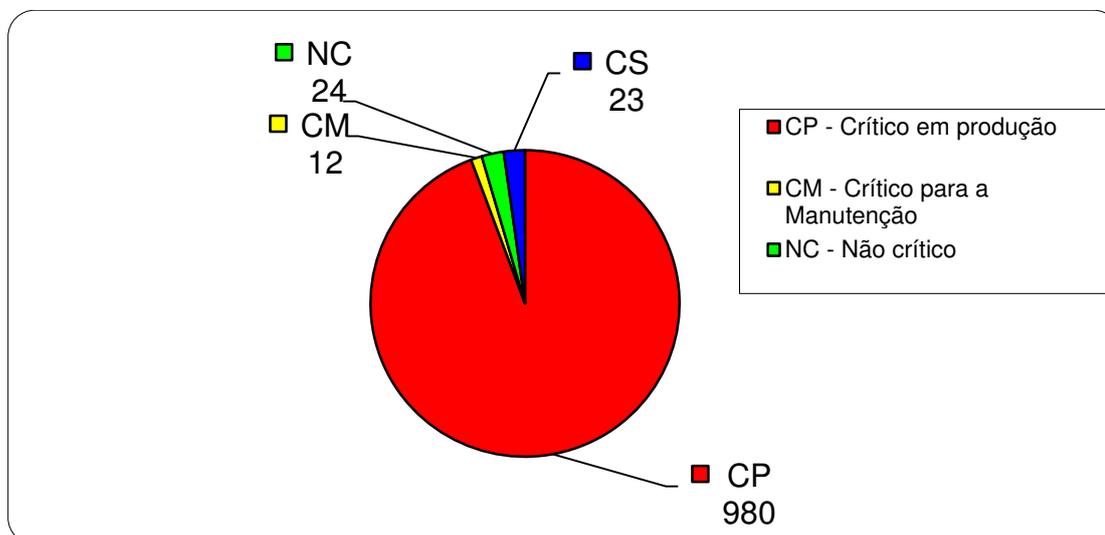


Gráfico 7 – Modos de falhas e Criticidades.
Fonte: Dados do estudo.

O Gráfico 7 apresenta um somatório de 1015 modos de falhas críticos, sendo este valor superior aos 1007 modos de falhas descritos anteriormente. Tal divergência se dá em virtude de haver modos de falhas classificados em mais de uma criticidade e o fato de haver apenas 24 modos de falhas não críticos é em função da própria natureza do método que se concentra

nos modos de falhas críticos. Para os modos de falha não críticos foram sugeridas ações de melhoria a serem avaliadas, conforme vista parcial apresentada através do Quadro 9.

Quadro 9 – Ações de Melhoria a serem avaliadas para Modo de Falha não crítico.

Fonte: Dados do estudo.

Função	Subfunção	Ativo	Modo de Falha	Melhoria Proposta
Calandra Função 6	Aperto Inferior Função 6.2	Embreagem	Perda da Função	Estudar a viabilidade financeira de se incluir no almoxarifado um kit de reparo de embreagem.
Calandra Função 6	Aperto Inferior Função 6.2	Motoredutor	Vazamento de óleo	Avaliar a necessidade de se fazer uma limpeza geral do Motoredutor para verificação de vazamentos.
Calandra Função 6	Cilindros ferramentas Função 6.2	Capilares de resfriamento	Entupimento	Realização de decapagem química para limpeza dos capilares a cada 112 semanas.
Calandra Função 6	Cilindros ferramentas Função 6.2	Mancais	Quebra	Como esses mancais estão em perfeito funcionamento há anos, sugere-se a realização de Análise de Vibração.
Calandra Função 6	Cilindros ferramentas Função 6.2	Mancais	Falta de Lubrificante	Restringir o acesso ao sistema de lubrificação apenas aos profissionais formalmente autorizados.
Calandra Função 6	Sistema de picote Função 6.2	Quadro pneumático	Baixa Pressão de Ar comprimido	Restringir o acesso ao sistema Pneumático.

Para os modos de falhas críticos (97,8% associados a paradas não programadas), a partir da MCC efetuou-se a inserção de ações que promoveram a oxigenação e ampliação da abrangência das tarefas do plano de manutenção, conforme pode ser observado no Gráfico 8.

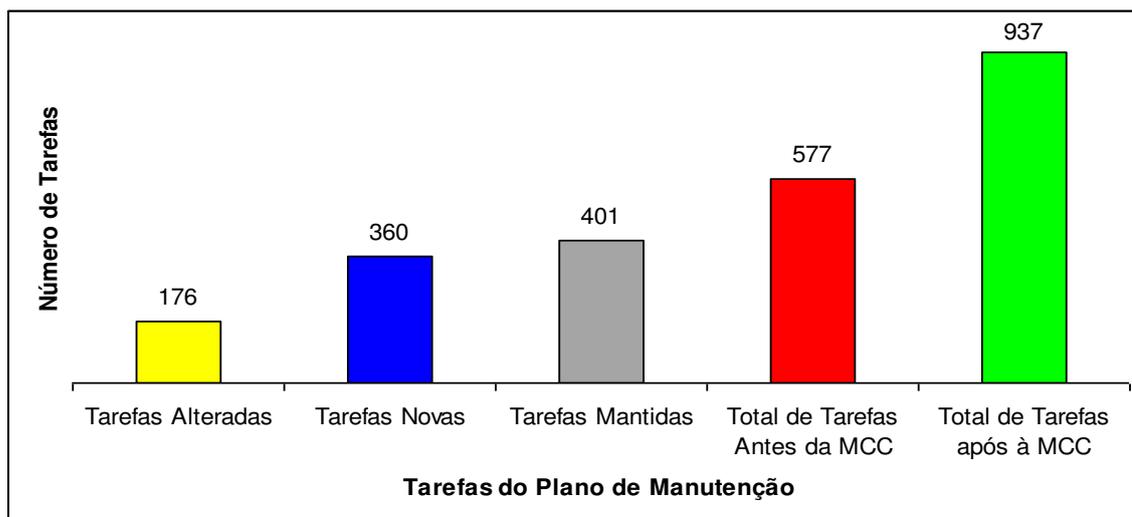


Gráfico 8 – Tarefas no Plano de Manutenção após a aplicação da MCC.
Fonte: Dados do estudo.

A evolução de 577 tarefas para 937 tarefas no plano de manutenção após a aplicação da MCC é explicitada, a seguir:

- 176 tarefas foram alteradas os seus níveis de complexidade, custo e periodicidade, conforme pode ser observado no Gráfico 9;

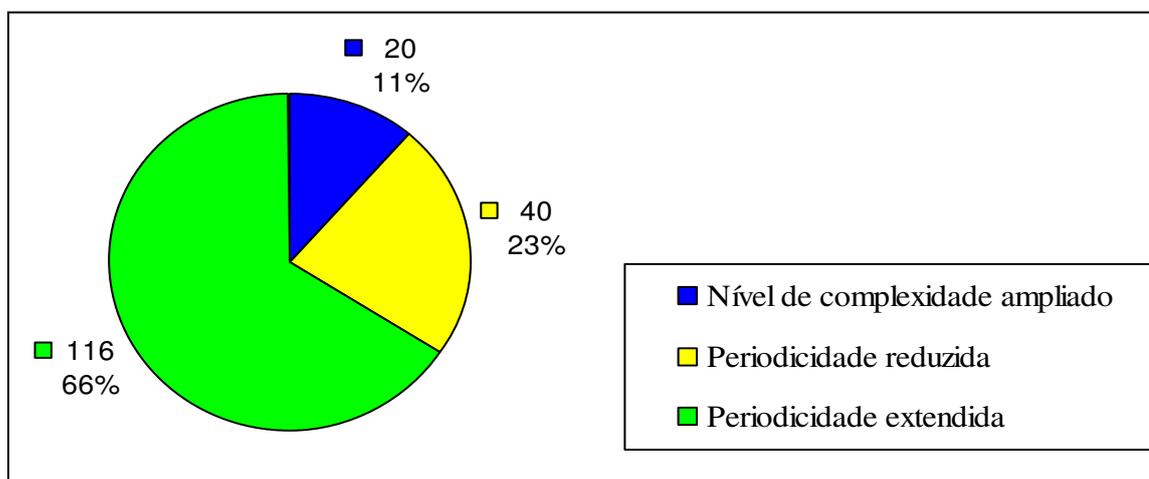


Gráfico 9 – Tarefas de Manutenção alteradas após a aplicação da MCC.
Fonte: Dados do estudo.

- 360 tarefas receberam novas ações, a fim de se evitar os modos de falhas críticos (ver Anexo J);
- 401 tarefas existentes não sofreram alteração por serem consideradas adequadas para o bloqueio dos modos de falha a que estão relacionadas.

As 937 tarefas de manutenção foram classificadas quanto às características intervencionistas nos processos operacionais, conforme descritas a seguir e esboçadas através do Gráfico 10:

- Intervenções Intrusivas que necessitam de parada das funções processuais para serem executadas, tais como manutenção preventiva;
- Intervenções não Intrusivas que não necessitam necessariamente de parada das funções processuais, tais como inspeções sensitivas nos Ativos e suas funções;
- Intervenções em Operação, na qual necessitam necessariamente que as funções processuais estejam em operação normal, tais como manutenção preditiva ou inspeções de acompanhamento e desempenho das funções processuais.

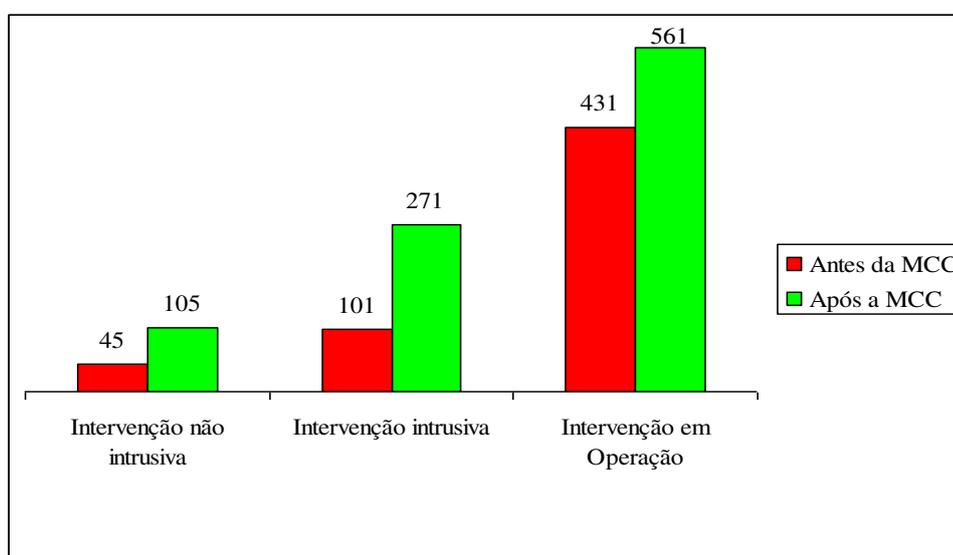


Gráfico 10 – Classificação das Tarefas de Manutenção.
Fonte: Dados do estudo.

Todas as tarefas ao serem inseridas no plano de manutenção são classificadas quanto à periodicidade de execução, ou seja, em que intervalo de tempo cada tarefa deverá ser repetida, a fim de garantir a efetividade da ação. A extensão ou redução da periodicidade de execução das tarefas é resultante da análise da frequência de falhas, da velocidade de degradação associada a cada causa de falha e da avaliação que a equipe de manutenção realiza durante as intervenções. A resultante da aplicação da metodologia MCC permite observar a através do Gráfico 11 que a evolução do plano de manutenção possui uma maior totalidade das ações com periodicidade trimestral (416 tarefas) e semestral (229 tarefas), bem como as tarefas que antes eram executadas a cada seis semanas (59 tarefas), agora são executadas a cada oito semanas.

