

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

MODELO PARA PLANEJAMENTO DE MANUTENÇÃO BASEADO EM
INDICADORES DE CRITICIDADE DE PROCESSO

ELTON FABRO

Orientador: Prof. Osmar Possamai, Dr.

Florianópolis

2003

ELTON FABRO

**MODELO PARA PLANEJAMENTO DE MANUTENÇÃO BASEADO EM
INDICADORES DE CRITICIDADE DE PROCESSO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Osmar Possamai, Dr.

Florianópolis

2003

ELTON FABRO

**MODELO PARA PLANEJAMENTO DE MANUTENÇÃO BASEADO EM
INDICADORES DE CRITICIDADE DE PROCESSO**

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de Mestre em Engenharia, Especialidade Engenharia de Produção, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação.

Prof. Edson Pacheco Paladini, Dr.

Coordenador do Programa

Banca Examinadora:

Prof. Osmar Possamai, Dr.

Orientador, UFSC

Prof. Alvaro Guillermo Rojas Lezana, Dr.

UFSC

Prof. Luiz Veriano Oliveira Dalla Valentina, Dr.

UDESC

Florianópolis, 30 de Abril de 2003.

Dedico este trabalho aos
meus pais, Joaquim e
Edith

AGRADECIMENTOS

Desejo expressar meu reconhecimento a todos que de uma forma ou outra contribuíram para a elaboração deste trabalho:

À UFSC, pela oportunidade proporcionada através deste curso realizado em Caxias do Sul;

Ao professor Osmar Possamai, pela amizade e orientação precisa e segura;

Aos colegas do curso, pela troca de idéias e conversas valorosas, em especial para Edézio, Reinaldo, Taciana e Carin;

Ao colega e amigo Ivandro Cecconello pelo companheirismo e câmbio de experiências;

Aos colegas da empresa onde trabalho que contribuíram com suas experiências e informações, em especial a Celson Casagrande, Fernando Buzin, Leonardo Silveira, Daniel Rodrigues e Luciano Minussi;

Ao Eng. Enon Nunes, superintendente de manutenção de Itaipu, pela rápida, porém preciosa conversa e sugestões;

Ao professor Ademar Galelli, por seu companheirismo e sugestões sempre valorosas;

Aos meus pais, pelo constante apoio;

A Deus, pela proteção e presença constante.

RESUMO

FABRO, Elton. Modelo para Planejamento de Manutenção Baseado em Indicadores de Criticidade de Processo. 2003. 99f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

O objetivo geral deste trabalho é o desenvolvimento de um modelo para planejamento de manutenção baseado em indicadores de criticidade de processo.

Duas são as razões principais para desenvolver um modelo para planejamento de manutenção vinculado ao processo crítico da manufatura. A primeira deve-se à necessidade de orientação e adequação dos esforços de manutenção ao processo crítico, visando melhorar o nível de confiabilidade e manutenibilidade dos equipamentos mais importantes. A segunda deve-se à dificuldade que existe de identificar o processo crítico de forma precisa assim como a ausência de indicadores para avaliá-lo. Este modelo foi elaborado de forma a atuar nestas causas, contribuindo para tornar o processo crítico disponível à manufatura para que esta realize suas atividades conforme planejado, proporcionando vantagem competitiva para a organização.

Visando atender ao objetivo geral, foram contemplados os seguintes itens: pesquisa dos elementos pertencentes ao planejamento de manutenção e sua aplicação em diferentes tipos de processos produtivos; descrição de uma visão geral sobre processos críticos, fatores críticos de sucesso para manufatura e sistemática de manutenção; elaboração de um modelo para planejamento de manutenção; e aplicação deste no processo identificado como crítico em uma empresa.

Com base nestes estudos e realizações é apresentado um modelo composto de 5 Fases.

Palavras Chave: Planejamento de Manutenção, Processos Críticos, Disponibilidade.

ABSTRACT

FABRO, Elton. Model for Maintenance Planning Based on Critical Process Indicators. 2003. 99p. Thesis (Master of Science in Industrial Engineering). Graduate Program in Industrial Engineering, UFSC, Florianópolis.

The main purpose of this work is the development of a model for maintenance planning based on indicators on how critical a process is.

There are two main reasons for developing a model for maintenance planning linked to the critical manufacturing process. The first reason is the need to direct maintenance attention to the critical process, with the intention of improving reliability and maintainability of the most important equipment. The second reason is the difficulty of identifying precisely which is the critical process as well as the non existence of indicators to evaluate it. The proposed model has been designed to solve these problems, making the critical process available in such a way that the manufacturing area can carry out its activities as planned, resulting in competitive advantage for the organization.

In order to meet the main goal of this work the following issues have been considered: research of the elements of maintenance planning and their application in different types of manufacturing processes; overview of critical processes, critical factors of success for manufacturing and maintenance system; design of a model for maintenance planning; and application of this model in the process identified as critical in an organization.

Based on these studies a 5-phase model has been developed.

Key-words: Maintenance Planning, Critical Process, Availability.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	11
LISTA DE REDUÇÕES	12
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO.....	13
1.1 – Objetivos do Trabalho.....	14
1.2 – Justificativa.....	15
1.3 – Estrutura do Trabalho.....	15
CAPÍTULO 2 – O PLANEJAMENTO DE MANUTENÇÃO.....	17
2.1 – A Importância da Manutenção Industrial na Competitividade das Empresas.....	17
2.2 – Objetivos de Manutenção Orientados pelo Planejamento Estratégico.....	18
2.3 – Qualidade das Atividades Realizadas pela Manutenção.....	19
2.4 – Diferença no Planejamento de Manutenção Referentes ao Tipo de Produção.....	21
2.4.1 – Processos Contínuos.....	22
2.4.2 – Processos Repetitivos em Massa.....	23
2.4.3 – Processos Repetitivos em Lotes.....	24
2.4.4 – Processos por Projetos.....	25
2.5 – Elementos Influenciadores da Excelência na Manutenção.....	26
2.5.1 – Fatores Vinculados ao Processo de Manutenção.....	26
2.5.1.1 – Documentação Técnica.....	26
2.5.1.2 – Engenharia de Manutenção.....	27
2.5.1.3 – Informatização da Manutenção.....	28
2.5.1.4 – Planejamento de Manutenção.....	29
2.5.1.5 – Treinamento	29
2.5.2 – Fatores Vinculados à Confiabilidade.....	30
2.5.2.1 – Confiabilidade no Projeto.....	30
2.5.2.2 – Confiabilidade no Processo.....	30
2.5.3 – Fatores Vinculados à Manutenibilidade.....	31
2.5.4 – Fatores Vinculados à Disponibilidade.....	32
2.5.5 – Fatores Vinculados ao Gerenciamento de Recursos Humanos.....	33
2.6 – A Importância do Planejamento de Manutenção.....	35
CAPÍTULO 3 – A CRITICIDADE DE PROCESSOS VERSUS MANUTENÇÃO.....	36
3.1 – Processos Críticos	36
3.2 – Fatores Críticos de Sucesso para Manufatura.....	39

3.2.1 – Planejamento Estratégico.....	39
3.2.2 – Objetivos Estratégicos de Manufatura.....	40
3.2.2.1 – Fatores Críticos de Sucesso.....	41
3.2.2.2 – Critérios e Indicadores.....	43
3.3 – Sistemática de Manutenção.....	44
3.3.1 – Cultura de Manutenção.....	45
3.3.1.1 – Política de Manutenção	45
3.3.1.2 – Objetivos da Manutenção.....	46
3.3.2 – Engenharia de Manutenção.....	46
3.3.2.1 – Documentação Técnica	46
3.3.2.2 – Recursos Humanos – Requisitos de Qualificação de Pessoal.....	47
3.3.2.3 – Gerenciamento de Sobressalentes.....	47
3.3.2.4 – Estudos, Automações e Melhorias.....	48
3.3.3 – Planejamento de Manutenção.....	48
3.3.3.1 – Objetivos do Planejamento de Manutenção.....	48
3.3.3.2 – Vantagens do Planejamento de Manutenção.....	49
3.3.3.3 – Frequência do Plano.....	49
3.3.3.4 – Ferramentas Úteis ao Planejamento de Manutenção.....	51
3.4 – Considerações.....	52
CAPÍTULO 4 – MODELO PROPOSTO.....	54
4.1 – Apresentação do Modelo.....	54
4.2 – Descrição das Etapas do Modelo.....	57
4.2.1 – Fase 1: Fatores Críticos de Sucesso para a Manufatura.....	57
4.2.1.1 – Etapa 1: Planejamento Estratégico, Visão, Missão, Negócio, Objetivos e Metas.....	57
4.2.1.2 – Etapa 2: Objetivos Estratégicos de Manufatura e Fatores Críticos de Sucesso.....	58
4.2.1.3 – Etapa 3: Determinação de Critérios e Indicadores.....	59
4.2.2 – Fase 2: Visão sobre Processos Críticos.....	60
4.2.2.1 – Etapa 4: Mapeamento do Macro-Processo Manufatura.....	60
4.2.3 – Fase 3: Sistemática de Manutenção.....	61
4.2.3.1 – Etapa 5: Estratégias de Manutenção e Cultura de Manutenção.....	61
4.2.3.2 – Etapa 6: Engenharia de Manutenção.....	61
4.2.3.3 – Etapa 7: Planejamento de Manutenção.....	62
4.2.4 – Fase 4: Processo Crítico e Equipamentos Críticos.....	64
4.2.4.1 – Etapa 8: Seleção e Mapeamento do Processo Crítico da Manufatura.....	65

4.2.4.2 – Etapa 9: Seleção dos Equipamentos Críticos	66
4.2.4.3 – Etapa 10: Planejamento Atual de Manutenção.....	67
4.2.5 – Fase 5: <i>Feed-Back</i>	68
4.2.5.1 – Etapa 11: Novo Plano de Ações para a Manutenção.....	68
4.2.5.2 – Etapa 12: <i>Feed-Back</i>	69
4.3 – Considerações	69
CAPÍTULO 5 – APLICAÇÃO DO MODELO.....	70
5.1 – Apresentação da Empresa.....	70
5.2 – Aplicação do Modelo.....	71
5.2.1 – Etapa 1: Planejamento Estratégico, Visão, Missão, Negócio, Objetivos e Metas.....	71
5.2.2 – Etapa 2: Objetivos Estratégicos de Manufatura e Fatores Críticos de Sucesso.....	72
5.2.3 – Etapa 3: Determinação de Critérios e Indicadores.....	76
5.2.4 – Etapa 4: Mapeamento do Macro-Processo Manufatura.....	79
5.2.5 – Etapa 5: Estratégias de Manutenção e Cultura de Manutenção.....	80
5.2.6 – Etapa 6: Engenharia de Manutenção.....	81
5.2.7 – Etapa 7: Planejamento de Manutenção.....	81
5.2.8 – Etapa 8: Seleção e Mapeamento do Processo Crítico da Manufatura.....	82
5.2.9 – Etapa 9: Seleção dos Equipamentos Críticos	82
5.2.10 – Etapa 10: Planejamento Atual de Manutenção.....	86
5.2.11 – Etapa 11: Novo Plano de Ações para a Manutenção.....	87
5.2.12 – Etapa 12: <i>Feed-Back</i>	88
5.3 – Considerações.....	89
CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES.....	91
6.1 – Conclusões.....	91
6.2 – Sugestões para Trabalhos Futuros.....	93
REFERÊNCIAS.....	94
BIBLIOGRAFIA.....	97

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Resultados x Tipos de manutenção.....	28
Figura 3.1 – Hierarquia dos processos.....	37
Figura 3.2 – Exemplo de mapeamento do processo.....	38
Figura 3.3 – Hierarquia de estratégias.....	41
Figura 3.4 – Obtenção dos Fatores Críticos de Sucesso.....	42
Figura 3.5 – Exemplo de aplicação da matriz de Mudge	43
Figura 4.1 – Modelo proposto para Planejamento de Manutenção.....	55
Figura 4.2 – Gravidade dos critérios.....	65
Figura 4.3 – Matriz de decisão.....	66
Figura 5.1 – Fatores Críticos de Sucesso da Manufatura – Unidade de lonas leves.....	76
Figura 5.2 – Matriz de Mudge para avaliar critérios.....	77
Figura 5.3 – Escala de valores dos critérios.....	77
Figura 5.4 – Indicadores de criticidade do processo.....	78
Figura 5.5 – Mapeamento do macro-processo manufatura de Lonas Leves.....	79
Figura 5.6 – Objetivos e metas da área de manutenção.....	81
Figura 5.7 – Matriz de decisão para escolha do Processo Crítico.....	82
Figura 5.8 – Mapeamento do Processo Crítico Misturas.....	83
Figura 5.9 – Matriz de Mudge para avaliar critérios.....	84
Figura 5.10 – Grau de importância dos critérios e seus indicadores.....	85
Figura 5.11 – Matriz de decisão para escolha de Equipamentos Críticos.....	85
Figura 5.12 – Indicadores de criticidade de processo e manutenção.....	86
Figura 5.13 – Novo plano de ações de manutenção.....	88

LISTA DE REDUÇÕES

ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção

FMEA – *Failure Modes and Effect Analysis*

MTBF – *Mean Time Between Failure*

MTTR – *Mean Time To Repair*

RCM – *Reliability Centred Maintenance*

TPM – *Total Productive Maintenance*

CAPITULO 1 – INTRODUÇÃO

O atual panorama empresarial demonstra-se conturbado, sob uma onda de mudanças e inovações que variam desde o surgimento de novas tecnologias até a incerteza de novos negócios, causando o acirramento da competitividade das organizações. Aliado a tudo isso, a globalização dos mercados permite maior poder de escolha aos consumidores, aumentando assim a turbulência, exigindo a adequação imediata das organizações que desejam sobreviver neste ambiente. Assim apresenta-se o cenário industrial que rege as tomadas de decisões internas e externas das empresas neste início de século.

Nesse contexto, as exigências sobre os processos industriais inseridos nas organizações são maiores. Os requisitos dos clientes são cada vez mais desafiadores e precisam ser atendidos com rapidez. Para isso, os processos produtivos precisam estar disponíveis e em condições, sempre que a manufatura tenha a necessidade de produzir algum item. Porém, manter todos os processos disponíveis o tempo todo, não é uma tarefa fácil e nem barata, pois podem haver inúmeras causas para a indisponibilidade dos meios de produção.

A disponibilidade dos processos é um fator de suma importância na garantia de que as atividades produtivas vão sair conforme o planejado, pois sem ela pode-se comprometer os prazos de entrega, o volume produzido, os custos e a qualidade do produto, afetando a competitividade da organização. No entanto, nem todos os processos têm a mesma importância na cadeia produtiva, sendo uns mais críticos que os outros. Portanto, é fundamental conhecer o processo crítico para a manufatura e nele atuar proativamente, utilizando os recursos disponíveis.

O processo crítico é formado por diversos meios de produção, que se falharem poderão causar a indisponibilidade do mesmo, comprometendo desta forma a produtividade. Dentre os principais meios, encontram-se os equipamentos, que apesar da aplicação constante de novas tecnologias, sempre estarão propensos à falhas, tendo influência crítica no bom desempenho do processo, conforme Vaz (1998, p.397), “A função manutenção dentro da empresa representa um alto potencial de contribuição para o aumento de produtividade, à luz de seu relacionamento com a função produção”.

As perdas causadas por um processo indisponível podem ser altas. Em geral, a área de manutenção procura manter os equipamentos em condições de funcionamento para que estas perdas sejam reduzidas. Em contrapartida para isso elevam-se os gastos com manutenção.

Atualmente, os gastos com manutenção no Brasil equivalem a 4,47% do PIB (Produto Interno Bruto), conforme o documento nacional bianual de manutenção da ABRAMAN (Associação Brasileira de Manutenção) apresentado no Congresso Brasileiro de Manutenção de 2001. Esse volume de recursos justifica a preocupação de empresários e executivos de empresas dos mais variados ramos, com relação a este assunto.

Diversas podem ser as causas que influenciam a disponibilidade dos processos produtivos, entretanto, pode-se citar algumas como principais: planejamento de manutenção não adequado à realidade do processo, desconhecimento dos processos críticos da organização e falta de indicadores para acompanhar a disponibilidade de processos críticos.

As organizações industriais, em geral, estão começando a dar a importância necessária à área de manutenção, conforme cita Madu (2001, p.937) “Manutenção de equipamentos e gerenciamento da confiabilidade são importantes no funcionamento eficaz dos negócios empresariais de hoje”, o que a bastante tempo já é de conhecimento para as indústrias aeronáutica e militar.

Com relação a esta exposição do problema e com base nas indústrias automotivas japonesas, que buscam constantemente criar ferramentas que auxiliem a manutenção no atendimento aos processos críticos, estima-se que é possível através de um planejamento direcionado de manutenção, atuar nos equipamentos críticos de modo a prover a maior disponibilidade do processo chave da manufatura.

Em face do exposto, pode-se formular a seguinte pergunta de pesquisa: É possível sistematizar um processo de planejamento de manutenção focado nos processos críticos da organização?

A partir da pergunta de pesquisa pode-se então formular os objetivos do trabalho.

1.1 – Objetivos do Trabalho

O presente trabalho tem como objetivo geral desenvolver um modelo para planejamento de manutenção de equipamentos industriais, baseado em indicadores da criticidade dos processos produtivos.

Para atingir o objetivo geral formulou-se os seguintes objetivos específicos:

- estabelecer fatores influenciadores da criticidade de processos produtivos;
- estabelecer elementos pertinentes ao processo de planejamento de manutenção em equipamentos de produção;

- definir a correlação entre indicadores de criticidade de processos e a disponibilidade de equipamentos críticos.

1.2 – Justificativa

Pode-se ressaltar como principais justificativas para realização deste trabalho, as seguintes:

- existe um comprometimento da disponibilidade dos processos críticos ocasionado pela baixa confiabilidade dos equipamentos;
- dificuldade em identificar qual processo é realmente crítico para uma organização multiprodutora;
- falta de uma sistemática de planejamento de manutenção que priorize o atendimento aos processos críticos;
- dificuldade de realizar um planejamento de manutenção compatível com o grau de criticidade dos processos.

Neste sentido, o desenvolvimento de um modelo para planejamento de manutenção que contenha um procedimento para selecionar os processos críticos com base em critérios de excelência do negócio da empresa, é uma forma de alcançar um melhor resultado operacional para a manufatura, atingindo os objetivos e metas traçados e com recursos racionalizados.

1.3 – Estrutura do trabalho

O trabalho apresenta-se estruturado em seis capítulos, como segue.

No Capítulo dois é desenvolvida a fundamentação teórica, onde é apresentada a importância da manutenção para a competitividade das empresas e as variações no planejamento de manutenção conforme o tipo de produção realizada. São demonstrados também quais os elementos que influenciam à excelência na manutenção.

No Capítulo três é apresentado o ferramental que será utilizado no desenvolvimento do modelo, iniciando com um estudo sobre a determinação de processos críticos. Na sequência são abordados os fatores críticos de sucesso e definidos critérios e indicadores para seleção e avaliação dos processos críticos. Também é apresentada a sistemática de manutenção que servirá para conduzir um planejamento. Através dela é exposta a criação de uma cultura e uma engenharia de manutenção para sustentar o planejamento. Este Capítulo é encerrado com

a apresentação do planejamento de manutenção e dos elementos a ele ligados, vinculando este aos processos e a estratégia da organização.

No quarto Capítulo é apresentado o modelo proposto para planejamento de manutenção que visa atender a disponibilidade requerida pelos processos críticos.

No Capítulo cinco é apresentada uma aplicação do modelo proposto.

As conclusões obtidas com a realização do trabalho são expostas no Capítulo seis, onde também são apresentadas sugestões para trabalhos futuros.

CAPITULO 2 – O PLANEJAMENTO DE MANUTENÇÃO

Diante da atual condição em que se encontram as organizações, buscando garimpar em todos os seus processos os recursos necessários para maximizar a produtividade e reduzir os custos, emerge a manutenção industrial como um processo com potencial de interferir positivamente na competitividade das empresas. A qualidade de suas atividades, a sua adequação ao tipo de processo produtivo e os elementos que influenciam sua excelência são alguns dos temas abordados neste capítulo, visando sustentar a necessidade de se elaborar um planejamento de manutenção que atenda ao processo crítico da manufatura.

2.1 – A Importância da Manutenção Industrial na Competitividade das Empresas

Bruscas modificações vêm ocorrendo nas organizações, fazendo com que as ações se tornem mais agressivas, requerendo maior envolvimento das pessoas e do trabalho em equipe, sempre apoiado por recursos tecnológicos e de informações. Antigas exigências dos clientes, como a qualidade total, hoje são requisitos básicos e a organização que não a contemplar, estará fora do mercado. Portanto, outros são os diferenciais que determinam a vantagem competitiva. Pode-se destacar a flexibilidade, o prazo de entrega, a redução de custos e a produção de produtos ambientalmente corretos como exigências que desafiam as organizações e traduzem a nova realidade. Com o advento da globalização, que neste momento esta causando transformações em todo mundo, abrem-se as fronteiras dos mercados, fazendo com que produtos de qualquer lugar do mundo concorram com as organizações nacionais, e o mais importante, a preços equivalentes.

Desta forma, a manutenção industrial vem mudando sua imagem, passando a receber atenção especial da alta administração, tendo assim objetivos mais desafiadores. Neste cenário, a manutenção encontra-se como um dos importantes pilares para garantir a competitividade das empresas.

A manutenção passa a ser encarada como um processo de negócio dentro da organização, tendo então função estratégica, deixando de ser apenas operacional. Através de uma visão moderna a atividade está sempre vinculada ao sucesso do negócio e não como um fim em si mesma, conforme cita Pinto (2001, p.22), “Para que a manutenção possa contribuir efetivamente para que a empresa caminhe rumo a excelência empresarial, é preciso que a sua gestão seja feita com uma visão estratégica”. As características de gestão se equilibram com

as características técnicas, objetivando um gerenciamento efetivo das atividades, baseando-se em indicadores que espelham o que está acontecendo com o equipamento.

Neste mesmo sentido, a área de manutenção deve participar ativamente para que a manufatura cumpra com seus objetivos, contribuindo para manter a competitividade da empresa. Através de um planejamento de manutenção de equipamentos industriais, com base em indicadores de criticidade de processo, pode-se atuar focado nas reais necessidades da manufatura e obter vantagem competitiva no mercado de atuação da empresa.

2.2 – Objetivos de Manutenção Orientados pelo Planejamento Estratégico

Atualmente, empresas de todos os portes, têm utilizado o planejamento estratégico para orientar suas ações e atingir suas metas. No entanto, a estratégia tem origem milenar, conforme Pires e Carpinetti (2000, p.43): “Embora seja relativamente recente em termos de utilização na área empresarial, o termo estratégia tem sua origem atribuída à cultura militar da antiga Grécia, advinda do dia-a-dia das freqüentes batalhas e conquistas.” As batalhas de hoje são para manter a competitividade e as conquistas almejadas são os clientes, os mercados e conseqüentemente o lucro. Para estes fins é elaborado o planejamento estratégico, que geralmente contempla o estabelecimento de objetivos e de planos de ação para atingi-los. Os resultados do planejamento estratégico são de médio e longo prazos, assim, seus objetivos devem ser bem definidos e constantemente medidos e reavaliados.

O planejamento estratégico é elaborado objetivando o cumprimento da missão da empresa, tendo nível corporativo, segundo Tubino (1999, p.21):

O nível corporativo define estratégias globais, a estratégia corporativa, apontando as áreas de negócios nas quais a empresa irá participar, e a organização e distribuição de recursos para cada uma destas áreas ao longo do tempo, com decisões que não podem ser descentralizadas.

Após definido o planejamento estratégico, este é subdividido, geralmente, em outros dois níveis de estratégia: um nível de unidade de negócio e outro nível funcional ou operacional.

Numa situação semelhante, a manutenção industrial deve traçar seus objetivos estratégicos, orientados para atingir as metas estipuladas no planejamento estratégico da organização. Esta interligação é de suma importância, pois o sucesso da organização depende cada vez mais de um gerenciamento eficaz da manutenção. Conforme cita Madu (2000, p.938): “a manutenção de equipamentos e o gerenciamento da confiabilidade são

associados com uma competitividade da organização e deve ser dada atenção adequada no planejamento estratégico da organização.”.

Portanto, neste âmbito, é crucial o envolvimento da alta administração, pois ajuda a direcionar os objetivos e metas da área de manutenção em sintonia com as metas organizacionais.

A definição dos objetivos de manutenção também pode auxiliar no atendimento da disponibilidade dos equipamentos, sendo que se torna importante que exista uma correlação entre a disponibilidade destes com os indicadores de criticidade dos processos. Isto ocorre, pois todos os objetivos que a manutenção venha a ter deveriam ser elaborados visando atender aos processos de acordo com sua criticidade. Neste enfoque é imprescindível que se estabeleçam os elementos influenciadores da criticidade de processos produtivos.

2.3 – Qualidade das Atividades Realizadas pela Manutenção

Em geral, o esforço despendido para aumentar a confiabilidade de um processo produtivo de bens tangíveis, tem por objetivo principal o atendimento aos prazos de entrega. Assim, interrupções no processo afetam diretamente a confiabilidade, colocando em risco o cumprimento das promessas de entrega. Diversas podem ser as causas destas interrupções, como por exemplo: problemas de qualidade, acidentes de trabalho e falhas humanas. Dentre elas estão causas relativas a manutenção, podendo-se citar como exemplos: falhas por fadiga, falhas por fim da vida útil e falhas por manutenção mal feita. Esta última será aqui tratada por ter relação com a execução da manutenção, e pelo envolvimento direto da equipe de manutenção.

Deve ser considerado aqui o conceito de “confiabilidade humana” (*human reliability*), explicado por Xenos (1998, p.73):

Este termo é utilizado nas situações em que as pessoas – principalmente os operadores da produção e equipes de manutenção – afetam a segurança e confiabilidade dos equipamentos. Os aspectos humanos da confiabilidade devem ser levados em consideração durante o projeto de novos equipamentos, apesar de ser bastante difícil prever, nesta etapa, todas as possíveis “falhas induzidas pelas pessoas”.

Nesta mesma ótica de confiabilidade humana, consideram-se as aptidões técnicas do manutentor, fundamentais para garantir a confiabilidade das atividades de manutenção, conforme Takahashi e Osada (1993, p.289):

As técnicas de manutenção que dependem de três fatores: velocidade, precisão e segurança. O trabalho de manutenção afeta a produção. As atividades de manutenção incluem aptidões técnicas em manutenção e diagnóstico, ferramentas

para desmontagem e remontagem e compilação de manuais – mas as aptidões técnicas em manutenção são de importância fundamental. A qualidade da manutenção – a aptidão de concluir as atividades de manutenção sem erros – é determinada pelas habilidades técnicas em manutenção.

Um aspecto interessante nas atividades de manutenção é a dificuldade de se avaliar a qualidade do trabalho realizado: se for mal feito, vai ocasionar uma falha. Entretanto, é difícil avaliar se a falha resultou de erros de manutenção ou de peças defeituosas. Para garantir a qualidade do próprio trabalho, os membros da equipe de manutenção devem ter uma noção de responsabilidade e considerar os métodos de preparação, execução e validação de seu próprio trabalho.

A qualidade do reparo, também, não pode ser facilmente avaliada, e é muito diferente da qualidade do produto. Esta última é definida em termos quantitativos, por exemplo, as características do produto são avaliadas com base em um determinado conjunto de padrões de qualidade. O cálculo da taxa de defeitos e do desperdício de sobras pode ser feito com facilidade.

Entretanto, não é fácil determinar em que ponto a qualidade do reparo ou de uma regulagem deve ser avaliada. Dada uma certa ansiedade inerente, cada etapa do trabalho de manutenção, por exemplo, a desmontagem e a montagem, precisa ser verificada do início ao fim.

A qualidade do reparo não é satisfatória quando surgem problemas. Mesmo que a manutenção seja aprovada no teste (após conserto), pode-se esperar a ocorrência de problemas futuros. Isso significa que a qualidade dos reparos e do trabalho de regulagem terá um profundo impacto sobre o ciclo de vida do equipamento, determinando definitivamente sua confiabilidade. Os problemas de manutenção, principalmente por ajuste e regulagem, são afetados pelo estímulo e personalidade de cada técnico. Isso também se aplica à produção em geral.

Erros de manutenção podem ser corrigidos ao se melhorar as condições de trabalho e ao se aprimorar as ferramentas e os equipamentos que a manutenção utiliza na execução dos reparos. Dentre outros, um planejamento bem elaborado dará maior qualidade à execução da manutenção, proporcionando uso de sobressalentes de qualidade e disponíveis no momento necessário e a melhor utilização do tempo. Outro elemento importante a ser considerado é a documentação técnica (esquemas elétricos, programas de CLP, dados do equipamento) que possibilitam informação necessária para a execução segura das tarefas. Da mesma forma, o treinamento dos executantes das tarefas é fundamental para elevar a qualidade dos reparos.

Os problemas crônicos podem muitas vezes serem resolvidos, simplificando-se os procedimentos de reparo de manutenção. Neste caso, a aplicação da padronização às atividades de manutenção, visa garantir a previsibilidade do processo de manutenção de modo que todo trabalho repetitivo, crítico ou prioritário seja executado da mesma forma por todas as pessoas encarregadas. Conforme Xenos (1998, p.62): “De forma simples, os padrões da manutenção incluem os procedimentos de reparo, inspeção, substituição e teste de peças e componentes, além dos critérios de avaliação das suas condições.”. Pinto e Xavier (1999, p.125) também citam, “A introdução de procedimentos escritos torna o mantenedor independente da supervisão para a execução das tarefas rotineiras. O responsável pela execução é quem agrega qualidade ao produto; é preciso torná-lo auto-suficiente para garantir a qualidade do seu trabalho”.

As perdas associadas a falta de qualidade do reparo são consideráveis, pois o trabalho terá de ser refeito, haverá nova troca de peças danificadas e nova realocação de mão-de-obra, quando não provocar problemas maiores, como a parada do equipamento durante a produção e danos ao meio ambiente e segurança, o que pode causar perdas bem mais significativas.

2.4 – Diferenças no Planejamento de Manutenção Referentes ao Tipo de Produção

Existem empresas com processos distintos e uma gama variada de equipamentos. Estas empresas e processos são classificados em sistemas de produção de acordo com o grau de padronização dos produtos, pelo tipo de operação sobre os produtos e pela natureza do produto. Estes são fatores determinantes para a definição das atividades produtivas. Conforme Tubino (1999, p.33): “As diferentes formas de classificação das atividades produtivas ajudam a entender o nível de complexidade necessário para o projeto e posterior operação das atividades produtivas.” Inerente a estas atividades, o planejamento de manutenção é adequado à complexidade característica de cada tipo de atividade. Segundo Takahashi e Osada (1993, p.55):

A modalidade das operações e a forma como o equipamento é usado são muito diferentes em cada um desses casos. Os equipamentos podem funcionar continuamente durante seis meses ou uma semana, ou durante oito horas por dia ou em ciclos operacionais de dezesseis horas. Devido a essas variações, é preciso definir um método de manutenção diferente para cada equipamento e usar o método mais econômico. Dependendo do tipo de equipamento, os níveis de conhecimento técnico necessário para sua manutenção também podem ser diferentes.

A classificação mais usual para os sistemas produtivos, de acordo com o tipo de operação, é o de processos contínuos, repetitivos em massa, repetitivos em lotes e por projeto.

2.4.1 – Processos Contínuos

Conforme Tubino (1999, p.30): “Os processos contínuos são empregados quando existe uma alta uniformidade na produção e demanda dos bens ou serviços, fazendo com que os produtos e os processos produtivos sejam totalmente interdependentes”. Neste tipo de processo (petroquímico, cimento) estão envolvidas elevadas pressões, temperaturas, vazões. Interromper processamentos como estes de forma abrupta para reparar um determinado equipamento compromete a qualidade de outros que vinham operando adequadamente, levando-os a colapsos.

Processos contínuos favorecem a automatização. São necessários altos investimentos em equipamentos, instalações e a mão-de-obra é empregada apenas para operação e manutenção das instalações, sendo seu custo insignificante em relação aos outros fatores produtivos.

Em processos contínuos a capacidade das linhas são, em geral, balanceadas. O fluxo geralmente é regular. Embora o processamento varie, dependendo do material de origem (gás, líquido ou sólido). Não existem tanques intermediários específicos para armazenamento do produto. Consequentemente, quando o fluxo de processamento pára, devido a falha de um dos equipamentos, pode causar grande prejuízo ou risco à segurança e ao meio ambiente. Portanto, a manutenção deve proporcionar o máximo de confiabilidade e disponibilidade ao processo.

Neste tipo de processo, utiliza-se sempre que possível equipamentos em *stand-by*, proporcionando redundância ao processo, no caso de falha do equipamento principal o secundário entra em funcionamento, não causando interrupção no processamento. Muitas vezes, esta alternativa não é economicamente viável, por isso deve ser bem avaliada. Deve prevalecer então, a prática de inspeções e técnicas de manutenção preditiva e o monitoramento contínuo dos pontos críticos. Geralmente, plantas de processo contínuo são completamente sensoriadas, a fim de se monitorar em tempo integral as características e transformações do material (produto). Desta forma, se consegue também controlar os equipamentos, pois qualquer alteração das características, pode indicar uma falha de equipamento e as conseqüências podem ser desastrosas.

Neste tipo de processo costuma-se também executar a manutenção preventiva programada, com uma parada geral da planta. Conforme Jardim (1993) apud Pinto e Xavier (1999, p.41):

a intervenção na planta ou unidade específica é feita em períodos previamente programados, que são as “Paradas de Manutenção”. “A grande parte dos elementos que compõem uma malha de intertravamento tem alto índice de confiabilidade, mas essa característica sofre distorção com o tempo, devido ao desgaste natural, vibrações, etc. , provocando um aumento de probabilidade de falha ao longo do tempo. Como a verificação de funcionamento é realizada somente na Parada de Manutenção, podemos garantir que a probabilidade de falha é alta no final da campanha e baixa no início”.

Neste tipo de empresa, a forma de atuação predominante é a centralizada como cita Pinto e Xavier (1999, p.56), “Em grande parte das indústrias de processamento, tipo fábricas de cimento, refinarias e plantas petroquímicas, por exemplo, a manutenção é centralizada”, no entanto, existem casos que a forma descentralizada também se aplica, como no caso das indústrias de cerâmica, em que sua característica de *lay-out* favorece esta forma de atuação.

2.4.2 – Processos Repetitivos em Massa

Os processos repetitivos em massa são classificados segundo Tubino (1999, p.30-31):

Os processos repetitivos em massa são aqueles empregados na produção em grande escala de produtos altamente padronizados. Normalmente, a demanda pelos produtos são estáveis fazendo com que seus projetos tenham poucas alterações no curto prazo, possibilitando a montagem de uma estrutura produtiva altamente especializada e pouco flexível, onde os altos investimentos possam ser amortizados durante um longo prazo. Nesse sistema produtivo a variação entre os produtos acabados se dá geralmente apenas no âmbito da montagem final, sendo seus componentes padronizados de forma a permitir a produção em grande escala. Convencionalmente, a “produção em massa” emprega mão-de-obra pouco qualificada e pouco polivalente, porém com a implantação de sistemas baseados na filosofia JIT/TQC este quadro vem se modificando, devolvendo ao empregado funções de gerenciamento do processo, como, por exemplo, a garantia da qualidade e a programação da produção, que lhes foram retiradas com a especialização decorrente da revolução industrial.

Dentro desta classificação são enquadrados a fabricação de bens padronizados como automóveis, eletrodomésticos, produtos têxteis, etc.

Assim, como às empresas de processo contínuo, as de processo em massa produzem alto volume de produção, apresentam baixa capacidade ociosa e possuem baixo *lead time*. Nos dois sistemas não devem existir estoques de materiais em processo (WIP), portanto, devem ter pontos em comum no que diz respeito ao planejamento de manutenção.

Comparativamente com as empresas de processo contínuo, que buscam operar ininterruptamente durante a maior parte do ano, sem avarias ou acidentes, as empresas com sistema produtivo em massa procuram atingir resultados próximos ao destas empresas. Pode-se citar o exemplo do método de produção Toyota, que através da interligação das linhas de

produção de automóveis pelo sistema *Kanban*, procuram chegar com seu estoque de materiais em processo (WIP) próximo de zero.

Para alcançar esta meta é inaceitável a menor negligência na verificação, planejamento dos reparos ou controle de quantidade durante a paralisação. A análise cuidadosa dos principais componentes da fábrica e do plano de reparos, são de suma importância. O nível de capacidade e motivação dos operários deve ser muito mais elevado do que no passado.

Foi justamente dentro da filosofia *Just-in-time* na Toyota Motors que surgiu a Manutenção Produtiva Total, em inglês *Total Productive Maintenance* (TPM), filosofia de trabalho que envolve os operadores em atividades de manutenção, o que será melhor explicado adiante. Assim, nos sistemas de produção em massa, o TPM e a manutenção preventiva são bastante difundidos, como também técnicas de manutenção preditiva são aplicadas nos pontos críticos da planta. Sua forma de atuação se assemelha ao dos processos repetitivos em lotes.

2.4.3 – Processos Repetitivos em Lotes

Outro tipo de sistema produtivo é o repetitivo em lotes, explicado por Tubino (1999, p.31):

Os processos repetitivos em lotes caracterizam-se pela produção de um volume médio de bens ou serviços padronizados em lotes, sendo que cada lote segue uma série de operações que necessita ser programada à medida que as operações anteriores forem realizadas. O sistema produtivo deve ser relativamente flexível, empregando equipamentos pouco especializados e mão-de-obra polivalente, visando atender diferentes pedidos dos clientes e flutuações da demanda. Os processos repetitivos em lote situam-se entre os dois extremos, a produção em massa e a produção sob projeto, onde a quantidade solicitada de bens ou serviços é insuficiente para justificar a massificação da produção e especialização das instalações, porém, justifica a produção de lotes no sentido de absorver os custos de preparação do processo.

Se enquadram nesta descrição, os processos de fabricação de produtos como autopeças, alimentos industrializados, etc.

Na maioria das empresas com este tipo de sistema de produção existem diversas linhas (ou células) de operação com uma grande variedade de processos, muitas vezes processos bastante distintos dentro de uma mesma planta, tornando as práticas de planejamento de manutenção bastante diversificadas. Normalmente, a manutenção preditiva é exercida nos equipamentos críticos para a planta como um todo (por exemplo: caldeiras, compressores, exaustores) e críticos para o processo (equipamentos que parados provocam paradas de linhas e células completas), não sendo viável economicamente o monitoramento completo de todos

os equipamentos da planta. A manutenção preventiva, na maioria dos casos, tem sido utilizada com maior intensidade na busca pela maior disponibilidade dos equipamentos. Normalmente, é planejada individualmente, por equipamento (ou por célula), com paradas programadas em finais de semana, férias coletivas e em baixas de produção. Neste último caso, através de negociação com a área de Planejamento e Controle de Produção (PCP) e com a própria produção. Porém, em alguns casos, a manutenção corretiva tem vantagens sobre a preventiva, por exemplo, em equipamentos que não são gargalos, ou possuem similares, tornando-se mais em conta deixá-los trabalhar até falhar do que atuar preventivamente, tendo de disponibilizar recursos desnecessariamente para trocar peças que ainda não atingiram o fim de sua vida útil.

Quando o custo da parada do equipamento é inferior ao custo da manutenção preventiva, e não existe risco algum para a segurança e meio ambiente, a manutenção corretiva se torna uma prática aceitável.

A forma de atuação da manutenção nos processos repetitivos em lotes é bastante variada, podendo ser centralizada ou descentralizada, dependendo do tamanho e da localização das plantas de uma mesma empresa. A forma de atuação tem tendido à mista e também a uma formação chamada de times multifuncionais alocados por unidades para fazer um pronto atendimento, sendo apoiada por uma central de engenharia, que dá suporte a manutenções de maior porte, reformas, usinagens, manutenção preditiva e engenharia.

2.4.4 – Processos por Projetos

As empresas de processo por projeto são explicadas por Tubino (1999, p.31):

Os processos por projeto têm como finalidade o atendimento de uma necessidade específica do cliente, com todas as suas atividades voltadas para esta meta. O produto tem uma data específica para ser concluído e, uma vez concluído, o sistema produtivo se volta para um novo projeto. Os produtos são concebidos em estreita ligação com os clientes, de modo que suas especificações impõem uma organização de dedicada ao projeto. Exige-se alta flexibilidade dos recursos produtivos, normalmente à custa de certa ociosidade, enquanto a demanda por bens ou serviços não ocorrer.

Pode-se citar a fabricação de navios e aviões como exemplos de processos por projetos.

Não se tem muita informação do gerenciamento de manutenção para este tipo de processo, porém sabe-se que normalmente neste tipo de empresa a manutenção é terceirizada, ou seja, não existe uma equipe própria de manutenção e sua atuação é basicamente corretiva. No entanto, os bens que são fabricados por estas empresas necessitam de manutenção durante

sua vida útil. Por exemplo as aeronaves, onde são aplicadas as técnicas e os conceitos mais avançados de manutenção e monitoramento.

2.5 – Elementos Influenciadores da Excelência na Manutenção

A busca pela melhoria dos processos, da qualidade dos produtos, da produtividade e dos custos baixos, tem sido uma constante nas empresas que desejam manter a competitividade. Da mesma forma, a área de manutenção tem como objetivo primordial manter os processos produtivos disponíveis à produção, quando existir a necessidade de produzir com qualidade ao menor custo possível. Assim, diversos são os fatores que podem influenciar na disponibilidade do processo. O gerenciamento de determinados fatores é que direciona a manutenção de equipamentos a melhorar sua atuação e buscar continuamente a excelência. Esta excelência almejada trata-se de um conjunto de elementos que levam em conta o que todo sistema de manutenção deve possuir para ser considerado de classe mundial. Torna-se então, importante estabelecer os elementos pertinentes ao processo de planejamento da manutenção em equipamentos de produção, visando atender inclusive um dos objetivos específicos deste trabalho. Dentre os vários fatores que afetam a condição de excelência da manutenção, pode-se citar alguns como principais, quais sejam: processo de manutenção, confiabilidade, manutenibilidade, disponibilidade e gerenciamento de recursos humanos.

2.5.1 – Fatores Vinculados ao Processo de Manutenção

O processo ou sistemática de manutenção pode ser considerado como todo conjunto de recursos e atividades envolvidos desde o planejamento até a execução da manutenção. Destaca-se a seguir alguns dos fatores que se julgou fundamentais para a busca da excelência da manutenção, todos vinculados ao processo de manutenção.

2.5.1.1 – Documentação Técnica

A documentação técnica deve ser elaborada inicialmente com base nas recomendações dos fabricantes dos equipamentos, fornecida geralmente através de manuais de manutenção e operação. Em muitos casos por falta deste, precisa-se fazer um exame completo da máquina em busca de informações necessárias às práticas de manutenção.

O acúmulo de conhecimento das equipes de manutenção, também deve servir para agregar conhecimento à documentação. Após toda modificação (ou automação) realizada no equipamento deve ser feita uma atualização da documentação.

A documentação técnica é essencial para a elaboração de um bom plano de manutenção e também no caso de manutenções corretivas, onde se precisa de informações rápidas e precisas.

Pode-se citar como documentos importantes: manual de operação e manutenção, esquemas elétrico, hidráulico e pneumático, especificação de componentes padronizados, catálogos técnicos, desenhos de montagens e de componentes sujeitos a desgaste, procedimentos de manutenção, dentre outros. Muitos documentos podem existir em meio eletrônico, como por exemplo: softwares de CLP e catálogos eletrônicos.

2.5.1.2 – Engenharia de Manutenção

A Engenharia de Manutenção traduz-se como uma evolução da manutenção industrial, conforme explica Pinto e Xavier (1999, p.42), “Engenharia de Manutenção significa perseguir “*benchmarks*”, aplicar técnicas modernas, estar nivelado com a manutenção de Primeiro Mundo.”. Esta evolução, ou quebra de paradigma, pode ser visualizada na figura 2.1, onde nota-se nas transições de manutenção preventiva para preditiva e de preditiva para engenharia de manutenção, o salto positivo dos resultados.

Sabe-se porém, que um melhor resultado é alcançado com a combinação de todos os tipos de manutenção com o tipo de processo produtivo, sendo que a orientação técnica e gerencial deve estar a cargo da Engenharia de Manutenção.

Simioni e Nagao (1989, p.1) explicam assim, “A Engenharia de Manutenção, conhecida em algumas empresas como Métodos de Manutenção, tem um papel muito importante dentro da organização, como fator de desenvolvimento técnico da Manutenção Industrial. Cabe a ela gerir as ferramentas para atualização técnica dos sistemas e processos, equipamentos e pessoal de manutenção.”

Dentre as atividades, que geralmente são atribuídas à Engenharia de Manutenção pode-se citar:

- a) Arquivo técnico: documentação técnica em geral, elaboração de procedimentos;
- b) Desenvolvimento de fornecedores;
- c) Estudos, automações e melhorias de manutenção;
- d) Apoio técnico a manutenção: suporte de mão-de-obra e usinagem;

- e) Normalizações: componentes, sobressalentes, treinamentos;
- f) Treinamento;
- g) Manutenção Preditiva;
- h) Gerenciamento de custos e indicadores.

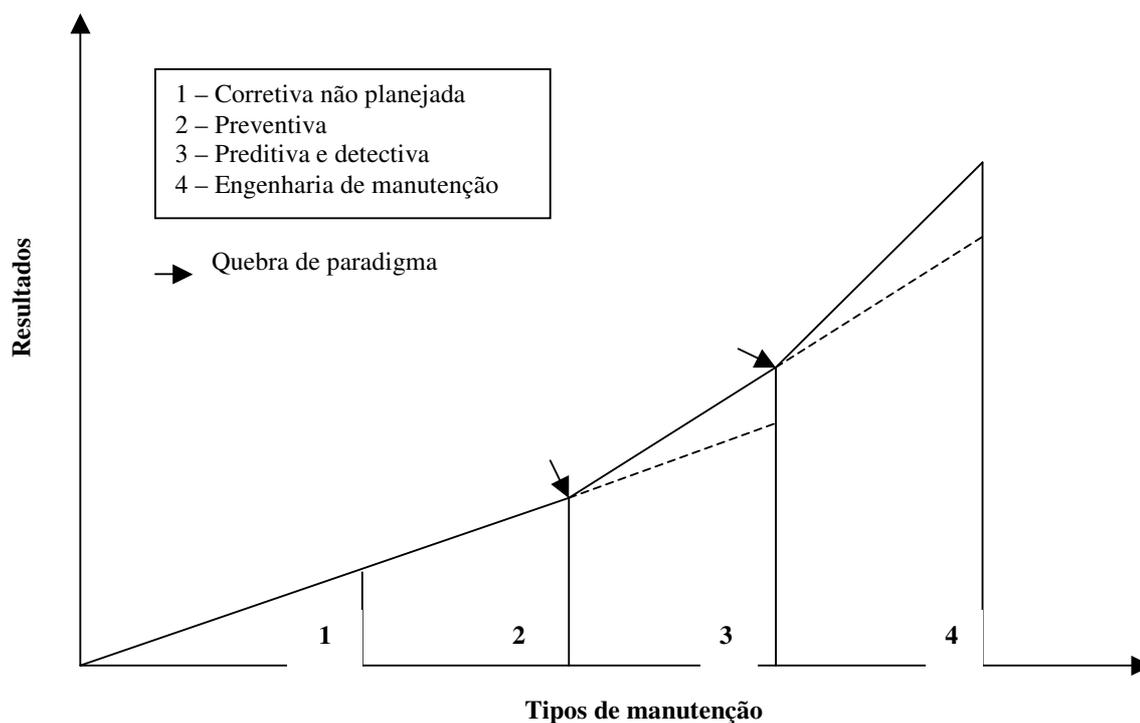


Figura 2.1 – Resultados x Tipos de Manutenção. (Adaptada de Pinto e Xavier, 1999)

Quando a área de manutenção de uma empresa passa a praticar a Engenharia de Manutenção ela começa a mudar sua cultura. Passa a investigar as causas das quebras e interrupções, modificar situações crônicas, melhorar sistemáticas, em fim almeja garantir maior disponibilidade à planta, utilizando técnicas consagradas a custos aceitáveis. Neste mesmo sentido, a Engenharia de Manutenção encarrega-se da gestão do processo de manutenção, procurando melhorar continuamente a eficiência do mesmo.