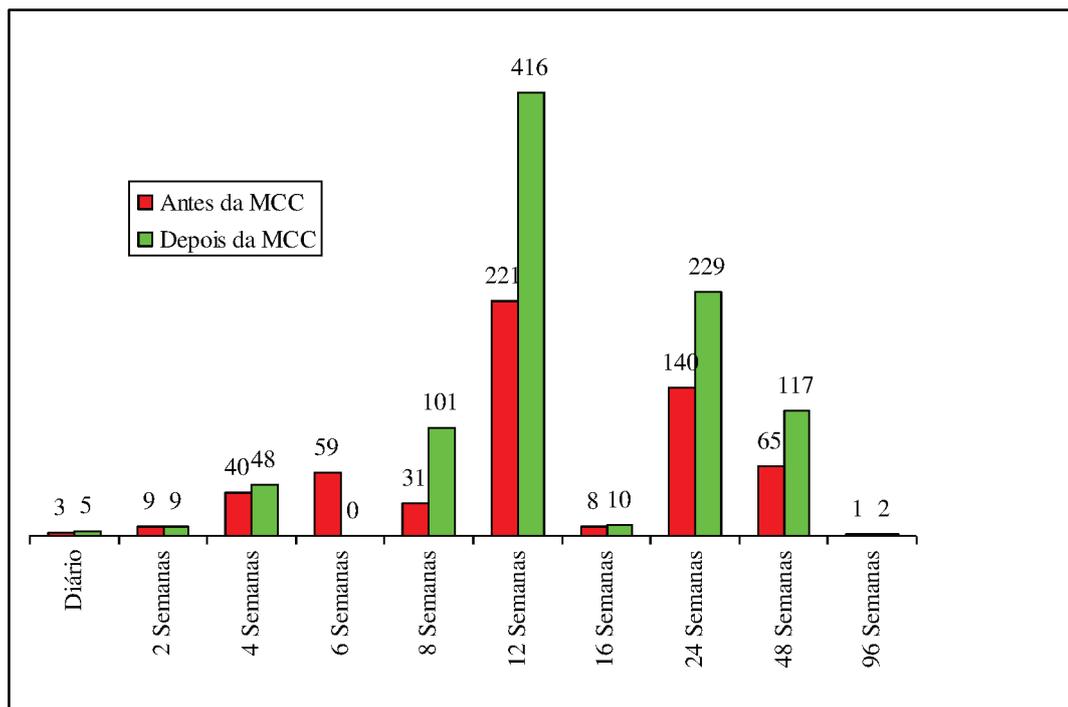


Gráfico 11 – Classificação das Tarefas de Manutenção.

Fonte: Dados do estudo.

Como resultado desse trabalho, o Plano de Manutenção teve uma ampliação das 577 tarefas executadas antes da MCC para 937 tarefas, o que equivale a uma taxa global de otimização em cerca 57,2%, atestando assim a profundidade e pertinência do processo empregado.

A Taxa global de Otimização (TO) do plano de manutenção descrita acima é calculada como a relação percentual entre a soma do número de tarefas alteradas e o número de tarefas novas, divididos pela soma do número de tarefas alteradas, número de tarefas novas e o número de tarefas mantidas. O resultado de TO em 57,2% é explicitado através da equação matemática (10).

$$TO = \frac{(Tarefas_{ALTERADAS} + Tarefas_{NOVAS})}{(Tarefas_{ALTERADAS} + Tarefas_{NOVAS} + Tarefas_{MANTIDAS})} \quad (10)$$

$$TO = \frac{(176 + 360)}{(176 + 360 + 401)} = \frac{536}{937} = 0,5720 = 57,2\%$$

5.2 Resultados Quantitativos

De modo a explorar objetivamente os resultados quantitativos, a Tabela 7 apresenta uma tabulação comparativa com os indicadores numéricos oriundos dos dados de falhas funcionais de origem elétrica e mecânica entre os anos de 2008 e 2009.

Tabela 7 – Comparativo entre os Indicadores de falhas ocorridas entre os anos 2008 e 2009.
Fonte: Dados do estudo.

2008				2009			
Indicador	Minuto	Horas		Indicador	Minuto	Horas	
Abertura Potencial	518100	8635		Abertura Potencial	516240	8604	
Sobrecapacidade	20385	340		Sobrecapacidade	78104	1302	
Abertura Real	497715	8295		Abertura Real	438136	7302	
Falhas Mecânicas	24165	403		Falhas Mecânicas	24404	407	
Falhas Elétricas	21018	350		Falhas Elétricas	20708	345	
Falhas Concepção	27578	460		Falhas Concepção	11529	192	
Σ Paradas	72761	1213		Σ Paradas	56641	944	
Abertura Real	Horas	8295		Abertura Real	Horas	7302	
Taxa de Reparo	rs	0,35		Taxa de Reparo	rs	0,44	
Taxa de Falha	λs	0,32		Taxa de Falha	λs	0,38	
Tempo Médio entre Reparo	MTTR	0,37		Tempo Médio entre Reparo	MTTR	0,43	
Tempo Médio entre Falhas	MTBF	3,17		Tempo Médio entre Falhas	MTBF	2,61	
Indisponibilidade	Us	11,02%		Indisponibilidade	Us	16,91%	
Função Processual	nºFalhas	MTBF	MTTR	nºFalhas	MTBF	MTTR	
Função 1 - MI	803	8	0,33	505	9	0,51	
Função 2 - HA	166	38	0,51	124	37	0,58	
Função 9 - Saída de Palet	214	30	0,36	211	22	0,5	
Função 6 - Calandra	207	31	0,32	130	36	0,42	
Função 7 - RE	92	69	0,39	132	35	0,49	
Função 3 - F4	110	58	0,29	127	36	0,33	
Função 3 - F3	83	77	0,34	71	65	0,24	
Função 3 - F2	84	76	0,32	91	51	0,23	
Função 3 - F1	68	93	0,33	108	43	0,25	
Função 8 - Wig Wag	82	78	0,26	67	69	0,44	
Função 4 - BM	27	235	0,76	61	76	0,8	
Função 3 - F5	67	95	0,26	144	32	0,3	
Total	2003			1771			

Sobre os resultados apresentados ao longo de 2009, observa-se uma taxa de Sobre capacidade superior a 370% quando comparado ao ano base 2008, sendo este um dos reflexos da crise financeira global ocorrida no 2º semestre de 2008. De modo que os resultados apresentados em 2009 de disponibilidade fabril e indisponibilidade por panes não apresentam resultados referenciais, visto que o grupo de produção apresenta uma abertura real menor, influenciado negativamente pelo indicador de sobre capacidade, conforme pode ser observado no Gráfico 12.

Grupo B - Sobrecapacidade

Real	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Real Acc 08	Real Acc 09
2008	0,04	4,80	0,06	-	-	-	-	-	0,15	2,15	3,81	38,01	4,09	
2009	1,56	31,25	16,15	26,84	31,82	7,83	22,66	7,95	5,03	8,11	5,47	19,23		15,33

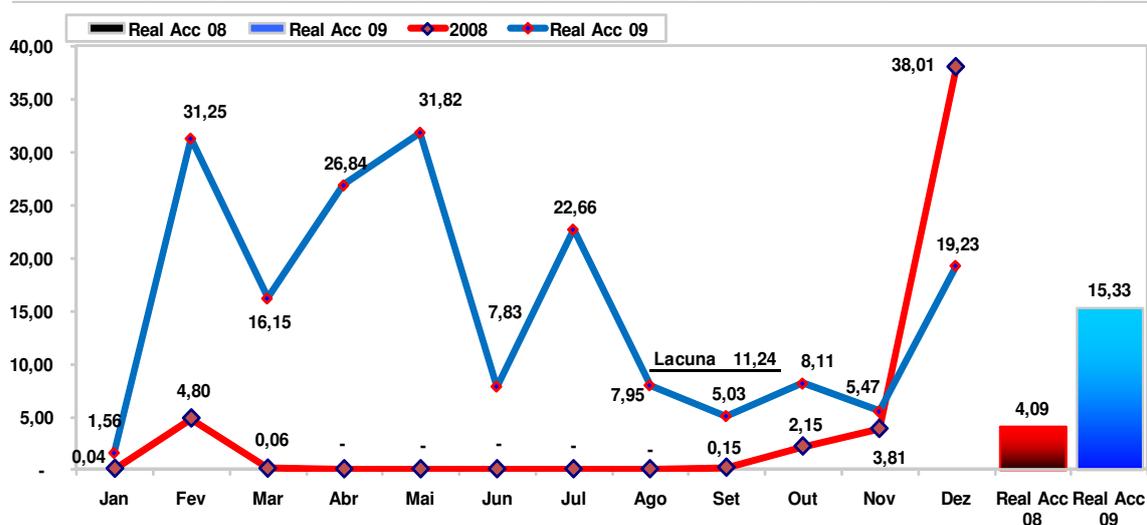


Gráfico 12 – Comparação dos resultados de Sobrecapacidade em 2008 e 2009.
Fonte: Dados do estudo.

O Gráfico 13, apresenta um comparativo de como o indicador de sobrecapacidade sinaliza oportunidades tangíveis ao analisar os resultados de indisponibilidade por panes elétricas e mecânicas ocorridas em 2009 quando comparado ao ano de 2008, pois apesar de ter havido em 2009 uma sobrecapacidade superior a 370%, a taxa de panes ainda foi superior em 12%.

Estas paradas por Sobrecapacidade do Grupo de Produção, ao longo de 2009 foram utilizadas para desenvolver os novos procedimentos operacionais, melhorar os procedimentos existentes, corrigir periodicidades e criticidades das tarefas, criar padrões técnicos com o uso de fotos e desenhos, transferir o plano de lubrificação antes em planilhas paralelas para o software de manutenção e implantar a análise de vibração, pois esta foi uma das ações sugeridas e que resultaria em um retorno de confiabilidade tangível no curto prazo.

Meta 2009 - 9%
Grupo B - Indisponibilidade por Pane

Real	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Real Acc 08	Real Acc 09
2008	7,05	8,32	6,91	7,89	6,49	8,00	7,58	9,30	13,79	7,82	11,21	16,91	9,27	
2009	13,91	9,20	10,91	15,75	7,30	8,20	12,00	11,00	7,80	6,60	11,36	9,92		10,33

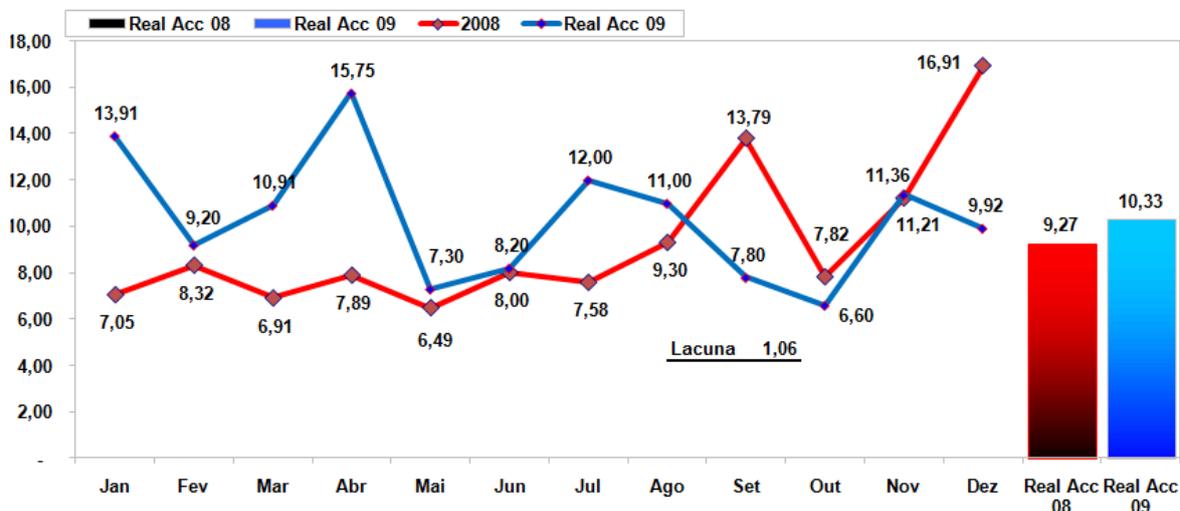


Gráfico 13 – Resultados de Indisponibilidade Fabril por Pane em 2008 e 2009.
Fonte: Dados do estudo.

A seguir são apresentados através da Tabela 8, os resultados ao longo de 2010, quando comparados ao do ano de 2008, onde se observa uma redução em torno de 17% em relação ao somatório de tempo de paradas ocasionadas por falhas de origem elétrica, mecânica e de concepção e um aumento de cerca de 30% quando comparado ao somatório de número de falhas.