2.5.1.3 – Informatização da Manutenção

A informatização permite a interligação da manutenção com as demais áreas da empresa, tornando o gerenciamento de custos, materiais e pessoal mais ágil e seguro.

O fator primordial da informatização é o gerenciamento dos equipamentos e instalações (também conhecido por gerenciamento de ativos físicos), visando possibilitar a formação de um banco de dados históricos dos equipamentos, o planejamento e programação de recursos para a manutenção, orientar atividades e estabelecer o panorama das condições dos equipamentos. Em fim, torna mais eficiente o gerenciamento da manutenção.

O uso de sistemas informatizados no gerenciamento da manutenção segundo Fernandes apud Dias (2002, p.19) , “é fundamental para a execução da política de manutenção, em razão do alto volume de informações manuseado pela equipe e do pequeno número de profissionais envolvidos”. Possui desta forma papel importante na evolução do processo de manutenção, dinamizando o mesmo, através do fluxo rápido das informações, sendo utilizado como ferramenta para o gerenciamento, além de formar um banco de dados, permitindo o uso de históricos para a busca de informações para o planejamento e para o rastreamento de problemas que já ocorreram. Adiante este assunto será tratado de forma mais aprofundada.

2.5.1.4 – Planejamento de Manutenção

O planejamento é talvez o mais importante influenciador da excelência de um processo de manutenção, pois tem ligação com todos os fatores anteriormente expostos. Utiliza-se ferramentas de gerenciamento que tornam possível a orientação do planejamento. É através dele que se seleciona as formas de atuação da manutenção nos equipamentos, que práticas serão aplicadas e em que momento.

A qualidade na elaboração do plano é que irá conduzir ao sucesso na execução, somada é claro, com outros fatores que servem de apoio ao planejamento, como uma documentação completa e disponível, pessoal treinado, orientação da engenharia, dentre outras.

O plano de manutenção deve ser constantemente reavaliado, de forma a buscar o refinamento das tarefas e das frequências de manutenção.

2.5.1.5 – Treinamento

A rápida obsolescência do conhecimento, causada pelas contínuas mudanças tecnológicas, impõe a necessidade de transformar o aprendizado em uma prática constante.

Este aprendizado dentro das empresas é conhecido por treinamento, que é o ensino voltado ao aprimoramento técnico do funcionário em determinadas atividades.

É de suma importância para o processo de manutenção, que exista uma programação de treinamentos, tanto para a equipe executante das tarefas quanto para a equipe de planejamento e engenharia. Treinamento técnico de ferramentas da qualidade e de novos métodos são fundamentais para o diagnóstico rápido e preciso das falhas de equipamentos e para a busca de melhorias para os mesmos. Congressos e seminários também são agentes integrantes do treinamento que agregam e atualizam conhecimento ao pessoal de manutenção.

2.5.2 – Fatores Vinculados à Confiabilidade

A confiabilidade é definida por Branco Filho (2000, p.27) como “a probabilidade de que um item ou uma máquina funcione corretamente em condições esperadas durante um determinado período de tempo ou de ainda estar em condições de trabalho após um determinado período de funcionamento.” Alguns dos principais fatores vinculados à confiabilidade que possuem influência significativa na excelência da manutenção serão vistos a seguir.

2.5.2.1 – Confiabilidade no Projeto

Tanto para um equipamento quanto para um processo, a garantia da confiabilidade precisa começar desde o projeto deste. Portanto, deve estar estabelecida uma cultura de confiabilidade no projeto, prevalecendo o uso de ferramentas que viabilizem um projeto voltado para a confiabilidade. Ferramentas como o Desdobramento da Função Qualidade (QFD), Análise de Pareto, Diagrama de Causa-e-Efeito são bastante úteis para determinação dos parâmetros do projeto, assim como, devem ser bastante usadas no processo, de forma a servirem como base de informações no caso de reprojeto.

2.5.2.2 – Confiabilidade no Processo

A cultura de confiabilidade voltada ao processo, permite que a manutenção passe a direcionar seus esforços ao estudo e eliminação das falhas, através da identificação da causa-raiz, usando a engenharia para isso, além do amplo envolvimento e condução da mesma.

Para se conseguir a confiabilidade plena do equipamento e do processo não basta apenas o esforço da área de manutenção, toda a organização deve estar envolvida, conforme: “a chave para obter melhor confiabilidade para um custo baixo é o envolvimento de toda a organização na eliminação de defeitos.” (LEDET, 1999 apud MADU, 2000, p.938). Isto exige que se construa uma cultura de confiabilidade e manutenção em toda a organização. Para que isto se desenvolva, é necessária uma liderança forte do processo, ou seja, um gerente ou diretor deve estar a frente, pois teria o poder e autoridade para efetuar mudanças e teria condições de tomar decisões significantes, como por exemplo: investimento em novos equipamentos, treinamento de operadores e outros que também requereriam investimentos para a organização. Segundo Madu (2000, p.939): “um alto executivo da organização deveria liderar a operação da manutenção e confiabilidade”. Além do caráter simbólico, mostrando o compromisso da organização, fortaleceria a criação de uma cultura de confiabilidade.

Se este processo for bem desenvolvido fica-se mais próximo de uma manutenção de classe mundial.

2.5.3 – Fatores Vinculados à Manutenibilidade

Manutenibilidade é definida por Branco Filho (2000, p.82) como a “capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar as suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante procedimentos e meios prescritos.” Pode também, ser simplesmente definida como facilidade de manutenção.

A manutenibilidade pode ser medida pelo MTTR (*mean time to repair*) ou tempo médio para reparo. A manutenibilidade abrange fatores que conduzem à sua maximização e contribuem na busca da excelência, podendo-se citar alguns:

- Documentação. Este fator está descrito no item 2.5.1.1;
- Sobressalentes. Componentes e peças reservas devem ser bem gerenciados, de forma que tenham qualidade, sejam padronizados e estejam disponíveis no momento em que se precisa deles. Outro aspecto importante do gerenciamento de sobressalentes é o custo, devendo ser o menor possível, assim o controle do estoque e da rotatividade dos itens necessita de atenção especial;
- Padronização. A padronização de componentes é um aspecto que deve ser considerado desde o projeto, possibilitando que durante a vida do equipamento, seus componentes sejam

de fácil substituição, regulagem e que se necessite o mínimo de ferramentas para a execução da manutenção, além de reduzir consideravelmente o número de itens de sobressalentes;

- Reprojeto e Melhorias. O conceito de manutenibilidade deveria ser utilizado principalmente na fase de projeto do equipamento, o que tornaria os reparos mais simples e rápidos durante a vida útil do equipamento. Entretanto, o reprojeto e a aplicação de melhorias são formas de melhorar a manutenibilidade, através da introdução de novas tecnologias e da simplificação de itens do equipamento com o auxílio da Engenharia de Manutenção.

2.5.4 – Fatores Vinculados à Disponibilidade

Disponibilidade é definida conforme Branco Filho (2000, p.41) como “a probabilidade de que um item possa estar disponível para utilização em um determinado momento ou durante um determinado período de tempo”. A disponibilidade de equipamentos pode depender tanto de fatores internos como externos, conforme será visto a seguir.

- Fatores Externos à Manutenção e Pertencentes ao Processo. A disponibilidade do equipamento é fundamental para garantia de produtividade e atingimento das metas operacionais. Pode ser considerada como fator principal para determinação da excelência da manutenção industrial. Porém, é um elemento amplo, pois não basta apenas o equipamento estar disponível, mas também, o processo como um todo precisa estar, para que se garanta a produtividade, qualidade, prazos de entrega e menores custos. Sendo assim, outros fatores também são determinantes da disponibilidade do processo, como por exemplo: matéria-prima adequada e operadores treinados, etc..;

- Planejamento e Execução de Manutenção. A disponibilidade pode ser expressa com o produto da melhoria da confiabilidade com a melhoria da manutenibilidade, conforme Takahashi e Osada (1993, p.157):

Os procedimentos para analisar e melhorar o nível de produtividade do equipamento enquadram-se em duas categorias: (1) investigação do equipamento do ponto de vista de melhorar seu nível de confiabilidade e (2) investigação das atividades, a fim de melhorar a eficiência da atividade de manutenção.

Assim, a categoria (1) consiste em reduzir ao máximo o número de ocorrências não programadas das atividades de manutenção devido a falhas inesperadas do equipamento, e em (2) consiste em realizar atividades para estender ao máximo o período do ciclo das atividades de manutenção planejadas e atividades para reduzir o número de operações necessárias para

concluir os trabalhos de manutenção. Portanto, a busca pela maior disponibilidade do equipamento, depende do atingimento de níveis eficazes de confiabilidade e manutenibilidade, o que se consegue com um planejamento adequado de manutenção com a utilização de métodos e técnicas já consagrados e também a criação de uma cultura de manutenção na organização, devendo ser levado em consideração também, que a qualidade e a rapidez na execução das atividades de manutenção são fundamentais para alcançar a excelência.

2.5.5 – Fatores Vinculados ao Gerenciamento de Recursos Humanos

Para estabelecer entre vários fatores, os vinculados ao gerenciamento de Recursos Humanos, considerou-se os cinco a seguir com potencial de influenciar positivamente a excelência da manutenção:

- Capacidade. É um fator inerente a cada indivíduo, a sua capacidade física e mental determinará sua condição para realizar uma tarefa corretamente. Tanto na manutenção quanto na operação a capacidade do indivíduo é importante na condução adequada do processo. Este fator deve ser observado na contratação de pessoal e também durante o planejamento de manutenção, quando se aloca a mão-de-obra as tarefas;
- Condições de Trabalho: As condições de trabalho favorecem à qualidade e a rapidez na execução de tarefas. A aplicação da ferramenta 5S tem sido importante na melhoria das condições ambientais dos locais de trabalho. Outro fator relacionado com as condições de trabalho é o do ferramental e equipamentos especiais que auxiliam na realização do trabalho da manutenção. Com a rápida evolução da tecnologia de máquinas e equipamentos, também é necessária a evolução da tecnologia de ferramentas que possibilitam a manutenção segura e ágil destes;
- Motivação. Sem dúvida, um operário motivado é mais produtivo. Tanto na operação quanto na manutenção a motivação é um fator que precisa ser considerado na busca por melhores resultados. A pessoa chave para o desenvolvimento da motivação dos funcionários é o líder de equipe, que também precisa estar motivado. Podem ser considerados como fatores motivadores: o crescimento, as realizações, as responsabilidades e o reconhecimento. O estímulo destes motivadores é capaz de transformar positivamente o contexto de trabalho. A recompensa é um fator de incentivo que proporciona a motivação temporariamente, portanto não deve ser o único meio de busca da motivação;

- Domínio da Informação Disponível. A disponibilidade das informações é de extrema importância para a constante atualização do profissional de manutenção. Com a *internet*, a *intranet* e outros tipos de rede é possível pesquisar e trocar informações com profissionais de outras unidades da própria organização ou de outras organizações de diversas partes do mundo. Contudo, estas informações precisam ser entendidas e avaliadas para serem bem utilizadas. Atualmente conhecimentos de micro informática, de línguas estrangeiras e linguagens de programação são pré-requisitos para técnicos e planejadores de manutenção em muitas empresas. Outra questão relevante é com relação a informatização da manutenção, tendo o profissional a necessidade de ter conhecimento suficiente para pesquisar históricos de equipamentos, encerrar ordens de manutenção e realizar outras tarefas via microcomputador o que requer certa base de conhecimento. A documentação técnica também precisa ser estudada e entendida para ter efeito positivo no processo de manutenção, conforme foi citado anteriormente (item 2.5). De qualquer forma, fica evidente que cada vez mais o domínio da informação disponível tem influência positiva na excelência da manutenção;

- Treinamento. O treinamento está diretamente ligado a qualidade dos trabalhos executados pelos técnicos da manutenção e também pelos responsáveis pela operação dos equipamentos, conforme cita Xenos (1998, p.281): “Apesar do acelerado desenvolvimento tecnológico dos meios de prevenir falhas ou diagnosticar falhas potenciais, a manutenção dos equipamentos continuará dependendo pesadamente do trabalho humano.” O conhecimento transmitido, adquirido e aplicado pelo pessoal de manutenção é fator fundamental na determinação da excelência da manutenção. Segundo Xenos (1998, p.281):

o desenvolvimento das habilidades das pessoas é a base do gerenciamento da manutenção em qualquer organização. A educação e o treinamento desempenham um papel vital no gerenciamento e são um dos investimentos de retorno mais seguro quando se deseja evitar a ocorrência de falhas e aumentar a produtividade dos equipamentos.

O treinamento possibilita o desenvolvimento da capacidade do indivíduo na realização de suas tarefas. Da mesma forma, proporciona um crescimento intelectual e de auto estima que se traduz em motivação para o mesmo. É preciso também, que exista treinamento para a utilização das ferramentas e equipamentos especiais usados para execução dos trabalhos, proporcionando o uso correto e seguro destes, visando não danificá-los e não causar danos maiores ao equipamento que está sendo consertado. Com o advento da manutenção autônoma, onde o operador de produção executa tarefas simples de manutenção, torna-se indispensável o desenvolvimento de suas habilidades para operação correta do equipamento e entendimento melhor de suas partes e funções, aumentando assim sua confiabilidade. Portanto, a

qualificação de operadores e técnicos de manutenção aliada a experiência adquirida, possibilitam o acompanhamento da evolução tecnológica tornando suas atividades mais confiáveis.

Embora todos os fatores citados anteriormente exerçam forte influência para a excelência da manutenção, os mesmos necessitam serem organizados de forma a maximizar a eficiência do processo de manutenção. Isto é obtido por meio de um planejamento das atividades de manutenção da empresa.

2.6 – A Importância do Planejamento de Manutenção

Conforme citado anteriormente, no item Planejamento e Execução de Manutenção, é através de um planejamento adequado de manutenção que se consegue obter melhores níveis de disponibilidade do equipamento e conseqüentemente do processo produtivo, sendo a disponibilidade operacional o grande indicador da excelência da manutenção e da garantia de produtividade.

O processo de manutenção, cada vez mais tem importância no atingimento dos objetivos globais da organização, principalmente aqueles relacionados com a estratégia de manufatura. O processo de manutenção deve servir de apoio para que a manufatura consiga atingir seus objetivos, ou seja, ele deve estar adequado às suas necessidades. Este alinhamento desejado entre o processo de manutenção e os objetivos de manufatura é alcançado com um bom planejamento de manutenção. O planejamento de manutenção é resultante do processo de manutenção, que deve ser desenvolvido com base nas estratégias de manufatura e deve estar conseqüentemente orientado pelo planejamento estratégico da empresa. Assim, tanto o planejamento de manutenção quanto seu processo de gestão, precisam ser constantemente revistos e readequados para o atendimento das necessidades cada vez mais flexíveis da manufatura.

CAPITULO 3 – A CRITICIDADE DE PROCESSOS VERSUS MANUTENÇÃO

No capítulo anterior realizou-se a fundamentação do trabalho, visando dar sustentação teórica para o desenvolvimento do modelo proposto. Em seqüência a fundamentação, apresenta-se neste capítulo o ferramental que se aplicará na resolução da problemática. Este capítulo é caracterizado por três linhas distintas de processos de negócio, que serão vinculadas com o intuito de atender aos objetivos deste trabalho, sendo elas: processos, estratégia e sistemática de manutenção.

3.1 – Processos Críticos

Um processo pode ser considerado como uma transformação, ou agregação de valor, onde as entradas são transformadas em saídas (produtos). Dentro do processo um grupo de atividades interrelacionadas são responsáveis pela transformação das entradas em saídas desejadas.

Devido as diferenças entre processos complexos e processos simples, torna-se necessária uma hierarquia dos processos, conforme mostra a figura 3.1.

Segundo Harrington (1993, p.34), “do ponto de vista macro, os processos são as atividades-chave necessárias para administrar e/ou operar uma organização.” Portanto, podem ser considerados exemplos de macro-processos: pesquisa e desenvolvimento, marketing e vendas, suprimentos, manufatura e assistência técnica.

Considera-se neste trabalho como macro-processo crítico para a organização, a manufatura, pelo fato de estar ali a grande maioria de equipamentos e instalações, onde tem-se a manutenção como responsável por manter estes operando efetivamente. Também, a manufatura é crítica pela sua importância estratégica cada vez maior e pela responsabilidade direta de gerar impacto sobre as necessidades dos clientes externos.

Uma vez escolhido o macro processo crítico para a análise, torna-se necessário compreendê-lo, visando identificar sua abrangência e conjunto de atividades que o formam. Para isso pode-se empregar o uso dos mapas de processos.

O mapeamento do processo tem por objetivo obter informações e compreender as questões a ele relacionadas, além de determinar as interdependências nos relacionamentos entre atividades e estabelecer critérios para melhoria contínua. A classificação das etapas de

fabricação como atividade agregadora de valor ou não-agregadora de valor é também importante para o melhor entendimento do processo.

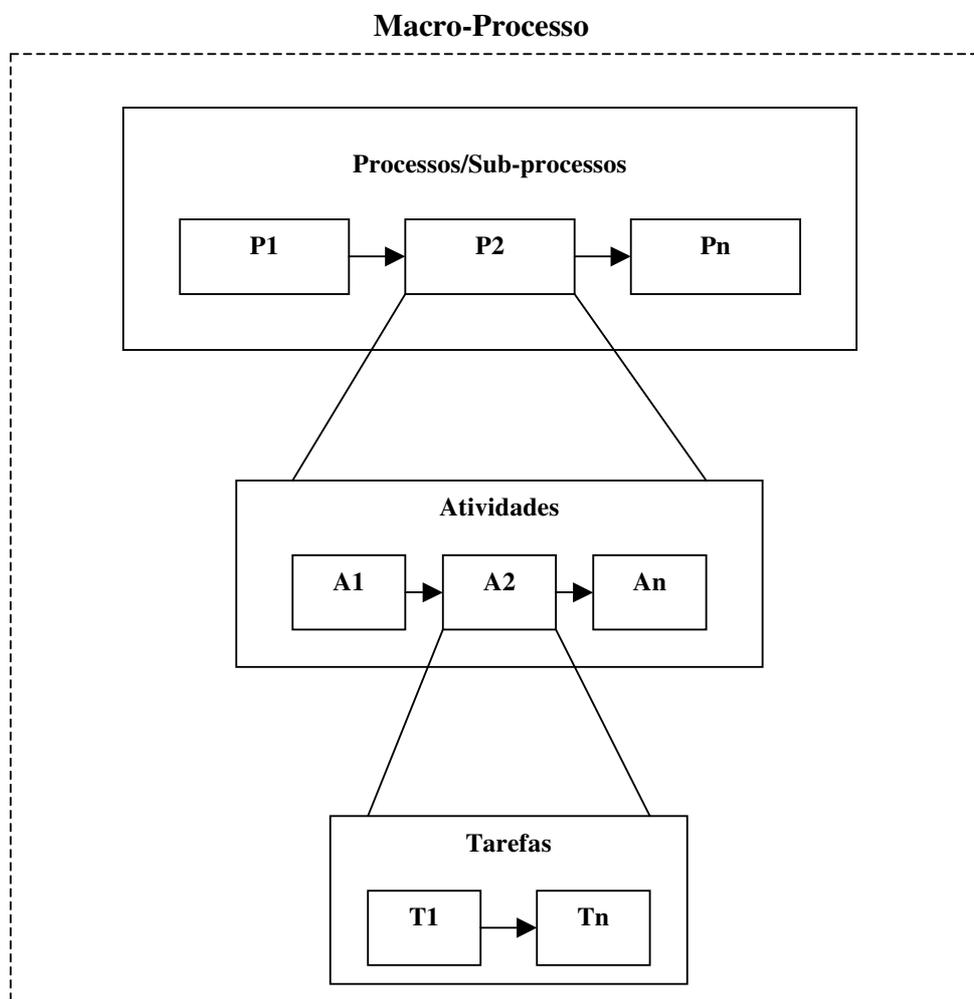


Figura 3.1 Hierarquia dos processos. (Adaptada de Harrington, 1993)

O mapeamento viabiliza o entendimento de porque determinado processo é crítico e o que acontece quando ele não consegue realizar suas atividades conforme planejado. Neste caso específico, pode-se entender as funções e interrelações dos equipamentos envolvidos no macro processo de manufatura.

Tomando-se como exemplo de aplicação do mapeamento, uma empresa industrial de bens de consumo, tendo-se primeiramente considerado a manufatura como macro-processo crítico para a organização, pode-se desmembrá-la conforme a figura 3.2.

Toda organização é formada por variados processos, mas em muitos casos não é orientada desta forma, ou seja, por uma visão processual (horizontal) e sim por uma visão

departamental (vertical), não conseguindo atingir os resultados esperados com eficiência. A organização deve estar orientada em função das necessidades do cliente externo, procurando agregar o máximo de valor através dos seus processos. A estruturação vertical deve principalmente servir para manter a ordem interna da organização.

Os processos que entram em contato físico com o produto até o momento de ser embalado são conhecidos por processos produtivos. O processo produtivo precisa estar disponível sempre que a produção precise produzir algum item. Muitos podem ser os fatores que afetam a disponibilidade do processo como por exemplo: fatores pertencentes ao próprio processo e fatores relativos a falhas de equipamentos. Geralmente os processos produtivos possuem uma gama variada de equipamentos, responsáveis pela transformação da matéria-prima em produto e agregando valor a este, que deve ser percebido pelo cliente.

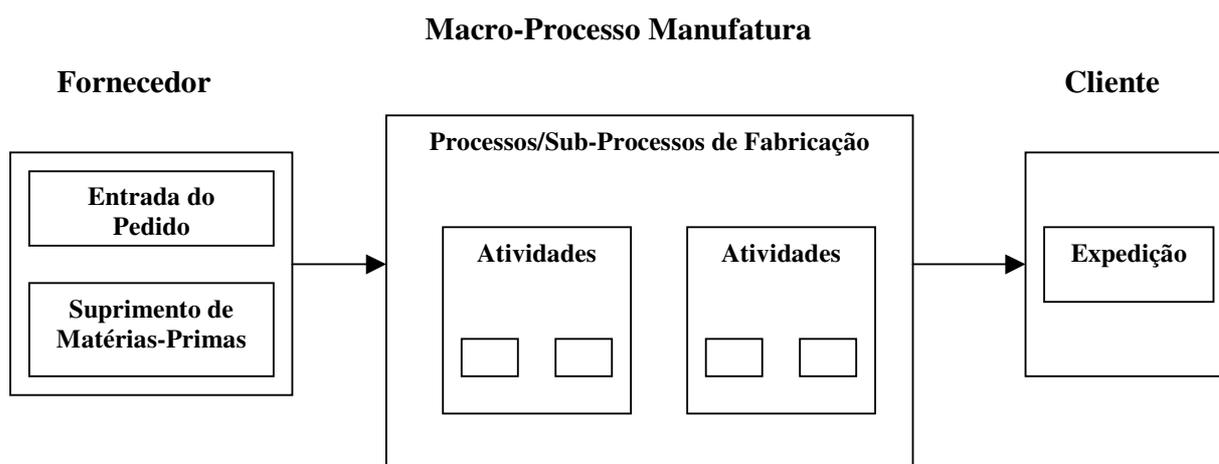


Figura 3.2 – Exemplo de Mapeamento do Processo (Adaptada de Pinto, 1993).

Para racionalizar o processo de melhoria na empresa primeiramente, precisa-se determinar um processo crítico para a manufatura, que é definido em relação aos objetivos estratégicos e aos fatores críticos de sucesso da manufatura já devidamente alinhados ao planejamento estratégico. Para isso, pode-se avaliar também o nicho de mercado em que a organização atua, pois um processo pode ser crítico para um determinado nicho e não para outro. Após identificado o processo crítico, deve-se determinar o equipamento crítico, também escolhido por meio de critérios previamente estabelecidos.

Um dos processos empresariais mais importantes de apoio ao processo produtivo é o processo de manutenção (ou sistemática de manutenção), pois o mesmo tem a

responsabilidade de manter disponível um dos principais recursos de produção que são os equipamentos e as instalações.

Muitos processos possuem instalações especiais, que exigem manutenção especializada e cara, portanto o plano de manutenção destes equipamentos também deve ter características especiais. Em muitos casos empresas terceirizadas podem ser contratadas para atender a estas situações.

Em determinados processos a manutenção tem importância ainda maior, pois além de manter o processo disponível tem que atuar de forma a reduzir o risco de falhas que poderiam causar acidentes graves e danos ao meio ambiente. Conseqüências catastróficas muitas vezes são originadas de falhas no processo, geralmente causadas por falhas humanas ou falhas de equipamentos. Estes processos são, em geral, os que possuem combustíveis usados no processamento, ou o próprio produto é combustível ou tóxico, tendo o plano de manutenção que ser adequado e rigoroso nestes casos.

Diversos podem ser os problemas que afetam o bom andamento dos processos de manufatura. Em geral, estes se encaixam em uma das áreas do diagrama de Ishikawa (espinha de peixe): matéria-prima, mão de obra, máquina, método e meio ambiente.

O conhecimento do processo produtivo é um importante subsídio para gestão do processo de manutenção, pois delimita as áreas de atuação da manutenção, permite a elaboração de um plano de manutenção mais eficiente para buscar a maximização dos resultados esperados, pois o não atingimento dos resultados torna o processo crítico para a organização.

3.2 – Fatores Críticos de Sucesso para Manufatura

Neste item é abordado a linha de estratégia, na qual se apresenta o planejamento estratégico e os objetivos estratégicos da manufatura, de onde são extraídos os fatores críticos de sucesso para manufatura. Nesta mesma linha, pode-se finalizar o item estabelecendo-se os critérios e indicadores que respectivamente auxiliarão na identificação do processo crítico para manufatura e na verificação do atual planejamento de manutenção de seus equipamentos.

3.2.1 – Planejamento Estratégico

Quando se trata de estratégia a nível corporativo deve-se definir o posicionamento da organização em seu ambiente global, econômico e social. Conforme Slack, Chambers,

Harland, Harrison e Johnston (1997, p.89) citam, “consistirá em decisões sobre quais tipos de negócios o grupo quer conduzir, em quais partes do mundo deseja operar, quais negócios adquirir e de quais desfazer-se, como alocar dinheiro entre os vários negócios e assim por diante.”

Os principais objetivos para elaboração de um plano estratégico são: determinar o rumo da organização, estabelecer as expectativas de resultados e definir as ações a serem tomadas, conforme Harrington (1997, p.88), “O propósito real do planejamento dos negócios é determinar o foco externo de seu negócio em termos de clientes atendidos e valor oferecido.”

Para determinar o rumo a ser tomado pela organização algumas informações devem ser estabelecidas como: visões da organização, negócio, missão, valores e princípios, foco estratégico e fatores críticos de sucesso. Os nomes podem mudar de uma empresa para outra, porém o importante é que o conteúdo deve ser claro e objetivo e implementado em todos os níveis da organização. Cada um destes elementos possui um intervalo de tempo para revisão e sua elaboração parte do diretor-presidente, da alta administração e da gerência.

A estratégia a nível operacional é tratada pela gerência e os próprios funcionários que são os responsáveis pelas principais ações. Este pode ser considerado o plano tático que são o “como fazer”. Devem ser atualizadas pelo menos uma vez ao ano e alteradas em função das experiências e necessidades empresariais.

3.2.2 – Objetivos Estratégicos de Manufatura

Conforme citado no item anterior, o atingimento dos objetivos globais da organização, depende do atingimento dos objetivos específicos das várias unidades de negócio da organização, através da execução e medição das ações definidas. Os objetivos específicos de cada macro-processo da organização, são decorrentes do planejamento estratégico, ou seja, após elaborado o planejamento estratégico as gerências e suas equipes se reúnem para formar o plano tático, onde elaboram os objetivos específicos de suas áreas para possibilitar o atingimento dos objetivos globais, traçados no planejamento estratégico. Desta forma, a manufatura também precisa entender seu papel dentro do negócio como um todo, determinando assim seus objetivos estratégicos que definem sua contribuição para a estratégia global, conforme mostra a figura 3.3.

Os objetivos específicos são sempre estratégicos e na maioria das vezes se encaixam num dos cinco objetivos citados a seguir.

Segundo Slack, Chambers, Harland, Harrison e Johnston (1997, p.91), “a estratégia de produção de cada unidade contribui para os objetivos estratégicos do nível imediatamente superior.”. Pode-se citar como principais objetivos de desempenho para a manufatura, independente do tipo de produto: custo, qualidade, velocidade, confiabilidade de entrega e flexibilidade. Neste caso, as necessidades e expectativas dos consumidores é que determinam a prioridade dos objetivos de desempenho, enquanto que o conhecimento das atividades dos concorrentes tem a importância de comparar o desempenho para ajudar a direcionar os esforços da manufatura.

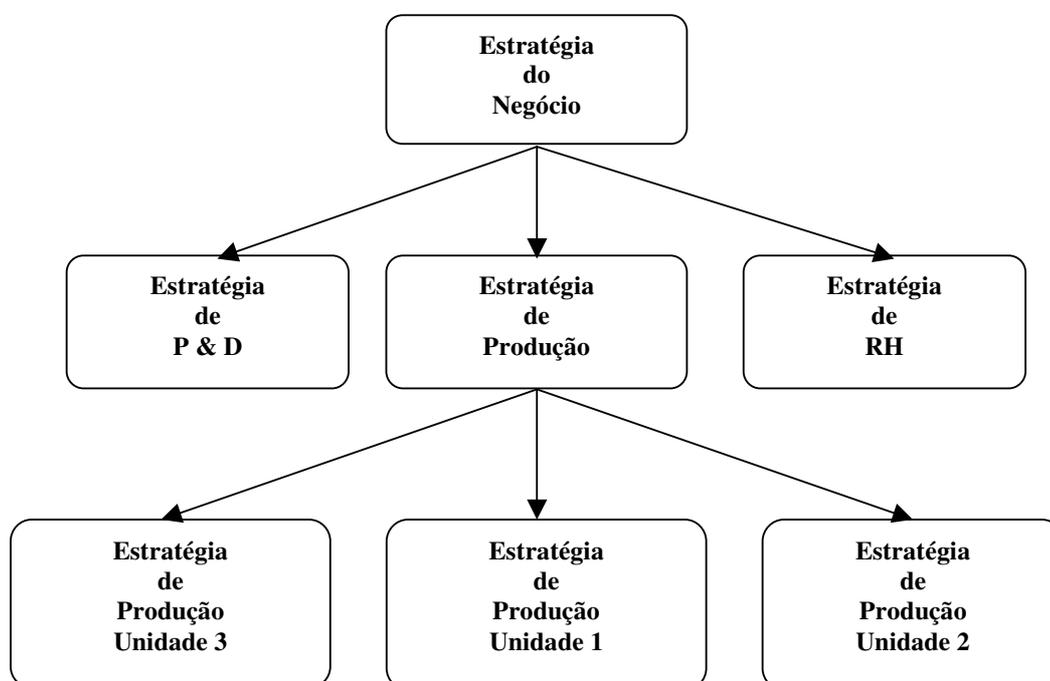


Figura 3.3 – Hierarquia de Estratégias. (Adaptada de Slack, 1997)

3.2.2.1 – Fatores Críticos de Sucesso

Para que um planejamento seja vitorioso é preciso se concentrar especificamente nos obstáculos ao sucesso, para realçar e corrigir os mesmos. Conforme cita Harrington (1997, p.94), “ muitas organizações converterão os obstáculos ao sucesso (coisas sob seu controle que o impedem de implementar com sucesso o plano) em “fatores críticos de sucesso” (coisas que devem funcionar corretamente para serem bem sucedidas).” Portanto, precisa-se atender

aos fatores críticos de sucesso para possibilitar ultrapassar os obstáculos e atingir os objetivos estratégicos, devendo-se aplicar os recursos necessários para alcançar este propósito.

Pode-se assim, expor alguns exemplos de objetivos estratégicos da manufatura relacionados a empresas do ramo industrial de auto-peças para depois obter os fatores críticos de sucesso a estes vinculados.

- a) Objetivos vinculados à competitividade da manufatura: qualidade, velocidade, flexibilidade, confiabilidade de entrega e custo;
- b) Objetivos vinculados à segurança: acidentes de trabalho;
- c) Objetivos vinculados à legislação: atendimento à legislação referente ao produto, atendimento a legislação ambiental e normas técnicas;
- d) Objetivos vinculados à disponibilidade do processo: equipamentos gargalo, falhas de funcionamento nos equipamentos.

Os fatores críticos de sucesso são importantes para que a manufatura conheça onde precisa atuar para obter vantagem competitiva no seu mercado de atuação. É através dos objetivos estratégicos que se pode identificar os fatores críticos de sucesso, conforme é citado por Cecconello (2002, p.97): “Para facilitar a identificação dos fatores críticos de sucesso, sugere-se que sejam levantados, para cada objetivo estratégico da manufatura, um ou mais obstáculos ao seu atingimento. Após, deve-se criar uma condição para superar cada obstáculo levantado”. Portanto, esta condição será um fator crítico de sucesso, e desta forma pode-se determinar os indicadores/medidores para acompanhar os fatores críticos de sucesso e indiretamente os objetivos estratégicos, (ver exemplo na figura 3.4).

Objetivo Estratégico de Manufatura	Obstáculo ao Atingimento do Objetivo Estratégico	Como converter o Obstáculo em Fator Crítico de Sucesso e Atingir o Objetivo	Indicador/Medidor
Flexibilidade	Quebra de equipamentos	Planejamento adequado de manutenção	Índice de disponibilidade, MTBF, MTTR
	Falta de automação	Automatizar a fábrica	Tempos de operação, tempos de <i>set-up</i>
Qualidade	Má qualidade devido a falhas de equipamento	Adequar manutenção dos equipamentos	Não-conformidades relativas a falhas de equipamento
	Pessoal sem treinamento ou treinamento inadequado	Treinamento adequado do pessoal	Horas de treinamento por funcionário

Figura 3.4 – Obtenção dos Fatores Críticos de Sucesso. (Adaptada de Cecconello, 2002)

3.2.2.2 – Critérios e Indicadores

A importância relativa dos fatores críticos de sucesso para os consumidores tem influência sobre os esforços para melhorar o desempenho destes na produção, tendo alguns maior relevância que os outros e considerando-se que os gerentes conheçam profundamente as necessidades dos consumidores. Procura-se então, determinar o processo crítico através dos critérios de maior relevância. Para hierarquizar estes critérios, pode-se utilizar a técnica de Avaliação Numérica de Relações Funcionais de Mudge, para uma ponderação adequada, conforme é demonstrado por Csillag (1995, p.265).

Através da matriz de Mudge (ver figura 3.5), pode-se comparar, par a par, os objetivos estratégicos entre si, identificando o quanto um é mais importante do que outro, utilizando-se os seguintes pesos para avaliação:

5 - função ou critério muito mais importante que a outra;

3 - função ou critério moderadamente mais importante;

1 - função ou critério com pouca importância a mais.

	B	C	SOMA	%
A	A3	C1	3	60
	B	B1	1	20
		C	1	20
	TOTAL		5	100

Figura 3.5 – Exemplo de aplicação da matriz de Mudge.

No exemplo da figura 3.5 pode-se notar que os critérios A, B e C foram correlacionados, utilizando-se os valores para avaliação (1, 3 e 5) apresentados, resultando que A é moderadamente mais importante que B, B tem pouca importância a mais que C e que C tem pouca importância a mais que A. Chegando-se portanto, a soma de pontuação, de onde se conclui que o critério A tem 60% do grau de importância, para 20% de B e 20% de C. O somatório de pontos recebidos por cada objetivo permite chegar aos com maior pontuação, sendo estes considerados os objetivos estratégicos de maior relevância para a manufatura, sugerindo os critérios mais importantes para a posterior identificação do processo crítico.

Para selecionar do processo crítico, aplica-se uma matriz de decisão, onde através de uma pontuação de gravidade se correlaciona os processos pretendentes a críticos com os critérios mais importantes, em que no somatório final, chega-se ao processo com maior pontuação. Sendo este portanto, considerado crítico para a manufatura.

Este trabalho pressupõe uma organização que já possua um planejamento estratégico estabelecido, caso contrário deve-se seguir modelos já consagrados baseados em autores como Slack, Harrington ou Porter, por exemplo. No caso deste último autor, cabe salientar que seu modelo possui forma abrangente e contempla amplamente o tema estratégia. Porter (1999, p.22), cita que a essência da formulação de uma estratégia competitiva é relacionar uma companhia a seu ambiente, tendo este meio ambiente como aspecto principal à indústria ou indústrias em que a empresa compete e que o grau de concorrência em uma indústria depende de cinco forças competitivas básicas, sendo elas: concorrentes, ameaça dos novos entrantes, ameaça dos produtos substitutos, poder de negociação dos fornecedores e poder de negociação dos consumidores. Pode-se citar também que a meta da estratégia competitiva para a empresa em uma indústria é encontrar uma posição dentro dela em que a companhia possa melhor se defender contra estas forças competitivas ou influenciá-las em seu favor.

O conhecimento dos objetivos estratégicos da organização tem papel importante na orientação do processo de manutenção. Desta forma, se pode manter o foco nos objetivos organizacionais e trabalhar com o intuito de atingi-los. O desmembramento do plano estratégico em um plano de nível operacional permite o estabelecimento de objetivos específicos da manutenção, que quando alcançados colaboram diretamente no fortalecimento da competitividade da organização.

Os objetivos estratégicos da manutenção devem visar principalmente o aumento da disponibilidade dos processos críticos da manufatura, modelando o processo de manutenção para o atingimento destes objetivos.

3.3 – Sistemática de Manutenção

A criação ou readaptação de uma sistemática de manutenção, se justifica pelo fato desta possuir variados elementos que influenciam diretamente os fatores críticos de sucesso e conseqüentemente os objetivos estratégicos de manufatura, podendo afetar a vantagem competitiva da organização. Portanto, torna-se imprescindível que se monte uma sistemática baseada na formação de uma cultura de manutenção e de itens gerenciais sob orientação de uma engenharia especialista. Transforma-se assim, as características necessárias para

elaboração de um planejamento de manutenção, visando principalmente obter o atendimento adequado ao processo considerado crítico para a manufatura.

3.3.1 – Cultura de Manutenção

A cultura é definida por Oakland (1994, p.37) da seguinte forma, “A cultura em qualquer “negócio” pode então ser definida como o conjunto de crenças difundidas pela organização sobre como conduzir as atividades, como os empregados devem comportar-se e como devem ser tratados.”

Possuir uma cultura de manutenção é atingir o comprometimento amplo organizacional, no que se refere a garantir que um processo confiável e altamente seguro seja mantido, o que não é nada fácil, requer significativa dedicação de tempo, treinamento, recursos financeiros e comprometimento da alta administração.

Conforme Madu (2000, p.938), “Uma cultura organizacional que todas as unidades de negócio trabalhassem em direção a uma meta comum e uma apoiando a outra deveria ser desenvolvida.”. Pois, de outra forma, resultaria em sub-otimização e as metas organizacionais não seriam atingidas.

Na maioria das vezes é necessário uma mudança do sistema de informação, pois as informações devem fluir lateralmente e os membros da organização devem sentir-se seguros para identificar e informar fontes de problemas de manutenção, bem como oferecendo sugestões para melhoramentos.

A formação de uma cultura de manutenção requer o estabelecimento de uma política de manutenção com objetivos claros que visam garantir o atingimento dos resultados esperados pela organização, através de processos de manufatura confiáveis e disponíveis.

3.3.1.1 – Política de Manutenção

Semelhante a política da qualidade, a política de manutenção busca sintetizar o comprometimento dos técnicos com os objetivos da manutenção.

O estabelecimento de uma política de manutenção é requisito fundamental para implementação de uma cultura de manutenção. É dever da gerência de manutenção definir e publicar sua política de manutenção, que constitui um elemento da política corporativa. Esta deve ser divulgada, compreendida e mantida em todos os níveis da área de manutenção e

posteriormente em toda organização de forma ampla. Para isso é fundamental o comprometimento da alta gerência e da diretoria industrial.

3.3.1.2 – Objetivos da Manutenção

Da mesma forma como outros processos de negócio, a manutenção precisa traçar seus objetivos estratégicos, visando contribuir para o atingimento dos objetivos de manufatura e conseqüentemente com os globais da organização, para que as ações fluam na mesma direção. Os objetivos de manutenção devem ser desdobrados dos objetivos estratégicos da organização (ver figura 3.3).

Os objetivos de manutenção em geral, visam a melhoria da disponibilidade operacional, a redução de custos, o aumento da segurança, entre outros. Na ótica deste trabalho os objetivos estão atrelados à visão da criticidade dos processos, visando a sistematização do planejamento de manutenção.

3.3.2 – Engenharia de Manutenção

A engenharia de manutenção é a unidade gestora do processo de manutenção que tem como principal produto o plano de manutenção.

É de suma importância que o processo de manutenção esteja adequado a estratégia da organização, pois desta forma, torna viável a elaboração de um planejamento de manutenção que atenda as necessidades da manufatura e possibilite a maximização da disponibilidade dos equipamentos críticos. A engenharia de manutenção deve ser a fonte tecnológica e de gerenciamento que conduzirá o processo de manutenção a ser continuamente re-orientado de acordo com a flexibilidade das necessidades da manufatura.

3.3.2.1 – Documentação Técnica

A documentação técnica deve ser elaborada, estudada, padronizada, mantida e transmitida para as equipes de manutenção com responsabilidade geral da engenharia de manutenção.

3.3.2.2 – Recursos Humanos – Requisitos de Qualificação de Pessoal

Cabe à engenharia de manutenção determinar os requisitos de qualificação do pessoal de manutenção, além da avaliação dos profissionais que atuam na área. As necessidades de treinamento devem ser levantadas e sanadas para manter o padrão de qualidade do trabalho. Podendo ser dado treinamento internamente ou por entidades externas à organização.

Dentre as principais atividades de RH, pode-se citar: treinamento, política salarial e de carreira, serviço social, serviço médico e comunicação interna. De uma forma geral estas atividades têm papel crucial no desempenho do pessoal de manutenção, pois auxiliam no desenvolvimento dos mesmos, tornando-os preparados técnico e psicologicamente para os novos desafios, como neste caso em especial no gerenciamento da manutenção de processos críticos.

3.3.2.3 – Gerenciamento de Sobressalentes

Um dos papéis importantes da engenharia de manutenção é gerenciar as peças e componentes que vão atender à substituições necessárias em intervenções corretivas e em alguns casos para manutenção preventiva. São componentes, em geral padronizados, com prazo de entrega longo e peças usinadas que precisam estar disponíveis para reduzir o tempo para reparo, na maioria dos casos de equipamentos críticos, contribuindo assim, para a melhoria da manutenabilidade e conseqüentemente da disponibilidade.

A importância deste fator estar vinculado a engenharia de manutenção é obter a padronização e a qualidade necessária para o atendimento das equipes de execução. Além disso, procura-se gerenciar o controle e rotatividade do estoque para alcançar o menor custo possível.

O gerenciamento de sobressalentes tem importância fundamental na garantia de disponibilidade de um processo crítico, mantendo componentes de qualidade para a reposição necessária de urgência e no caso de um planejamento de manutenção com enfoque em criticidade de processos, pois itens relacionados a este processo, também serão tratados como críticos.

3.3.2.4 – Estudos, Automações e Melhorias

Uma das atividades mais importantes da engenharia de manutenção é elaborar estudos e realizar melhorias em equipamentos com problemas crônicos, onde as intervenções de manutenção são reincidentes, difíceis, caras ou geram situações inseguras de operação ou manutenção. Eventualmente torna-se necessário o reprojeto parcial ou total do equipamento.

É cada vez mais freqüente e necessária as automações de equipamentos, através da inserção de novas tecnologias com o objetivo de aumentar a produtividade, melhorar os controles e operações na manufatura. Estudos relacionados à conservação de energia, à melhorias de meio ambiente e a redução de acidentes são atividades integrantes da engenharia de manutenção.

A engenharia de manutenção deve ter participação nas decisões para aquisição de equipamentos novos e também sugerir as necessidades para aquisição de equipamentos similares que possam operar em *stand-by*, quando se fizer necessário, como por exemplo: em gargalos, equipamentos críticos c/sobrecarga produtiva, equipamentos críticos para a manutenção.

De uma forma geral, a engenharia de manutenção possui vinculo direto com a disponibilidade dos equipamentos, atuando para melhoria de sua confiabilidade e manutenibilidade, seguindo orientação de indicadores de criticidade de processos para obter maior eficiência em sua atuação.

3.3.3 – Planejamento de Manutenção

No que tange a manutenção de equipamentos e sob a ótica da criticidade de processos, o planejamento de manutenção permite o uso de um conjunto de ferramentas que possibilitam manter processos críticos disponíveis para a manufatura o tempo que ela necessitar. Assim, destaca-se a importância do planejamento de manutenção no tratamento adequado de processos críticos.

3.3.3.1 – Objetivos do Planejamento de Manutenção

O planejamento visa proporcionar maior confiabilidade, manutenibilidade e conseqüentemente disponibilidade ao equipamento. Deve atender bem os equipamentos críticos da manufatura, por isso sua elaboração deve ser orientada pela união de objetivos e

políticas de produção juntamente com os de manutenção. Cabe a engenharia de manutenção proporcionar um processo de manutenção que de sustentação para a eficiente elaboração e execução de um plano de manutenção.

Plano este que deve ser orientado em função da criticidade dos processos, visando direcionar os esforços para os equipamentos dos processos realmente críticos e economizando os esforços para os menos críticos.

3.3.3.2 – Vantagens do Planejamento de Manutenção

Pode-se resumir algumas das vantagens da criação de um plano de manutenção como segue:

- a) Possibilita o planejamento de recursos humanos;
- b) Pode-se evitar erros de contratação de terceiros e na aquisição de sobressalente (possibilita o gerenciamento de sobressalente);
- c) Pode-se adquirir materiais com melhor qualidade e com menor custo;
- d) Através de planos de trabalho, cronogramas podem ser preparados e coordenados com planos de produção;
- e) Pode-se identificar padrões de trabalho ainda não elaborados;
- f) O senso de responsabilidade das pessoas pode ser estimulado;
- g) Evita-se o trabalho desnecessário;
- h) Possibilita a manutenção oportunista (quando há uma paralisação do equipamento para preparações, falta de matéria-prima, falta de operador, troca de turno, almoço, etc);
- i) É possível estimar o número de etapas envolvidas no plano e o custo de cada uma.

3.3.3.3 – Freqüência do Plano

Também conhecida como sistema de controle, a determinação da freqüência é uma das principais etapas de um plano, conforme cita Moubrey (2000, p.224):

Uma vez que as tarefas tenham sido agrupadas em um pacote adequado, o próximo passo é manter um sistema de controle e planejamento que assegure que sejam feitos pela pessoa certa e no tempo certo. Um fator principal que influencia o projeto de tais sistemas é a freqüência dos programas.

Após elaborado o plano de manutenção deve-se programar a execução das tarefas do plano. Diversas podem ser as formas de gerenciar os programas, podendo-se citar as principais como:

- a) Programas feitos pelos operadores;
- b) Programas e inspeções de qualidade;
- c) Programas de alta frequência executados pela manutenção;
- d) Programas de baixa frequência executados pela manutenção.

Sendo que em (a), os programas feitos pelos operadores são normalmente *check-lists* utilizados pelo operador para executar tarefas de busca de falha e sob-condição. Geralmente, são tarefas de alta frequência, algumas diárias, podendo ser até uma ou duas vezes por turno de trabalho.

Em (b), são falhas potenciais e funcionais que podem ser reveladas pela qualidade do produto (uma forma de monitoramento das condições através de CEP). Deve-se observar que as inspeções de qualidade devem ser reconhecidas como uma fonte válida e valiosa de informação de manutenção.

O item (c) é uma espécie de *check-list* que exige mais planejamento, de forma que não sobrecarregue a equipe de manutenção.

Para o item (d) existem duas formas de planejar programas de baixa frequência: o planejamento baseado no tempo transcorrido e o baseado no tempo de uso. Sendo que se possível os sistemas de planejamento baseado no tempo em uso devem ser informatizados para tornar mais seguro e ágil o processamento de grandes quantidades de dados.