Tal fato se justifica pelo aumento considerável das falhas de origem elétrica em virtude da substituição de todo o sistema de automatismo que ocorreu na segunda quinzena do mês de julho e pelo número acentuado de falhas de suprimento de energia elétrica ocorridas entre os meses de novembro e dezembro, conforme pode ser observado através do Gráfico 14.

Tabela 8 – Comparativo entre os Indicadores de falhas ocorridas em 2008 e 2010.

Fonte: Dados do estudo.

2008			2010		
Indicador	Minuto	Horas	Indicador	Minuto	Horas
Abertura Potencial	518100	8635	Abertura Potencial	517980	8633
Sobrecapacidade	20385	340	Sobrecapacidade	22448	374
Abertura Real	497715	8295	Abertura Real	495532	8259
Falhas Mecânicas	24165	403	Falhas Mecânicas	23814	397
Falhas Elétricas	21018	350	Falhas Elétricas	25191	420
Falhas Concepção	27578	460	Falhas Concepção	16215	270
Σ Paradas	72761	1213	Σ Paradas	65220	1087
Abertura Real	Horas	8295	Abertura Real	Horas	8259
Taxa de Reparo	rs	0,35	Taxa de Reparo	rs	0,13
Taxa de Falha	λs	0,32	Taxa de Falha	λs	0,38
Tempo Médio entre Reparo	MTTR	0,37	Tempo Médio entre Reparo	MTTR	0,12
Tempo Médio entre Falhas	MTBF	3,17	Tempo Médio entre Falhas	MTBF	2,65
Indisponibilidade	Us	11,02%	Indisponibilidade	Us	4,76%

Função Processual	nºFalhas	MTBF	MTTR	nºFalhas	MTBF	MTTR
Função 1 - MI	803	8	0,33	858	8	0,13
Função 2 - HA	166	38	0,51	136	53	0,09
Função 9 - Saída de Palet	214	30	0,36	185	39	0,12
Função 6 - Calandra	207	31	0,32	204	35	0,11
Função 7 - RE	92	69	0,39	269	27	0,13
Função 3 - F4	110	58	0,29	201	36	0,14
Função 3 - F3	83	77	0,34	143	50	0,11
Função 3 - F2	84	76	0,32	178	40	0,12
Função 3 - F1	68	93	0,33	176	41	0,11
Função 8 - Wig Wag	82	78	0,26	89	81	0,15
Função 4 - BM	27	235	0,76	135	53	0,17
Função 3 - F5	67	95	0,26	135	53	0,13
Total	2003			2709		

Meta 2010 - 8%

Grupo B - Indisponibilidade por Pane

Real	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Real Acc 08	Real Acc 09
2008	7,05	8,32	6,91	7,89	6,49	8,00	7,58	9,30	13,79	7,82	11,21	16,91	9,27	
2010	9,88	16,85	8,56	6,34	4,29	9,13	14,18	8,62	8,81	8,44	10,44	15,62		10,10

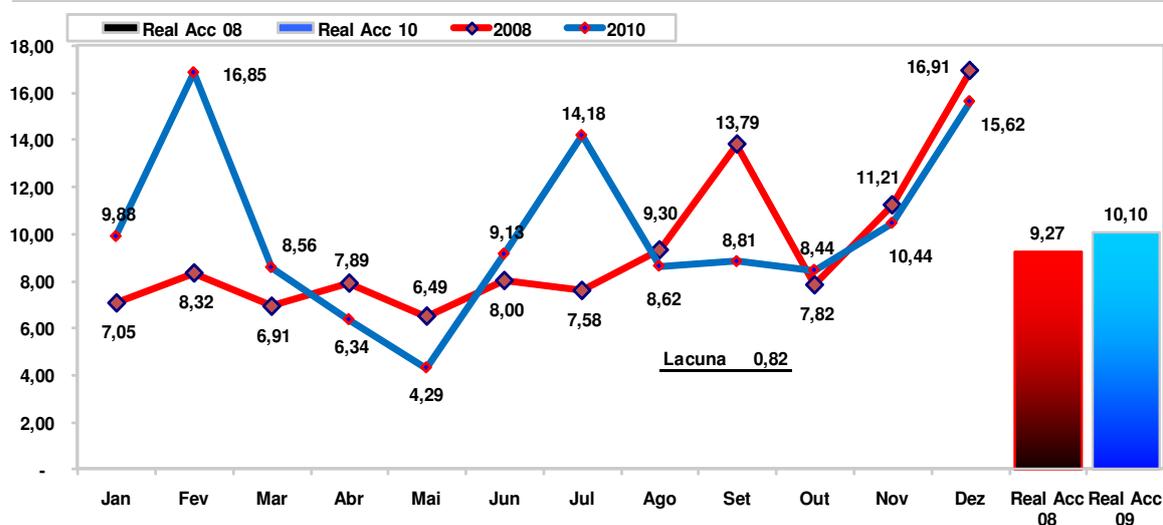


Gráfico 14 – Resultados de Indisponibilidade Fabril por Pane em 2008 e 2010.

Fonte: Dados do estudo.

De modo que os resultados apresentados em 2010 refletem uma tendência positiva de melhorias sustentáveis nos resultados de disponibilidade fabril para o ano 2011, conforme pode ser observado através do Gráfico 15, pois o resultado de disponibilidade média anual alcançou o índice de 79,60%, índice este superior a três pontos percentuais quando comparado ao resultado médio apresentado em 2008, mesmo com a incidência elevada de panes de origem elétrica descritas anteriormente.

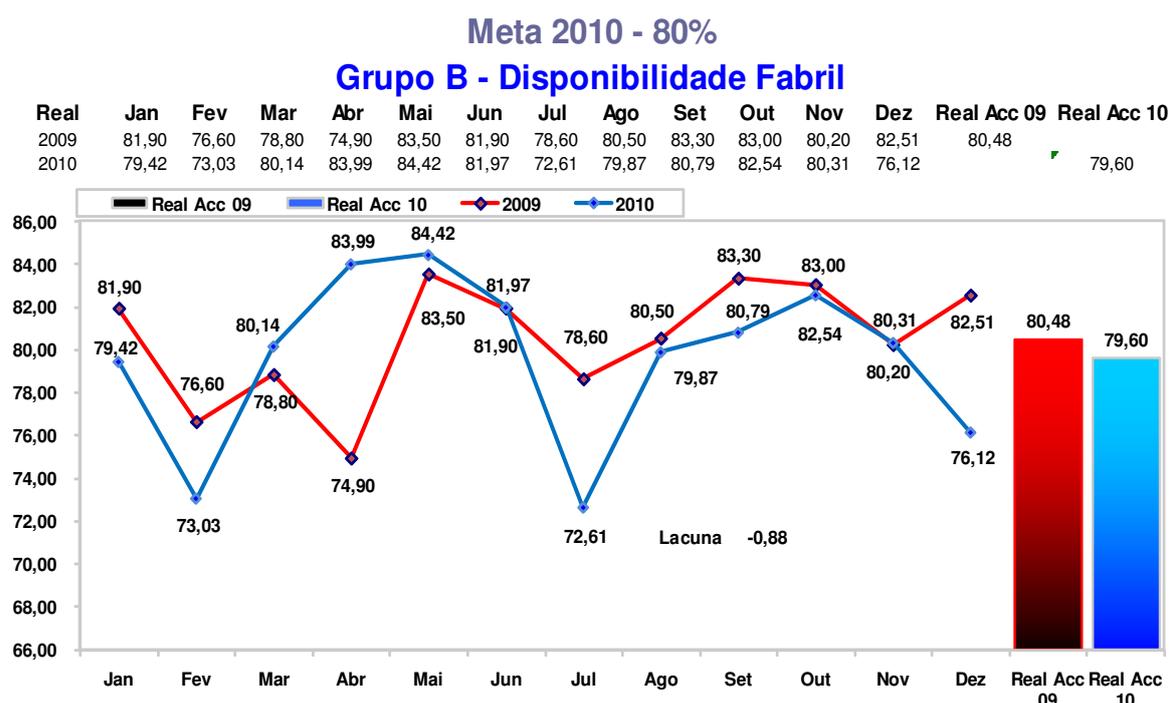


Gráfico 15 – Resultados de Disponibilidade Fabril alcançados em 2009 e 2010.
Fonte: Dados do estudo.

Tal índice apesar de ser inferior em 0,4% pontos percentuais em relação à meta de 2010 e 0,88 pontos percentuais em relação ao resultado de 2009 (ver lacuna no Gráfico), apresenta uma tendência positiva para a consolidação do projeto ao longo de 2011 com uma disponibilidade igual ou superior a 81,5%.

Esta tendência positiva é visualizada através do Gráfico 16 onde os resultados após a implantação da MCC apresentam ganhos reais de disponibilidade fabril, visto que os resultados ao longo dos últimos seis anos não eram superiores a 79%.

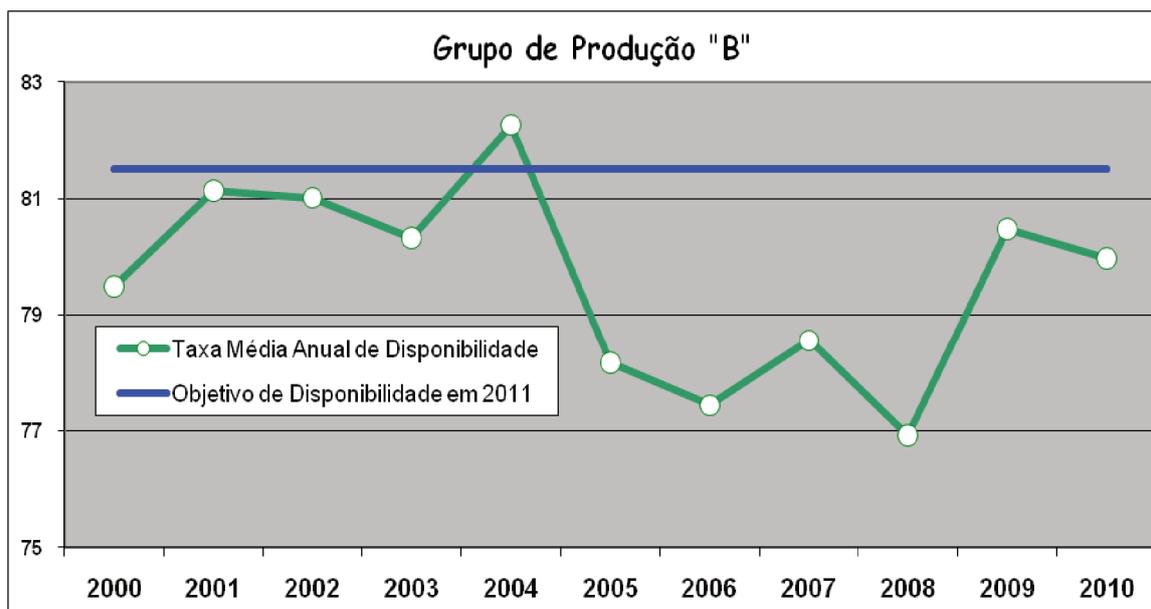


Gráfico 16 – Resultados de Disponibilidade Fabril entre os anos de 2000 a 2010.

Fonte: Dados do estudo.

O Gráfico 17 por sua vez apresenta um comparativo dos indicadores de Indisponibilidade entre os anos de 2009 e 2010, onde se observa que apesar do índice de sobrecapacidade em 2010 ter sido em torno de 6%, ou seja, inferior em cerca de 250% em relação a 2009, o índice médio anual de indisponibilidade apresentou uma redução de 0,23 pontos percentuais (ver Lacuna no Gráfico), ou seja, cerca de 2%.