3.3.3.4 – Ferramentas Úteis ao Planejamento de Manutenção

Atuando isoladamente, o planejamento de manutenção, na maioria das vezes, não é o suficiente para garantir que se mantenham disponíveis os equipamentos pertencentes ao processo crítico. É necessário a aplicação de ferramentas especiais que venham a adicionar confiabilidade à manutenção dos processos críticos. Portanto, estão sendo expostas aqui três das mais importantes ferramentas (ou métodos) que se adaptadas às características específicas da organização, poderão auxiliar na garantia da disponibilidade de processos críticos, pois atuam de forma direta na causa dos problemas e permitem a restauração antes que o problema se torne aparente, justificando assim sua aplicação nos processos críticos.

A manutenção industrial pode ser considerada como um labirinto, onde diversos são os caminhos que se pode atacar as falhas, entretanto, pode-se estar gastando esforços em vão. Desta forma existem técnicas e ferramentas utilizadas para direcionar o planejamento para onde realmente é importante, ou seja, para onde se pode eliminar ou reduzir as falhas, aumentando assim a disponibilidade.

Moubray descreve a importância de identificar os tipos de falhas funcionais que podem ocorrer, os modos, os efeitos e as conseqüências das falhas para definir as técnicas de gerenciamento das falhas e a seleção de tarefas para eliminação ou redução destas. Para atingir este estágio, no entanto, a análise da causa raiz da falha é fundamental conforme Madu (2000, p.940): “Análise da causa raiz é um passo essencial para obter um eficaz e eficiente programa de gerenciamento da confiabilidade e da manutenção.”

A análise da causa raiz é facilitada pelo uso de técnicas padrão, consagradas pelo gerenciamento da qualidade total e que são freqüentemente usadas em programas de melhoria contínua como por exemplo: folha de verificação, análise de Pareto, tempestade de idéias (*Brainstorming*), cartas de controle, entrevistas, círculos de confiabilidade e manutenibilidade, *benchmarking*, método de segurança contra falhas e diagrama de causa-e-efeito.

A Manutenção Centrada em Confiabilidade, do inglês *Reliability-Centred Maintenance* (RCM), é um dos mais modernos conceitos em termos de métodos de manutenção, conforme definição de Organ, Whitehead e Evans (1997, p.223): “Manutenção Centrada em Confiabilidade (RCM) não é uma ferramenta ou técnica de manutenção mas é um dos mais poderosos métodos disponíveis na aplicação de ferramentas de manutenção.” Pois proporciona identificar componentes críticos do equipamento que podem influenciar no processo e o regime de manutenção mais apropriado a aplicar no equipamento.

Segundo Moubray (2000, p.7): “Manutenção Centrada em Confiabilidade: é um processo usado para determinar o que deve ser feito para assegurar que qualquer ativo físico continue a fazer o que seus usuários querem que ele faça no seu contexto operacional presente.”

Outra ferramenta é a TPM ou MPT – Manutenção Produtiva Total, no qual o operador é envolvido na realização de tarefas simplificadas de manutenção como inspeções, regulagens e lubrificações. Pelo fato do mesmo estar próximo da máquina grande parte do tempo, pode detectar defeitos no equipamento antes que se transforme numa falha grave. Segundo Fleming (2000, p.77), “A TPM representa uma mudança na cultura de trabalho, por enfatizar a preservação dos equipamentos e eliminação das perdas de produção.”. De uma forma geral, a

TPM busca qualificar os operadores tecnicamente, permitindo disponibilizar mais tempo aos técnicos de manutenção para que estes possam realizar manutenções mais complexas, manutenções preventivas e também preditivas.

Dentre várias ferramentas, selecionou-se estas três como sugestão para aplicação, juntamente com o planejamento de manutenção, com o objetivo principal de atender a disponibilidade requerida pelo processo crítico. Esta escolha se deve ao fato de serem já conhecidas e aplicadas com sucesso em diversas organizações, possuir um enfoque amplo de aplicação e não visarem apenas o equipamento, mas o desenvolvimento das pessoas e dos processos envolvidos. Assim, acredita-se que são plenamente compatíveis com o modelo a ser proposto neste trabalho.

3.4 – Considerações

Num contexto geral, mostrou-se a necessidade de se conhecer os processos, utilizando-se para isso o mapeamento de processos e assim através de critérios determinar os processos críticos para a manufatura. Comprovou-se que deve existir, uma estratégia global para a organização com objetivo de nortear as ações para o atingimento dos resultados previamente estabelecidos para manter a competitividade. Hierarquicamente, os objetivos estratégicos de manufatura e os fatores críticos de sucesso, devem orientar o macro-processo manufatura na mesma direção dos objetivos globais e mostrar onde se quer chegar. Assim sendo, tem-se condições de determinar os critérios e indicadores para ser selecionado o processo crítico. Posteriormente, apresentou-se o processo de manutenção como forma de ordenar as atividades de manutenção e alavancar a necessidade de uma engenharia de manutenção para gerenciar todas estas atividades, tanto técnicas quanto de gestão, fortalecendo a importância da manutenção como um processo de negócio essencial para o atingimento dos resultados da manufatura e da organização. Para isto, percebe-se que a criação e disseminação de uma cultura de manutenção pela organização é fundamental para gerar um ambiente favorável a busca desta excelência.

Desta forma, é possível vincular o processo de manutenção às estratégias da organização e aos objetivos estratégicos da manufatura podendo definir os processos críticos e direcionar os esforços nesta direção. Através do planejamento de manutenção elaborado sob estas diretrizes, busca-se garantir a máxima disponibilidade dos equipamentos e conseqüentemente dos processos críticos.

Sob esta concepção, no próximo capítulo apresenta-se uma sugestão de modelo, desenhado de forma a vincular o processo de manutenção aos processos e estratégias da organização, procurando aplicar um processo e planejamento de manutenção continuamente adequados aos objetivos desta.

CAPÍTULO 4 – MODELO PROPOSTO

Em concordância com o objetivo geral deste trabalho, desenvolveu-se no Capítulo 2 a fundamentação teórica e subseqüentemente a descrição do ferramental no Capítulo 3, ambos tendo como finalidade alicerçar o desenvolvimento de uma proposta de modelo de planejamento de manutenção. Portanto, sobre estas bases formadas de forma global pelas linhas de estratégia, processos e sistemática de manutenção, construiu-se o modelo que é proposto no presente capítulo.

4.1 – Apresentação do Modelo

Neste capítulo é proposto um modelo para planejamento de manutenção que engloba as estratégias da organização, a identificação do processo crítico e a sistemática de manutenção.

O modelo é composto por doze etapas agrupadas em cinco fases, sendo que algumas das fases podem ser executadas em paralelo. (ver figura 4.1). A seguir são apresentadas as mesmas:

- Fase 1: Fatores Críticos de Sucesso para Manufatura
 - Etapa 1: Planejamento Estratégico, Visão, Missão, Negócio, Objetivos e Metas;
 - Etapa 2: Objetivos Estratégicos de Manufatura e Fatores Críticos de Sucesso;
 - Etapa 3: Determinação de Critérios e Indicadores;

- Fase 2: Visão Sobre Processos Críticos
 - Etapa 4: Mapeamento do Macro-Processo Manufatura;

- Fase 3: Sistemática de Manutenção
 - Etapa 5: Estratégias de Manutenção e Cultura de Manutenção;
 - Etapa 6: Engenharia de Manutenção;
 - Etapa 7: Planejamento de Manutenção;

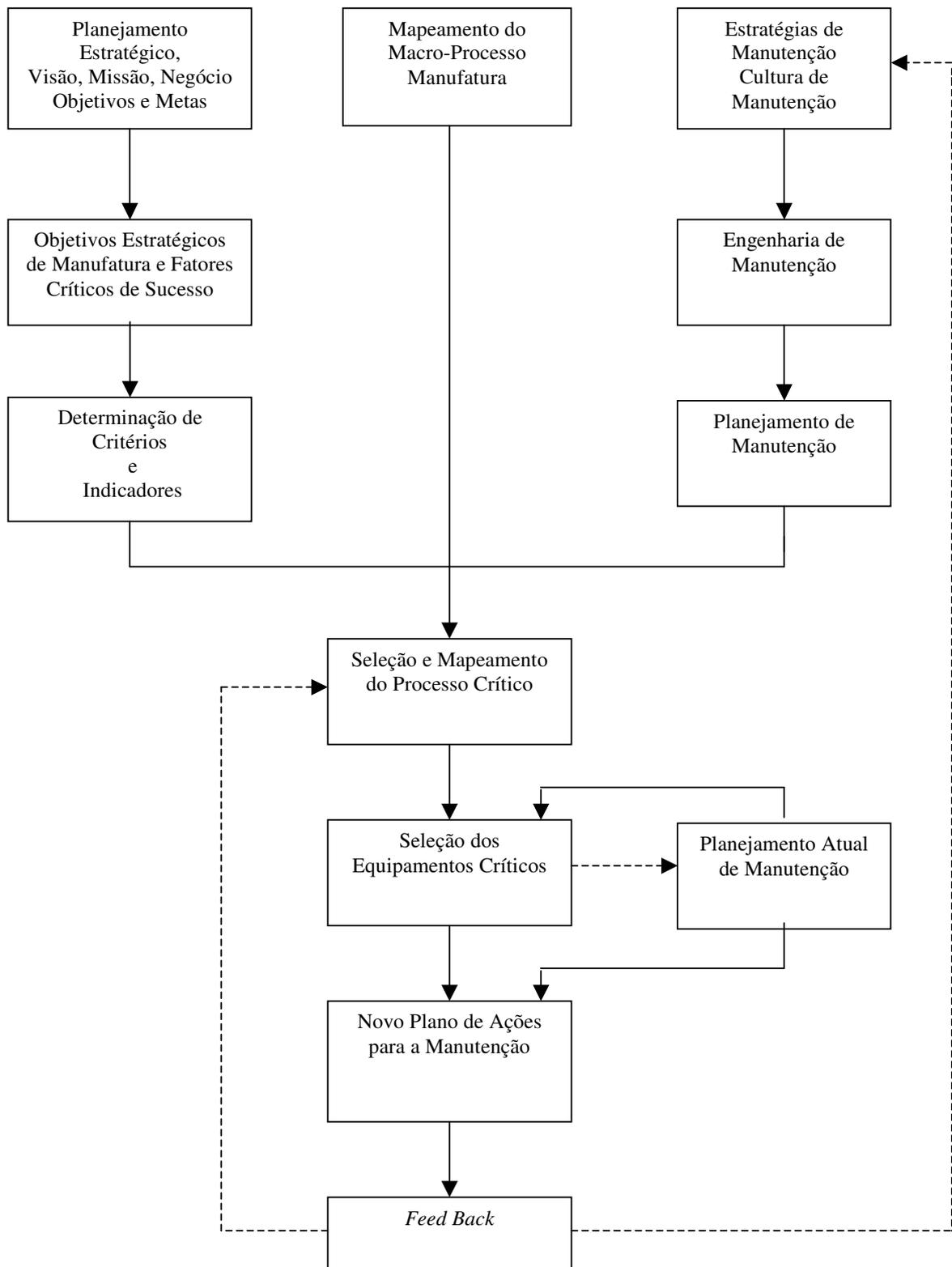


Figura. 4.1 – Modelo proposto para planejamento de manutenção.

- Fase 4: Processo Crítico e Equipamentos Críticos
 - Etapa 8: Seleção e Mapeamento do Processo Crítico;
 - Etapa 9: Seleção dos Equipamentos Críticos;
 - Etapa 10: Planejamento Atual de Manutenção;

- Fase 5: *Feed-Back*
 - Etapa 11: Novo Plano de Ações para a Manutenção;
 - Etapa 12: *Feed-Back*.

Seguindo a orientação dada pelo planejamento estratégico, na Fase 1 são determinados os Fatores Críticos de Sucesso para a manufatura (Etapa 2), objetivando o estabelecimento de critérios e indicadores (Etapa 3) e seus respectivos graus de importância. Através destes critérios será possível na Fase 4, identificar o processo crítico para a manufatura (Etapa 8).

Na Fase 2 visualiza-se a pré-seleção do macro-processo crítico de manufatura. Através do mapeamento do macro-processo manufatura pode-se conhecer melhor seus processos internos e extrair informações úteis à identificação do processo crítico.

Em paralelo às Fases anteriores, na Fase 3 é apresentada a sistemática de manutenção, sub-dividida em três Etapas. Procura-se inicialmente criar uma cultura de manutenção (Etapa 5), através do estabelecimento de uma política e de objetivos de manutenção, criando assim um ambiente adequado para realização de um planejamento de manutenção efetivo sobre os equipamentos críticos. Propõe-se a criação de uma equipe de engenharia de manutenção (Etapa 6) para conduzir a sistemática de manutenção e elaborar o planejamento de manutenção (Etapa 7). Nota-se portanto, que o planejamento de manutenção é o objetivo final da sistemática de manutenção, podendo assim ser aplicado aos equipamentos críticos inseridos no processo crítico a ser estabelecido na Fase 4.

A Fase 4 reúne inicialmente o fluxo das Fases 1, 2 e 3 e através das informações disponíveis e dos critérios estabelecidos na Fase 1, determina-se o processo crítico prioritário para o macro-processo crítico (Etapa 8). Pode-se então, estabelecer critérios para selecionar os equipamentos críticos para o processo, na Etapa 9. Conclui-se esta Fase com a determinação dos equipamentos críticos e tendo-se o conhecimento de seu planejamento atual de manutenção (Etapa 10), podendo este estar atendendo bem as necessidades dos equipamentos e do processo. Neste caso, o plano deve ser apenas monitorado, para que em caso de mudança das necessidades do processo, o plano seja readequado ao mesmo. Entretanto, se o plano atual não atende as necessidades dos equipamentos e do processo, o mesmo deve ser readequado

imediatamente. Nesta última situação torna-se necessário um novo plano de ações para a manutenção, inserindo-se na Fase 5 do modelo.

Nesta Fase 5, se tem a necessidade de criar um novo plano de ações para a manutenção (Etapa 11), readequando o planejamento de manutenção e podendo-se ter de avaliar a sistemática de manutenção, criando assim novas especificações de manutenção e posteriormente implementando as ações necessárias para que o plano e a sistemática de manutenção estejam novamente adequados ao processo crítico e garantindo o atingimento dos resultados da manufatura.

A última Etapa é o *feed-back*, ou seja o retorno das informações levantadas na Etapa 11 para a Fase 3, onde é revista a sistemática de manutenção. Da Etapa 12 deve-se retornar também para a Etapa 8, pois tem-se a necessidade de se verificar continuamente se o processo crítico se mantém desta condição, devido ao fato de que alterações podem ocorrer com relação aos critérios e as condições pré-estabelecidas, podendo o processo em questão deixar de ser crítico, dando lugar a outro.

4.2 – Descrição das Etapas do Modelo

4.2.1 – Fase 1: Fatores Críticos de Sucesso para a Manufatura

Nesta primeira Fase desenvolve-se uma seqüência, a partir da Etapa 1 com o planejamento estratégico da organização, que é de suma importância para qualquer organização que pretende implementar modelos para desenvolvimento empresarial e após com a Etapa 2, onde se trata dos objetivos estratégicos de manufatura e dos fatores críticos de sucesso, visa-se entender com que bases a manufatura auxilia o sucesso do negócio, objetivando extrair, na Etapa 3, os critérios e indicadores que tornem possível determinar o processo crítico da manufatura posteriormente.

4.2.1.1 – Etapa 1: Planejamento Estratégico, Visão, Missão, Negócio, Objetivos e Metas

Esta Etapa trata da estratégia da organização no seu nível global. A estratégia é apresentada e detalhada no Planejamento Estratégico, onde são estabelecidos os objetivos e metas a médio e longo prazos para a organização. Primeiramente são estabelecidos a visão da organização, sua missão, seu negócio e seus valores e princípios, que são os norteadores que dão a direção em que se deseja andar, ou seja, os mercados que se deseja atuar, os

investimentos que se deseja fazer, dentre outros. Estas informações quando claras e disseminadas por toda a organização, formam um ambiente de segurança entre os funcionários, pois passam a entender o significado do seu trabalho e para onde ele está levando. Estas informações precisam ser estabelecidas pela alta administração e raramente são mudadas.

No caso da definição dos objetivos e metas, a participação das gerências é imprescindível, pois são eles que devem saber o que os clientes e acionistas esperam e a capacidade em atender a esta expectativa.

Os objetivos e metas são avaliados e revisados em um determinado período de tempo, geralmente é anual, e estão sujeitos a mudanças à medida que algo ocorra de novo ou que objetivos específicos vão sendo atingidos.

Pretende-se através do planejamento estratégico, determinar o foco, nortear as ações e estabelecer onde e o que fazer para alcançar os resultados. Entretanto, não é objetivo deste trabalho realizar um planejamento estratégico, sendo que, devido a importância deste para a implementação deste modelo, a empresa que não tiver um planejamento estratégico estabelecido, deve implementar modelos existentes como o de Porter por exemplo (ver item 3.2.2.2), para que se dê seqüência às etapas e fases seguintes.

Tendo então em mãos, o planejamento estratégico, deve-se seguir a orientação dos objetivos estratégicos de manufatura. Pelo fato do macro-processo manufatura ter sido previamente escolhido como crítico para a organização (ver item 3.1.1), sendo a área onde estão a grande maioria dos equipamentos e instalações, passa a ser o alvo da aplicação do modelo para planejamento de manutenção. Sendo assim, pretende-se ao final desta fase, obter os critérios e indicadores que auxiliarão a determinar o processo crítico dentro da manufatura.

4.2.1.2 – Etapa 2: Objetivos Estratégicos de Manufatura e Fatores Críticos de Sucesso

Para esta Etapa, torna-se necessário a formação de uma equipe para desenvolvimento e implementação das propostas. Propõe-se que esta equipe de implementação seja composta pelo gerente da manufatura e membros desta mesma área, além de membros das áreas de processo e manutenção.

Neste momento, os objetivos globais são desmembrados em específicos, para cada macro-processo, passando a ser tratado o nível tático da estratégia, ou seja, como se fará para atingir os objetivos globais. Nesta Etapa do modelo proposto, o macro-processo manufatura passa a ser o alvo do planejamento, como citado no item anterior. O gerente e sua equipe são

os responsáveis pela preparação das táticas, sendo na maioria das vezes os responsáveis por sua implementação. Os objetivos específicos de manufatura são em quase sua totalidade decorrentes dos objetivos estratégicos de manufatura.

Intrinsecamente ao planejamento, estão os obstáculos ao sucesso do mesmo, que dificultam o atingimento dos objetivos estratégicos de manufatura. Estes obstáculos precisam ser convertidos em fatores críticos de sucesso conforme mostrado na figura 3.4 (ver item 3.2.2.1), cabendo aos dirigentes da organização esta tarefa, através da incorporação de estratégias adicionais aos planos, sendo isso possível, utilizando-se de modelos de estratégia como o de Porter já citado no item anterior. É através da tabulação dos objetivos estratégicos com os obstáculos ao sucesso que se obtém os fatores críticos de sucesso.

Se tem, então, como objetivo principal desta fase a obtenção dos objetivos nos quais a área de manufatura irá dedicar seus esforços. Além disso, outra questão fundamental é a que os objetivos de manufatura darão a orientação para a elaboração das estratégias de manutenção.

4.2.1.3 – Etapa 3: Determinação de Critérios e Indicadores

Torna-se necessário neste instante, a determinação dos critérios que ajudarão na etapa oito a selecionar o processo crítico dentro da manufatura. Aplicando-se a técnica de avaliação das relações funcionais de Mudge conforme é demonstrado por Csillag (1995, p.265) nos objetivos estratégicos de manufatura pode-se estabelecer os de maior relevância (deve ficar claro que todos os objetivos estratégicos podem ser tratados como critérios daqui em diante, porém com importância distintas para o processo crítico). São estabelecidos então, indicadores baseados nos fatores críticos de sucesso (ver item 3.2.2.1, figura 3.4), que indiretamente irão quantificar os critérios selecionados e na etapa dez servirão para constatar a efetividade do planejamento de manutenção aplicado sobre os equipamentos críticos do processo crítico.

Com a participação da equipe de implementação, elabora-se a matriz de Mudge (ver item 3.2.2.2), apresentada por Csillag (1995, p.265), para determinação dos pesos de importância dos critérios. Nesta técnica, é possível comparar os critérios entre si, chegando finalmente a uma soma de pontos em que os critérios com pontuação mais elevada são considerados os mais importantes.

A equipe tem então para esta fase, as seguintes tarefas:

- Determinar critérios e respectivos pesos para identificação posterior do processo crítico da manufatura;
- Estabelecer os indicadores de processo para avaliar o planejamento de manutenção.

Com a obtenção dos critérios e indicadores conclui-se a Fase 1, em paralelo a esta, está a Fase 2, que possui apenas uma etapa, onde é apresentado o macro-processo crítico em que será aplicado o modelo para planejamento de manutenção.

4.2.2 – Fase 2 – Visão sobre Processos Críticos

A Fase 2 é formada por apenas uma Etapa, que consiste no mapeamento do macro-processo manufatura, pré-selecionado na Fase anterior.

4.2.2.1 – Etapa 4: Mapeamento do Macro-Processo Manufatura

O objetivo desta Fase é obter o entendimento mais claro do macro-processo crítico manufatura, já pré-selecionado anteriormente (ver item 3.1.1).

Através do mapeamento geral do macro-processo manufatura, se poderá visualizar a seqüência de fluxo, conhecer seus processos internos e entender suas funções.

Cabe à equipe de implementação do modelo elaborar o mapeamento geral do macro-processo manufatura.

Visando iniciar a tarefa de mapeamento geral (ver item 3.1.2) em nível de processo do macro-processo manufatura, a equipe de implementação precisa definir limites para possibilitar que se trabalhe onde realmente seja necessário, por exemplo: definindo linha de produtos, mercados de atuação, dentre outros. Em síntese, deve-se buscar o processo crítico como aquele em que a gerência ou os clientes não estejam satisfeitos com relação a sua disponibilidade operacional, frente a realização de suas atividades, conforme o planejado ou de acordo com os objetivos estratégicos da organização.

Se tem também como finalidade, identificar quais os fatores que podem afetar a disponibilidade operacional dos processos.

Encerra-se assim a Fase 2 e parte-se para a próxima Fase, que trata da sistemática de manutenção, expondo o que ocorre em grandes organizações na atualidade.

4.2.3 – Fase 3 – Sistemática de Manutenção

Na Fase 3 é apresentada a sistemática de manutenção, que consiste de três Etapas: inicia com a construção de uma cultura e estratégias de manutenção, sendo seguida pela formação de uma equipe de engenharia de manutenção. A Fase é concluída com a Etapa 7 de planejamento de manutenção. Esta Fase recebe o *feed-back* da Etapa 12, portanto deve ser readequada quando necessário com base nas informações recebidas.

4.2.3.1 – Etapa 5: Estratégias de Manutenção e Cultura de Manutenção

O objetivo desta Fase é o estabelecimento de uma cultura de manutenção e a criação de objetivos e metas específicos da área de manutenção.

A formação de um ambiente adequado para a elaboração e execução de um planejamento de manutenção é fundamental para o atingimento dos resultados da manufatura, no que tange a disponibilidade operacional dos equipamentos críticos.

Com a construção de uma estratégia de manutenção intrínseca ao plano tático da organização e com posterior divulgação, objetiva-se formar uma amplo comprometimento das pessoas, não só da área de manutenção, mas das áreas produtivas e de apoio, para com esta cultura de manutenção.

Para execução desta Fase, os membros da área de manutenção que compões o grupo de implementação, responsabilizam-se por ela sob orientação do gerente desta mesma área.

Esta fase tem como principais saídas, a formação de um ambiente adequado para o planejamento de manutenção e para uma sistemática de manutenção e a elaboração de objetivos e metas para nortear as atividades de manutenção.

Tendo-se estabelecido uma cultura e uma direção para manutenção, se tem a necessidade de formar uma equipe de engenharia para dar seguimento e apoio à sistemática formada, com a finalidade de obter um planejamento adequado de manutenção. Portanto, a próxima etapa visa formalizar a base teórica formada nos Capítulos 2 e 3.

4.2.3.2 – Etapa 6: Engenharia de Manutenção

Nesta fase se tem como finalidade a formação de uma equipe de engenharia com especialidades em manutenção. Em âmbito definitivo, esta equipe conduzirá toda a sistemática de manutenção em uma ou mais unidades de negócio da organização, com fins de

gestão e de transmissão e suporte tecnológico. As atribuições desta equipe já foram elencadas no Capítulo 2, porém a principal é a elaboração do planejamento de manutenção adequado aos equipamentos críticos, visando atender a disponibilidade operacional requerida e buscando atingir os objetivos e metas da manufatura, conforme orientação do modelo proposto.

Esta equipe de engenharia deve ser formada pelo gerente de manutenção com aprovação do Diretor Industrial da organização, para obter comprometimento e respaldo das demais áreas e principalmente pelo fato de alterar a estrutura hierárquica da organização, pois a gerência de manutenção passa a assumir o mesmo nível das gerências das unidades de negócio.

Esta equipe de engenharia sob coordenação do gerente de manutenção deve abranger principalmente as seguintes áreas: planejamento de manutenção preventiva, manutenção preditiva, automações, melhorias e reprojeto, apoio técnico de usinagem e mão-de-obra às equipes executantes, gerência de custos, RH, indicadores gerais, sobressalentes e documentação técnica.

Como saídas desta etapa tem-se, além da formação da equipe de engenharia, caso não exista na empresa, também a agregação das responsabilidades e tarefas explicitadas nos Capítulos dois e três, onde é demonstrado o papel essencial que a engenharia de manutenção possui para a condução efetiva da sistemática de manutenção.

Estando formada a equipe de engenharia e claro seu papel de atuação, tem-se a base de sustentação para desenvolvimento de um planejamento de manutenção que possa atender aos objetivos estratégicos e a manter disponível o processo crítico da manufatura.

4.2.3.3 – Etapa 7: Planejamento de Manutenção

Esta Etapa é uma das mais importantes para o modelo, pois é através do planejamento de manutenção que se busca aumentar a disponibilidade dos equipamentos críticos e conseqüentemente do processo crítico.

Primeiramente propõe-se uma revisão completa dos planos de manutenção de todos equipamentos da planta, visando aliviar carga desnecessária de planejamento, enxugar o banco de dados do sistema de informações e disponibilizar recursos humanos para execução de novas tarefas.

O objetivo principal desta fase é elaborar um planejamento adequado de manutenção, que atenda os equipamentos críticos da organização, estabelecendo um nível máximo de disponibilidade de equipamentos a um custo aceitável e conforme modelo, recebendo *feed-*

back constante, através de indicadores, alguns de manutenção oriundos da Etapa 6 e outros de criticidade do processo oriundos da Etapa 3, para possíveis readequações de planejamento. Deseja-se também que, através da engenharia de manutenção seja, mantido uma sistemática de manutenção para dar o suporte ao planejamento e, da mesma forma que este também se readapte rapidamente as necessidades conforme retorno de informações por *feed-back*.

A aplicação desta Fase de planejamento cabe à engenharia de manutenção com planejadores de manutenção fixos em cada unidade de negócio e com suporte na central de engenharia.

Neste trabalho está se considerando o planejamento de manutenção de uma forma bastante ampla, portanto, no momento da elaboração do planejamento, deve-se levar em consideração as seguintes atividades a ele pertencentes:

- planos de lubrificação;
- planos de manutenção preventiva;
- planos de manutenção preditiva;
- aplicação de métodos e técnicas que auxiliem o planejamento e que busquem reduzir falhas.

Com a determinação do processo crítico a ser realizado na Etapa oito e posterior identificação dos equipamentos críticos inerentes a este, o planejamento de manutenção passa a ser estudado e aplicado aos mesmos para que estes estejam disponíveis à manufatura sempre que se necessite produzir.

Na elaboração do plano de manutenção para determinado equipamento crítico, primeiramente precisa ser definido “o que” será feito, ou seja, as tarefas a serem realizadas pelos técnicos. As tarefas devem ser baseadas em informações do fabricante, dados estatísticos e históricos do equipamento, experiência dos técnicos e/ou estudos de engenharia, além de informações vindas do processo. Com esta base de dados somado a sensibilidade dos planejadores, se tem as condições para elaboração de um pacote de tarefas adequado.

O próximo passo é determinar “quem” irá executar as tarefas, ou seja, a equipe ou pessoa executante e as suas especialidades (elétrica, mecânica, lubrificação, etc.) requeridas, assim como, se estes estão treinados para a execução de determinadas tarefas. Em casos de maior complexidade ou específicos, procedimentos de trabalho são necessários.

A seleção de ferramentas, dispositivos e acessórios especiais para a realização das tarefas também é parte integrante do planejamento, pois precisam estar disponíveis e em condições no momento da execução.

Em seqüência a estas atividades, está o levantamento e aquisição de peças e componentes a serem substituídos, que também precisam estar disponíveis na execução.

A etapa seguinte é a programação do plano, isto é, “quando” será executada, deve ser determinado a freqüência de execução das tarefas e a forma de controle, conforme exposto no capítulo anterior. Tendo-se estabelecido a freqüência de execução e a forma de controle, pode-se programar juntamente com a área de manufatura e PCP o melhor momento para a execução das tarefas, quando se fizer necessário a parada do equipamento.

Devido a diversidade e magnitude dos planos de manutenção, algumas das atividades aqui descritas não terão a necessidade de ser consideradas ou terão alguma variação em sua forma, irá depender de alguns fatores como por exemplo do tipo de empresa, dos tipos de processo e equipamentos em que se irá atuar.

A aplicação de ferramentas, técnicas e métodos para redução de falhas (como por exemplo: TPM, RCM, FMEA, etc.) também devem ser analisados durante o planejamento de manutenção, porém, para sua implementação deve-se fazer um estudo mais aprofundado e usar modelos para adaptação já consagrados. Entretanto, ferramentas de planejamento (como por exemplo: PDCA, Análise da causa raíz) devem ser amplamente usados.

Conforme citado anteriormente, os planos de manutenção devem ser revisados periodicamente e readequado conforme alteração das necessidades do processo crítico.

Conclui-se a Fase 3 com o planejamento de manutenção, que somada às Fases 1 e 2, dão o embasamento para iniciar a Fase 4 e dar seqüência ao modelo, selecionando e mapeando o processo crítico.

4.2.4 – Fase 4 – Processo Crítico e Equipamentos Críticos

A Fase quatro recebe o fluxo das Fases 1, 2 e 3, e com as informações e conhecimentos levantados dá continuidade no modelo com uma estrutura de três Etapas. Primeiramente com a Etapa 8, seleciona-se e mapeia-se o processo crítico e posteriormente selecionam-se os equipamentos críticos agregados a ele, onde verifica-se o atual planejamento de manutenção, constatando-se se o mesmo esta ou não atendendo bem aos equipamentos críticos.

4.2.4.1 – Etapa 8: Seleção e Mapeamento do Processo Crítico da Manufatura

Após uma visão geral do macro-processo de manufatura (visto na Fase 2), do estabelecimento de uma sistemática de manutenção com saída de um planejamento de manutenção (Fase 3) e a determinação de critérios de seleção do processo crítico (Fase 1), se tem agora condições de determinar e obter informações do processo crítico pertencente à manufatura.

Deseja-se também conhecer o processo crítico para tornar visíveis suas atividades e principalmente os equipamentos responsáveis por estas. Desta forma, pode-se identificar as causas de indisponibilidade operacional e quais tem relação com a manutenção destes equipamentos.

Esta fase está sob responsabilidade da equipe de implementação, que através de uma matriz de decisão (ver figura 4.3), usará critérios já definidos (Etapa 3) para selecionar o processo crítico prioritário. Mas, pelo fato de ser uma atividade de interação a seleção poderá ser mudada e negociada.

Conforme visto no item 4.2.1.3, identificou-se o grau de importância dos critérios, assim, pode-se agora determinar a gravidade dos critérios e seus pesos, para aplicação na matriz de decisão e determinação do processo crítico, conforme figura 4.2.

Gravidade do critério	Peso
Muito pequena	1
Pequena	2
Média	3
Grande	4
Muito grande	5

Figura 4.2 – Gravidade dos critérios.

O termo gravidade na figura 4.2 significa o impacto ao atendimento dos critérios em relação a determinado processo.

Uma matriz de decisão precisa ser empregada para possibilitar a correlação entre os critérios e os processos da manufatura.

Para o preenchimento da matriz, inicialmente relaciona-se os processos candidatos à crítico na coluna da matriz (P1, P2, P3 e P4), ver exemplo na figura 4.3. Na linha da matriz são relacionados os critérios para a seleção (C1, C2, C3 e C4) e seus respectivos graus de importância vindos da Etapa 3. Em seguida, cada processo é avaliado de acordo com os critérios de seleção, sendo que para cada um é atribuído um peso de gravidade que melhor represente a situação do processo analisado em relação ao critério (conforme figura 4.2). Para finalizar, realiza-se a multiplicação dos pontos obtidos com o grau de importância dos critérios, definindo a ordem de criticidade dos processos.

Com a identificação do processo crítico, parte-se para seu mapeamento, visando conhecê-lo melhor, no que tange principalmente suas atividades e suas inter-relações, seus pontos críticos e os equipamentos nele envolvidos.

		Critérios					
		C1	C2	C3	C4	$\Sigma (A.B)$	%
Grau de importância do critério(A)→							
Processos	P1 (B)						
	P2 (B)						
	P3 (B)						
	P4 (B)						
	Total						

Figura 4.3 – Matriz de decisão.

Esta etapa recebe retorno da Etapa 12, de forma a ser constantemente verificada a condição de criticidade dos processos, sendo que o processo que era crítico pode não ser mais, passando esta condição a outro.

4.2.4.2 – Etapa 9: Seleção dos Equipamentos Críticos

O objetivo desta fase é identificar os equipamentos críticos, intrínsecos ao processo crítico selecionado na fase anterior, com a finalidade de verificar se o planejamento de manutenção a ele aplicado, está ou não satisfazendo as necessidades de disponibilidade do processo crítico.

Primeiramente, precisa-se estabelecer alguns critérios para seleção dos equipamentos críticos. Para isto a colaboração da equipe de implementação é importante e de forma interativa são levantadas algumas sugestões, que podem ser agrupadas em famílias, visando atender determinadas questões:

a) Questões legais:

- risco ambiental;
- risco de acidente.

b) Questões vinculadas aos objetivos estratégicos da organização:

- índice de falhas (baixo MTBF);
- tempo para reparo (alto MTTR);
- custo de manutenção;
- gargalos (capacidade limitada, sem equipamentos *stand-by*);
- sistema informatizado.

c) Questões vinculadas as normas ISO/QS:

- índice de relação manutenção preventiva e corretiva;
- índice de monitoramento das condições dos equipamentos.

Estas questões e critérios poderão variar de empresa para empresa, portanto, para auxiliar a busca interativa de critérios, sugere-se a utilização do diagrama de Ishikawa, que tornará a busca metódica e simplificada.

Novamente, através da aplicação da Técnica de Avaliação de Relações Funcionais de Mudge determina-se o grau de importância dos critérios definidos. Pode-se então, da mesma forma que na etapa anterior, aplicar a gravidade de critérios (figura 4.2) e utilizar a matriz de decisão (figura 4.3) para estabelecer quais os equipamentos são mais críticos pertencentes ao processo crítico.

4.2.4.3 – Etapa 10: Planejamento Atual de Manutenção

Esta fase pode ser analisada em conjunto com a fase anterior, conforme é visualizado no modelo, pois estão diretamente ligadas. O objetivo desta é verificar se o planejamento atual dos equipamentos está de acordo, ou seja, se está atendendo a disponibilidade requerida pelo processo crítico. Precisa-se então, verificar os indicadores de disponibilidade dos equipamentos críticos, assim constata-se se os equipamentos estão ou não disponíveis ao

processo quando necessário. Esta Fase é de responsabilidade da engenharia de manutenção, que deve possuir os profissionais qualificados para este tipo de análise.

Através da análise de indicadores, tanto os de processo (Etapa 3), quanto os de manutenção (Etapa 6), pode-se identificar a condição dos equipamentos com relação ao processo crítico. Estando os indicadores dentro de níveis pré-estabelecidos (o que pode variar de empresa para empresa) pela equipe de implementação, considera-se que os equipamentos estão atendendo o nível de disponibilidade requerido, ou seja o máximo possível. Porém, caso os indicadores estejam fora dos níveis pré-estabelecidos, constata-se que algo deve estar errado, tendo-se assim a necessidade de tomar ações corretivas. Quando o planejamento atual de manutenção está adequado aos equipamentos, mantém-se o mesmo, caso contrário parte-se para a próxima Fase.

A próxima fase trata de levantar as necessidades para readequação do planejamento de manutenção através de um novo plano de ações para a manutenção, tendo-se inclusive que adequar a sistemática da mesma.

4.2.5 – Fase 5 – *Feed-Back*

A Fase 5 é a última Fase do modelo, sendo sub-dividida em duas Etapas, a Etapa 11, onde será traçado o novo plano de ações para a readequação da manutenção, e a Etapa 12 de *feed-back*, onde é reavaliado o modelo e também da retorno das informações para a Fase 3, além de retornar a Fase 8 para verificar a condição de criticidade dos processos.

4.2.5.1 – Etapa 11: Novo Plano de Ações para a Manutenção

Não estando o planejamento de manutenção adequado aos equipamentos críticos, precisa-se desenvolver um novo plano de ações para a manutenção.

Este novo plano de ações significa novas especificações, como por exemplo: de treinamento, de documentação e de procedimentos. Em fim, significa uma preparação para a readequação da sistemática de manutenção, onde levanta-se todas necessidades de especificações relativas aos equipamentos críticos que precisam ser aprimoradas para atendimento dos objetivos de manutenção.

Cabe a engenharia de manutenção a condução desta Fase e a utilização da ferramenta 5W2H para traçar o novo plano de ações. Desta forma conduz-se o processo de forma organizada e efetiva, atribuindo responsabilidades e prazos para execução das novas ações.

Nesta Fase também é importante levantar todas informações pertinentes aos indicadores com problemas, para reavaliar a sistemática e o planejamento de manutenção dos equipamentos críticos que não estão sendo adequadamente atendidos.

4.2.5.2 – Etapa 12: *Feed-Back*

Esta é a Etapa de *feed-back*, ou seja, retorno de informações. Neste momento, a equipe de implementação do modelo deve se reunir juntamente com a equipe de engenharia de manutenção e, reavalia todas as Fases, buscando sanar possíveis falhas no processo de implementação e na seqüência reunir todas informações disponíveis para que seja retornado a Fase 3 e seja revista a sistemática de manutenção e o planejamento de manutenção. Também é retornado a Fase 8, visando-se verificar se houve alguma alteração de processo crítico.

4.3 – Considerações

Construiu-se neste capítulo uma proposta de modelo de planejamento de manutenção, composta por doze Etapas, onde se propõe o vínculo do planejamento de manutenção ao processo crítico. Assim, pretende-se construir ou readequar o processo de manutenção aos moldes de uma manutenção de classe mundial, conduzido por uma engenharia de manutenção e tendo orientação no planejamento estratégico da organização e nos fatores críticos de sucesso da manufatura. Desta forma, pretende-se contribuir para o atingimento dos resultados globais da organização, principalmente através do alinhamento do planejamento de manutenção à maximização da disponibilidade operacional do processo identificado como crítico.

Procurou-se organizar as etapas visando elaborar um modelo que atende-se aos objetivos traçados, vinculando a estratégia, os processos e a sistemática de manutenção com intuito de selecionar o processo crítico para a manufatura por meio de critérios e com base em indicadores de criticidade de processo readequar seu planejamento de manutenção.

Acredita-se que com este desenho de modelo e sua base teórica, possa-se aplicar esta proposta em uma organização industrial, conforme é demonstrado no próximo capítulo.

CAPÍTULO 5 – APLICAÇÃO DO MODELO

No capítulo anterior construiu-se a proposta de modelo de planejamento de manutenção, tendo-se em vista a aplicação prática deste numa organização industrial. Neste capítulo é apresentada a aplicação do modelo em determinada empresa do ramo de autopeças. A aplicação do modelo proposto tem a finalidade de verificar no ambiente fabril a aplicabilidade do conteúdo teórico e se a proposta contribui para solução da problemática empresarial sugerida na introdução do trabalho.

5.1 – Apresentação da Empresa

O modelo proposto foi aplicado em uma empresa fabricante de lonas e pastilhas para freios e discos de embreagem, que atende ao ramo automotivo em geral e tem como principais mercados de atuação os seguintes: peças para reposição, montadoras de veículos e exportação.

Esta empresa tem acompanhado a evolução tecnológica do seu ramo de atuação, sendo atualmente a quinta maior fabricante de materiais de fricção do mundo e a primeira da América Latina. Pode-se citar, como conquistas importantes que comprovam o seu compromisso com a qualidade e o atendimento ao cliente, as certificações ISO 9001, ISO 14001 e também a QS-9000, exigida pelas montadoras de veículos.

As diretrizes da empresa estão claramente estabelecidas no planejamento estratégico que é elaborado anualmente pelo grupo de gestão, formado por diretores e gerentes. E subsequentemente é elaborado o plano tático, pelos gerentes e suas equipes. Desta forma, a área de manufatura também encontra-se, participativa e comprometida com os resultados.

Pode-se considerar como um fator relevante nesta empresa, a formação de grupos de melhoria para atuarem em diversas áreas, como por exemplo: meio ambiente, ergonomia, segurança, *set-up* e problemas específicos do processo. Além destes, grande parte dos funcionários fazem parte de grupos de CCQ (Círculos de Controle de Qualidade) e de grupos temporários de melhoria contínua – Kaizen.

Este ambiente de equipes de trabalho em busca da melhoria contínua, propicia uma condição favorável para aplicação do modelo para planejamento de manutenção, pois a área de manutenção está inserida no contexto da manufatura, que possui processos críticos que precisam estar disponíveis para o atingimento dos resultados.

A manutenção da empresa em questão, atualmente atua de forma descentralizada nas unidades de negócio, e de forma mista, internamente em cada unidade de negócio. A aplicação deste modelo se dará em uma das unidades de negócio, chamada de Sistema de Fabricação de Lonas Leves, no segundo semestre do ano de 2002 e será realizado por uma equipe de implementação.

5.2 – Aplicação do Modelo

Neste item é descrito a aplicação do modelo apresentado no capítulo anterior, onde cada sub-item equivale a uma Etapa. O modelo foi implementado na empresa apresentada no item anterior, e é neste ambiente que se combinam os elementos novos apresentados no modelo com os elementos já existentes na empresa, porém que se enquadram na proposta do modelo. Assim sendo, seguem as Etapas demonstradas subseqüentemente.

5.2.1 – Etapa 1 – Planejamento Estratégico, Visão, Missão, Negócio, Objetivos e Metas

Conforme citado na apresentação da empresa, a mesma já possui o planejamento estratégico e a alta administração já declarou a Visão da organização, sendo ela:

“Ser uma empresa de classe mundial, líder no mercado de fricção.”

E também estabeleceu a Missão:

“Criar valores a acionistas, clientes e colaboradores, atuando com foco em material de fricção.”

Seu negócio é:

“Segurança no controle de movimentos.”

A empresa também estabeleceu valores e princípios que servem de base a todas as ações:

- Cliente satisfeito. Satisfazer o cliente é manter aberto o caminho para o futuro;
- Lucro, meio de perpetuação. Gerar lucro é fundamental para sobrevivência e crescimento da empresa e a satisfação do acionista;
- Qualidade, compromisso de todos. Fazer a qualidade, em todas as atividades, nosso ponto forte;

- Tecnologia, criativa e inovadora. Criar, absorver e fixar tecnologia adequada;
- Homem, valorizado e respeitado. Respeitar o homem como destinatário final de tudo o que realizamos;
- Ética, questão de confiança. Manter tudo o que fazemos em base ética elevada e nos princípios do estado de direito;
- Imagem, patrimônio a preservar. Preservar a boa imagem é compromisso de todos, no trabalho e nas relações sociais;
- A Empresa somos todos nós. Trabalhar em parceria, com dedicação, iniciativa, criatividade, competência e espírito de equipe de uma organização única.

Sua Política da Qualidade é:

“Qualidade total como valor agregado, percebido pelo cliente interno e externo.”

Verificou-se então, os objetivos para os quais a empresa direciona suas ações. São eles:

- 1 – Crescimento;
- 2 – Participação no mercado;
- 3 – Produtividade;
- 4 – Inovação;
- 5 – Qualidade;
- 6 – Resultado econômico e financeiro.

Cada objetivo destes possui suas metas, que não cabe aqui expô-las. Todos estes objetivos são tratados a nível tático com as áreas envolvidas.

5.2.2 – Etapa 2 – Objetivos Estratégicos de Manufatura e Fatores Críticos de Sucesso

Inicialmente, foi composta a equipe de implementação do modelo, que ficou formada da seguinte forma: gerente da manufatura da unidade de fabricação de lonas leves, técnico de manufatura, planejador de manutenção e líder da área de manutenção industrial da mesma unidade. Esta equipe passa a ser, a partir de agora, responsável pela condução do processo de implementação, monitoração dos resultados, dentre outras atividades.

Verificou-se o plano tático de manufatura da empresa e constatou-se que seus objetivos específicos são decorrentes dos objetivos estratégicos expostos no item 3.2.2.1 do

Capítulo 3, desta forma estes serão utilizados para posterior determinação dos critérios necessários para identificar o processo crítico.

Utilizou-se o modelo de tabulação apresentada na figura 3.4 do Capítulo 3, para obter os fatores críticos de sucesso e seus respectivos indicadores, ver figura 5.1. Este tipo de tabulação permite que, se visualize mais facilmente a forma de como alcançar o sucesso dos objetivos estratégicos.

Esta tabulação foi elaborada pela equipe de implementação que utilizou como base para definição dos objetivos estratégicos de manufatura os exemplos citados no item 3.2.2.1 do Capítulo 3.