Meta 2010 - 8%

Grupo B - Indisponibilidade por Pane Elétrica e Mecânica

Real	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Real Acc 09	Real Acc 10
2009	13,91	9,20	10,91	15,75	7,30	8,20	12,00	11,00	7,80	6,60	11,36	9,92	10,33	
2010	9,88	16,85	8,56	6,34	4,29	9,13	14,18	8,62	8,81	8,44	10,44	15,62		10,10

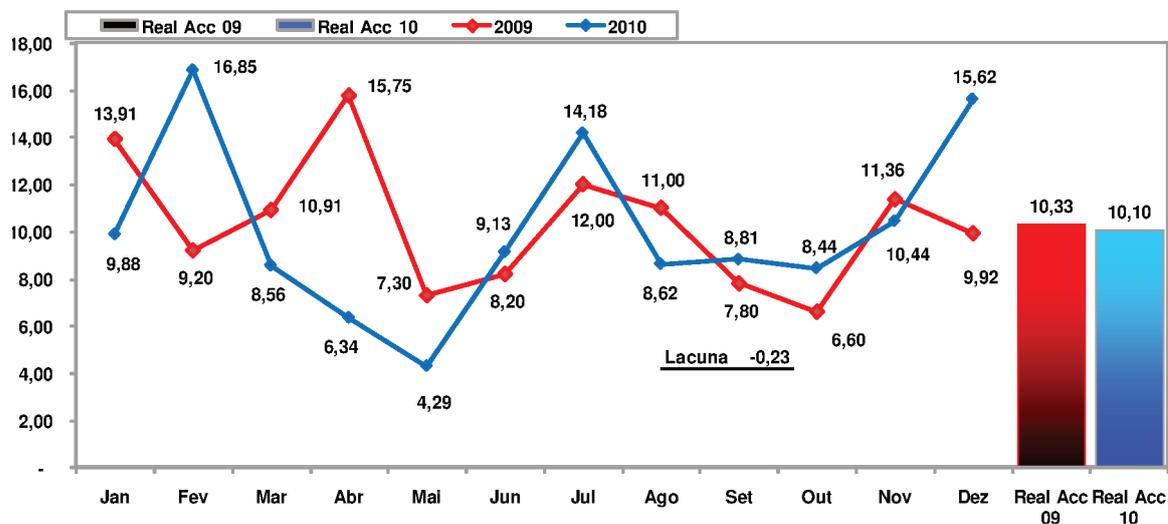


Gráfico 17 – Resultados de Indisponibilidade Fabril por Pane em 2009 e 2010.

Fonte: Dados do estudo.

5.3 Dificuldades

Um das principais dificuldades foi vencer as barreiras culturais dos aprovadores da verba de manutenção (*Budget*) da equipe de direção da unidade de negócio, ocasionadas pela descrença de obtenção de ganhos tangíveis a partir da implementação efetiva da metodologia MCC, visto que a decisão de implantação ocorrerá no início da crise financeira deflagrada no 2º semestre de 2008. Esta dificuldade foi superada a partir do compromisso de que o investimento realizado seria integralmente coberto através do uso das verbas de *Budget* definidas e autorizadas para o período e pelo cumprimento das metas de disponibilidade a partir da implementação total do plano de manutenção revitalizado.

Outra dificuldade vencida foi a de estimular a participação efetiva da equipe de produção responsável pelo grupo processual neste trabalho, pois muitas das informações sobre as falhas funcionais são oriundas de suas experiências cotidianas. Esta dificuldade foi vencida a partir do entendimento da necessidade de maximizar os recursos disponíveis.

Por último, porém não menos importante foi à necessidade de prepararmos em regime emergencial de um substituto para o direcionamento dos trabalhos de implantação e concentração das informações oriundas das reuniões de MCC, pois um dos Engenheiros de Manutenção se desligou da empresa após a 7ª reunião, de tal modo que houve a necessidade urgente de mitigar as consequências da perda do conhecimento com a sua saída. Esta dificuldade foi vencida com o trabalho em equipe de todos os envolvidos, com a maturidade e competência do chefe do projeto, com o engajamento e comprometimento de seu substituto e pela cultura da Sinergia de uma equipe que visa sempre fazer o bom da primeira vez.

6 CONCLUSÕES

O objetivo principal do presente estudo era avaliar se o método aplicado permitiria maximizar os resultados de disponibilidade operacional dos ativos através do atingimento das metas quantitativas de disponibilidade média de 78,5% em 2009, 80,0% em 2010 e 81,5% em 2011.

Como resultado, em 2009 foi alcançado o índice de disponibilidade fabril média de 80,48%, sendo superior à meta desdobrada em 2,5% e em 2010, foi alcançado um índice de disponibilidade fabril média de 79,60%, sendo este resultado inferior à meta desdobrada em 0,1%.

Além do objetivo principal, fora definido como objetivos secundários qualitativos, a realização do mapeamento das funções processuais principais da linha de produção B que teve como resultado a definição de 10 Funções Principais, sendo 5 destas consideradas críticas que foram desdobradas em funções secundárias e terciárias e a realização do FMEA para as 10 etapas processuais definidas, o que resultou na identificação de 1007 modos de falhas e a criação de 360 novas tarefas de manutenção.

Este estudo possibilitou através do balanceamento do plano de manutenção (melhoria qualitativa e quantitativa) que a estratégia adotada de aplicação da metodologia Manutenção Centrada em Confiabilidade foi positiva e converge para o atendimento das necessidades de perenização e consistência da disponibilidade fabril preconizada no plano estratégico do ano 2010.

6.1 Sugestão para trabalhos futuros

Sobre os temas abordados nesta dissertação, verifica-se a convergência de diversas disciplinas para a efetividade da implementação sustentável da metodologia MCC. Sendo assim, como sugestão para trabalhos futuros seriam os estudos descritos a seguir:

- Comparar os mecanismos de implantação da metodologia MCC e os resultados alcançados em empresas do mesmo segmento, a fim de identificar as boas práticas a serem desdobradas e aplicadas;
- Realizar estudos de confiabilidade nos Ativos e funções processuais, a fim de identificar a efetividade do uso da metodologia MCC;
- Realizar estudos de confiabilidade nos Ativos e funções processuais críticas, a fim de aumentar a disponibilidade fabril e assim minimizar as perdas por faturamento cessante por paradas não programadas.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, D. C.; SALOMON, V. A. P. Avaliação da prevenção de falhas em processos utilizando métodos de tomada de decisão. **Revista Prod. [online]**. vol.17, n.3, pp. 502-519. Scielo Brasil, 2007.

ALKAIM, J. L. **Metodologia para incorporar conhecimento intensivo às tarefas de manutenção centrada na confiabilidade aplicada em ativos de sistemas elétricos**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) pela Universidade Federal de Santa Catarina – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC. Florianópolis – Santa Catarina, 2003.

ALMEIDA, D. A.; FAGUNDES, L. D. Utilização da metodologia análise de falhas e da gestão do conhecimento para gestão da manutenção em empresa do setor elétrico. **Anais. XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)**. Porto Alegre, RS, 2005.

ANTONIOLLI, P. D.; LIMA, C. R. C. Aplicação dos princípios do Lean Manufacturing na produção de uma indústria de autopeças: Um estudo de caso. **Anais. XVII SIMPEP**. Bauru – São Paulo, 2010.

ARCURI, R. **Medicina de Sistemas: Uma abordagem holística, estratégica e institucional para a gestão da manutenção**. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão) – Universidade Federal Fluminense, UFF. Niterói, Rio de Janeiro, 2005.

Associação Brasileira de Manutenção (ABRAMAN). **Documento Nacional – A situação da Manutenção no Brasil**. Rio de Janeiro, 2009.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994.

AZEVEDO, C. Asset Management: 10 Anos de RCM no Brasil - mitos e realidades. XX Congresso Brasileiro de Manutenção. **Anais**. Belo Horizonte, MG, 2005.

BARACHO DOS SANTOS, W.; COLOSIMO, E. A.; MOTTA, S. B. Tempo ótimo entre manutenções preventivas para sistemas sujeitos a mais de um tipo de evento aleatório. **Revista Gestão & Produção [online]**, vol.14, no. 1, p.193-202, São Carlos, SP, 2007.

BASSETTO, I. F. F. **Estudo de Confiabilidade de Compressores Alternativos semi-herméticos de sistemas de refrigeração**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Escola Politécnica da USP. São Paulo, SP, 2007.

BASSETTO, I. F. F.; NETO, A. H.; SOUZA, G. F. M. Estudo de Confiabilidade de Compressores Alternativos semi-herméticos de sistemas de refrigeração. Artigo publicado no **Boletim Técnico** da Escola Politécnica da USP. São Paulo, SP, 2007.

BECCON JÚNIOR, C. E. S.; RECH, I.; MALANOVICZ, A. V. Mapeamento e melhoria de processo de documentação: Estudo de caso. **Anais**. XVII SIMPEP, Bauru – São Paulo, 2010.

BILLINTON, R.; ALLAN, R.N., **Reliability Evaluation of Engineering System: Concepts and Techniques**. Perseus Publishing, 453p., 1992.

BUSS, C. A.; CARDOSO, M. V. Planejamento Estratégico da Manutenção: Metodologia, desafios e ganhos. **Anais**. XXIV Congresso Brasileiro de Manutenção. Recife – Pernambuco, 2009.

CARRIJO, J. R. S.; LIMA, C. R. C. Disseminação TPM – Manutenção Produtiva Total nas indústrias Brasileiras e no mundo: Uma abordagem construtiva. **Anais**. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP). Rio de Janeiro, RJ, 2008.

CASE, J. **Open-Book Management. Ha per Business**, Nova York, USA, 1995.

CAUCHICK MIGUEL, P. A. Estudo de caso na engenharia de produção. Estruturação e recomendações para sua condução. **Produção**, v. 17, n. 1, p. 216-229, São Paulo, SP, 2007.

CAUCHICK MIGUEL, P. A. QFD no desenvolvimento de novos produtos: um estudo sobre a sua introdução em uma empresa adotando a pesquisa-ação como abordagem metodológica. **Revista Prod. [online]**, v. 19, n. 1, p. 105-128, São Paulo, SP, 2009.

CAUCHICK MIGUEL, P. A. C.; FLEURY, A.; MELLO, C. H. P.; NAKANO, D. N.; TURRIONI, J. B.; HO, L. L.; MORABITO, R.; MARTINS, R. A.; PUREZ, V. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

CHENG, L. C.; MELO FILHO, L. D. R. QFD na garantia da qualidade do produto durante seu desenvolvimento – caso em uma empresa de materiais. **Produção**, v. 17, n. 3, p. 604-624, São Paulo, SP, 2007.

CONCEIÇÃO JUNIOR, J.; SILVA, S. L. Educação e Treinamento como fator crítico para a Manutenção Autônoma (MA): Estudo de Caso de implementação do *Total Productive Maintenance* (TPM). **Anais**. XIII Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais (SIMPOI). São Paulo, SP, 2010.

CORREIA, K. S. A.; LEAL, F.; ALMEIDA, D. A. Mapeamento de Processo: Uma abordagem para análise de processo de negócio. **Anais**. XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP). Curitiba, PR, 2002.

COSTA NETO, P. L. O.; REIS, J. G. M. A norma ISO 9001:2000 no setor de manutenção: o caso do Metrô de São Paulo. **Anais. XIV SIMPEP**, Bauru – São Paulo, 2007.

DAYA, M. B. You may need RCM to enhance TPM implementation. **Proceedings** of the Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 6 No. 2, pp. 82-85. # MCB University Press, 1355-2511. Emerald, 2000.

DESHPANDE, V.S.; MODAK, J. P. Application of RCM to a medium scale industry, **Proceedings** of the Journal Reliability Engineering and System Safety. Elsevier, 2002.

DUARTE, A. M. P.; FORTES, M. Z. Implantação da metodologia de manutenção centrada na confiabilidade em um grupo de produção de Misturas negras: Um estudo de caso. **Anais. XVII SIMPEP**. Bauru – São Paulo, 2010.

DUARTE, A. M. P.; MIRANDA, G. W .A. Implementation of the Reliability-Centered Maintenance Methodology in a Black Mixture Production Group: A Case Study. **Proceedings** of the Journal 21st International Congress of Mechanical Engineering. Natal – Rio Grande do Norte, 2011.

DUNN, S. Reinventing the Maintenance Process – Towards zero downtime. Queensland Maintenance Conference **Proceedings**, Queensland, Australia, 1998.

FERNANDES, J. M. R.; REBELATO, M. G. Proposta de um método para integração entre QFD e FMEA. **Revista Gestão & Produção [online]**. ISSN 0104-530X. Vol.13, nº2, pp.245-259. Curitiba, PR, 2006.

FOLADOR, A. J.; MATTOS, S. M. M. A importância da Gestão de perdas para fortalecer a competitividade e melhorar a produtividade das empresas (no século XXI). **Revista Capital Científico do setor de Ciências Sociais Aplicadas**. Vol.1, nº5. Guarapuava, PR, 2007.

FONTES, B. S.; CLEMENTE, R. G. Análise de metodologias atuais para a gestão da mudança. **Anais. XIV SIMPEP**, Bauru – São Paulo, 2007.

GONÇALVES, K. H. C.; DESCHAMPS, F.; LOURES, E. F. R. Modelo de referência para a gestão da manutenção no contexto de sistema de informação do chão de fábrica. **Anais. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)**. Rio de Janeiro, RJ, 2008.

GUZZON, S. O. **Proposta de análise quantitativa de confiabilidade a partir de dados qualitativos provenientes da FMEA**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2009.

HOSEYNABADI, A.; ORAEE, H.; TAVNER, P. J. Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) for Wind Turbines. **International journal of electrical power and energy systems**, 32 (7). pp. 817-824. Durham University Library, United Kingdom, 2010.

JACOBS, G.; KIPPER, L. M.; ELLWANGER, M. C.; FROZZA, R.; NARA, E. O. B. Por onde começar a gestão por processos? Uma análise sobre metodologias. **Anais. XIV SIMPEP**, Bauru – São Paulo, 2009.

JOSÉ ROBERTO FILHO. **Gestão de Manutenção em Manufatura: Aplicação da Teoria da Decisão Baseada em Conceitos da Confiabilidade**. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Automotiva) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

JUSTA, M. A. O.; BARREIROS, N. R. Modelo de gestão da mudança e aprendizado organizacional. **Revista Gestão Industrial**. ISSN 1808-0448/v.04, n.04:p.92-109. Revista do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa – Paraná, 2008.

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

LAFRAIA, J. R. B. **Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade**. Editora Qualitymark, Rio de Janeiro, RJ, 2001.

LEAL, F.; PINTO, A. F.; ALMEIDA, D. A. Análise de Falhas através da aplicação do FMEA e da teoria Grey. **Revista Gestão Industrial**, ISSN 1808-0448/v.02, n.01:p.78-88, Revista do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa – Paraná, 2006.

LUCATELLI, M. V. **Proposta de aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade em equipamentos médico-hospitalares**. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2002.

MACHADO, J. T. D. **Planejamento Balanceado – PB. Elaboração e Implementação de um sistema de gestão estratégica que integra as técnicas do planejamento estratégico com o Balanced Scorecard**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2002.

MARTINS, M. P. G.; LEITÃO, A. L. F. Predição de Falhas no apoio à decisão na gestão de manutenção. **Anais**. “Conferência de Engenharia Eng^a 2009 - Inovação e Desenvolvimento”. 5^a. Covilhã – Portugal, 2009.

MEDEIROS, A. L.; SOUZA, A. C. F.; PAMPLONA, E. O. Mapeamento de Processos: auxílio a melhoria de serviços na área de saúde. **Anais**. Seminário Empreendedorismo, Inovação e Engenharia da Produção. Viçosa – Minas Gerais, 2009.

MELLO, C. H. P.; SILVA, C. H. S.; TURRIONE, J. B.; SOUZA, L. G. M. **ISO 9001:2000: Sistemas de Gestão da Qualidade para Operações de Produção e Serviços**. São Paulo: Atlas, 2002.

MIRSHAWKA, V.; OLMEDO, N. L. **TPM À Moda Brasileira**. São Paulo: Makron Books, 1994.

MOUBRAY, J. **MCC II – Reliability – Centered Maintenance**. Second edition, New York: Industrial Press Inc., 2000.

NETHERTON, D. **Um novo padrão SAE para RCM**. [on line]. Disponível na Internet < <http://www.sqlbrasil.com.br/sql/PDFs/SAE/PADRAO%20SAE%20RCM%20Dana.PDF> >. Acesso em: 12/12/2010

NETTO, C. A. A. **Proposta de modelo de mapeamento e gestão por macroprocessos**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, USP, 2004.

NIU, G.; YANG, B-S.; PECHT, M. Development of an optimized condition-based maintenance system by data fusion and reliability-centered maintenance. **Article Journal Reliability Engineering and System Safety**. Elsevier, 2010.

NOWLAN, F. S.; HEAP, H. F. **Reliability-Centered Maintenance**. United Airlines. 1978.

NUNES, E. L. **Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC): Análise da implantação em uma sistemática de manutenção preventiva consolidada**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2001.

NUNES, E. L.; VALLADARES, A. Gestão da Manutenção e do Conhecimento como estratégia na instalação de unidades geradoras de energia elétrica. **Anais**. XXIV ENEGEP. Florianópolis, SC, 2004.

OLIVEIRA, M. A.; MACIEL, E. F. L. Aplicando RCM em um laboratório de pesquisa. **Anais**, Simpósio Internacional de Confiabilidade (SIC). Curitiba, PR, 2009.

OLIVEIRA, U. R.; MARINS, F. A. S.; ALMEIDA, D. A. Integrando técnicas e procedimentos de gestão de operações: uma aplicação em um banco comercial Brasileiro de grande porte. **Revista Produção [online]**. vol.20, n.2, pp. 237-250, 2010.

OLIVEIRA, U. R.; MONTEVECHI, J. A. B.; MARINS, F. A. S. Integração entre o mapeamento de processos e a simulação de eventos discretos: O caso de uma montadora de pneus. **Anais**, XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), Foz do Iguaçu, PR, 2007.

OLIVEIRA, U. R.; PAIVA, E. J.; ALMEIDA, D. A. Metodologia integrada para mapeamento de falhas: uma proposta de utilização conjunta do mapeamento de processos com as técnicas FTA, FMEA e a análise crítica de especialistas. **Revista Produção [online]**. vol.20, n.1, pp. 77-91, 2010.

OTANI, M.; MACHADO, W. V. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. **Revista Gestão Industrial**, v.04, n.02:p.01-16, Revista do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa – Paraná, 2008.

PALADY, P. **Análise dos modos de falha e efeitos: Prevendo e Prevenindo problemas antes que ocorram**. IMAM, São Paulo, SP, 1997.

PASCHOAL, D. R. S.; MENDONÇA, M. A.; MORAIS, R. D.; GITAHY, P. F. S. C. R.; LEMOS, M. A. Disponibilidade e Confiabilidade: Aplicação da Gestão da Manutenção na busca de maior competitividade. **Revista da Engenharia de Instalações do Mar da FSMA**, 2009.

PERES, C. R. C.; LIMA, G. B. A. Proposta de modelo para controle de custos de manutenção com enfoque na aplicação de indicadores balanceados. **Revista Gestão & Produção [online]**, vol.15, nº.1, pp.149-158. São Carlos, SP, 2008.

PIOVESAN, S. S.; VIEIRA, G. B. B. Gestão por processos: Um estudo em uma empresa fabricante de produtos náuticos. **Anais. XVII SIMPEP**. Bauru, SP, 2010.

RAMOS FILHO, J. A. R.; ATAMANCZUK, M. J.; MARÇAL, R. F. M. Seleção de técnicas de manutenção para processo de armazenagem pelo Método de Análise Hierárquica. **Revista Produção on line**. vol. X/ Num. 1. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – Santa Catarina, 2010.

RAUSAND, M.; OIEN, K. **The basic concepts of failure analysis. Reliability Engineering and System Safety**. Elsevier Science Limited, 1996.

RODRIGUES, R. S. **Manutenção Centrada na Confiabilidade – Estudo de Aplicação de Método**. Escola Federal de Engenharia de Itajubá, 114pp, Itajubá, MG, 2000.

ROSS, C.; ROSA, L. C. Proposta de um método de priorização. **Anais. XV SIMPEP**. Bauru – São Paulo, 2008.

ROSS, C.; MORAES, J. A. R.; ROSA, L.C. Melhoria da Qualidade nos serviços de transporte utilizando a ferramenta FMEA. **Revista Gestão Industrial**, v.04, n.01:p.148-159, Revista do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa – Paraná, 2008.

RUEDA, A.; PAWLAK, M. Pioneers of the Reliability Theories of the past 50 years. Page 102 – 109. **Proc. IEEE**, 2004. ISBN: 0-7803-8215-3.

SAE-JA1011. Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes. Society of Automotive Engineers: issued AUG, 1999.

SALEH, J. H.; MARAIS, K. Highlights from the early and pre-history of reliability engineering. **Article of the Journal Reliability Engineering and System Safety**. Elsevier, 2005.

SANTOS, A. C. O. **Análise do Indicador de Eficiência Global de equipamentos para elevação de restrições físicas em ambientes de manufatura enxuta**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Engenharia de Itajubá – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UNIFEI, Itajubá, MG, 2009.

SANTOS, G. S.; CAMPOS, F. C. Gestão do conhecimento em serviços de TI: Um estudo do uso do modelo ITIL-SKMS em monitoramento de infraestrutura de TI. **Revista Gestão Industrial**. v.05, Edição Especial – Gestão do Conhecimento, p.123-141. Revista do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa – Paraná, 2009.

SANTOS, H.A.; DEJAVIT, S.G.; ZAMBRANO, T.F.; OLIVEIRA, T.J.E. Mapeamento: passo inicial para a gestão por processos – Um estudo de caso. **Anais**. XIV SIMPEP. Bauru – São Paulo, 2007.

SEGISMUNDO, A.; MIGUEL, P. A. C. Failure mode and effects analysis (FMEA) in the context of risk management in new product development: A case study in an automotive company. **International Journal of Quality & Reliability Management**, Bingley. v.25, n. 9, p. 899-912, 2008.

SILVA, E. Z. **Um modelo de guia para a preparação da implementação da produção enxuta baseado na aprendizagem organizacional**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFRGS, Porto Alegre, RS, 2008.

SIQUEIRA, I. P. **Manutenção Centrada em Confiabilidade: manual de implementação**. 1ª edição – Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

SOUZA, J. C. **A Manutenção Produtiva Total na Indústria Extrativa Mineral: A metodologia TPM como suporte de Mudanças**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, SC, 2001.

SOUZA, S. S.; LIMA, C. R. C. Manutenção Centrada em Confiabilidade como ferramenta estratégica. **Anais**. XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Ouro Preto, MG, 2003.

STAMATIS, H. D. **Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from theory to execution**, ASQ Quality Press; 2th ed., p. 300, 2003.

TAKAHASHI, Y.; OSADA, T. **TPM/MPT: Manutenção Produtiva Total**. Instituto IMAN, São Paulo, SP, 1993.

TARRENTO, G. E.; JOAQUIM JUNIOR, C. F. Avaliação estratégica da disponibilidade com base em alguns indicadores de manutenção industrial. **Revista da Faculdade de Tecnologia de Botucatu**, ISSN 2176-4808. v.1, n.2. Tékhnē e Lógos, Botucatu, SP, 2010.

TONDATO, R.; FOGLIATTO, F. S. Manutenção Produtiva Total na Indústria de Processos Gráficos. **Anais. XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)**. Porto Alegre, RS, 2005.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Revista Educação e Pesquisa**, v. 31, n. 3, p. 443-466, set./dez. São Paulo, SP, 2005.

VILLELA, C. S. S. **Mapeamento de Processos como ferramenta de reestruturação e aprendizado organizacional**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, SC, 2000.

WUTTKE, R. A.; SELBITTO, M. A. Cálculo da disponibilidade e da posição na curva da banheira de uma válvula de processo petroquímico. **Revista Produção on line**, vol. VIII/Num. IV. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2008.

ZIO, E. Reliability engineering: Old problems and new challenges. Volume 94, pp. 125-141, **Article of the Journal Reliability Engineering and System Safety**, Elsevier, 2009.

ANEXO A – MCC-MI (Função 1 - Vista Parcial).