Objetivo Estratégico De Manufatura	Obstáculo ao atingimento do objetivo estratégico	Como converter o obstáculo em Fator Crítico de Sucesso e atingir o objetivo	Indicador/medidor
Flexibilidade de mix de produto	Requisitos dos consumidores	Adaptar os produtos aos requisitos dos consumidores	Tempo de adaptação
	Quebras de equipamentos	Planejamento de manutenção adequado	Disponibilidade dos equipamentos, MTBF, MTTR
	Diferença entre o previsto e a demanda real	Proporcionar ajustes na capacidade de produção	Acuracidade entre o previsto e o realizado
	Falhas dos fornecedores internos e externos	Criar comprometimento dos fornecedores	Relatórios de auditorias
	Falta de automação	Automatizar fábrica	Tempo de operação, <i>set-up</i> ,
	Falta de integração do sistema de informação na manufatura	Adequar o sistema de informação na manufatura	Número de consultas, tempo de resposta
	Falta de polivalência dos operadores na execução das tarefas	Treinar operadores p/ a polivalência de tarefas	Número médio de tarefas dos operadores
	Alto tempo de <i>set-up</i>	Reduzir tempo de <i>set-up</i>	Tempo de <i>set-up</i>
	Baixa tecnologia de processo da operação	Implementar novas tecnologias aos processos de operação	Eficiência do processo, redução de custos
	<i>Lay-out</i> pouco funcional	Adequação do <i>lay-out</i>	Eficiência do Processo, tempos de transporte
	Alto tempo de reprogramação de produção	Flexibilizar a programação de produção	Tempo para reprogramação

Qualidade do produto	Má qualidade por falhas de equipamento	Adequar manutenção dos equipamentos	Não-conformidades relativas a falhas de equipamento
	Instrumentos de medida inadequados	Adequação dos instrumentos de medida	Não-conformidades geradas por problemas com instrumentos
	Pessoal sem treinamento ou com treinamento inadequado	Treinamento adequado do pessoal	Horas de treinamento por funcionário
	Logística interna e externa inadequadas	Adequar logística interna e externa	Índice de defeitos ocasionados por transporte/armazenagem inadequados
	Falta de sistema de gestão da qualidade	Implementação de sistema de gestão da qualidade	Não-conformidades externas
	Métodos e instruções de trabalho faltando ou inadequadas	Criação/adequação de métodos/instruções de trabalho	Não-conformidades internas e externas

Velocidade (lead time)	Altos <i>lead-times</i>	Baixar <i>lead-times</i>	Índice de <i>lead-times</i>
	Altos tempos de <i>set-up</i>	Reduzir tempos de <i>set-up</i>	Tempos de <i>set-up</i>
	Falhas/atrasos de planejamento e programação de PCP	Rever sistema de PCP	Índice de pontualidade
	Falta de previsões de vendas confiáveis	Conhecer/Pesquisar melhor o mercado	Acuracidade entre o previsto e o realizado
	Alto índice de <i>work-in-process</i>	Baixar índice de <i>work-in-process</i>	Inventário
	Gargalos no fluxo de produção	Reduzir gargalos no fluxo de produção	Tempos de operação dos equipamentos
	Sistema de informação lento	Atualizar/adequar sistema de informação	Tempo de resposta
	Falhas/Quebras de equipamentos	Adequar planejamento de manutenção	MTBF, MTTR, Disponibilidade
	Falhas nos padrões de qualidade	Rever padrões de qualidade	Índice de defeitos do produto
	Alto índice de refugo e retrabalho	Reduzir índice de refugo e retrabalho	Índice de refugo
	Atrasos de matéria-prima	Obter comprometimento dos fornecedores	Taxa de atraso de entrega
	Excesso de decisões durante o processo	Rever fluxo do processo	Acuracidade entre o previsto e o realizado
	Grandes lotes	Reduzir lotes	Inventário
	Excesso de atividades que não agregam valor ao produto	Reduzir/eliminar atividades que não agregam valor ao produto (automatizar)	Tempo das atividades
	Tecnologia de processo desatualizada	Atualização da tecnologia de processo	Eficiência do processo Redução de custos
	<i>Lay-out</i> inadequado	Adequação do <i>lay-out</i>	Eficiência do processo e tempo de transporte
Pessoal com treinamento insuficiente	Treinar pessoal	Horas de treinamento por funcionário	

Confiabilidade do prazo de Entrega	Falhas/quebras de equipamentos	Melhorar planejamento de manutenção preventiva	Disponibilidade, MTBF, MTTR
	Alto absenteísmo dos funcionários	Controlar absenteísmo	Índice de absenteísmo
	Problemas de qualidade	Melhorar qualidade	Índice de defeitos, Não-conformidades
	Atrasos de fornecedores	Qualificar e comprometer fornecedores	Índice de pontualidade
	Sistema de informação inadequado	Adequar sistema de informação	Tempo de resposta
Equipamentos Gargalo	Equipamentos sem <i>stand-by</i>	Planejamento de manutenção adequado, aquisição de equipamento novo	Disponibilidade, MTBF, MTTR
Custo do produto	Atividades que não agregam valor	Eliminar atividades que não agregam valor	Mapa orçamentario
	Altos <i>lead-times</i>	Reduzir <i>lead-times</i>	Índice de <i>lead-times</i>
	Alto índice de <i>work-in-process</i>	Reduzir <i>work-in-process</i>	Inventário
	Alto índice de refugo/retrabalho	Reduzir índices de refugo/retrabalho	Índice de refugo
	Sistema de informações inadequado	Adequar sistema de informação	Disponibilidade geral do sistema informatizado
Acidentes de trabalho	Elevado número de acidentes	Realizar programa de prevenção de acidentes	Índice de acidentes
	Grau de risco elevado dos equipamentos	Reduzir grau de risco dos equipamentos	Índice de acidentes
	Não cumprimento dos métodos/instruções de trabalho pelos funcionários	Programa de prevenção de acidentes, treinamento/ Conscientização e auditorias periódicas	Índice de acidentes
	Não cumprimento das normas de segurança pelos funcionários	Programa de prevenção de acidentes, treinamento/ Conscientização e auditorias periódicas	Índice de acidentes
	Uso não correto de EPI e sistemas de proteção dos equipamentos	Programa de prevenção de acidentes, treinamento/ Conscientização e auditorias periódicas	Índice de acidentes
Atendimento a Legislação do Produto	Equipamentos e processos inadequados para atender a especificações do produto	Adequar equipamentos e processos para atender a especificações do produto	Índice de refugo e perdas no processo relativos ao produtos novos

Atendimento da legislação ambiental	Falta de infra-estrutura para atendimento	Adequação da fábrica a legislação ambiental	Indicadores Ambientais
	Falta de treinamento/comunicação a respeito	Treinar/comunicar as pessoas	Indicadores Ambientais
	Alta taxa de geração de poluição	Programas de melhoria de ambiente	Não-conformidades ambientais, reclamações da comunidade
	Altos investimentos necessários para adequação à legislação	Priorizar ações de acordo a disponibilidade de recursos	Investimento por ação
Falhas de funcionamento de equipamentos	Elevado número de quebras e tempo para conserto	Planejamento adequado de manutenção	Disponibilidade, MTBF, MTTR
	Utilização inadequada dos equipamentos	Definir padrões de utilização, treinamento e auditorias	Disponibilidade, MTBF, MTTR
	Componentes de reposição de má qualidade	Selecionar e definir marcas de componentes e fornecedores	Índice de falhas por problemas de componentes
	Equipamentos ultrapassados	Reformar ou adquirir equipamentos novos	Disponibilidade, MTBF, MTTR

Figura 5.1 – Fatores Críticos de Sucesso da Manufatura – Unidade Lonas Leves.

5.2.3 – Etapa 3 – Determinação de Critérios e Indicadores

Conjuntamente, a equipe de implementação elaborou a matriz de Mudge para determinar os objetivos estratégicos mais importantes para a manufatura (ver figura 5.2), que serão os critérios usados para determinação do processo crítico na Etapa 8. Os critérios elencados para avaliação foram obtidos da figura 5.1 do item 5.2.2, ou seja, assumiu-se os objetivos estratégicos da manufatura como critérios.

Critérios para avaliação:

- A – Qualidade do produto;
- B – Velocidade (*lead time*);
- C – Flexibilidade de mix do produto;
- D – Confiabilidade do prazo de entrega;
- E – Custo do produto;
- F – Acidentes de trabalho;
- G – Atendimento à legislação referente ao produto;
- H – Atendimento à legislação ambiental;
- I – Equipamentos gargalo;
- J – Falhas de funcionamento dos equipamentos.

Valores para avaliação:

5 – função ou critério muito mais importante que a outra;

3 – função ou critério moderadamente mais importante;

1 – função ou critério com pouca importância a mais.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	SOMA	%
A	A3	A3	A3	A1	A1	G3	H3	A5	J3	16	16,49
B		B3	D1	E3	B3	G1	H1	B3	B3	12	12,37
C			D3	E3	C3	G1	H1	I1	C3	6	6,18
D				D5	D1	D3	D1	D5	D5	24	24,74
E					E3	E1	E1	E1	E1	13	13,4
F						G1	H1	I1	J1	0	0
G							G3	G1	G1	11	11,34
H								H1	H1	8	8,25
I									J1	2	2,06
J										5	5,15
TOTAL										97	99,98

Figura 5.2 – Matriz de Mudge para avaliar critérios.

Estabeleceu-se assim, os critérios a serem utilizados na Etapa 8 para identificar o processo crítico para a manufatura, formando a escala de valores para a matriz de decisão, ver figura 5.3.

Crítérios	Grau de importância (%)
D - Confiabilidade do prazo de entrega	24,74
A - Qualidade do produto	16,49
E - Custo do produto	13,40
B - Velocidade (<i>lead-time</i>)	12,37
G - Atendimento à legislação do produto	11,34
H - Atendimento à legislação ambiental	8,25
C - Flexibilidade do mix de produto	6,18
J - Falha de funcionamento dos equipamentos	5,15
I - Equipamentos Gargalo	2,06

Figura 5.3 – Escala de valores dos critérios.

O critério acidentes de trabalho não aparece pois teve peso zero no grau de importância.

A pontuação da matriz de Mudge pode variar dependendo de vários fatores, portanto o grupo considerou algumas condições de contorno como por exemplo: levou em conta como produção para o mercado de exportação, considerou a condição econômica do momento como estável (R\$ equivalente ao U\$ dólar) e levou em consideração que existem alguns dos objetivos que são percebidos pelo cliente mais facilmente.

Percebe-se na figura 5.3 que os critérios D e A juntos somam aproximadamente 41% de grau de importância, assim sendo, o grupo considerou-os mais significativos e optou por utilizá-los para estabelecer os indicadores.

Definidos os critérios mais importantes, partiu-se então para o estabelecimento dos indicadores que irão avaliá-los. Com base na figura 5.1, a equipe de implementação levantou os indicadores já existentes na empresa e incluiu alguns que acreditou serem importantes para externar a realidade do processo. Os indicadores estão relacionados com os critérios considerados importantes e estão apresentados na figura 5.4.

Critério	Indicador
Confiabilidade do prazo do entrega	Índice de pontualidade do fornecedor mais importante
	Índice de qualidade do fornecedor mais importante
	Disponibilidade geral do sistema de informação
	Estabilidade do <i>software</i> corporativo (nº de programas com defeito)
	Índice de qualidade do produto (visual)
	Índice de qualidade do produto (dimensional)
	Índice de prazo de entrega – exportação
	MTBF, MTTR e índice de disponibilidade dos equipamentos
Qualidade do produto	Índice de qualidade do produto (visual)
	Índice de qualidade do produto (dimensional)
	Número de não-conformidades externas
	Número de não-conformidades internas
	Índice de qualidade do fornecedor
	Horas de treinamento por funcionário
	MTBF, MTTR e índice de disponibilidade do equipamento

Figura 5.4 – Indicadores de Criticidade do Processo.

Na figura 5.4 considerou-se o fornecedor mais importante, ou seja, o responsável pelo fornecimento da maior quantidade de matéria-prima.

5.2.4 – Etapa 4 – Mapeamento do Macro-Processo Manufatura

Considerou-se como limites para realizar o mapeamento, algumas das considerações do item anterior, ou seja, fluxo do processo referente a produção para mercado de exportação e levou-se em conta que alguns objetivos são percebidos pelo cliente com maior facilidade.

A figura 5.5 mostra o mapeamento geral do macro-processo manufatura de lonas leves, que foi realizado pela equipe de implementação.

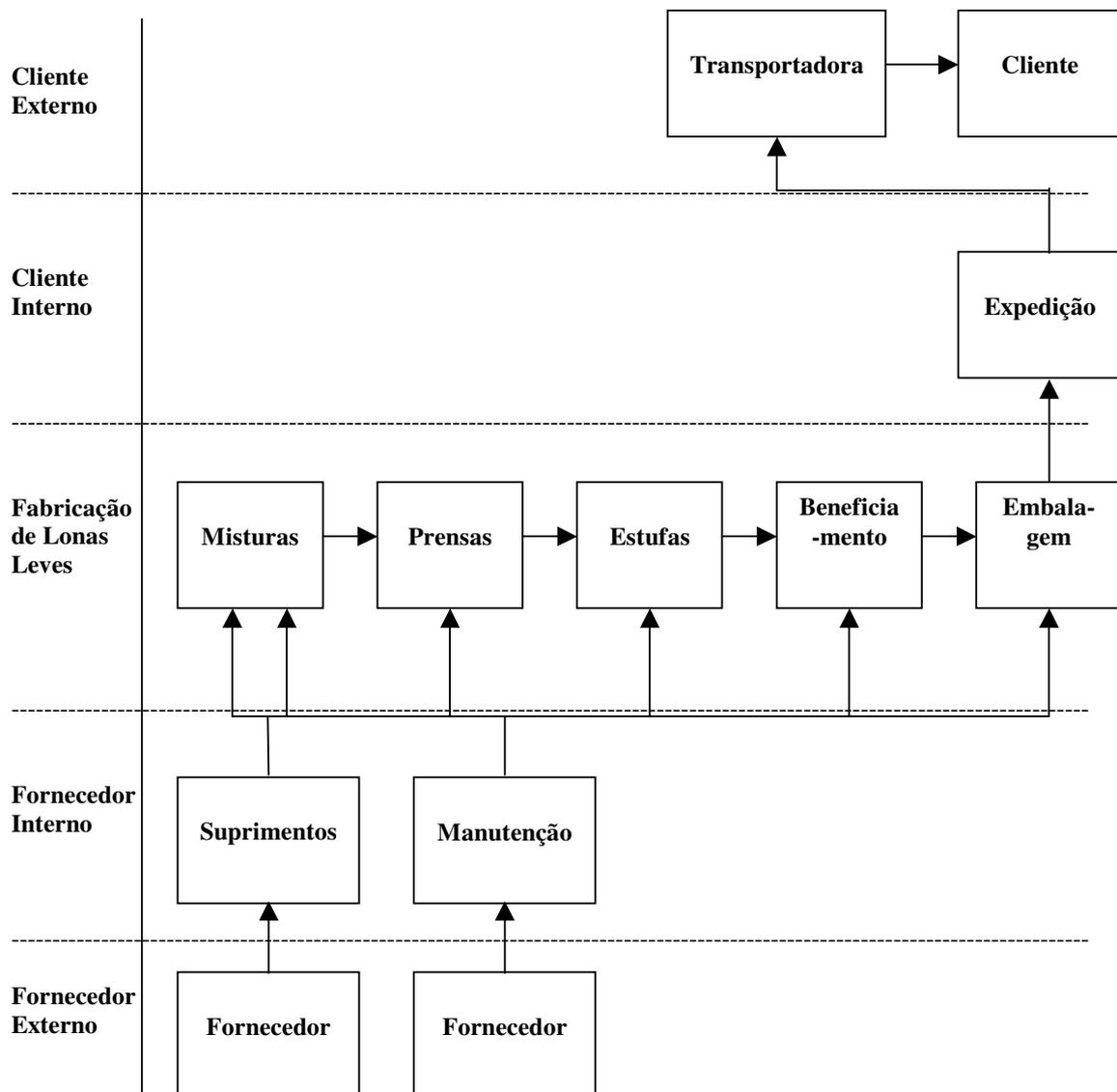


Figura 5.5 – Mapeamento do Macro-Processo Manufatura de Lonas Leves.

5.2.5 – Etapa 5 – Estratégias de Manutenção e Cultura de Manutenção

Para iniciar a construção de uma cultura de manutenção, primeiramente o grupo formulou a seguinte política de manutenção:

“Manter disponíveis processos críticos para a manufatura, atuando pro-ativamente sobre os equipamentos e instalações, otimizando os recursos disponíveis com qualidade, segurança e preservando o meio ambiente.”

Estabelecida a Política de Manutenção, o próximo passo foi divulgá-la, primeiro ao pessoal de manutenção e depois aos responsáveis pelas áreas produtivas, colocando de uma forma geral a proposta do modelo.

Dando seqüência à Etapa 5, foi realizado a parte do plano tático de manufatura que cabe à manutenção, onde foram comentados os objetivos e metas já traçados para o ano, ficando da forma mostrada na figura 5.6.

Plano Tático – Sistema de Fabricação de Lonas Leves

Objetivo 3 – Produtividade

Estratégia 3 – Modernização e otimização dos meios e processos produtivos

Item	Descrição da ação	Período	Responsável	Status
01	Reformar misturador Bamburi GK-13 (1401)	Jan/02 - Jun/02	Elton	Realiz
02	Elaborar estudo estatístico das reincidências de manutenção nas máquinas	Jan/02 - Dez/02	Luciano	Andam
03	Controlar melhor os trabalhos executados por terceiros	Jan/02 - Dez/02	Elton	Realiz
04	Reavaliar peças em estoque na manutenção (quantidade e criticidade)	Jan/02 - Abr/02	Luciano	Realiz
05	Desenvolver e reavaliar fornecedores de peças, produtos e serviços de manutenção	Jan/02 - Dez/02	Elton	Andam
06	Ampliar manutenção preditiva em máquinas do processo para reduzir troca de peças	Jan/02 - Dez/02	Luciano	Realiz
07	Reavaliar definição dos limites de capacidade técnica das máquinas	Jan/02 - Set/02	Elton e Líderes	Realiz

Objetivo 3 – Produtividade

Estratégia 4 – Manter/Implementar programas de melhoria contínua (Kaizen, TPM, CCQ, 5S)

	Descrição da ação	Período	Responsável	Status
01	Implantar TPM nas máquinas: 9553,1049,1601	Jan/02 – Dez/02	Elton	Andam
02	Reciclar treinamento TPM para operadores da Enroladeira 4901 e rever pontos de inspeção	Jan/02 – Abr/02	Elton	Realiz
03	Definir programa de auditoria nos TPM implantados	Jan/02 – Abr/02	Elton	Realiz

Figura 5.6 – Objetivos e metas da área de manutenção.

5.2.6 – Etapa 6 – Engenharia de Manutenção

A equipe de implementação formou a equipe de engenharia que irá conduzir a sistemática de manutenção, ficando assim formada:

- Líder de manutenção;
- Planejador de manutenção;
- Técnico de Automação Industrial.

Em concordância com a Diretoria Industrial, pelo fato da empresa estar passando por reestruturação hierárquica de gerentes e diretores, ficou estipulado que a equipe de engenharia atuaria como um grupo de melhoria, formado temporariamente, porém por tempo indeterminado, não alterando a estrutura hierárquica da empresa, mas com autonomia para realizar as atividades conforme modelo proposto.

Como tarefa inicial, a equipe teve a incumbência de planejar e promover as ações para que se cumpra o plano tático e se obtenha os resultados esperados no decorrer do ano.

5.2.7 – Etapa 7 – Planejamento de Manutenção

Inicialmente, a equipe de engenharia realizou um revisão completa nos planos de manutenção dos equipamentos da unidade de Lonas Leves, reduzindo os planos de 216 para 184 e aumentando o intervalo de frequência de 28 planos. Com estas ações obteve-se um

alívio de carga no banco de dados do sistema informatizado e também sobre as tarefas do pessoal de manutenção.

5.2.8 – Etapa 8 – Seleção e Mapeamento do Processo Crítico da Manufatura

Nesta etapa o grupo de implementação passou a selecionar o processo crítico para a manufatura (ver mapa na figura 5.5), utilizando os critérios definidos na figura 5.3 da Etapa 3 e aplicando na matriz de decisão (ver item 4.2.4.1), obteve-se os resultados conforme a figura 5.7.

		Critérios									$\Sigma (A.B)$	%
		D	A	E	B	G	H	C	J	I		
Grau de importância do critério(A)→		24,74 %	16,49 %	13,40 %	12,37 %	11,34 %	8,25 %	6,18 %	5,15 %	2,06 %		
Processos	Misturas (B)	1	3	3	2	4	3	2	4	4	2,50	28,54
	Prensas (B)	1	2	2	1	3	3	3	2	1	1,85	21,11
	Estufas (B)	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1,08	12,33
	Beneficiamento (B)	2	2	2	1	2	2	3	3	3	2,00	22,83
	Embalagem (B)	1	1	2	1	1	1	2	3	3	1,33	15,18
	Total											8,76

Figura 5.7 – Matriz de decisão para escolha do processo crítico.

Constatou-se portanto, por meio da matriz de decisão, que o processo de Misturas é o processo crítico da manufatura da unidade de lonas leves da empresa em estudo.

Após a identificação do processo crítico, empregou-se o mapeamento do processo, visando a melhor compreensão do mesmo, suas atividades, inter-relações e equipamentos envolvidos (ver figura 5.8).

5.2.9 – Etapa 9 – Seleção dos Equipamentos Críticos

Com a identificação do processo crítico Misturas e após seu mapeamento, pode-se ter uma visão geral dos equipamentos que o compõe. Assim a equipe de implementação reuniu-se para estabelecer alguns critérios para identificar quais dos equipamentos são críticos ao

processo. Para isto, utilizou-se a matriz de Mudge novamente (ver figura 5.9), onde selecionou-se os critérios mais importantes dentre aqueles citados na Etapa 9 do Capítulo 4.

Critérios para avaliação:

A – Risco ambiental;

B – Risco de acidente;

C – Índice de falhas (baixo MTBF);

D – Tempo para reparo (alto MTTR);

E – Custo de manutenção;

F – Gargalo (capacidade limitada, sem *stand-by*);

G – Sistema informatizado;

H – Índice de relação preventiva e corretiva;

I – Índice de monitoramento das condições dos equipamentos

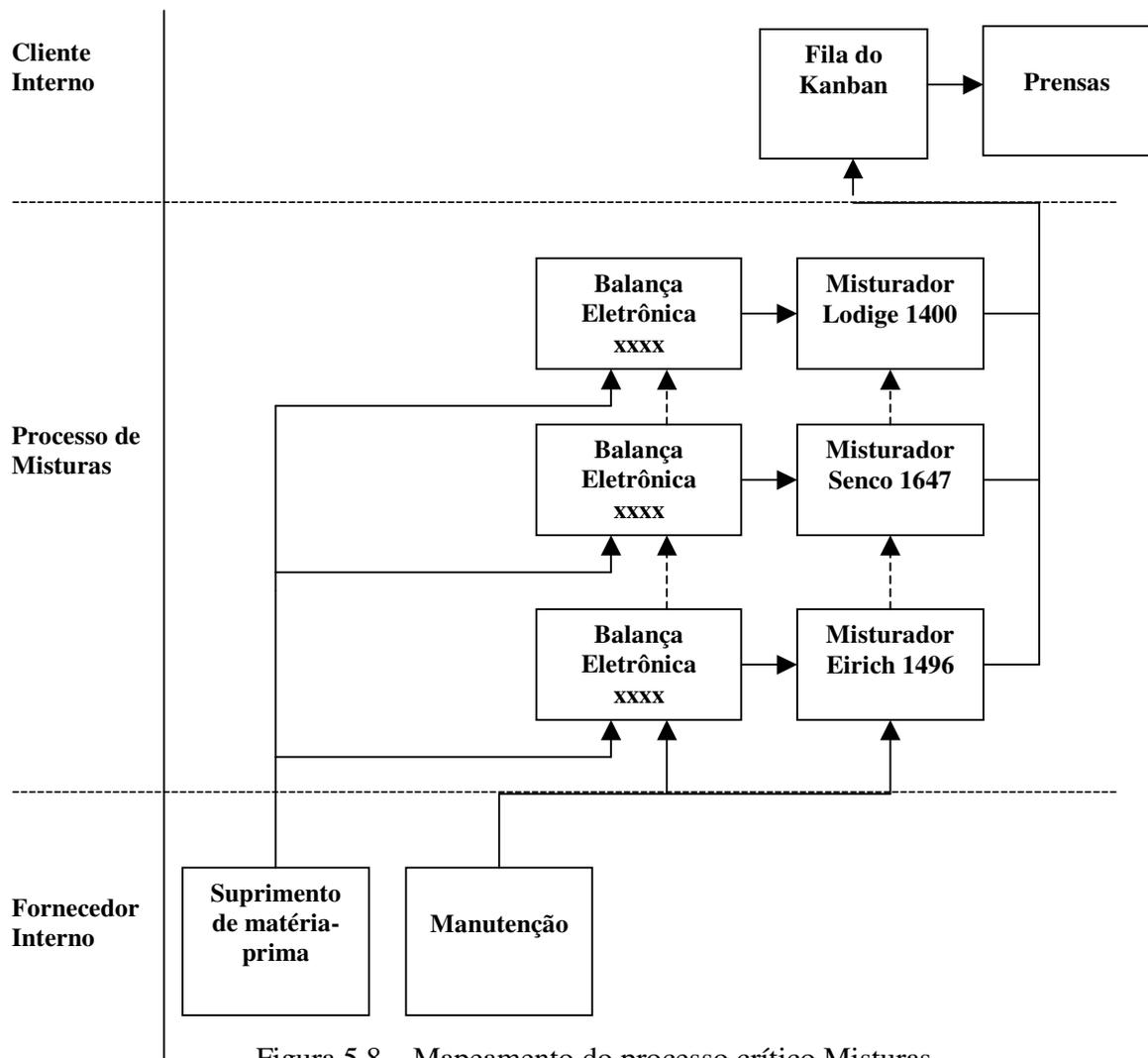


Figura 5.8 – Mapeamento do processo crítico Misturas.

Valores para avaliação:

5 – função ou critério muito mais importante que a outra;

3 – função ou critério moderadamente mais importante;

1 – função ou critério com pouca importância a mais.