Manutenção Centrada em Confiabilidade - MCC																															
Sistema: GRB – Fabricação de Misturas Negras Função do Sistema: Fabricar misturas negras que atendam aos requisitos de qualidade. Grupo Funcional-GF: GF1 - Mistura de produtos (BY) Função do Grupo: Realizar o máximo de misturação dispersiva, homogeneizando totalmente os constituintes, para evitar as grandes concentrações locais.																															
STM - Seleção de Tarefas de Manutenção																															
ADC- Análise de Distúrbios e Criticidades																															
EFEITOS NO SISTEMA																															
1	Segurança e meio ambiente	6	Custo de manutenção superior à R\$4.000,00																												
2	Perda TOTAL da Produção	7	Perda de informação de controle																												
3	Perda PARCIAL da Produção	8	Perda de redundância																												
4	Impacto na Qualidade	9	Sem efeito.																												
5	Aumento anormal dos custos																														
Observação: Os períodos das tarefas estão expressos em semanas (exceto quando as tarefas forem diárias).																															
Tipos de Tarefas: 1-Limpeza / Lubrificação; 2-Monitoramento; 3-Ensaio (em operação) / 3P-Teste (fora de operação); 4-Inspeção Intrusiva; 4NI-Inspeção Não Intrusiva; 5-Ação sistemática; 6-Reprojetos ou Melhorias.																															
Subfunção	Ativo	Modo de Falha	Causas	φ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	R	P	F	F	M	C	C	C	N	C	Tarefa Proposta	Periodicidade	Tipo	Quem?	A	E	\$	PM
Bambury	Cuba	Diminuição de dimensões úteis	Desgaste	3	X	X	X							X						X				IQ- GBFMP0 1	26	4I	Engenheiro Mecânico	S	S	S	S
Bambury	Cuba	Trincas	Tempo de uso	2	X	X	X							X						X				IM- GBMP21	26	4I	Engenheiro Mecânico	S	S	S	S
Bambury	Guarnições	Vazamento de Produto	Desgaste dos anéis de aço	3		X	X	X	X					X						X	X			IQ- GBFMP0 1	26	4NI	Mecânico	S	S	S	S
Bambury	Guarnições	Diminuição de dimensões úteis	Desgaste dos anéis de bronze	3	X	X	X									X				X	X			IQ- GBFMP0 1	4	4I	Mecânico	S	S	S	S
Bambury	Guarnições	Temperatura alta	Lubrificação deficiente	2	X	X	X									X				X	X			IM- GBMP22	4	1	Mecânico	S	S	S	S
Bambury	Guarnições	Quebra	Má fixação dos garfos	2	X	X						X								X	X			IM- GBMP21	4	5	Mecânico	S	S	S	S

ANEXO B – MCC-HA (Função 2 - Vista Parcial).

Sistema:		Manutenção Centrada em Confiabilidade - MCC																																		
Função do Sistema:		GRB – Fabricação de Misturas Negras																																		
Grupo Funcional/GF:		Fabricar misturas negras que atendam aos requisitos de qualidade (peso, fluidez e mcc) para que os clientes internos e externos possam fabricar os perfis GF2 – HA																																		
Função do Grupo:		Resfriar e dar forma de Napa a carga oriunda do ML, para posterior transferência aos HF's.																																		
		ADC - Análise de Distúrbios e Criticidades																																		
		STM - Seleção de Tarifas de Manutenção																																		
		EFEITOS NO SISTEMA																																		
1	Segurança e meio ambiente	6	Custo de manutenção excessivo (>R\$4.000,00)																																	
2	Perda TOTAL da Operação / Produção	7	Perda de informação de controle																																	
3	Perda PARCIAL da Operação / Produção	8	Perda de redundância																																	
4	Afeta a qualidade do produto / serviço, gerando não conformidade de especificação.	9	Sem efeito.																																	
5	Aumento anormal dos custos de Operação / Produção.																																			
Subfunção	Ativo	Modo de Falha	Causas	φ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	R	F	P	F	M	F	C	S	C	N	C	M	C	C	Críticidade	Tarefa Proposta	Periodicidade	Tipo	Quem?	A	E	\$	PM
Tapete MixHA	Balancete do tapete	Indicação de posição incorreta	Sensor de posição quebrado/solto	3	X		X	X							X														Inspeção Elétrica	8	4NI	Eletricista	S	S	S	S
Tapete MixHA	Balancete intermediária	Indicação de posição incorreta	Sensor de posição quebrado/solto	3	X		X	X							X														Inspeção Elétrica	8	4NI	Eletricista	S	S	S	S
Tapete MixHA	Detector de rotação	Perda de função	Falha interna, desposicionado	3	X		X	X							X														Inspeção Elétrica	8	4NI	Eletricista	S	S	S	S
Tapete MixHA	Motoredutor	Curto-circuito	Baixa Resistência de Isolamento	3	X		X	X							X														Inspeção Elétrica	26	4I	Eletricista	S	S	S	S
			Desalinhamento, desgaste (rolamentos ou ponta de eixo), defeito de lubrificação, folga (pinhão ou fixação da base), quebra da engrenagem interna.																																	
Tapete MixHA	Motoredutor	Quebra / vibração anormal	Quebra / vibração anormal	3	X		X	X							X														Manutenção Preditiva (Análise de Vibração e Coleta de óleo para análise)	8	2	Mecânico	S	S	S	S

Observação: Os períodos das tarefas estão expressos em semanas (exceto quando as tarefas forem diárias).

Tipos de Tarefas: 1-Limpeza / Lubrificação; 2-Inspeção/Monitoramento; 3-Teste/Ensaio (em operação) / 3P-Teste/Ensaio (fora de operação); 4I-Visita (Inspeção Intrusiva); 4NI-Visita (Inspeção Não Intrusiva); 5-Substituição sistemática; 6- Reprojeto ou Melhorias.

ANEXO D – MCC-BM (Função 4 - Vista Parcial).

Manutenção Centrada em Confiabilidade - MCC																												
Sistema: GRB – Fabricação de Misturas Negras Função do Sistema: Fabricar misturas negras que atendam aos requisitos de qualidade (peso, fluidez e mcc) para que os clientes internos e externos Grupo Funcional-GF: GF4 – BM (Pesagem e transporte de mistura) Função do Grupo: Transportar e pesar o produto em forma de charuto até a calandria																												
STIM - Seleção de Tarefas de Manutenção																												
ADC- Análise de Disfunções e Criticidades																												
EFEITOS NO SISTEMA																												
1	Segurança e meio ambiente	6	Custo de manutenção superior à R\$4.000,00																									
2	Perda TOTAL da Produção	7	Perda de informação de controle																									
3	Perda PARCIAL da Produção	8	Perda de redundância																									
4	Impacto na Qualidade	9	Sem efeito.																									
5	Aumento anormal dos custos																											
Observação: Os períodos das tarefas estão expressos em semanas (exceto quando as tarefas forem diárias).																												
Tipos de Tarefas: 1-Limpeza / Lubrificação; 2-Monitoramento; 3-Ensaio (em operação) / 3P-Teste (fora de operação); 4-Inspeção Intrusiva; 4NI- Inspeção Não Intrusiva; 5-Ação sistemática; 6-Reprojeto ou Melhorias.																												
Subfunção	Ativo	Modo de Falha	Causas	φ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	R	P	F	M	C	S	N	C	PM	Quem?	Tipo	Periodicidade	Tarefa Proposta	Período	Código Serviço
Carro translador	Motoredutor	Curto Circuito	Degradação dos Isolamentos Internos	3	X	X	X	X					X					X	X				Eletricista	4I	28	Inspeção Elétrica	IE-GBEP011	
Carro translador	Motoredutor	Carro não freia	Sapatas de Freio gastas	3	X	X							X					X	X				Mecânico	5	28	Substituição das Sapatas de Freio	IM-GBMP021	
Carro translador	Motoredutor	Perda da Função	Desalinhamento, folga do pinhão, desgaste dos rolamentos, folga nos parafusos de fixação.	2	X									X					X				Mecânico	4I	12	Manutenção Preventiva	IM-GBMP020	
Carro translador	Motoredutor	Ruído / vibração anormal	Desgaste da corrente.	2	X								X					X	X				Mecânico	2	13	Verificar alinhamento, tensionamento e estado das correntes	IM-GBMP020	
Carro translador	Rodas de Tração	Cizalhamento da Ponta de Eixo	Desnivelamento	3	X	X								X				X	X				Mecânico	4I	12	Manutenção Preventiva	IM-GBMP020	

ANEXO E – MCC-Basculher (Função 5 – Visão Parcial).

Manutenção Centrada em Confiabilidade - MCC																																
Sistema: GRB – Fabricação de Misturas Negras																																
Função do Sistema: Fabricar misturas negras que atendam aos requisitos de qualidade																																
Grupo Funcional-GF: GF5 – Basculher																																
Função do Grupo: Transportar e posicionar o charuto sobre a Calandra																																
ADC - Análise de Disfunções e Críticidades																																
STM - Seleção de Tarefas de Manutenção																																
EFEITOS NO SISTEMA																																
1	Segurança e meio ambiente	6	Custo de manutenção superior a R\$4.000,00																													
2	Perda TOTAL da Produção	7	Perda de informação de controle																													
3	Perda PARCIAL da Produção	8	Perda de redundância																													
4	Impacto na Qualidade	9	Sem efeito.																													
5	Aumento anormal dos custos de Produção.																															
Subfunção	Ativo	Modo de Falha	Causas	φ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	R	P	F	F	MF	CS	CP	CM	NC	Código Serviço	Tarefa Proposta	Periodicidade	Tipo	Quem?	A	E	S	PM	
Plataforma Elevatória	Quadro pneumático	Falha nas eletroválvulas	Mau contato nas conexões elétricas	3				X	X							X							IP-GBEF561	Inspeção Termográfica	26	2	Elétricista	S	S	S	S	
Plataforma Elevatória	Quadro pneumático	Falha no Sistema de Lubrificação	Filtro obstruído; vazamentos; válvulas reguladoras de pressão e de fluxo de óleo danificadas.	2				X	X							X							I4S-GBMF540	Inspeção Sensorial	13	4I	Mecânico	S	S	S	S	
Plataforma Elevatória	Cilindro Pneumático de elevação	Lento / Parado	Vazamento de Ar Comprimido pela haste / Integridade das câmaras internas	2				X	X							X							IM-GBMP560	Substituição dos Cilindros	26	5	Mecânico	S	S	S	S	
Plataforma Elevatória	Sensores	Perda de função	Detectores desposicionados, danificados.	1													X						I4S-GBMF540	Inspeção Sensorial	13	4NI	Elétricista	S	S	S	S	
Transporte do Charuto	Tapete	Parada total	Cisalhamento da Ponta do Eixo Mottiz	3				X	X	X													IM-GBMP550	Ensaio com líquido Penetrante ao longo da Ponta do Eixo	13	3	Mecânico	S	S	S	S	
Transporte do Charuto	Tapete	Travamento do tapete	Rolamentos danificados	3				X	X								X						IM-GBMF540	Inspeção Sensorial	13	4NI	Mecânico	S	S	S	S	
Transporte do Charuto	Tapete	Parada total	Travamento do Roletes	2				X	X								X						IM-GBMF540	Inspeção Sensorial	13	4NI	Mecânico	S	S	S	S	

Observação: Os períodos das tarefas estão expressos em semanas (exceto quando as tarefas forem diárias).

Tipos de Tarefas: 1-Limpeza / Lubrificação; 2-Monitoramento; 3-Ensaio (em operação) / 3P-Teste (fora de operação); 4-Inspeção Intrusiva; 4NI- Inspeção Não Intrusiva; 5-Ação sistemática; 6-Reprojetos ou Melhorias.

ANEXO H – MCC-WW (Função 8 - Vista Parcial).

Sistema:		Manutenção Centrada em Confiabilidade - MCC																											
Função do Sistema:		Fabricar misturas negras que atendam aos requisitos de qualidade dos clientes internos e externos.																											
Grupo Funcional-GF:		GF8 – WW																											
Função do Grupo:		Transportar, cortar e empilhar																											
		ADC- Análise de Disfunções e Criticidades																											
		EFEITOS NO SISTEMA																											
		STM - Seleção de Tarefas de Manutenção																											
1	Segurança e meio ambiente	6	Custo de manutenção superior à R\$4.000,00																										
2	Perda TOTAL da Produção	7	Perda de informação de controle																										
3	Perda PARCIAL da Produção	8	Perda de redundância																										
4	Impacto na Qualidade	9	Sem efeito.																										
5	Aumento anormal dos custos de Produção.																												
Observação: Os períodos das tarefas estão expressos em semanas (exceto quando as tarefas forem diárias).																													
Tipos de Tarefas: 1-Limpeza / Lubrificação; 2-Monitoramento; 3-Ensaio (em operação) / 3P-Teste (fora de operação); 4-Inspeção Intrusiva; 4NI-Inspeção Não Intrusiva; 5-Ação sistemática; 6-Reprojetos ou Melhorias.																													
Subfunção	Ativo	Modo de Falha	Causas	φ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	R	P	F	MF	Cs	C	CM	N	C	Períodicidade	Tipo	Quem?	A	E	S	PM
Cabeça de Empilhagem	Rótula	Cisalramento	Desgaste	3		X		X								X		X					13	3P	Mecânico	S	S	S	S
Cabeça de Empilhagem	Corrente de tração	Quebra do eixo	Desgaste	3		X		X						X				X					16	4NI	Mecânico	S	S	S	S
Cabeça de Empilhagem	Redutor	Travamento	Ausência de Lubrificantes	2		X		X								X		X					13	4I	Mecânico	S	S	S	S
Cabeça de Empilhagem	Cilindro pneumático	Perda de função	Empeno da haste	2		X		X								X							13	6	Mecânico	S	S	S	S
Cabeça de Empilhagem	Pinhão de tração	Quebra	Desgaste	3		X		X							X			X					26	4I	Mecânico	S	S	S	S
Cabeça de Empilhagem	Mancal	Travamento	Lubrificação deficiente	3		X		X						X				X					26	4I	Mecânico	S	S	S	S
Cabeça de Empilhagem	Sensores	Perda de função	Falha interna, mau contato, desfocado	1		X		X									X		X				8	4I	Eletricista	S	S	S	S
Cabeça de Empilhagem	Motor	Curto-circuito	Estanqueidade da caixa de ligação	2		X		X						X				X					26	4I	Eletricista	S	S	S	S
Cabeça de Empilhagem	Tapete	Rasgado	Desalinhamento	1		X		X								X		X					4	4NI	Mecânico	S	S	S	S

ANEXO I – MCC - Saída de Palet (Função 9 – Vista Parcial).

Manutenção Centrada em Confiabilidade - MCC																												
Sistema: GRB – Fabricação de Misturas Negras Função do Sistema: Fabricar misturas negras que atendam aos requisitos de qualidade dos clientes internos e externos. Grupo Funcional-GF: GF9 – Saída de Palet Função do Grupo: Transportar a Mistura acondicionada																												
ADC- Análise de Distúncões e Críticidades																												
EFEITOS NO SISTEMA																												
1	Segurança e meio ambiente	6	Custo de manutenção superior à R\$4.000,00																									
2	Perda TOTAL da Produção	7	Perda de informação de controle																									
3	Perda PARCIAL da Produção	8	Perda de redundância																									
4	Impacto na Qualidade	9	Sem efeito																									
5	Aumento anormal dos custos de Produção.																											
Observação: Os períodos das tarefas estão expressos em semanas (exceto quando as tarefas forem diárias). Tipos de Tarefas: 1-Limpeza / Lubrificação; 2-Monitoramento; 3-Ensaio (em operação) / 3P-Teste (fora de operação); 4-Inspeção Intrusiva; 4NI- Inspeção Não Intrusiva; 5-Ação sistemática; 6-Reprojetos ou Melhorias.																												
Subfunção	Ativo	Modo de Falha	Causas	Consequências									Tipo	Quem?	A	E	\$	PM										
				φ	1	2	3	4	5	6	7	8							9	R	P	F	F	M	CS	CP	CM	NC
Transferência de paletes	Corrente de transferência	Quebra	Fadiga dos Eios	3	X																		5	Mecânico	S	S	S	S
Transferência de paletes	Corrente de transferência	Desalinhamento	Desgaste das Guias de Teflon	3						X													4I	Mecânico	S	S	S	S
Transferência de paletes	Corrente de transferência	Desalinhamento	Folga da Corrente	3	X	X				X													4I	Mecânico	S	S	S	S
Transferência de paletes	Sensores de Presença	Perda de função	Desposicionados, Falha Interna	1	X	X				X													6	Engenharia de Manutenção	S	S	S	S
Transferência de paletes	Eixos de Tração	Travamento	Falha dos Rolamentos	3	X	X																	4I	Mecânico	S	S	S	S
Transferência de paletes	Moto-reductor	Perda da Função	Baixa Resistência de Isolamento	3	X	X				X													2	Mecânico	S	S	S	S
Transferência de paletes	Moto-reductor	Travamento	Desgaste Interno	2	X	X				X													2	Mecânico	S	S	S	S

ANEXO J – Descritivo de Tarefa de Manutenção Revisada após MCC.

Tarefa de Manutenção Programada dos Tapetes e Cortadeira nº IEM-GBEMP818

Etapas Descrição do trabalho Tempo de Intervenção Total: **180 minutos**

1. Solicitar ao Supervisor da Linha de Produção *B* com antecedência de 60 minutos, a autorização para a realização dos trabalhos de Manutenção Preventiva no Equipamento.

1.1 Comunicar ao Operador do Equipamento, a necessidade de execução dos trabalhos, bem como o início dos procedimentos de Bloqueio e Drenagem das fontes de energia, bem como a identificação dos mesmos, a fim de evitar acidentes ou acionamentos indevidos.

2. Segurança e Meio Ambiente.

- Todos os materiais que forem utilizados nesta atividade deverão ser descartados em local apropriado ou redirecionados para os pontos de coleta seletiva, para que não haja impactos ao meio ambiente.
- EPI's necessários: Óculos de Segurança, Botina de segurança, Capacete com Jugular, Luva Isolante Classe 00 (Isolação 500V – CA 14969), Vestimenta de Segurança Anti Chama para as classes I e II e protetor Auricular.
- Competência do Executante da Tarefa: Eletromecânico.

3. Procedimentos para o Bloqueio, Drenagem e Sinalização das Fontes de Energia.

3.1 Certificar-se que o Ativo a entrar em Processo de Manutenção, foi desligado pela equipe de Operação, conforme as boas práticas do setor.

3.2 Efetuar o desligamento, bloqueio e sinalização do circuito de comando, potência (Alimentação Elétrica) e emergência do equipamento sob Intervenção.

3.3 Efetuar medições de presença de Tensão (entre fases e de fase para a terra) com o auxílio de um multímetro Categoria III na escala de Tensão nos circuitos a jusante (após/depois) das chaves desligadas, a fim de se garantir a não existência de Alimentação elétrica no equipamento, alvo de Manutenção Programada.

3.4 Efetuar o bloqueio e drenagem de todas as outras fontes de energia existentes, tais como Pneumática, Mecânica, Hidráulica, etc.

3.5 Efetuar o procedimento de Bloqueio e Identificação nas chaves desligadas e em todas as fontes de energia armazenadas que foram bloqueadas, a fim de garantir uma intervenção intrusiva segura nos equipamentos.

4. Serviços a serem executados no Tapete de Entrada e Saída da Cortadeira (Função 8.1):

Nota: Qualquer anomalia encontrada deve ser relatada na OT e imediatamente comunicada ao Líder da Equipe de Manutenção, a fim de avaliar se o reparo será imediato ou planejado.

- Inspeção do Motoredutor de Tração dos Tapetes e Cortadeira – **30 minutos:**
 - Chave Seccionadora do Motor - Inspeccionar quanto a mau contato em conexões elétricas, danos físicos, ressecamento, danos ao isolamento dos cabos elétricos e Efetuar testes de continuidade dos contatos elétricos na posição aberta e fechada, anotando os resultados na OT;
 - Motor Elétrico (Cortadeira e Sistema Hidráulico) - Executar Medições de Resistência Ôhmica (Bobinas), Resistência de Isolamento (entre bobinas e para a Massa), devendo os valores ser anotados na OT, bem como Inspeccionar Motor, quanto à estanqueidade e fixação da caixa de ligação, fixação e aperto dos bornes de ligação, integridade dos conduites e prensa cabos, ressecamento e isolação dos cabos de alimentação;
 - Redutor - Inspeccionar Nível de óleo, fixação da base de sustentação do Redutor e Motor, existência de danos físicos, vazamentos e folgas;
 - Sistema Hidráulico – Inspeccionar quanto à integridade das válvulas direcionais, fixação das bobinas solenóides, estanqueidade e limpeza do painel hidráulico, existência de desenho eletro-hidráulico, filtros de óleo dentro do período de operação e indícios de vazamentos;
 - Sistema de Transmissão (Pinhões) – Inspeccionar quanto à fixação através de chavetas (folgas), travamentos, danos físicos nos pinhões ou corrente de tração, lubrificação da corrente, folga da corrente, fixação e alinhamento do pinhão de tensionamento, posicionamento do sistema de proteção da corrente;
 - Efetuar Limpeza Externa do Equipamento com o uso de panos secos e isento de contaminantes.

- Inspeção nos Rolos: de Tração, Tensores, de Apoio e de Cabeça – **25 minutos:**
 - Inspeccionar rolos quanto à fixação, travamento, danos físicos, acúmulo de resíduos de mistura, estado dos acoplamentos mecânicos, alinhamento, folgas e desgastes;
 - Inspeccionar Mancais e Rolamentos quanto a danos físicos, fixação, folgas (axiais e radiais), lubrificação e pinos graxeiros se aplicável;
- Inspeção nos Eixos: de Articulação, Indicador de Napa, Guia e Articulado – **25 minutos:**
 - Inspeccionar os eixos quanto à fixação, travamento, danos físicos, acúmulo de resíduos de mistura, estado dos acoplamentos mecânicos, sistema de tracionamento, alinhamento, nivelamento, folgas e desgastes (pontas ou corpo);
 - Inspeccionar Mancais e Rolamentos quanto a danos físicos, fixação, folgas (axiais e radiais), lubrificação e pinos graxeiros se aplicável;
- Inspeccionar os Tapetes: Entrada, Saída e Prensor – **25 minutos:**
 - Inspeccionar os Tapetes quanto ao alinhamento, travamento, danos físicos, desgaste, emendas danificadas, sistema de tracionamento, contaminantes metálicos e indícios de rebarbas laterais.
- Inspeccionar a Pinça – **20 minutos:**
 - Inspeccionar os Cilindros pneumáticos de Acionamento da Pinça quanto à fixação da base, acoplamento mecânico, vazamentos, trincas, agarramentos, empeno da haste, folgas, danos físicos e vazamentos;
 - Inspeccionar a Corrente de Transmissão quanto a folgas, alinhamento, fadigas, lubrificação, danos aparentes e elos quebrados;
 - Inspeccionar Mancais e Rolamentos do sistema de tração da Pinça quanto a folgas, travamentos, lubrificação, danos aparentes e fixação;
 - Inspeccionar as guias de descida da pinça quanto à lubrificação, empenos, folgas, obstruções e fixação;
 - Inspeccionar as Garras da Pinça quanto à movimentação linear, fio de corte, agarramento e ponto de captura da napa sob as barras do cabide e capacidade de retenção da napa.
- Inspeccionar Rolo abacaxi quanto à fixação, folgas, agarramento, sistema de tração, danos físicos, nivelamento e espaçamento do tapete de entrada da cortadeira – **5 minutos.**

- - Inspeccionar Cortadeira – **15 minutos:**
 - Inspeccionar o sistema de transmissão de movimento quanto à fixação, danos aparentes, travamentos e folgas nas coroas, corrente, rolamentos e pinhão;
 - Inspeccionar as lâminas rotativas quanto à danos físicos e ao desgaste uniforme do fio de corte;
- Inspeccionar Sensores (Pinça, Rolo Abacaxi, Distribuidor e Mesa de Empilhagem) – **20 minutos:**
 - Inspeccionar Sensores quanto ao sistema de fixação dos sensores, cames de acionamento e espelhos, danos físicos, resposta dos simulados de detecção.
Qualquer anomalia encontrada deve ser imediatamente tratada, a fim de evitar impactos aos processos fabris e posteriormente relatar os eventos na OT.

5. Entrega do Equipamento – **15 minutos:**

- 5.1 Certificar-se que todos os envolvidos já terminaram as suas tarefas;
- 5.2 Certificar-se que o Ativo a ser liberado para funcionamento, está limpo e sem restrições para operar normalmente;
- 5.3 Efetuar o procedimento de retirada dos Bloqueadores e Sinalizadores das fontes de energia desligadas ou manobradas;
- 5.4 Efetuar o procedimento de Religar as fontes de energia que foram desbloqueadas;
- 5.5 Solicitar a Equipe Operacional que religue os Ativos alvos da Intervenção Intrusiva;
- 5.6 Efetue testes de funcionamento a após o aceite da operação, liberar o Ativo para funcionamento normal.