	B	C	D	E	F	G	H	I	SOMA	%
A	A3	C3	D3	E3	E5	G5	H3	I3	3	2,38
	B	C3	D3	E3	F3	G5	H1	I1	0	0
		C	D5	C3	F3	G5	C3	C3	15	11,90
			D	D3	D5	G5	D5	D3	27	21,43
				E	F1	G5	E3	E3	12	9,52
					F	G5	F3	F3	18	14,28
						G	G5	G5	40	31,75
							H	I3	4	3,17
								I	7	5,55
								TOTAL	126	99,98

Figura 5.9 – Matriz de Mudge para avaliar critérios.

Ficaram estabelecidos então, os critérios para seleção dos equipamentos críticos e seus graus de importância. A equipe de implementação optou também, por agregar aos critérios, os indicadores que possibilitarão avaliá-los, ver figura 5.10.

Crítérios	Indicadores	Grau de importância (%)
G – Sistema informatizado	MTBF/MTTR relativas ao sistema informatizado	31,75
D – Tempo para reparo	MTTR	21,43
F – Gargalo	Índice de disponibilidade	14,28
C – Índice de falhas	MTBF	11,90
E – Custo de manutenção	Custo de manutenção versus faturamento bruto	9,52
I – Índice de monitoramento das condições de equipamento	Número de pontos em condições versus total de pontos medidos	5,55
H – Índice de relação preventiva e corretiva	Índice preventiva versus corretiva (ordens)	3,17

A – Risco ambiental	Índices de ruído, poeiras, etc	2,38
---------------------	--------------------------------	------

Figura 5.10 – Grau de importância dos critérios e seus indicadores.

De acordo com a graduação de importância estabelecida, o grupo pôde identificar os indicadores que avaliarão os critérios mais importantes e conseqüentemente irão também avaliar a efetividade do planejamento de manutenção dos equipamentos críticos. Considerou-se portanto os indicadores relativos aos critérios G e D que juntos somaram aproximadamente 53% de grau de importância.

Pode-se então, fazer uso da matriz de decisão, utilizando-se os critérios de acordo com a sua importância, e aplicando a gravidade dos critérios (conforme figura 4.2), em relação aos equipamentos, ver figura 5.11.

		Critérios									Σ (A.B)	%
		G	D	F	C	E	I	H	A			
Grau de importância do critério(A)→		31,75	21,43	14,28	11,90	9,52	5,55	3,17	2,38			
Equipam	BAL 1 (B)	5	4	3	4	2	1	4	1	3,75	19,74	
	MIS 1400 (B)	1	5	5	3	3	3	4	1	3,06	16,11	
	BAL 2 (B)	5	4	3	4	2	1	4	1	3,75	19,74	
	MIS 1647 (B)	1	5	2	3	3	2	4	1	2,57	13,53	
	BAL 3 (B)	5	4	3	4	2	1	4	1	3,75	19,74	
	MIS 1496 (B)	1	3	2	3	3	2	3	1	2,11	11,11	
										18,99		

Figura 5.11 – Matriz de Decisão para escolha de equipamentos críticos.

Após a aplicação da matriz de decisão, observa-se que todas as balanças obtiveram a mesma pontuação, isto ocorre por elas serem tecnicamente idênticas. Sua pontuação foi a mais elevada, portanto será considerado o equipamento crítico prioritário. A partir daqui o grupo de implementação reuniu-se e optou por tratar unicamente por balanças, pois o planejamento de manutenção e as ações a serem tomadas se aplicarão aos três equipamentos. O misturador 1400 (MIS 1400) que ficou em segundo na pontuação, também será tratado como crítico, no entanto, os outros misturadores MIS 1647 e MIS 1496, por ficarem com pontuação menor, não serão considerados críticos neste primeiro momento.

5.2.10 – Etapa 10 – Planejamento Atual de Manutenção

Nesta etapa, inicialmente verificou-se os indicadores de processo e de manutenção para constatar se os equipamentos estão atendendo a disponibilidade requerida pelo processo.

Esta tarefa coube à engenharia de manutenção, porém o estabelecimento de metas para alguns dos indicadores que não existiam na empresa foi realizado em conjunto com a equipe de implementação, com base em históricos, documentos da qualidade e documentos nacionais da área de manutenção. Deve-se ressaltar que as metas destes indicadores foram estabelecidas nesta etapa, porém os valores já existiam, mas não eram indicadores oficiais.

Indicadores que são comuns para mais de um critério foram unificados para simplificar a visualização, ficando conforme figura 5.12.

Indicador	Meta	Valor constatado
Índice de pontualidade do fornecedor mais importante	100%	99,83%
Índice de qualidade do fornecedor mais importante	100%	100%
Disponibilidade geral do sistema informatizado	100%	94%
Estabilidade do <i>software</i> corporativo (n° de programas com defeito)	10 progr/mês	12 progr/mês
Índice de qualidade do produto (visual)	100%	98,63%
Índice de qualidade do produto (dimensional)	98%	95,72%
Índice de prazo de entrega - exportação	100%	91,43%
Número de não-conformidades externas	5NC/mês	3,63NC/mês
Número de não-conformidades internas	156NC/ mês	91NC/ mês
Horas de treinamento por funcionário	50 horas/ funcion.	37,71 horas/ funcion.
MTBF – Sistema informatizado das balanças	800 horas	888 horas
MTTR – Sistema informatizado das balanças	4 hs/falha	8,6 hs/falha
MTTR – MIS 1400	1 hs/falha	1,27 hs/falha

Figura 5.12 – Indicadores de Criticidade de processo e manutenção.

Na figura 5.12 os valores constatados são referentes ao valor acumulado de janeiro à novembro de 2002.

Comparando-se os valores constatados com as metas estipuladas pôde-se notar que o planejamento de manutenção para os equipamentos analisados não esta sendo efetivo, pois aproximadamente 70% dos indicadores não atingiram a meta desejada, portanto, passou-se para a próxima etapa.

5.2.11 – Etapa 11 – Novo Plano de Ações para a Manutenção

Por meio de algumas reuniões o grupo de engenharia de manutenção avaliou os indicadores e os equipamentos críticos, levantando informações com técnicos mecânicos e eletrônicos e pessoal da área de misturas. Desta forma pode-se elaborar um plano de ações com auxílio da ferramenta 5W1H, ver figura 5.13.

<i>What (o que)</i>	<i>Where (onde)</i>	<i>Why (por que)</i>	<i>When (quando)</i>	<i>Who (quem)</i>	<i>How (como)</i>
Melhorar manutenção de <i>software</i> e <i>hardware</i>	Sistema informatizado de gerenciamento de balanças	Reduzir MTTR e aumentar MTBF do sistema informatizado	Junho 2003	Área de tecnologia de informação	Desenvolvendo sistemática de manutenção, qualificando pessoal da área
Evitar <i>black-outs</i> no sistema como por ex: vírus ou queda de energia	Sistema informatizado de gerenciamento de balanças	Reduzir MTTR e aumentar MTBF do sistema informatizado	Dezembro 2003	Área de tecnologia de informação	Mantendo atualizados antivírus, usando <i>nobreaks</i> e fazendo <i>backup</i> diário do banco de dados
<i>Upgrade</i> de <i>softwares</i>	Sistema informatizado de gerenciamento de balanças	Reduzir MTTR e aumentar MTBF do sistema informatizado	Dezembro 2003	Área de tecnologia de informação	Realizando upgrade de software de balanças em finais de semana
Melhorar condições do equipamento	MIS 1400	Reduzir MTTR, aumentar MTBF e disponibilidade	Dezembro 2003	Área de engenharia de manutenção	Implantando o programa TPM
Realizar estudo estatístico das reincidências de manutenção e suas causas	MIS 1400	Reduzir MTTR, aumentar MTBF e disponibilidade	Mensalmente	Área de engenharia de manutenção	Avaliando histórico do equipamento, usando ferramentas como o diagrama de causa-e-efeito
Melhorar planos de	MIS 1400	Reduzir MTTR,	Abril	Área de	Avaliando histórico

manutenção preventiva mecânicos, eletroeletrônicos e de lubrificação e/ou criar novos		aumentar MTBF e disponibilidade	2003	engenharia de manutenção	do equipamento e realizando estudos de engenharia
Evitar quebras inesperadas do equipamento	MIS 1400	Reduzir MTTR, aumentar MTBF e disponibilidade	Abril 2003	Área de engenharia de manutenção	Implantando o monitoramento das condições através da manutenção preditiva
Realizar melhorias/automações necessárias no equipamento	MIS 1400	Reduzir MTTR, aumentar MTBF e disponibilidade	Dezembro 2003	Área de engenharia de manutenção	Através de sugestões de funcionários e estudos realizados no equipam. E pesquisa de novas tecnologias

Figura 5.13 – Novo plano de ações de manutenção.

Sobre os indicadores de processo que não atingiram a meta estipulada, foi comunicado às áreas a que os mesmos pertencem para que tomem providências visando adequá-los a criticidade do processo. Dentre as ações expostas na figura 5.13 que são de responsabilidade da área de tecnologia de informação, também foram comunicadas ao chefe desta área.

5.2.12 – Etapa 12 – *Feed-Back*

Nesta última etapa, as equipes de implementação e engenharia de manutenção se reuniram e reavaliaram o processo de implementação do modelo. O grupo considerou o processo de implementação adequado, porém citou algumas considerações que estão expostas no próximo item. O Plano de Ações construído na figura 5.13 foi assumido pela engenharia de manutenção, que juntamente com toda área de manutenção tem a incumbência de implantá-lo conforme os prazos estipulados. Retornando para a Fase 3 deve-se fazer uso da engenharia e do planejamento de manutenção para reverter os indicadores de forma que as metas sejam atingidas. Da mesma forma, retorna-se para a Etapa 8 e verifica-se a condição de criticidade dos processos.

5.3 – Considerações

Após a aplicação do modelo torna-se possível fazer algumas considerações sobre o mesmo, ressaltando alguns dos seus pontos de destaque e limitações que, de uma forma ou de outra dificultaram ou viabilizaram sua aplicação. Assim, estes são expostos a seguir:

a) Pontos de destaque:

- O modelo propôs a utilização da matriz de Mudge para quantificar e determinar a importância dos critérios, através do seu correlacionamento. A aceitação foi tanta, que o grupo de implementação optou por utilizá-la em outras aplicações no dia-a-dia da empresa;
- A aplicação da ferramenta de mapeamento para visualizar os processos de manufatura, seus fluxos e seus equipamentos;
- A formação da equipe de engenharia de manutenção que disponibilizou seu tempo e seus conhecimentos integralmente para a condução da sistemática e do planejamento de manutenção;
- Com a identificação do processo crítico para a manufatura a organização pode direcionar seus esforços e recursos para manter disponível o processo que realmente é importante, principalmente no que se refere a manutenção;
- A definição de uma política de manutenção foi muito importante para que o pessoal da área de manutenção tenha esclarecido qual a razão do seu trabalho e a importância da sua função;
- Determinação de indicadores através da tabulação dos objetivos estratégicos com os fatores críticos de sucesso, dando maior credibilidade aos mesmos.

b) Limitações:

- Existe certa dificuldade em criar indicadores e quando estes existem não são avaliados com a profundidade devida;
- Em geral não existem indicadores específicos para determinados processos da empresa, pois mensuram uma gama maior de processos ou até toda empresa, não se possuindo, portanto, uma precisão absoluta na avaliação do processo crítico.

Precisa-se também deixar registrado, algumas recomendações para futuras aplicações do modelo, como as seguintes por exemplo:

- 1 – É interessante que durante a aplicação da matriz de Mudge e da matriz de decisão, todas as pessoas chave envolvidas com produção, processo e manutenção estejam participando para se ter uma maior riqueza de informações, dando maior confiabilidade no resultado final;
- 2 – Se possível, a equipe de engenharia de manutenção deve ter sob sua responsabilidade todas atribuições explicitadas no item 3.3.2 do Capítulo 3 e da mesma forma possuir pessoal qualificado na sua condução, de modo que se eleve o nível de qualidade dos trabalhos de manutenção, desde o planejamento até a execução;
- 3 – Um cuidado em especial que se deve ter, é o de parametrizar muito bem os limitadores ou condições de contorno na determinação dos critérios, através da matriz de Mudge, como por exemplo: para quais mercados de atuação, para que linhas de produto, para que sistema financeiro é mais importante tal processo. Desta forma haverá maior precisão na definição do processo crítico.

De uma forma geral, um fator que reduziu os obstáculos para a aplicação do modelo, foi o de a empresa ser de grande porte e ser bem estruturada, já possuindo planejamento estratégico e ser certificada pelas principais normas de qualidade, o que agilizou o desenvolvimento dos trabalhos.

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES

6.1 – Conclusões

A proposta deste trabalho foi a de realizar um modelo para planejamento de manutenção que baseado em indicadores de criticidade de processo pudesse ser adequado ao processo crítico da organização, mantendo este disponível para realizar suas atividades conforme planejado.

Desta forma, apresentou-se três linhas gerais do negócio da organização, importantes para a aplicação do modelo: estratégia, processos e sistemática de manutenção. Agrupou-se as mesmas com o objetivo de determinar o processo crítico e verificar seu planejamento de manutenção atual, tendo então condições de traçar um novo plano de ações para a sistemática de manutenção e para readequar o planejamento de manutenção.

A seguir relata-se algumas conclusões importantes, notadas durante o desenvolvimento da proposta e também na aplicação do modelo:

- A seleção do processo crítico por meios científicos, no caso utilizando critérios e parâmetros bem definidos e, as pessoas chave envolvidas atinge resultados surpreendentes, que contrariam o *feeling* e as suposições;
- A forma de tabulação para determinar os fatores críticos de sucesso e seus indicadores mostrou-se um instrumento de bastante utilidade para torná-los visíveis quando relacionados aos objetivos estratégicos;
- O modelo permite identificar quais os equipamentos críticos para o processo e direcionar para estes os esforços de manutenção, o que antes não existia, tentando-se atender a todos equipamentos da mesma forma;
- Destaca-se a importância da participação dos operadores de produção, dos técnicos da manutenção e dos funcionários com mais experiência da área de manufatura pelas valiosas informações fornecidas durante conversas informais que muito contribuiram para a realização do trabalho.

Em relação ao problema de pesquisa, conclui-se que a realização de um planejamento de manutenção devidamente conduzido por uma sistemática e direcionado aos equipamentos críticos pertencentes ao processo crítico da manufatura, provavelmente proporcionará um acréscimo de disponibilidade ao mesmo, no que cabe à manutenção industrial.

Pode-se então afirmar, que um planejamento de manutenção adequado aos equipamentos críticos auxilia na melhoria da disponibilidade operacional do processo, agregando confiabilidade aos equipamentos.

No que tange o atendimento ao objetivo geral deste trabalho, pode-se destacar que este foi plenamente alcançado, desde o momento em que se desenvolveu o modelo para planejamento de manutenção embasado por indicadores de criticidade de processo e aplicou-se o mesmo nos equipamentos identificados como críticos dentro do processo crítico da empresa.

Da mesma forma, os objetivos específicos foram sendo alcançados com o decorrer dos trabalhos podendo-se citar quando isto ocorreu. Verificando-se os itens 2.5 e 3.3 do Capítulo 3 e todos os seus subitens, fica evidenciado o estabelecimento dos diversos elementos pertinentes ao processo de planejamento de manutenção.

A correlação entre indicadores de criticidade de processo com a disponibilidade de equipamentos pode ser constatado durante o levantamento dos fatores críticos de sucesso na Etapa 2 do Capítulo 5, onde são correlacionados através dos objetivos estratégicos de manufatura e posteriormente no item 5.2.10 os indicadores de criticidade de processos são utilizados juntamente com os indicadores de manutenção para avaliação do planejamento de manutenção atual dos equipamentos críticos. Com relação ao estabelecimento dos elementos influenciadores da criticidade dos processos produtivos, podem ser considerados os próprios fatores críticos de sucesso que também podem ser verificados no item 5.2.2.

De uma forma geral o modelo se mostrou aplicável com bons resultados, no entanto pode encontrar barreiras e despende acréscimo de trabalho durante a aplicação numa organização que seja pouco estruturada, que desconheça os princípios básicos de estratégia e possua processos desorganizados e sem uma gestão da qualidade implementada. Estes obstáculos porém, são transponíveis desde que exista o comprometimento dos dirigentes da empresa com a implementação do modelo.

O desenvolvimento e aplicação de um modelo para planejamento de manutenção, demonstrou-se de grande importância na garantia da disponibilidade de processos reconhecidos como críticos para a manufatura, sendo ambos constantemente reavaliados através de indicadores. Devido a escassez de literatura relacionando os elementos do processo crítico ao planejamento de manutenção, acredita-se ter contribuído para este tema que vem cada vez mais chamando atenção dos dirigentes empresariais, principalmente no que diz respeito a sua importância estratégica no entendimento dos objetivos e metas da organização e conseqüentemente na garantia da competitividade.

6.2 – Sugestões para trabalhos futuros

São apresentadas algumas recomendações para futuros trabalhos como segue:

- Avaliação de fatores críticos de sucesso em mercados diferentes ou outros segmentos, visando ampliar o conhecimento da organização no que precisa ser feito para atingir os objetivos estratégicos;
- Desenvolver um modelo para planejamento de manutenção que seja adequado ao atendimento de outros tipos de processos, como processos contínuos e repetitivos em massa por exemplo;
- Utilização de técnicas como “análise da árvore de falhas” e análise dos modos e efeitos das falhas (FMEA) como ferramentas de estudo da causa das falhas no apoio ao planejamento da manutenção.

REFERÊNCIAS

BRANCO FILHO, G.B. **Dicionário de termos de manutenção e confiabilidade**. 2 ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2000.

CECCONELLO, I. **Adequação de um sistema de administração da produção à estratégia organizacional**. Dissertação (mestrado em engenharia de produção), UFSC, Florianópolis, 2002.

CONGRESSO BRASILEIRO DE MANUTENÇÃO, 16., 2001, Florianópolis. **Documento Nacional 2001: a situação da manutenção no Brasil**. Florianópolis, ABRAMAN, 2001.

CSILLAG, J.M. **Análise do valor**. São Paulo: Atlas, 1995.

DIAS, G.P. Engenharia de manutenção é fator de competitividade. **Revista Nova Manutenção y Qualidade**, Rio de Janeiro, ano 9, n.39, p.19-25, 2002.

FLEMING, P.V. Implementando a MCC em um ambiente de TPM. In: Seminário Brasileiro de Confiabilidade na Manutenção, 3., São Paulo, 2000.

HARRINGTON, H.J. **Aperfeiçoando processos empresariais**. São Paulo: Makron Books, 1993.

HARRINGTON, H.J. **Gerenciamento total da melhoria contínua**. A nova geração da melhoria de desempenho. São Paulo: Makron Books, 1997.

MADU, C.N. Competing through maintenance strategies. **International Journal of Quality & Reliability Management**. v.17, n.9, p.937-948, 2000.

MOUBRAY, J. **Reliability-Centred Maintenance (RCM), Manutenção Centrada em Confiabilidade**, edição brasileira, São Paulo: Aladon, 2000.

OAKLAND, J.S. **Gerenciamento da Qualidade Total** – TQM. São Paulo: Nobel, 1994.

ORGAN, M. & WHITEHEAD, T. & EVANS, M. Availability-based maintenance within an asset management programme. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**. v.3, n.4, p.221-232, 1997.

PINTO, A.K. Manutenção Empresarial. **Revista Manutenção: Revista oficial da ABRAMAN**, Rio de Janeiro, n.80, p.22, Março/Abril, 2001.

PINTO, A.K. & XAVIER, J.A.N. **Manutenção função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.

PORTER, M.E. **Estratégia competitiva**. Técnicas para análise de indústrias e da concorrência. 17 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

PIRES, S. R. I. & CARPINETTI, L. C. Estratégia de negócios. **Produtos & Serviços**, São Paulo: USP/EESC/NUMA, edição especial, n.312, p.43-54, dez.2000.

SIMIONI, A. & NAGAO, S. K. Engenharia de manutenção - fator de desenvolvimento técnico da manutenção. In: Congresso Brasileiro de Manutenção, 4., São Paulo, 1989.

SLACK, N. & CHAMBERS, S. & HARLAND, C. & HARRINSON, A. & JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

TAKAHASHI, Y. & OSADA, T. **Manutenção Produtiva Total**. São Paulo: Instituto IMAM, 1993.

TUBINO, D. F. **Sistemas de produção: A produtividade no chão de fábrica**. Porto Alegre: Bookman, 1999.

VAZ, J.C. **Gestão da manutenção**. In: CONTADOR, J.C., Gestão de operações: A engenharia de produção a serviço da modernização da empresa, 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998. Cap.28, p.397-408.

XENOS, H. G. P. **Gerenciando a manutenção produtiva: O caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade.** Belo Horizonte: editora de desenvolvimento gerencial, 1998.

BIBLIOGRAFIA

ANDRÉ, J.R.S. Fases e contingências do projeto de gerenciamento integrado da manutenção. In: Seminário Brasileiro de Planejamento e Informatização da Manutenção, 7., São Paulo, 2000.

BACK, N. **Metodologia de projetos de produtos industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara dois, 1983.

CHIOTOLI, A.F. Desenvolvendo o planejamento da manutenção industrial para garantir a eficiência produtiva e maximizar o uso dos equipamentos. In: Conferência: indicadores de desempenho e planejamento eficaz da manutenção industrial, São Paulo, 2001.

FERREIRA, M.A. Estruturando o planejamento da manutenção integrada com a produção e engenharia garantindo confiabilidade operacional. In: Conferência: indicadores de desempenho e planejamento eficaz da manutenção industrial, São Paulo, 2001.

KELLY, A. **Maintenance strategy. Business-Centred Maintenance**. Boston: Butterworth-Heinemann. 1997.

LÖFSTEN, H. Management of industrial maintenance-economic evaluation of maintenance policies. **International Journal of Operations & Production Management**. v.19, n.7, p.716-737, 1999.

MATUSHESKI, R.L. Using information technology to optimize maintenance operations. **Plant Engineering**. v.55, n.6, p.20-23, 2001.

MIRSHAWKA, V. & OLMEDO, N.L. **TPM à moda brasileira**. São Paulo: McGraw-Hill, 1994.

NEPOMUCENO, L.X. **Técnicas de manutenção preditiva**. v.1, São Paulo: Edgard Blücher, 1989.

NUNES, E.L. **Manutenção centrada em confiabilidade (MCC): análise da implantação em uma sistemática de manutenção preventiva consolidada**. Dissertação (mestrado em engenharia de produção), UFSC, Florianópolis, 2001.

PINTO, J. L. G. C. **Gerenciamento de processos na indústria de móveis**. Dissertação (mestrado em engenharia de produção), UFSC, Florianópolis, 1993.

PORTER, M.E. **Vantagem competitiva**. Criando e sustentando um desempenho superior. 20 ed. Rio de Janeiro: Campus, 2002.

PRODUTOS & SERVIÇOS. **Fábrica do Futuro: Entenda hoje como sua indústria vai ser amanhã**. São Paulo: USP/EESC/NUMA, n.312, dez.2000, 138 p. Edição Especial.

QUEIROZ, P. R. **Modelo para redução de risco à segurança do consumidor no desenvolvimento de produtos de consumo**. Dissertação (mestrado em engenharia de produção), UFSC, Florianópolis, 1999.

SAVSAR, M. Simulation analysis of maintenace policies in just-in-time production system. **International Journal of Operations & production management**. v.17, n.3, p.256-266, 1997.

SCHUMANN, R. Avaliando o processo de gestão da manutenção industrial visando garantir a excelência da área. In: Conferência: indicadores de desempenho e planejamento eficaz da manutenção industrial, São Paulo, 2001.

SLACK, N. **Vantagem competitiva em manufatura**. São Paulo: Atlas, 1993.

SMITH, A. M. **Reliability-Centred Maintenance**, California-USA: McGraw-Hill, 1993.

SWANSON, L. Linking maintenance strategies to performance. **International Journal of Production Economics**. v.70, p.237-244, 2001.

VALENTINA, L. V. O. D. Desenvolvimento de um modelo integrado de reengenharia de processos com melhoria contínua para o redesenho de processos. Tese (doutorado em engenharia de produção), UFSC, Florianópolis, 1998.

WYREBSKI, J. Manutenção Produtiva Total – um modelo adaptado. Dissertação (mestrado em engenharia de produção), UFSC, Florianópolis, 1997.