6. Comunicar ao Supervisor do Grupo de Produção B que se finalizaram os trabalhos de Manutenção Preventiva no Ativo, bem como a liberação do mesmo para a Operação Normal.

Nota: Este procedimento é uma ferramenta que visa à redução dos trabalhos não programados e por isso deve ser encarado como uma oportunidade.

A Manutenção é Feita por Pessoas! Aprender é uma Dádiva! Ensinar é um Dever!

ANEXO K – Descritivo de Tarefa de Manutenção realizada antes da MCC.**Inspeção de Perenidade do Tapete da Cortadeira de Placas: IP-GBMN101**

Tempo de Intervenção Previsto: **120 minutos**; “Elaborado em 25/11/2002”

Frequência: 13 semanas – Máquina: Funcionando - Competência: Mecânico

Item Descrição**Tapete de Entrada e Saída**

1. Verificar Estado do Motoredutor
2. Verificar Estado do Rolo de Tração
3. Verificar Funcionamento do Rolo Tensor
4. Verificar Funcionamento do Rolo de Cabeça
5. Verificar Estado do Eixo de Articulação
6. Verificar Estado do Eixo Indicador de Napa
7. Verificar Estado do Eixo Guia
8. Verificar Estado do Rolo De Apoio
9. Verificar Estado dos Tapetes de Entrada da Cortadeira (Alinhamento / Tensionamento).
10. Verificar estado geral dos Tapetes na Saída da Cortadeira (Alinhamento / Emenda).
11. Verificar Estado da Emenda da Esteira.
12. Verificar Estado da Esteira Prensor.
13. Verificar Alinhamento da Esteira Prensor.
14. Verificar Estado da Emenda da Esteira Prensor.
15. Verificar Estado dos Rolos de Cabeça.
16. Verificar Estado do Mancal Alinhador do Tapete.
17. Verificar Estado do Rasgo de Guia do Eixo.
18. Verificar Flexão do Eixo Articulado.

Pinça e Cortadeira

1. Verificar Sistema de Transmissão (Coroa, Corrente, Pinhão).
2. Verificar Funcionamento/Regulagem e Desgaste da Lâmina Rotativa de Corte de Mistura
3. Verificar Regularidade nos Cortes das Placas.
4. Verificar Funcionamento e Fixação da Base do Motoredutor.
5. Verificar Estado dos Cames e Funcionamento dos Sensores de Rotação e Posição.
6. Verificar Estado Geral e Funcionamento da Pinça.
7. Verificar Posicionamento da Pinça em Relação à Barra.
8. Verificar Conjunto: Prender/Elevar e Soltar a Goma.
9. Verificar Funcionamento da Lamina Rotativa.

ANEXO L – Método de Pesquisa tipo Pesquisa-Ação.

Villela (2000) descreve que a Pesquisa-Ação por ser uma proposta de pesquisa qualitativa com características de diagnóstico e de consultoria, ocorrendo simultaneamente, a produção e o uso de conhecimento, na qual os atores implicados interagem junto aos pesquisadores na identificação e solução de problemas reais em situações complexas ou de crise.

Tripp (2005) relata que há incerteza sobre quem inventou o termo metodológico pesquisa-ação, pois há aqueles que atribuem à criação deste processo aos (a):

- Antigos empiristas gregos que usavam um ciclo de pesquisa ação;
- Buckingham em 1926 em seu livro intitulado *Research for teachers*;
- John Dewey em 1933, sobre o conceito de reflexão em seu livro intitulado *How we think*;
- Lewin em 1946, por ele ter sido o primeiro a publicar um trabalho empregando este termo;
- John Collier que visava melhorar as relações inter-raciais, em nível comunitário, quando era comissário para Assuntos Indianos, antes e durante a Segunda Guerra Mundial.

Tripp (2005) ainda afirma ser pouco provável descobrirmos realmente, quando ou onde teve origem esse método, simplesmente porque as pessoas sempre investigaram a própria prática com a finalidade de melhorá-la.

Santos e Campos (2009), descrevem que a pesquisa-ação é um trabalho de natureza empírica, concebido e realizado em estreita associação com o planejamento e a solução de um problema coletivo, no qual os pesquisadores e participantes da situação estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo, objetivando endereçar este problema de pesquisa em uma organização.

Neste sentido, Cauchick Miguel *et al.*, (2010) esclarecem que a pesquisa-ação pode ser considerada uma variação do estudo de caso, se distinguindo no que tange a postura do pesquisador que no estudo de caso se comporta apenas como um observador que não interfere no objeto de estudo e na pesquisa-ação, o mesmo utiliza a observação participante, interferindo no objeto de forma cooperativa com os outros participantes da ação, objetivando a resolver um problema e a contribuir efetivamente para a base do conhecimento.

De modo mais abrangente, Tripp (2005) caracteriza cinco diferentes modalidades de pesquisa-ação ao se pensar sobre a natureza de um projeto, sendo estas:

- Pesquisa-ação técnica – Constitui uma abordagem pontual e mecanizada de melhoria, na qual o pesquisador absorve uma prática existente em outro lugar e a insere fielmente em sua área de trabalho;
- Pesquisa-ação prática – Diferencia-se da técnica, pelo fato do pesquisador escolher ou projetar as mudanças a serem realizadas, a fim de obter os resultados preconizados;
- Pesquisa-ação política – Refere-se à mudança da cultura institucional e/ou de suas limitações, a partir do trabalho com ou contra outros para mudar o sistema existente, sendo isso possível pelo exercício do poder e, assim, tal ação torna-se política.
- Pesquisa-ação socialmente crítica – Modalidade particular de pesquisa-ação política e as duas se sobrepõe quando há esforços para mudar ou contornar as limitações daquilo que você pode fazer, sendo comumente resultado de uma mudança em seu modo de pensar a respeito do valor último e da política das limitações, ou seja, você não está procurando fazer melhor algo que você faz, mas sim como tornar o seu pedaço do mundo um lugar melhor em termos de justiça social.
- Pesquisa-ação emancipatória – Variação da pesquisa-ação política, que tem como meta explícita mudar o status quo, não só para si e para seus amigos mais próximos, mas de mudá-lo numa escala mais ampla, do grupo social como um todo.

De modo assertivo, Cauchick Miguel (2007) descreve a seguir, as dez características principais desta abordagem:

- Pesquisador toma ação não sendo apenas um observador;
- Possui dois objetivos que são a de solucionar um problema e contribuir para a ciência;
- Promove a cooperação e interatividade entre os envolvidos;
- Desenvolve um entendimento holístico;
- Fundamentalmente relacionada à mudança;
- Requer um entendimento da estrutura de valores e normas;
- Permite a inclusão de todos os tipos de métodos e técnicas quantitativas ou qualitativas de coleta de dados;
- Requer um vasto pré-entendimento do ambiente organizacional, das condições, estrutura e dinâmica das operações;
- É conduzida em tempo real, sendo um estudo de caso “vivo”;
- Necessita de critérios próprios de qualidade para sua avaliação.

Cauchick Miguel (2009) esclarece que geralmente, os pesquisadores que trabalham nessa abordagem não lidam com hipóteses, mas com temas de pesquisa e desafios de cunho organizacional e afirma que esta abordagem compreende três fases principais, representadas através da Figura 18, sendo a primeira fase de cunho preliminar, na qual é caracterizada principalmente por reuniões de planejamento e a definição dos objetivos, a segunda fase como o ciclo de condução através de seis passos baseados na coleta e registro de dados, retorno dos dados à organização, análise dos dados, planejamento das ações definidas e o prazo, execução das ações estabelecidas e a avaliação sobre os resultados oriundos das ações executadas e por último a terceira fase que compreende o monitoramento sobre os seis passos, objetivando assim um desenvolvimento do conhecimento sobre a condução da pesquisa ação.

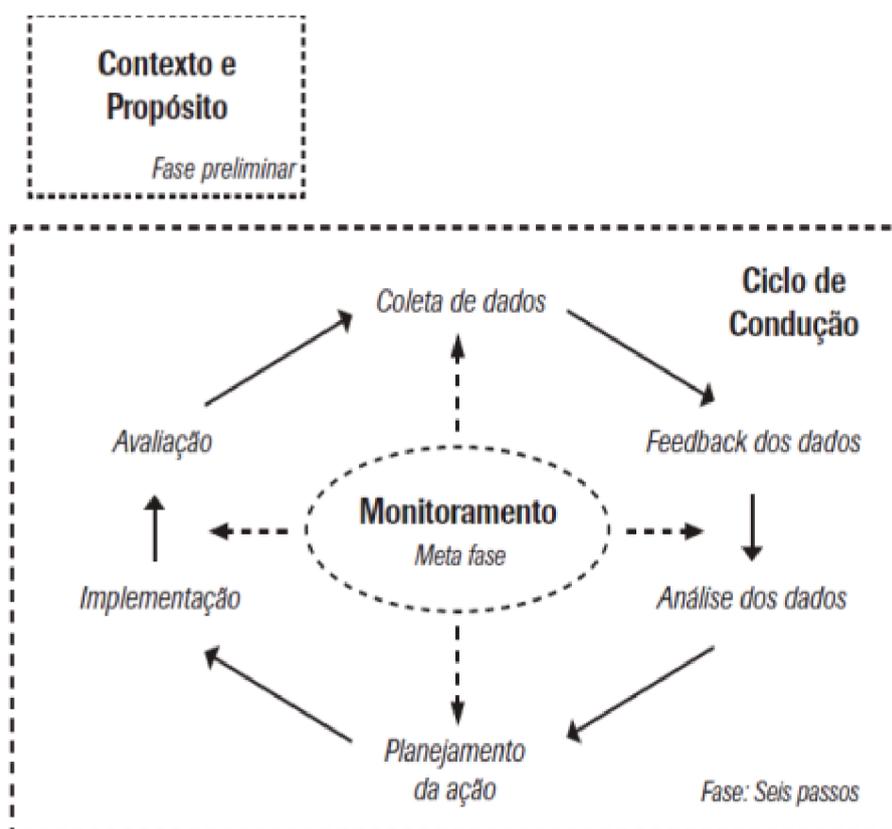


Figura 18 – Ciclo da Pesquisa-ação.
Fonte: Cauchick Miguel (2009).

Cauchick Miguel *et al.*, (2010) esboçam através do Quadro 10, o ciclo da pesquisa-ação em fases, etapas e atividades estruturais necessárias para a sua condução.

Quadro 10 – Detalhamento da estrutura proposta para Pesquisa-ação.
 Fonte: Adaptado de Cauchick Miguel *et al.*,(2010).

Fases	Etapas	Atividades
Planejar Pesquisa-ação	Definir Contexto e Propósito	Diagnosticar a situação
		Definir tema e interessados
		Delimitar o problema
		Definir critérios de avaliação
	Definir Estrutura Conceitual	Pesquisar base acadêmica
		Delinear idéias e propostas
		Definir objetivos
	Selecionar Processo e Técnica de Coleta de Dados	Definir Processo a ser analisado
		Definir técnica de coleta de dados
Elaborar protocolo de Pesquisa		
Analisar	Coletar de Dados	Registrar dados
		Disponibilizar os dados para a análise
	Analisar os Dados e Planejar Ações	Tabular os dados
		Analisar os dados tabulados
		Elaborar plano de ação
Fazer	Implementar as Ações	Executar as ações definidas
	Avaliar Resultados e Gerar Relatórios	Avaliar resultados
		Promover a abrangência para as ações
		Redigir relatórios

Tripp (2005) ressalta ser de vital importância o fato de não encarar a pesquisa-ação como uma estratégia totalmente nova para fazer algo inteiramente diferente, mas como mais um recurso para turbinar, acelerar nosso modo habitual de aprender com a experiência, de modo a fazê-lo melhor.

Neste sentido, Cheng e Melo Filho (2007) descrevem que a pesquisa-ação objetiva a contribuir para as necessidades práticas das pessoas que estão inseridas em situação-problema e para o desenvolvimento do conhecimento das ciências sociais dentro de uma sociedade ética de trabalho mutuamente aceitável.